

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol. 39 December 1965

エレベータ特集

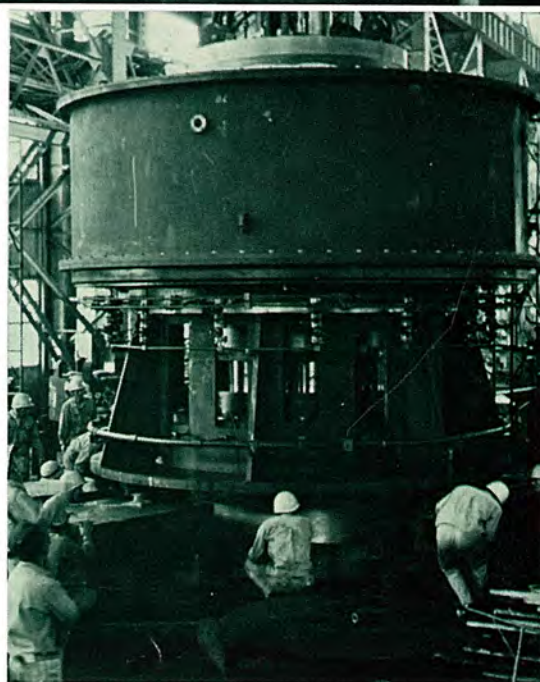
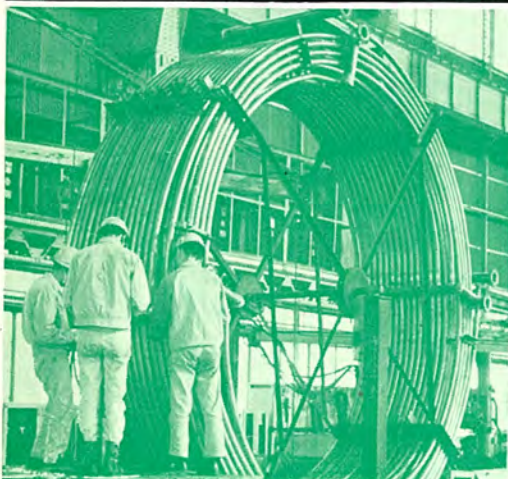
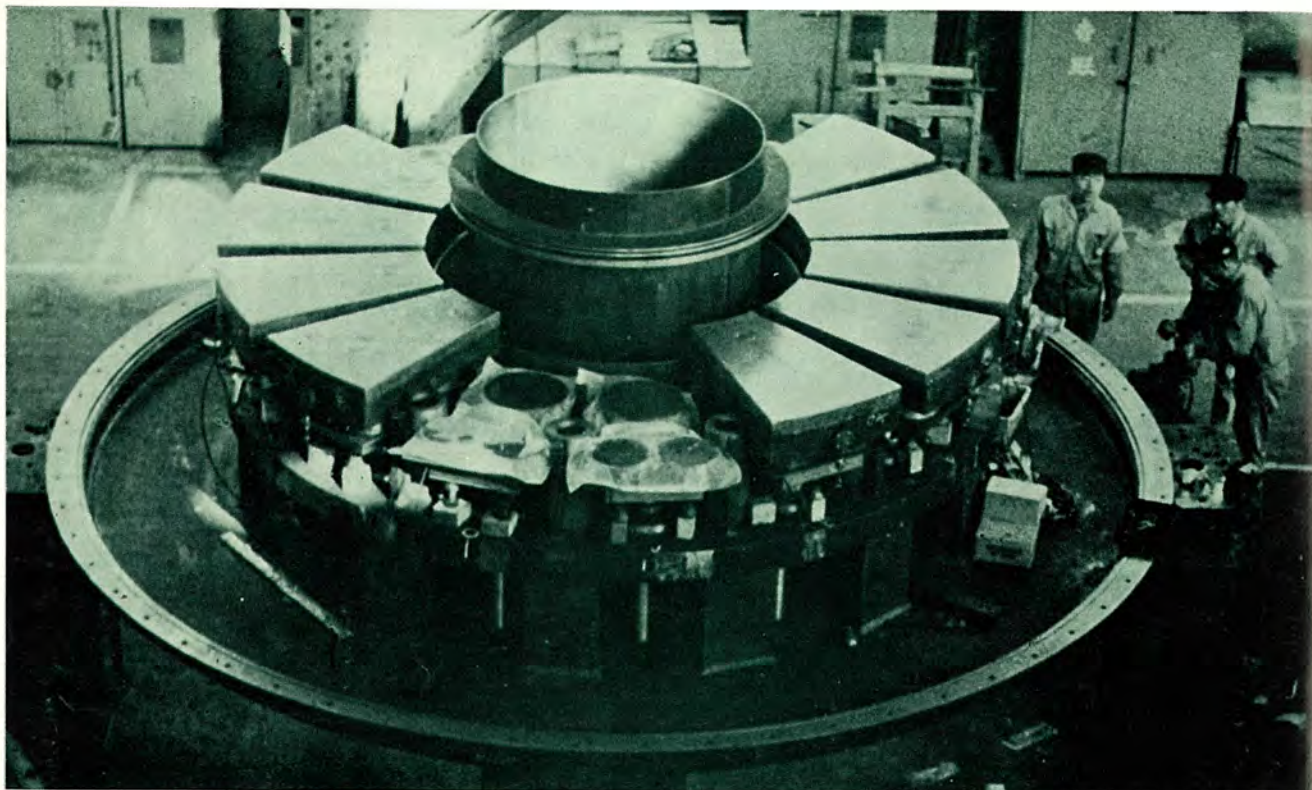
12

東京交通会館乗用エレベータ乗場



世界最大の

スラスト軸受試験装置完成！



上 本体軸受部分の
組立状況
左 工場組立中の油
冷却管
右 完成した本体部

揚水発電の発達に伴って可逆ポンプタービンや発電電動機の単機容量は増大の一途をたどり、スラスト軸受に対する要求も年々過酷になってきている。当社ではこの要求に応じるためスラスト軸受の研究開発にはとくに力を注いできたが、今回 300 MVA ないし 500 MVA 級の発電電動機を対象としてスラスト軸受試験装置を完成した。この装置は 3,000 t の実負荷をかけて連続 250 rpm の回転をさせうるもので、世界に類をみない超大形のスラスト軸受である。すでに好調に運転を開始し、多くの貴重なデータを得ているが、これは今後のスラスト軸受の設計製作に対する有効な資料となるものである。



表紙説明

本年6月東京有楽町に完成した東京交通会館に納入した乗用エレベータの乗場の写真である。本ビルは地下4階、地上15階建の事務所と店舗、銀行などから成っている多用途のビルで、150 m/min の高級ギヤレス乗用エレベータが5台ずつ向い合って計10台、90 m/min の荷物用エレベータが1台、豪華な全透明式エスカレータ1,200形3台、800形1台が設置され、利用者の集中が激しい都心のビルの交通需要を十分にさばっている。



三菱電機技報

昭和40年 第39巻 第12号 (エレベータ特集)

目次

《特集論文》

海外における三菱エレベータ・エスカレータ	向井徳樹・外野範吾	2
大ビルの昇降機設備 (一般乗用エレベータ)	板垣晃平	11
中小ビル向け一般乗用エレベータの設備計画	原田輝夫	26
デパートの昇降機設備	鬼頭勝巳	32
アパートの昇降機設備 (中高層実用住宅向け)	板垣晃平	40
病院の昇降機設備	八木信郎	47
ホテル用エレベータ	山田春夫	51
自動車用エレベータ	稲垣光正	55
人荷用エレベータ、ダムウエータおよびセレクトリバーチカルコンベヤの設備計画	三矢周夫	62
荷物エレベータの設備計画	三矢周夫	67
三菱エレベータの最近の技術的進歩	高村明・瀬原田三郎・都竹尚・安西伸夫	73
立体駐車場装置	加藤淳治・三浦允之	86
三菱エスパット	鬼頭勝巳	92

《論文》

関西電力京都河原町 CM-45 形 ネットワークプロテクタ	東松孝臣・宮本一・天野恒・竹内孝治・久保修造	96
三菱 ナトコ 射出成形機用電機品	北川博美	103
微小電極用小形増幅器	大村裕・大山浩・倉橋浩一郎	107
ショート・スロット・ハイブリッド回路	立川清兵衛・折目晋啓	113

《技術解説》

最近の車両用変圧器	南角英男・鶴田敬二・黒田幸男	117
-----------	----------------	-----

《技術講座》

MATHEMATICAL PROGRAMMING の動向 (その2)	福永圭之介・国方敏行	127
------------------------------------	------------	-----

《新製品紹介》

単相水封式水中モートル WSS 形 シリーズ 完成・親子モートル 完成・WS 形起動器の新形完成・フロートレススイッチを開発・OS 形操作スイッチおよび PC 形信号灯・三菱テレビ 16T-780 形新発売・三菱 ヘアードライヤー HD-600 形《ダンディライン》新発売	137
--	-----

《ニュースフラッシュ》

東北大学納め線形電子加速器完成・三菱 ダイアックス 放電加工機 DM-220 形完成・国鉄秋葉原駅向け高揚程形エスカレータ完成・記録の水車発電機を大量受注・簡易形高周波発電機完成・車両用高圧インバータ装置完成・電車チョップ制御の現車試験完了・オーストラリア PMG4Gc 全固体化送信機納入・NHK 総合技術研究所へ UHF 用全固体化装置を納入・第13回オーム技術賞受賞	141
--	-----

《特許と新案》

制御電極付半導体整流装置・可変抵抗器・固体回路装置・可変抵抗器	145
---------------------------------	-----

《最近登録された当社の特許》	112
----------------	-----

総目次	147
-----	-----

《表紙》

1. 東京交通会館乗用エレベータ乗場
2. 世界最大のスラスト軸受試験装置完成
3. 三菱エスカレータ
4. 三菱石油ストーブ

海外における三菱エレベータ・エスカレータ

向井徳樹*・外野範吾**

Overseas Installations of Mitsubishi Elevators and Escalators

Head Office Tokuju MUKAI

Inazawa Works Hango SOTONO

The Mitsubishi Electric Corporation takes charge of manufacturing electric apparatus as one of key members of a Mitsubishi group which is in full swing of international activity, making an effort to excel in the circles with its oldest tradition and latest technique. Particularly the division of elevators and escalators flourishes very much and is second to none in the quality and quantity of the products delivered to the users home and abroad. In the field of export the installations in Honkong and other South East Asia districts exceed those supplied by European and American manufacturers. Furthermore, the market is expanding to Hawaii and Central and South America, now 20% of the outturns being exported. This article describes the actual state of their operation.

1. ま え が き

エレベータの歴史は欧米が約70年、日本は約40年であるが、当社はアメリカにおける高級エレベータメーカーとして最も著名な Westinghouse 電機会社（以下 W 社と略す）の技術を導入し、1931 年（昭和6年）からエレベータ用各種電機類の販売を開始し、1937 年（昭和12年）には名古屋に東洋一のエレベータ専門工場を設立し、技術・生産の増強につとめた。

アメリカでは1931年にはエンパイアステートビルが建設されて高速エレベータが設置され、また1937年には数台のエレベータを管理運転する初期の群管理エレベータが出始めた時期である。

1945年（昭和20年）までの5～6年間は第2次大戦の時期でもあり、わが国は建築・設備とも空白時代であった。

終戦後当社はビル復旧のため、とくに進駐軍関係のビルのエレベータの製作にはじまり市場のエレベータの需要を満し、量・質ともに伸びていった。ついで戦前技術提携を結んでいたアメリカ W 社と1951 年（昭和26年）復活契約を結び戦時中のエレベータ技術の空白をうめ欧米水準に追いつくべく研究開発につとめ、1957 年（昭和32年）にはアメリカにおいても最高級のエレベータとして設置されている自動群管理エレベータを W 社の技術をもとにして開発し名鉄百貨店に納入し江湖の好評を得た。

このころ東南アジアのかなめにある国際都市香港では大戦後の復旧が完成し、人口の急激な増加と新しい経済活動とともに都市の再開が活発化しはじめていた。ホテル・銀行・商店・事務所・諸官庁のビルが都市に集中して建築は高層化し、とくに一般住宅は都心の周辺に集合して高層化されていった。この地のエレベータ

表 1. 1 建築とエレベータの年表

建 築		年		エ レ ベ ー タ	
ヨーロッパ、日本	アメリカ			ヨーロッパ・アメリカ	日本
エッフェル塔（仏）		1890		エレベータ実用化	輸入エレベータ設置
	リライアンスビル 16階	95			
	パークロウビル 30	98			
	シンガービル 48	1907			
	ウールオースビル 55	13			
海上ビル 7階		18			国産エレベータ設置
		20			
		22		可変電圧エレベータワードレオナード方式	
丸の内ビル 8		23		押しボタシ自動階床	
		25		セレクトラブコレクタブコントロール操作	
	タライスラビル 75	30			
	エンパイアステートビル 102	31		高速エレベータ 1,000ft/min	三菱エレベータ部品販売
大坂朝日ビル 9		35			三菱エレベータ専門工場（名古屋）
		37		初期群管理方式	
		38			
第2次大戦終了		45			
	I. T. T ビル	49		自動群管理方式	
	国連ビル 39	50			
日活国際会館 9		52			
東急会館 9		54			三菱ロータールール方式（東急デパート）
		57			三菱自動群管理方式（名鉄デパート）
マンネスマン・ホッホ（独） 23	デュスマンハッタンビル 60	58			
ヴェントロビレリ（伊） 31	ユニオンカーパイトビル 52	60			エレベータ発売
		61			三菱D形エスカレータ発売
		63			高速エレベータ 210m/min（京都国際ホテル）
ミルバンクタワー（英） 34		63			三菱DMR方式（香港マナダリンホテル）
	パンナムビル 59	64			

の需要は年間数百台から千台にも及びヨーロッパの著名なエレベーターメーカーが市場獲得にしのぎを削っていた時期である。

世界先進国とくにアメリカで見られるように都市建物の巨大化・高層化にしたがってビルに数多いエレベーターを必要とし、このエレベーターを高速化・高能率化することが考えられ群管理の高級エレベーターが設置される方向に進んでいたが、一方とくにヨーロッパでは中小ビル・高層住宅に用いられる実用的なエレベーターが研究されて、すでに香港には上記のように数多く設置されていた。

当社はこの時期にたまたま住宅公団の高層住宅用として標準小形エレベーターを研究開発していたが、海外進出を目標としてヨーロッパの製品に対抗するためこれを一段と飛躍させて実用化・標準化をベースとした新機種エレベーター、商品名“エレパット”を開発し、香港の国際的なひのき舞台で四つに組んできそった。当社はエレベーターの専門メーカーとして長年の経験とたゆまぬ研究開発により高級エレベーターが実用化されて、欧米の一流メーカーの水準に達していたことは前記のとおりであり、この高い技術と経験が実用エレベーター“エレパット”のすみずみにまで活用されて、その品質が保証されその性能のすぐれていることが認められて、年々受注は急激に伸びそのシェアはヨーロッパの各社をしのごにに至った。

“エレパット”の真価が認められると続いて高速高級エレベーターの受注獲得につとめ、香港における屈指のビル、クインエリザベスホテル・マンダリンホテル・アンパライダーホテル・シェンビルなど次々と受注に成功した。

マンダリンホテルに設置したエレベーターはアメリカでも最高級の性能を持ったW社高速エレベーターDMR方式をもとにして研究開発したもので、そのすぐれた性能と建物にマッチした意匠は市場の注目を集め、日本の高い技術が認められたことは、その後の輸出に大きな力となった。

狭い香港島にビルが次々と建設されるのは誰もが当然と考えていたが、洋の東西を問わず最近10年の間の都市人口の増加と建物の高層化は目ざましいものである。すなわち、各人の生活が近代化してきて文化に伴う機能および文化施設を共有して、より高い水準の生活をもとめるためには一定地区に人口が集中し都市は大形化した。都市建物の高層化とエレベーター・エスカレーターの進歩は影になりひなたになりして、エレベーターの発展過程では建物の高さをエレベーターが制限した時期もあった。現代では高層建物の各階がエレベーター群によって平屋建物の連絡よりもすみやかに容易に結合され建

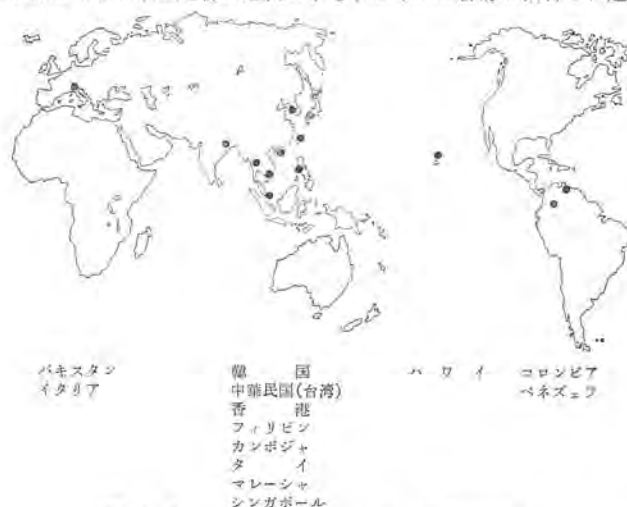
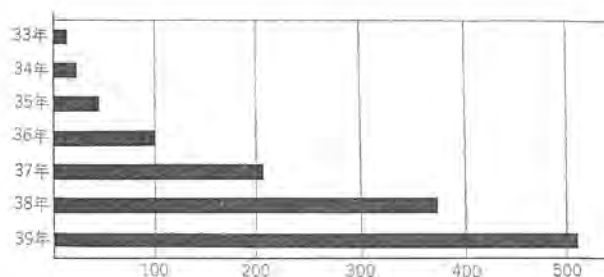


図 1.1 三菱エレベーター・エスカレーター 輸出地域
Fig. 1.1 Districts where Mitsubishi elevators and escalators were exported.



※注 昭和36年を100とした

図 1.2 三菱エレベーター・エスカレーターの輸出受注台数の伸び
Fig. 1.2 Increase in export of Mitsubishi elevators and escalators.

物内部の組織化が可能であり、都市の建物は高層化に進み、これに呼応して先に述べた香港を中心として当社のエレベーターは、フィリピン・台湾・朝鮮・マレーシア・ビルマ・パキスタンなどに伸びてゆくとともに年々台数が図 1.2 のとおり増加していった。

一方やや遅れて太平洋の東、ハワイ、南アメリカへ当社のエレベーターの販路が伸びて国内にも増して好評を得ている。

2. 香港地区および東南アジア

昭和34年ごろ当社は本格的輸出を開始し香港九龍地区のアルハンブラビルに交流2段速度エレベーター5台を納めた。戦前から商取引の一大中心地でもあった香港は当時でも“輸出はまず香港”といわれ、この地への進出は一応国際的商品として見られまた評価されていた。当社では事前に慎重な市場調査を行ない製品の適応性を検討し、輸出開始後1年にしておおよそその足掛りを築きあげることができた。幸いにその後香港をはじめとし、東南アジア、台湾など、ほとんど全域にわたってエレベーター、エスカレーターの輸出が着実に増大した。この原因の一つには製品の品質と価格が当を得たものであったことではあるが、また当社のためになく行なわれている技術の改善に加えて、輸出を行なううえに重要な海外輸出向最適品の開発が行なわれたことも大いに貢献している。これら開発品は初期には海外向けとして開発されたがより合理的で性能もよく、さらに経済的でもあったので国内市場でも高い評価を得た。

超高層ビルむきエレベーターに対しては、香港で技術的諸問題を経験しているのでわが国での建築高さ制限撤廃には、自信をもって対処できる。

また、香港での経済的アパート用エレベーター完成につとめられたわれわれにとってわが国内での公団をはじめとするアパート、中小ビルの発達もまた時宜を得たものであった。少なくともわれわれの当面の輸出エレベーターは初期には国内品そのものであったが、香港そのほかの地域の事情に応じた開発の推進によって、今では欧米製品と並んで国際的評価を得るに至っている。これらの個々についてはそのつど本誌の毎年1月「回顧号」誌上に紹介しているが、次のような新製品や開発技術はまだ記憶に新たなことと思われる。

- (1) 超高速度エレベーター DMR 制御方式の開発
- (2) アパート、中小事務所向けの普及形交流乗用エレベーターの完成
- (3) 高層の柔構造ビルに対するエレベーター方式
- (4) 国際的意匠の基調を軸としてエレベーターデザインへの導入
- (5) エスカレーターのクリートステップライザーの標準方式としての採用。

当社では輸出もビル内の総合的交通問題処理のため、ビル計画の初期のうちからエレベーター設備計画に参加している。香港という狭い土地に発達した高層の事務所ビル、ホテル、アパートなどの昇降機設備に関する諸問題は技術的に検討され、種々の解決法が講じ

られてきた。このような問題の解決は困難なものもあったが、総じてわれわれのエレベータ体質をかたよりなく発達させ、国際場裏に十分に打ちあわせるものを送るよい機会でもあった。さらにビル事情を理解することは明日の昇降機設備を知るうえで重要である。とくに香港の注目すべき、二つの例をあげ、そのビルのエレベータサービスの実状、サービスに対する考え方、サービスの質の程度についてビル計画の概要とともに紹介する。

2. 1 香港某ビル(事務所とホテルとの併用ビル)の昇降機設備

2. 1. 1 建物規模 (図 2. 1)

このビルは25階建ての高層ビルで、百貨店、事務所、ホテルに使用され、各階は次のように構成されている。

25階 事務所(ホテルおよびビルの管理事務所)

24~19階 ホテル { シングル 20室
ツイン 4室 } (1階について)

18~5階 事務所 貸室 1,145m²

4階 レストラン 4人用テーブル 112セット

3~1階 百貨店

地上階 百貨店、ただし1すみに郵便局

2. 1. 2 エレベータ計画案

このビルに対するエレベータ設備計画の検討がなされ、その結果は次の3案に集約された。(表 2. 1 参照)

第1案は低層用と高層用との2群に分割し、低層用は18階までの事務所用として17人乗り、210m/minのギヤレスエレベータ4台で自動群管理方式としG階から18階まで全階にわたってサービスさせる。高層用は17人乗り、240m/minのギヤレスエレベータ3台で自動群管理方式を充ちしG階から25階全階にわたってサービスさせる。ほかに3階までに昇降2列のエスカレータ6台、ならびにサービス用は1台の150m/minのギヤレスエレベータを用意する。

第2案は第1案とどのように低層用と高層用との2バンクに分割するがG階から4階をエスカレータに分担させエレベータはその階間は急行区間としサービスしない。エスカレータは第1案より2台増設し4階までサービスさせる。サービス用エレベータについては第1案と同一である。

第3案はエレベータ群を低層用、中層用、高層用の3バンクに分割し各エレベータの分担サービス階を少なくし、とくに中層事務所の人員に対する輸送能力を重点に向上させた。低層用はG階、4階から11階までサービスし17人乗り、150m/minのギヤレスエレベータ3台で自動群管理方式とする。中層用はG階、4階、12階から18階までの事務所用として17人乗り、210m/minのギヤレスエレベータ3台で自動群管理方式とする。高層用エレベータは第2案

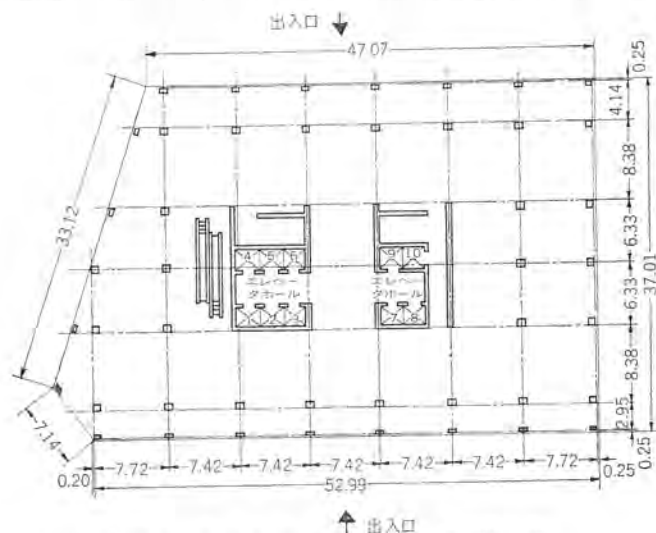


図 2. 1 某ビルの昇降機設備 (第3案)
Fig. 2. 1 Example of elevator installation.

表 2. 1 エレベータ計画

25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

の高層用エレベータと同じである。そのほかサービス用エレベータ、エスカレータについても第2案に同じである。

2.1.3 エレベータ計画案の得失

各案についてその得失を検討する。

第1案は低層用、高層用それぞれ高速度エレベータを計画しながら、G階から各階サービスとして急行区間もしくは非停止階を設けないので、各階サービスで高速エレベータとしての機能が生かされていないし、着床階が多いので1周時間が長くなり、運転間隔も長く輸送能力上よくない。また乗場を各階に設けるので不経済である。低層の事務所階の5分間輸送能力はわずか4%で改善の要がある。

第2案は第1案の不具合点は修正されている。すなわち低層用、高層用ともに大幅に急行区間が取り入れられ、1周時間を短かくし事務所階の待ち時間は減少している。エスカレータを2台増設し4階のレストランまでエレベータサービスから解放したので、低層エレベータのサービス能力は非常に良くなった。エレベータ・エスカレータ全体での設備費は第1案に比べてほぼ同一と見なせるが低層の18階までの5分間輸送能力は7.2%で、第1案よりは大幅に改善されているがまだ不足である。

第3案は前記第2案の低層用を低層用・中層用に分割したので事務所階の5分間輸送能力は約13%になり満足すべきものになり、将来の人口増に対してもある程度の余裕が見込める。しかも全体での価格も第1案、第2案に比べて低層付エレベータ1台程度の値上りですむから本案が最も経済的であり、実施案となった。

2.1.4 エレベータの配置 (図 2.2)

建物の概要と第3案エレベータ・エスカレータ計画を図 2.2 に示す。この図においてエレベータホールとなっている寸法の長さは1~3号機と4~6号機はそれぞれ低層・中層サービス用で異なるバンクであり5分間輸送需要が12%程度であるから少なくとも4m以上は欲しい。同一バンクであれば3.5m程度で十分である。したがってアルコブに配置された1~3号機の低層用のエレベータならびに4~6号

機の中層用の2バンクのエレベータ合計6台の17人乗り用エレベータでは、エレベータの間口方向で7.58m (正味)、奥行方向で8.77m (正味) (もし6台が同一バンクなら8.27m) 必要となる。わが国では鉄筋鉄骨コンクリート建物の柱間隔は普通6~8mが経済的とされているので、エレベータの間口がせまくなる。また奥行方向ではエレベータホールをうんと広く、たとえば6mと1スパンとって、つじつまを合わせることが多い。

エレベータがいかに高級であっても、間口が狭い場合はとくに問題で、出入口幅が狭く乗降の出入りに時間がかかるものや、出入口幅が狭すぎるので戸閉方式を片開きにせざるを得ないものがあるが、あくまで戸閉めは中央開きで、1m程度の出入口幅が望ましい。片開きでは安全上ドア速度を落すので能率が下る。したがって図 2.2 のように柱間隔とエレベータ昇降路外壁とは必ずしも一致できぬかも知れないが、そのビル百年の大計のためにもぜひ考慮されたい。わが国内での高級エレベータで間口が狭く奥行の長いカゴ計画をしばしば見るので、あえて特記するしだいである。

2.1.5 意匠

香港においても意匠の基調はわが国最近の推移と変わりがなく、とくに事務所用にはステンレスあるいはアルミニウムの持つ独特の冷さと清潔感にあふれた明るさが好まれている。ホテル向けとして代表的なマンダリンホテル (図 2.4) に採用された古来の東洋風ムードあふれるカゴ、乗場デザインはその後各方向から賛辞を寄せられている。

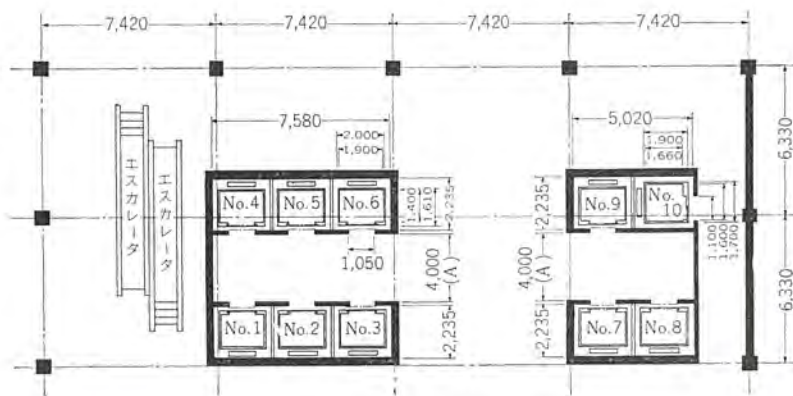


図 2.2 昇降機設備の詳細 (平面)
Fig. 2.2 Details of elevator installation.



図 2.3 大病院建物香港クイーンエリザベス
ホスピタル三菱エレベータ設置
Fig. 2.3 Queen Elizabeth Hospital
with Mitsubishi elevator installed.



図 2.4 三菱高級エレベータの
意匠 香港マンダリンホテル
Fig. 2.4 Design of Mitsubishi
high grade elevators.



図 2.5 三菱DTT形エスカレータ香港ニューキングシアター
Fig. 2.5 Mitsubishi type DTT escalators
Hongkong New King Theatre.

2.2 香港某高層アパートにおけるエレベータ設備

アパート用エレベータについては、わが国においても近時住宅公団をはじめとし民間においても活発に計画されている。ここでは香港での中級アパートに例をとりその設備内容を具体的に検討してみたい。ただしアパートの実態はその社会の生活様式に最も深く根ざしており、その意味でわが国と少々その趣を異にする。

たとえば中級以上のアパートには日常の積荷用のサービスエレベータを設備し、使用人専用として客用エレベータと分離している。わが国のマンション相当と思えばよい。香港においては低所得者用のアパートも意欲的に建てられてはいるが、共通していえることは

(1) わが国のように、家具運搬を考慮しないため、比較的サイズの小さいエレベータが選ばれる。生活様式の違いであろう。

(2) エレベータの積載荷量は 900lbs の 6 人乗りとか 1,200lbs の 8 人乗りに限られ、2 台あるいは 3 台の共同運転で計画されている。

(3) 中級のアパートは交流 2 段速度で、速度は 200feet/min (60m/min) が普通である。また 6 人乗りから 8 人乗りくらいの小容量で 2 カーあるいは 3 カーで計画されておりわが国のアパートと比べて運転間隔が短い。すなわちエレベータサービスの質的目標はわが国より上にある。

図 2.6 は比較的高級アパートの一例、図 2.7 は一般向きアパートの一例で Montana Lands Building を示す。わが国での公団をはじめとする中高層の一般向けアパートと比べると生活様式

の違いもあって一概には判断できないが図 2.7 の普及的アパートと比べて見ると参考となるところが多い。

図 2.7 のアパートは 17 階建てで 3 ブロックに分かれ各ブロックの各階は 8 戸の Flat からなっている。Flat の部屋構成は、

Bed room	2
Living room	1
Bath room	1
Dining & kitchen room	1

したがってわが国でいえばさしあたり 3DK 程度と思われる。

図示のように同一階に 8 戸の Flat が 4 台のエレベータおよび階段から成るホールを中心として配置されている。4 台のエレベータは 2 パックを成し、それぞれ高層用と低層用とに分かれ向かい合っている。このアパートのエレベータ仕様の概要を示す。(図 2.11 参照)

1 ブロックのエレベータ	低層用エレベータ (#A#B)	高層用エレベータ (#C#D)
要目		
積 載 荷 重	550kg	550kg
定 員	8 人乗り	8 人乗り
速 度	60m/min	90m/min
制 御	交流 2 段速度	直流可変電圧ギヤード
操 作 方 式	2 カードダウンコレクティブ	2 カードダウンコレクティブ
停 止 個 所	G 階、2~9 階計 9 箇所	G 階、10~16 階 8 箇所
戸 閉	2 枚戸片開き	2 枚戸片開き

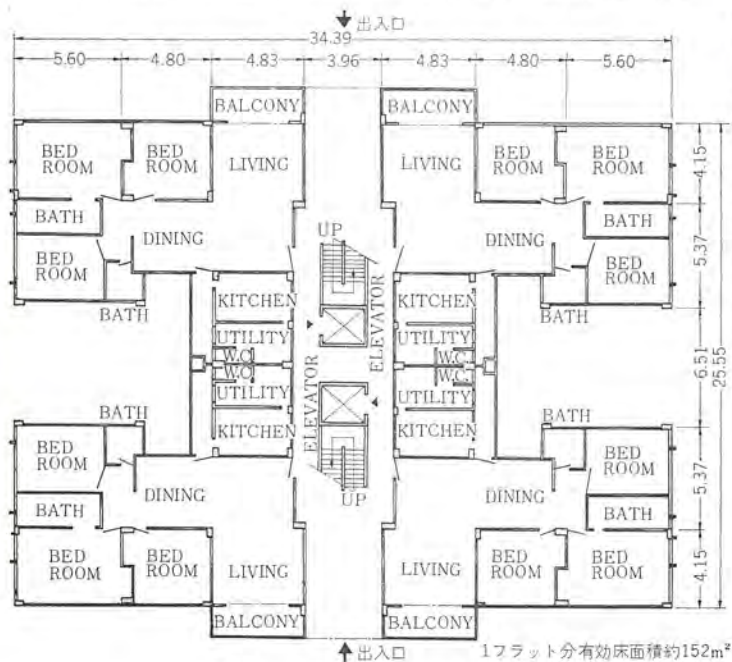


図 2.6 高級アパート平面図 レパルスベイ アパート
Fig. 2.6 Plan of high grade apartment Repulse Bay.

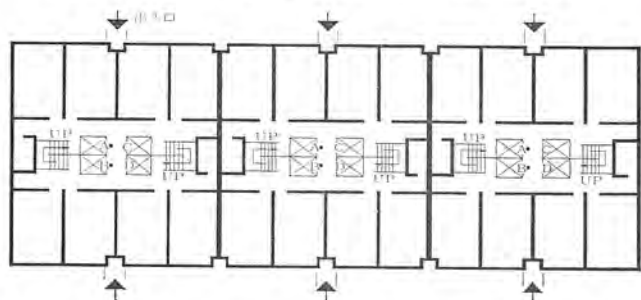


図 2.7 モンタナランド アパートの平面図
Fig. 2.7 Plan of Montana Lands Building.



図 2.8 高級アパート建物 香港 レパルス ベイ アパート
三菱エレベータ設置
Fig. 2.8 Repulse Bay apartment where Mitsubishi elevator installed.



ABC 3 ブロックになり三菱エレベータが各ブロックに 4 台上層下層の分割運転を行なっている。
図 2.9 一般アパート建物 香港モンタナ ガーデン アパート
Fig. 2.9 Montana Garden apartment Hongkong, with Mitsubishi elevators installed.



図 2.10 三菱アパート用エレベータの意匠
香港マウント ニコルソン アパート
Fig. 2.10 Design of Mitsubishi elevators for apartments Mount Nicolson apartment, Hongkong.

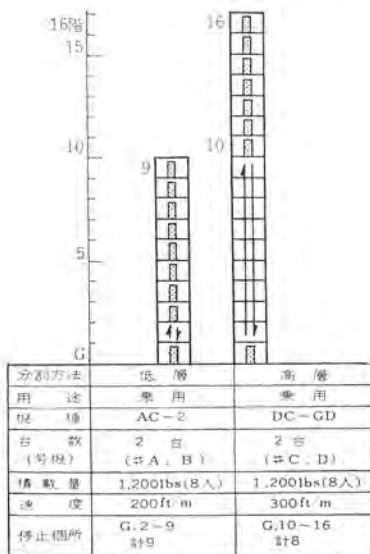


図 2.11 モンタランド アパートのエレベータ設備
Fig. 2.11 Elevators installation of Montana Lands Apartment.

2.2.1 アパートエレベータの輸送能力の検討

(a) アパートの居住人口の推定

各Flatの平均人数を5人と推定すると低層用エレベータの対応階では5人×8Flat×(9-1)階=320人(注：G階は売店である)高層用エレベータの対応階では5人×8Flat×(8-1)階=280人

(b) 交通量の実測

図 2.12, 2.13 はエレベータについて交通量を実測した結果で午前8.00から午後8.00までの時間における交通量が示されている。一般向けアパートの通説となっているが交通量の多い時間帯はほぼ午後4～6時までであることを示しており、香港もこの例外ではない。とくにピーク時をとれば午後4.45より、6.30までに現われ low zone のピークでは上り50人下り32人すなわち82人/15分間の交通量で5分間に27人運んだことになる。

(c) 5分間輸送能力

このアパートのブロック居住人員は320人と推定したので5分間輸送能力は27人/320人=8.4%…(低層用#A, #Bエレベータ)また高層用エレベータ#C, #D号機の交通量の実測は図 2.13の

海外における三菱エレベータ・エスカレータ・向井・外野

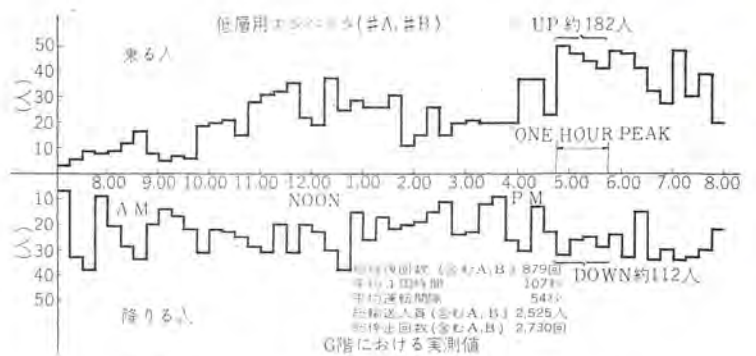


図 2.12 香港 モンタナアパートの交通量実測 (その1)
Fig. 2.12 Actual traffic data for Montana Lands apartment Hongkong. (No. 1)

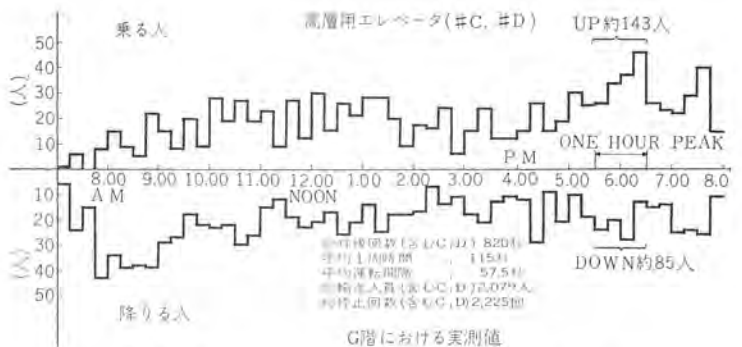


図 2.13 香港 モンタナアパートの交通量実測 (その2)
Fig. 2.13 Actual traffic data for Montana Lands apartment, Hongkong. (No. 2)

結果が出ているので5分間輸送能力は

22人/280人=8%…(高層用#C, #D号エレベータ)

アパートエレベータの5分間輸送能力は欧米で6～7%、わが国で吉武教授の研究でも5%あれば十分とされているが、この結果からすればそれを上回り欧米並みである。

なお図 2.12 (低層用) および図 2.13 (高層用) の結果からこのアパートでのエレベータに関して次のような結果が出ている。

1ブロックのエレベータ	低層用エレベータ (#A, #B号機)	高層用エレベータ (#C, #D号機)
往復回数	879回	820回
平均1周時間	107秒	115秒
平均運転間隔	54秒	57.5秒
総輸送人員	2,525人	2,079人
総停止回数	2,730回	2,225回
1周当たりの平均停止数	2,730/879=3.1	2,225/820=2.7
1周当たりの平均輸送人員	2,525/879=3人	2,079/820=2.5人
1停止ごとの平均輸送人員	3/3.1=0.97人	2.5/2.7=0.925人

以上の結果から1停止ごとの輸送人員、すなわちエレベータ利用量は日本住宅公団の実測値、平均0.62人を上回っておりエレベータ利用率が高く、わが国より多くの人がアパートから出入りすることを示している。

(d) わが国の一般公営アパート用エレベータの夕刻のピーク時に上りと下りの乗客比は、ほぼ3:2の関係があると調査結果から報告されている。Montana Apartment 実測結果も近似的にどのような結果を示している。これをもとに Montana Apartment の5分間輸送能力を算出すると次のようになる。ただし交通状況は上り80%と仮定し上記関係から下り50%とする。

Montana エレベータ設備の能力と実測との比較

エレベータの区分	要 目	実 績 値	能 力 値
低 層 用	人 員 (仮定)	320人 (5人/Flat)	320人 (5人/Flat)
	5 分間輸送人員	27人	37人
	5 分間輸送人員%	8.4%	11.5%

エレベータの区分	要 目	実 績 値	能 力 値
高 層 用	人 員 (仮定)	280人 (5人/Flat)	280人 (5人/Flat)
	5 分間輸送人員	22人	45人
	5 分間輸送人員%	8%	16%

能力に関しては香港地区のこの種の中級アパートとしてはほぼ満足な設備と判断する。

なお高層用エレベータの5分間輸送能力が16%とあるのは一見むだのように見え、1台でもよいように思われるが、とくに高層では引越・故障・保守・ロープ取り換えなどの期間はとても不便であるし平均運転間隔も計算上132秒になるので、2台のほうがよい。

将来このアパートに家族構成の変化、ラッシュアワー時の集中度の変化により交通需要が増大したとしても十分これを満たしうる設備と推定できる。

3. 南米地域

南アメリカを甘藷にたとえればパナマはつるといったところだが、このパナマに近くコロンビアこれに隣りしてベネズエラがある。いずれもスペインの植民地時代が長く、住宅、商店とも2階建てのスペイン風の建物が多い。最近10年の間に道路をはじめとして建物もアメリカ風の事務所、ビル、ホテル、アパートが急速に建ち、都市の面目も一新しようとしている。20階程度のビルも数多く、ヨーロッパ、アメリカのエレベータが10社以上もこの地区に販売サービスの地盤を持ち、互いに競争しているが、幸い当社はわが国内はもちろん、東南アジア地区においても、欧米製品に対し一歩も劣らぬ品質、性能であることが認められて、コロンビアのパバリア社、本社ビル、国警ビル、銀行ビルなど次々と受注に成功した。

3.1 コロンビア パバリア本社ビルのエレベータ設備

パバリア社はラテンアメリカ地域の有数のビル会社であり19の工場を持ち資本金約200億円の大会社である。

現在コロンビアの首都ボゴタ市の最も高いビルは、ボゴタ銀行ビル、21階のアメリカ風方形カーテンウォール式建物であるが、ここに述べるパバリアビルはこれよりもなお高く地上27階でコロンビア第1のビルである。ボゴタ市の幹線道路の合わるデルタにあり、近くには官庁ビル、ホテル(テケンダマ)など、街のめぬき通りであって完成の暁には新名所となる地域である。

地上27階の本社ビル(Aブロック)と、20階のアパート(Bブロック、Cブロック)2むね(棟)が同一地域に同時に建設され、この建物内の縦の交通として合計9台のエレベータが設置された。それらエレベータの性能は表3.1に示す。

3.1.1 エレベータの配置とサービス階

パバリアビルは、10階まではパバリア本社事務所として使用、11階以上は貸ビルとし、26階にレストランを設ける。表3.1にAブロックとして示した4台のエレベータがこのビルの縦の交通を担当する。



コロンビア首都ボゴタ市のめぬき通りのデルタに建設されるパバリア本社の事務所アパート総合建築
左 アパート(Cブロック) 中 アパート(Bブロック) 右 本社ビル

図 3.1 コロンビアの都市建設
Fig. 3.1 Bavaria building in Bogota Colombia.



三菱エレベータを設置するパバリア本社ビルを北側大通りから望む。左端にアパート(Cブロック)がわずかに見える。

図 3.2 コロンビア パバリア本社ビル エレベータを設置
Fig. 3.2 Bavaria building viewed from the north.

表 3.1 エレベータ性能

建物	号機	台数	制御方式	操作方式	容量(kg)	速度(m/min)	停止階
A	A ₁	4 台 バンク	直流可変電圧 DMRL方式 DC41kW	オートセレクト ボタン オート(8ボタン)	1,600	210	1~26
	A ₂						
	A ₃						
	A ₄						
B	B ₁	2 台 バンク	直流可変電圧 RWBL方式 DC31kW	セレクトブコ レクタブジュ アル	1,350	150	B ₁ , 1~19
	B ₂				1,150		1~18
C	C ₁	2 台 バンク	直流可変電圧 RWBL方式 DC21kW	セレクトブコ レクタブジュ アル	1,150	150	1~18
	C ₂				1,350		B ₁ , 1~19
	C ₃	1 台	交流一階 5.5kW	1ボタン	1,500	15	

電源動力用三相 60c/s 260V 照明用单相 60c/s 150V

朝、夕、エレベータの乗客が混雑する間は、その時期を自動選択して、A1、A2号機は15階から上層階の乗客を選び、A3、A4は1階から14階までの客を運ぶ分割運転をして輸送の能率を上げている。平常時はエレベータ4台が一群となって乗客の輸送に当るから平均待ち時間は25秒以内になる。

このビルの東側、西側には大通りが走っているので、ビル客は2方からほとんど均等に出入りする。

3.1.2 エレベータの速度制御

高層行き急行運転とか通過運転の場合は、高速エレベータの全速が有効に利用できるが、サービス区間の各階運転には、この区間の実効速度（速度曲線）が1周時間、すなわち待ち時間や輸送能力を大きく左右する。このエレベータは従来のロートロール制御方式の代わりにDMR速度調整装置を採用していて、短距離を高加速、高減速で走行し、着床前の低速クリアがほとんどなく、1階床運転時間を、4.2秒という短時間内に乗りごちのよい運転と、±5mm以内の精密着床ができる。

高速エレベータとなると速度制御の範囲の増大、運動系の慣性の増大、部分速運転の種類の増加などのために従来の方式では、エレベータを負荷のいかににかかわらず理想速度曲線にそって運転することは、はなはだ困難となり、部分速運転の乗りごちが悪くなったり、着床前の低速が長くなったり、リベルが増したりする。

このエレベータは起動はハカリ起動方式（三菱特許）により、負荷の大小にかかわらず円滑敏速に行なわれ、加速は加速発生装置からの円滑な加速指令信号により、負荷の変動、電源電圧・温度などの変動にもかかわらず、起動から停止の瞬間までほとんど理想曲線にそって乗りごちよく運転し、停止階に近づくと部分速運転に応じた適当な減速距離を自動的に選択して、カゴは減速を

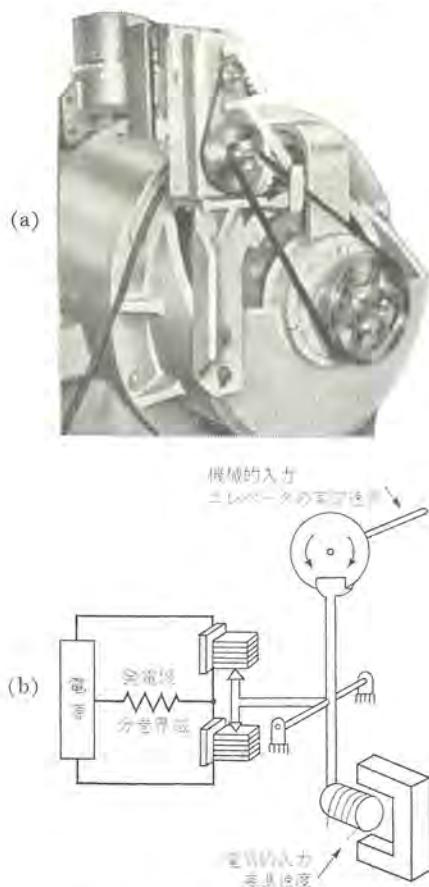


図 3.3 DMR 速度調整装置
Fig. 3.3 DMR velocity transducer.

始め着床ゾーンに到着すると昇降路着床装置からの位置に対応する基準速度入力により、なめらかに減速し正確に着床する。その後カゴが完全に停止してからブレーキがかかる。この間DMR調整装置が全般を通じて、理想速度曲線にそうように調整を行なっている。この制御方式は、安定で性能上の余裕を十分持っている。なお、動作ひん度の高い制御機器は、ほとんどリアクタや半導体素子で静止化しているので、信頼度が高く、ほとんど再調整をしなくても長く高い性能を保持することができた。

3.1.3 エレベータの運転方式

自動群管理“三菱オートセレクトパターンオート方式”トラフィックセンサ付きとし、4台のエレベータを1群として時々刻々に変動する交通需要に即応して機敏適切に、管理運転する理想的なエレベータである。すなわち、時々刻々の乗場の呼びの方向・数・分布・継続時間・カゴ内の乗客の方向・位置・停止の数と通過の数などの交通状況より総合的に判断してつねにそのときの交通需要に最も適したパターンを選択する。

各パターン間を移行させるためには、交通状況がある条件に達するとサプリングサイクルが開始され、1分間あるいは、1.5分間交通状況が続いて所定の条件を満たしておれば、パタンの変換が行なわれる。

また、交通状況が大きく変化する場合は瞬時に変換する。

上記の自動群管理方式に交通状況に応じて、トビラが開いている時間を必要最少限に制御するため、トラフィックセンサを各エレベータに設けたことは大きな特長である。

すなわち、カゴの停止がカゴ内または乗場のいずれの要求によるものであるかを検出して、客の出入によってさげられた光線が回復したのち、トビラが次に閉まりはじめる時間を自動的に調整する当社特殊の光電式制御装置を備え運転能率の向上をはかった。

3.1.4 エレベータの構造・防音・防振・意匠

カゴ床は、カゴ構造ワク（枠）に防振ゴムを介して支持する防振構造とし、ハカリ装置を設けて乗客の人数を検出し、上記自動群管理のパターンの移行のデータ、80%負荷で乗場呼びに対して通過し、130%負荷で戸閉め不能とし、ベルを鳴らすなどの計測をも行なう構造とした。大径のローラガイドを用い、カゴ室裏面は防音



図 3.4 自動群管理三菱オートセレクトパターン方式
エレベータの出発管理盤
Fig. 3.4 Start control panel of Auto Select Pattern
type elevators.

塗料で保護して、静粛な運転をはかった。

建築構造が従来の剛構造から柔構造になり、建築の昇降路構造がブロック積みであるため、レール支持間隔の固定は不可能で各階床間隔（約 3m）で支持し、地震による過荷重に対しては 4m 以上の階床間隔の部分は補強ウツを設け、水平震度 0.2～0.3 には十分耐えられる構造とした。

三方ウツ、乗場トビラレールの取り付け板の支持は、おのおのの階床間で支持する形鋼ウツに取り付け昇降路壁とは無関係な構造とした。

この国の人々はじめで落ち着いた感じの国民であり、そこに最近アメリカの文化が急激に浸透してきている。建築にはそれがはっきり表われていて、エレベータの照明も従来はほとんど間接照明であったが最近では乳白光天井のものも用いられてきた。このエレ

ベータのカゴ室、三方ウツの意匠にはカゴ内照明は阿側天井乳白色アクリグローブ照明で側壁およびトビラはステンレスヘアライン仕上げの鈍い光沢との落ち着いた組み合わせは非常な好評を得ている。

4. む す び

香港・フィリピン・台湾・マレーシア・韓国をはじめ広い東南アジア地域とハワイ・コロンビア・ベネズエラの中南米地域に三菱エレベータは好評を博しているがこの稿は香港、南アメリカ地区に当社が納入した高層ビルのエレベータ、超高速エレベータ、高層アパートエレベータの設備について概要と特長・実状を述べたが今後各国とも新都市建設には積極的でありビルの大形化、高層化とともにアパートの高層化などエレベータ・エスカレータの需要はますます盛んになろうとしている。この稿が関係者の参考になれば幸いである。



大ビルの昇降機設備（一般乗用エレベータ）

板垣 晃 平*

Planning of Elevator Installation in Large Buildings

Inazawa Works Kōhei ITAGAKI

Elevator installation in large buildings has been regarded as one of vital factors. As the size and scale of buildings enlarge the number of the installation increases so much that slight careless planning may result in serious drawback in their function, lowering the economic value of the whole premises. To have excellent elevator facilities, it is needless to have superior elevator in itself, but more importance shall laid on their arrangement based on circumspect study of the requirements and conditions in harmony with other facilities. There are a variety of installations such as general passenger elevators, escalators, passenger and freight elevators, dumbwaiters, and selective vertical conveyers. Herein is made description on general passenger elevators for office buildings with points of consideration in the planning of installation.

1. ま え が き

建物における昇降機設備の重要性は以前から叫ばれている。大規模なビルになるほど、エレベータの使命はいっそう重要さを増してくる。それは、大規模なビルになるほどエレベータの所要台数も増加するから、計画に疎漏があればビル自体の機能を低下させるばかりでなく、有効貸付面積をも減少させる結果、経済的にも損失を招くからである。

昇降機設備がビル設備の一つとして優秀であるためには、機械そのものがすぐれていることはもちろんのこと、設備計画が慎重に十分練られたものであり、ビルならびにほかの設備とよく調和がとれていなければならない。

大規模なビルの昇降機設備としては

1. 一般乗用 エレベータ
2. エスカレータ
3. 人荷用 エレベータ
4. ダムウェータ
5. セレクトラ・パチカルコンベヤ

などが対象となるが、3～5については別稿をご参照いただきたい。

当社は機能的に優秀で、故障が少なく寿命の長い高級エレベータを多数納入し好評を博しているが、その機能をさらに発揮させてご使用いただくために、主として事務所ビルを対象に一般乗用エレベータの設備計画の考え方や選び方をご紹介します。

2. 交通計画とエレベータの選び方

交通計画は対象としているビルの規模、目的、性質、立地条件などからビル内人口、出勤時の集中度、垂直交通動線、水平交通動線などを推定し、そのビルが必要とする輸送能力や待ち時間を満足し、コストが最小になるように、エレベータのバンク数、各バンクが分担するサービス階、エレベータ群の位置と配置、各バンクを構成するエレベータの速度、容量、台数、操作方式、乗場の表示灯などを選定していくことである。すなわち、交通計画は昇降機設備の骨組みを決める重要なものであるから、慎重に検討を重ねる必要がある。

交通計画は幾つもの検討すべき要素が複雑に関連しあっていて

* 稲沢製作所

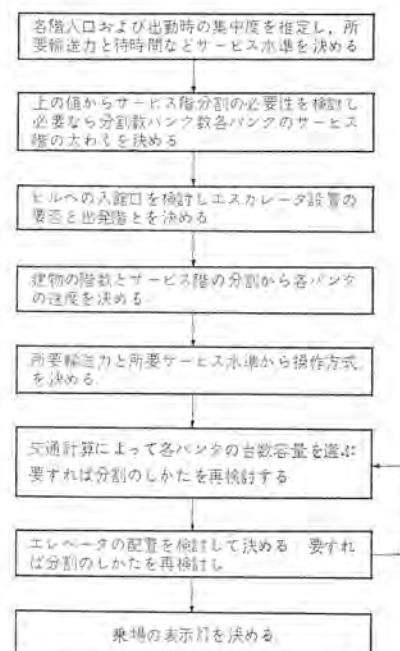


図 2.1 交通計画の検討手順を示すブロック線図
Fig. 2.1 Block diagram of vertical transportation planning.

一つ一つの要素を切り離しておのおの独立に決定していくことはむずかしいが、ほぼ図 2.1 に示すルートに従って検討し、決定していくのがもっとも妥当な方法であろうと思う。もちろん、途中の結果によってはふたたび前に戻って再検討しなければならないこともあるし、一つのブロックの中でも数回の検討を必要とする場合もあろう。

以下、図 2.1 のルートに従って交通計画上の問題点やエレベータの選び方を説明する。

2.1 ビル内人口の推定

ビル内人口は一般にビルの完成直後と十数年後とはかなり異なってくる。これは、居住人口が年とともに増加の傾向をたどるためである。したがって、どのへんを目標に計画をたてるかをまず決めなければならない。

自社ビルを建設する場合には居住人口はかなり正確にわかるし、人口の増加率もだいたいのはつかめるので問題は生じないであろう。

一方、貸事務所の場合にはどのようなテナントが入居するかわからないため、人口増加率はもちろん、初期の入居人口も不明な場合が多く、貸室面積から推定せざるを得ない。

建築業協会の1964年レポート“超高層建築物の計画標準に関する研究”によれば、東京、大阪の著名なビルの調査結果では、純執務スペースに対しては人口密度は4~6m²/人に集中しているが、おのおのが借りているスペース内で設けている更衣室、応接室、会議室、倉庫などを含めた有効貸室面積に対しては7~9m²/人に集中していると報告されている。

大事務所ビルでは事務機械の導入により、人口密度は今後低くなることが予想される。したがって、相当年数が経過した場合の居住人口の増加を考慮しても、有効貸室面積に対し7m²/人として計画をたてるのが妥当であろう。

以上は大規模なビルの場合であって、中小事務所ビルでは、もっと高い人口密度を呈するものと思われる。

2.2 大事務所ビルに要求されるエレベータのサービス水準

エレベータのサービス水準を数量的に表現する方法として、一般に5分間輸送能力と平均運転間隔の二つの要素を取り上げている。

(1) 5分間輸送能力

5分間輸送能力は5分間に全部のエレベータで運びうる人数を全体の人口で割った値で%で表わされる。

この値をどの程度にするかは、そのビルの出勤時の集中度によって決められる。エレベータ設備の規模は出勤時の集中度によって大きく左右されるから慎重に推定しなければならない。

三菱電機ビルの出勤状況は図2.2に示すとおりで、ピークの5分間には26%に達している。

また、日本建築学会論文報告集第103号に発表された実測データによれば、

- 1 社専用の事務所ビル……30% 前後
- 準専用の事務所ビル……20% 前後
- 貸事務所ビル……10~20%
- 官庁……20% 前後

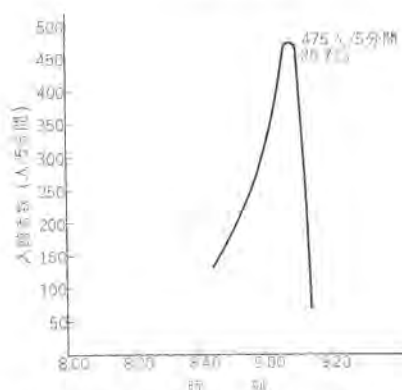


図 2.2 三菱電機ビル 出勤時集中度曲線 (38, 10.8)
(在籍者総数 1,850 人)

Fig. 2.2 Traffic flow at Mitsubishi Denki building.

表 2.1 所要5分間輸送能力

ビルの種類	所要5分間輸送能力	備 考
1 社専用の事務所ビル	20~25%	普通は下限に近い値を、地下鉄や国電駅などに近い場合は上限の値をとる
準専用の事務所ビル	16~20%	
官 庁	16~20%	
貸事務所ビル	12~16%	フロアー貸しの際は上限ルーム貸しの際は下限の値程度をとる

となっている。

このような集中度に対して十分なエレベータ設備をすることは望ましいことではあるが、現実にはなかなかむずかしい。また、出勤時の30分間程度の平均値を対象に(三菱電機ビルの例では約15%に下がる)エレベータを設備した場合には、乗り残しの人が累積されてエレベータホールに混乱が起こることが予想される。以上の点と過去の経験、実績とから、3階以上の居住人口に対して5分間に運ばなければならない最小限の輸送能力として表2.1の値を推奨する。

(2) 平均運転間隔

平均運転間隔は平均1周時間をバンク内の台数で割った値で秒で表わされる。したがって、交通状態の変動に応じて運転間隔も大幅に変動するから、運転間隔をうんぬんする場合には交通状態を示す必要がある。

運転間隔は短いほど望ましいが、あまり短くなり過ぎるとかえって乗客は能率的に乗り込むことができず、カゴをえり好みするようになってエレベータのむだ運転、むだ停止がふえて輸送能率ならびにサービスが低下する。したがって、運転間隔の最小値にも限度がある。

オフ・ピーク時の許容最小運転間隔は12秒である。オフ・ピークの中程度の交通状態では平均運転間隔が15~30秒なら良好な設備といえる。40秒を超えることは望ましくない。

昼食時のように、上り下りとも混雑する場合でも平均運転間隔は40秒以下が望ましい。このように混雑がはげしい場合にはカゴの運転間隔が乱れやすく、乗場ボタンを押してからカゴが到着するまでの時間が平均運転間隔の2倍に達することもある。

出勤時の許容最小運転間隔は、“定員の80%の乗客が乗り込むに要する時間”であって、カゴの容量によって異なり表2.2に示す時間である。上りピーク時の運転間隔は表2.2に示す許容最小運転間隔より大きく、できるだけこの値に近いことが望ましく、実際に運転間隔が30秒以内なら良好といえる。

出勤時の運転間隔が許容最小運転間隔より小さくなる場合にはサービス階を増大させて運転間隔を増すようにするか、または出勤時のみバンク内を分割する分割昇りピークを採用すれば運転間隔が伸び、許容最小運転間隔の問題は解決する。分割昇りピーク時の運転間隔は40秒以内が望ましい。

2.3 サービス階の分割

超高層ビルに限らず、大規模なビルのエレベータ設備を計画する場合には、まず、サービス階の分割を大々くだけでも検討してみなければならない。

エレベータバンクの数が二つ以上必要なビルでは、一般にサービス階を分割することが望ましい。それは、二つ以上のバンクが同一階をサービスするようにすると、実際には負荷のアンバランスが生じ、また乗場の人が両方のバンクの乗場ボタンを押すことが多くなって、むだ運転、むだ停止がふえ、輸送能率が低下し、待ち時間も長くなるからである。

表 2.2 出勤時における許容最小運転間隔

カゴ容量 (kg)	許容最小運転間隔 (sec)
1,000	13
1,150	15
1,350	16
1,600	19

(1) 分割の利点

a. サービス階を低層、高層あるいは低層、中層、高層に分割することによって、各バンクがサービスする階床数が減少する。したがって、1周時間が短縮し待ち時間が短くなるとともに、実際に停止する回数のパワックが減少し運転間隔の乱れが少なくなる。

b. 中層行き急行バンクや高層行き急行バンクでは急行区間ができるため、高速エレベータの全速を有効に利用でき、輸送能力を著しく向上できる。

c. 昇降行程の短縮や乗場数の減少による設備費の低下、低層行きバンクや中層行き急行バンクの機械室より上が貸室面積として有効に利用できるなどの利益がある。

(2) 分割数とサービス区間の求め方

超高層ビルでは一般にエレベータの所要台数が多くなるが、8台を超える台数を1バンクで構成することは乗客が非常に乗りやすく、実用上無理があり、1バンクの台数は8台が限度である。したがって8台を超えるエレベータが必要なビルでは当然、サービス階の分割が必要になり、必然的にビルも低層、高層あるいは低層、中層、高層に分割することになる。しかし、サービス階の分割はエレベータ独自の立場からだけで決められるものではなく、配電その他の設備とあわせて、すなわちビルの利用計画といったに総合的に計画することが必要である。わかりやすくいうと、二つまたは三つの独立したビルを縦に積み上げたとうように構成することである。したがって、各層ではビルの使用目的が異なることが当然考えられる。一般には低い層には各階相互間の交通の多い1社専用の事務所や準専用の事務所とし、高い層には各階相互間の交通の比較的小さいフロア貸しやルーム貸しの中小事務所として

使用することが望ましい。このように、各層によってその使用目的が異なるため、各層の人口、出勤時の集中度も異なり、サービス階の分割もむずかしいが、ここでは、単純に各層の人口がほぼ同じであるとして、サービス階の分割の大わくの決め方を説明する。また、後述の2.6節の操作方式の選定や、2.7節の容量および台数の選定は各層の使用目的に応じて、いいかえると各バンクごとに要求されるサービス水準に応じて選定していかなければならないことは当然である。

サービス階を分割した場合の各層のサービス階数は一般的には8～15階が適当である。しかし、実際には所要5分間輸送能力と各階の居住人口によって一つのバンクが分担できる階床数はかなり変動する。したがって、図2.3に示すルートによって分割をしないか、分割が必要な場合には分割数と各層のサービス階を決めるのが実際的であると思われる。

図2.4～2.7は所要5分間輸送能力12%、16%、20%、25%のおおのについて、容量1,350kg、バンク8台として求めたものであって、建物の階数と各階の居住人口が与えられた場合の最小限の分割数を示している。

まず、図2.4～2.7の中から、目的とするビルの所要5分間輸送能力にはば一致する図を使用して建物の階数と1階床当たりの居住人口との交点がどの領域あるかを求める。

領域Aは分割をしないで、1バンク(8台)で処理できる範囲を示している。領域Bは2分割、領域Cは3分割、領域Dは4分割以上が必要であることを示している。

必要な最小分割数が求めれば、図2.8から各層の最上階を求める。たとえば、30階建のビルで3分割が必要である場合には次の

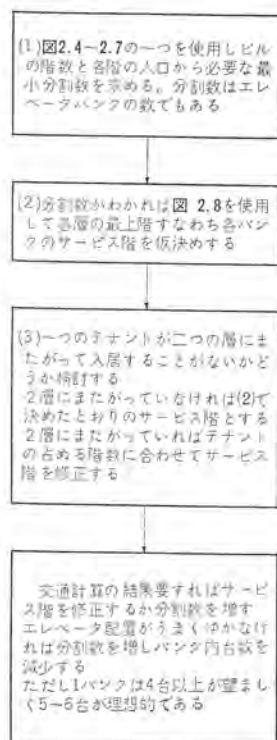


図 2.3 サービス階分割のルートを示すブロック線図
Fig. 2.3 Block diagram of banking.

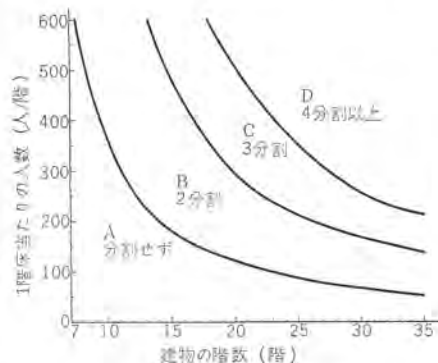


図 2.4 最小分割数の選定図
(所要5分間輸送力12%の場合)
Fig. 2.4 Selection of minimum banking.

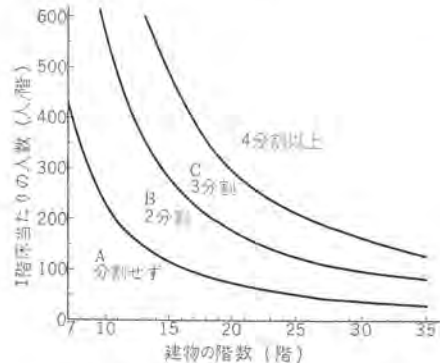


図 2.6 最小分割数の選定図
(所要5分間輸送力20%の場合)
Fig. 2.6 Selection of minimum banking.

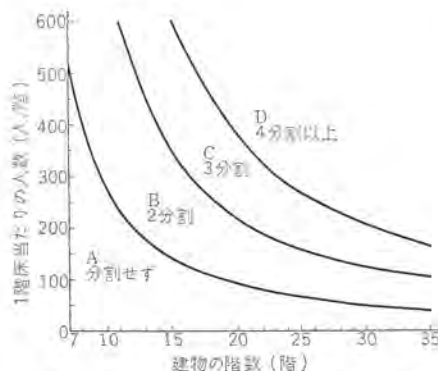


図 2.5 最小分割数の選定図
(所要5分間輸送力16%の場合)
Fig. 2.5 Selection of minimum banking.

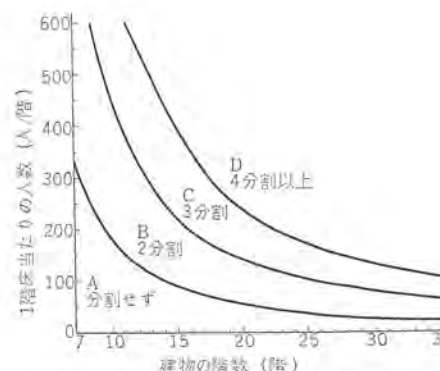


図 2.7 最小分割数の選定図
(所要5分間輸送力25%の場合)
Fig. 2.7 Selection of minimum banking.

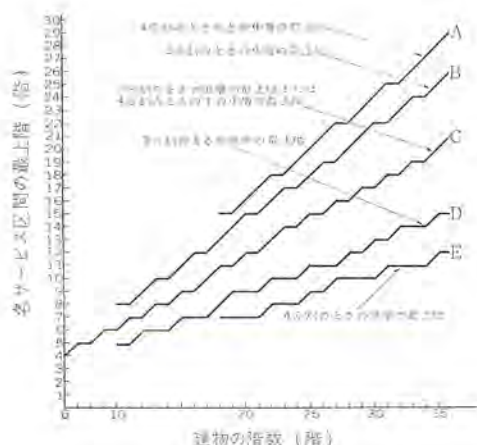


図 2.8 分割数と各 サービス 区間の最上階
Fig. 2.8 No. of banks—top floor of each bank.

ようにして各層の サービス 階を求める。図 2.8 の横軸の 30 階から垂直にのぼした線と折線 D との交点 13 階が低層の最上階となり、折線 B との交点 22 階が中層の最上階となる。したがって、低層行き バックの サービス 階は 1～13 階、中層行き急行 バックの サービス 階は 1, 14～22 階、高層行き急行 バックの サービス 階は 1, 23～30 階となる。

このようにして各層の サービス 階が求められるが、その結果一つのテナントが 2 層にわたって入居することになれば、一つのテナントが一つの層にはいるように分割のしかたを修正しなければならない。この場合、分割数はそのままとし、分割点だけを修正すればよい場合もあるが、図 2.4～2.7 から求めた分割数は最小の分割数であるから、A, B, C, D 各領域の上限に近いところで分割数が求められた場合には、サービス 階を減らして分割数を増し、1 バック 内の台数を減らすことになる。

図 2.4～2.7 は前述のように最小分割数を示しているから、建物の階数が多いときには分割数を図から得られるよりも多くしたほうがよい場合がある。しかし、1 バックの台数は 4 台以上が望ましく、5～6 台が理想的である。

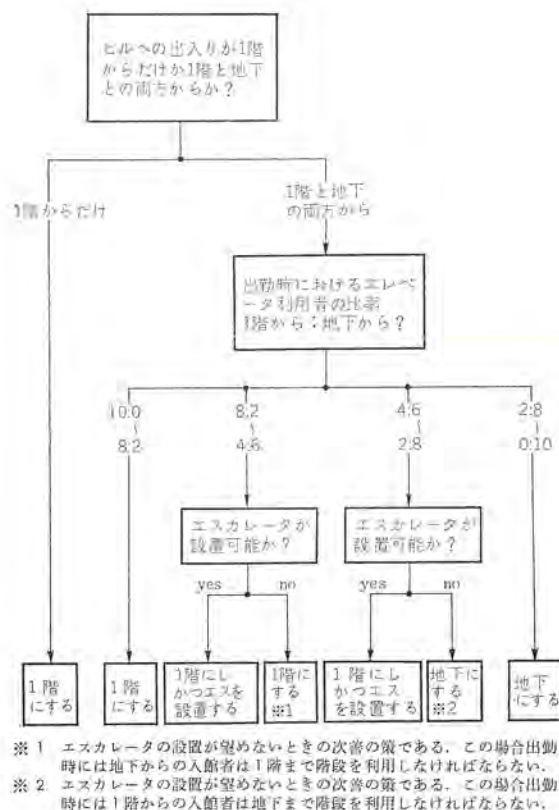
(3) 分割に際しての注意事項

a. 分割した場合に各層の サービス 階を 1 階づつ重ねて乗り換え階とすることが考えられるが、現在の高速度エレベータでは 1 階で乗り換えても乗客の時間的損失はほとんど問題にならないので、乗り換え階を設けることは一般には得策でなく望ましくない。

乗り換え階を設けると、サービス 階が 1 階増加するので平均停止数が増加し、1 周時間が長くなる。また、出勤時には 1 階から乗り換え階へ行く乗客の 2/3 以上は高層 バック を利用し、逆に退勤時には乗り換え階から 1 階へ行く乗客の 2/3 以上は低層 バック を利用することが経験的に認められている。したがって、あとで述べる容量、台数の選定に際しては、これらの点を加味して計算する必要がある。乗り換え階を設けた場合の輸送能力の低下は、低層 バック や高層 バック によって異なり、また各層の サービス 階数や乗り換え階の人口によっても異なるが、ごく概略の値は乗り換え階がないときよりも 5～8% 程度低下する。

b. 将来、建物の利用計画を変更することに対処するために、低層や中層の上に 1, 2 階程度乗場を設けておく場合があるが、この場合には、これらの延長階には通常は サービス しないようにしておき、利用計画が変わったときにはじめて、これらの延長階に サービス するように計画することが望ましい。

2.4 出発階の決定とエスカレータの利用



※1 エスカレータの設置が望めないときの次善の策である。この場合出勤時には地下からの入館者は1階まで階段を利用しなければならない。
※2 エスカレータの設置が望めないときの次善の策である。この場合出勤時には1階からの入館者は地下まで階段を利用しなければならない。

図 2.9 出発階選定の ルート を示す ブロック 線図
Fig. 2.9 Block diagram of despatching floor selection.

下方の出発階としては、乗降客がもっとも集中する階やエレベータの利用度をもっとも高い階を選ぶのが自然な考え方であって、一般には 1 階を出発階としている。

しかし、地下鉄の新設や延長にともなって、地下道を経由して地下からも入館できるビル、すなわち外部からの人の出入りが地下と 1 階との両方からできるというビルが増加してきている。このようなビルでは、出発階をどちらの階に選ぶかは基本的な問題であり、エスカレータの利用とともに検討しなければならない事項である。

図 2.9 は出発階の選定とエスカレータ設置の要否を決めるブロック線図である。

外部からの人の出入りが地下と 1 階の両方にまたがる場合には、両方からの入館者数の比率に関係なくエスカレータを活用して、両方の階の間の交通を処理し、出発階を 1 階にするのが理想的な姿であるが、これはわが国の現状では困難であると思われる。しかし、少なくとも図 2.9 に示すルートに従って出発階の選定とエスカレータの要否を決める必要があり、この程度ならばそれほど無理がないところであろうと思われる。

ビルの入口が地下と 1 階の二つの階にあって、しかもエスカレータが設置できない場合には、一方の階からの入館者は出発階まで階段を利用して歩かなければならない。これらの人達に対しては不便を与えることになり、サービス 低下ということになるが、これらの人達までもエレベータで救おうとすると非常に無理が生じる。今までも、これらの人達をエレベータでサービスしようとして種々の方法を考案し、一部実施したこともあるが、実際には入館者の比率が刻々に変動するためにむだ運転が生じ、出入口が一つの階の場合に比べて輸送能力が 20% 程度低下することは避けられない。いいかえると、ビルが必要とする輸送能力を満足するためには 20% 程度エレベータ台数を増加する必要がある。したがって、

けっきょくは エスカレータ を活用するほうが得策であると考える。

2.5 速度の選定

昇降行程が長いからという理由だけで、いたずらに高速化することは コスト だけが上昇して必ずしも得策ではない。これは、いくら高速のエレベータを使用したとしても、サービス区間では短距離の運転の繰り返しとなるため、全速が有効に利用できないからである。したがって、速度は昇降行程と急行区間の長さの二つを考慮して選定しなければならない。

当社では速度として、150 m/min, 210 m/min, 240 m/min, 300 m/min の4種類を標準としているが、その選定は前述の2.3節で得られたサービス区間をもとに図2.10のルートに従って各バンクの速度を選定することが望ましい。

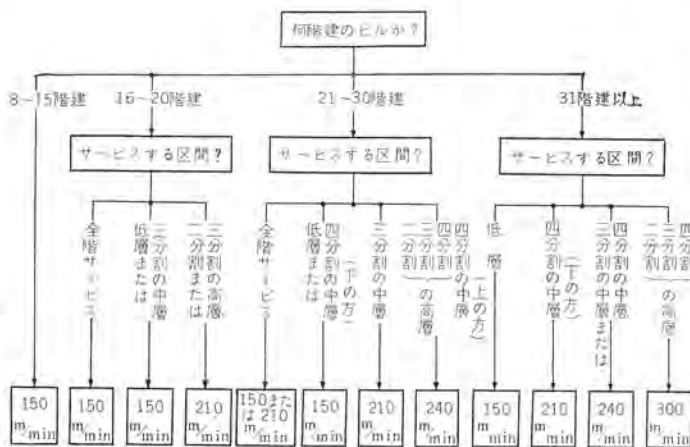


図 2.10 速度選定の ルートを示す ブロック 線図
Fig. 2.10 Block diagram of speed selection.

2.6 操作方式とその選定

(1) 操作方式の種類と動作概要

大規模なビルに適用される操作方式の種類をサービス水準の低いものから順に並べると表2.3に示ようになる。

このうちの2C-2BC(AS)と3C-2BC(AS)は交通が比較的閑散なビルに使用されるが、これらの動作内容については、「中小ビルの昇降機設備」の稿をご参照いただきたい。

ASP-A方式には、5パターン(5P)、7パターン(7P)、8パターン(8P)の三種類の方式があって、それぞれ表2.4に示すパターン(輸送形式)を持っている。

ASP-A方式は交通状態の幅広い変動に即応して、常にそのときの交通需要に対し最大の輸送能力と最良のサービスを発揮するように、数台のエレベータ群の運転を管理する方式である。すなわち、時々刻々に変動する乗場呼びの数、方向、継続時間、カゴ内の乗客数、カゴの運行方向や位置、停止の数や通過の数などあらゆる交通状況から総合的に判断を下して、常にそのときの交通需要をもっとも能率よく処理し、またすべての階の乗客に公平にサービスするように運転する。したがって、朝夕のラッシュアワーには最大輸送能力を発揮し、昼間のオフ・ピーク時にはすべての階に短くかつほぼ均等な待ち時間でサービスすることができる。

(2) 操作方式の選定

操作方式はエレベータ群に要求される輸送能力と各乗場の待客に対する待ち時間やそのバラツキの程度、すなわち、要求されるサービス水準によって選択しなければならない。

ごくおおざっぱに言えば、比較的閑散なビルには2BC(AS)の系列を、混雑するビルにはASP-Aの系列を選ぶということに

大ビルの昇降機設備(一般乗用エレベータ)・板垣

表 2.3 操作方式の種類

操 作 方 式	記 号
2カー セレクトアップ・コレクタブ・ジュアール	2C-2BC (AS)
3カー セレクトアップ・コレクタブ・ジュアール	3C-2BC (AS)
3~8カー オート セレクトボタン オート 5ボタン方式	3~8C-ASP-A 5P
3~8カー オート セレクトボタン オート 7ボタン方式	3~8C-ASP-A 7P
4~8カー オート セレクトボタン オート 8ボタン方式	4~8C-ASP-A 8P

表 2.4 パターン(輸送形式)の種類

8 Pattern System	7 Pattern System	5 Pattern System
1. 分割昇りピーク(Intense Up Peak) 2. 昇りピーク (Up Peak) 3. バランス (Balanced) 4. 昇り混雑 (Heavy Up) 5. 昇り降り混雑 (Heavy Up Down) 6. 降り混雑 (Heavy Down) 7. 閑散時 (Off Hours) 8. 降りピーク (Down Peak)	1. 昇りピーク 2. バランス 3. 昇り混雑 4. 昇り降り混雑 5. 降り混雑 6. 閑散時 7. 降りピーク	1. バランス 2. 昇り混雑 3. 昇り降り混雑 4. 降り混雑 5. 閑散時

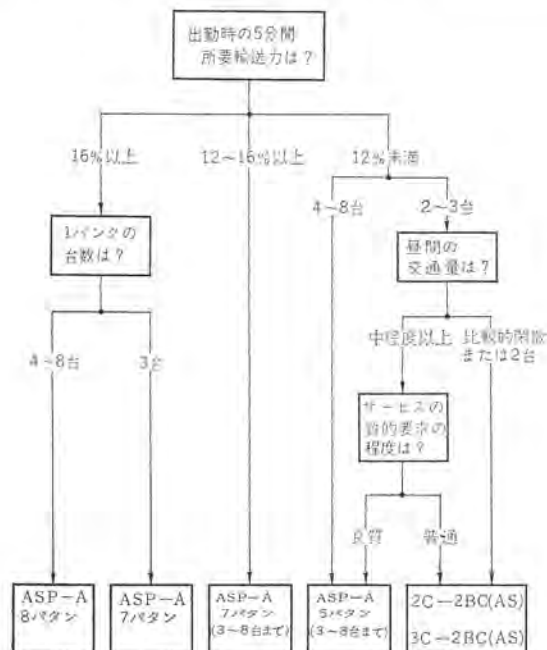


図 2.11 操作方式選定の ルートを示す ブロック 線図
Fig. 2.11 Block diagram of operation system selection.

なるが、実際には図2.11に示すルートに従って選ぶのが妥当であろう。

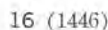
2.7 容量および台数の選定

容量や台数を非常に厳密な交通計算によって求めようとするとは、計算が非常に複雑になり、建築関係者が目的とするビルに対して容量や台数を算定しようとする場合には実用にならないであろうし、また交通計算自体が種々の仮定のもとに行なわれるので容量、台数を求めるために、あまりに厳密さを追う計算は意味がない。

したがって、容量や台数を図2.12のルートに従って選定するのが妥当であろう。

前述の2.3節でサービス階の分割を検討して、分割数およびバンク数が決められており、また、2.5節でバンクごとの速度が求められているから図2.12のルートに従って、バンクごとの容量、台数を求めていくことになる。

このルートに従いながら、問題点および注意事項を説明していく。



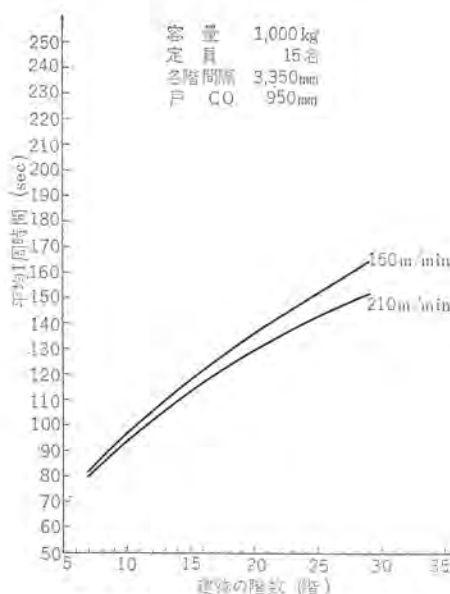


図 2.13 平均 1 周 時 間
Fig. 2.13 Average round-trip time.

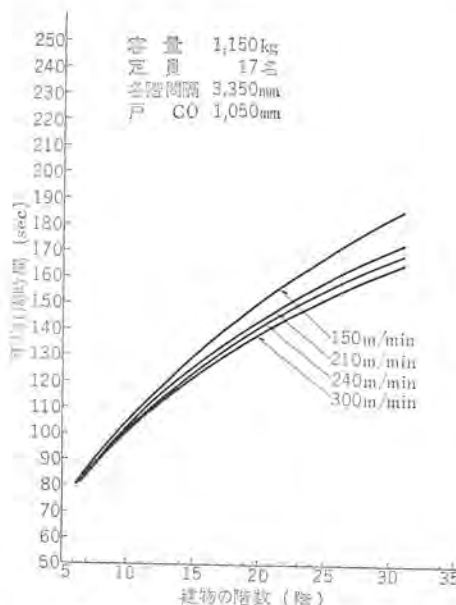


図 2.14 平均 1 周 時 間
Fig. 2.14 Average round-trip time.

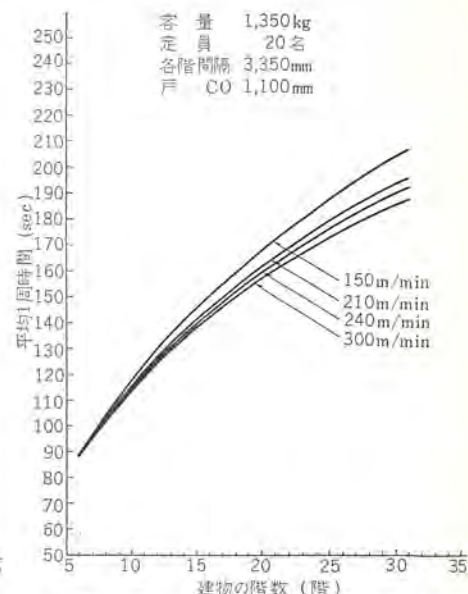


図 2.15 平均 1 周 時 間
Fig. 2.15 Average round-trip time.

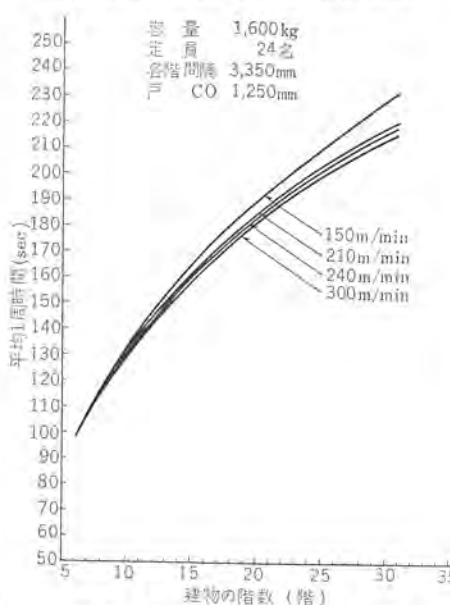


図 2.16 平均 1 周 時 間
Fig. 2.16 Average round-trip time.

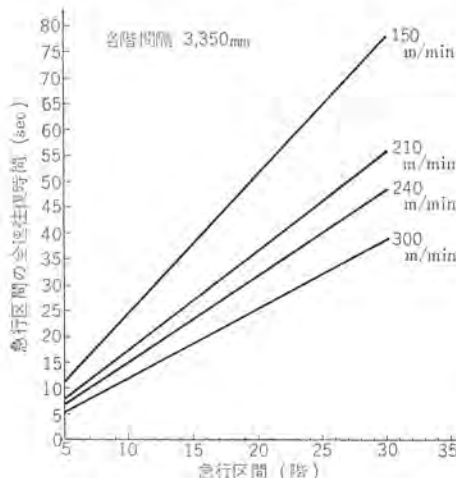


図 2.17 急行区間の全速往復時間
Fig. 2.17 Round-trip time at full-speed in express zone.

戻るかあるいは 1 台は最終の カゴ 呼びのあった階にとどまるかの差, 時隔出発か ON CALL かの差, トラフィック・センチネルの有無の差, その他操作方式の機能上の差などの影響によるものである。なお, 図 2.17 の全速往復時間はそのままの値を使用してよい。

d. 出勤時の運転間隔が表 2.2 に示した許容最小運転間隔より小さい場合には, 1 バック内の台数が 3 台以下ならばサービス階を増大させてふたたび容量 1,000 kg から再検討するが, もし全階サービスであれば, やむを得ないからそのまま次の検討に移る。

1 バック内の台数が 4 台以上の場合には操作方式を ASP-A 8 パタンを採用する

ように変更する。そうすれば出勤時には分割昇りピークのパタンになるから, 乗客が同時に 2 台のカゴ (上層行きブルーのカゴと下層行きグリーンのカゴ) に乗り込めるので許容最小運転間隔の問題は解決し, 次の検討に移ってよい。

e. 出勤時の運転間隔や次項で述べる昼間の運転間隔が 2.2 節のサービス水準で述べた運転間隔より大きい場合には, サービス階を減少させて最初から再検討しなければならない。ただし, 求められた運転間隔がサービス水準で述べた運転間隔より大きくてもそれがわずかであり, そのビルが許容できる程度ならば次の検討に進むのもやむを得ないであろう。

f. 昼間の交通は上り下りとも閑散な状態から両方向とも混雑する状態まで広い範囲にわたって変動するため, 1 周時間, 運転間隔とも幅広く変化する。したがって, どの程度の交通状態を想定して 1 周時間ならびに運転間隔を求めたらよいかはビルの性質によっても異なるが, 一般には中程度の交通状態, すなわち上り下りとも定員の 40~50% 程度の乗客がある状態を対象にして, 1 周時間, 運転間隔を求めるのが妥当であろう。

同ような交通状態を想定しても 1 周当たりの停止数は, ビルの性質によって異なる。すなわち, フロア貸しやルーム貸しなどの

の 1 周時間を求め, 次に図 2.17 から急行区間 4 のときの全速往復時間を求めて, この両者を加算すればよい。

たとえば, 容量 1,150 kg, 速度 210 m/min とし, 1 階から 13 階まで急行, 13 階から 20 階までサービスする急行バックの 1 周時間は,

$$20 - 13 + 2 = 9 \quad (A = 13, B = 20, \text{したがって } C = 9)$$

したがって, 図 2.14 から建物の階数 9 のときの 1 周時間を求めると 97 秒である。次に図 2.17 から急行区間 13 の全速往復時間を求めると 23 秒であるから, けっきょくこの場合の 1 周時間は

$$97 + 23 = 120 \text{ 秒 となる。}$$

図 2.13~2.17 は三菱電機の新形高速度歯車なしエレベータ, シンクロドライブ方式で, 操作方式は ASP-A 7P および 8P の場合の昇りピーク時の平均 1 周時間を計算した曲線である。

したがって, 操作方式として ASP-A 5P を採用する場合には図 2.13~2.16 から求められた値の約 1.06 倍, 2C-2BC (AS) や 3C-2BC (AS) を用いる場合には約 1.13~1.15 倍の値を使用しなければならない。これは, 最高呼自動反転してただちに出発階に

事務所ビルでは途中階から途中階への各階相互間の交通が少ないのに反し、1社専用の事務所ビルや準専用の事務所ビルでは、各階相互間の交通が比較的多く、そのため1周当たりの平均停止数が増加する。

一般に中程度の交通状態の1周時間、したがって運転間隔は、出勤時のそのほば0.9~1.1倍程度をとれば実状に合う場合が多い。

フロア貸しやルーム貸しなどの事務所の場合は下限の値、1社専用または準専用の事務所ビルの場合は上限の値を使用するのがよい。

以上で求められる1周時間や運転間隔は、エレベータの配置や乗場の表示灯が理想に近い場合であって、これらの良否が昼間の1周時間や運転間隔に大きな影響を与えることに注意しなければならない。

容量、台数に続いて配置が決定したのち、要すれば昼間の1周時間、運転間隔を再検討しなければならない。

g. 乗場の表示灯が1周時間に与える影響

乗場の表示灯は意匠上大切なばかりでなく、乗客が乗りやすいかどうか、能率的に乗り込めるかどうかを決める重要なものである。乗場の表示灯にはホールランタンとインジケータとがある。

ホールランタンはカゴの到着に先だって(4秒以上前)ゴングが鳴ると同時に点灯し、カゴの到着を予告するとともに、その階からの出発方向をも示し、待ち客をあらかじめカゴの方に誘導するものである。したがって、ホールランタンはできるだけ大きくし、壁面からとっ(凸)出させ、全体が光るようにして、エレベータホールのどの位置からもしっかり見えるものにしなければならない。

ところが、実際には、小さすぎたり、壁面からのとっ出量が少なすぎたり、その側面が光らなかつたりして見にくいものが多かった。また、新しい形をねらいすぎたため機能的にも意匠的にも失敗した例が多い。やっぱりシンプルな形のほうが機能面ばかりでなく、意匠上も周囲の感覚に調和する場合が多いようである。このように見にくいホールランタンの場合には、ホールランタンが点灯してから待ち客が歩き出すまでに相当な時間遅れが見受けられる。そのために、乗り込みがおくれて戸が開いている時間が長くなったり、乗りそこないを生じたりする。これらの影響のために、中程度の交通状態における1周時間は、はっきりわかるホールランタン

の場合よりも図2.18に示す時間だけ余分にかかる。

インジケータは1バンクの台数が4台以上になると、ほとんど実用にはならなくなる。数多いインジケータを見比べて、自分の希望方向に行くエレベータのうち、早く到着するカゴを間違いなく見いだすことは、ほとんど不可能に近い。エレベータホールで待ち客の様子を実際に見ていると、7,8台のバンクになると、ほとんどの待ち客はエレベータが到着して戸が開いてから歩き出す。そのために、出入口に到着する前に戸が閉りはじめ、あわてて走り出したり、乗りそこなったりする人が出てくる。これらの人を救い、普通速度で乗降できるようにするためには戸が開いている時間をかなり延長する必要が生じる。したがって、中程度の交通状態における1周時間は、はっきりわかるホールランタンの場合よりも図2.18に示す時間だけ加算しなければならない。

以上の付加時間は想像以上に大きく無視できない値である。

当社では4台以上のバンクの場合にはホールランタンを標準としている。1階は乗降客が多く、ホールランタンのみではこれらの乗客に無視された感じを抱かせるおそれもあるので、1階にはホールランタンと集合インジケータを併用するのが標準として推奨する。インジケータを各個のエレベータの出入口の上に設けることは、先発カゴと非先発のカゴ、先着のカゴと後着のカゴなどに対して待ち客に誤った予見を与えがちになるので避けるべきである。中間階に対しては、ホールランタンだけの場合とホールランタンと集合インジケータの併用の二とおりがある。機能的にはホールランタンだけで十分であるが、顧客の好みに応じて、いずれをご採用いただいても結構である。

1バンクの台数が2台の場合はインジケータを標準としている。1バンクの台数が3台の場合はインジケータ、ホールランタンまたはホールランタンと集合インジケータの併用のいずれかを推奨している。

h. 昼食時の交通は一般に上り下りとも非常に混雑する。このときは両方向とも定員の80%が乗るものとして交通計算をする。この結果、1周時間は出勤時のときのほば1.4~1.5倍に達する。したがって、5分間に運ぶ人数は、上り下りの人数を合計すると出勤時の約1.4倍となる。

居住者の大部分が、ほとんど同時に社員食堂を利用したり、外部へ食事に出かけたりするビルでは、エレベータの輸送能力がビルが必要とする輸送力に満たない場合がある。このときは、サービス階の分割を再検討する必要がある。あるいは、ビルによっては、このときの交通を対象にエレベータの容量や台数を決めなければならないこともある。

しかし、出勤時に比べて、乗客は心理的にゆとりがあるので、エレベータの輸送能力が著るしく不足する場合以外は、一般に出勤時を対象に選んだ容量、台数、サービス階の分割でがまんすることが多いのが実情である。

i. 以上述べたことを考慮しながら図2.12のルートに従って容量、台数を選定する。もし、選定できない場合にはサービス階の分割を再検討する必要がある。

2.8 エレベータの位置と配置

エレベータの速度、容量、台数、操作方式、サービス階の分割などが、これまでの検討で選定された。これらが適切であり、また、エレベータ機械自身が優秀であっても、その効果が十分に発揮されないことがある。この原因の一つは、エレベータの不合理的な配置にある場合が案外多い。エレベータの位置や配置は、速度や容量などの選定以上に重要であるといっても過言ではなく、十分に注意して計画をしなければならない。

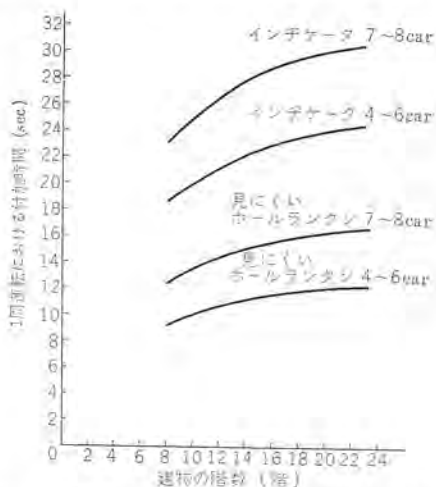


図 2.18 乗場表示灯が1周時間に与える影響 (中程度の交通状態)

Fig. 2.18 Additional time to the average round-trip time due to corridor indicator or indistinct hall lantern. (medium traffic)

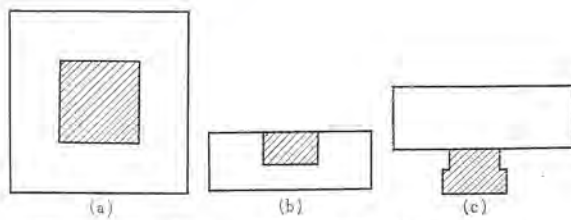


図 2.19 サービス コアの位置 (斜線部分がサービス コア)
Fig. 2.19 Location of service core.

(1) エレベータの位置

エレベータの位置はビル の玄関の位置と外部交通機関との関係やビル 内の水平交通動線を考慮して決められるべきであるが、エレベータ群に最大効率を発揮させるためには、1 個所に集中して配置するのが望ましい。

带状に長いビル でやむを得ずエレベータバンクを分散配置させることもあるが、実際に使用してみると計画時と違った負荷分担となりがちであり、負荷 バランス がくずれる場合が多いので、分散配置は極力避けた方がよい。2 バンク 以上必要な場合には、前述のように サービス 階を分割し、集中配置とするのが望ましい。

アメリカ の建築家 ジョージ・B・ロジャースによれば、エレベータを含めたサービスコアの位置は基本的には図 2.19 の (a), (b), (c) の三種類しかなく、(a) の中央 コア 形は事務 スペース をいくつかのテナントに分けて貸すような場合に適しており、コアを建物の外部に追い出した (c) の形は大企業が一つのビル全体を占有する場合に最適であると述べている。

このようにすれば、自然にエレベータも集中配置にならざるを得ないであろう。

(2) エレベータの配置

1 バンク 内の配置は台数が 4 台までは直線配置でよいが、5 台以上になると アルコブ 配置または対面配置にすべきである。

4 台の場合でも直線配置よりは アルコブ 配置か対面配置の方が望ましい。

アルコブ 配置や対面配置の場合の対面距離は 3.5~4.5m が望ましく、できるだけこの範囲に収まるように計画していただきたい。ただし、国電や地下鉄の駅に近いビル では、出勤者の流れが波状的に集中する傾向があるので、エレベータホールの混雑を防ぐために対面距離 4.5~5m の範囲で広げる方がよい。

対面配置の場合にはエレベータホールが主通路とならないように計画しなければならない。

以上のような基準のもとに図 2.20 の ルート をたどって配置を計画する。

5 台の場合でやむを得ず直線配置としなければならないことも生ずるが、この場合にはエレベータが停止したときに戸が開いている時間を延長する必要があるので図 2.23 に示す付加時間を加算して運転間隔を チェック することが望ましい。

2 バンク 以上必要なビル では サービス 階を分割するが、異なるバンクをアルコブ配置または対面配置にする場合には、その対面距離は 5m 以上にすることが望ましい。

配置上 7 あるいは 8 台バンク が困難な場合、すなわち、7 または 8 台 バンク を前述の基準にそって配置することが困難な場合には、サービス階を減じ、分割数を増して 4~6 台 バンク として、配置を計画する。ただし、1 バンク が 3 台以下になるのは避けなければならない。

望ましい配置例を図 2.21 に、また、悪い配置例を図 2.22 に大ビルの昇降機設備 (一般乗用 エレベータ) ・板垣

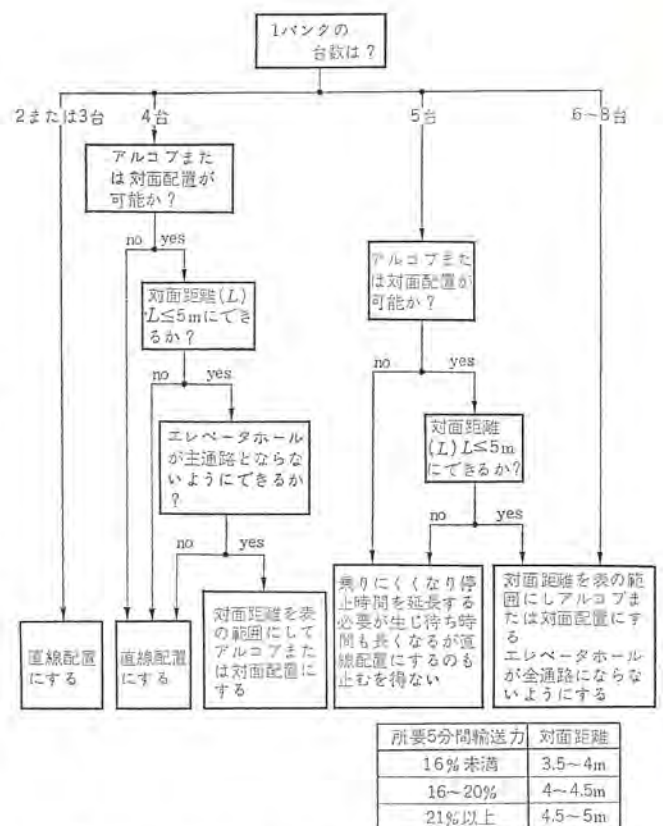


図 2.20 エレベータ配置計画のルートを示すブロック線図
Fig. 2.20 Block diagram of elevator arrangement planning.

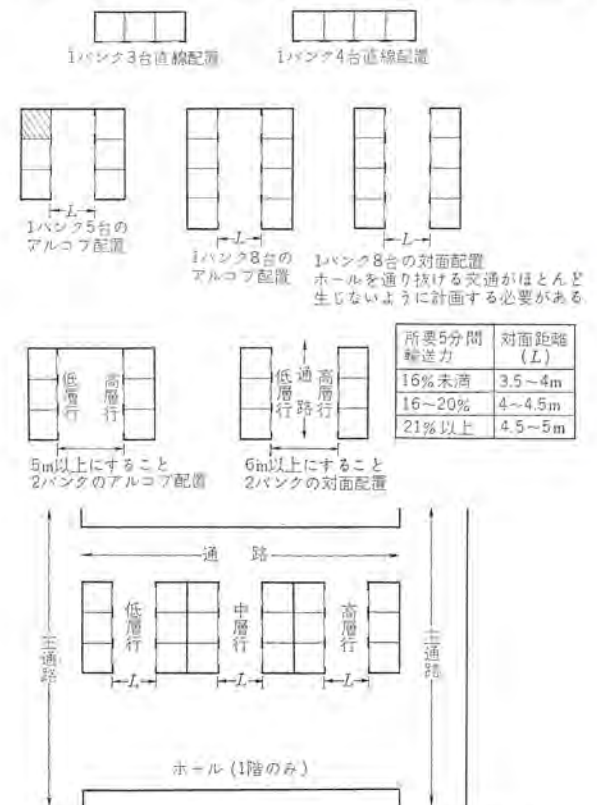


図 2.21 エレベータの望ましい配置例
Fig. 2.21 Example of good elevator arrangement.

示す。

(3) 配置が輸送能率に与える影響

1 バンクの直線配置で 4 台を越える場合あるいは、アルコブ配置や対面配置で対面距離が 5m を越える場合には、1 周時間や運転間隔が予想外に長くなる。

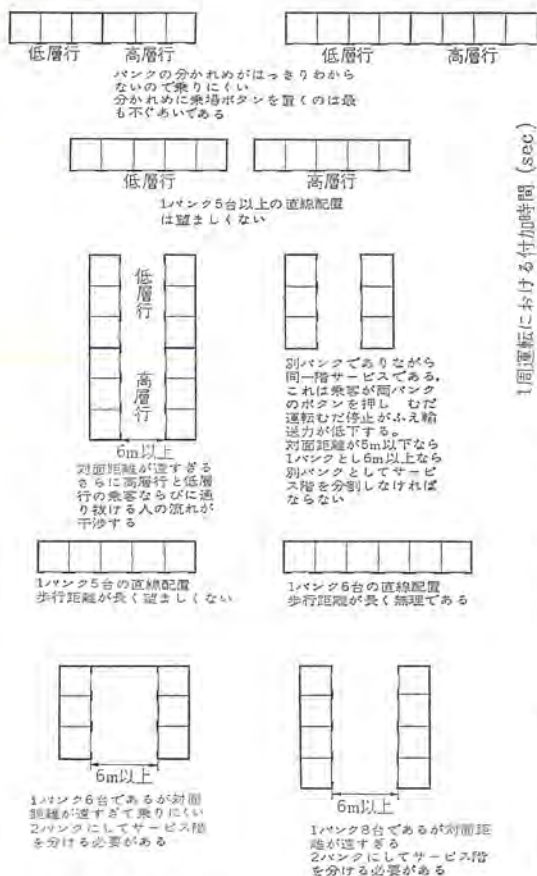


図 2.22 エレベータの悪い配置例
Fig. 2.22 Example of bad elevator arrangement.

1バンクの直線配置で5台以上あるいは対面距離が5m以上になると、ゴングが鳴ってホールランタンが点灯しカゴの到着が予告されてから、普通で歩き出してカゴが到着するまでに出入口に近づくことが困難になる。そのため、走って乗り込んだり、乗りそこなったりすることが多くなる。これを救うためには、カゴが停止して戸が開いている時間を延長しなければならない。あるいはまた、歩行距離が長い場合、待ち客から遠いエレベータには乗らずに近くのエレベータが到着するまで何度もボタンを押して待つ人もかなり多く見受けられる。したがって、むだ運転、むだ停止が増加する。以上のことから、1周時間は延びる。この値は小さく思われがちであるが、実際に調べてみると意外に大きく、ことに、直線配置で6台以上や対面距離が6mをこえると急速に大きくなる。

中程度の交通状態における1周時間は、理想的な配置のときよりも図 2.23、2.24 に示す時間を加算しなければならない。

このように1周時間が延びるばかりでなく、乗客にとって乗りにくいエレベータとなり、エレベータ利用者に非常に不便を与える結果不評をこうむることになる。

以上のことからわかるように、不合理な配置のまま所要の運転間隔を維持しようとする台数を増す必要が出てくるが、適正な配置にできなければ、エレベータの能率はどんどん低下してしまう。したがって、エレベータの配置は十分重視して計画していた

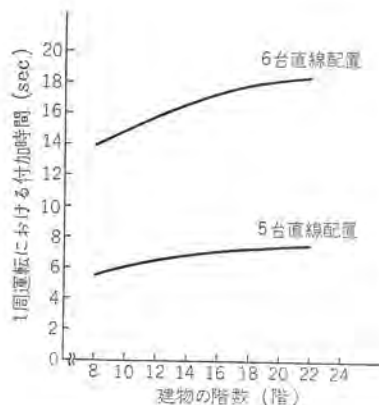


図 2.23 直線配置が1周時間に与える影響 (中程度の交通状態)
Fig. 2.23 Additional time to the average round-trip time due to straight line arrangement. (medium traffic)

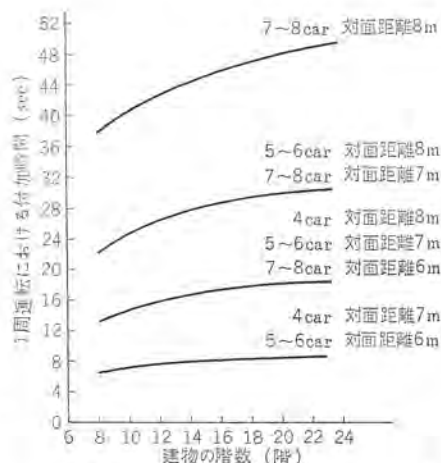


図 2.24 対面距離が1周時間に与える影響 (中程度の交通状態)
Fig. 2.24 Additional time to the average round-trip time due to the face-to-face distance. (medium traffic)

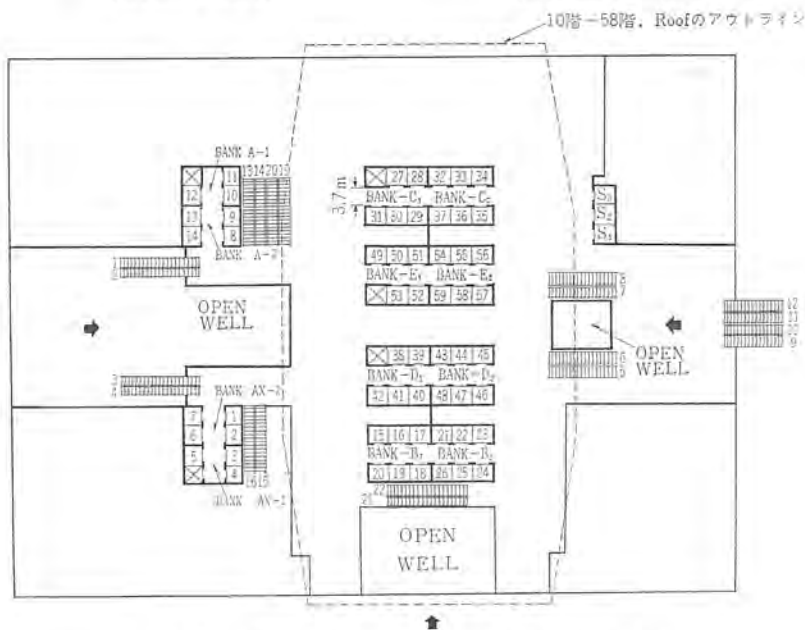


図 2.25 パンアメリカンビル の 平面図
Fig. 2.25 Plan of Pan American Building.

表 2.5 パンアメリカンビル の エレベータ 仕様と交通計算結果

バンク 名 称	号 機 番 号	サ ー ビ ス 階	エレベータ 台数/容量 (lbs) /速度 (FPM)	バンクが 分担する 予想人口 (人)	運 転 間 隔 (sec)	5 分 間 輸 送 人 (人)	5 分 間 輸 送 能 力 (%)	有 効 貨 付 面 積 (ft ²)
AX1	3~5	L, M, 3, 4	7/3,500/500	950	27	210	22	107,171
AX2	1, 2, 6, 7	L, 3~8	7/3,500/500	1,475	25	230	15½	167,744
A1	10~12	L, M, 3, 4	7/3,500/500	950	27	210	22	107,171
A2	8, 9, 13, 14	L, 5~8	7/3,500/500	1,475	25	230	15½	167,744
B1	15~20	L, 9~15	6/3,500/800	2,100	23	250	12	255,099
B2	21~26	L, 16~22	6/3,500/800	1,830	23	230	12½	215,153
C1	27~31	L, 23~28	5/3,500/1,000	1,400	29	200	14	198,328
C2	32~37	L, 29~34	6/3,500/1,000	1,400	26	220	15½	202,472
D1	38~42	L, 35~39	5/3,500/1,000	1,200	29	200	16	171,964
D2	43~48	L, 40~45	6/3,500/1,200	1,450	28	205	14	207,646
E1	49~53	L, 46~50	5/3,500/1,400	1,150	30	185	16	163,145
E2	54~59	L, 51~56	6/3,500/1,700	1,525	27½	207	13½	217,452

(エレベータの出発階はロビー階(L)である)

だくようお願いする。

(4) 従来は、柱・スパンとか間取りあるいは外観におされて不合理な配置となる場合が多かった。しかし、エレベータの配置は非常に重要な問題であるので、以上に述べた配置上の原則はぜひ守っていただきたい。

欧米では長年の経験、実績を通して、以上の原則を守って配置することがもっとも使用上便利であり、エレベータの能率が最高に発揮され、ビル・の経済価値も高くなるということから、必ずといっていいほど、前述の配置上の原則が守られているのに、わが国では軽視されており、その結果がよくないのは非常に残念である。エレベータ配置に関しては、経済的な柱・スパンとか間取り、そのほか重要な問題もあるとは思われるが、エレベータのコアの構造をくふうしていただきたいし、また構造はくふうで解決できると信ずる。この点、前述の原則を守って配置を計画していただくよう建築関係者のご研究、ご協力を心からお願いする。

(5) 参考までにパンアメリカンビルの昇降機設備を中心とした平面図と、Westinghouse 電機会社が行なった交通計算の結果をそれぞれ図 2.25 と表 2.5 に示す。なお図 2.25 には乗用エレベータとエスカレータしか示していないが、実際にはこのほかにサービスエレベータ 6 台、自動車用エレベータ 4 台がある。

建物の階床の名称は、1, Lobby (L), Mezzanine (M), 3, 4~58, Roof となっており、乗用エレベータは 1 階には乗場がなく、Lobby 階が出発階となっている。そのために、1 階と L 階の間には 10 台のエスカレータが設置されている。そのほか、L 階と M 階の間には 4 台、M 階と 3 階の間には 2 台、Grand Central 駅と 1 階の間には 4 台のエスカレータが設置されている。

2.9 その他の問題

以上でエレベータの基本的な選択ができ、設備計画の骨組みができあがったことになるが、その他の問題を 2.3 説明する。

(1) トラフィック・センチネル

大規模なビルでは自動群管理全自動エレベータが採用される場合が多いが、乗りやすさと輸送能率は戸が開いている時間で大きく左右される。したがって、戸が開いている時間を乗降に必要な最小限にすることが望ましく、ASP-A 方式ではトラフィック・センチネルを設けることを標準としている。このことは、先のジョージ・B・ロジャース氏も指導しているところである。

トラフィック・センチネルは降る客だけか、あるいは乗る客もいるかを識別し、カゴ内の混雑程度も考慮して、常に乗降状態を監視し、客の出入りが続いている間は戸を十分に開いておき、無用に閉りはじめることをなくし、しかも出入りが終わり次第すみやかに戸を閉じる。これは、エレクトロニック・ドアディテクタやドアセーフティエッジのような単なる安全装置でなく、ちょうど親切で機敏な運転手とどのように戸を制御し、エレベータの輸送能率とサービスを大いに向上する合理的な機能を持った戸閉り装置である。

トラフィック・センチネルを持ったエレベータでは、サービス階数、容量、戸開き幅、交通状態によって差異はあるが、輸送能率は概略 5~8% 程度向上する。

(2) 地下・屋上サービス

地下や屋上は一般に居住人口が少ないために、バンク内の一部のエレベータだけがサービスするように計画されることがある。このような計画であると、地下や屋上から乗る場合や、あるいは中間階から地下や屋上に行く場合でも、特定のエレベータに乗りなければならないことになる。したがって、長く待たされたり、むだ

運転やむだ停止が増え、輸送能率が低下し、サービスが悪くなるので、サービス階は一つのバンクでは同一になるように計画しなければならない。

アメリカにおいては、地下のような特殊階に対してはエスカレータを設置するか、地下サービス専用の独立したエレベータバンクを設けるなど割り切った計画が多く、参考にすべき問題の一つであろう。

地下や屋上がある場合には、一般の操作方式では運転間隔が乱れ、待ち時間も大幅にバラツキやすくなる。あるいは運転間隔の乱れを防ぐために、地下や屋上から来たカゴを下や上の上発階で長い時間待機させなければならず、地下や屋上からの乗客に待ち遠しさを感じさせることになる。したがって、このような場合には、地下や屋上を含めたゾーンで出発階床域を構成する(特許出願中)という特別な配慮によって、以上の不具合を解決することが望ましい。

3. 電源設備と機械室の通風

一般に大規模なビルでは自家変電設備を持ち、エレベータを含めた各種動力装置および照明装置に配電されている。このうち、エレベータは人命を安全にしかも確実に運搬しなければならないために、その電源設備に対してははん(汎)用電動機に対する電源設備と若干異なった考え方が必要になる。

ここでは、エレベータの電源設備の考え方を主として説明するにとどめ、詳細な決定にあたっては前記にエレベータメカに相談されることをおすすめする。

3.1 電源電圧

エレベータに供給される電圧としては一般に 50 c/s 地区では三相 200 V または 400 V、60 c/s 地区では三相 210 V または 420 V としてそれぞれの機械室まで引きこんでいる。

大規模なビルでは数台以上を同一配電線で給電する場合が多く、このような場合には 400 V 系が望ましい。もし 200 V 系を採用すると、ビル電気室よりエレベータ機械室までの配電線の太さは 400 V 系の場合の 4 倍以上となり、経済面でも施工面でも不利となる。

3.2 電源変圧器の選び方

ビル電気設備として設置される変圧器は次の三つの条件を満足させる必要がある。

a. 三相結線であること。

b. FLU 電流(エレベータが全負荷上昇時の電動発電機用誘導電動機線電流)が連続に流れた場合でも熱的に耐えること。

このことはいささか奇妙に思われるかも知れないが、最近の高級エレベータでは高加速、高減速が要求され、したがって全負荷昇方向加速時または無負荷降方向加速時などには FLU 電流の 1.5~1.7 倍程度の大電流が流れ、高ひん度使用の場合の電動機実効電流は FLU 電流にきわめて近くなるからである。

c. FLAcc 電流(エレベータが全負荷で昇方向に加速時の誘導電動機最大線電流)が流れた場合、電圧変動率が 4% 以下であること。

3.3 ビル電気室の保護装置の選び方

当社の直流エレベータの機械室には受電盤を設置し、これにノーヒューズシャ断器を取り付けるのが標準である。ノーヒューズシャ断器の電流定格はエレベータの連続使用に耐え、かつ電動発電機の起動電流にも耐える最小限の値に設定してある。したがって、ビル電

気室の配電盤には、エレベータ機械室のノーヒューズ シャ 断器と同等またはそれ以上の容量を持ち、できるだけ電流-時間特性の相似した シャ 断器を設置されるようおすすめする。

なお、ビル電気室配電盤に ナイフスイッチ と ヒューズ の組み合わせは、単相運転となり、エレベータ が停止する危険性もあるので、できるだけ避けていただきたい。やむを得ずこの組み合わせを使用する場合は ヒューズ 容量を前述の ノーヒューズ シャ 断器より 1, 2 段あるいはそれ以上のランク にされることをおすすめする。

3.4 配電線の太さの選び方

600 V 以下の屋内配電線に用いられる電線の太さの決定にあたっては次の項目を考えなければならない。

(1) 許容電流

FLU 電流が電線許容電流をこえないようにする (周囲温度 40°C)

(2) 電圧降下

ビル電気室の変圧器よりエレベータ機械室受電盤までの配電線の電圧降下は FLAcc 電流 (力率 90%) に対して 2.5% 以下になるように電線の太さを選ぶ。

3.5 不等率

一般に同種類の負荷群において各個の最大需要電力は同時刻に起こるものではなく、その発生時刻にはずれがある。したがって、その群の最大需要電力は各個の最大需要電力の和よりいくぶん小さくなる。この割合を示すものを不等率という。

一群のエレベータを共通の配電線で給電する場合は表 3.1 の不等率を乗じて電源容量、配電線の太さ、シャ断器容量などを決める。温度上昇については FLU 電流に対する倍率を、電圧降下については FLAcc 電流に対する倍率を用いるべきである。

表 3.1 不 等 率

エレベータ台数	不 等 率		
	FLU 電流に対する倍率	FLAcc 電流に対する倍率	
		急行区間のない場合	急行区間をもつ場合
2	2.0	1.7	1.85
3	2.7	2.4	2.7
4	3.1	2.95	3.4
5	3.25	3.6	4.2
6	3.3	4.1	4.9
7	3.71	4.6	5.6
8	4.08	5.1	6.3
9	4.45	5.6	6.9
10	4.8	6.0	7.6

3.6 エレベータ機械室の通風

エレベータ機械室の最高温度は機械の稼動時においても 45°C をこえないようにしなければならない。わが国の夏期最高気温は場所によっても異なるが 38°C と考えて、エレベータ稼動時機械室内機器からの発熱による室内温度の上昇が 45-38=7°C をこえないようにしなければならない。これをこえる場合にはその超過熱量を換気装置によって機械室外に放散させる必要がある。発熱量についてはメカにお問合せ願いたい。

4. 意匠上の問題

一般乗用エレベータは建物の目抜き場所に据え付けられることが多いから、美観が重視されるが、それによって交通機関としての本質をそこなうものであってはならない。

美しいということはビル自体の評価にも関係する重要な条件の一つではあるが、いたずらに新しい意匠感覚をねらいすぎたり、

試作検討を経ない新材料を使用することは好ましくない。もし新材料を使用するのであれば、十分な研究と実用試験、耐久試験を行なう時間をメカに与えるようご配慮いただきたい。

4.1 カゴ室関係

乗用エレベータのカゴ室内装は事務所用という点から、全般的に近代的な明るさと軽快な感じをだすことが必要であろう。

(1) 天井照明

全面アクリグローブ方式、またはアルミやプラスチック材のルーパ方式が好まれる傾向である。

照度はだいたい床上約 1.5m の付近で 250~300 ルックスが適当であろう。

(2) 内壁およびドア

従来より広く採用いただいている鋼板塗装仕上、ステンレスヘアライン仕上げとエッチング仕上げのコンビネーションあるいはステンレスとプラスチック化粧板の組み合わせなどが事務所ビルにふさわしいものであろう。

(3) 換気装置

これは天井照明の方式によって異なるが、吹出部を中央または天ガイ(蓋)の両サイドに設けた間接送風方式、あるいは丸形または角形デフューザを標準としておすすめする。

(4) カゴ操作盤

これは意匠よりも機能上の問題を考慮しなければならない。日



図 4.1 カゴ室天井照明
Fig. 4.1 Lighting system of cage.



図 4.2 カゴ室およびカゴ操作盤
Fig. 4.2 Cage and car station.



図 4.3 エレベータの乗場 (4C-ASP-A 8P 方式)
Fig. 4.3 Elevator hall. (4C-ASP-A 8P system)

常、乗客が使用するものであるから、動作が確実で安定しており、堅固で故障が少なく、ボタンが大きく押しやすく、文字もはっきり読みやすいものでなければならない。また、一般乗客に必要な最小限のボタン、表示灯にとどめ、それ以外のボタン、スイッチは表面に出さないなどの配慮が必要である。

混雑するビルに使用される ASP-A の 7 ボタン または 8 ボタン方式のエレベータでは乗客が押しやすいように主カゴ操作盤と出入口をはさんで反対側に副カゴ操作盤を設けるほうが望ましい。

4.2 乗場関係

乗場回わりはもっとも注目をひくところであるから、周囲の感覚とよく調和がとれた意匠とし、耐久性のよい材料を使用すべきである。

(1) 三方ツク(枠)

形状は好みに応じて製作するが、末広形が一般に好まれる。表面処理は一般に鋼板塗装かステンレス製ヘアライン仕上げが標準である。

(2) 幕板

主として高級乗用エレベータに採用される。この場合、ホールランタンあるいはインジケータはこの幕板に取り付けるほうが意匠上好ましい。

(3) ドア

一般には鋼板塗装仕上げであるが1階のドアあるいは高級用にはステンレス製ヘアライン仕上げ、またはエッチング仕上げが用いられる。

5. レイアウト上の問題

建築が剛構造でエレベータ速度が 150 m/min 程度のときは「中小ビル一般乗用エレベータ」の稿を参照願うことにし、ここでは主として超高層ビルを対象にして、おもな問題点を説明する。

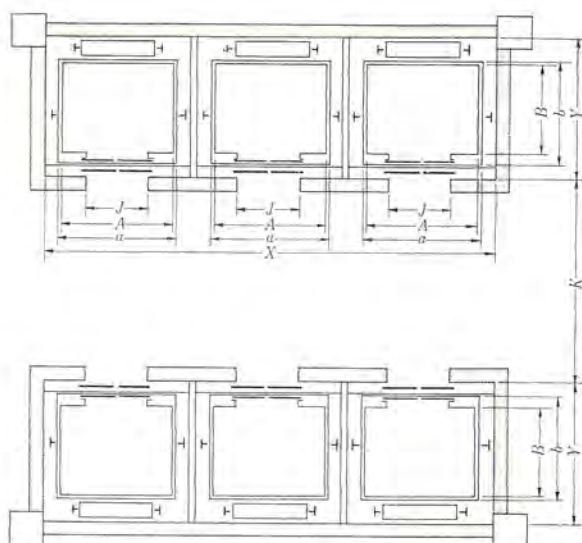
5.1 昇降路関係

(1) 柔構造ビルでは、昇降路の壁にレールブラケットを取り付けることは不可能で、各階床部のみとなる。このため従来のレールに補強するか、または 1 サイズ大きなレールを使用することになるので、カゴと昇降路壁との間ギャク(隙)は今までの寸法より 30~50 mm 大きくとる必要がある。またレールは高層建築のヒズミを逃がすために、特殊なスライディング支持とすることがある。

各種容量、速度に対する昇降路平面図を図 5.1 に示す。

(2) 昇降路ピット深さ、頂部間ギャクは 150 m/min までは建築基準法施行令に定められているが、これ以上の速度のものにつ

大ビルの昇降機設備(一般乗用エレベータ)・板垣



積載量 (kg)	定員 (人)	カゴ内法 $A \times B$ (カゴ外法 $a \times b$)	出入口幅 (J)	定格速度 (m/min)
1,000	15	1,700 × 1,400 (1,800 × 1,610)	950	150 210, 240, 300
1,150	17	1,900 × 1,400 (2,000 × 1,610)	1,050	150 210, 240, 300
1,350	20	2,000 × 1,500 (2,100 × 1,710)	1,100	150 210, 240, 300

積載量 (kg)	昇降路寸法 $X \times Y$	5分間 所要輸送能力	K
1,000	剛構造 6,830 × 2,180 柔構造 6,980 × 2,180	16% 未満	3,500~4,000
1,150	剛構造 7,430 × 2,180 柔構造 7,580 × 2,180	16%~20%	4,000~4,500
1,350	剛構造 7,730 × 2,280 柔構造 7,880 × 2,280	21% 以上	4,500~5,000

6C-ASP-A
1,000 kg 150 m/min
1,150 kg 210 m/min
1,350 kg 240 m/min
300 m/min ETS

図 5.1 昇降路平面図
Fig. 5.1 Hatch plan.

いては、現在エレベータ協会で審議中であり、近く法令化されるであろう。昇降路断面図を図 5.2 に示す。

(3) 単独昇降路では、カゴの走行時大きな風音を発生し、乗場の戸のスキ間が笛のようになることがあるので、単独昇降路は極力避けなければならない。

(4) 中層行き急行パンクまたは高層行き急行パンクでは、乗場の長い急行区間ができるので停電した場合でもエレベータを非常用自家発電設備で運転できるようにしておくべきである。

(5) 高速エレベータではピットが深くなるので、ピットにメンテナンス用出入口を設けることが望ましい。

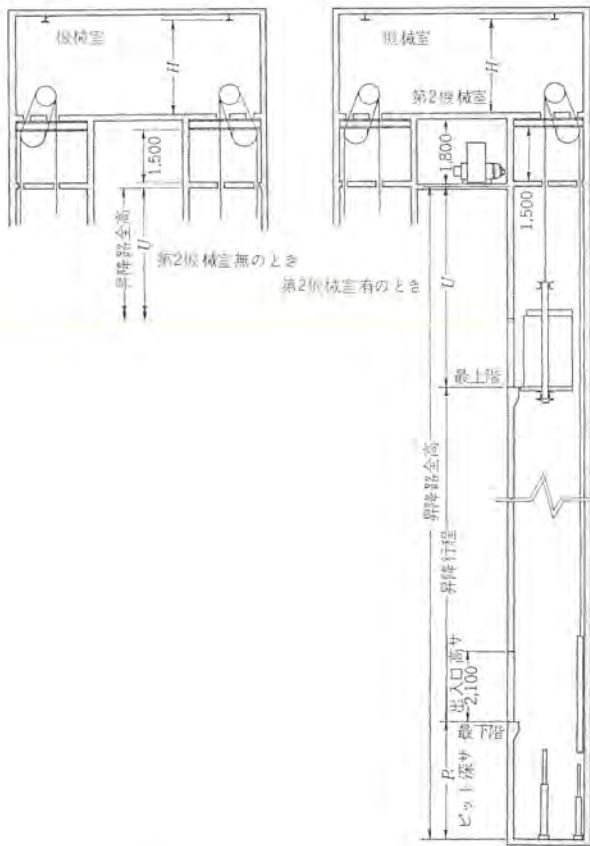
5.2 機械室関係

(1) 昇降路部分を除いた機械室の最小必要面積は

ASP-A 方式では 昇降路面積の約 2 倍

2BC (AS) 方式では 昇降路面積の約 1.7 倍

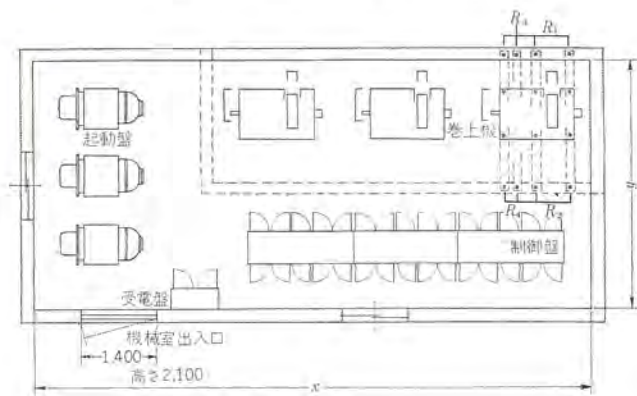
である。図 5.3 に 3C-2BC (AS) の場合の機械室平面図を示す。



定格速度 (m/min)	U	P	H (最小)			
			昇降行程 75 m 以下	76~100	101~120	121~145
150	5,300	2,400				
210	6,000	3,400	2,300	2,600	2,800	3,100
240	6,700	4,000				
300	6,700	4,000	2,600	2,800	3,100	3,300

1,000 kg 150 m/min 1,150 kg 210 m/min
1,350 kg 240 m/min 300 m/min ETS

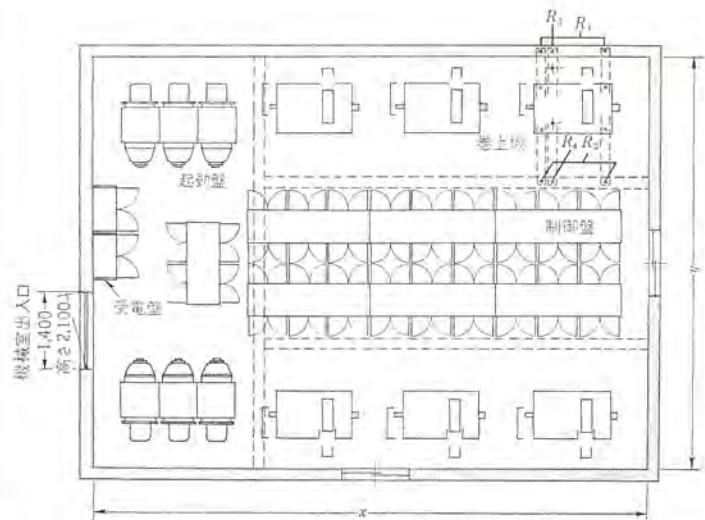
図 5.2 昇降路縦断面図



積載量 (kg)	機械室内法 $x \times y$	機 械 室 反 力			
		R_1 (kg)	R_2 (kg)	R_3 (kg)	R_4 (kg)
1,000	9,900×4,200	6,100	4,100	4,200	2,500
1,150	10,400×4,200	6,300	4,300	4,400	2,600
1,350	10,500×4,300	7,400	4,600	4,700	2,800

3C-2BC (AS)
1,000 kg 150 m/min 1,350 kg 150 m/min

図 5.3 機械室平面図



昇降行程 (m)	定格速度 (m/min)	積 載 量 (kg)	機 械 室 内 法 $x \times y$
75 以下	150	1,000	9,900×7,860~9,360
		1,150	10,400×7,860~9,360
		1,350	10,500×8,060~9,560
	210, 240	1,000	11,300×7,860~9,360
		1,150	11,700×7,860~9,360
		1,350	11,700×8,060~9,560
76~145	150	1,000	9,900×7,860~9,360
		1,150	10,000×7,860~9,360
		1,350	10,000×8,060~9,560
	210, 240	1,000	10,600×7,860~9,360
		1,150	10,800×7,860~9,360
		1,350	11,000×8,060~9,560
145 以下	300	1,000	11,000×8,060~9,560
		1,350	11,000×8,060~9,560

機械室反力表

定 格 速 度 (m/min)	積 載 量 (kg)	機 械 室 反 力			
		R_1 (kg)	R_2 (kg)	R_3 (kg)	R_4 (kg)
150	1,000	6,100	4,100	4,200	2,500
	1,150	6,300	4,300	4,400	2,600
	1,350	7,400	4,600	4,700	2,800
210, 240, 300	1,000	11,900	7,100		
	1,150	12,300	7,300		
	1,350	13,500	7,100		

6C-ASP-A 7P または 8P
1,000 kg 150 m/min 1,150 kg 210 m/min
1,350 kg 240 m/min 300 m/min ETS

図 5.4 機械室平面図 (第2機械室無のとき)

Fig. 5.4 Machine room. (Without 2ndary machine room)

図 5.4, 5.5 に 6C-ASP-A 7 パタン または 8 パタン 方式の機械室平面図を示す。

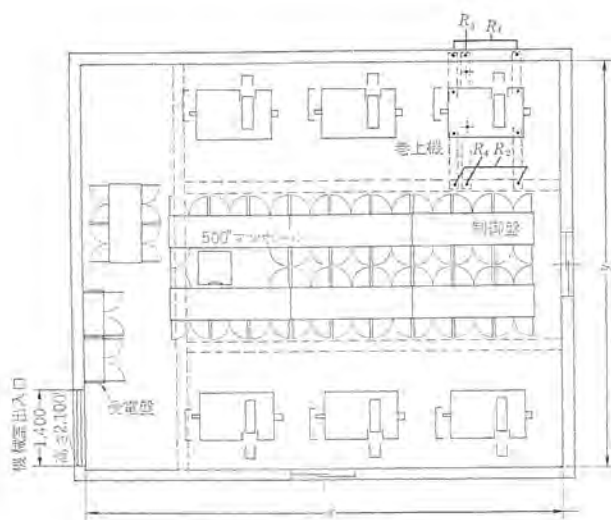
図 5.5 は主機械室が広く取れないために MG や起動盤を第 2 機械室に設置した場合である。

(2) 機械室の ハリ 下有効高さは、エレベータ 速度と昇降行程によって異なり、その所要寸法は、図 5.2 の表に示すとおりである。

(3) 機械室の通風については前述したとおりであるが、通風を通して風音を屋内に伝えないように配慮しなければならない。

(4) 建築構造の軽量化にともなって、シャ(遮)音性は低下すると考えられるから、機械室の防音にはとくに注意しなければならない。

当社では MG などの回転機や起動盤などは、防振取り付けをするから、構造体を伝パ(播)する振動はほとんどないが、機器の回



6C-ASP-A 7P または 8P
 1,000 kg 150 m/min 1,150 kg 210 m/min
 1,350 kg 240 m/min 300 m/min ETS

図 5.5 機械室平面図 (第2機械室有るとき)
 Fig. 5.5 Machine room. (with 2ndary machine room)

昇降行程 (m)	定格速度 (m/min)	積載量 (kg)	機械室内法 $x \times y$
75 以下	150, 210, 240	1,000	8,800×7,860~9,360
		1,150	8,800×7,860~9,360
		1,350	8,800×8,060~9,560
76~145	150	1,000	7,700×7,860~9,360
		1,150	7,800×7,860~9,360
		1,350	8,000×8,060~9,560
	210, 240	1,000	7,700×7,860~9,360
		1,150	8,300×7,860~9,360
145 以下	300	1,350	8,500×8,060~9,560

機械室反力表

定格速度 (m/min)	積載量 (kg)	機械室反力			
		R_1 (kg)	R_2 (kg)	R_3 (kg)	R_4 (kg)
150	1,000	6,100	4,100	4,200	2,500
	1,150	6,300	4,300	4,400	2,600
	1,350	7,400	4,600	4,700	2,800
210, 240, 300	1,000	11,900	7,100		
	1,150	12,300	7,300		
	1,350	13,500	7,100		

転音、リレーの接触音など空気を伝パする音は完全に除去することはできない。したがって機械室での騒音が外部に伝わらないようにするために機械室を防音構造にすることが望ましい。さらに昇降路を通して各階に騒音が伝わるのを防ぐために第2機械床を設けることが必要であり、これは大きな効果が得られる。

とくに、低、中層行きパンクの機械室は建物の中間に設けることになるから十分注意しなければならないし、また昇降路壁に接して、事務室を設けることは極力避けることが望ましい。

(5) 機械室には機器の搬入用として天井に 10 トン 程度をさ

さえる トロリー・ビーム を設備するのが望ましい。

6. む す び

以上大規模なビル(主として事務所ビル)の一般乗用エレベータの交通計画、エレベータの選び方、問題点を中心に説明してきた。交通計画において大事なことは、エレベータの機能が十分発揮され、乗客が乗りやすく使いやすいように、サービス階の分割、配置、乗場の表示灯などを合理的に計画することであって、その点建築関係者のご指導、ご協力をお願いする次第である。

中小ビル向け一般乗用エレベータの設備計画

原 田 輝 夫*

Planning of Passenger Elevators for Small and Medium Buildings

Inazawa Works Teruo HARADA

There are a wide variety of scales and usages with small and medium city buildings including those of government, business use, schools, hotels and high grade apartment houses. Elevators to be installed in them are subject to varied demands and need careful selection in providing appropriate facility. Based on rich experience and the latest technical knowledge, Mitsubishi suggests, as described in this article, a terse process to determine the basis of selecting the speed, capacity and the number of passenger elevators. The Company believes that this will serve to give guidance in the planning of the installation, elucidating recommendable method and problems on the layout and design.

1. ま え が き

ここに述べる中小ビルとは、前述の大ビルに該当しないビルをいう。

したがって、そのビルの性格も、官公庁、一般事務所、銀行、学校、ホテル、高級マンションなど、あらゆる方面にわたっており、各ビルに応じてエレベータに対する要望も種々異なるものと思われるが、その中で百貨店、病院などのごとき特殊用途のものを除けば、おおむね共通した仕様内容にまとめられる。

ゆえに、百貨店、アパート、病院については、稿を改めて記載し、それを参照願うこととして、それ以外の一般中小ビルの乗用エレベータについて述べることにする。

当社ではこれまで各種中小ビルに数多くの乗用エレベータを納入しており、その豊富な経験に立脚して、常によりよきものへの研さんを重ねてきた。とくにエレベータは、厳格な検討の結果、画期的な標準化、規格化を行ない、破格的な安価なエレベータとして開発され、現在非常に好評を得ている。今後とも性能もすぐれ経済性に富んだエレベータを有効に活用されることをお奨めする。

なお今度、さらにエレベータ全般にわたり、開発、改善を加え、内容を充実し、より品質の向上を計った新系列乗用エレベータが整備されたので、この機にその紹介を兼ねて、中小ビル向けエレベータの計画に際しての一般的な検討事項、適正な選択基準、当社推奨案などを詳述し、需要者各位のご参考に供したい。

2. 交通計画上の問題

中小ビルは、階数、居住人口とも大ビルに比べて少なく、当然エレベータの設置台数も少ない。またサービス水準も大ビルほどには必要でない。そのため中小ビルのエレベータの設備計画は、軽視され勝ちである。しかし大規模なビルのような厳密な交通計画は必要でないにしても、そのビルに必要なサービス水準を満足させ、コストが最少になるように、エレベータの容量、速度、台数などを選定しなければならないという基本は大規模なビルと変わらないはずである。

それには、まずサービス水準としては、どの程度が必要かということから始まる訳であるが、その前に、人荷用エレベータを設けるか、否か、ラッシュ時に乗用に供し得るかをあらかじめ決めてから、

乗用エレベータの計画を進められたい。

もし人荷用エレベータを設ける必要のある場合には、後述6章および「人荷用エレベータおよびダムウエータ」稿を参照願いたい。

以下、中小ビルの交通計画上の問題を、事務所ビルとマンションなどの高級住宅を対象に説明する。

2.1 必要なサービス水準

エレベータに要求されるサービス水準はビルの規模、性質、ビルの経営方針によって多の少差はあるが、ビルとしての機能を保つためには、一つの基準がある。エレベータのサービス水準を数量的に表現する方法として、一般に5分間輸送能力と平均運転間隔の二つの要素をとり上げる。

2.1.1 5分間輸送能力

5分間輸送能力は5分間に全部のエレベータで運び得る人数を全体の人口で割った値で%で表わされる。

標準仕様に基づく5分間輸送能力のグラフを図2.1～2.4に示す。事務所のビルで一番問題になる交通のラッシュは朝の出勤時に起きる。この時の交通の大部分は、昇り方向の交通である。一般に中小事務所ビルでは、出勤時の5分間に3階以上の全居住人口の10～14%程度の人を運ばよといわれている。

一方マンションなどの高級住宅のラッシュは、夕方から夜にかけて、昇りと降りの両方向の交通によって起きる。この時間帯の5分間に昇りと降りを合わせて、3階以上の全居住者の約7%の人を運ばよと考えられる。

2.1.2 平均運転間隔

平均運転間隔は、平均一周時間をバック内台数で割った値で、秒で表わされる。

標準仕様に基づく平均一周時間のグラフを図2.1～2.4に示す。運転間隔は、事務所では、30秒以下が望ましいが、中小ビルでは設置台数も少なく、それでも十分乗客を運び得る場合には、40秒を超えても止むを得ないであろう。

マンションなどで、事務所と同程度の運転間隔を保とうとすると、入居者の経済的負担が大きくなるので、運転間隔が60～90秒以内なら良いとしなければならないだろう。

2.2 速度、容量、台数

速度、容量、台数は交通計算を行なって、ビルに必要なサービス水準を満足し、コストが最少になる組み合わせを選ぶ。

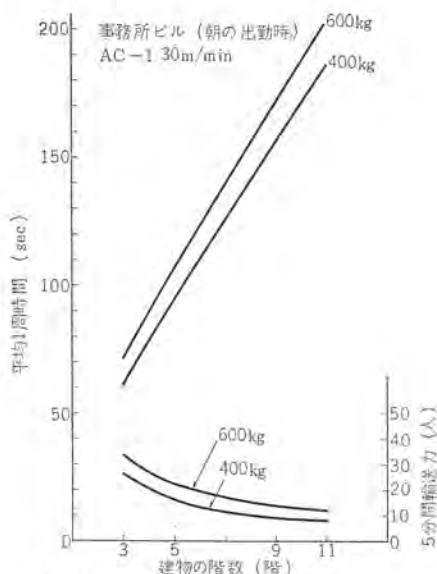


図 2.1 平均一周時間と5分間輸送能力 (AC-1 事務所用)
Fig. 2.1 Average round trip time and passenger carrying capacity for five min.

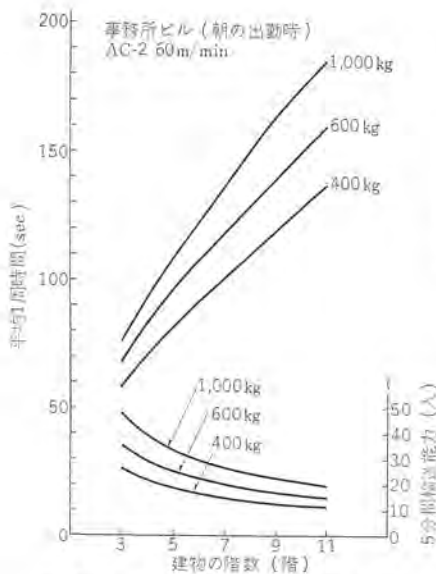


図 2.2 平均一周時間と5分間輸送能力 (AC-2 事務所用)
Fig. 2.2 Average round trip time and passenger carrying capacity for five min.

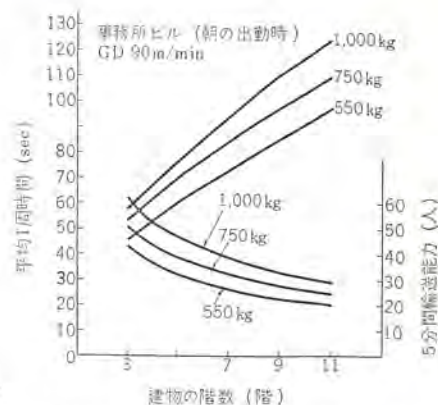


図 2.3 平均一周時間および5分間輸送能力 (GD 事務所用)
Fig. 2.3 Average round trip time and passenger carrying capacity for five min.

表 2.1 推奨速度容量操作方式

ビルの性格	サービス階床	機種	速度 m/min	容 量	操作方式記号
小 事 務 所 商 店	4 階まで	エレベーター	30	400 600 750*	2BC
	6 階まで	エレベーター	45	600 750*	2BC
			60	400 600	2C-2BC
中 事 務 所 中 ホ テ ル	6 階まで	エレベーター	60	600	2BC(AS)
		AC2	60	750 900 1,000	
	8 階まで	GD	90	550 750 900 1,000 1,150	2C-2BC(AS)
	9 階以上	GD	90	550 750 900 1,000 1,150	3C-2BC(AS)
			105	750 900 1,000	
マンション 小 ホ テ ル	6 階まで	エレベーター	45	550 600 750	2BC
	8 階まで	エレベーター	60	550 600	
	10 階まで	GD	75	550 600 750	2C-2BC
	11 階以上	GD	90	550 600 750	

注 AC2...交流二段速度エレベーター GD...直流歯車付エレベーター * 人荷物を兼ねる場合

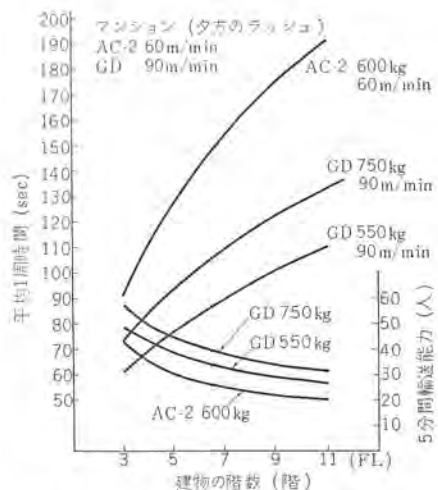


図 2.4 平均一周時間および5分間輸送能力 (マンション)
Fig. 2.4 Average round trip time and passenger carrying capacity for five min.

2.2.1 速度

速度選定の要因は種々考えられるが、中小ビル向けエレベータとしては、従来の実績や、その他の要素を総合判断し、比較的簡便に選ぶ手段として、一般に建物の階数、高さによって選定する。表 2.1 はこの考え方に基づいた妥当と思われる推奨速度を示す。全般的には表 4.1, 4.2 に示す種類のものが用意してある。

2.2.2 容量

容量の選定は、輸送対象が人だけであるか、荷物も運ぶかによって、変わってくる。大事務所では、一般乗用のほかに荷物の運搬のために人貨用を設けることが多いが、中小事務所ビルでは、設備費用の点から、一般乗用エレベータの一部を、必要な時に事務備品などの運搬に、使用する場合がある。

したがって、このような時には、運ぶことが予想される最大の荷物の重量寸法から、容量が決定される。もちろん全エレベータをこの容量とする必要はないが、間取り、外観上の上からも、同容量の方が望ましい。マンションでは、人だけを対象にする場合は、交通計算によって選定されるべきであるが、家具運搬を考慮される場合には、計算結果より大きなものを選んでほしい。小事務所または商店などでは 400, 600 kg が最も使いやすく、経済的で、当社

の標準としており、この中から選択することをおすすめる。

中事務所ではあまり小容量では、台数が多く必要となり経済的ではないので、750 kg 以上のものを推奨する。

容量の選択基準を表 2.1 に示す。全般的には表 4.1, 4.2 に示す種類のものが用意されているため、その中より適当なものを選択されたい。

2.2.3 台数

適用するエレベータの機種、速度、容量が定めれば、図 2.1~2.4 より、平均一周時間および5分間輸送力を求める。

また2台以上設置する場合は、さらに運転間隔を求める。それらの値が、前記 2.2.1, 2.2.2 項に示す推奨値より悪い場合には、速度、容量を再検討するか、台数を増すことを考慮する。

小ビルの場合はまず1台でよいが、中ビルの場合には1台の容量をいわずに大きくするよりも、台数を増すように計画することをお奨めする。

中ビルの場合は、1バンク3台以内にまとめることが望ましく、また、それ以上の必要もない。

2.2.4 計画例

前記各項に従い、エレベータ計画を行なう一例を述べ、活用時の

便に供したい。

〔例〕

対象ビル $\left\{ \begin{array}{l} \text{一般事務所用, 中ビル} \\ \text{—8階建} \\ \text{—1階床の居住人口 80人} \end{array} \right.$

- (1) 表 2.1 より速度を 90 m/min に選ぶ。
- (2) 表 2.1 より容量を一応 750 kg に選ぶ。
- (3) 図 2.3 より 5 分間輸送能力を求める。
この場合は、30 人となる。
- (4) 3 階以上の全居住人口を求める。
本例では、 $80 \times 6 = 480$ 人
- (5) 5 分間輸送能力が 3 階以上の全居住人口の幾%にあたるか計算する。その結果が、10~14% 程度ならばよいことになる。本例では、 $30/480 \times 100 = 6.25\%$ となり輸送能力が不足であることが判明した。
よって、容量を増すか、台数を増すことを再考する必要がある。
ちなみに、平均一周時間を、図 2.3 より求めると、この場合 91 秒となり、推奨値の 30 秒を大きく上回ることになる。
- (6) 次に容量を、1,000 kg にした場合について検討する。
 - ・5 分間輸送能力は、7.5% (36 人)
 - ・平均一周時間は、102 秒
よって、容量を増すことは、輸送能力は、若干増大するが、一周時間の増加率が、それを上回り逆効果となる。
- (7) したがって、容量を 750 kg としておき、台数を 2 台に増すことを、検討する。
この場合 2 台を近接設置し、1バンク運転方式とすれば各台の輸送受持ちは、居住人口の 1/2 とみなすことができる。
 - ・1 台あたりの 5 分間輸送能力と 3 階以上の全居住人口との比は 12.5%
 - ・平均運転間隔は 91 秒/2 = 45 秒
よって、推奨値をおおむね満足する値となる。
- (8) 上記結果より本ビルのエレベータは
GD, 速度 90 m/min, 容量 750 kg, 2 台バンク設置が適切ということになる。

3. 操作方式の選定

3.1 操作方式とその選定

エレベータの運転操作方式には、用途に応じて多くの種類があるが、中小ビルの一般乗用エレベータとしては、比較的混雑しない交通需要が対象となるから、以下に述べる事項を満足するような方式が望ましい。

- (1) 運転手なしで使用できること、すなわち操作が簡単であること。
- (2) 方向性乗合式で、呼のあるときのみ運転するものであること。
- (3) 価格が安価であること。

この目的に対しては、セレクトチブ、コレクチブ系列の方式が最も適しており、当社では表 2.1 の 5 種類を用意している。

前に説明したように交通計算によって、エレベータの容量、速度、機種、台数などが決定され、とくに台数が決まれば、操作方式は付随して決まる。

3.2 各操作方式の動作概要

3.2.1 セレクトチブコレクチブ (2BC)

運転手なし運転専用の方式であり、カゴ呼に応じて自動的に運転方向を選択して起動する。乗場ボタンは昇り降りの各ボタンが設けられ、カゴは運転方向と同方向の乗場呼と、カゴ呼に答えて運転を継続し、最高、最低呼に答え終われば自動的に方向を反転し、反対方向の呼に応答してゆく。

呼に全部答え終わるとその階で戸を閉じて待機し、DC エレベータでは、一定期限内に呼がなければ電動発電機（以下 MG と略称す）が自動休止する。

3.2.2 セレクトチブコレクチブジュアール [2BC(AS)]

運転手なし運転と運転手運転の切換可能な方式であり、運転手なし運転の動作はセレクトチブコレクチブと同じである。

運転手付運転の場合、運転手は乗客の出入が終わったならば、AC エレベータでは「U」または「D」ボタン、DC エレベータでは運転バーを操作して戸を閉じる。その後の動作は運転手なしと同じである。ただし、DC エレベータの場合は、出発階から昇り運転した場合は最上階まで運転を続けるが、スイッチ切り換えて最高呼反転することもできる。

3.2.3 2カーセレクトチブコレクチブ (2C-2BC)

2 台のバンク運転を行なう運転手なし専用の方式である。

2 台のカゴが協力して、カゴ呼と乗場呼に応じて運転する。乗場の呼はいずれのカゴに受け持たせたら合理的であるかを自動的に判断して分担させるから、同じ乗場呼に対して 2 台が出発することはない。

2 台のカゴは原則としてお互いに先行のカゴの背面側（通過した後）の乗場呼を受け持つ。各カゴは、カゴ内の先行呼と、受け持ちの乗場呼に従って、自動的に運転する。最初に受け持ち呼びに答え終わったカゴは、自動的に出発階（通常 1 階）に戻り戸を開いて待機する。他のカゴは、最後に呼のあった階に留まり戸を閉じて待機する。DC エレベータの場合には、両方のカゴが呼に答え終わった後、一定時間以内に新しい呼がなければ、MG は自動的に休止する。その後、呼ができるとその呼を受け持つカゴの MG だけがただちに起動する。

3.2.4 2カーセレクトチブコレクチブジュアール [2C-2BC(AS)]

運転手なし運転と運転手付運転の切換可能な方式であり、運転手なし運転の動作は、2カーセレクトチブコレクチブのとおりである。

運転手付運転の場合、運転手はカゴ操作盤内の先発灯、昇りおよび降り方向灯の指令に従って、運転する。さきに出発階に到着したカゴが先発のカゴとなり、受け持ち呼ができると出発ゴングが鳴り運転方向灯がつくから、運転手は戸を閉じて出発する。

3.2.5 3カーセレクトチブコレクチブジュアール [3C-2BC(AS)]

3 台バンクで運転手なしと運転手付の切換可能な運転方式である。3 台のカゴが協力してカゴ呼と乗場呼に答えて運転する。乗場呼は、いずれのカゴに受け持たせたら合理的であるかを、自動的に判断して分担させるから、同じ呼に対して 2 台以上のカゴが出発することはない。

用のすんだカゴから出発階に戻り次の呼に対して待機する。

運転手付の場合は 3 台とも出発階に戻るが、運転手なしの場合は、最後に用のすんだカゴは、その階で待機し、MG は用済みのカゴから順次自動休止する。

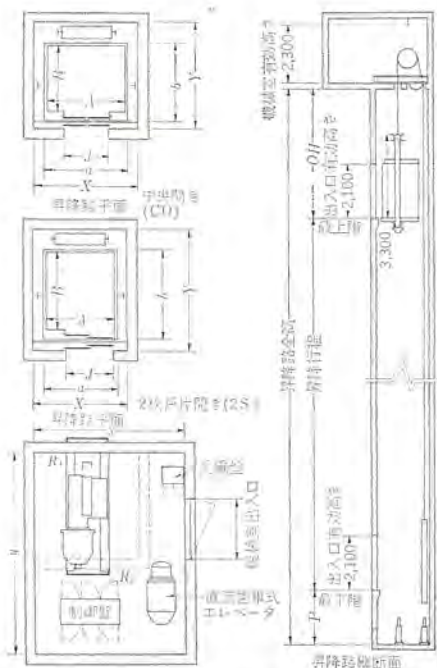


図 4.1 一般乗用エレベータ据付図
Fig. 4.1 Layout of an elevator.

(a) 中央開き (CO) 寸法

形 式	積載量 (kg)	定 員 (人)	速度 (m/min)		出入口幅 J	カゴ内法 A×B (カゴ外法 a×b)	機 械 室 寸 法 x×y	昇 降 路 寸 法			機 械 室 反 力	
			直 流	交 流				X×Y	OH	P	R ₁	R ₂
P-9-CO	600	9		30 45 60	800	1,400×1,130 (1,500×1,340)	2,400×3,750 2,900×3,750	1,950×1,810	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	6,800	4,300
			75 90 105									
P-11-CO	750	11		30 45 60	800	1,450×1,300 (1,550×1,516)	2,400×3,950 2,900×3,950	1,950×2,030	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	7,000	5,500
			75 90 195									
P-13-CO	900	13		30 45 60	850	1,550×1,350 (1,650×1,560)	2,400×4,000 2,900×4,000	2,050×2,080	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	7,300	5,300
			75 90 105									
P-15-CO	1,000	15		30 45 60	950	1,700×1,400 (1,800×1,610)	2,400×4,050 2,900×4,050	2,230×2,130	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	8,400	6,100
			75 90 105									
P-17-CO	1,150	17		30 45 60	1,050	1,900×1,400 (2,000×1,610)	2,600×4,050 3,050×4,050	2,440×2,130	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	9,600	6,600
			75 90 105									
P-20-CO	1,350	20		30 45 60	1,100	2,000×1,500 (2,100×1,710)	2,750×4,150 3,150×4,150	2,530×2,230	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	10,300	7,100
			75 90 105									
P-24-CO	1,600	24		30 45 60	1,250	2,300×1,500 (2,400×1,710)	3,100×4,200 3,450×4,200	2,830×2,270	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	10,800	8,000
			75 90 105									

(b) 2 枚戸片開き (2S) 寸法

形 式	積載量 (kg)	定 員 (人)	速度 (m/min)		出入口幅 J	カゴ内法 A×B (カゴ外法 a×b)	機 械 室 寸 法 x×y	昇 降 路 寸 法			機 械 室 反 力	
			直 流	交 流				X×Y	OH	P	R ₁	R ₂
P-9-2S	600	9		30 45 60	850	1,250×1,260 (1,350×1,500)	2,400×3,900 2,900×3,900	1,750×1,970	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	7,000	4,200
			75 90 105									
P-11-2S	750	11		30 45 60	900	1,300×1,450 (1,400×1,690)	2,400×4,150 2,900×4,150	1,800×2,210	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	7,100	4,800
			75 90 105									
P-13-2S	900	13		30 45 60	950	1,350×1,550 (1,490×1,790)	2,400×4,250 2,900×4,250	1,850×2,310	4,500 4,500 4,700 4,900 4,900 5,100	1,200 1,200 1,500 1,800 1,800 2,100	7,300	5,300
			75 90 105									

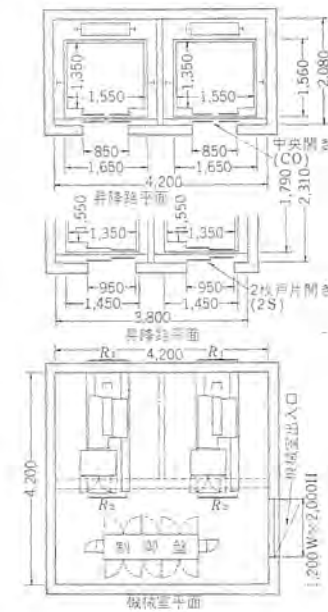


図 4.2 一般乗用エレベータ据付図(2台バンク)
Fig. 4.2 Layout of 2 elevators.

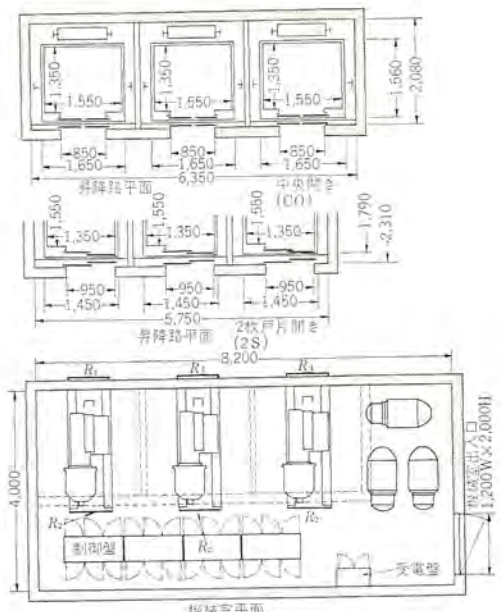


図 4.3 一般乗用エレベータ据付図(3台バンク)
Fig. 4.3 Layout of 3 elevators.

表 4.1 一般乗用エレベータ据付図寸法

積載量 600 kg~1,600 kg 速度 75~105 m/min は直流歯車式
速度 45・60 m/min は交流二段 速度 30 m/min は交流一段

3.2.6 独立運転

上記各操作方式において、各カゴとも、カゴ操作盤内の独立運転スイッチを操作すると、乗場呼には停止しないでカゴボタンのみ有効となる独立運転ができる。

この運転方式は、重役用の専用運転や、応急的に小荷物などを運搬するような場合に使用すると便利で、有効に活用すれば、応用面の広い重宝なものとなる。

一般には保守の場合に使用する。

4. レイアウト上の一般事項

エレベータの設置については建築基準法にエレベータ各部について

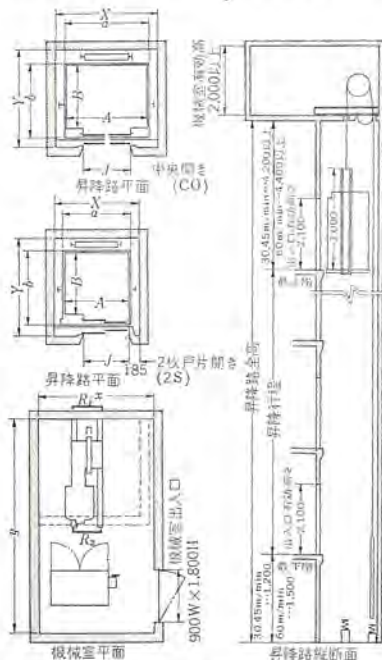
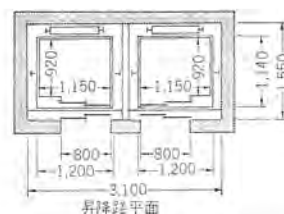


図 4.4 エレベータ (乗用エレベータ) 据付図
Fig. 4.4 Installation of elevator.



エレベータ (乗用エレベータ) P-6-2S45 2台バンク配置例
制御 交流二段 積載量 400 kg 定員 6 名 速度 45 m/min 操作 2C-2BC

図 4.5 エレベータ (乗用エレベータ) 据付図 (2台バンク)
Fig. 4.5 Installation of elevator.

表 4.2 一般ビル向けエレベータ (乗用エレベータ) 据付寸法

(a) 中央開き (CO) 寸法

速度 30 m/min は交流一段 速度 45 m/min, 60 m/min は交流二段

形 式	積 載 量		速 度 m/min	カゴ内法 A×B (カゴ外法 a×b)	昇 降 路 内 法 X×Y	出入口有効幅 J	機 械 室 内 法 x×y	機 械 室 反 力	
	定 員	kg						R ₁	R ₂
P-9-CO30 P-9-CO45 P-9-CO60	9	600	30 45 60	1,400×1,130 (1,450×1,320)	1,750×1,700	800	2,000×3,650 または 3,550×2,250	3,550	2,150
P-11-CO30 P-11-CO45	11	750	30 45	1,450×1,300 (1,500×1,490)	1,800×1,900	800	2,000×3,750 または 3,600×2,350	3,800	2,350

(b) 二枚戸片開き (2S) 寸法

形 式	積 載 量		速 度 m/min	カゴ内法 A×B (カゴ外法 a×b)	昇 降 路 内 法 X×Y	出入口有効幅 J	機 械 室 内 法 x×y	機 械 室 反 力	
	定 員	kg						R ₁	R ₂
P-6-2S30 P-6-2S45 P-6-2S60	6	400	30 45 60	1,150×920 (1,200×1,140)	1,500×1,550	800	2,000×3,300 または 3,300×2,000	2,800	1,700
P-7-2S30 P-7-2S45 P-7-2S60	7	500	30 45 60	1,150×1,100 (1,200×1,320)	1,500×1,750	800	2,000×3,700 または 3,300×2,300	3,250	1,950
P-8-2S30 P-8-2S45 P-8-2S60	8	550	30 45 60	1,250×1,150 (1,300×1,370)	1,600×1,800	850	2,000×3,750 または 3,400×2,300	3,350	2,050
P-9-2S30 P-9-2S45 P-9-2S60	9	600	30 45 60	1,250×1,250 (1,300×1,480)	1,600×1,900	850	2,000×3,800 または 3,400×2,400	3,600	2,150
P-11-2S30 P-11-2S45	11	750	30 45	1,300×1,450 (1,350×1,670)	1,650×2,100	900	2,000×3,900 または 3,450×2,500	4,000	2,350

4.4 ビット下部の利用

ビットの下部をやむを得ず物置きなどに利用する時は、ビットを十分がんにように施工されたい。なお釣合オモリの下部を十分カバーする範囲に厚壁を設ける必要がある。ビットの下部を居室とする時は、さらに釣合オモリにも非常止めを設けなければならない。このために昇降路平面で普通の釣合オモリの2.5倍程度のスペースを考慮願いたい。

4.5 機械室

機械室はエレベータ運転時にも室温が45°Cを越えないような換気装置を考慮願いたい。またこれらの機器は騒音を伴うため、機械室の構造を防音構造にすることが望ましい。

4.6 標準据付図

中小ビル向け一般乗用エレベータとして、当社が推奨する代表的な標準据付図を図4.1～4.5および表4.1、4.2に示す。

前記各項の注意事項と合わせ、エレベータ計画上のご参考に供したい。

5. 意 匠

エレベータの意匠デザインは単なるアクセサリではなく、機能面を主体にして立案されることを要望する。ゆえに常に次の各項について配慮されたい。

- (1) 構造堅ろうにして、実用性にすぐれていること。
- (2) 据付、保守、調整の容易なこと。
- (3) 上記各項を勘案した上で、そのビルにふさわしいデザインであること。

この基本条件に従って、エレベータの意匠は標準化、規格化されたもので、合理的に洗練されたデザインにまとめられている。その詳細はエレベータのカタログに明示されているため、ご採用の際はその中よりお選び願いたい。その他の中小ビル向け乗用エレベータにおける意匠上の問題点および当社推奨案について次に述べる。

5.1 カゴ室

- (1) カゴ室はビル内業務活動の中継室となるため、室内は明るく、清潔で飽きのこないデザインが望ましい。
- (2) 天井照明は全面アクリ製グローウの簡潔な光天井方式。あるいは一部アクリグローウ照明方式が好ましい。
- (3) 四囲の壁面およびドアは、一般的な鋼板塗装をお奨めする。ステンレス製ヘアーライン仕上とエッチング加工の組み合わせによるシックなデザイン、あるいは明るい照明に落ちついた色調のプラスチック化粧板を採用するのも一方法である。

5.2 乗 場

5.2.1 三方ワクおよびトビラ

- (1) 一般に三方ワクは鋼板製塗装仕上か、ステンレス製ヘアーライン仕上を望ましい。
- (4) トビラは三方ワクと同一調のもの、または三方ワクが鋼板塗装でトビラはステンレスヘアーライン仕上、あるいはその逆の組み合わせにするのも一方法である。
- (3) いずれにしても簡潔な形状にまとめることが望ましい。

5.2.2 乗場表示装置

- (1) 乗場の待客の乗込み動作が円滑に行なえるように、表示の確認が容易なものであること。
- (2) 据付、保守が容易な構造であること。
- (3) 図5.1は当社が推奨するDCエレベータ用乗場インジケータで、近代意匠センスを十分考慮したご新なものである。

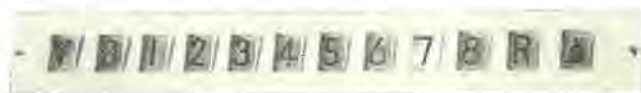


図 5.1 乗場インジケータ (DC エレベータ用)
Fig. 5.1 Hall indicator.



図 5.2 乗場ボタン (DC エレベータ用)
Fig. 5.2 Hall button.

5.2.3 乗場ボタン

- (1) 構造堅ろうであること。
- (2) 据付、保守が容易であること。
- (3) 十分な試験のすんだ製品を採用されること。

なお、当社のDCエレベータの推奨品は図5.2に示すごとく、最近の要求に沿って意匠的な配慮をしたご新なもので、性能、保守面でも十分考慮されている。

6. 人荷用エレベータ

人荷用エレベータについての詳細は文を改めて「人荷用エレベータおよびダムウェータ」としてまとめているので、それを参照願うこととし、ここでは中小ビル向け人荷用エレベータとしての一般的な注意事項のみを記す。

- (1) バック内に人荷用を混入すると、群管理運転を乱す要因となり、輸送能力を大きく阻害するため、極力避けた方がよい。
- (2) ラッシュ時に人荷用を乗用に含めて交通計画してもよいかわかを、はっきりしておく必要がある。

ラッシュ時に荷物運搬の必要ある人荷用を、乗用として交通計算すると、実動状態において種々不具合を生ずることがある。

7. ダムウェータ

運転対象物がすべて小形軽量の物であれば、ダムウェータを設置することも考えられる。

ダムウェータの詳細については、稿をわけて後載されるため、それを参照されたい。

8. む す び

以上中小ビル向けの一般乗用エレベータを計画される際の選択基準、問題点などについて述べたが、対象ビルが広範にわたるため、本文では、代表的なビルに限定して述べたきらいがあり、実際活用面では、適宜応用していただかなければならない場合も多いことと思われる。その点はあらかじめご容赦願いたい。

この拙文が少しでもお役に立てば、幸いである。

デパートの昇降機設備

鬼頭 勝巳*

Vertical Transportation in Department Stores

Inazawa Works Katsumi KITŌ

Department stores are the most favorite to the public and their floors are always crowded with customers. To work out smooth flow paths of customers is a vital requisite in increasing the sales as well as planning the best display of the merchandise. Vertical transportation between the floors is one of indispensable facilities there. For the purpose escalators play very active role in conveying a large number of customers, while elevators are good for carrying load of goods and sales crew as well as the customers. This article describes those apparatus of vertical transport in the department store, elucidating their kinds and features, selection of numbers of units according to the scale of the store, the specific requirements and the layout.

1. ま え が き

デパートは人の出入りが激しく最も混雑する場所の一つで、とくに中元・歳末および日曜・祝祭日などの混雑はたいへんなものである。デパートを訪れる顧客は多かれ少なかれ買物を目的にしている。したがって買物客をスムーズに目的の場所へ運ばなければ売場は混雑し、お客は目的の品を買うこともできず、さらにはせっかくのショッピング意欲をそがれるのみならず、不快な感情を抱いて帰宅することになり、デパートにとっては大きな損失を招くこと

になる。店の売り上げを伸ばすためには、買物客を目的の場所へスムーズに誘致することが必要条件であり、その手段として適切な昇降機設備を配置することは不可欠の要素である。この稿ではデパートの買物客用昇降機設備の概要について述べる。

2. 昇降機設備の種類とその特長

デパートの昇降機設備としてエスカレータ・エレベータおよび移動通路が用いられ、その用途は表 2.1 に示す。

2.1 エスカレータ

2.1.1 長 所

(1) 輸送能力が大きく連続輸送可能

連続して大量の乗客を輸送することができる。すなわち 800 形で 5,000 人/時、1200 形で 8,000 人/時でありこれは定員 24 人のエレベータ 5~8 台分に相当する。また乗客の待ち時間がないので待合客が売場を妨げることがない。

(2) 占有面積が小さい

1200 形のエスカレータを上り用、下り用に 2 台複列配置するとその占有面積は図 2.1 (a) で示すように約 40 m² である。一方エレベータは 24 人乗り 3 台並べるとホールを含めて図 2.1 (b) のように約 43 m² となるがエスカレータと同一輸送能力を確保しようとすればこの面積はさらに 5~6 倍必要となる。

(3) 機械室、ピットの不要

駆動機その他必要な機器はすべてトラス内部に納められるの

表 2.1 デパート用昇降機設備の種類と用途

輸送の種類	昇降機の種類	用途
垂直輸送	エスカレータ	顧客用
	エレベータ	顧客・店員・荷物用
水平輸送	移動通路	顧客用

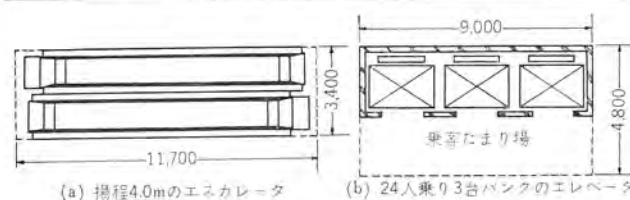


図 2.1 占有面積の比較

Fig. 2.1 Comparison of space requirements.



図 1.1 デパート用エスカレータ
Fig. 1.1 Escalators for department store.



図 1.2 デパート用エレベータ
Fig. 1.2 Elevators for department store.

で機械室、ピットは不要である。

(4) パノラマ効果

開放的であり乗客は一望のもとに店内をながめることができるので、ひやかし客のショッピング意欲をそそり有効な買物客とすることもできる。

(5) 室内装飾のデラックス化

買物客の最も目につきやすい場所に設置するのが有効で(4)項のパノラマ効果をあげることにあわせて店内装飾をいっそう豪華に作り出すことにもなる。とくに1200形はその効果が大きい。

(6) エレベータ能率の向上

低層階および地下階をエスカレータで十分なサービスが可能であるからエレベータは高層階専用で急行運転ができ、エレベータの能率を向上させることができる。

2.1.2 短所

(1) 低速である。

垂直方向の速度は13.5 m/minでエレベータの1/8~1/10である。しかし待ち時間がないことである程度カバーできる。

(2) 乗客の注意力が大。

動いているものに乗客が自力で乗り降りしなければならないので、つまづいたりころんだりすることがないように注意しなければならない。

(3) サービス階が少ない。

1台のエスカレータは乗り場階と降り場階の2階しかサービスできず全階サービスするためには数台ないし十数台の設置が必要となる。したがって上層部へ行くには乗換回数が多くなる。しかし急行エスカレータを併設することで、これを補うこともできる。

(4) 商品そのほかの荷物運搬用には不適である。

2.2 エレベータ

2.2.1 長所

(1) サービス範囲が広い。

エレベータは1台で全階サービス可能で、エスカレータに比較してそのサービス階ははるかに多い。また上層階まで乗り換えなしに楽に行ける。

(2) 高速である。

120~150 m/minの速度まで可能であるからエスカレータに比べてはるかに高速であり、急ぎの客やエスカレータで上層階へ誘致された客が帰りに1階へ直行する場合に便利である。

(3) 店員、荷物輸送用に適切。

店員輸送用および商品そのほか荷物運搬用には最も適しており経済的である。

2.2.2 短所

(1) 輸送能力が比較的小さく、占有面積が大きい。(2.1.1項(1)(2)参照)

(2) 待ち時間が比較的に長い。

連続輸送ができないので待合客がたまり、混雑で売場を妨げるおそれもある。

2.3 移動通路

最近、各種のレジャー施設とか、ステーションターミナルに水平のものから傾斜12°までの運搬ができる“移動通路”がしばしば設置されるようになってきている。当社ではエスカレータと同等のクリートステップトレッドを持った移動通路“トラベータ”を製作しており、このような用途に常に安全と円滑な運転を誇っている。トラベータは傾斜角度0~12°の範囲で使われ、速度は40 m/minくらいにす

デパートの昇降機設備・鬼頭

ることも可能で輸送能力もエスカレータより多い。一般に長大なもの(1基約200 m)も製作可能であるが、普及度は低く、明日の乗り物と考えられている。

しかし、建物の階間に設置されるものは、エスカレータよりは安価でまた買物車などを乗せて手軽に運べる便利さからエスカレータの代わりに用いられることもあるが、傾斜角度が最大約12°でエスカレータの30°に比べて小さいため、占有面積が広くなる。このことは売場面積の減少を余儀なくされるとともに、多くの建物のハリ(梁)を切断しないと設置できないことなどから、今日の大百貨店には不向きでむしろ中小マーケットの乗り物といえよう。

3. 設置台数の選定

3.1 エスカレータの輸送能力

速度と欄干幅によって定まり揚程には影響されない。速度は一般に27 m/minが用いられるので欄干幅がその輸送能力を定めることになる。最も一般的なものは欄干幅が800 mmの800形と1,200 mmの1200形の2種で、800形は大人と子供が並んで乗ることができ5,000人/時、1200形は大人2人が並んで乗れる幅で8,000人/時の能力がある。しかし実用能力としてはこの75%と考え、3.3節に述べる密度比計算には800形で3,800人/時、1200形で6,000人/時を用いるのがよい。

3.2 エレベータの輸送能力

エレベータは定員、速度、サービス階数などの自由度が多いため輸送能力は一律ではない。図3.1~3.3に各種エレベータの輸送能力を示す。これは上りまたは下り一方向のみの輸送量で、上り下りとも約100%負荷、階間距離は3,800 mmとし、図3.1は急行

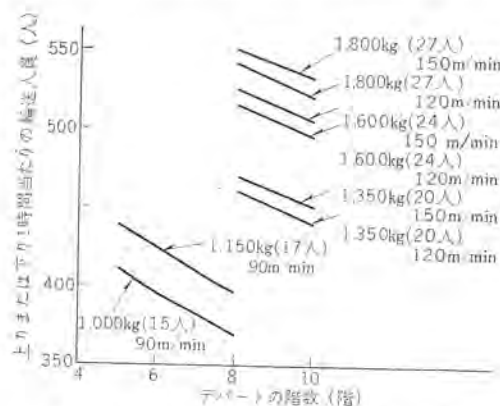


図 3.1 上3階停止の場合の輸送能力
Fig. 3.1 Passenger carrying capacity of department store elevator serving uppermost 3 floors.

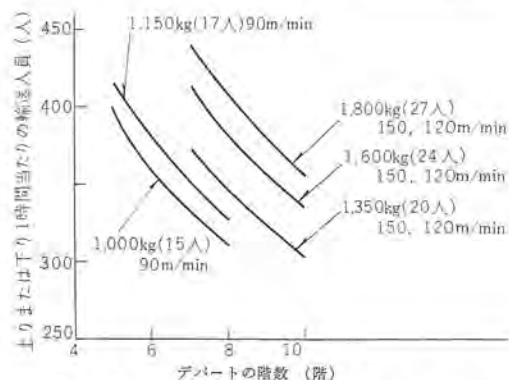


図 3.2 各階停止の場合の輸送能力
Fig. 3.2 Passenger carrying capacity of department store elevator serving every floor.

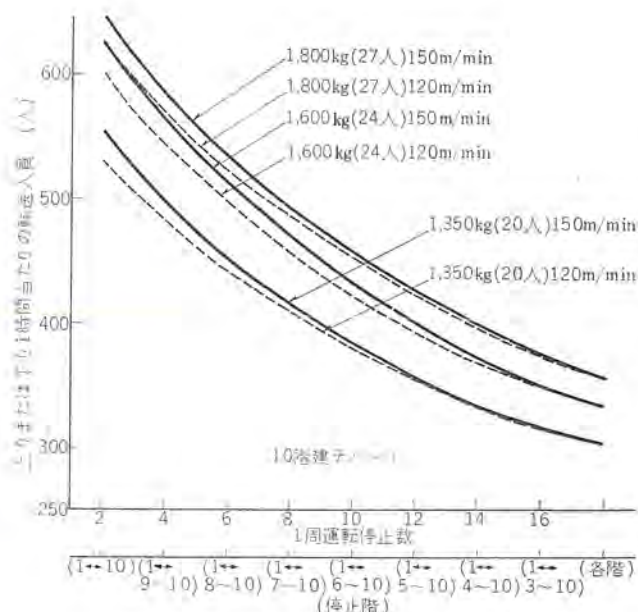


図 3.3 10 階建 デパート における停止階数と
輸送能力の関係
Fig. 3.3 Relation of passenger carrying capacity
with service floor in department store
having 10 stories.

運転で上 3 階を サービス した場合、図 3.2 は各階 サービス、図 3.3 は 10 階建 デパート において サービス 階数に応じた輸送能力を示したものである。

3.3 設置台数の選定

設置台数の選定にあたっては次のことを考慮する。

- エレベータ が 15~25%、エスカレータ が 75~85% の輸送を受け持つ。
- 地下階および 2~4 階の低層階は エスカレータ のみでサービスし、エレベータ は高層階専用に急行運転することが望ましい。
- 7 階以上の大百貨店用 エレベータ は、各階 サービス する場合 120 m/min、高層階まで急行運転する場合は 150 m/min の速度が適しており、定員はいずれも 20 人以上が望ましい。
- 7 階以下の中小形 デパート 用 エレベータ は 90 m/min、7 階以上では 105 m/min の速度が適しており定員はいずれも 15~17 人が望ましい。
- 上り方向と下り方向の輸送能力は同じとすること、すなわち上り用、下り用に エスカレータ を複列配置することが理想的である。
- 一般に低層階は混雑度が高いので、高層階より多くのエスカレータ を設置することが望ましい。

設置台数は売場面積から推算するのが簡単で便利である⁽¹⁾。この売場面積とは買物客が利用する売場を意味し、通路、装飾、造作などの面積すべてを含む、ただし店内の事務所、物置、倉庫などは含めない。店内の昇降設備の 1 時間輸送能力 (エレベータ と エスカレータ の合計能力で 3.1, 3.2 節による。) は 2 階以上の総売場面積に対し 1.4~2.3 m² に 1 人の割合として算出する。すなわち

$$\text{上り方向の} \quad \text{所要輸送能力 (人/時)} = \frac{2 \text{ 階以上の総売場面積 (m}^2\text{)}}{1.4 \sim 2.3 \text{ (m}^2\text{)}} \quad \dots\dots (3.1)$$

この値を逆算した式 (3.2) は密度比 (Density Ratio) と呼ばれ、店内の昇降設備能力の決定または判定するのに用いられる。

$$\text{密度比} \quad \text{(Density Ratio)} = \frac{2 \text{ 階以上の総売場面積 (m}^2\text{)}}{\text{上り方向の所要輸送能力 (人/時)}} \quad \dots\dots (3.2)$$

表 3.1 代表的デパートの密度比

デパート	密度比	輸送能力の%	
		エレベータ	エスカレータ
A デパート (東京)	0.82	18	82
B デパート (〃)	2.4	33	67
C デパート (〃)	2.3	29	71
D デパート (〃)	1.6	15	85
E デパート (〃)	0.95	22	78
F デパート (名古屋)	2.5	29	71

この密度比の値が 1.4~2.5 ならば サービス 状態は良好と考えられ、2.5 をこえるとかなり悪い サービス 状態と判定される。表 3.1 は国内の代表的百貨店における密度比を示す。

地下階については 1 時間所要輸送能力は地下階の全売場面積に対して 1 m² に 1 人の割りと算出する。地下階に対する密度比は式 (3.3) で示す。

$$\text{地下階の} \quad \text{密度比} = \frac{\text{地下階総売場面積 (m}^2\text{)}}{\text{1 階における下り方向の輸送能力 (人/時)}} \quad \dots\dots (3.3)$$

4. 配 置

能力が十分な台数を設置してもその配置が適正でないと人の流れを円滑にすることができず、効率よく実働させることができなくなる。したがって配置については十分検討することが肝要である。

4.1 エスカレータの配置

- 1 階では人の流れの中心に据え付け、買物客の最も目につきやすいところに据え付ける。このことは最も利用しやすく、乗客の パノラマ 効果が大いとともに店内を豪華にすることにも効果がある。
- 2 階以上では乗り継ぎに便利で人の流れを妨げない場所に設置する。図 4.1 に代表的な配置例を示す。

次に エスカレータ の配列⁽²⁾ につき述べる。

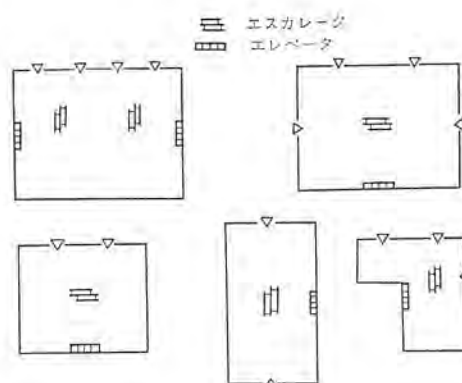


図 4.1 代表的配置例
Fig. 4.1 Typical layouts of elevators and escalators
for department store.

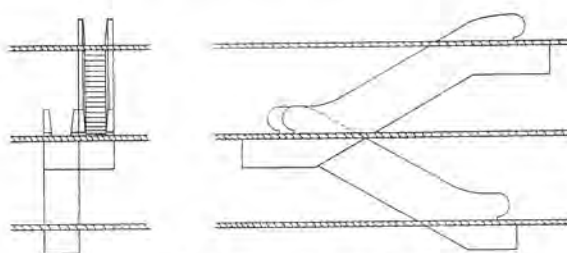


図 4.2 単列乗継ぎ形
Fig. 4.2 Scissor arrangement.

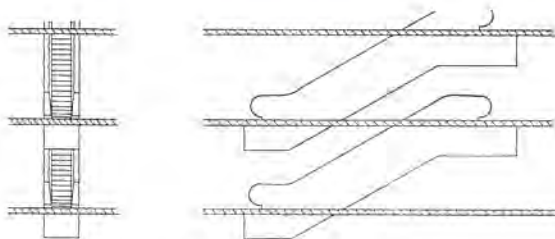


図 4.3 単列重ね形
Fig. 4.3 Single bank arrangement.

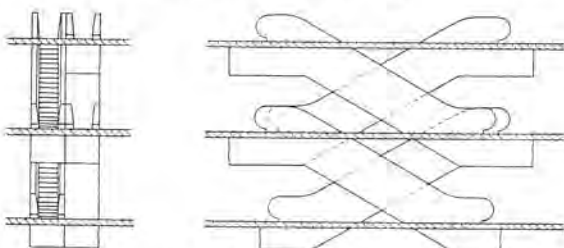


図 4.4 複列交差形
Fig. 4.4 Criss-cross arrangement.

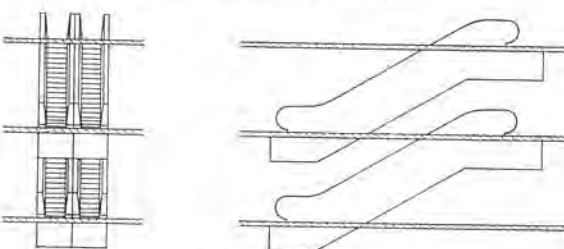


図 4.5 平行重ね形
Fig. 4.5 Parallel superimposed arrangement.

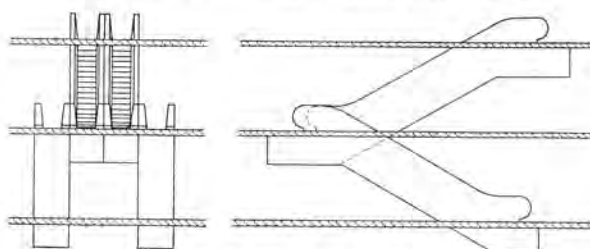


図 4.6 平行乗継ぎ形
Fig. 4.6 Parallel continuous arrangement.

(1) 単列配置

(a) 単列乗継ぎ形 (Scissor arrangement)

図 4.2 に示す配置で、乗継ぎには便利であるが占有面積は次の重ね形より大きく不利。

(b) 単列重ね形 (Single bank arrangement)

図 4.3 に示す配置である。この配置は エスカレータ 直下の部分を最も有効に利用できるので占有面積は最小で中小形 デパート に適している。しかしその反面乗継ぎには不便である。

(2) 複列配置

(a) 複列交差形 (Criss-cross arrangement)

図 4.4 に示す配置で乗継ぎに便利でしかも エスカレータ の直下のスペースを有効に利用できるので占有面積は有利である。しかし隣接エスカレータにさえぎられて乗客の視野が狭くなり、パノラマ効果は半減する。デパート では最も多く用いられている方式である。

(b) 平行重ね形 (Parallel superimposed arrangement)

図 4.5 に示す配置で占有面積は上記 (a) の複列交差形と同じく最小で、しかも乗客の視野はすこぶる良好である。しかし乗継ぎに不便であることと、上り客と下り客が互いに頭を見合わせて

デパートの昇降機設備・鬼頭



図 4.7 急行エスカレータ
Fig. 4.7 Express escalator.

すれ違う欠点がある。

(c) 平行乗継ぎ形 (Parallel continuous arrangement)

図 4.6 に示す。最も豪華な配置方法で乗客の視野はすこぶる良好、しかも乗継ぎに便利である。しかし占有面積は前の 2 者の約 2 倍を必要とし不利である。

4.2 急行エスカレータ (Express escalator)⁽³⁾

エスカレータ は隣接階の間に設置するのが普通であり、そのため上層階へ行くには数回乗り換えねばならない不便がある。この欠点を補う目的で 図 4.7 に示すように 1 階と 3 または 4 階を 1 台のエスカレータ で結ぶ方法があり、これを急行 エスカレータ と呼ぶ。これは揚程が高く、乗っている時間が長いので速度をあげることも考えられるが デパート には子供、老人などの不慣れな顧客も多くまた混雑度も高いので 27 m/min とするのが適切であろう。一般には 1200 形で揚程 14 m まで製作可能であるから 1 階と 4 階を結ぶことができる。

4.3 エレベータの配置

昇降路を壁で囲う必要上店内の中央に配置することは、見通しを悪くするので好ましくない。店内の見通しをよくする上から建物外壁につけて配置することが望ましく、これは建物外壁を昇降路壁の一部として利用することもできるので経済的でもある。もちろん人の流れ、待合客の ホール などについては十分に考慮する。図 4.1 にその具体例を示す。また直線配置とする場合は 3 台を限度として 1 バック とすることが望ましく、4 台以上設置する場合は サービス 階を分けて 2 バック 以上にするをすすめる。

5. デパート用昇降機の特長性

5.1 エスカレータ

5.1.1 意匠の重要性

デパート 用 エスカレータ の機能は顧客輸送のほか、店内装飾を豪

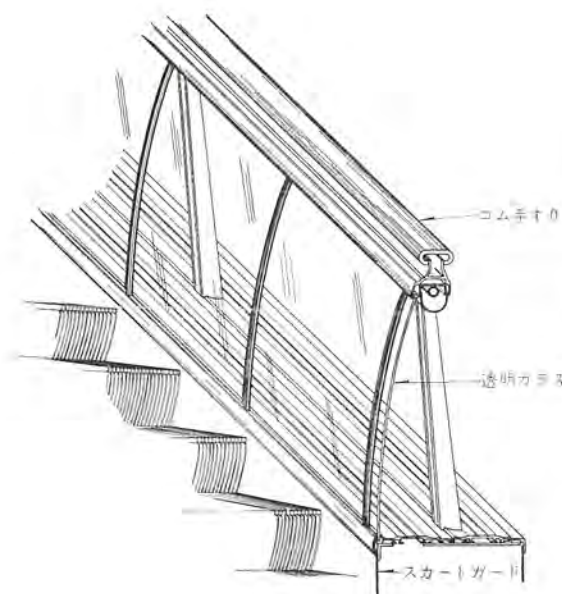


図 5.1 透明欄干
Fig. 5.1 Transparent balustrade.

華に作り出すことも重要なファクタである。したがって一般には1200形が多く用いられ、これは輸送能力が大きいこととあいまって店内のふんい気を豪華にするうえでも非常に有効である。そのうえ図 5.2 で示すような各種の欄干意匠が製作可能であるから、ふんい気に合わせて自由に選定することができる。

(1) 透明欄干形

昭和30年3月大阪十合百貨店に三菱透明欄干形エスカレータが設置された。これは図 5.1 に示すようにゴム手すりの下部分とスカートガードの間になだらかな曲面の透明ガラスを取り付けて、踏み段の進行方向に沿って欄干全面を透明としたものでこのような構造の透明形エスカレータは国内はもちろん、世界最初の画期的なもので当社独特の形式である。(実用新案第590227)これはエスカレータが与える重圧感を取除き、開放的で軽快な感じを受けることから爆発的好評を博し、デパートにおいては大半が透明形式のものとなり、アメリカ、ヨーロッパをはじめ世界各国にも広く普及するようになり、エスカレータの意匠を一段と向上させる一大エポックを築き上げたのである。透明欄干形には次に述べるように全面透明のものと一部照明を入れたものがある。

a. 全透明形 (DS形, 図 5.2 (a))

欄干全面に強化ガラスをつけて透明にし軽快な感じのするもの。エスカレータ用防火シャッターは使用しないでしかも店内照明が十分明るく、両側の欄干ではさまれたエスカレータ部が暗い陰を作らない場合に最適である。価格は最も高い。

b. 中部透明形 (DTS形, 図 5.2 (b))

上部および下部に照明欄干をつけ中部は強化ガラスで透明にしたもの。エスカレータに防火シャッターをつける場合は高価なDS形、またはDTT形を使用しても防火シャッターでさえぎられて透明効果がない。この場合乗場付近に照明をつけて乗客の足元を明るくし、中部は開放的な透明のDTS形はきわめて効果的で、豪華さと軽快さをかねそなえている。

c. 中下部透明形 (DTT形, 図 5.2 (c))

DTT形の下部を透明にしたもので照明は上部欄干だけである。店内の照度が十分明るく、防火シャッターを用いない場合に適している。DS形より安価であるがDTS形より高価である。

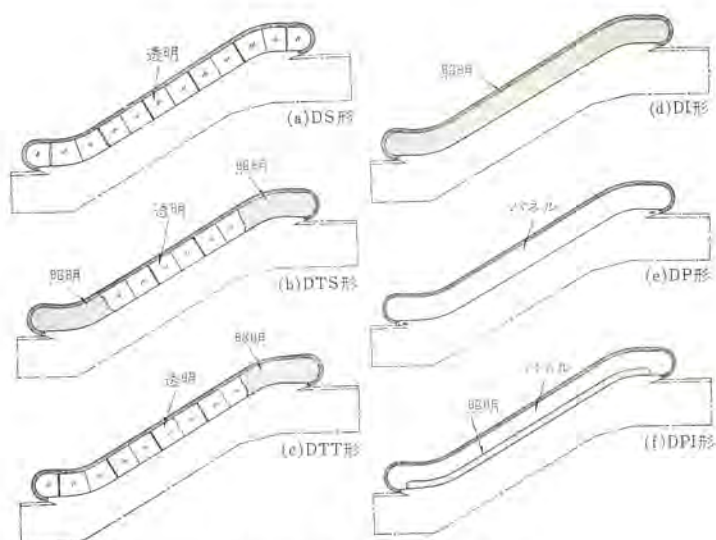


図 5.2 欄干意匠の種類
Fig. 5.2 Balustrades of escalators.

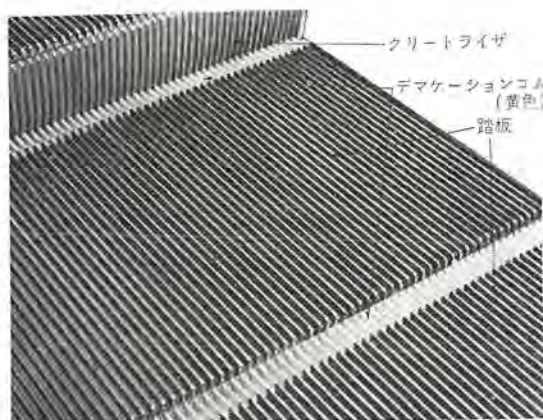


図 5.3 クリートライザ付踏段
Fig. 5.3 Steps with cleated riser for Mitsubishi escalator.

(2) 照明欄干形 (DI形, 図 5.2 (d))

欄干全面に照明をつけたもので豪華な感じがでる。店内の照度がいくぶん暗いような場合に適用すると効果的である。

(3) パネル欄干形 (DP形, 図 5.2 (e))

欄干全面にステンレス鋼板(または化粧板接着鋼板)をつけたもので最も安価で実用向であり、外国では多く見受けるが透明形や照明形ほどの豪華さが得られないのでデパート用としてはあまり使用されない。

(4) コントラスト付欄干形 (DPI形, 図 5.2 (f))

DP形の欄干下部に全長にわたって照明をつけ足元を明るくしたもの。DP形とどうようデパート用にはあまり適さない。

5.1.2 安全性

(1) 踏み段構造

デパートには不特定多数の買物客が訪れ混雑度も激しいので、安全についてはとくに注意する必要がある。エスカレータは踏み段が移動するので隣りあった踏み段が互いに相対運動をおこす。乗客の足の位置が適正なところでない場合、靴などが踏み段の間に引き込まれるおそれがある。しかし図 5.3 で示すようなクリートライザ、デマケーションコムをつけた踏み段⁽⁴⁾を用いることでこのような事故は皆無となり、またデマケーションコムを鮮明な黄色にすることで踏み段間の境界を明示することができ乗客がエスカレータに乗る際の標識となっている。このような踏み段構造は三菱エスカレータ独特のもので(実用新案第590275号)デパートに用い

表 5.1 デパート用エレベータの操作方式

設置台数	操 作 方 式	
	名 称	記 号
1 台	デパートメントストアサービス	DSS
2 台	2 カードパートメントストアサービス	2 C-DSS
3 台	3 カードパートメントストアサービス	3 C-DSS
4 台以上	上記操作方式のものを組み合わせる	

た場合とくにその効果は大きい。踏み段構造の詳細については当誌“三菱 エスぺット”の項で説明してあるのでご参照いただきたい。

(2) 欄干構造

図 5.1 に示したように、欄干 パネルまたは ガラス は踏み段の近くからなめらかに立ち上っているから、子供が欄干に足を乗せることもなくきわめて安全である。

5.2 エレベータ

(1) 操作方式

デパート用エレベータはおもに運転手（エレベータガール）つきで使用するが、デパート用としての特殊性にかんがみ、一般乗用エレベータの操作のほかに、特有の操作装置を付加してある。表 5.1 はデパート用エレベータの操作方式を示し、次の特長を持っている。

(a) 運転手 パー が取り付けられているので運転手の操作がしやすく、乗客への サービス に向けられる時間が長い。

(b) カゴ 操作盤の リセスポタン（大形で短ストローク）を使用しているから押しやすい。

(c) 通常は出発階と最上階に強制呼びが設けてあるから、その階のカゴ ボタン をいちいち押す必要はない。

(d) 行き先き ボタン を押し違えた場合などには、登録を一括して取消すことができる。

(e) とくに要求があれば、かご ボタン を押さなくても、指定階に常に停止することができ、指定階は カゴ 操作盤での操作で任意に変更または解消することのできる装置（特許出願中）を設けられる。

(f) とくに要求があれば、カゴ ボタン を押し間違えた場合、もう一度押せば各個に呼びを打消す装置（特許第 421936）を設けられる。

(2) カゴ室

カゴ室内照明はできるだけ明るく豪華にし、カゴ内インジケータには店内の案内板を組み合わせ、乗客のだれにでも目につきやすい出入口上部に取り付けることが望ましい。

カゴ 室出入口幅はできるだけ大きくして乗客の乗降の流れを円滑にし、ドア開閉を速くするため、2 枚戸または 4 枚戸中央開きとすることをすすめる。

またカゴ室には手すりをつけることが望ましい。これはとくに老人、年少者の安全を守ることと、乗り過ぎ防止のためである。カゴ室面積は、定員 20 人で 3m² であり、1m² につき約 7 人となる。しかし通勤時のラッシュでは 1m² につき 10~11 人の混雑度となり、これに慣れた乗客が通勤時なみにエレベータに乗り込むと、150~170% 負荷となる。デパートはとくに混雑度が激しく、このような過負荷になりやすい。そこで手すりを設けることでさりげなく乗り過ぎ防止の一助とすることができ（有効面積の減少による）、またデザイン の面でもアクセントとなる。図 5.4 に手すりをつけたカゴ室を示す。

(3) 待合客用 ホール

1 周時間が急行運転の場合でも 2~3 分を要するので待合客がデパートの昇降機設備・鬼頭



図 5.4 手すりを設けたカゴ室
Fig. 5.4 Cab with handrail.

たまり、売場や通路をさまたげるおそれがある。したがって昇降路全面にわたって 3m 以上の奥行の ホール を設けることが望ましい。

6. レイアウト

6.1 エスカレータ

6.1.1 所要スペース

図 6.1 に三菱 D 形 エスカレータ の標準据付図を示す。エスカレータの傾斜角度は 30° でその揚程に応じて支持リョウ（梁）間寸法を定めなければならない。支持リョウ間寸法が十分とれない場合は、機械室が分離形となりハリに チェン 孔をあけねばならぬし、騒音発生の原因にもなるから極力避けていただきたい。逆に リョウ 間寸法が大き過ぎる場合にはトラスを水平部分で延長することになる。保守の際便利であるから下部水平部分を 500 mm 程度延長することをすすめる。ただリョウ間寸法が長くて 13.75 m を越える場合には、中間に支持ハリを設けてトラスの強度剛性を補う必要がある。

2 台並列に並べる場合には 1 台分の 2 倍の幅を必要とし、交差形にして防火 シャッタを設置する場合は、シャッタ 壁の厚みの分だけさらに広くなる。

6.1.2 ハリ荷重および中間支持ハリ

建物 ハリ にかかる荷重は 1 本の ハリ に集中することのないよう、なるべく多くの ハリ で分散して受けるよう計画することが望ましい。

揚程が 5 m を越える場合、または リョウ 間寸法が 13.75 m を越える場合は、トラス の強度剛性を補うため中間支持 ハリ を設置する必要がある。

6.1.3 外装仕上

プラスタ、鋼板以外の重い材料で仕上げることや、隣接階段の欄干を エスカレータ の トラス で支持することは トラス 強度に影響を与えるので避けたい。

6.1.4 建物階間寸法

エスカレータ の直下に エスカレータ を配置する場合、あるいは エスカレータ 直下を売場として使用する場合、階間寸法は 3,550 mm 以上必要となる。これは エスカレータ 直下の有効高さを 2,120 mm 以上

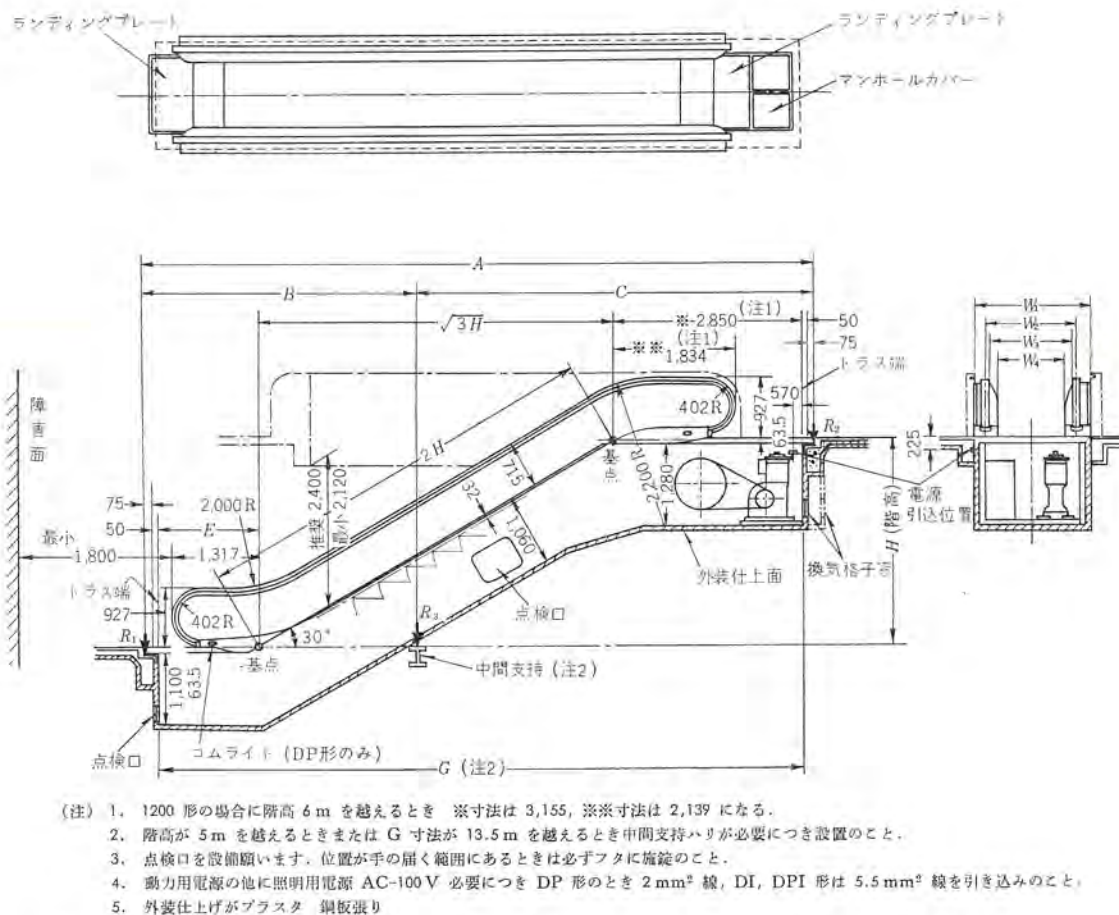


図 6.1 三菱 D 形 エスカレータ 標準据付図 Fig. 6.1 Standard layout for Mitsubishi type D escalator.

外 形 寸 法 (mm)							ハリに加わる荷重(kg)ただし式中の $\alpha = \begin{cases} 0.480 < 800 \text{形} \\ 0.605 < 1200 \text{形} \end{cases}$ $\beta = \begin{cases} 1130 < 800 \text{形} \\ 1810 < 1200 \text{形} \end{cases}$ A, B, C はミリ寸法		
形 記 号	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	E	G	中間支持ハリなし	中間支持ハリ有り、ただし B < C のとき	中間支持ハリ有り、ただし B > C のとき
1200	DI, DP, DPI DTS, DTT	1,710	1,310	1,200	1,010	1,570 $\sqrt{3H+4,420}$	$R_1 = \alpha A + \beta$	$R_1 = (\alpha A + \beta) \frac{A}{A+C}$	$R_1 = 2(\alpha A + \beta) \frac{B}{A+B}$
	DS	1,830				1,700 $\sqrt{3H+4,550}$	$R_2 = \alpha A + \beta$	$R_2 = 2(\alpha A + \beta) \frac{C}{A+C}$	$R_2 = (\alpha A + \beta) \frac{A}{A+B}$
800	DI, DP, DPI DTS, DTT	1,130	910	800	610	1,570 $\sqrt{3H+4,420}$		$R_3 = (\alpha A + \beta) \frac{A}{A+C}$	$R_3 = (\alpha A + \beta) \frac{A}{A+B}$
	DS	1,430				1,700 $\sqrt{3H+4,550}$			

標準仕様

形 名	800 形	1200 形
踏 段 速 度	27 m/min.	
傾 斜 角 度	30 度	
電 源	動力用 200/220 V 照明用 AC	50/60 c/s 3 ϕ 100 V 1 ϕ
輸 送 能 力	5000 人/h	8000 人/h
最 大 階 高	7.4 m	7.0 m

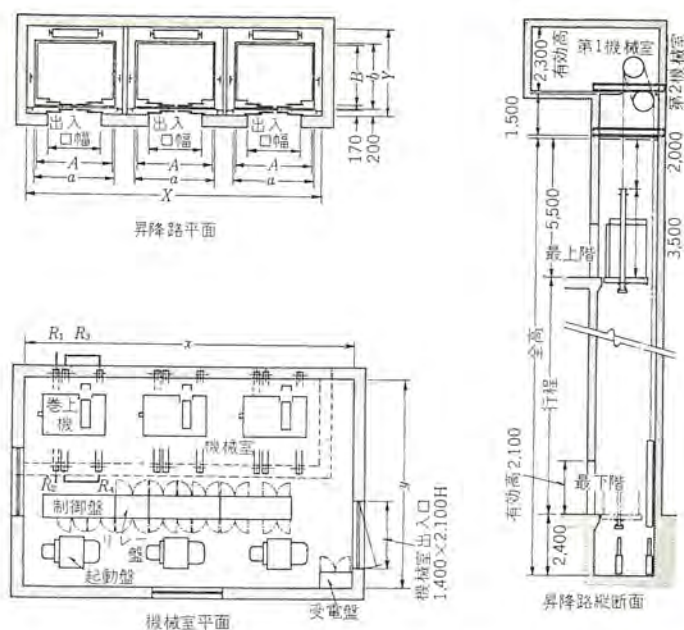
とるために必要最小階間寸法である。

6.1.5 急行エスカレータ

D 形 エスカレータの最大揚程は図 6.1 に示したように 1200 形で 7.0 m、800 形で 7.4 m であり急行エスカレータとして用いる場合には揚程が不足する場合もある。この場合には 1200 形で 14.0 m、800 形で 22 m まで可能な高揚程エスカレータを適用する。高揚程エスカレータは駆動装置、制御盤、トラスをはじめ、あらゆる機器が大形となり支持ハリ荷重も大きく、また欄干意匠についてもある程度の制限があるので揚程の高い急行エスカレータを計画する際には当社へご照会願いたい。

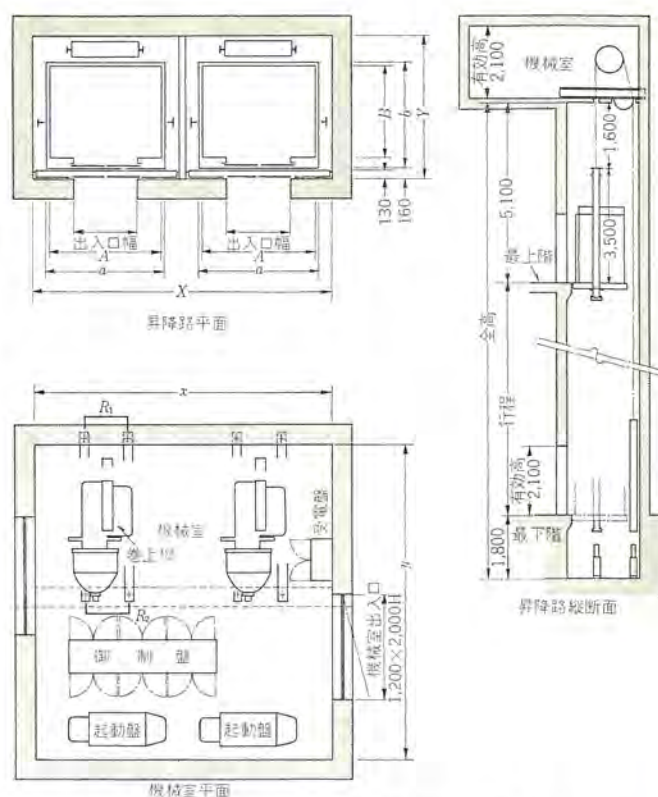
6.2 エレベータ

前章ですでに述べたように待合客ホールを十分広くして、エレベータの乗り場が建物内の通路とかさならないようにし、乗り場回りの建築構造、エレベータ器具は乗客に傷害を与えるようなデコボコや、鋭い端部などを持った構造、形状を作らないようにすることが肝要である。またデパートの交通機関はエスカレータが主体となって上り客を誘致し、エレベータは帰り客を輸送する場合が多いので、エレベータから降りた人がスムーズに出口へ行けるよう配置することをすすめる。そのほか据付計画に際しての一般注意事項は本誌“中小ビル昇降機設備”の稿をご参照いただきたい。



百貨店用乗用エレベータ (P-20-2CO 150, P-24-2CO 150, P-27-2CO 150) 3 台
バンク配置例制御直流歯車ナシ 積載量 1,350 20 24 27 名 速度 150 m/min
操作 3C-DSS トビラ方式 4 枚戸中央開き

図 6.2 デパート用エレベータ据付図
Fig. 6.2 Typical layouts of elevator for department store.



百貨店用乗用エレベータ (P-15-CO 105, P-17-CO 105) 2 台バンク配置例
制御 直流歯車式 積載量 1,000 15 17 名 速度 90 m/min 操作 2C-DSS
トビラ方式 2 枚戸中央開き

図 6.3 デパート用エレベータ据付図
Fig. 6.3 Typical layouts of elevator for department store.

図 6.2 の寸法

形 式	積 載 量		カゴ内法 $A \times B$ (カゴ外法 $a \times b$)	出 入 口 幅	昇 降 路 寸 法 $X \times Y$	機 械 室 寸 法 $x \times y$	機 械 室 反 力 (kg)			
	定員	kg					R_1	R_2	R_3	R_4
P-20-2CO	20	1,350	2,000×1,500 (2,100×1,740)	1,400	7,850×2,340	8,600×5,500	8,500	3,800	4,900	2,800
P-24-2CO	24	1,600	2,300×1,500 (2,400×1,740)	1,600	8,750×2,380	8,750×5,550	8,900	4,100	5,300	3,100
P-27-2CO	27	1,800	2,300×1,650 (2,400×1,890)	1,600	8,750×2,530	8,750×5,700	9,300	4,300	5,600	3,400

図 6.3 の寸法

形 式	積 載 量		カゴ内法 $A \times B$ (カゴ外法 $a \times b$)	出 入 口 幅	昇 降 路 寸 法 $X \times Y$	機 械 室 寸 法 $x \times y$	機 械 室 反 力 (kg)	
	定員	kg					R_1	R_2
P-15-CO	15	1,000	1,700×1,400 (1,800×1,610)	950	4,600×2,130	4,600×4,800	8,200	6,200
P-17-CO	17	1,150	1,900×1,400 (2,000×1,610)	1,050	5,000×2,130	5,000×4,800	8,600	6,400

図 6.2, 6.3 にデパート用乗用エレベータの代表的レイアウトを示す。

7. む す び

以上述べたようにデパートにおいては十分な能力の昇降設備を備えることは不可欠の要素でありエスカレータを主、エレベータを従として設置することが最適である。とくにエスカレータは店内装飾を豪華にするうえからもきわめて効果的であり透明形、照明形など各種の欄干意匠のものを自由に選定できる。またより高度なサービス

を行なうためには1階と3または4階を結ぶ急行エスカレータの設置も必要となろう。なお人荷用、荷物用については本誌“人荷用、荷物用エレベータ”の稿を参照いただきたい。

参 考 文 献

- (1) 宮城, 外野, 白村: 「三菱電機」, 32, 1265 (昭 33)
- (2) 木村: 「三菱電機」, 29, 542 (昭 30)
- (3) F. A. Annett: Elevator (1960)
- (4) 武長: 「三菱電機」, 34, 1150 (昭 35)

アパートの昇降機設備 (中高層実用住宅向け)

板垣 晃 平*

Elevator Installation for Apartment Houses

Inazawa Works Kōhei ITAGAKI

In Japan elevators are very rarely installed to apartment houses of less than four storied buildings. But with increase of demand for middle or tall apartment houses are being constructed one after another and the elevators are becoming indispensable to the tenants for their daily lives. The apartment houses are classified into two groups; one is a public or municipal apartment house and the other is a high class apartment house of a kind of a mansion. The elevators used for the former are different from those used for the latter, but the following points are especially necessary for the arrangement; that is (1) safety is assured. (2) operation is simple, and (3) to be inexpensive.

This article gives a description how to select elevators to suit the purposes of the public or municipal apartment houses.

1. ま え が き

わが国では通常4階建以下のアパートには昇降機設備がないが、それ以上の中高層住宅ではエレベータは居住者の日常生活に密接な関連を持ち、いまや生活必需品となっている。

中高層住宅には公営、公団の実用住宅とコーポラス、マンションなどがある。両者は区別して考えるのが妥当であろう。それは、居住者の経済レベルや日常生活条件の相違から居住者に対するエレベータサービスの水準も異なり、マンションなどのエレベータはむしろ、中小ビル向け一般乗用エレベータと同格に考える方が望ましいからである。したがって、マンションやコーポラス向けのエレベータは中小ビルの稿をご参照して選択されるようおすすめする。

ここでは、中高層実用住宅向けエレベータについて説明する。

2. エレベータ設備の選び方

中高層実用住宅向けエレベータとしては

- (1) 安全であること
- (2) 操作が簡単であること
- (3) 安価であること

の三点にとくに考慮を払わなければならない。

老人や幼児が日常ひん繁に使用することや、エレベータ設備が居住者の経済的負担の上になされることを考えれば当然のことといえよう。

当社では、これらの点をとくに考慮しさらに、性能的にも意匠的にも、また寿命の上からも実用住宅用としてすぐれたエレベータを数多くご利用いただき好評を博している。

以下、実用住宅に対するエレベータのサービス水準とエレベータの選び方を説明する。

2.1. エレベータのサービス水準

サービス水準も生活水準に伴って変わってゆくもので、どの程度にするかは入居者の収入に見合ったものにならざるを得ない。この意味から、実用住宅とマンションとではサービス水準も違ってくる。

エレベータのサービス水準を数量的に表現する方法として一般に、輸送能力と運転間隔の二つの要素をとり上げている。

(1) 輸送能力

輸送能力は5分間に全部のエレベータで運び得る人数を、全体の人口で割った値で%で表わす。

アパートのもっとも大きいラッシュアワーは夕方から夜にかけてのupとdownの両方向の交通によって起きる。住宅公団の2,3のアパートについて行なわれた吉武教授の調査によれば、この時間帯では15分間に昇降合計して居住人口の15%の輸送能力があれば十分であると述べている。

アパートの場合のピークはなだらかであるから、中高層実用住宅では5分間の所要輸送力は5%と表現してよい。

英国では6%としているのに対しわが国で5%というのは生活水準の点からいっても妥当な値であろう。

対象とする居住人口としては、3階以上の全居住人口を考えるのが普通である。

(2) 運転間隔

運転間隔はエレベータの平均1周時間をバンク内台数で割った値で秒で表わす。したがって、エレベータが1台の時の運転間隔は1周時間となり、2台または3台が連動運転しているエレベータすなわち、後で説明する2カーセレクト・コレクタ方式では運転間隔は1周時間のおおの1/2または1/3となる。

英国では運転間隔として90秒という値を採用している。生活水準の点からいえば、わが国はもっと長くてもがまんしなければならないかも知れないが一方、短気な気質であるために長くするときわめて大きな不満となるであろう。したがって、できれば90秒以下が望ましいが、実際には120秒までは止むを得ないであろう。また、エレベータが1台だけで5%水準の輸送力を満足できる場合には、運転間隔がさらにのびてもがまんしなければならないであろう。

運転間隔は連動運転している台数が多いほど、短くなり良いサービスになるが費用が高くなる。また、うまく連動運転をしないとせっかく台数を多くしても運転間隔は短くならない。

容量の大きいカゴと小さいカゴの2台で連動運転をさせた場合には、昼間のように交通が閑散な時にはいずれのカゴも乗客数には大差なく、実際の待時間が運転間隔を越えることは少ないが、ラッシュ時には乗客数が両者の間で異なるため、追い越しが起こり、実際の待時間が運転間隔の1.5倍以上になることがある。

2.2. 容量、速度、操作方式

カゴの形や寸法、速度などを建物の規模に過不足ないようにケースバイケースに選べば、経済的に考慮した積りでも標準化の観点から機種が多くなって全体的に見れば価格の低減は望めない。

建物に必要なサービス水準を得るための容量、速度の組み合わせは数多くあるが、実際に当社が種々検討した結果、中高層実用住宅向けエレベータとしては、容量は 400 kg (定員 6 人) か 650 kg (定員 10 人)、速度は 30 m/min か 60 m/min の組み合わせすなわち、

定員 6 人、速度 30 m/min、一枚戸片開 (P-6-SS-30)

定員 10 人、速度 30 m/min、一枚戸片開 (P-10-SS-30)

定員 6 人、速度 60 m/min、一枚戸片開 (P-6-SS-60)

定員 10 人、速度 60 m/min、一枚戸片開 (P-10-SS-60)

の 4 種類がもっとも経済的であるので、これを当社の標準としており、この中から選択されることをおすすめする。

(1) 容量

アパートのエレベータは人を運ぶのが主任務であるが、引越などでの程度の家具まで運ぶべきかがエレベータの容量、カゴ寸法を決める一要素になる。

荷物の運搬を考慮しなくてよい(階段から運んだりあるいは、運搬業者の仮設設備に頼る)場合には、輸送力 5% というサービス水準を満足できれば容量 400 kg 定員 6 人のエレベータが望ましい。このカゴ寸法は図 4.1 (a) に示すとおりであって、人についてひん度の多い乳母車は十分運び得る大きさである。

さらに、小容量のエレベータでも足りる場合があるが、現在の法規では価格の低減もあまり期待できず得策でない。したがって最小容量としては 400 kg 6 人が限度である。

一方、引越などで家具の運搬をエレベータに頼らなければならないアパートでは、たとえ容量 400 kg のエレベータでサービス水準を満足させても、少なくとも 1 台は家具の運搬が可能なカゴ寸法のエレベータが必要になる。従来これに対して容量 750 kg 定員 11 人のエレベータが使用されていた、しかし日本住宅公団のご指導を得て検討を進め容量 650 kg 定員 10 人のエレベータを開発することができた。このカゴ寸法は図 4.1 (b) に示すとおりで一般家庭の家具ならば十分運べる大きさであり、さらに、速度 60 m/min では容量 750 kg 用の従来のマシンより 1 段下のマシン容量でよく大幅に価格の低減がもたらされる。したがって今後は容量 650 kg 定員 10 人のエレベータを標準としておすすめする。

(2) 速度

速度については、中高層実用住宅では価格の面から、事務所ビルに比べて低い速度が用いられている。英国では、最上階までノンストップで 1 分間で行ける速度を最低の基準としている。

速度は、サービス水準とコストから決められるが、わが国の中高層実用住宅向けとしては 30 m/min か 60 m/min で十分であろう。

30 m/min の速度は交流一段速度であるが、60 m/min では交流二段速度になる。

これらの中間の速度 45 m/min も考えられるが、これは交流二段速度になるため 60 m/min のものと価格差が少ないから速度の種類を減じて標準化を計る意味からもこの速度の採用は得策でないといえる。

20 階程度のアパートでは 75 m/min、90 m/min の速度が考えられる。これらはいずれも直流可変電圧歯車式のエレベータになるため価格がかなり高くなるので、実用住宅向けとしては 20 階程度

アパートの昇降機設備(中高層実用住宅向け)・板垣

でも当分は 60 m/min でがまんしなければならないであろう。マンションなどではより高いサービス水準が望まれるので 75 m/min、90 m/min のエレベータを採用することになるであろう。

(3) 操作方式

中高層実用住宅向けエレベータの操作方式として考えられるものにはセレクトチフ・コレクチフ系、ダウン・コレクチフ系があり、また停止方式の一つとしてスキップ・ストップ運転がある。

スキップ・ストップ運転は 1 階以外の階では 1 台は奇数階停止とし他の 1 台は偶数階停止とする方法であって乗場数が約半減し価格も低減されるが一方、一つの階の居住者は特定の 1 台しか利用できず待時間も長くなる。さらに 1 台が故障や保守の場合には 1 階分歩かなければならない不便さがあるので価格の低減がとくに望まれる場合以外は採用すべきでないを考える。

ダウン・コレクチフ方式は乗場に昇りボタンがないため途中階から上の階へ行きたい人は階段を利用するかいったんエレベータで 1 階までおりなければならぬ不便さがある。屋上に物干し場とか子供の遊び場などの共用施設がない場合にはまれにダウン・コレクチフが採用される場合もあるがわが国の実用住宅では屋上に共同施設がある場合が多いので一般には使用されないであろう。

中高層実用住宅向けエレベータとしてはセレクトチフ・コレクチフ系がもっとも望ましく当社ではこれを標準としている。

エレベータを 2 台または 3 台設備する場合の操作方式はおのおの独立にしないで連動運転する方式にすべきである。連動運転にすると一つの乗場呼に対し同時に 2 台以上のカゴが応じたり、また連動運転になるのを防ぐようになっているから輸送能力も 1 台の 2 倍または 3 倍となり待時間は平均的に 1/2 または 1/3 となる。独立したエレベータを 2 台ならべて設けると 1 台分の能力の 1.5 倍ぐらいしか発揮できないものである。

当社の標準のセレクトチフ・コレクチフ系は表 2.1 に示すように 1 台が単独に運転するセレクトチフ・コレクチフ方式 (2BC)、2 台が連動運転する 2 カーセレクトチフ・コレクチフ方式 (2C-2BC)、3 台が連動運転をする 3 カーセレクトチフ・コレクチフ方式 (3C-2BC) がある。

以下これらの動作の概要を説明する。

(a) セレクトチフ・コレクチフ (2BC)

中間階には昇りボタンと降りボタン、最上階には降りボタン、最下階には昇りボタンが設けられ、カゴが昇り運転中はカゴボタンあるいは乗場昇りボタンが押された階に順次停止し、最高のカゴ呼または乗場降り呼に答えた後、自動的に反転して降り運転に移り、カゴ呼と乗場降り呼に順次応答する。最低のカゴ呼または乗場昇り呼に答え終わった後、昇り運転に移る。

戸は電動で自動的に開閉される。開いた戸は乗客がカゴ内に入り、カゴボタンを押すまでに必要な時間開いていた後で閉り始める。カゴの戸の先端には安全装置が設けてあり、乗客が戸にはさまれるのを防いでいる。

全部の呼に答え終わるとカゴは最後に呼のあった階に戸を閉めたまま留まる。カゴが停止している階の乗場ボタンを押すと戸は

表 2.1 中高層実用住宅向けエレベータの標準操作方式

駆動方式	操 作 方 式	
交流一段速度	セレクトチフ・コレクチフ	2BC
	2 カーセレクトチフ・コレクチフ	2C-2BC
交流二段速度	セレクトチフ・コレクチフ	2BC
	2 カーセレクトチフ・コレクチフ	2C-2BC
	3 カーセレクトチフ・コレクチフ	3C-2BC

開く、

(b) 2 カーセレクト・コレクタ (2C-2BC)

3 カーセレクト・コレクタ (3C-2BC)

この方式は2台または3台のカゴが協同してカゴ呼と乗場呼に応じて運転する。乗場の呼に対しては、いずれのカゴに受け持た

せたら合理的であるかを自動的に判断して分担させるから、一つの乗場呼に対して2台以上のカゴが応答することはない。

2台または3台のカゴは原則としてお互に先行のカゴの背面側(通過した後)の乗場呼を受け持つ。各カゴはカゴ呼と受け持ちの乗場呼に答えて運転する。最初に受け持ちの呼に答え終わった最

表 2.2 エレベータの選択 (所要5分間輸送力が最低5%の時)

1フロア当りの戸数 アパートの階数	15	20	25	30	35	40
5	P-6-SS-30 2BC 102秒	同 左	同 左	同 左	同 左	同 左
6	P-6-SS-30 2BC 117秒	同 左	同 左	P-10-SS-30 2BC 145秒	同 左	P-10-SS-60 2BC 140秒
7	P-6-SS-30 2BC 130秒	同 左	P-10-SS-30 2BC 160秒	P-10-SS-60 2BC 150秒	P-6-SS-30 2C-2BC 65秒	同 左
8	P-6-SS-30 2BC 143秒	P-10-SS-30 2BC 172秒	P-6-SS-30 2C-2BC 72秒	同 左	P-6-SS-30 + P-10-SS-30 2C-2BC 86秒	同 左
9	P-10-SS-30 2BC 185秒	P-6-SS-30 2C-2BC 78秒	同 左	P-10-SS-30 2C-2BC 92秒	P-10-SS-60 2C-2BC 84秒	P-6-SS-60 2台 + P-10-SS-60 1台 3C-2BC 56秒
10	P-6-SS-30 2C-2BC 82秒	同 左	P-10-SS-30 2C-2BC 98秒	P-10-SS-60 2C-2BC 89秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 60秒	同 左
11	P-6-SS-30 2C-2BC 87秒	P-10-SS-30 2C-2BC 104秒	P-10-SS-60 2C-2BC 92秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 64秒	同 左	P-6-SS-30 2C-2BC 87秒 + P-10-SS-30 2C-2BC 104秒
12	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 1台 2C-2BC 96秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 96秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 64秒	P-10-SS-60 3C-2BC 64秒	P-6-SS-60 2C-2BC 75秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 96秒
13	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 1台 2C-2BC 100秒	P-10-SS-60 2C-2BC 100秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 67秒	P-10-SS-60 3C-2BC 67秒	P-6-SS-60 2C-2BC 79秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 100秒	P-10-SS-60 2×2C-2BC 100秒
14	P-10-SS-60 2C-2BC 103秒	P-6-SS-60 2台 + P-10-SS-60 1台 3C-2BC 69秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 69秒	P-6-SS-60 2C-2BC 82秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 103秒	P-10-SS-60 2×2C-2BC 103秒	P-6-SS-60 2×2C-2BC 82秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 103秒
15	P-10-SS-60 2C-2BC 107秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 71秒	P-6-SS-60 2C-2BC 84秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 107秒	P-10-SS-60 2×2C-2BC 107秒	P-6-SS-60 2×2C-2BC 84秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 107秒	同 左
16	P-10-SS-60 2C-2BC 110秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 73秒	P-6-SS-60 2C-2BC 87秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 110秒	S-10-SS-60 2×2C-2BC 110秒	P-6-SS-60 2×2C-2BC 87秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 110秒	P-6-SS-60 2C-2BC 87秒 + P-10-SS-60 2×2C-2BC 110秒
17	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 75秒	P-6-SS-60 2C-2BC 90秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 112秒	P-10-SS-60 2×2C-2BC 112秒	P-6-SS-60 2C-2BC 92秒 + P-10-SS-60 3C-2BC 75秒	P-6-SS-60 2C-2BC 90秒 + P-10-SS-60 2×2C-2BC 112秒	P-10-SS-60 2×3C-2BC 75秒 または 3×2C-2BC 112秒
18	P-10-SS-60 3C-2BC 77秒	P-6-SS-60 2C-2BC 92秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 115秒	P-10-SS-60 2C-2BC 115秒 + 3C-2BC 77秒	P-6-SS-60 2C-2BC 92秒 + P-10-SS-60 2×2C-2BC 115秒	P-6-SS-60 3×2C-2BC 115秒 または 2×3C-2BC 77秒	P-6-SS-60 2×2C-2BC 92秒 + P-10-SS-60 2×2C-2BC 115秒
19	P-10-SS-60 3C-2BC 78秒	P-6-SS-60 2C-2BC 95秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 117秒	P-6-SS-60 2C-2BC 95秒 + P-10-SS-60 3C-2BC 78秒	P-6-SS-60 2C-2BC 95秒 + P-10-SS-60 2×2C-2BC 78秒	P-10-SS-60 3×2C-2BC 117秒 または 2×3C-2BC 78秒	P-6-SS-60 2×2C-2BC 95秒 + P-10-SS-60 2×2C-2BC 117秒
20	P-6-SS-60 2C-2BC 97秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 120秒	P-10-SS-60 2×2C-2BC 120秒	P-10-SS-60 2C-2BC 120秒 + 3C-2BC 80秒	P-10-SS-60 3×2C-2BC 120秒 または 2×3C-2BC 80秒	P-6-SS-60 3×2C-2BC 97秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 120秒	P-10-SS-60 4×2C-2BC 120秒

(定員 6 人 (P-6) だけが記載されていても、家具の運搬を考慮しなければならない場合には少なくとも 1 台は定員 10 人 (P-10) のエレベータを設けなければならない)

初の1台または3C-2BCの場合は2台のカゴは自動的に1階に
 返り、戸を開いて待機する。他の1台は最終の呼に答えた後、そ
 の階で戸を閉めて待機する。

戸閉動作は前述のセレクト・コレクトとまったく同様である。

2.3. エレベータの選定

表2.2, 2.3は与えられた建物に必要最小限のエレベータ設備を
 与える表である。すなわち、建物の階数と各階の世帯数がわかれ
 ば、その建物に必要な5分間輸送力(最低5%)を満足するため
 の最小必要限の速度、容量、台数ならびに操作方式がただちに選
 択できる。同時に待時間も求められる。

輸送力としては夕方のラッシュアワーを対象としupとdownの
 計が5%となるようにし、upとdownの比率は実測資料に基
 づき3:2とした。すなわち、対象居住者の3%をup方向の運
 転で運ぶときに容量がフル(定員×0.8)に利用されるものとし、
 down方向の運転では対象居住者の2%を選びこの時は定員の
 50%が乗るものとした。

また一戸当りの平均人員を3.5人とし、階間距離は2.8mと
 した。操作方式は2BC系である。

表2.2は全階に乗場を設けた場合であって、輸送力5%の対
 象人口としては3階以上の居住者を対象にした場合である。

表2.3は複数のエレベータバンクが必要でアパートを低層と高層に
 分割してサービスする場合の高層バンクについて求めたものであ
 る。

これらの表から、アパートの規模が与えられればただちに必要な

エレベータの速度、容量、台数、操作方式が求められるが、その際
 の注意事項を以下に説明する。

(a) 表において、2×2C-2BCとあるのは2C-2BCが2バンク
 必要であることを示す。

また、P-6-SS-60 2台+P-10-SS-60 1台 3C-2BCとあるの
 は定員6人のエレベータ2台と定員10人のエレベータ1台の計3台
 で3C-2BC方式を構成することを示す。

また、2×3C-2BCまたは3×2C-2BCとあるのは6台のエレ
 ベータを3C-2BC 2バンクとするかあるいは2C-2BC 3バンクとす
 るかを示している。この場合建物の入口の個所やその入口からの
 出入り人数の差を考慮していずれかに決める。一般的には入口が
 2個の場合には3C-2BCを2バンクとし、3個所の場合には2C-
 2BCを3バンクとして入口の近くに分散配置するのが望ましい。

(b) 表の時間(秒で表わしている)は待時間を示している。1
 台の場合は一周時間であり、2台バンクの場合は一周時間の1/2
 を3台バンクの場合は一周時間の1/3をおのおの示している。
 また容量が異なる2台または3台で1バンクをなす場合、たとえ
 ば表2.2で8階建て1フロアあたり35戸の場合にはP-6-SS-30
 が1台とP-10-SS-30が1台で1バンクを構成するが、この時の
 待時間は一周時間が長い方の1/2を示してある。しかしこの場合
 には2.1節のサービス水準でも述べたごとくラッシュ時にはこの
 待時間より長くなる場合もある。

(c) 1フロアあたりの戸数が違っても、仕様、台数とも同じエレ
 ベータが記載されている場合がある。これは前述のように5分間

表 2.3 高層行急行バンクのエレベータ選択(所要5分間輸送力が最低5%の時)

1フロア当りの アパート の階数 (サービス区間)	15	20	25	30	35	40
9 (1↔8~9)	P-6-SS-60 2BC 114秒	同 左	同 左	同 左	同 左	同 左
10 (1↔8~10)	P-6-SS-60 2BC 123秒	同 左	同 左	同 左	P-10-SS-60 2BC 150秒	同 左
11 (1↔8~11)	P-6-SS-60 2BC 132秒	同 左	同 左	P-10-SS-60 2BC 162秒	同 左	P-6-SS-60 2C-2BC 66秒
12 (1↔9~12)	P-6-SS-60 2BC 140秒	同 左	P-10-SS-60 2BC 171秒	同 左	P-6-SS-60 2C-2BC 70秒	同 左
13 (1↔9~13)	P-6-SS-60 2BC 147秒	P-10-SS-60 2BC 180秒	同 左	P-6-SS-60 2C-2BC 73秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 90秒
14 (1↔10~14)	P-6-SS-60 2BC 154秒	P-10-SS-60 2BC 189秒	P-6-SS-60 2C-2BC 77秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 94秒	同 左
15 (1↔10~15)	P-10-SS-60 2BC 196秒	P-6-SS-60 2C-2BC 80秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 98秒	同 左	P-6-SS-60 3C-2BC 53秒
16 (1↔11~16)	P-10-SS-60 2BC 205秒	P-6-SS-60 2C-2BC 84秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 103秒	同 左	P-6-SS-60 2台 + P-10-SS-60 1台 3C-2BC 68秒
17 (1↔11~17)	P-6-SS-60 2C-2BC 87秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 106秒	同 左	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 71秒	同 左
18 (1↔12~18)	P-6-SS-60 2C-2BC 90秒	同 左	P-10-SS-60 2C-2BC 110秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 73秒	同 左	P-10-SS-60 3C-2BC 73秒
19 (1↔12~19)	P-6-SS-60 2C-2BC 94秒	P-10-SS-60 2C-2BC 113秒	同 左	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 75秒	P-10-SS-60 3C-2BC 75秒	P-6-SS-60 2C-2BC 94秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 113秒
20 (1↔13~20)	P-6-SS-60 2C-2BC 97秒	P-10-SS-60 2C-2BC 116秒	P-6-SS-60 1台 + P-10-SS-60 2台 3C-2BC 77秒	同 左	P-6-SS-60 2C-2BC 97秒 + P-10-SS-60 2C-2BC 116秒	P-10-SS-60 2×2C-2BC 116秒

(定員6人(P-6)だけが記載されている、家具の運搬を考慮しなければならない場合には、少なくとも1台は定員10人(P-10)のエレベータを設けなければならない。)

輸送能力を最低5%としたためであって、たとえば、表2.2の6階の欄で1フロアあたりの戸数15, 20, 25に対していずれもP-6-SS-30の2BCが適用されているが、この場合には戸数25戸に対する輸送能力が5%であって、15戸, 20戸に対してはおおの5×25/15≒8%, 5×25/20≒6%になる。すなわち、同一階数で、エレベータの仕様、台数も同じ場合には分担する戸数が最大の時に輸送能力5%を確保し、戸数がそれ以下の場合には戸数の逆比でサービス水準がよくなる。

(d) 2台バンクの場合は20階程度でも待時間は120秒程度に収まっているが、1台の場合には非常に長くなる。1台で所要輸送力(5%)を満足する場合には、待時間が長くてもやむを得ないであろう。しかし、ただ1台のエレベータの設備では一家の引越、保守、修理、ロープの取換、故障の期間中、高層住宅ではとくにはなほだしく不便を与えるので、経済事情が許せば2台以上の設置が望ましい。これによって待時間も大幅に短縮できる。

(e) この表は所要輸送能力5%を満足するための最小の設備を求めたものである。

したがって、定員6人のエレベータだけで十分であるという結果が得られたとしても、家具の運搬を考慮しなければならないアパートでは、少なくとも1台は定員10人のエレベータを設けなければならない。

(f) 表2.2から複数のバンクが必要になれば、建物を低層と高層に2分割し、エレベータバンクも低層行バンクと高層行急行バンクとする方がよい場合もある。こうすると乗場数も減少して価格が安くなるばかりでなく、輸送能力も増加し、待時間も短縮される。アパートの場合には各階相互間の交通がごく少ないので分割には有利であろう。

分割した場合の高層行バンクについては表2.3からまた低層行バンクについては表2.2から選定する。

この結果、低層行バンクと高層行急行バンクの合計が分割しない時よりも大きくなる場合もあるが、これはエレベータを1.5台というように半端にする訳にいかないための結果である。合計台数が同じなら分割した方がサービス水準が上るのは当然である。

2.4. ドアと安全性

安全ということとはエレベータに要求される基本的な事項であるが、とくにアパートではエレベータ利用者が老人や幼児を含めて広範囲にわたるため、とくに行き届いた安全上の考慮が必要である。なかでも、動く戸と固定部の関係に注意する必要がある。図2.1(a)のように戸あたり柱の段落ち部に戸が入り込む二枚戸片開きドアでは指先を負傷したりセン(剪)断したりすることも起こり得るので、二枚戸中央開き、または図2.1(b)のように戸が段落ち

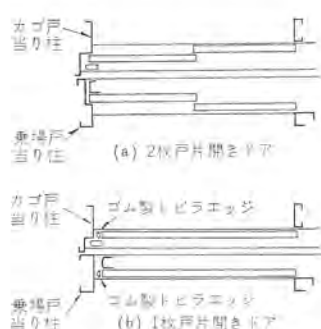


図 2.1 出入口部分平面
Fig. 2.1 Plan of entrance.

部に入り込まない構造の一枚戸片開きが望ましい。

中高層実用住宅向けには機構が単純で価格が安くかつ保守に手のかからない一枚戸片開き(SS)を採用すべきである。

3. 意 匠

マンション、コーポラスなどのエレベータ意匠は当然、時代の感覚と好みをうまく取り入れたものとするのが望ましい。ただし、ただいたずらに新奇を追わず、気品と風格をさりげなく表現することが大切である。マンション向けエレベータの意匠の詳細は中小ビルの稿を参照していただきたい。

中高層実用住宅向けエレベータの意匠は実用本位に考えるべきであるが、とくに注意すべきことは

(1) 子供の落書きを防止するという点から、かごの内壁やドアなどには鋼板塗装は望ましくなく、ステンレス製またはプラスチック化粧板を推奨する。

(2) かご内の照明が暗いと、とくに老人や幼児に不安感を与えることになるので標準的な明るさとする。

などである。

3.1. カゴ室内の意匠デザイン

(1) 天井照明

アクリグローブまたは鋼板製塗装仕上の半間接照明で適当な明るさのものを標準として推奨する。

(2) 内壁およびドア

前述したように落書き防止の点からステンレスヘアライン仕上を標準として推奨する。

3.2. 乗場回りの意匠デザイン

(1) 三方ウツおよびドア

これはいずれも乗場の数だけ必要であるためこの価格が全体の価格に及ぼす影響は大きい。したがって、三方ウツは価格の低減の上から形状のシンプルな角形が望ましい。また、表面処理はドアとともに鋼板塗装仕上が標準である。

(2) しきい

硬質アルミを使用して、いつも白色合金のよい色調を保つようにするのが望ましい。

(3) 乗場位置表示器と乗場ボタン



図 3.1 アパート用エレベータ
Fig. 3.1 Apartment elevator.



図 3.2 アパート用エレベータの乗場
Fig. 3.2 Corridor of apartment elevators.

意匠部品であると同時に機能部品であるので、子供の手荒な取り扱いも考慮し堅ろうでかつ交換容易なものでなければならない。また、フェスラート付の壁取付方式で実用本位にし、誰にでも見易く、押し易い形を標準にしている。

4. エレベータ設備の計画

図 4.1, 4.2, 4.3 に当社が中高層実用住宅向けとしておすすめするエレベータの標準レイアウトを示す。

以下にエレベータ設備の計画上とくに注意を要する点を説明する。

(1) 数台のエレベータが必要な場合、事務所ビルやホテルなど一般的にはエレベータを集中配置して最大効率を発揮させるようにするが、アパートではこれは避けるべきである。アパートでは2台または3台を1組として、各住戸から便利な位置に分散配置とする方が望ましい。この場合にはエレベータの負荷がバランスするように考慮しなければならない。低層行パンクと高層行パンクは同一個所に集中配置としない。

いずれの場合もエレベータは建物の入口や階段に隣接して設けるのが望ましいが、1階においてエレベータの乗場が道路にあまり近すぎたためいたずらされて困ったという実例がある。

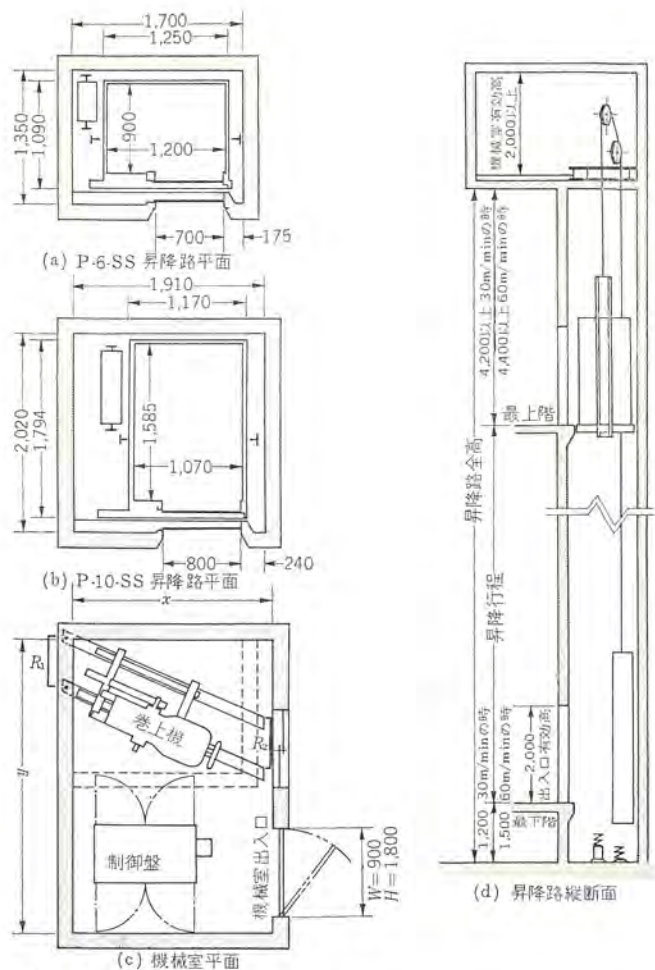
(2) 屋上に物干し場や子供の遊び場などの共同施設がない場合には、2, 3階の居住者の大部分は階段を利用していることが調査の結果明らかになっている。したがって、この場合には2, 3階にはエレベータの出入口を設けない方が価格の低減の上から望ましい。

(3) エレベータからの振動や騒音が時々問題になる。

一つはカゴの中で感ずる場合で他は居室にいて聞えて来る場合である。後者は静けさにくつろぎを要するアパートではとくに重要な問題である。振動騒音は構造体などの固体を伝わるものと空気を伝わるものに分けられ、前者は防音を考慮した機器を採用することで防ぎ、当社ではマシンや制御盤などを防音取付けとして効果を上げている。後者は機械室の壁、ドア、窓、床の穴などから音が居室に伝わらないように工夫する必要がある、これらは建築関係者のご協力をぜひお願いしたい点である。

エレベータ機械室ならびに昇降路と居室の相互位置や構造などに不具合がある場合には、後から防音、防振の処置を施しても問題を生ずる場合があるので、この点に関して十分ご考慮いただきたい。

アパートの昇降機設備（中高層実用住宅向け）・板垣



寸法

形式	積載量 定員 kg	速度 m/min	機械室内法 x×y	機械室反力	
				R ₁	R ₂
P-6-SS-30	6	30	2,000×3,150	1,800 kg	1,700 kg
P-6-SS-60		60	また 3,500×2,000		
P-10-SS-30	10	30	2,450×3,500	3,300	2,900
P-10-SS-60		60	また 3,700×2,050		

図 4.1 実用住宅向け乗用エレベータ据付図
Fig. 4.1 Hatch plan and hatch vertical section.

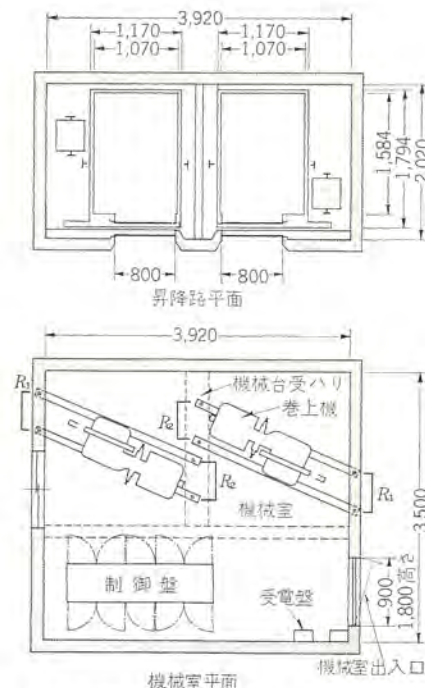


図 4.2 実用住宅向け乗用エレベータ (P-10-SS) 2台バンク配置例 (650 kg 60 m/min)
Fig. 4.2 Hatch plan and machine room plan.

5. む す び

中高層実用住宅向けエレベータの選び方、設備計画上の問題を中心に述べてきた。実用住宅向けには高性能を誇るいわゆる高級品である必要はないが、居住者の負担に見合う安価なものであるとともに、安全についてはすみずみまで神経の行き届いたものでなければならない。また同時に、故障が少なく、居住者の日常生活に不便を与えないものでなければならない。

参 考 文 献

- (1) 石川：高層市街地住宅の計画に関する研究 その4，
p 52～85 (昭 39)
- (2) 吉武：高層 アパートエレベータ 利用調査 (昭和 34 年度委託研究)
- (3) 吉武：建築計画の研究 (昭 39)

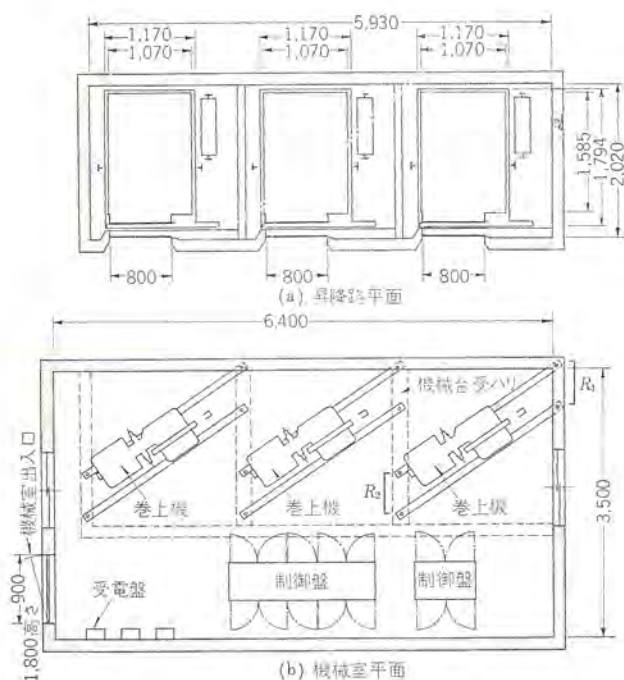


図 4.3 実用住宅向け乗用エレベータ (P-10-SS) 3 台 パンク配置例 (650 kg, 60 m/min, 3C-2BC)
Fig. 4.3 Hatch plan and machine room plan.

病院の昇降機設備

八木 信 郎*

Elevator Installations in Hospitals

Inazawa Works Nobuo YAGI

Hospitals as buildings must have accommodation for a wide range of human life. That means, all such functions as dwellings, offices and clean workshops, where transportation is naturally accompanied, are required there. In addition, the place shall be a hall of society if visitors coming round are taken into account. Elevators to be installed in hospitals must meet the traffic demand in connection with the above. But the traffic demand there varies with the scale and nature of individual hospitals. Hence, estimation is to be made with each hospital and elevators shall be selected to suit the purposes. This article describes the facilities with elevators for carrying patients' beds as a center, all other items such as layout, equipment, operating system and design being touched upon too.

1. ま え が き

病院の昇降機設備はその交通需要から、次のような形態のエレベータが必要と考えられる。

- a. 乗用エレベータ……病院職員、独歩患者、見舞客、付添人を対象とする。
- b. 寝台用エレベータ……担送患者を主に、車イス使用の患者を対象とする。
- c. 人荷用エレベータ } 給食、医療器具、洗濯物などの運搬を
おおよびムエータ } 対象とする。

病院の施設を十分、効果的に使用するためには上記のエレベータを合理的に設備しなければならないが、病院内の交通需要は病院規模により変化し、中小規模の病院では経費の上から乗用のエレベータとなる。また、病院の性格が総合病院か、専門病院、あるいは専門の科により、さらに付属研究施設の有無によっても交通需要が変化する。以下病院の特質に対する昇降機設備のあり方について述べ、エレベータ設置計画のご参考に供したい。

2. 乗用エレベータ

病院の乗用エレベータは医師、看護婦、患者、見舞客、付添人などによって利用される。輸送のピークを生じる時間、その時のエレベータ利用者の構成などの病院内の交通の実態は次の要因によってかなり変動するため正確なものはあくは困難である。

- a. 病院の性格……総合病院か専門病院か、専門の科の種類。
- b. 病院の立地条件……交通の便、不便が見舞客の数に現われる。
- c. 完全看護制度の採否。

以下2,3の例によって交通量を推定すると。

吉武東大教授の武蔵野赤十字病院での実測結果⁽¹⁾ではベッド数57、患者数50人、見舞客53人と報告されている。すなわち、ベッド数とはほぼ同数の見舞客で滞留時間は1時間以内が約60%、2時間以内が90%と報告されている。

ある例ではベッド当り1時間1.5~2人の見舞客を含めた利用者があると見なければならぬとしている。

アメリカの実測例では100ベッドに対し1時間あたりエレベータ利

用者は240人と報告されている。普通、病院での交通のピークは面会時間の初めと終わりに生じ、総合病院ではこのピーク時に医師、看護婦、患者、見舞客、付添人を含めてエレベータ利用者数を次のように見てエレベータ設備を計画をする必要があらう。

$$1 \text{ 時間あたりエレベータ利用者数} = 1.5 \sim 2 \times \text{ベッド数}$$

乗用エレベータの設置場所は患者よりもむしろ看護婦や見舞客の便宜を考え病棟の出入口の近く、すなわち一般には中央部に集中配置するのが望ましく、実際の配置例も多い。外来患者の診療は1階とすればエレベータサービスとは無関係となるので都合がよい。交通計算の細部、操作方式、およびレイアウトについては中小ビルの上昇機設備の稿を参照願いたい。

3. 寝台用エレベータ

3.1 設備計画

寝台用エレベータの利用回数も病院の性格により変化するが基本的には

- a. 1日当り手術回数
- b. 手術室数
- c. 手術時間帯
- d. 手術平均所要時間
- e. 手術以外の利用回数

を要因とし、寝台車の搬入搬出の所要時間を両方で25~30秒と見込んで利用回数を計算する。概略の計算結果は50ベッド当り1手術室、100ベッドあたり手術回数1日、5~10回とすれば、手術以外の利用回数を見込んでベッド当り寝台用エレベータ1台としてよい。しかし、寝台用エレベータは1台だけであればエレベータの保守点検時、急患者の輸送にさしつかえるので最小限2台設けるのが望ましい。

寝台用エレベータは寝台運搬以外に乗用その他に使用されることが多いが、総合病院とか、多数の見舞客が予想される病院では別に乗用エレベータを設けるのが望ましい。また寝台用エレベータを寝台専用を使用すれば操作方式は専用直通運転でよく、次に述べる乗過ぎ防止の問題も避けることができ寝台用エレベータとしては費用を下げるができる。

3.2 乗過ぎの防止

寝台用エレベータは積載荷重に対してカゴ床面積が広いため、寝台運搬以外に使用する場合、設計積載荷重をこえた荷重で使用される危険がある。乗過ぎ防止の方法としてカゴ室をチェンで分割する方法（セパレートチェン）もあるが、実用上、効果の期待できる方法ではない。

当社の標準寝台用エレベータでは自動検出の乗過ぎ防止装置を備え、設計積載荷重をこえたとき警報ブザーが鳴り、さらに乗過ぎになれば運転できないようにする方法をとっている。

乗用などに利用することが多く見込まれる寝台用エレベータではカゴ床面積に対する積載荷重を乗用なみとして乗用寝台用兼用エレベータとするべきである、この場合乗過ぎ防止は考慮しなくてよい。

3.3 寝台用エレベータの推奨機種

表 3.1 は寝台用エレベータの代表的な機種を示す。いずれも寝台はもちろん病院での使用条件に対応できる形式であるが、病院の交通需要の程度、形態により選択すべきである。

(a) 形式 B-750-2S15 は当社の規格形寝台用エレベータで 4 階建までの小規模病院で乗用エレベータとしての利用も少ない場合に適した機能と、各部とも実用本位に規格化した機種である。

(b) 形式 B-1000-2S30 または 45 は当社の標準寝台用エレベータで 5~8 階建程度の中小規模の病院に適する。病院であらゆる使用状態に対応できるよう、規格化した機種で経済的にも有利であり需要も一番多い。

(c) 形式 B-1650-2S30 または 45 は内容は B-1000 の形式と同じであるが乗用・寝台用兼用とした機種で積載荷重を 1,650 kg とし、寝台以外の乗用その他の利用の多い病院に適する。

(d) 形式 B-1650-2S90 ないし 150 は高層の大病院で能率よく使用するため速度を 90 m/min ないし 150 m/min とした機種である。

3.4 操作方式

寝台用エレベータは寝台の運搬のほか、乗用、物品の輸送などにも利用されるため、自動操作と、急患などの緊急輸送に対応できることの両者の条件が必要である。

当社では病院の規模に応じた輸送計画と設備予算に応じて選定

できるよう、表 3.2 に示す 3 種類の操作方式があり、いずれも寝台用エレベータの操作方式の諸条件を完全に満たした方式である。

3.4.1 シングルオートマチック

小病院向けとして機能本位に設計したもので、簡単、確実な専用直通運転であり、交流一段速度歯車式の機種と組み合わせる。

エレベータを運転するにはまず乗場のボタン（呼びボタン）を押し、カゴが到着したらカゴ操作盤のボタン（行先きボタン）を押すだけでよい。カゴボタンを押せばそのボタンに相当する階にカゴを運転することができる。

カゴが運転中と戸が開いている間は各階の乗場ボタンを押しても応答しないしまた登録もされない。それ以外の時は乗場ボタンを押せばその階にカゴを呼びよせることができる。

戸は電動操作で自動的に開閉し、カゴが停止後開き始める。開いた戸は利用者がカゴ内に入り行先きのカゴボタンを押して行先を登録するまでの十分な時間開いたままでその後閉る。カゴの戸の先端には安全装置が設けられてあり乗り降りの際戸にはさまれるのを防ぐ、呼びに答え終わるとその階に戸を閉めたまま留まる。カゴが停止している階の乗場ボタンを押せば戸は開く。この方式には寝台や物品を運搬するため次のスイッチがカゴ操作盤にあり、利用者自身が容易に、かつ安全に使用できる。

(a) トビラ開放スイッチ

カゴの出入りに時間を要する場合には必要な間だけこのスイッチを操作しておけば、その間だけ戸を開き続けることができる。

(b) インチングボタン

着床誤差補正装置がついているので、トビラを開いたままこのボタンを押して床合わせができる。もし床がぐいちゃがった場合でも修正することができる。

3.4.2 セレクティブ コレクティブ ジュエアル

カゴ操作盤のキースイッチにより、ごく簡単に次のように運転方式の切り換えができるので病院用としては理想的な操作方式であり、交流一段速度歯車式以外の機種と組み合わせる。

- a. 平常見舞客の使用に対して………運転手なし運転
- b. 寝台その他物品の運搬に対して………運転手付き運転
- c. 急患などの緊急輸送に対して………ホスピタル エマージェンシー サービス

運転手なし運転と運転手付き運転については中小ビルの昇降機設備の稿を参照願うとして、以下ホスピタル エマージェンシー サービスについて述べる。

急患とか、急を要する手術患者の輸送には専用直通運転が必要で、この場合ホスピタル エマージェンシー サービスに切り換える。カゴ操作盤のキースイッチを ON にしたときのみ登録済みのカゴ呼びを全部打消し、登録済みの乗場呼びには通過する。カゴを運転するには行先のカゴボタンを戸が閉り切るまで押し続けられよい。戸が閉りつつある間にボタンをはなせばトビラは反転して開く、開いた戸はカゴボタンをあらためて押すか、またはキースイッチを戻すまで閉らない。

この運転は運転手なし運転、運転手付き運転のいずれからでも切り換えてできる。キースイッチを OFF に戻した時は戸が閉り、通過した乗場呼びに答えて運転する。

3.4.3 2カー セレクティブ コレクティブ ジュエアル

この操作方式は 2 台のカゴが協同してカゴ呼びと乗場呼びに応答して運転する方式であり交流一段速度歯車式以外の機種と組み

表 3.1 寝台用エレベータ推奨機種

形 式	機 種	積載量 定員 kg	速 度 m/min	向 先
B-750-2S15	交流一段速度歯車式	11	15	4 階建までの小規模で乗用として利用も少ない病院
B-750-2S30			30	
B-1000-2S30	交流二段速度歯車式	14	30	5~8 階建程度の一般病院
B-1000-2S45			45	
B-1650-2S30		25	30	5~8 階建程度の一般病院で乗用として利用の多い場合
B-1650-2S45			45	
B-1650-2S90	直流可変電圧歯車式	25	90	高層大病院
B-1650-2S105			105	
B-1650-2S120			120	
B-1650-2S150	直流可変電圧歯車なし		150	

表 3.2 寝台用エレベータ操作方式

操 作 方 式	記 号	適 用 機 種	向 先
シングルオートマチック	1BH	交流一段速度歯車式	小病院
セレクティブコレクティブ ジュエアル	2BC(AS)-HE	交流二段速度歯車式 直流可変電圧歯車式	中病院
2カーセレクティブ コレクティブジュエアル	2C-2BC(AS)-HE	直流可変電圧歯車なし式	大病院

合わせる。詳細については中小ビルの昇降機設備の稿を参照願いたい。

この方式においても前項のセレクトブコレクタと同様カゴ操作盤のキースイッチにより簡単に運転方式の切り換えができる。ホスピタルエマージェンシサービスに切り換えたカゴは協同運転から外され、他のカゴが乗場呼びに答える。

4. 人荷用エレベータ または ダムウエータ

人荷用エレベータの一般的な設備計画については人荷用エレベータの稿を参照願いたい。病院の給食方式が中央配膳室式の場合は配膳室の近くに給食専用エレベータとして設置するべきである。物品の大きさ、運搬量により人荷用エレベータの代わりにダムウエータの設置も考えられる。この場合送り先の階に別の係員が待機する必要がある。詳細についてはダムウエータの稿を参照願いたい。

5. 寝台用エレベータの意匠

(乗用、人荷用エレベータについてはおのおの該当の稿を参照願いたい。)

病院に設備されるエレベータの意匠には形状、色調ともに清潔感を盛り込むべきであるが行きすぎて親和感を失わない様にした。

前述のごとく寝台用エレベータは利用方法が多岐にわたるためそのおのおのに適応した意匠でなければならない。また病院の特質にふさわしい外観と換気などの衛生面を十分考慮する必要がある。この点実績の多い、当社の実用に即した標準意匠をご参考までに紹介したい。

5.1 カゴ室の意匠

天井および照明……刺激のない適度の照度とするため明色の天井と組み合わせたシャ光板による間接照明がよい。

換気装置……デフューザ形とし立っている人が直接感じる程度の風量とする。



図 5.1 寝台用エレベータ標準意匠
Fig. 5.1 Standard design of bed carrying elevator.

荷スリ板……ベッドを出し入れする際壁面を保護するため三方の壁面の腰高に幅広のステンレス鋼板の荷スリ板を取り付ける。

幅木……床幅面の隅々まで清掃がゆきとどくようにした当社の曲面幅木を採用したい。

5.2 乗場回り

三方ツク……形状の簡潔な末広形が出入りに便利でよいベッドの高さに相当する位置に幅広のステンレス鋼板の荷スリ板を取り付ける。

乗場位置表示器 } ……意匠部品であると同時に重要な機能部品であり、見易く、押易いこととともに機能上高い信頼性と保守の容易なことが重要である。

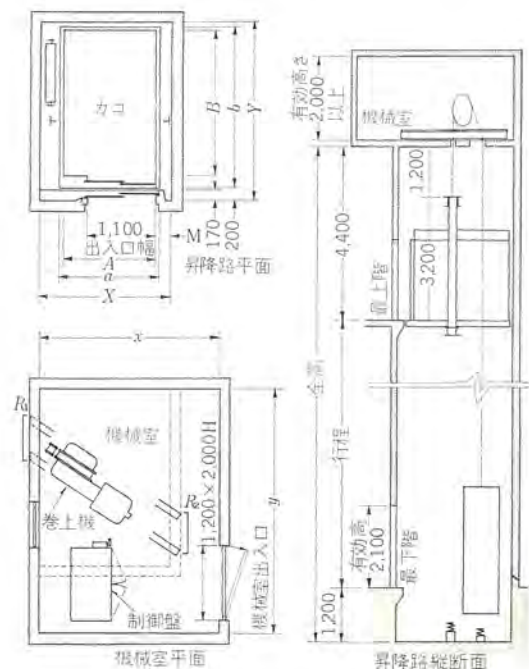
当社標準意匠を図 5.1 に示す。

6. レイアウト

6.1 騒音防止

病院では一般に騒音が病室の安静を妨げることが予想される、エレベータ機器の騒音をとり除くことは困難ではあるが次の対策を講ずれば相当の効果がある。

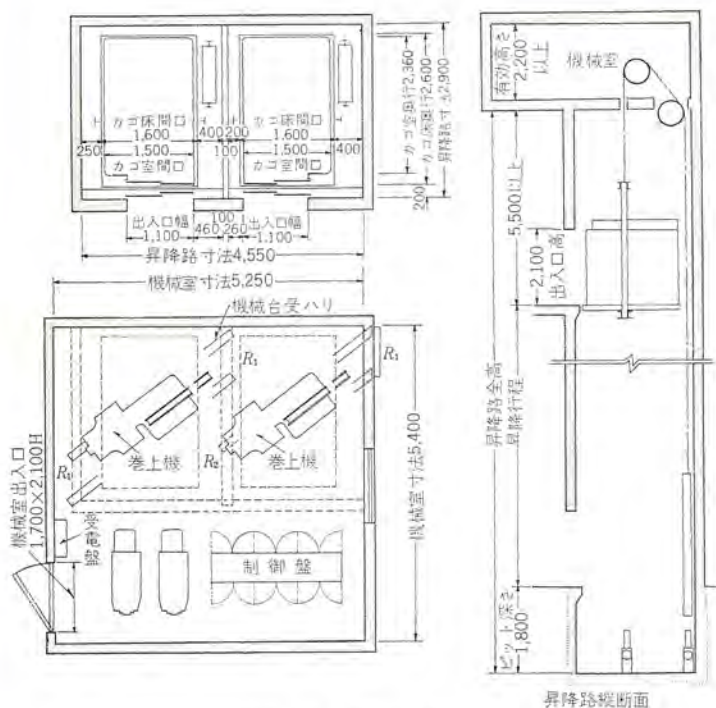
建物の構造体を伝わる騒音については機器の取付部分を防音構造とすれば比較的容易に効果が得られる。また空気を伝搬する騒音については建築上の配置に負うところが大きく、たとえばエレベータの機械室や昇降路に近接して病室を配置しないこと、機械室の出入口ドアや壁は防音構造とすることが必要である。



形 式	積 載 量 定員 kg	速 度 m/min	カゴ内法 A×B (カゴ外法 a×b)	昇降路寸法 X×Y	機械室寸法 x×y	M	機械室反力 R ₁ , kg R ₂ , kg
B-750-2S15	11	750	15	1,300×2,250	2,000×2,700	215	6,300 2,400
B-750-2S30		30		(1,350×2,430)	2,150×3,900		6,550 2,700
B-1000-2S30		30		1,500×2,360	2,785×3,950		9,000 4,000
B-1000-2S45	14	1,000	45	(1,600×2,600)	2,900×3,950	260	8,300 5,600
B-1650-2S30		30		1,500×2,360			8,700 6,700
B-1650-2S45	25	1,650	45	(1,600×2,600)	2,200×2,870	260	9,000 6,900

速度 15 m/min は交流一段速度 トビコ方式 2 枚戸 2 枚片開き
速度 30・45 m/min は交流二段速度

図 6.1 標準病院寝台用エレベータ据付図
Fig. 6.1 Standard layout for hospital bed transporting.



形 式	積 載 量		速 度 m/min	機械室反力 (動荷重)	
	定員	kg		R ₁ , kg	R ₂ , kg
B-1650-2S90	25	1,650	90	8,200	5,400
B-1650-2S105			105		

制御 直流歯車式 積載量 1,650 kg 定員 25 名
速度 90 m/min または 105 m/min トビラ方式 2 枚戸 2 枚片開き

図 6.2 病院寝台用エレベータ 2 台バンク配置例 (GD)
Fig. 6.2 2-car arrangement for hospital bed transporting.

6.2 寝台用エレベータのレイアウト

図 6.1～6.3 に寝台用エレベータのレイアウトを示す。

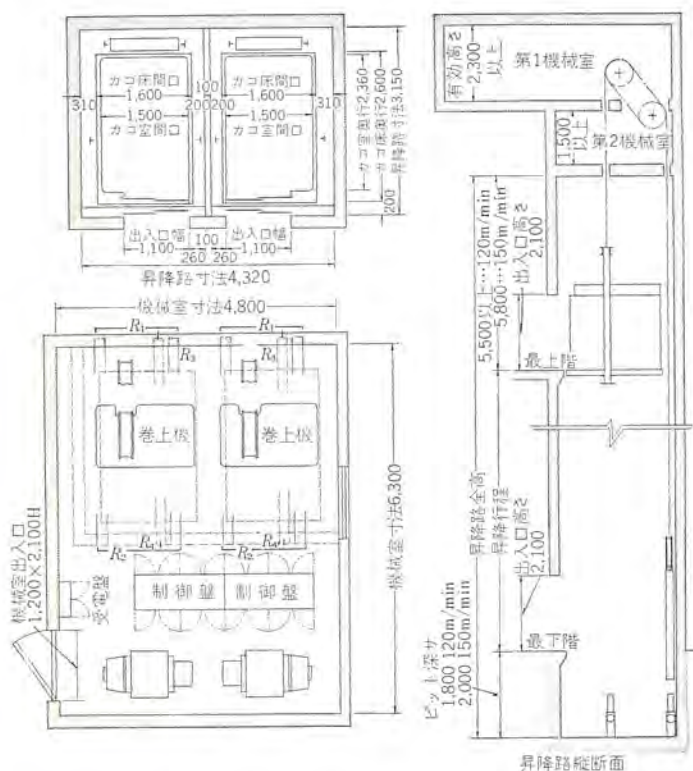
7. む す び

病院の昇降機設備は利用目的が数種類にわかれ、また、そのおのこの需要程度は病院の規模、性格により大きく変動するため病院ごとに需要形態を予測して計画する必要がある。

病院特有のエレベータである寝台用エレベータは利用目的の多様性に即した構造、操作方式に製作してあるが、中規模以上の病院では病院内の交通動線を整理して、利用目的ごとに適切な機種を専用に、または調よく設置することが病院建築の機能向上の上から重要である。

参 考 文 献

- (1) 吉武：建築計画の研究 237 (昭 39)



形 式	積 載 量		速 度 m/min	第1機械室反力 (動荷重)		第2機械室反力 (動荷重)	
	定員	kg		R ₁ , kg	R ₂ , kg	R ₃ , kg	R ₄ , kg
B-1650-2S120	25	1,650	120	7,200	6,400	5,950	3,350
B-1650-2S150			150				

制御 直流歯車なし 積載量 1,650 kg 定員 25 名
速度 120 m/min または 150 m/min トビラ方式 2 枚戸 2 枚片開き

図 6.3 病院寝台用エレベータ 2 台バンク配置例 (GL)
Fig. 6.3 2-Car arrangement for hospital bed transporting.

ホテル用エレベータ

山田 春夫*

Hotel Elevators

Inazawa Works

Haruo YAMADA

In the installation of passenger elevators it is desirable to arrange them at places where visitors find them convenient to take a ride. Particular attention is needed to avoid the line of the visitor's movement crossing with that of hotel employee in the routine work. When there is a big banquet or a meeting in the hotel, temporary congestion may not be solved with elevators only and escalators are desired to connect the floors used for the purposes. This article describes a number of points to taken into account in planning the arrangement of elevators based on experiences accumulated in many years by specialist of the company.

1. ま え が き

建築の総合計画時に、そのホテルの性格および規模によって、表1.1からご検討の上選定されたい。人荷用エレベータおよびその他の種別のものは、別稿のそれぞれの該当欄をご参照の上ご検討いただきたい。本稿においてはとくに客用エレベータについて述べご参考に供したい。

表 1.1 昇降設備の用途別分類

昇降機設備	用 途
乗用エレベータ	高級ならびに一般客用エレベータ
人荷用エレベータ	サービス用、すなわち主として従業員の使用を対象として、同時に荷物も運び得る
荷物用エレベータ	大形荷物の専用運搬を主目的として、乗用として使用することは法規で禁止
ダムウェータ	厨房用・小荷物運搬のみを対象とする
駐車用エレベータ	宿泊客・その他の車を駐車場に格納するのを目的とする
エスカレータ	陸階階と他の重要な階をつなぐに客に対するサービスを目的とする

2. 交 通 計 画

2.1 設置場所の設定計画

客用エレベータの設置場所は、宿泊客の常時利用しやすい位置に優先的に配置するよう考えることが望ましい。

とくに留意したいのは、宿泊客や来客の交通動線が従業員や荷物運搬のそれと交錯しないように、またお互に眼に触れないような配慮が必要である。

大規模なホテルで、各ホールでの集会、宴会やその他による一時的な混雑を生じた時は、エレベータだけで運ぶことには無理があり、また乗客にも迷惑をかけることになるので、そのような階と基準階をエスカレータでつなぐのも良い方法である。

2.2 ホテルに要求されるエレベータのサービス水準

エレベータのサービス水準を数量的に表現する方法として、一般に5分間輸送能力と平均運転間隔の二つの要素を取り上げている。

(1) 5分間輸送能力

5分間輸送能力は5分間に全部のエレベータで運び得る人数を全体のエレベータ利用者数で割った値で%で表わす。

ホテルにおけるラッシュアワーはチェックアウトアワーやディナーアワーに起きる。このラッシュアワー時の交通需要は昇りと降りを合計して1時間に全宿泊客数の110~115%というのが一般的にいわれて

いる値である。この交通需要には起伏があるので、エレベータは、この交通需要の8~10%を5分間に運ばなければならない。

いいかえると、ホテル用の客用エレベータに要求される5分間輸送能力は、全宿泊客数の9~11%となる。大規模な高級ホテルでは上限の値を、また、中小ホテルでは下限に近い値を用いる。

全宿泊客数があらかじめ予想しがたい場合には、次のようにして推定する。

大規模な高級ホテル…寝室数の1.5~1.8倍とする。

宴会や催物などのための大ホールを持ったホテル、たとえばシティーホテルなどでは上限の値を、それ以外のホテルは下限の値を使用する。

上記以外のホテル…寝室数の約1.2倍とする。

(2) 平均運転間隔

平均運転間隔は平均一周時間をバンク内のエレベータ台数で割った値で秒で表わす。

大規模な高級ホテルでは、交通がとくに混雑する時以外は平均運転間隔が15~30秒なら良好な設備といえる。40秒を越えることは望ましくない。

中小規模のホテルでも平均運転間隔が30秒以下であることが望ましいが、1~2台のエレベータで十分乗客を運び得るような小規模なホテルでは、40秒を越えてもやむを得ないであろう。

2.3 速度、容量、台数の選定

速度、容量、台数は後で述べる交通計算を繰返し行なって、前節に述べたように、目的とするホテルに必要なサービス水準を満足し、コストが最小になる組み合わせを選ぶ必要がある。

(1) 速度と容量

速度と容量は交通計算の繰返しによって、最適な組み合わせを選ぶことになるので、おのおの独立に選定する訳にはいかない。一般に、速度はエレベータの昇降行程と急行区間の長さの二つを考慮して選定すべきであるが、中小ホテルでは普通、サービス階の分割は必要がないので建物の階数だけで選んでさしつかえない。

中小ホテルの速度と容量は「中小ビル向けエレベータ」の稿の表2.1を参照して選んでいただきたい。

大規模なホテルではサービス階の分割が必要になる場合も出てくるので、「大ビル向けエレベータ」の稿の図2.10のルートをとって速度を選定していただきたい。大規模なホテルでは速度も高くなるので、あまり小容量のカゴは得策でなく、1,000, 1,150, 1,350, 1,600kgの中から選定することが望ましい。

(2) 交通計算と台数の算定

実際に交通計算を行なう場合には、実測によって定められた値を用いる必要があり、また計算も複雑になるが、図 2.1~2.9 からほぼ正確な一周時間と 5 分間輸送人員が求められる。

図 2.1~2.8 は各種容量と速度の組み合わせにおける平均一周時間と 1 台当りの 5 分間輸送人員を示したものである。

図 2.9 は急行区間の全速往復時間を示すもので、大規模なホテルでサービス階を低層、高層または低層、中層、高層に分割する場合に図 2.5~2.8 と組み合わせて使用する。

図 2.1~2.8 は次の仮定によって求めたものである。

ホテルのラッシュアワーは前述のようにチェックアウトアワーまたはディナーアワーに起き、この時の交通量は昇り運転の時には定員の 50%、降り運転の時には 60% が普通であると経験からいわれており、計算にあたってこの値を採用した。

エレベータの能力計算という点からは乗客数のとり方が少ないように思われるかも知れないが、身の回りの携帯物を持つ関係から、この値は妥当であろう。

階間距離は大規模から小規模に至るホテルともほぼ 3.2~3.5m

に分布しているので 3.35m とした。

乗客の出入りは事務所ビルに比べて比較的ゆっくりしているのでこの点も考慮に入れて計算している。

エレベータの加減速度についても、ホテルでは事務所ビルよりもゆるやかな方が好まれるので、150m/min 以上のエレベータについては、この点も考慮に入れてある。

次に、図 2.1~2.9 を用いて台数を算定する方法を説明する。

(a) サービス階の分割を行わない場合。

図 2.1~2.8 の中から前に求めた速度、容量に対応する図を用いて 1 台当りの 5 分間輸送人員 (P) および、平均一周時間 (T) を求める。次に 5 分間に運ばなければならない人数 (P_r) を前の 2.2 節で述べたごとく、 $P_r = \text{全宿泊客数} \times 0.09 \sim 0.11$ として求める。したがって所要台数 (N) は

$$N = P_r / P \text{ で求められる。}$$

また、平均運転間隔 (T_f) は

$$T_f = T / N \text{ で求められる。}$$

以上の計算を容量、速度の組み合わせを適宜変えて繰返し行ない、所要のサービス水準を満足し、コストが最小になるように選ぶ。

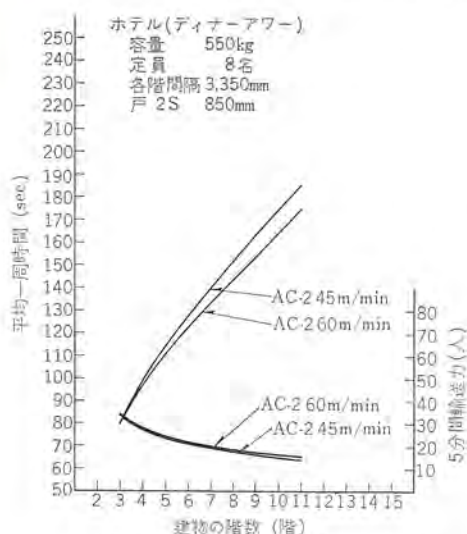


図 2.1 平均一周時間と 5 分間輸送力
Fig. 2.1 Average round trip time and passenger carrying capacity.

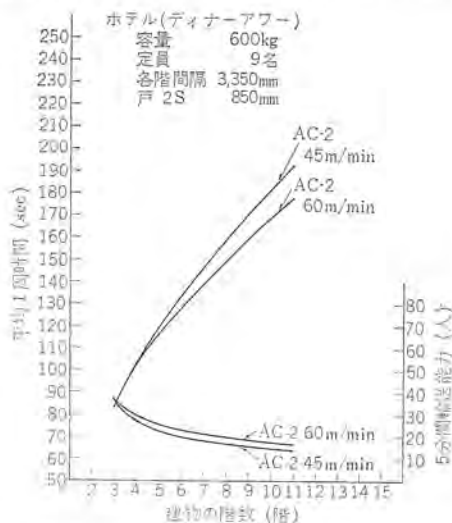


図 2.2 平均一周時間と 5 分間輸送力
Fig. 2.2 Average round trip time and passenger carrying capacity.

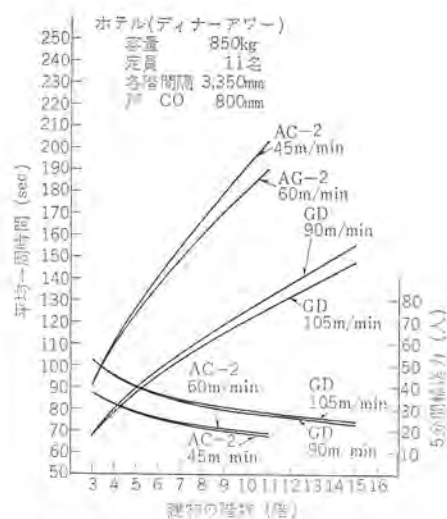


図 2.3 平均一周時間と 5 分間輸送力
Fig. 2.3 Average round trip time and passenger carrying capacity.

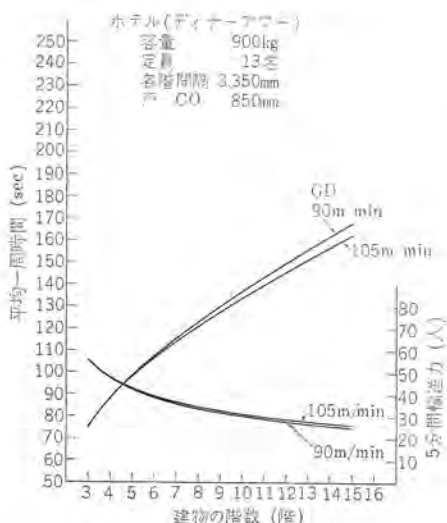


図 2.4 平均一周時間と 5 分間輸送力
Fig. 2.4 Average round trip time and passenger carrying capacity.

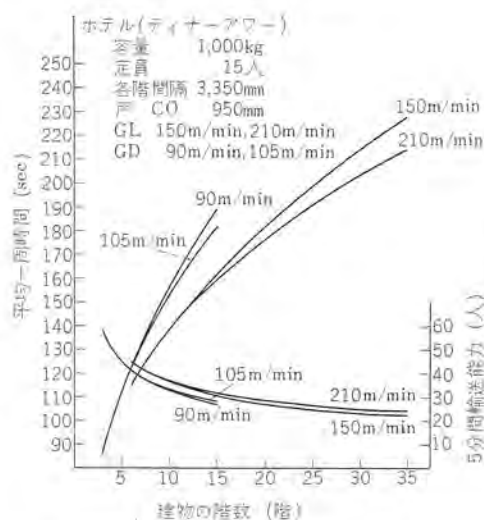


図 2.5 平均一周時間と 5 分間輸送能力
Fig. 2.5 Average round trip time and passenger carrying capacity.

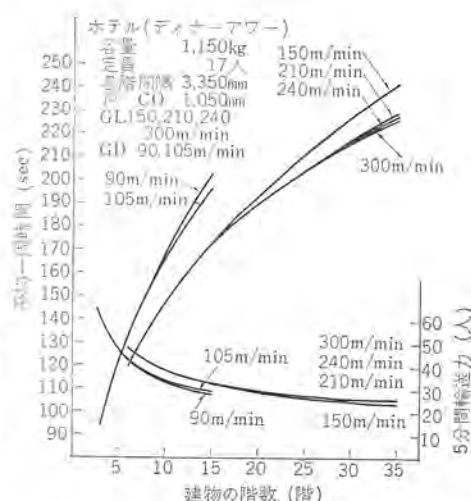


図 2.6 平均一周時間と 5 分間輸送能力
Fig. 2.6 Average round trip time and passenger carrying capacity.

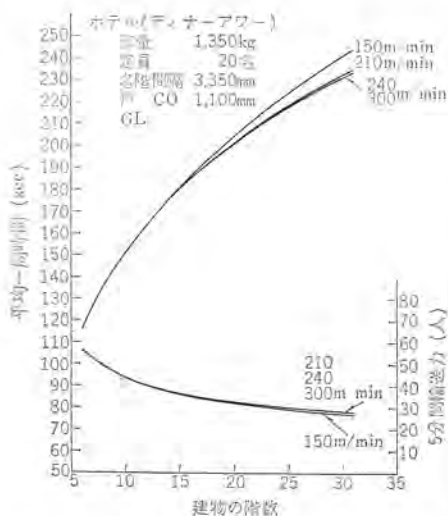


図 2.7 平均一周時間と5分間輸送力
Fig. 2.7 Average round trip time and passenger carrying capacity.

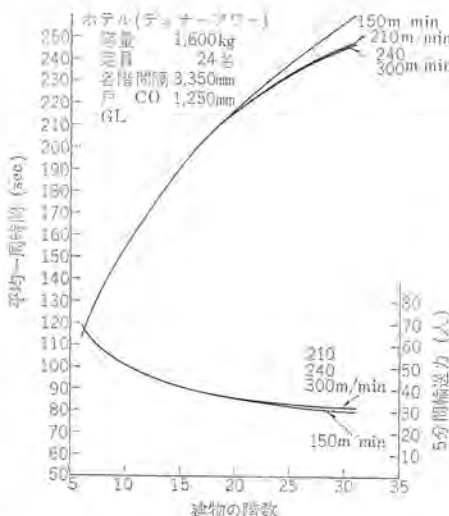


図 2.8 平均一周時間と5分間輸送力
Fig. 2.8 Average round trip time and passenger carrying capacity.

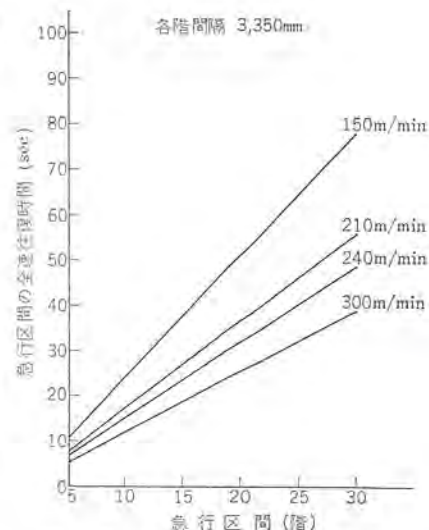


図 2.9 急行区間の全速往復時間
Fig. 2.9 Round trip time at full speed in express zone.

台数が8台を越える場合には、2バンクとしなければならない。

(b) サービス階を分割する場合。

上の計算結果から2バンク以上必要になった場合や超高層のホテルでは、サービス階を低層、高層または低層、中層、高層に分割しなければならない。ただし1バンクの台数は4台以上が望ましい。各層のサービス階は「大ビル向けエレベータ」の稿の図2.8によって大ウツを決めるのがよい。

サービス階を分割する場合には各バンクごとに台数を次のごとくして算出する。

5分間に運ばなければならない人数 (P_T) は

$$P_T = \text{バンクが担当する層の全宿泊客数} \times 0.09 \sim 0.11$$

として求められる。

低層行バンクについては前述の(a)と同様な方法によって求められる。

中層行急行バンクや高層行急行バンクについては次のようにする。

1階からA階まで急行、A階からB階までサービスするバンクでは、まず、

$$B - A + 2 = C$$

の計算からCを求め図2.5～2.8から階物の階数Cの場合の一周時間(t_l)を求める。次に、図2.9から急行区間Aの時の全速往復時間(t_e)を求める。このバンクの平均一周時間(T)は

$$T = t_l + t_e \text{ として求められる。}$$

次に、5分間輸送人員(P)を

$$P = \frac{5 \times 60 \times \text{エレベータの定員} \times 1.1}{T} \text{ (人)}$$

として求める。したがって所要台数(N)および平均運転間隔(T_I)は

$$N = P_T / P \quad T_I = T / N$$

として求められる。

平均運転間隔が所要のサービス水準を越える場合や、所要台数が8台を越える場合にはサービス階の分割を修正する。

2.4 操作方式

ホテルに適用される操作方式はセレクトチフ・コレクチフ・ジュアルの系列とオートセレクトボタンオートの系列であって、主として1バンク内の台数によって選定するのが望ましい。すなわち、1バンク内の台数が

- 1台の時：セレクトチフ・コレクチフ・ジュアル 2BC(AS)
- 2台の時：2カー セレクトチフ・コレクチフ・ジュアル 2C-2BC(AS)
- 3台の時：3カー セレクトチフ・コレクチフ・ジュアル 3C-2BC(AS)
- 4～8台の時：4～8カー オートセレクトボタン オート 5ボタン 4～8C-ASP-A, 5P

を選ぶ。なお、3台の時でもとくに良質なサービスが望まれるホテルでは3C-ASP-A, 5Pをご採用いただきたい。

各操作方式の動作概要については別稿「大ビル向けエレベータ」および「中小ビル向けエレベータ」をご参照いただきたい。

3. 防音対策

エレベータ設置場所と客室の配置計画

とくに静かなホテルではエレベータ設置に伴う騒音防止に対する配慮が重要である。完璧を期することは、現状のところ困難と思われるので、客室の配置計画のうちに、エレベータ機械室および昇降路に近接しないようにとくに配慮いただきたい。またエレベータの騒音の発生源である機械室の天井、四周の壁は防音材料で囲い、屋内に通ずる窓や、出入口のドアなどの開口部は二重構造とするのが望ましい。

4. 総括的意匠

中小ホテル向けについて、交流エレベータを計画される場合は、当社の規格形エレベータがご好評を得ているので、その標準デザイン、またはこれに準じた意匠をお奨めする。

次に高級エレベータの意匠について述べて参考に供したい。

5. 各パーツにおける具体的な意匠デザイン

5.1 カゴ室

おおむね次の2種類に分けられる。

(1) 比較的明るい近代的照明とステンレスなどによる清潔感あふれる壁面を持つもの。

(2) 比較的暗い間接照明方式と東洋的落ち着きを持つもの。
以上のごとく和洋の代表的風調を、表現するために、前者では照明にシャンデリアのような、クリスタルガラスの乱反射をねらったもの、あるいはダウンライトによるルーバーを使用する方式も取り入



図 5.1 エレベータのカゴ室内の照明
Fig. 5.1 Car lighting at Hilton Hotel.



図 5.2 エレベータのカゴ室内の照明
Fig. 5.2 Car lighting at Hotel Kyōto Kokusai.



図 5.3 エレベータのカゴ室内部
Fig. 5.3 Car operating panel at Hotel New Ōtani.



図 5.4 エレベータのカゴ室および乗り場
Fig. 5.4 Elevator hall & entrance at Hotel Ōkura.



図 5.5 ASP式を採用の場合の
ホールランタン 標準形
Fig. 5.5 Elevator entrance.

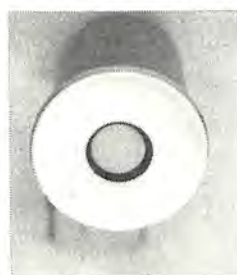


図 5.8 乗場ボタン 標準形
Fig. 5.8 Standard hall button.



図 5.6 三方ウツ幕板に埋込みのフ
ェースプレート 付乗場位置表示盤
Fig. 5.6 Hall position indicator
mounted on transom panel.



図 5.9 乗場ボタン 標準形
Fig. 5.9 Standard hall button



図 5.7 三方ウツ幕板に彫り込んだ乗場位置表示文字
Fig. 5.7 Elevator entrance at Nagoya Kokusai Hotel

れられる。壁面は新建材を使用するか、手書きの木目模様、人造皮革のキルチング加工、あるいは枯淡な味わいの巻絵模様、金梨地仕上、などより純東洋風をねらう傾向にある。いずれにしても、カゴ室内で乗客が目的階に到着するまでの短い時間ではあるが、その間の飽かれない意匠デザインを生み出すにはあまり奇抜でない方が結果が良いようである。

5.2 乗場三方ウツおよびドア

エレベータホール の明暗、周囲のふんい気に マッチ した外観が望ましいが、三方ウツなどは シンプル な形状が最近好まれており、形状の変形や特殊材料を使用する行き方もますます豪華になってきている。またドア表面仕上は、前述のカゴ室内装に準じたものが好まれる傾向にある。

カゴ室、乗場回りの豪華な、代表的な意匠デザインのサンプルとして掲載の写真図 5.1~5.4 をご参照願いたい。

5.3 乗場位置表示器

効果ある表示装置は、乗場付近のどの位置からも明瞭に確認できるものであることが必要である。すなわち機能とデザインの両立が必至条件であることをご諒承願いたい。標準形式として、図 5.5~5.7 を参考までにご紹介する。

5.4 乗場ボタン

本品の故障はエレベータの故障を意味するので、機能、構造面で安心できる標準品の中から選定していただきたい。デザインについても十分吟味してある当社標準品の図 5.8~5.9 をご覧いただきたい。

6. 標準レイアウト

別稿「大事務所用および中小事務所用」に掲載しているものをご参照いただきたい。

7. む す び

ホテルはサービス業であるからその客用エレベータの要点は十分余裕をとった交通量を見込んだ上交通計算を行ないそれに合った台数を設備することとその意匠をいかにユニークなものにするかにある。

今まで試みられた意匠を2、3紹介したが新しい材料や工法については試作検討を十分重ねた上実施すべきである。

自動車用エレベータ

稲垣光正*

Elevators for Motor Cars

Inazawa Works

Mitsumasa INAGAKI

Traffic condition in the city center is getting from bad to worse on account of rapid increase of motor cars. As one of countermeasures many large parking facilities have been building and a law has been established to require parking facilities as necessary appendix to large buildings. Then it is a common practice to provide parking places in the underground or on the roof or some of the floor, from where cars are conveyed with elevators between the road and the parking spaces, minor movement in the site only being made by their own power. When a garage is set up underground hydraulic elevators, which do not need machine rooms on top of the hatchway, are the most appropriate, whereas if cars are parked on the top or other floors and need a relatively large lifting travel, rope operating elevators are proper to install. This article expounds various problems in the selection, arrangement and operation of these machines.

1. ま え が き

1カ月に約1万台ずつ増加しているといわれている自動車ラッシュにより今や都心地の交通は半マヒ状態を呈しつつある。この対策の一つとして、大都市には収容台数200~500台の大形立体駐車場が数多く建設されつつあるが、自動車の駐車場を必要とする区域は、市街地の中心部で空地も少なく、道路事情もよくない。このような場所で現在の駐車難を解決し、道路交通を円滑化するには建築物自体が小形の駐車施設を備えることが一番早道である。

昭和32年駐車場法が制定され、国あるいは地方公共団体が現在自動車の駐車に関連して制定した一連の規制措置の一つとして、建築物の延べ面積が3,000m²以上の新築ビルまたは、増築ビルには駐車施設を併置することが義務づけられている。

このためビルの地下階または屋上階を駐車場として使用する例が増加しつつある。

ビル駐車場への出入方法は、大別して傾斜路を使用する方法と、エレベータを使用する方法などが多く用いられているが、前者は縦断コウ(勾)配17%以下で幅員5.5m以上(ただし一方通行の車路は3.5m以上)の車路を経由して駐車場に至ることにより、後

者と比較して所要面積が大きく不経済となる場合の多いことが容易に類推できる。駐車場を新設するにあたっては、駐車場法、建築基準法そのほかの関連法規を満足させることはもちろん、運営能率、経済性についても慎重な検討を必要とする。

当社ではこれまで駐車場用エレベータとして、全自動操作のものや、油圧式など数多く製作して好成績をおさめている。図1.1は乗用自動車用エレベータの代表例を示す。この論文では建築物に付置されるエレベータを利用して駐車階間を運搬したのち、自走して駐車する半自動式駐車装置の主役ともいえるべき乗用自動車用エレベータの概略について述べ、関係各位のご参考に供したい。

2. エレベータ設備上の問題点

エレベータの設備計画にあたっては次に述べる要素を十分考慮して計画する必要がある。

2.1 収容台数

エレベータの機能を十二分に発揮させ、効率のよい運転をするためには、まず各階の格納可能な自動車の収容台数を決定しなければならない。建設省都市局長通達による駐車場標準条例案や、東京都駐車場条例の「建築物における駐車施設の付置および管理」の条項では、建築物に付置する駐車施設の駐車部分の規模を収容台数1台につき、幅2.5m以上、奥行6m以上、つまり1台分の駐車スペースは15m²必要とし、自動車が有効に出入りできるものとしなければならないとある。これを基準として駐車面積、収容台数の概算はできるが、実際問題としては建物の中の駐車施設では柱間の関係により、15m²の数値をそのまま適用することは不適當で、自動車の配列方法とにらみ合わせて、建物個々について詳細な検討が必要である。

2.2 エレベータ乗場のスペース

駐車階において、自動車が安全にエレベータから出入りするためには、乗場に最小限12車長の余裕が必要である。すなわち、自動車の静止した状態における諸元を図2.1としたとき、図2.2のように直角回転時における車体の描く軌跡を求めればよい。

車体の軌跡はOを中心とし、内側では $R - \frac{W}{2}$ の半径円、最外側ではP、後尾端の振れを δ としたとき



図 1.1 乗用自動車用エレベータ
Fig. 1.1 Elevator for motor cars.

$$R = \sqrt{\left(r - \frac{T}{2}\right)^2 - l^2}$$

$$P = \sqrt{(l + l_1)^2 + \left(R + \frac{W}{2}\right)^2}$$

$$\delta = \sqrt{l_2^2 + \left(R + \frac{W}{2}\right)^2} - \left(R + \frac{W}{2}\right)$$

いま側線が δ だけはいり込む点の距離を d とすれば、この線に入口を設けることにより、車の両側に等しい間隔を残しながらカゴ室中央から出入りできる。

$$d = \sqrt{\delta \times (2R - W - \delta)}$$

したがってこの場合の車庫前の必要最小奥行 X は、

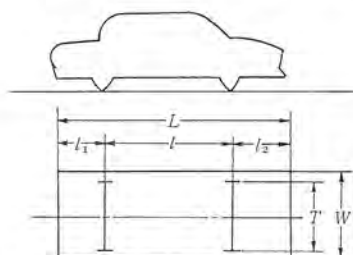


図 2.1 自動車の静止状態における諸元
Fig. 2.1 Dimensions of car in standstill.

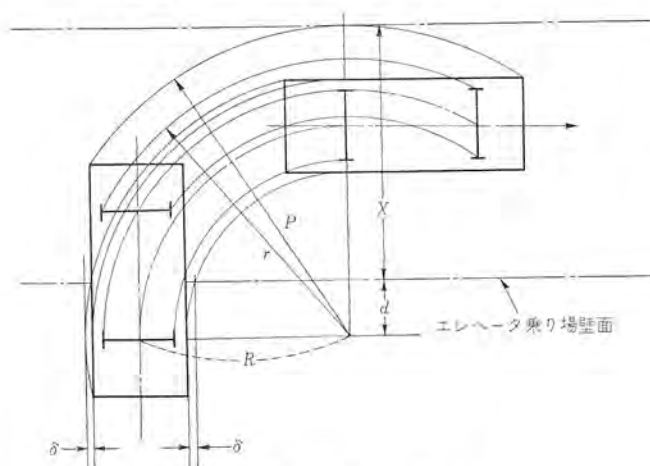


図 2.2 車体の描く軌跡
Fig. 2.2 Loci drawn by car body.

表 2.1 代表的な自動車の諸元と乗場前の余裕

	車形名	乗 小 形				用 中 形 大 形			
		トヨベツト RT20	ダットサン 410	トヨベツト RS40	ニッサン 31	トヨベツト VG10	ニッサン 50	シボレー 17A1	フォード 6C
通称名		コ ロ ナ	ブルーバード	クラウン	セドリッ ク	クラウン エイト	セドリッ ク スペシャル	シボレー	フォード
全 幅 W		1.490	1.490	1.695	1.690	1.845	1.690	1.985	2.035
全 長 L		3.990	3.990	4.610	4.490	4.720	4.855	5.330	5.310
全 高 H		1.455	1.415	1.460	1.505	1.460	1.495	1.470	1.495
軸 距 l		2.400	2.380	2.690	3.530	2.740	2.835	3.023	3.020
前部張出 l ₁		0.615	0.660	0.795	0.890	0.855	0.920	0.660	0.830
後部張出 l ₂		0.975	0.950	1.125	1.100	1.125	1.100	1.440	1.460
前 輪 距 T		1.230	1.206	1.360	1.338	1.520	1.354	1.530	1.550
最小回転半径 r		5.200	5.000	5.500	5.400	5.900	6.200	6.200	6.300
R		3.9	3.7	3.98	4.0	4.34	4.73	4.51	4.63
P		5.53	5.39	5.96	5.92	6.38	6.73	6.63	6.83
δ		0.055	0.105	0.135	0.105	0.123	0.115	0.203	0.193
d		0.585	0.78	0.913	0.806	0.918	0.94	1.18	1.16
X		4.945	4.61	5.047	5.114	5.462	5.79	5.45	5.67

$X = P - d$ となる。

表 2.1 は小形乗用車、中形乗用車および大形乗用車のうち、比較的代表的な自動車の諸元と、各自動車における乗場前の余裕 X を示す。駐車すべき車種が定まれば、その自動車の諸元を参考のうえ、どのような方法で最少余裕を求めることができる。

エレベータの出入口が道路に接して設けられる場合には、駐車場法施行令第2章第1節、路外駐車場の構造および設備の基準の第7条、自動車の出口および入口についての規定や、東京都建築安全条例第27条、敷地から道路への自動車と出入口についての規定などにより、出口および入口の設備条件、構造などが法的に決められている。

2.3 エレベータの選定

建物の内部を駐車施設として利用するものを分類すれば

- (1) 建物の地下部分を利用する方法 (図 2.3 (a))
- (2) 建物の屋上部分を利用する方法 (図 2.3 (b))
- (3) 建物の2階以上で屋上を除く部分を利用する方法 (図 2.3 (c))

(4) 建物の地下部分と屋上部分を利用する方法 (図 2.3 (d)) に大別され、エレベータも後述のロー式あるいは油圧式の自動車用エレベータが通常使用される。このうちロー式は油圧式に比べて、高速であることが特長であるから、(2)~(4)のように昇降行程の長いエレベータに採用する。油圧式エレベータの最大の特長は、昇降路上部に機械室を置く必要がないこと、およびカゴの頂部スキマ

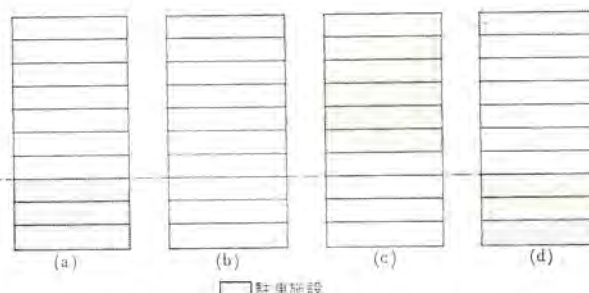


図 2.3 建物内部の駐車施設の分類
Fig. 2.3 Classification of parking facilities in buildings.



図 2.4 油圧エレベータ
Fig. 2.4 Hydraulic elevator.

表 2.2 乗用自動車用エレベータの輸送能力

目的階 昇降路 行程 (m)	連 続 入 (出) 庫						入 出 庫 交 互					
	油 圧 式			ロ ー プ 式			油 圧 式			ロ ー プ 式		
	エレ速度 (m/min)			エレ速度 (m/min)			エレ速度 (m/min)			エレ速度 (m/min)		
	10	15	30	45	90		10	15	30	45	90	
B ₁	3.8	93 sec	79	69	63		69 sec	62	57	54		
		(10台)	(11)	(13)	(14)							
		[39台]	[46]	[52]	[57]		[52台]	[58]	[63]	[67]		
B ₂	7.5	139	109	83	73		92	77	64	59		
		(7)	(8)	(11)	(12)							
		[26]	[33]	[43]	[50]		[39]	[47]	[56]	[61]		
B ₃	11.0		137	97	83			91	77	64		
			(6)	(9)	(11)							
			[26]	[37]	[43]			[40]	[51]	[56]		
屋上階	30				133	91				69	68	
					(7)	(10)						
					[27]	[40]				[40]	[53]	

(注) 上段の数字は1台を入(出)庫させるに要する時間(秒)を示す。
中段の()内の数字は15分間に輸送できる台数を示す。
下段の[]内の数字は1時間に輸送できる台数を示す。

が小さくてすむことである。したがって(1)の地下ガレージ専用として、最も適当である。代表的な例を図2.4に示す。

エレベータ速度の選定にあたっては、次の2項で表わされる輸送能力を考慮する必要がある。

(a) 1台の自動車を入庫または出庫するための所要時間

(b) 入庫だけ、または出庫する場合の15分間の輸送台数

ここで、(b)はエレベータの設備台数を決定するために参考となる。エレベータの設備台数は、全駐車台数の10%を15分間に出入庫できるようにということが基準とされているようである。

ロープ式と油圧式エレベータの(a)、(b)を表2.2に示す。屋上階は地上30mとした。

3. ロープ式乗用車用エレベータ

表 3.1 ロープ式の標準仕様

	記号	中小形車用	大形車用	備 考
積 載 荷 重 (kg)		1,900	2,600	
定 格 速 度 (m/min)		30 45 90	30 45 90	
運 転 方 式		AC-2	DC-GD	
使 用 電 動 機 (kW)		11 15 22	15 19 33	
カゴ床外ノリ間口 (mm)	a	2,450	2,850	
カゴ床外ノリ奥行 (mm)	b	5,425	6,325	1 方口 光電装置なし
		5,450	6,350	1 方口 光電装置付または 2 方口 光電装置付
		5,500	6,400	2 方口 光電装置付
カゴ室内ノリ間口 (mm)	A	2,350	2,750	
カゴ室内ノリ奥行 (mm)	B	5,300	6,200	
有効出入口間口 (mm)	J	2,350	2,750	
昇降路間口 (mm)	X	3,150	3,600	
昇降路奥行 (mm)	Y	5,650	6,550	光電装置なし
		5,675	6,575	光電装置付
		5,750	6,650	光電装置なし
		5,800	6,700	光電装置付
		5,700	6,600	光電装置なし
		5,725	6,625	光電装置付
		5,850	6,750	光電装置なし
		5,900	6,800	光電装置付

(注) 図3.1のトビラはレギュラータイプ2枚戸上下開きを示す。

一般に自動車用エレベータのかご奥行きは深く、自動車出入時、および走行中のカゴの床への偏心荷重が大きい。したがってカゴのフレームやガイドレールは強力なものを使用する。

戸はすべて電動で開閉され、戸閉装置はカゴ室の幅と同じ戸開き幅を得るため、乗場の戸は2枚の板戸を中央で分割し、おのおのがバランスを保ちながら上下する方式のものと、2枚の板戸が上方に開く方式のものを標準としている。カゴの戸は1枚のメッシュ戸で上方開きである。

最近自動車専用エレベータに限り法規が緩和され、カゴ床に車止めを設ければ、カゴの戸は必ずしも必要でなくなったのでこのような簡易形も製作している。

自動車の大きさからロープ式エレベータの標準仕様を示せば、表3.1のようになり、その標準レイアウトは図3.1となる。定格速度としては地下用ならば30 m/min、屋上用ならば45 または 90 m/minを推奨する。地下用のときは自動車の出入時間に比べ、昇降時間が短いからエレベータ速度を上げてあまり効果はない。一方屋上用のときは昇降時間に大きく影響するので、とくに出入庫ひん度の高いときは90 m/minが有効である。地下専用の場合、頂部機械室を避けるため、巻上機と制御盤を下部に設けた、いわゆる下部機械室形も考えられるがロープのフレッシング数が増加し、ロープ寿命の低下、機械効率の低下などからあまり推奨できない。

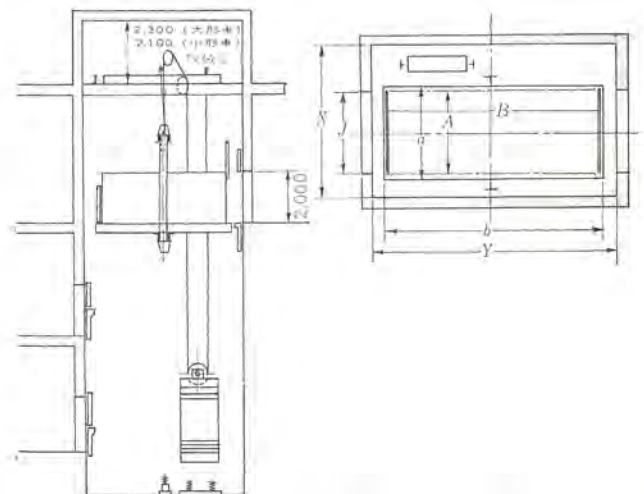


図 3.1 ロープ式乗用車用エレベータレイアウト
Fig. 3.1 Layout of traction elevator for passenger cars.

4. 油圧式乗用車用エレベータ

油圧式エレベータは図4.1に示すように油圧プランジヤによってカゴを下から押し上げる方式で、自動車出入時の偏心荷重はレールが保持し、プランジヤには単純な圧縮力がかかる構造である。

パワーユニットで発生した圧油をシリンダ内に送り込むとカゴは上昇し、シリンダ内の油を適当に絞りながらタンクにもどせば、カゴと積載荷重の重量によって降下する。起動、停止時には、特殊な流量制御装置(特許出願中)によって加減速が自動的にコントロールされるのできわめて円滑な運転となる。

パワーユニットとシリンダの間は1本のパイプで連絡するだけであるから機械室は任意の位置に設置できる。またパワーユニットは油タンク

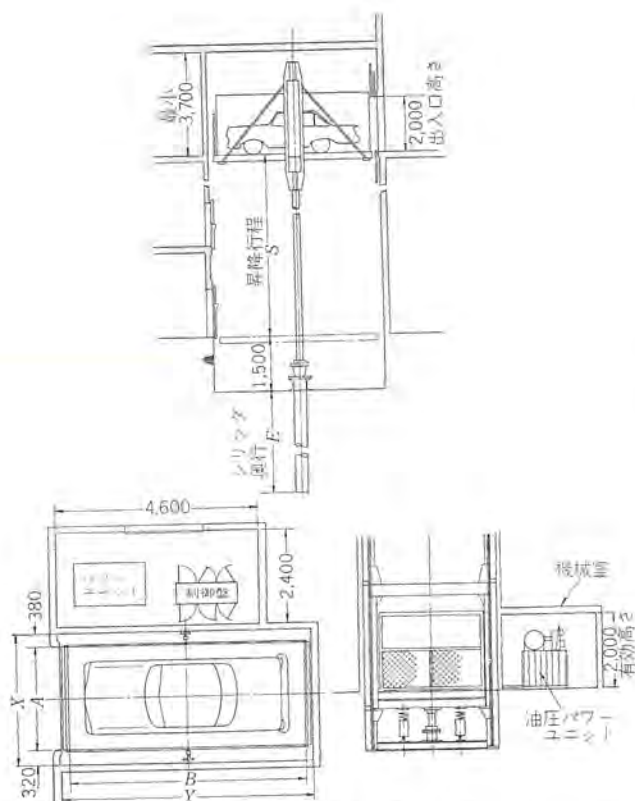


図 4.1 油圧式乗用車用エレベータレイアウト
Fig. 4.1 Layout of hydraulic elevator for motor cars.

表 4.1 油圧式の標準仕様

		記号	中小形車用	大形車用	備 考		
CODE NO			K190 T10H	K190 T15H	K260 T10H	K260 T15H	
積 載 荷 重 (kg)			1,900		2,600		
定格速度 (m/min)	UP		10	15	10	15	
	DOWN		20				
使用電動機 (kW)			15	22	19	26	
カゴ床外ノリ間口 (mm)		a	2,450		2,850		
カゴ床外ノリ奥行 (mm)	b		5,425		6,325		1 方口 光電装置なし
			5,450		6,350		1 方口 光電装置付または なし
			5,500		6,400		2 方口 光電装置付
カゴ室内ノリ間口 (mm)		A	2,350		2,750		
カゴ室内ノリ奥行 (mm)		B	5,300		6,200		
有効出入口間口 (mm)		J	2,350		2,750		
昇降路間口 (mm)		X	3,050		3,450		
昇降路奥行 (mm)	Y		5,650		6,550		光電装置なし
			5,675		6,575		光電装置付
			5,750		6,650		光電装置なし
			5,800		6,700		光電装置付
			5,700		6,600		光電装置なし
			5,725		6,625		光電装置付
			5,850		6,750		光電装置なし
			5,900		6,800		光電装置付

(注) 図 4.1 のトビラはレギュラータタイプ二枚戸上下開きを示す。

クにポンプ、モータ、バルブ類を配置しコンパクトにまとめてあり、床面積が小さくてすむ。

油圧式でもカゴわく、カゴ室、および戸閉装置についてはロープ式と同一構造を標準としているが、簡易形の場合はカゴの戸はもちろんカゴ室も省略して両側に手スリを設けただけの経済的な構造にすることができる。

最大昇降行程は 12 m (中小形車用の軽容量は 13.5 m) まで可能である。したがって 4 個所停止、すなわち地下 3 階までサービスできる。油圧式では昇降速度を上げると、それに比例してパワーユニットや電動機が大容量となるが 10 m/min および 15 m/min を標準としている。油圧式の標準仕様を表 4.1 に示す。

5. 操作方式とその選定

5.1 操作方式の選定

カゴの床面積は通常 1 台の自動車を収容するスペースのほか考慮されない。したがって一つの呼びに答えて運転中、さらに他階呼びに答えて停止し、自動車を複数台同時に運搬することはできない。この理由から操作も乗場ボタンが一つボタンで昇降共通な単式自動方式でよい。当社ではドライバが乗場またはカゴ内のボタンを押して、呼びの登録と戸閉めを制御してエレベータを運転するいわゆるセルフサービスのエレベータから、カゴの呼びよせ、トビラの開閉制御などをすべて自動化し、ドライバはカゴ内に自動車を乗り入れたとき、自動車に乗ったまま、行き先階のカゴボタンを押すだけでよい全自動方式のエレベータに至るまで表 5.1 に示すように各種の操作方式を用意している。

エレベータの停止階数と自動車収容台数が少なく使用が閑散な建物では IBF かまたは IBF に運転手付き併用サービスができる IB(DWA)F 方式がよいであろう。

しかしながらこれらの方式では、ある階からエレベータの呼び寄

せを開始してから自動車が出入庫を完了するまで、その自動車のエレベータは独占され、この間他階の乗場呼びは登録されない。したがってエレベータが運転中にほかの出入庫を希望する自動車が 1 台または複数台予想されるビルでは出入庫車がエレベータの使用を完了直後、時間的に優先して登録された乗場呼びだけに対し応答することになる。このためドライバは自分の呼びを優先させるため、常に注意を払っていなければならない。当社ではこの解決策として IBRF 方式 (特許第 408087 号) を開発した。この方式は乗場呼びを多数登録式として引き続いて要求のある乗場呼びに対して応答順序をあらかじめ定め、その順に出入庫が繰り返されるのでドライバは乗場に到着したとき、呼びを登録し、あとは順序を待つだけでよい。エレベータの使用度が比較的高いパーキングビルにはこの IBRF 方式を推奨したい。

以上説明した操作方式はすべて戸の開閉制御をドライバまたは、専用運転手が行なうが、セルフサービスのエレベータでは自動車が出入庫または入庫後に万一戸の閉め忘れがあると他階からの呼び寄せが不能となるので自動化を希望の顧客に対しては、自動車がカゴから出たときだけ検出装置により自動車が安全な場所まで去ったこ

表 5.1 自動車用エレベータの操作方式

操 作 方 式	操作方式の 記 号	サ ー ビ ス			
		セルフ サービス	運転手 付	半自動	全自動
シングルオートマチック F	IBF	○			
シングルオートマチック F ジュアール	IB(DWA)F	○	○		
シングルオートマチック F ヴォズリザーベーション	IBRF	○			
IBRF セミオート	IBRF-MS			○	
IBRF フルオート	IBRF-MA				○

とを確認したのち自動的に戸を閉める IBRF-MS 方式か、または呼びの登録、戸の開閉制御を検出装置の併用により自動的にかつ安全に行ない、ドライブはカゴ内の行き先階のこ ボタン を押すだけでよい IBRF-MA 方式を推奨したい。

当然のことながら価格は記述した順序で高くなる。

5.2 操作方式の動作概要

5.2.1 シングルオートマチック F IBF

動作の概要は荷物用エレベータのシングルオートマチック F で記述したとおりであるが、自動車用では運転能率の向上と安全を計るため、次に示す信号装置を併用し、当社独自の操作方式（特許第 403886 号）としている。

カゴ内

緑色信号灯……トビラの全開表示「トビラは全開したから出入り OK」

警報 ブザー……トビラ開閉時の警報

乗場

緑色信号灯……トビラの全開表示「カゴ内に乗り入れ OK」

赤色信号灯……退避表示「車が他階から運ばれてくるから道をあけて待て」

黄色信号灯……使用中表示「エレベータは使用中である。赤色信号灯が点灯するかも知れないから注意してしばらく待て」

道路

地上階（1 階）乗場が道路と直結している場合、無警告にエレベータのカゴから自動車を出すのは危険なため、一般の道路通行者に対して黄色フリッカ灯（通常は乗場の黄色信号灯を兼用）と警報ベルにより警告を発する。

5.2.2 シングルオートマチックジュエル F IB(DWA)F

前述のシングルオートマチック F 方式に専用運転手による運転手付き運転を付加し、運転手なし運転と運転手付き運転の切り換えを可能にした方式である。

5.2.3 シングルオートマチック ウィズ リザーベーション F IBRF

シングルオートマチック F 方式とどのように、戸の開閉制御とカゴの運転をドライブが行なうが、乗場呼びはカゴが使用中、停止中を問わず同時に多数登録され、呼びが登録された時間的順序には関係なくあらかじめ定めた順序に従い順次応答する。

たとえばサービス階が 1, 2, 3, 4 の 4 階のパーキングビルならば、乗場呼びの応答順序を図 5.1 (a) のように各階平等に応答するように予定することができるし、図 5.1 (b) のように 1 階の需要量がとくに多いと予想されれば 1 階の呼びにより入庫車を運搬中、ふたたび 1 階の呼びが登録されれば 2 階または 3 階の出庫車の要求に応答する前に引き続いてもう 1 回 1 階の入庫車に応答するように予定することもできる。すなわちその階の需要量を予想して適応した応答順序を任意に設定することができる（特許第 408087 号）。信号装置はシングルオートマチック F とどうよう有効に作動し、運搬能力の向上と安全性の確保に役だつ。

5.2.4 IBRF セミオート IBRF-MS

この方式では前述の IBRF 方式に図 5.2 および表 5.2 に示すように自動車用としてとくに設計、製作した安全検出装置が付加され、自動車がカゴから出たときだけ自動的に戸がしまる以外は IBRF 項に詳述されているとおりである。（自動車がカゴ内にはいったときには検出装置には無関係にドライブがカゴ操作盤の戸閉

自動車用エレベータ・稲垣

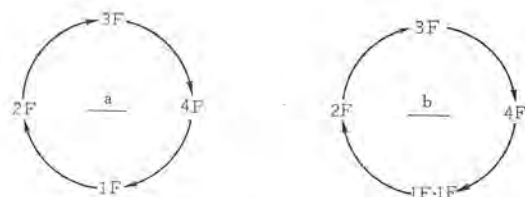


図 5.1 乗場呼びの応答順序
Fig. 5.1 Answering order for corridor calls.

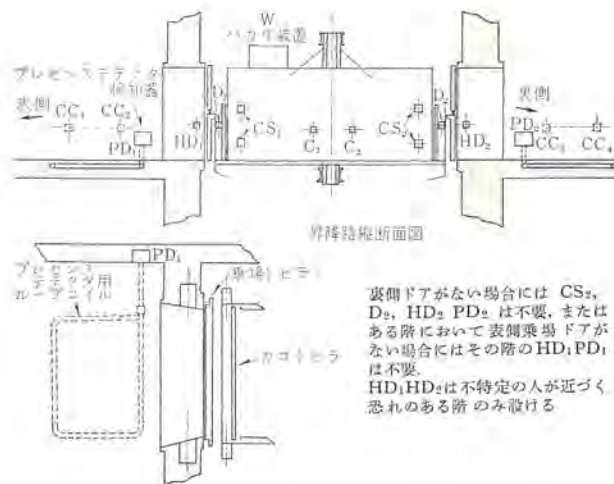


図 5.2 安全検出装置の配置
Fig. 5.2 Arrangement of safety detecting device

表 5.2 各検出器の機能対称表

検出器の機能名	検出器の種別	各検出器のおもな機能	
		IBRF-MS 方式の場合	IBRF-MA 方式の場合
PD ₁ , PD ₂ (ドアセフティ)	プレゼンス デテクタ	戸閉時、車に対する安全を計る。 (乗場呼び自動検出→登録に使用することも可能)	戸閉時車に外する安全を計る。 乗場呼び自動検出→登録。
CC ₁ , CC ₂ , CC ₃ , CC ₄ (ドアセフティ)	光電装置 (変調光形)	乗場にターミネータブル（金属製）などがあって電磁誘導形検出器（プレゼンスデテクタ）が使用不可能な場合に PD ₁ , PD ₂ の代わりに使用する。したがってその機能は PD ₁ , PD ₂ に同じ。	
HD ₁ , HD ₂ (ハッチドア セフティビーム)	・	戸閉時乗場にいる人に対する安全を計る。	同 左
D ₁ , D ₂ (ドアセフティ ビーム)	・	戸閉時人に対する安全を計る。	同 左
CS ₁ , CS ₂ (カーセフティ ビーム)	・	車乗入時の停車位置のチェック。 戸閉時車に対する安全を計る。	同 左
C ₁ , C ₂ (カーチェック ビーム)	・	カゴに車がいることのチェック。	同 左
W 負荷検出用 ハカリ装置	ハカリ	カゴ内に車がいることのチェック。 (C ₁ , C ₂ のカーチェックビームを使用しないときに用いる。)	本方式はハカリは使用せず常に C ₁ , C ₂ を使用する。

め ボタン を押して戸を閉める。) カゴから自動車が出る場合には、自動車が乗場の戸閉り検出装置 PD₁ を クリマ したのち、各検出装置の正常作動状態をそのつど確認後自動的に戸を閉めるよう安全にはとくに留意されている。万一、検出装置の故障の場合にはカゴ操作盤の切り換えスイッチを操作し、IBRF とどうよう、ドライブによる運転方式に変換できる。

5.2.5 IBRF フルオート IBRF-MA

この方式は前述の IBRF-MS 方式に乗場呼自動登録動作とカゴ内に後述の自動車誘導信号装置が付加される。戸の開閉は自動的に制御されドライブは自動車がカゴ内にはいったとき、自動車に

乗ったまま行き先階のカゴボタンを押すだけでよい。

カゴ内に車乗入れ

カゴに設置した光電装置、乗場光電装置を全部検出状態におき、戸閉めに際し、車が安全な位置に入るまで自動車誘導信号装置により車を誘導する。したがってドライバはすべて信号の指示どおり車を操作し、行き先階のカゴボタンを押すだけではかの操作はいっさい不要である。

自動車誘導信号装置により車が所定範囲内にはいれば（特許第428441号）による検出装置の正常作動状態の確認（一般に検出装置の故障にはON故障とOFF故障とがあり、OFF故障時にはフェールセーフとなるがON故障時にはフェールセーフとならず危険が伴う。したがってON故障をチェックする。）後、戸閉め予報ブザーを所定時間鳴らしたのち自動的に戸がしまり、カゴボタンが押してあれば目的階にむかって起動する。

自動車誘導信号装置は次の表示で構成される。

GO（青色）灯……乗り入れ時車がCS₁またはCS₂をさえぎると点灯、「前進」

黄色灯……車をさらに乗り入れC₁およびC₂をさえぎるかまたはハカリ装置が作動すると点灯（このときCS₁またはCS₂はさえぎられたまま）「注意して前進」

OK（乳白色）灯……車がCS₁またはCS₂をクリアし、C₁、C₂をさえぎるところまで移動したとき点灯
「位置OK……停車」

戸閉め中に次のいずれかが起こるとトビラは反転して開く。

（i）カゴのいる階の検出装置またはカゴ内光電装置がさえぎられたとき

（ii）カゴ操作盤の戸閉ボタンを押したとき
車乗出時

カゴが目的階に停止したとき自動的に戸が開き、カゴ内のトビラ全開表示灯（緑色）が、点灯する。自動車が乗り出し動作を開始し、検出装置PD₁またはPD₂をクリアしたとき、すべての検出装置のON故障チェックをしたのち、異常なければ戸閉り予報ブザーを鳴らしたのち安全を確認しながら自動的に戸を閉める。

5.3 安全検出装置

5.3.1 SR形自動車用光電装置（特許第437059号）

SR形光電装置はカゴ内での自動車検出、戸に対する安全装置エレベータの呼び寄せ（プレゼンスデテクタが使用できない場合）などに用いその基本回路を図5.3に示す。

この光電装置は高級乗用エレベータに用いられる光電装置と異なり、季節および設置場所によっては太陽の直射を受けるおそれがあるため太陽のような直流光に対しては不感で交流光のみに感应するよう投光器は50 c/sまたは60 c/sで点灯し、受光器はそのリップル分だけをシリコンホトトランジスタを通じて交流増幅し、直流分は帰還回路を設け、受光器レンズ前面に30,000ルクス照射されても飽和しないよう回路設計がしてある。回路は全面的に半導体を使用しているので誘導障害、サージなどに対する保護ならびに防じん（塵）、防湿についてはとくに考慮されており、万一故障した場合すぐ取り換えできるようプラグインタイラとしている。図5.4はSR形自動車用光電装置の外観を示す。

5.3.2 プレゼンスデテクタ

プレゼンスデテクタはエレベータの乗場床面に埋設されたループコイルに接続され、ループ上を通過あるいは停止する自動車を検知し、外部

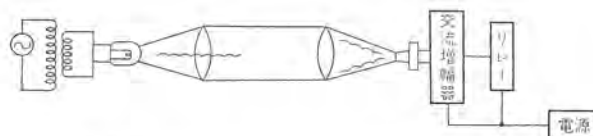


図 5.3 SR形自動車用光電装置の基本回路
Fig. 5.3 Basic circuit of type SR photo-electric devices for cars.



図 5.4 SR形自動車用光電装置
Fig. 5.4 Type SR photo-electric devices for cars.

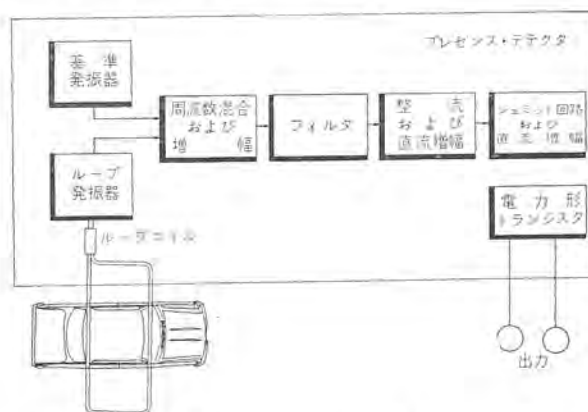


図 5.5 プレゼンス・デテクタのブロック線図
Fig. 5.5 Block diagram of presence detector.

回路に検出信号を供給し、エレベータの呼び寄せと自動車がカゴから出たときの自動戸閉めの検出に用いる。その基本回路を図5.5に示す。

プレゼンスデテクタは内部に二つの発振器をもっており、一つは基準発振器、ほかはループ発振器で両者とも常時は同一周波数を発振している。これら両信号は、混合増幅回路に送られ、この出力側に差周波数成分が現われるが、普通はこの差周波数はほとんどゼロである。この信号は帯域ロハ器によってシャ断されている。フィルタ出力は整流、増幅されシュミット回路により制御されさらにこの信号は直流増幅され、出力回路の電力形トランジスタを導通状態とし、外部回路に電力を供給する。自動車がループ上に存在するとき、車両金属によって構成される二次コイル短絡効果が、ループコイルのインダクタンスを減少させ、その結果ループ発振器の発振周波数が上昇する。したがって差信号周波数も上昇するため、フィルタ出力電圧は大きく変化し出力回路の電力形トランジスタを電流断とする。出力は電力形トランジスタの開閉で得られ、次のような多くの特長がある。

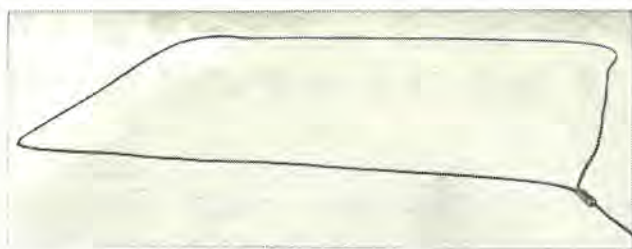


図 5.6 ルーラコイル
Fig. 5.6 Loop coil.



図 5.7 プレゼンスデテクタ
Fig. 5.7 Presence detector.

(1) トランジスタ回路で構成されているので故障がきわめて少なく一度設置すれば半永久的に使用できルーラコイルも埋設するのではかの検出装置のように交通障害の心配がない。

(2) 車両だけを検知し、人またはほかの物品を検知することはない。

(3) 万一ルーラの損傷内部発振器の異常、電源断などのよう

な事故時には車両存在信号を発し、フェールセーフとなっている。

図 5.6 はルーラコイル、図 5.7 はプレゼンスデテクタの外観を示す。前述のようにプレゼンスデテクタは金属車体を検知するものであるから、エレベータ乗場床面が鉄板張りの場合や、乗場前面にターンテーブルが設置される場合には使用できない。この場合には図 5.2 に示すように、光電装置を使用する。

6. む す び

油圧式エレベータ、ロープ式エレベータの選び方、設備計画上の問題点および操作方式の選び方などを中心に述べてきた。

地下ガレージ専用としては油圧式エレベータを設置するのが最適であり、昇降行程も 12 m (中小形車用の軽容量は 13.5 m)、停止箇所 4 箇所停止まで可能である。昇降行程を多く必要とする屋上ガレージなどには輸送能力に応じた速度のロープ式エレベータの設置が望ましい。これらのエレベータの操作方式については、操作が最も簡単で、安全かつ運転能率のよい IBRF-MS 方式かまたは IBRF-MA 方式を推奨する。

この論文では乗用自動車用エレベータに限定して説明したが、トラック、バスなど超大形車運搬用エレベータの完備も急務である。

また建物自体が高価な土地の上に建てられることから、駐車施設も最小床面積で最大効率を発揮するため、エレベータ乗場にターンテーブルを併置したものや、エレベータのかご自体にターンテーブルを設置したものが採用されてきた。

当社は、長年にわたるエレベータの製造経験を生かし、今後ますます増大するこの種の自動車用エレベータについて、需要家の要望に答えるべく日夜研究に励んでいる。

人荷用エレベータ，ダムウェータおよびセレクトリバーチカルコンベヤの設備計画

三 矢 周 夫*

Arrangements of Passenger/Freight Elevators, Dumbwaiters and Selective Vertical Conveyers

Inazawa Works Chikao MITSUYA

Passenger/freight elevators are possessed of a function of intermediate use for those of passenger elevator and freight elevator. They will demonstrate their ability when just the passenger elevator alone or the freight elevator only does not meet the requirement at the site. However it needs careful selection to decide their specification depending on the traffic intensity of passengers and of freight. Dumbwaiters, on the other hand, are apparatus of strongly exclusive use to answer the demands which vary with the functions of the building and the kind of tenants therein. Accordingly the planning of the installation shall be closely related to the demands. There are three representative uses; for kitchen, for conveying documents and for transporting luggages or goods, the company's standard dumbwaiter now being explained for them.

1. ま え が き

大ビルディングやその他の一般の建築においてもエレベータで荷物を運ばなければならない場合が必ず生ずる。乗用の高性能エレベータを転用して荷物輸送を行なわせるならば、これは高級乗用車で荷物を運ぶようなもので、たとえ運べたとしても有機的な連けいのもとにバンク運転を行なっているエレベータの運転をみだし、他の乗客に迷惑を及ぼすことが大きい。

人荷用エレベータは、本質的には一般乗客の乗りうる乗用エレベータであるが、乗用と荷物用の中間機能を果すエレベータとして利用される。建築基本計画の段階であらかじめ荷物輸送の有無多少を検討して、人荷用エレベータの設置を考えなければならない。

ダムウェータはまた、人が乗らないで荷のみを目的階に送達する小形のエレベータであり、小単位、小容量の輸送がかなりある場合に効果をあげることができる。

エレベータが共同の輸送機関として用いられるのに対して、ダムウェータは建物内の特定の人の専用で使用される場合が多い。したがって建築機能が初めから確定している場合は別として、テナントによって要求が変わることに注意をはらう必要がある。

大事務所などでは、書類輸送にダムウェータより輸送力の数倍高いメリーゴーラウンド式のセレクトリバーチカルコンベヤを使用する方が有効な場合が生じる。これは、荷の出し入れを自動的に行なう装置であって、任意の階から任意の階を自由に選んで荷を送ることのできるものである。

以上3種の荷物輸送の昇降機につき設備計画の概要を説明する。

2. 人荷用エレベータの計画

2.1 利用方法

一般に荷物エレベータには、荷扱い者、運転手以外の一般乗客は乗ってはならないことになっている⁽¹⁾。したがって人も乗れ、荷物も運べるという人荷用エレベータは次のような使い方で利用される。

事務所ビル 家具備品、複写印刷機、クーラなどの搬出入、郵便、小荷物、昼食弁当などの輸送

表 2.1 人荷用エレベータの選択

使用状況	項目	乗用を主とする人荷用					荷物を主とする人荷用				
		1人で持込む 容積が小さい					手押車または数人がかりで持込む カゴの大きな部分を荷物が占める				
使用状況	荷物の大きさ、他	短					長				
	荷物の積下し時間	短					長				
	荷物輸送回度	低					高				
	乗客輸送回度	中					低				
エレベータの適用	操作方式	2BC (AS)					1B				
	駆動方式	DC					AC-2				
	速度 m/min	105	90	60	45	30	150	90	60	45	30
	建物の種類一般例	8階以上の 8階までの 7階までの 5階までの 4階までの 15階以上の大建物 8階以上の大建物 8階以上の中建物 7階以上の中建物 5階までの小建物 4階までの小建物					中建物一般 混雑しない 小事務所 病院				

百貨店 荷物輸送および店員用
ホテル 家具、備品、洗濯物の輸送および従業員用
病院 ベッド用で運ぶのに不適当な汚れ物、重量物、医療器具備品、食事、郵便小荷物の輸送および従業員用（規模の小さなときは客用も兼ねる）

2.2 人荷用エレベータの選択

従来より乗用を主とする人荷用と荷物用を主とする人荷用という表現がなされているが、内容は表2.1に示すごとくである。使用状況に対し適当なエレベータの選択を下段に示す。

操作方式の記号2BC (AS)は通常は乗客および荷扱い者が運転をし、混雑時には運転手がついて運転を行なう。

シングルオートマチック（記号1B）は乗場またはカゴのボタンを押すことでカゴが起動し、押された階に到着する方式である。カゴの起動中および戸開き中は他の呼びに応じない。

2.3 積載量の決定

人荷用エレベータは単独かまたは乗用、荷物用エレベータとの併設をたてまえとし、人荷用エレベータとしての2台以上設置は考えないのが普通である。荷物を積む要求からカゴサイズは大きめのものとなり、したがって積載量は大きく、一般に900kg以上1,600kg程度の要求となることが多い。

表 2.2 床面積と積載量

内法床面積 (m ²)	法定最小積載量 (kg)	最大定員 (人)
1.70	650	11
2.20	900	13
2.40	1,000	15
2.70	1,150	17
3.08	1,350	20
3.50	1,600	24
3.83	1,800	27
4.17	2,000	30
4.58	2,250	34

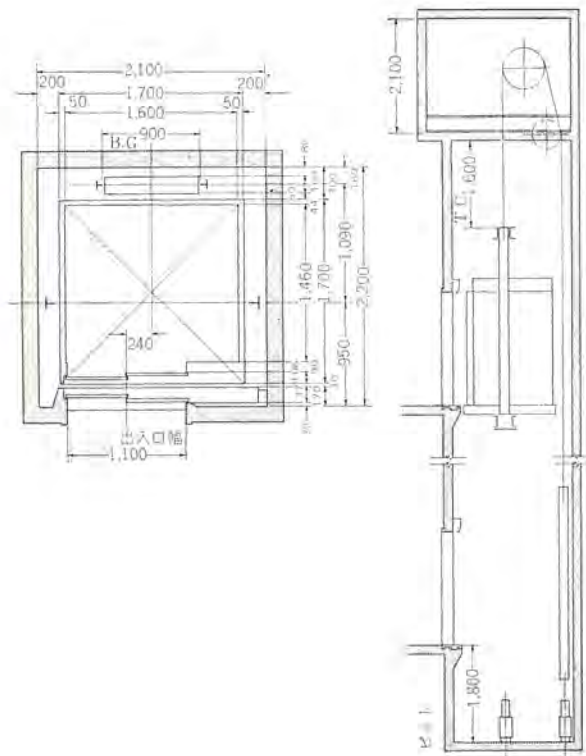


図 2.1 1,000 kg, 90 m/min 人荷用エレベータ
Fig. 2.1 1,000 kg, 90 m/min pass/freight elevator.

か、内法床面積に対する法定最小積載量と最大定員を表 2.2 に示す。これより適当サイズを選定できよう。

2.4 ドア装置

荷物用として出入口幅を大きく取りたいことと、乗用としてドア開閉時間を下げ能率的にすることの協調をはかる必要がある。

出入口幅 900~1,400 に対しては 2 枚戸横開き (2S) を、1,400~1,800 に対しては 4 枚中央開き (2CO) を推奨する。

電動ドアは 2BC (AS), 1B 運転のいずれも着床すれば自動的に開き、運転手なしの運転の場合、呼びがなければ一定時間後に自動的に戸を閉めてエレベータは待機する (常閉形)。ドアにはセーフティエッジが設けられ、はさみ込みに対して安全である。荷物の出し入れに長時間かかる場合は、かご操作盤の戸開放スイッチを押せば時限戸閉は起こらなくできるが、さらに戸の閉め忘れ防止方式として戸閉時限を二重時限とし、通常人の乗降では戸閉後短時間経過して自動的に戸が閉り、荷物運搬のごとく出し入れ時間を多く必要とする場合には、かご操作盤の押しボタンを押して長時間戸を開きつづけた後、自動的に閉るようにし、かつこの長時間の解消もボタン一つで簡単にできる方式も用意してある。(特許出願中)

2.5 代表的レイアウト

人荷用エレベータの代表例として、1,000 kg 90 m/min 2BC (AS)

人荷用エレベータ、ダムウェータおよびセレクトラパーチカルコンベヤの設備計画・三矢

表 2.3 人荷用エレベータの意匠部分標準仕様

部分	用途	乗用を主とする人荷用	荷物用を主とする人荷用
カゴ	床	ゴムタイル張り木板床	床用銅板
	壁板	銅板塗装	同左
	荷ズリ	ステンレス (帯状) またはカーテン	ステンレス腰高全面またはロンリウム
	幅木	引込形ステンレス	同左
	天ガイ	平形銅板単色塗装	*
	照明	両側アクリグローブ形	天井埋込形
	換気装置	30 cm デフューザ形	なし
	出入口柱	ステンレスヘアライン仕上	同左
	戸	銅板塗装	*
	敷居	硬質アルミ	銅板
乗場	三方ワック	銅板塗装 (幕板なし)	同左
	敷居	硬質アルミ	同左または铸铁
	戸	銅板塗装	同左

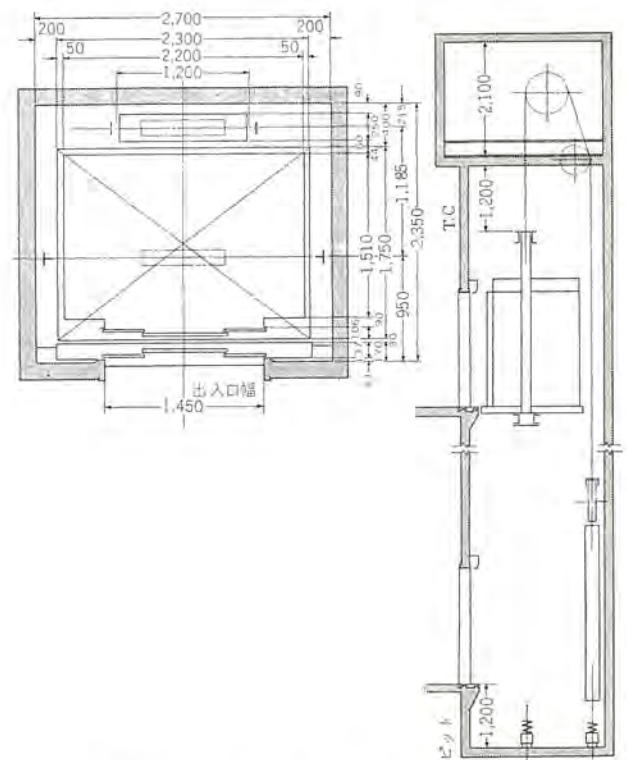


図 2.2 1,600 kg, 45 m/min 人荷用エレベータ
Fig. 2.2 1,600 kg, 45 m/min pass/freight elevator.

運転のものと 1,600 kg 45 m/min 1B 運転のものを図 2.1, 2.2 に示す。

2.6 エレベータ意匠

人荷用エレベータは、自動車というならばライトバンであり、乗用並みの仕上げ意匠が要求される場合も多い。乗用を主とする場合と荷物用を主とする場合のそれぞれ推奨仕様を表 2.3 に示す。

3. ダムウェータの計画

3.1 ダムウェータの法規と三菱ダムウェータ

建築基準法においては、ダムウェータは床面積 1 m² 以下、高さ 1.2 m 以下の昇降機であって、人が乗らないためにエレベータに要求される安全装置のほとんどが省略されてもよいことになり、積載量にも制限がない。

しかしながら米国安全規格 (U.S.E. Code) および英国標準規格 (B.S.) では、最大積載量は 226 kg と押さえ、床面積に対する

最少積載量も決めており安全性が高い。当社では標準 ダムウェータの積載量を最大 300kg までとし、フロア 形の場合には出入口の戸に ロック を設けるなど、上記 A.S.E. Code および B.S. に準拠して国際的な安全性を持たせている。

また ダムウェータ は昇降機の下部に居室がある場合が多いが、その場合の安全保証のため、釣合 オモリ に スラックケーブルセーフティ をカゴ 側には パッファ を設けて万一の ローラ 破断による危険を防ぐこととしている。

よく、積載量 400~500kg の ダムウェータ はできないかとの問いを受けるが、この程度の積載量となると手押車を使用しても カゴ 内に足をふみ込まないと荷の出し入れが不能であり、人が入ってはいけないう ダムウェータ の安全の趣旨に反する。また、わずかの着床誤差に対しても出し入れが困難となる不具合もあり、積載量を 300kg 以上にとることは推奨できない。

3.2 ダムウェータの種類と利用のしかた

ダムウェータ には出し入れ口を腰高以上に設けて、厨房用や書類運搬用使用する テーブル 形と、エレベータ のごとく床面から出し入れ口が開く フロア 形とに大別される。

3.2.1 配膳用 (テーブル形)

テーブル 形 ダムウェータ の標準的な使用法であり、ホテル、旅館、百貨店、レストラン、料理飲食店など客用に飲食を提供する場所については必需品となっている。積載量は 75~100kg のものが多い。

ダムウェータ 設置による利益は次の三つがある。

(1) 厨房と喫食場所の上下分離が可能となり、喫食場所の衛



(a) テーブルタイプ



(b) フロアタイプ

図 3.2 ダムウェータ
Fig. 3.2 Dumbwaiter.

生管理上よい。

(2) 建築設計上も一つの店を平面的に展開する方法から エレベーション に変化をもたせることが可能となる。

(3) 人手を節減できる。

3.2.2 書類輸送用 (テーブル形)

事務所ビル の数 フロア にわたるような大会社、大組織では書類の流れも膨大であり、インフォメーション 伝達速度をあげることを真剣に考える必要がある。

ダムウェータ は書類の階間輸送に使用して、いちいち人がついて行く必要がなく能率的に処理できる。この場合はもちろん、ダムウェータ の出し入れ口が建物の公共スペース にあっては不具合であり、一組織の専用として設けることが望ましい。停止階数は高層化したがつて増加する傾向があるが、5~6 個所が使用勝手からいって望ましい。ダムウェータ は安価で狭いスペース に設置でき、機械室も普通の階間距離ならばその階内に設置できる。したがって何階から始まろうと終わろうと、ほとんど自由であるから、必要な区間に必要台数を気軽に設置して輸送能率をあげるのがよい。

書類輸送用としては事務所のみならず、病院、図書館などにも広く用いられ、積載量は 50kg 程度が適する。

3.2.3 小荷物、手押し車輸送用

エレベータ を設けるのはもったいないが、日常、人手で持ってあがるのは困難という ケース は非常に多い。たとえば小学校における給食の運搬などが好例である。

ダムウェータ はこの場合、簡易 エレベータ として 200~300kg の荷物を手押し車で出し入れして輸送することができる。事務所、工場、学校、病院などなどに広く利用される。

3.3 三菱ダムウェータの標準

3.3.1 標準サイズ

当社では、すでに テーブル 形 4 種、フロア 形 2 種の基本 サイズ に二方口、直角二方口の バリエーション を加えて 12 種の標準を定め、ご好評を得ている。

テーブル 形では独特のカゴ、オモリ 一体形のガイドレールを使用して昇降路 スペース の縮少をはかり、また各形とも貫通二方口に対してはカゴにも上下戸を設けて積荷のはみ出しによる事故を防止するなど、ご使用の便をはかっている。

標準 サイズ を表 3.1、据付図を図 3.3~3.4 に示す。

表 3.1 三菱標準ダムウェータ

形式	記 号 (注) (形式・積載量 -出入口形式 速度)	積 載 量 kg	速 度 m/ min	内法カゴサイズ mm			昇降路サイズ mm			機械室 引出し mm
				間口	奥行	高さ	間口	奥行	オーバー ヘッド	
				A	B	H	X	Y	K	N
テ ー ブ ル 形	T-5-S 30	50	30	550	500	750	800	650	1,315	340
	T-7.5-S 30	75		600	600	800	850	750	1,390	290
	T-7.5-D 30						830	1,550		
	T-10-S 30	100	30	700	700	900	950	850	1,540	190
	T-10-D 30						930	1,700		
	T-10-LD30						990	890	1,540	150
フ ロ ア 形	T-15-S 20	150	20	800	800	1,000	1,050	950	1,690	90
	T-15-D 20						1,030	1,850		
	L-20-S 20	200	20	800	1,000	1,200	1,220	1,190	1,990	0
	L-20-D 20						1,230	2,250		
	L-30-S 20	300		850	1,150	1,200	1,270	1,340	1,990	
	L-30-D 20						1,380	2,250		

出し入れ口形式記号 S; 一方口, D; 二方口, LD; 直角二方口 を示す。

3.3.2 操作方式の標準

(1) 相互階制御

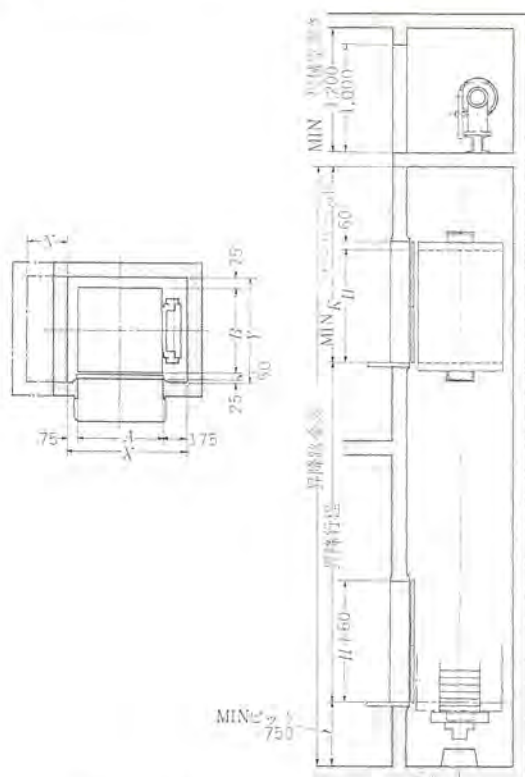


図 3.3 テーブル形ダムウェータ
Fig. 3.3 Table type dumbwaitor.

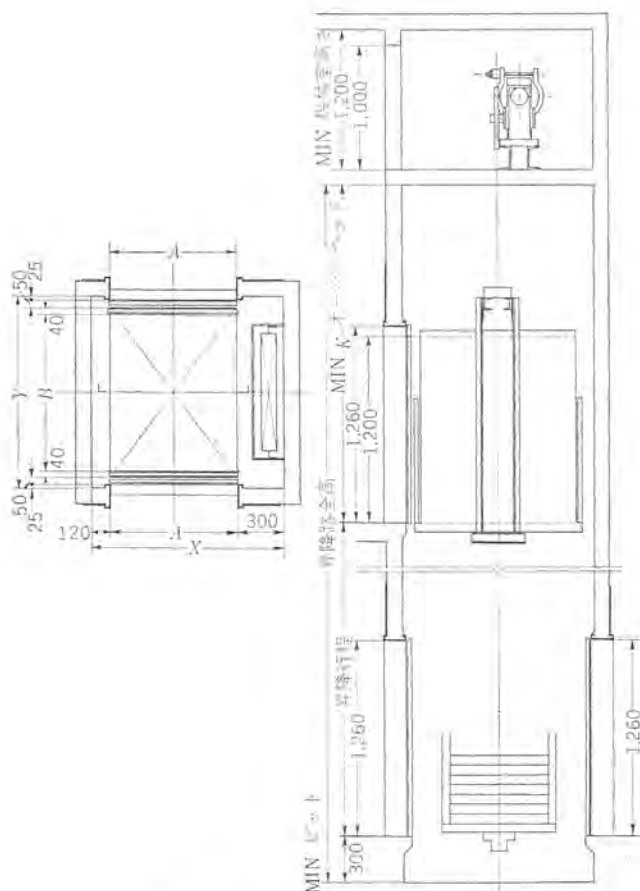


図 3.4 フロア形ダムウェータ
Fig. 3.4 Floor type dumbwaitor.

任意の階で希望階を自由に選択してカゴを送ることができ、最も一般的に適用される。カゴを呼ぶには各階の操作盤の自階ボタン(矢印)を押せばよい。またご要求によっては操作盤はインジケータ兼用の点燈式ボタンとすることもできる。ダムウェータの使用(運転中および戸を開いている間)は他階の呼びに答えない。また4停止以上では他階の呼びよりカゴが着床している階の送りの方を優先する回路を設けて、使用の便をはかっている。

(2) 復帰制御(特許第300868号)

相互制御より安価な方式で親子式の電話に相当する動きを行なう。すなわち基準階に全階分の送り先ボタンをもつ操作盤があって、各階にカゴを送ることができる。カゴを送られた一般階では、用済み後戸を閉めれば自動的にカゴは基準階にもどり、カゴは基準階を基点とする往復運転だけを行なう。

厨房から各階の喫食室に荷を送る場合に適当で、階間相互の輸送の必要がない場合に用いれば有効に費用を下げるができる。

3.4 設置計画

3.4.1 設置台数

大ホテル宴会場では、厨房用ダムウェータのみで3~6台を設置する場合がある。設置台数を決定するには輸送回数、輸送力の算出を行なって輸送需要のひん度に応ぜられるだけの台数を決める必要がある。本特集「荷物エレベータの設備計画」を参照願いたい。最も基本的な基準階と間の相互輸送を主体として、他の一般階相互の輸送のある場合は、その輸送回数も加算すればよい。

大事なことは使途および輸送する階間を分析して、ダムウェータをそれぞれの目的に専用化し、停止数を必要最小限に限定して設置するのが効果をあげることになる。

3.4.2 通話装置

ダムウェータの運転には送り側と受取り側に同時に人がいる必要がある。このために信号用のブザーをつけているが、連絡用の通話装置を設けることが望ましい。4停止までの(最大15m)ものでは簡単な伝声管が実用的であるが、一般には同時通話のできるインターフォンが使用される。

3.4.3 配置

建築計画のうちでダムウェータをいかに配置するかは、一律に決めることはできない。

ある高層事務所ビル計画では搬送センターとして、ダムウェータ4台をコアの部分に集中したものがあるが、一般に直線的に4台も並んだダムウェータは使いにくいものと考えられる。

いずれにせよ建物の部分を専用するテナントの機能に密着したものとして計画されなければならない。

4. セレクトブパーチャルコンベヤの計画

書類運搬用のダムウェータにおいて輸送量およびひん度が多くなると、能力が不足し、設置台数を増加しなければならなくなる。

1台のダムウェータについては、上手に使用しても毎時60回の起動がせいぜいであり、そのうちの40%をからのカゴを呼びよせる無効動きとすれば、毎時36回の有効輸送回数が見込まれるにすぎない。

三菱セレクトブパーチャルコンベヤ(以下S.V.C.と略称する)は、コンベヤの連続輸送特性を生かして毎時最大450回という密度の高い輸送を行なうもので、国会図書館および新住友ビルに設置されて高い実績をあげている。

詳細については、文献(2)をご参考願うものとして、実際計画

および利用にあたってのポイントを述べる。

4.1 特長と利用法

(1) 荷の積み下しが自動的に行なわれる

容量 10kg 専用のトレーに荷を入れて荷台に置き、行先階をダイヤルで指定すれば、あとは自動的に機械がトレーを送り込んで、目的階に送り、自動的に荷台に送り出されてくる。(図 4.1)

したがって、送り側、受け取り側とも、人が付ききりになる必要がなく、人手の節減に非常に役立つ。

(2) 輸送力が高い

毎時 450 回の輸送回数はダムウエータの 10 倍以上で、容量 10kg としても輸送力はダムウエータの数台分の能力がある。迅速滞滞ない事務処理の目的に最適である(事務所、郵便局、図書館など)。

(3) サービス階数が多くとれる

普通の場合、10~12 個所のサービス階数に十分使用できる。最大輸送ひん度 450 回/時であるから、前記階数に対して各階平均最大 37.5~45 回/時の輸送が可能である。さらに多数階となると、計画中の超高層ビル例には 19 サービス階のものがある。

(4) トレーのラール量および管理

専用トレーの数には限度があり、適当数を各階でラールしておかなければならないし、送っただけのものを他階から補充されなければならない。またトレーをそのままフロア内にも流す場合は総数を増す必要がある。

垂直輸送専用の場合は各階にピーク時 30 分間の送り出し数に相当する量を基準としてラールすれば十分である。したがって総



図 4.1 セレクトバパーチカルコンベヤ
Fig. 4.1 Selective vertical conveyor.

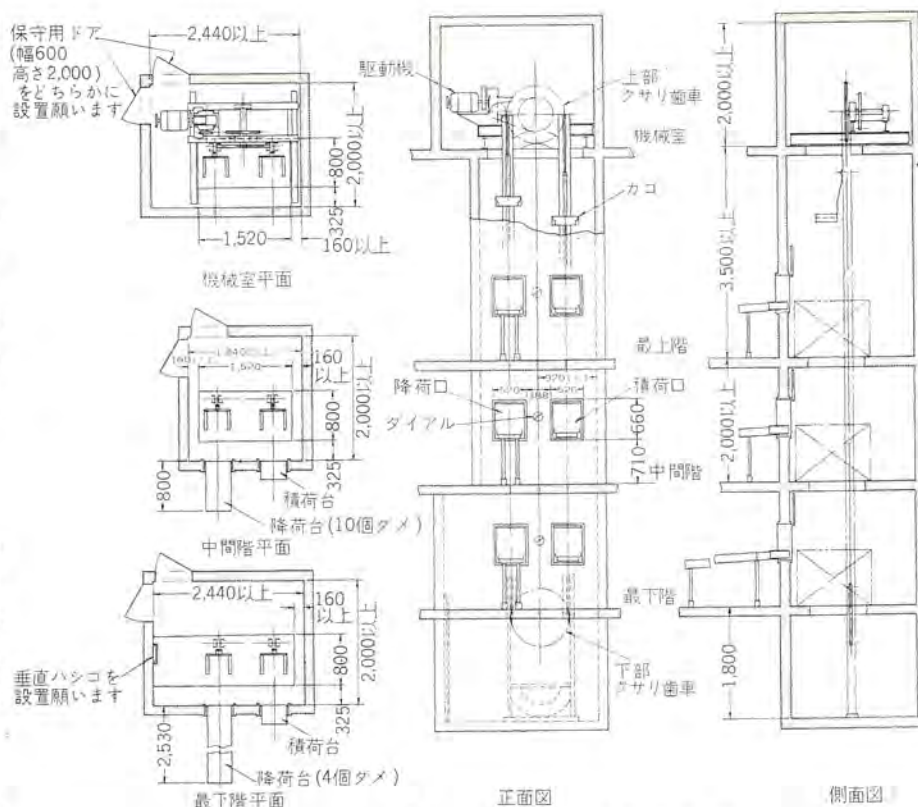


図 4.2 セレクトバパーチカルコンベヤ据付図
Fig. 4.2 Selective collective vertical conveyor layout.

数は 240~250/1 台あたりを準備すれば良い。トレーには所属階のカードをつけて、発送元へ返却されるように管理することが望ましい。

4.2 レイアウト

S.V.C. の特長は送り出し受取りの荷扱いが前面に集中することである(トレーエレベータの場合は、前面と背面に荷扱い位置が離れる欠点がある)。

昇降路およびメンテナンススペースとして必要なスペースを図 4.2 に示す。各階には降荷台が延長しているが、この付近を一室として着荷のさばきと荷送りを扱う専任室とするのが好ましい。また、建物での設置位置は事務所の各室からほぼ均等な位置が適当である。

5. むすび

乗客以外に荷物を輸送する昇降機設備のうち、人荷用エレベータ、ダムウエータおよび S.V.C. について、それぞれの特長と計画に当たって参考となる事項をあげた。

これらの昇降機設備を建築物の用途に従ってその機能を最大に発揮するように計画していただくことを念願する。

参考文献

- (1) 建築基準法および American Standard Safety Code for Elevator
- (2) 加藤:『三菱電機技報』37, 1305 (昭 38)

荷物エレベータの設備計画

三 矢 周 夫*

Accommodation Planning of Freight Elevators

Inazawa Works

Chikao MITSUYA

Freight elevators are now in wide use for vertical transportation in buildings because of their safety and universal application. In planning the freight elevators, thorough study shall be made on the traffic requirement of users before determining their major specification, i.e., objects of conveyance, quantity, frequency, floor to floor that the freight will be transported and method of loading and handling. Based on the information thus obtained, the elevator capacity, speed, door system, numbers of units, and the operation system are to be decided.

This article describes the selection of freight elevators with the transport capacity as a center, showing the variation of the capacity depending on the method of operation and also stating that the condition before and after the use of the elevator have a great bearing on the total operating efficiency.

1. ま え が き

荷物エレベータは、従来限られた工場や、鉄道駅などで利用される程度であったが、最近の傾向としては流通倉庫をはじめとして、鉄道、郵便局用から、生産工場関係についても広い範囲で利用度が高まってきている。いわゆるフィジカルディストリビューションの改良などについて、流通倉庫を含めた輸送合理化が真剣な問題として取り上げられているのは周知のとおりで、エレベータもその一環になっている。

また工場においても、従来の平面的な配置から、立体的配置によるものが増加していると考えられ、一般に荷物エレベータに課せられる要求も一段と高度になってきている。

荷物エレベータはフロア間で荷物を輸送する場合に、フロア内で運搬するのと変わらぬやり方でこれを行なうことができ、クレーンホイストなどの揚貨機とは比較にならない高い安全性と、一般性を持つことを特長とする。

もちろん輸送力においてはコンベヤ類の連続方式に劣る点はあるが、融通性、多用性の点では比較にならない利点があり、建築費も含めた設備費の安さは確実に荷物エレベータの設置台数を増加させるものと思う。

この稿においては荷物エレベータの輸送力を中心とした設備計画について説明し、目的にかなう荷物エレベータを計画する参考供したい。

2. 荷物エレベータの利用先

荷物エレベータの利用先の広さは産業のほとんど全分野に及んでおり、これの当社実績を分類して列挙するだけでも読者のご参考になるものと思う。

2.1 流通部門

- (a) 輸送関係 鉄道駅
 郵便局
 トラックターミナル
- (b) 集配関係 倉庫（一般倉庫、特定品目専用倉庫、定温・冷蔵倉庫）
 卸市場（水産、青果、その他）
 百貨店配送センター

- (c) 販売関係 百貨店
 小売市場、スーパーマーケット
 問屋、店舗

2.2 生産部門

- (a) 繊維、染色
- (b) 食品、水産加工
- (c) 製薬
- (d) ガラス、ヨウ業
- (e) ゴム
- (f) 金属
- (g) 機械
- (h) 電機
- (i) 新聞、印刷

2.3 その他

- (a) 土木工事用
- (b) 劇場、スタジオ

以上のごとくであり、それぞれの分野独特の輸送特長を持っていることに注目していただきたい。

3. 荷物エレベータの選択にあたり 基礎的に調査すべき事項

2章に述べた広範な利用分野において、輸送の問題はそれぞれ千差万別であり、取り扱い品目以外にもその規模、量のいかんによって本質的に異なったものになりうることは当然のことであろう。

荷物エレベータの選択にあたっては、これらを基礎的に十分調査する必要がある。

3.1 輸送の特質のはあく

3.1.1 何を運ぶのか？

一見きまりきったようなことであるが、一般荷物を扱う倉庫などでは品目も不定でつかみにくい場合もある。

取り扱い荷物の範囲を品目、形状、重量、荷姿の点でとらえ、季節的变化と将来起こりうべき変化も予測して、十分な範囲を決定することが望ましい。

3.1.2 輸送量は？

運ぶ荷物がどれだけあるかが第1段階の問題で、個別品目ごと

に容量、容積、重量、単位数について明確にしなければならない。これには年間平均、月間平均の実績あるいは計画に基づき、季節変動を考慮して1日の最大輸送量を決定すべきである。

第2段階では、1日のうちに起こる輸送需要の変化を詳細に特長的につかまえる必要がある。

たとえば卸市場では1日の荷扱い量の大部分を特定の2〜3時間の間に処理せねばならないであろうし、郵便小荷物を扱う鉄道中間駅を考えれば、このプラットフォーム用荷物エレベータは発送と到着の荷物両方を列車が集中するある時間内にさばかねばならないであろう。一方厳密な生産工程の一部に組みこまれにあるエレベータは、一日中平均して一定の荷を機械的に運ばなければならない場合もある。

このような輸送特質はエレベータ計画を左右する重要要素であって、エレベータを設置されるその部分の個有の事象である。設置者自体において十分に検討していただかなければならない問題と考えられる。

3. 1. 3 輸送の行なわれるのはどの階間か？

停止箇所が最少の2フロアの場合は、荷物輸送の階間運転の種類は1F→2Fと2F→1Fの2種だけである。

エレベータの停止階数を n とすると、階間運転の種類は $nP_2 = n \times (n-1)$ だけあり、3箇所停止で6、6箇所ならば30とおりの輸送が発生しうる。

しかしながら乗用エレベータの場合と異なり、荷物の輸送はそのうちの特定のいくつかに限られるのが普通である。

たとえば倉庫などの場合は上部階の相互間で荷の移動が起こることは考えられない。1F⇄2F、1F⇄3F、1F⇄4F…という基準階と各階の間の輸送が主体となってくる。これが第1の形式である。

第2の形式は生産工場などで工程の流れに沿って一定経路で階から階に荷が流れる場合であり、この場合にも、もちろん第1形式の輸送が原料とか製品について行なわれることがありうる。

第3の形式は輸送に規則性が少ない場合で階間輸送がランダムに多発する場合である。エレベータの操作方式はこのような輸送形式にそれぞれマッチすることを目的に組まれているものであって、各形式のどれに相当するかをつかんで選択を誤らないことが重要である。

3. 1. 4 マテリアルハンドリングの決定

エレベータへの荷の積み込みおよび目的階での荷降ろしを何で行なうかは、荷物エレベータの輸送力を決定的に左右するが、輸送量の多少とは切り離せない問題であろう。

非力な人力で積み降ろしができる限界は1人で50〜60kg、2〜3人で100〜200kgのひとかたまり重量がせいぜいで、手押し車によっても300〜400kgどまりである⁽¹⁾。また同一人が連続して、重量運搬を行えば能力もずっと下がってくる。

したがって、積載量の大きなエレベータほど人力による積み降ろしの可能性は減って、バッテリー、フォークトラックなどによる積み降ろしが不可欠となり、荷を積んだ状態のトラックごとエレベータに積むものまで生じてくる。

また荷扱者についても、専任の荷扱者グループがある場合とない場合ではエレベータの運転状況が異なるし、専任運転手の有無もあらかじめ決めておくべき問題である。

3. 2 システムエンジニアリング的検討

荷物エレベータによる輸送の問題を検討するにあたっては、単にエレベータの能力を検討するだけでなく、エレベータの前後における処理能力を十分にわきまえて、互いに見合ったものにしなければ

ならない。

一例として、大都市における商品倉庫を仮定してシステムとしての問題を考えて見よう。この倉庫は工場から長距離トラック輸送により多種の製品をストックし、市内各地の卸小売の要求に対して倉出しを行なうものとする。無数にある問題のうちエレベータ計画に関連ある事項をあげると、

入庫

(1) 到着する長距離トラックがエレベータの能力不足のためにいたずらに待ち合わせをしたり、混雑したりしないようにすること。

(2) 入庫用と出庫用とエレベータを分離して設置して、出入の混雑ぶくそうをなくするとか、長距離トラックの到着時点を閑散な時点に移すなどの管理方法。

(3) エレベータの荷積み荷降ろしのハンドリングおよび行き先階別仕分けの方法の合理化。

出庫

(4) 配送トラックのむだ待ち混雑を避ける配車システム。

(5) 小口需要のひん度にマッチしたエレベータ計画。

(6) 階ごとの出庫需要をラールして一定限界以下では出庫をせず、また一定時間以上は待たせないというようなエレベータ運用上のルールの確立。

入出庫の共通問題

(7) エレベータホールでの荷または車さばきの交通問題。

(8) エレベータ運転を阻害しないような伝票受け取りなど管理システムの合理化。

(9) 戻りパレット、戻り車(荷扱者も含めて)の輸送およびラールの方法。

などであり、エレベータのみで解決できる問題でないことを了解願えると思う。

3. 3 荷物エレベータを使用するのが果して適当か

荷物エレベータの設備計画をたてるにあたって基礎的に調査すべき事項として詳細を述べてきたが、これらの検討結果ではたして荷物エレベータにより輸送を行なうことが適当かどうかを振り返ってみなければならない。

一般に多量輸送にはコンベヤシステムが有効であって、待ち時間なしに、迅速に輸送することができる。垂直輸送についても、トレエレベータあるいはパーティカルコンベヤなどの方式があり、まだ十分発達しているとはいえないが、エレベータと対比して輸送力、経済性(設備費、維持費および建築費、専有面積など)、安全性、信頼性、融通性などにつき検討すべきである。

4. 主要仕様の決定

4. 1 積載量およびカゴサイズ

荷物エレベータの積載量は有効面積1m²につき250kg以上と定められており⁽²⁾、一方また床面積に対してあまり過大な積載量をとる場合はエレベータの摩擦駆動上不利をきたすことになる⁽³⁾。概略250〜350kg/m²の値にとるのが望ましい⁽⁴⁾。

積載量の決定にあたっては図4.1のような手順で行なうのが適当であろう。

ここで積載量というものは、エレベータが走行してよい最大積載量を意味する。荷物エレベータの場合、荷物の出し入れ中にカゴ床に載る荷重は必ずしも走行中の値と同じではない。

これはフォークトラックがカゴに乗りこんで荷を降ろし、ふたたび

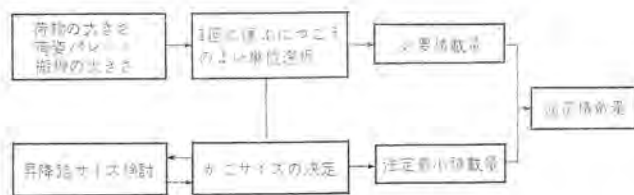


図 4.1 荷物エレベータ積載量の決定
Fig. 4.1 Method of determination freight elevator capacity.

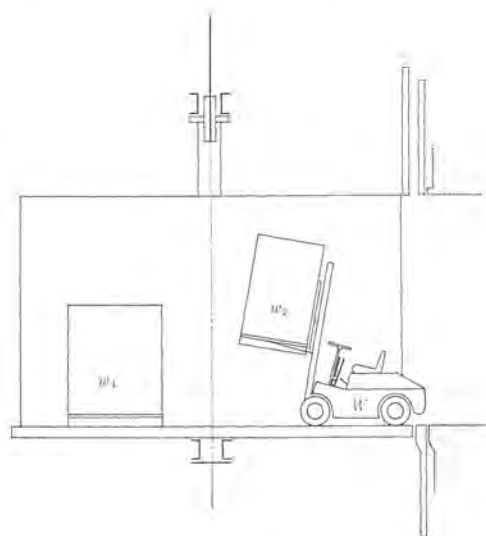


図 4.2 C クラスローディングの条件
(トラックは外に出て荷のみ運ぶ場合)
Fig. 4.2 Load limit of class C loading.

外に出て カゴ を送る場合があるからで、アメリカンセーフティコード ではこれをC クラスローディングと称して規定している。(図 4.2)

三菱荷物エレベータはすべてこのCクラスローディングで設計されており、エレベータ停止中に カゴ にかげられる最大垂直荷重は積載量の1.5倍まで、いちどにかげられる最大の垂直荷重は積載量の値までとなっている。(乗用、人荷用の場合はいかなる場合もエレベータにかかる荷重は積載量をこえてはならないし、いちどにかかる荷重は積載量の1/4までとして⁽⁵⁾設計されている。)

4.2 速度

エレベータ速度は巻上機の出力を決定する重要仕様であるが、荷物エレベータにとって輸送力の点でみるならば必ずしも速いほうがよいというものではない。

荷物あるいは車(手押し車から動力車)を出し入れする場合、着床精度のいかにきわめて重要である。着床精度が悪く床が狂った場合は手では車が押し上げられなかったり、カゴや荷物に大きな衝撃が加わったりしてつづごうを起こす。

一般に荷物エレベータを設置する場合は5〜6階程度の低い建物であり、荷の積み降ろし時間およびドアの開閉時間が長いのでエレベータ速度を上げる効果は半減する。したがって過大なエレベータ速度を選ばないようにすることが望ましい。

当社の荷物エレベータ標準速度を交流一段速度および交流二段速度(1部直流可変電圧)の各エレベータ方式について、積載量とともに示すと表4.1のとおりである。

荷物エレベータの設備計画・三矢

表 4.1 荷物エレベータの標準速度

区分	方式 速度 m/min 着床精度mm 積載量(kg)	AC-2 (太ワク内 DC)					
		AC-1	AC-2 (太ワク内 DC)				
		22.5	15	22.5	30	45	60
小形	650	○		○	○	◎	◎
	900	○		○	○	○	○
	1,000	◎		○	◎	◎	○
中形	1,150	○		○	◎	○	○
	1,350	◎		◎	○	◎	◎
	1,600	○		○	○	◎	◎
	1,800	○		○	○	○	○
	2,000	◎		○	◎	◎	◎
	2,250	○		○	○	○	◎
大形	2,500			◎	◎	◎	
	3,000			◎	◎	○	
	3,500			◎	○	○	
	4,000			◎	○	◎	
	4,500			◎	◎	○	
特大形	5,000			◎		◎	
	6,000			◎		◎	
	7,000	○	○	◎		○	
	8,000	○	○	◎		○	
	9,000			○		○	

注 右上太線の範囲は 1:1 他は 2:1 (1部 3:1) ローピング
○, ◎印 標準 (◎は推奨仕様を示す)

表 4.2 三菱荷物エレベータ用ドア装置

種類	ドア方式		適用範囲		概略 戸開時間 sec	備 考
	乗り場	カゴ	出入口幅 J (mm)	高さ H (mm)		
手動ドア	左右戸	2枚戸片開き	750~1,500	1,900~2,200 (8~14)	乗場の戸の開閉はクローザにより自動的に 行なわれる	
		たたみこし戸(片開き)	1,200~1,500	1,900~2,200 (10~14)		
	上下戸	3枚戸片開き	1,501~2,100	2,000~2,400 (14~20)		
		2枚戸上開き 1枚戸上開き(金網戸)	1,200~2,400	1,800~2,200 (10~14)		
電動ドア	左	2枚戸片開き	750~1,100	1,800~2,400	3~4	max. J×H=9m ² 積載量2,500kg まで max. J×H=13m ² 積載量6,500kg まで max. J×H=8m ² max. J×H=15m ²
			1,101~1,500		3~5	
		3枚戸片開き	1,200~1,500		3~5	
			1,501~2,250		6~7	
	右	4枚戸中央開き	1,400~1,800		3~5	
			1,801~2,400		4.5~5.5	
	上下戸	2枚戸上開き 1枚戸上開き	1,500~3,200	1,800~3,200	4~6.5	
			2,500~4,500	2,000~4,000	4~8	
7	戸	2枚戸上開き	1,500~3,200	1,800~3,000	5~8	
			1,500~4,500	2,000~4,000	5~10	

4.3 ドア装置

4.3.1 ドア装置の種類

閑散な使用の AC-1, 中小形荷物エレベータには一般に手動ドアが適当である。AC-2 以上および大形エレベータには電動ドアを用いることを推奨する。

荷物エレベータは荷物の積み降ろしの関係から出入口幅はできるだけ大きくとることが望ましく、カゴ室の開口全部を出入口幅にとる上下戸がよく用いられる。

左右戸の場合は戸袋寸法の少ない 2CO (4枚戸中央開き) および 3S (3枚戸片開き) が多く用いられる。

三菱荷物エレベータのドア装置の標準を表 4.2 に示す。なお出入口幅の標準寸法は 50t (3S, 1,500 以上は 75t) である。

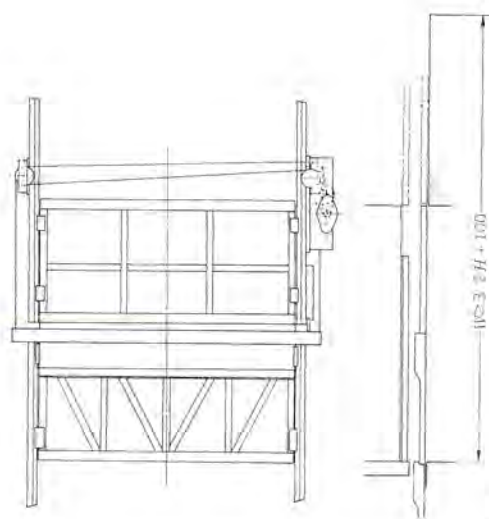


図 4.3 2枚戸上下開きレギュラタイプ 乗場ドア
Fig. 4.3 Bi-parting hoistway door (regular type).

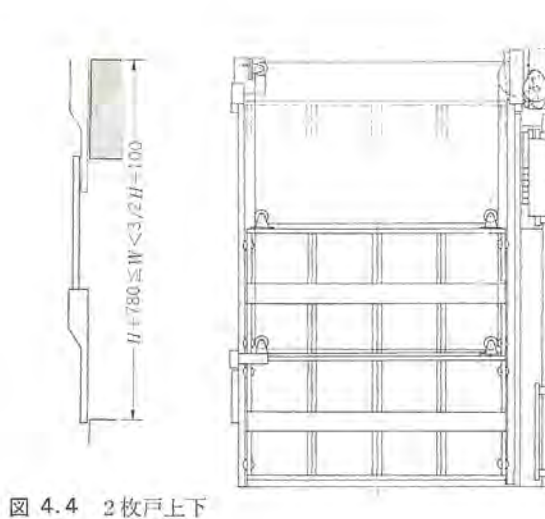


図 4.4 2枚戸上下開きパスタイプ断面図
Fig. 4.4 Section of bi-parting hoistway door (pass type).

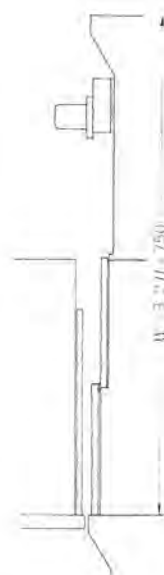


図 4.5 2枚戸上開き乗場ドア
Fig. 4.5 Two speed up sliding hoistway door.

4.3.2 電動2枚戸上開きと2枚戸上下開きの比較

2枚戸上下開き方式(図4.3)は上下2枚の戸の重量がバランスしてそれぞれ中央から上下に開く方式であり、構造が簡単であるので世界的に用いられている方式である⁽⁶⁾。2枚戸上開き方式(図4.5)と対比した特長は、

(a) ドアの慣性が少なく、ドアストロークが出入口高さの半分でよいから戸の開閉時間が短い。安全性も高い。

(b) 階高の低い場合にも十分な出入口高さをとることができ、きとくにパスタイプ(図4.4)として階高を低くとることができる。

これに対して最近、2枚戸を上を開く方式を好む向きが多くなった⁽⁷⁾。2枚戸上開き方式の利点は、

(a) ドアは上に開くから上下開きのように下の戸の上に車が乗るようなことがなく、強固な敷居からカギに乗り移れる。

(b) ドアが車輪の泥などで汚れない。

(c) 上下開き戸の全開しない状態で車が入り込んで戸を損傷するようなことがない。

(f) ピット深さに関係なく出入口高さがとれる。などがいわれている。その反面、次の欠点をもつ。

(a) ドアのバランスおもりを含めて重量が増加し、構造が複雑、高価になる。

(b) ドア慣性が大きく、ストロークは出入口高さいっぱいとなるので戸の開閉時間が長くなる。駆動機も大形となる。

(c) 上下方向の据付スペースが大きく、短い階間に適用できないし平面関係でも占有スペースが大きい。

以上のごときそれぞれの特長があるので据付条件を勘案のうえ選択すべきであり、いずれのほうがよいというような予断をもって仕様を決めるべきではない。

4.4 設置台数、輸送力

ほかに換える垂直輸送設備のない場合は、不測の事故・故障に備えて2台以上設置するのが安全であろう。

同形品を並列に設置する場合は、製作、据付、保守に便であってきわめて望ましい。

積載量、速度などを変えたエレベータでそれぞれの輸送目的に使用することも有効である。

エレベータ設置台数決定にあたっては輸送需要のひん度を考慮しなければならない。

エレベータに期待できる輸送回数は下記のごとく限られたものである。3.1.3項で述べた第1形式の輸送を行なう場合、要求される輸送需要のひん度がこれより大きい場合は何回かの需要をまとめて輸送するか、あるいはエレ台数を増してひん度にこたえるかの方法をとる必要がある。

今、1時間の間に期待できるエレベータの輸送回数を n とすれば、 $n=3,600 \text{ sec}/\text{平均1周時間}(\text{sec})$

ここで平均1周時間は基準階と平均階間を往復し、一方で荷積み、他方で荷降ろしを行なう時間とする。

平均1周時間=2(走行時間+戸開閉時間)
+平均荷積み降ろし時間

ここで 走行時間=走高階高/エレベータ速度
として考えてよい。

たとえば6階建、平均走行階間が12m、エレベータ速度を30m/min、ドア開閉時間を $5+5=10 \text{ sec}$ 、荷の積み降ろしを $60+60=120 \text{ sec}$ とすれば、 $n=3,600/2 \times (12/0.5+10)+120$

$=3,600/188$

$=19 \text{ 回/時}$

となる。したがって期待できる輸送力としては各輸送ごとの平均輸送量に回数をかけた値となる。

期待輸送力= $n \times \text{平均輸送量}(\text{1時間あたり})$

これを考えれば運転手なしの自動運転の場合は乗り場呼びのひん度に応じてエレベータが運転されるから、小量輸送がふえ、平均輸送量が下がることがある。したがって輸送回数を台数によってふやしてやらなければならない。

運転手付きとすれば、ある程度の輸送量にまとまるまで乗り場呼びを制限して運行することができるが、この場合前に述べたような運行ルールの確立が必要である。

4.4.2 乗り合方式の不具合

次に乗り合方式が荷物輸送力からいって損となることを簡単な例で示そう。前例の6階建ビルにおいて1階から2~6階の各階に各 $5 \times 200 \text{ kg}=1 \text{ t}$ の荷を運ぶとする。200 kg 1個の荷の積み

降ろしが12秒で、5個で60秒と仮定する。1tずつ各階に往復して運ぶ時間は前例から、

$$188\text{sec} \times 5 = 940\text{sec}$$

これを、2～6階行きを5個積んで各階止りで降ろし、6階から1階に帰ることを繰り返した場合

$$\begin{aligned} 1 \text{ 周時間} &= 6 \times \text{戸の開閉時間} + 5 \times \text{階間走行時間} \\ &\quad + (6\text{F} \rightarrow 1\text{F} \text{ 走行時間}) + \text{全積み降ろし時間} \\ &= 6 \times 5 \times 2 + 5 \times 8 + 40 + 2 \times 5 \times 12 \\ &= 260\text{sec} \end{aligned}$$

よって、5回で各階に1トンずつ運び終わる時間は1,300secとなり乗り合方式の能率の低さが明らかとなる。これの原因は同一量を運ぶのに戸の開閉回数が10回から30回にふえ、走行距離が約2倍となったためである。実際には、荷の積み降ろし時間は車などで一度に出し入れすることでさらに改善されるから、この差はさらに広がるはずである。能率的な運転のためには、管理を合理化しなければならないことが了解されよう。

4. 5 操作方式の標準と選択

4. 5. 1 操作方式

荷物エレベータの標準方式には運転手なしシングルオートマチックFと、運転手付き運転に切り換え可能なシングルオートマチックデュアルFとがある。

(1) シングルオートマチックF, 1BF

乗り場ボタンは一つボタンで昇降共通である。かご操作盤の行き先階ボタンまたは乗り場ボタンを押せば、その呼びに応じて起動し、その階に停止する。かごが呼びに応じて運転中のときと、階に停止して戸を開いているときは、他の呼びに応じない、呼びがなければ最後に停止した階に戸を開けたまま待機する。

(2) シングルオートマチックデュアルF, 1B(DWA)F

(1)のシングルオートマチック運転と運転手付き運転の切り換え可能な方式である。この方式ではかご内に単式アナセータが追加され、かご操作盤の切り換えスイッチを運転手付きに入れると、乗り場ボタンはかごの呼び寄せ能力がなくなり、たんにアナセータを点灯するだけとなる。運転手は乗り場呼びを見ながらかごを運転すればよい。

以上の基本的2方式は5停止以下の輸送需要ひん度(呼び)の低い場合(20～30回/時以下)には1BFを選び、ひん度の高い場合および6停止以上に対しては1B(DWA)Fとするのが適当である。また自動運転の呼びを自動登録して順次にこたえてゆく方式も可能であり、詳細は本特集「自動車用エレベータ」を参照されたい。

4. 5. 2 電動戸閉制御方式

荷物エレベータの電動戸は通常かごが着床する前後に自動的に閉きはじめる。閉める場合はかご内または乗場の戸閉ボタンを押して戸を閉めるいわゆるボタン閉方式が多く採用される。これは時限により自動的に閉めるとすると荷物の大小軽重により積み降ろし時間が不確定であるので不つごうが生ずるからであり、また戸を荷物などにあてたりしないよう監視しながら閉められる安全性を重視するからでもある。

この方式によると使用後の戸の閉め忘れや、乗り場ボタンの押し逃げの場合にエレベータは戸が開いたまま、他階より呼びよせられなくなる不つごうが生ずる。

当社ではこの不つごうを解消するため、あらたにボタン閉自動閉方式を開発した(特許申請中)。この方式によれば通常は運転者が戸閉ボタン(かごまたは乗り場)により戸を正規のスピードで閉めるが、戸の閉め忘れとか乗り場ボタンの押し逃げのような場合には一定時限後に人に危害を与えるおそれのないよう十分スロースピードで自動戸閉を行なう。

この場合の安全装置としてはトビラの先端にセーフティスイッチを設け、戸閉め開始直前には予報ザーを鳴らすなど万全を期している。以上のボタン閉自動閉方式は1BF-ADC、または1B(DWA)F-ADCの記号であらわしエレベータの使用者を特定の人に限定できない場合に推奨する。

4. 5. 3 その他の操作方式

輸送する荷物の単位が小さく人が持ち込んではいれるものであり、しかも輸送ひん度が高いという場合は、セレクトブコレクタデュアルF, 2BC(DWA)Fとして、同一方向の乗り場呼びに応ずるようにするのがよい。

この場合は2BC運転でもかご内の通過ボタンにより必要に応じて乗り場呼びにこたえないことができる。

また運転手付運転に切り換えれば乗り場呼びはかご内の複式アナセータを点灯して呼びの位置と方向を示すだけとなり、呼び寄せ作用はなくなる。これにより運転手の判断によりかごが運転されることになるのは1B(DWA)Fの場合とどうようである。

5. 荷物エレベータのかごサイズ

各積載量に対する標準かごサイズと間口奥行の製作可能な範囲を表5.1に示す。これには標準かごサイズについて適用できる出入口幅を各戸閉方式について付記してある。各かごサイズについてのレイアウト詳細は戸閉方式によって変わるが、代表例を図5.1, 5.2に示す。

表 5.1 荷物エレベータ、かご床、サイズおよび出入口幅

区分	積載量 (kg)	最大有効面積 (㎡)	Max カゴ床サイズ		Min	標準カゴ床サイズおよび適用出入口幅					
			外法間口 a (mm)	外法奥行 b (mm)	カゴ床外法間口 a (mm)	外法間口 a (mm)	外法奥行 b (mm)	上下戸 J mm (a-100)	左 右 戸 J (mm)		
									2 CO	3 S	2 S
小形	650 900 1,000	2.6 3.6 4.0	2,200	2,500	1,000	1,600	1,500	1,500		1,200	1,100
	1,800	2,100				1,700	1,350	1,250			
中形	1,150 1,350 1,600 1,800 2,000 2,250	4.6 5.4 6.4 7.2 8.0 9.0	2,500	3,200	1,200	2,000	2,400	1,900	1,400	1,500	1,400
	2,850	4,000				1,600	2,100	2,800		2,000	1,500
			2,200	3,200	2,100		1,600	1,800			
			3,300	5,000	2,150		2,500	3,500	2,400	1,800	2,000
2,800	3,900	2,700				2,000	2,250				
3,100	4,300	3,000				2,200					
大形	2,500 3,000 3,500 4,000 4,500	10.0 12.0 14.0 16.0 18.0	3,600	6,000							
	6,500 9,000	26.0 36.0				4,000 4,500	7,000 7,500	2,600			

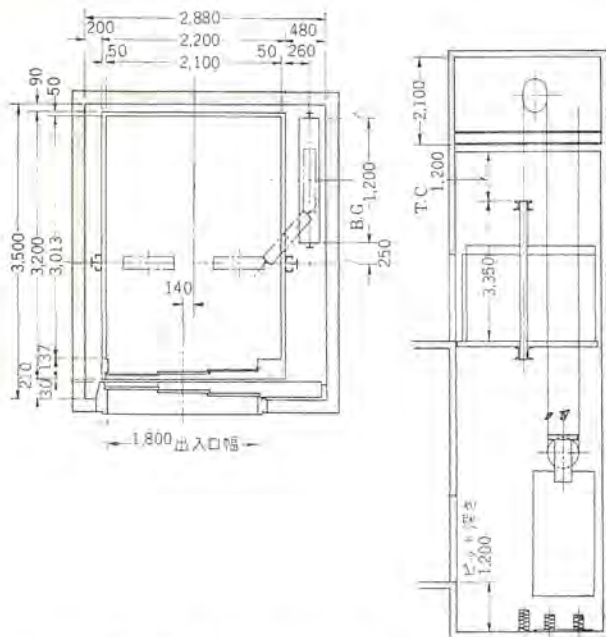


図 5.1 積載量 2,000kg 荷物エレベータ例
Fig. 5.1 Typical layout of 2,000kg freight elevator.

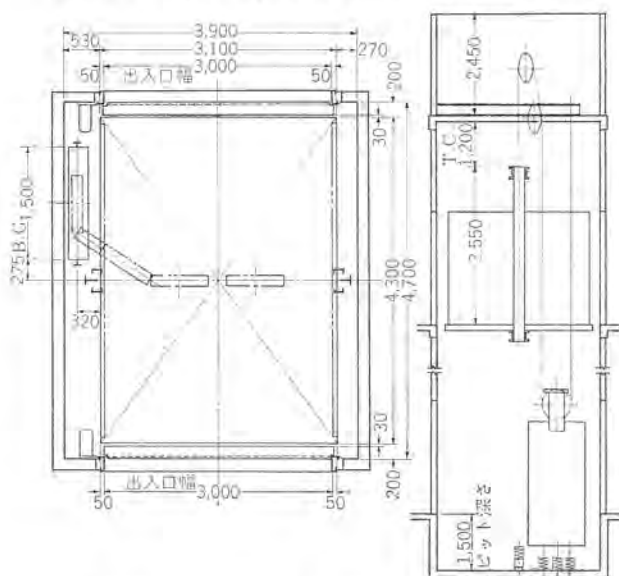


図 5.2 積載量 4,500kg 荷物エレベータ例
Fig. 5.2 Typical layout of 4,500kg freight elevator.

6. レイアウト計画上の注意

6.1 建物の中での位置

フロア内での輸送経路が短く合理的であるようにエレベータを位置させねばならないが、乗用のごとくホールを建物のコアの部分にもってゆくことはまずないといえよう。

建物外部からのインラットを取り入れやすく、これを各階のインラットに移すというために出入口を2方口として、一階出入口を建物外壁に他階出入口を反対側に設けることがよく行なわれる。2方口は荷物エレベータ（自動車用およびベッド用を含む）にのみ許されている方式であり⁽²⁾、積極的に利用して輸送の流れの合理化を計るべきである。

6.2 荷さばきスペース

各種の荷扱い方法に対して支障のない十分なホールの広さを取らねばならない。車あるいはフォークリフトなどを利用する場合、車長と回転半径を考慮する必要がある。簡単にはエレベータ奥行分だけホール奥行をとれば、だいたい可であろう。

またエレベータから出る荷と入る荷が乗り場で混雑しないだけの面積も必要である。

さらに市中の建物ではトラックの待ち合せ場、荷さばき場を考慮して道路交通に支障をきたさぬようにせねばならない。

6.3 特殊な環境条件をできるだけ避けること

エレベータの生命は安全を含めた信頼性にあるといっても過言でない。荷物エレベータはエレベータのうちでも簡易を旨としたものであるが、それでもわずかの接点の故障が運転を不能とし、あるいは事故を生ずることになる。

できるだけ通常の屋内設置のエレベータと同一の環境として、信頼度の確認されたエレベータとして設置することが望ましい。

特殊な環境の例としては次の各種がある。

(a) 冷凍倉庫

冷凍室の冷気が昇降路に侵入せぬようエレベータホールと別に予備室（前室）を設ける必要がある。防滴、防水対策を隔離度に応じて行なう必要がある。

(b) 地上階、屋上階の出入口の屋外露出

この場合はひさしを十分にだして、数層も雨水が流入せぬよう、斜面をつけて高くする必要がある。

(c) 含 waters 輸送あるいは立て穴エレベータ

相当量の水が荷からたれる場合や、立て穴などでは、適応した防水、防滴対策を施さねばならない。

(d) 腐食性ガス

金属、化学工場などでは硫化水素、亜硫酸ガスなどの腐食性ガスがでる場合が多い。エレベータとしては耐食性の接点を使用するなどの対策をしても一時的であって、機械全般寿命の低下は救えない。公害問題もあり、許容限度まで廃ガス処理を行なうべきであろう。

(e) 爆発性ガス

エレベータは防爆対策を必要とするような環境には一般に不適である。そのような環境内に計画するのは好ましくない。

7. むすび

荷物エレベータの設備計画として輸送力を中心とした計画の方法について述べてきたが、データも不足であり意に満たぬ点が多い。

待ち行列などの確率論的取り扱い、あるいはORの手法などが考え方としては非常に参考になるが、現実の問題としては仮定が多く使用しがたい面がある。

本格的にこの種の問題を扱うには、電子計算機によるシミュレーションによるのが適当と考えられる。今後の問題として検討してゆきたいが、ご利用者の理解あるご協力をお願いしたい。

参考文献

- (1) 千場：「荷役と機械」12, 33 (昭40)
- (2) 建築基準法
- (3) 三矢：「三菱電機」29, 571 (昭30)
- (4) B. S. 規格では「約」
- (5) American Safety Code for Elevator.
- (6) 武長：「三菱電機」30, 665 (昭31)
- (7) 高橋：「日立評論」38, 15 (昭35)
- (8) 今井：「晴海埠頭倉庫機械設備の概要「荷役と機械」6, 6 (昭40)
- (9) 浮野：「荷役と機械」1, 22 (昭40) 百貨店配送センターレイアウトの改善
- (10) 五味：東京豊海冷蔵におけるフォークリフト荷役とパレチゼーションの採用「荷役の機械」6, 19 (昭40)
- (11) 宮城、外野、白村：「三菱電機」32, 1281 (昭33)

三菱エレベータの最近の技術的進歩

高 村 明*・瀬原田三郎*・都 竹 尚*・安西伸夫*

Marked Technical Progress of The Latest Mitsubishi Elevators

Inazawa Works Akira TAKAMURA・Saburō SEHARADA・Takashi TSUZUKU・Nobuo ANZAI

With forthcoming materialization of building skyscrapers in this country, elevators covering high speed ones are making marked technical progress of late. Under the circumstances Mitsubishi has developed "Synchro-glide" high speed elevators of high performance for use in ultra high buildings. The information on them has been made public in details. This article describes the latest important technical progress of Mitsubishi Elevator made by improvements on above-mentioned "Synchro-glide" elevator system thereafter and developments on electrical and mechanical apparatus being already in line.

1. ま え が き

先の建築基準法の改正により、日本国内の高層建築の建設計画もますます具体化の段階に入ってきた。三菱電機はこの高層ビル用の高速高性能エレベータとしてすでにシンクログライド高速エレベータの開発に成功し海外各地に納入、実用していることを当技報⁽²⁾で先に紹介したがその後の納入、受注実績は表1.1のとおりである。

すでに営業運転開始後2年以上を経過した香港 マンダリンホテルをはじめ、世界各地で実働中の各高速エレベータは、われわれの期待以上にその優秀な運転成績を高く評価され、国内国外ともにさらに数件の商談が進展中である。

われわれはこれらの多数のエレベータの製作、据え付け、保守の貴重な実経験を基礎に、さらに名古屋製作所内のエレベータ試験塔、および新工場稲沢製作所内に新たに完成した世界最大の規模を誇る試験塔（昇降行程50m）において改良試験を行ない、シンクログライドエレベータの中心となる画期的性能を持つ DMRW 制御方式の標準化に成功した。

以下この論文はここ 10 年間その優秀性を広く認めていただいていた RWBL 制御方式（ロートロール使用）に代わって、当社の歯車なしエレベータの標準制御方式として採用される DMRW方式（DMR 形レギュレータ使用）シンクログライドエレベータを中心に三菱エレベータの最近の技術的進歩の跡をまとめて紹介する。

なお最近、自動化の発達から運転手なしエレベータがどんどん

増してきており、今後はほとんどが自動エレベータになると思われるので、以下の説明はおもに運転手なしの状態について行なうことにする。

2. よいエレベータとは

エレベータも普通の交通機関とどうように“最低のコストで最大の輸送能力を発揮する”ことが第1の目標だが、上下の運行であること、建築物の内部に据え付けられること、一般乗客が操作することなどの理由からやや特殊な要求が出てくる。すなわち“安全に”“乗りごちよく”“故障少なく”“使いやすく”“静かに”“美しく”などのことも同時に重要な目標として考慮せねばならぬ。これらの目標は高級エレベータか中級エレベータか、あるいは乗用か荷物用かなどのエレベータの種類によって重点の置き方は変わる。また目標は、互いに密接な関係があり、一方を改善すると他方もかなり改善される場合もあり、逆に一方を改善すれば他方がやむを得ずせいになる場合もある。一般に高性能高速エレベータにおいては、ほかの普及形エレベータに比べてその呼び名どおり、やや設備費は高いが、輸送力をはじめとしてあらゆる機能が極力高くなるように作ることが重要である。

2.1 輸送能力を上げるには

エレベータの最大の重要目標である輸送能力を上げるには、まず“運行サイクルを短くする”ように改良することが第1である。すなわちエレベータの運行は図2.1に示すように任意の階で戸を開いて乗客を乗り降りさせ戸を閉めて出発し、目的階に到着して戸を開きふたたび乗客が乗り降りできる状態にするという基本サイクルの繰り返しである。この基本サイクルに要する時間は“乗降時間”と戸が開りだしてから次に戸が80%開くまでの時間すなわち“床から床までの時間”に大別され、普通その各部分は図2.1（付表）に記述したような制限条件で押えられた時間で構成される。

輸送能力をあげるには定格速度をあげるより、むしろこの乗降時間と床から床までの時間が短い実効速度の高いエレベータを選ぶことがたいせつであることは繰り返し筆者らが指摘してきているが、それを実現するのにこの走行時とどのようにその前後の戸閉め時間、シーケンス時間、戸開き時間、乗降時間の短縮合理化がいかに重要かは、その時間比率から見てもおわかりいただけるかと思う。まずエレベータ走行中は、エレベータの実際速度曲線を描けるだけ図2.2の理想速度曲線に近づけ短い走行時間で、しかも乗りごちよく運行せねばならない。図2.3に例をあげたような

表 1.1 シンクログライドエレベータの納入受注実績

納入先	所在地	容量 kg	速度 m/min	台数	状況
マンダリンホテル	香港	1,000	210	6	営業運転中
A I A ビル	マレーシア	1,000	210	3	“
キングスシアタ	香港	1,000	210	4	“
ポリシェナショナル	コロンビア	1,350	210	2	“
パイパリヤ	コロンビア	1,600	210	4	据え付け中
サルミエント	フィリピン	1,150	210	4	“
ナショナルバンク	フィリピン	1,600	210	4	“
西阪神ビル	大阪	1,150	210	8	製作中
名鉄バスターミナル	名古屋	900	120	2	“
“	“	1,300	150	6	“
“	“	1,000	240	3	“
星島日報	香港	1,150	240	3	“
“	“	“	210	4	“
“	“	“	150	1	“
三菱試験塔	名古屋	1,150	150	1	運転試験中
“	稲沢	“	300	1	“
“	“	1,800	150	1	“

* 稲沢製作所

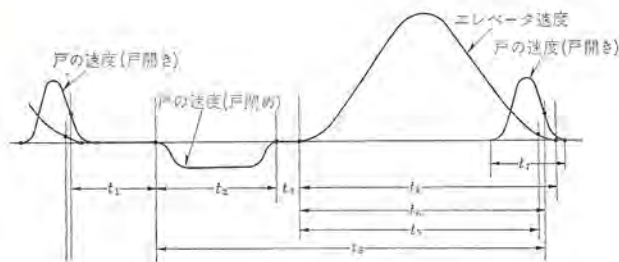


図 2.1 エレベータの標準運転シーケンス
Fig. 2.1 Typical operation sequence in elevator system.

時間	各 時 間 の 内 容	短縮しようとするとき考慮せねばならぬ条件	各階停止の場合の時間(秒)		
			DMRW方式	RWBL方式	普 通 の 例
乗降時間	t_1 戸が80%開いてから次に戸が閉りはじめるまでの時間で、この間に乗客の出入が行なわれる	○乗客の乗りにくさ	乗客の流れに合わせて可変最小 0.6	乗客の流れに合わせて可変最小 0.6	4~6以上
床から床までの時間	t_2 (1) 戸閉め時間	○乗客が戸に触れたときの安全性 ○動作時の騒音、振動 ○とびら駆動装置の出力	2.4	2.4	2.8
	t_3 戸が閉まってからエレベータが実際に動き出すまでの時間	○起動時の安全性 ○ブレーキの開放時間 ○制御系の遅れ ○基礎器具のシーケンス時間による遅れ	0	0.4	1
	t_4 (3) エレベータの走行時間	○乗りごち ○制御系の制御能力	4.35	4.5	5.0
	t_5 エレベータが走りだしてから目的階の床前 5 mm に来るまでの時間	○乗りごち ○制御系の制御能力	4.15	4.3	4.8
	t_6 (2) エレベータが走りだしてから戸が80%開くまでの時間	○乗りごち ○制御系の制御能力 ○戸開き時間 ○ランディングオープン中の安全性	4.15	4.65	5.5
	t_7 (1) 戸開き時間	○動作中の騒音、振動 ○とびら駆動装置の出力	1.35	1.5	2.0
	t_8 床から床までの時間= $t_2+t_3+t_6$	○ t_1, t_2, t_3, t_5, t_6 の制限条件	6.55	7.45	9.3

- * (1) 戸開き幅 1,000mm CO 運転手なしの場合を示す
* (2) 3.6 節で述べてあるように普通 $t_5 \leq t_6$ のように構成する
* (3) エレベータが走りだしてから完全停止するまでの時間

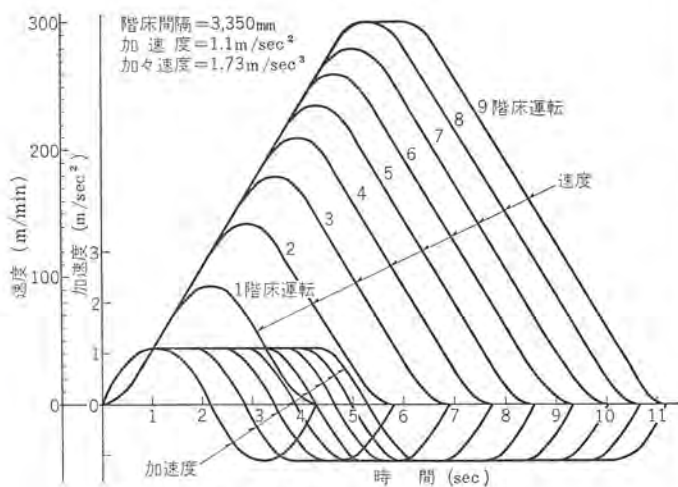


図 2.2 理想速度曲線(事務所用)
Fig. 2.2 Ideal performance curves(Office use)

等乗りごち曲線(1)に沿って運転した場合の走行時間と最大加速度と最大加々速度の関係を図 2.4 に示す。エレベータの乗りごちはだいたいこれらの数字の大小で決まる。

通常の階間距離 3.35m にたいする走行時間は非常に制御精度の高いエレベータでは 4.2~4.5 秒に選ばれ加速度は 1.15~1.02m/sec² 程度である。しかし、たとえば走行時間を 3.8 秒(アメリカ Westing house 社で実用中)程度にすると加速度は 1.46~1.3m/sec² に達することになりいかに等乗りごち曲線に沿って運転しても速度

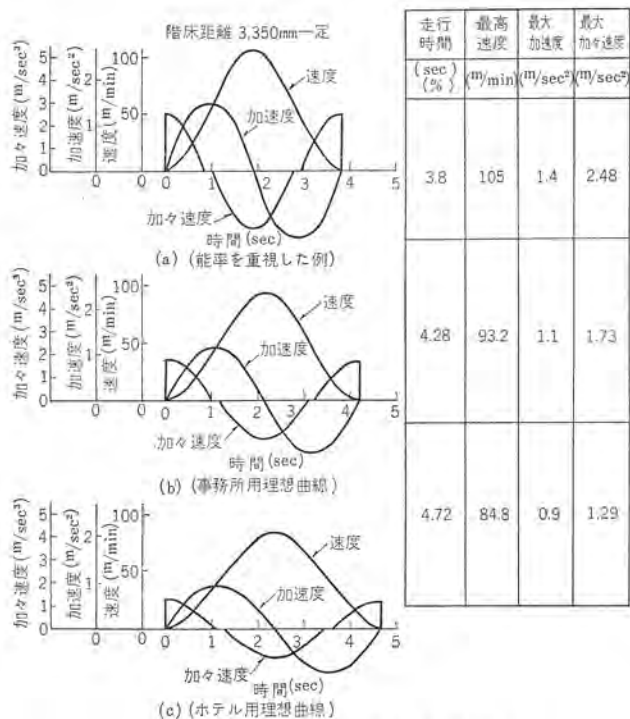


図 2.3 等乗りごち曲線の例
Fig. 2.3 Example of performance curves with equal riding comfortability.

感が高すぎて、国内では好まれないと思われる。このようにある程度以上の走行時間の短縮は不可能であるから、乗りごちを悪

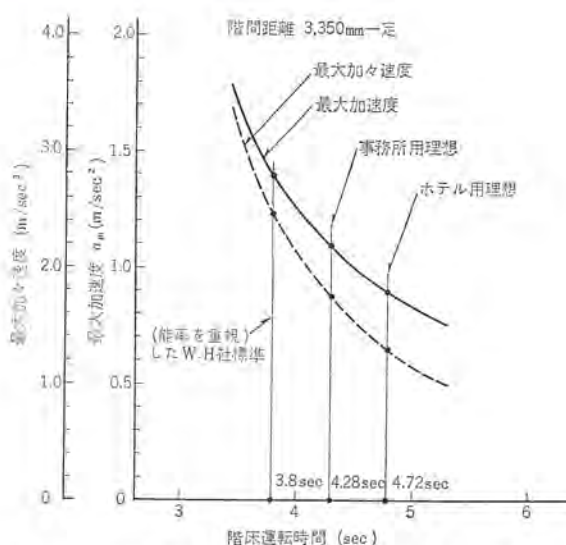


図 2.4 等乗りごこち曲線に沿って走行した場合の走行時間と最大加速度および最大加々速度の関係

Fig. 2.4 Max-Acceleration and Max-Jerk vs start to stop time assuming the equal Comfortability.

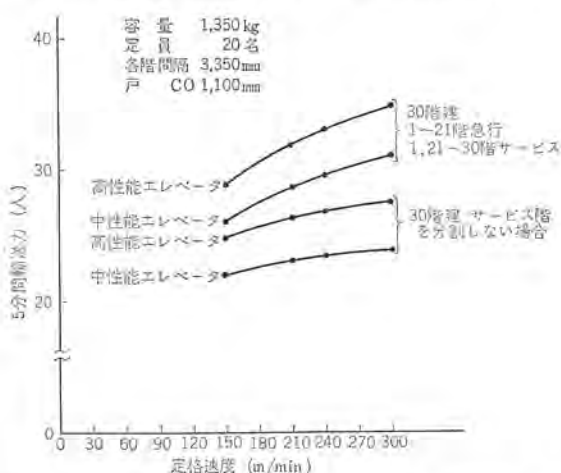


図 2.5 30階建事務所ビルにおけるエレベータ定格速度と輸送力

Fig. 2.5 Rated speed vs passenger carrying capacity of elevator in office building with 30 floors.

化させず運転率をあげるために、走行時間とどのようにそのほかの損失時間の短縮を計ることがきわめて重要である。

なおこの考え方は展望台用急行エレベータの場合は別として高層ビル向き高速エレベータにおいても、やはり重要であり、そのためのわかりやすい比較例を図2.5に示す。すなわち、この図からわかるように、定格速度150m/minの床から床までの時間の短い高性能エレベータは、さらに高価な速度300m/minの床から床までの時間のやや長い中性能エレベータより大きな輸送力を示す。要するに、最低コストで最大輸送能力をあげるには、経済的バランスを考え、いわゆるむだ時間に着目して乗降時間と床から床までの時間を短縮することがたいせつである。

またこの際、床前にクリープが出るために走行時間が増加するような場合、その時間の増加に比例して輸送能力が落ちると考えるのは大きい誤りであることに注意すべきである。すなわち輸送能力にもともと余裕があるようなラッシュ時以外でも、平均待ち時間が長くなりサービスの質が低下する。(しかも平均乗客数が増しただけストップの確率が増すので待ち時間は比例以上に増加する)さらにビルの交通需要にたいして昇降機設備の能力がやや少なく昼食時、上りピーク、下りピークに輸送能力の不足が心配さ

れるときには、その影響は“ゆきだるま”式に拡大される。すなわち、時間増加が原因でいったん輸送能力が不足してくると、乗り残しも出てくるため、出入口の混雑もひどくなり、余った乗客が乗り込みをあきらめるまで戸も閉らず、満員のカーからでは乗客も降りにくくなって時間がかかり、乗客が増しただけ1周中の停止回数の確率も増すなどの理由から、意外と1周時間が増加する。さらにその増加が原因で混雑をさらに助長し、……という形ではなほだしい能力不足におちいるのは、朝夕のラッシュ時のバス、市電の運転でもよく経験されるところである。

要するに乗客が多くても少なくても、エレベータだけで決まる基本動作に要する時間(たとえば走行時間、戸開閉時間など)は極力押えないと、単に比例で待ち時間が増したり、輸送能力が減ったりすることではまず、二乗以上の影響を与え、場合によってはわずか1.0secの走行時間の増加が原因で、かご容量を1,150kgから1,350kgに増してやっと元どおり輸送能力を回復できるようにすることに注意し、徹底的にエレベータ側で改善できる部分は損失時間を減らすように努力すべきである。とくに高速高行程エレベータになるほど、建築全体に対するエレベータのしめる面積が大きくなるので、設備費はある程度高くなっても、高性能エレベータを台数少なく据え付けて、しかも輸送能力を確保する必要性が高くなってくる。

以下この論文は各項でも、時間の面から説明を進めるが、このように交通状況に与える影響が大きいことを考慮に入れて吟味していただきたい。

3. シンクログライド方式高性能エレベータ

以上述べた乗降時間と床から床までの時間を最小にするために、シンクログライド方式エレベータは数多くの改良がなされた。その結果、従来から乗りごこちのよい能率的なエレベータとして国内、国外で認めていただいているRWBL方式に比べて、乗りごこちを悪くすることなしに図2.1(付表)に示すような時間短縮に成功した。以下順次エレベータの動作順序に沿ってその主な改良要点を説明する。

3.1 トラフィック・センチネル(特許)による乗降動作の合理化

まず第1にエレベータが着床して戸が開いてから乗客の乗り降りが終わる、次に戸が閉まりきるまでの時間経過を振り返って見よう。単に安全装置として機械式セーフティシュ、光電装置、エレクトロニクスディテクタのいずれかを採用した場合に見受ける不具合は大別して次の二つの形がある。

(1) 一つの形は戸を開いておく時間(不干涉時間)を乗場の遠い所にいる客でも、また乗降客が多いときでも十分に乗り降りができるように長く設定した場合、逆に乗降客が少ないときには、乗降が終わっても戸が開いたままむだに不干涉時間の終了を待つことになる。このむだ時間は、停止のたびごとに繰り返すことになるので運行能率が下り、乗客はやり場のない焦燥感にかられて、いちいちいらだたく戸閉めボタンを押して戸が閉まる時期を早めることになる。

(2) ほかの形は、このむだ時間を減らすために無理に不干涉時間を短く設定した場合である。この場合エレベータから遠い所にいる客は非常にせかせかと乗り込まぬと乗りそこなうことになり、また乗降客が多いときには、乗降が終わらないうちに戸が閉りだすので乗客は手でセーフティシュあるいはエレクトロニクスディテクタを押えながら乗降することになり、不慣れな人は“安全第一”と乗り込むことをあきらめることになる。

これに対し、トラフィック・センチネルは安全機能のほかに運行能率を高める機能を持っており、ちょうど機械で親切な運転手が行なう動作のように、乗降の状況を監視して必要な時間をはずさずに、戸を閉めはじめのように働く。すなわち乗降客が多いときでも少ないときでも、乗降が続いている間は戸は全開を保っており、無用な開閉動作がない。したがって乗客は安心して乗降ができ、手で戸が閉るのを防ぎながら乗降するようなことはなくなり、しかも乗降が終わるとただちに戸が閉り始めるから、戸が開いている時間は常に最小必要限に保たれ運行能率が向上する。実測の結果、このトラフィック・センチネルの有無による1周時間の差は5~10%に達している。

また同時に、かごの間口を広く奥行きを浅く作り、中央開き形式の戸を採用すると乗客の乗り降りがスムーズに行なわれ、乗降時間の短縮に非常に効果があることも注意する必要がある。

3.2 戸閉めから時間損失なしにただちに走行へ

戸閉めから走行への移り変り時間（図2.1の t_3 は、特別な対策をほどこさぬ限り0.6秒くらいで、とくにこの点についてあまり考慮せず起動シーケンスを設計した場合は、1秒近くになることがある。この時間は一見短いから、たいして運転能率に影響しないように考えられやすいが、たとえばGLエレベータが各階運転するに要する純走行時間は、階間距離3.35mで4~5.5秒程度であって、その短縮に要する費用がかなり高いことと比較すれば、0.5~1秒の時間がいかに大きいものであるかは図2.1付表からも明らかである。とくにこの損失時間の大きい例では、高級GLエレベータにおいてすら、1秒程度に達し、戸が閉まりきったときになかなか起動せぬため、乗り込む→戸が閉まる→かごが動き出すという一連のなめらかな流れの中で乗客にとまどった感じを与え、ひどいときには一瞬故障かと錯覚させる場合すらある。このようなエレベータではいかに、走行を理想的に行なっても起動ごとの損失時間のために、総合的な1周時間は5%程度長くなり、とくに輸送能力の不足が問題になるピーク時に与える弊害は大きく、同じ能率を発揮させるために走行時間を短縮しようとしても図2.4からわかるように実際問題としては、無理なほど乗りごこちが悪くなり、けっきょく容量か、台数を増す以外方法がない。

したがって、乗りごこちを快適なものにししながら運転能率をあげるために図2.1に示す損失時間 t_3 を少なくすることが重要である。このためには、戸が完全に閉まりきってから走行シーケンスを開始するのではなく、戸が閉まりきる寸前に走行シーケンスを開始し、戸が閉まりきったときただちに、起動を開始するように構成し、起動時のシーケンス時間を著しく減少させ、ほぼこれをゼロにすることが必要である。（特許出願中）

なおこれに関連して一般に戸閉めから走行への切り換え部分は、乗客の手またはカバンの一部をはさんだまま走行する危険がないように、戸閉めの最後までトビラ安全装置の動作を有効にしておくことがとくに重要である。ところが戸閉め終端に近づくと普通のセーフティシューは、シュー相互の接触をさけるために引込動作を開始するし、また静電容量の変化を利用して乗客の検出を行なうエレクトロニックドアディテクタの場合はその対地容量が大きく変わって検

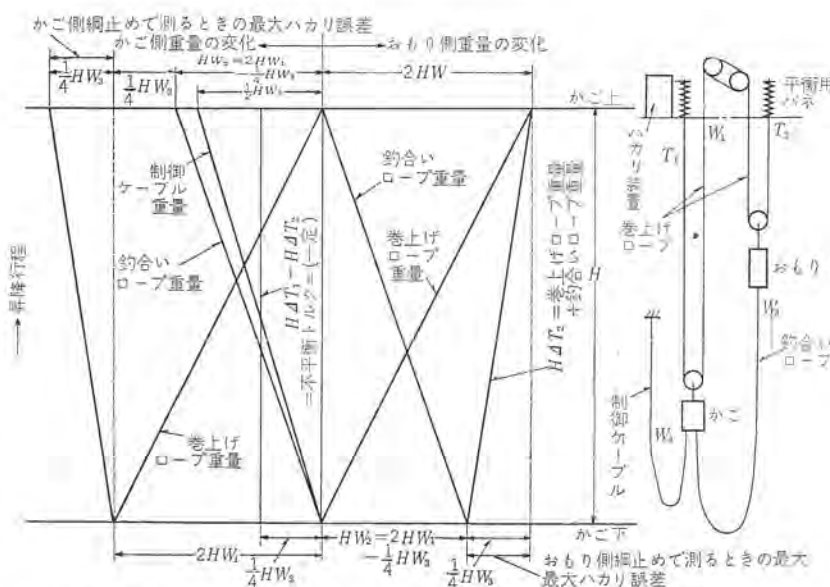


図 3.1 2 : 1 ロープ用ハカリ装置のかごの停止位置によるかご側・おもり側重量変化図

Fig. 3.1 Change of suspension load at the hitch plate of car side and counter weight side vs any car position on the travel.

出不能になる。したがって、いずれの場合も全閉位置よりちょっと手前からその機能をそぐことを避けえなくなるが、当社特許のセーフティシューは、引込動作に入ってからその動作は有効なので、全閉位置まで確実に安全装置として働く。

三菱シンクログライド方式高速度エレベータではすべて、この特許引込式セーフティシューの効果を十分に生かして安全度高く、しかも、シーケンス損失時間をほとんどゼロにしている。

3.3 新形ハカリ装置によるファイン・スタート

エレベータ起動時のショックを皆無にし、起動時の損失時間を少なくするために、起動前かご内負荷を計測し、負荷の発生する不平衡トルクにみあうトルクを巻上機にあらかじめ与えておいてから、ブレーキを開放して、起動を行なう必要がある。この方式はハカリ起動方式（特許）と呼ばれ、150m/min以下に使用されてきた三菱オートロー制御方式では、一般に2 : 1ローピングが採用されているので図3.1に示すように、かご側網止部分の平衡用バネの変位をとり出してこれをハカリ信号として使用してきた。この方法はかご内荷重のほかに、かご自重、ケーブル、ローラの自重も同時に測ることになる。150m/min以下の中速度エレベータでは、昇降行程がそれほど大きくないのでこれで十分であるが、昇降行程が大きくなるとローラ、ケーブルの重量による誤差が無視できなくなる。

すなわち図3.1において

今、かご側網止部分の Tension	T_1 kg
おもり側 "	T_2 kg
巻上げローラの単位長さの総重量	w_1 kg/m
釣合いローラ "	w_2 kg/m
制御ケーブル "	w_3 kg/m

として、かごが h (m) 上昇したときの T_1 の変化 ΔT_1 kg
 " T_2 の変化 ΔT_2 kg

を求めると

$$2\Delta T_1 = -2hw_1 + hw_2 + \frac{h}{2}w_3 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$2\Delta T_2 = 2hw_1 - hw_2 \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

式(3.2) = 式(3.1)

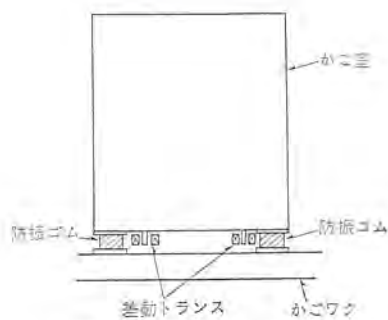


図 3.2 新形床下ハカリ装置原理図

Fig. 3.2 Schema of new car platform weighing device.

$$2(\Delta T_2 - \Delta T_1) = h(4w_1 - 2w_2 - \frac{1}{2}w_3) \quad (3.3)$$

式 (3.3) から左辺 = 0 とおいて釣合条件が決定されるわけであるが、

$$4w_1 - 2w_2 - \frac{1}{2}w_3 = 0 \quad \text{から} \quad w_2 = 2w_1 - \frac{1}{4}w_3 \quad (3.4)$$

が完全釣合条件の式になる。すなわちカゴ位置によって不平衡トルクは変わらない。

この場合においてハカリ装置の誤差を求めるために式 (3.1) に式 (3.2) を代入すると、

$$\begin{aligned} 2\Delta T_1 &= -2hw_1 + h(2w_1 - \frac{1}{4}w_3) + \frac{h}{2}w_3 \\ &= \frac{h}{4}w_3 \end{aligned} \quad (3.5)$$

したがって昇降行程を $H(m)$ とすれば最下階と最上階では、カゴ容量に換算して $\frac{H}{4}w_3(kg)$ のショウ(秤)量変化がある。

この関係をわかりやすく図示したのが、図 3.1 であり、電動機にかかる負荷がカゴ位置により変化せぬように、釣合ロープでちょうど補償して選ぶと必ず、カゴ側はオモリ側から $\frac{1}{4}HW_3$ だけ重い状態で一定になる。ただしカゴ側またはオモリ側のみで測定すると、 $\frac{1}{4}HW_3$ だけショウ量えを生ずることがはっきりしている。実際にこの数字は昇降行程が 100m に近づくと 100kg を越えて無視できないオーダに達する。

この欠点を取り除くために、高速度したがつて高行程エレベータとしては、カゴ内荷重のみを直接検出するのが、測定値自身に誤差を含まず合理的である。図 3.2 にこの点を考慮して新しく開発したハカリ装置の原理図を示す。カゴ内荷重は、カゴ床下に設けられた差動トランスによって計測され、増幅器兼比較器である磁気増幅器に入れられる。

ハカリ装置は図 3.3 に太線で示すように、後で述べる DMR 調整器、および発電機、巻上電動機を含んだフィードバック系を構成し、差動トランス出力を基準入力として、巻上機のトルクを制御し、カゴ内荷重が発生する不平衡トルクと方向反対で、大きさの等しいトルクを巻上機に発生させる。磁気増幅器としては特性のすぐれた磁心を用いて、またルーザインを高くとっており、差動トランスの出力は荷重の変化に対して連続的であり、 $\pm 5\%$ 以下の精度を保持しているのであらゆる負荷に対して最適なハカリ作用を行なうことができる。さらに巻上機にコロリ軸受を使用したので、起動はまったくなめらかに行なわれるから、カゴに乗っていて、いつ走り出したのかまったくわからぬほどであり、同時に起動時のローリングバック(希望方向と違う方向にいったん動いてから反転加速すること)による時間損失 0.5~1.0sec 程度を皆無にしている。ハカリ装置はこのほかに、管理回路および、制御回路にカゴ内荷重信号を伝えるために、無接点継電器を用いた一

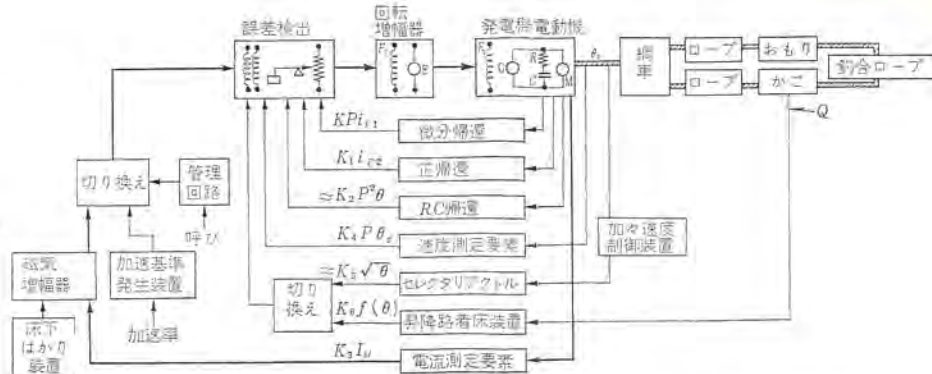


図 3.3 シンクログライド DMRW 方式のブロック線図

Fig. 3.3 Block diagram of synchro-glide control system.

種の A-D 変換器を備えており、この出力は増幅され、継電器を用いた論理回路に伝えられる。ハカリ装置はいずれの部分も静止化されさらにおのおの目的に応じて十分 fail-safe に設計されている。三菱シンクログライド DMRW 方式エレベータでは、新形ハカリ装置を中～高速度エレベータ用として標準的に採用しているの、中速度エレベータについても従来以上の起動時乗りごちを確保することができる。

3.4 最適連続速度パターン発生装置 (Optimum Continuous Speed Pattern Generator)

高速高性能エレベータの理想的速度パターン発生装置としては、次の条件を具備する必要がある。

- (1) ステップレス連続速度パターンであること。

乗りごちと走行時間とは相反関係にあるので、乗りごちよく最短時間で運転するには、筆者らが先に推奨した図 2.2 に示す理想速度曲線にできるだけ近い運転を行なわねばならぬ。ところが定格速度が 210~500m/min となると速度制御の範囲の増大、運動系の慣性の増大、部分速運転の種類の増加などのために従来方法では、エレベータを負荷のいかににかかわらず理想速度曲線にそって運転することは、はなはだ困難となる。

これを解決するには、広い速度範囲において感度が良く、精度が高い速度検出器を持った高増幅率で、かつ過渡応答の良い閉ループ制御系が必要である。このような応答速度の早い系では、従来のように、ノッチング制御方式ではなめらかな乗りごちを得ようとするとステップ数がはなはだしく多くなり不経済になるので連続したなめらかな速度基準パターンを採用するのが合理的である。

- (2) 走行距離に応じて無限の理想速度基準曲線群の中から最適なものを自動的に選べること。

従来の定格速度 150m/min までのエレベータでは普通、1階床運転 90m/min、2階床運転 120m/min、3階床運転以上は 150m/min と部分速運転の最高速度を選んで運転する方法がとられてきた。したがって高速エレベータを設計するのに一番簡単な方法は、この 150m/min までの運転様式をサービスゾーンに向け、急行ゾーンでのみ 300m/min のような高速を出す方式が考えられる。ただしこの方法では高速用に準備されたエレベータの大部分の設備能力が遊んでいるにもかかわらず 1 周時間が増すので前にも述べたように輸送能力に与える影響が案外大きく高速高性能エレベータとしては問題がある。さらにいねいに計画されたものとして、図 2.2 に示したように理想運転曲線に沿って、たとえば定格速度 300m/min の場合は 9 種類程度の部分速運転様式を取るものが考

えられる。この場合でも図のように階床単位で、部分速運転の最高速度を選択することになると、標準階床間隔からはずれた階床間隔分の ΔL の集積により、最高速度と走行距離の調和がくずれて、理想運転曲線をたどれず乗りこちが悪くなったり、損失時間が増したりする。かりにこの問題を無視したとしても呼びの探索、その結果に応じた最高速度の設定および減速動作のための管理回路、制御回路が非常に複雑になり、そのうえあらかじめ起動前に計画を決めて運行するため、起動後遅まきに ΔL の位置にわずかに先行して、新たにでてくる乗場呼びには応答できなくなる。

したがって理想的には実走行距離に応じた最適の部分速運転の最高速度を選定でき、しかもその選定も呼びに応答して加速中から減速停止するのに必要な余裕のある間は、おそまきにできた呼びに答えられるように先行 チェック しながら速度上昇を続けることが望ましい。

(3) 減速時の速度基準曲線も連続で ΔL の位置に対応していること。

従来のノッチングタイアが使われている 150m/min までのエレベータでは、減速基準曲線は昇降路内に直接おかれた位置検出装置により作り出すことも可能であった。しかし高性能高速エレベータでは前述のとおり、ノッチングタイアでは検出点数が非常に増すため、連続な速度基準発生装置が必要になるが、この際この パターン 発生装置の ΔL 位置に対応した精度を極力あげるように注意しなければならぬ。この点を軽視すると、結局床前の クリーア 動作で ΔL 位置、速度の調和のずれを吸収せねばならなくなり、高性能エレベータの基本条件である短い床から床までの時間を確保できなくなる。

以上3点をまとめると、要するに、走行距離と調和のとれた最高速度を正確に選択し、できるだけあとまでおくれてできる呼びに答える機能を失わないようにし、部分速運転のときは最高速度の定常運転なしにむだなく減速に移り、床前の クリーア なく連続的に加速、減速停止できる無限の理想速度基準曲線群を発生させることが理想的である。

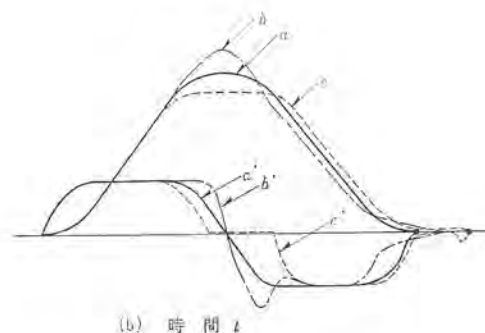
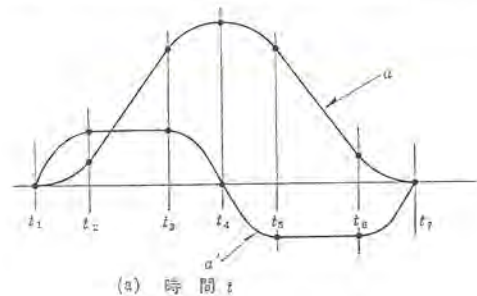
三菱シンクログライド DMRW 方式では、以上述べた理想的パターン発生装置のすべての条件を満足する システム をたくみに、経済的に構成して快適な運行特性を実現している。加速 パターン 発生は図 3.4 に原理図を示す DMA アクセレータによって行なわれ、減速パターンはおもにセレクタ内のリアクタで行なわれる。アクセレータは出力を微分帰還する形の高利得飽和積分増幅器であって、しかも、その出力部に ΔL の位置に 1 : 1 の関係を示す可変インピーダンスのリアクタを含んでいるために、加速から減速への切り換えが円滑に行なわれる (図 3.3 参照)。すなわち図 3.5(a)において加速度が正弦波的立上りを示す加速開始部分と、次の一定加速度発生部分および、正の加速度から負の加速度に切り換わる部分として分けて制御される。一定加速度部分 $t_2 \rightarrow t_3$ では前記の DMA アクセレータのような、積分回路を使用するときは制御は比較的容易である。ただし期間 $t_1 \rightarrow t_2$ $t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$, $t_6 \rightarrow t_7$ では種々の理由から制御がむずかしくなる。 $t_1 \rightarrow t_2$ の期間は、加速度の変化率も制御しなければならない。そのために加速度指令パターンは図 3.5(a)の加速度と類似の形で変化しなければならない。さらに期間 $t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$ では、加速度および加速度の変化率を制御しつつ、一方においてエレベータを正確に着床させるために、着床位置までの距離に応じてきめられる減速パターンに移さねばならない。このような切り換えを行なうために、 t_5 の点を着床位置までの距離およびエ



ZR: DMS リアクタを含む減速指令用インピーダンス装置

図 3.4 DMA アクセレータの原理

Fig. 3.4 Block diagram of type DMA accelerator.



(a) 時間 t
(b) 時間 t
a: 理想速度曲線
a': 理想加速度曲線
b, c: やや悪い速度曲線の例
b', c': やや悪い加速度曲線の例

図 3.5 理想運転曲線とやや悪い運転曲線例との比較

Fig. 3.5 Ideal performance curves vs poor performance curves.

レベータの瞬時速度に対応して選択しなければならない。三菱シンクログライド DMRW 式では一種のアナログ演算回路 (特許出願中) を利用して時間 t_5 を合理的に選択して、加減速度の制御を開始し、 t_5 に至って、 ΔL 位置に応じた連続的減速パターンである DMS 形セレクタ (後述) 内のリアクタパターンになめらかに移行させている。

したがってとくに図 3.5 (b) に示すような最高速度に達しない部分速運転の場合にこの回路の効果が大きい。これに対しこのような点に考慮を払っていない例では、時間 t_5 の選択がうまく行なわれぬため、部分速度運転曲線が図 3.5 (b) の b, b' 曲線のようになり、加速から減速への切り換えの加減速度が大になりすぎ乗りこちを害したり、 a, a' 曲線のように速度曲線に平らな部分を生じ運転効率を害したりする。さてここで期間 $t_5 \rightarrow t_6$ において、上述した積分回路への入力を負にすることによって、減速パターンを発生することも可能であるが、これのみでは減速パターンに位置に関する成分が入ってこないで、前に述べたように位置制御の精度が落ちてしまい、エレベータを正確に 1 回の動作で希望位置に着床させることが困難になってくるので、着床前に低速運転部分をもつ図 3.5 (b) の c 曲線のようにして運転効率が低い。DMRW 方式では減速開始点から着床位置までアナログ形セレクタ内のリアクタと、昇降路に直接とりつけたインダクタを用いて、位置に 1 : 1 の関連を持った連続的減速パターンを使用しており、前述

のように合理的選択が可能であるから、走行する階間に応じて常に適切な速度パターンを選択でき、図3.5の α 曲線に示すように、図2.2の理想運転曲線に完全に追従した運転が実現できる。この新しいパターン発生システムは低レベル回路であるため、その調整はツマミを回転することにより、まったく容易に行なうことができる。

3.5 完全な電氣的停止

現在高速エレベータとして、間接速度検出方式である逆起電力法が使用されている場合もあるが、この方法は構成が簡潔であるが欠点として、低速速度制御が不安定であり、着床、乗りごちを良好な状態に保つために、常に保守を行なって調整しなければならぬ傾向がある。その原因としては逆起電力法により、廻転速度を間接的に作り出すのに必要な主電動機の界磁有効磁束の電機子反作用、界磁コイルの温度上昇による変動、主回路抵抗値の温度上昇による変動、電動機のブラシ降下電圧の非線形性などがおもなものである。ブラシ降下電圧の非線形性の対策としては、速度検出用ブラシを別に置く方法、および非線形素子を使用した修正回路が用いられているが、いずれも間接方式の欠点を根本的に取り除くことはできないので、低速の速度制御は不安定になり、完全に電氣的に停止することはできず、とくに高性能エレベータ用としては問題がある。また直接に速度を検出する方法として回転計発電機を使用する方法があるが、しかも発電機ブラシの折損、接触不良に基づく安全性の低下が考えられ、またブラシ電圧降下、低速運転時の回転計発電機のブラシ電圧による非線形性および出力電圧に含まれるACリップルなどのために低速の制御がむずかしくなる欠点があり、低速部分まで検出精度の良い回転計発電機を使用しようとする、いきおい大形になり価格が高くなる。

三菱シンクログライドDMRW制御方式では、独自の直接形速度検出装置としてDMR形速度調整器を使用している。この調整器は回転円板とトルクアームの先端につけられた永久磁石の相対運動を利用して、力の形で速度を検出しているため、温度偏差などにより、各検出速度に対しある程度の比例的偏差は入るが、絶対値偏差はなく、とくに超低速まで線形で素直な特性を示している。また速度基準入力も従来ノッチングタイアの速度制御方式では、許容着床誤差範囲内は全域にわたって0入力を示すのが普通だが、このシステムではDMI形着床装置を利用し図3.6に示すように、着床誤差0の位置をはさんで、常に原点へ戻す方向の出力を連続して発生している。したがってこれらの組み合わせ特性として、従来以上に狭い着床誤差内($\pm 5\text{mm}$ 以内)で、しかも完全に電氣的に停止させた後、約1秒経過後機械的制動機をかけている。したがってあらゆる負荷条件で常にまったくショックなしに理想的着床が可能である。このように着床誤差範囲に入ってから入力を与え、完全に電氣的に停止したのちに、ブレーキをかける方法は新しい形式であり、ハカリ起動からこの電氣的完全停止に至るまでの間、まったくショックなしの速度コントロールが可能である。また着床誤差を減じてしかも走行時間を短縮してくると、電氣的に完全に停止するまでにカゴ速度の電氣的、機械的過渡振動により、カゴが着床誤差範囲内を突破したり、また通常の負荷変動そのほかにより、レベル動作がでる。しかしDMRW制御方式では個々の制御装置、お

よび制御系の改良により従来のRWBL方式における着床誤差 $\pm 12\text{mm}$ を半減し、 $\pm 5\text{mm}$ の範囲で全負荷までの、あらゆる負荷において静的にはもちろん、動的にも完全にレベルなしに電氣的に停止することに成功した。

3.6 早くて安全な戸開き動作

一般に戸開き動作は、カゴの減速の後半にかかると加速度感が減少するから、エレベータが階床に接近したことを乗客が無意識にからだで感じる瞬間に戸を開けはじめ、最初の人足が踏み出す前に着床停止を完了するようにするのが理想的である。従来はカゴが着床したときに戸は、約80%開いているようにしておけば一部の気の早い人にも危険はないし、また焦燥感もなく、感覚的にも能率的にもすぐれていると考えられていた。ところが最近速度制御系の著しい進歩により床前のクリアが少なく、高い速度で床に近づくようになったので、戸開き速度を従来どおりとすると戸開き動作を床前相当早めに開始せねばならない。このような計画では、満員の場合に戸が200~300mm開いた瞬間に乗客が押し出された場合に危険であるし、またカゴの運行速度が万一計画よりやや遅れた場合に、最初の人足が踏み出したときにまだ床のずれが大きくつまづく危険があるので、戸開き時間を極力短縮する必要が生ずる。シンクログライド方式ではこの観点から戸の反転動作もなく、人体にあたる危険もない戸開き動作にかぎって、従

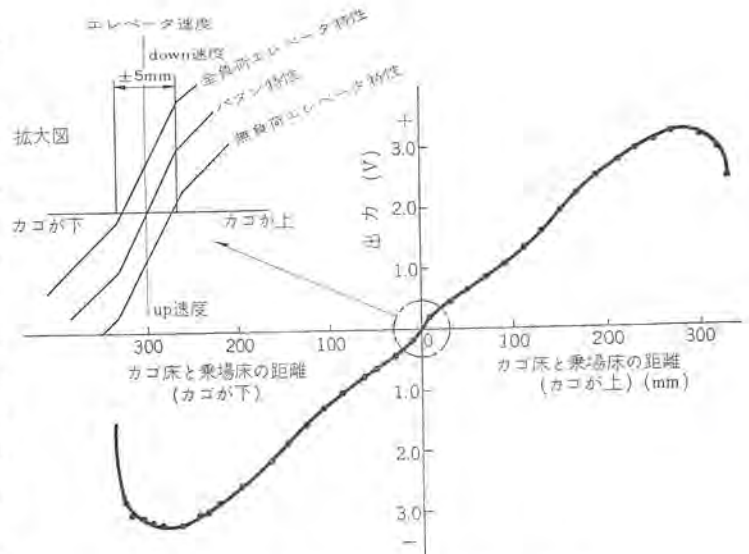


図 3.6 昇降路着床装置実測特性

Fig. 3.6 Actual pattern shape of landing transducer.

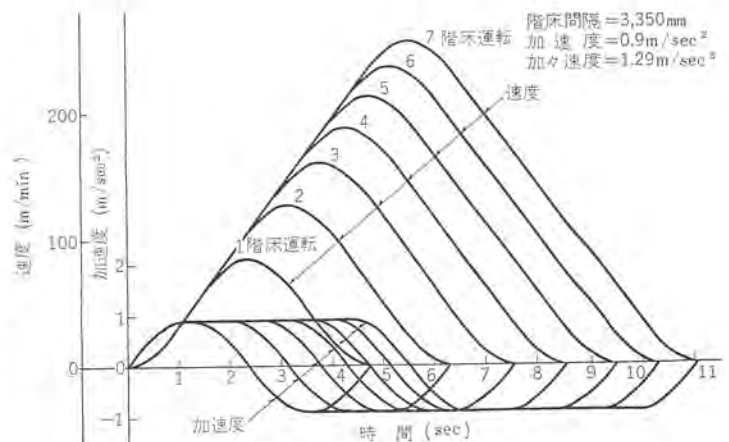


図 3.7 理想速度曲線(ホテル用)

Fig. 3.7 Ideal performance curves (Hotel use)

来の戸開きの最大速度をさらに15%程度増した。なお戸の動作機構と制御方法を改良し、戸開き初期の乗場とカゴの戸の係合ときの衝突音、および錠はずし装置の動作音を抑え、従来以上に静粛に、しかも敏速に戸を開けている。(特許出願中)

3.7 乗りごちと運転時間

運転能率と乗りごちの相反関係(図2.4参照)のかね合点を、どこにおくかはエレベータの用途、したがってエレベータを使用する乗客の好みによって決定される。

たとえば、エレベータに乗ることに慣れている事務所ビル乗客には、乗りごちよりもむしろ能率に重きを置き、スピード感のある運転が好まれるであろうし、また、ホテル用のように人々があまり急いでおらず、むしろ建物のムードも静かなソフトの感じの場合や、百貨店のように、乗客がエレベータにあまり慣れていないような場合、さらに観光設備用のエレベータのように、直通運転が多く

停止のひん度の高くないもので乗客がエレベータに不慣れな場合は逆に、能率よりも乗りごちに重きを置き、やわらかな乗りごち本位の運転の方が好まれるであろう。そんな意味で、前に述べた事務所用理想運転曲線 図2.2 に対してわれわれが推奨するホテル用の理想運転曲線を 図3.7 に示す。

三菱シンクログライド DMRW 方式エレベータは、この点を考慮に入れ、上記のいずれの運転特性でも、好みのままに調整できるようにくふう設計されている。能率のよい運転から乗りごちに重きを置く運転へ、またはその逆への切り換えは、わずかの調整変更で行なうことができる。したがって、客先へ納入後乗客の好みに合わせて、あらゆる部分速運転の場合を含めて簡単に再調整を行なえるので、客先の希望に合わせて使用していただける。

このようなことが、簡単に行なえるのは、低レベルのパターン発生器、DMR 形速度調整器、アナログ形 DMR セレクタの組み合わせによって、はじめて実現できる大きな利点である。

以上総まとめとして 図3.8 に事務所用シンクログライドエレベータの実測特性をあげる。この運転特性を詳細に吟味いただき、ここまでに説明してきた起動、加速、減速、停止の各運転がいかにか円滑にスピーディーに行なわれているかご判読いただきたい。

3.8 とくに安全性

エレベータを前述したような理想仕様に沿って動作させるため、精巧な制御を行なう必要があり、そのため回路が複雑になるので、制御回路は万一の故障の場合、できるだけ fail safe 側に動作するように、設計されねばならない。

三菱シンクログライド方式エレベータでは、使用部品、器具などの信頼度を高めるとともに、万一これらが故障した場合に備えて種々のチェック回路を設けて、安全性を増大している。その管理方法も一般的にただちに停止させるばかりでなく、段階的にチェックし、各段階ごとに故障の自己排除に努力し、最後に停止させるようにし安全度の増大のために信頼度が下らぬように心掛けている。その代表例として乗り過ぎに対する対策状況を紹介する。

日本の国情ではエレベータの乗り過ぎはまだかなりある。とくに最近は運転手なし自動エレベータが増加してきたため、客を制限する監視者がいないので定員オーバーが起こりやすい。したがってとくに混雑するビルに推奨している ASP-A 方式では、まず満員になりそうな状態を事前につかまえて、強制戸閉りを行ない乗客の乗り込みを抑えている。それにもかかわらず乗客が強引に乗り込んで過負荷がはなはだしくなるのに備えて、シンクログライド方式では、ハカリ装置によって重負荷を検出し、それに応じて順次いねいな安全措置を施し、過負荷時の安全性を確保している。

(1) カゴ内負荷 100% まではリレベルなしに理想的に運転できる。

(2) カゴ内負荷 100% から 125% まではわずかにリレベルする時はあるが、ほぼ理想的な運転を行なう。

(3) カゴ内負荷が 125% 以上 135% より小さい範囲では、エレベータの加速度、減速度を減少させてやや床から床までの時間も増すが、ほぼ理想的な運転を行なうようにしている。(特許)

(4) カゴ内負荷が 135% 以上になると(まれにしか起こらないような、満員状態)戸閉り不能となりベルを鳴らして、乗客に過負荷を知らせ、乗客に降りてもらうことをうながす。

(5) カゴ内負荷 135% までは、カゴ内の大きな負荷変動による綱の伸び縮みによる床ずれに対して、綱伸び床合わせ動作を行ない、床えりを修正する。この場合、普通起動と同じく、常に床

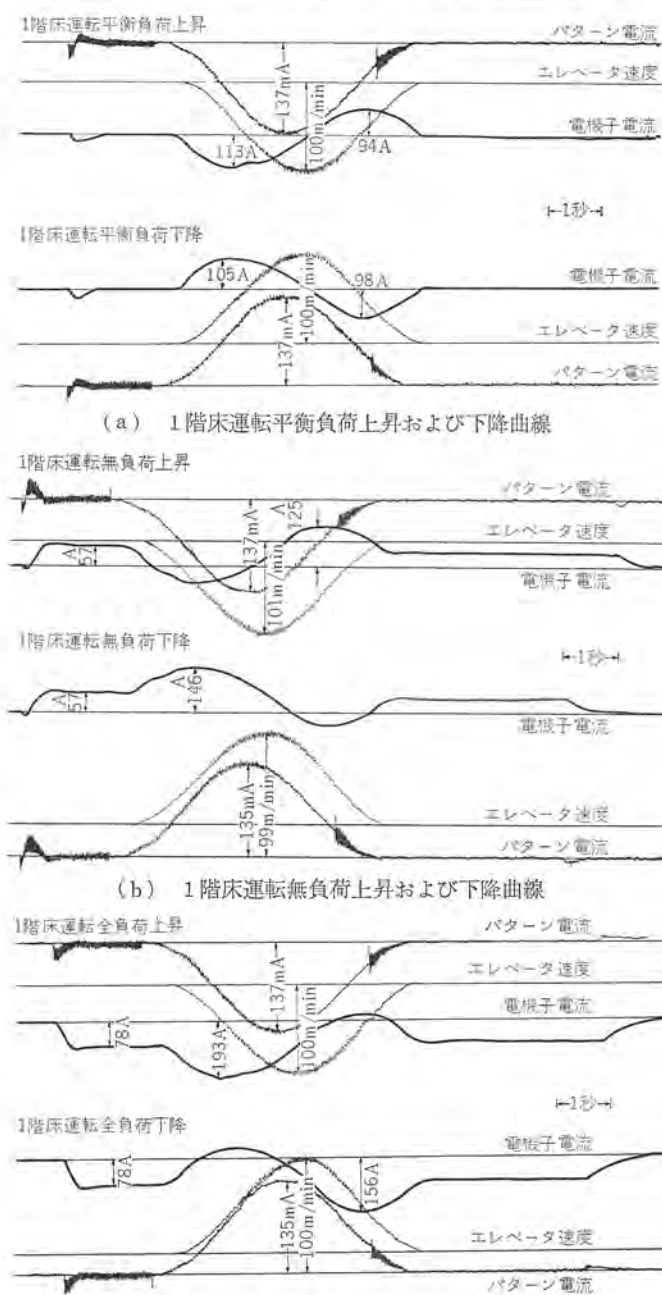


図 3.8 DMRW 方式実測運転曲線
(階間距離 3.658m)

Fig. 3.8 Actual performance curve of DMRW system.
(Floor to floor distance 3.658 m)

合わせ前にはかり作用を行ってから起動するから、重負荷にもかかわらず、いったん逆方向に動き出してから、目的方向に動くようなことなくなめらかに一回の動作で、床の修正を行なうことができる。

(6) カゴ内負荷135%を越えると、もし万一ブレーキが滑ったとしても、上述のはかり作用が働き、ブレーキの制動力を助けて巻上電動機が、エレベータを保持するから、二重の安全性もっていることになる。ただし、綱伸び床合せは着床精度内に収めるのが、むずかしい場合が出てくるのでやめる。

(7) 電磁ブレーキはたとえば周囲温度、湿度の変化、経年変化などによりブレーキ制動トルクが変動したとしても、実際にカゴに乗り得る限度の超満員状態でも十分に停止保持できる能力を確保してある。

ところが外国と同一基準でエレベータが計画されている場合は、往々にしてちょっとした過負荷でも大きくエレベータが床を一度行きすぎて、床にふたたびもどる動作(オーバーシュートリベル)または、エレベータが目的階のフロアレベルにこない動作(ストール)などを起こして重負荷時の運転能率を害するとともに、危険度を増大する場合がある。これに対してシンクロガイドエレベータは以上述べたように、日本の国情に合わせて過負荷に対する慎重な配慮がなされているわけである。

4. 器 具

エレベータは何はともあれ安全でなければならぬ。ただ安全第一にシステムを構成すると、往々にして複雑な管理システムが追加されたり使用器具の数が増して結局信頼度が落ち、確かに安全であるが故障が多くなる。

一方はん用器具を利用すると、多量生産品の特長として安価に購入できる反面、エレベータ専用でないため個々の器具の性能と要求の間にズレが出てくる。そのためやむをえず器具の性能にしばられてシステム構成する傾向が強くなる。

したがって管理システムが簡単であって、低価格であることがとくに重要な普及形エレベータのような場合は、はん用器具の利用も考慮する必要があるが、管理システムが複雑で変化が多いような高性能エレベータにおいては、エレベータの目的専用に製作された高信頼度の器具をできるだけ数少なく使って、システム構成するのが最良の方法であると考える。

この考え方のもとに総合システムを“安全に、故障少なく、静かに”動作させるために、基礎器具は絶えず開発改良が続けられている。

以下最近完成を見たA系列器具そのほかの基本器具の改良のあとを紹介する。

4.1 A系列基本器具

エレベータ自動化の発達に従って、数多く使われる基本電気器具の信頼性、生産性の向上および小形化はきわめて重要な項目となってくる。このような観点から当社は豊富な経験をもとにし数年の歳月を投入して、KRA形管理継電器、KTA形時限管理継電器、CRA形制御継電器の量産化を完成した。

4.1.1 KRA形管理継電器(特許出願中)

昭和29年に従来のエレベータ用継電器の常識を破って大幅に、電話用継電器の構造を取り入れた、KR形管理継電器が発表され、その後10年間の実用実績により、最も信頼度の高い継電器として、定評を得てきた。しかし自動化が複雑になればなるほど、使用数

三菱エレベータの最近の技術的進歩・高村・瀬原田・都竹・安西



図 4.1 KRA 形 管 理 継 電 器
Fig. 4.1 Type KRA supervisory relay.

は膨大となり、制御装置の据付面積の増大、量産性、器具の配置の合理化のために小形化、モジュール化の必要が生じ、これらの問題を解決すべくKRA形管理継電器が開発された。

この継電器はAキャビネット内の取付板に接点面を垂直にして取り付けられ、基本構造は電話用に使われる平形継電器と似た形状であるが、各部は、はるかにがんじょうで余裕をとった設計がしてある。さらにエレベータ就働25年以上にわたって無保守、無調整であるよう数多くの改良が行なわれた。

以下この継電器の特長について述べる。

(1) 大きさ

従来のKR形管理継電器に比べて、取付面積が約1/2.5である。この大きさは電話用継電器の中で定評のあるWA形ワイヤスプリングリレーに匹敵する大きさである。

(2) 信頼度

従来のKR形管理継電器も信頼度に関しては、不足のないものであった。しかし新しいKRA形管理継電器は、あらゆる面で合理的な限界設計を試みたので、さらに従来よりも信頼度を向上することができた。

a. 接点の接触性が良い

KR形管理継電器とどうように銀接点を使用しているが、さらに接触性の完全を期するために、双子接点構造とし、独特の方法で双子接点の独立性を高めた。そのうえ従来の水平接点を改めて接点面を垂直に向けた。この結果、従来は完全密閉キャビネットで使用していたのに比べ、普通構造のキャビネットに収めたままの状態でも従来のKR形管理継電器以上の信頼度で使うことが可能となった。

b. コイル

ポリウレタン銅線を使用し、各層間に絶縁紙を入れて密接巻きしてあり、フェノリックアルキッド系ワックスを真空含浸してあるので、絶縁階級はE種に近いが、温度上昇はA種で押えてある。

c. 継電器の使用条件と電気的寿命

継電器の能力をフルに活用するためには、電気的な回路条件と、継電器の寿命との関係を確認し、そのデータに従って回路設計を行なうのが、最も合理的である。そのため約150個の供試継電器と約100個の試験用負荷とを組み合わせ、累積動作回数75億回の寿命試験の結果、各種回路条件と寿命の関係を調べつくした。そして回路に適用する場合は、その回路の25年間の実働回数を計算し、適用基準から選択するよう標準化した。

なお、機械寿命としては2億回に達する画期的なものである。

4.1.2 KTA形時限継電器

この継電器の本体はおもにKRA形管理継電器の部品を使用し、その機能を時限継電器としたものである。したがって機械的寿命や電気的性能はKRA形管理継電器と同等であり、長寿命でかくな使用にたえる。原理的に銅管形と、コンデンサ形の2形式があ

る。どちらも機構は同一で、調整パネの圧力を変えることにより時限を調整する。

なお、時限継電器として次のような種々の配慮がしてある。

(1) 磁気回路

水素焼鈍をほどこした1%ケイ素鋼を使用し、磁気材料の経年変化による時限変動を最小にとどめた。

なお、磁束密度を適当に選ぶことにより、電源電圧+15%〜20%の変動に対し時限の変動を1%以下にすることができた。

(2) 磁気シールド(特許出願中)

小形化した継電器を密接して取り付けると、継電器相互間の漏れ磁束の影響で時限変動を生ずる可能性がある。KTA形時限継電器は、この影響をなくすために、独特な構造のシールドを取り付けた。その結果、継電器を密接して取り付けると、時限変動は2%以下にすることができた。

以上のような考慮のもとに、実用化された、KTA形時限継電器は従来のTC形時限継電器と同等以上の性能で取付面積を約1/4にすることができた。

4.1.3 CRA形制御継電器

この継電器は従来、当社で使用していたCR形制御継電器を大幅に改造したもので、多接点の直流制御継電器である。操作電圧125V、DCで最大8接点まで取り付けることができる。

次に、この継電器の特長を述べる。

(1) 小形化

従来のCR-500形継電器の1/1.8、またCR-900形継電器の1/2.8の取付面積となった。

(2) 構造のユニット化

従来は1面の大きなアスベストセメント板に、部品を組み合わせて取り付けられていた。CRA形では、継電器本体を完全なユニットとして組み立てることとした。

この結果、流れ作業による継電器の組み立て調整が容易で組立品のストック生産が可能となり、経済的に、均一な製品が作られるようになった。さらに寸法をモジュール化して、制御盤面への配置、取り付けを容易にした。

(3) 動作特性

この継電器の試験の結果、機械的寿命試験1億回で異常は認められなかった。電気的寿命はKRA形継電器と同様回路条件により種々異なるが、やはり寿命試験で適用基準を確立した。

ただし、この継電器の接点は電気寿命が終わった後で可動側、固定側ともに取り換えが容易であるので、実際上の寿命は、機械的寿命で定められる。アーマチュアとポールフェイスの衝突方向を取付板と直角の方向とし、さらに衝撃音を生ずる部品をモールドのサポートでささえるようにしたので、動作音が非常に低くなった。

4.2 着床装置



図 4.2 CRA 形制御継電器
Fig. 4.2 Type CRA control relay.

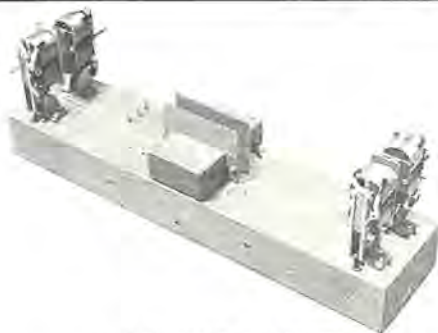


図 4.3 DMI 形着床装置
Fig. 4.3 Type DMI landing transducer



図 4.4 PA-GD 形着床リレー
Fig. 4.4 Type PA-GD landing relay.
三菱電機技報・Vol. 39・No. 12・1965

エレベータの速度制御は乗場の床の付近がとくに重要であって、当社着床装置は直接各階床ごとに、多くの制御点を持っている。これらの制御点は、カゴを円滑、迅速、正確に着床させること、これと同期して安全にとびらを開くこと、乗客の出入りにより綱が伸縮して床が狂った場合にも、床を自動的に補正することなどを行なうために用いられ、精度の高い検出ならびに高い信頼度を必要とする。またこの装置はカゴ上に取り付けられるので、カゴ内に音響が伝わらないよう無音化が必要である。

このような観点から高信頼度で無音化した DMI 形着床装置、PA-GD 形着床装置を製品化した。

4.2.1 DMI 形着床装置

この着床装置は三菱シンクロライト高速エレベータに適用され、乗場の床から 250mm 以内のエレベータの位置を連続的に検出して、制御装置に速度基準入力パターンを与えている。

着床装置の本体はカゴ上に取り付けられ、それに対応するシャハイ鉄板は昇降路の各階に取り付けられる。本体は図 4.3 に示す構造のように2組のエアギャップ変圧器と即応性の高い CdS を受光素子とした光電装置を配置し、カゴの位置に応じてシャハイ鉄板が2組のエアギャップ変圧器の空気を通り、一次二次の結合状態を制御しながら同時に光電装置を動作させる。その出力は別個に整流後、混合抵抗で混合し、前に述べたように制御装置に位置速度基準パターンとして与え、エレベータが完全に停止するまで電気的に制御する。さらに制御点としては光電装置によって、機械室内のアナログに装置による速度パターンから、着床継電器の速度パターンへの切り換えと、カゴが着床誤差範囲内にあるか、どうかの検出とを行っており、そのほかにこの速度パターン電圧をトランジスタ形高感度電圧継電器(特許出願中)により測定した点を、戸開き動作とカゴの動作の同期状態の確認用に使用している。

以上のように、この装置には機械的な可動部分がないので音はほとんど発生せず、カゴ内で雑音を感じることはまったくない。光学系も投光器は半電圧以下で点灯し、半永久的寿命のものを2個並列に使用、出力リレーには寿命の半永久的な高信頼度水銀接点リレーを使用するなど、信頼度高く構成してある。

4.3 PA-GD 着床リレー

PA-GD 着床リレーはエレベータのカゴ上に取り付けられる高周波発振形位置検出装置と機械室リレーキャビネットに取り付けられた、トランジスタ論理ユニットとから成り、カゴが昇降して乗場の床から特定の距離になると、検出装置の検出器(コノ字形部分)が昇降路に配置されたシャハイ板に対向し、それによって発振が停止し、論理ユニットを経て減速そのほかの制御指令を与える。とくに縦に5個並んだ検出器は、カゴの上昇下降両方向に対し、床前 500、250、75、15mm 各4個の制御点を与えている。図 4.4 はエレベータのカゴ上に取り付けられる高周波発振形位置検出装置であり、



図 4.5 PA-GD 形着床リレー用トランジスタ論理ユニット
Fig. 4.5 Transistor logic unit for type PA-GD landing relay.

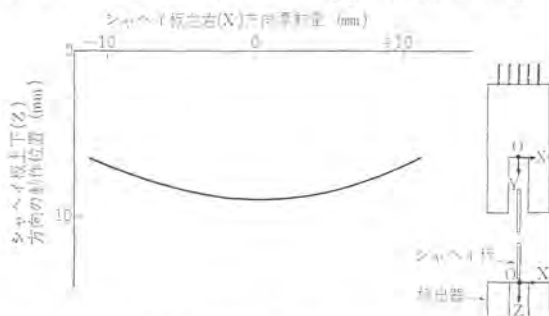


図 4.6 検出器間ギャ幅(X)方向のシャハイ板漂動に対する上下(Z)方向動作点の変動
Fig. 4.6 Deviation of Z-direction operating point for X-direction drift of screen plate

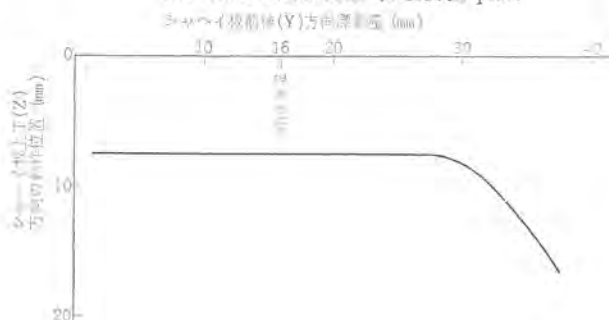


図 4.7 検出器間ギャ深さ(Y)方向のシャハイ板漂動に対する上下(Z)方向動作点の変動
Fig. 4.7 Deviation of Z-direction operating point for Y-direction drift of screen plate

図 4.5 はトランジスタ論理ユニットを示す。

この着床リレーは従来の誘導形着床継電器と比較すると重量は約1/5、平面から見た面積は約3/5となり、ほかのカゴ上機器の重量の低減、形状小形化とあいまって直流ギヤードエレベータの小形化に成功した。装置は全面的にトランジスタ化し、素子に対する十分なエージング試験を行なった後定格より低いところで使用しているので、長時間動作による故障はほとんどないが、万一の故障に備えて検出器は一種類とし、ラグインタイプで取り換えやすい構造としている。またトランジスタ論理ユニットも2種類の基本形を作り、検出端子を設け外部からチェックできる構造となっている。

なお、検出器には次のような特長を備えている。

(1) 検出器(コ字形)の間にシャハイ板が入ってコイルのカップリングを断つので、シャハイ板と検出器の相対位置が変動しても発振停止位置がほとんど変化しない。この関係を図 4.6、4.7 に示す。

(2) 検出器は完全モールドされていて、振動衝撃に強く、耐湿、耐腐食性ガスなど特殊環境に対して安定であり、屋外形としても使用できる。

(3) この種の検出器を近接して配置すると、相互干渉により、誤検出および動作点の変動があるが、本検出器は特殊なシールド

三菱エレベータの最近の技術的進歩・高村・瀬原田・都竹・安西

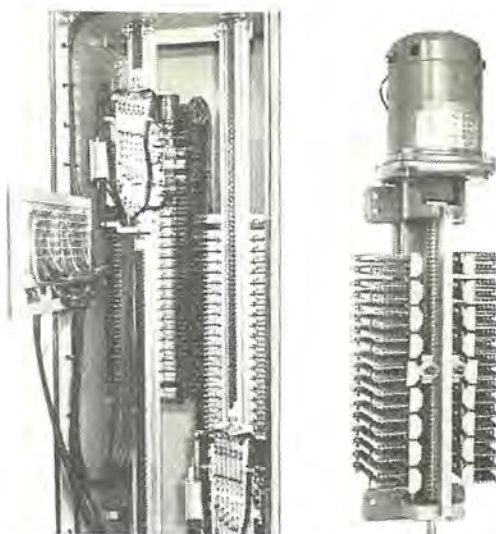


図 4.8 DMS 形セレクトア 図 4.9 KNA 形セレクトア
Fig. 4.8 Type DMS selector. Fig. 4.9 Type KNA selector.

および回路方法により密着して配置しても動作点の変動がない。

(4) ほかの制御機器および外部からの誘導に対し、誤動作しないよう対策がとられている。

4.4 セレクトア

セレクトアはカゴと同期する移動部を有し、登録された呼びと、カゴの関係位置を判定し、運転方向の選択、戸の開閉、運転経路の選別、減速開始の決定、応答済みの呼びの打消、停止の予告、位置知らせ、出発管理装置そのほか各種の機能を管理し、エレベータの神経機構の重要な部分を構成する。

当社は最近かごと常に同期して正確に動くシンクロ式 DMS 形セレクトアとノッチング式 KNA セレクトアとの2種類を製品化した。

4.4.1 DMS 形セレクトア

このセレクトアは前進移動台、同期移動台と呼ばれている2種類の可動部分が互いに適当な関係位置を保って組み立てられている。同期移動台はシンクロ装置を介して、カゴと正確に同期して動き、前進移動台は同期移動台に対して最大前進距離、すなわち減速距離相当分の範囲は自由にリードを取りうる構造となっている。そして全速の出るような運転経路の時は、前進移動台は同期移動台に対し、最大前進位置まで進み、それ以後おのおのの移動台は一体となって、カゴに同期して進み呼びのある階のストップに前進移動台のツメに係合すると、前進移動台は停止する。全速の出ないような運転経路のときは前進移動台は最大前進位置まで進まぬうちにストップに係合して止まる。一方同期移動台はカゴの動きに比例して移動し続け前進移動台に追いついて停止する。この間の前進移動台と同期移動台との間の相対運動を利用して可変インピーダンス装置を作り、おもに減速開始点から床前250mmまでの位置—速度連続基準パターンを出している。(特許)

(1) そのほかに特長として前に述べたように、DMA 形アッセクタ内に DMS 形セレクトアによる可変インピーダンス装置を入れることにより、増幅器が飽和するまでは可変インピーダンスの値にほとんど影響なく入力を積分した出力を出し、ちょうど飽和増幅器の飽和値を自動的に運転経路に見合った値に変化させ、複雑な回路を構成することなく部分速運転をスマートに処理している。

(2) この装置には多くの接点積みが使用されている。この接点積みは KRA 形管理継電器の数年にわたる開発改良の経験を全面的に取り入れ、接点は双子接点により接触性を向上し絶縁物は独特な構造の一体モールド化を行ない、接点積みの小形化と組立

作業の単純化、品質の均一化に成功した。またエレベータ実働25年以上に対し、それら接点積みは無保守、無調整であるよう各種試験を行ない標準化を行なった。

(3) このセレクトの駆動はソラセ車に取り付けられたシンクロ発信機と、コントローラの上に取り付けられたシンクロ受信機との結合で行なわれ、機械的結合方法でないため、レイアウト上有利であり、小容量エレベータのカゴ回りの器具の取り付けを容易にしている。

4.4.2 KNA形セレクト

DMS形セレクトは前述のようにカゴの位置を正確にシミュレートするアナログ形であるが、KNA形セレクトはノッチング形である。すなわち、カゴが昇降路内を移動するとき、昇降路内に取り付けられた板またはカムがカゴ上に取り付けられた装置に対応すると、その装置からシグナルが発生し、そのシグナルによってトラベリングナットが移動し、カゴの動きとデジタルに同期する構造となっている。図4.9にその外観を示す。

このセレクトは運転経路によって部分速運転をほとんど必要としない105m/min以下のエレベータに適用されるが、その大きな特長は、構造および回路が非常に簡潔かつコンパクトにできることである。とくに階床間隔の長い場合でも、階床数に応じたスペースだけで構成できるため、コントローラの標準化の上で非常に有利である。

KNA形セレクトは従来のKN形セレクトを改良したものでそのおもな改良点は

(1) 基本寸法になっている接点積みの取付寸法を縮小し、セレクト全体の取付寸法をモジュール化した。この結果15階用のKNA形セレクトと従来のKN形セレクトと比較すると、取付面積は1/1.8、重量は約1/1.5となった。

(2) トラベリングナットを動かすために高精度に作られたネジ棒を使用しているが、従来のネジ棒では高速で走るエレベータと同期してノッチングするには速さの点で限界がある。そのため比較的高速のエレベータはボールネジを使用し、この問題を解決した。このためネジ棒の摩擦は非常に少なくなり、保守はほとんど不用となった。

(3) 接点積みに対してはDMS形セレクトとどのようなものを使用し、大きさは従来の1/2となりKNA形セレクトの小形化に大きく貢献している。

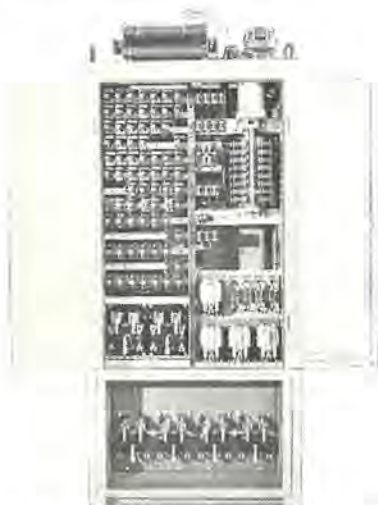


図 4.10 交流2段速度エレベータ用総制御盤 (A形キャビネット)

Fig. 4.10 Unit controller for AC2 speed elevator arranged in type A cabinet.

4.5 A形キャビネット

前に述べた制御器具の小形化に伴って、その収容キャビネットは次のような改良を行なった。

(1) 取付器具、キャビネット自身の構成部品の種類と寸法を規格化して、ストック部品からキャビネットを組み立て、取付器具も部分組み立て後取り付けの形式として工場生産を合理化した。

(2) 器具小形化と抵抗器を裏面トビラへの収容(実用新案)する構造などによりキャビネットは従来に比べ約50~90%の大きさに縮小でき、据付計画が楽になった。

(3) その結果、従来制御盤、リレー盤などのように分離形式であった盤類を集めて総合コントローラとして構成できるため、盤面間据え付け配線が減って工場配線に切り換えられたので信頼度をました。

(4) 器具自身の動作音響を下げると同時に大形器具はキャビネットに対する取り付け部をシャ音取り付けとし、その上、前後、上下面とも完全にシャ音構造にしたため動作音は格段と静かになった。

図4.10はAC2用コントローラを収容したAキャビネットである。

4.6 ガイドレールとローラガイド

現在まで、国内で実用されているエレベータの最高速度は150m/minであり、これのガイドとしては、すべてスライディングガイドシューが使用されてきた。一方、これまでのビルは剛構造ビルであるため、昇降路壁に比較的容易にレールブラケットを取り付けることができ、ていねいなレールの心出しが可能であった。定格150m/minまでのエレベータでは、精度高く心出しされたレールにスライディングガイドシューを使用する方法が、静粛な運転を確保する意味ではおそらく最良であると思われる。

ところが、高層ビルに高速エレベータを据え付けることになるとこの事情は一変する。すなわち建築側およびエレベータ側から発生する悪条件は次のとおりである。

(1) 高層ビルでは通常、いわゆる柔構造が採用されるため、レールブラケットは各階床の構造物にしか取り付けることができない。すなわちこれまでよりブラケット間隔が長くなるわけで、同じサイズのレールでも横荷重に対する剛性が低下する。したがって、エレベータに偏荷重があるときカゴの横振動を誘起し、とくにレールの継ぎ目を含んだ区間が問題となる。

(2) レールブラケットが少ないこと、昇降路が長いことなどの理由により、全高にわたって精度高くレールを心出しすることは不可能ではないが、経済的に困難となる。またたとえ正確に据え付けできても、その後、建築物内に収容される種々の重量物の位置や、設備状況によって、建物の相対位置が変わってくるし、風圧でレールも建物も常に動揺する。

(3) 柔構造ビルでは、地震時の水平加速度が非常に大きく、レールに加わる横荷重が大きくなるので永久ヒズミを残しやすい。

(4) エレベータの速度が高くなるとレールの心出し不十分が原因でカゴに発生する横振動の加速度は、エレベータの速度の2乗に比例して増大する。

以上のように、高層ビルに使用する高速エレベータでは、ガイドの面でも悪条件が重なってくるので、カゴの横振動を減らし、乗りごこちをいかにして改善するかが、大きな問題となってくる。

この問題の解決法として

(1) 高速エレベータではころがり運動と、ゴムタイと弾性支持による緩衝効果を利用したローラガイドを使用している。

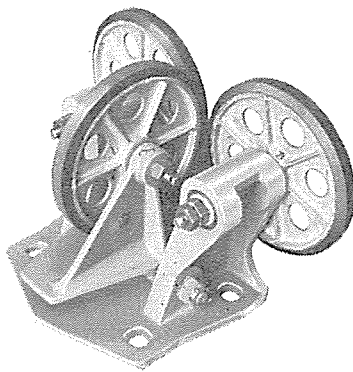


図 4.11 LUR-260 形 ローラガイド
Fig. 4.11 Type LUR-260 roller guide

当社ではいろいろな形式の ローラガイド を試作し、試験塔のエレベータに取り付けて、防振特性について比較検討を重ねてきた。試験の結果最も良好な防振特性を示した LUR-260 形 ローラガイド を図 4.11 に示す。この ローラガイド は定格速度 240m/min 以上の高速エレベータに使用する。

(2) 定格速度がとくに高い高速エレベータとなると、レール自身をサイズアップして、剛性を確保しないと良好な乗りごちを得ることができない。これまで国内では、乗用エレベータに 24kg レールをおもに利用してきたが、上述の理由から、当社でも米国において、高速エレベータ用として数年前に規格化された 30kg レールを高速エレベータに限定して使用している。この 30kg レールの採用によって、カゴの横振動は大幅に改善することができる。

(3) わが国のように大地震の多い国では、レール自身の強度の必要がとくに重要になる。地震のとき、高層ビルに発生する水平振動の加速度は上層階において、急激に増加する。上層階における地震時のレール内応力を緩和する方法として、レール全長にわたってサイズアップする方法もあるが、これは不経済である。当社としては上層階だけレールの背面に backing を取り付けることによって、応力とタワミを減少させる方法を採用し、すでにホテルニューオータニなどに適用し成功している。この backing の採用により数十年に 1 回程度の大地震でもカゴ内の人に危害を与えない十分な、安全性を確保できる。

4.7 GSB 形シダイギキ (次第ぎき) 非常止め

定格速度が 60m/min 以上のエレベータに使用するシダイギキ非常止めは、これまでいわゆるドラム形式の Gradual clamp 形が主流をなしてきた。この形式ではガバナーがトリップしてからカゴが停止するまでの停止力の変化は原理的に図 4.12 に示すように、ある程度の遊び距離を経てから最大停止力が発生する。定格速度 150m/min までの在来エレベータではこの形式を使っても十分安全であり、エレベータの法規としては、最高の権威をもつアメリカの A.S.A. Code にも合格する性能を持っている。

しかし、150m/min をこえる高速エレベータではカゴ速度が異状に増加した場合、この遊び距離の間にさらに増速することが考えられ、次に述べる Flexible guide-clamp 形非常止めの採用が望ましい。Flexible guide-clamp 形は図 4.13 の特性曲線に示すように遊び距離が極端に短い (普通 120mm 程度) ことが大きな特長であり、高速エレベータの安全装置として不可欠の条件をそなえている。またこの形式にはそのほかにも次に述べるような特長がある。

(1) 非常止め作動後これをリセットするには、カゴを上方に

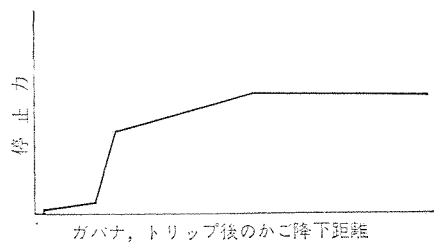


図 4.12 Gradual Clamp 形非常止めの停止力特性

Fig. 4.12 Force-Travel diagram of gradual clamp safety

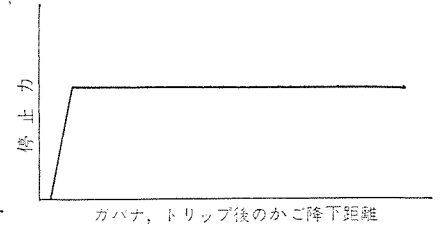


図 4.13 Flexible Guide-Clamp 形非常止めの停止力特性

Fig. 4.13 Force-Travel diagram of flexible guide clamp safety

運転するだけですむ。(ドラム式のような巻戻し動作は不要である)

(2) これまでのようにカゴ床中央にあった巻戻し用孔、およびそのカバーが不要となり、意匠的に向上する。

当社ではこの Flexible guide-clamp 形非常止めの試作および官庁立会試験を、自動車用の大形に至るまでの、全シリーズにわたって完了し、高速エレベータはもちろん 60m/min 以上のすべてのエレベータに適用を開始した。

次に釣り合いオモリに使用する非常止めについて述べる。最近ビルが大形化するにつれて、エレベータ昇降路の下部を居室または機械室として利用されるケースが増してきた。これは好ましいことではないが、止むを得ず使用する場合ワイローが万一にも破断した時、釣り合いおもりは自由落下するので釣り合いおもりに対して非常止めを取り付けることを、建築基準法では推奨している。一方アメリカの A.S.A. Code およびイギリスの B.S. Code では非常止めの取り付けを強制している。

当社では各形式の釣り合いオモリ用非常止めの開発を完了し、この要状に対応できる態勢を確立した。とくに 60m/min をこえるエレベータに対しては前述の GSB 形シダイギキ非常止めと同じものを使用して、停止減速度を 1g 以下に限定し安全を期している。高速のエレベータに対して早ぎきの釣り合いオモリ用非常止めを使用することは停止減速度が極端に高くなるので好ましくない。

5. む す び

以上、システム、器具にわたって最近の三菱エレベータの進歩の跡を紹介したが、これらの改良はいずれも製作者側の独善であっては何の意味もなさない。必ず製作据付後、実際にご使用いただいた人達の声を聞き、また実測によってその効果を確かめ、さらに改良するというサイクルを繰り返さねばならない。したがって多くの良案が実を結び標準化されるまでの間、暖かい目でご指導いただくとともに今後共有益な示唆をいただくことを希望する。

参 考 文 献

- (1) 木村、宮城ほか：高性能エレベータについて、「三菱電機」28, 5 (昭 29)
- (2) 宮城、高村：超高層シンクロガイド高速度エレベータ、「三菱電機技報」37, 11 (昭 38)
- (3) K.A.Oplinger ほか：A High-performance Elevator Control System, Electrical Engineering, 81-3, 187 (1962)
- (4) 犬塚ほか：超高層ビル用エレベータ特集、「日立評論」47, 2 (昭 40)
- (5) 黒川ほか：ギヤレスエレベータ用電気品、「富士時報」38, 6 (昭 40)
- (6) 浜：最近の昇降機設備、「東芝レビュー」181号 (昭 40)

立体駐車場装置

加藤 淳治*・三浦 允之*

Mechanical Garages

Inazawa Works Junji KATŌ・Masayuki MIURA

Increasing numbers of motor cars in big cities are becoming a cause of troubles rather than giving convenience. Owner drivers often find it difficult to approach destinations because of lack of parking places. To cope with the situation mechanical garages—vertically arranged parking places—are being built here and there. In Azuchi-cho, Ōsaka and several other places large scale parking places making use of elevator facilities have been built by joint efforts of Mitsubishi Electric Corporation and Mitsubishi Heavy Industry Co. Herein is given an account on the mechanical garages with various points of study, the selection of types and design features based on the Company's rich experience.

1. ま え が き

大都市における交通地獄は自動車の増加とともにますます激しくなっている。こうした交通難緩和のため、東京ではオリンピック道路と呼ばれる自動車道路を、大阪では路面電車を廃止して地下鉄に切り換えたり、高架式自動車道路を設けるなどいろいろ対策されている。しかし、大都市中心部の大部分は、交通難緩和を目的に定められた路上駐車禁止区域に、駐車場設備が不足しているため、駐車スペースを求めて右往左往している自動車が、相当台数あることを見逃がすことはできない。つまり、いくら道路の整備拡充を計っても、駐車場を増設しない限り交通難を緩和することはできないと思われる。

当社では450台の収容能力を誇る大阪市安土町駐車場をはじめ、エレベータを利用した各種機械式立体駐車場装置を、三菱重工業と協力して納入してきたので、各種方式の特長を紹介する。

2. 万能形駐車場装置はない

駐車場装置の建設計画にあたっては、最も経済的な駐車方式を選ぶのが常識であるが、これは単に収容自動車1台あたりの設備費の少ないことのみが経済的な駐車方式であるとはいえない。駐車場の立地条件、対象とする利用者によって駐車場に要求される内容がそれぞれ異なってくる。さらに駐車場の建設予定地の前面道路と敷地の形状によっても駐車方式の適否があり、この駐車方式ならばどのような敷地に対しても、またどんな利用者に対しても、さらに建設費が比較的安価であるといった万能形の駐車方式はあり得ないといっても過言ではない。

当社は前にも述べたとおり、三菱重工業と密接なる協力のもとに両社の専門技術を活用して、各種の駐車方式を準備しこれまで施主および建築設計事務所のご相談に応じ、最も経済的な駐車場の総合計画を立案してきた。

3. 駐車方式の特長概略

エレベータを用いた駐車方式は二つに大別することができる。

- (a) 自走式……駐車場入庫口で預けられた自動車に、駐車場の専任運転手が乗ってエレベータに乗り入れ、自動車を出入庫する方式。
- (b) 自動式……エレベータに自動車運搬設備(当社ではドーリを

使用)を積載し自動車の積み降ろしは押しボタン操作で自動的に行なわれるので、自動車は施錠したままでよく、ライパシが保たれる。

3.1 自走式の特長

自走式の特長について共通していえることは、設備費が比較的安価であることのみである。

(当社の旋回エレベータ式はこのほかに多くの特長があるので4.2節で詳細に説明する。)

3.2 自動式の特長

(1) 自動車は施錠したまま出入庫できるので、自動車のライパシが保たれる。

(一般公衆を対象とする駐車場では大きな利点となる)

(2) 各階の車庫にとびらを設ける必要がない。

(ドア開閉時間が不要なので、出入庫所要時間が短い)

(3) 自動車への乗降がないので駐車スペースが狭くてよい。

(4) 自動車への乗降がなく、エレベータへの出し入れを自動的に行なうので出入庫所要時間が短い。

(5) 出入庫所要時間が短いので、エレベータ1台あたりの収容台数をふやすことができる。

(6) 簡単な押しボタン操作で自動的に運搬できるので、駐車場専任運転手は自動車の運転経験がなくてもよい。

(7) 駐車場専任運転手の疲労度が少ないので、人数が少なくてもよい。

(8) 各階に人の出入りがないので駐車階ハリ(深)下高さは1.8mあればよい。したがって駐車階数を増すことができる。

(9) 自動車が自走しないので排気設備が不要である。

以上のように自動車運搬設備費分がそのまま高くなるとはわれがちであるが、設備費も経費も相当額軽減される。

4. 自走式駐車方式

当社ではこの方式に対し

- (a) トロリエレベータ方式
- (b) 旋回エレベータ方式

の2種類を準備している。

4.1 トロリエレベータ方式

この方式は、鉄骨構造のエレベータ昇降路塔がトロリにつり下げられていて昇降路塔が横行し、昇降路に面した建屋の各階に設け

られた多数の車庫に自動車を収容する方式である。

4.1.1 特長

- (1) 自動式に比べ比較的安価である。
- (2) エレベータ 2 基およびそれ以上を並設したとき、応援運転が可能であるから、一方のエレベータが故障しても、駐車場の機能が半分とはならない。

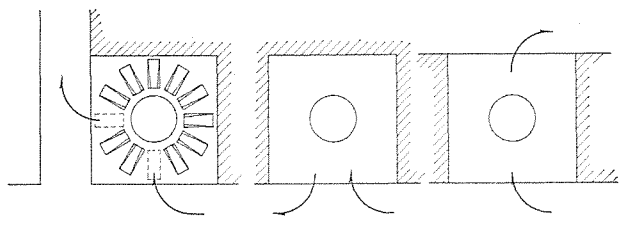


図 4.1 駐車場と出入口
Fig. 4.1 Parking place and entrance.

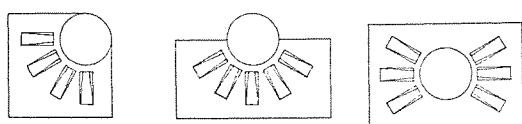


図 4.2 土地の形状と自動車の配置
Fig. 4.2 Contour of land and arrangement of cars.

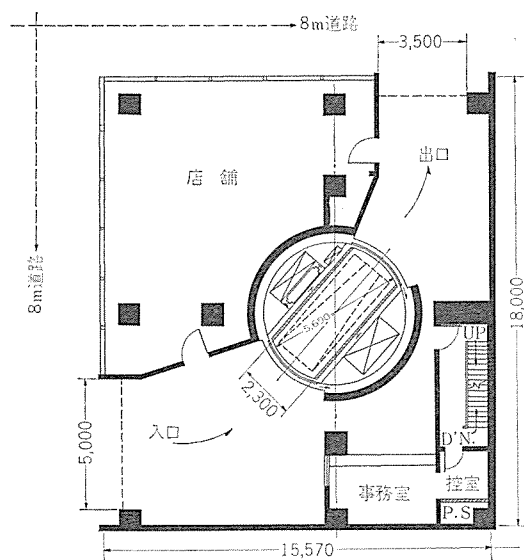


図 4.3 中川ビル駐車場1階平面図(旋回エレベータ式)
Fig. 4.3 Plan of 1st floor parking place of Nakagawa Bldg.

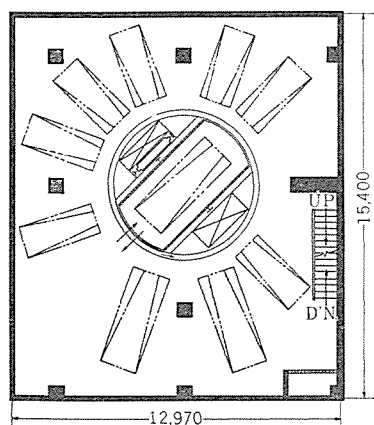


図 4.4 中川ビル駐車場10階平面図(旋回エレベータ式)
Fig. 4.4 Plan of 10th floor parking place of Nakagawa Bldg.

- (3) 前面道路に対し開口が広く、奥行の比較的浅い敷地に適している。

4.2 旋回エレベータ方式

旋回する昇降路塔の中をエレベータが昇降し各階車庫に自動車を駐車する方式で、昇降路塔上部にエレベータ機械室、下部ピット部分に昇降路塔の旋回装置を備えている。

昇降路塔は鉄骨構造の円筒形で各層に 1 個所、入出庫階に 2 個所の出入口を設けてあり、出入口以外の塔周壁には金網が張られているので、建屋側にトビラを設ける必要がない。

4.2.1 特長

この方式はほかの自走式に比べて多くの特長を持っている。

- (1) 安価である。
 - a. 昇降路塔の各階に電動とびらを 1 面ずつ設けるのみで、車庫全数にトビラを設ける必要がない。
 - b. エレベータ塔が旋回するので、自動車は常に前向きで出庫されるため、ターンテーブルは不用である。
- (2) スペースファクタがよい。
 - a. 昇降路面積が小さい。
 - b. 敷地の形状を有効に使用できる。

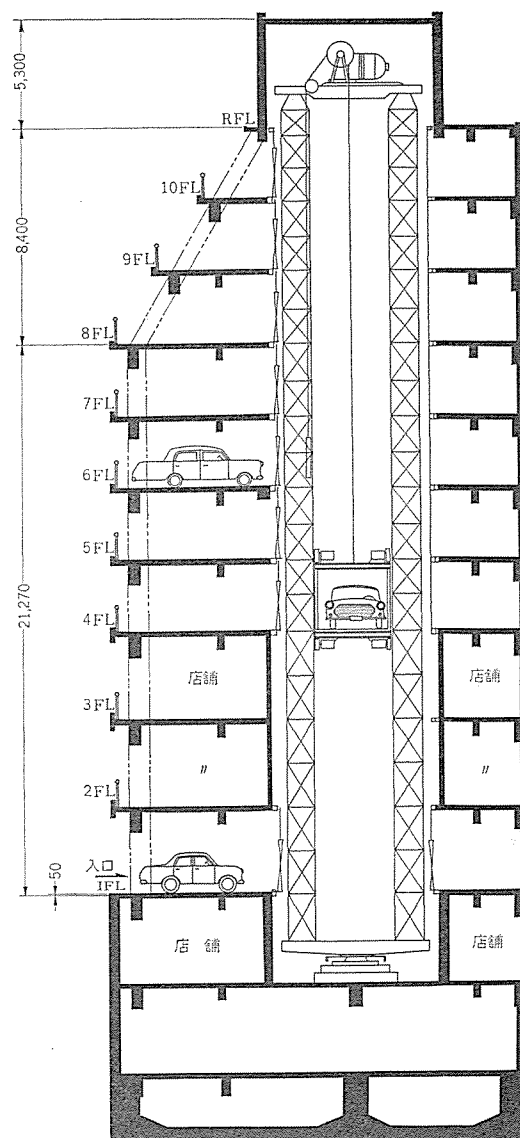


図 4.5 中川ビル駐車場断面図(旋回エレベータ式)
Fig. 4.5 Cross section of parking place of Nakagawa Bldg.



図 4.6 中川ビル駐車場全景
Fig. 4.6 Vertically arranged parking places, Nakagawa Bldg.



図 4.7 中川ビル駐車場一般階全景
Fig. 4.7 Full view of 1st floor parking place, Nakagawa Bldg.

(3) 敷地の外的条件に対する適応性が大きい。

a. エレベータ塔が旋回するので、出入庫口をどの方向にも設けられるので前面道路から受ける制約が少ない。図 4.1 参照

b. 敷地の形状に応じて駐車場の平面計画ができる。図 4.2 参照

(4) 中間階のどの階でも車庫以外の目的に使用できる。

例：商店、レストラン、事務所ビル、展望台など

4.2.2 実施例の仕様概略（中川ビル）

設置場所 東京都中央区銀座中川ビル

収容台数 70 台

エレベータ仕様

駆動方式 直流可変電圧歯車式

昇降速度 90 m/min

昇降行程 26.82 m

停止箇所 1, 4~10 計 8 箇所

旋回装置仕様

駆動方式 交流 2 段速度

旋回速度 1.3 rpm

停止箇所 10 箇所

5. 自動式駐車方式

当社ではこの方式に対し

(a) トロリエベータドーリ式

(b) エレベータドーリ式

が代表的なもので、旋回エレベータ式にドーリを積載する方式も実施の予定である。

この方式を説明する前に自動車運搬設備、すなわちドーリを説明する必要がある。

5.1 ドーリ

ドーリは三菱重工業が、米国アライアンス社と技術提携し、新らしく開発された自動車運搬装置であり、当社は電機品の納入と制御装置の設計および製作を担当している。

この新しい形式のドーリは、自動車の後輪を持ち上げ、前輪の方向を規正しながらエレベータへ自動車を出し入れする自走式である。大形車用ドーリは、外車の最大寸法車からミニカーに至るまで運搬することができる。

ドーリの操作はエレベータカゴ室にある操作盤の押しボタン操作によって、自動的に運転できるので運転技術といったものは必要がない。

ドーリ仕様

運搬対象車 大形車用……大形車からミニカーまで

中形車用……中形車からミニカーまで

(大形車用にとって全長のみ短い)

走行速度 72 m/min…(60 c/s) 60 m/min…50 c/s)

最大移動距離 13 m

5.2 トロリエベータドーリ式

エレベータ 1 基当たり 80 台以上の収容能力をもつこの方式は、自動車を施錠したまま預けることができるので、自動車のプライバシーを保つことができる特長とともに、入出庫平均所要時間が自走式に比べ 15~30 秒も短いので待時間が少なく、大規模の公共用駐車場に最も適している方式である。さらに前述のとおり設備費も意外に少なく、駐車場従業員が少なくて済むので経済的な駐車場設備である。

この方式の代表的駐車場が大阪市安土町駐車場である。

5.2.1 大阪市安土町駐車場

安土町駐車場はエレベータ業界誌 Elevator World に世界一の規模であると紹介され、早くから注目の的となっていたが、昭和 40

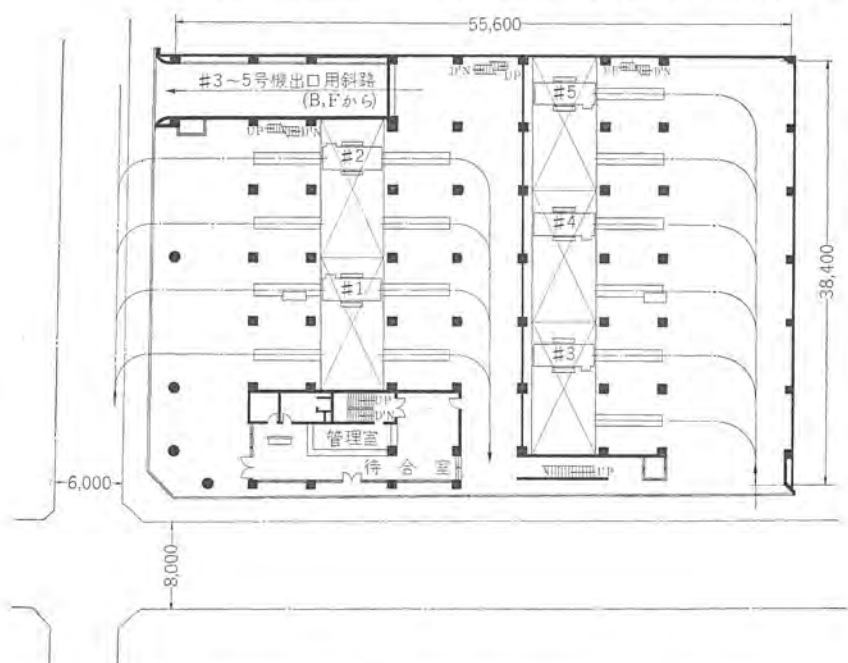


図 5.1 大阪市安土町駐車場 1 階平面図（トロリ、エレベータ、ドーリ式）
Fig. 5.1 Plan of one floor parking place at Azuchi-cho, Osaka.

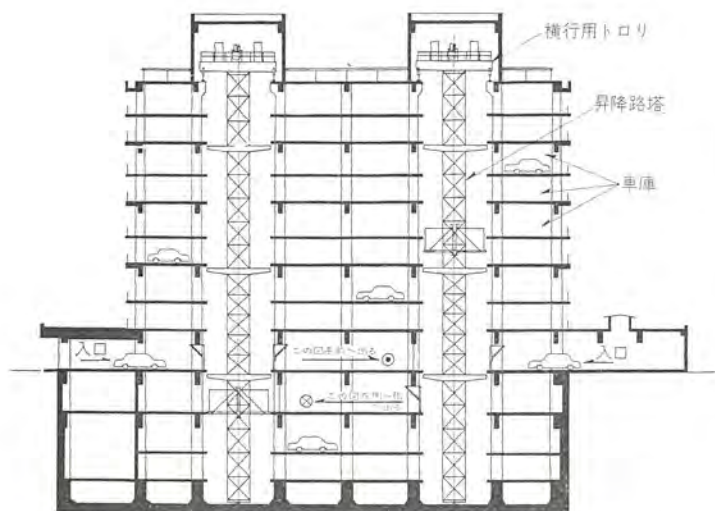


図 5.2 大阪市安土町駐車場断面図 (トロッコ、エレベータ、ドーリ式)
Fig. 5.2 Cross section of parking place, Azuchi-cho, Osaka.

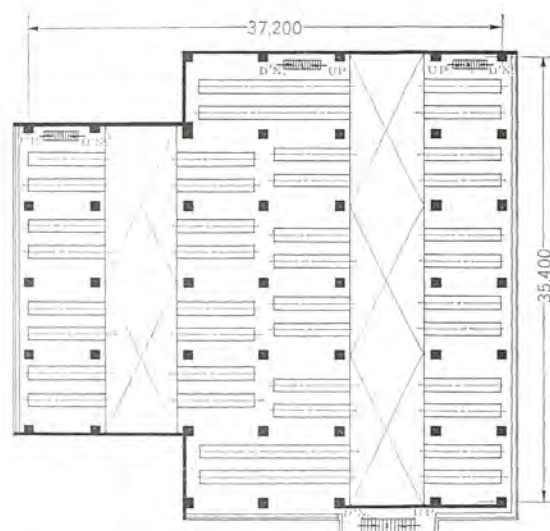


図 5.3 大阪市安土町駐車場一般階平面図 (トロッコ、エレベータ、ドーリ式)
Fig. 5.3 Plan of general floor parking place, Azuchi-cho, Osaka.



図 5.4 大阪市安土町駐車場1階入庫口
Fig. 5.4 1st floor car entrance of parking place, Azuchi-cho Osaka.

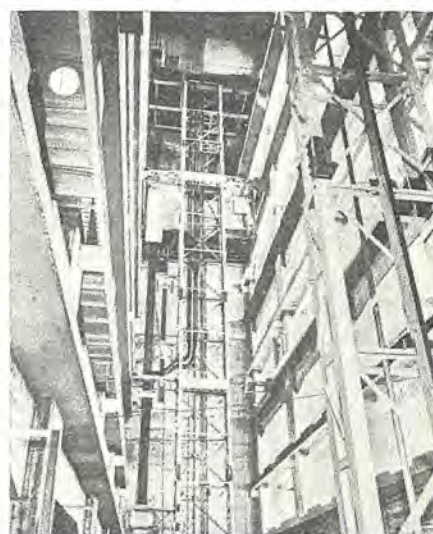


図 5.5 大阪市安土町駐車場昇降路全景
Fig. 5.5 Full view of parking place hatchway, Azuchi-cho Osaka.

年9月1日開業した。収容台数 450 台、エレベータ 設置台数 5 基、自動車の入出庫平均所要時間 63 秒という高能率をもって操業し、問屋街付近の交通緩和に偉力を発揮するものと思われる。

仕様

設置場所	大阪市東区安土町
収容車種	中形車から ミニカー まで
収容台数	450 台
エレベータ 仕様	
設置台数	5 基
駆動方式	直流可変電圧歯車式
昇降速度	90 m/min
昇降路程	32.3 m
昇降全高	38.182 m
停止個所	B ₃ ~B ₁ , 1~9 計 12 個所

トロッコ 仕様

駆動方式	直流可変電圧
走行速度	25 m/min
走行行程	7.4 m 応援運転時 最大 22 m
停止個所	5 個所 " 最大 10 個所

5.3 エレベータドーリ式

この駐車場方式は、間口が狭く奥行の深い敷地に適し、20 台前立体駐車場装置・加藤・三浦

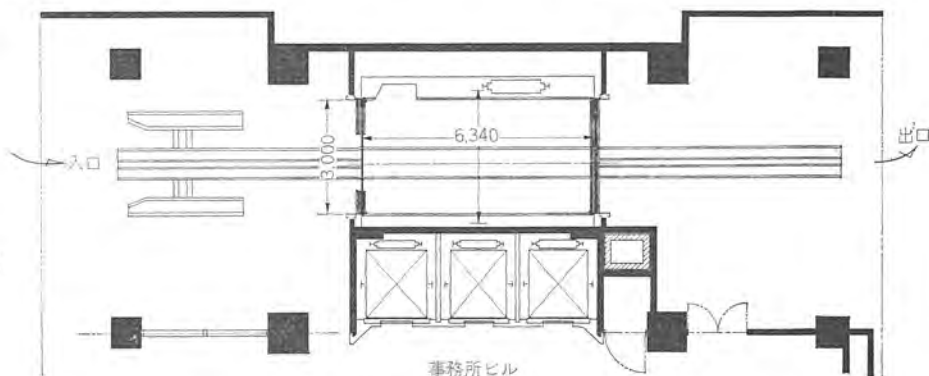


図 5.6 大手町建物田村町ビル駐車場1階平面図 (エレベータ、ドーリ式)
Fig. 5.6 Plan of one parking floor, Tamurachō Bldg.

後を収容するビル併設駐車場に適している。なかでも出入りの激しい銀行、商社などのサービス用駐車場には、施錠したまま車庫に収容されるので、自動車のプライバシーが保たれ、顧客が安心して自動車を預けることができるばかりでなく、迅速に入出庫動作が行なわれるので待時間が少なく、サービス満点の駐車場となる。実例として大手町建物田村町ビル駐車場がある。

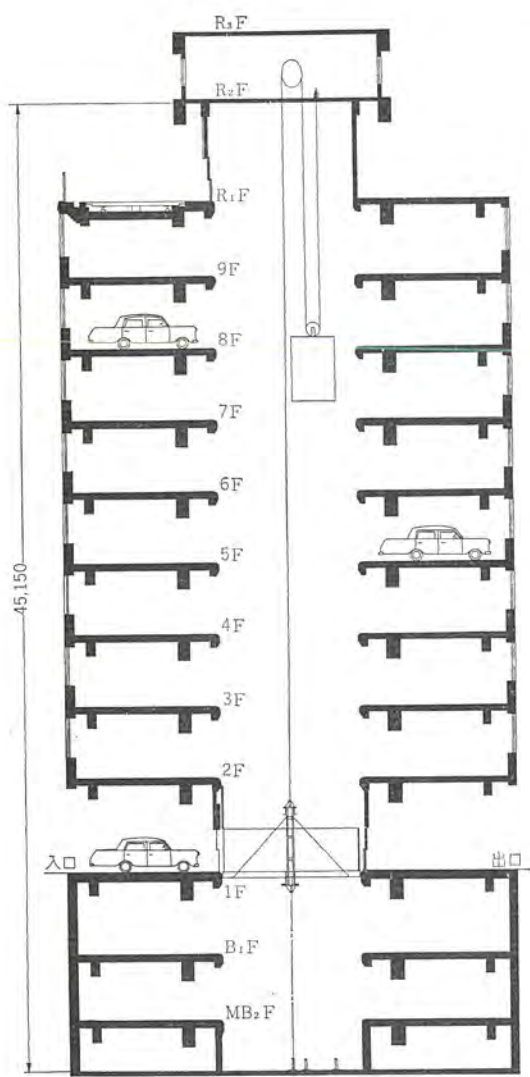


図 5.7 大手町建物田村町ビル駐車場断面図（エレベータ、ドーリ式）
Fig. 5.7 Cross section of parking floors, Tamurachō Bl'dg.



図 5.9 大手町建物田村町ビル駐車場1階入庫口
Fig. 5.9 1st floor car entrance of parking place, Tamurachō Bl'dg.

5.3.1 大手町建物田村町ビル駐車場

この駐車場は中間階車庫を自家用およびサービス用を使用し、屋上階は月決めの貸駐車場としてスペースをフルに活用されている。屋上の駐車場はエレベータ出入口前面に設置したターンテーブルまでドーリで運搬し、あとは自走による駐車方式である。

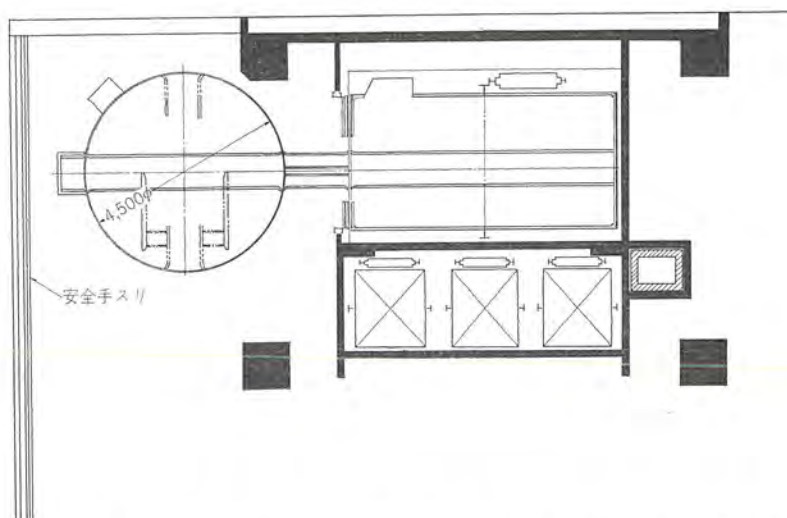


図 5.8 大手町建物田村町ビル駐車場屋上階昇降路付近平面図（エレベータ、ドーリ式）
Fig. 5.8 Plan of roof parking place near the hatchway, Tamurachō Bl'dg.



図 5.10 大手町建物田村町ビル駐車場屋上階出庫動作
Fig. 5.10 Roof parking place of Tamurachō Bl'dg.

仕様

設置場所	東京都港区芝田村町
収容台数	大形車からミニカーまで 20 台（中間階） 中形車からミニカーまで 19 台（屋上階）

エレベータ仕様

駆動方式	直流可変電圧歯車式
昇降速度	52.5 m/min
昇降行程	38.01 m
停止箇所	B ₂ , B ₁ , 1~9, R 計 12 箇所

ターンテーブル仕様

直径	4.5 m
回転速度	1 rpm

6. 管理装置

収容台数の多い公共用駐車場には、まちがいがなく、迅速な入出庫動作をできるだけ少人数で行なうために、入出庫指令を自動的に行なう管理装置が必要である。大阪市安土町駐車場に納入した管理装置について概略説明する。

6.1 人員配置と職務

- (1) 入庫整備員（1人/基）……駐車カードの発行
- (2) オペレータ（1人/基）……エレベータ、ドーリの運転



図 6.1 大阪市安土町駐車場 カゴ 操作盤
Fig. 6.1 Cage operating panel of parking place, Azuchi-cho Ōsaka.

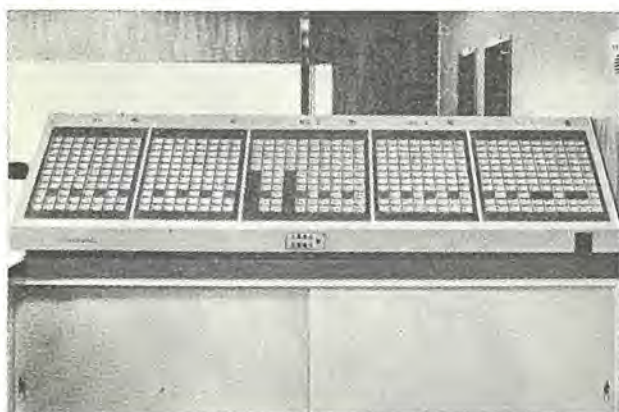


図 6.2 大阪市安土町駐車場入庫表示出庫指令盤
Fig. 6.2 Instruction board for car handling of parking place, Azuchi-cho Ōsaka.

- (3) 出庫受付係 (0.5 人/基) …出庫指令の発信と料金精算
- (4) 出庫整理員 (1人/基) ……出庫された自動車と駐車 カードの照合

6.2 管理装置用機器の説明

(1) カード 発行盤

入庫階入口にあって、盤上の ランプ が点灯している車庫番号には自動車が駐車されていることを示し、入庫整理員の駐車 カード 発行に際し、あき車庫を知らせる役割を果たす。

(2) カゴ 操作盤

エレベータカゴ 室内にあって、カード 発行盤と出庫指令盤の入庫標示灯を点灯させるスイッチ 内蔵のカード 差しと、出庫指令を受ける

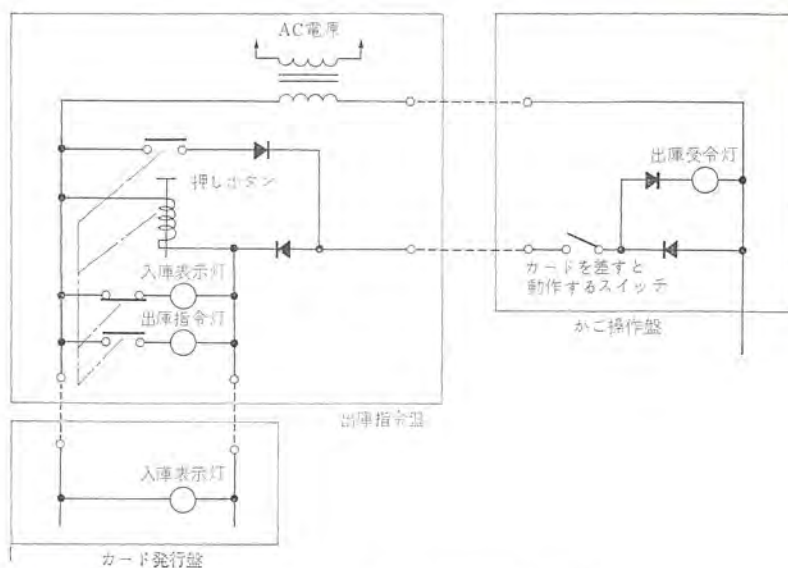


図 6.3 管理回路図 (1 組の回路を示す)
Fig. 6.3 Control circuit diagram.

表示灯を内蔵する行先 ボタン がある。

(3) 出庫指令盤

出庫受付 (料金精算所) にあって、出庫要求のある車庫に自動車が駐車されているかどうかを確認する入庫表示灯を内蔵する出庫指令 ボタン がある。

以上標示灯および押し ボタン 類はすべて車庫と同数個あり、図 6.3 に示す電気回路によって、入庫整理員、オペレータ、出庫受付係間を標示灯で自動的に連絡し、駐車場内の管理を行なう。このほかに係員間の口頭連絡用 インターホン が設置されている。

7. む す び

駐車場の建設は今後さらに増加するものと思われるが、当社では施主および建築設計事務所で行なわれる駐車場設備計画の段階から、常に信頼できるよい コンサルタント として、

- (1) 土地の立地条件、形状に適合した駐車場方式の選択、
- (2) 利用しやすい出入口回りの計画、
- (3) 容易な操作で確実な動作をする駐車場設備の自動化、
- (4) スムーズ な運転を助ける確実な管理方式、

など経済性を重要視した計画案を提供してきたが、今後も新しい方式、新しい器具の開発、利用などにより、さらに経済的な駐車場の建設に協力してゆきたいと思っている。

最後に雑誌「建築設備」に掲載された三菱重工業広島造船所の加藤課長および二宮技師の記事を参考させていただき、誌上をもってお礼申し上げる。

三菱エスペット

鬼頭勝巳*

Mitsubishi Espet

Inazawa Works Katsumi KITO

Escalators were mostly used in department stores in the past. But their capability in transporting much load smoothly in a rather small floor space has been recognized and their field of application is expanding nowadays. In supermarkets, amusement centers, banks and hotels the escalators are often found very convenient. To provide the sets specially for small and medium buildings, Mitsubishi has developed economical type 800 units with a 4.5 meters rise maximum and named them "Mitsubishi Espet". They are beautifully designed but reasonably priced to enable them to be applied to premises where type D escalators are not suitable.

1. ま え が き

縦の交通機関としてのエスカレータは連続的に多くの乗客を運ぶことを特長とし、エレベータに比較してその輸送能力に格段の相違があることはすでに周知のことである。

都市の百貨店には昇り用、降り用の複列はもちろん、複々列にエスカレータを設置し、乗客輸送の主力となっており、その普及はめざましいものがある。エスカレータの価値——小さい占有面積で大量輸送に適しており、室内装飾を豪華にするなど——の認識が高まるにつれてその適用分野はますます拡大し、最近ではスーパーマーケット、銀行、ホテルなどや中小形ビルに、また大ビルおよび高層ビルの低層階サービス用として、エスカレータの特長を十分活かした分野に進出する機運となってきた。すなわちエスカレータを設置することにより、

- (a) 銀行は2階に退いて1階を商店に貸すことができる。
- (b) 劇場、レストランを地下階あるいは地上2、3階に設けて、地上客を誘引することができる。
- (c) スーパーマーケットでは客の流れが円滑となり、売上げを伸ばすことができる。
- (d) 大ビル、高層ビルではエレベータサービスの盲点となりがちな地下階および低層階のサービスを受持つ。とくに最近脚光を浴びている高層ビルに用いられる群管理運転を行なう高速エレベータが、地下階または低層階サービスを行なうと全体での能率が極端に低下するので、地下および比較的乗降客の多い2~4階をエスカレータでサービスし、エレベータは5階以上の上層階サービス専用にとすることで、ビルの利用価値を大いに高めることができる。

このようにエスカレータを適切に設置すればその建物の経済的価値を大きく左右することは明らかであるが、過去の実績では(a)~(d)のごとき使用目的のものは比較的少なく、この原因といえば、エスカレータ設備は、百貨店、地下鉄などのように非常に混雑するところを対象に考えたもので、どちらかといえば値段がやや高いことであろう。しかるに最近では百貨店、地下鉄以外のこれらの分野に安価なエスカレータが要望される気運になってきており、当社では斯界の要望に答え、長年のエスカレータ製作の経験を活かして、三菱エスペットを完成した。三菱エスペットは設計を合理化し、仕様を規格化した規格形エスカレータである。

三菱エスペットは以下述べるように仕様がある程度制約をうける



図 1.1 三菱エスペット Fig. 1.1 Mitsubishi Espet.

ので、必ずしもお好みに合わせて製作できない場合もあり、この面でご不自由をおかけするかも知れない。しかし規格形を世に送る主旨を諒とせられ、エスカレータの普及化への努力にご理解をたまわりたい。なおお望みの外観や建物の寸法に合わせたものは、従来どおりD形エスカレータでご要望にお答えできるのでご愛顧をたまわりたい。

2. 三菱エスペットの特長

2.1 欄干幅、揚程および輸送方法

左右の内側板の間の有効幅は大人と子供が並んで乗れる800mm(通称800形と呼び、輸送能力は5,000人/h)の一種類のみとする。百貨店や地下鉄などのように非常に混雑して、大量の乗客を輸送する場合には、大人2人が並んで楽に乗れる1200形(欄干有効幅が1,200mmで輸送能力は8,000人/h)を必要とするが、一般の銀行、ホテル、スーパーマーケットなどでは800形で十分である。

揚程は過去の納入実績をもとに検討し4.5mを最高とし、50mm単位に限定した。すなわちあらかじめ定められた揚程に製作することで据付面積を小さくし、建物ハリにかかる荷重を軽減できた。

さらに業界に先がけて国内最初のラレバ化を実施した。従来エスカレータは建物にトラスを架設後の据付調整に長い期間を要し、



図 2.1 輸送準備中の三菱エスペット
Fig. 2.1 Mitsubishi Espet ready for transport.



図 2.2 輸送中の三菱エスペット
Fig. 2.2 Mitsubishi Espet under transport.

需要家にご迷惑をおかけしていた。しかしエスペットは工場ではほぼ完全に近い状態に組み立てた後、そのままの姿で設置建物へ輸送搬入して架設する。これによって据付期間は大幅に短縮され、据付作業場の囲いもわずかの期間でよいから需要家におかけするご迷惑も少なく、納期も短くできる。ただ建物に、エスペットを搬入するため幅 2,000 mm 以上、高さ 3,000 mm 以上の大きさの搬入口と搬入路を準備していただかなければならないので、多少のご迷惑をおかけするかも知れないが、据付期間を短縮することによって十分補うことができる。

また道路条件や建物の都合によって一体のままで輸送搬入ができない場合は二分割輸送にすることもできる。

エスカレータのラレハ化はすでにヨーロッパにおいては普及しているが、国内では道路、建物条件などによって今までは実施されていなかった。エスカレータの品質を安定させ、納期を短縮するためにはラレハ化をすすめる必要があり、そのためには需要家のご理解が不可欠の要素となる。需要家のご協力を切望する次第である。

2.2 欄干意匠

エスカレータは乗客輸送が第一の機能であり、初期のものは乗客輸送に直接関係のない欄干意匠はパネル形のみであった。その後エスカレータは店の売上げ増加に結びつくことが認識され、百貨店がきそって設置するようになると室内装飾の一部と考えられるようになり、各種意匠の欄干の要求が生まれた。その結果、三菱 D 形エスカレータでは百貨店用をはじめ、あらゆる用途に適合するよう透明形、照明形、透明と照明をコンビにした形、パネル形など（詳細は本誌「デパートの昇降機設備」をご参照いただきたい。）各種の意匠を取りそろえ自由に選定することができる。

しかし実用性に主眼をおいた三菱エスペットでは、ぜい肉と考えられるこれらの欄干意匠はパネル形の一種に統一し、構造の簡易化、価格の低廉化をはかった。パネル材にはメラミン化粧板を使用

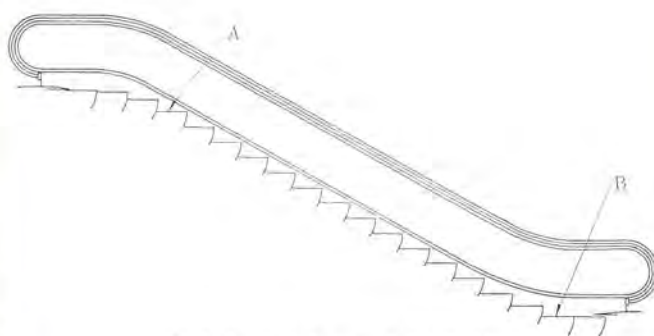


図 2.3 エスカレータの踏段
Fig. 2.3 Steps of escalator.

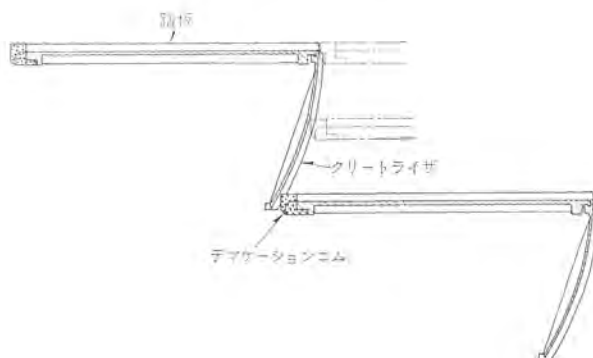


図 2.4 三菱エスペットの踏段
Fig. 2.4 Steps of Mitsubishi Espet.

した。メラミン化粧板は硬度が高く、耐摩耗性、耐引っかき性能にすぐれ、汚れなどがつきにくく、手入れも簡単で、こすられたり、汚れやすい欄干パネルとして用いるには適切な材料といえる。その上美麗で近代建築のインテリアデザインにマッチさせることができる。

2.3 クリートライザ付踏段の採用

踏段にクリートライザ (Cleated riser) およびこれとかみ合うデマーケーションコム (Demarcation comb) を備えること⁽¹⁾は三菱独特の方式で (実用新案第 590275 号)、三菱 D 形エスカレータ⁽¹⁾の出現とともに昭和 34 年に発表し斯界に好評を博している。クリートライザをつけることで踏段の安全性は向上し、平面状のフラットライザに比較して事故発生率は格段の相違があることは過去の比較統計によってあきらかである。

エスカレータが昇りあるいは降り運転中に、乗降場に近い部分で踏段は階段状から平面状に移行する。すなわち、図 2.3 の A 点では昇り運転中、B 点では降り運転中に図 2.4 で示したように階段状から平面状になろうとし、お互いに相対運動をする。このとき、ライザがステンレスの平面ライザの場合には、ゴム靴などのように摩擦の大きいものがライザ表面に押しつけられていると、踏段間の細長いスリット状のスキマにはさみ込まれるおそれがある。しかしライザにクリート(棧)をつけたクリートライザでは、隣の踏段に取り付けたコム(クシ状指片)とクリートライザが常時かみ合っており、ライザ表面にゴム靴などが強く押しつけられていてもこれをすくい取る作用が働くので、踏段間のスキマにはさみ込まれることはほとんど皆無となる。もちろんクギなどの異物もすくい出されるので、エスカレータ内部に落ち込む心配もない。図 2.5 にクリートライザ付踏段、図 2.6、2.7 にクリートライザとコムのかみ合いを示す。一方コムはデマーケーションコム (以下デマコムと呼ぶ) と呼ばれ、黄色のプラスチック製であるから、踏段と踏段の境界を鮮明にしかも半永久的に明示し、乗客が安全に踏段に乗ることができ

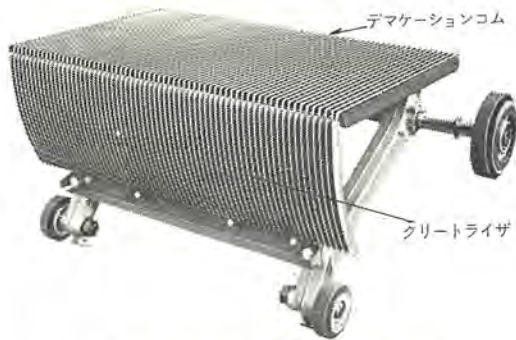


図 2.5 クリートライザ付階段
Fig. 2.5 Step with cleated riser.

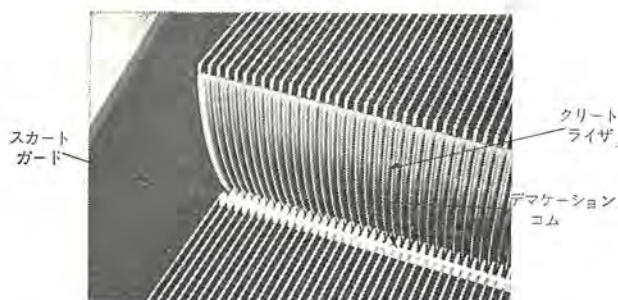


図 2.6 クリートライザかみ合い部
Fig. 2.6 Mesh of cleated riser and demarcation comb.

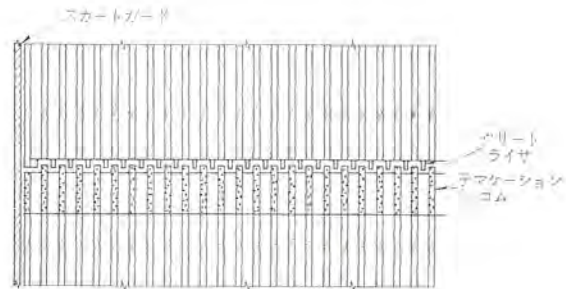


図 2.7 デマケーションコムとクリートライザのかみ合い
Fig. 2.7 Mesh of demarcation comb and cleated riser.

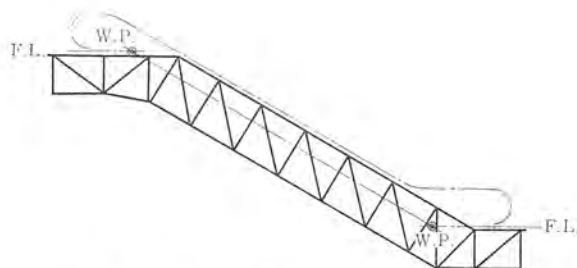
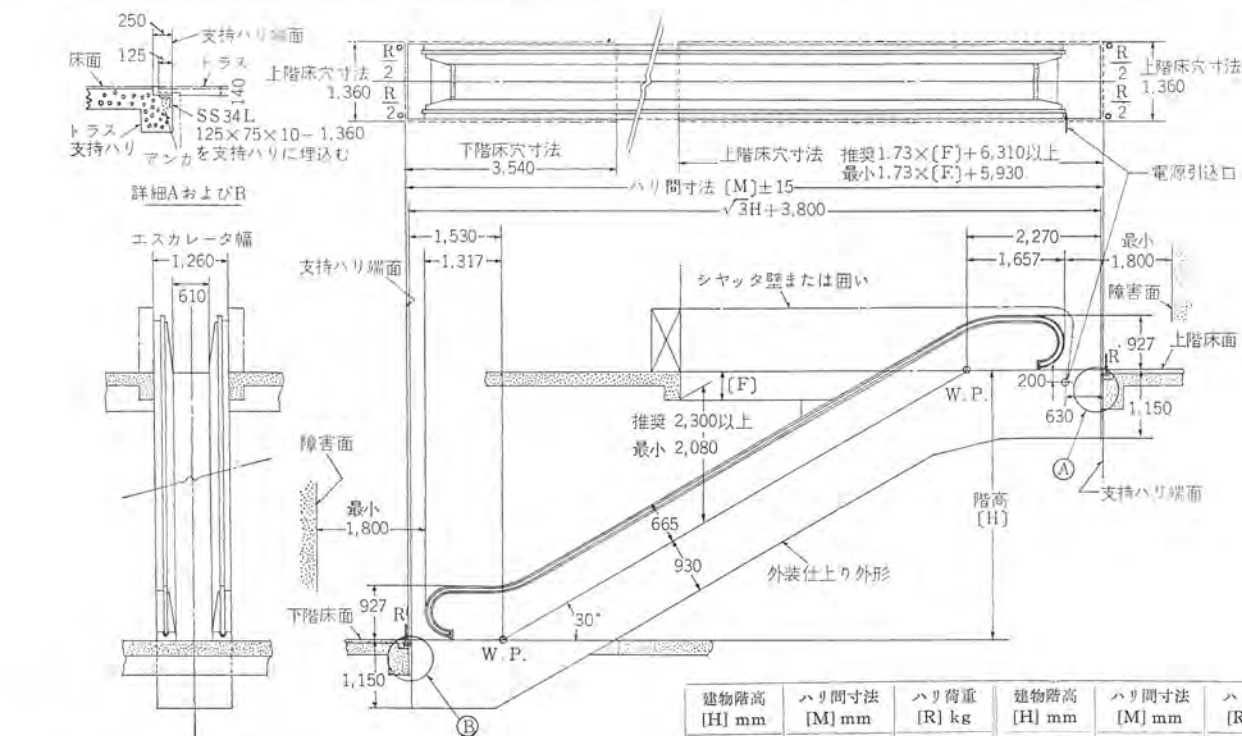


図 2.8 三菱エスペットのトラス
Fig. 2.8 Truss of Mitsubishi Espet.



ハリ間寸法・ハリ荷重一覧

建物階高 [H] mm	ハリ間寸法 [M] mm	ハリ荷重 [R] kg	建物階高 [H] mm	ハリ間寸法 [M] mm	ハリ荷重 [R] kg
2,850	8,815	4,200	3,400	9,775	4,550
2,900	8,900	4,250	3,450	9,870	4,550
2,950	8,985	4,250	3,500	9,955	4,600
3,000	9,070	4,300	3,550	10,040	4,650
3,050	9,160	4,350	3,600	10,130	4,650
3,100	9,245	4,350	3,650	10,215	4,700
3,150	9,340	4,400	3,700	10,300	4,700
3,200	9,425	4,400	3,750	10,400	4,750
3,250	9,515	4,450	3,800	10,485	4,800
3,300	9,600	4,450	3,850	10,570	4,800
3,350	9,690	4,500	3,900	10,655	4,850

図 3.1 三菱エスペット据付図

建物階高 [H] mm	ハリ間寸法 [M] mm	ハリ荷重 [R] kg	建物階高 [H] mm	ハリ間寸法 [M] mm	ハリ荷重 [R] kg
3,950	10,745	4,900	4,250	11,270	5,050
4,000	10,830	4,900	4,300	11,360	5,100
4,050	10,925	4,950	4,350	11,445	5,150
4,100	11,010	4,950	4,400	11,530	5,150
4,150	11,100	5,000	4,450	11,625	5,200
4,200	11,185	5,050	4,500	11,715	5,200

標準仕様

揚程	4,500 mm 以下 (50 mm 単位)
輸送能力	5,000 人/h
速度	27 m/min
欄干有効幅	800 mm
傾斜角度	30°
使用電源	動力用 200/200~220 V 50/60 c/s
	照明用 100/100~110 V 50/60 c/s

Fig. 3.1 Layout for Mitsubishi Espet.

る。またデマコムは自己潤滑性の材料で作られているから、クリートライザとかみ合う際に、たとえこすり合うことがあってもスムーズである。

このようにクリートライザとデマコムを備えた階段は安全性の点はいうにおよばず、意匠上の点でも他社の追随を許さぬ最高品質のものといえることができる。

2.4 トラス

欄干意匠をパネル形一種に限定することでトラス構造は簡単となり大幅な重量軽減が可能となった。透明欄干とするためにはトラス上ハリは欄干より必ず下側に納めなければならないが、三菱エスパットではこの制限がまったくないので、図2.8に示すようにトラス上ハリを欄干上部まであげることが可能となった。これによってトラス深さが大きくなり、部材のサイズを小さくしても十分な剛性、強度をもたせることができる。その上ハンドル、デッキボードを支持する欄干柱をトラス部材で構成することができ、構造の簡易化、重量の軽減が可能となり、経済的なものとすることができた。

2.5 外装意匠

図1.1に示したように外側板の中央部に当社独特の黒いベルトを設けて見切りをつけ、この見切りの上側と下側の色を変えることで軽快なツートンカラーとすることもできる。

3. 標準仕様

800形、最大揚程を4.5mに限定することで、三菱D形エスカレータよりさらに一まわり小さい専用機器を適用することが可能となった。駆動機は5.5kWモータと立形の小形ウォーム歯車減速機を組み合わせたものを開発した。

欄干パネルにはメラミン化粧板を使用し、色柄はフレームレッド、ピケット、キャラメル、ライトグリーン、サーフグリーン、シャドウブルーの6種を標準とし、室内意匠に合わせて自由に選定できる。また乗場の足元照明用としてコムライトを取り付けたので乗り降りに便利である。

ゴム手スリは耐老化性にすぐれた三菱ハイストロン製で、色、ツヤともに美しく長寿命が保証できる。色は青、えんじ、黒の3色を標準とした。

デッキボードはエスカレータと建物の壁との接合部分であり、エスカレータ意匠の一部として重要なものである。材料は耐食アルミ合金押出材で表面は美しいアルブライト仕上とし、きわめて落ちつきある上品な感じを受ける。

上下部乗場の階段への導入部はアルミ板張付のコムプレートを使用した。これはD形エスカレータと同様、縦、横の両方向にスベリ止めのスリットを入れた美しいもので、スベリ止めの効果を十分備えており、長年の使用で摩滅した場合は簡単に取り換えることができる。コムプレート以外のトラス上面は、全面がマンホールカバーで保守の際簡単に取はずしができる。マンホールカバーは耐摩耗性のすぐれたゴムタイル仕上とし、室内意匠にあわせて自由な色が選定できる。

エスカレータの外装は室内の壁、あるいは天井に相当するので、外装仕上はエスカレータのできばえの意匠効果をきめる重要な要素となる。三菱エスパットはこの点も十分考慮し、あらゆる建築にマッチした鋼板塗装仕上とし、色はオリーブ、アーjentグリーン、ブルーグリーンの3種を標準とした。

ご参考までに図3.1にエスパット据付図を示す。

4. むすび

三菱エスパットは以上述べたように実用性に主眼をおいて設計を合理化し仕様を規格化して、価格の低廉化をはかったもので今後の新しい需要に答えるため開発したものである。三菱エスパットの出現で従来はエスカレータを設置できなかったような中小形ビルにも使用できるようになり、ビルの経済価値向上の一助になるものと信ずる次第である。

参考文献

- (1) 武長：「三菱電機」34, 1150 (昭35)

関西電力京都河原町 CM-45 形ネットワークプロテクタ

東松孝臣*・宮本 一*

天野 恒**・竹内孝治**・久保修造**

Type CM-45 Network Protectors for Kawaramachi Kyōto of the Kansai Electric Power Company

Kansai Electric Power Co.,

Takaomi TÔMATSU・Hajime MIYAMOTO

Mitsubishi Electric Corporation, Kôbe Works

Hisashi AMANO・Takaharu TAKEUCHI・Shuzô KUBO

Recent increase in demand for power at relatively narrow districts is now changing the old idea of distribution network. Diffusion of electrified equipment particularly air conditioners and the like calls for stable and reliable power supply. To satisfy the need the Kansai Electric Power Co. set up underground network in Osaka more than twenty years ago. A new addition to the installations is in Kawaramachi district of Kyôto, where V connected 3 phase 4 wire system network the first trial in the world is now in operation. To go with it Mitsubishi has built 29 sets of type CM-45 protectors to assure the reliability, to simplify the maintenance and to improve the service to the power consumers.

1. ま え が き

最近の各種電気機器、家庭用電化製品の普及、とくに冷房需要の増加、ビル建築ブームなどによって電力需要の伸長に拍車がかけられ、大都市中心部に局地的超高負荷密度地域を形成しつつある。このように、大都市における電力需要はさらに増大し、サービス、とくに供給信頼度への要求も一段と高度化することは必至であり、電力設備の拡充はたんに需要増加対策に止まらず、飛躍的な安定供給確保を目指して実施されなければならない。この要求を満たすものとして低圧ネットワーク方式が考えられるが、この方式は米国で1926年にノックスビル市において初めて実施され、その後多くのネットワーク方式が各地でなされてきた。

わが国では、関西電力が戦前W社より地下用のものを輸入し、大阪御堂筋に地中ネットワークを実施した歴史があり、昭和33年にこのプロテクタを当社で架空用のものに改造して、わが国初の架空ネットワークが大阪千日前に実施された。その後昭和34年に同地区に新しいプロテクタを増設し、このネットワークが拡大されて現在に及んでいる。

また九州電力においても、昭和39年に関西電力と同じ方式で試験的に実施している。

以上はいずれも低圧方式は人形三相4線式であるが、今回関西電力では、世界でも初めての異容量V結線三相4線式によるネットワークを京都河原町地区において実施することとなり、そのプロテクタCM-45形29台を当社において製作した。以下このネットワークプロテクタについて述べる。

2. ネットワーク方式

一般的なACネットワーク方式は図2.1に示したようなものである。すなわち負荷は網状に組まれた二次配電網から供給され、電源は数回線の異なる電線より順次にネットワーク変圧器に接続される。それぞれの単位はネットワーク変圧器とネットワークプロテクタより構成される。

通常の運転時では、負荷は回路定数により数個の変圧器より配電されるので、効率の向上、電圧変動の減少などのため、負荷の



図 2.1 ネットワーク方式実行例
Fig. 2.1 Example of network system.

位置、大きさ、性質によりあらかじめ変圧器の容量、設置位置、電線の大きさを検討の上決定しなければならない。

一次側に故障のあった場合には、変電所におけるモータ断器のモータ断によりネットワークプロテクタを逆流する電力によりモータ断し、故障回線を除去するので、健全回線からの電力により停電することなしに配電することができる。

二次側の故障は、需要家内の故障はそれぞれのヒューズにより、またネットワークの故障は電線の焼切れによるか、区分開閉用のリミッタにより除去される。

樹枝状の電線では修理保修のためには停電をしなければならないが、ネットワークでは一回線を系統から離してもなんら支障はない。したがって保修をするには従来のように夜中とか、日曜に短時間に急いで工事をする必要もなく、随時行なうことができる。

また変圧器容量も、一般的なネットワークにおいては一回線が停電しても、はなはだしい過負荷なしに通電しうる容量を持っているので、電力の融通性に富み、一回線故障時においても平常どおり通電することができる。

このようにネットワーク方式は現存するいかなる方式よりもすぐれた方式であり、電圧変動および損失も、他の方式より少ない。また運転保守も簡易に行なわれ、増設の際にも樹枝状の場合に比べ簡単に行なわれる。

配電方式において、ネットワーク方式と樹枝状の場合を単純に比較すれば、いったん停電となれば生産が止まり、また損害をきたすような産業においては経済的に見て完全に利益となるが、サービスに對しいかに評価するかという点を除けば、樹枝状と比較するとき一般には割高になるかも知れない。しかし可能な限りの無停電、電灯電動機回路の共用、電圧変動が少なく、変圧器容量を増加させる際にはネットワークとして増加させればよく、事故の際の自動開閉操作、主電線の修理点検が停電なしに容易に行なうことができるなどの多くの利点を考え合わせれば、ネットワーク方式が従来の樹枝状の場合に比べ、技術的にはもちろん、経済的にもすぐれている場合が多い。

これらの点が米国あるいは、またヨーロッパにおいて多くの都市でネットワーク方式が普及しているゆえんである。

3. 異容量V結線方式

従来の配電方式は、変圧器低圧側の結線は人三相3線、または人三相4線に接続されていたが、最近の配電系統では電灯、動力負荷の共存と動力負荷の増大により人結線では運用がめんどうになり、これに代わるものとして、電灯、動力共用相を有する異容量V結線三相4線式が実施されつつある。

すなわち、繁華街においては電灯、動力別の低圧系統を施設することは装柱上の複雑化を招くことになり、一方設備合理化の面からも灯、動共用供給方式の採用が考えられるようになったのである。

ネットワークTrの代表的な例として次の組み合わせが考えられる。

一次電圧	6kV	二次電圧	210/105V
容量	$(100\text{kVA} \times 2) + 100\text{kVA}$		
定格電流	1,000A (150% 過負荷運転 2時間)		
結線	異容量V結線方式 (三相4線)		

共用相は進み接続とし、同一ネットワーク内は統一する。この進

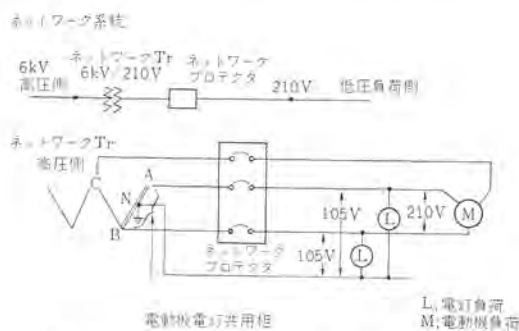


図 3.1 ネットワーク系統の一断面
Fig. 3.1 One section of network system.

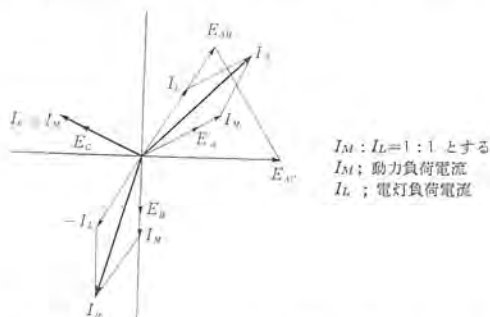


図 3.2 V結線 三相4線式 各部電圧電流ベクトル図
Fig. 3.2 Vector diagram of 3 ϕ 4W V connection network system.

み接続とはV結線でC-A相が欠けている場合、A-B相が共用相になった場合をいう。だいたいの比率は動力用2対電灯用1である。過負荷耐量の考え方は、ピーク時一回線事故の時の過負荷が一番シビアであるとして定めている。ただし、チャンスはあまりない。

この場合の各電圧、電流のベクトルを概略図3.2に示す。

負荷の力率は簡単にするため100%と仮定する。動力負荷 I_M は三相平衡しているものとし、電灯負荷 I_L はA-B間 (A-N間, B-N間) に単相負荷として入ったものとする。したがって、C相電流は動力負荷電流のみであるがA相、B相は電灯、動力の共用負荷電流が流れる。

4. CM-45 形ネットワークプロテクタ

CM-45形を使用するような低圧二次回路は地中式配電線が一般に使用されるが、今回の関西電力のものは架空線方式であり、ネットワークTr、およびネットワークプロテクタは電柱装架の防水構造である。ネットワーク固有の問題として、フィード故障時の故障電流の逆流を切る装置が是非とも必要となる。この故障電流を切るためにはヒューズも考えられるが、必ずしも最大負荷電流より大きいという保障はないし、またネットワーク側の故障によっても切断するのでネットワーク保護用としては適さない。したがって逆流検出継電器によりトリップするシャ断器が必要となる。

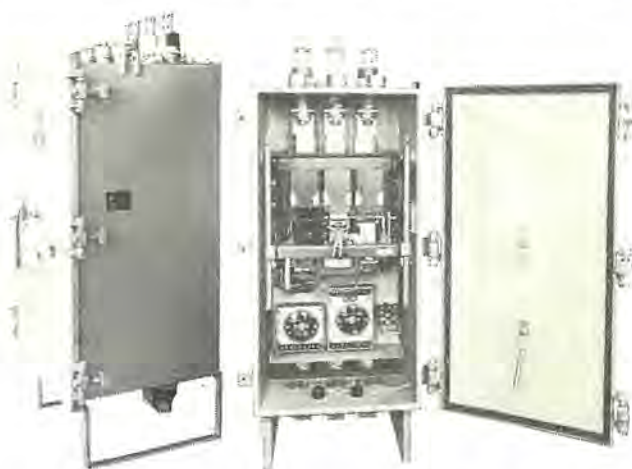
ネットワークプロテクタは高圧フィードの保護と低圧配電網の自動制御の機能を備えたシャ断機構であり、CM-45形は次のような性能を持っている。

4.1 定格

定格電流	1,000A (1,500A 2時間の過負荷耐量)
定格電圧	AC 60 c/s 210V
定格シャ断電流	25,000A (交流分実効値)
定格短時間電流	25,000A 2sec (交流分実効値)
定格投入電流	60,000A (波高値)

4.2 構造

今回のものは電柱に取り付けられるように設計されており、図4.1に示されているようにトビラを開けば継電器、シャ断器が一体となって台車に取り付けられ、台車は容易に引出しうる構造となっている。正面に取り付けられているハンドルにより自動操作の指定および手動による開閉操作ができる。また右側面のフツ窓よりシャ断器の開閉回数を示す度数計と開閉の機械的表示が見



(a) 外観 (b) 内観

図 4.1 CM-45 形 ネットワークプロテクタ
Fig. 4.1 Type CM-45 network protector.

える。継電器類は取付ネジをはずせば簡単に引出し可能で保守点検に便利である。シヤ断器開閉表示として下から見えるようにネットワークプロテクタ底面に長寿命の放電形信号灯を設けている。ネットワークプロテクタの外部接続は、下側ラッシングによりネットワークTrと接続し、上側ラッシングによりネットワーク側と接続するものとし、左よりA, B, Cの相順としている。

箱体はトビラ部分の全周および点検窓にネオレンゴム製のパッキンをつけて容易に水の入らない構造としている。全重量は410kgである。

4.3 性能

図4.2はネットワークプロテクタのシーケンスである。主制御リレー、位相点検リレーの構造は、従来の三相4線式のものと同じであるが、接続方法および位相特性などを若干変更し、その形名をCNM-2, CNP-2としている。主制御リレーおよび位相点検リレーの電圧コイルはいずれも線間にそう入し、主制御リレーの電流コイルおよびフェーディングコイルは3個ずつあるが、使用するのはそのうち2個ずつをA相とC相のみに使用する。

4.3.1 逆電力シヤ断特性

電源側に故障があった場合、故障電流の逆流によりCNM-2形継電器の接点がトリップ回路を形成しシヤ断器をトリップする。もしフィーダが変電所でシヤ断されるとネットワーク変圧器はネットワーク側から励磁される。この場合にも励磁電流だけでシヤ断しうる特性をもっている。

逆電力シヤ断のトルクは E_{AC} と I_A 、 E_{CB} と I_C の組み合わせにより得られる。ネットワーク電圧 $e_2=210V$ とし、 180° 遅れ電流で定格値の0.3%以上になればTC接点を閉じるものとする。これはCT比1,000/5Aであるから、CT一次に換算すると3Aになる(専用相3A, 共用相6A)。電流測定値は上記の値を100%として80~400%調整可能である。

また、電源側に故障があった場合の逆電流シヤ断は25,000A(AC実効値)を保障している。この時電源側の短絡がネットワーク変圧器の直前で起こっても変圧器のインピーダンスによる電圧降下分でシヤ断器をトリップできるように、最低引はずし電圧は定格210Vに対して30Vとしている。

4.3.2 無電圧投入特性

ネットワークに接続されている全フィーダが開でネットワーク側電圧ゼロの時、変電所側のシヤ断器が投入されればそれに連るネットワークプロテクタはCNM-2により閉路の回路を形成しプロテクタは投入

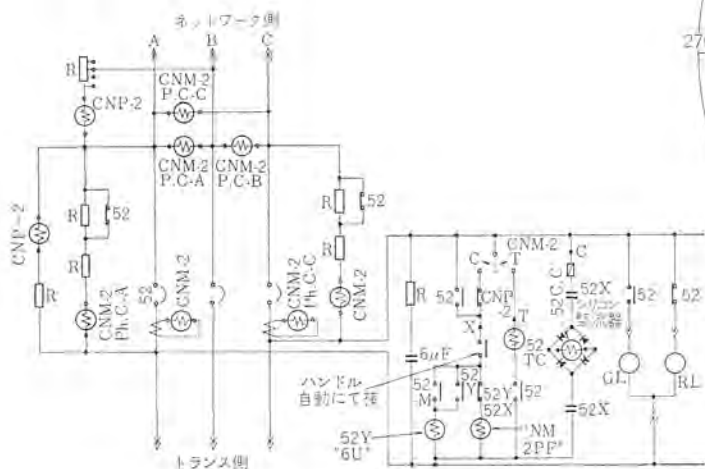


図4.2 ネットワークプロテクタ展開接続図
Fig. 4.2 Schematic diagram of network protector.

される。

4.3.3 過電圧投入特性

フィーダが故障でいったんプロテクタが開かれ、その故障が除去された場合、ネットワーク側にはすでに電圧が存在している。シヤ断器を開路するにはCNM-2形主制御継電器、CNP-2形位相点検継電器により次の条件で閉路する。

(1) ネットワーク電圧 e_2 よりトランス二次側電圧 e_1 が少しでも大きいとき、すなわちネットワーク電圧 $e_2=210V$ を基準としてフェーディング電圧 $\Delta e=e_1-e_2$ がこれと同相で、 $1.0V \pm 0.1V$ 以上でプロテクタ通過電力が正方向に流れることを保障しうる時閉路するも

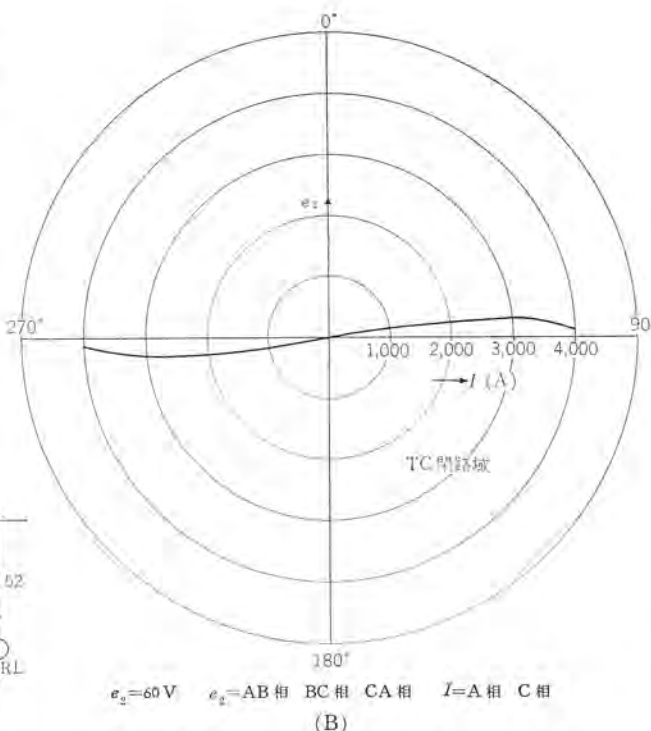
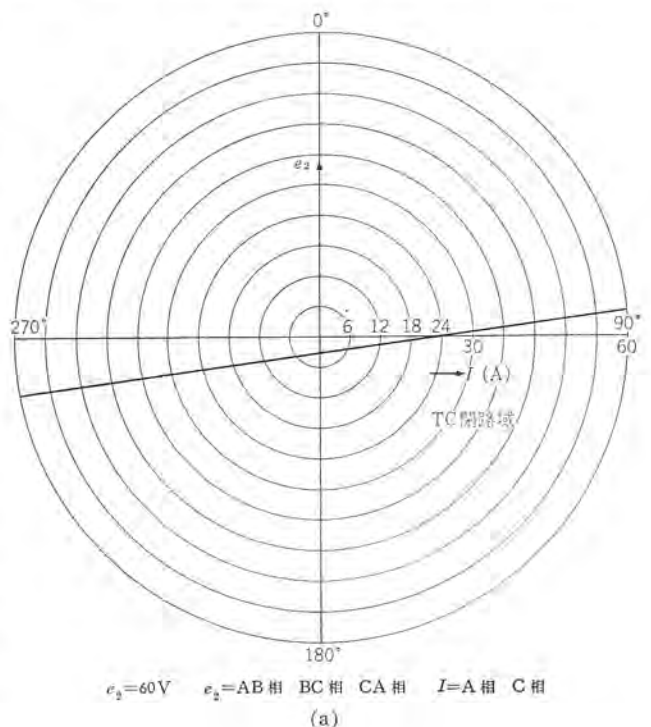


図4.3 CNM-2形逆電力シヤ断位相特性例
Fig. 4.3 Reverse power tripping characteristics of type CNM-2 master relay.

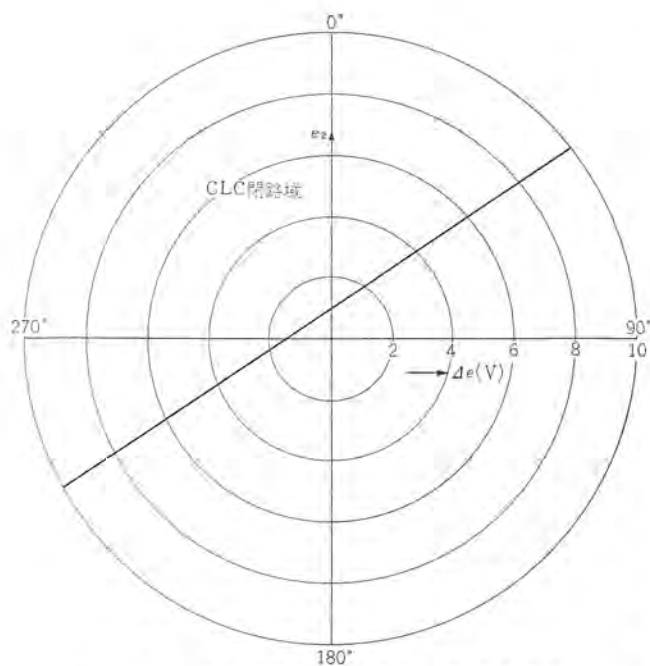


図 4.4 CNM-2 形過電圧投入位相特性例
Fig. 4.4 Overvoltage closing characteristics of type CNM-2 master relay.

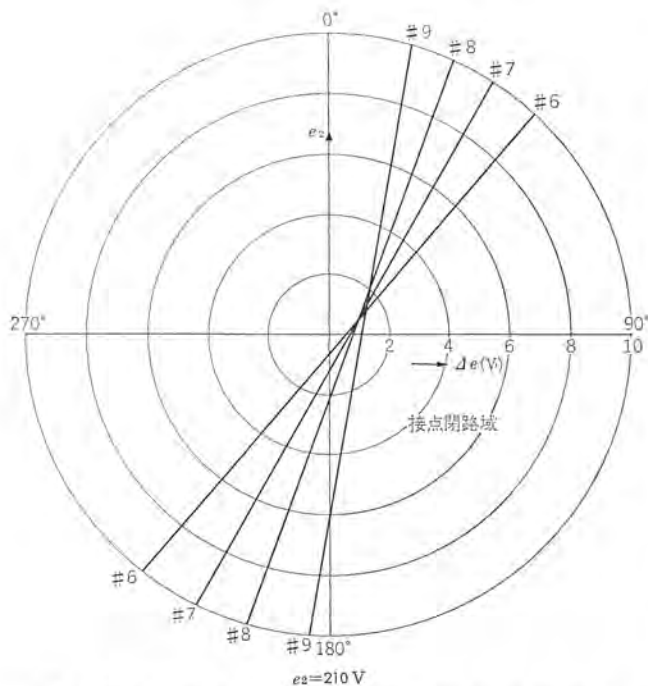


図 4.5 CNP-2 形位相点検継電器位相特性例
Fig. 4.5 Phasing characteristics of type CNP-2 phasing relay.

のとする。

(2) トランス側電圧 e_1 が一定程度 ネットワーク側電圧 e_2 より進んでいない時に投入すれば、電流が逆流して再び主制御継電器がプロテクタをシャ断することになり、一種のポンピング作用を起こすようになるので、CNP-2 形位相点検リレーにより e_1 , e_2 の位置関係を点検して閉成回路を作る。

過電圧投入のトルクは E_{AC} と I_A , E_{CB} と I_C の組み合わせにより得られる。

4.3.4 その他

図 4.2 のシーケンスからもわかるように、ハンドルを自動位置に

固定することがプロテクタ閉路の一つの条件になっている。保守、点検などで開路する必要のある時は外部ハンドルで開路することができる。この場合は上述のハンドルに連動する補助接点で投入回路が切られるので自動投入のシーケンスは成立しない。また手動投入もできるが、これはハンドルを自動の位置にすれば前記条件を確認の上投入されるのでこの方がよい。

4.4 CNM-2 形主制御継電器

CNM-2 形主制御継電器はネットワークプロテクタの動作をつかさどる主継電器である。

図 4.6 はこの継電器の正面外観を示すものであり、図 4.7 はケースを取はずし、内部要素を裏面から示したものである。この写真からもわかるように、CNM-2 形主制御継電器は回転ドラムをもつ一種の三相誘導形電力継電器で、ドラムに対し、対称位置に 3 個の鉄心を配置し、そのおのにおに電圧コイル (P.C), フェーシングコイル (Ph.C) および電流コイル (C.C) を巻いている。ただし、CNM-2 形主制御継電器は V 結線方式に使用するため、3 個の鉄心のうち 1 個は電圧コイル、フェーシングコイル、および電流コイルを備えているが、1 個は電圧コイルとフェーシングコイルのみ、残りの 1 個は電圧コイルと電流コイルのみが巻かれている。

この継電器の接点は双方向形となっており、正面よりみて右側の閉成接点 (C) を閉じれば、後述の CNP-2 形位相点検継電器の条件がととのっておればプロテクタ投入、左側のトリップ接点 (T) を閉じればプロテクタをトリップさせるようになっている。

可動接点の反対側、すなわち、下方には長さの異なる 3 枚の板バネがついており、これにより逆電力シャ断の感度を 0.3~10% の範囲内で調整することが可能である。この特性はもっともシビアの場合、変圧器の励磁電流のみで逆電力シャ断を必要とするのであるが、電流波形によっても感度が若干変わるので、今回は形式試験で実際の変圧器と組み合わせてその特性を確認した。

また過電圧投入の感度もスプリングアジャスタによりある程度調整になっているが、整定は 1V にしている。この値はネットワーク系の電圧降下により生ずるものであるが、1V にしておればほとんどの系統条件のもとで満足すべき動作が得られる。位相特性は 30°~40° 進みとなっているが、これもほとんどの系統条件で最高感度付近となるよう選んである。

図 4.6 および図 4.7 にも示されているように、この継電器は上下のモールド部により差込式となっている。したがって現地にプロテクタを据え付けた後でも継電器のみは容易に試験できる構造となっている。



図 4.6 CNM-2 形主制御継電器
Fig. 4.6 Type CNM-2 master relay.



図 4.7 CNM-2 形主制御継電器 (内部)
Fig. 4.7 Type CNM-2 master relay.

4.5 CNP-2 形位相点検継電器

CNP-2 形位相点検継電器は図 4.8 および図 4.9 に示すように、CNM-2 形主制御継電器を簡易化した構造をもち、プロテクタの自動投入の条件を規制するものである。

すなわち、プロテクタの過電圧投入の条件として

- (1) ネットワーク 側電圧 e_2 より トランス 側電圧 e_1 の方が高い。
- (2) ネットワーク 側電圧 e_2 より トランス 側電圧 e_1 の方が進んでいる。

の二つであるが、前者は CNM-2 形主制御継電器で満足され、後者が CNP-2 形位相点検継電器で満足できる。これら両者の動作条件を満足したらはじめてプロテクタが投入されるのである。

もし、ネットワーク 側電圧 e_2 より トランス 側電圧 e_1 の方が遅れているときに、単に電圧が高いという条件だけでプロテクタを投入すると、ネットワーク 側より トランス 側へ電流が逆流して再シャ断することになる。そしてこの動作は繰り返されて反復動作を行なうことになる。

位相点検継電器はこのような場合にプロテクタの投入回路を鎖錠する役目をするものである。位相特性は系統条件にあわせて変更できるよう 4 種の異なった特性を有しており、端子の接続を変えることにより自由に選択できる構造となっている。

4.6 DBP-10 形気中シャ断器

4.6.1 定 格

DBP-10 形気中 シャ断器は、ネットワークプロテクタ用としてはん用 DB-25 形低圧気中 シャ断器を基体としてとくに設計した気中 シャ断器で、諸元を次に示す。

据付方式	引出形
操作方式	電気および手動
極 数	3 極
定格電圧	AC 500 V 60 c/s
定格電流 (連絡)	1,000 A
短時間定格電流	1,500 A 2 時間



図 4.8 CNP-2 形位相点検継電器
Fig. 4.8 Type CNP-2 phasing relay.



図 4.9 CNP-2 形位相点検継電器 (内部)
Fig. 4.9 Type CNP-2 phasing relay.

定格 シャ断電流	25,000 A (交流分実効値)
定格短時間 シャ断電流	25,000 A (") 2 秒
投入操作電圧	AC 170~260 V
引はずし操作電圧	AC 30~260 V

使用回路は AC 210 V であるが、将来 400 V 級に昇圧される場合もそのまま適用できるよう定格電圧を 500 V で設計している。

4.6.2 構 造

図 4.10 に組立図、図 4.11 に断面図を示す。

操作機構および主回路導電部ならびに付属装置はすべて軽量強じんな金属パネルおよびプラットホームに取り付けられ、このうち主回路導電部は各極ごとに形造絶縁物の上に配置されている。

操作機構は高硬度のステンレス鋼を多用して軽量としており、機械的に完全に引はずし自由である。

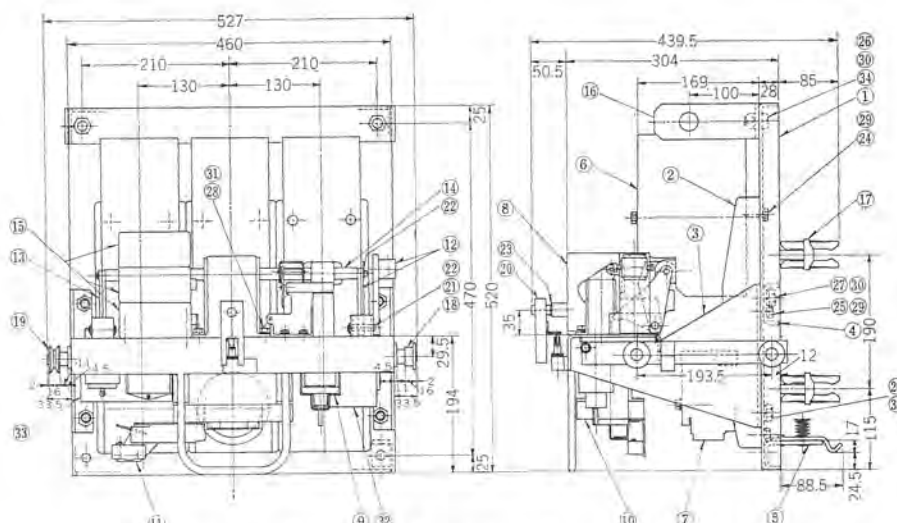
主回路導電部は短絡電流の流通時に、その電磁力により主接触子の接触圧力が增大するように設計しており、負荷側回路故障時の短絡電流も容易に通電できる。

消弧室は鋼板製グリッド、耐熱性磁器からなり、アークの吹上ならびに冷却効果を高め、消弧室外へのガスの逸出を最小限におさえている。主回路接触部は消弧室を取はずすことにより容易に点検できる。

4.6.3 付属装置

ネットワークプロテクタ用 シャ断器ははん用の シャ断器と適用上各種の相違点があり、これを満足させるため次の付属装置を内蔵している。

- (a) 投入操作用電磁ソレノイド
- (b) 同上用制御継電器
- (c) 同上用シリコン整流器
- (d) 電圧引はずし装置
- (e) 軽荷重引はずし装置
- (f) 変流器
- (g) 動作回数計
- (h) ハンドルスイッチ
- (i) 補助スイッチ
- (j) ターミナルブロック



① パネル ② 主回路導電部 ③ プラットホーム ④ 補強金具 ⑤ 接地コンタクト ⑥ 消弧穴 ⑦ 変流器
⑧ 操作機構 ⑨ 電圧引はずし装置 ⑩ 投入操作用電磁ソレノイド ⑪ ACBm スイッチ ⑫ 補助スイッチ
⑬ 引出用一次コンタクト ⑭⑮ 引出用ローラ

図 4.10 DBP-10 形気中 シャ断器組立図
Fig. 4.10 General assembly of type DBP-10 air circuit breaker.

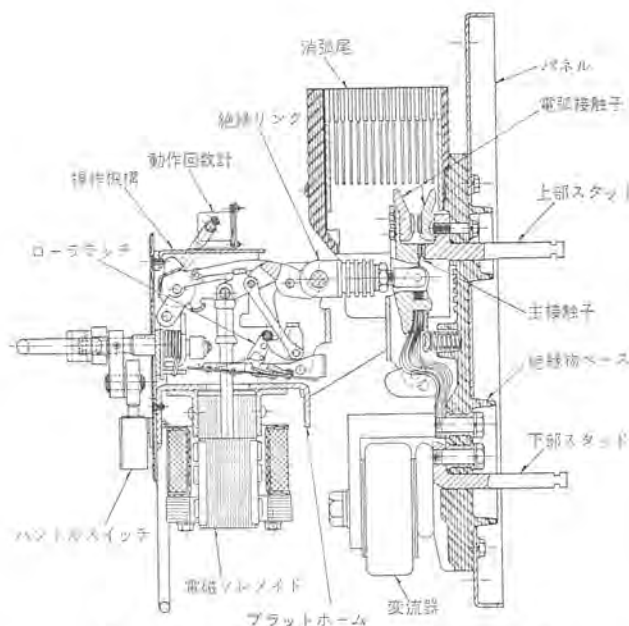


図 4.11 DBP-10 形 気 中 シ ャ 断 器 断 面
Fig. 4.11 Side view of type DBP-10 air circuit breaker.

上記付属装置のうち、軽荷重引はずし装置は引はずし電圧の最低が 30 V という特殊性に対してとくに ネットワークプロテクタ シャ 断器用として設計したものであり、わずかな引はずし力で シャ 断器を引はずすことができる。

5. 形式試験

一般に開発品あるいは新製品に対しては非常に厳密な形式試験を行なう場合が多いが、今回の CM-25 形 ネットワーク も 例に違わず、綿密な形式試験を行なった。

5.1 構造点検

5.2 開閉試験

継電器および操作回路などすべてを収納し、完成された ネットワークプロテクタ として試験した。なおこの試験では主回路には電流を流さず、また電圧も印加しない。

(1) 投入操作試験

操作電圧 AC 60 c/s 170 V, 210 V, 260 V

(2) 引はずし試験

操作電圧 AC 60 c/s 30 V, 210 V, 260 V

(3) 引はずし自由試験

(4) 開閉特性試験

操作電圧 AC 60 c/s 170 V, 210 V, 260 V

で無負荷投入を行ない無負荷投入時間を測定

また、操作電圧 AC 60 c/s 30 V, 210 V, 260 V
で引はずし試験を行ない開極時間を測定

(5) 手動開閉試験

(6) 連続開閉試験

定格投入操作電圧 210 V, 定格引はずし電圧 210 V で連続 1,000 回の開閉を行ない、連続開閉後の開閉特性が良好であることを確めた。なお JEC-160 に定める無負荷開閉 10,000 回、負荷開閉 1,000 回の試験をあらかじめ行なった。

5.3 温度試験

JEC-160 に従い、連続開閉試験 1,000 回の後本試験を行なった。トビラ 閉の状態 で 3 ϕ AC 60 c/s 1,000 A を通電し、飽和後 3 ϕ

表 5.1 温 度 上 昇 限 度
(JEC-160 による)

場 所	負荷 100% (°C)
接 触 部	銅 接 触 40
	銀 接 触 65
端 子 お よ び 導 体 接 続 部	銅 相 互 間 40
	銀またはハンダメッキ相互間 60
	銀 相 互 間 65
機 械 的 構 造 部 分	70
絶縁物に接触する金属部分 (B 種絶縁)	70

表 5.2 温 度 上 昇 限 度

場 所	温 度 上 昇 限 度	
	負荷 100% (°C)	負荷 150% (°C)
C T 巻 線	55	65
機 電 器	55	65
電 圧 コ イ ル	210 V 55	260 V 65

AC 60 c/s 1,500 A 2 時間通電し、飽和後各部の温度上昇値を測定した。

CNM-2, CNP-2 形 継電器の電圧 コイル、電流 コイル、フェーザ コイル などの温度試験も行なった。また、シ ャ 断器の制御回路も JEC-160 に従い、10 sec 以内の intervals で、10 回の開閉動作を行なって後温度上昇を測定した。この結果表 5.1 の JEC-160 の規定値に合格した。

なお、150% 負荷 2 時間後の温度上昇値は表 5.1 のいずれの部分も 80°C を越えてはならない。ピニール 電線近傍は 40°C 以下としている。

5.4 短時間電流試験

3 ϕ AC 60 c/s 25,000 A 2 sec 通し、ネットワークプロテクタ 各部に異常のないこと。短時間電流試験前後の各部の接触抵抗を測定した。

5.5 商用周波耐電圧試験

AC 60 c/s 2,000 V 1 分間

加圧部分 主 導 電 部) と大地間
操作回路導電部)

5.6 負荷開閉試験

AC 60 c/s 210 V で 1,000 A (力率 70% 以下) を連続 200 回開閉し、接触子その他に異常のないことを確めた。この試験は JEC-160 には規定されていないが、関西電力よりとくに要望して行なった。

5.7 短絡試験

継電器および操作回路は箱の中に収納するが、主回路との結線ははずし、トビラ は閉じた状態で行なった。AC 3 ϕ 60 c/s 500 V

操作電圧 第 1 号, 第 2 号 AC 60 c/s 30 V
第 3 号 AC 60 c/s 170 V

(1) シャ 断電流および力率

AC 3 ϕ 25,000 A (交流分実効値) $\cos \phi < 0.15$

(2) 動作責務

第 1 号 0—1 分—0—3 分—0 定格 シャ 断電流の 30%
第 2 号 0—1 分—0—3 分—0 " 100%
第 3 号 C0—3 分—C0 " 100%

(3) 回復電圧

500 V

5.8 CNM-2, CNP-2 形継電器特性試験

これは継電器単体についての特性試験である。

(1) CNM-2 形主制御継電器

無電圧投入特性：変圧器側電圧 $e_1=210\text{ V}$ ，ネットワーク側電圧 $e_2=0$ でプロテクタを投入する。

過電圧投入特性：最小動作の $\Delta e (=e_1-e_2)$ および位相特性を測定。

最小動作値はネットワーク電圧 $e_2=210\text{ V}$ を基準として、フェー징電圧 Δe がこれと同相で $1.0\pm 0.1\text{ V}$

逆電力シャ断特性：最小動作電流および位相特性を測定。

最小動作電流はネットワーク電圧 $e_2=210\text{ V}$ を基準として 180° 遅れ位相で 2.8 A である。

(2) CNP-2 形位相点検継電器

最小動作特性および位相特性を測定。

最小動作特性はネットワーク電圧 $e_2=210\text{ V}$ に対し、フェー징電圧 Δe が 90° 遅れ 0.7 ± 0.1 で接点を開く。

位相特性はネットワーク電圧 e_2 よりフェー징電圧 Δe が遅れ $110^\circ\pm 5^\circ$ で最高感度となる。

5.9 防水試験

ネットワークプロテクタに清水を毎分 10 mm の割合で 45° の傾斜を与えて、各側面に一様に降雨状に 20 分間注水し異常のないことを検証した。

5.10 総合動作試験

この試験はシャ断器、継電器などを全部ネットワークプロテクタとして組み込んだものについてのシエンステスト的な意味がある。すなわち、継電器単体の形式試験として過電圧、無電圧、逆電力シャ断特性を行なっているので、この試験としては過電圧、無電圧、投入試験に関しては実系統を模擬した回路において、継電器単体での試験での動作範囲内で良好に動作するか否かを検証した。ま

た逆電力シャ断試験は変圧器の逆励磁電流に相当する大きさ、位相の電流を流して試験した。この試験結果により、ネットワークプロテクタを組み込んだものについても十分な特性を出しうる事が証明できた。

6. CM-44 形, CM-33S 形ネットワークプロテクタ

前記定格のものを CM-45 形として開発したが、定格電流 800 A の CM-44 形はすでに製作実績があり、また定格電流 $1,600\text{ A}$ のものとして CM-33S 形を現在製作中で、これは地中用として完全防水形である。

7. む す び

無停電、質の良い電気によるサービスの向上のためにはネットワーク方式が最善であるが、わが国ではまだ欧米諸国に比べて普及が遅れている。この方式は商業地域およびその他高度の信頼性および融通性が要求される地域の配電方式としては理想的なものであり、供給余力の増大、需用家へのサービス向上、保守点検の簡易化、人件費の節減などの利点を考えあわせ、将来わが国においても高信頼度を要求される大都市都心部において低圧配電方式の中核をなすものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 東松・井上；都市配電の現状と将来構造について
「電力」48 第 8 号 (昭 36)
- (2) 東松・谷川・有村；欧米の配電事情について
「電力」49 第 4 号 (昭 37)
- (3) 横浜・森；CM-44 形ネットワークプロテクタ
「三菱電機」36, 348 (昭 37)

三菱-ナトコ射出成形機用電機品

北川 博 美*

Electric Equipment for Mitsubishi-NATCO Injection Molding Machines

Nagoya Works Hiromi KITAGAWA

Development as the plastic industry in this country is really marvellous, the products finding their use in almost every sphere of daily life. To further this trend, the molding machines of excellent performance and good working efficiencies are craved for as well as superior materials and advanced techniques. Under the circumstances, Mitsubishi-NATCO injection molding machines introduced the circles are drawing attention of all the parties concerned with their unparalleled hydraulic mechanism and wonderful high cycle operation. Since the first machine was sent to the market in 1962 as a result of technical agreement between Mitsubishi Heavy Industry and NATCO in America, Mitsubishi Electric Corporation has been providing the electric equipment to go with the machines. Here is a brief report on the process.

1. ま え が き

近年、わが国のプラスチック工業が驚異的な発展を遂げ、そのプラスチック成形品は工業用品をはじめ広く家庭用品の分野に進出していることは言をまたない。

優秀な成形材料、成形技術とともに、成形特性のすぐれた、しかも加工能率の良い成形機が成形加工の成否に重要な地位を占めることは当然のことである。これに対し三菱-ナトコ射出成形機は、すぐれた油圧機構を備えた驚異的な高サイクル機で、しかも成形加工のできばえなどのきわめてすぐれたスクリュラム射出成形機である。

三菱電機では、三菱重工業が36年アメリカのナトコ(NATCO)社と技術提携し、37年第1号機を出して以来、その電機品関係を製作納入してきたが、今回三菱重工業のご好意によりその概要を公表できる運びとなったので、ここに紹介して各位のご参考にする次第である。

2. 三菱-ナトコ射出成形機の概要

2.1 おもな仕様

三菱-ナトコ射出式成形機は三菱重工業が米国 National Automatic Tool Co. (NATCO 社) との技術提携のもとに製作しているスクリュラム式射出成形機である。

スクリュラム式は近年急速に発展したもので、プラスチックの溶融が均一にでき、射出圧の損失が少なく、加熱室内のプラスチックの滞留

が少ないなどのすぐれた特性のために、従来では射出成形不可能ないし困難とされていた硬質塩化ビニル、デルリン、ポリカーボネートなどの粘度の高い、あるいは熱分解の起こりやすいプラスチックも容易に成形できるという特長をもっている。

三菱-ナトコ射出成形機の仕様は型締圧の大きさによって制式化され 225E, 300E, 400E, 600E, 800E および 1200E の各種あり、さらに将来は 1600, 2700 シリーズが追加される予定である。これらの数字は最大型締圧の概略トン数を示している。

2.2 おもな構成

図 2.1 に示すようにおもな構成は型締ユニットとその上に乗った油圧ユニットおよび射出ユニットからなっている。

(1) 型締ユニット

油圧による直圧式で、型締圧は油圧により直接制御される。型締圧の大きさにより制式化されていることは前述のとおりである。

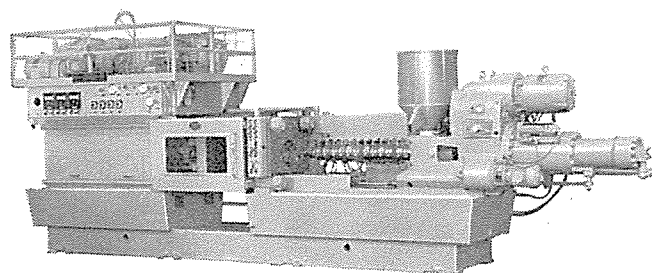


図 2.1 三菱-ナトコ射出成形機 (300E)

Fig. 2.1 Mitsubishi-NATCO injection molding machine.

表 2.1 三菱-ナトコ射出成形機一覧

形 名	225E	300E	400E	600E	800E	1200E
形 締 圧 力 (t)	204	295	385	590	771	1,090
射 出 容 量 (cm ³)	540	950	950~1,640	1,640~3,030	3,030~3,770	3,770~5,410
ポリスチレン (オンス)	20	35	35~60	60~100	100~140	140~200
可 塑 化 能 力 (kg/h)	136	110	110~220	220~295	295~450	450~565
最大 射 出 圧 (kg/cm ²)	1,335	1,250	1,250~1,265	1,265~1,240	1,240~1,210	1,210~1,265
射 出 率 (cm ³ /sec)	247	344	344~721	623~1,278	639~1,278	1,278~1,229
概略寸法 (W×L×H, mm)	1,270×5,448×2,261	1,780×7,190×2,870	(8,020) 1,830×8,540×2,840	(9,170) 2,260×9,480×3,175	(9,650) 2,290×10,840×3,380	(12,020) 2,490×12,320×3,810
概 略 重 量 (t)	8.6	16.8	24.5~25	45.5~46.3	55~59	72.5~74.5
電動機(最大) (kW)	30	30	30	55	55	75
電動機台数	2	4	4~5	5~6	5~6	5~6

(2) 射出ユニット

スクリュウは三相誘導電動機と減速歯車により駆動される。減速比は3段または4段の切換が可能で、さらに3~4組の交換歯車により総計12段階の減速比を得ることができる。スクリュウの起動・停止は、油圧クラッチによって行なわれる。225E形は油圧モータにより駆動され、無段変速が可能であり、さらに減速歯車により2段階に切り換えることができる。

スクリュウは使用プラスチックの種類に応じて交換することができ、硬質塩化ビニル用、および一般用の2種のスクリュウが用意されている。これらのスクリュウはエクストルーダーメーカーとして有名な西ドイツのライヘンホイザ社の設計によっている。

加熱シリンダは、電気ヒータで加熱される。ヒータは軸方向に3つのゾーンに分かれ、各ゾーンの温度はそれぞれ独立して、比例制御方式で精密に制御される。

(3) 油圧ユニット

本機の駆動は、油圧を全面的に活用した最も進歩的な形式で、ナトコ社が多くの成形業者の意見を集めポンプメーカーであるオイルギヤ社の技術陣を動員して設計した画期的なものである。この装置に現われている根本思想は、他の類似した油圧装置にも適用される場合も多いと思われるので若干の説明を加える。

(a) ‘+’最大から‘-’最大までの間に可変吐出量を有するポンプが採用されている。

(b) 方向切換弁(マスタコントロールバルブ)の操作を、ポンプ吐出が0の時にだけ行なうので流体衝撃がない。

(c) メータリングバルブその他の弁類の使用がきわめて少ない。

(d) 各ラムの速度が任意に制御される。

(e) 複動ラムの非圧力側は、ポンプの吸入側につながれ速度が高められている。

(f) 漏油がほとんどない。

(g) 油圧系統の保守に便利な配置がとられている。この油圧回路の概略を図2.2に示す。

2.3 機械的特長

以上をまとめて三菱・ナトコ射出成形機の特長を列举すると次のようになる。

(1) すぐれた油圧装置により衝撃がほとんどない。

(2) 型締め、射出の速度が大きく、かつスクリュウによってプラスチックが低温で溶融可塑化できるので、冷却に要する時間も短くでき、全サイクル時間が短縮できる。

(3) 射出容量、可塑化容量が大きく、型開きの間隔も広いので大物・深物の成形が可能である。

(4) 射出圧力が高く2段切換が可能であり、射出速度も大き

いので複雑な品物もヒズミがなく美しく成形できる。

(5) 精密な油圧クラッチの使用により計量が正確で、過剰充てん、充てん不足などの事故がない。

(6) 色換が容易である。

(7) 硬質塩化ビニル、ポリカーボネート、セルリンなどの粘度の高い、あるいは熱分解しやすいプラスチックの成形も容易である。

(8) 温度計・圧力計・タイマなどの計器、ハンドルおよび押しボタンが機械前面にまとまって配置されているので操作が非常に容易である。

(9) 衝撃・振動が少ないので、油漏れなどの事故が少なく保守が容易である。

(10) 機械の寿命が長い。

(11) 据付面積が小さい。

3. 主要電機品

三菱電機で製作している電機品は、電動機群、制御盤と操作盤に大別され、制御盤および操作盤は機械本体の各シリーズに対応してすべて標準化されている。

3.1 電動機群

電動機群は、油圧ポンプモータ(M_1 , M_2)、射出増速用ポンプモータ(M_3)、スクリュウモータ(M_5)その他から成る。すべて防滴保護形(SB形)であり、 M_5 モータはフランジ取付形でスクリュウユニットに直接取り付けられる。

M_3 モータは荷が間欠負荷であり、負荷時に大きな負荷を必要とするので最大トルクが200V 60c/s時でもある規定のトルクを下がらないような設計となっている。

3.2 制御盤

制御盤は油圧ユニットの背面に抱かれ、機械本体に直接取り付けられる。油タンクの下に取り付けられるため油が制御盤内に浸入しないよう防滴構造となっている。

当制御盤には油圧ポンプおよびスクリュウを起動する回路、シリンダおよびノズルのヒータを制御する回路および型締め、射出、型開などのすべてのシーケンスを行なうに必要な制御回路、金型保護回路などを含んでいる。

そのおもな収納器具はNFブレーカ、EMO形電磁開閉器、MR形電磁継電器、SM形限時継電器、制御トランスおよびフリッカ・リレーなどである。このうちSM形限時継電器は、従来の空気式AM形限時継電器に代わるもので、小形、軽量、低コストで40年

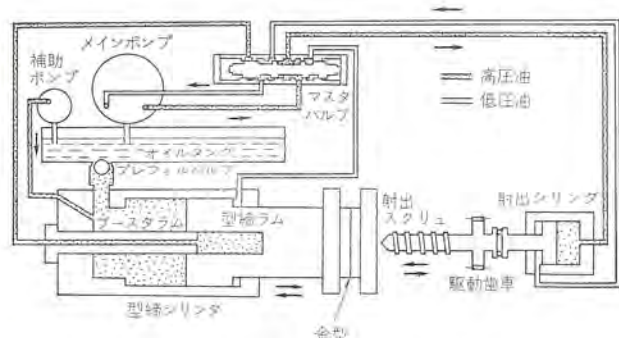


図 2.2 油圧回路図
Fig. 2.2 Hydraulic circuit.

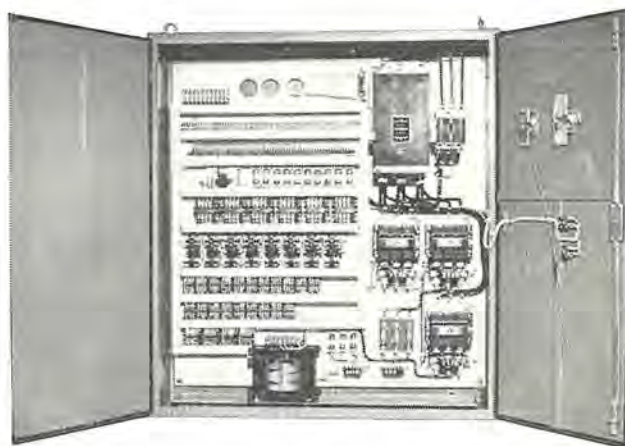


図 3.1 制御盤 (400E 用)
Fig. 3.1 Control panel.

4. 運動動作の概要

4.1 準備

まずヒータ回路をONにし、シリンダの各ゾーンおよびノズルを加熱する。ヒータは各ゾーンの温調計により所定の温度に自動的に制御される。

次に油圧ポンプモータ、スクリーモータなど各モータの起動を行なう。各モータは数10kWのものまですべてシカ入れ起動される。しかし起動電流が重ならないように順序起動あるいは、先行のものが起動し終わらないうちは次のモータが起動できないようインターロックされている。

4.2 手動運転

切換スイッチを手動にすれば操作盤の各個操作スイッチにより型締閉開、スクリー前進回転、クイル後退、スクリー・ユニット前進後退の各個運転を行なうことができ、各動作のチェック、金型の取換、スクリーの交換などの容易なようになっている。

4.3 自動運転

必要な準備、手動操作を行なった後、操作盤上の切換スイッチを自動にすることにより型閉から射出、型開までのすべての動作を自動に行なうことができる。自動回路には半自動回路と全自動回路が組み込まれ、半自動回路は安全トビラを閉めてから安全トビラを開けるまでの一サイクル動作を行ない、全自動回路は安全トビラを閉めている間、型閉、射出、型開のサイクルを連続的に繰り返す。

各シーケンスはリミットスイッチおよびタイマからの信号により所定の動作を行ない、型閉時間、射出時間、高圧射出時間、型開時間など運転のサイクルを決めるに重要なタイマはすべてモータ・タイマが用いられ、その他の補助的な遅延動作には空気式タイマ SM 形限時継電器が用いられている。

その動作を線図で示すと図 4.1 のようになる。

4.4 その他

自動運転において金型に異物が混入して金型が完全にしまり切らないときに型締を継続し射出を行なうことは金型を損傷する原因となる。このようなときはリミットスイッチで検出しフリッカ・リレーにより警報を発しサイクルを停止する。フリッカ・リレーは三菱半導体応用製品の一種であるトランジスタ式フリッカ・リレーを使用して



図 3.2 SM 形限時継電器
Fig. 3.2 Type SM pneumatic timer.



図 3.3 トランジスタ式フリッカ・リレー
Fig. 3.3 Transistor type flicker relay.

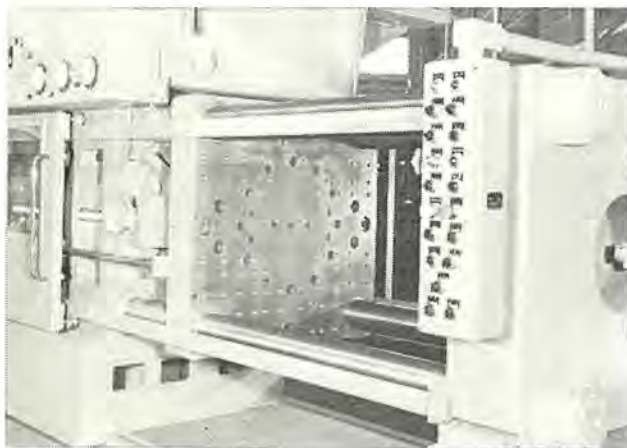


図 3.4 操作盤 (300E, 400E 用)
Fig. 3.4 Operating board.

になって発売されたものである。(図 3.2)

またフリッカ・リレーは三菱半導体応用製品の一種であるトランジスタ式フリッカ・リレーで図 3.3 に示される。

3.3 操作盤

操作盤は図 3.4 に示されるように機械正面、安全トビラの横に取り付けられている。

収納品として OU 形押しボタンスイッチ、OU 形切換スイッチ、ランプ付押しボタンスイッチ、PL 形信号灯などでとくに押しボタンスイッチ、切換スイッチは天秤式や自動復帰式、key 付などの特殊のものも使用され操作しやすく、かつ操作面がなるべく単純であるよう考慮されている。

この操作盤および安全トビラの操作によってすべての機械動作が行なわれる。

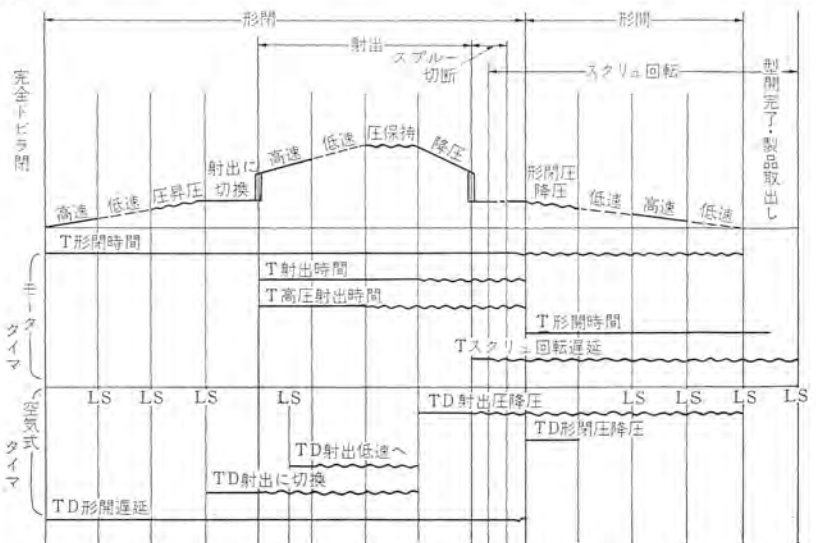


図 4.1 サイクル動作図 (300E, 400E) Fig. 4.1 Sequence diagram.

いる。

また自動回路にはスラール 切断回路、インサート 回路も標準的に含まれている。

これらすべての必要動作が リレー 20 数個、タイマ 数個により行なわれるという大へん巧妙な、簡潔な回路よりなっている。

5. 電機制御装置の今後の問題点

今後三菱一ナトコ 射出成形機制御装置として次の点が問題になってくるものと思われる。

まずその一つはこの三菱一ナトコ 射出成形機の 輸出体勢が整うにつれ、いかに国内標準品のものと対応させていくかという問題である。

国外では電源電圧が 400 V 級であることが多いが、現在制御トランスとして一次 220 V-200 V、二次 110 V-100 V ものを使用している。それを一次巻線を直列、並列につなぎかえることにより 200 V 級でも 400 V 級でも使える共用 トランス の使用も必要になってくると思われる。

また電源容量の小さなところでは数 10 kW の電動機の 力か入れは無理な場合がある。そのため Y- Δ 起動などの方式がとられるが、輸出では規格により Y- Δ 起動が義務づけられていることがある。たとえばある規格によれば 1 HP 以上は減圧起動されるべきが明記されている。この点をいかに国内標準品と対応させるかという問題がある。

もう一つの問題は機械の高速化に伴う制御装置の信頼度と寿命などの問題である。現在 NATCO-300E、400E クラス ではサイクルタイム が最低 20 秒程度である。さらに将来高速化された場合での点がクローズアップされてくるものと思う。そのため制御装置の一部半導体化の問題も考えていく必要があると思われる。

6. む す び

三菱重工業が 36 年 アメリカ の ナトコ 社と技術提携して以来今日までの販売実績は百数十台に及び、とくに中大形機では三菱一ナトコ 射出成形機の シェア は非常に大きい。また 40 年度より主要部品を NATCO 社向けに逆輸出している。

さらに アジア、ヨーロッパ を中心に世界各地へ輸出の体勢もかためつつある。

最後に当電機品を製作するに当り三菱重工業名古屋機器製作所の中川第一設計課長以下関係各位の適切なご指示をいただいたことに深く感謝し、また本稿をまとめるに際しても種々のご配慮を得たことに感謝の意を表明する。

参 考 文 献

- (1) 新三菱重工技報 Vol. 4, No. 1 (昭 37)
- (2) 日本 プラスチックス 成型工業連合会編、実用 プラスチック 成形加工便覧

微小電極用小形増幅器

大村 裕*・大山 浩*

倉橋浩一郎**

A Small Microelectrode Preamplifier

Kanazawa University

Yutaka ŌMURA・Hiroshi ŌYAMA

Mitsubishi Electric Corporation, Central Research Laboratory

Kōichirō KURAHASHI

For the measurement of potential in the cell are used microelectrodes. As their impedance is extremely large, amplifiers of sufficiently high input impedance must be employed for accurate representation of the action potential of the cell.

To meet the above requirements, a small, solid-state preamplifier has been developed. It is provided with the MOS field effect transistor and has essentially high input impedance, being able to neutralize input capacitance including stray capacitance and to set the residual input capacitance to below 0.5 pF. The amplifier input is of a differential type. The whole unit, including zero and neutralizing adjustment, is built into a small probe 16 mm in dia. and 175 mm long.

1. ま え が き

細胞内電位の測定には微小電極が用いられるが、この微小電極のインピーダンスはきわめて大きいので、細胞の活動電位を正確に再現するためには、入力インピーダンスの十分高い増幅器を用いなければならない。この高い入力インピーダンスは、増幅器入力回路を通して流れる電流が、細胞に悪影響を与えないためにも必要である。

従来、この種の増幅器の初段には真空管がもっぱら用いられていたが、MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) 形電界効果トランジスタが開発された結果、固体化された小形の微小電極用増幅器の実用化が可能になった。MOS 形電界効果トランジスタ（以下単に MOS トランジスタとする）は高い入力インピーダンスをもち、入力回路電流もきわめて小さいので、微小電極増幅器の初段増幅回路に用いるのに適している。

われわれは、将来、無拘束動物での微小電極実験を行なうことを目指して、高入力インピーダンス増幅器の小形化を試みた。その最初のモデルとして、普通生体用高入力インピーダンス増幅器に必要とされている条件を満足するものを製作した。この増幅器の入力インピーダンスはガラス毛細管微小電極のインピーダンスにくらべて無視できる程度であり、入力容量の補償が可能である。さらに入力を差動形とし、細胞内電位の研究に必要な電極電位差、あるいは、

細胞内電位を補償することができるようにした。また、電極抵抗の測定などを簡単に行ないうるように、入力に随時基準抵抗を接続できるような形とした。

以下、今回製作した超小形の微小電極用増幅器について概説する。この増幅器は、その外観を図 1.1 に示すように、直径 16 ミリ、長さ 175 ミリのブルーに組み込まれており、通常の微小電極実験には、この増幅器本体をマイクロ・コンピュータに取り付けて使用するような形とした。無拘束動物を対象とする実験には、これを被検動物に背負わせて使用することを考えている。

なお、この増幅器は第 42 回日本生理学会総会において実験供覧され⁽¹⁾、注目をあびた。

2. 微小電極用増幅器

Ling と Gerard⁽²⁾ によって、先端径が 0.5 μ 程度以下のガラス管微小電極を筋繊維に刺し入れ、その電位を繊維の活動状態において記録しうるものが示されて以来、微小電極を用いる細胞内電位の測定は、神経、神経細胞などに対する生理学的研究の重要な手段となった。

その後、Nastuk と Hodgkin⁽³⁾ により、カソード・ホロア形の入力回路を用いることが提案され、微小電極を通して、細胞の活動電位が測定されうようになった。さらに MacNichol ら⁽⁴⁾ により、電極容量その他の浮遊容量を補償しうる入力回路が提案され、細胞電位誘導における高周波特性はさらに改善された。

今日では、Mac Nichol 流の負容量を用いた高入力インピーダンス、ひいては広帯域の微小電極増幅器が広く用いられている。



図 1.1 微小電極用前置増幅器外観
Fig. 1.1 Outside view of the microelectrode preamplifier.

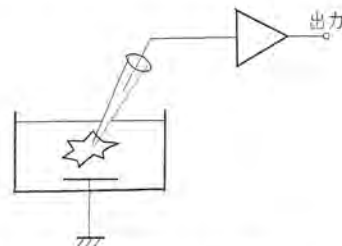


図 2.1 微小電極による細胞内電位の誘導
Fig. 2.1 Recording of intercellular potential with microelectrode.

2.1 基本的要求

細胞内電位の誘導は基本的には図 2.1 のような形で、微小電極を細胞内にそう入して行なわれる。微小電極としては、先端径が 0.5μ 程度以下のガラス・ピペットに 3 モル KCl を満たしたものが一般に使用されている。このような細い電極は、数 $M\Omega$ ~数十 $M\Omega$ の高い抵抗をもつため、これが接続される前置増幅器は、十分大きい入力インピーダンスをもつことが要求される。また微小電極抵抗に生ずる電圧降下、あるいは細胞内に電流が流入して、細胞の状態を変えることを防ぐために、入力回路電流は 10^{-12} A、あるいはそれ以下に抑えることが必要とされる。この高い入力インピーダンスは、広い周波数範囲にわたって実現されていなければならない。すなわち、微小電極自身およびケーブルに分布する容量、および増幅器の入力容量などによって、測定波形がひずむことを防ぎ、またこれらの容量を流れる充電電流をも十分小さくすることが要求されている。このような増幅器に対する要求仕様の一例は表 2.1 のようなものである。

2.2 基本的構成

表 2.1 に例示したような仕様をもつ増幅器、すなわち広い帯域にわたって、高い入力インピーダンスをもつ前置増幅器は、高入力抵抗、低入力回路電流の増幅器を用い、かつ入力容量その他の浮遊容量による高周波域でのインピーダンスの低下を、MacNichol⁽⁴⁾ にならい、正帰還による負容量の導入によって補償するのが普通である。この構成を図 2.2 に示す。

図 2.2 において、

$$e_o = A_f e_s / (1 + s R_s C_{eq}) \quad (2.1)$$

$$i_s = s C_{eq} e_s / (1 + s R_s C_{eq}) \quad (2.2)$$

ただし、 C_{eq} は等価入力容量であって、

$$C_{eq} = C_g - (A_f - 1) C_f \quad (2.3)$$

ただし、図において増幅器の入力抵抗は十分高いものとする。したがって、

$$A_f = 1 + C_g / C_f \quad (2.4)$$

とすれば $C_{eq} = 0$ となり、入力回路を流れる電流を実効的にゼロになしうる。 $C_{eq} = 0$ とすれば、式 (2.1) の示すごとく、出力の応答も同時に改善され、変化の早い活動電位をも正確に増幅しうようになる。これは、いわゆる中和の典型的利用例である。

増幅器の入力抵抗分も、容量分と同じように、正帰還によって大きくすることは可能であるが、入力抵抗の高い増幅器は比較的

表 2.1 微小電極用前置増幅器に対する要求仕様例

項 目	性 能
入力ダイナミック・レンジ	± 200 mV 以上
増幅器利得	2 以上
入力抵抗	$10^{13} \Omega$ 以上
入力漏れ電流	10^{-13} A 以上
等価入力容量	1 pF 以下
出力インピーダンス	1 k Ω 以下
雑音(入力短絡時)	50 μ V p-p 以下

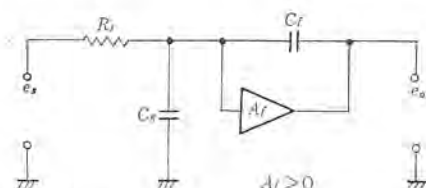


図 2.2 負容量による入力容量の中和
Fig. 2.2 Neutralization of input capacitance.

容易に得られるから、このような手段はとらないのが普通である。また入力電流(漏れ電流)は補償し得ないので、もとの増幅器自身の入力漏れ電流は、きわめて小さいものでなければならない。

2.3 広帯域化の限界

前述のごとき、正帰還による入力容量の補償には限界があって、これは一般的には、正帰還ループの周波数特性によってきまる⁽⁵⁾。たとえば、図 2.2 において、増幅器の周波数特性を単純な一次の形、

$$A = A_f / (1 + s\tau) \quad (2.5)$$

とすれば、補償後の周波数特性は、

$$\frac{e_o}{e_s} = \frac{A_f}{1 + 2\zeta sT + (sT)^2} \quad (2.6)$$

$$\left. \begin{aligned} T &= \sqrt{\tau R_s (C_g + C_f)} \\ \zeta &= [R_s \{C_g - (A_f - 1)C_f\} + \tau] / (2T) \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

で与えられることになる。すなわち、補償後の最適状態での応答の時定数は式 (2.7) の T 、つまり増幅器の時定数 τ と、補償前の入力回路の時定数 $R_s(C_g + C_f)$ との幾何平均で与えられる。したがって R_s 、 C_g 、 τ が与えられれば、式 (2.7) できまる時定数が、周波数特性の改善の限界を示す。それゆえ、正帰還による入力容量の補償を有効に利用するためには、増幅器の帯域は十分大きくしなければならない。

たとえば、 $R_s = 100 M\Omega$ 、 $C_g + C_f = 100$ pF において、補償後の時定数を 100μ s 程度以下にするためには、式 (2.7) から、

$$\tau = \frac{T^2}{R_s(C_g + C_f)} < \frac{10^{-8}}{10^8 \times 10^{-10}} = 10^{-6} \text{ (sec)}$$

つまり、増幅器は約 160 kc 以上の帯域幅をもつものでなければならないことになる。ちなみに、 $R_s = 100 M\Omega$ において $T = 100 \mu$ s とすることは、補償後の等価入力容量が 1 pF であることを示している。

また、同様に等価入力容量の実現可能な最小値は、 $C_f \approx C_g / (A_f - 1)$ を利用して、

$$C_{eq}' = T / R_s = \sqrt{\frac{\tau A_f C_g}{(A_f - 1) R_s}} \quad (2.8)$$

で与えられることになる。すなわち、 C_{eq}' を小さくするためには τ が小さいことはもちろんであるが、もともとの入力容量 C_g の小さいことが必要となる。

ところで後述のように、MOS トランジスタを用いれば、真空管の場合に比べ G_m が大きくとれるから、帯域幅も大きくできて、1 Mc 程度の帯域幅は比較的容易に得られる。たとえば、 $1/(2\pi\tau) = 1$ Mc、 $A_f = 2$ 、 $C_g = 50$ pF、 $R_s = 100 M\Omega$ とすれば、式 (2.8) から、

$$C_{eq}' = \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 10^{-11}}{2\pi \times 10^8 \times 1 \times 10^8}} \approx 0.4 \text{ (pF)}$$

となり、この程度の値が、等価入力容量の補償可能な限界の一つのめやすを与える。

3. 試作機の構成

3.1 MOS 形電界効果トランジスタ⁽⁶⁾

衆知のように MOS トランジスタは、入力ゲート電極がチャネルとは SiO_2 膜を介して絶縁されているので、本質的にゲート漏れ電流が小さく、 10^{-13} A 以下のものが容易に得られる。一方入力コウ(格)子電流の小さい、いわゆる電位計管が一般に低 G_m であるに反し、MOS トランジスタは、同程度の漏れ電流をもつ真空管に比べて数倍の G_m をもっている。この点でも、高入力インピー

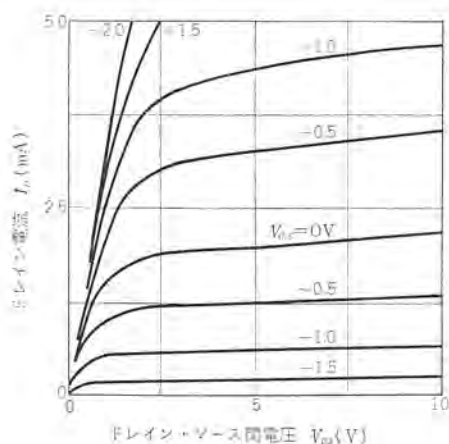


図 3.1 3UTO3 の代表的特性
Fig. 3.1 Typical characteristic curve of 3UTO3.

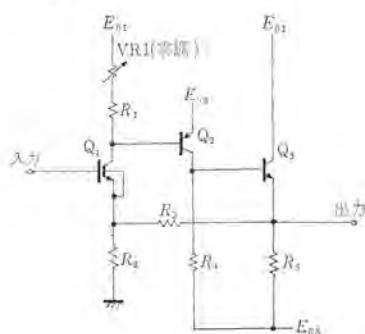


図 3.2 基本増幅器回路
Fig. 3.2 Circuit diagram of basic amplifier.

ダンス増幅器の入力段に用いるのに、非常に適している。今回の増幅器には、当社の MOS トランジスタ 3UTO3 を用いたが、この特性例を図 3.1 および表 3.1 に示す。3UTO3 は $I_D=1\text{mA}$ において約 1mV の G_m をもち、入力容量も 4pF の程度であって、われわれの目的には好適である。またこの種の増幅器は、できるだけ低い電源電圧で動作させることが望ましいが、そのためにはピンチ・オフ電圧が低くなければならない。図 3.1 からわかるように、三菱 3UTO3 はこの点でもすぐれており、 $I_D=1\text{mA}$ 付近では、ドレイン・ソース間電圧 $3\sim 4\text{V}$ でも十分動作させる。

3.2 基本増幅器

今回製作した微小電極用増幅器は、図 3.2 の回路を基本形としている。以下この基本増幅器の設計の要点を述べる。

(1) 増幅器は負帰還増幅器とし、利得の安定化と直線性の改善をはかった。

負容量による補償を安定に行なうためには、増幅器利得が十分安定であることが必要である。たとえば式 (2.3) において、 A_f が ΔA_f だけ変動したときにも、 C_{eq} が負になって発振状態にならないようにするためには、 ΔA_f の予想される最大値 $\Delta A_f'$ に対して、

$$C_{eq} = C_g - (A_f + \Delta A_f' - 1)C_f \geq 0$$

でなければならない。 $\Delta A_f'$ に対して $C_{eq}=0$ なるように A_f 、 C_f をきめるものとすれば、 $\Delta A_f=0$ のときに残留する C_{eq} は次式のようになる。すなわち、

$$C_{eq}'' = \Delta A_f' C_f \approx \frac{A_f}{A_f - 1} \cdot C_g \cdot \left(\frac{\Delta A_f'}{A_f} \right) \quad \cdots \cdots (3.1)$$

すなわち、 A_f が $\Delta A_f'$ だけ変動する可能性がある場合には、式

微小電極用小形増幅器・大村・大山・倉橋

表 3.1 3UTO3 電気的特性 (暫定)

項 目	記 号	条 件	最小値	標準値	最大値	単位
ゲート漏れ電流	I_{G1SS}	$V_{G1S} = -10\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $V_{DS} = 0\text{V}$			10	pA
ドレイン電流	I_{DSS}	$V_{DS} = 6\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $V_{G1S} = 0\text{V}$		2	10	mA
カットオフ電圧	V_{G1SC}	$V_{DS} = 10\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $I_D = 50\mu\text{A}$			-9	V
ドレイン・ソース間電圧	V_{DSX}	$V_{G1S} = -9\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $I_D = 50\mu\text{A}$	10			V
小信号 順伝達アドミタンス	$ y_{fs} $	$V_{DS} = 6\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $f = 1\text{kc}$ $I_D = 1\text{mA}$	0.5	1.0		$\text{m}\Omega$
小信号 出力アドミタンス	$ y_{os} $	$V_{DS} = 6\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $f = 1\text{kc}$ $I_D = 1\text{mA}$		0.04		$\text{m}\Omega$
ゲート容量	C_{ie}	$V_{DS} = 6\text{V}$ $V_{G2S} = 0\text{V}$ $f = 1\text{Mc}$ $I_D = 1\text{mA}$		4		pF

(3.1) で与えられる C_{eq}'' より等価入力容量を小さくできない。それゆえ C_{eq}'' を小さくするためには、 $\Delta A_f'/A_f$ を小さくしておく必要がある。たとえば $A_f=2$ 、 $C_g=50\text{pF}$ のとき、 $\Delta A_f'/A_f=1\%$ とみれば $C_{eq}''=1\text{pF}$ である。このような利得変化に対するきびしさは、補償が正帰還によるものである以上当然である。

非直線性についても同様であり、入力振幅あるいは電圧レベルによって、補償特性に変化をきたさないようにするためには、所要の入力電圧レベル内で利得が一定であるようにしておかなければならない。これらの条件をみたすように、基本増幅器は大量の負帰還をかけた帰還増幅器とした。

(2) 負帰還は増幅器全体にわたってかけるようにした。初段をソース・ホロアとするよりも、図の形式のほうが帰還量を大きくできる。

(3) 2 段目は PNP トランジスタによる、エミッタ接地増幅器である。エミッタ接地とすることにより、初段 MOS トランジスタの負荷抵抗が小さくでき、ミラー効果が防げる。

また初段 MOS トランジスタは、入力電圧レベルが変わっても、等ドレイン電流、したがって等 G_m で動作するから、動作領域での直線性は良好である。

さらに、2 段目を PNP とすることにより、直流レベルのシフトが簡単に行なえるので、低い電源電圧が有効に使える。

(4) 3 段目はエミッタ・ホロアとし、負荷抵抗が低い場合にも、高いルー・利得が得られるようにした。またこのエミッタ・ホロアは、長い出力ケーブルを使用する場合に、ケーブルの容量によって、増幅器の帯域が狭められないためにも必要である。

(5) 初段 MOS トランジスタのドレイン電圧、したがって 2 段目 PNP トランジスタのエミッタ電圧 (E_{B2}) を 6V とし、 $+1\text{V}$ 程度の入力に対しても初段トランジスタが高 G_m 領域で動作するようにした。

3.3 差動増幅器としての構成

微小電極を通して細胞に通電し、そのときに細胞に生ずる変化を観測しようとする場合がある。このようなときには、刺激のための通電電流による電極インピーダンス中の電圧降下分を差引く必要がある。刺激を別の微小電極を通して行なう場合にも同様な問題が起こる。このような場合には差動増幅器が必要であり、普通は図 3.3 のごとく 2 台の高入力インピーダンス増幅器を前置し、その後これらの出力を差動増幅器に加えるような形で使用されている。しかし、ここでは差動入力片側の信号源インピーダンスが、それほど高くない場合を想定して、図 3.4 のごとく方法で差動

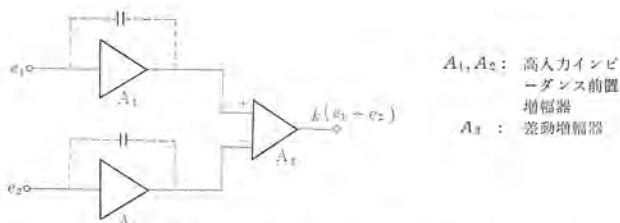


図 3.3 差動増幅器の構成(1)
Fig. 3.3 Differential amplifier.(1)

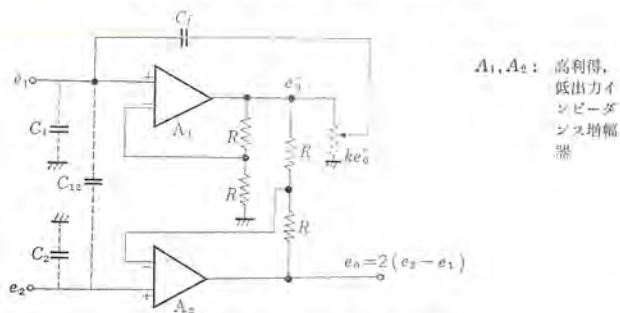


図 3.4 差動増幅器の構成(2)
Fig. 3.4 Differential amplifier.(2)

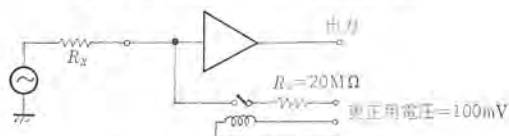


図 3.5 電極抵抗の較正
Fig. 3.5 Calibration of electrode resistance.

増幅器を構成した。もちろん図 3.4 の構成においても、両入力とも、高入力インピーダンスとする中和法がとりうるが今回は採用しなかった。

図 3.4 の構成において、信号 e_1 および e_2 の信号源抵抗をそれぞれ R_1 および R_2 とするとき、出力電圧 e_0 は

$$e_0 = \frac{2(1+sR_1C_1')e_2 - 2(1+sR_2C_2)e_1}{[1+sR_1(C_2+C_{12})][1+sR_1C_1'+sR_1C_{12}(1+sR_2C_2)]} \quad (3.2)$$

となる。 $C_{12} \ll C_2$ とみてよいから式 (3.2) は

$$e_0 \approx \frac{2(1+sR_1C_1')e_2 - 2(1+sR_2C_2)e_1}{(1+sR_2C_2)[1+sR_1(C_1'+C_{12})]} \quad (3.3)$$

したがって、 $C_1'+C_{12}=C_1+C_{12}-(2k_1-1)C_{f1}=0$ とすれば、

$$e_0 = \frac{2(1-sR_1C_{12})}{1+sR_2C_2} e_2 - 2e_1 \quad (3.4)$$

つまり、 C_{12} が十分小さく (1 pF 以下にすることは容易である)、かつ R_2 がそれほど大きくない範囲では、差動増幅器として動作が期待できることになる。 e_1 側入力に対しては高入力インピーダンスが実現できる。

図 3.3, 3.4 とともに、本質的には差動増幅器ではないから、共通モード信号はあまり大きくできない。

3.4 電極インピーダンスの較正

この増幅器には、電極のそう入状態の監視などを行なうために、電極の抵抗の較正ができるようにした。これは図 3.5 のごとく較正用抵抗を、増幅器本体内に組み込んだリレーでオン、オフできるようにして実現している。

図でリレーをオンとし、このときに生ずる出力変化を Δe とすれば、

$$R_r = \frac{\Delta e}{200 - \Delta e} R_s \quad (3.5)$$

であるから、これから R_r が測定できる。

4. 特性

以下に今回製作した微小電極用増幅器の特性例を示す。なお、増幅器全体の回路図を図 4.1 に示した。

4.1 基本増幅器の特性

基本増幅器は図 3.2 のものであるが、開回路利得として約 50 が得られている。負帰還後の利得は 2 に選んだ。

この増幅器の周波数特性は図 4.2 に示したようになり、低インピーダンス信号源から駆動したときのシャ断周波数は、約 5 Mc であって、われわれの目的には十分広帯域である。また基本増幅器の入力容量は、信号源抵抗が比較的高い場合の周波数特性から求められる。図 4.2 中に、信号源抵抗が 100 kΩ の場合を示したが、これから増幅器入力容量は約 3 pF の程度であり、非常に小さい値が得られている。

この基本増幅器の入力浮遊容量を補償した後の、方形波入力に対する応答を図 4.3 に示す。測定回路は図 4.4 である。図 4.3 (a), (b) は $C_f=10$ pF としたときの応答例であり、(c) は $C_f=100$ pF のときの応答例である。ただし (c) では、 $C_f=$

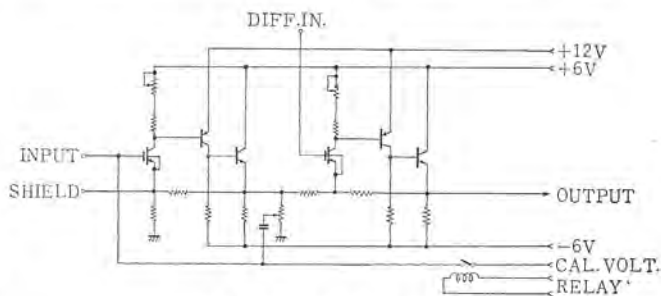


図 4.1 微小電極用増幅器回路
Fig. 4.1 Complete circuit diagram of our amplifier.

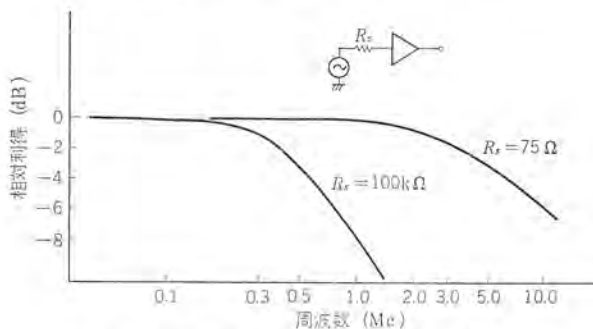
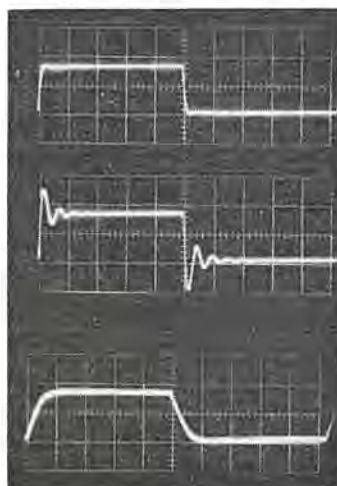


図 4.2 基本増幅器の周波数特性
Fig. 4.2 Frequency response of basic amplifier.



上から (a), (b): $C_f=10$ pF, $C_g=0$, $R_s=100$ MΩ (c): $C_f=100$ pF, $C_g=100$ pF, $R_s=100$ MΩ
(横軸 100 μs/cm, 縦軸 0.5 V/cm)

図 4.3 基本増幅器の応答
Fig. 4.3 Pulse response of basic amplifier.

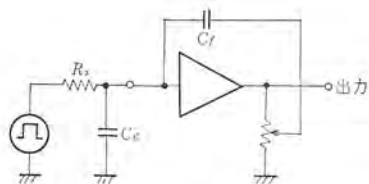
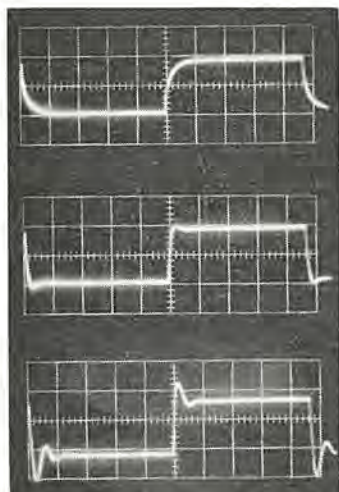


図 4.4 方形波に対する応答の測定回路
Fig. 4.4 Test circuit for square wave response.



上から $E_{B2}=5\text{ V}, 6\text{ V}, 7\text{ V}$
($R_s=100\text{ M}\Omega, C_f=10\text{ pF}, C_g=0$; 横軸 $100\text{ }\mu\text{s/cm}$)

図 4.5 電源電圧変化による応答の変化
Fig. 4.5 Changes in response time cause by source voltage variation.

100 pF を用いて補償可能な最大の容量 (この場合は約 100 pF) を C_g として余分に入力側に加えてある。 $C_f=100\text{ pF}, C_g=100\text{ pF}$ における補償後の時定数は同図から約 $50\text{ }\mu\text{s}$ となるが、これは補償前の入力回路時定数、 $R_s(C_g+C_f)=20\text{ }\mu\text{s}$ の約 $1/400$ となっている。 また等価入力容量は約 0.5 pF となり、非常にすぐれた補償が行なわれていることがわかる。

また電源電圧が変われば増幅器の入力容量、利得が変化するので、補償後の特性が変化する。 今回の増幅器では E_{B2} の変動が最も大きい影響を及ぼすが、これは図 4.5 に示した程度に収まっており、補償は十分安定に行なわれている。

4.2 差動増幅器の特性

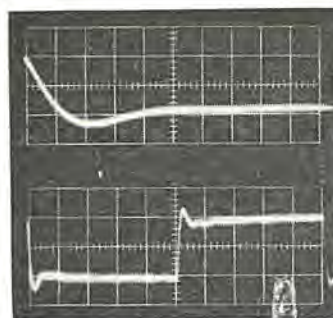
図 4.1 の増幅器の方形波入力に対する応答を図 4.6 に示した。 中和用容量 C_f としては 47 pF を組み込んであり、増幅器入力容量その他の浮遊容量のほか、外部に約 20 pF の容量を付加しても補償可能である。 図 4.6 は増幅器個々の容量のみの場合の応答であるが、最適状態において時定数約 $20\text{ }\mu\text{s}$ にし得ている。

ところで、式 (3.4) に示したごとく e_1 からの入力と、 e_2 からの入力とは、入力インピーダンスが異なるので、 $e_1=e_2$ としたときにも

$$e_0 = -\frac{s(R_1C_{12}+R_2C_2)}{1+sR_2C_2}e_1$$

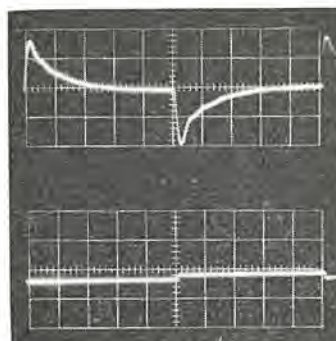
なる出力が表われる。 $R_1=100\text{ M}\Omega, R_2=20\text{ M}\Omega$ としたときの方
形波に対する応答を図 4.7 (a) に例示した。 e_1 側入力容量は補償してある。 図 4.7 (a) に示すごとく、出力には入力の微分波形が残留するが、これがこの方式による差動増幅器の一つの欠点である。 しかし C_2 あるいは R_2 が十分小さければ、この過渡出力は

微小電極用小形増幅器・大村・大山・倉橋



$10\text{ }\mu\text{s/cm}$
 0.2 V/cm
 $R_s=100\text{ M}\Omega$
 $C_f=40\text{ pF}$
 $100\text{ }\mu\text{s/cm}$
 0.2 V/cm

図 4.6 前置増幅器の応答
Fig. 4.6 Response of complete preamplifier.



$e_1=e_2$ 時の出力
 0.5 V/cm
 $R_1=100\text{ M}\Omega$
 $R_2=20\text{ M}\Omega$
 $e_1=e_2$ 時の出力
 0.1 V/cm
 $R_1=R_2=0$

上から (a) $R_1=100\text{ M}\Omega, R_2=20\text{ M}\Omega$, 縦軸 0.5 V/cm ,
(b) $R_1=R_2=0$, 入力振幅 1 V , 縦軸 0.1 V/cm ,
横軸はいずれも $100\text{ }\mu\text{s/cm}$

図 4.7 コモン・モード信号に対する残留電圧
Fig. 4.7 Residual voltage for common mode signal.

表 4.1 前置増幅器の性能

項 目	性 能
増 幅 器 形 式	差動形
出 力 電 圧	$\pm 1\text{ V}$ 以内
増 幅 器 利 得	2
入 力 抵 抗	$10^{13}\text{ }\Omega$ 以上
入 力 漏 れ 電 流	10^{-13} A 以内
等 価 入 力 容 量	0.5 pF 以下
出 力 インピーダンス	実効的に 0
雑 音 (入力短絡時)	約 $500\text{ }\mu\text{V p-p}$
基 本 増 幅 器 帯 域 幅	約 5 Mc (-3 dB)
所 要 電 源	$+12\text{ V}, +6\text{ V}, -6\text{ V}$

急速に減衰するから、普通の目的には無視してさしつかえない。 高い周波数まで差動特性をもたせるためには、 C_2 をも補償する必要がある。 ちなみに、この図で $R_1C_{12} \ll R_2C_2$ とみて、 C_2 を推定すれば $C_2=5\text{ pF}$ の程度である。

R_1, R_2 とともに非常に小さい場合には、広い周波数範囲にわたって良好な差動特性を示す。 たとえば $e_1=e_2$ として振幅 1 V の方形波を低インピーダンス源から加えた時の出力を図 4.7 (b) に示した。 残留電圧は約 20 mV の程度であり、これは直流における両増幅器の利得の差にひとしい。

この増幅器の特性を表 4.1 にまとめた。

5. む す び

MOS 形 トランジスタ が開発されたので、小形の固体化された微小電極用増幅器の実用化が可能になった。 この論文では、その一つの例として、直接 マニピュレータ に取り付けて使用可能な構造にまとめた増幅器の製作例について述べた。 この増幅器は中和により、等価入力容量を約 0.5 pF 以下にし得るが、これは $100\text{ M}\Omega$ の入力抵抗を用いたときにも、時定数 $50\text{ }\mu\text{s}$ にしうることを意

味する。このような高入力抵抗に対しても広帯域になしうるのは、基本増幅器が広帯域であることによるが、これは MOS 形 トランジスタ が低入力 ゲート 電流であり、かつ低ドレイン 電流においても高 G_m をもつことによる。

しかし、この増幅器の雑音は $500 \mu V_{p-p}$ の程度であり、これは従来真空管を用いて製作されていた同種の増幅器の雑音にくらべ、5~10 倍程度の大きさをもつ。これは MOS 形 トランジスタ の一つの欠点であり、今後の改善が望まれるところである。この点が解決すれば、細胞内誘導のみならず細胞外誘導にも利用しうるであろう。

参 考 文 献

- (1) 大村, 大山: 日本生理学会雑誌, 27, 154 (昭 40)
- (2) G. Ling and R. W. Gerard: J. Cellular Comp. Physiol., 34, 382 (1949)
- (3) W. L. Nastuk and A. L. Hodgkin: J. Cellular Comp. Physiol., 35, 39 (1950)
- (4) E. F. MacNichol Jr. and H. G. Wagner: Report of Naval Res. Inst., 12, 97 (1954)
- (5) J. W. Moore and J. H. Gebhart: Proc. IEEE, 50, 1928 (1962)
- (6) S. R. Hofstein and F. P. Heiman: Proc. IEEE, 51, 1190 (1963)

最近登録された当社の特許

名 称	特 許 日	特許番号	発 明 考 案 者	関 係 場 所
ヒューズ 断線表示装置	40- 3-20	442663	藤 井 重 夫	神 戸
多相 シャ 断器の欠相保護装置	40- 3-20	442664	米 沢 克 昌	伊 丹
磁気増幅器	40- 3-20	442665	的 場 徹	伊 丹
反限時継電装置	40- 3-20	442666	佐野善之助	伊 丹
インバータ 装置	40- 3-20	442667	大野栄一・赤松昌彦	中央研究所
ペーダトロン	40- 3-20	442668	田 中 修・尾形善弘	中央研究所
自動車電磁 クラッチ 装置	40- 3-24	443050	小林須美	姫 路
送電系統保護装置の優先 シャ 断方式	40- 3-24	443051	三上一郎	神 戸
送電系統保護装置の優先 シャ 断方式	40- 3-24	443052	三上一郎	神 戸
高 インピーダンス 接地系統の一線地絡検出継電装置	40- 3-24	443053	三上一郎	神 戸
半導体装置の保護方式	40- 3-24	443054	的 場 徹	伊 丹
半導体装置	40- 3-24	443055	中田伏祐	中央研究所
可動鉄心形変圧器	40- 3-24	443056	野口昌介	名古屋
導通制御装置	40- 3-24	443057	今出昭彦・赤松昌彦	中央研究所 伊丹・北伊丹
内燃機関点火装置	40- 3-24	443058	三木隆雄	姫 路
機関点火用信号発生装置	40- 3-24	443059	三木隆雄	姫 路
放電研削装置	40- 3-24	443060	内海堅志	鎌 倉
三相負荷の制御装置	40- 3-24	443061	吉田太郎・宮崎 治	名古屋
列車速度制御装置	40- 3-24	443062	北 岡 隆	伊 丹
放電加工装置	40- 3-24	443063	前田祐雄・斉藤長男	中央研究所
距離継電器	40- 4- 2	443585	森 健	神 戸
指向性 アンテナ	40- 4-14	316899	吉田武彦	無線機
電子枕	40- 4-15	444365	{大野寛孝・沢崎俊幸 笠置 紘・大場健司 中山 哲夫	商品研究所

ショート・スロット・ハイブリッド回路

立川清兵衛*・折目晋啓**

Short-Slot Hybrid Junction

Central Research Laboratory

Seibei TACHIKAWA・Nobutake ORIME

Short-slot hybrid junctions, invented by H. J. Riblet in 1952, have been used for a number of purposes in the microwave transmission system. The short-slot hybrid junctions can be considered as one kind of the compound hybrid junctions consisting of two rectangular dual-mode hybrid junctions and one dual-mode waveguide. This concept will lead to very easy design and adjustment of the junctions, resulting in an application to 7Ge band short-slot hybrid circuit. It is provided with very excellent characteristics for the input standing wave ratio, power dividing ratio and directivity over the broad frequency band.

1. ま え が き

導波管ハイブリッド回路には種々のものがあり、その分類、種類などについてはすでに昭和35年の本誌に紹介した。この中でマジックTは、古くから最もなじみの深いものとして広く使用されてきた。しかし、マジックTは、各分岐の配列があまりにも立体的であるため使用上不都合となることが多いばかりでなく、その電力分配比は本質的に1であり、任意の電力分配比のものを実現することが不可能であるという短所をもっている。

ところで、1952年にH. J. Ribletがショート・スロット・ハイブリッド回路を発表⁽²⁾して以後、従来のマジックTに代わって広く使用されるようになってきた。このショート・スロット・ハイブリッド回路はマジックTと比較して、小形で、かつ、各分岐の配列が単純であり、しかも、電力分配比1のものはもちろんのこと任意のものが実現できるという特長をもっている。しかし、観点を変えると、任意の電力分配比のものが実現できるということは、電力分配比を所要値にするために設計、調整の段階でそれなりの工夫が必要であることを意味している。

このショート・スロット・ハイブリッド回路の従来の設計、調整法は多分にカット・アンド・トライ的であるように考えられる。この理由は、入力電圧定在波比特性および非結合分岐間減結合量特性をよくする問題と、電力分配比を所要値にする問題とを切り放して取り扱うことができなかったことに原因しているものと思われる。ところが、このショート・スロット・ハイブリッド回路を、2個の複変態方形管ハイブリッド回路と1個の複変態導波管とを組み合わせた複合ハイブリッド回路として考えると、上記の二つの問題を切り放して取り扱うことができ設計、調整が容易になり、かつ、特性的にもよいものが期待できる。このことは、広帯域性の要求される場合に特に効果がある。

以下、本文では、まずショート・スロット・ハイブリッド回路の複合ハイブリッド回路としての性質を記し、次にその結果を7Ge帯に適用した場合の構造、特性について記すことにする。

2. 複合ハイブリッド回路としての取扱

最初に、図2.1の複変態方形管ハイブリッド回路を考える。図において、1,1'~2,2'面に関して構造的に对称であれば、 $TE_{10}^{(1)}$ 変態⑤と $TE_{10}^{(2)}$ 変態⑥との間には結合がない。すなわち

$$S_{56}=0 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

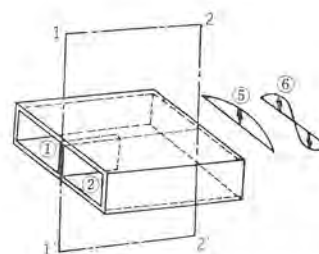


図 2.1 複変態方形管ハイブリッド回路
Fig. 2.1 Rectangular dual-mode hybrid junction.

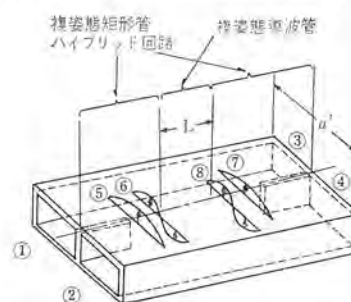


図 2.2 ショート・スロット・ハイブリッド回路
Fig. 2.2 Short-slot hybrid junction.

である。したがって、右方より $TE_{10}^{(1)}$ 変態⑤および $TE_{10}^{(2)}$ 変態⑥にに対して整合をとると、自動的に、ポート①および②に対して整合がとれ、かつ、①②間の結合がなくなる。

すなわち、式(2.1)が満足されている場合において、

$$S_{55}=0, S_{66}=0 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

にすると、

$$S_{11}=0, S_{22}=0, S_{12}=0 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

が満足されることになる。またこの時、ポート①あるいは②から入射した電力は、変態⑤および⑥に二等分される。すなわち

$$|S_{51}|=|S_{61}|=|S_{52}|=|S_{62}|=\frac{1}{\sqrt{2}} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

が満足されることになる。この場合、⑤⑥間に結合が起らないように、上記構造的対称性を損なわないよう整合をとることが大切である。そして、①および②についての整合の程度ならびに①②間の減結合の程度は、⑤および⑥についての整合の程度がどの程度であるかによって定まる。

次に、このような複変態方形管ハイブリッド回路を2個と複変態導波管を1個とを組み合わせた図2.2のショート・スロット・ハイブリッド回路について考える。このショート・スロット・ハイブリッド回路のS行列

(d) の各要素は、原形である複状態方形管 ハイブリッド 回路の S 行列 (S) の各要素を用いて、次のように表わすことができる。(3)

$$\begin{aligned} S_{11} &= S_{11} + S_{10}^2 S_{88} + S_{13}^2 S_{77} e^{-2j\phi} + 2S_{10} S_{13} S_{78} e^{-j\phi} \\ S_{12} &= S_{12} + S_{10} S_{20} S_{88} + S_{15} S_{25} S_{77} e^{-2j\phi} \\ &\quad + (S_{10} S_{25} + S_{15} S_{20}) S_{78} e^{-j\phi} \\ S_{22} &= S_{22} + S_{20}^2 S_{88} + S_{23}^2 S_{77} e^{-2j\phi} + 2S_{20} S_{23} S_{78} e^{-j\phi} \\ S_{33} &= S_{33} + S_{30}^2 S_{88} + S_{37}^2 S_{55} e^{-2j\phi} + 2S_{30} S_{37} S_{56} e^{-j\phi} \\ S_{34} &= S_{34} + S_{30} S_{40} S_{88} + S_{37} S_{47} S_{55} e^{-2j\phi} \\ &\quad + (S_{30} S_{47} + S_{37} S_{40}) S_{56} e^{-j\phi} \\ S_{44} &= S_{44} + S_{40}^2 S_{88} + S_{47}^2 S_{55} e^{-2j\phi} + 2S_{40} S_{47} S_{56} e^{-j\phi} \\ S_{13} &= S_{10} S_{38} + S_{15} S_{37} e^{-j\phi} \\ S_{14} &= S_{10} S_{48} + S_{15} S_{47} e^{-j\phi} \\ S_{23} &= S_{20} S_{38} + S_{25} S_{37} e^{-j\phi} \\ S_{44} &= S_{20} S_{48} + S_{25} S_{47} e^{-j\phi} \end{aligned} \quad (2.5)$$

ただし

$$\begin{aligned} \phi &= 2\pi L \left(\frac{1}{\lambda_{g1}} - \frac{1}{\lambda_{g2}} \right) \\ &= \frac{2\pi L}{\lambda} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a'} \right)^2} - \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{a'} \right)^2} \right] \dots (2.6) \end{aligned}$$

λ_{g1} = 複状態導波管内での TE_{10} 状態の管内波長

λ_{g2} = 複状態導波管内での TE_{20} 状態の管内波長

もし、複状態方形管 ハイブリッド 回路が完全に整合されている場合、すなわち、前掲の式 (2.1) ~ (2.4) が満足されている場合には、

$$S_{11} = S_{22} = S_{33} = S_{44} = S_{12} = S_{34} = 0 \dots (2.7)$$

となって、ショート・スロット・ハイブリッド 回路は、複状態導波管長 L には無関係に常に完全整合され、かつ、非結合分岐間の結合は完全になくなる。一般に、ショート・スロット・ハイブリッド 回路の整合の程度および非結合分岐間減結合量の程度は、原形 ハイブリッド 回路である複状態方形管導波管 ハイブリッド 回路がどの程度整合されているかによって定まる。

次に、電力分配比 K について考える。複状態方形管 ハイブリッド 回路が完全に整合されている場合、すなわち、前掲の式 (2.1) ~ (2.4) が満足されている場合には、 K は

$$\begin{aligned} K &= \left| \frac{S_{14}}{S_{13}} \right|^2 = \left| \frac{S_{23}}{S_{24}} \right|^2 = \left| \frac{S_{32}}{S_{31}} \right|^2 = \left| \frac{S_{41}}{S_{42}} \right|^2 \\ &= \tan^2 \phi \dots (2.8) \end{aligned}$$

ただし

$$\phi = \theta + \frac{1}{2} \phi \dots (2.9)$$

$$\theta = \arg(S_{10}) - \arg(S_{15})$$

$$= \arg(S_{38}) - \arg(S_{37}) \dots (2.10)$$

であらわされる。このように、電力分配比 K は ϕ 、すなわち、複状態導波管長 L の関数であって、 L を適当に選定することによって電力分配比を所要の値にすることができる。

ショート・スロット・ハイブリッド 回路の特性を広帯域にすることは、

- (1) 入力電圧定比波比を広帯域にわたって 1 に近付ける。
- (2) 非結合分岐間減結合量を広帯域にわたって ∞ dB に近づける。

(3) 電力分配比を広帯域にわたって所要の値に一定にする。
の三つの内容をもっている。上述の論議によって、(1) と (2) とは、複状態方形管 ハイブリッド 回路を広帯域整合することによって実現でき、また、(3) は移相差 ϕ を広帯域にわたって一定にすることによって実現できる。そして、これらは、たがいに他に

無関係に独立にできるので、設計、調整が容易になるわけである。

以上が、ショート・スロット・ハイブリッド 回路を、2 個の複状態方形管 ハイブリッド 回路と 1 個の複状態導波管とを組み合わせた複合 ハイブリッド 回路として取り扱うことによって判然とした点であって、従来はそれほど明確でなかったことである。

3. 7Gc 帯ショート・スロット・ハイブリッド回路の構造と特性

本章では、前章の理論を、7,000 Mc 帯用方形導波管 WRJ-7 (34.85 mm $\times$ 15.86 mm I.D.) を使用し、6,550 ~ 6,900 Mc の帯域を対象とした 7Gc 帯 ショート・スロット・ハイブリッド 回路に適用した場合について、構造、特性を述べることにする。

3.1 複状態方形管ハイブリッド回路の広帯域整合

図 3.1 (a) に広帯域整合複状態方形管 ハイブリッド 回路の構造を示す。方形導波管 WRJ-7 を 2 本平行に走らせ、隔壁板の厚さ T を 1.95 mm とすると、複状態導波管の横幅は 71.65 mm となって、そのシャ断周波数は、 TE_{10} 状態に対して 2,090 Mc、 TE_{20} 状態に対して 4,190 Mc、 TE_{30} 状態に対して 6,280 Mc となる。したがって、上記の周波数帯内で TE_{20} 状態が伝送可能となる。前章の理論は、複状態方形導波管内での伝送状態が TE_{10} 、 TE_{20} 状態のみであるという前提のもとで成立するものであるから、このままでは不都合が生ずる。それで、図 3.1 (a) に示すように、複状態導波管の横幅 a' を TE_{20} 状態がシャ断される寸法まで絞り、また、 TE_{20} 状態に対する整合用 1/4 波長変成器を付加する必要がある。こうした機構は、もし、使用導波管と周波数帯との関係で、 TE_{20} 状態が伝送可能でない場合には不必要であることはもちろんである。

次に TE_{20} 状態に対する広帯域整合法について述べる。 TE_{20} 状態

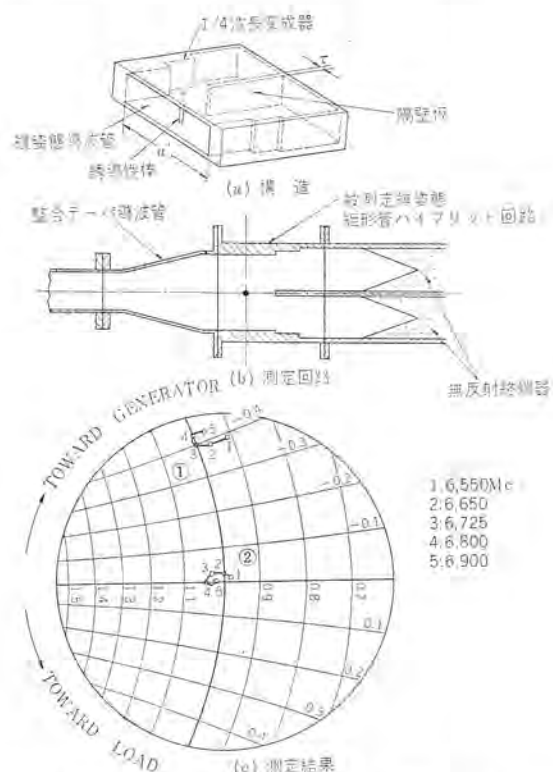


図 3.1 複状態方形管 ハイブリッド 回路の広帯域整合
Fig. 3.1 Broad-band matching of the rectangular dual-mode hybrid junction.

態に対しては隔壁板端縁が電界最大の位置に電界に平行に存在するため、かなり大きな反射を生ずる。図 3.1 (b) の構成で、 TE_{10} 状態に対する入力アドミタンスを隔壁板端縁を観測面とし実測した結果が図 3.1 (c) の曲線①であって、 $V.S.W.R=1.45$ の誘導性サセプタンスを呈している。この反射は、隔壁板端縁の反射と、前記の TE_{10} 状態整合用 1/4 波長変成器の TE_{10} 状態に対する反射との合成されたものである。この誘導性サセプタンスは、図 3.1 (a) に示すように、隔壁板端縁より $\lambda_{g3}/4$ だけ離れた位置に誘導性棒を装荷することによって、 $V.S.W.R<1.03$ に広帯域整合されて、図 3.1 (c) の曲線②となる。なお、誘導性棒の直径 d は、その等価サセプタンス B_1 を与える周知の式⁽⁴⁾、

$$B_1 = -\frac{2\lambda_{g3}}{a'} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{4a'}{\pi de^2}\right)} \quad (3.1)$$

で求めた後、実験的に若干修正して決定した。この TE_{10} 状態整合用誘導性棒は、 TE_{10} 状態に対しては電界ゼロの位置に存在するため、 TE_{10} 状態に対してはなんら影響を与えない。

3.2 電力分配比の調整と広帯域化

前述の方法で広帯域整合された複変態方形管ハイブリッド回路を 2 個組み合わせて図 3.2 (a) の構成とし、複変態導波管長 L を変えて測定した電力分配比の周波数特性を図 3.2 (b) に示す。なお、入力電圧定在波比および非結合分岐間減結合量は、複変態方形導波管長 L に無関係にそれぞれ 1.06 以下および 30 dB 以上である。なお、図 3.2 (b) の結果より、式 (2.10) の θ 、すなわち、広帯域整合複変態方形管ハイブリッド回路の分岐部での TE_{10} 状態に対する移相量と TE_{10} 状態に対する移相量との差を求めると、

$$\theta = 8.2^\circ$$

となる。この値を用いることによって、入力電圧定在波比 1.06 以下、非結合分岐間減結合量 30 dB 以上の、任意電力分配比のショート・スロット・ハイブリッド回路を自由に設計できることとなる。

図 3.2 (b) にみられるように、広帯域整合方形管ハイブリッド回路を 2 個組み合わせたままで、電力分配比 0 dB のショート・スロット・

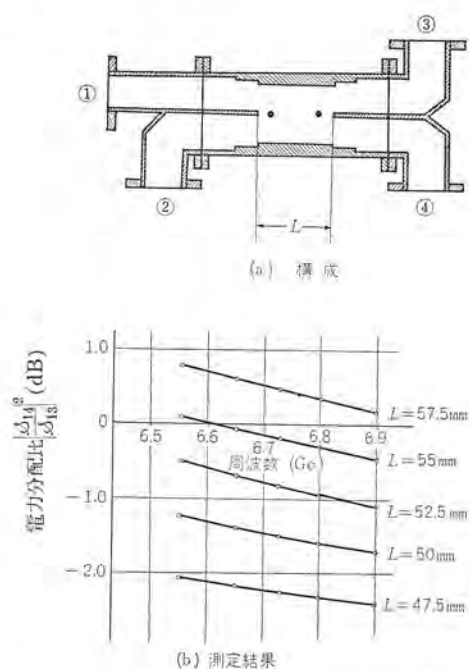


図 3.2 複変態導波管長さによる電力分配比の変化
Fig. 3.2 Variation of the power-dividing ratio due to length of the dual-mode waveguide.

ハイブリッド回路を実現した場合の電力分配比の周波数特性は 6,550 ~ 6,900 Mc の帯域にわたって、 ± 0.3 dB 以内である。次に、この電力分配比の広帯域化の方法について述べることにする。電力分配比を広帯域にわたって一定にすることは、式 (2.9) の $\Phi = \theta + \frac{1}{2}\phi$ を広帯域にわたって一定にすることに帰着する。実測結果によれば、 θ はほとんど周波数特性をもたず、 Φ の周波数特性は主として ϕ によって支配される。式 (2.6) で与えられる ϕ の波長 λ による第一次微係数 $d\phi/d\lambda$ を求めると、

$$\frac{d\phi}{d\lambda} = -\frac{\pi L}{\lambda^3} (\lambda_{g1} - \lambda_{g2}) > 0 \quad (3.2)$$

となる。図 3.2 (b) に示された電力分配比の周波数特性は、この ϕ の周波数特性に原因している。したがって、電力分配比を広帯域にわたって一定にするためには、複変態導波管に移相器を付加して、その移相量 ϕ_p に

$$\left(\frac{\phi}{2} + \frac{\phi_p}{2} + \theta\right)_{f=f_0} = \arctan \sqrt{K} \quad (3.3)$$

$$\left(\frac{d\phi}{d\lambda}\right)_{f=f_0} + \left(\frac{d\phi_p}{d\lambda}\right)_{f=f_0} = 0 \quad (3.4)$$

になる関係を満足させればよい。このような移相器としては、導波管々軸に平行な対称面内に複数個の容量性ピスを装荷した容量性ピス装荷無反射移相器⁽⁵⁾が適している。その理由は、

(1) TE_{10} 状態に対しては無影響で、 TE_{10} 状態に対しては広帯域無反射の遅相器として働き、その周波数特性 $d\phi_p/d\lambda$ は一般に負である。

(2) 小形で構造的に簡単である。

(3) 広帯域無反射の状態に保ったままで、その移相量のある程度調節することができるから、工作誤差などを補償するのに便利である。

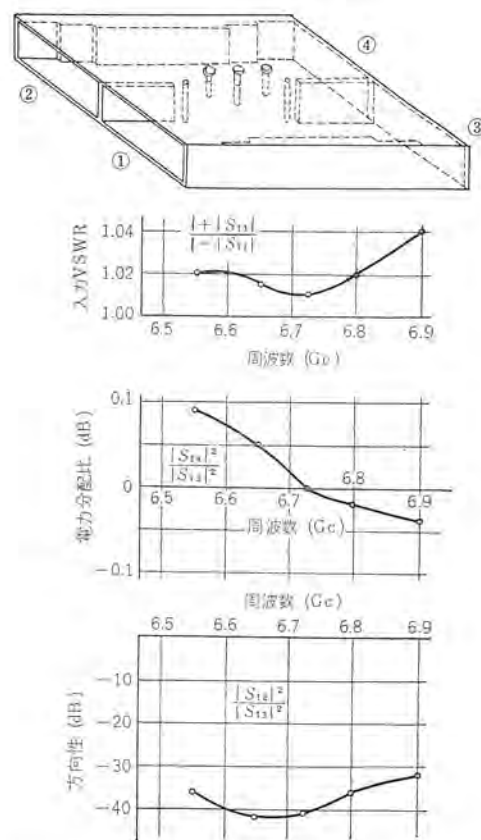


図 3.3 7Gc 帯ショート・スロット・ハイブリッド回路の特性
Fig. 3.3 Performances of the short-slot hybrid junction for 7Gc band.



図 3.4 7Gc 帯 ショート・スロット・ハイブリッド回路の外観
Fig. 3.4 Outside view of the short-slot hybrid junction for 7Gc band.

が挙げられる。

以上に述べた手順で製作した電力分配比 0 dB の 7Gc 帯 ショート・スロット・ハイブリッド回路の構造および特性を図 3.3 に、また、外観写真を図 3.4 に示す。6,550~6,900 Mc の帯域にわたって入力電圧定在波比 1.04 以下、非結合分岐間減結合量 30 dB 以上、電力分配比 0 ± 0.1 dB 以内という良好な特性が得られている。

4. む す び

以上、ショート・スロット・ハイブリッド回路を複姿態方形管ハイブリッド回路を2個と複姿態導波管1個とを組み合わせた複合ハイブリッド回

路として考えることによって、入力電圧定在波比特性および非結合分岐間減結合量特性をよくする問題と、電力分配比を所要値にする問題とを切り放して取り扱うことができ、その結果従来のものより設計、調整が容易になり、しかも、得られたものの特性が良好になることを述べた。この方法は、広帯域特性を必要とする場合、あるいは、任意電力分配比のものを実現する場合にとくに有効なものである。

最後に、このハイブリッド回路の研究に当ってご指導を賜った当所高周波機器研究部の喜連川部長に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 喜連川, 立川: 導波管ハイブリッド回路の広帯域整合, 『三菱電機』 34, 1419 (昭 35)
- (2) H. J. Riblet: The Short-slot Hybrid Junction, Proc. I. R. E., 40, 180 (1952)
- (3) 吉田: S 行列の複合立体回路への応用, 電気通信学会雑誌, 34, 385 (1951)
- (4) J. W. Miller: The Equivalent Circuit for a Plane Discontinuity in a Cyindrical Wave Guide, Proc. I. R. E., 34, 728 (1946)
- (5) 喜連川, 立川: 容量性棒装荷広帯域無反射移相器, 電気通信学会 マイクロ波伝送研究専門委員会資料 (1961-10)

最近の車両用変圧器

南角英男*・鶴田敬二*・黒田幸男*

1. ま え が き

昭和 30 年に国鉄仙山線において、わが国最初の交流電化が試みられた。これをベースにいろいろの交流電車が製作され、技術の集積と独自の開発、改良が積み重ねられて、最初の交流電化からちょうど 10 年を経過した現在、わが国の技術は世界のトップレベルにランクされるようになった。

車両用変圧器も電気車技術およびほかの電気品などのめざましい発達とあいまって、その技術はちくじ進歩してきた。車両用変圧器の第 1 の特異性はいうまでもなく、車両とう載用であり、しかも電気車電気品中もっとも大きな重量を占めているため、小形・軽量化に力が注がれる。一方電気車を人間にたとえると、制御装置が頭脳、主変圧器、整流器（弁と考えるが）心臓、電動機が筋肉、車輪が手足と考えることができ、主変圧器の役割は重要であり、高度の信頼性を必要とする。

当社の車両用変圧器は昭和 30 年に仙山線（試験線）の試作交流機関車 ED-911 用主変圧器を製作して以来、国鉄の絶やまぬ指導のもとに延べ 500 台が製作され、交流電化に寄与してきたが、当社独特の外鉄形、フォームフィット構造はとくに好評を博している。

2. 車両用変圧器

今日の交流電化方式はほとんど 20 kV または 25 kV の商用周波の架線電圧が採用されている。交流電気車の電気方式としては、パンタグラフによって集電された架線電圧をとう載した主変圧器によって適当な電圧に変圧し、主電動機を駆動する方式であって、主電動機に交流整流子電動機を用いる直接式、誘導電動機を用いこれに電氣的または機械的の変速装置を付加した誘導電動機式、電気車に整流器をとう載し交流を直流に変換して直流電動機を駆動する整流器式などの方式があるが、現在はほとんど整流器式が採用されている。

速度制御の方式としては、主変圧器のタップを切り換えるタップ制御方式・タップ制御とリアクトル制御を組み合わせる方式・タップ制御と整流器の位相制御を組み合わせる方式などがある。

表 2.1 は当社のおもな車両用変圧器の製作経歴表である。昭和 34、5 年までは水銀整流器が使用されていたので、主変圧器の結線方式はシングルウェイ方式であったが、その後はシリコン整流器が使用されるようになり、変圧器の利用率のよいダブルウェイ方式が採用されるようになった。タップ切換方式は、当初は低圧タップ切換方式であったが、大電流負荷時タップ切換器の信頼性、保守などの点から小電流で多数のタップ点数が得られる高圧タップ切換方式に移行した。しかし昭和 38 年から当社が開発した大容量磁気増幅器の出現によって、速度制御の理想ともいえる大電流の無電弧連続制御が可能となり、軽重量でしかも特性のすぐれた低圧タップ切換方式が採用されるようになった。さらに今後の高電

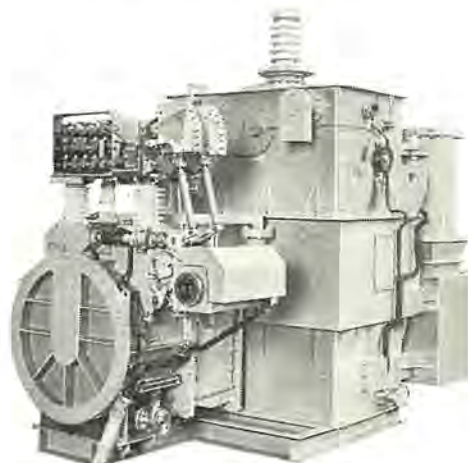


図 2.1 TM-5 形主変圧器 (EF-70)
2,580 kVA 20 kV/1080 V 60 c/s

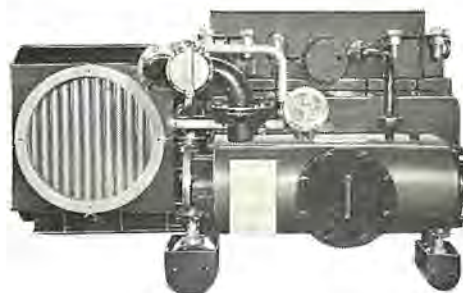


図 2.2 TM-10 形主変圧器 (モハ 481 系)
1,235 kVA 20 kV/1,850 V 60 c/s

圧大容量サイリスタの利用によって、タップ切換を行なわない無接点連続制御の方向に進みつつある。

車両用変圧器は大別して次のように分類できる。

車両用変圧器	機関車用	交流専用車用
		交直両用車用
	電車用	交流専用車用
		交直両用車用

機関車用は集中電源であるため変圧器の容量も比較的大きく、機関車内に有効に利用できるから、一般に車内設置されるが、電車用では車内利用ができないので床下につり下げられる。また分散電源のため比較的小容量である。

交直両用車用は直流車と同じ制御方式がとられるから変圧器に速度制御用のタップを設ける必要はないが、交流専用車用は前述したとおり、速度制御としてタップ制御や位相制御が行なわれるから、多くのタップを設けるかあるいは二次巻線を 4 分割あるいは 2 分割するなどの特別の考慮を必要とし、交直両用車用に比べ複雑な変圧器となる。図 2.1 は機関車 (EF-70) 用、図 2.2 は電車 (モハ 481 系) 用の主変圧器の外観を示す。

表 2.1 おもな車両用変圧器製作経歴

車種	使用線区	製作年	整流方式	主変圧器	形状	容量	電圧	周波数	使用絶縁油	タップ切り換え方式
インド国鉄 機関車	カルカッタ 近郊	昭和 34 年	水銀整流器 シングル ウェイ	—	SUB	3,000 kVA	22.5 kV	50 c/s	鉱油	高圧切り換え
ED-70	北陸線	昭和 32 年	水銀整流器 シングル ウェイ	—	SUB	2,840 kVA	20 kV	60 c/s	不燃性油	低圧切り換え
ED-911 (ED-451)	仙山線	昭和 30 年	水銀整流器 シングル ウェイ	—	SUB	1,510 kVA	22 kV	50 c/s	不燃性油	低圧切り換え
モハ 421 系 モハ 423 系	北陸線 鹿兒島線	昭和 39 年	シリコン ダブルウェイ	TM10	SUB	1,235 kVA	20 kV	60 c/s	不燃性油	低圧切り換え
EF-70	北陸線	昭和 39 年	シリコン ダブルウェイ	TM5A	SUB	3,310 kVA	20 kV	1,080 V 25 タップ	鉱油	高圧切り換え
ED-75 ED-76	北陸線 鹿兒島線	昭和 38 年	シリコン ダブルウェイ	TM11 TM11A TM11B	SUB	2,330 kVA	20 kV	1,248 V 13 タップ	鉱油	低圧切り換え
新幹線 電車	新幹線	昭和 38 年	シリコン ダブルウェイ	TM200	SUB	1,650 kVA	25 kV	2,261 V 13 タップ	不燃性油	低圧切り換え
ED-713	東北線	昭和 38 年	水銀整流器 シングル ウェイ	TM903	SUB	2,300 kVA	20 kV	1,009 V×4 25 タップ	鉱油	高圧切り換え
ED-74	北陸線	昭和 37 年	シリコン ダブルウェイ	TM8	SUB	1,920 kVA	20 kV	1,120 V 25 タップ	鉱油	高圧切り換え
モハ 471 系	北陸線	昭和 37 年	シリコン ダブルウェイ	TM3B	SUB	970 kVA	20 kV	1,820 V —	不燃性油	—
新幹線 電車	新幹線	昭和 36 年	シリコン ダブルウェイ	TM900	SUB	1,810 kVA	25 kV	2,261 V 13 タップ	不燃性油	低圧切り換え
EF-70	北陸線	昭和 36 年	シリコン ダブルウェイ	TM5	SUB	2,580 kVA	20 kV	1,080 V 25 タップ	鉱油	高圧切り換え
モハ 421 系	北九州	昭和 36 年	シリコン ダブルウェイ	TM3 TM3A	SUB	800 kVA	20 kV	1,820 V —	不燃性油	—
EF-30	国門	昭和 36 年	シリコン ダブルウェイ	TM4	CT	310 kVA	20 kV	1,800 V —	鉱油	—
ED-71	東北線	昭和 34 年	水銀整流器 シングル ウェイ	TM1	CUB	2,490 kVA	20 kV	1,075 V×4 25 タップ	鉱油	高圧切り換え
インド国鉄 機関車	カルカッタ 近郊	昭和 34 年	水銀整流器 シングル ウェイ	—	SUB	3,000 kVA	22.5 kV	960 V×2 21 タップ	鉱油	高圧切り換え
ED-70	北陸線	昭和 32 年	水銀整流器 シングル ウェイ	—	SUB	2,840 kVA	20 kV	1,000 V×2 7 タップ	不燃性油	低圧切り換え
ED-911 (ED-451)	仙山線	昭和 30 年	水銀整流器 シングル ウェイ	—	SUB	1,510 kVA	22 kV	690 V×2 7 タップ	不燃性油	低圧切り換え
モハ 481 系 モハ 473 系	北陸線 鹿兒島線	昭和 39 年	シリコン ダブルウェイ	TM10	SUB	1,235 kVA	20 kV	1,850 V —	不燃性油	低圧切り換え
EF-70	北陸線	昭和 39 年	シリコン ダブルウェイ	TM5A	SUB	3,310 kVA	20 kV	1,080 V 25 タップ	鉱油	高圧切り換え
インド国鉄 機関車	カルカッタ 近郊	昭和 40 年	シリコン ダブルウェイ	—	CUB	1,100 kVA	25 kV	267 V —	鉱油	低圧切り換え

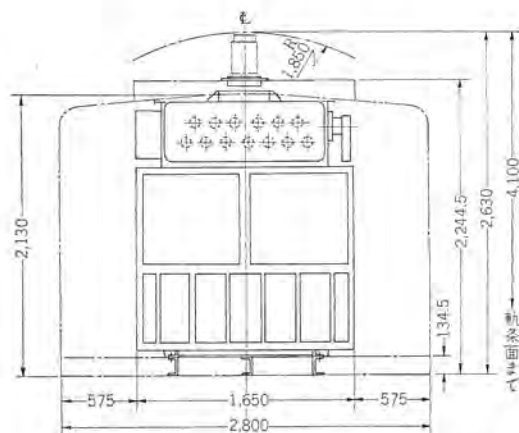
3. 車両用変圧器の特異性

車両用変圧器は一般に次のような特異性(条件)をもっている。

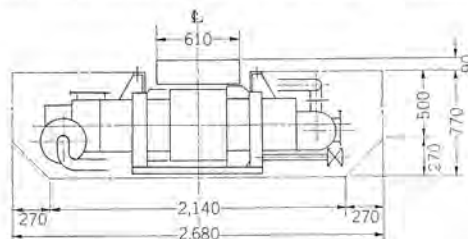
- (1) 小形、軽量でかつ信頼性が高いこと。
- (2) 形状に制限を受ける。とくに床下配置となる電車用では制限度大きい。(寸法制限の例を図 3.1 (a) および (b) に示す。
- (3) 耐振動性が高く、堅ろうであること。
- (4) 保守、点検が容易であること。
- (5) 架線電圧および負荷電流の変動が大きい。
- (6) 電車用の場合には、床下配置となるため、飛び石、ほこり、雨雪害、凍結などの問題に対して考慮する必要がある。
- (7) 交流専用車用では速度制御用の多くのタップを設けるかあるいは二次巻線を分割する必要がある。
- (8) 補機巻線、暖房巻線などの小容量の機械的に弱い巻線を有した多巻線変圧器で、補機巻線は直流巻線(二次巻線)の転流現象に影響されないようにする必要がある。

整流器として水銀整流器が使用されていた当時は、その逆弧による短絡機械力に対して十分考慮しておかなければならなかったが、今日ではシリコン整流器が使用されるようになったので、短絡機械力については偶発的な短絡事故だけを考慮すればよい。

車両用変圧器では、特異性の第一である寸法の縮小、軽量化をはかるために、巻線の電流密度をできるだけ大きくし(一般の変圧器の約 2 倍)、電気装荷と磁気装荷の比を大きく、すなわち銅機械に設計する(一般の変圧器の電気装荷と磁気装荷の比が 1:3 くらいであるのに対し、車両用では 1:2 くらいである)。そのため一般の変圧器の鉄損失と銅損失の比が 1:3 くらいであるのに対して、車両用変圧器では 1:10 くらいとなり、容量の割に損失が大きい。これは重量、寸法の小さい冷却系統の強化によって補

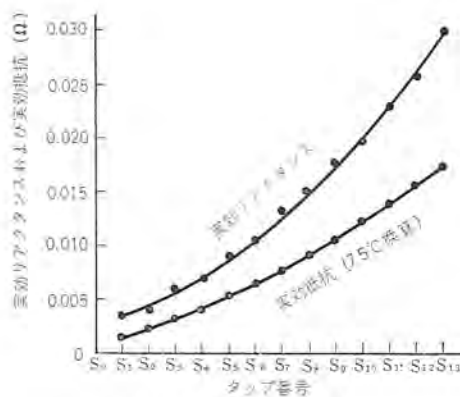


(a) ED-75 形交流機関車用主変圧器の寸法制限

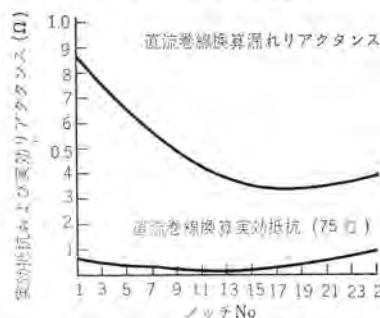


(b) モハ 481 系交直電車用主変圧器の寸法制限

図 3.1 車両用変圧器の寸法制限



(a) TM-11 形の場合



(b) TM-200 形の場合

図 3.2 インピーダンス特性

われている。冷却方式は冷却能力の大きい送油風冷式が採用されている。銅機械で製作することは、インピーダンスが大となり、シリコン整流器の短絡電流を小さくする意味においても有利である。

主変圧器のインピーダンスは電気機関車の特性に大きく影響する。インピーダンスを大きくする。すなわち電圧変動率を大きくすることの利点としては、

- (1) 速度-引張力曲線が急しゅんとなり、ノッチ数が少なくなてすむ。すなわちスムーズな起動が得られる。
- (2) 短絡電流が小さくなるなどがあげられる。
- 一方欠点としては、
- (3) 無負荷電圧が大きくなり、機器の利用率が悪くなる。
- (4) 再粘着特性が悪くなるなどがあげられる。したがって機関車用では図 3.2 (a) のように低 タップ で低 インピーダンス、電車用では図 3.2 (b) のように低 タップ で高 インピーダンスになるように設計される。

4. 変圧器容量と単相整流回路

主変圧器の二次巻線の電流容量は主電動機とどのように運転条件によって大きく影響を受ける。油冷式変圧器は主電動機より熱時定数が長いので rms 電流を基準にして容量を算定すればよい場合が多いが、貨物機関車のように起動電流の大きい場合や コウ配線区に使用される場合には最大負荷を考慮して決める必要がある。

定格電圧は1時間または連続負荷電流が流れたときの電動機の端子電圧が定格電圧となるように定められる。この場合無負荷電圧が機器の許容最高電圧を越えないように注意する必要がある。

二次無負荷電圧は次式で表わされる。

$$E_s = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}(1 + \varepsilon)E_d + V_T \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

ただし E_s = 二次無負荷電圧

E_d = 定格直流電圧

 V_r = 変電所, 電車線などによる電圧降下 ε = 電氣車主回路電圧變動率

二次容量はこの二次無負荷電圧 E_0 と定格直流電流 I_d によって決定される.

一次容量は前記した二次容量と補機、暖房用などの三次、四次巻線の容量を加算したものであるが、暖房用の四次巻線は冬期だけ使用されるものであるから、これを加算した一次容量は冬期容量と称し、定格容量の場合より巻線の温度上昇を 15℃ 高くすることができる。暖房巻線容量を加算しない一次容量を定格容量と称している。

4.1 シングルウェイ方式

無線は図 4.1 に示すとおりで、直流無負荷電圧を E_{d0} 、直流電流を I_d 、二次巻線電流を I_s とすれば

$$E_{d0} = \frac{2}{\pi} \sqrt{2} E_s \sin \frac{\pi}{2} = 0.9 E_s \quad (4.2)$$

$$I_s = -\frac{1}{\sqrt{2}} I_d \quad (4.3)$$

このとき一次巻線電流波形は一次、二次巻線のアンペアターン平衡の条件と二次巻線の電流の方向を考えて図 4.2 のようになる。したがって一次巻線電流は

$$I_p = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \{ (I_d)^2 \pi + (-I_d)^2 \pi \}} \frac{E_s}{E_m} = \frac{E_s}{E_m} I_d \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

また、1陽極あたりのリアクタンス降下 E_x および抵抗降下 E_r は

$$E_x = \frac{X_p}{2\pi} I_d \quad (4.5)$$

$$E_r = W_c / I_d \quad (4.6)$$

ただし、 X_T は図 4.1 の二次巻線 1, 2 間と交流巻線間の転流リアクタンス、 W_G は変圧器銅損失である。

一次，二次巻線容量 P_p , P_s を求めると

$$\left. \begin{aligned} P_p &= E_p I_p \times 10^{-3} = E_s I_d \times 10^{-3} & (\text{kVA}) \\ \bar{P}_s &= 2E_s I_s \times 10^{-3} = \sqrt{2} E_s I_d \times 10^{-3} & (\text{kVA}) \\ P_s &= \sqrt{2} \bar{P}_s \end{aligned} \right\} \dots\dots (4.7)$$

変圧器利用率 α は

$$\alpha = \frac{\text{二次出力最大值}}{\text{变压器二次巻線容量}} = 0.637 \dots\dots\dots (4.8)$$

低圧 タップ 切換方式における シングルウェイ 方式は タップ 数が多く (ダブルウェイ 方式の タップ 数の 2 倍) 必要とし, また変圧器の利用 率が悪いので不利である. シングルウェイ 方式は水銀整流器に対して

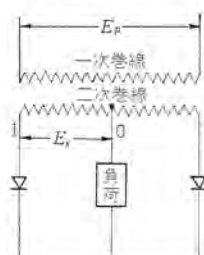


図 4.1 シングルウェイ方式

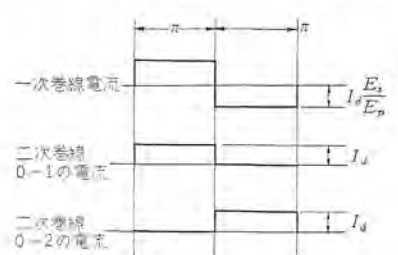


図 4.2 シングルウェイ方式の波形

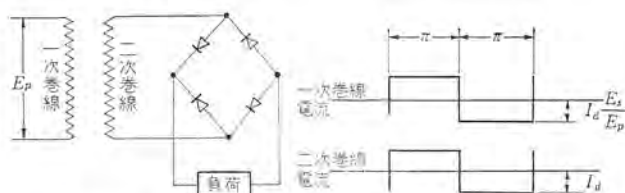


図 4.3 ダブルウェイ方式

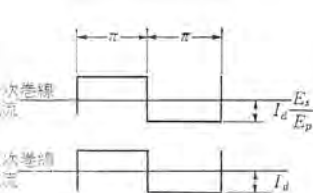


図 4.4 ダブルウェイ方式の波形

使用されていたが、今日では シリコン 整流器が使用されるようになり、次に述べる ダブルウェイ 方式が採用されている。

4.2 ダブルウェイ方式

結線は図 4.3 に示すとおりで直流無負荷電圧は シングルウェイ 方式とどうように全波整流であるから、式 (4.2) となるが、図 4.4 のような電流波形となり、二次巻線電流は

$$I_s = I_d \quad (4.9)$$

転流降下は

$$E_x = \frac{2X_r}{\pi} I_d \quad (4.10)$$

一次、二次巻線容量および利用率は

$$P_p = P_s = E_s I_s \times 10^{-3} = E_s I_d \times 10^{-3} \quad (\text{kVA}) \quad (4.11)$$

$$\alpha = 0.9 \quad (4.12)$$

5. 負荷時タップ切換方式

交流電気車制御の最も大きな特長は変圧器の タップ を利用することで、直流電気車の場合に比較して、抵抗制御を行なわないので制御効率がよく走行使用 ノッチ も多く採ることができることである。負荷時 タップ 切換方式に高圧 タップ 切換方式と低圧 タップ 切換方式があることは 2 章で述べた。

一次巻線は ターン 数が多いので高圧 タップ 切換方式では タップ のみで多くの ノッチ を得ることができ、通常の電気車制御には十分である。しかし二次巻線の ターン 数は少ないので低圧 タップ 切換方式では タップ を多く取り出すことが困難で、多くの場合 タップ の組み合わせや リアクトル などの補助的な制御が併用される。

5.1 高圧タップ切換方式

高圧 タップ 切換方式は図 5.1 に示す回路で主変圧器とは別に タップ 変圧器 (単巻変圧器) を設け主変圧器と同一 タンク 内に収

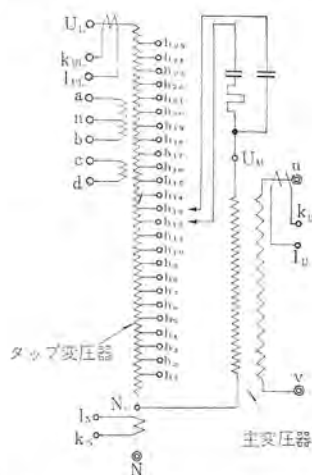


図 5.1 高圧タップ切換方式 (TM-5 形)

納されている。タップ 数は普通 25 くらいに選ばれる。この種の変圧器には TM-1 形 (ED-71 用), TM-5 形 (EF-70 用), TM-8 形 (ED-74 用) などがある。図 5.2 は TM-8 形 (ED-74 用) 主変圧器の外観である。

5.2 低圧タップ切換方式

低圧 タップ 切換方式は特性にすぐれているが、タップ 点数・電流

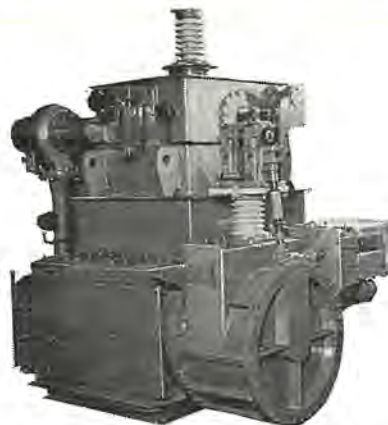
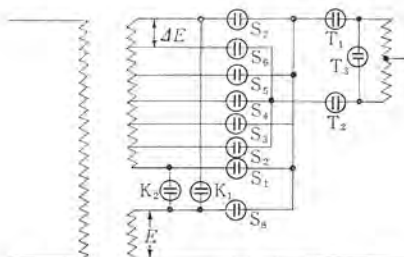


図 5.2 TM-8 形主変圧器 (ED-74)

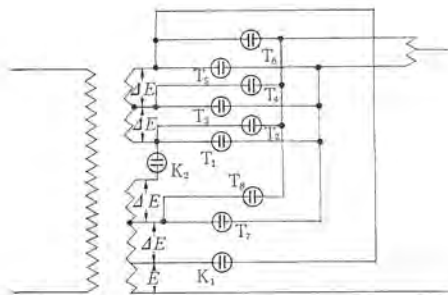


(a) 結線図

ノッチ	K ₁	K ₂	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	T ₁	T ₂	T ₃	出力電圧
1	○		○	○							○		○	E-6 ΔE
2	○		○	○							○	○		E-5.5ΔE
3	○			○								○	○	E-5 ΔE
4	○			○	○						○	○		E-4.5ΔE
5	○				○						○		○	E-4 ΔE
6	○				○	○					○	○		E-3.4ΔE
7	○					○						○	○	E-3 ΔE
8	○					○	○				○	○		E-2.5ΔE
9	○						○				○		○	E-2 ΔE
10	○							○			○	○		E-1.5ΔE
11	○								○		○	○	○	E-ΔE
12	○									○	○	○		E-0.5ΔE
13											○	○	○	E
14		○		○							○	○	○	E+0.5ΔE
15		○		○										E+1 ΔE
16		○		○	○									E+1.5ΔE
17		○			○									E+2 ΔE
18		○			○	○								E+2.5ΔE
19		○				○								E+3 ΔE
20		○				○	○							E+3.5ΔE
21		○					○							E+4 ΔE
22		○						○						E+4.5ΔE
23		○							○					E+5 ΔE
24		○								○	○			E+5.5ΔE
25		○									○			E+6 ΔE

(b) シーケンスと出力電圧

図 5.3 低圧タップ切換方式 (TM-200 形)



(a) 結線図

ステップ	K ₁	K ₂	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	出力電圧
1	○		○	○							$E - 2 \Delta E$
2	○			○	○						$E - 1.5 \Delta E$
3	○				○	○					$E - \Delta E$
4	○					○	○				$E - 0.5 \Delta E$
5	○						○	○			E
6	○							○	○		$E + 0.5 \Delta E$
7		○							○	○	$E + \Delta E$
8		○	○							○	$E + 1.5 \Delta E$
9		○	○	○							$E + 2 \Delta E$
10		○		○	○						$E + 2.5 \Delta E$
11		○			○	○					$E + 3 \Delta E$
12		○				○	○				$E + 3.5 \Delta E$
13		○					○	○			$E + 4 \Delta E$

(b) シーケンスと出力電圧

図 5.4 低圧タップ切換方式 (ED-70 用主変圧器)



図 5.5 TM-11A 形主変圧器 (ED-75)
2,330 kVA 20 kV/1,248 V 50 c/s

容量の点で考慮される点が多く、いろいろの方式が採用されている。

図 5.3 (a) は新幹線電車で用 TM-200 形主変圧器の結線方式である。図 5.3 (b) はシーケンスと出力電圧を表わし、6 タップで 25 ノッチを得ることができる。

図 5.4 (a), (b) はそれぞれ ED-70 用主変圧器の結線図とシーケンスである。実際には水銀整流器を使用したシングルウェイ方式であるからこの回路が 2 回路あるが、理解しやすいように半波分のみを示す。タップ切り換え、極性転換のみでは 13 ノッチしか得られないが、実際には水銀整流器の位相制御を併用して 34 ノッチ

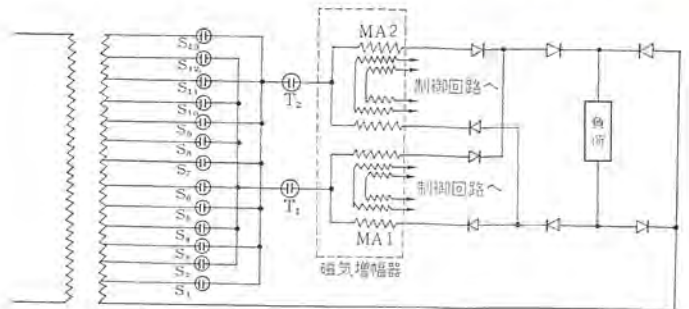


図 5.6 磁気増幅器を用いた低圧タップ切換方式 (ED-75 用)

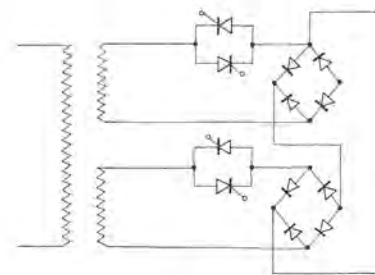


図 5.7 サイリスタを用いた無接点連続制御方式

を得ている。

これらの方式は容量が大きくなるとタップ切換器が困難となるので、2,000 kVA 以上のものには採用されていなかったが、最近大容量の磁気増幅器を開発し、タップ間電圧の連続制御を行ない、同時に無電弧でタップ切り換えを行なう方式が可能となり、ED-75 形、ED-76 形用 TM-11 形主変圧器に採用された。これは電気車の理想である連続制御を可能にするとともにタップ数、コンタクト数を少なくすることができ、さらにコンタクトの寿命が長くなるなどの幾多の利点を有している。図 5.5 は TM-11A 形主変圧器 (ED-75 形用) の外観 (磁気増幅器、低圧タップ切換器、制御装置が一体になっている) を示す。図 5.6 にその結線を示す。

また近年実用化の域に入った高電圧、大容量サイリスタを用いた位相制御のみによって電圧の連続制御を行なう方式が採用されるようになった。図 5.7 のようにコンタクトをまったく使用しない (無接点化)、小形、軽量であるなどの点から磁気増幅器式よりさらにすぐれた方式といえる。

6. 冷却方式

6.1 冷却系統

3 章で述べたとおり、車両用変圧器は小形、軽量とするために損失が容量の割に大きい。そのため冷却方式としては小形、軽量で冷却能力の大きい送油風冷式が採用される。図 6.1 は冷却系統図を示す。

一般に空気および冷却油の出入口温度差は次式で表わされる。

$$\Delta\theta = \frac{860 W}{60 Q C_p \gamma} \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

ただし W = 放熱量 (または発生熱量) (kW)

$\Delta\theta$ = 冷却媒体の出入口温度差 (°C)

Q = 冷却媒体流量 (m³/min)

C_p = 比熱 (kcal/kg°C)

空 気: 0.241 at 50°C

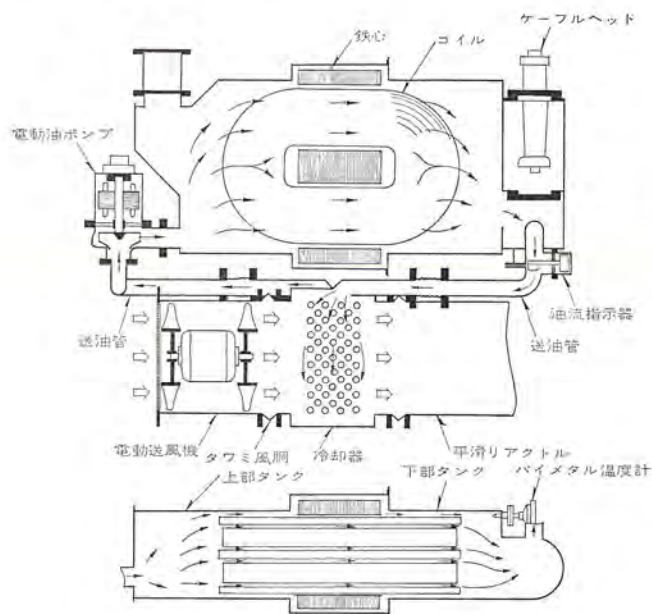


図 6.1 冷却系統図 (TM-10 形)

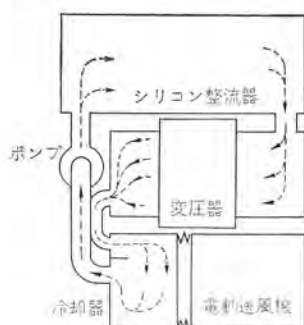


図 6.2 レクチフォームの冷却系統

鉄油:	0.525	at 80°C
不燃性油:	0.28	at 80°C
γ = 比重 (kg/m ³)		
空気:	1.058	at 50°C
鉄油:	880	at 80°C
不燃性油:	1,460	at 80°C

冷却器からの廃風は普通 25~35°C くらいの温度上昇になるように設計されるから、この廃風を利用してさらに高温のたとえば H 種あるいは F 種絶縁の乾式平滑リアクトルの冷却に使用する場合がある。(TM10)

最高油温度とコイルの平均温度との差は電流密度が大きく設計されているため一般の変圧器より高く普通 25~35°C くらいである。また通常循環油量は変圧器容量によっても異なるが 700~1,400 l/min くらいに採られ、油出入口温度差は 2~4°C くらいである。

油の許容温度上昇の規格値は 65°C であるが、実際にはコイルの許容温度上昇から押えられて、油の使用温度上昇値は 40~50°C くらいである。したがってこの冷却油を利用してさらにシリコン整流幅の冷却にも使用する方式、いわゆるレクチフォーム(直流変換装置)が考えられている(図 6.2)。レクチフォームではシリコン整流器箱の密閉が可能で雨雪害、ほこりの害などの心配がない。

6.2 油入式と乾式変圧器

不燃油は鉄油と比較して、

- (1) 化学的に安定しほとんど酸化しない。
- (2) 難燃性である。
- (3) 誘電率、耐電圧が高いなどの特長を有しているが、一方
- (4) 有機物に対する溶解度が強く使用材料に制限を受ける。
- (5) 人体に有害である。
- (6) 比重が大きい。
- (7) 高価であるなどの欠点を有している。

したがって一般には鉄油を使用するのがよいが、鉄油は引火点が 130°C の可燃性を有しているから、事故はきわめて少ないとはいえ万一事故が発生した場合火災になる危険性を有しており、火災を極度に恐れる電車用には不燃性油が用いられる。

不燃性、軽重量の点からみれば H 種乾式変圧器がすぐれているわけであるが、主変圧器のように大容量のものでは風冷式が採用され、コイルを直接外気で冷却しているため、電車用はもちろんのこと、機関車用であっても、鉄粉(ブレーキ粉)、ほこり、雨雪の侵入の恐れのある、また振動の大きい電気車用としては適しているとはいえない。しかし使用電圧が低く比較的容量の小さいものでは乾式とした方が有利な場合がある。

最近では SF₆ ガスを使用した変圧器の使用も研究されている。



図 7.1 ED-70 形用主変圧器
2,840 kVA 20 kV/1,000 V×2 60 c/s



図 7.2 TM-903 形主変圧器
2,300 kVA 20 kV/1,009 V×4 50 c/s

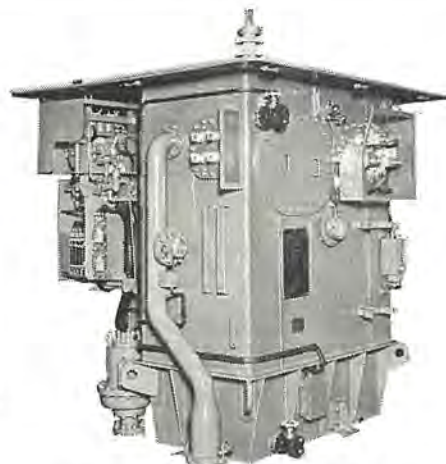


図 7.3 インド国鉄機関車用主変圧器
3,000 kVA 22.5 kV/960 V×2 50 c/s



図 7.4 インド 国鉄機関車用主変圧器
1,800 kVA 22.5 kV/1,300 V 50 c/s

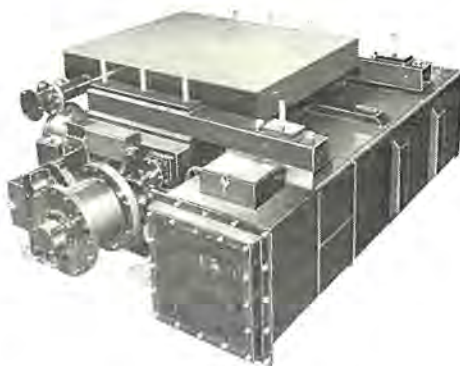


図 7.5 TM-3B 形主変圧器
970 kVA 20 kV/1,820 V 60 c/s



図 7.6 TM-200 形主変圧器
1,650 kVA 25 kV/2,261 V 60 c/s

7. 機関車用と電車用

7.1 機関車用

機関車用は前述のように、一般に鉱油入式が採用される。寸法は車内空間の有効利用と左右の重量バランスの点から、幅は車幅方向の制限まで、高さは床面から屋根までを有効に利用するようにして、高圧側ブッシングは屋根上に突き出すようにする。(図3.1(a))

図2.1, 5.2, 5.5 および図7.1～7.4は機関車用主変圧器の外観である。

7.2 電車用

電車用は一般に不燃性油が用いられ、床下車両限界を有効に利用するようにする。(図3.1(b))

電車用は床下つり下げ構造であるからとくに堅ろうを必要とする。図2.2, 7.5, 7.6は電車用主変圧器の外観である。

8. 構造

8.1 鉄心構造

鉄心材料には方向性ケイ素鋼帯を使用し、磁束密度を高く採って重量の軽減を行なっている。方向性ケイ素鋼帯は圧延方向の特性に非常にすぐれているが、それと直角方向の特性は悪いので磁束をできるだけ圧延圧向に通してやる必要がある。そのため接合部を45°に切断して重ね合わせる図8.1のような額縁形鉄心と呼ばれるものが採用されている。また鉄心締付ボルト用抜け穴は有害であるが、外鉄形鉄心構造では鉄心締付ボルトを必要としないから方向性ケイ素鋼帯のすぐれた特性を最大限に利用しうる。

鉄損失はよく知られているようにヒステリシス損とウズ電流損の二つの要素からなり、

$$W_t = K_1 f B_m^n + K_2 f^2 B_m^2 t^2$$

ただし、 W_t = 1 kg あたりの鉄損失

B_m = 最大磁束密度

f = 周波数

t = ケイ素鋼帯の厚さ

K_1, K_2 = 定数

で表わされるから、ケイ素鋼帯は厚さの薄いものを使用した方が鉄損失は少なくなるが、工作上の問題もあり、通常 0.35 mm のものが使用されている。

高圧タツタ切換方式の変圧器では図8.2のように、タツタ変圧器と主変圧器(図5.1参照)のヨークの一部を共用して、重量寸法を縮小している。

8.2 巻線構造

図8.3にコイル配置の一例を示す。外鉄形変圧器の特長の一つは交互配置の巻線構造を採用していることで、漏れ磁束は軸と直角方向に生じ、短絡機械力は径方向にほとんど作用しない。したがって方形板コイルで製作することができる。図8.4および図8.5はそれぞれ低圧コイルおよび高、低圧コイルを組み合わせたコイルグループである。この巻線構造はコイル枚数が少なく、H-Lグループの数を自由に選択しうるからすぐれたサージ特性を有し、インピーダンス特性、寸法、形状などの設計の自由度が大きい。またタツタの引き出しが容易で、車両用のように大電流の多くのタツタを必要とするものに適している。また冷却面積が大で、直線的であり、鉄心および絶縁物が余分の油流をさえぎり、冷却油はコイル

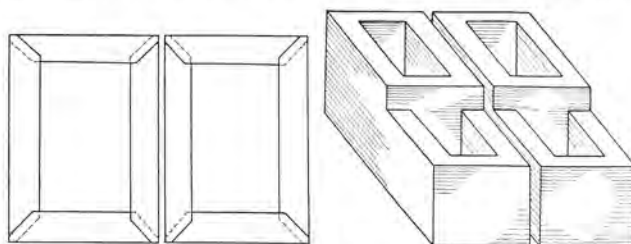


図 8.1 額縁形鉄心 図 8.2 高圧タツタ切換式鉄心構造

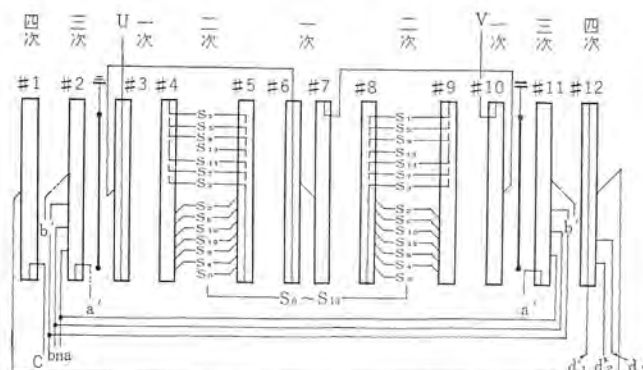


図 8.3 コイル配置 (TM-11A)



図 8.4 外鉄形の方角 コイル



図 8.5 組み立てを終わった
コイルグルー



図 8.6 鉄心積み完了後の上部
タンク のかぶせ作業

内に有効に流入し、コイルは均等に冷される。コイル絶縁紙にはハイエル紙(HI-L 耐熱絶縁紙)を使用し、軽量化を行なっている。

三次および四次巻線と高圧巻線の間には高圧コイルからの静電移行電圧を押えるために静電シヤヘイ板がそう入されている。

8.3 中身構造

外鉄形変圧器の水平断面は方形であってコイルは絶縁物によって完全に包まれたうに四周を鉄心によって囲まれているから中身とタンクの絶縁距離はまったく不要で、単に組み立上の余裕寸法があればよいわけで、この間ガキを極度に切りつめ、中身とタンクとを作り付けにする。これがフォームフィット構造である。

フォームフィット構造ではタンクが上下に二分割されており、鉄心は下部タンクフランジと上部タンクによって締め付けられる。下部タンク内にコイルを直立させ、コイルの周囲の端ウツを兼ねた下部タンクフランジ上に鉄心を積層する。鉄心積みが終わると、上部タンクを中身にすりおろすようにしてかぶせ(図8.6)、上部タンクフランジと下部タンクフランジを鉄心下端部で締め合わせ溶接する。鉄心とタンク間には鉄心の冷却と工作上の間ガキを作るために木のブレースを取り付けて調整する。コイルとタンク間には木のクサビを打ち込み、短絡機械力に十分耐えるように完全に締め付けている。

9. 主要な付属品

9.1 冷却器

従来の冷却器は銅、鉄を主材料とした冷却管を使用していたが

現在は性能のすぐれた総アルミ製のものを使用し重量、寸法を縮小している。図9.1はTM-200形用の冷却器である。図9.2は熱貫流率を従来の鉄製フィンチューブと比較したものである。

9.2 送風機

送風機は騒音の発生源となるので騒音に対してはとくに注意が払われている。前記の冷却器は熱貫流率を高くするために風速を大きくしさらに乱流を発生させる構造としているため空気抵抗が大きい。そのため送風機は図9.3のような2段羽根軸流ファンが採用される。送風機用モータはケーシング内に案内羽根を支持金にして取り付けであり、羽根はモータ軸に直結されている。

9.3 送油ポンプ

送油ポンプは図9.4のような油浸式直結ウズ巻ポンプが使用される。モータ内部はつねに変圧器油が入っており熱的、電氣的に安全で、ベアリング部分にはとくに潤滑油を必要としない。またOリングパッキン構造を採用し油漏れの恐れをなくしている。

9.4 送油ポンプ用および送風機用モータ

このモータは国鉄仕様書「三相誘導電動機一般」SE-265および「単相誘導電動機一般」SE-348に規定されている。標準定格電圧、使用条件、温度上昇限度などを表9.1~9.3に示す。

9.4 油流指示器

油流指示器は油配管途中に取り付けられ、運転中の油流の停止



図 9.1 冷却器
(TM-200)

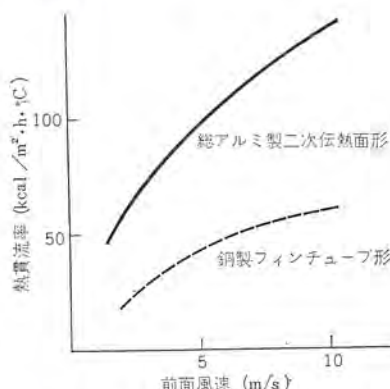


図 9.2 熱貫流率の比較



図 9.3 送風機



図 9.4 送油ポンプ



図 9.5 油 流 計

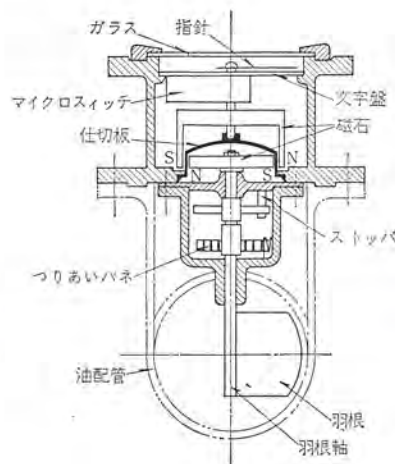


図 9.6 油流計の構造



図 9.7 温 度 計

を検知し警報を発するようにしたもので、図 9.5 に外観、図 9.6 に中身構造を示す。

9.5 温度計

図 9.7 に示すツル巻形パイメタル式ダイヤル温度計が使用され、警報接点にはコンタクト式が使用されているので動作が安定しており、耐振性がすぐれている。

表 9.1 誘導電動機の標準定格電圧

50 c/s	(100 V)	200 V	400 V
60 c/s	100 V	220 V	440 V

(注) 三相誘導電動機の場合は () 内は原則として使用しない。

表 9.2 誘導電動機の使用条件

	使用条件	変動範囲 (%)		電圧不平衡率 (%)	最低起動電圧	失速電圧
		電圧	周波数			
三 相	電動発電機を電源とする場合	+10, -10	—	—	—	—
	相数変換機	+10, -20	—	5	—	—
単 相	主変圧器を電源とする場合	+25, -20	—	—	80%以下	75%以下
	電動発電機	+5, -10	+5, -10	—	90%以下	75%以下

表 9.3 誘導電動機の温度上昇限度

測定箇所	測定法	A種	E種	B種	F種	H種
固定子巻線	抵抗法 (°C)	85	115	130	155	180
軸 受	温度計法 (°C)	40	(耐熱性良好なグリースを用いた) コロガリ軸受の場合は 55°C			

ただし基準周囲温度は 25°C

10. 規 格

車両用変圧器の歴史は新しく、昭和 38 年に国鉄仕様書 SE-319「車両用変圧器一般」が制定された。輸出用に適用される IEC 規格 (IEC-Pub. 77) は現在のものでは不十分な点が多く、IEC 委員会で現在審議中である。以下国鉄仕様書 SE-319 に基づいて説明する。

10.1 定格電圧

車両用変圧器の電圧変動率は一般の変圧器に比べてかなり大きいので、定格電圧を JEC-120 のように二次電圧基準で表わすことは不便な点が多く、SE-319 では一次電圧基準で表わす。すなわち各定格電圧は定格一次電圧にそれぞれの巻数比を乗じた値で表わされる。また定格一次電圧とは公称電車線電圧のことをいう。電車線電圧は前にも述べたとおり変動範囲が大きく表 10.1 のように定められている。

10.2 試験電圧値

試験電圧値は表 10.2 のように定められており、JEC-120 に比べ BIL が低いのでこれと区別する意味で絶縁階級はたとえば車両用 20 号のように称することになっている。

10.3 温度上昇限度

周囲温度を 25°C と定めているので、JEC-120 (周囲温度 40°C) で規定されている温度上昇限度よりさらに 15°C 高い温度上昇限度が規定されており、表 10.3 のとおりである。特殊な絶縁材料

表 10.1 一次電圧変動範囲

公称電車線電圧 (kV)	変動範囲 (kV)
20	16 ~ 22
25	22.5 ~ 30 (30 秒以内 20 kV)

表 10.2 絶縁階級と試験電圧値

絶縁階級 (車両用号)	1	3	6	10	20	30
商用周波試験電圧 (kV) 1 分間	4	10	15	25	50	70
衝撃試験電圧 (kV)	全波 (1×40μs)					
	サイ断波	—	—	—	120	175
	サイ断波	—	—	—	140	200

表 10.3 温度上昇限度

測定箇所	測定方法	油 入 式		乾 式		
		自冷式	送油式	B種	F種	H種
巻線	抵抗法 (°C)	70	75	105	130	175
油	温度計法 (°C)	65	65	—	—	—

を使用する場合は表 10.3 は適用されない。たとえば近年開発され広く使用されている耐熱絶縁紙を使用した場合は巻線の温度上昇限度は表 10.3 の値より 10°C 高くとることができる。すなわち自冷式の場合 80°C 送油式の場合 85°C となる。現在の車両用変圧器はほとんど耐熱絶縁紙（ハイエル紙）が使用され、この値が適用されている。

基準周囲温度は 25°C であるが、冬期定格の基準周囲温度を 10°C として温度上昇限度は表 10.3 に示す値よりさらに 15°C 高くした値である。冬期定格というのは車両用独特のものであり、車内暖房用電源として装備されている四次巻線（暖房巻線）は周囲温度の低い冬期にのみ使用されるので冬期はこの分だけ変圧器容量を増量して使用し得るようにしており、このときの容量を冬期定格と称している。

10.4 試験

試験は形式、受け取りおよび特殊調査試験の 3 種類に分類されている。形式および受け取り試験は形式試験に冷却特性試験が含まれている以外は一般の変圧器の試験と大差はない。一般の変圧器の試験と異なるのは特殊調査試験が行なわれることである。

特殊調査試験というのは変圧器が車両という特殊な負荷状態ならびに環境のもとにあって万一不測の事態が起こった場合にも機器を破損することなく適切な処置をとりうるようにするためのデータであって、設計性能の確認や製作上の不備を指摘するためのものではない。特殊調査試験の概要を列挙すると次のとおりである。

(1) 特殊温度上昇試験

A 過負荷運転を行ない、温度上昇限度に達するまでの温度上昇特性を求める。

B 定格負荷において、

- (a) 送風機を停止した場合
- (b) 油ポンプを停止した場合
- (c) 送風機、油ポンプを停止した場合

の温度上昇限度に達するまでの温度上昇特性を求める。

(c) (b) の状態で温度上昇限度を越えないでできるだけ大きい二次側負荷とそのときの温度上昇特性を測定する。

(1) (b) および (1) (c) の状態からの冷却特性を求める。

(2) 特殊冷却特性試験

(3) 補助回路巻線電圧変動率算定

(4) 移行電圧測定

(5) 励磁突入電流測定

(6) 騒音測定

(7) 短絡強度試験

当社では以上の試験のほかにも自衛的な試験として、図 10.1、

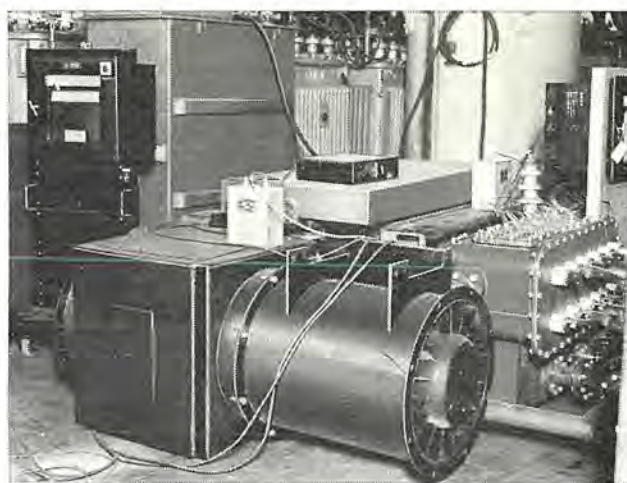


図 10.1 熱電対埋込み温度上昇試験

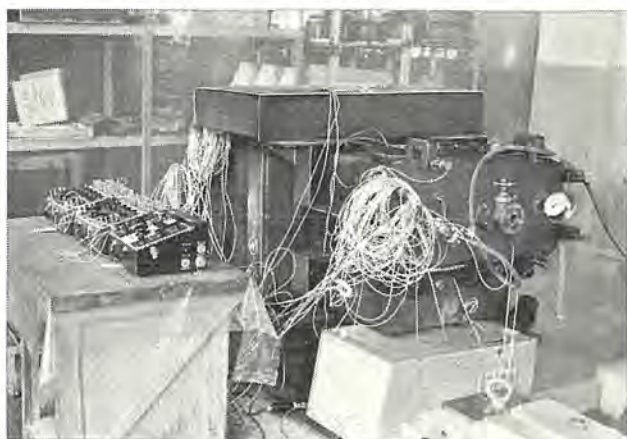


図 10.2 タンク強度試験

10.2 のように、小形、軽量でかつ安全性の高いものを製作するために、熱電対をコイル、鉄心などに埋め込み温度分布を調査したり、タンクの強度試験を行ったりあるいは各部品の単独試験を行ったりいろいろの試験が行なわれている。

11. む す び

昭和 30 年の最初の交流電化以来、今日に至るまで日本国有鉄道の絶やまざる指導のもとに、車両用変圧器もほかの機器とどうように確固たる基盤が築かれた。しかし交流電化の歴史は 10 年とはいえまだ浅い。われわれ技術陣はいかに良く・いかに安く・いかに速くということをつねに心がけ、さらに電気車は一種の総合プラントであり、一部の欠陥は電気車全体の欠陥ともなりうるから、総合的な知識のもとに設計・製作・試験を行なうとともに、過去の経験を生かし、さらに技術を高めて将来に臨む次第である。

MATHEMATICAL PROGRAMMING の動向 (その2)

福永圭之介*・国方敏行**

1. ま え が き

Mathematical Programming の動向 (その1) では主としてプロセスあるいはシステムの静的最適化に用いられる数学的手法についての解説が行なわれた。日本の工業プラントあるいは経営システムに用いられている LP などの OR 計算などはいずれも時間のパラメータを含まない、すなわち静的な最適化の段階でせいっぱいなのが現状である。それはこれら工業プラント、あるいは経営システムの特長やその構成要素がなんであるか、またそれらの構成要素がわかったとしてもそれらの間の因果関係など、システムの identification が十分でないためといえる。

しかしながら将来高性能の電子計算機などを利用することによって、人間、機械を含めた総合的なシステムの運営という問題を考えるようになれば、そこに手足となって働くと思われるのが、これから述べようとする動的な最適化の手法である。動的な最適化とはプロセスやシステムが時間とともにその状態を変えていくときに、そのプロセスなりシステムの目的や performance を最良にするようにするということである。

現在このような手法として (1) 変分法、(2) ダイナミック・プログラミング、(3) 最大原理 があるが、これらは主として自動制御の分野、とくに最適制御問題と呼ばれている問題に対する数学的解決の手法として用いられてきた。

最適制御問題とは数学的には、ある与えられた拘束条件 (微分方程式、境界条件など) を満たす関数 (これを変関数という) のうちであらかじめ与えられたハミルトン関数を最小または最大にする関数を求める問題であるといえることができる。これは (その1) の中で述べられている “ある拘束条件を満たす変数のうちで与えられた目的関数を最小または最大にする変数の値を求めよ” という問題の一般化である。

以下この最適制御問題を変分法、ダイナミック・プログラミング、最大原理の立場から論じてゆこう。

2. 変 分 法

数学の一分科をなし古くから多くの研究者たちによって研究されてきた変分法であるが、その基本的概念一関数の関数 (ハミルトン関数という) を最小または最大にする一が自動制御系の設計のために役にたつということが認識されはじめたのは最近のことである。それまではいわゆるフィードバックルーチンの中のパラメータの値を最適にするという程度で、もっぱら制御系の安定問題が中心であった。しかしながら計測技術の進歩、制御機器の開発、改良など現実の要求からパラメータの最適値設定という程度では満足できなくなり、ある与えられた評価基準に最も適合した制御系を設計するにはどうすればよいかという問題が生じてきた。これに対して従

来はいろいろと実際に制御系をモデル的に作って検討するという試行錯誤的な方法しかなかった。

ここに登場した変分法はハミルトン関数を最小にまたは最大にするというその考え方が評価基準をハミルトン関数にとり関数を制御系の入力にとるという形で適用されて、制御系の最適設計という問題がとりあつかえるようになった。しかし変分法にもいくつかの欠点があり、たとえば関数のとるべき値に制限がつくと、取り扱いが困難になるとか、問題の形が2点境界値問題となって解析的計算はもちろん数値計算もめんどろであるとかいったものであるが、最適制御問題への基本的アプローチの一つとしての variational method (または perturbation method) の典型を変分法においてみるのでこの節を設けた。

この講座ではまず変分法の数学的定式化、その解法、次に変分法を工学的問題に適用した場合の定式化、その解法、最後に実際的な例について計算を行なうという順序で進んでゆく。

2.1 変分法の数学的定式化

数学でよく取り扱われる変分法の問題には次の三つのタイプがある。

- (a) 両端固定
- (b) 自由端 (両端自由、または一方端自由)
- (c) 条件付 (制限式は普通積分形で与えられる)

(a), (b), (c) の三つの問題ともにオイラーの方程式に帰着されるが、(b) の場合にはさらにそれに自然境界条件、または横断性の条件がつき、(c) の場合にはラグランジュの未定乗数なるものを導入しなければならないが、(a) が一番基本的なのでここでは (a) のタイプの問題に沿って説明してゆくことにする。

(a) 両端固定問題

例 1. 回転体の表面積最小問題

図 2.1 を見ていただこう。図の $x-y$ 平面上で両端を固定された曲線 c を x 軸のまわりに回転したとき、そこに回転体 V が

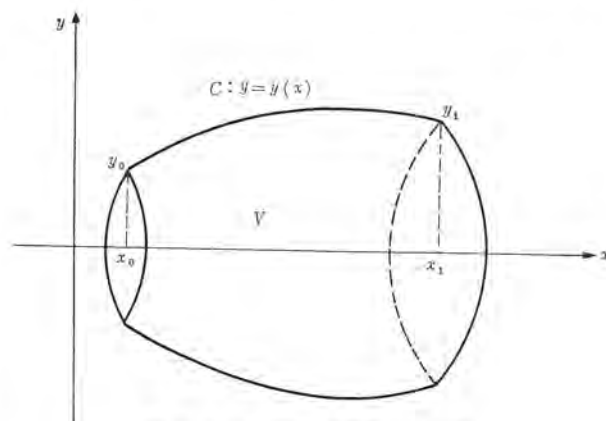


図 2.1 回転体の表面積最小問題

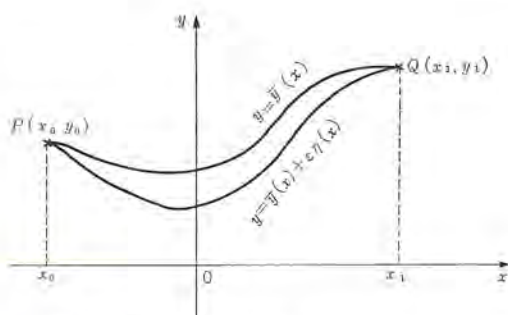


図 2.2 最適曲線および perturbation curve

できるがこの回転体の表面積を最小にするように曲線 C を決めようという問題を考えることにする。

この問題を数学的に定式化すると次のようになる。

図 2.2 において $x-y$ 平面上で 2 点 $P=(x_0, y_0)$, $Q=(x_1, y_1)$ が与えられているとする。このとき次の条件

$$y(x_0)=y_0, y(x_1)=y_1 \quad (2.1)$$

を満たす区分的になめらかな¹⁾ 曲線 $y=y(x)$ のうちで次のハム関数

$$S^2 = \int_{x_0}^{x_1} 2\pi y(x) \sqrt{1+[y'(x)]^2} dx \quad (2.2)$$

を最小にする関数 $y(x)$ を求めよ。ただし $y'(x) = \frac{dy(x)}{dx}$

さて例 1 で述べた問題をもう少し一般化して考えてみよう。関数 $y=y(x)$ は区間 $[x_0, x_1]$ で定義され、その区間上で区分的になめらかであるとする。このとき次の条件

$$y(x_0)=y_0, y(x_1)=y_1 \quad (2.3)$$

を満たし、次のハム関数

$$J = \int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx \quad (2.4)$$

を最小にする関数 $y(x)$ を求めよ。

このような問題を変分法で両端固定の問題という。

式 (2.3) の条件を満たし式 (2.4) の J を最小にする関数が実際に存在するかどうかはわからない。変分法ではそれに対して答えを与えてはくれない。ただかきにもしそのような関数が存在するとすれば、その関数が満たすべき条件を与えてくれるにすぎないのである。

さて式 (2.3) の条件を満たす区分的になめらかな関数のうちで式 (2.4) の J を最小にする関数が存在するとして、それを $y=\bar{y}(x)$ としよう。すなわち $\bar{y}(x)$ と異なるが式 (2.3) の条件は満たしている他の任意の区分的になめらかな関数 $y=y(x)$ に対して

$$\begin{aligned} \bar{J} &= \int_{x_0}^{x_1} F(x, \bar{y}(x), \bar{y}'(x)) dx \leq J \\ &= \int_{x_0}^{x_1} F(x, y(x), y'(x)) dx \quad (2.5) \end{aligned}$$

が成立する。今 $y=\bar{y}(x)$ の近傍関数 $y=\bar{y}(x)+\varepsilon\eta(x)$ を考える。 ε は十分に小さい任意の実数。 $\eta(x)$ は区間 $[x_0, x_1]$ でなめらかな任意の関数で $\eta(x_0)=\eta(x_1)=0$ を満足している。図 2.2 にそ

1) 区分的になめらかとは区間 $[x_0, x_1]$ の有限個の点を除いて関数とその導関数まで含めて連続なことをいう。

2) 式 (2.2) は曲線 $y=y(x)$ を x 軸のまわりに回転したときにできる回転体の表面積を表す式である。

れぞれの関数が図示してある。 $y=y(x)$ に対する $F(x, y(x)+\varepsilon\eta(x), y'(x)+\varepsilon\eta'(x))$ を $y(x), y'(x)$ 中心にして Taylor 展開すると

$$\begin{aligned} F(x, y(x), y'(x)) &= F(x, y(x)+\varepsilon\eta(x), y'(x)+\varepsilon\eta'(x)) \\ &= F(x, y(x), y'(x)) + \varepsilon \left\{ \frac{\partial F}{\partial y} \eta(x) + \frac{\partial F}{\partial y'} \eta'(x) \right\} + \varepsilon^2 \{ \dots \} + \dots \end{aligned}$$

となり、 ε の 2 次以上の項を無視して J を計算すると

$$\begin{aligned} J &= \int_{x_0}^{x_1} F(x, y(x), y'(x)) dx + \varepsilon \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \frac{\partial F}{\partial y} \eta(x) + \frac{\partial F}{\partial y'} \eta'(x) \right\} dx \\ &= J + \varepsilon \delta J \quad (2.6) \end{aligned}$$

$$\text{ここに } \delta J = \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \frac{\partial F}{\partial y} \eta(x) + \frac{\partial F}{\partial y'} \eta'(x) \right\} dx \quad (2.7)$$

で第 1 変分と呼ばれる。

式 (2.5) を考慮に入れれば

$$\varepsilon \delta J \geq 0 \quad (2.8)$$

ここで ε は任意の数で δJ は定まった値をもっているから式 (2.8) がなりたつためには

$$\delta J = \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \frac{\partial F}{\partial y} \eta(x) + \frac{\partial F}{\partial y'} \eta'(x) \right\} dx = 0 \quad (2.9)$$

がなりたたねばならない。

式 (2.9) の左辺第 2 項に部分積分をほどこして式を整理すると

$$\begin{aligned} \delta J &= \int_{x_0}^{x_1} \frac{\partial F}{\partial y} \eta(x) dx + \frac{\partial F}{\partial y'} \eta(x) \Big|_{x=x_0}^{x=x_1} - \int_{x_0}^{x_1} \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial F}{\partial y'} \right) \eta(x) dx \\ &= \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial F}{\partial y'} \right) \right\} \eta(x) dx + \frac{\partial F}{\partial y'} \eta(x) \Big|_{x=x_0}^{x=x_1} \\ &= 0 \quad (2.10) \end{aligned}$$

式 (2.10) の左辺第 2 項は $\eta(x_0)=\eta(x_1)=0$ であるから、けっきょく

$$\int_{x_0}^{x_1} \left\{ \frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial F}{\partial y'} \right) \right\} \eta(x) dx = 0 \quad (2.11)$$

が成り立つ。式 (2.11) において $\eta(x)$ は任意の関数であるから

$$\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial F}{\partial y'} \right) = 0 \quad (2.12)$$

がなりたたねばならない。(Du Bois Raymond の Lemma)

式 (2.12) はオイラーの方程式と呼ばれ、関数 $y=\bar{y}(x)$ が満たすべき微分方程式である。このオイラーの方程式は一般に 2 階の非線形常微分方程式であるが、これを式 (2.3) の境界条件の下に解けばわれわれの求めたい関数 $y=\bar{y}(x)$ が得られるわけである。

式 (2.12) の 2 階常微分方程式を式 (2.3) の境界条件の下で解く問題を一般に 2 点境界値問題という。またオイラーの方程式の解が必ずハム関数 J を最小にするというわけではなく停留値を与えるにすぎない。しかしここではそれらのくわしい議論はやめて例 1 について具体的にオイラーの方程式を求めてみよう。

まず例 1 の $F(x, y, y')$ は

$$F(x, y, y') = 2\pi y \sqrt{1+y'^2}$$

であるから、

$$\frac{\partial F}{\partial y} = 2\pi \sqrt{1+y'^2}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} = \frac{2\pi y y'}{\sqrt{1+y'^2}}$$

を式 (2.12) に代入して、計算すると

$$1+y'^2-yy''=0 \quad (2.13)$$

となり、これを解くと

$$y=c_1 \cosh \frac{x-c_2}{c_1} \quad (2.14)$$

が得られる。ここに $\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$ で定義される双曲線関数である。式 (2.14) において c_1, c_2 は積分定義で境界条件式 (2.3) から定められる。

さて式 (2.14) で与えられる双曲線関数は必ずしも式 (2.2) に最小な値を与える関数ではなくただ停留値を与えるにすぎないということが変分法において一つの欠点となっている。

なお b. c. のタイプの問題に対しては (a) と同じようにオイラーの方程式が得られるが、その他に問題の性格上 (b) では自然境界条件または横断性の条件がつき、(c) ではラグランジュの未定乗数が満たすべき方程式が余分にもう一つつけ加わる。

最後にハンの関数の被積分関数 F の中に含まれる未知関数が 2 個以上になった場合のとり扱いについて少し述べる。すなわち次のようなハン関数

$$J = \int_{x_0}^{x_1} F(x, y_1, y_2, \dots, y_n, y_1', y_2', \dots, y_n') dx \quad (2.15)$$

を関数 $y_i = y_i(x)$ ($i=1, 2, \dots, n$) について最小にせよという問題である。これも未知関数が一つの場合とまったく同じ推論で次の n 個の連立オイラー方程式

$$\frac{\partial F}{\partial y_i} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial F}{\partial y_i'} \right) = 0 \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2.16)$$

が得られる。これは n 個の関数について連立常微分方程式でこれにおのおのの関数の境界条件

$$y_i(x_0) = y_{i0}, y_i(x_1) = y_{i1}, i=1, 2, \dots, n \quad (2.17)$$

を付して解けばよい。

2.2 変分法の最適制御問題への適用

最適制御問題とはまえのところでも述べたように、制御系あるいはもっと一般的にシステムをそれらの目的とか機能を、いろいろの拘束条件を受ける中で最も効果的にはたさせるようにするには、どうすればよいかという問題である。その動特性が次の微分方程式

$$\frac{dx^i}{dt} = f^i(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2.18)$$

で表わされるものについて考察する。ここに $\mathbf{x}(t) = (x^1(t), x^2(t), \dots, x^n(t))$ は n 次元状態ベクトルと呼ばれ、システムの状態を表わし、 $\mathbf{u}(t) = (u^1(t), u^2(t), \dots, u^r(t))$ は r 次元制御ベクトルと呼ばれ、システムへの入力変数または操作変数を表わす。

システムの状態はその運動の開始時期すなわち $t=0$ においてはっきりと定まっていなければならないから、今それを

$$\mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0 \quad (2.19)$$

としよう。これをシステムの初期状態という。またシステムの運動が終了する時刻におけるシステムの状態を最終状態というが、これはあらかじめ規定されていなくてもよい。制御ベクトル $\mathbf{u}$ はそれが実現可能なものとして種々の制限を受けるが、ここでは r

次元ベクトル空間 E_r の有界な開いた領域 Ω に属するとする。すなわち

$$\mathbf{u} \in \Omega \quad (2.20)$$

システムの評価基準としては次のハン関数

$$J = \int_0^{t_1} f^0(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) dt \quad (2.21)$$

を最小にすることであるとする。式 (2.21) はたとえば制御面積 $\int_0^{t_1} |\dot{x}^d(t) - x(t)| dt$ 、エネルギー $\int_0^{t_1} u^2(t) dt$ 、などを最小にせよということである。

さて式 (2.18), (2.19) の制限条件の下で式 (2.21) の J を最小にする問題は変分法の問題でいえばタイプ (c) に相当し、これを解くためにはラグランジュの未定乗数を導入する必要がある。ラグランジュの未定乗数を λ で表わし、これを用いて定式化を行なうと次のハン関数

$$J_1 = \int_0^{t_1} \left[f^0(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) + \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \{ \dot{x}^i(t) - f^i(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \} \right] dt \quad (2.22)$$

を $\lambda(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{x}(t)$ に関して minimize することになる。

例によって式 (2.22) の J_1 を minimize する $\lambda(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{x}(t)$ が存在するとして、それらをそれぞれ $\lambda(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{x}(t)$ とする。 $\lambda(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{x}(t)$ の perturbation を考えて

$$\begin{aligned} \lambda_i(t) &= \bar{\lambda}_i(t) + \zeta_i \xi_i(t) \quad i=1, 2, \dots, n \\ u^j(t) &= \bar{u}^j(t) + \delta^j \mu^j(t) \quad j=1, 2, \dots, r \\ x^i(t) &= \bar{x}^i(t) + \varepsilon^i \eta^i(t) \quad i=1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.23)$$

とする。ただしここで $\eta^i(0) = 0$ ($i=1, 2, \dots, n$) で、 $\zeta_i, \delta^j, \varepsilon^i$ ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, r$) はそれぞれ十分に小さい数で、 $\xi_i(t), \mu^j(t), \eta^i(t)$ ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, r$) は任意の関数である。

式 (2.22) の被積分関数を $\bar{\lambda}_i, \bar{u}^j, \bar{x}^i, \dot{\bar{x}}^i \left(= \frac{d\bar{x}^i}{dt} \right)$ を中心に Taylor 展開すると

$$\begin{aligned} & f^0(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) + \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \{ \dot{x}^i(t) - f^i(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \} \\ &= f^0(\bar{\mathbf{x}}(t), \bar{\mathbf{u}}(t)) + \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i(t) \{ \dot{\bar{x}}^i(t) - f^i(\bar{\mathbf{x}}(t), \bar{\mathbf{u}}(t)) \} \\ &+ \sum_{m=1}^n \{ \dot{\bar{x}}^m(t) - f^m(\bar{\mathbf{x}}(t), \bar{\mathbf{u}}(t)) \} \zeta_m \xi_m(t) \\ &+ \sum_{k=1}^r \left\{ \frac{\partial f^0}{\partial u^k} - \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i(t) \frac{\partial f^i}{\partial u^k} \right\} \delta^k \mu^k(t) \\ &+ \sum_{m=1}^n \bar{\lambda}_m(t) \varepsilon_m \dot{\eta}^m(t) + \left\{ \frac{\partial f^0}{\partial x^m} - \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i(t) \frac{\partial f^i}{\partial x^m} \right\} \varepsilon^m \eta^m(t) \\ &+ O[\zeta_m^2, \delta^k, \varepsilon^m] \quad (2.24) \end{aligned}$$

式 (2.24) で $\zeta_m, \delta^k, \varepsilon^m$ の 2 次以上の項を無視して

$$\begin{aligned} J_1 - \bar{J}_1 &= \int_0^{t_1} \left[\sum_{m=1}^n \{ \dot{\bar{x}}^m - f^m(\bar{\mathbf{x}}, \bar{\mathbf{u}}) \} \zeta_m \xi_m(t) \right. \\ &+ \sum_{k=1}^r \left\{ \frac{\partial f^0}{\partial u^k} - \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i \frac{\partial f^i}{\partial u^k} \right\} \delta^k \mu^k(t) \\ &+ \sum_{m=1}^n \left\{ -\dot{\bar{\lambda}}_m + \frac{\partial f^0}{\partial x^m} - \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i \frac{\partial f^i}{\partial x^m} \right\} \varepsilon^m \eta^m(t) \Big] dt \\ &+ \sum_{m=1}^n \bar{\lambda}_m(t) \varepsilon^m \eta^m(t) \Big|_{t=0}^{t=t_1} \quad (2.25) \end{aligned}$$

となる。各関数の変分 $\xi_m(t), \mu^k(t), \eta_m(t)$ ($m=1, 2, \dots, n; k=$

1, 2, ..., r) が独立であると考えて, J_1 が最小値 $\bar{J}_1$ をとるためには

$$\left. \frac{\partial J_1}{\partial \xi_m} \right|_{\substack{\xi_m=0 \\ \delta \xi=0 \\ \varepsilon^m=0}} = 0, \quad \left. \frac{\partial J_1}{\partial \delta^k} \right|_{\substack{\xi_m=0 \\ \delta \xi=0 \\ \varepsilon^m=0}} = 0, \quad \left. \frac{\partial J_1}{\partial \varepsilon^m} \right|_{\substack{\xi_m=0 \\ \delta \xi=0 \\ \varepsilon^m=0}} = 0 \quad (2.26)$$

$$m=1, 2, \dots, n, \quad k=1, 2, \dots, r$$

がなりたたねばならない。式 (2.26) の条件を式 (2.25) に適用して

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{t_1} \{\dot{x}_m - f^m(\bar{x}, \bar{u})\} \xi_m(t) dt &= 0 \\ m=1, 2, \dots, n \\ \int_0^{t_1} \left\{ \frac{\partial f^0}{\partial \bar{u}^k} - \sum_{l=1}^n \bar{\lambda}_l \frac{\partial f^l}{\partial \bar{u}^k} \right\} \mu^k(t) dt &= 0 \\ k=1, 2, \dots, r \\ \int_0^{t_1} \left\{ -\dot{\lambda}_m + \frac{\partial f^0}{\partial x^m} - \sum_{l=1}^n \bar{\lambda}_l \frac{\partial f^l}{\partial x^m} \right\} \eta^m(t) dt &= 0 \\ m=1, 2, \dots, n \\ \sum_{m=1}^n \bar{\lambda}_m(t) \eta^m(t) \Big|_{t=0}^{t=t_1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

がそれぞれ成立する。 $\xi_m(t)$, $\mu^k(t)$, $\eta^m(t)$ はそれぞれ任意の関数であるから式 (2.27) から

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}^m - f^m(\bar{x}, \bar{u}) &= 0 \quad m=1, 2, \dots, n \\ \frac{\partial f^0}{\partial \bar{u}^k} - \sum_{l=1}^n \bar{\lambda}_l \frac{\partial f^l}{\partial \bar{u}^k} &= 0 \quad k=1, 2, \dots, r \\ -\dot{\lambda}_m + \frac{\partial f^0}{\partial x^m} - \sum_{l=1}^n \bar{\lambda}_l \frac{\partial f^l}{\partial x^m} &= 0 \\ m=1, 2, \dots, n \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

$$\sum_{m=1}^n \bar{\lambda}_m(t) \eta^m(t) \Big|_{t=0}^{t=t_1} = 0 \quad (2.29)$$

が導かれる。式 (2.28) は三つの方程式を総称して オイラー・ラグランジュ の方程式といい、式 (2.28) は自然境界条件と呼ばれる。自然境界条件とは システム の最終状態 $\mathbf{x}(t_1)$ が規定されている場合には $\eta^m(0) = \eta^m(t_1) = 0$ となって式 (2.29) は自然に成立し、 $\mathbf{x}(t_1)$ が規定されていない場合には $\eta^m(0) = 0$ のみであるから、式 (2.29) がなりたつためには

$$\lambda_m(t_1) = 0 \quad m=1, 2, \dots, n \quad (2.30)$$

が問題の要請上自然に成立せねばならないからである。

2.3 数値計算例

2.3 節で述べた手法を具体的な問題に適用してみよう。たとえば慣性系のエネルギー最小問題を例にとると、これは図 2.3 にみるごとく x 軸上のある点を出発した電車が x 軸上の原点へ達するに電力消費をなるべく少なくしようという問題と考えられる。

電車の運動方程式は

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = u \quad (2.31)$$

初速度はゼロ
 $\dot{x}^2(0) = 0$

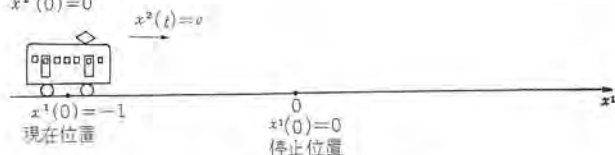


図 2.3 電車の電力最小消費の問題

ただし電車の重量は 1 に規格化しておき、摩擦その他のものはすべて無視する。電車を動かすのに消費される電力は電車のけん引力 u の 2 乗に比例するものとして、次のハム関数

$$J = \int_0^{t_1} k u^2 dt \quad (2.32)$$

を最小にするものと考えればよい。ここに k は比例定数である。さて式 (2.31) の方程式を

$$\frac{dx^1}{dt} = x^2, \quad \frac{dx^2}{dt} = u \quad (2.33)$$

の形に書きかえて、その初期状態、および最終状態を次のようにとる。

$$\mathbf{x}(0) = (-1, 0), \quad \mathbf{x}(t_1) = (0, 0) \quad (2.34)$$

また時間 t_1 は

$$t_1 = 3 \quad (2.35)$$

としておく。

まずラグランジュの未定乗数 λ を用いて式 (2.32) に対するハム関数を作ると

$$J_1 = \int_0^{t_1} [k u^2(t) + \lambda_1(t) \{x^1(t) - x^2(t)\} + \lambda_2(t) \{x^2(t) - u(t)\}] dt \quad (2.36)$$

となり、これを $\lambda(t)$, $u(t)$, $\mathbf{x}(t)$ に関して minimize すればよい。式 (2.36) に対して式 (2.28) と同じようにオイラー・ラグランジュの方程式を作ると

$$\left. \begin{aligned} x^1 &= x^2 \\ x^2 &= u \\ 2k u(t) - \lambda_2(t) &= 0 \\ -\dot{\lambda}_1 &= 0 \\ -\dot{\lambda}_2 - \lambda_1 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

をうる。式 (2.37)₄, (2.37)₅ の方程式の初期条件を $\lambda_1(0) = \lambda_1^0$, $\lambda_2(0) = \lambda_2^0$ とすれば、それらを解いて $\lambda_1(t) = \lambda_1^0$, $\lambda_2(t) = \lambda_2^0 - \lambda_1^0 t$ 、よって式 (2.37)₃ より最適制御は

$$u(t) = \frac{1}{2k} [\lambda_2^0 - \lambda_1^0 t] \quad (2.38)$$

これを式 (2.37)₂ に代入して、(2.37)₁, (2.37)₂ を解くと

$$\left. \begin{aligned} x^1(t) &= -1 + (\lambda_2^0/4k)t^2 - (\lambda_1^0/12k)t^3 \\ x^2(t) &= (\lambda_2^0/2k)t - (\lambda_1^0/4k)t^2 \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

$x^1(3) = x^2(3) = 0$ を用いて λ_1^0 , λ_2^0 の値を定めると、 $\lambda_1^0 = 8k/9$, $\lambda_2^0 = 4k/3$ となり、最適制御およびシステムの最適応答は

$$\begin{aligned} u(t) &= \frac{2}{3} - \frac{4}{9}t \\ x^1(t) &= -1 + \frac{1}{3}t^2 - \frac{2}{27}t^3 \\ x^2(t) &= \frac{2}{3}t - \frac{2}{9}t^2 \end{aligned}$$

となる。これらを図示したものが図 2.4, 2.5 である。

2.4 その他の問題

変分法の概略とそれを最適制御問題に適用した場合を述べたがここで変分法の欠点と考えることを少し述べてみる。すでに 2.2 節でみたように最適な解の存在を仮定してその変分をとるといいういわゆる variational method と呼ばれる手法に共通した欠点の一つはそれが最適解のための必要条件しか与えないということである。変分法においてもこれはたとえばオイラー方程式の解がハ

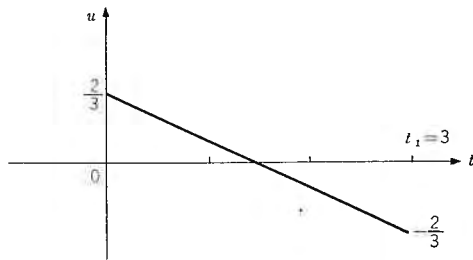


図 2.4 エネルギー最小問題の最適制御

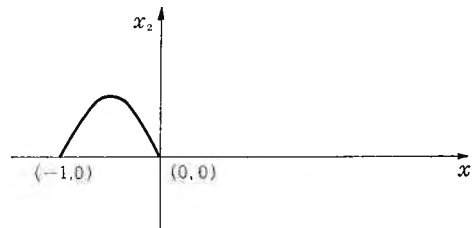


図 2.5 位相面における最適軌跡

関数 J に停留値のみしか与えないということで、本当に J が最小になっているかどうかということは 2.2 節の例 1 の場合についても式 (2.14) で与えられる $y(x)$ が J の関数式 (2.2) を最小にしているとはいえないのである。 $a = |x_1 - x_0|$, $b = |y_1 - y_0|$ とおくと、 a と b の関係により式 (2.14) が最小解になることもありうる。

次に変分法においては関数のとるべき値の範囲（値域という）に制限がついてはいけないということである。たとえば関数の値域として 2.2 節の例 1 の場合、 $a \leq y(x) \leq b$ というような制限条件がつくと関数の変分が一方向きにしかとれなくなり、オイラーの方程式が導けなくなることである。工学上の問題では関数の値域が $a \leq y(x) \leq b$ という形のいわゆる閉集合になることが実際的な要請上しばしばであり、このような問題に対してはもはや変分法の手法は適用できない。このような変分法の欠点を補う意味で次章以下に述べるダイナミック・プログラミング、あるいは最大原理などがある。

3. ダイナミック・プログラミング

システムに関する最適制御問題の定義およびその取り扱いとは前節の変分法のところで述べたが、もっと広く社会現象にも目を移してみると、これらの現象は時々刻々に変化している。このような状況の中であってわれわれはおのその目的とするところに応じて自分の最善をつくそうと努力する。自分の最善をつくすとはいろいろな意味に解釈できようが、ここでは次のように考えてみる。時間とともに変化してゆく環境の中であってある与えられた評価基準に最もうまく適合するように、時々刻々決定を下してゆくことである。このように考えればこれは多段階の決定過程 (Multidecision process) とみることができる。すなわち各時点において自分の下だしうる決定がいくつかあって、その時点で下した決定が次の時点での環境あるいは現象に影響を及ぼし、次の時点ではまたそれらを考慮して決定を下すという過程をいくつかへて全体として所期の目的に最もかなうような決定の系列を作らねばならないという問題である。

このような多段階決定過程問題に数学的アプローチを試みて成功を収め、その理論をダイナミック・プログラミング (Dynamic Programming) と名付けたのが R. Bellman である。ダイナミック・プログラミングの基本原理は非常に簡単であるが、要はそれを用いて与えられた問題をどのように定式化するかということが一にかかってそれを用いる人の上にかかっている。

この章ではダイナミック・プログラミング (以下 D. P. と略す) の基本原理である最適性の原理を一次元の配分過程の問題に例をとって説明し、かつそれから導かれる関数方程式にも触れる。次に D. P. を最適制御問題に適用した場合の定式化を述べ簡単な例について数値計算を行なう。

3.1 多段階決定過程と D. P.

多段階決定過程の一番基本的なモデルとして一次元配分過程の問題をとりあげる。

今ここに x だけの資本があるとする。これを二つの量 y と $x-y$ に分配してそれらを何かに投資してそこから何らかの利益があがるものとする。それらの利益は投資した量 y および $x-y$ の関数となるはずであるから、 y だけ投資した場合は $g(y)$ の利益、 $x-y$ だけ投資した場合は $h(x-y)$ だけの利益がそれぞれあがるものとする。ここに g, h と関数形が異なるのは投資対象が異なるからである。資本 x に対する総利益 $R_1(x, y)$ は

$$R_1(x, y) = g(y) + h(x-y) \quad (3.1)$$

で表わされるであろう。ここに $0 \leq y \leq x$

さて利益 $g(y)$ をあげるためにいくらかのお金を使うわけであるが、利益 $g(y)$ をあげた段階で元の資金 y は ay に減っている。ただし a は $0 \leq a < 1$ なる実数である。どうしようのことが資金 $x-y$ についてもいえるから、利益 $h(x-y)$ をあげた段階で資金 $x-y$ は $b(x-y)$ に減っている。ただし b は $0 \leq b < 1$ なる実数である。従って利益 $R_1(x, y)$ をあげた段階では元の資本は

$$x_1 = ay + b(x-y) \quad (3.2)$$

となっている。こんどはこの x_1 だけの資本をもとにして第 1 段階と同じように投資すれば、その時あがる利益は $g(y_1) + h(x_1 - y_1)$ (ただし $0 \leq y_1 \leq x_1$) であって、第 1 段階と第 2 段階を通じての総利益 $R_2(x, y, y_1)$ は

$$R_2(x, y, y_1) = g(y) + h(x-y) + g(y_1) + h(x_1 - y_1) \quad (3.3)$$

と表わされる。ここに

$$\left. \begin{array}{l} 0 \leq y \leq x \\ 0 \leq y_1 \leq x_1 \end{array} \right\} \quad (3.4)$$

である。

さてここで最初の段階における総利益 $R_1(x, y)$ を最大にするように資金を分配したいと考えたとすると

$$\max_{0 \leq y \leq x} R_1(x, y) = \max_{0 \leq y \leq x} \{g(y) + h(x-y)\} \quad (3.5)$$

なるように y を選べばよいことはただちにわかる。式 (3.2-5) は y に無関係であるから

$$f_1(x) = \max_{0 \leq y \leq x} \{g(y) + h(x-y)\} \quad (3.6)$$

とおこう。どのように第 1, 第 2 段階を通じての総利益 $R_2(x, y, y_1)$ を最大にするように資金を分配したいと考えれば

$$\max_{\substack{0 \leq y \leq x \\ 0 \leq y_1 \leq x_1}} R_2(x, y, y_1) = \max_{\substack{0 \leq y \leq x \\ 0 \leq y_1 \leq x_1}} \{g(y) + h(x-y) + g(y_1) + h(x_1 - y_1)\} \quad (3.7)$$

ただし $x_1 = ay + b(x - y)$

と表わされるであろう。式 (3.7) は y, y_1 に無関係であるから

$$f_2(x) = \max_{\substack{0 \leq y \leq x \\ 0 \leq y_1 \leq x_1}} [g(y) + h(x - y) + g(y_1) + h(x_1 - y_1)] \quad (3.8)$$

とおくことができる。式 (3.6), (3.8) の $f_1(x), f_2(x)$ はそれぞれ第1段階, 第1および第2段階を通じての総利益の最大値がはじめの資本 x に関係することを表わしている。ところで式 (3.8) において x_1 は式 (3.7) にみるごとく y を定めれば確定する量であって, x_1 が定まればそれがどんな値であろうと y_1 を適当に選ぶことによって $\{g(y_1) + h(x_1 - y_1)\}$ を maximize することができる。したがって式 (3.8) は次のように書きかえることができる。

$$f_2(x) = \max_{0 \leq y \leq x} [\max_{0 \leq y_1 \leq x_1} \{g(y) + h(x - y) + g(y_1) + h(x_1 - y_1)\}] \quad (3.9)$$

式 (3.9) の右辺第1項, 第2項は y_1 に無関係であるからさらに次の形に変形が可能である。

$$f_2(x) = \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + \max_{0 \leq y_1 \leq x_1} \{g(y_1) + h(x_1 - y_1)\}] \quad (3.10)$$

式 (3.6) を考慮に入れれば

$$\begin{aligned} f_2(x) &= \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + f_1(x_1)] \\ &= \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + f_1(ay + b(x - y))] \end{aligned} \quad (3.11)$$

となる。第3段階における資本は

$$x_2 = ay_1 + b(x_1 - y_1) \quad (3.12)$$

でこれを y_2 と $x_2 - y_2$ に分配して各第2段階と同じように投資すれば, 第1, 第2および第3段階を通じての総利益 $R_3(x, y, y_1, y_2)$ は

$$R_3(x, y, y_1, y_2) = [g(y) + h(x - y) + g(y_1) + h(x_1 - y_1) + g(y_2) + h(x_2 - y_2)] \quad (3.13)$$

で, $R_3(x, y, y_1, y_2)$ を最大にするように資金 y, y_1, y_2 を配分したいと考えれば

$$f_3(x) = \max_{\substack{0 \leq y \leq x \\ 0 \leq y_1 \leq x_1 \\ 0 \leq y_2 \leq x_2}} [g(y) + h(x - y) + g(y_1) + h(x_1 - y_1) + g(y_2) + h(x_2 - y_2)] \quad (3.14)$$

となる。式 (3.11) を導いたときと同じように考えて

$$\begin{aligned} f_3(x) &= \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + \max_{\substack{0 \leq y_1 \leq x_1 \\ 0 \leq y_2 \leq x_2}} \{g(y_1) + h(x_1 - y_1) + g(y_2) + h(x_2 - y_2)\}] \\ &= \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + f_2(x_1)] \\ &= \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + f_2(ay + b(x - y))] \\ &\quad + b(x - y)] \end{aligned} \quad (3.15)$$

どのように N 段階を通じての総利益の最大値 $f_N(x)$ は

$$f_N(x) = \max_{0 \leq y \leq x} [g(y) + h(x - y) + f_{N-1}(ay + b(x - y))] \quad (3.16)$$

と表わされる。

式 (3.10) から式 (3.11) を導く時に最適性の原理を用いたのであるが, 一般的に式 (3.16) の形を D. P. の関数方程式と呼

ぶ。式 (3.16) は $f_N(x)$ に関する Recurrence Formula の形をしておりこれを N についてちくじ $f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)$ と求めてゆき, 最適な決定の系列 $y, y_1, y_2, \dots, y_{N-1}$ (これを最適政策とも呼ぶ) をうる。さて式 (3.16) は最適性の原理を式の形で表現したものであってこれを言葉で述べるならば次のようになる。

最適性の原理

最適政策とは, 初期の状態および決定が何であっても, 残った決定は初期の決定から生じた状態に関して最適な政策となっていなければならないという性質をもっている。

これを式 (3.16) に従って説明するならば $f_N(x)$ に対して初期の状態 x に関する N 段階の最適政策 $y, y_1, y_2, \dots, y_{N-1}$ が定まっており, $f_{N-1}(ay + b(x - y))$ に対して初期の状態を $ay + b(x - y)$ としたときの $N-1$ 段階の最適政策 $y_1, y_2, \dots, y_{N-1}$ が定まっていることを示す。すなわち最適政策 $y, y_1, \dots, y_{N-1}$ は初期の状態 x および初期の決定 y が何であっても, 初期の決定から生じた状態 $ay + b(x - y)$ に関して最適な政策 $y_1, y_2, \dots, y_{N-1}$ を構成しているわけである。式 (3.16) は離散的な関数方程式と呼ばれる。

3.2 最適制御問題における D. P.

制御系あるいはシステムの動特性が次の微分方程式

$$\frac{dx^i}{dt} = f^i(x, u) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3.17)$$

で表わされているとする。ここに $x = (x^1, x^2, \dots, x^n)$ は n 次元状態ベクトル, $u = (u^1, u^2, \dots, u^r)$ は r 次元制御ベクトルである。システムはその運動の開始時刻 $t=0$ においてその状態がはっきりと規定されていなければならない。それを

$$x(0) = x_0 \quad (3.18)$$

とする。時間 T だけ経過した後, 次のハム関数

$$J = \int_0^T f^0(x(t), u(t)) dt \quad (3.19)$$

を最小にするように制御ベクトル $u = u(t)$ を選びたいというのがわれわれの問題である。ただし時刻 $t=T$ におけるシステムの状態は規定されていなくてもよい。制御ベクトル u はシステムの物理的制限条件, 実現可能性などから次の制限を受ける。

$$u \in U \quad (3.20)$$

ここに U は r 次元ベクトル空間 E_r の有界な領域であるとする。式 (3.20) は具体的には飽和特性 $\alpha^i \leq u^i \leq \beta^i$ ($i=1, 2, \dots, r$) を示したり, エネルギー拘束 $\int_0^T \|u(t)\| dt \leq M$ (M は定数) を表わしたりする。

さて式 (3.19) の $u = u(t)$ に関する minimization を少し一般的な

$$I(t) = \int_t^T f^0(x(s), u(s)) ds \quad (3.21)$$

なるハム関数を minimize することを考える。ここに t は $0 \leq t \leq T$ なるパラメータである。 $t=0$ とおけば $I(0) = J$ となる。式 (3.21) において区間 $[t, T]$ 上での $u(s)$ に関する minimization は

$$\min_{u(s) \in U, [t, T]} \int_t^T f^0(x(s), u(s)) ds \quad (3.22)$$

で表わされる。ところで式 (3.22) は $t=t$ におけるシステムの状態 $x(t)$ と t のみによって定まる。なぜならば区間 $[t, T]$ 上で

$u(s)$ を与えこれを式 (3.3-1) の右辺に代入すると区間 $[t, T]$ 上で $x(s)$ は $x(t)$ と t を与えれば唯一に定まり、式 (3.22) で $x(s), u(s)$ は積分されてしまうからである。式 (3.22) を

$$f(x(t), t) = \min_{u(s) \in \Pi} \int_t^T f^0(x(s), u(s)) ds \quad (3.23)$$

とおこう。

さて区間 $[t, T]$ を二つの区間 $[t, t+\delta], [t+\delta, T]$ に分けて考える。ここに δ は小さい正数である。この二つの区間上で $u(s)$ に関する minimization を考える。 $[t+\delta, T]$ なる区間上では $x(t+\delta)$ がどんな値であってもその区間上で $u(s)$ を適当に選ぶことによって minimization が可能で、 $x(t+\delta)$ は区間 $[t, t+\delta]$ 上で $u(s)$ を定めれば唯一に定まる。したがって $[t, T]$ なる区間上での $u(s)$ に関する minimization を $[t, t+\delta]$ と $[t+\delta, T]$ の二つの区間上での minimization とに分けて考えることができるから、

$$\begin{aligned} f(x(t), t) &= \min_{u(s) \in \Pi} \left[\min_{u(s) \in \Pi} \int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds \right. \\ &= \min_{u(s) \in \Pi} \left[\min_{u(s) \in \Pi} \left\{ \int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \int_{t+\delta}^T f^0(x(s), u(s)) ds \right\} \right] \quad (3.24) \end{aligned}$$

となる。ところで式 (3.24) の右辺第1項は区間 $[t+\delta, T]$ 上での $u(s)$ の選び方に無関係であるから、

$$\begin{aligned} f(x(t), t) &= \min_{u(s) \in \Pi} \left[\int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds \right. \\ &\quad \left. + \min_{u(s) \in \Pi} \left\{ \int_{t+\delta}^T f^0(x(s), u(s)) ds \right\} \right] \\ &= \min_{u(s) \in \Pi} \left[\int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds \right. \\ &\quad \left. + f(x(t+\delta), t+\delta) \right] \quad (3.25) \end{aligned}$$

となる。式 (3.25) は区間 $[t, T]$ における最適政策 $u(s)$ に対応する左辺の $f(x(t), t)$ が、区間 $[t+\delta, T]$ における最適政策 $u(s)$ に対応する $f(x(t+\delta), t+\delta)$ と区間 $[t, t+\delta]$ における政策 $u(s)$ に対応するハム関数の値 $\int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds$ との和

$$\int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds + f(x(t+\delta), t+\delta)$$

が全体の区間 $[t, T]$ における政策 $u(s)$ に対応するハム関数の値であって、それを区間 $[t, t+\delta]$ 上でのいろいろの政策 $u(s)$ に関して、minimization したのに等しいことを表わしている。式 (3.25) は離散的な関数方程式である。

さて今 $f(x(t), t)$ が変数 x および t に関して一回連続的偏微分可能であるとすると、この仮定によって $f(x(t+\delta), t+\delta)$ は $x(t), t$ に関して Taylor 展開ができて

$$f(x(t+\delta), t+\delta) = f(x(t), t) + \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x^i} \dot{x}^i + \frac{\partial f}{\partial t} \right\} \delta + \{ \dots \} \delta^2 + \dots$$

となり、これを式 (3.25) の右辺に代入して

$$\begin{aligned} 0 &= \min_{u(s) \in \Pi} \left[\int_t^{t+\delta} f^0(x(s), u(s)) ds + \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x^i} \dot{x}^i + \frac{\partial f}{\partial t} \right\} \delta + \{ \dots \} \delta^2 + \dots \right] \\ &= \min_{u(s) \in \Pi} \left[f^0(x(t), u(t)) \delta + \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x^i} \dot{x}^i + \frac{\partial f}{\partial t} \right\} \delta + \{ \dots \} \delta^2 + \dots \right] \end{aligned}$$

上式の両辺を δ で割り、 $\delta \rightarrow 0$ とすると

$$\begin{aligned} -\frac{\partial f}{\partial t} &= \min_{u(t) \in \Pi} \left\{ f^0(x(t), u(t)) \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x^i} \dot{x}^i(x(t), u(t)) \right\} \quad (3.26) \end{aligned}$$

が得られる。式 (3.26) は連続型の関数方程式で、 $f(x(t), t)$ が満たすべき偏微分方程式を表わしている。式 (3.26) の境界条件としては式 (3.23) において被積分関数 $f^0(x(s), u(s))$ が $t=T$ で有界であれば

$$f(x(T), T) = 0 \quad (3.27)$$

が与えられる。

式 (3.26) を解析的に解くことが困難であったり、変数の数がふえたりして電子計算機を用いて式 (3.26) を解かねばならない場合にはむしろ次の式 (3.28) のほうがより便利である。それは区間 $[t, T]$ を幅 δ で N 等分して

$$\begin{aligned} t_0 &= 0, t_1 = \delta, t_2 = 2\delta, \dots, t_j = j\delta, \dots, t_{N-1} = (N-1)\delta, \\ t_N &= N\delta = T \end{aligned}$$

において、式 (3.3-9) で t が離散的な値 $t_j (j=0, 1, 2, \dots, N)$ のみをとるとすれば、式 (3.25) は

$$f(x(t), t) = \min_{u(t) \in \Pi} [f^0(x(t), u(t))\delta + f(x(t+\delta), t+\delta)]$$

ただし $t = t_j (j=0, 1, 2, \dots, N)$

となり、これを N 段決定過程とみるならば

$$\begin{aligned} f_{N-j}(x(t), t) &= \min_{u(t) \in \Pi} [f^0(x(t), u(t))\delta \\ &\quad + f_{N-(j+1)}(x(t+\delta), t+\delta)] \quad (3.28) \\ j &= 0, 1, 2, \dots, N-1 \end{aligned}$$

ここに $f_{N-j}(x(t), t)$ は第 $N-j$ 段階すなわち $t=t_{N-j}$ におけるハム関数の最小値であり、3.2 節の recurrence formula 式 (3.16) に相当するものである。

3.3 数値計算例

D.P. を用いて最適制御の問題を解いてみよう。システムは図 3.1 で表わされるフィードバック制御系で制御装置をどのように設計すればよいかという問題である。図 3.1 の制御対象の動特性は次の微分方程式

$$T \frac{dx}{dt} + x = u \quad (3.29)$$

で表わされている。システムの初期状態 $x(0)$ は

$$x(0) = 0 \quad (3.30)$$

で与えられている。システムの評価基準としては次のハム関数

$$J = \int_0^T [x^2(t) - x(t)]^2 + \lambda u^2(t) dt \quad (3.31)$$

を最小にすることとする。ここに λ は与えられた定数である。 $f(x(t), t)$ を次式

$$f(x(t), t) = \min_{u(t) \in \Pi} \left[\int_t^T [x^2(s) - x(s)]^2 + \lambda u^2(s) ds \right] \quad (3.32)$$

で定義し、 $f(x(t), t)$ に関する関数方程式を作ると

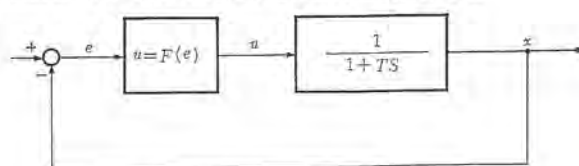


図 3.1 帰還制御系のブロック線図

$$-\frac{\partial f}{\partial t} = \min_{u(t)} \left[\{x^d(t) - x(t)\}^2 + \lambda u^2(t) \right. \\ \left. + \frac{\partial f}{\partial x} \left\{ -\frac{x(t)}{T} + \frac{u(t)}{T} \right\} \right] \dots\dots\dots (3.33)$$

式 (3.33) を u に関して minimize すれば、最適制御 $u(t)$ は

$$u(t) = -\frac{1}{2\lambda T} \frac{\partial f}{\partial x} \dots\dots\dots (3.34)$$

として得られる。これを式 (3.33) に代入して

$$-\frac{\partial f}{\partial t} = \{x^d(t) - x(t)\}^2 - \frac{1}{T} x(t) \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{1}{4\lambda T^2} \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 \dots\dots\dots (3.35)$$

が得られる。式 (3.35) を解くために

$$f(x(t), t) = k(t) + k_1(t)x + k_2(t)x^2 \dots\dots\dots (3.36)$$

とおいてみる。これは式 (3.32) が $u(t)$ に関して minimize すれば x の 2 次式となるからである。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial t} &= \dot{k}(t) + \dot{k}_1(t)x + \dot{k}_2(t)x^2 \\ \frac{\partial f}{\partial x} &= k_1(t) + 2k_2(t)x \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.37)$$

であるから、これを式 (3.35) に代入して

$$-\{\dot{k}(t) + \dot{k}_1(t)x + \dot{k}_2(t)x^2\} = \{x^d(t) - x(t)\}^2 - \frac{k_1^2(t)}{4\lambda T^2} \\ - \left\{ 2x^d(t) + \frac{k_1(t)}{T} + \frac{k_1(t)k_2(t)}{\lambda T^2} \right\} x + \left\{ 1 - \frac{2k_2(t)}{T} - \frac{k_2^2(t)}{\lambda T^2} \right\} x^2$$

上式の両辺の等幅の項の係数を等しいとおいて

$$\left. \begin{aligned} \dot{k}(t) &= -\{x^d(t)\}^2 + (1/4\lambda T^2)k_1^2(t) \\ \dot{k}_1(t) &= 2x^d(t) + (1/T)k_1(t) + (1/\lambda T^2)k_1(t)k_2(t) \\ \dot{k}_2(t) &= -1 + (2/T)k_2(t) + (1/\lambda T^2)k_2^2(t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.38)$$

境界条件として $f(x(T), T) = 0$ があるから、式 (3.36) を考慮して

$$k(T) = k_1(T) = k_2(T) = 0 \dots\dots\dots (3.39)$$

が得られる。

式 (3.39) の境界条件の下に式 (3.38) を解いて $k(t)$, $k_1(t)$, $k_2(t)$ を求めれば最適制御 $u(t)$ は、式 (3.34) から

$$u(t) = (-1/2\lambda T) \{k_1(t) + 2k_2(t)x(t)\}$$

これを式 (3.29) に代入してシステムの最適応答 $x(t)$ が得られる。なお式 (3.38) は解析的にも解けるが電子計算機で解いたほうが得策である。

3.4 D.P. の問題点

D.P. を用いて最適制御問題を解くときには、変分法や最大原理のように 2 点境界値問題として解かなくともよいので数値計算は割合楽である。しかし D.P. の解法、すなわち関数方程式を解いてゆくときにみられるように、 $f(x(t), t)$ の値を t の区間 $[0, T]$ でとるおのおの値に対して、および t のおのおの値に対して $x(t)$ のとる値に対して記憶しておかねばならないということである。したがって $[0, T]$ の分割数、ベクトル $x(t)$ の成分の数がふえれば記憶すべき量は膨大なものとなる。これではいくら現在の大容量の電子計算機をもってしても解決できない。この変数の数の増加に伴う計算の困難性 (the curse of dimensionality) を各問題について克服してゆくことが D.P. のこれからの一つの課題である。

D.P. を変分法や最大原理と比較した場合の特徴は変分法や最大原理が最適解のための必要条件のみしか与えないのに対して、

D.P. では必要十分な条件を与えることである。これは D.P. の関数方程式を解いてゆく時に明らかになることであるが、最適な解を逐次求めてゆくわけで、これは確かに変分法や最大原理よりも強力である。しかし D.P. においては最適解のため必要十分な条件を式の形で与えているのではなく、ある問題が与えられたときにその最適解が存在するかどうかという問いに対しては速答はできない。やはり関数方程式を作ってみてそれが解けなければ最適な解が存在しないといえるにすぎない。けっきょく D.P. は解法的には確かな答えを出してくれる手法であるとしかたないものである。

4. 最大原理

最大原理の数学的アイデアは、変分法のそれと同じく perturbation method といわれているもので、関数の極値を求める問題の一般化である。しかし最大原理は応用面において変分法よりもすぐれている。それはたとえば関数のとるべき値の領域が閉集合の場合、変分法ではもはや解けないが、最大原理ではその場合にも解を与えることである。これは工学上とくに重要なことで、実際の制御系やシステムには物理的な拘束がいろいろと存在し、それがために制御ベクトルに種々の拘束条件がつく。たとえば $u^i \leq u^i \leq \beta^i$ ($i=1, 2, \dots, r$) など。こんな場合でも最大原理は最適解を与える。

この章では最大原理の定式化、および最適制御問題への適用と数値計算例を示す。

4.1 最大原理の定式化

最適制御問題には大きくわけて次の四つがある。

- 両端固定で時間未定——Time-optimal
- 一端自由で時間固定——Maximum range
- 両端固定で時間未定——Minimum cost
- 一端自由で時間固定——Minimum cost

これら a. b. c. d. 四つのうち a. と c. は評価関数の形が異なるだけで、また b. と d. についてもどうようである。あとに述べるように人工座標の導入によって、a. と b. だけがその取り扱いが少し異なる。したがってまず a. の問題からとりかろう。

n 次の線形または非線形の制御対象の特性が次の連立常微分方程式

$$\frac{dx^i}{dt} = f^i(x, u) \quad i=1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (4.1)$$

で表わされているとする。ここに $x = (x^1, x^2, \dots, x^n)$ は制御対象の状態を表わす n 次元状態ベクトルで、 $u = (u^1, u^2, \dots, u^r)$ は制御対象に加えられる入力を表わす r 次元制御ベクトルである。一般に u は実現可能な入力としていろいろの制限を受けるが、ここでは r 次元ベクトル空間 E_r の有界な領域 Ω に属するとする。

$$u \in \Omega \dots\dots\dots (4.2)$$

制御対象にその初期状態および最終状態がそれぞれ次のように与えられているとする。

$$\begin{aligned} t=0 \text{ で } x(0) &= x_0 \\ t=T \text{ で } x(T) &= x_1 \end{aligned} \dots\dots\dots (4.3)$$

ただし式 (4.3) の T は未定で、 $x(t) = x_1$ となった時刻をもって T とするのである。制御対象の評価基準として次の Π 関数

$$J = \int_0^T f^0(x(t), u(t)) dt \dots\dots\dots (4.4)$$

を最小にすることが要求されているとする。

方程式 (4.1) において $u=u(t)$ を与えれば、それに対応して式 (4.3) を初期条件とする解 $x=x(t)$ が求まる。この $u(t)$ と $x(t)$ を式 (4.4) の右辺に代入すればハミルトニアン関数 J の値が定まる。ただし式 (4.1) において与える $u(t)$ は条件 (4.2) を満たし、 $u(t)$ に対応する $x(t)$ がある t に対して $x(t)=x_1$ となるような $u(t)$ を与えなければならない。条件 (4.2) を満たす制御ベクトルを許容制御ベクトル (admissible control vector) と呼ぶが、たとえば区分的に連続な関数などがそれに相当する。この許容制御ベクトルのうちで対応する式 (4.1) の解 $x=x(t)$ がある T に対して $x(T)=x_1$ となり、かつ式 (4.4) のハミルトニアン関数を最小にする制御ベクトルを最適制御といい、これを求めることが本節での目的である。

式 (4.4) においてとくに $f^0=1$ とおけば Time-optimal control の問題となり、 $f^0=||u||$ とおけば minimum cost の問題となる。

さて最大原理の定式化に先だて、次の人工座標 x^0 を導入しよう。それは式 (4.2-4) において

$$x^0(t) = \int_0^t f^0(x(s), u(s)) ds \dots\dots\dots (4.5)$$

とおけば、両辺を t で微分して

$$\frac{dx^0}{dt} = f^0(x, u) \dots\dots\dots (4.6)$$

が得られ、この x^0 を新しく一つの座標成分とする $n+1$ 次元ベクトル空間 X_{n+1} の中で次の微分方程式

$$\frac{dx^i}{dt} = f^i(x, u) \quad i=0, 1, \dots, n \dots\dots\dots (4.7)$$

で表わされる系を考える。 X_{n+1} 空間のベクトルは $x=(x^0, x^1, \dots, x^n)$ で表わされ、この x が $n+1$ 次元の状態ベクトルとなる。 X_{n+1} 空間の中での系の初期状態および最終状態は

$$\begin{aligned} t=0 \text{ で } x(0) &= (0, x_0) \dots\dots\dots (4.8) \\ t=T \text{ で } x(T) &= (J, x_1) \end{aligned}$$

と表わされる。したがって $n+1$ 次元空間 X_{n+1} においてその軌道が式 (4.7) および (4.8) で規定される運動について、その x^0 座標成分を最小にするように $u=u(t)$ を選ぶ問題に還元される。

次に補助変数ベクトルと呼ばれる $n+1$ 次元ベクトル $\psi=(\psi_0, \psi_1, \dots, \psi_n)$ を次式によって定義する。

$$\frac{d\psi_i}{dt} = - \sum_{\alpha=0}^n \frac{\partial f^\alpha(x, u)}{\partial x^i} \psi_\alpha \quad i=0, 1, \dots, n \dots\dots\dots (4.9)$$

式 (4.9) の右辺は $\psi_i (i=0, 1, \dots, n)$ に関する同次式で、かつ $f^\alpha(x, u) (\alpha=0, 1, \dots, n)$ は x^0 を含まないから、 $\psi_0=0$ でしたがって

$$\psi_0(t) = -1 \quad \forall t \in [0, T] \dots\dots\dots (4.10)$$

とおくことができる。

補助変数ベクトル ψ と式 (4.7) の右辺 $f=(f^0, f^1, \dots, f^n)$ との内積 H を

$$H = (\psi, f) = \sum_{i=0}^n \psi_i f^i \dots\dots\dots (4.11)$$

で定義し、これをハミルトニアンと呼ぶ。

式 (4.11) 右辺の f^i が x, u を含むから、ハミルトニアン H は ψ, x, u の関数である。このハミルトニアン H に関して次の定理が成り立つ。

定理 (最大原理)

もし許容制御ベクトル $u=u(t) (0 \leq t \leq T)$ が最適制御であれば次の二つの条件がなりたつ。

a. $u=u(t)$ に対して条件 (4.8) の下での式 (4.7) の解 $x=x(t)$ が存在し、これらに対して式 (4.9) の恒等的に 0 でない解 $\psi=\psi(t)$ が存在して

$$\sup_{u \in U} H(\psi(t), x(t), u) = M(\psi(t), x(t)) \dots\dots\dots (4.12)$$

とおくとき

$$H(\psi(t), x(t), u(t)) = M(\psi(t), x(t)) \dots\dots\dots (4.13)$$

が $0 \leq t \leq T$ なる任意の t に対してなりたつ。

b. $0 \leq t \leq T$ なる任意の t に対して

$$M(\psi(t), x(t)) = 0 \dots\dots\dots (4.14)$$

が成り立つ。

この定理は最適制御 $u=u(t)$ が満たすべき必要条件を与えている。注意すべきことは式 (4.12) において有界な領域 U での U の maximization が可能な限り、すなわち $\sup_{u \in U} H$ が存在する限りにおいて最適制御が計算で求まるということであって、領域 U はどんな形をしていてもかまわない。この点が変分法よりすぐれているところである。

さて次に b. のタイプの最適制御問題の定式化を行なう。システムの動特性は式 (4.1) で与えられる。初期状態および最終状態に関しては

$$t=0 \text{ で } x(0) = x_0 \dots\dots\dots (4.15)$$

が与えられているが、与えられた T に対して

$$t=T \text{ で } x(T) \text{ は自由} \dots\dots\dots (4.16)$$

が b. のタイプの問題の境界条件である。

評価基準としては一般的に次の関数

$$S = \sum_{i=1}^n C_i [x^i(T) - x_0^i] \dots\dots\dots (4.17)$$

を最大にせよという形で与えられる。a. のタイプの問題とどうように補助変数ベクトル $\psi=(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n)$ を

$$\frac{d\psi_i}{dt} = - \sum_{\alpha=1}^n \frac{\partial f^\alpha(x, u)}{\partial x^i} \psi_\alpha \quad (i=1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (4.18)$$

で定義する。この問題においては式 (4.18) の境界条件として

$$\psi_i(T) = -C_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (4.19)$$

が与えられる。ここに $C_i (i=1, 2, \dots, n)$ は式 (4.17) の右辺の係数と同じもので与えられた定数である。

この b. のタイプの問題に対しても a. のタイプのそれとどうよう最大原理がなりたつ。すなわちハミルトニアン H を

$$H = \sum_{i=1}^n \psi_i f^i(x, u) \dots\dots\dots (4.20)$$

で定義すれば、この H に対して条件 (4.13), (4.14) が成り立つ。

d. のタイプの問題として評価基準が次のハミルトニアン関数の形

$$J = \int_0^T f^0(x(t), u(t)) dt \Rightarrow \min \dots\dots\dots (4.21)$$

で与えられているときには、人工座標 x^{n+1} を

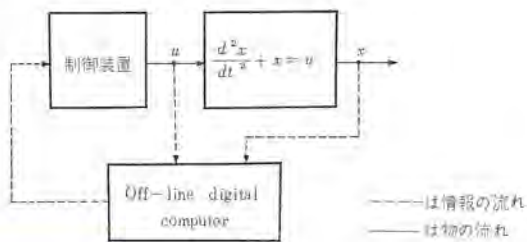


図 4.1 計算機制御系のフロー線図

$$\frac{dx^{n+1}}{dt} = f^0(x, u) \quad (4.22)$$

で定義して、これをシステムの方方程式 (4.1) に加え、

$$S = x^{n+1}(T)$$

を最小にする問題と考えることにより b. のタイプに帰着できる。

式 (4.13), (4.14) がなぜ最適制御の必要条件を与えるのかは紙数のつごう上はよくことにして、次に数値計算例を示そう。

4.2 数値計算例

この節では最適制御問題の四つのタイプのうち比較的良好に研究されている a. のタイプ、両端固定で時間未定の問題として time-optimal control の問題をとりあげる。

図 4.1 に示されるようなシステムについて考えることにする。システムの方程式は

$$\frac{dx^1}{dt} = x^2, \quad \frac{dx^2}{dt} = -x^1 + u \quad (4.23)$$

であるとし、その初期状態および最終状態はそれぞれ

$$\left. \begin{array}{l} t=0 \text{ で } x^1(0) = -1.0, \quad x^2(0) = -4.0 \\ t=T \text{ で } x^1(T) = 0, \quad x^2(T) = 0 \end{array} \right\} \quad (4.24)$$

で与えられている。式 (4.24)₂ の T は未定である。 u に関する制限条件は

$$|u(t)| \leq 1 \quad (4.25)$$

である。

システムの状態を $x(0) = (x^1(0), x^2(0))$ から $x(T) = (x^1(T), x^2(T))$ へ最短時間で移し、かつ式 (4.25) の条件を満足する $u = u(t)$ を求めよというのが問題であるが、これは regulator problem とも呼ばれている。

さて最大原理を適用するために、まず補助変数ベクトル ψ を

$$\frac{d\psi_1}{dt} = \psi_2, \quad \frac{d\psi_2}{dt} = -4, \quad \psi_0(t) = -1 \quad (4.26)$$

で定義し、ハミルトニアン H を作る

$$H = \sum_{i=0}^n \psi_i f^i = -1 + \psi_1 x^2 - \psi_2 x^1 + \psi_0 u \quad (4.27)$$

が得られる。 $|u(t)| \leq 1$ なる制限条件の下で式 (4.27) の H を maximize する u は

$$u(t) = \text{sign}[\psi_2(t)] \quad (4.28)$$

で与えられる。ただし $\text{sign}[x] = 1, x > 0, \text{sign}[x] = -1, x < 0, x = 0$ のときは $\text{sign}[x]$ は値が定まらず。

式 (4.28) は最適制御を時間関数の形で与えているが、右辺の $\psi_2(t)$ は式 (4.26) に初期条件を与えてやらねば求まらない。最大原理ではこの初期条件を規定する条件は与えられていない。したがって実際問題としては式 (4.26) の微分方程式の初期条件としての値を仮定し、それに対する式 (4.26) の解 $\psi_2(t)$ を用いて式 (4.28) から $u(t)$ を求めて、これを式 (4.23) に代入して式

(4.23)₁ を初期条件として解いた解 $x(t)$ がある T に対して $x(T) = 0$ となるかどうかを調べ、もし $x(T) = 0$ となる T が存在しなければ、式 (4.26) の初期条件としての値を仮定しなおしてもう一度上に述べた手続きをふむといういわゆる 2 点境界値問題となる。この難点に対する解決法はいろいろと研究されているが、われわれの方法を用いると最適解は次のように与えられる。

$$\text{最適制御: } u(t) = \text{sign}[-\sin t + 0.26 \cos t]$$

$$\text{最短時間: } T = 6.413$$

$$\text{最適軌道: } x(t) = \begin{pmatrix} \cos t \sin t \\ -\sin t \cos t \end{pmatrix} \begin{bmatrix} -1.0 \\ -4.0 \end{bmatrix} + \int_0^t \begin{pmatrix} -\sin s \\ \cos s \end{pmatrix} u(s) ds$$

図示すれば図 3.1 のようになる。

4.3 最大原理を用いた場合の難点

最大原理を用いて最適制御問題を解く場合に常に出会う難点はさきほども指摘したように補助変数ベクトルの初期条件が未知であるということ、この点がこの理論の応用面上での大きな欠点である。また現実の化学プロセスや自動制御系では必ずしもその特性がすべてわかって制御されているわけではなく、その特性をすべて完全に微分方程式の形に表現されるところにも問題がある。ところが最大原理ではプロセスなりシステム の特性が完全に微分方程式で表わされたものとしての最適制御を論じている。したがってもし現実のプロセスなりシステムが完全に微分方程式の中にその特性のすべてを表現されておらなければ、いくら最大原理で正確な最適制御を求めても、その最適制御が現実のものとしてはあまり意味がない。ここにも最大原理が応用上あまり適当でない一面があると思われる。最大原理のような高級な制御を行なうとすれば、それは process identification の機能をもった adaptive control system の中で考えられるべきであろう。

参考文献

2 章の変分法関係では

- (1) R. Courant, D. Hilbert: Methoden der Mathematischen Physik, I, II (J. Springer, Berlin, 1932, 1937) (日本語訳として東京図書「数理物理学の方法」4 巻がある)
- (2) 加藤敏夫: 変分法とその応用, 岩波講座「現代応用数学」
- (3) C. W. Merriam III: Optimization Theory and the Design of Feedback Control System, McGraw-Hill, (1964)
- (4) J. T. Ton: Modern Control Theory

3 章のダイナミック・プログラミング関係では

- (1) R. Bellman: Dynamic Programming, Princeton University Press, (1957)
- (2) R. Bellman, S. Dreyfus: Applied Dynamic Programming, Princeton University Press, 1962.
- (3) R. Bellman: Adaptive Control Processes, Princeton university Press, (1961)

4 章の最大原理関係では

- (1) L. S. Pontryagin et al: The Mathematical Theory of Optimal Processes, translated by L. W. Neustadt John Wiley & Sons Inc. (1962)
- (2) L. I. Rozanov: Pontryagin Maximum Principle in the Theory of Optimum Systems I, II, III Abtomatika et Telemecanika, 3, (1959)
- (3) 高橋: 最大原理による最適制御論, 計測の制御, 3, No. 1, (昭 34)

新製品紹介

単相水封式水中モートル WSS 形 シリーズ 完成

当社では従来から WSS 形三相密閉式水中モートル（汚水用、一般用）の立形、横形のシリーズを完成して全国に広く販売している。このほどこれと同一構造の一般家庭用電源でも手軽に使用できる単相密閉式水中モートルのシリーズ化を完成した。

用途は汚水処理用、噴水用、家庭用ポンプなどに適する。

■ 特 長

（１）完全密閉式を採用している。

内部に封入された水と外部の水との流通はまったくない。モートルの温度上昇による封水の膨張収縮は内部に設けられた膨張調整装置により完全に行なわれる。

（２）完全な耐水絶縁を採用している。

とくに改良を加えた絶縁電線とともに、当社独自の絶縁処理により耐水性は完全でしかも安定している。

（３）軸受の摩耗はほとんどない。

とくに厳選された材料と適切な構造の採用により非常に安定し

た性能を有している。

（４）完全な防錆処理

モートル主要部品はもちろん、締付ボルトなどの材料に致るまで耐食性の材料を使用し、その他の部分には特殊耐水塗料を焼き付けているので各部の防錆処理は完全であり長い寿命が保証できる。



単相水封式水中モートル

親子モートル 完成

親子モートルは親子２台のモートルと電磁クラッチ、ブレーキ、減速機を巧みに組み合わせて一体構造とし、変速比の大きい２速度を得るものであり、テーブルの普通送り、早送りの切換、またはコンベヤの定位置停止などの用途に適している。

■ 特 長

（１）出力軸が移動しない。

（２）電磁クラッチ・ブレーキにより変速、停止を行なうため迅速かつ正確である。

（３）遠隔操作、自動化ができる。

（４）変速比が大きくとれるので高精度、高能率にできる。

（５）減速機部分を内蔵しているので、機械にギヤボックスが不要になり機械がコンパクトになる。

■ 仕 様

項目	モートル		電磁クラッチ		電磁ブレーキ	
	出力	電圧	トルク	電圧	トルク	電圧
仕様	37/0.07 kW, 4/4 P	AC 200/220 V	200%	DC24V	150%	DC 24 V
親子間減速比：1/100						

電 圧 100 V

周 波 数 50/60 c/s

起動方式

コンデンサチン

口 出 線

5 m

許容使用温度

25℃ 以下

絶縁階級

Y 種相当

形 式	ワタ番号	出 力 (W)	極 数	概算重量 (kg)
WSS-SL	50 S	100	2	11.6
	"	"	4	12.2
	"	200	2	11.9
	60 S	"	4	17.0
	"	300	2	17.6
	"	"	4	17.8
	"	400	2	17.8
	70 S	"	4	22.6



親子モートル

WS 形 起 動 器 の 新 形 完 成

当社では、従来より巻線形誘導電動機の起動用として、WS-1、WS-2（いずれも開放形）および WS-11、WS-12（いずれも閉

鎖形) 起動器を多年にわたり製作してきたが、性能の向上と小形化をはり、今回新しく、WS-30、WS-45 形の2種の起動器を開発した。

■ 仕様

(1) 適用範囲

最大適用電動機容量が 30 kW のものは WS-30、45 kW のものは WS-45 である。なお、特殊な場合、55 kW 用まで製作可能である。

(2) 抵抗短絡用 スイッチ

起動から運転まで 7 ノッチ 操作

接点容量—最大電流 100 A (連続通電)、最大電圧 500 V AC

(3) モノノッチインターロック 付

■ 特長

(1) 使いやすい

立形ハンドル操作とし、操作感がよく、操作がしやすい。

(2) 性能の向上

抵抗短絡用 スイッチ は ドラム 接触子機構を採用し、接点の摩耗がきわめて少ない。また、防 じん 構造であるので接触子部分を保

護し、長期間の使用にも耐える。

(3) 取扱いが簡単

構造が簡単で、取はずしおよび組立が密易であり、保守、点検がしやすい。

(4) 据付面積が小さい



WS-30 形起動器

フ ロ ー ト レ ス ス イ ッ チ を 開 発

フロートレススイッチは、電極棒を液の中に入れてポンプの自動運転を行なう液面制御 リレー で、従来は主に ミニチュアリレー を用いたものが使用されていた。

ミニチュアリレー は、小形、鋭感度に製作されているため振動によりチャタリングを起こし易く、また液中に流れる電流で直接 ミニチュアリレー を駆動しているため、動作時に リレー に十分な電圧が印加されず、(感応電流に達した時に動作する) 原理的に振動に対して弱いものであった。

このような点を改良するため トランジスタダイオードを用いて、耐振動性に富み、長寿命で信頼性の高いフロートレススイッチを開発した。

■ 特長

(1) 耐振性

振動周波数 25 c/s、全振幅 1.2 mm、加速度 1.5 g の振動条件で 15 時間試験し、リレー のばたつきは、一度もない。

(2) 高信頼性、長寿命

全数 50°C、10 h の実負荷 エージング しており、トランジスタ回路の初期不良は皆無である。

(3) 動作が安定しており確実である。

トランジスタを2個用い、整形動作を行なっているため動作が安定し確実である。

(4) 電極回路を誤接続しても出力 リレー は、ばたつかないように回路が構成されている。

(5) 盤取付の場合、外箱は必要なく、また取付補助部品もない。すなわち

a. 可動部分である出力 リレー は防 じん 性をよくするためポリカーボネイト製カバー 内に取り付けてある。

b. 盤との耐電圧を考え プリント 配線板裏面は絶縁処理(特殊樹脂によるコーティング)され、スペーサ が接着されている。

(6) 制御電源が開放された場合、水そうの満水することがなく、不測の事故を最小にいくとめることができる。

a. 出力 リレー の常時閉接点で給水運転を行ない、常時閉接点で排水するよう構成されているので、制御回路の接続が

はずれたりした場合給水は停止し、排水は持続するので水そうが満水することがない。

■ 仕様

電源電圧 AC 100 V/200 V、50/60 c/s 共用

許容電圧変動 +10~-15%

出力 リレー で直接駆動しうる電動機

単相 100 V、200 W 以下

適用周囲温度 -10~+50°C

機 種 と 用 途

	形 名	仕 様	用 途
制 御 部	FS-G	標 準	一般給水、排水用
	FS-A	警報付	異常漏水または異常増水警報付給排水用
	FS-2A	増漏水警報付	異常漏水と異常増水警報付給排水用
	FS-I	液面表示用	増水と湯水の警報用
	FS-K	交互運転用	
	FS-GC	電磁閉鎖器内蔵	三相、7.5 kW まで直接駆動可能
電 極 保 持 器	SP-1	フランジ取付 1 本電極	汚水用
	SP-1S	高温高圧用 1 本電極	ボイラ等圧力タンク用
	SP-2	2 本電極	水中ポンプ等深井戸用
	SP-3	3 本電極	一般給排水用
	SP-4	4 本電極	警報付用
	SP-5	5 本電極	増漏水警報付用



FS-G 形フロートレススイッチ

OS 形 操 作 ス イ ッ チ お よ び P C 形 信 号 灯

OS 形操作スイッチと PC 形信号灯は、従来の 30φ シリーズである OU 形操作スイッチや PL 形信号灯をさらに改良小形化した AC 250 V 以下に使用する 25φ シリーズである。

このスイッチは電磁開閉器や電磁継電器などの、操作電磁コイル回路を制御する操作回路に使用するもので、とくに電磁継電器などのひんばんな操作に長い寿命と安定した動作を保証する。またオイルタイト構造のため油や冷却水の飛まつがかかる工作機械や産業機械にも好適である。PC 形信号灯は OS 形操作スイッチの系列に入り回路の状態を表示するもので操作盤の小形化に役立つ。

■ 特 長

(1) 締付リングをボタンやツマミと同一色にしヘッド部分を引き立たせた。

(2) 端子を上下方向にし、表示名板の形状とあいまって有効なスペースの活用により操作盤面が OU と比較して約半分になった。

(3) 性能は電氣的寿命 50 万回以上、機械的寿命 500 万回以上である。

(4) 切換スイッチ、選択押しボタンスイッチは当社独自の直接カム制御方式のため広範囲の制御回路に使用できる。



OS 形操作スイッチと PC 形信号灯

■ 定格および仕様

なお量産化による安価を目標に従来品と比較して種類を限定している。

定 格		
定格電圧(V)	定格電流(A)	連続通電容量(A)
125	5	6
250	3	
性 能 JIS C 4503 1 号 1 種		

カ ム	
番号	内 容
1	OU 形操作スイッチと同一
4	
6	
8	

種 類 と 仕 様			
ヘッ드의形状			
記号	内 容	ランプなし	ランプトランス付
B	キノコ形押しボタン	○	○
C	2 ノッチ切換	○	○
D	3 ノッチ切換	○	
E	選択押しボタン	○	
F	平形押しボタン	○	
G	凸形押しボタン	○	○
J	カギ付 2 ノッチ切換	○	
K	カギ付 3 ノッチ切換	○	

コンタクトブロック	
記号	内 容
1	1a1b
2	2a2b

信号灯は丸形、角形			
ヘッドの色			
記号	内 容	ランプなし	ランプ付
B	黒	○	○(青)
G	緑	○	○
R	赤	○	○
Y	黄	○	○
W	白		○
O	橙		○

トランス 1φ 1VA	
記号	一次/二次
T ₁	100 V/5 V
T ₂	200 V/5 V

電球 6.3 V 0.15 A	
ソケット	
F 10/14	

三 菱 テ レ ビ 16T-780 形 新 発 売

三菱テレビ 16T-780 形は、16 形受像管を使用した高感度・高性能テレビです。回路構成は図 1 のブロック線図に示すとおりである。外観は図 2 に示したようにコンソレットタイプの優美なデザインです。本機は現今の据置形テレビの内では小形の部類に属し大・小いずれの部屋でも便利に使用できる適度な大きさですから、1 台目はもちろん 2 台目、3 台目テレビとして最適です。

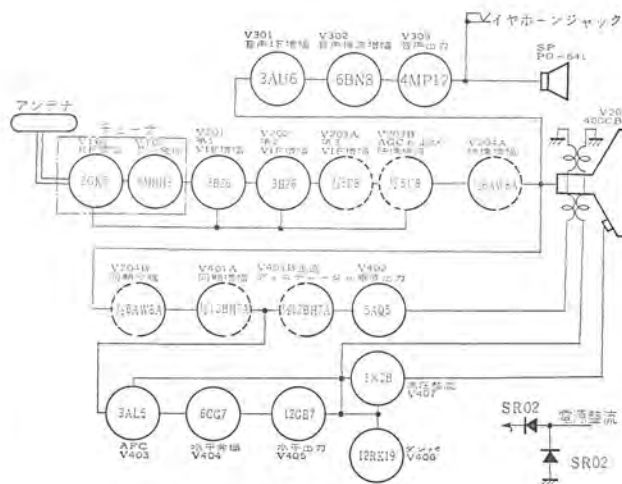


図 1 16T-780 形ブロック線図

■ 特 長

(1) 高性能 16 形広角受像管の採用

今回始めて開発した、効率の良い安定したケイ光膜を採用し、明るさを約 5% 向上させました。色調も従来は黄味調であったものを青味調のものにしましたので、鮮明な明るい映像を楽しんでいただけます。

(2) 木製キャビネットの優美なデザイン

高級仕上の木製キャビネットを使用したコンソレットタイプの優美なデザインは和・洋室いずれにも良く調和します。また適度な大きさ

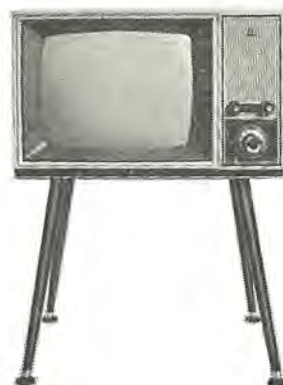


図 2 16T-780 形

ですから大・小いずれのお部屋でも便利良くご使用になれます。
木製 キャビネット ですから音質も最高です。

(3) 低雑音単3極管の採用

本機の高周波増幅には高 Gm の単3極管 2GK5 を採用し S/N を改善しておりますので雑音が軽減し、いっそう鮮明な映像が得られます。

(4) セルフクリーンチューナの採用

チューナにはチャンネル切換と同時に接点および接点をクリーニングするセルフクリーン装置(実用新案第563940号)を採用してチューナの接触不良を防止していますからいつでも美しく安定した映像が得られます。

(5) イヤホンでも聞けます

イヤホンが2個(1個付属)まで使用できますので静かにテレビを鑑賞していただけます。

■ 定 格

受信方式	インタキャリヤ方式(1~12チャンネル)
感 度	超遠距離用(15 dB アッテネエータ付)
アンテナ入力	300 Ω 平衡形

電 源	100 V (105, 110 V タップ付) 50/60 c/s
消費電力	125 W
映像中間周波数	26.75 Mc
音声中間周波数	22.25 Mc
音声出力	無ヒズミ 1.1 W 最大 1.4 W
AFC	平衡 ノコギリ 歯形方式
AGC	改良 セン 頭値整流方式
スピーカ	三菱 ダイアトーン PO-641 形 パーマネントダイナミック 15×10 cm タ 円形
ブラウン管	400 CB4 114° 偏向 メタルバック 静電集束 電磁偏向
真空管	16 球
シリコンダイオード	2 個(電源整流)
キャビネット	木製、卓上形、脚付、幅 545×高さ 340×奥行 310 mm (脚をつけた時の高さ 760 mm)
重 量	17 kg

特許ラインフローファン採用の 三菱ヘアードライヤー HD-600 形《ダンディライン》新発売

わが国におけるヘアードライヤーの需要はここ 1~2 年来、男性の髪型の傾向とおしゃれへの関心の高まりに基づき急速な伸長を示めしており、この需要層の変化に伴い最近の傾向としては、意匠外観が大きなウェイトを有するに至っており小形軽量化の方向に変革しつつあります。当社ではこのヘアードライヤーの動向にあわせてこのたび男性用理美容器具《ダンディシリーズ》第一弾として熱風が直線的に幅広く出るラインフローファンを採用した格調あるデザインの三菱ヘアードライヤー《ダンディライン》を新発売いたします。

■ 特 長

- (1) ラインフローファン(イギリス、ファースグリーブランド社との特殊契約)の採用により
 - a. ねじれやウズのない直線的な整髪に理想的な風が得られる。
 - b. ファン の構造上、風の抵抗が少ないので、豊かな風量が得られる。
 - c. 横形の広い吹出口により ボンパージュセット の分髪するときなど能率よく行なえる。
- (2) 直流 モータ と ラインフローファン の組み合わせにより、
 - a. 運転音がまったく気にならないほど静かである。
 - b. 電波障害は全然ない。
- (3) 小形で 330 グラム という軽量ですからゆっくり整髪しても疲れない。
- (4) 横形で使いやすく格調高いデザイン



図1 HD-600 形三菱 ヘアードライヤー 《ダンディライン》
現金正価 ¥ 3,350



図2
使用中のダンディライン

- (5) 便利な押しボタンスイッチ
- (6) 携帯、保管に便利なソフトケース および ハンガ 付き。
- (7) 過熱防止用温度 ヒューズ つきで安全

■ 仕 様

電 源	100 V 50/60 c/s
消費電力	280 W
電 動 機	形式 直流電動機 (24 V) 回転数 6,500 回/min
ファンの形式	ラインフローファン
風 量	0.5 m ³ /min
風 速	7.5 m/sec
風 温	室温+70°C (吹出口直前最高温度)
使用時間	連 続
ス イ ャ ー	押し ボタンスイッチ
製品重量	330 g
付 属 品	携帯用 ソフトケース
色 調	ダンディレッド、ダンディホワイト
型式認可	▽ 91-1293



ニュースフラッシュ

■ 東北大学納め線形電子加速器完成

当社が受注した東北大学納め 100 MeV 線形電子加速器のビーム性能、各種部品、同回路の研究用の小形線形電子加速器を納入した。本線形電子加速器はエネルギー 30 MeV 以上、ビーム電流 500 mA を発生でき、国内においては最高の線形電子加速器である。

この装置は次の特長をもっている。

- (1) 20 MW 以上の出力を出す大電力クライストロン 1 本を使用している。
- (2) 格子付電子銃を使用しており、したがってパルス幅の可変がきわめて容易かつ連続的にでき、また、カソード材料としては酸化物含浸形を使用しているので大電流が容易に得られる。
- (3) 陽電子の発生加速ができる。
- (4) 全系はメタルガasket 封じで、イオンポンプを使用しているので、高真空が容易に得られる。
- (5) 各種安定回路を使用しているので、ビームが安定である。
- (6) 各種安全装置を自動化しているため、突発的事故に対して自動的に保護される。

この装置のおもな仕様は次のとおりである。

形 式	ML-30
使用周波数	2,856 Mc
加 速 管	定減衰形、全長 約 3 m
ビームパルス	3 μ s まで、最高繰返 1,200 c/s
ビームエネルギー	30 MeV 以上
ビーム最大電流	500 mA (セブ 頭値)
ビームスペクトル 半値幅	2%



図 1 東北大学納め線形電子加速器試験装置

■ 三菱サイリスタによるパルス発生電源方式 三菱ダイアックス放電加工機 DM-220 形完成

三菱 ダイアックス 放電加工機は、今までに多数の納入実績があり

とくに、抜型、引抜型、押し出し型などの貫通形状の加工に多く使用されて各方面で好評をえている。

今回、開発された三菱 ダイアックス 放電加工機 DM-220 形は、とくに、底付形状の加工時に問題となる電極消耗の点を改善したもので、電極材料に銅および グラファイト を用いて加工した場合に電極消耗がほとんどなく、従来の放電加工における電極消耗の常識を一変し、加工速度も 5~7 g/min と向上したため、精度のよい底付型が加工され、おもに タン(鍛)造型、ダイキャスト 型、プラスチック モールド 型などの底付穴の加工および製品加工に偉力を発揮することができる。これは三菱 サイリスタを用いた特殊パルス発生回路(特許申請中)によって構成された電源装置によってえられるもので中仕上、精仕上域においても一定時間幅、一定休止時間の特殊な波形のパルスをスイッチ素子として三菱 サイリスタ を用いた特殊パルス発生回路によって発振するため、有害な定常 アーク 放電を生ずることなく、加工面を損傷することがない。また機械の電極送りには DM-201 と同様に油圧制御方式を採用しているため、剛性、精度

加工性能

最大加工速度(電極寸法 外径 70 ϕ ×内径 7 ϕ)

被加工体材料	電 極 材 料	最大加工速度 (g/min)
炭素鋼 (SK-5)	電 気 銅	5.5
"	グラファイト	5.5
"	アルミニウム	7

電極消耗と加工面あらさ

被加工体材料	電 極 材 料	加工面あらさ (μ H max)	電極消耗比 (%)	重量消耗比
炭素鋼 (SK-5)	電 気 銅	200~270	3~5	
"	"	130~170	1 以下	重量消耗比
"	"	90~120	ほとんど 0	
"	"	15~70	"	
"	"	8~12	"	
"	"	2~7	5 以下	長さ消耗比
炭素鋼 (SK-5)	グラファイト	90~270	ほとんど 0	
"	(放電加工用)	8~70	"	

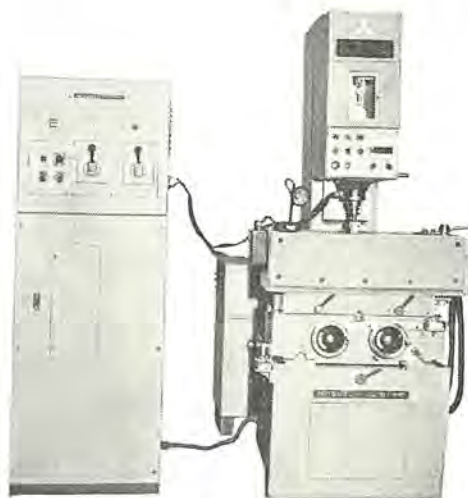


図 1 DM-220 形三菱 ダイアックス 放電加工機

が高く円滑に制御が行なわれ、重い電極、大きな電極を用いた加工においても安定した放電がえられるなどの特長があり、今後各方面からの需要が期待される。

■ 国鉄秋葉原駅向け高揚程形エスカレータ完成

このたび当社では、国鉄より高揚程形階高 13.2 m エスカレータ 2 基を受注し、秋葉原駅に納入した。去る 12 月 1 日には、無事営業運転を開始しこの日の朝、石田国鉄総裁は使用開始になったばかりのエスカレータに試乗された。

この秋葉原駅は、総武、山手、京浜東北線が交わり池袋、新宿駅について現在都内 3 番目のラッシュ駅である。

エスカレータは、地下鉄日比谷線の相互乗り入れでいっそう乗客がふえた東口より、総武線上下ホームに通ずるように取り付けられている。

この場所は戦前に一度取り付けられていたエスカレータの位置と同じで、下りホーム側は既存の昇降路を補強改修、上りホーム側は戦時中の被災で損傷がひどく使用不能であったため新築し、それぞれ別途建築施工で復旧したものである。

特長

- (1) 階高 13.2 m のエスカレータは現在わが国では最高である。
- (2) 機体の全長は約 34 m になり輸送、現場搬入を容易にするためトラスは 4 分割にした。
- (3) 負荷に対する支持点は 5 箇所にした。
- (4) 非常停止のときには管理室に報知する特殊警報装置を設けた。



図 1 ラッシュ時に活躍中のエスカレータ



図 2 国鉄秋葉原駅に据え付けられた 1200 DH₂-P 形三菱エスカレータ

(5) 建築および据付工事期間は 3 か月間の突貫工事で完了した。

仕様概要 (1 台について)

形 式	1200 DH ₂ -P 形
方 式	交流一段速度上下可逆式
踏段速度	27 m/min
輸送能力	8,000 人/h
電 源	三相交流 200 V 50 c/s
電 動 機	出力 26 kW
内側意匠	18-8 ステンレス板 ヘヤライン 仕上、乗り口部分に円形照明器具付

■ 記録的水車発電機を大量受注

今回、関西電力木曽発電所用、中部電力高根第 1 発電所用、東京電力安曇発電所用として、下記の記録的大容量水車発電機を受注することに成功し、目下鋭意製作中である。

(1) 関西電力木曽発電所用

形式 主軸準カサ形 全閉内冷式 (空気冷却器付)
立軸フランシス水車直結

定格 125,000 kVA, 257 rpm, 16.5 kV, 0.9 pF, 1 台

この発電機は、当社としては最大であり、わが国でも最大容量級機に属し、比較的高速機である。

(2) 中部電力高根第 1 発電所用

形式 主軸普通形 全閉内冷式 (空気冷却器付)
可逆式立軸デルタ形ポンプ水車直結

定格 100,000 kVA (発電機定格) 0.9 pF
100,000 kW (電動機定格) 1.0 pF
277 rpm, 13.2 kV, 2 台

この発電機は、揚水発電所用発電電動機として、納入されるもので、世界最大級のデルタ形可逆式ポンプ水車に直結される。電動機としての起動は、半電圧、ダンパ巻線起動である。

(3) 東京電力安曇発電所用

形式 立軸準カサ形 全閉内冷式 (空気冷却器付)
定格 111,000 kVA, 200 rpm, 15.4 kV, 0.9 pF, 2 台

この発電機は、発電のみであるが、他の揚水発電用発電電動機は同期起動の際の発電機としても使用される。

■ 簡易形高周波発電機完成

小容量の高周波電源としてこれまで、真空管式が使用されてきたが、今回これに対抗するものとして簡易形高周波発電機を製作した。高周波発電機は横形モノブロック構造で発電機と電動機は共通軸、共通ワックとなっており固定ワックの上に制御器具を収納した配電盤を設置している。価格も真空管式と同程度であり、出力が安定している、取り扱いが容易である、保守がほとんど不要であるなどの特長を持っているので非常に経済的である。中小企業向けの従来の真空管式に代わって需要が期待される。図は高周波発電機および配電盤の外観である。

定 格

	高周波発電機	電動機
出 力	15 kVA	19 kW
電 圧	200 V/167 V	220 V/200 V
相 数	単	3
周 波 数	10,000 c/s/8,330 c/s	60 c/s/50 c/s
力 率	100%	—
回 転 数	3,600 rpm/3,000 rpm	3,600 rpm/3,000 rpm

- 絶 縁 H種 B種
 起動方式 — ジカ入れ
 電源装置としての概略寸法および重量
 概略寸法 950 長さ×600 幅×500 高さ (配電盤含む)
 概略重量 730 kg (配電盤含む)
 上記のとおり寸法、重量とも非常に小形化されている。
 特 長
 (1) 価格が安い。(真空管式高周波電源と同程度)
 (2) 電源装置として非常にコンパクトである。(真空管式の数分の1)
 (3) 保守費が非常に安い。(1 年間に 3,000 円)
 (4) 取り扱いが容易である。(出力不変、調整箇所なし)
 (5) 基礎が不要である。(防振ゴム付)



図 1 簡易形高周波発電機

■ 車両用高圧インバータ装置完成

電車に使用される高圧直流→交流(または直流)電圧変換装置としては電動発電機が、もっとも代表的な存在であるが、回転機であるため電氣的機械的摩擦部分が多く点検保守が複雑でかつ電力変換効率がきわめて悪いという難点があった。

一方、最近急速に発達したサイリスタは早いスイッチング作用を有した小形軽量で、とくに高電圧、小電流のインバータ用としては技術的にも、経済的にも好個のもので今後、電動発電機に代わるものとして注目される。

当社は、かねてよりその製作を急いでいたが、さる7月に直流600V 3kVAを10月に直流1,500V 12kVAインバータ装置を完成し一部現車試験を経て、得られた貴重な資料を元に各種のインバータ装置の製作を行なっている。

おもな装置例を示すと表1のとおりで特長は次のとおりである。

- (1) SCRを使用しているため小形、軽量である。
- (2) 回転機のような摩擦部分がなく長寿命、高信頼度を期待しうる。
- (3) 入力電圧や負荷の変動に対しても安定な出力が高い効率で得られる。
- (4) 騒音や振動がなく、また点検保守が容易である。

表 1 車両用高圧インバータ要目

入 力 電 圧	直流 600 V $\pm 10\%$ -40%	直流 1,500 V $\pm 10\%$ -40%
出 力 電 圧	交流 200 V $\pm 5\%$ 120 c/s, 1 ϕ 交流 100 V $\pm 5\%$ 120 c/s, 1 ϕ 直流 36 V $\pm 5\%$	交流 200 V $\pm 5\%$ 50 c/s, 1 ϕ 交流 100 V $\pm 5\%$ 50 c/s, 1 ϕ 直流 100 V $\pm 5\%$
容 量	3 kVA	12 kVA
効 率	75%	80%

■ 電車チョップ制御の現車試験完了

従来の電車の速度制御は、大小各種のスイッチを組み合わせたいわゆる有接点制御でほぼ限度に近い性能を発揮している。

しかしながら、いずれも機械的開閉動作により制御するため接点部の荒損や摩耗を生じやすく、保守点検に手数を要している。事実、統計によっても電車故障件数の大半は電気接点に関するものでその対策としては無接点化が最も有効であろう。

一方、最近の半導体素子の急速な進歩により複雑な制御も巧妙に可能とすることができるようになった。とくに、サイリスタは高電圧、大容量の素子の実用期に入り、これらを応用して電車の速度制御を行なう革新期に入りつつある。

このような見地のもとに、当社ではサイリスタを有効に活用したチョップ制御方式でもって、電車の完全無接点化に成功することができた。

その要目は表1のとおりで図1は現車試験におけるオシロの例を示しているが、なにぶんにもわが国でも初めてのことであり、いわば実用化への1ステップとも称することができ、これらを元に今後の実用化に研究を進める予定である。

表 1 現車試験車性能要目

項 目	内 容
試 験 期 日	昭和 40 年 9 月 6 日～14 日
試 験 線 区	帝都高速度交通営団
試 験 車	2121 号+2122 号
架 線 電 圧	直流 600 V
編 成	MT 相当
主 電 動 機	三菱 MB3047A (55 kW 300 V)
制 御 方 式	サイリスタチョップによるマークレス・ステップレス制御

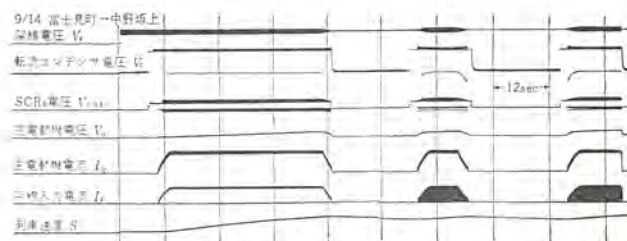


図 1 現車試験 オシログラム の一例

■ オーストラリア PMG 4Gc 全固体化送信機納入

かねてから各種の固体マイクロ波装置を製作してきたが、このたびオーストラリア郵政省から4Gc帯全固体化送信機2台を受注、納入した。本機はオーストラリアの砂漠地方で電波伝搬試験に使用される模様で、過酷な環境条件のもとで安定な動作を行なうよう厳しい仕様が要求されている。本機の完成にあたって、すべて自社製半導体素子を使用、小形、低消費電力はもちろん、現在まで困難とされていた通信器の高安定、広帯域を可能とした技術的成果は大きい。

送信機の概略性能は下記のとおりである。

出 力 100 mW



図 1 オーストラリア PMG 納め固体化送信機

周波数	水晶発振器ユニット(原振約 80 Mc)の取り換えにより、4Gc 帯の 40 Mc 幅の任意周波数で使用
電源	-24 V $\pm 5\%$ 350 mA 以下
周波数安定度	0~50°C において $\pm 5 \times 10^{-5}$ 以内
出力安定度	-10~+50°C、帯域 40 Mc 幅で ± 0.2 dB 以内
変調	1 kc、方形波、AM 変調(変調度 100%)
大きさ	50×200×150 mm
重量	2.5 kg

この輸出は、各国とはげしい競合のうえ、仕様、価格ともに当社がすぐれた点を認められて受注獲得したものであって、当社の固体通信素子ならび回路技術についての高い水準を立証するものである。

■ NHK 総合技術研究所へ UHF 用全固体化装置を納入

このたび、NHK 総合技術研究所に固体装置 2 種を納入した。これは NHK で推進されているサテライト装置および大電力 TV 送信機励振部の全固体化に使用されたもので、当社の半導体素子と固体回路技術の優秀さを認められたものである。

(1) サテライト装置用第二局部発振器

水晶原振出力(36~50 Mc)を所定の周波数および電力まで増幅、通倍したのち、送信混合器を励振するものである。特長はトランジスタ増幅・パラクタ通倍の特殊な手段による広帯域化、および小形サキュレータ使用による超安定化である。広帯域性は水晶ユニットの差し換えのみで VHF 帯 4CH、UHF 帯 9CH 以上を無調整で共用できる。図 1 は VHF・H-BAND 用、図 2 は UHF 用写真で、その性能を表 1 に示す。

(2) UHF-TV 送信機用固体化アップコンバータ

UHF 帯大電力 TV 送信機の励振部固体化に使用される映像および音声 CH 用アップコンバータと共通 LO から構成されている。従



図 1 VHF·H-BAND 用第二局部発振器



図 2 UHF 用第二局部発振器



図 3 UHF-TV 送信機固体化アップコンバータ

表 1 VHF・H-BAND 用、および UHF 用
第二局部発振器の性能

BAND	励振源	周波数範囲 (Mc)	出力 (W)
VHF・H	水晶ユニット	154~172	2 以上
UHF	VHF・H	640~688	2 以上

来の真空管に十分とってかわる性能を有し、とくに、直線性の要求される映像回路の固体化に成功したのは当社が初めてである。図 3 はこのアップコンバータの外観を示す。また主要性能は下記のとおり。

(a) LO 周波数; 469.75 Mc, 映像中間周波数; 31.5 Mc, 音声中間周波数; 36 Mc

(b) LO 出力; 6.0 W (HYBRID で分岐)

(c) 映像直線出力; 22 dBm, 映像飽和出力; 25 dBm, 音声出力; 26 dBm (いずれもフィルタ損失を含む)

(d) 映像帯域幅 (± 0.5 dB); 33.5 Mc ± 3.5 Mc

■ 第 13 回オーム技術賞受賞

わが国電気科学技術界に輝かしい伝統と権威を持っている、第 13 回 オーム 技術賞に当社から 2 件、5 名が受賞の栄誉に浴したので、その業績内容をご報告する。

新幹線列車無線トンネル対策技術の開発

受賞者 阿部 修、奥村 徹、丸浜徹郎

日本国有鉄道東海道新幹線列車無線電話は昭和 39 年 10 月開業以来、順調な運用が続けられているが、全線の約 14% をしめるトンネル内でも通信を確保するために、いわゆるトンネル対策設備が施こされている。その方式の基本は、基地局方向のトンネル入口付近に中出力のトンネル外ブースタ中継機を設け、トンネル側壁に施設された平行 2 線形漏れ導波ケーブルに接続してトンネル内に UHF 帯信号を導き入れる方式である。導波ケーブルの損失は 500 m 間隔に設けた小出力トンネル内ブースタ中継機で補償し、一例として最長の新丹那トンネルにおいては内ブースタ中継機を 15 台連続に使用して、トンネル内のどの地点においても安定な通信ができるよう構成されている。このような大規模なトンネル対策方式の実用化は、トンネル内電界分布、漏れ導波ケーブルの解明、UHF 帯直接増幅中継装置、パランの開発、さらにこれら機器、施設の監視制御方式など、ぼう大な技術開発の積重ねの成果であって、このたびその業績に対して電気科学技術奨励会からオーム技術賞が授与された。

なお、この受賞は「新幹線列車無線トンネル対策および追跡交換技術の開発」のテーマで、日本国有鉄道ならびに日立製作所の関係者と協同受賞したものである。

高圧水中モータの実用化

受賞者 和田義彦、早川隆昭

このたび、岐阜市水道部向けとして、わが国初の実用化を完成した三菱高圧水中モータに対し、第 13 回 オーム 技術賞が授与された。

この水中モータは、当社が数年前より、鋭意開発を進めてきた高度の耐水性をもつ高圧水中コイルを使用したもので、この採用にあたっては、モデルコイルによる基礎実験と試作機による実用試験の結果およびコイル製作上の問題点を十分に検討されて、多大の期待をもって発注されたもので、ここにわが国初の高圧水中モータの実用化が完成したわけである。この水中モータは 150 kW および 75 kW 4 極各 1 台で、いずれも 3,300 V 60 c/s 電源により駆動されるもので、完全満水式水中モータである。

これらは、本年 6 月予定どおり営業運転に入り、現在まで、まったくの無事故で稼働中である。

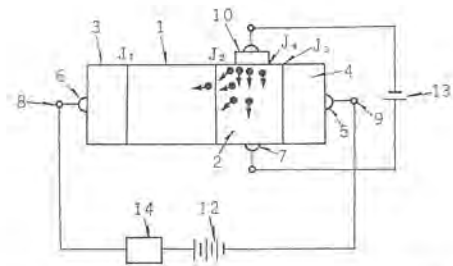
→+ 特許と新案

制 御 電 極 付 半 導 体 整 流 装 置

発 明 者 中 田 仗 祐

この発明は制御電極付半導体整流装置の改良に関するものである。制御電極付半導体整流装置では制御電力を少なくして効率をよくすることが望まれており、このため注入される少数キャリアが少ない量で多く障壁に達するようにすることが必要である。しかしこれは主回路に所定の導通状態の電流を流すに必要な制御回路の電流を少なくする点と耐圧の点で相反するものである。

この発明はこれらの欠点を除去した特性のよい制御電極付半導体整流装置を提供するものである。以下図に基づいて説明する。図のようにP層(3)、N層(1)、P層(2)、N層(4)からなるPNPN素子において、P層(2)にPN接合 J_1 を形成し制御電極(7)とともに主回路より独立した制御回路を構成する。このように制御回路を主回路から独立させ、N層(10)からなる電極を設けることによって、P層(2)の幅を広くし、耐圧を大きくすると同時に、制御しようとする時の少数キャリアが障壁に達する率を悪くするのを防止している。すなわち少数キャリアの注入をN層(10)から接合面 J_1 を通して行ない、導通状態を制御可能としている。また、制御効率を良くするためには従来の装置ではP層(2)の不純



物濃度を小さくする必要があったが、この発明の装置で効率を上げるためにはN層(10)中の不純物濃度をPの不純物濃度より大きくすればよい。これは制御回路と主回路が独立しているため容易に実現できる。

以上のように、この発明の装置は制御効率と耐圧とを互に独立して決めることができ、高抵抗時には接合面において逆方向バイアスとなり、低抵抗時には順方向バイアスとなる理想的な性質と相俟って、良好なかつ安定に動作するなど種々の利点を有するものである。
(特許登録第 424802 号) (三浦記)

可 変 抵 抗 器

発 明 者 近 藤 敬 吉・森 川 洋

この発明は可変抵抗器、とくに高精度の要求される用途あるいは抵抗値を多様に変化させるに適した可変抵抗器に関するものである。

この発明の可変抵抗器は図1に示すように、基板(1)上に配置されたウズ巻状抵抗体(3)と、この抵抗体(3)上の一点をシュウ(摺)動する回転腕(4)とから成り、この回転腕(4)をウズ巻の中心線に対して屈曲させたものである。

このようにしておけば、回転腕(4)を回転させた場合、抵抗値

の変化が回転角に対して一定に変化せず、回転腕(4)の屈曲形状によって変わるから、この腕の形状により多様の抵抗値変化をなす可変抵抗器を得たり、あるいはまたウズ巻状抵抗体(3)の局部的抵抗値誤差補正を行なうことができる。

なお回転腕(4)としては図2に示すように、抵抗体(3)に接触する接触子(6)と、これを案内する案内ミヅ(5)とから成るものでもよい。
(特許第 425107 号) (竹藏記)

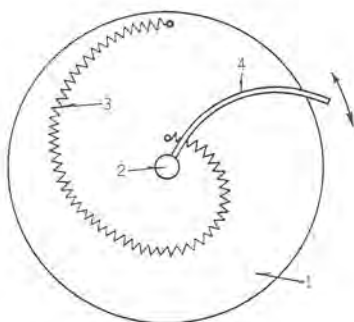


図 1

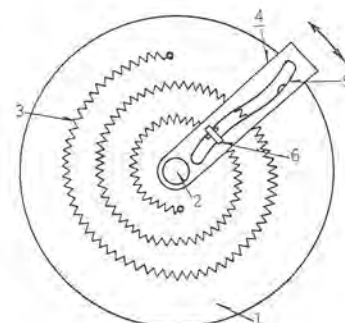


図 2

固 体 回 路 装 置

発 明 者 大久保利美・土佐雅宣・早水弘一

図1に示す双ベースダイオードとコンデンサを使用したノコギリ歯状発生回路はよく知られている。この発明はこの回路を固体回路装置にしたものである。以下、図2に示すこの発明の実施例を用いて説明する。図2において、(7)はP形半導体本体(8)の周面を拡散法によりN形層としたPN接合半導体素子で主PN接合面に沿った方向に平たい板状体となっている。この半導体素子の一面にエッチングにより、この面におけるN形層(9)を一部除いたミゾ(10)を作り、この面のN形層(9)を大面積部(11)と、ミゾ(10)の方向に沿った細長い小面積部(12)に2分する。この小面積部(12)の部分の端面(13)、(14)、(15)のN形層を取除きPN接合を露出させる。一方小面積部(12)を除く他のN形層の周面をメッキあるいは蒸着などの方法で導電被膜(16)でおおひ、N形層の小面積部(12)のほぼ中央にたとえばインジウムなどのアクセラ金属の電極(17)を融着させPN接合を形成させ、この電極(17)と

導電被膜(16)とを電氣的に接続して出力端子(18)とする。またN形層の小面積部(12)の一端に抵抗接触で電極(19)を取り付け直流電源の正端子(20)に接続し、他端面(14)でこのN形層と中央のP形層(8)とを短絡するよう電極(21)を接着し、これを直流電源の負端子(22)に接続する。このようにすれば、N形層の小面積部(12)は図1の回路の双ベースダイオードのN形半導体素子(1)を構成し、この層(2)とP形層(8)とは端面(14)以外では絶縁され、N形層の大面積部(11)とP形層(8)とはおのおのの電極となってコンデンサ(6)を構成することになる。

以上のように、この発明はノコギリ歯状波発生回路を単一半導体素子に構成させているため、構造が非常に小形で製作も容易であり、また他の回路との組み合わせ回路の固体化も容易となるなどの効果を有している。(特許第427086号)(三浦記)

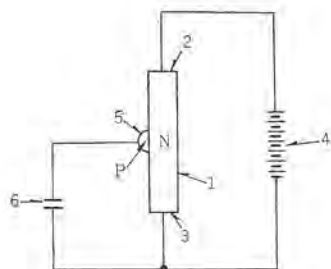


図 1

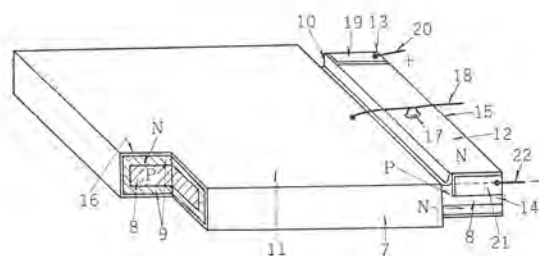


図 2

可 変 抵 抗 器

考 案 者 近 藤 敬 吉・森 川 洋

この考案は多回転形可変抵抗器の改良、とくに非直線的な抵抗値変化を必要とする用途に適した可変抵抗器の構造に関するものである。

多回転形可変抵抗器は、ドラム(3)に螺旋状案内ミゾ(5)を設け、この螺旋ミゾ(5)の間にこれと同一ピッチで螺旋状抵抗体(4)を設け、上記案内ミゾ(5)に遊合する突出片(9)と上記抵抗体(4)上をシユウ動する接触子(11)とを有する可動体(8)を案内板(6)に設けられた案内(7)にローラ(12)によって係合し、ドラム(3)の回転により可動体(8)を移動させ、その時のドラム上の抵抗体(4)の一端と

接触子(11)との間の抵抗値を可変にするものである。

この考案は以上の構造の多回転形可変抵抗器において、案内板(6)の案内(7)の形状を図3に示すように屈曲させたものである。

このような構造によれば、ドラム(3)を回転して可動体(8)を屈曲案内(7)に沿って移動させれば、屈曲案内(7)の形状により可動体(8)の位置が横方向に動くため、その抵抗値はドラムの回転角と案内(7)の形状によって変わることになる。したがってこの考案によれば案内(7)の形状により抵抗値を非直線的に大幅に変え得るものである。(実用新案登録第729779号)(竹歳記)

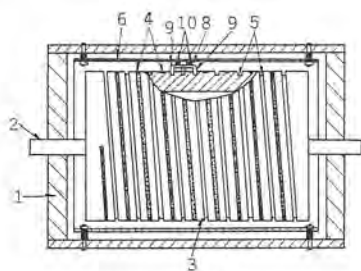


図 1

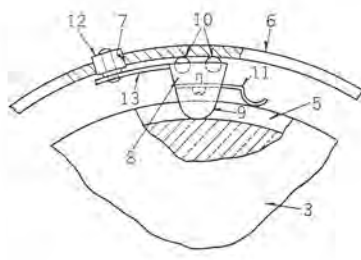


図 2

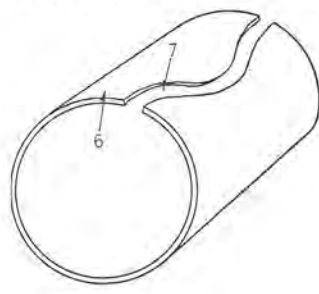


図 3

三菱電機技報 昭和 40 年 第 39 卷 総目次

第 1 号 昭和 39 年度回顧特集

ハイライト	9
巻頭言	21
発電機器	22
火力発電	23
タービン発電機・火力発電所補機および制御盤・中央制御配電盤	
ディーゼル発電	30
ディーゼル機関駆動交流発電機・小形交流発電機・ダイヤパワーDU形シリーズ・ディーゼル発電機用配電盤	
水力発電	32
水車発電機・水車発電機用励磁機・自動水車発電機用静止励磁装置・水力発電所用配電盤・水力発電所用制御装置・水力発電所用データ処理装置	
送配電機器	35
変圧器	37
大形(外鉄形)変圧器・中容量(内鉄形)変圧器・特殊変圧器・配電用変圧器・MR形負荷時タップ切替器・リアクトル・ブッシング	
シャ断器	44
油シャ断器・空気シャ断器・磁気シャ断器・直流シャ断器・その他	
避雷器、断路器および計器用変成器	47
避雷器・断路器・電力ヒューズ・計器用変成器	
配電盤およびキュービクル	50
交流変電所用配電盤・直流変電所用配電盤・変電所用データ処理装置・遠方監視制御装置・メタルクラッドおよびキュービクル開閉装置・無相母線	
継電器	54
はん用機器用継電器・電流継電器・電圧継電器・電圧調整継電器・補助継電器・方形特性距離継電器・国鉄新幹線用故障点標定式距離継電器・表示線保護・母線保護・その他	
変換機器	61
化学工業用および一般工業用シリコン整流器	62
レクチフォーマ	62
SCR応用機器	63
工業用電機品	65
製鉄その他金属工業用電機品	65
圧延設備用電機品・帯鋼その他処理設備用電機品・その他の製鉄および金属工業用電機品・製鉄その他金属工業用同期電動機・製鉄その他金属工業用誘導電動機・電気炉・高周波発電機および誘導加熱装置・電気溶接機	
製紙、フィルムおよび繊維工業用電機品	75
製紙工業用電機品・フィルム工業用電機品・繊維工業用電機品	
荷役・運搬および建設機械用電機品	79
クレーン用電機品・電気ホイスト・モータブロー・総括制御装置	
ポンプ所用電機品	81
化学、石油およびガス工業用電機品	82
大形誘導電動機・同期電動機・工場用低圧防爆形および防食形誘導電動機・工場用防爆形および防食形開閉器	
セメントおよびゴム工業用電機品	84
誘導電動機・誘導同期電動機・BSタイヤ納め押出機用電機品	
鋸山用電機品	85
鋸山用誘導電動機・巻上機用電機品・鋸山用防爆形誘導電動機	
工作機用電機品および電動工具	85
工作機用電機品・電解ならびに放電加工機・電動工具	
一般工業用電機品	90
電動機・ブレーキ、クラッチおよびカップリング・制御器具・開閉器および制御盤・制御装置	
通風機	107
中・大形通風機・小形通風機	
船用電機品	110
船用交流発電機	110
船用配電盤	112
交流機関室補機	113
機関室補機制御装置	114
交流甲板補機	115
自動化関係	116
しゃんせつ船用電機品	118
船用直流機	119
特殊仕組船用電動機	119
電鉄用電機品	120
電気機関車	120
電車	122
車両用主電動機、駆動装置および平滑リアクトル	123
車両用補助回転機	125
車両用制御装置	126
車両用各種装置	127
車両用サービス機器	128
電鉄用変圧器	131
電鉄用シリコン整流器	132
変電所遠方監視制御装置	133
信号用発電機その他	133
ロープウェイおよびモノレールカー	134
電装品	135
航空機用電装品	135
自動車用電装品	137
自動車用自動変速機(ダイヤマチック)	139
マグネト	140
バス用冷房装置	141
オートラジオ	141
ビル用電気設備と電気機器据付・配線工事	143
ビル用電気設備	144
ビル総合設備工事	146
発・変電機器据付・配線工事	147
富士山頂気象用レーダ建設工事	147
エレベータ・エスカレータ	149

エレベータ	150
立体駐車場設備	152
エスカレータ	153
空気調和・冷凍・空気清浄装置	154
大形冷凍機	154
小形冷凍機	155
ルームクーラ	155
小形冷凍機応用品	156
工業装置	159
電気式空気清浄装置	160
施設工事	160
通信機器および無線応用機器	164
短波および超短波無線機器	164
国鉄新幹線列車無線電話装置	169
超短波および極超短波多重通信装置	170
マイクロ波空中線および部品	172
TZ-4形パラメトロンARQ端局装置	173
指令装置	173
テレビジョン	174
電波機器	177
飛しょう体用電子機器	185
テレメータ	186
送電線搬送保護継電装置用搬送装置	188
遠方監視制御装置	189
電子機器用静止形電源装置	190
電子応用機器	191
デジタル電子計算機とその応用装置	192
アナログ電子計算機とその応用装置	194
工作機械自動制御装置	200
データ処理装置	201
オートメーション機器	203
産業用電子応用装置	208
電子管および半導体素子	212
電子管	213
半導体	218
計測器	228
電気計器	228
工業計測器および応用装置	231
科学測器	239
ランプ、照明器具および照明施設	245
ケイ光ランプ	246
水銀ランプ	246
安定器	246
照明器具	247
電気ルミネセンス板(EL板)	249
偏光板(ダイクローム)	249
照明施設	249
テレビ・ラジオ・音響機器	255
三菱テレビジョン	255
三菱トランジスタラジオ	259
三菱ガイドレシーバGR-35形	260
三菱音響機器	260
家庭用一般電気品	263
電気冷蔵庫	263
厨房用電熱器	265
電気洗たく機	266
電気アイロン	267
ミシン	268
縫機	268
電気扇	269
環境衛生機器	271
家庭用暖房機	273
回転機応用品	275
家庭ポンプ	278
家庭用タイムスイッチ	279
乾電池およびその応用品	280
材 料	281
絶縁材料	281
磁性材料	283
構成材料	285
化成品	287
原子力機器	289
原子炉付属機器	290
加速器	293
放射線機器	294
研 究	298
電力機器	298
アンテナおよび高周波伝送回路	301
電子計算機	302
制御と計測	302
加速器	304
物理計測	304
半導体および酸化物結晶	306
有機材料	309
加工技術、材料の強度および振動	311
分析法	314
商品	315
《最近における社外講演一覧》	319
《表 紙》	
1. 富士山と東海道新幹線	
2. 電源開発佐久間周波数変換所用 372.5MVA 変圧器	
3. ガソリンタンク用自動シーム溶接機完成	
4. 三菱FMマルチステレオ	

《論 文》	
電源開発七色発電所 87,300 kW 立軸軸フランシス水車	高見道之助
揚水プラント発電電動機用可逆オフセットスラスト軸受	用耐和夫
トランジスタ化タービン監視計器	渡辺 宏・奥田泰久
新形変流器	長野光佑
新形 CLS、CLE 限流ヒューズ	岩崎行夫・本郷康英
電子計算機による電気車走行計算	北川和人・河村寿三・久山研一
MELCOM-1530 ソフトウェア (2) —SIA の構成	嶋村和也・和田 宏・中島正志
モレクトロン携帯無線機 MT-2 形	黒田忠光・小林信三・太田勉久
高温高圧多目的動水腐食試験設備	岸田公治・阿部康宏・篠田忠男・近藤 弘・鈴木弘一・橋本新三郎
高速スイッチ用 SCR	清水潤治・中田佐祐・蒲生 浩
繰返し回転停止をうける回転円板	瀧原 智
《技術解説》	
超電導 (1) —超電導材料—	小侯虎之助・石原克己
《技術講座》	
SCR インバータとその応用 (その 1)	大野栄一
《新製品紹介》	
多点温度選択指示装置完成・EM-4-PB 形、EM-15-PB 形押しボタン内蔵形電磁閉閉器を開発・わが国最初の三菱電気ホーコー (火鍋)	
NB-601 形新発売・三菱掃除機 TC-282 形 “強力クリーンエース” 新発売・三菱電気ハンドグラインダ HG-6T-1 形新発売	85
《ニュースフラッシュ》	
国鉄新幹線の長大版駅に ITV 採用・84 kV 5,000 MVA SF ₆ ガス遮断器の完成・川崎製鉄千葉製鉄所納めリフティングマグネット装置	88
《特許と新案》	
極数変換形三相電動機・直流電動機の制御装置・負荷時タップ切換装置	90
《表 紙》	
1. 三菱電子乗算会計機 MAM-51	
2. CLS 形電力ヒューズ	
3. 三菱ポケットホン	
4. 三菱電気ホーコー (火鍋)	

第 3 号 計算機特集

《特集論文》	
MELCOM-1530 データ・プロセッシング・システム	馬場文夫・渡辺文明・原田和明・嶋村和也・高橋幸四郎・三上晃一・中島正志
計算機基本言語に関する一考察	首藤 勝・魚田勝臣・居原田邦男
MTRW-330 制御用電子計算機システム	中尾勝孝・的場 雄・仁田篤一・小島一男・梶山 裕・村田 厚
MELDAP-6000 工業用データ処理装置	浜岡文夫・深尾忠一郎・竜田直紀・貴田篤志
日本原子力発電株式会社東海発電所原子炉シミュレータ	新井義男・藤田 忠・横田満之・吉野国弘・大島羽幸太郎・柴谷浩二・多田 淳
モレクトロン計算機	市田 嵩・三輪 進・河野隆一・小野義文・北村啓郎
《論 文》	
小田急電鉄納め回生車用電機品	山村秀幸・小田寿太郎・中林 晃・浅越泰男・小原太郎・久山研一・芦谷正裕
キャタピラ三菱納め 60 kV 屋外キュービクル	矢野広男・田和 豊
テレメータ追尾レーダ (GTR-5 形)	櫻本俊弥・森川 洋・渡部 優・若田和明・篠原英男
高速ダイオード・トランジスタ NOR システム	小島一男・黒田泰次・八杉征晴
《技術解説》	
超電導 (2) —電気機器への応用—	岩本雅民
《技術講座》	
変圧器付風品 (1) プッシング	岸田光弘
《新製品紹介》	
KC 形過電流継電器を完成・AK 形切換スイッチを完成・低圧トロリバスダクトを完成・三菱テープレコーダ T-330 形 (メモリー・スーパー) 新発売・三菱印字器 EC-451 形新発売・三菱自動保温電気釜 NA-181 形新発売	112
《ニュースフラッシュ》	
住友金属工業納め燃結装置用排風機完成・コロンビア納め 132 kV 空気遮断器完成・新装なったトレープ式移動変電所・全固体 400 Mc 帯多重通信装置を納入・秩父鉄道 2,700 Mc 多重通信装置受注・神戸電鉄納め回生制動車 2 編成受注	115
《特許と新案》	
軸受装置・軸受給油装置・換気扇正逆転スイッチシャット運動装置	118
《最近登録された当社の特許と実用新案》	119
《最近における社外講演一覧》	18
《表 紙》	
1. MELCOM-1530 データ・プロセッシング・システム	
2. 三菱 400 Mc タクシー無線機	
3. フォトリソグラフィ用 P/S 納め 122.2 MVA 変圧器	
4. 三菱電気カミジリ	

第 4 号 富士山気象レーダ特集

《特集論文》	
富士山気象レーダの計画	下島省吾
富士山気象レーダシステム	櫻本俊弥・植田英雄
富士山気象レーダ; レーダ装置	井上義男・御法川秀夫・佐藤円二・石井栄一
富士山気象レーダ; リレー装置	阿部 修・中根茂樹・室田 慎・尾形むつを・藤原謙一
富士山気象レーダ; 気象テレメータ装置	丸浜徹郎・室田 慎・藤原謙一・今泉 興
富士山気象レーダ; レーダーム	喜連川隆・森川 洋
富士山気象レーダ; 電源設備	堀井明男・金親俊治・林 弘幸・細瀬昌安
富士山気象レーダ; 局舎建築工事	岩橋善昭
富士山気象レーダ; 室温調整設備	福田一郎・内山隆夫
富士山気象レーダ; 建設工事	金親俊治
《論 文》	
電源開発七色発電所 90,000 kVA 水車発電機および配電盤機器	山下喜美雄・山本潤二
三菱重工神戸研究所流体力学研究室の新設研究設備	富永守之・弘中和夫
高圧差模型水車試験用 750 kW 直流電気動力計	生原春夫
水車性能試験設備用計測装置 —三菱重工神戸研究所流体力学研究室納め—	弘中和夫・竜田直紀・西尾 治
帝都高速度交通営団 (東西線) 納め地下鉄電車用電機品	小原太郎・河村寿三・久山研一・永岡 栄

《技術講座》	
変圧器付属品(2) 冷却装置	95
《新製品紹介》	
三菱ケイ光ランプ“ルミスーパー”新発売・RP-20P, 30P 形コンソールリレーを開発・三菱マッサージャー RM-1 形“バイブル” MV-3 形“ストロング”新発売	103
《ニュースフラッシュ》	
国産初の三菱会計機東京、大阪で発表会開かる・三菱電子計算機東京センター開設さる・エレベータ、エスカレータの専門工場稲沢製作所稼動を始める・参議院議員会館空調設備用大出力密閉形冷凍機用モータ完成・日本石油化学納め大容量三相誘導電動機を完成	105
《特許と新案》	
電流シャ断装置・減速装置付電動ホイスの制動装置・携帯用電気カンナ・反復動作形時限継電器・コード保持装置・空気調和装置	107
《最近登録された当社の特許および実用新案》	74, 109
《表紙》	
1. 富士山気象レーダ基地	
2. 20 世紀の曙く富士山気象レーダ	
3. 三菱電子機器	
4. 三菱テープレコーダ《メモリスーパー》	

第 5 号

《論文》	
電力用単巻変圧機	2
AHF-50 形直流高速度シャ断器	8
LV-GL 形配電用避雷器	14
電気化学用大電流レクチフォーマ	20
コントロールセンタ製造への電子計算機の導入	29
本質安全防爆多点温度指示装置	36
モレクトロン同期信号分配器	41
水位デジタルテレメータ	46
3 次元ホーミング魚雷シミュレータ	52
MELDAS-1022 整流子アングラックマシン制御装置	66
精密デジタル速度制御装置——中性子分光器用位相制御装置——	70
GaAs トンネルダイオード	77
マイクロ波用リットリウム・鉄・ガーネット	84
《技術講座》	
変圧器付属品(3) 絶縁劣化防止装置そのほか	90
《新製品紹介》	
業界最高のシャ断容量を有する三菱 NFT 形トライバックシャ断器を開発・三菱電気振動ドリル VD-10S-1 形新発売・三菱扇風機「コンパック」	99
《ニュースフラッシュ》	
富士山気象レーダ完成記念切手、封筒、ハガキ発売さる・八幡製鉄納め 6,000 kW 三相誘導電動機完成・CH 形重責務用直流通電器完成・電鉄変電所用レクチフォーマ受注	102
《特許と新案》	
磁気増幅装置を用いた直流通電器制御装置・直流通電器接地継電装置・回転電機のブラシ揚装置・クラッチブレーキ装置・ラジオ、テレビなどの押しボタン開閉装置	104
《表紙》	
1. 三菱モナサント化成納めレクチフォーマ	
2. 高圧水封式水中モートル完成	
3. 産業界のオリンピック第 6 回東京国際見本市開かる	
4. 三菱ルームクーラー	

第 6 号

《論文》	
フィリピンアンガット発電所納め 122.2 MVA 変圧器	2
アクスルシャフト低ヒズミ焼入機	7
三菱 E 種はん用電動機	17
AISE 準拠クレーン用電動機	23
EBA 形電磁ブレーキ	28
ED75 形交流機開車用 SCR 制御装置	33
航空機用超短波無線電話装置	41
2 極直流機の軸内ウズ電流損の計算	47
30 MeV フィールドパイアストロメータ設計(2)	51
空心 V 2π 形ベータストロメータの設計	57
高速ケタ上げ加算回路	63
機械における学習	70
《技術講座》	
SCR インバータとその応用(その 2) 原理と動作(上)	76
《新製品紹介》	
SB 4500 フレーム屋外用三相誘導電動機・三菱 MVC 形パンプモータを開発・三菱電気タッパ ET-6S-1 形新発売・19 形 114 度偏角ブラウン管 19CMP4 を開発	83
《ニュースフラッシュ》	
メキシコ・マルバソ発電所納め 400 kV 超々高圧変圧器 15 台受注・東京電力京浜変電所納め 345,000 kVA 変圧器完成・300/400 kVA 3 kC 立形高周波発電機完成・三菱重工業神戸造船所注文住友金属(和歌山)納め高炉送風機駆動用 9,200 kW 2 極同期電動機完成・フロントフロアセンブリ用マルチプルスポット溶接機(WS-2X75S 形)完成	86
《特許と新案》	
電気車用過電流継電器・無電気メッキ溶液・電気車停止装置・誘導電圧調整装置の過大回転力防止装置・端子装置	88
《最近における社外講演一覧》	56
《最近における社外寄稿一覧》	62
《表紙》	
1. いすゞ自動車納めアクスルシャフト低ヒズミ焼入機	
2. オーストラリア・マンモラ発電所納め 348 kV 400 MVA 超大型変圧器完成	
3. 大容量ヘリウム冷凍機(UIL-200)完成	
4. 三菱扇風機コンパック	

第 7 号 電子商品と照明特集

《特集論文》

19 形カラー受像管のラジアル・ミスランディング	藤村健男	2
テレビジョン受信機の不要フク(幅)射測定 — 3 m サイトにおけるデータの再現性 —	松村長延・倉田健一	5
テレビジョン受信機の新中間周波数	浜田恒朗・室野允良	11
ラジオ受信機回路の複合化	川井 尚	19
自動車運転免許試験コース説明装置	高橋広光・首藤佑吉	24
小形電子レンジ	水室昌美・高瀬明生・沢崎俊幸	28
超高出力ケイ光ランプの照明経済的考察	宮本時夫・甲斐義章	36
ヨウ(沃)化物入り高圧水銀灯 — 高効率の光源	土橋理博・三上龍夫・若林正雄	39
工場用防塵形照明器具と爆発試験	田中民雄	46
山形美術館の照明設備	小堀富次雄	50

《論文》

最近の電圧用 ATC 装置	北岡 隆	57
高速加算回路試験装置	中塚正三郎・壺井芳昭・梅田義明	62
金属材料の簡易分析法	石橋 勝・小巻 仁・出水通之輔	69
ポリウレタンの力学的性質	柴山恭一・児玉峯一	74

《技術解説》

ケイ光ランプの高効率化と高出力化	小堀富次雄	79
------------------	-------	----

《新製品紹介》

小形軽量化に成功した大容量柱上変圧器・TD-4, 42 形トランジスタ式限時継電器の完成・LE 形リミットスイッチを開発・三菱カラー		88
--	--	----

《ニュースフラッシュ》

新設大電力試験設備完成・関西電力納め移動用 90,000 kVA 変圧器バンク完成・三菱レイノルズ納め熱間アルミ圧延機運転開始・台湾アルカリ納めソーダ電解用シリコン整流器を受注・国鉄納め全固体 SHF 中継機完成・多重故障対策、補電電流対策付キャリヤリレー装置の完成・RC-101 形低速再閉路装置完成		90
---	--	----

《特許と新案》

自吸式井戸ポンプ・自吸式ウエスコポンプ・ウエスコポンプ・電動井戸ポンプの自動空気補給装置・井戸ポンプの安全弁		93
--	--	----

《最近登録された当社の特許》

		95
--	--	----

《表紙》

1. AS-4001 形音声モニタ装置
2. 三菱テレビ、トランジスタラジオ、テープレコーダー
3. 最近の照明施設 <1>
4. 最近の照明施設 <2>

第 8 号 SF₆ ガスシャ断器

《特集論文》

電力用シャ断器の大容量化と SF ₆ ガスのシャ断器への応用	潮 恒郎	2
SF ₆ ガスの絶縁破壊特性	新田東平・川根 清・山田直也	7
SF ₆ ガス中の消弧現象	伊藤利朗・宮本紀男・鎌谷章博	13
アークに対する SF ₆ ガスの物理化学的特性	宮本紀男・鎌谷章博	22
ガスシャ断器におけるガス流のシミュレータとその応用	宮本紀男・鎌谷章博・森岡昭二・稻村彰一	31
新形大容量 SF ₆ ガスシャ断器	富永正太郎・森岡昭二	37
ガスシャ断器用油圧操作機構	富永正太郎・稻村彰一	46
新設大容量短絡試験設備	堀 真幸・大谷清二・桑原 宏	51
大容量シャ断器の試験および測定技術に関する最近の 2, 3 の問題	瀬渡孝三・中原孝一	58

《論文》

ブラシレスタービン発電機	甲斐 高・長沢保明	63
大容量高速度 2 極同期電動機	高原洋介・中野久夫	70
航空機用 VHF 帯 1/8 波長広帯域ブレードアンテナ	喜連川隆・武市吉博・木沢玉雄・小野 誠	79
合理的な時間差別料金制度に使用される機器	武田克己・新川成美	82
国鉄ディーゼルカー用 AU-13 形ユニットクーラ	清水一朗	88
OP モーター	前川善六	92

《技術解説》

ボリアトロン(多陽極計数放電管)	岡田武夫・倉橋浩一郎・佐竹正章	98
------------------	-----------------	----

《新製品紹介》

国産最初の三菱真空スイッチ VS 103 の完成・トランジスタ式距離継電器完成・RC-2-D 形自動再閉路継電器完成・MT-4 形モレクト		
ロン携帯無線機販売開始・電気大工三菱ドリルキット用角ノミ DKF-1 形を開発・コック式三菱脱水流たく機 CW-755 形新発売		106

《ニュースフラッシュ》

世界最大の 24,000 kW レクチフォーマ完成・東京電力角筈変電所納め 23 kV 配電用屋内キュービクル完成・中国電力岩国火力発電所納め SSV 形 140 kV 耐汚損避雷器完成		110
---	--	-----

《特許と新案》

油圧エレベータ・同軸線路の気密封止方法・テールキャップアンテナ方式・点灯制御装置・整流子面の清掃装置		112
--	--	-----

《表紙》

1. 関西電力新神戸変電所納め 72/84 kV, 5,000 MVA SF₆ ガスシャ断器
2. 国立名古屋病院納め SH 式自動血管撮影装置完成
3. 三菱 E 種モートル
4. 三菱ミキサー・ジュース・フルオートジュース

第 9 号 中央研究所 30 周年記念特集

《特集論文》

巻頭言	柴山一郎	2
中央研究所の概況	石黒克己	3
質量分析計の開発	後藤正之・尾形善弘・鈴木敏光・小林 喬	8
大電力パルスサイクロトロン	岡田武夫・建石昌彦・小野寺俊男・竹延真哉・神生忠興・家喜洋司	14
光磁気共鳴磁力計の応用	安東 滋・久保高啓・西岡忠臣・吉山裕二・大川清人・尾崎博規	21

アメリカエイス研究所納め複式中性子回折装置	藤原 智・宮下恭一・津田栄一・弘中一光・柳下和夫・梶田 豊・岩岸 聡・依口久元	28
イオン交換樹脂によるニトロベンゼンの精製	太田基義・川上 剛・山口久美子	35
電解積分器	森 卓也・松岡宏昌	39
分相性ホウケイ酸ガラスの溶出過程の体積変化	林 次郎・西条隆司・大谷勝也	44
透過形電子顕微鏡によるメルコロイ-Xの研究	竹内守久・北風敏三	49
サイリスタ無整流子電動機	大野栄一・岸本 健・赤松昌彦	55
方向性電力分配回路とその応用	中原昭次郎・紅林秀都司	63
高速回転体	藤原 智・渡辺光人・梶田 豊	68
電解加工	前田祐雄・斎藤長男・荒井伸治	75
ダイヤモンドエポキシ絶縁	穴山光夫・伊藤公男・岡橋和郎・伊藤昭八郎	81
GaAs インジェクションレーザ	池川秀彰・須崎 渉・十河敏雄	88
III-V 族化合物半導体単結晶	藤林肇次・奥 泰二・八原俊彦・岡田和夫・西面宗男	95
17-7PH ステンレスの RH 処理	実 博司・今泉三之	101
【新製品紹介】		
ゼロインピーダンス変圧器完成・三菱 LOE-2-R 形、LOE-3 形高圧地絡継電器完成・三菱 ITS-3-D 形過電流継電器完成・RK 形電磁マイクロラッチを開発・MF-70 形、MF-75 形広範囲交流積算電力計を開発〈单相2線式1素子単独計器〉・150 mm 電気ジスグダライнда PA-150A-1 形を開発・三菱掃除機 TC-245 形新発売・三菱ヘアドライヤー HD-10 形新発売		108
【ニュースフラッシュ】		
300 kV、2,500 MVA、4,000 A SF ₆ ガス遮断器共同立合形式試験終了・アルミニウム製配電用変圧器完成・日新製鋼納め分塊圧延機の水銀整流器駆動・アルミナ圧延機用自動板厚制御装置・新幹線構内および防護用無綫機運用開始・MAR-5 形航空機用超短波無綫電話装置生産開始・電電公社通信研究所納めサーキュレータ・NHK 納め全モクロン化テレビジョン同期信号分配器完成		113
【特許と新案】		
定電圧装置・顔料層を有する青色ケイ光放電灯・電導性ガラス		117
【最近登録された当社の実用新案】		20
【最近における社外講演一覧】		94
【表 紙】		
1. 大出力ピーレーザ装置		
2. 京都大学納め横置形のタンデム方式バン・デ・グラーフ形加速器		
3. アメリカアイオワ大学エームス研究所納め複式中性子回折装置		
4. 三菱ケイ光灯明視スタンド		
【特 集 論 文】		
高周波高出力シリコントランジスタ	土佐雅宣・笹田雅昭・竹中 功・平瀬邦久	2
周波数テイ倍用パラクタ	大久保利美・中尾佳生・中間紀年・玉利邦喜	10
サイリスタのスイッチング機構	清水潤治・中田俊祐・蒲生 浩	19
三菱大電力サイリスタ CR250A	岡 久雄・船川 繁・大社 昂	28
三菱小電力サイリスタ CR95A (2SF521 シリーズ)	岡 久雄・船川 繁・赤崎行昌	35
低周波中出力トランジスタ 2SB451、2SB452	片井正男・細見 清・柴田 浩	40
三菱ゲルマニウムトランジスタの特性とその応用回路	細見 清・新保信太郎・堀内 宏	45
半導体集積回路 TTL	山本隆一・土屋健平	50
半導体放射線検出器 (2)	藤林肇次・宮下恭一・近藤明博・高田 守・須川嘉幸・小田 稔・浜 正治	55
GaAs 可変容量ダイオード	藤林肇次・池川秀彰・須崎 渉・喜連川隆・白幡 譲・武富大児	62
電界効果トランジスタとその応用	山崎英蔵・淡野光章・藤井泰郎	68
P 形シリコンのエピタキシャル・グロース	伊藤昭子・岩田泰昌・中島当記	74
CdS 薄膜トランジスタ	石井 悠・河津 哲・山田洪平	80
マイクロ波電力用シリコンパラクタダイオード	大久保利美・笹田雅昭・近藤明博	84
【論 文】		
新設大容量短絡試験設備用超々高圧短絡変圧器および高圧短絡変圧器	田村良平・平井正好・西山 繁	88
大容量移動用変圧器	青 寿郎・池田五郎・相開克二・但馬常夫	94
大容量変圧器用衝撃電圧発生装置	岩崎晴光・青木俊之・山本利保・林 幸平・三浦良和	98
ダブルワット赤外線ホームコタツ	内田武士・長沢重雄・山田光美	104
【技 術 解 説】		
コアメモリスタック (その 1)	水上益良	107
【技 術 講 座】		
SCR インバータとその応用 (その 3)―原理と動作 (下)―	大野栄一・岸本 健	116
【新製品紹介】		
新形超音波探傷機 FD-170、FD-150 形を発売・エアハンドリングユニットを開発・ラインフローフェン・EM-305、205 形電磁開閉器新発売・MRL 形ラッチ電磁継電器・新しいデザインの YB 形スターデルタ起動器完成・125 mm 電気ジスグダライнда (PA-125B-1 形)を開発・三菱テレビ 19K-821 形新発売・三菱ダイクロームメガネ DG-212 形新発売		125
【ニュースフラッシュ】		
台湾アルカリ納めシリコン整流器完成・電鉄変電所用レクチフォーマ完成・PHR 形可搬式送電線保護継電器装置完成・12万トンタービタシカ電機品・船用ディーゼル主機自動遠隔操縦装置完成・東京電力納め火力プラント訓練用シミュレータ受注・MELDAP-6000 による高炉原料装込設備のオンラインコントロール装置完成・電力会社に遠隔表示装置を大量に納入		131
【特許と新案】		
故障点検定装置・直接接地系統の短絡地絡用方向距離継電装置		135
【表 紙】		
1. 三菱大電力サイリスタ CR250A		
2. 三菱洪水シミュレータ		
3. 三菱小電力サイリスタ		
4. VHF 超遠距離レーダアンテナ		

第 11 号 電源開発佐久間周波数変換所機器特集

《特集論文》	
電源開発佐久間周波数変換所の概要	桑原 進・竹之内達也 2
電源開発佐久間周波数変換所純水冷却設備	塚本昭三・矢野昌雄・鈴木一男・相山英生 7
電源開発佐久間周波数変換所 363 MVA, 353 MVA 変圧器	田村良平・根田邦寿 12
電源開発佐久間周波数変換所周波数変換装置における異状現象の解析	山田郁夫・岡本公春 18
電源開発佐久間周波数変換所交流回路保護および配電盤	森 健・仁科重雄・長町恒資 25
《論 文》	
油入アルミリアクトルと充電用アルミ変圧器	長野佑佑・藤岡泰治 37
三菱ケーブル系統保護用表示線電圧装置	森 健・寺田 真・下迫賀生 41
多重故障対策、零相短絡電流対策付搬送保護継電方式	曾我 清・百瀬寛介・加藤三郎・北浦孝一・古谷昭雄 49
MELDAP-6000 による高炉原料自動搬入装置	武田英夫・石 雅彦・迎 久雄・渡辺武雄 59
電力系統信頼度の考え方と算定法	豊田淳一・林 重雄・嶋村和也・井上幸美 66
シンタックスに基づく ALGOL コンパイラとそれに関する諸問題	首藤 勝・関本彦次・吉竹成之 72
大線部 Co-60 照射装置	津田栄一・四方三二・林原 毅・三宮至道・大野義隆 80
電線箱を用いた線量計	田中 修・池田 浩 86
マイクロ写真用ジアゾフィルムの特性	太田基義・矢田俊雄・豊田裕康・小林吉三郎 89
MELCOM-1530 FORTRAN コンパイラ	菅 忠義・吉江高明・出口博章・浅井邦彦・柳下孝義 95
《技術解説》	
コアメモリスタック (その 2)	水上益良 101
《技術講座》	
MATHEMATICAL PROGRAMMING の動向 (その 1)	福永圭之介・田村坦之 110
《新製品紹介》	
三菱エスベット・三菱ウズ電流電気動力計完成・温蔵庫 (ダイヤホット W, HW-40 形)・家庭用三菱電気冷蔵庫・新形三菱オートラジオ (FM/AM および自動調製式)・三菱ポータブルステレオ電器 PG-850 形 “ミュージカ S” 新発売・三菱テープレコーダー T-165 形 (メモパック) 新発売	118
《ニュースフラッシュ》	
関西電力納め 345 MVA 低騒音変圧器完成・新しい大容量短絡試験設備と SF ₆ ガス遮断器の公開披露・300 kV 20,000 MVA OCB の形式試験終了・世界最速の新聞輪転機自動紙巻装置完成・神戸電鉄回生車用電機品完成・熱処理センタに新設備完成	123
《特許と新案》	
電力用変圧器・位相比較式抑制方式	126
最近登録された当社の特許	127
《表 紙》	
1. 電源開発佐久間周波数変換所	
2. 動力用磁気ジャック形制御移動装置完成	
3. 三菱電力用機器	
4. 三菱電機	

第 12 号 エレベータ特集

《特集論文》	
海外における三菱エレベータ・エスカレータ	向井徳樹・外野龍吾 2
大ビルの昇降機設備 (一般乗用エレベータ)	坂垣晃平 11
中小ビル向け一般乗用エレベータの設備計画	原田輝夫 25
デパートの昇降機設備	鬼頭勝巳 32
アパートの昇降機設備 (中高層実用住宅向け)	坂垣晃平 40
病院の昇降機設備	八木信郎 47
ホテル用エレベータ	山田春夫 51
自動車用エレベータ	穂垣光正 55
人荷用エレベータ、ダムウェータおよびセレクトアップバーチカルコンベヤの設備計画	三矢周夫 62
荷物エレベータの設備計画	三矢周夫 67
三菱エレベータの最近の技術的進歩	高村 明・瀬原田三郎・都竹 尚・安西伸夫 73
立体駐車場装置	加藤淳治・三浦允之 86
三菱エスベット	鬼頭勝巳 92
《論 文》	
関西電力京都河原町 CM-45 形ネットワークプロテクタ	東松孝臣・宮本 一・天野 恒・竹内孝治・久保修造 96
三菱ナトコ射出成形機用電機品	北川博美 103
微小電極用小形増幅器	大村 繁・大山 浩・倉橋浩一郎 107
ショート・スロット・ハイブリッド回路	立川清兵衛・折目雪啓 113
《技術解説》	
最近の車両用変圧器	南角英男・鶴田敬二・黒田幸男 117
《技術講座》	
MATHEMATICAL PROGRAMMING の動向 (その 2)	福永圭之介・国方敏行 127
《新製品紹介》	
単相水封式水中モートル WSS 形シリーズ完成・親子モートル完成・WS 形起動器の新形完成・フロートレススイッチを開発・OS 形操作スイッチおよび PC 形信号灯・三菱テレビ 16T-780 形新発売・三菱ヘッドライヤー HD-600 形《ダンディライン》新発売	137
《ニュースフラッシュ》	
東北大学納め線形電子加速器完成・三菱ダイアックス放電加工機 DM-220 形完成・国鉄秋葉原駅向け高揚程形エスカレータ完成・記録的水車発電機を大量受注・簡易形高周波発電機完成・車両用高圧インバータ装置完成・電車チョップ制御の現車試験完了・オーストラリア PMG 4Gc 全固体化送信機納入・NHK 総合技術研究所へ UHF 用全固体化装置を納入・第 13 回オーム技術賞受賞	141
《特許と新案》	
制御電極付半導体整流装置・可変抵抗器・固体回路装置・可変抵抗器	145
《最近登録された当社の特許》	147
《表 紙》	
1. 東京交通会館乗用エレベータ乗場	
2. 世界最大のスラスト軸受試験装置完成	
3. 三菱エスカレータ	
4. 三菱石油ストーブ	

次号予定

三菱電機技報 Vol. 40 No. 1

昭和40年度回顧特集

- 発電機器
- 送配電機器
- 変換機器
- 工業用電機品
- 船用電機品
- 電鉄用電機品
- 電装品
- ビル用電気設備と電気機器据付配線工事
- エレベータ・エスカレータ
- 空調調和・冷凍・空気清浄装置
- 通信機器および通信応用機器
- 電子応用機器
- 電子管および半導体素子
- 計測器
- ランプ・照明器具および照明施設
- テレビ・ラジオ・音響機器
- 家庭用一般電気品
- 材料
- 原子力機器
- 研究

三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
常任委員	明石精
"	安藤安二
"	石川理一
"	宇佐見重夫
"	大野寛孝
"	北川和人
"	小路誠春
"	小堀富次雄
"	鈴木正材
"	祖父江晴秋
"	馬場文夫
"	山田栄一
委員	大森淳夫
"	尾畑喜行
"	樫本俊弥
"	神崎大
"	堀真幸

(以上50音順)

昭和40年12月22日印刷 昭和40年12月25日発行
「禁無断転載」 定価1部 金100円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目12番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」
東京都千代田区丸の内2丁目12番地(三菱電機ビル内)
(電)東京(212)大代表 6111

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店
電話(291)0912 振替東京 20018

本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目12番地
(三菱電機ビル内) (電) 東京(212) 大代表 6111

大阪営業所	大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪(312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3の88・名古屋ビル (電) 名古屋(561) 大代表 5311
静岡駐在員	静岡市七間町9の10(池田ビル) (電) 静岡(54) 7016~7
福岡営業所	福岡市天神2丁目12番地1号 天神ビル5階 (電) 福岡(75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西4の1(北海道ビル) (電) 札幌(26) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台(22) 代表 6101
富山営業所	富山市桜木町1番29号(明治生命館) (電) 富山(31) 代表 3151
広島営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電) 広島(21) 大代表 5111
高松営業所	高松市鶴屋町45番地 (電) 高松(2) 代表 0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2の12(三菱電機ビル) (電) 東京(212) 大代表 6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪(312) 大代表 1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3の88・名古屋ビル (電) 名古屋(561) 大代表 5311
福岡商品営業所	福岡市天神2丁目12番地1号 天神ビル5階 (電) 福岡(75) 代表 6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西4の1(北海道ビル) (電) 札幌(26) 大代表 9111
仙台商品営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台(22) 代表 6101
富山商品営業所	富山市桜木町1番29号(明治生命館) (電) 富山(31) 代表 3151
広島商品営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電) 広島(21) 大代表 5111
高松商品営業所	高松市鶴屋町45番地 (電) 高松(2) 代表 0001
北九州出張所	北九州市小倉区京町10の281・五十鈴ビル (電) 小倉(52) 代表 8234
長崎出張所	長崎市大黒町3番1号(長崎交通産業ビル) (電) 長崎(3) 代表 6101
横浜出張所	横浜市中区富士見町2の12 (電) 横浜(65) 2691~3
新潟出張所	新潟市万代町69番地 (電) 新潟(45) 1378
長野出張所	松本市白坂212番地 (電) 松本(3) 1453
京都出張所	京都市中京区王生坊城町5(古橋ビル) (電) 京都(82) 1245
神戸出張所	神戸市兵庫区西宮内町82(万統ビル) (電) 神戸(68) 1396
静岡出張所	静岡市七間町9の10(池田ビル) (電) 静岡(53) 代表 9186
金沢出張所	金沢市幸町13番28号 (電) 金沢(63) 代表 1341
岡山出張所	岡山市西長瀬字村北122の1 (電) 岡山(24) 代表 0331
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪(481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船782番地 (電) 鎌倉(6) 代表 6111
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目 (電) 神戸(67) 大代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪(481) 大代表 8021
長崎製作所	長崎市平戸小屋町122番地 (電) 長崎(3) 大代表 6211
稲沢製作所	稲沢市井之口町1100番地 (電) 稲沢(32) 代表 4121~9
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地 (電) 和歌山(3) 代表 1275~9
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電) 鎌倉(6) 大代表 6171
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池1番地 (電) 伊丹(72) 大代表 5131
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電) 名古屋(721) 大代表 2111
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地 (電) 福岡(88) 代表 0431
福山製作所	福山市緑町1番8号 (電) 福山(2) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町840番地 (電) 姫路(23) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保224の224 (電) 相模原(72) 大代表 5131
静岡製作所	静岡市小丸110番地 (電) 静岡(85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (電) 中津川(5) 大代表 2121
大船製作所	鎌倉市大船800番地 (電) 鎌倉(6) 代表 6111
郡山製作所	郡山市字境橋町1番地 (電) 郡山(2) 1220~1223
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電) 太田 代表 4311
無線機製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪(481) 大代表 8021
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字園所1 (電) 京都(92) 大代表 4171
伊丹製作所	三田市三輪町字父々部85番地 (電) 三田(437) 1~4375
鎌倉製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪(481) 大代表 8021
伊丹工場	伊丹市大船800番地 (電) 伊丹(72) 大代表 5131
相模製作所	相模原市小山字久保224の224 (電) 相模原(72) 大代表 5131
世田谷工場	東京都世田谷区池尻町437番地 (電) 東京(414) 代表 8111
札幌営業所	札幌市北二条東12丁目98番地 (電) 札幌(22) 3976
札幌工場	