

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.44 August 1970

エレベータ特集

8

超高層ビルと情報化時代のエレベータ



未来を開発する





エ レ ベ ー タ 特 集

目 次

《特集論文》

平常時におけるエレベータ交通のシミュレーションとその応用

-新保松夫・藤田 明・寺山佳佑・小池将貴・大西祥子... 985
- 超高速化の進む三菱シンクログライドエレベータ.....高村 明・安西伸夫・渡辺英紀...1005
- アプローチディテクタ.....吉山裕二・野田昌弘・丸橋 敏...1015
- 高速エレベータの縦振動の解析.....松倉欣孝・竹下光夫・瀬原田三郎・大富貞行...1020
- 三菱 ASP-A MARK II 全自動群管理エレベータ.....板垣晃平・石嶋 進...1025
- 新形エレベット.....山田春夫...1038
- 屋外用エレベータ.....小林憲太郎・伊藤拓三...1042

《普通論文》

22kVミニクラッド（固体絶縁開閉装置）

-梶 持 宏・永田秀次・永井信夫・桜井武芳・信崎泰秀・畑田 稔...1051
- 7300kW 4極かご形回転子三相誘導電動機.....富田晴彦・伊瀬知孝・森永恭光...1062
- 回転曲面に分布する電流による磁界の計算法.....野村達衛...1067
- ビデオテープレコーダ VT-900.....道家昭彦・国井郷志...1074
- 高温化学反応の実験的研究—メタンからアセチレンの生成—.....小村宏次・伊藤利朗...1081
- 日本万国博覧会における三菱未来館の照明.....穴沢喜美男・森本俊一...1086
- シルエトロン—日本万国博覧会三菱未来館設置電光映像装置.....高田真蔵・倉橋浩一郎・池端重樹...1093
- 日本万国博覧会におけるリコー館のバルーン照明.....小川俊也・福島善夫・狩野雅夫・橋本武雄・森本俊一...1098

《新製品紹介》

380mm 携帯用電気丸のこ・航空機用足温器・電動式ゴルフカート発売

.....1105

《ニュースフラッシュ》

世界記録品 400kVA 10kHz 立形高周波発電機完成・“日本最大の出力ガラスレーザ開発” 名大プラズマ研究所に設置・三菱電機
水車発電機に水冷スラスト採用（北海道企業局岩尾内発電所納め 14,500kVA 水車発電機）

《特許と新案》

時計装置・ワイヤボンドレス半導体素子・ヒューズ筒装着装置・電圧変動表示装置

.....1049

《ハイライト》.....“三菱住宅設備コア”を開発《工事の省力化機器のシステム化を図る総合住宅設備ユニット》

表紙 1 超高層ビルと情報化時代のエレベータ

超高層ビルにおけるエレベータの重要性は飛躍的に増大した。エレベータをいかに計画するかによって、そのビルの経済性・便利性に影響するところがきわめて大きい。エレベータの計画にあたってコンピュータによるシミュレーションといった情報技術が有力な方法として登場し、従来の定性的・経験的な方法に比べ、はるかに合理的な計画ができるようになった。また一つのグループになったエレベータ群を最も能率良く機能を発揮させる群管理装置にも、最新の情報技術が応用されるようになった。

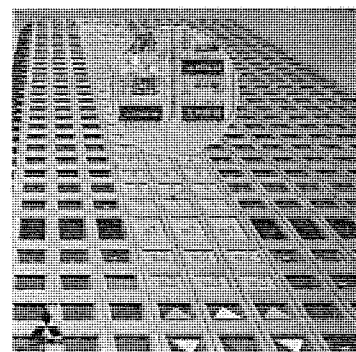
さらに今後進展が予想されるものとして、マン—マシン システムとして、エレベータと人間の対話のための装置は、情報技術の駆使なくしてあり得ない。

表紙は超高層ビル建設が活発化し、情報処理技術が活用される明日の時代のエレベータをシンボライズした。

表紙 2 三菱エレベット R 形・住宅用エレベータ

表紙 3 日本万国博覧会の照明施設（その 1）

表紙 4 日本万国博覧会の照明施設（その 2）



**SPECIAL EDITION FOR ELEVATORS****CONTENTS****SPECIALLY COLLECTED PAPERS**

Elevator Traffic Simulation in Off Peak Hour and Its Application	
.....M. Shinbo • A. Fujita • K. Terayama • M. Koike • S. Ohnishi...	985
Mitsubishi Synchro Glide Elevators Making Progress in Super-high Speed Operation	
.....A. Takamura • N. Anzai • E. Watanabe...	1005
Approach Detectors.....	M. Noda • Y. Yoshiyama • A. Marubashi...1015
Longitudinal Vibration of High Speed Elevators.....	Y. Matsukura • M. Takeshita • S. Seharada • S. Otomi...1020
Mitsubishi ASP-A MARK-II Group Supervisory System of Elevators.....	K. Itagaki • S. Ishijima...1025
New Elepet.....	H. Yamada...1038
Outdoor Elevators.....	K. Kobayashi • T. Ito...1042

TECHNICAL PAPERS

2.2 kV Miniclad (Solid Insulation Switchgear)	
.....H. Kenmochi • H. Nagata • N. Nagai • T. Sakurai • Y. Shinozaki • M. Hatada...	1051
7,300 kW 4 Pole Squirrel Cage 3 phase Induction Motor.....	H. Tomita • T. Isechi • Y. Morinaga...1062
Method of Calculation of Magnetic Field Due to Current Distribution on Revolving Surfaces.....	T. Nomura...1067
Video Tape Recorders VT-900.....	A. Dôke • S. Kunii...1074
Experimental Study of Chemical Reactions in High Temperature.....	H. Komura • T. Ito...1081
Lighting in Mitsubishi Pavilion Expo '70.....	K. Anazawa • S. Morimoto...1086
SILHOUTRON-Display device for Expo '70 Mitsubishi Pavilion.....	S. Takada • K. Kurahashi • S. Ikebata...1093
Attractive Lighting for A Balloon of the Ricoh Pavilion in Expo '70	
.....T. Ogawa • Y. Fukushima • M. Karino • T. Hashimoto • S. Morimoto...	1098

NEW PRODUCTS.....	1105
-------------------	------

NEWS FLASH.....	1107
-----------------	------

PATENT AND UTILITY MODEL.....	1049
-------------------------------	------

HIGH LIGHT.....	Housing Facilities Packed All in One
-----------------	--------------------------------------

COVER :**1. The Age of Skyscrapers and Elevators with Data Processing Technique**

A vital role played by elevators in skyscrapers has been acknowledged increasingly. How to determine the elevator system affects a great deal the economy and efficiency of buildings. Traffic simulation technique through computers in the planning of the elevator system is now new notion come into being. This has made it possible to have a rational system design compared with the old qualitative and experimental practice. Also supervisory system of grouped elevators with higher efficiency and better function is the outcome of the latest data processing technique put into application.

As further progress, man to machine system is anticipated, where man talks to the machine. This can never be realized but the application of this new technique.

The illustration on the cover symbolizes future elevators in which the data processing technique is taken up in full to cope with the active construction of skyscrapers.

2. Type R Elevator "Mitsubishi Elepet"**3. Attractive Lighting in EXPO '70****4. Attractive Lighting in EXPO '70**

HIGH-LIGHT

“三菱住宅設備コア”を開発

《工事の省力化、機器のシステム化を図る、総合住宅設備ユニット》

当社では、かねてから三菱地所(株)の計画に基づいた一戸建用住宅総合設備ユニットの研究開発を進めてきたが、このほど試作品第一号を完成した。これは、従来見られなかった独創的なアイデアと新構想から生まれたもので、長年にわたってつちかってきた当社の総合設備メーカーとしての実績、技術的成果などを余すところなく盛り込んだものである。試作品の発表に引きつづいて、今秋10月から生産・販売を開始する準備計画を推進している。

●三菱住宅設備コア開発の意図

ここ数年来、住宅に対する国民的関心はいよいよ高まり、産業経済界に占める住宅産業の比重は逐次大きさを増し、その急速な成長には目をみはらせるものがある。こうした情勢に即応して、設備の総合メーカーである当社は、「将来の住宅のレベルや価値を決定づけるものは設備である」という見解を持ち、住宅関連設備に対してより積極的に取り組むと同時に、広い視点に立った独自のプランを練ってきた。この意図のもとに、三菱地所の計画に基づき当社の高度な技術を結集して完成したのが、“三菱住宅設備コア”試作品第1号である。

―業界最初の総合的設備ユニット―

住宅建築のプレハブ化、工場量産化にともない、最近では設備のユニット化が目立っているが、それらはいずれも単一機能の設備ユニットで、“住宅設備コア”のような総合的ユニットは発表されていない。

―設備機器のシステム化―

いっさいの設備部分を最も合理的に組み合わせ、それぞれの設備機器が有機的に関連性を持つ完璧なシステムを開発し、これをそのまま住宅の心臓部にするというユニークな発想から“三菱住宅設備コア”が生まれた。

●三菱住宅設備コアのねらい

(1) 住宅需要の増大につれて、建設労務者不足の対策・工程管理の合理化・工場量産によるコストダウンなど、次々に新しい課題がうまれてきた。そのため住宅におけるユニット化の必要度が急速に高まってきた。

しかし厨房・浴室・トイレ・洗面所などの、それぞれの単一機能をユニット化するのみでは、やはりユニットの取り付け、給・排水系や空調・給湯系の配管配線といった現場作業が相当必要となり、根本的な課題に答えるものとはいえない。

(2) “三菱住宅設備コア”は、これらの要請を満たすために

(a) 生活水準の向上に見合う設備の重装備化

(b) 工場量産による現場作業の徹底的な省力化と迅速化

(c) 機器の適切な選択とシステム化

などによって、従来のユニットとは異なる独自の新しい構想を実現している。

(3) 4～6人家族の一戸建住宅用に考えたこのコアは、最も合理的かつ快適な住生活を営むため、各種設備器の選択に加えて、その機能的配置を設定した住宅システムの供給を目的にしている。

住宅の心臓部ともいえるこのコアを中心に、好みに応じてどのようにでも居住部分を接続構成することができる。

(4) 住宅システムの供給を目的にしたもう一つの意義は、設備機器全般にわたる品質管理の画一化、アフターサービスの一元的管理を期していることである。

●おもな特長

(1) 住生活に必要な設備(厨房・空調・洗たく・浴室・洗面・化粧・トイレ)のすべてを、コンパクトに一体化した。

(2) 現在はもちろん、将来必要とされる諸設備機器も装備してある。

(3) 設備機器のみならず、収納スペースも多くとり入れた。

(4) セントラル給湯・セントラル冷暖房(ダクト方式)を可能にするコンパクトな機器を備え、勝手口も設けた。

(5) 各設備間の動線は、コア内で連続性を持たせ、家事作業の能率化を配慮している。

(6) 大きさは幅2.4m、長さ7.2m、高さ2.65mで、これは現在の道交法による通常の運搬可能範囲に入り、しかも生活機能設備として必要なスペースは十分に確保してある。

(7) “住宅設備コア”全体をトラック(10t積)に積載して輸送することができ、これに居住部分を接合して設置すれば、そ

の住宅のすべての設備が完成する。

●協力関係

“三菱住宅設備コア”は、計画三菱地所(株)、製作・三菱電機の協同開発であるが、設備機器の一部および内外装については、次の各社より協力を得ている。

日本建鉄……………本体内工事・アルミサッシ・ドア・防火戸
三菱樹脂……………ユニットバス
三菱アルミニウム……………外装 カラーアルミ 板

三菱 レイオン……………繊維床材 パイザル
岡村 エンジニアリング……………空調吹出口
東陶機器……………衛生陶器・水せん(栓)・金具類

●生産・販売

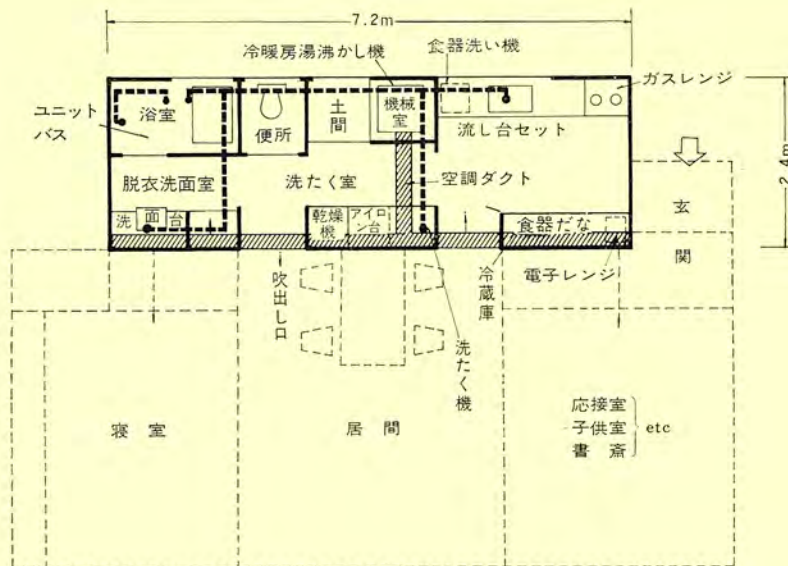
本年10月以降、受注生産方式により販売を開始する。ただし現在でもご照会に応じる。また将来は コア の一部分の別売にも応じる。概算正価 250 万円。

●仕 様

住宅設備コア平面

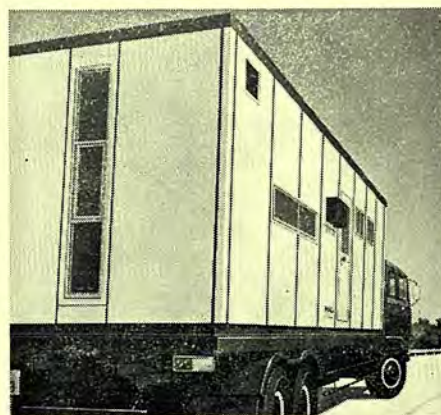
(点線は居住部分の間取りの一例を示す)

- (1) 面 積：17.28 m² (5.2 坪) 付設の居住部分は 50～120 m² を想定
- (2) 構 造：軽量鉄骨造 外壁 カラーアルミ 板、内装合板ビニル張り 屋根なし
- (3) 寸法重量：7.2 m×2.4 m×高さ 26.5 m 総重量約 4 トン 10 トン 積みトラックに積載可能
- (4) このコアは、4～6 人家族用を標準としている。



●三菱住宅設備コア内蔵機器一覧表

区 分	機 種
台 所	流し台：間口 2 m、前面メラミン化粧板
	ガスレンジ：トップ二口、オープンとびら全面ガラス
	食器洗い機：流し台組込み、6 人用、全自動二重噴射式
	換気扇：25 cm 連動式 [E-25 LK]
	冷蔵庫：2 ドア式 総内容積 187 l [MRA-180 FC]
洗 たく 室	電子レンジ：家庭用標準形 [RR-603]
	ドアホン：乾電池式 [ZDP-101]
	天井けい光灯：円形 40 W 用、カバー付きフレームレス [FCP-461]
	たな下けい光灯 (3 台)：15 W 用、プラスチック製下面開放 [FZ-521]
	つり戸たな：間口 2 m、前面メラミン化粧板
機 械 室	食器戸たな：間口約 2 m、前面メラミン化粧板
	洗たく機：全自動式、洗たく脱水能力 2 kg
	電気衣類乾燥機：ロッカータイプ、乾燥能力 1.8 kg 自動適正乾燥 [DA-801]
	天井けい光灯：円形 30 W 用、埋込形カバー付き [FCY-321]
	天井常夜灯：白熱灯用、埋込形カバー付き [LD-401]
便 所	たな下けい光灯：15 W 用、プラスチック製下面開放 [FZ-521]
	つり戸たな：間口約 1.7 m、前面メラミン化粧板
	アイロン台兼キャビネット：間口約 0.7 m、前面メラミン化粧板
	冷房ユニット：セパレート形 8,000/9,000 kcal/h 三相 200 V
	ガス温水機：8 号 湯き返し装置付
脱 衣 洗 面 室	ガスファーン：11,000 kcal/h
	自動室温調節器：冷房ユニット、ガスファーン用
	天井けい光灯：10 W 2 灯用、カバー付き [FV-W 1422]
	分電盤：1 φ 2 W 10 A 6 回路
	空調吹出口：アルミ製
浴 室	水洗便器：ロータンク洋式
	換気扇：ダクト用、大井埋込み [V-13 KZ]
	天井けい光灯：10 W 2 灯用、電子スタート、カバー付き
	洗面台：3 面鏡、戸たな付き
	鏡 灯：40 W ラビッドスタート式、くもり止めファン付き、カバー付き



UDC 621.87

平常時におけるエレベータ交通のシミュレーションとその応用

新保松夫・藤田 明・寺山佳佑・小池行貴・大西祥子

三菱電機技報 Vol. 44.No.8・P985～1004

従来、建物に対するエレベータ設備を選定する場合、主として朝のピーク時のみを対象としており、1日のエレベータ交通の大半を占めるピーク時以外のいわゆる平常時におけるサービス状態を評価しうる適正な手段はなかった。今回、当社が開発した全自動群管理式エレベータ(ASP-A・MARK-II)のデジタルコンピュータシミュレータ(ASCOM-II)を活用すれば、平常時のエレベータ交通における個々の利用客のシステム内での事象を集積した、統計的なデータによって、エレベータシステムのサービス状態を評価することが可能となり、建築設計者に○対してエレベータ設備をより正しく計画するための、助言を提供することができるとしている。

UDC 621.876

三菱ASP-A MARK II 全自動群管理エレベータ

板垣晃平・石嶋 進

三菱電機技報 Vol.44.No.8・P1025～1037

三菱オートセレクトボタンオート(ASP-A)方式は、わが国で最初の本格的全自動群管理エレベータとして昭和32年に市場に登場した。以来、その性能の優秀さは高く評価され、国内外を含めてすでに500台以上の納入実績を誇っている。

この間、数多くのビルにおいてエレベータの実動状況を調査するとともに、シミュレーションにより種々の交通需要と、その変動に対するエレベータの応答のさせ方を徹底的に追求し、同時にまた顧客の要求をとり入れて、従来から好評であったASP-A方式○に大幅かつ基本的な改良を加え、全く新しい全自動群管理エレベータ○ASP-A MARKII式を開発したのでその全容を紹介する。

UDC 621.876

超高速化の進む三菱シンクログライドエレベータ

高村 明・安西伸夫・渡辺英紀

三菱電機技報 Vol. 44.No.8・P1005～1014

近年超高層ビルが続々と建設されるにつれてエレベータもますます高速・高揚程化を要求されるようになった。

三菱シンクログライド高速エレベータはこのような要求にこたえるために開発された高性能エレベータで、昭和38年以来、多くの納入実績を数え、高級高性能エレベータとしてご好評をいただいている。

本論文では、高速エレベータとして備えるべき条件と、この条件を満足するために当社が行ってきた数々の改良事項、さらには世界最高速である540m/minエレベータを実現するため○の技術的問題点を述べ、併せて今回世界貿易センタービルへ納入した○300m/minエレベータの実績をも紹介する。

UDG 621.876

新形エレベット

山田春夫

三菱電機技報 Vol.44.No.8・P1038～1041

昨今の一連の社会政策の中で、都市再開発・住宅建設計画が大きくクローズアップしたのに伴ない、新規需要の中小ビル高層化の傾向が著しくなった。この状況に即応するため、当社エレベータ部門は、今回、従来の「標準形エレベット」の容量と速度の範囲をそれぞれ大幅に拡大すると同時に、意匠デザインが多様化に対応する新体系を確立した。すなわち住宅用と一般乗用の2本立に区分し、それぞれに特色を持たせ、新しい時代の要請に答える系列をととのえた。本文では、この新しい新形エレベット」の概略仕様と、その開発の主眼と技術的内容について概説し、○今後急激に増加するであろうこの種のビル計画に対するご参考に供し○た。

UDC 621.876(534.88-8)

アプローチディテクター

丸橋 徹・吉山裕二・野田昌弘

三菱電機技報 Vol. 44.No.8・P1015～1019

この装置はエレベータに乗り込もうとする乗客の動きを検出する画期的な検出器で、超音波のドップラ(Doppler)効果を利用している。乗客の検知速度は0.4m/s以上、検出面積はドア前、幅2m、奥行2mの領域でとびらに向けて近づく人のみを検知し、遠ざかる人や、エレベータホールを通り抜ける人、静止物体は検出しない。この検出器を従来のとびら開閉管理装置と併用するとエレベータの待機むだ時間を極力短縮して運転効率を上げられる。また乗り遅れた乗客が、あとから急いで近づけば開動作中のとびらを再開して収容するなど、運転手なしエレベータのサ○ービスの質を飛躍的に向上できる。

UDC 621.876

屋外用エレベータ

小林憲太郎・伊藤拓三

三菱電機技報 Vol. 44.No.8・P1042～1047

通常のエレベータは、一般屋内で周辺を閉じた昇降路内に設置される環境条件(いわゆる屋内普通環境)を前提に発展してきたものであるが、近年屋外の自然環境に接した条件で設置される屋外用エレベータの要求もふえてきた。屋外用では従来の屋内環境用とは異なった特殊対策が必要であり本稿ではこれらの概要を述べ若干の実施例について紹介する。

UDG 621.876(534.015)

高速エレベータの縦振動の解析

松倉欣孝・竹下光夫・瀬原田三郎・大富貞行

三菱電機技報 Vol. 44.No.8・P1020～1024

超高層ビルに使用されるエレベータは、高速高揚程の傾向にあり、ロープが長い縦振動への配慮が必要になってきている。これに対し種々の方向から検討を進め、エレベータの設計にこれらの成果を積極的におりこみ、振動の少ない乗心地よいエレベータを製作している。ここでは、上の研究の一環としてとりあげたかごの位置と縦振動の固有振動数との関係について詳述し、(1)ロープなどによって決まる固有振動数は、ロープが集中定数ばねとしてきくものと、分布定数ばねとしてきくものの2種に大別でき、後者はかごの位置に関して急激に変化すること、(2)○シャックルばね等ロープに直列にそう入されたばねの効果、などについて明らかにした。

UDC 621.316.344:621.316.5

22kV ミニクラッド(固体絶縁開閉装置)

剣持 宏・永田秀次・永井信夫・桜井武芳・信崎泰秀・畑田 稔

三菱電機技報 Vol.44.No.8・P1051～1061

都市過密化対策として、東京電力と三菱電機は共同により、革新技術を駆使して、超小形であるとともに、高信頼度をもち、建設・運転・保守を省略化した超小形変電所、新技術開発を行なうこととなった。その第一段階として大容量変電所の二次側となる22kV用開閉装置(ミニクラッド)の試作試験を行ない、実用性能を十分検証できたうえで、東京電力目白変電所に納入、昨年3月から運転にはいった。本年1月完全な現地点検を行ない、十分な実用性を持っていることを証した。本論文はこれらの開発経過および目白変電所納入機器について述べる。

UDC 621.313.333.2.025.3

7300kW 4極 かご形回転子 三相誘導電動機

富田晴彦・伊瀬知 孝・森永恭光

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1062~1066

かご形誘導電動機は、始動 kVA が大きい大容量機では、従来巻線形電動機が採用されてきた。しかし、使用場所の電源容量は近年とみに増強され、大容量かご形電動機の需要は著しく増えてきつつあるが、大容量高速機においては、負荷のGD が大きい場合には、始動時の発熱、および遠心力による回転子バー並びにエンドリングの強度が問題となる。当社は、昭和44年10月神戸製鋼經由新日本製鉄（戸畑製鉄所）に、7,300kW, 4 極、かご形三相誘導電動機を製作納入した。これは国内の記録品であり、大容量かご形誘導電動機製作の緒となるものである。



UDC 628.974.628.9.06

日本万国博覧会における三菱未来館の照明

穴沢喜美男・森本俊一

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1086~1092

“人類の進歩と調和”をテーマにした日本万国博で、三菱グループは“日本の自然と日本人の夢”に取組み、四季折々に変化する日本の自然と50年後の日本の空・海・陸を描き出している。

ここでは、50年後の日本の空・海・陸演出に大きな役割を果たしている照明について、展示物との関係を含めながら、その方法と効果、照明器具の種類および調光装置を各へやごとに分けて述べることにする。



UDC 534.54:538.63:512.8

回転曲面に分布する電流による磁界の計算法

野村達衛

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1067~1073

発電機端部やテレビジョン用偏向コイルあるいは円筒くら形マグネットなどの磁界問題は、鉄心境界が軸対称で電流も軸対称の回転曲面に分布し、電流は円周方向成分のみならず、軸方向成分と半径方向成分も存在する三次元の磁界問題で、その解析はむずかしい。

このような三次元磁界問題に対し、複雑な鉄心境界も考慮できる磁界計算法として差分法による数値計算が期待される。本文は磁気スカラーポテンシャルを用いた特殊な差分法計算法を示し、テレビジョン用偏向コイルに適用した例を示す。この計算法によって、従来正確に計算できなかった複雑な境界を有する磁界問題も容易に計算できるようになった。



UDC 621.397.3;621.326

シルエトロン——日本万国博覧会三菱館設置電光映像装置

高田真蔵・倉橋浩一郎・池端重樹

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1093~1097

万博三菱館第5室に10m×8mの大画面映像装置「シルエトロン」を設置した。これは一辺が200mmの正三角形パネルに15Wの自然電球をとりつけたものを一絵素として、約3,000絵素をマトリクス状に配置した映像パネルを備え、これをラスタ走査方式により制御して、ITVカメラ等で撮影した像を実時間表示することができるものである。

万博ではステージ上の人物の動きをシルエットとして表示するという演出をとっている。



UDC 621.397.6:621.318

ビデオテープレコーダ VT-900

道家昭彦・国井郷志

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1074~1080

ビデオテープレコーダは、記録媒体に磁気テープを使用しているので即時性があり、また何度でも（数周間）記録・再生できるという経済的利点を持っている。今度、X線透視画像を記録するのに十分な性能を持つ高解像度VTR、VT-900を開発したので、その概要を述べる。また本機の付属装置として、記録位置を自動的に検索することのできるオートサーチユニットVS-9、およびXTVと組合せて用い、フィルム撮影像と同像を即時に再生し、フィルム撮影状態を判定できるスポット装置も同時に開発したのでここに合わせて報告する。



UDC 678.974:628.9.06

日本万国博覧会におけるリコー館のバルーン照明

小川俊也・福島善夫・狩野雅夫・橋本武雄・森本俊一

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1098~1103

“人類の進歩と調和”をテーマにした日本万国博覧会のリコー館屋上には、大きなバルーンが空高く上がり、大きな目で会場を見おろしている。そして、色とりどりの色に変化し、水玉模様のパターンを描き出している。このバルーンの照明には、光源として、色けい光ランプ、カラードけい光ランプおよび自然灯を使用し、けい光ランプの調光、自然灯の点滅をおこなっている。これらの操作はすべて電子計算機が受持っており、作光者のイメージをそのまま描写できるようになっている。ここでは、この照明方法について述べる。



UDG 541.11.001.33

高温化学反応の実験的研究——メタンからアセチレンの生成——

小村宏次・伊藤利朗

三菱電機技報 Vol.44. No. 8・P1081~1085

好ましい運転条件で、アーク電圧が250V、アーク電流が50Aという電気的加熱器が設計、開発された。この装置に作動ガスとして供給されたメタンの熱分解反応について研究がなされた。高温反応気体中の生成物が水冷プローブによって冷却、採取された。質量流量30ℓ/min、電気入力10~15kWの条件で、アセチレンと水素が主生成物であった。冷却された生成物中のアセチレン濃度は良い条件で23~35モル%に達している。実験の結果は、メタンの高温熱分解に関して一連の連鎖反応を仮定することによって反応速度論的に計算された結論と矛盾しない。反応速度論的計算の結果は高温アーク中におけるメタンの平均温度が2000~2500°Kにあることを示している。



平常時におけるエレベータ交通のシミュレーションとその応用

新保 松夫*・藤田 明*・寺山 佳佑*
小池 将貴*・大西 祥子*

Elevator Traffic Simulation in Off-Peak Hours and Its Application

Head Office Matsuo SHINBO・Akira FUJITA・Keisuke TERAYAMA
Masayoshi KOIKE・Sachiko OHNISHI

In the selection of elevators for building, the service for peak hours has taken into account as the main factor of determination, but there has been no proper means to evaluate the service conditions in off peak hours which are accounted for the major portion of daily traffic. Under the circumstances an ASP-A simulator on computer (ASCOM-II) has been developed. With this, the operation of the ASP-A-Mark II has been simulated through digital computation to evaluate the service condition of elevator systems in connection with the waiting time of the passengers. Thus, information needed for the effective design of elevator systems can be made available through this method.

1. ま え が き

超高層ビルがあいついで建設されている昨今、ビルの機能化・効率化を計るうえで、エレベータ設備のあり方に対して、今まで以上に多くの配慮が必要であるという認識は、今やビル計画・設計の関係者の間に定着しつつある。ビルの超高層化は垂直輸送距離を増大させ、必然的にエレベータ設備を大規模化する。このことは、直接ビルのレントラブル比を圧迫し、建物の効率を低下させる要因となるが、一方、ビル機能を低下させないためには、必要にして十分なエレベータ設備の確保が要請される。ここに、エレベータ設備計画の重要性が存在する。

従来、エレベータ設備規模を選定する方法としては、そのビルに発生すると推定されるエレベータ交通需要のピーク時を対象として、エレベータの輸送力確保という観点から、種々の検討を加えるのが一般的であった。最近では、こうしたピーク時のみを重視する設備計画のあり方に対して、ピーク時以外、すなわち、1日のうちの大部分の時間を占める平常時間帯における利用者の「待ち時間」を含めた、総合的な解析による設備水準の重要性が提唱されはじめている。しかしながら、平常時におけるエレベータ交通が、事務所ビルの出勤時に発生するようなピーク時のように単純ではないため、これまで「平常時の待ち時間」の問題に対して定量的な資料によって答える手法は皆無であった。

当社は、このたび、こうした平常時のエレベータ交通における、全自動群管理方式のエレベータである、ASP-A・MARK-II (Auto Select Pattern-Auto) の運転動作をディジタルコンピュータによって模擬し、乗客の「待ち」に関するデータに基づいて、エレベータシステムのサービス状態を評価することができるシミュレータ ASCOM-II (ASP-A Simulator on COMputer) を開発したので、その概要を紹介するとともに、従来のエレベータ設備計画手法に対する一つの見直しを試みた。

2. エレベータ設備計画と日中におけるエレベータ交通

エレベータに限らず、設備計画の目的とするところは、適切な需要

または負荷を予測して、これに見合った過不足のない能力を持ち、しかも最も経済的な設備を選択することにある。

建物内における垂直交通需要は、建物の性格・規模・立地条件などによって大きく左右される。しかも、建物の計画時点では不確定な要素が多いのが普通で、エレベータの交通需要の予測には困難をとまなう場合が多いが、需要予測が適当であるか否かは、エレベータ設備計画の成否に直接関係する重要な事項であるから、慎重に高い精度で設定する必要がある。次に、需要予測に基づいてビル内の交通をどのように処理したら最も能率のよい設備となるかを検討して、エレベータの基本的骨組みとなるサービス計画案をたて、その計画案について交通計算を行なって結果を建築計画にフィードバックする。これらの手順を繰返してエレベータの適正台数・仕様を決定するのが設備計画の初期段階として、正統な手法である。さらに、エレベータの利用には必ず待ち合わせの問題がともなうので、前述のように、量的には過不足のない輸送能力を確保することのほかに、質的にも利用者の待ち時間がある許容値以下になるよう、両面からの検討が必要である。

従来から事務所ビルの計画では、一般に交通需要として最も集中度の高い朝の出勤時を対象とし、そのピーク5分間の出勤者数とし、前もって仮定したエレベータの5分間の輸送人員との比較を繰返して、エレベータの最適仕様を求めることを行ってきた。この方法では、すべての情報量を平均値として扱っているため計算は簡単で、エレベータのサービス計画、仕様を変えた場合のマクロ的な比較検討には有利な方法であるが、問題を定常的な人の流れに置き換えているため、動的状態がつかみ得ず、したがって得られる結果には限界があった。また待ち時間に対しては、エレベータの平均1周時間を単にバンク内台数で割った値を一つの目安として評価せざるを得ない欠点があった。

しかしながら、建物が高くなってエレベータ台数が増加し、建物の平面計画がエレベータで左右されるようになると、エレベータホールにおける過渡的な待ち行列や、エレベータ利用者の待ち時間などの精度の高いデータが必要になってきた。

これらの要求にこたえるため、当社では数年前より出勤時におけるエレベータ交通のシミュレータ ASCOM-I を実用化した⁽¹⁾。エレベータ

設備計画に際しては、従来の計算手法によりほぼ煮つまったエレベータ計画案に対してシミュレータを利用し、エレベータの運行状況、待ち行列および待ち時間の時間的変化、分布状況など、客観的・合理的なデータを提供し、エレベータ仕様が適正か否かの確認、ならびに配列およびエレベータホールの面積を含めた建築平面計画の決定に、きわめて有用なデータを提供する成果をあげてきた。

従来の交通計算の方法とシミュレーションの併用により、事務所ビルのエレベータ設備計画手法はより合理的になったが、これだけの検討で十分であろうか。出勤時のピークを過不足なく処理できる能力があれば、日中の交通に対しては十分に対処できるという前提条件が成立する限りにおいては正しく、大部分の事務所ビルのエレベータ計画には出勤時の検討のみで十分であろう。しかしながら、実際のエレベータの利用状況をみると、設備規模の算定の対象となる出勤時の昇りピークは、15～30分程度の短時間であり、1日の大部分の時間は昼食時の昇り降り混雑も含めて、二方向交通のある日中のビジネスアワーである。これら日中におけるエレベータ交通の待ちの問題を定量的には(把)握して、エレベータシステムの性能をより多角的に評価することが重要である。

一般に日中のエレベータ交通では、上り方向のみの朝のピーク時に比べ、昇り降りの二方向交通によってエレベータの1周時間が長くなること、また、運行の乱れによって長時間待たされることなど、サービスの質的な面がより重要な問題となる。

数台のエレベータが一つのグループとなってサービスするシステムでは、エレベータ相互の関連動作が交通状態によって変化するような運転管理方式、すなわち群管理運転のエレベータの採用を計画するのが一般的であるが、エレベータの運行状況と乗客の関係を待ち合わせ理論などによる解析的な手法でとらえることは、重要であるにもかかわらず、非常に問題がむずかしいので、今まで試みられたことがなく、ほとんど不可能に近いと考えられていた。日中の交通には、出発階と一般階間との交通のほかに各階相互間の交通が混在し、それらの交通をきわめて単純に仮定しても、後述のごとく複雑な計算をしなければならず、実用にならない。したがって日中のエレベータ交通の検討には、できるだけ交通状態を忠実にモデル化して、デジタルコンピュータシミュレーションを行なうのが最適な方法と考えてよいであろう。

3. ビジネスアワーにおける交通計算

事務所ビルにおけるビジネスアワーでのエレベータの交通は、次のよう

にみることができる。まず、エレベータには昇り方向・降り方向ともに利用者が存在する。この交通は、玄関階と各階を結ぶ二元交通を主として、これに各階相互間の交通が重畳している。玄関と各階間の交通量は、ビジネスアワーでは昇り方向・降り方向ともにほぼ等しく、5分間に在籍者数の3～5% (片道) である。各階相互間の交通は、一社専有ビルでは著しく多く、外部との交通量の1～2倍に達する。特にテナイフ、複写室などの社内共通部門のある階、役員室階とその他の階との間で多く、他の営業部門間・管理部門間では比較的少なくなる。数社が入居する貸事務所ビルでは、各階相互の交通量は少なく、外部との交通量の10～40%の範囲内である。この交通量は、入居企業相互の関連の強さによって変化する。

このような状況に対して交通計算を行なうことは、朝の出勤時の単純なモデルと異なり非常に困難であるが、条件を整理することにより、精度は若干犠牲になるが可能である。

ビジネスアワーにおける各階相互の交通による影響は、エレベータの停止数の増加となって現われる。この場合の予想停止数の計算は、任意の階からエレベータに乗る利用者の先行が、乗車階より先方の各階に対し均等の確率を持つものとするれば、式(3.1)より求められる(付録参照)。

$$f_L = \sum_{i=2}^n \left[1 - \left\{ e^{-r_i} \left(\frac{n-2}{n-1} \right)^{r_1} \left(\frac{n-3}{n-2} \right)^{r_2} \cdots \left(\frac{n-i}{n-i+1} \right)^{r_{i-1}} \right\} \right] \cdots (3.1)$$

ここに f_L : 片道の予想停止数

n : 玄関階を含むエレベータのサービス階数

r_i : i 階からエレベータに乗車する人数

すなわち r_1 : 玄関階から各階へ行くエレベータの利用者

$\sum_{i=2}^{n-1} r_i$: 各階相互のエレベータの利用者

r_i の決め方については、単位時間(たとえば15分間とする)内の玄関階と各階の交通量 N_L および各階相互間の交通量 N_I から、次の条件を満たすよう決定するのが妥当であろう。

$$r_1 = \sum_{i=2}^{n-1} r_i = N_L : N_I \cdots \cdots (3.2)$$

$$r_1 = \frac{N_L \times R.T.T.}{900 \times C} \cdots \cdots (3.3)$$

ここに $R.T.T.$: エレベータの平均1周時間

C : エレベータの台数

平均1周時間 $R.T.T.$ は、エレベータの乗客数 r_i によって変わるので、式(3.3)は、交通需要とエレベータの輸送力がちょうど等しくなる乗

表 3.1 1周時間、平均運転間隔の計算式
Calculation of round trip time and average car dispatching interval.

	記 号	計 算	式
エレベータ台数	C	エレベータ仕様による	同 左
定格速度 m/s	V	エレベータ仕様による	同 左
片道の乗客数人	r	昇り方向 $\sum_{i=1}^n r_i$	降り方向 $\sum_{i=1}^n r_i'$
サービス階数(出発階を含む)	n	建物階数、エレベータサービス形式による	同 左
予想停止数	f_L	$\sum_{i=2}^n \left[1 - \left\{ e^{-r_i} \left(\frac{n-2}{n-1} \right)^{r_1} \left(\frac{n-3}{n-2} \right)^{r_2} \cdots \left(\frac{n-i}{n-i+1} \right)^{r_{i-1}} \right\} \right]$	$\sum_{i=2}^n \left[1 - \left\{ e^{-r_i'} \left(\frac{n-2}{n-1} \right)^{r_1'} \left(\frac{n-3}{n-2} \right)^{r_2'} \cdots \left(\frac{n-i}{n-i+1} \right)^{r_{i-1}'} \right\} \right]$
走行距離 m	s_e	建物階数、階高による	同 左
平均走行距離 m	j	$s_e f_L$	$s_e f_L'$
平均走行時間 s	t_r	j より計算する	j' より計算する
走行時間 s	T_r	$t_r \times f_L$	$t_r' \times f_L'$
戸開閉時間 s	T_d	$t_d \times f_L$	$t_d \times f_L'$
乗客出入時間 s	T_p	$t_p \times r$	$t_p \times r'$
損失時間 s	T_e	$0.1 \times (T_d + T_p)$	$0.1 \times (T_d' + T_p')$
1 周 時 間 s	$R.T.T.$	$(T_r + T_r') + (T_d + T_d') + (T_p + T_p') + (T_e + T_e')$	
平均運転間隔	AI	$R.T.T./C$	

注) t_d : 1 回あたりの戸の開閉時間 t_p : 1 人あたりの乗客出入時間 記号にダッシュ (') のついたものは降り方向を示す

車人数で計算する必要があることを示している。上記の条件の下に、ビジネスアワーにおけるエレベータの1周時間 R, T, T および平均運転間隔は、表 3. 1 に従って計算することが可能である。

ビジネスアワーにおいて、エレベータの交通計算を行なうおもな目的は、エレベータの平均運転間隔から、乗客の待ち時間を推定し、エレベータ設備の評価を行なうことにある。エレベータの交通状況が定常的であり、かつ建物の各階の使われ方が均質とみなすことができるならば、上記の計算から平均運転間隔を求め、この目的をほぼ達することができる。

しかし、実際の建物でこの条件を期待することは不可能に近く、

また次の事項によって大きく支配される待ち時間を、不完全な計算で得た平均運転間隔から推定することも、問題が多い。

- (1) エレベータの全自動群管理機能の能力の程度
- (2) 交通量の特定階への集中
- (3) 地下階サービスの有無
- (4) サービス階に不ぞろいのある場合の影響、その他

すなわち、エレベータのサービスの質を問題にしなければならないビジネスアワーでのサービス状態を検討する手段として、上記の方法は、簡単ではあるが、使用できる範囲はきわめて限定されていると言わざるを得ない。

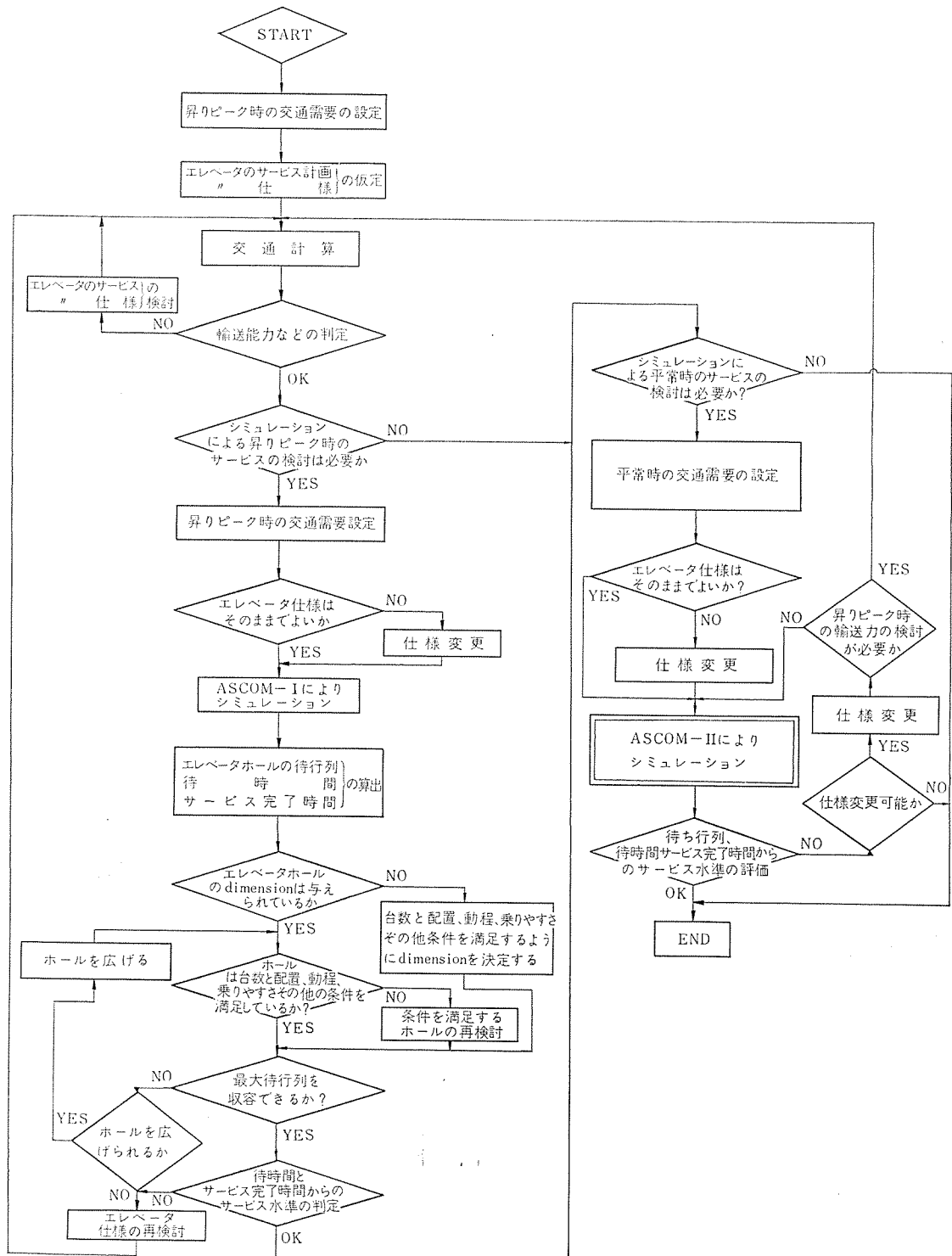


図 4. 1 エレベータ設備計画におけるシミュレーション活用方法

Application of simulation in elevator planning.

4. シミュレーションへの展開

このような問題——エレベータを取りまく周辺条件と、エレベータ自体の性能によって結果が異なる——を解く手法として、エレベータの交通現象を忠実にモデル化したデジタルコンピュータによるシミュレーションが有効であることは、先に出勤時の交通解析⁽¹⁾で示したとおりである。

シミュレーションでは、エレベータの周辺条件であるサービス階の設定(地下階や号機ごとのサービス階の不ぞろいも含む)や、各階からの利用者数および利用者の行先の指定など、計画するビルにおける特殊条件もそのまま考慮に入れることができる。すなわち、前述の計算方法のように、エレベータの周辺条件を単純化する必要がなく、実情に即した検討を行なうことが可能である。また、エレベータの台数や容量・速度などの表面的なエレベータの仕様の差異だけでなく、自動群管理機能を含むエレベータ自体のシステム上の機能の差異をも検討することができる。そしてこのシミュレーションのアウトプットとしては、エレベータの設備に最終的な評価を与える乗客の待ち時間、サービス完了時間分布の形で直接得ることができる。すなわち、周辺条件とエレベータの各種の仕様案についての比較を、エレベータ設備を評価する最終的なデータを直接アウトプットすることができる点に、シミュレーションの大きなメリットがある。特に今回のビジネスタワーのように、単純化することが非常に困難な問題に対しては、効果が大きい。

このシミュレーションは、エレベータ計画に対して有力な手段を提供するものであるが、実施にあたってはかなりの人手と費用を要する。したがってシミュレーションを実行する以前に、ピーク時の交通を処理できる輸送力を有するエレベータの台数・容量・速度やサービス階の分担などの基本事項を設定しておくことが、人手ならびにシミュレーション費用節約上望ましい。

われわれは先に開発した出勤時の交通解析用シミュレータ「ASCOM-I」と今回開発したビジネスタワーの交通解析用シミュレータ「ASCOM-II」の使用にあたっては、図4.1の手順にしたがって活用するのが最も効果的であると考えた。

5. シミュレータ ASCOM-II の概要

5.1 シミュレーションモデル

エレベータ交通のシミュレーションモデルは、大別して、エレベータを利用する客の発生、すなわち交通需要モデル、乗客がエレベータを利用する際に起こす動作モデル、および乗客にサービスを与えるエレベータ装置モデル、の三つの部分から構成される。次に ASCOM-II におけるこれらモデルの取扱いの概要について説明する。

5.1.1 エレベータ交通需要モデル

エレベータシステムのサービス対象は乗客であり、乗客がいつ、何階のエレベータホールに何人到着し、どの階へ行くかが、いわゆる交通需要である。この交通需要に対応してエレベータの運転動作が変化する。したがって、交通需要は、エレベータ装置系の動作に決定的な影響を与える。特に、エレベータ利用客の到着パターンは、交通需要の最も重要な要素であり、その正しい把握は、シミュレーションによってエレベータサービスの解析を行なおうとする場合、不可欠である。

われわれは、確率論的接近により、事務所ビルのオフィスワーや高層アパートなどで発生するような、いわゆる平常時におけるエレベータ利用客のエレベータホールへの到着パターンに内在する本質的な構造をどう(洞)察して、一つの到着モデルを構成し、観測データに基づく統計

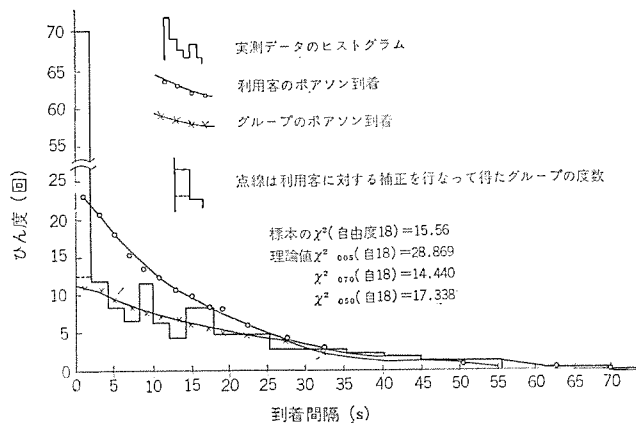


図 5.1 エレベータ利用客のホール到着時間間隔
(昭和43年7月11日三菱電機ビル)
Timing of passenger arrivals at hall.

的検証によってモデルの妥当性を確かめた。

(1) 乗客の到着モデルの考え方

システムの能力をシミュレーションによって検証しようとする場合、一般に定常状態に対してシミュレーションを実行する。エレベータ交通のシミュレーションの場合、システムからサービスを受ける利用客の到着パターンは、利用客の到着時間間隔の確率分布で表わされる。待ち合わせ理論により、この到着をポアソン分布と仮定することもできるが、エレベータホールでの実測の結果では、図5.1のヒストグラムのように、1～2秒以内の間隔で到着するひん(頻)度がきわめて高く、これをポアソン分布と見なすことは妥当でない。

(a) 利用客の観察に基づく仮説の設定

(i) 「グループ」の概念導入

ビルの各階のエレベータホールに到着するエレベータ利用客を観察すると、何人かが親しげにひとかたまりで到着することがある。これらの友人同志、または仕事仲間などの集りを「グループ」と呼ぶ。ただし、たとえひとかたまりで到着しても、他人同士はそれぞれ別個のグループを構成し、また、たった1人で到着した場合は、その1人で独立のグループを構成する。そして、一つのグループ内に含まれる利用客の数をそのグループの大きさと定義する。

このように、個々の乗客の到着ではなく、グループとしての到着に注目して観察したところ、ポアソン到着の三つの条件を満足していると思われたので、まず次の二つの仮説を設定した。

(ア) 第1仮説：グループの到着は、ポアソン到着である。すなわち、グループの到着時間間隔は、指数分布に従う。

さらに、グループの大きさに注目して観察を続け、次のような第2仮説を設定した。

(イ) 第2仮説：グループの大きさから1を減じた値がとる確率は、ポアソン分布に従う。

(ii) 仮説に基づく到着モデルの構成

任意のビルの任意の階のエレベータホールにおいて、一定時間間隔： T の間に到着する乗客の総数： N と、グループの総数： M とを測定する。 T はこの場合、1時間程度で十分であろう。この N と M の値を次式に代入し、到着パターンを構成する二つのパラメータを求めらる。

(ア) 単位時間当たりの到着グループ数

$$\lambda = \frac{M}{T} \dots\dots\dots (5.1)$$

(イ) グループの大きさから1を減じたものの平均値

$$\mu = \frac{N}{M} - 1 \dots\dots\dots (5.2)$$

今、式(5.2)の μ をグループ係数と呼ぶ。

上式から、グループの平均到着時間間隔 $1/\lambda$ の指数分布に従う確率変数を X とし、平均値 μ のポアソン分布に従う確率変数を Y とする。また、変数 X の実現値を x 、変数 Y の実現値を y とすると、その確立分布関数は、次のとおりである。

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \dots\dots\dots (5.3)$$

$$F(y) = \frac{\mu^y}{y!} \cdot e^{-\mu} \dots\dots\dots (5.4)$$

以上により、

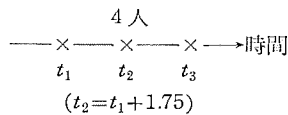
(ウ) 変数 X の実現値 x をグループとグループとの到着時間間隔とする(第1仮説より)

(エ) 変数 Y の実現値 y に1を加えてグループの大きさとする。(第2仮説より)

以下、これまでの仮説の展開を便宜上、 λ - μ 理論と呼ぶことにする。

(iii) λ - μ 理論による実例

シミュレーション時点 t_1 において、 X の実現値が1.75であり、 Y の実現値が3であったとする。このような場合、時点 $t_2(t_2=t_1+1.75)$ において大きさ4人のグループを到着させる。次に時点 t_2 において変数 X と Y の実現値を求め、次の到着時刻 t_3 とグループの大きさを、前の方法と同様にして定め、以下シミュレーション時間が打切られるまでこの操作を繰り返す。



(b) 観測データに基づく仮説の実証

われわれは、都内の三菱電機ビル、三菱商事ビルおよび住宅公団金町市街住宅第1号棟を対象に、乗用エレベータのホールへ到着するエレベータ利用客をグループ単位には握して測定を行なった。前者二つのビルは一般的な事務所ビルであり、後者は典型的な高層集合住宅であって、測定実施の便宜と、調査対象としての一般的な条件の具備という点から、これらのビルを選んだ。

(i) 第1仮説の実証

表5.1は、金町市街住宅で測定されたグループの到着時間間隔の度数およびこれに対応する理論値を示す。このうち、表5.1(a)のケースを取り上げて、グループ間の到着時間間隔が指数分布に従っていることを実証したい。

まず、観測データについてパラメータ： λ を計算すると、

$$\therefore \lambda = \frac{66 \text{ グループ}}{3,600 \text{ 秒}} = 0.0184$$

そこで、表5.1(a)の観測データが平均 $1/\lambda$ の指数分布に従っていると仮定すると、観測データに対応した理論値は表5.1(a)の下段の値をとる。第1仮説の成立は、表5.1(a)の観測値と理論値の単純な比較によっても推定できるが、確認のため、 χ^2 検定を行なってみると、

$$\begin{aligned} \text{標本の } \chi^2 \text{ 値} &= \frac{(12-11.1)^2}{11.1} + \frac{(12-9.2)^2}{9.2} + \frac{(5-7.7)^2}{7.7} \\ &+ \dots\dots + \frac{(1-2.4)^2}{2.4} = 5.292 \end{aligned}$$

表 5.1 グループ 到着時間間隔の観測値と理論値(昭和44年10月28日・29日 住宅公団 金町市街地住宅第1号棟)
Observed and theoretical values for the arrival intervals of passenger groups at the elevator hall.

(a) 10月28日 16:30~17:30

グループの到着時間間隔(秒)	10	20	30	40	50	60	90	120	180	180以上	計
観測度数	12	12	5	6	4	5	8	5	8	1	66
理論度数	11.1	9.2	7.7	6.4	5.3	4.4	9.3	5.4	4.9	2.4	66.1

$\lambda=0.0184$ 標本カイ χ^2 値=5.292(自由度9の χ^2 分布の5%棄却値=16.919)

(b) 10月28日 17:30~18:30

グループの到着時間間隔(秒)	10	20	30	40	50	60	90	120	180	180以上	計
観測度数	42	17	11	13	10	3	9	9			114
理論度数	30.9	22.4	16.4	12.0	8.8	6.4	10.5	4.1	2.1	0.4	114

$\lambda=0.0316$ 標本 χ^2 値=10.216(自由度7の5%棄却値=14.064)

(c) 10月29日 16:30~17:30

グループの到着時間間隔(秒)	10	20	30	40	50	60	60以上	計
観測度数	67	39	20	10	12	9	7	164
理論度数	60.3	38.0	24.1	15.5	9.7	6.1	10.1	164.4

$\lambda=0.0456$ 標本 χ^2 値=6.23(自由度6の5%棄却値=12.592)

(d) 10月29日 17:30~18:30

グループの到着時間間隔(秒)	10	20	30	40	50	60	60以上	計
観測度数	66	41	24	11	9	5	11	167
理論度数	60.3	40.8	22.7	17.2	9.7	6.2	10.2	167.1

$\lambda=0.0464$ 標本の χ^2 値=3.202(自由度6の5%棄却値=12.592)

(e) 10月29日 18:30~19:30

グループの到着時間間隔(秒)	10	20	40	60	80	80以上	計
観測度数	10	12	9	8	5	5	49
理論度数	11.6	8.9	11.5	6.9	4.6	5.9	49.4

$\lambda=0.0271$ 標本の χ^2 値=1.293(自由度5の5%棄却値=11.070)

一方、自由度9の χ^2 分布の5%棄却値は16.919である。したがって、表5.1(a)の観測値について、第1仮説は受容される。以下同様にして、表5.1(e)までの観測値の χ^2 検定を行なったところ、いずれも第1仮説が成立することがわかった。

(ii) 第2仮説の実証

第1仮説の実証と同様、観測データに基づいて仮説の実証を行なった。昭和43年7月5日午前9時35分に、三菱電機ビルの5階のエレベータホールで観測したデータは、次のとおりである。

グループの大きさ： i	1	2	3	計
$W=i-1$	0	1	2	
グループの到着度数	151	37	5	193

グループの大きさを i とすると、 $W=i-1$ がポアソン分布に従うことを実証したい。

うえの観測値について、 W の平均： μ を計算すると、

$$\therefore \mu = 0 \times \frac{151}{193} + 1 \times \frac{37}{193} + 2 \times \frac{5}{193} = 0.244$$

全部で193個のグループが平均 μ のポアソン分布に従うと仮定する

表 5.2 到着グループの大きさの分布(1)
(昭和44年10月住宅公園 金町市街地住宅第1号棟にて観測)
Size distribution of passenger groups arriving at the elevator hall.

グループの大きさ: i			1	2	3	4	μ	自由度	標 本 の χ^2 値	適合度判定
観測日時	観測 場所	$i-1$	0	1	2	3				
28日 15:30~17:30	5, 6 号機間	14 階	8 8.2	5 4.95	2 1.5	0 0.0	0.60	1	0.061	○
29日 16:30~19:00	1, 4 号機間		10 9.1	4 5.1	1 1.4	1 0.0	0.561	1	0.144	○
28日 15:30~18:30	5, 6 号機間	11 階	12 13.1	8 6.3	1 0.3	0 0.0	0.476	1	0.312	○
	5, 6 号機間	8 階	8 9.7	8 4.85	0 1.2	0 0.0	0.5	1	2.348	○
29日 18:30~19:00	1, 4 号機間		10 9.6	2 2.9	1 0.5	0 0.0	0.308	1	0.0637	○
28日 15:30~18:30	5, 6 号機間	5 階	10 10.2	2 1.7	0 0.0	0 0.0	0.167	1	0.0057	○
28日 16:30~17:30	5, 6 号機間	1 階	56 52.7	6 11.9	3 1.3	1 0.0	0.225	1	1.03	○
28日 17:30~18:30			103 103.0	11 10.3	0 0.57	0 0.0	0.0965	1	0.048	○
29日 16:30~17:30			119 119.0	38 38.0	6 6.2	1 0.8	0.323	2	0.0	○
29日 17:30~18:30			138 137	24 27.4	5 2.8	0 0.0	0.204	1	0.042	○
29日 18:30~19:00	1, 4 号機間		43 40.0	2 8.2	4 0.85	0 0.0	0.204	1	1.21	○

表 5.3 到着グループの大きさの分布(2)
(昭和43年6月, 7月三菱電機ビルおよび三菱商事ビルにて観測)
Size distribution of passenger groups arriving at the elevator hall.

観測日時		グループの大きさ: i					μ	自由度	標本の χ^2 値	適合度判定
		1	2	3	4	5				
観測場所		0	1	2	3	4				
昭和43年7月11日 10:05~11:05	三菱電機ビル 9階 (管理部門)	144 142.6	15 18.4	3 1.4	0 0.04	0 0.0	0.130	1	0.207	○
	三菱電機ビル 7階 (管理部門)	77 77.2	10 10.6	1 0.7	0 0.0	0 0.0	0.137	1	0.000	○
	三菱電機ビル 6階 (営業部門)	106 103.8	12 22.4	6 2.6	0 0.2	1 0.01	0.224	2	9.87	×
昭和43年7月11日 14:00~15:00		92 89.3	14 17.9	2 0.0	1 0.0	0 0.0	0.193	1	0.551	○
昭和43年6月28日 9:30~10:30	三菱電機ビル 5階 (営業部門)	120 112.6	12 25.2	8 2.8	1 0.2	0 0.0	0.220	2	18.8	×
昭和43年6月28日 10:30~11:30		101 99.7	27 28.6	2 4.1	1 0.03	1 0.004	0.288	2	0.15	○
昭和43年7月5日 9:35~10:35		151 150.3	37 37.6	5 4.6	0 0.0	0 0.0	0.244	2	0.032	○
昭和43年7月11日 10:05~11:05		121 120.7	25 24.6	3 2.39	0 0.0	0 0.0	0.208	1	0.037	○
昭和43年7月10日 13:55~14:55	三菱商事ビル 5階 (営業部門)	151 148.9	41 44.6	9 6.7	0 0.67	0 0.0	0.29	2	0.94	○
昭和43年7月11日 14:00~15:00	三菱電機ビル 4階 (準営業部門)	76 74.1	8 11.8	3 0.9	0 0.005	0 0.0	0.161	1	0.362	○
昭和43年7月11日 10:05~11:05		81 77.0	10 16.4	3 1.6	1 0.1	0 0.0	0.209	1	1.1	○
	三菱電機ビル 1階 (主玄関階)	333 315.8	54 54.9	5 4.6	2 0.2	0 0.0	0.178	2	1.73	○

と, 理論値の度数の内訳は, 次のとおりである。

$W=i-1$	0	1	2
理論値	150	38	5

第2仮説の成立は, 前記の観測値と理論値との対比によって推定されるが, 確認のため, これも χ^2 検定を行なってみる。

標本の χ^2 値

$$= \frac{(151-150)^2}{150} + \frac{(37-38)^2}{38} + \frac{(5-5)^2}{5} = 0.032$$

一方, 自由度2の χ^2 分布の5%棄却値は5.911である。したがって, 第2仮説は受容される。

前に述べた三つのビルにおける多くの観測データについて, 同様の検定を行なった結果を表5.2および表5.3に示す。これらの表中, グループの大きさの欄の上段の値が観測値であり, 下段が第2仮説に基づく理論値である。観測値の度数が5個以下の場合, これをひとまとめにして χ^2 検定を行なった。また, 標本の χ^2 値が各観測ケースの自由度における5%の棄却域に入らなければ, 第2仮説への適合度判定を○印にした。

以上の結果, 合計23ケースの観測データのうち22ケース(すなわち, 95.5%)が, χ^2 検定に合格した。したがって, 第2仮説は受容されると見なせるであろう。

なお, 自由度1の χ^2 分布の5%棄却値は3.841であり, 自由度2の場合, この値は5.991である。

以上の証明により, オフィスビルの出・退勤時や昼食時といった, エレベータ交通のピーク時を除いた, いわゆる平常時のエレベータ交通需要のモデルには, 第1仮説と第2仮説が十分適合しうると判断される。

(c) $\lambda-\mu$ 理論により到着モデルの長所と問題点

(i) 長所としては,

(ア) 測定方法が簡単である。

われわれが展開した $\lambda-\mu$ 理論によれば, エレベータ交通需要のデータを採集するために大げさな測定装置(たとえば, ペン書きオシログラフや撮影器など)は不要であり, 単に一定時間内にエレベータホールに到着したエレベータ利用客の総数(N)と, グループの総数(M)を測定するだけでよい(グループ係数 μ が既知であればいっそう簡単で, N だけを求めればよい)。

もし, 通常の測定方法で短い時間間隔ごとに利用客の到着時間間隔の度数を採らねばならないとすれば, 観測者は, ほとんど連続的に時間の経過に注意を払わねばならず, 観測

者の負担が増すだけでなく、データ精度の低下を招きかねない。実測中の時間に関しては、 λ - μ 理論では観測者は、測定終了の時刻が経過したか否かを確認するだけでよく、大半の注意を利用客の到着だけに集中できる。

(イ) エレベータ利用客の到着構造の本質を抽出した。

任意のエレベータホールにおける、一見とらえどころのないエレベータ利用客の複雑な到着パターンを、 (λ, μ) という二つのパラメータだけで表現することに成功した。

ここで、 λ はグループの到着時間間隔の分布のパラメータであり、 μ はグループの大きさから1を減じたものの分布のパラメータである。この (λ, μ) を数多く測定して、ビル 성격、各階の入居団体の性格と、入居人口などの相関をは握しておけば、新たに計画されるビルに対して、 (λ, μ) を媒介にしてそのビルの到着パターンを推測することが可能である。

(ii) 問題点としては、

(ア) グループの定義がややあいまいである。

親しげなエレベータ利用客の集団を一つのグループと判定するとき、彼等が「会話をかわしている」ことは十分条件ではあるが、必要条件ではない。したがって、グループであるか否かの判定は、利用客の似かよった服装とか持物、なんとなく親しげな態度や会話といった、グループらしさを示す一般的な状況に基づき観測者の判断にゆだねられてしまう。グループの判定の誤りは、 μ の値に影響するので、注意を要する。

λ - μ 理論により普遍性をもたせるために、このグループの判別を簡便かつ正確に行なう方法の開発が今後の課題である。

(2) 交通需要の作り方

(a) 乗客の到着総数 (N)

単位時間あたりのエレベータ利用者のホールへの到着総数： N は、その階に入居する団体の性格、人口、外部との人の往来ひん度、時間帯などによって異なる。これらの要素の相関から、特定の N を知るための指数を設定することはきわめて困難であり、したがって、 N の値に対して最も影響が高い要素と思われる入居団体の性格・人口・時間との関連から N を求めるのが実際的であろう。この考えに基づき、三菱電機ビルでの実測によれば、表 5.4 のごとく、昼食時(12時～13時)を除く平常時(10時～16時)における在籍者1人あたりのエレベータ利用客の1時間平均到着数は、テレタイプ、複写室などの社内共通部門や役員室などの社内外からの訪問者が多い部門が入居している階が比較的多く、管理部門は一般に少ない。営業部門は、これらのほぼ中間の値を示している。三菱電機が入居している3階以上の平均値は0.5(人/時・在籍者)程度であった。

エレベータ交通需要の発生量は、前述のようにビルの条件によってかなり変動があるので、計画ビルに対してエレベータ交通のシミュレーションを実行する場合は、それらの条件ができるだけ類似したビルの実測値を参考にすることを推奨する。

(b) グループ係数 (μ)

グループの大きさの係数： μ も、さきの N の場合と同様、ビルの諸条件や入居部門の性格によって若干異なり、事務所ビルでの実測例では、一般にいわゆる営業的活動度が高く、外部との往来が多い部門ほど、この μ は高い。表 5.5 に三菱電機ビルおよび三菱商事ビルでの実測値を部門別にまとめた値を参考に示す。さきの金町市街地住宅の場合は表 5.2 のごとく、 μ の値はばらつきがやや大きい、平均値は0.33で、事務所よりグループの大きさは大きい。シミュレーシ

表 5.4 三菱電機ビルエレベータ乗客到着数
(昭和43年7月3階以上の実測による)

The number of passengers arriving at elevator halls
in Mitsubishi Denki building.

階 床	入 居 部 門	在籍者1人あたりのエレベータホール到着数 (人/時)
9F	テレタイプ・タイプ・複写・管理部門	0.85
8F	役員室・管理部門	0.755
7F	管理部門	0.377
6F	管理部門・営業部門	0.487
5F	営業部門	0.402
4F	管理部門・営業部門	0.375
3F	営業部門	0.244

平均 0.500 (約)

表 5.5 オフィスビルにおけるグループ係数実測例
(昭和43年7月三菱電機ビル、三菱商事ビル)
Group index for office buildings.

入 居 部 門	グループ係数： μ
管 理	0.13～0.14
管 理	0.15～0.20
管 理	0.20～0.30
管 理	0.15～0.20
主 管	0.17～0.20

表 5.6 行先階分布の取扱い
Handling of destination floor distribution.

ビル用途	交通量の配分			(注) 行先階分布	
	昇り方向		降り方向	主玄関階から	一般階から
	主玄関階から	一般階から			
一社の専有の オフィスビル	全体の 30～60%	左記の残りを各階入居人口に比例配分する	各階の入居人口に比例配分する	各階の入居人口に比例配分する	30～60%を主玄関階行とし、残りを各階の入居人口に比例配分する
2社以上入居の オフィスビル	全体の 60～90%	左記の残りを各階入居人口に比例配分する	各階の入居人口に比例配分する	各階の入居人口に比例配分する	60～90%を主玄関階行とし、残りを各階の入居人口に比例配分する

注) 隣接する上、下階1階との往来にはほとんど階段を利用するので、一般にこれらの階へのエレベータ交通はないものとしてよい

ョン実行に際しては、この μ も前記の N と同様、条件が類似したビルに基礎データを求めるべきであろう。

(c) 行先階分布

λ - μ 理論によって、各階別に発生せしめた個々の到着客に行先の階を割当てれば、求める交通需要を得るが、この分布は、前記の N や μ と同様、ビルの諸条件、特にエレベータ交通からみた階相互の関連度によって大きく影響を受けるので、これも類似ビルの実測データを参考にモデルを作ることが望ましい。

参考データの採集が困難な場合は、何らかの仮定によらなければならない。事務所ビルの場合、一般にビルの入居団体数が多くなるほど階相互の交通は減り、主玄関階と各階を結ぶ二元交通が増加する。この二元交通はどのビルでも一般に多く、階相互の交通比率が比較的高い一社専有の事務所ビルでも、昇りと降りの両方向とも、全体の30～60%を占めている。一方、数社が入居する事務所ビルでは、この二元交通の比率はさらに高く、60～90%の範囲が多い。また、高層集合住宅のエレベータ交通では、90%以上がこの二元交通である。

全体の交通量からこの二元交通を除いたものが階相互の交通で、その行先階分布は各階入居団体の間の関連度に依存するので、この関係を定量的には握ることがきわめて困難なため、いくつかの実測値に基づき、モデルを作るのが妥当であろう。表 5.6 に行先階分

布の取扱いの一例を示すので、参考願いたい。

この行先階分布と N および μ を適当に選ぶことによって、昇りまたは降り方向に交通が片寄る場合、両方向とも平衡している場合など、混雑度を加味しながら任意の交通需要モデルを作ることができる。

(d) 交通需要作成の手順

(a) から (c) までの作業を図 5.2 の手順に従って実行すれば、一つの交通需要を作ることができる。作成した交通需要は、磁気テープなどの外部メモリに記憶させておき、ライブラリとして保存しておけば、繰り返し使用が可能となる。したがって、一つの交通需要

表 5.7 交通需要 (タイプアウトデータ)
Elevator traffic demand (type out data).

到着時刻(1/100秒)	到着間隔 (1/100秒)	到着階	行先階	性別(1:男,2:女)	体重(kg)
0	8	9	2	1	70
8	214	9	4	2	59
222	372	6	10	2	53
594	626	9	4	2	55
1220	153	9	4	1	61
1220	0	9	4	1	57
1373	288	4	9	2	52
1661	59	10	5	1	68
1720	87	9	6	1	71
1807	172	6	9	1	61
1979	51	9	1	2	59
2030	82	9	1	2	50
2112	190	9	6	2	51
2302	98	9	1	1	57

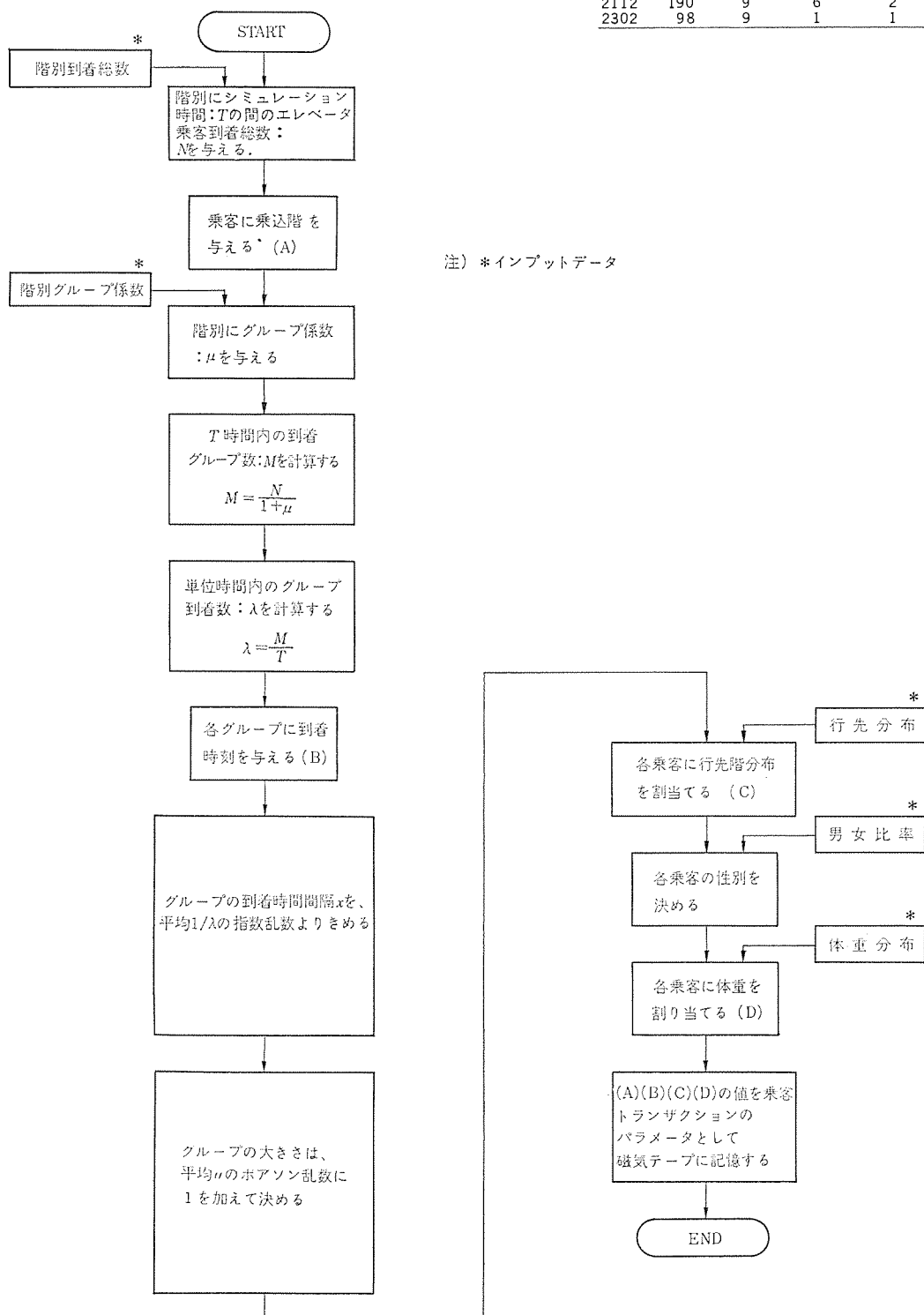


図 5.2 交通需要作成 ルーチン Traffic demand production routine.

なお、図 5.2 中の乗客の体重は、エレベータかご内の乗客の重量負荷の情報をエレベータ群の運転を制御するスーパーバイザーに与えるために、個々の乗客に対して割り当てられる。ASCOM-II では乗客の体重についてのデータは、特に他の条件がなければ、厚生省の調査データを採用している。

5.1.2 乗客の動作モデル

乗客がエレベータホールに到着してからかごに乗り、目的の階で降りるまでの一連の動作は、図 5.3 のごとく表現することができる。乗客の動作モデルでは、乗客の行動を起こすための判断基準と、行

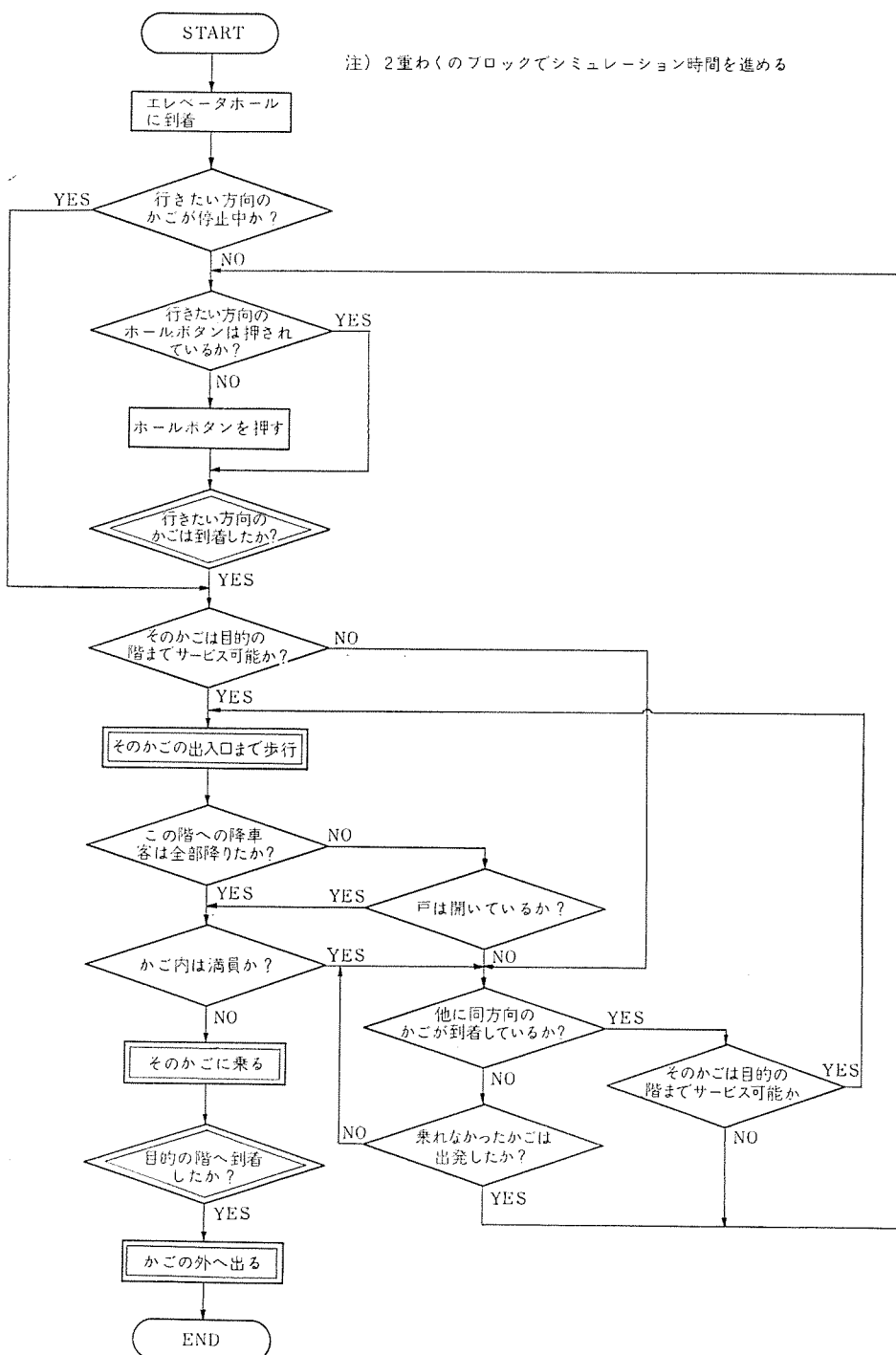


図 5.3 エレベータ乗客動作フロー Elevator passenger action sequence.

動に費やす時間の処理がおもなテーマである。

シミュレータの外部の実時間は、乗客が行動を起こすための思考、または判断の間にも経過するが、ASCOM-IIでは、乗客のこうした思考時間はゼロとし、目的のかごの到着を待つ時間、目的のかごに乗るまでの歩行による乗込み遅れ時間、かごに乗って目的の階へエレーバで運ばれる時間およびかごへの乗降時間などについて、シミュレーション時間を進行させる(図5.3の2重にかこまれたブロックがこれに該当する)。

以下に乗客の動作およびその時間処理の概要について説明する。

(1) 乗込み遅れ時間

エレベータ利用客は、ホールの任意の位置に立ってかごの到着を待つから、到着した目的のかごの出入口に接近するため、若干の歩行時間を費やす。全自動群管理方式のエレベータでは、出入口にかごの到

着をホールの待客に約4秒前から予報する装置（ホールランタン という）が設けられているので、待客は、かごが到着する前に目的のかごの出入口に近づくことができる。エレベータの1列配置の台数が増し、エレベータホールが広くなるに従って、ホールランタンで予報しても待っていた位置から、到着かごの出入口までの歩行距離が長くなり、かご内から乗客が降り終わって乗込み可能になった時点よりもあとに出入口に到着することがある。このように、乗込み可能の時点よりも遅れて乗客が到着する遅れ時間を「乗込み遅れ」の時間と定義する。

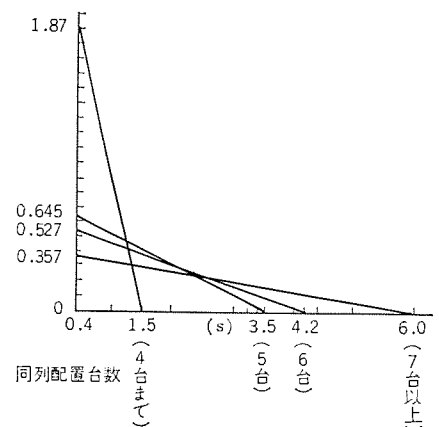


図 5.4 乗込み遅れ時間の確率分布
Probability distribution of delay in
passenger loading.

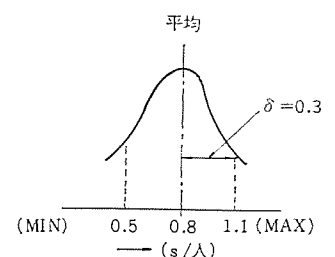


図 5.5 乗客の乗込み時間の確率分布
Probability distribution of loading times.

ASCOM-II では、国鉄本社新館その他のビル の観測データに基づき、乗込み遅れ時間をエレベータの1列配置の台数との関係から、図5.4のような確率分布モデルを設定した。乗込み遅れ時間は、そのかごに乗る先頭の乗客にだけ割当て、2番目以降の客は、先頭の客に連続して乗込むものとして、この時間は付加しない。

(2) 乗込み時間

かごへの乗込み時間は、一般に出入口の有効幅や出入口前の混雑度などの条件によって変動するが、エレベータホールが満員またはこれに近い状態で、しかも、乗客が乗込みに際して周囲の乗客と相当な物理的に摩擦をするような混雑時を除けば、ホールの混雑度や出入口幅による乗込み時間の変動範囲は大きくない。多くの実測の結果、平常時のエレベータ交通では、このような混雑の発生ひん度はきわめて低いので、前述の条件を無視して図5.5のようにモデル化してもよいことがわかった。すなわち、1人あたりの乗込み時間は、平均0.8秒、分散0.3秒の正規分布に従う確率分布となる。そして、最大は1.1秒、最少は0.5秒とする。

(3) 降車時間

1人の乗客がかごの内から降りるために費やす時間は、かご内の混雑度と、かごの中から一度に何人降りるかによって相当の影響を受ける。1人あたりの降車時間は、かご内の乗客が一度に全部降りる場合が最も短く、満員状態のかご内から1人だけ降りる場合が最も長い。また、出入口の幅が広いほど降りやすいので、当然のことながら、同じ混雑度なら降車時間は短くなる。この現象を模型のかご室を用いて実験を繰り返したところ、かご内の乗客数と一度に降りる人数および出入口の幅との関係から、図5.6のように近似してよいことがわかった。

この曲線を用いて、乗客数が n 人のかごの中から一度に k 人が降りる場合の1人あたりの降車時間： $F_n(k)$ を、次式によって求める。

$$\text{すなわち } F_n(k) = f_k(k) + \{f_K(k) - f_k(k)\} \cdot \frac{(n-k)}{(K-k)} \quad (\text{秒/人})$$

ここで、 $F_k(k)$ ：かご内の乗客が一度に全部降りる場合の降車時間 (秒/人)

K ：かごに乗りうる最大人数 (人)

$f_K(k)$ ：かご内の乗客数が K 人で、この中から k 人が降りる場合の降車時間 (秒/人)

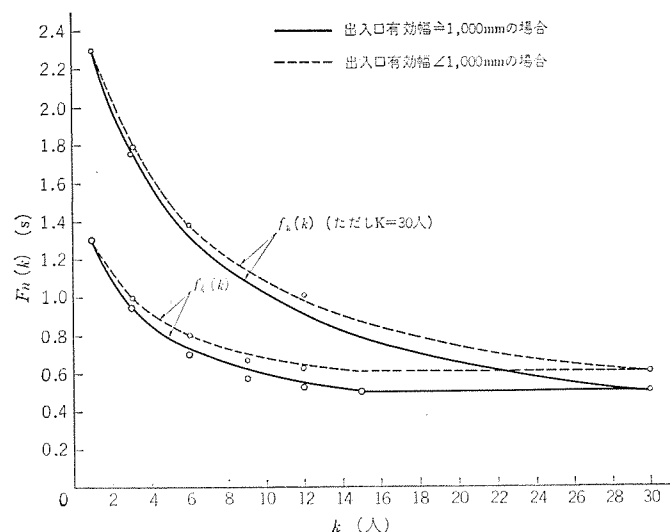


図 5.6 乗客 1 人あたりの降車時間
Required unloading time per passenger.

5.1.3 エレベータ系モデル

ASCOM-II のエレベータ系のシミュレーションモデルには、当社の超高速エレベータ用の速度制御方式である「シンクログライド速度制御方式」と、当社の全自動群管理運転方式である「ASP-A・MARK-II・CUSTOM方式」を組み合わせ、最高級エレベータシステムの運転機能が忠実に模擬されている。シンクログライド方式およびASP-A方式の内容については、本号に掲載の「超高速化の進む三菱シンクログライドエレベータ」および「三菱ASP-A・MARK-IIの全自動群管理エレベータ」にその詳細が紹介されているので、ここではエレベータ系モデルの概要説明にとどめる。

エレベータ系モデルは、大別して次のような三つの部分から構成されている。

- (1) 運転パターン選択と解消モデル
- (2) 先発かごに対する出発指令モデル
- (3) かごの運転動作モデル

以下これらの概要について説明する。

(1) 運転パターン選択・解消モデル

このモデルは、ASP-A方式の運転パターンの選択と解消のロジックをプログラム化したもので、パターンの選択解消に必要な交通需要およびかごの運転状態を表わす各パラメータに関する情報を、中央のス

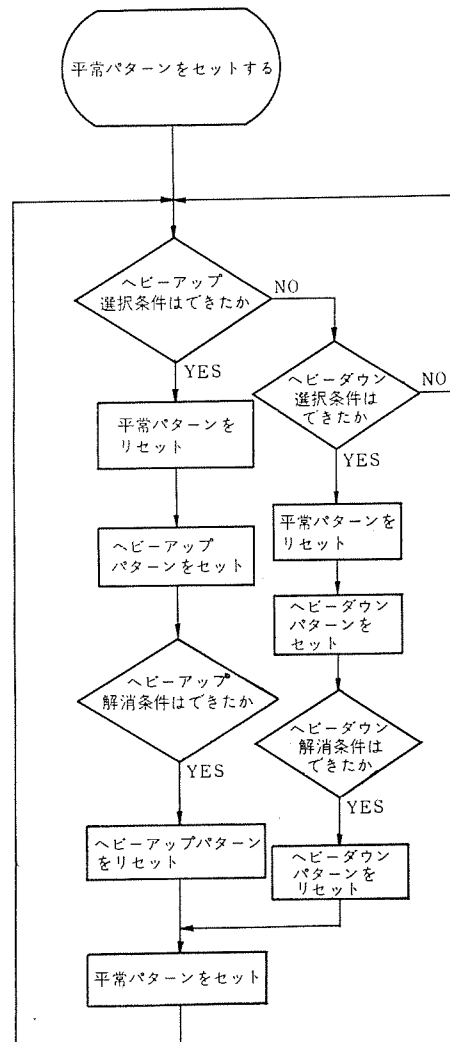


図 5.7 運転パターン選択、解消モデルの概要
Outlines of setting and resetting model for operating patterns.

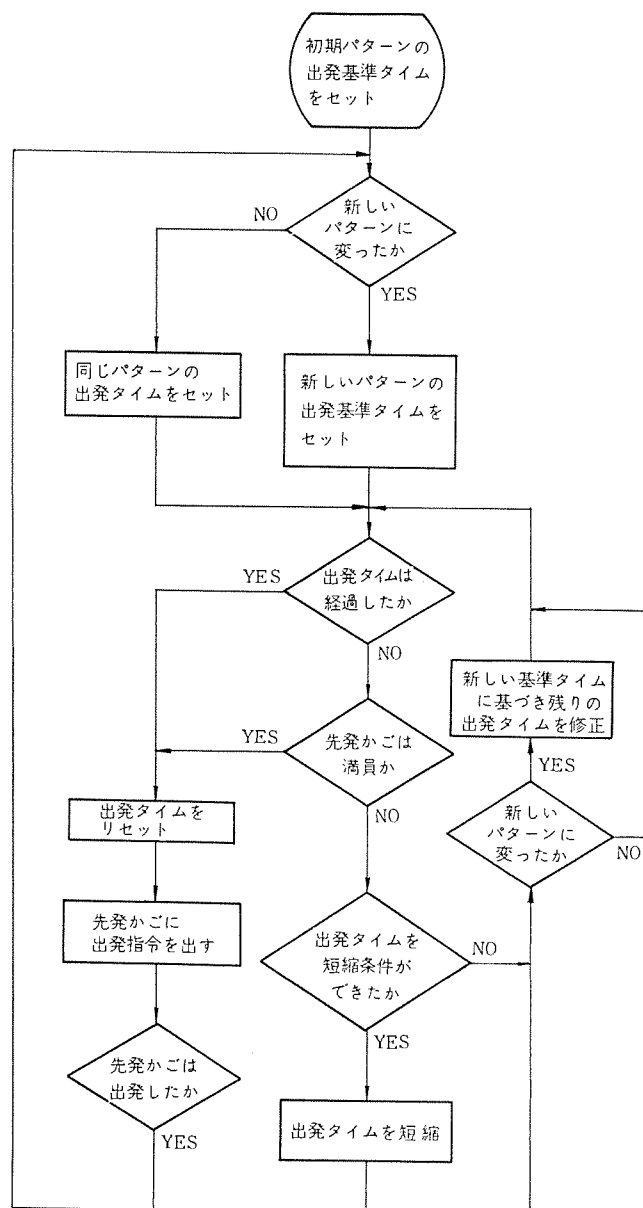


図 5.8 出発指令モデルの概要
Outlines of car-dispatching model.

ーパーバイザーから得る。図 5.7 にこのモデルの概要を示す。

(2) 出発指令モデル

各かごは、上方出発階または下方出発階域に到着すると、屋上階行きまたは地下階行きに指定されていなければ、停止した出発階でスーパーバイザーのコントロールに従って「先発のかご」になる。すべての階にサービスし終わってから出発階に戻り、先発に指定されなかったかごは、先発に指定されるまで待つ。

先発かごに対しては、各パターンごとに定められた出発基準タイムが経過すると、出発信号が与えられる。しかしながら、この出発タイムは、出発促進域内のかごの台数、昇り方向および降り方向の交通需要、先発かごの混雑度などの条件によって、エレベータグループが各階の交通需要の強さに応じて適切に分散運転するように、ゼロから基準タイムにわたって、連続的に短縮され、各かごの運転間隔が適正に保たれるように自動的に調整される。

図 5.8 に先発かごに対する出発指令の概略ロジックを示す。

(3) かごの運転動作モデル

各かごは上方出発階または下方出発階床域で先発の指定を受ける。

表 5.8 シミュレーション インプットデータ
Simulation input data.

ビル関係	エレベータ関係	交通需要関係
1. 各階の階高 (cm)	1. グループの台数 (台)	1. 階別到着総数: N (人)
2. 主玄関の階	2. 定格速度 (cm/s)	2. グループの平均大きさ: μ
	3. 定格荷重 (kg)	3. 男女の比率
	4. 出入口のとりわりの形式と有効幅 (mm)	
	5. 号機別サービス階	

先発かごは、スーパーバイザーから出発信号を受けると、先発指定をリセットし、戸を閉じて出発する。昇り方向または降り方向に運転中は、かご内の行先きボタンの呼びと、かごの進行方向と同方向の乗場ボタンの呼びに答えながら運転を続ける。地下階行きまたは屋上階行きに指定されると、これらの階への最終呼びに答え終わってから、方向を反転して、出発階へ戻る。上方および下方の出発階の間を昇り方向に運転中は、スーパーバイザーからの運転方向反転の指令を受けると、最後の呼びに答え終わった階で運転方向を降りに変え、再び下方出発階まで運転する。

図 5.9 に、かごの運転動作モデルの概要を示す。

5.2 ASCOM-II の入出力

5.2.1 インプットデータ

ASCOM-II によりシミュレーションを実行する場合は、表 5.8 にあがるような諸元が必要である。シミュレータのユーザーは、これらのデータおよびシミュレーション実行に必要なコントロール用のデータ、各種パラメーターの初期条件などを所定のフォーマットでコーディングする。

5.2.2 アウトプットデータ

コンピュータシミュレーションによってエレベータ設備規模の最適解を直接求めることは、シミュレーションプログラムの著しい膨大化を招き、実際の作業上、こうした方法は実用的でない。したがって、下記のようなダイナミックデータをエレベータシステムのサービス評価の基準として解析しながら適正なエレベータ設備案を立案していこうとするのが、われわれのコンピュータシミュレーションの活用方法である。

ASCOM-II では、待ち時間その他に関する統計的データをシミュレーション時間中、どのようなタイミングで、また、どのような形のデータで取り出すかは、シミュレータのユーザーが任意にプログラムの中で指示することができる。また、下記以外のデータも、プログラムの中に若干の用意をほどこすだけで、アウトプットが可能である。

なお、ASCOM-II では、各種の統計量を採取する時点でシミュレータシステムの各パラメーターの初期値が、十分定常状態に達しているようにするために、5分間のダミーランを行なうことにしている。この結果、エレベータの運転動作は適当にばらつき、満足すべき初期条件を得ている。

次にアウトプットデータについて説明する。

(1) 未応答時間分布

エレベータホールに最初に到着した乗客によって乗場ボタンが押され、この呼びが登録された時点から、その呼びと同方向に進行するかごがこの呼びに応答し、呼びの登録をリセットするまでの時間の統計量である。この統計量としては、指定した時間域の範囲内に発生した未応答時間のひん度と、全体のひん度に対する百分率およびその累積、平均値と標準偏差などを、階別、呼びの方向別、および全体についてアウトプットされる。

シミュレーションからみたエレベータシステムは、乗客の動作を含んだマン

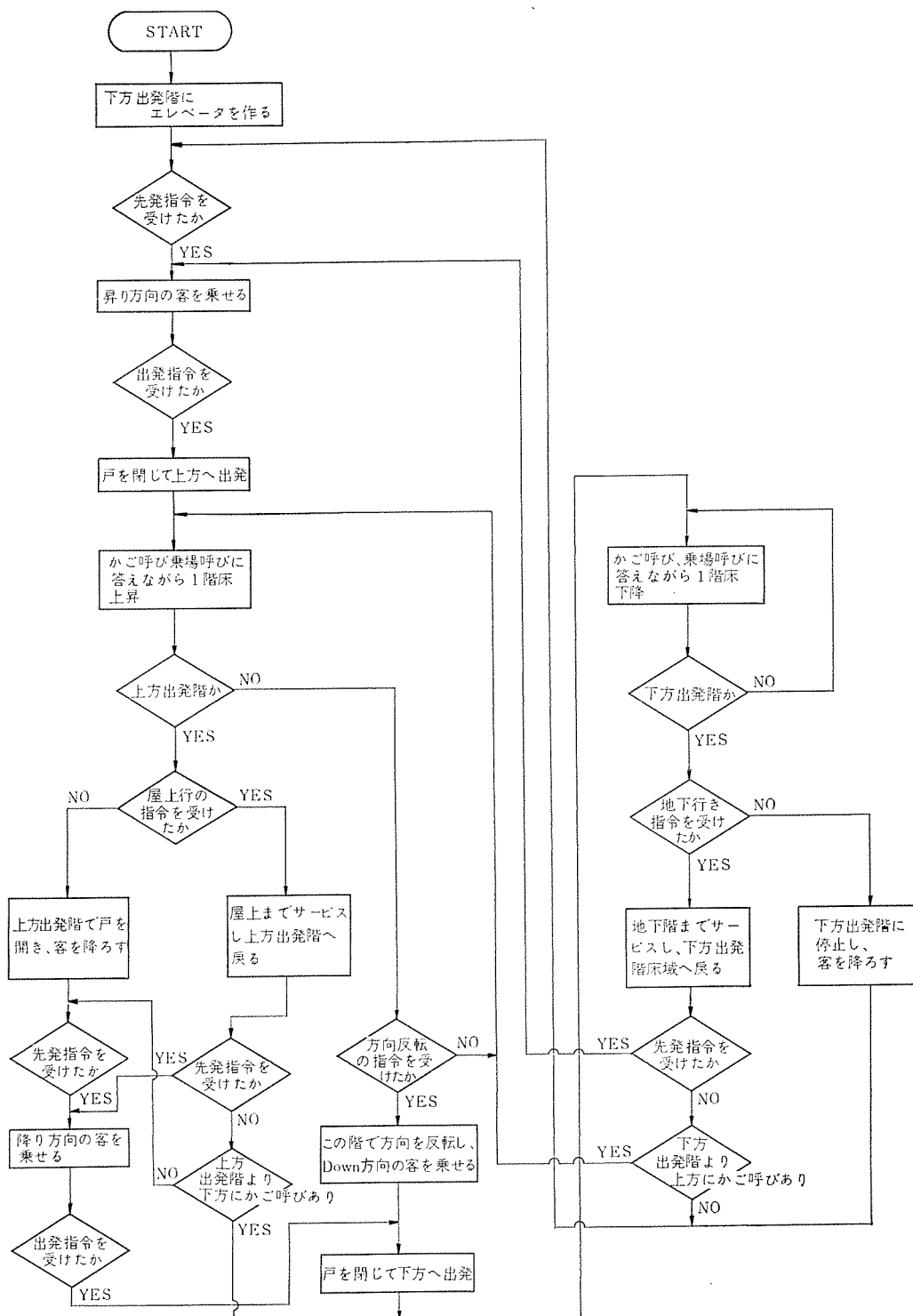


図 5.9 かご運転動作モデルの概要

Outlines of car-performance model.

一マシンシステムであり、次の(2)、(3)項にあげる乗客に関する待ち時間の統計量だけでは、この値の中に乗客個人の動作時間（たとえば乗降時間）のばらつきがそのまま含まれるため、エレベータ装置系のサービス能力を客観的に評価しにくい。この未応答時間のデータのように、乗込み遅れ、乗降といった乗客動作の変動要素をできるだけ除いた統計値によって、エレベータシステムのサービス状態を解析することも有効である。

(2) 待ち行列

乗客がエレベータホールに到着した時点から、この乗客の行きたい方向および階へサービス可能なかごが停止し、この乗客が乗込み可能に

なった時点までを、「待ち」と定義し、階別・方向別に平均待ち行列・最大待ち行列、平均待ち時間および待ち時間なしでエレベータに乗った乗客の割合などをアウトプットする。これによって次の(3)項のデータとともに、乗客1人1人の受けるエレベータサービスの水準を知ることができる。表5.9に待ち行列に関するデータのプリントアウト例を示す。

(3) 待ち時間分布

このデータは、上の(2)項の待ちに加わった客の待ち時間に関する統計量であり、データの種類としては未応答時間分布と同じである。待ち行列およびこの待ち時間分布によって、各乗客が受けるエレベータ

表 5.9 Queue table の例
(階別, 方向別の待ち行列長と平均待ち時間)
Typical queue table.

	最大待ち行列 (人)	平均待ち行列 (人)	待ちに加った 乗客数(人)	待ち時間なし の乗客数(人)	平均待ち時間 (1/10秒)
	MAXIMUM CONTENTS	AVERAGE CONTENTS	TOTAL ENTRIES	ZERO ENTRIES	AVERAGE TIME/TRANS
昇 り 方 向	1(B2階)	2	.036	4	166.500
	2(B1階)	3	.287	11	469.908
	3(1階)	8	.733	75	176.013
	4(2階)	2	.108	15	130.399
	5(3階)	2	.287	29	178.172
	6(4階)	2	.108	15	130.199
	7(5階)	2	.204	15	245.666
	8(6階)	2	.158	14	203.928
	9(7階)	2	.141	10	255.599
	10(8階)	1	.070	5	252.599
降 り 方 向	11(9階)	1	.039	3	238.000
	12(10階)	1	.038	4	172.500
	13(11階)	1	.015	1	276.000
	25(3階)	1	.031	1	565.000
	26(4階)	2	.139	9	279.888
	27(5階)	3	.177	12	266.916
	28(6階)	2	.257	18	257.944
	29(7階)	4	.211	21	181.380
	30(8階)	2	.250	20	225.849
	31(9階)	5	.320	21	274.476
	32(10階)	4	.239	22	195.590
	33(11階)	7	.384	39	177.358
	34(12階)	4	.347	28	223.357
	35(13階)	2	.115	6	346.666

タサービスの良否を正確に把握することができる。このような個々の乗客のち行列, 待ち時間を集積した実際の「待ち」を従来の計算手法で求めることはきわめて困難で, こうしたデータによってエレベータサービスを評価できることはシミュレーションの大きな成果であり, ま

た, われわれがシミュレーションを実行しようとする目的でもある。

(4) サービス完了時間

このデータは, 乗客がエレベータホールに到着した時点から, 乗ったかごが目的の階に到着して戸を開き, 降車可能になるまでの時間に関するもので, 乗った階と降りた階の組み合わせごとに, 各乗客のサービス完了時間を集積したものの平均値がアウトプットされる。

通常, サービス機関におけるサービスの良否は, 窓口での待ち時間を中心にして評価されているが, 客にとっての実質的なサービスの良否は, 待ち時間のほかに, サービスを受けている時間も含めた, いわゆるサービス系に滞在する時間が長いか, 短いかということで判断することも必要であろう。

この意味から, ASCOM-II では, 単にホールでの待ち時間だけでなく, 乗客がホールに到着してから目的の階へいかに早く着くことができるかという, エレベータサービス系に滞留する時間によっても, エレベータサービスのより多角的な解析を行なえるようにした。

5.3 シミュレータの構成

シミュレータ ASCOM-II は, 待ち合わせ形シミュレーション用のソフトウェアである GPSS/360 (General Purpose Systemes Simulator/360) を中心にして, FORTRAN・アセンブラ・オペレーティングシステムなど, 各種のソフトウェアを活用して開発されたデジタルコンピュータシミュレーションプログラムである。プログラム規模は, FORTRAN プログラムに換算して, 約1万ステップ強, 使用メモリー数約300キロバイトに及ぶ大規模なものである。

ASCOM-II は, ASP-A・MARK-II エレベータのシステム評価を, 先きの待ち時間その他のダイナミックなデータによって行なうことを目

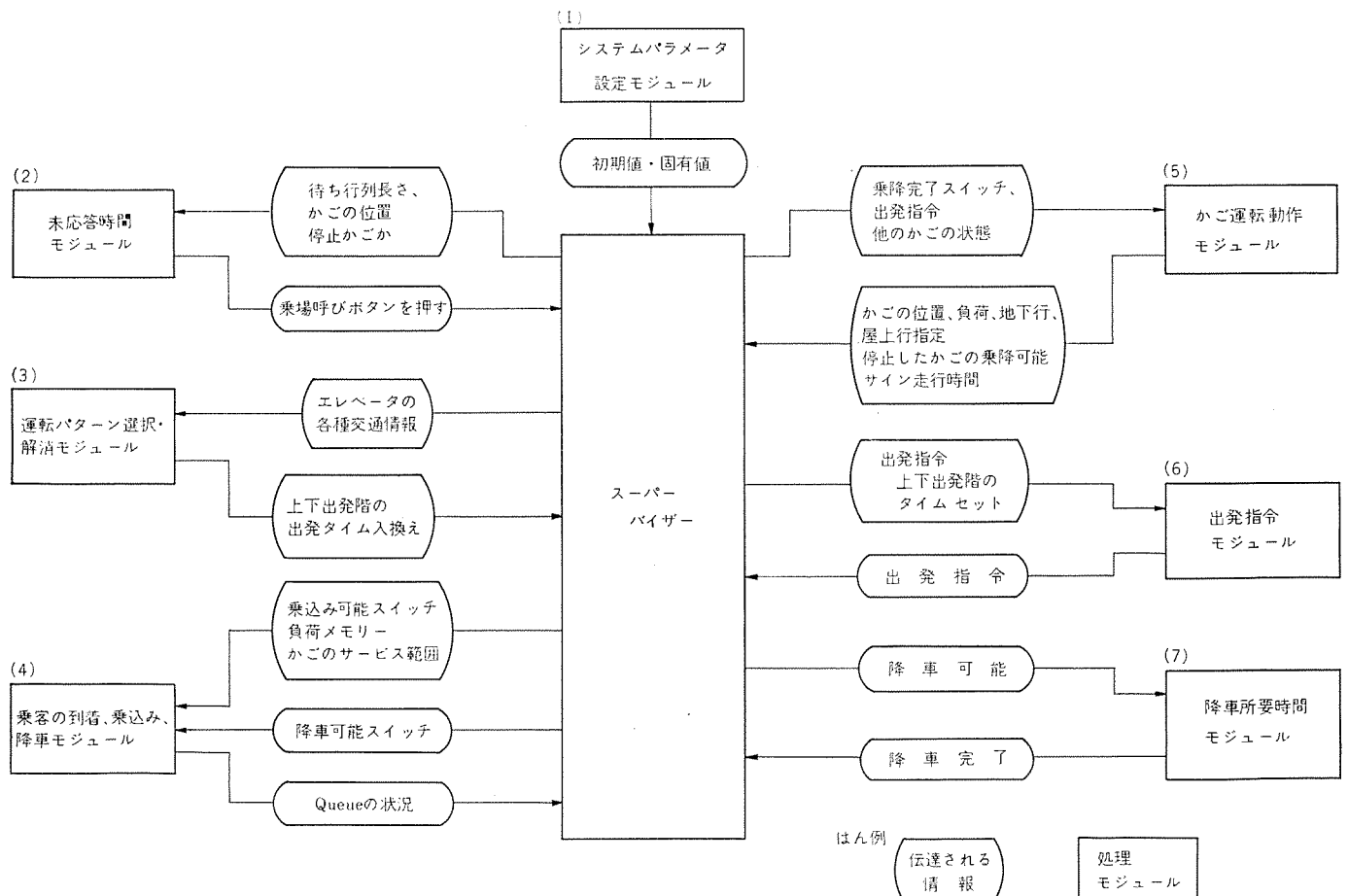


図 5.10 ASCOM-II の構成 Construction of ASCOM-II.

的としているので、エレベータの実際の運行を可能な限りミクロに模擬するモデルを設計しなければならない。

コンピュータシミュレーションの技術的な分類では、ASP-A・MARK-II方式のモデルは、待ち行列シミュレーションであり、状態変数の変化が離散的なものであるが、ASCOM-IIでは、エレベータのかごの運動動作、出入口とびらの開閉動作など、速い速度特性をもつエレベータ系には、シミュレーションプログラムにおけるスキャンング周期を十分小さくすることによって、状態変数の変化に連続的な特性をもたせている。

プログラムは、図5.10のようなモジュール構造になっており、各機能単位に独立したいくつかのモジュールと、モジュール間の情報伝達およびモジュールの演算を時間的に制御するスーパーバイザーから構成されている。次に各モジュールの機能概要を説明する。

(1) システムパラメーター設定モジュール

インプットデータはシミュレータの必要箇所にストレージされる。時間に関するデータは、シミュレーション単位時間係数を乗じて、時間単位の変換を行なう。また、シミュレーション中にひん発する同一計算項目は、このモジュールであらかじめ計算しておく。

(2) 未応答時間モジュール

エレベータホールに到着した乗客は、自分が行きたい方向の乗場ボタンが押されていなければ、これを押す、呼びを登録する。この呼びと同方向を進行中のかごが、この階の一定距離内に接近すると、呼びを検出し、その登録をリセットして階床に停止する。

このモジュールでは、ホールに到着する客の状態パラメーターおよびかごの状態パラメーターの内容を、シミュレーション単位時間ごとにスキャンして、呼び登録の検出とリセットを行ない呼びの未応答時間を計量する。

(3) 運転パターンモジュール

ASP-A・MARK-IIは、各種のエレベータ交通情報に基づいて適切な運転パターンを選択する。このモジュールでは、実際の運転パターン選択・解消のロジックに従って、各種の状態パラメーターの内容をスキャンし、一つの運転パターンを選択すると同時に、パターンごとに定められた上下出発階の出発指令の条件を新しいパターンのものと入れ換える。

(4) 乗客の到着・乗込み・降車モジュール

エレベータホールに到着する乗客のパラメーターは、先きの $\lambda \cdot \mu$ によって与えられる。各階に発生した乗客は、方向別の待ち行列(Queue)に入る。この乗客は希望する方向で、かつ、目的の階までサービスできるかごが到着して戸を開き、自分の乗込み順がくるまでQueueで待つ。乗車可能になり、かごに乗込むと、目的の階までエレベータで運ばれ、その階にかごが停止して戸を開き、降車可能になると、かごの外へ出て、このモジュールから消える。

このモジュールによってQueueに関する統計量およびサービス完了時間が計量される。

(5) かご運転モジュール

このモジュールで、各かごのトラッキングが作られる。各かごはスーパーバイザーからの出発指令を受けて出発階をスタートし、各階の呼び登録のスキャン、呼び登録のリセットとその階への停止・走行時間の演算などを行ないながら運転をつづける。スーパーバイザーには時々刻々、走行中の位置その他、かごの状態に関する情報を送る。

(6) 出発指令モジュール

上下出発階で先発指令を受けたかごに対して、出発を指令するモジュールである。出発指令は、非先発のかごが先発指令を受けた時点から、各パターンごとに設定された出発基準タイムが経過すると、このモジュールからスーパーバイザーを介して発せられる。ただし、昇り方

向と降り方向の交通量や各かごの状態をスキャンして、出発基準タイムを短縮したほうがよい条件が成立すると、基準タイムが満了する前に出発を指令する。

(7) 降車所要時間モジュール

かごが階に停止して戸を開き終わると、スーパーバイザーを経てかご運動動作モジュールから、このモジュールに降車可能のサインが与えられる。このモジュールでは、降車可能になると、かご内の乗客数およびその階で降りる客の数との関係から、図5.6で定義された関数を用いて、各降車客の降車時間を計算し、その分だけシミュレーション時間を進める。全降車時間が経過すると降車完了のサインをかごの運動動作モジュールに出す。

5.4 ASCOM-IIの特長

ASCOM-IIは、次のような特長をもっている。

(1) システムの柔軟性が高い

ASCOM-IIは、速度制御方式が直流可変電圧歯車なし式で、かつ、群管理運転方式がASP-A・MARK-II・CUSTOM方式のエレベータモデルに対しては、実用上、ほとんどのケースについて適用可能である。特に交通需要は、階ごとに前に説明した $\lambda \cdot \mu$ の二つのパラメーターと行先階分布、乗客の性別比率を与えるだけで、特殊な交通、はん(汎)用性の高い交通など、多様な交通モデルを簡単に作ることができる。

また、ある目的のため、先きにあげた各種のアウトプットのほかに、特別なデータを得たい場合に、特殊なモジュールを追加したり、制御装置の機能を追加することも可能なように、プログラムは、Open-endedの構造になっている。

(2) エレベータ仕様の相対的性能比較が客観的に行なえる。

特定の交通需要を共通の入力にして、仕様やサービス階が異なる場合のエレベータシステムの性能を、乗客の「待ち」に関する統計的データやサービス完了時間といった、個々の乗客に対するサービスを基礎とした資料によって解析評価することが可能であり、各仕様間の性能の優劣がきわめて客観的には握できる。たとえば、従来とかく問題になりながら定量的な解答を得ることが困難であった、いわゆる「サービス階の不ぞろい」によるサービス低下などについても、ASCOM-IIの活用によって、明快な回答が得られるようになった。

この反対に、エレベータ仕様を固定しておき、交通需要が異なった場合のシステム評価も、同様にして可能である。

6. シミュレーションの実用例

複数台のエレベータを一つのグループとして運転管理する場合、能率よく良好なサービスを提供するべく各エレベータのサービス階はできるだけそろえることが、グループ運転の原則であるが、サービス階の不ぞろいがエレベータサービスをどの程度阻害しているかを定量的には握したデータはほとんどない。このように、一般に定量的な把握の困難な次にあげる事項に関し、表6.1のモデルについてシミュレーションを実施し、興味ある結果が得られたので紹介する。

- (1) 地下階の有無、不ぞろいによる影響
- (2) サービス階床数によるサービス程度の変化
- (3) エレベータ台数による待ち時間の変化
- (4) 速度によるサービス程度の変化
- (5) ビルの用途・交通需要が変化した場合の比較

シミュレーションに用いた交通需要は、昇り降りの交通のバランスした状態で図6.1による。細部の各階交通については、モデルの変化要

表 6.1 シミュレーションモデル

Table of simulation model.

シミュレーション モデルの種類	エレベータのサービス形態を変えたシミュレーションモデル							エレベータの仕様を変えたシミュレーションモデル						交通需要を変えた シミュレーションモデル			
	変 化 要 素	地下階の有無 地下階の不ぞろい			サービス階数				エレベータ台数			エレベータ速度			中間階交通量	交通量の総量	
											急行区間なし	急行区間有り					
エレベータ サービス階																	
エレベータ台数 (台)		6			6				4	6	8	6		6	6	6	
エレベータ速度 (m/min)		150			150				150			150	210	240	300	150	150
エレベータ定員 (名)		20			20				20			20		20	20	20	17
シミュレーション CaseNo.		1	2	3	1	4	5	6	7	1	8	6	9	10	11	12	13

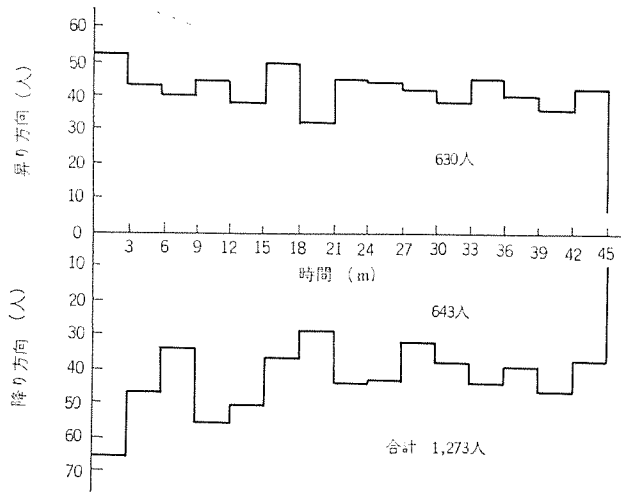


図 6.1 交通需要 (Case 1~12)
Elevator traffic demand (Case 1~12).

素に応じて適宜案分した。

(1) 地下階の有無、不ぞろいのエレベータサービスに及ぼす影響
グループ運転のエレベータでは、むだ停止を防止するため、乗場呼びに対して早く到着したエレベータが応答していく。したがって、サービス階に不ぞろいがある場合、たとえば1台だけ地下階サービスがあるようなときには、地下階行きの乗客はそのエレベータが到着するまで待つが、いったん乗換えなければ目的階へ行けず、エレベータのむだ停止がふえて運行能率が低下し、待ち時間が長く、そのばらつきも大きくなる傾向にあることは以前から定性的にはよく知られていた。

地上10階、エレベータ6台で地下階サービスは、1台がB₃階で他はB₁階で不ぞろいのある場合 (CASE-1)、全台数B₁階のある場合 (CASE-2) および地下サービスのない場合 (CASE-3) についてシミュレーションを行ない、各階の待ち時間および1階との交通のサービス完了時間の比較を図6.2、6.3に示す。

地下サービスのある場合は、明らかに待ち時間・サービス完了時間ともに長く、サービスが低下している。CASE-2とCASE-3とではグラフ上あまり差は認められなかったが、CASE-3の地下不ぞろいの

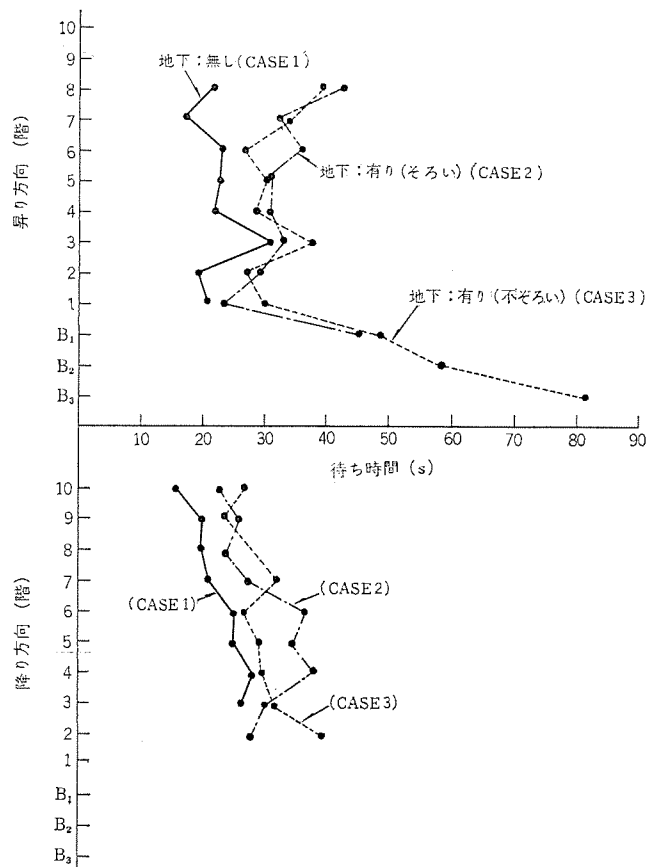
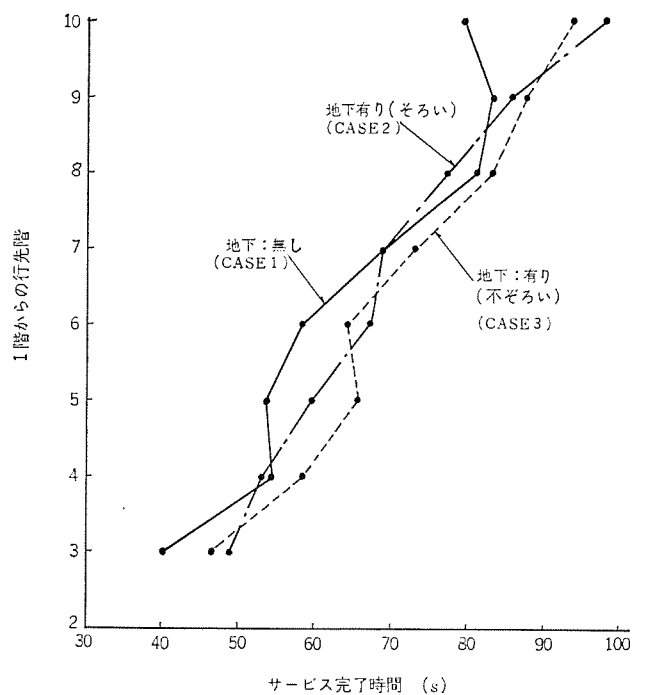


図 6.2 地下サービスの有無と待ち時間の関係
Relationship of provision of basement floor service to waiting time.

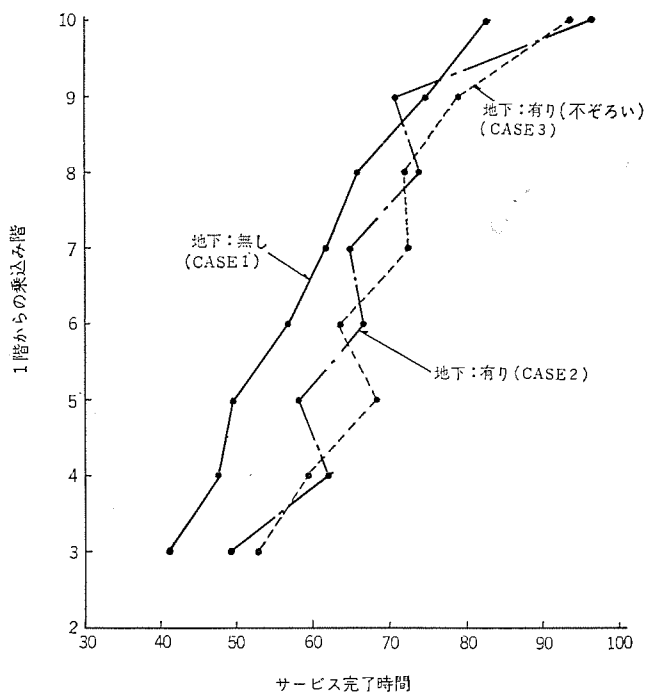
場合におけるむだ停止によって、到着したかごに乗らなかった乗客数は、33人 (30分間あたり) 発生している。

(2) エレベータ台数が変わった場合のサービスの变化

エレベータサービスの良否が、バンク内のエレベータ台数と密接な関連を持っていることは、常識的に容易に予想されるところである。今回交通需要を一定として、エレベータの台数を4, 6, 8台と変化させた場合に、エレベータ利用者の待ち時間ならびにサービス完了時間が、



(a) 1階から各階へのサービス完了時間

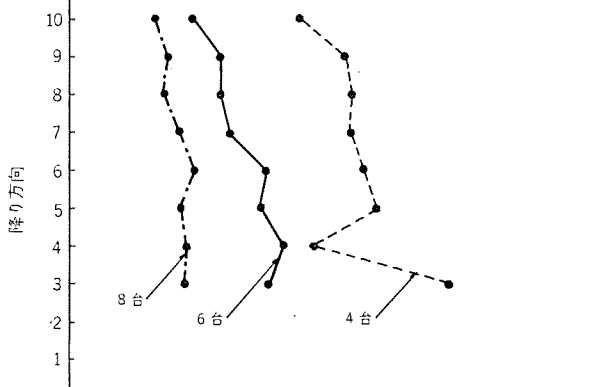
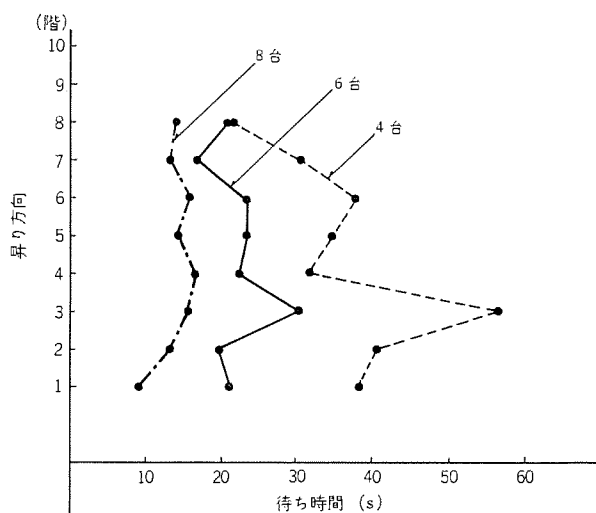


(b) 各階から1階へのサービス完了時間

図 6.3 地下サービスの有無とサービス完了時間
Relationship of provision of basement floor service to total service time.

どのように変わるかをシミュレートした結果、図 6.4、6.5 のとおりであった。

図 6.4 から、エレベータ台数が待ち時間に与える影響は明りょうであるが、これを平均値と比較すると、次のとおりである。エレベータ台数が 8 台から 6 台に減った場合、台数に逆比例させた計算では、待ち時間は 133 % にしかならないが、シミュレーション結果では、13.0 秒が 22.6 秒と 175 % と長くなっている。さらに、エレベータ台数が 4 台に減った場合には、待ち時間は 300 % と長くなっている。従来、エレベータのサービスの程度をはかる目安として用いてきたエレベータの平均運転間隔は、バンクの台数に逆比例する値であったが、実際には、



(a) 階別・方向別平均待ち時間

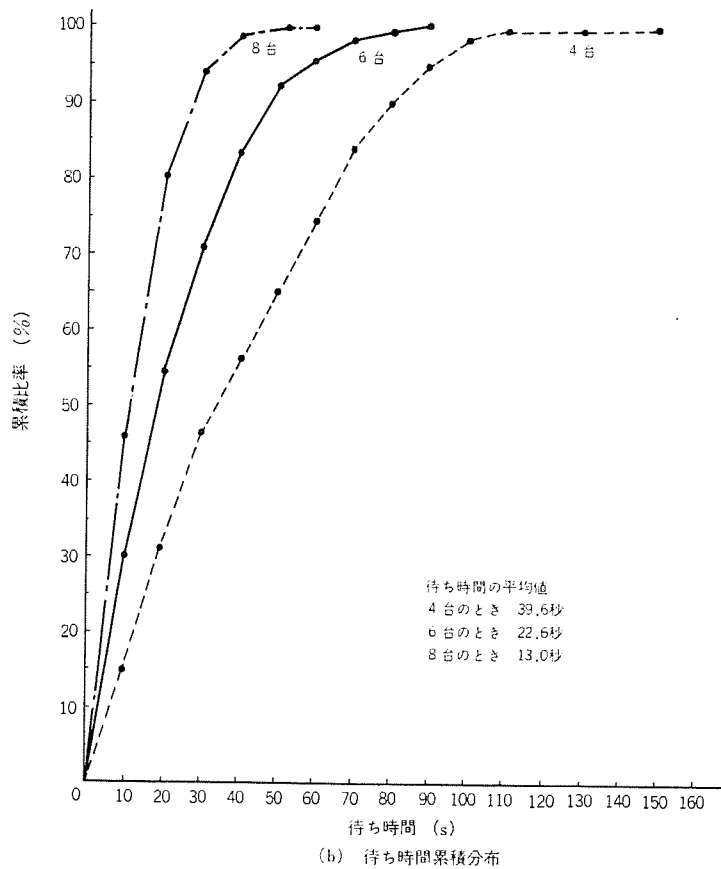
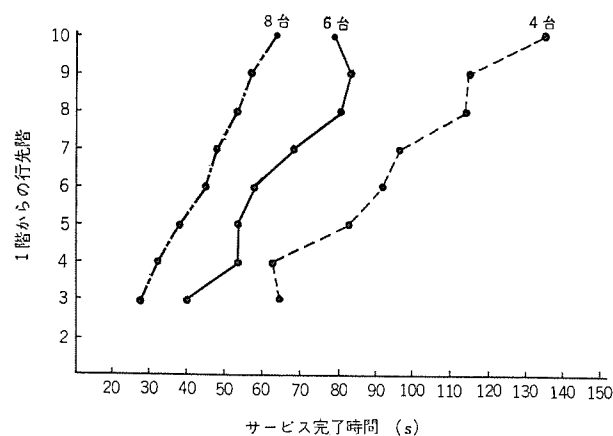
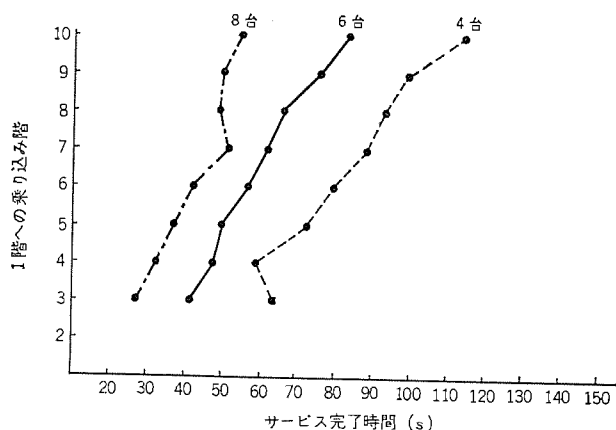


図 6.4 エレベータ台数と待ち時間の関係
Relationship of the number of elevators par bank to waiting time.



(a) 1階から各階へのサービス完了時間



(b) 各階から1階へのサービス完了時間

図 6.5 エレベータ台数と平均サービス完了時間
Relationship of the number of elevators per bank to average total service time.

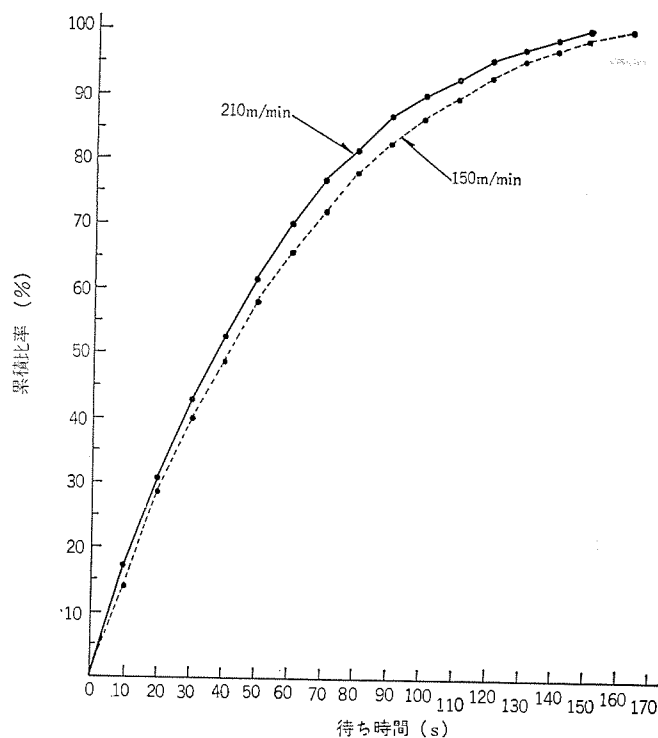
上記のようにエレベータの待ち時間は、台数の変化の割合以上に影響を受けるものであることを、シミュレーションで如実に示し得た。すなわち、エレベータのサービスを良好な状態に保持するには、適正なエレベータ台数を確保することが必要である。特に自動群管理運転のバンクから1台を切放して、貴賓用などの特定用途に振り向けることは、全体のエレベータサービスを非常に悪化させるので避けるべきである。もしこのような使い方が避けられないのであれば、最初からエレベータの台数を増しておくなどの対策が必要となる。

(3) 速度によるエレベータサービスの変化

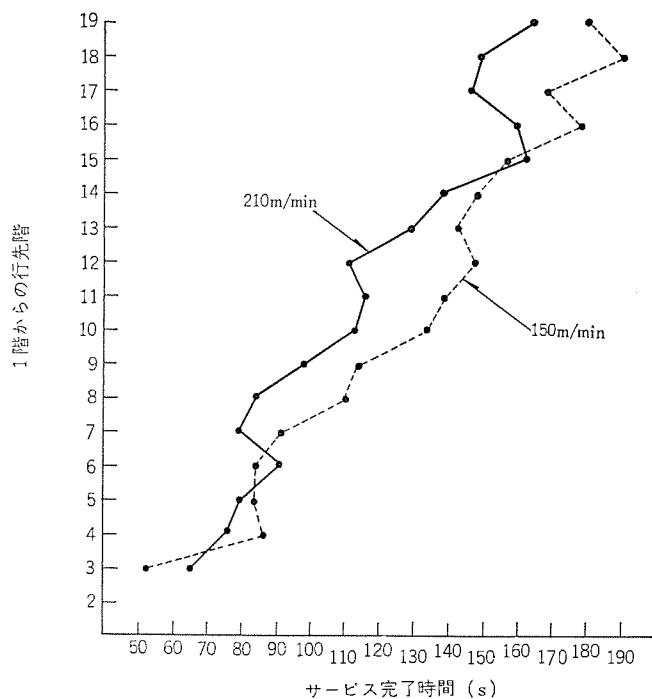
エレベータの速度を上げれば、エレベータサービスが良くなるのは当然のことであるが、この改善の程度は急行区間の有無や、分担するサービス階数にも関連することは、従来の交通計算からも推定されるところである。今回、19階建てのビルに対して速度150 m/minと210 m/minの比較（急行区間なし）、および30階建てのビルで速度240 m/minと300 m/min（急行区間あり）を比較した結果を、図6.6に示した。

19階建ての場合図6.6(a)には、サービス階数が多く、サービス程度ももともと悪い状態であり、速度を上げても待ち時間はたいして短くなっていない。一方30階建て（図6.7）では急行区間があり、かつサービス階数も少ないことなどより、速度の増加がサービスの改善に大きく寄与していることがわかる。また、サービス完了時間に対しては、いずれの場合でも速度の増加が有効に働いている。

これらの結果から、(2)項のシミュレーション結果とも関連させて、



(a) 19階のビルに対する150 m/min, 210 m/minの比較



(b) 1階から各階へのサービス完了時間

図 6.6 エレベータの速度と待ち時間平均サービス完了時間の比較
Inter-relationship of rated elevator speed, passenger waiting time and average total service time.

エレベータのゾーニングを適切に行なえば、高速化はサービスの改善に非常に有効であると言える。特に超高層ビルの場合、高さに応じた適切なエレベータ速度と、適切なゾーニング方式の選択が、良いエレベータサービスを得るうえに是非とも必要となる。

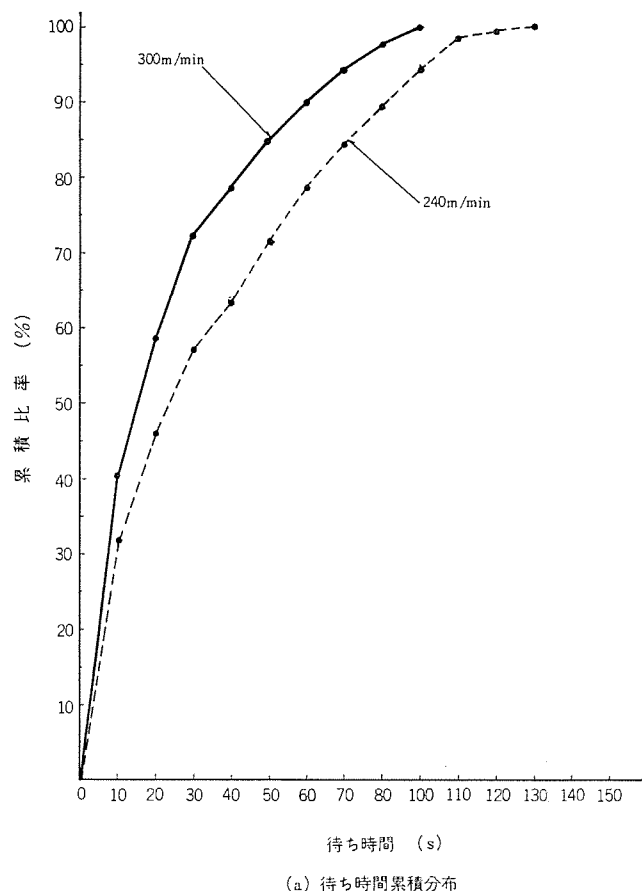
(4) サービス階床数の変化とサービス水準

エレベータの仕様をまったく同一として、サービス階床数を地上10階・13階・16階および19階と、順次増加させ、このときのエレベータのサービス水準の変化をASCOT-IIを用いて調べてみる。なお、用いる実行ケースは、表6.1のCASE-1・4・5および6で、交通需

要は、階数の増加に従って行先階分布のみを変えた。

シミュレーションの結果をみると、まず、図 6.8 で明らかなように、サービス階が増せばサービスが低下することは当然であるが、16 階を越すとサービス水準は加速度的に低下する。試みに、30 秒以下の待ち時間の累積比率を一つのサービス評価の基準におくと、

10 階の場合は 全体の約 71 % を占める
13 階の場合は 全体の約 62 % を占める



16 階の場合は 全体の約 59 % を占める
19 階の場合は 全体の約 48 % を占める

また、単に平均待ち時間が長くなるだけでなく、待ち時間のばらつきを表わす標準偏差も、階数の増加に比例して二次曲線的に大きくなり、サービスの悪さが歴然と現われてくる。この傾向は、サービス完了時間にも当然現われており、各 CASE とも共通にサービスする 10 階までの 1 階との二元交通をみると、やはり 16 階を越えるとサービス完了時間の延長の割合が著しく大きくなる。

以上の結果、このモデルの例では、サービス階が 16 階を越す場合は、これ以上サービスを低下させないため、エレベータの台数をもう 1 台ふやす必要がある。

さらに、20 階程度になれば、必要な台数はいっそう増加する。この場合、台数の増加によってホールでの待ち時間は短縮するが、サービス階が多すぎるため、待ち時間に比べてサービス完了時間の短縮程度は低い。したがって、このような場合は、エレベータグループを二つに分けて、サービス階を低層・高層に 2 分割する方式が妥当であろう。一つのグループでサービスする階床数は、従来から経験的に知られて

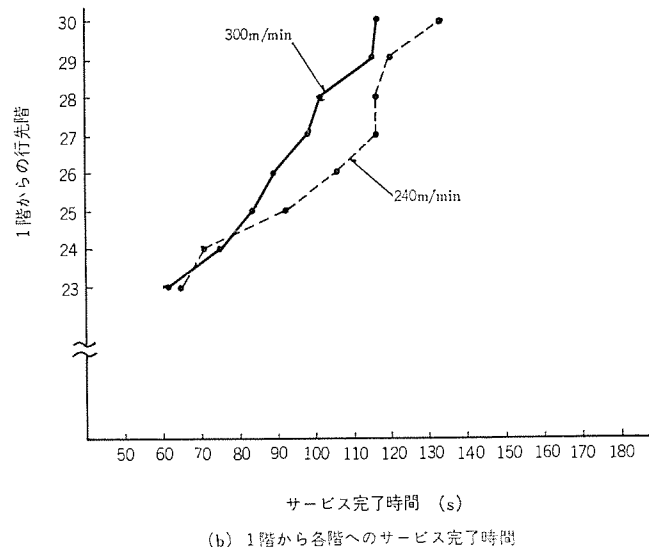


図 6.7 30 階のビルに対する急行区間を有する 240 m/min, 300 m/min の比較
Comparison of 240 m/min and 300 m/min elevator in a 30 floor building with express zone.

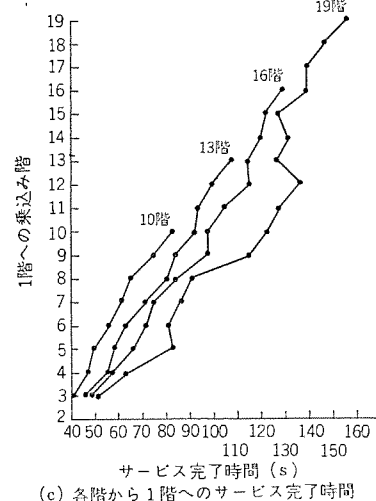
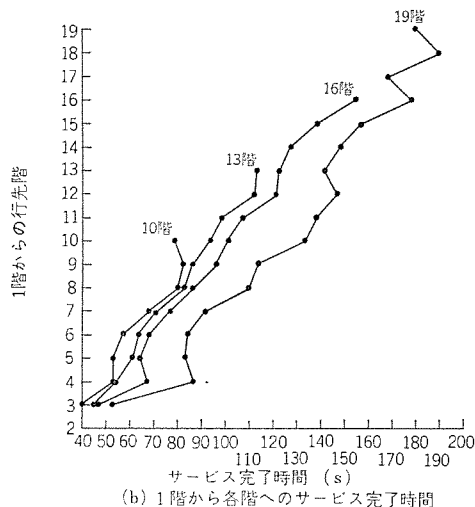
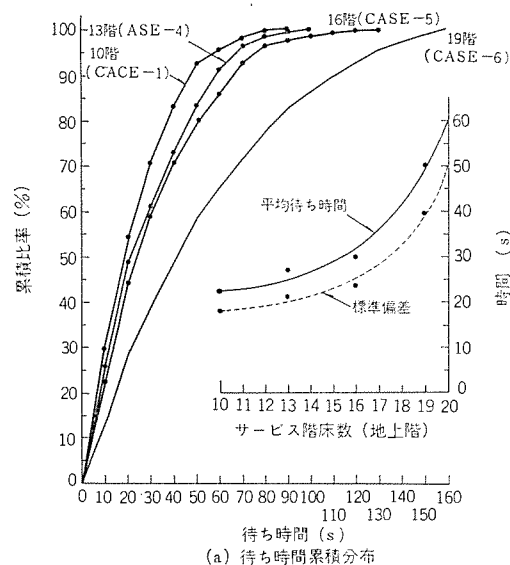
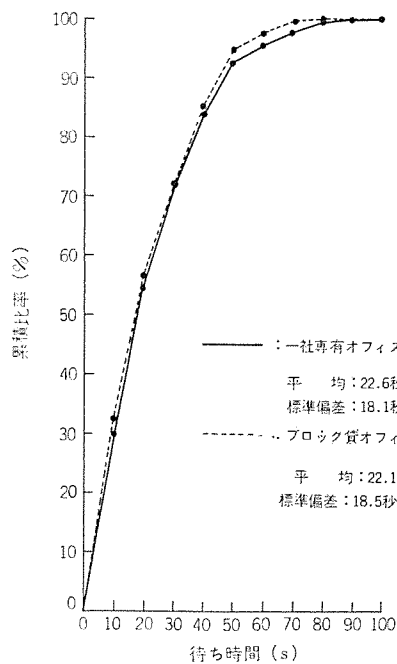
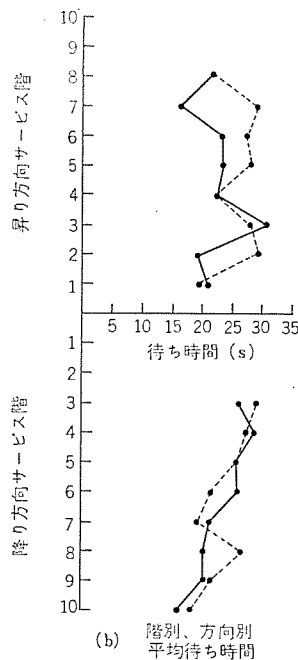


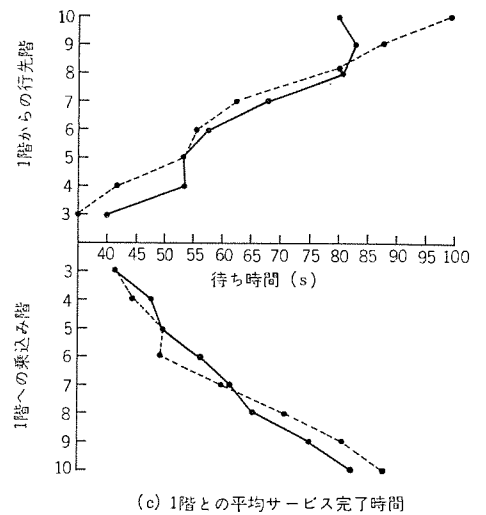
図 6.8 サービス階床数と平均サービス完了時間
The number of floors served and average total service time.



(a) 待ち時間累積分布



(b) 階別、方向別平均待ち時間



(c) 1階との平均サービス完了時間

図 6.9 ビル用途による行先階分布とエレベータサービス
Relationship of destination floor distribution to elevator service according to types of building use.

いとおり 15 階程度が限度であることが証明できる。

(5) ビル用途と交通需要の変化とサービス水準

(a) ビル用途が異なる場合

同じ事務所ビルで、一社専有の場合とブロック貸の場合について比較する。比較条件は、表 6.1 の CASE-1 (1 社専有) と CASE-12 (ブロック貸) に従い、エレベータの仕様および交通量を同一にして、ビル用途によって行先階分布のみを次のように変えた。

ビル用途	1階と各階を結ぶ二元交通	階相互の交通
一社専有	60%	40%
ブロック貸し	90%	10%

シミュレーションの結果は、図 6.9 のとおりであるが、サービス水準を示すこれらのアウトプットをみると、いずれも両者の間にみるべき差はない。片道運転あたりの交通量が同一であれば、理論上の運転時間は、階相互の交通が多いほど長くなり、それだけサービスは低下するが、ここで比較した程度の階相互交通の差は、ASP-A・MARK-II 方式では、サービス水準にほとんど影響を及ぼしていない。

(b) 交通需要が変わった場合

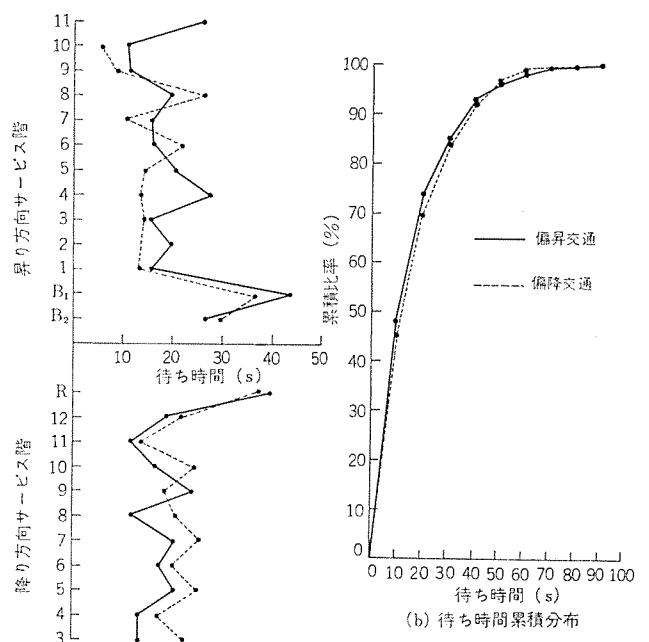
この比較は、表 6.1 の CASE-13 を用いた。ビルの用途と規模、エレベータ仕様、昇り降りを合計した交通量および行先階分布を同一に保ち、交通需要だけが昇り方向に片寄る「偏昇」と、降り方向に片寄る「偏降」の二つの場合についてエレベータサービスがどのようになるかを検討した。交通需要は次のとおりである。

(i) 行先階分布

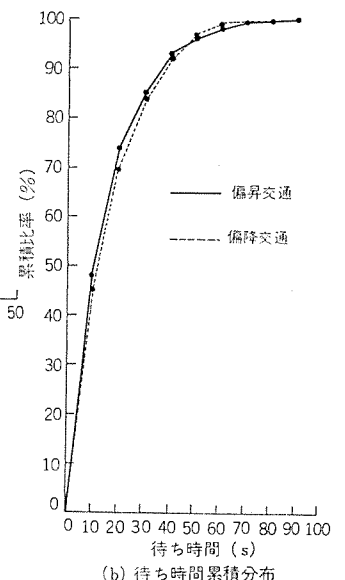
偏昇・偏降とも	1階と各階を結ぶ二元交通	60%
	各階相互間の交通	40%

(ii) 交通量

上り、下りの合計で約 100 人/台・30 分



(a) 階別・方向別平均待ち時間



(b) 待ち時間累積分布

図 6.10 交通需要と待ち時間
Relationship of traffic demand to waiting time.

(iii) 交通比率

以上の条件に基づき、シミュレーションを行なったところ、図 6.10 のとおり、下りと上りの交通比率が片寄る場合も、両者のサービス水準には、ほとんど差は見られない。平均待ち時間を方向別にとると次のとおりであるが、交通量の片寄りに比べてその偏差はわずかで

方向別平均待ち時間

	昇り方向	降り方向
個昇	63%	47%
個降	47%	63%

	昇り方向	降り方向	全平均
個昇	19.40 秒	18.97 秒	19.35 秒
個降	15.42 秒	21.71 秒	19.35 秒

ある。

このモデルケースから、ASP-A・MARK-II方式では、交通需要の変化に対応して、エレベータサービスが常に均一になるように、エレベータグループの運転間隔の自動調整が適切に行なわれていることがうかがわれる。

7. む す び

以上、紹介したとおり、ASCOM-IIの活用によって、われわれは、エレベータ設備計画手法において、従来手法では得られないエレベータシステムに対する新しい評価手段を得ることができたわけであるが、1日のエレベータ交通を通した総合的な検討による設備計画という点では、まだ完全とはいえない。

なぜなら、たとえば、社員食堂設備をもつ事務所ビルでは、昼食時のエレベータ交通需要のほろが、むしろ出勤時ピークよりも高く、要求される待ち時間の水準も、ビジネスアワーに近いので、昼食時こそはエレベータ設備に対する負荷として、質量ともに最もきびしいともいえる。ただ、他の時間帯が「ビジネス」に起因した交通需要がほと

んどであるのに対して、この時間帯が「食事」に起因する交通需要であるため、一般的な社会通念として、まだ昼食時に対するエレベータサービスを最も重要な要因として、エレベータ設備を計画する段階に至っていない。

しかし、時代の進展とともに、われわれの生活様式やこうした社会習慣が変化し、昼食時のエレベータ交通がエレベータ設備計画のうえで現在よりもさらに重要なファクターになるであろうことは、想像にかたくない。

したがって、エレベータ設備計画の手法を研究する場合、昼食時の問題に対するアプローチが次の課題であろう。

参 考 文 献

- (1) 藤田, 寺山, 吉江, 櫻田, 並川: シミュレーション手法によるエレベータ設備計画, 三菱電機技報, 41, No. 7 (昭42)
- (2) 小池, 大西, 藤田, 寺山: エレベータ交通の平常時における乗客到着モデルの提起, 日本オペレーションズリサーチ学会 1969年度春期研究発表会 アブストラクト

付 録

中間階段間交通がある場合の予想停止数の算出

エレベータが1階から出発して昇り方向に運転する場合の予想停止数を求める。

条 件

- (1) エレベータのサービス階は出発階を含め n とする。
- (2) 任意の i 階からエレベータに乗込む人数を r_i とする。
- (3) i 階から乗車した乗客 r_i の行先は $i+1 \sim n$ 階に対し均等の確率を持つものとする。

エレベータが i 階から乗込んだ r_i 人によって $(i+1)$ 階以上の各階で停止する確率 p_i は、次式で与えられる。

$$p_i = 1 - \left(1 - \frac{1}{n-1}\right)^{r_i} = 1 - \left(\frac{n-i-1}{n-i}\right)^{r_i} \quad \text{.....(付1)}$$

停止しない確率 q_i は

$$q_i = \left(\frac{n-i-1}{n-i}\right)^{r_i} \quad \text{.....(付2)}$$

i 階で $(i-1)$ 階より以下の階で乗込んだ乗客のかご呼びにより、エレベータが停止する確率 p_i は、停止しない確率を Q_i として次式で与えられる。

$$p_i = 1 - Q_i = 1 - \left\{ \left(\frac{n-2}{n-1}\right)^{r_1} \left(\frac{n-3}{n-2}\right)^{r_2} \cdots \left(\frac{n-i}{n-i+1}\right)^{r_{i-1}} \right\} \quad \text{.....(付3)}$$

$$\therefore Q_i = q_1 \cdot q_2 \cdots q_{i-1} \quad \text{.....(付4)}$$

一方、 i 階においてエレベータの乗客が到着する確率、すなわち乗場呼びができる確率 p'_i は、

$$p'_i = 1 - e^{-r_i} \quad \text{.....(付5)}$$

$\therefore$ エレベータの平均運転間隔 T 秒内にエレベータホールに到着する人数を、平均人数 r_i のポアソン分布と仮定すると、 T 秒間に1人もエレベータホールに到着しない確率、すなわち乗場呼びのできない確率 q'_i は次式で与えられる。

$$q'_i = e^{-r_i} \frac{r_i^0}{0!} = e^{-r_i} \quad \text{.....(付6)}$$

したがって i 階でかご呼びまたは乗場呼び、もしくはその両方が重畳した呼びでエレベータが停止する確率 p_i は、式(付4)、(付6)より、

$$p_i = 1 - q'_i Q_i = 1 - \left\{ e^{-r_1} \left(\frac{n-2}{n-1}\right)^{r_1} \left(\frac{n-3}{n-2}\right)^{r_2} \cdots \left(\frac{n-i}{n-i+1}\right)^{r_{i-1}} \right\} \quad \text{.....(付7)}$$

よって昇り方向での予想停止数 f_L は次式で求められる。

$$f_L = \sum_{i=2}^n p_i = \sum_{i=2}^n \left[1 - \left\{ e^{-r_1} \left(\frac{n-2}{n-1}\right)^{r_1} \left(\frac{n-3}{n-2}\right)^{r_2} \cdots \left(\frac{n-i}{n-i+1}\right)^{r_{i-1}} \right\} \right] \quad \text{.....(付8)}$$

降り方向についても上記と同様である。

超高速化の進む 三菱シンクログライドエレベータ

高 村 明*・安西 伸夫*・渡辺 英紀*

Mitsubishi Synchro Glide Elevators making Progress in Super-High Speed Operation

Inazawa Works

Akira TAKAMURA・Nobuo ANZAI・Eiki WATANABE

With the trend of skyscrapers coming up one after another of late, the elevators are also demanded to be of increasingly higher speeds and higher rises. Mitsubishi Synchro-Glide high speed elevators are high performance machines developed to meet the requirements. Since they were sent to the market in 1963, a good number of the products have been delivered and favorably commented on with their excellent features.

This article describes the condition to be a high speed elevator, a number of improvements made by the Company to satisfy the condition, and also technical problems to realize the world highest speed of 540 m/min. In addition, introduction is made on 300 m/min elevators supplied to the World Trade Center Building recently.

1. ま え が き

わが国においても、諸外国でいわゆる摩天楼といわれるような、超高層ビルが、続々と建設され始めた。

このような超高層ビルでは、建物の中でエレベータの占める面積がますます大きくなるので、輸送力を大きくするため、従来のものよりいっそう速度の速いエレベータが必要となってくる。

当社はこの超高層ビルにふさわしい高速・高性能エレベータとしてシンクログライド方式エレベータを開発したことを当技報でも紹介してきたが、150 m/min をこえるような高速エレベータの生産台数も200台に近づき、その性能の良さと高い信頼性は非常に好評を博している。

最近据付完了したものの中で、目ぼしいものだけでも、神戸商工貿易センター納入の240 m/min、日本ビル納入の210 m/min、帝国ホテル新館納入の210 m/min、福岡電気ビル納入の180 m/min、万国博開会と同時にビルオープンした世界貿易センタービル納入のわが国最高速の300 m/min、同じく240 m/min、さらに目下鋭意据付中の京王プラザホテル納入の360 m/min（完成の暁には国内最高速のエレベータと

なる）等多数にのぼり、最近の代表的建築のほとんどすべてに採用されている。

ひるがえって輸出したものも最近のものだけでも、タイ国チョクチャイインターナショナル向け210 m/min、フィリピンバンクネガラ向け210 m/min、シンガポールマンダリンホテル向け300 m/min、240 m/min等、100台に近しい。

一方商談中のものとしてホテルニューオータニ向け等多数の引合があり、われわれはますます高速・高性能が要求されるエレベータをいっそう完全なものにするため、当社の試験塔において日夜試験を続行している。

以下に高速エレベータとして備えるべき条件と、この条件を満足するために当社の実施した数々の改良事項、さらには540 m/minの超高速エレベータを実現するための技術的問題点を述べ、併せて、今回世界貿易センタービルへ納入した300 m/minエレベータの実績をも紹介する。

2. 高速・高性能エレベータの具備すべき基本的条件と世界貿易センターの実績紹介

2.1 高速・高性能エレベータの具備すべき基本的条件

一般に高速エレベータは記録的高層ビルに設置されるため、建物の利用効率を下げないこと、膨大な交通需要を確実に処理できること、建築の豪華さにマッチした意匠であること、等が特に重要になってくる。

言いかえれば、一般エレベータに比べ、やや設備費が高くても輸送力・据付寸法・信頼性・意匠の美しさ・静粛さ等のあらゆる機能が高性能・高品質でなければならないことで、再三当技報でも説明してきているが、今回はその諸機能のうち、特に進歩の著しい三菱シンクログライドエレベータの特長とする諸点について説明する。

2.1.1 乗りごこちよく最短時間で走行すること

高性能エレベータは、輸送力を増すため最短時間で床から床へ走行停止することが要求される。だからといって乗りごこちが悪くなっているはいけな。一般には乗りごこちと所要時間は背反関係にあり、乗りごこちをよくしようとする時間が長くなるのが普通である。われわれは乗りごこち良く、しかも最短時間で走行するための理想

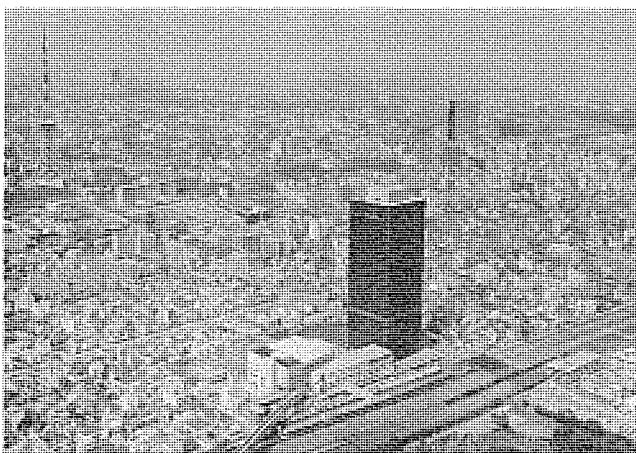


図 1.1 世界貿易センタービル（東京）
（霞ヶ関ビル、東京タワー、さらには建設中の京王プラザホテルも見える）
World Trade Center Building in Tokyo.

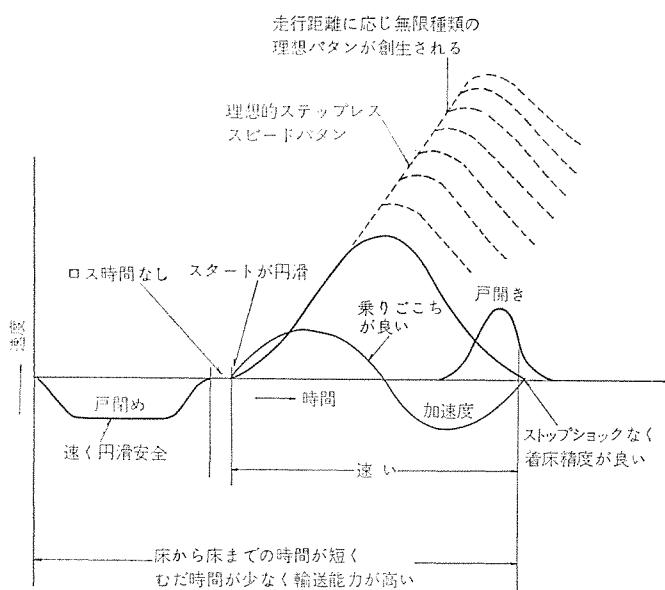


図 2.1 三菱シンクログライドエレベータの特長
Merits of Mitsubishi synchro glide elevator.

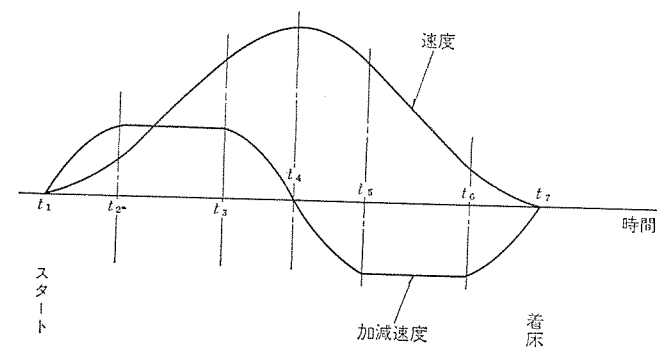


図 2.2 理想運転曲線
Ideal performance curve.

運転曲線として、図 2.2 の加減速度特性を採用すべきことを提唱してきた。

すなわち $t_1 \rightarrow t_2$ は加速度が正弦波的に立ち上がり、 $t_2 \rightarrow t_3$ は加速度一定期間、 $t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$ は加速から減速に移り変わる部分で、この部分も正弦波的に変化し、 $t_5 \rightarrow t_6$ は減速度一定期間、 $t_6 \rightarrow t_7$ は減速度が正弦波的なおさまりを示している。この波形は、エレベータの乗りごちが加速度のみならず、加々速度（加速度の微分値）によっても支配されるという考え方にかなっており、今までの幾多の実験によっても、その妥当性が確認されている。

さて最短時間で走行するためには、定格速度まで出ないような運転範囲では、いかに走行距離が変わっても常に図 2.2 の理想運転となるように、たとえば図 2.1 に示すような無限の種類の理想運転曲線群の中から、最適なものを選択して走行するようしておく必要がある。

それは高速エレベータといえども、定格速度が出るような急行ゾーンは別として、サービスゾーン内では定格速度で走行することはまれで、その運転のほとんどが部分速運転で占められているからである。しかも高速になればなるほど、当然部分速運転の種類は加速度的に増えるからでもある。

ところで高速エレベータといっても、部分速運転の種類を限定し、たとえば 3 種類程度しかもたない方法が考えられる。すなわちサービスゾーン内では 90, 120, 150 m/min の部分速しか出さず、急行ゾ

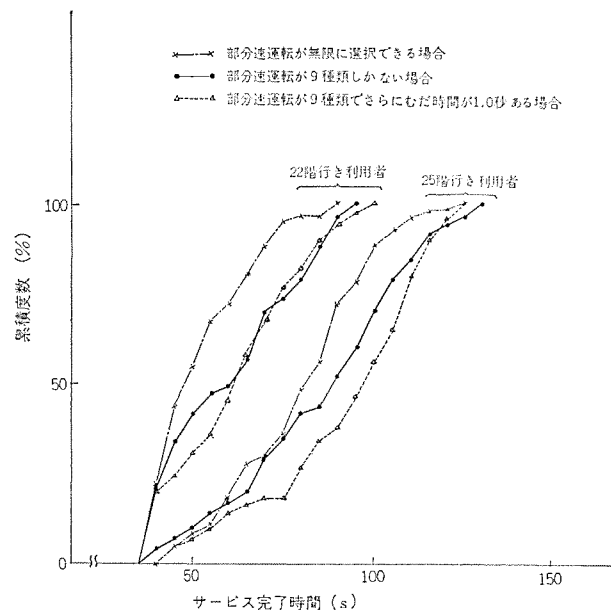


図 2.3 サービス完了時間累積度数分布 (Up peak 時)
Comparison of service completion time.

ン内においてはじめて定格速度を出す方式である。

さらにこの方形を改良すると、走行階床数を単位にして徐々に部分速運転の最高速をあげるような形式で、9 種類程度 (300 m/min の場合) まで部分速を増したものになる。

このような方式では、標準階床間隔で構成された 9 種類の基準運転からはずれる階床間隔の運転に対しては、一度定常速を出して基準運転曲線よりも加速度が高くなるようにせねばならない。

したがって部分速運転を数種類に限定してしまうことは、標準外の階床運転は最高速度と走行距離の調和がくずれるために、サービスゾーン内の運転能率がかなり悪くなる。

300 m/min エレベータで部分速運転が無限にある場合と、9 種類しかない場合の運転能率を比較してみよう。

図 2.3 には、当社が開発したエレベータ用シミュレーションプログラムを使用して、サービス完了時間について計算した結果を示す。サービス完了時間とは、エレベータ利用者がホールに到着してから目的階に到着してエレベータから降りるまでの時間であり、待ち時間と乗車時間の和で表わされる。

計算条件は、

台数：7 台のオートセレクトパターンオート方式
容量：1,150 kg, 17 人乗
速度：300 m/min
サービス階：1→21～30 階

図 2.3 から明らかなように、部分速運転を数種類に限定してしまうとサービスの質がかなり落ちることが明らかである。

また運転時間の損失が交通需要の処理能力にどんな影響を与えるかを、別の形でシミュレーションしたものを図 2.4 に示す。すなわち最も高い輸送能力を要求される朝のラッシュ時に対応する時間帯で、Up peak になるのが、無限パターンの場合には約 10 分間であるが、有限パターンでは、その前後にふくらんで約 15 分になっており、このことから次の諸点が推察される。

(1) 能率の低いエレベータほど、当然ピークパターンで処理せねばならぬ時間がふえる。

(2) その結果昇り客の処理に重点がおかれ、地下サービスや降り客の待ち時間が長くなりサービスの質がおちる。

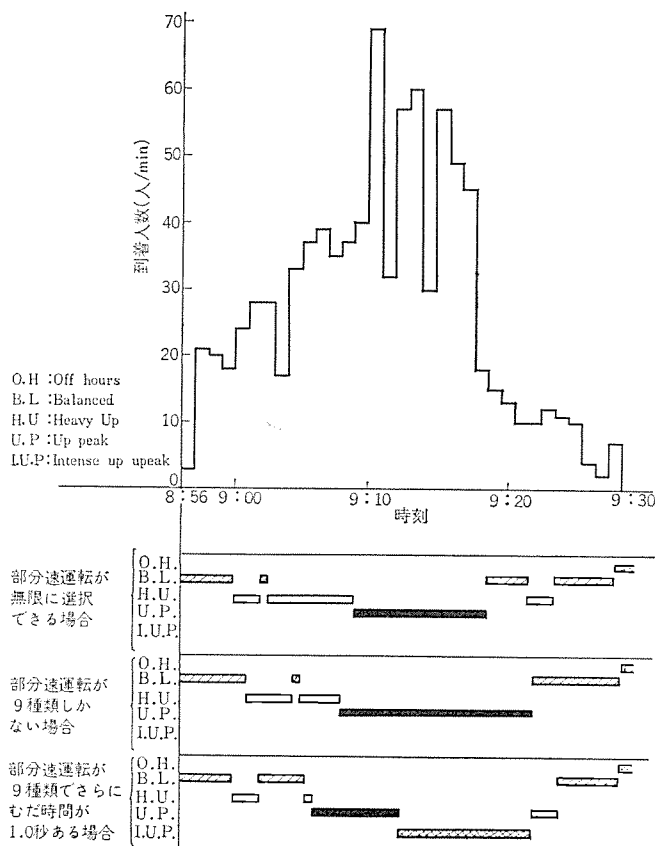


図 2.4 交通パターンの移り変わり
Comparison of traffic pattern transition.

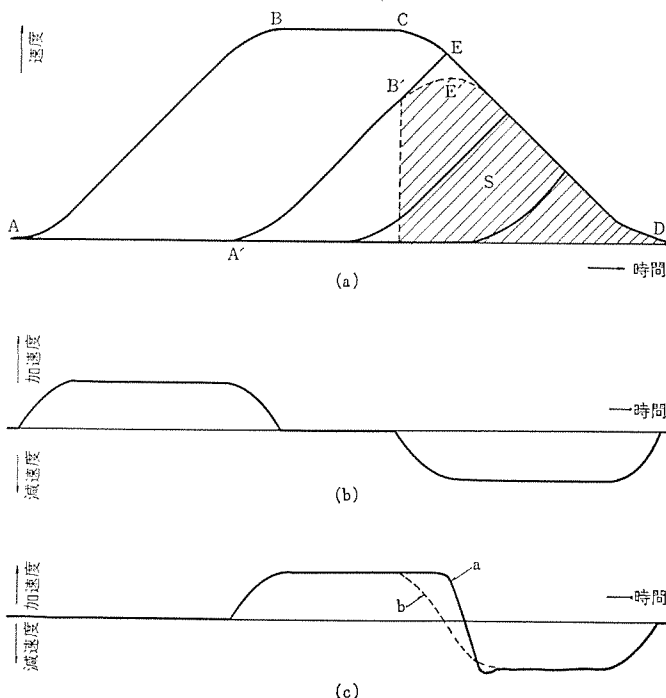


図 2.5 各種の運転に対する速度および加減速度
Speed and acceleration and deceleration curves
corresponding to miscellaneous tracks.

以上のように部分速運転の種類が限られている場合は運転能力が低く、換言すれば高価なエレベータ用主機および建築側の諸施設、たとえば電源さらにエレベータ設備用建築スペースを十分に使いきっていないと言える。

次に無限の部分速運転を選択するための基本的考え方を説明する。

図 2.5 (a) は各種の部分速運転に対する速度パターンを示す。図

2.5 (a) で $\overrightarrow{ABCD}$ は全速運転の経過であり、このとき加減速波形は、図 2.5 (b) のごとく理想波形となるものとする。もっと短階床で全速が出ない場合を考えてみよう。図 2.5 (a) で $\overrightarrow{A'B'ED}$ がこれに相当する。このときの加減速度は、図 2.5 (c) a 曲線のごとく加速から減速に移る点の加々速度が非常に大きく乗りごちが悪くなる。これを改善するためには、加速の後半で実質的には加速中であるにもかかわらず、減速に備えて図 2.5 (a) B' 点で加減速度を制御しはじめ、なめらかに減速曲線につながなければならない。 $\overrightarrow{A'B'E'D}$ がこれに相当する。またこのときの加減速度は図 2.5 (c) b の曲線になる。すなわちエレベータがちょうど図 2.5 (a) の斜線の部分の面積 S に相当する距離だけ、呼びのある階の手前にきたときに加速から正弦波的に減速に移す。この量 S は B' 点のかごの速度 v を知れば次の式から計算できる。

$$S = k_1 v^2 + k_2 v + k_3$$

k_1, k_2, k_3 : 定数

このように無限の部分速運転をすべて理想的に運転しようとする、常にかごの現在速度から停止可能な距離を計算して呼びのある階と照合するとともに、加速度コントロールをも行なわなければならない、非常に高度の技術が要求される。

以上のように部分速運転を無限に選択することは非常にむずかしいので、前述のように部分速運転を数種類に限定する方式が採用されている場合が多い。このような方式では、簡単のために速度指令値を従来からよく知られているノッチ方式で創成し、かつ加速度コントロールも行なっていないのが普通である。ノッチ方式ではノッチによる加速度の変動が乗客に不快感を与えるので、これを緩和するために大きな遅れ要素をパターン回路にそう入するのが常であり、このため位置制御の精度が甘くなって着床性能がどうしても悪くなる。あるいは位置点と位置点の間を適当に補間する方法もあるようであるが、上述のノッチ方式の欠点を根本的には解決することはむずかしい。なお高速エレベータは一般に高揚程になるが、この場合は後で述べるようにかご・ロープ系の自由振動数が低下し、減衰も悪くなるため、ノッチ方式のもつ細かい励振でもかごの中で感知できるゆらぎとなって表われる場合が多い。このようにノッチ方式は中速エレベータとしてはともかく、高速・高性能エレベータとしてはふさわしくないであろう。

三菱シンクログライド高速エレベータでは、完全にステップレスな速度指令値を発生し、かつ加速度を自由に増減できる DMA アクセラータを使用して加速部分の速度制御を行なっている。われわれはさらにかごの現在位置と現在速度と停止予定階までの距離を演算処理する装置をセレクトに付加（特許出願中）し、前述の図 2.5 (a) B' 点を正確に検出するとともに、この装置の出力で積極的に加速度コントロールを行なうことに成功した。その結果加速から減速に移りかわるところの乗りごちが理想的にコントロールでき、在来の時間遅れを利用したものと比較して乗りごちは格段にすぐれているうえに、無限の種類の部分速運転が選択できる。さらに減速にも同じく、昇降路位置に対して完全にステップレスな速度指令値を発生する DMS セレクトリアクタを使用しているので、前述のノッチ方式の欠点はまったくない。この DMS セレクトリアクタは、昇降路寸法を約 1/100 に縮尺したセレクトに取りつけられ、位置基準で等減速度となるように構成してある。

$$\text{したがって } \alpha = \frac{d^2 S}{dt^2} = V \frac{dV}{dS} = \text{CONST} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\therefore S = \frac{V^2}{2\alpha} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここに α : 減速度 S : 距離 V : 速度

であるから位置対速度基準で表わした場合、二次曲線の出力を出さなければならない。しかも式(2.1)に示すようにリアクタの出力曲線の傾斜を V に逆比例するようにしなければならぬため、ごくわずかの曲線上の局部的ゆらぎも、実際には非常に大きな減速度の変化となって現われる。このためリアクタの設計製作試験には非常な苦心を要する。当社ではこのリアクタのためのシミュレータを開発し、種々研究の結果、現在ではいかなる速度のリアクタでも理想減速波形が出せる設計手法を確立した。さらに試験塔において組合わせ試験を行ない、その性能を確認している。また一般に広範囲な速度制御を要求されるワードレオナード方式では、経済的な理由から電圧制御の他に電動機の界磁制御も行なうのが普通である。すなわち加速中は応答性を良くするために強め界磁とし、電動機速度がある速度以上になると、電動機界磁を強め界磁から弱め界磁に切りかえている。しかし連続パターン制御であるために、この界磁制御は一種の外乱としてシステムに与えられ、加速度・減速度が変動し乗りごこちに悪影響を与える。当社では、界磁制御を行なったために発生する加速度・減速度の変動をキャンセルする回路を開発したので、乗りごこちは実に滑らかである。

以上のように当社のシンクログライド DMR 方式高速エレベータは

(1) あらゆる距離の部分速運転に最適の最高速度を選べる。

(2) 目的階に停止することを決定すると、直ちに機械的に減速にうつるのではなくて、まず加速度の減少から減速度の立ち上がりに至る、最も長時間にわたるジャーク(加加速度)期間を積極的にいていねいにコントロールする。

(3) 引き続き完全に連続的にかご位置に対応した速度パターンに沿って、減速する過程になめらかに受けつがれるなど、世界に例のない最も進歩した理想運転制御装置で構成されている。しかも高速化が進んでも本質的になんらパターン装置の構成に変化するものがないため、システムも簡単であり原価の増加も少ない。

2.1.2 起動時のむだ時間のないこと

エレベータの動きは、かご到着→戸開き→乗客乗降→戸閉め→スタートのサイクルの繰り返しであるが、戸がしまったのに起動シーケンスを進め終わるまで時間を要し、かごがなかなかスタートしなかったり、いったんローリングバックしてから所望の方向へスタートするというように、どこかでリズム感が欠けたりむだな動きが入る。そのためちょうど初心者運転する車のように、ぎくしゃくした感じを与えるとともに運転能率をはなだしくそこなう。

ローリングバックとは、かごが重負荷で上昇しようとするときや、軽負荷で下降しようとするときに、ブレーキを開くとかごが一度逆方向に動いてから目的方向に動き出すことを言うが、このための時間損失は0.5~1.0秒にも達する。

図2.3、2.4に、前項と同じくこれらのむだ時間が1秒あるエレベータ(部分速は9種類しかない)と、むだ時間のないエレベータ(部分速は無限に選択できる)のサービス完了時間と、オートセレクトパターンオート方式の交通パターンの移り変わりを、同じくエレベータ用シミュレーションプログラムを使用して計算した結果を示す。図2.4に示すように、むだ時間があるとますますピークパターンで処理せねばならぬ時間が長くなり、Intense up peakパターンまで表われてくる。したがって

(1) 損失時間が多くなると、結局パターン数の多い高級な群管理

装置が必要になり経済的でなくなる。

(2) 地下サービスはまったく行なわず、下り客のサービスもますますおろそかになる。

などの欠点が表われる。

このような見地から、三菱シンクログライド高速エレベータではこれらのむだ時間を取除くために、次のようなごくいていねいな対策が施してある。

(1) 当社特許のはかり(秤)起動方式は改良に改良を重ね、後述の補償装置を追加したのでローリングバックによる時間損失は皆無である。

(2) 完全なはかり作用によってかごが保持されるので、とびらが全閉される前に時間のかかるブレーキ開放その他の起動シーケンス・準備動作を錠スイッチ開錠を残すだけまでによせられるので、起動時の時間損失もまったくない(特許出願中)。しかも万一のはかり作用が不具合だったときの保護動作と、当社特許の引込式セーフティシューの効果の両者により、まったく安全性はそこなわれていない。

2.1.3 停止ショックがなく、着床精度のよいこと

無負荷から重負荷までのあらゆる運転に対して、かごが各階の床に対して正確に停止することは特に重要である。すなわちエレベータでかごの床と停止階の位置がずれて停止して戸を開いた場合、乗客はつまづいたり、ころんだりすることもあり、満員の場合には非常に危険なことにもなる。またかごの床と停止階の位置がずれていると、乗客が乗り降りをするためらうために混雑がひどくなることも考えられる。このため着床精度は一般に数mm以内を要求される。

当社のシンクログライド DMR 方式高速エレベータでは、着床装置として直接昇降路に DMI 形着床装置を使用している。ノッチパターン方式では、着床誤差範囲内では速度指令が0になってしまうが、この着床装置は許容着床誤差範囲内でも出力は0にならず、着床誤差0の点をはさんで常に原点へ戻す方向へ出力を連続して発生している(図2.6)ので、無負荷から150%負荷までのあらゆる負荷に対して着床誤差は±5mm以内であり、しかも電氣的に完全に停止させた後に、機械式ブレーキをかけるから停止ショックはまったくない。しかもいったん着床した後も高揚程エレベータでは、乗客の乗降したときの綱の伸び縮みによる着床誤差が大きく、はなはだしい場合は±100mmにも達する。したがってリレベルによって再度床合わせす

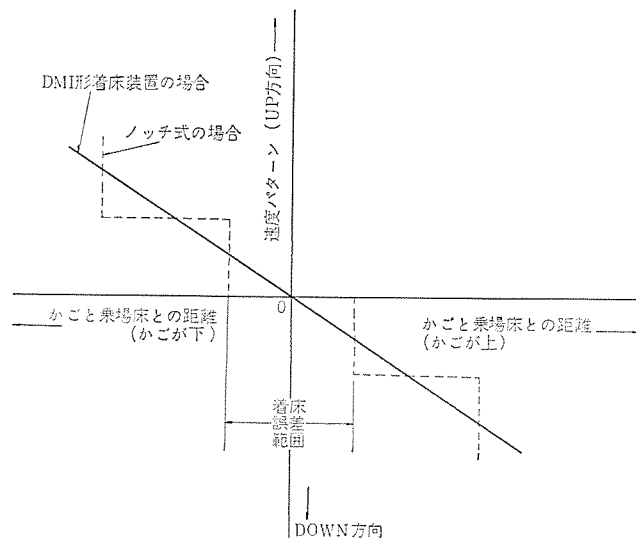


図 2.6 DMI 形着床装置と ノッチ 式着床装置の着床 パターンの比較
Comparison of landing patterns between type DMI and ordinary notch type landing device.

る必要が5～6回にもなるわけであるが、このリレベル動作は人が乗降している最中であるだけに、乗客にまったく気づかれぬようなめらかに精度高く行なわれねばならない。当社では前述のはかり装置がこのときも大きな効果を発揮し、まったくローリングバックなしに起動し、DMI形着床装置の速度基準値に沿ってなめらかに再着床・停止することができる。また乗客の乗降中は引続いて、DMI形着床装置とDMRレギュレータの協同作用で一種のサーボメカニズムを構成し、わずかの位置ずれをも直ちに検出してかごを床に位置ぎめするようにしているから、このようなときに起こりがちな着床ずれは全くなく、乗客は安心してスムーズに乗降できる。これは、かご位置に対して連続的な速度指令を発生できるDMI形着床装置のもつ重要な特長の一つである。

2. 1. 4 信頼度と安全度の高いこと

一般に信頼性と安全性の高いことは重要であるが、高速エレベータではもし不具合のあったときの影響がきわめて大きいだけに、さらに細心の注意を払って設計することが要求される。

信頼度を向上するためには、部品・システムの信頼性管理を行なうことはもちろんであるが、なかなか机上プランのみではバランスの取れた信頼性をうえつけることができない。使用環境の差、思いがけないしかし実際には十分にありうる乗客の操作方法・使用条件のまれな組合わせ等は、事前に見出すことはなかなか困難で、貴重な実使用時の失敗、経験の積重ねから改良を積重ねてはじめて使用者と暖かい血の通い合ったman-machineのシステムが生まれる。三菱シンクログライドエレベータは長い歴史と豊富な製作経験から、このような意味での高い信頼性を確保しており、世界貿易センタービルでも営業運転開始以来不具合はまったくなく好評を得ている。

2. 1. 5 静粛で振動なく、意匠的にもすぐれていること

2. 1. 1 項において上下方向の運行特性について述べたが、高級エレベータの必要な条件として、静粛でかつ振動のないことがあげられる。特にエレベータが高速・高揚程になるにつれてかごの横ゆれが問題となってくる。

この横ゆれを決定する要素としては、レール、ガイド、かご室の防振の3点がある。エレベータが高速になればなるほど同じレールを走行しても横ゆれが大きくなるので、レールの据付は一段と高精度が要求される。またローガイドやかご室防振方法も改良が必要となってくる。

当社では試験塔において数多くの実験を行なった結果、水平加速度は4galを限界とする必要があることがわかったので、この問題を解決するため、緩衝効果を大幅に向上したローガイド(実用新案出願中)を開発するとともに、レールパッキング・レール継目・スライディングレールクリップ・レールサイズ等のレール関係の設計・製作・据付面について総合的に検討を加え、目標どおりの成果を得ることができた。

また昇降路器具の動作音に対しても、たとえばリタイアリングカムを静粛に動作させる制御回路(実用新案)を採用することによって、錠スイッチを解錠するときの音を大幅に減少させる等細かいところまで神経を配っている。

さらにエレベータのかご室等の意匠も一つの重要な機能要素であり、建物の性格、環境、ふんい気等にマッチしたインテリアデザインでなければならない。性能の良さと意匠の良さが相まってこそ、はじめて顧客に満足していただけるエレベータとなる。

さらに高速エレベータでは風音をかご室に伝えないために、かご室の各部とも二重構造とし、換気孔、かごの戸の建付け部のすき間等は空気の流路を屈曲させる構造とした。また、当社では取換壁取付

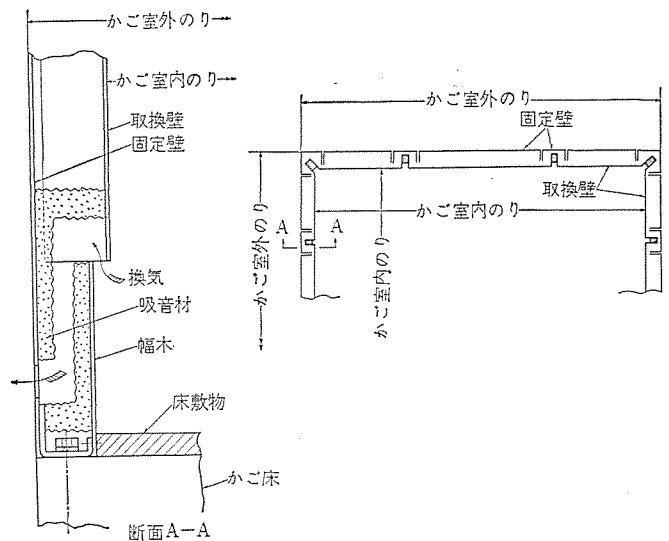


図 2.7 高速エレベータ用かご室構造
Structure of car for high speed elevator.

用のアダプタも兼ねた形で、かご室の壁構造を図2.7のように改良し、壁厚の縮少と騒音の減少に成功した(実用新案出願中)。

2. 1. 6 据付上の制約の少ないこと

2. 1. 1～2. 1. 5 項にわたって主としてエレベータの性能上の観点からながめてきたが、ビルを計画する場合に、エレベータ側からの制約条件のできるだけ少ないこともまた重要である。すなわち、マシン・盤面類が機械室を占有する面積ができるだけ少なく、ETS装置(これについては3章で詳述する)等の使用によってピットの深さもあまり深くならぬようにするのが望ましい。

本題から若干はずれることであるが、ビル建設中に雨ざらしになったり、じんあいの非常に多い時点で高速エレベータを据付け、これを利用してビル工事の荷揚げに使用するのとは、かご室意匠の損傷、器機類のいたみ方の早いこと等の点から推奨できない。工事用にはあくまで仮設エレベータを使用し、最後に高性能エレベータを据付け、十分な調整を行なわないとその性能はフルに発揮されない。事実諸外国では、工事用には必ず仮設エレベータを使用しているようであるからぜひご考慮いただきたい。

2. 2 世界貿易センタービル納入300 m/minエレベータ

2. 1 節において高速・高性能エレベータの具備すべき条件について種々述べてきたが、ここに今回当社が世界貿易センタービルに納入した300 m/min(現在国内最高速)について述べる。

2. 2. 1 乗りごちと運転時間

図2.8は、世界貿易センタービルに納入した300 m/minエレベータの実測の加速度特性である。先に述べた理想特性を完全に満足していることがわかる。特に加速から減速に移り変わる部分が、全部の運転履歴にわたって完全に理想形を示しているところに着目されたい。もちろんこの中間のいかなる階床間隔の運転もすべて同じ理想特性である。300 m/minのものは、常時は展望用のみ使用されているためふだんは直通運転のみとなるが、早朝・夜間はビル入居者が一般的に使用できるよう全階サービス可能のあつかいをしている。

2. 2. 2 特殊運転

世界貿易センタービル納入の300 m/minエレベータには、普通のエレベータ動作をするほかに超高層ビルにふさわしく種々の特殊運転ができるようにくふうされている。

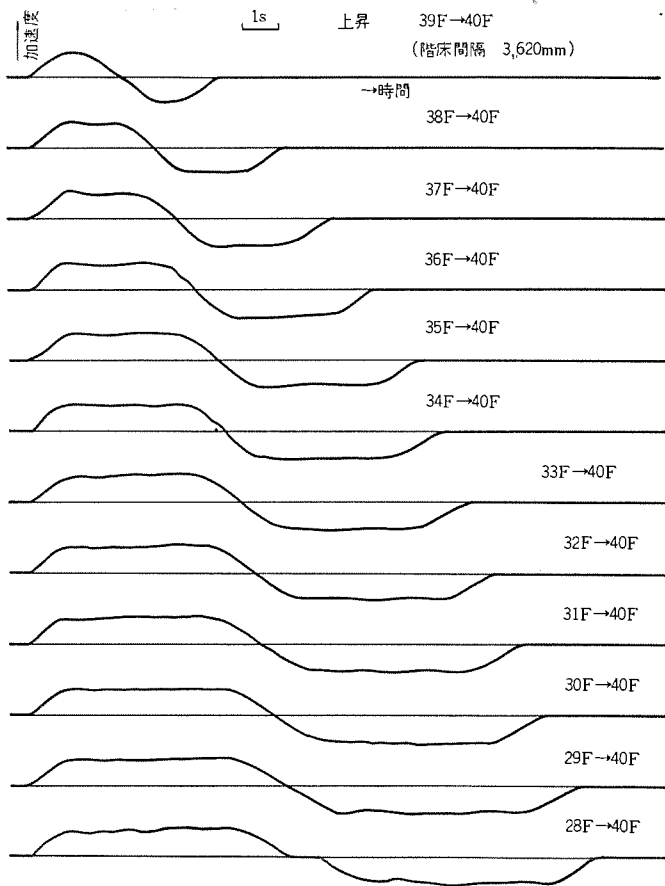


図 2.8 世界貿易センター納め 300 m/min エレベータ 実測加速度曲線
Actual acceleration curve of 300 m/min elevator at the World Trade Center Bldg.

(a) 展望用運転

人はだれでも高い所に登って周囲を展望したいという本能を持っている。したがって超高層ビルの最上階は展望用として最適であり、ここに展望台・レストラン・喫茶室等が設けられるのが普通である。世界貿易センタービルは地上 152 m の高さにあり、先輩格の霞ヶ関ビルを抜いて現在都内では最も高く、晴れた日には遠く富士・赤城連山・伊豆・房総半島までが眺望できる。

展望階利用の客は大部分がビルの外来客で占められるから、ロビーと展望階を直通運転して 1 日 12 時間ピストン輸送で乗客をさばいており、エレベータとしては非常に過酷な使用条件となっているが、この過酷な条件をも十分満足するよう特に設計に留意してある。なお展望階までの直通運転の時間はわずか 36 秒である。

展望運転に切りかえるにはかご内展望スイッチを ON にすればよく、これによって乗場に“展望”の表示が出るとともに、乗場呼は登録されなくなり、後述のオートアナウンスが動作するようになる。またかごには大形のスピードメータが付いているので、展望階へ到着するまで高速感をリアルに楽しめ、乗客を退屈させない。

(b) 災害時管制運転

超高層ビルのエレベータは災害が発生したときに備えて、災害時の管制運転もきわめてきめ細かく配慮されている。世界貿易センタービル納入 300 m/min エレベータ 2 台も常時は展望用運転であるが、災害時には次の管制運転に切りかえられるようになっている。

- (i) 消防専用運転
- (ii) 消防非常運転
- (iii) 地震時管制運転

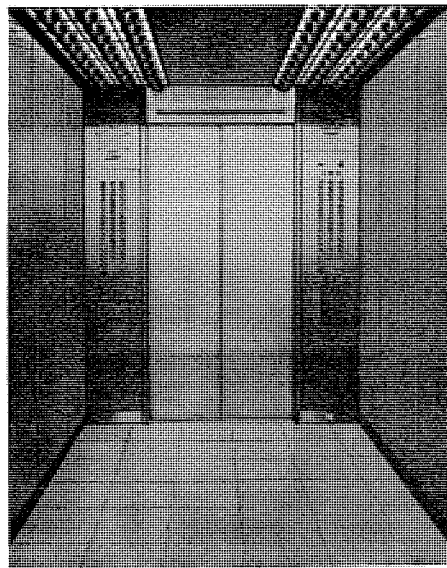


図 2.9 世界貿易センター納め 300 m/min エレベータ かが室意匠
Design of 300 m/min elevator car at the World Trade Center Bldg.

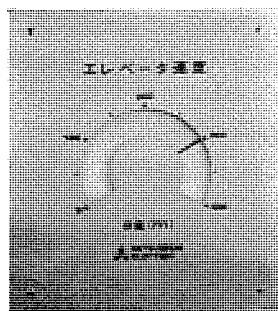


図 2.10 スピードメータ
Speedmeter.

(iv) 停電時管制運転

これ等の特殊運転形式によりエレベータサービスを各種非常事態に合わせてできるだけ持続し、ビル居住者の保安・救出に万全をつくすように計画してある。

2.2.3 かごの横揺れ

前述のようにかごの上下方向の特性とともに、かごの横揺れも乗りごちに大きな影響を与える。

世界貿易センタービルでは、ガイドレールの加工精度を十分高くするとともに据付にも細心の注意を払っていった。またローガイドにも前述の緩衝効果を大幅に向上したローガイドを採用してあるので、横揺れに関してもほぼ所期の性能を満足することができた。

2.2.4 意匠その他

図 2.9 は、世界貿易センタービルに納入した 300 m/min エレベータのかご室の意匠である。天井は、アクリルのグループにクロムめっきを施したざん(斬) 新なデザインであり、大形のスピードメータ(図 2.10)とも相まって、落着いた中にも機能的なふんい気を出し好評である。またこのエレベータには、案内用のオートアナウンスが設置されている。オートアナウンスは、カートリッジタイプのエンドレステープに吹き込まれたメッセージをエレベータ走行中自動的に再生するものであり、カートリッジタイプであるためメッセージの交換が非常に容易である。またノイズに対しては細心の注意を払ってあるので、雑音環境は非常に悪いにもかかわらず、そのクリアサウンドはまさに Hi-Fi と呼ぶにふさわしい。さらに信頼性と寿命を考えて、磁気テープはデータレコーダ用の Heavy duty 仕様のもを使用している。

3. 世界最高速エレベータ実現上の諸問題

現在わが国で最高速のエレベータは、目下据付中の京王プラザホテル 360 m/min であるが、エレベータは今後ますます高速・高揚程のものが要求されるであろう。

技術的にはいくら高速になっても可能であるが、一方乗客が不快感を訴えない限界という点から、高速エレベータとしては一応 540 m/min くらいが限界と考えられる。(実際に 540 m/min で実動しているのはシカゴのジョン Hancock センターのみである。鉱山のエレベータには、もっと速いものも散見されるが、これは乗る人が特定の職業の人に限定されている)。

2 項において高速・高性能エレベータとして具備していなければならぬ基本的条件について述べた。

この条件を満足するためには、高速になればなるほど電気・機械システムを含めてますます高度の技術が要求される。

当社でも、この超高速エレベータ時代に対処するために 540 m/min までのエレベータシステムを鋭意整備中であるが、以下エレベータが高速・高揚程になるにつれて派生してくる幾多の技術的問題点と、その解決法について述べる。

3.1 高速・高行程エレベータが人体に及ぼす影響

乗用エレベータの速度・揚程の限界はどこにあるであろうか。

エレベータの速度の限界については一応 540 m/min と言われており、事実 540 m/min をこえるエレベータは世界のどこにも実現されていない。

しかしエレベータの速度と昇降行程の高さが、果して乗客にどのような影響を与えるかについて詳細に調査した先例は見当たらないようであり、昇降行程が 400 m、速度が 550 m/min クラスのエレベータが要求されたときに、乗客に与える影響を知っておく必要がある。

そこでわれわれは日本テレビ放送網株式会社 (NTV) と協同して、立川航空自衛隊航空医学実験隊の瞬間減圧装置を利用させていただき、この問題について種々模擬実験を行なった。

エレベータが高速で高行程を一気に走行するとき、気圧の変化が人体に及ぼす影響として次のようなものが考えられる。

- (a) 目づまり (閉塞感、圧迫感)
- (b) 耳痛
- (c) 副鼻腔痛
- (b) 頭痛
- (e) 歯痛
- (f) 腹痛

シミュレーションは、瞬間減圧装置の中に女子をも含めて数十人の被験者が入り、ちょうどエレベータの上昇または下降による気圧変化と同じ割合で減圧装置内の気圧を変化させ、そのときの各人の体感データを分析した。

このときのエレベータの速度曲線としては図 3.1 を採用した。

加速期・減速期の加速度または減速度は 0.9 m/s^2 とした。

高度 (走行距離) は $S_a + S_b + S_d$ となる。

このような方法で、高度・定格速度を種々変えて実験した結果を表 3.1 に示す。

以上の結果、速度が 550 m、昇降行程が 400 m のエレベータでも、若干の耳づまりはあっても人体に障害を及ぼすほどの影響はないことがわかった。

この結果は、エレベータの将来を予想する非常に貴重なデータとなる

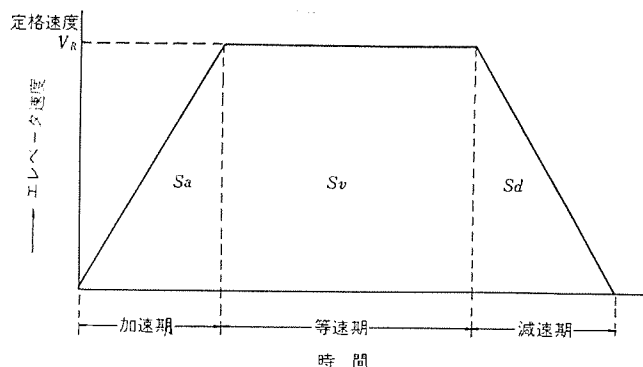


図 3.1 模擬実験に使用したエレベータの速度曲線
Elevator speed curve used in case of the simulation test.

表 3.1 エレベータの速度、昇降行程が人体に及ぼす影響の実験

Physical effect on elevator passengers tested through high speed and high rise simulation.

昇降行程 m	定 格 速 度 m/min	耳 づ ま り	耳 痛	そ の 他
400 UP DOWN	150	大多数の人が昇降中に閉塞または圧迫された感じがするが、つばをのみこむことで解消する。下降時のほうが不快の度合いがやや大きい。300, 550 m/min の差はあまりない。	耳が正常な人は耳痛を感じない。耳痛を感じる場合もあるが、300, 550 m/min の差はあまりない。	頭痛、歯痛等はまったく感じない。
	300			
	550			
400 UP DOWN	550 30 分間連続	連続運転をしていると、慣れでほとんど平常の気分をとり戻す。 気分が悪くなったりすることはない。		
1,500 UP DOWN	150	全員が耳づまりを訴えるが、つばをのみこんだり、アメをなめると解消する。下降のほうが不快の度合いが大きい。	約半数が下降時に耳痛を訴えた。	耳痛に伴って頭痛を訴える人もある。
	750	下降時のほうが、はるかに不快の度合いが大きく全員が、耳づまりを訴え、つばをのみこんだりアメをなめても解消しない場合が多い。	全員が下降時に耳痛を訴えている。	

ものと思われる。

3.2 DMSH セレクタシステム

一般に速度制御用のパターン装置を含んだセレクタは、必要なパターン精度を確保するために、1/100~1/200 程度にかごの動きを縮尺した移動台の動きを利用している。

このことは、昇降行程が増加するに従ってセレクタの高さも増大することを意味する。

また機械室の高さにはおのずと限度があり、機械室へセレクタを収納するために縮尺比を増すと位置精度が劣化するため、乗りごころ、着床精度が悪くなるのでこれにも限界があり、高揚程エレベータでは、セレクタの高さが重要な問題となる場合が出てくる。

当社ではこの点にかんがみ、従来のセレクタシステムのよさを踏襲しながら、高さを縮小するとともに幾多のメリットをもつ新しいセレクタシステムを開発し、現在試験塔で順調に組合わせ試験を実施している。

開発した新セレクタを DMSH 形セレクタと呼称するが、図 3.2 に

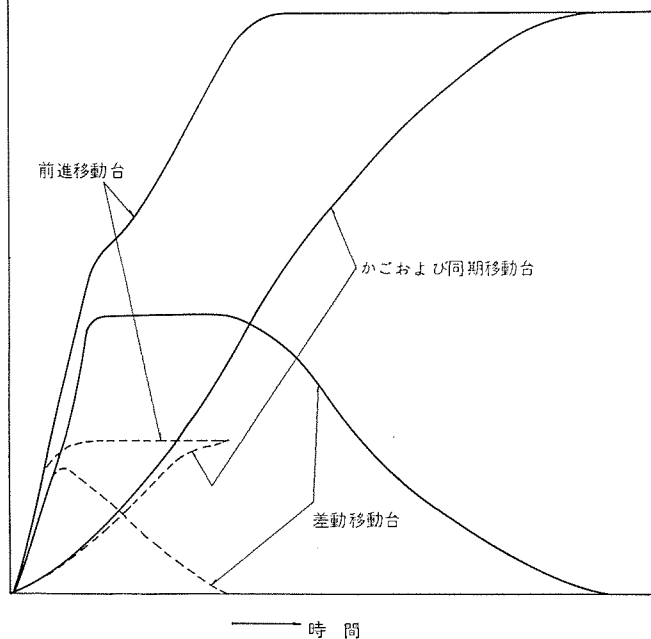


図 3.2 DMSH 形セレクトラ動作原理図
Explanation of DMSH selector.

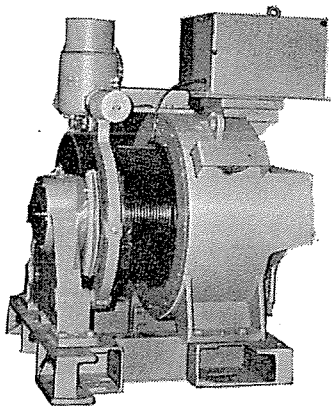


図 3.3 強制風冷式歯車なし巻上電動機
Forced cooling type gearless traction motor.

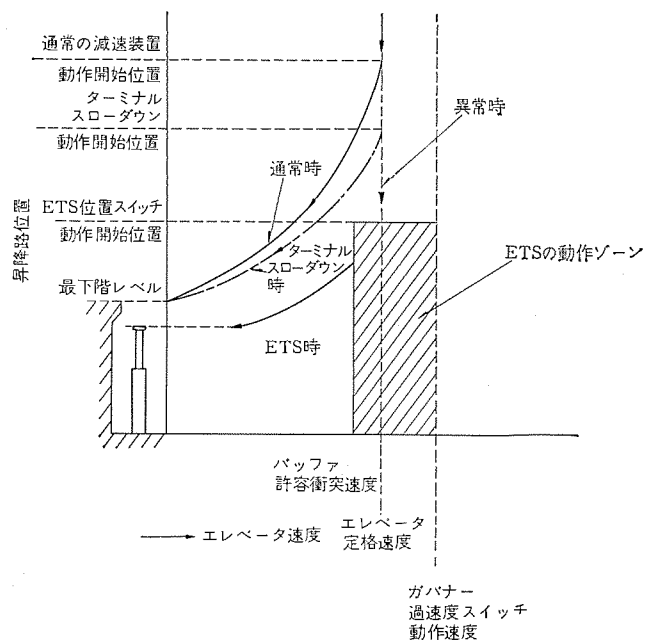


図 3.4 ETS 動作説明図
Explanation of ETS.

その原理図を示した。

簡単に説明すると、かごに同期して移動する同期移動台と、同期移動台よりも前進しかつ呼びにこたえて停止する前進移動台は、それぞれ独立した別のレールに案内されている。

二つの移動台の相対変位は、差動歯車装置で演算され、第3の移動台すなわち差動移動台に現われる。

この結果、次のようなメリットが従来のセレクトシステムに追加された。

(1) セレクトの高さのほとんどすべてを昇降行程用として利用できる。(例：昇降行程 250 m の場合 セレクトの高さは 2,750 mm)

(2) 定格速度はセレクトの高さを決める要因にならない。

DMSH 形セレクトでは前進および同期移動台の長さ、減速距離の要素が含まれていない。

(3) エレベータの定格速度の上昇に伴って、サービスしうる最小階床間隔は一般に大きくなるが、前進移動台の停止決定回路に改良を加えて、540 m/min の超高速エレベータでも 2,200 mm の最小階床間隔に就役し得る。

(4) 信頼度の向上

パターン発生用の電気装置は、セレクトキャビネットに固定されているから、可動ケーブルを使わず固定配線である。

なお、特許および実用新案は、別のレールに案内された移動台を有するセレクトほか 8 件を出願中である。

3.3 巻上電動機

巻上電動機の所要出力は、速度に比例して大きくなるため、超高速エレベータでは、巻上電動機出力は 100 kW をこえるものもある。

しかし巻上電動機の回転数は、種々の機械的制約条件から速度に比例して大きくすることはできないので、高速になればなるほど電動機的外形が大きくなり、レイアウトが困難になってくる。

当社では、業界にさきがけてこの種の歯車なし巻上電動機を強制通風することにより、従来に比べて大幅な寸法縮小に成功した(図 3.3)。

さらにこのことにより、界磁制御をやめることができ、前述の不具合を完全に消去できる見通しである。

目下この新系列の回転機の標準化を 540 m/min まで展開中である。

3.4 ETS (終端非常減速) 装置

高速エレベータの安全装置は、従来と同等以上の性能のものが要求される。

本節では、一般に 300 m/min 以上のエレベータに対して設置される ETS (終端非常減速) 装置について述べる。

300 m/min 以上の高速エレベータで、その速度に見合うバッファを使用したとすると、バッファストロークは、速度の 2 乗に比例して長くなければならぬから、長大なものとなり実際のでない。

ETS 装置は、安全性を少しもそこなわずに、エレベータ速度に見合うものより短いストロークのバッファを使用できるようにしたものである。(ETS 装置に関しては ASE コードに規程があり、当社ももちろんこれに準拠している)。

図 3.4 は ETS 装置の原理を示したものである。

上下両終端階には、通常の運転で使用される減速装置およびこれをバックアップして通常の運転で使用される減速装置が、故障してもかごを終端階に自動着床させることができるターミナルスローダウン装置を設けている。

万一これら二つの減速装置が、両方故障した場合、かごは全然減速しないで終端階に向って走行するわけだが、バッファが定格速度に見合うものより短いストロークのものを使用されていると、このままでは危険である。

ETS 装置は、通常の減速装置およびターミナルスローダウン装置とは全く独立に動作し、かごが終端階手前のある位置にきたときの速度をチェックし、もしこれが予定速度以上であると直ちに非常制動をかけ、かごがバッファに衝突する前に、設置バッファのストロークで決まる最大衝突速度以下にかご速度を下げるようにしてあるので、短いストロークのバッファでも、安全度は少しも低下しない。

かごの速度をチェックするために、ガバナに別に速度スイッチを設け、さらに終端階手前の位置を検出するために昇降路にカムを配置してある。

この位置スイッチとガバナの速度スイッチの組み合わせで決まる ETS の動作ゾーンは、図 3.4 からわかるように、通常の減速またはターミナルスローダウンとは干渉しないよう設計されている。

先にも述べたごとく ETS 装置が動作したときは、かごに非常制動をかけて急停止させねばならないが、ETS 装置が動作するような非常事態は、速度制御装置の故障によって発生する場合も考えられるので、当社では非常制動時には電動機回路を速度制御回路からいっさい切り放し、電動機に発電制動をかける一方、機械式ブレーキをも併用して、最も単純で確実に制動・停止させる堅固な構成としているから安全性が非常に高い。

この ETS 装置の採用によって、たとえば 300 m/min, 360 m/min エレベータのピット深さは、240 m/min エレベータと同じにすることができる。

3.5 高行程になることに伴う問題点

エレベータが高行程になってくると、従来とは異なった問題点が浮び上がってくる。

3.5.1 コンペンズれの増大

エレベータは、かごが昇降行程のどこにいても巻上機にかかる不平衡トルクが変わらないように、コンペンセイトングロープ（バランスロープ）で補償しているが、昇降行程が長くなると、ロープ、ケーブルの重量の誤差（ずれ）が無視できなくなる。この誤差をコンペンズれと略称している。

図 3.5 において

今、かご側の巻上ロープの張力	T_1 kg
おもり側の巻上ロープの張力	T_2 kg
巻上げロープの単位長さの総重量	w_1 kg/m
コンペンロープの単位長さの総重量	w_2 kg/m
制御ケーブルの単位長さの総重量	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

かごが h (m) 上昇したときの T_2 の変化 ΔT_2 kg

を求めると

$$\Delta T_1 = -hw_1 + hw_2 + \frac{1}{2}hw_3 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\Delta T_2 = hw_1 - hw_2 \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

式 (3.2) - (3.1)

$$\Delta T_2 - \Delta T_1 = h \left(2w_1 - 2w_2 - \frac{1}{2}w_3 \right) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

式 (3.3) から左辺 = 0 とおいてつり合い条件が決定されるわけであるが

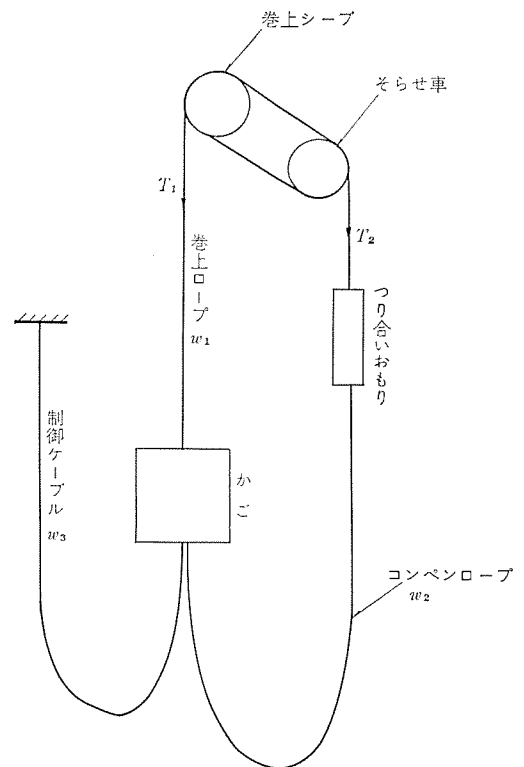


図 3.5 コンペンセーション説明図
Explanation of compensation.

$$2w_1 - 2w_2 - \frac{1}{2}w_3 = 0 \quad \text{から}$$

$$w_2 = w_1 - \frac{1}{4}w_3 \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

がコンペンセーションの条件になる。

この条件が満足されると、かご位置によって不平衡トルクは変わらない。

しかしながら一般には、ケーブル、コンペンロープともその種類は限られており、段階的に補償条件に近い組合わせを選択せねばならぬため、安全に式 (3.4) の条件が満足されることは少ないが、昇降行程が 100 m 以下の場合には、かご容量の 2 ~ 3 % 以内に不平衡を押えることができた。

しかし高行程になると、コンペンズれによる不平衡トルクがいっそう大きくなり、巻上電動機の容量増加や、コンペンズれによる起動ショックが発生するという問題が出てきた。

したがってコンペンロープの補償作用を、さらに微調整できるように組合わせを細かくするとともに、コンペンロープの調整のみでは救い切れない不平衡トルクは、はかり装置を階床によって修正することでスタート時の起動ショックを皆無にする必要がある。

3.5.2 ロープ系の固有振動数の低下

高行程になると、ロープ系の固有振動数が低下してくるとともに、減衰も悪くなり、起動時のわずかなショックまたは走行中の縦方向のショックがあると、これらが蓄積され非常に減衰の悪い自由振動となり乗客に不快感を与える。

また電動機制御系の周波数範囲と、ロープ系の周波数範囲が近接してくるので、速度および位置制御が非常にむずかしくなる。

これらの問題について、当社では中央研究所において基礎的研究を加え、この結果に基づいて、当社のシンクログライド DMR 方式エレベータは、電気・機械両面にわたって十分対策を行なって、これらを

解決しているが、高行程になるほどこの問題は深刻になり対策も重要となる。

3.5.3 非常時救出に対する配慮

超高速エレベータは、その能力を最大限に発揮するために急行ゾーンをもつものが多い。

すなわちビルを幾つかのゾーンに分け、超高速エレベータには上層ゾーンのみをサービスさせる方式がとられている。

そこで万一、エレベータがこの急行ゾーン内で故障により停止した場合、乗場が長い区間にわたってないだけに、乗客の救出方法が問題となる。

多数台がバック運転される場合には、故障のかごに隣接するエレベータが故障のかごが停止している点まで迎えに行き、かご室に設けられたサイドグジット（側部救出口）を開け、乗客を救い出す方法が採用される。

サイドグジットの部分には、昇降路カム、ケーブル等は配置できないから、昇降路器具のレイアウトが非常にやっ介になる。

特に3台バックのエレベータ等では、両側のエレベータはかご室の片側にのみサイドグジットを設ければよいが、真中のエレベータはかご室の両側にサイドグジットを設けなければならず、レイアウトにくふうを要する。

3.6 高速・高行程エレベータ用ケーブル

高速・高行程エレベータになると、かご速度が速くしかも懸垂長が長いので、制御ケーブルの挙動が問題になる。

当社では剛性の高いケーブルを開発し、高速・高行程エレベータに使用しているが、同時にかごにケーブルを取付ける点を選んで、コンペンロープとの重量のモーメントバランスをとるとともに、昇降路にケーブルガードを設置し、ケーブルを保護している。

さらにケーブルの周囲には、制御機器を近接して置かない等のていねいな配慮も必要である。

4. む す び

以上超高層ビル用高速・高行程エレベータとして、具備すべき基本的条件とそれらに対してわれわれが行なってきた技術開発の成果、ならびに世界貿易センタービルに納入したものの実績について述べてきた。

目下われわれは、540 m/min エレベータを開発整備するための試験塔試験を続けており、さらに器具をも含めた広範囲な試験を行なうために稲沢製作所に試験研究棟を建設中であり、高度の基礎研究、実験の充実強化のための新しい諸計画を着々と進めている。

この一文によって、三菱エレベータに対する認識をいっそう深めていただくことができれば幸いである。

最後に高行程エレベータの環境模擬実験にあたり、種々ご教示ご協力いただいた航空自衛隊、航空医学実験隊および日本テレビ放送網株式会社の各位に深く謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 高村ほか：三菱エレベータの最近の技術的進歩，三菱電機技報，39，No. 12（昭40）
- (2) 高村ほか：三菱新 ASP-A 方式 シンクログライド 高速度 エレベータ，三菱電機技報，41，No. 7（昭42）
- (3) 犬塚ほか：高速ギヤレスエレベータの速度制御，日立評論，47，No. 2（昭40）
- (4) エレベータエスカレータ，三菱電機技報，42，No. 1（昭43）
- (5) Von Adolf Weber：Drehzahlregler für Gleichstrom-Aufzugantriebe，Siemens-Zeitschrift，41，Heft 7（1967）
- (6) 藤田ほか：シミュレーション手法によるエレベータ設備の計画，三菱電機技報，41，No. 7（昭42）

アプローチ ディテクタ

吉山 裕二*・野田 昌弘*・丸 橋 敏**

Approach Detectors

Central Research Laboratory

Yuji YOSHIYAMA・Masahiro NODA

Inazawa Works

Akira MARUBASHI

Described herein is an epochal apparatus to detect the movement of passengers about to take a ride in an elevator. It operates in the principle of the Doppler effect of ultrasonic waves. The detecting speed for the passengers is above 0.4 m/s.

The detection is made within an area of 2 m wide and 2 m deep in front of the elevator, functioning only with an object approaching to the elevator door. People going away from or just passing the front of the door are not picked up by the device. Any still objects do not concern it either. If this detector is used in combination with the conventional door operation control unit, the wasteful waiting time of the elevator is cut down to the minimum so as to improve the operation efficiency. When any person missed the riding approaches in haste, the closing door will open again to accomodate it. Thus the service of an unmanned elevator is greatly improved.

1. ま え が き

従来の全自動エレベータのとびら管制装置としては、光ビームによるもの、静電容量変化によるものがあったが、これらはエレベータの出入口付近の乗客の振舞を調べて、とびらの開閉を制御するに止まっていた。したがって最も高度なとびら管制装置を備えた群管理全自動エレベータでも、乗場から出入口に向って近寄って来る乗客には何もサービスの手は差しのべられず、人間疎外の感を与える場合があり、乗客とエレベータというマンマシンシステムとしてはさらに改善が望まれていた。

これに対して、運転手は乗場の広い範囲にわたってエレベータに乗り込もうとする乗客の意志を素早く察知して、とびら閉めを中止したり、とびらを開いたまま待機することができる。この機能を全自動エレベータに付与すれば、乗客とエレベータとの対話が緊密になり、人の心の機微に触れる親切さをもつエレベータに一步近づけることが期待できる。

今回、とびらから離れたところにいる乗客の意志を判断する手段として、乗客の行動、すなわち接近しつつあるという状態を超音波を用いて捕えるアプローチディテクタを開発し、さらに、丁寧にとびらの動きを管理することに成功したので、ここにその動作・構造・特長について紹介する。

2. 設定した要求仕様および問題点

この検知器を作成するにあたり配慮した要求仕様として、エレベータ乗客の乗降の状況を考慮して次のように選定した。

(1) 方向弁別： ドアに近づく人のみをは握し、遠ざかる人、エレベータホールを通り抜ける人は検出しない。すなわち乗ろうとする人のみを対象とする。

(2) 接近速度： 接近する人の速度範囲は 0.4 m/s～10 m/s とする。静止している人はは握しない。この速度範囲ではきわめてゆっくり近づく人も、走り込んでくる人もは握できる。

(3) 検出範囲： 通常のエレベータホールのレイアウト（隣接エレベータ、対向エレベータの間隔等）から考え、そのエレベータへの乗客として受付けるのに適当な範囲でなければならない。調査の結果、乗場の

の床で幅 2 m、奥行 2 m の範囲とした。

(4) 乗客身長： 乗客身長は通常の大人から、歩行可能な幼児に至るまでカバーする。

以上が主要性能であるが、さらに実用上の問題点として

(5) 障害物の影響： 各階床のエレベータホールにある植木鉢等の障害物の影響および対向エレベータのある場合の相互の影響

(6) 疑似動作物体の影響： たとえば降りる乗客の手の運動の影響

さらに基本的でない付加的仕様として

(7) 高度の信頼性： 長期間安定に動作し、誤動作のないこと

(8) 周囲温度の影響： 周囲温度変化の影響を受けぬこと

また、意匠構造上の問題として

(9) 意匠構造： アプローチディテクタが装着してあることを乗客に知られない意匠構造とすること等の諸点を配慮した。

3. 超音波応用の原理と伝ば(播)諸特性

3.1 原 理

前節に掲げた諸要求を満たすために、われわれは各種原理の中で超音波のドップラ効果を採用した。

静止している超音波送信子から周波数 f_s の連続超音波が、速度 v で移動する物体に対し θ の傾斜角で放射するとき、物体に当たって反射する反射波を静止している受信子が受ける受信周波数 f_R と、送信周波数 f_s との差の周波数 f_d はドップラ効果により次式で与えられる。

$$f_d = f_R - f_s = 2v f_s \sin \theta / C = 2v \sin \theta / \lambda_s \dots\dots\dots (3.1)$$

ここで C は音速、 λ_s は送信波の波長である。

すなわちドップラ周波数 f_d は速度 v に比例し、波長に反比例し、かつ放射傾斜角度の正弦に比例する。したがってドップラ周波数を検出することによって移動速度を知ることができ、傾斜角度が急になるほどドップラ周波数は低下する。

超音波送信周波数は空間伝ば時の減衰、指向性特性から選ばれる。すなわち気体中の超音波の減衰率が周波数の 2 乗に比例するので、伝ば距離を長くするためには減衰を少なくするように、できるだけ

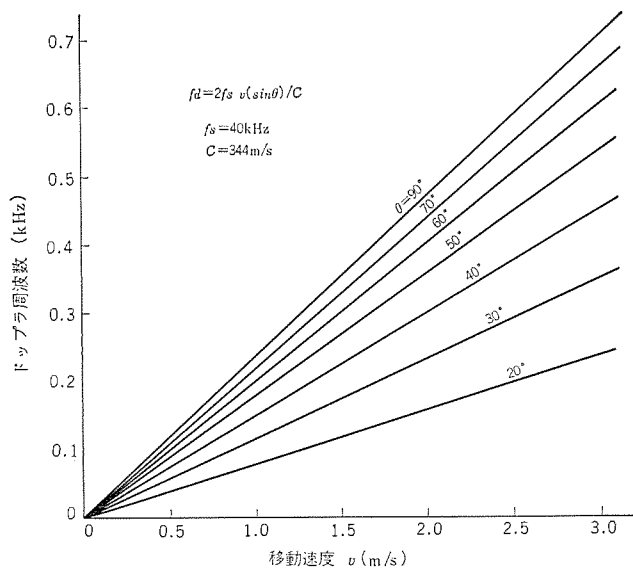


図 3.1 移動速度対ドップラ周波数 (パラメータ放射角)
Travelling speed vs. doppler frequency characteristics
(incident angle parameter).

低い周波数を用いることが望ましい。

さらに、エレベータとびら前の検出範囲を広くするために指向性はできるだけ広いほうが望ましいが、指向性の鋭さは周波数に反比例して広がるので、指向性の点からも周波数が低いほうが望ましい。

しかし超音波周波数が 20 kHz 以下の可聴周波数の領域に下れば、乗客に騒音として感じられること、周囲から発生する音響雑音が原因で誤動作を起こすことにもなる。また製造面からみると、超音波素子の製造可能な共振周波数の下限が 35 kHz くらいである。

これらの理由から、アプローチディテクタの送信周波数には、40 kHz を用いた。非常に接近した場所で高い感度を要求するような場合は、より高い周波数の選定が必要となろうが、2 章(2)、(3)に示した受信範囲と速度においては 40 kHz の周波数が適当と考えられる。

送信周波数 f_s を 40 kHz にした場合の式 (3.1) の接近速度対ドップラ周波数の関係を、放射角度をパラメータにして図 3.1 に示す。

人が接近するか遠ざかるかは送信周波数 f_s と反射波の周波数 f_R との関係が、接近時には $f_s < f_R$ 、遠ざかるときは $f_s > f_R$ 、静止の場合は $f_s = f_R$ となるので、この両周波数 f_s, f_R のいずれが高いかを判別することによって知ることができる。

3.2 送受信子の構造と指向性・受信面積・伝ば特性

超音波送信用振動子としては、チタン酸バリウム系の中でも比較的溫度特性のよい経年変化特性の安定化を図った円筒形構造のものをういた。円筒形振動子は軸方向面に指向性を有し、半径方向面は無指向性であるが、アプローチディテクタとしては、一方向に指向性を持った広がり音場を必要とするので、円すい形反射板により、軸方向に音波を反射させる。図 3.2 に送信子の構造を示す。

円筒形振動子から放射される音場は、振動子(矩)形断面を円形断面の環で近似すれば、次式で与えられる⁽²⁾。

$$P(r, \theta, t) = i\pi\rho CU_1(kd/S_0)^2 [e^{-i(\omega t - kr)}/kr] \left[\left(\sigma + \frac{1}{2} \right) R_0(\theta) - \frac{1}{3}(kd)^2 R_2(\theta) \right] \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} R_0(\theta) &= J_0(kd \sin \theta) \\ R_2(\theta) &= J_0(kd \sin \theta) - (3 \sin \theta / kd) J_1(kd \sin \theta) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

ここで座標系はトイダル座標系で、 d は環の半径、 S_0 は環の半径

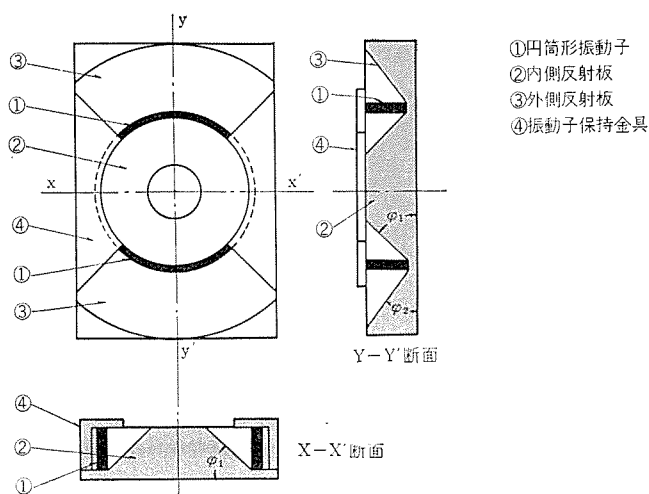


図 3.2 送信子構造
Transmitter construction.

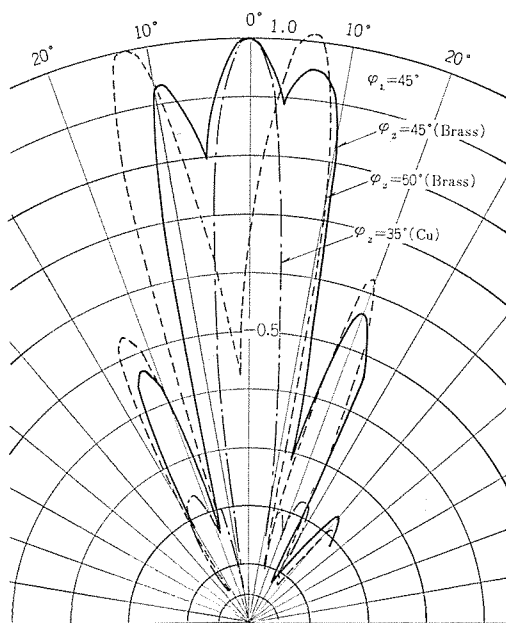


図 3.3 送信子指向性パターン例
Directivity pattern of a transmitter.

対環断面円半径との比、 kd は周波数、 σ は材料のポアソン比、 θ は音場上の点と原点間直線と座標軸とのなす角、 r は原点と音場上の点との距離、 J_0 はベッセル関数である。

式 (3.2) から音場パターンは振動子の径、断面、ポアソン比、周波数で異なり、またサイドローブのパターンも異なるが、中心軸のまわりに放射状に音場パターンが広がるので、図 3.2 の構造のように中心軸上の円すい形反射板で一方向に反射させる。反射板による軸方向指向性パターンはまた鏡面に仕上げた反射板の内側傾斜角 ϕ_1 、外側傾斜角 ϕ_2 で異なり反射板の材料でも異なる。図 3.3 に外側傾斜角を変えた場合の指向性パターンの例を示す。受信面積を広くするためには、指向性ができるだけ広がりを持つほうが望ましいが、1 個の送信子では限界がある。

受信面積は、送信子の床面に対する放射角度によっても変化する。図 3.4 に、送信子 1 個の場合の床面検出面積に及ぼす傾斜角度の影響の例を示す。

このままでは、エレベータ用アプローチディテクタが要求される床面検出面積 (2 章(3)の範囲) に対して、送信子 1 個では不足であるので

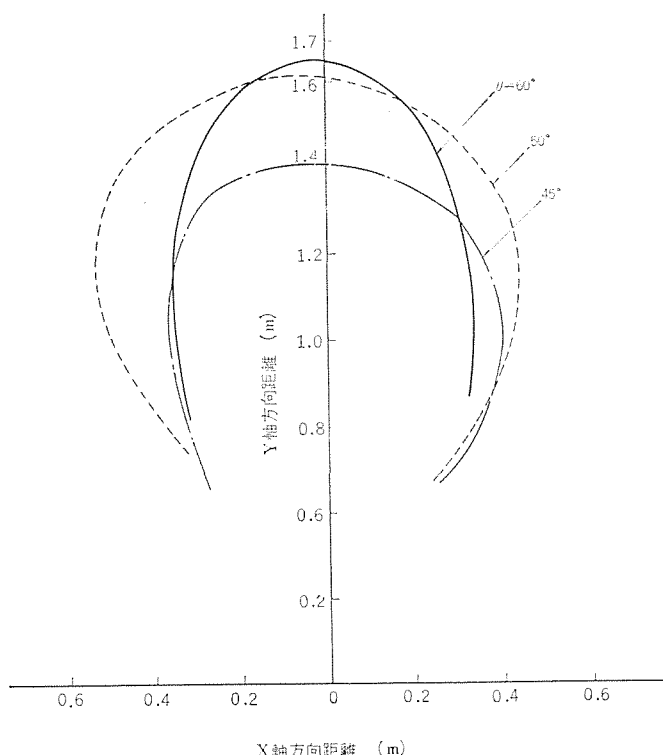


図 3.4 送信子 1 個の場合の受信面積におよぼす傾斜角度の影響
Detecting area on the floor with a single transmitter.
(incident angle parameter).

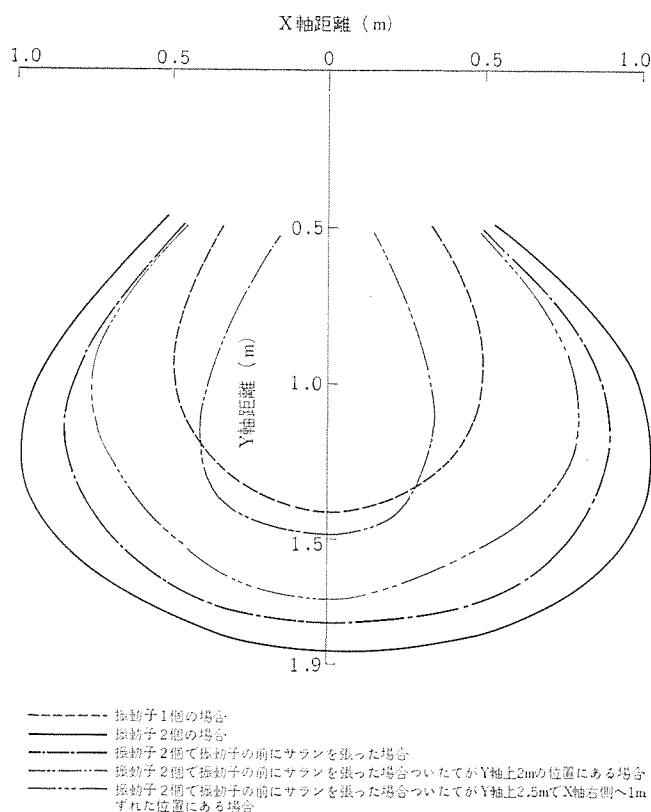


図 3.5 検出面積におよぼす種々の条件の影響
Detecting area on various condition.

2 個使用し、その中間に受信子を設ける構造とした。受信子は チタン酸バリウム磁器電わい(歪)素子の超音波マイクロフォンを使用した。図 3.5 に、送信子 2 個の場合と 1 個の場合の受信面積の比較を実線と点線で示す。

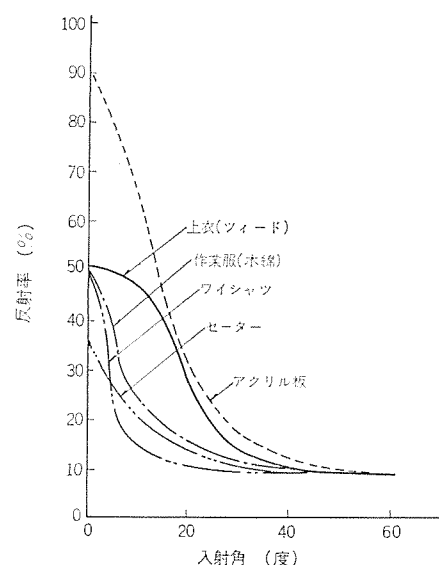


図 3.6 衣服材料の超音波反射効率
Acoustic reflectivity of various clothing materials
(acoustic frequency at 40 kHz).

またアプローチディテクタが、設置されていることを乗客に知られないようにするための意匠設計上の要求と、振動子にじんあいが入ることを防止するために、振動子の前方にサランを張った。この影響が受信面積に及ぼす状況を図 3.5 に一点鎖線で示した。床面 2 軸上で各 5 % 程度の減少となる。

さらに乗客の待機する床面積の周辺に大きな植木ばち等の装飾品や、壁などの固定反射体がある場合を考え、高さ 1.5 m・幅 1 m のついたてを障害物モデルとして、種々の位置に置いて、床面検出、面積に及ぼす影響を調査した。そのデータ例を図 3.5 に 2 点鎖線、3 点鎖線で示す。このモデルでは、エレベータとびら前方 3 m になれば、床面検出面積に影響を及ぼさない。

乗客の衣服の超音波反射効率は受信入力レベルに影響するので、各種衣服材料の反射効率を検討した。データ例を図 3.6 に示す。アプローチディテクタでは、送信子がエレベータかまちから斜め下に超音波を放射するので、衣服に対する入射角が 45°~60° となるが、図 3.6 から衣服材料にほとんど関係なく 10 % 以上の反射効率となる。

以上の各種検討から、アプローチディテクタとしての機能は超音波の応用により十分実用化できることがわかった。他のマイクロ波やレーザ等の方式では原理的に困難であったり、何よりも価格的に格段に高くなり、エレベータへの適用は現時点ではむずかしい。

超音波を利用する際の問題点の一つとして、周囲から発生する超音波ノイズの混入による誤動作の有無であるが、一般に乗用エレベータは比較的静粛なふんい気であり、超音波発生や機械的な振動が少なく、そのうえエレベータが停止中に使用されるので、この点も問題ないといえる。

4. 回路構成

3 章で述べた超音波空間伝ば諸特性を基礎に、2 章にあげたアプローチディテクタとしての諸要求を満足する回路を検討した結果、長期間の連続運転中の誤動作を皆無とし、周囲温度変化の影響を受けず、電源投入と同時に使用できる動作状態となる回路方式を得た。

図 4.1 は本装置の回路方式の原理を説明するブロック図である。

送信部は送信用振動子の帰還電極と結合した自動発振器で、2 個の送信用振動子を並列駆動し、それぞれから同相の周波数 f_s の超

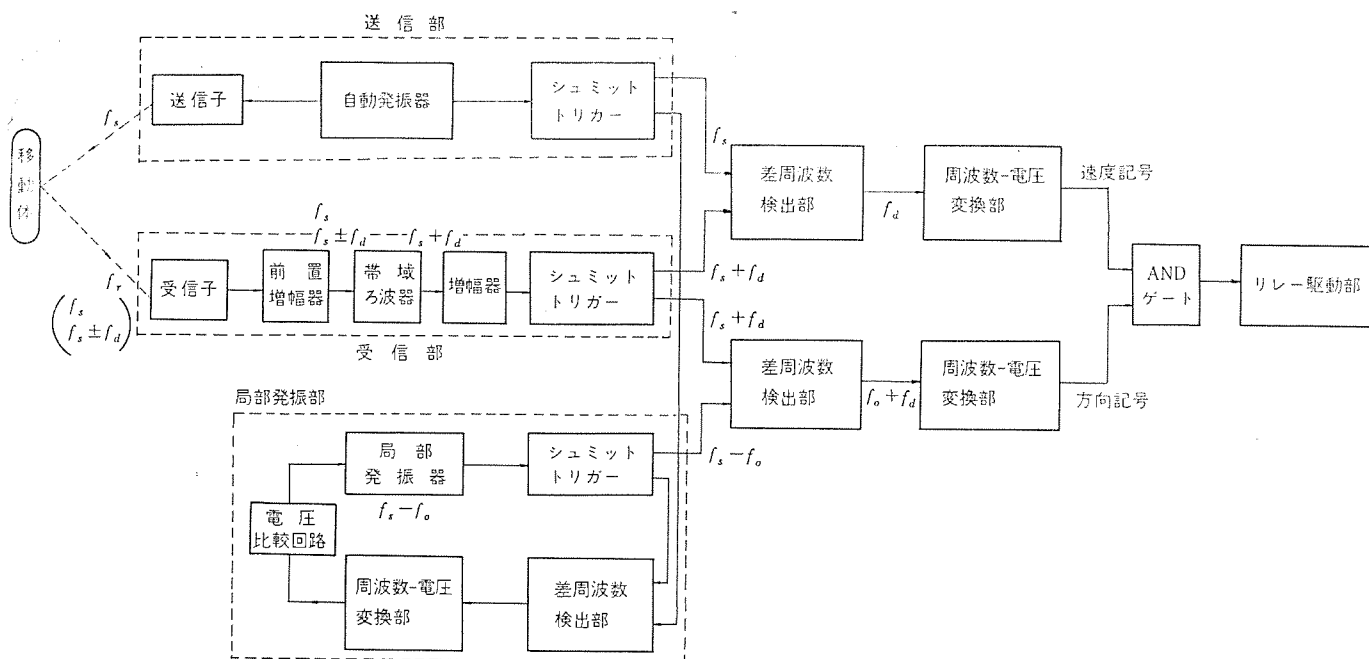


図 4.1 実際の回路方式
Practical circuit diagram of the approach detector.

音波を放射する。一方、自動発振器の出力信号は波形形成回路により、波形となり、基準送信周波数信号として用いられる。

受信部は受信子・前置増幅器・帯域ろ波器・増幅器、その出力を成形する波形形成回路で構成されている。受信子の指向性は半減角がほぼ 60° であり、1個で要求床面検出面積をおおうことができる。床面検出面積内にいる人からの反射波は、2個の送信用振動子の間に配された受信子で受信、増幅される。反射波の中には床面などの固定部分から反射された送信周波数 f_s の成分と、移動する人からのドップラ 遷移を受けた周波数 $f_R (= f_s \pm f_d)$ 成分とがあるが、この中 f_s 成分と、遠ざかる人によって作られる $f_s - f_d$ 成分を帯域ろ波器で一部除去し、なるべく S/N 比を改善した後増幅・成形する。この帯域ろ波器の使用により、ノイズ成分による増幅器の飽和が解放されるため送信レベルがあげられ、その結果床面検出面積はろ波器のない場合に比べ 40% 拡大できた。

速度検出を行なうには、基準送信周波数と受信周波数とで直接ビートを取り、周波数・電圧変換部を通し、 $f_d (= |f_s - f_R|)$ に応じた速度信号出力電圧から、検出すべき接近速度に応じてしきい値(閾)電圧をこえた出力信号が得られるが、これは、接近する人による場合も遠ざかる人による場合も同一極性で現われ、方向弁別をすることはできない。

厳密に方向を弁別する、すなわち、 $f_s + f_d$ と $f_s - f_d$ を弁別するために、ヘテロダイン形式を用いて送信周波数の初期ドリフトによる弁別精度の低下を防いだ。局部発振器としては送信周波数に近い発振周波数をもつ電圧制御形非安定マルチバイブレータを用い、基準送信周波数よりも 300 Hz 低い周波数で発振するように AFC をかける。受信部出力と同様、この発振器出力も波形形成される。この出力と受信部出力とのビートを作り、周波数・電圧変換部でビート周波数に比例した出力電圧をうる。送信周波数 f_s と受信周波数 f_R とが一致しているときには、局部発振器のオフセット周波数 300 Hz に対応する直流電圧が得られる。人が近づけばこの直流電圧が上昇し、遠ざかれば逆に減少するので、あるしきい値で方向信号出力とすこ

とができる。

上に述べた速度信号出力とこの方向信号出力との AND 条件で出力リレーを駆動し、検出すべき速度以上で接近する移動体に対してのみ応動することができる。

5. エレベータへの実装

図 5.1 にアプローチディテクタの送・受信部、増幅器などを含む電源部の外観を示す。

図のように、本検出器は送・受信部と増幅部とに分離でき、それぞれ小形にまとめられている。特に、送受信部はエレベータのかごかまち部分に埋め込まれ、特殊な用途として乗場側三方わくに組み込むこともできる。

送受信部には超音波を空中に放射し、低レベルとなった反射波を減衰少なく受信するための開放部が必要だが、これは意匠面からの要求すなわちメカニクな感じに仕上げる、あるいは開放部を目立たないものにするなどとは相反するところが多い。しかし開放部をサラネットでおおい、かまち部分の仕上げをくふうした結果、スマートにまとめることができた。

また、かまち部分には、アプローチディテクタが乗客を検知して、乗客に対してエレベータが待機状態に入ったことを表示するパイロットランプが装着され、乗客をかごへ誘導する。

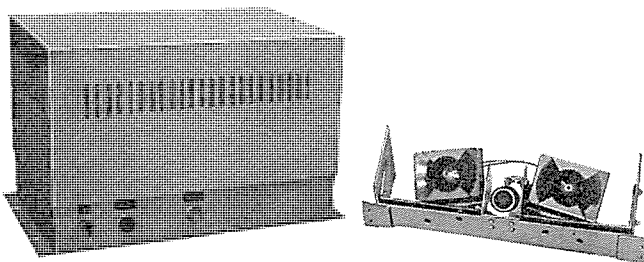


図 5.1 送・受信部と電源部
Transmitter-receiver unit and processor.

対向して配置されたエレベータのかごの双方にアプローチディテクタが装着され、たまたま双方のかごが同一階床に到着した場合、一方のかごから発せられた送信波が床面で反射し、他方のかごの受信子に達することがある。このような場合は双方のかごの送信周波数にオフセットを設ける。

さらに、従来からとびら近傍の安全性、運転効率向上のために用意されている光電装置によるエレクトロニックドアマン、静電容量変化を検出するエレクトロニックドアセーフティの双方、または一方を併用すれば、アプローチディテクタの特長に相乗効果をもたらすことができる。

6. む す び

本装置は開発後試作品の室内連続動作試験を長期間にわたって実施し、さらに引続き実働エレベータに実装して機能を確認しており、引合工事への適用準備を完了した。

なお回路方式その他についての特許数件を、すでに国内および国外へ申請している。

高層ビルがますます多くなり、高速エレベータの要求が増大している昨今、このセンサは待機時間を最小として運転効率を上げ、さらに乗客へのサービスを向上させるうえできわめて有効であると思われる。また、エレベータに限らず、エスカレータ、トラベータなどの自動起動・自動停止などへの広範囲な利用が期待される。

今後あらゆる分野で自動化が進むに従って、「人間に近く、さらに人間を乗り越えて」を目指して、高度の判断機能を持つこの種のセンサの開発実用化が活発に進められるであろう。

参 考 文 献

- (1) 実吉ほか：超音波技術便覧，日刊工業新聞社
- (2) C. H. Sherman, N. G. Parke : A Constic Radiation from a Thin Torus, with Application to the Free-Flooding Ring Transducer, J. Aconst. Soc. Am., June (1965)
- (3) D. S. Dean : Towards an Air Sonar, Ultrasonics, Jan. (1968)

高速エレベータの縦振動の解析

松倉 欣孝*・竹下 光夫*
瀬原田 三郎**・大富 貞行**

Longitudinal Vibration of High Speed Elevators

Central Research Laboratory Yoshitaka MATSUKURA • Mitsuo TAKESHITA
Inazawa Works Saburo SEHARADA • Sadayuki OTOMI

Recently elevators for skyscrapers tend to operate at high speed and on long travel. The hoisting ropes and the compensating ropes are so long that the effect of their vibration must be taken into consideration in designing the elevators. The problems are investigated in all its aspects to apply the results to building of vibration free units

In this paper are described, for one of the researches, natural frequencies of the longitudinal vibration in relation to the position of the cage. The effect of springs attached to the rope ends is also detailed, showing that the natural frequencies are sorted into two groupes: one derived from the rope action only as a spring—a concentrated parameter, while the other from the rope acting as a distributed parameter. In the latter case, the natural frequencies vary extremely with the position of the cage.

1. ま え が き

近年、超高層ビルが大都市に建設され、エレベータも高速化、高揚程化してきた。これらのエレベータでは、従来にくらべロープが長い。ため縦振動系の剛性が下り、固有振動数が低下する。その結果電気制御系周波数域と縦振動周波数域がオーバーラップするようになり、電気制御系の設計にあたっては、エレベータ機械系の縦振動における固有振動数について十分な考慮を払う必要がある。また、これらのエレベータでは、固有振動数域が拡大するため、外乱加振力に対して感じやすくなり、かごが特定の位置を通過するとき不快な縦振動を発生することがある。

以上のような情勢から、エレベータ系の縦振動について、従来以上に綿密な解析を行なう必要がある。ここでは、縦振動固有振動数の一般的な性質を述べるとともに、各部の重量比、ばね剛性が全振動系の固有振動数におよぼす影響について触れ、縦振動防止の方法についても述べる。

2. 基本的な考え方と解析計算

エレベータの縦振動問題を検討するときは、図 2.1 に示すように質量とばねを連結した振動系としてとりあつかうのが便利である。振動系の質量としては、巻上機、そらせ車、かごわく、かご室、コンペンシーフ、つり合いおもりの各要素をあげることができる。また、振動系のばねとしては、巻上機をささえる防振ゴム、かご室とかごわく間の防振ゴム、各質量間を結ぶロープ、およびロープに直列にそう入されたシャックルばね、コンペンヒッチばねの要素がある。これらの要素で決まる固有振動数は、ロープの弾性体としての性質があらわれるために理論上無限個存在する。また、通常の機械では、固有振動数は常に一定であるのに対し、エレベータでは、かごの位置が移動するため、固有振動数は時間とともに変化する。この点がエレベータの縦振動の著しい特長である。

ここで、巻上機をささえる防振ゴム のばね定数は、他の要素のばね定数に比べて極端に大きいことから巻上機は動かないものとし、さらに巻上機とそれと車との慣性モーメントの影響を無視するとエレベ

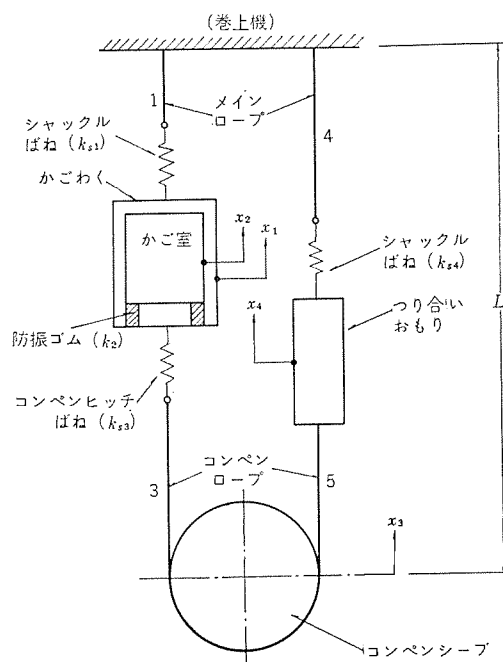


図 2.1 エレベータの縦振動系モデル
Schema of elevator as a longitudinal vibratory system.

表 2.1 記号対照表
List of symbols.

C : ロープ内を伝播する弾性波の速度
 E : ロープのヤング率
 k_2 : かご室下の防振ゴムばね定数
 k_3 : シャックルばね, コンペンヒッチばねのばね定数
 L : エレベータの巻上機・コンペンシープ間距離
 l : 各ロープの長さ
 M_1, M_2, M_3, M_4 : かごわく, かご室, コンペンシープ, つり合いおもりの質量
 Q_c, Q_m : コンペンロープ, メインロープの全断面積
 x_1, x_2, x_3, x_4 : かごわく, かご室, コンペンシープ, つり合いおもりの変位量
 μ : 無次元化したかご位置
 Ω : 無次元化した固有振動数の角速度
 ω : 固有振動数の角速度

タの縦振動系は、図 2. 1 に示すような 4 自由度振動系モデルであらわすことができる。

図 2. 1 の振動系の運動方程式を表 2. 1 に示す記号を用いて次に示す。

$$\left. \begin{aligned} M_1 \ddot{x}_1 + k_{\alpha 1}^* x_1 + k_2 (x_1 - x_2) + k_{\alpha 3}^* x_1 - k_{\beta 3}^* x_3 &= F_1 \\ M_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) &= F_2 \\ M_3 \ddot{x}_3 - k_{\beta 3}^* x_1 + k_{\gamma 3}^* x_3 - k_{\beta 5}^* x_4 + k_{\alpha 5}^* x_3 &= F_3 \\ M_4 \ddot{x}_4 + k_{\alpha 4}^* x_4 + k_{\alpha 5}^* x_4 - k_{\beta 5}^* x_3 &= F_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで多自由度弾性体である □-フを、振動周波数の角速度 ω と □-フの長さ l との関数である等価ばね K_α, K_β で評価し、さらに □-フの端にシャックルばね、コンペンヒッチばねがつながっている場合は両者が結合して一体となったばね（ばね定数 $k_{\alpha n}^*, k_{\beta n}^*, k_{\gamma n}^*$ ）と考えてとりあつかった。すなわち、 $k_{\alpha n}^*, k_{\beta n}^*, k_{\gamma n}^*$ は □-フ中の弾性波の伝搬による影響を考慮したばね定数で、定常振動応答のみに着目する場合は、

$$\left. \begin{aligned} k_{\alpha n}^* &= \{K_\alpha k_s / (K_\alpha + k_s)\}_n, \quad k_{\beta n}^* = \{K_\beta k_s / (K_\alpha + k_s)\}_n \\ k_{\gamma n}^* &= \{(K_\alpha k_s + K_\alpha^2 - K_\beta^2) / (K_\alpha + k_s)\}_n \\ K_{\alpha n} &= Q_n E \omega \cot(\omega l_n / C) / C, \\ K_{\beta n} &= Q_n E \omega \operatorname{cosec}(\omega l_n / C) / C \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.2)$$

であらわすことができる⁽¹⁾。サフィックス n は、図 2. 1 の □-フの番号で、□-フ 1, 3, 4, 5 は、それぞれかごわく上のメイン□-フ、かごわく下のコンペン□-フ、つり合いおもり上のメイン□-フ、つり合いおもり下のコンペン□-フに対応する。エレベータでは、メイン□-フ 1, 4, およびコンペン□-フ 3, 5 はそれぞれつながっているから断面積は等しく、またかごとつり合いおもりの上下移動量は相等しいから

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= Q_4 = Q_m \text{ (メイン□-フ)} \\ Q_3 &= Q_5 = Q_c \text{ (コンペン□-フ)} \\ l_1 + l_4 &= l_1 + l_3 = l_3 + l_5 = l_4 + l_5 = L \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3)$$

でなければならない。

式 (2.1) の $F_1 \sim F_4$ はそれぞれかごわく、かご室、コンペン□-フ、つり合いおもりに働く強制外力である。ここでは、図 2. 1 の縦振動系の固有振動数のみについて述べるので、式 (2.1) の左辺が重要であり、この際は $F_1 \sim F_4$ の値を問題にしない。

縦振動の固有振動数の角速度 ω は、式 (2.1) の左辺に微分演算子 $j\omega$ を持ちこみ、これをマトリックス表示したのち、この行列式（特性方程式）が零となる ω を求めることによって知ることができる。

図 2. 1 に示す系の縦振動固有振動数とかごの位置、およびかごわく等の質点系の重量との関連性を述べるにあたって、まずその基本的な性質がわかりやすいように、振動系をきわめて単純な系におき換えて検討する。つぎに、実際のエレベータの振動系について固有振動数とかごの位置の関係を述べる。

2. 1 単純な系の固有振動数

図 2. 1 の振動系で、シャックルばね、コンペンヒッチばね、およびかご室とかごわく間の防振ゴムを無視 ($k_{s1} = k_{s3} = k_{s4} = k_2 = \infty$) すると、振動系は 3 自由度振動系に簡単化される。この場合の特性方程式は式 (2.1) の左辺より次式であらわすことができる。

$$\left. \begin{aligned} \{-\Omega + \kappa_1(\rho \cot z_1 + \cot z_2)\} \\ \{-\Omega + \kappa_2(\cot z_1 + \cot z_2)\} \\ \{-\Omega + \kappa_3(\cot z_1 + \rho \cot z_2)\} \\ -\kappa_1 \kappa_2 \operatorname{cosec}^2 z_2 \{-\Omega + \kappa_3(\cot z_1 + \cot z_2)\} \\ -\kappa_2 \kappa_3 \operatorname{cosec}^2 z_1 \{-\Omega + \kappa_1(\rho \cot z_1 + \cot z_2)\} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.4)$$

ただし

$$\begin{aligned} \omega L / C &= \Omega, \quad Q_2 E L / M_1 C^2 = \kappa_1 \\ Q_2 E L / M_2 C^2 &= \kappa_2, \quad Q_2 E L / M_3 C^2 = \kappa_3 \\ Q_1 / Q_2 &= \rho, \quad \omega l_1 / C = z_1, \quad \omega l_2 / C = z_2 \end{aligned}$$

式 (2.4) が固有振動数を計算する式である。

さらに単純化するために式 (2.4) で、かご ($M_1 + M_2$) とつり合いおもりの質量が等しく、メイン□-フとコンペン□-フとの断面積が等しいものと仮定すると、この場合には、図 2. 1 の振動系はかご側とつり合いおもり側とで左右対称になる。これらの二つの仮定をもうけても、かごの位置と振動系の固有振動数との相対的な分布関係は基本的には変わらないものと考えられる。 $M_1 + M_2 = M_3$, $Q_m = Q_c$ である、すなわち $\kappa_1 = \kappa_3 = \kappa_0$, $\rho = 1$ で、これを式 (2.4) に代入し、さらに、

$$\left. \begin{aligned} l_1 / L &= 1/2 + \mu, \\ \text{したがって} \\ l_2 / L &= 1/2 - \mu, \quad z_1 = \Omega(1/2 + \mu) \\ z_2 &= \Omega(1/2 - \mu) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.5)$$

で定義される μ について整理して次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \mu_1 = \cos^{-1} \{ \cos \Omega + 2\kappa_0(\sin \Omega) / \Omega \} / 2\Omega \\ \mu &= \mu_2 = \cos^{-1} \{ (1 - 4\kappa_0 \kappa_2 / \Omega^2) \cos \Omega \\ &\quad + 2(\kappa_0 + \kappa_2)(\sin \Omega) / \Omega \} / 2\Omega \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.6)$$

式 (2.5) で定義した μ はかごの位置を示すパラメータであり、かごが最上階、中間階、最下階にあるときは、 μ はこれに応じて -0.5 , 0 , 0.5 となる。式 (2.6) は、かごの位置と無次元化した固有振動数との関係を示す式である。

一例として、 $\kappa_0 = 0.08$, $\kappa_2 = 0.3$ のときの計算結果を図 2. 2 に示す。縦軸は無次元化した固有振動数、横軸はエレベータのかごの位置である。以下の説明に便利のように、下側の 3 本の曲線群を I 形モード群、上部右上りの曲線群を下から順に II, IV, VI……（偶数番）形モード群、上部左上りの曲線群を下から順に III, V, VII……（奇数番）形モード群、

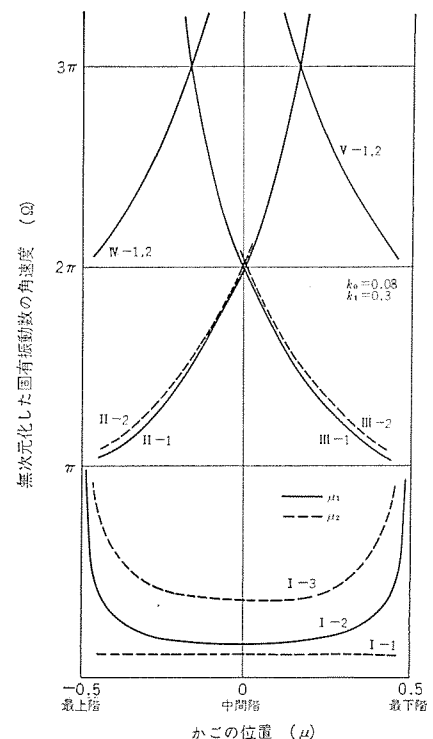


図 2. 2 対称形エレベータの固有振動数とかご位置の関係
Natural frequencies vs. position of cage (Symmetric elevator).

数番) 形モード群と名づける。I 形モード群は、I-1, 2, 3 の 3 本の曲線からなり、II 形以上のモード群は II-1, 2 などのようにそれぞれ 2 本の曲線からなっている。

図 2. 2 の計算例では、 Ω が 2π 以上になると 2 本の曲線はほとんど一致する。実線の曲線は、式 (2. 6) の第 1 式で、破線の曲線は第 2 式で計算した値である。

以上、左右対称のエレベータ振動系について論じたが、 σ - τ の断面積、かごとつり合いおもりの重量が、完全に等しくないとき、すなわち一般のエレベータでは、かごの位置と固有振動数との関係は式 (2. 6) でなく式 (2. 4) を直接解かなければならない。式 (2. 4) の解は、図 2. 2 に示すような左右対称の単純な形にならない。このような非対称性は、 $\rho \neq 1$, $K_1 \neq K_3$ で特長づけることができ、たとえば $\rho=0.8 \sim 1.2$, $K_1/K_3=0.8 \sim 1.2$ の範囲の非対称性に対し、固有振動数は対称な場合(図 2. 2)にくらべ、約 20 % 程度変化するとの結果をえている⁽¹⁾。

2. 2 実際のエレベータの固有振動数

2. 1 節では、エレベータをきわめて単純な 3 自由度振動系におきかえて固有振動数を求めたが、この節ではより実機に近い 4 自由度振動系(図 2. 1 のまま)の固有振動数について述べる。ここでは、式 (2. 1) の左辺からえられる特性方程式を直接解くことにした。すなわち、式 (2. 1) における K_a , K_b , K_r がかごの位置により変わるので、これを逐次チェックしながらエレベータの各位置に対する固有振動数を電子計算機で計算した。図 2. 3, 2. 4 にその代表的な例を示す。この計算例では、I 形モード群は 4 本の曲線からなり、このうち最も固有振動数の高いものを I-4 形モードと名づける。

図 2. 3 は、かごの位置と固有振動数との分布状況を示す典型的な例で、当社試験塔エレベータについての計算値である。無負荷(実

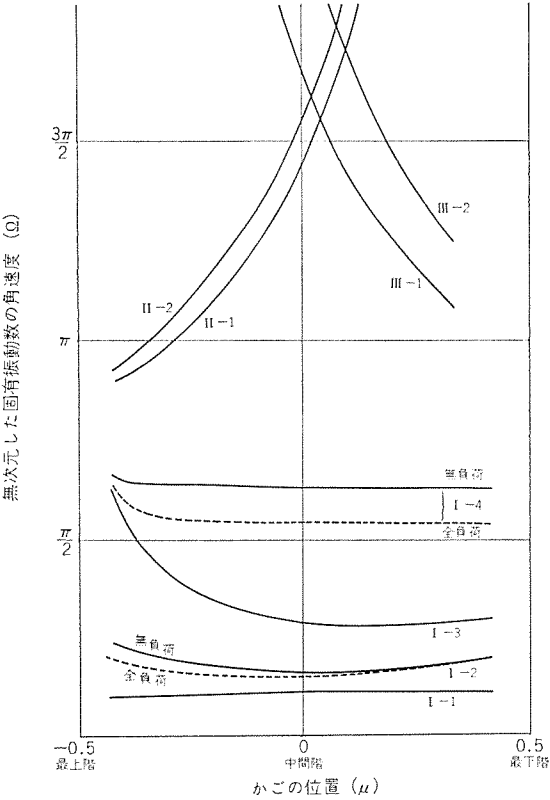


図 2. 3 当社試験塔エレベータの固有振動数とかご位置の関係
Natural frequencies vs. position of cage (Testing tower for elevator at Inazawa works).

線) および全負荷(破線)時の固有振動数を比較すると、I-2, 4 形モード以外の固有振動数は負荷に関係なくほとんど一致した。図 2. 4 は昇降路長がきわめて長い場合(約 170 m)の例で、世界貿易センタービル(以下 W.T.C. と略す)向けエレベータの全負荷時の計算値である。

つぎに、固有振動数における各質点の振動モード(固有ベクトルに相当する)の計算例を図 2. 5 に示す。これは当社試験塔エレベータの無負荷時の I-1 および II-1 形モードに対応するもので、前者を実線、後者を破線で示す。各曲線の番号は、図 2. 1 の各質点のサフィックスをとった。すなわち 1 はかごわく、2 はかご室、3 はコンペンズ、4 はつり合いおもりを意味する。

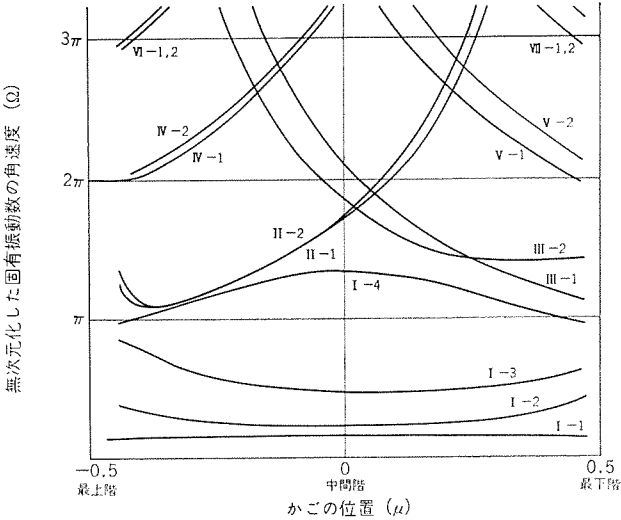


図 2. 4 世界貿易センタービル(W.T.C.)向けエレベータの固有振動数とかご位置の関係(全負荷)
Natural frequencies vs. position of cage (W.T.C. Building).

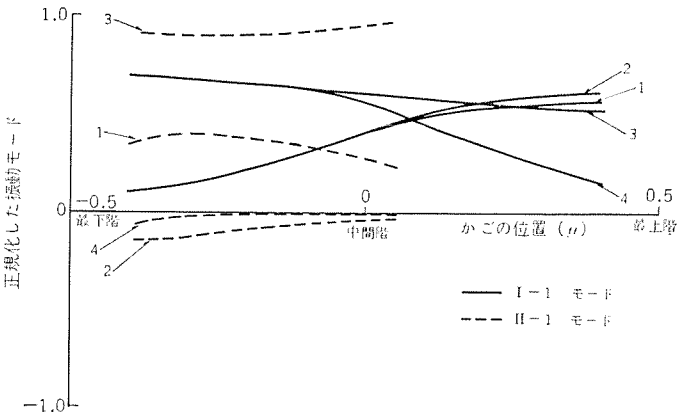


図 2. 5 振動モードとかご位置の関係例
(当社試験塔エレベータ、無負荷)
Examples of eigen vector vs. position of cage (Testing tower for elevator at Inazawa works).

3. 考 察

2 章の解析計算に 2, 3 検討を加えこれを以下に述べる。

3. 1 単純な系の固有振動数

図 2. 2 にエレベータの振動系が、かご側とつり合いおもり側とで対称な場合のかご位置に対する固有振動数の関係を示した。振動系が対称であることから、図 2. 1 の固有振動数を示す曲線は、かごの位置が中間階の軸($\mu=0$)に対しまったく対称になっている。図

から明らかなように、固有振動数は二つのグループに大別できる。一つは、 Ω が π よりも小さい範囲にあるⅠ-1～Ⅰ-3形モードで、これはロープを簡単なばね（集中定数系）とみなしたときの固有振動数である。他方は、 Ω が π よりも大きい範囲にあるⅡ、Ⅲ形以上のモードで、これはロープを完全な弾性体（分布定数系）とみなしたときの固有振動数である。

ロープを簡単なばねとしたときの固有振動数のうち、Ⅰ-1形モードの固有振動数はロープの全長（ $l_1+l_3=l_4+l_5=L$ ）によっておもに支配されるため、かごの位置によってほとんど変化しない。これに比べて、Ⅰ-2、3形モードの固有振動数は、短かいほうのロープ、すなわちかごが上階にあるときはロープ1と5、かごが下階にあるときはロープ3、4の支配をうけるので両端で急に高くなっている。Ⅰ形モード群のうち、最も低い固有振動数は、式(2.6)で $\Omega \ll 1$ 、したがって $\cos \Omega \approx 1$ 、 $(\sin \Omega)/\Omega \approx 1$ と置いて、

$$\Omega \approx \sqrt{2QEL/C^2(M_1+M_2)} \dots\dots\dots(3.1)$$

であらわすことができる。図2.2で明らかなように、Ⅰ形モード群は最も固有振動数の低いグループであるから、式(3.1)でえた値は、エレベータの縦振動についての最も低い固有振動数である。一方、ロープを完全な弾性体とみなしたときの固有振動数は、いわゆるばねのサージングの周波数に相当し、各モード間の間隔は π で無限に存在する。この値はロープ中を伝搬する弾性波の速度によって決まるため、ロープの長さに反比例し、 i を任意の自然数として

$$\Omega = i\pi/(0.5 \pm \mu) \dots\dots\dots(3.2)$$

であらわすことができる。Ⅱ、Ⅳ……（偶数番）形モード群の固有振動数はおもにロープ3、4によって、Ⅲ、Ⅴ……（奇数番）形モード群の固有振動数はロープ1、5の長さによって決まるものと推定できる。

以上で、きわめて単純化した系の縦振動固有振動数分布について明らかにしたが、図2.2のパターンおよび上記の特長は、より複雑な系に対しても十分にあてはまるものと考えられる。

3.2 実際のエレベータの固有振動数

実際のエレベータは、2.1節で述べた簡単な対称形の振動系と構成上基本的には同様であるが、これと異なる点を考慮して、ここでは質量、ばね、ロープの非対称性が固有振動数におよぼす影響、および実機における各定数の固有振動数におよぼす効果について考察する。

3.2.1 非対称の影響

まず非対称の影響として、集中定数系とみなせるモードについて2.1節のモデルに比べると、1組の質量とばね、すなわちかご室と防振ゴムが追加されたためにⅠ形モードの数は4個になる。Ⅰ-1～3形モードは各種のばねがロープと直列に入る点を除いて、対称形の振動系の場合と基本的に同一である。しかしⅠ-4形モードの固有振動数は、ロープに直接つながっていないかご室、防振とかごわくでもおもに定まるために、各ロープの長さの影響は受けにくく、かごの位置 μ と巻上機・コンペンシブ間距離 L によってほとんど変わらない。これに対して、集中定数系のⅠ-1～3形モードとサージングの効果によるⅡ、Ⅲ形以上のモードの固有振動数は、エレベータの巻上機・コンペンシブ間距離 L に反比例して低くなるので、 L が長くなるとⅠ-4形モードとⅡ、Ⅲ形モードとが、同じ周波数域に入って結合して複雑な形になることが考えられる。非対称性がありしかも超高揚程のW.T.C.向けエレベータでは、図2.4に示したように上に述べたことがあらわれていることがわかる。

つぎに高次のⅡ、Ⅲ形モードについて調べると、2.1節で述べた

ようなシャックルばね、コンペンチッパばね等のない対称な系におけるⅡ-1とⅡ-2モードの固有振動数は、互いにはほぼ等しい値になるが、実際のエレベータにおいては、これらは明確に分かれる。これはロープの端にシャックルばねなどのばねと質量がついているために、ロープの端が完全な自由端とか、完全な固定端にならずその両者の中間的な状態になっているためと考えられる。さらにⅡ-1形モードとⅡ-2形モードは、それぞれロープ3とロープ4のどちらのロープに対応するかは、そのロープの断面積、そのロープに接続されているばね、および質量の大きさによって決まる。

またⅢ形モードにおいても、Ⅱ形モードと同じことが言えるが、通常のエレベータでは、つり合いおもりの下にコンペンチッパばねをそう入しないからロープ5による固有振動数は高くなり、Ⅲ-2形モードとなる。Ⅲ-1形モードの固有振動数は、おもにロープ1によって決まる。

3.2.2 負荷状態の影響

エレベータの無負荷と全負荷時の比較を、図2.3の当社試験塔エレベータについて述べる。Ⅰ-4形モードの固有振動数は、負荷すなわちかご室の質量の平方根に比例して低くなる。Ⅰ-2形モードの固有振動数は、エレベータの位置 $\mu = -0.4 \sim 0.2$ の範囲で無負荷の場合のほうが10%ほど高い。しかし他の形のモードの固有振動数においては、まったく負荷の影響は認められない。

3.2.3 ばね定数の影響

ここでは計算例を省略したが、各ばね定数を変化させた場合の各固有振動数への影響について、当社試験塔エレベータの無負荷の場合を基準にして述べる。まず防振ゴム k_2 の影響を受けるのは、おもにⅠ-4形モードでエレベータの位置 μ に対して固有振動数が一定である $\mu = -0.3 \sim 0.4$ の範囲においては、ばね定数の平方根に比例して固有振動数は高くなる。しかしⅠ-1～3、Ⅱ、Ⅲ形モードはほとんど変わらない。これはかご室と防振ゴム k_2 とでできる振動系が、ロープ、かごわく、つり合いおもり、コンペンシブなどでできる系と分離した形に近いと考えられる。

ロープに接続されているシャックルばね、コンペンチッパばねが固有振動数におよぼす影響については、2本のシャックルばねのばね定数を数倍にすると、おもにⅡ-2、Ⅲ-1形モードの固有振動数に影響し両者とも同程度変化する。Ⅰ-2形モードの固有振動数は、かごの位置 $\mu = \pm 0.4$ 付近ではばね定数の変化比の5～10%変化する。ところが他のモードはほとんど変化しない。

つぎに、コンペンチッパばねを数倍にした場合におもに変化するのは、Ⅱ-1形モードの固有振動数で、かごの位置の全域にわたりほぼ同じ割合で変化する。Ⅰ-3形モードは、かごの位置 $\mu = 0.3 \sim 0.4$ の範囲ではばね定数の変化比の8～12%高くなる。他のモードはほとんど変化しない。

以上まとめると防振ゴムは、Ⅰ-4形モード、シャックルばねは、Ⅲ-1とⅡ-2形モード、コンペンチッパばねは、Ⅱ-1形モードの固有振動数を変化させるのに有効であることがわかる。

3.3 各部の振幅比率

すべての固有振動数における各質点の振動モードの計算を行なったが、ここではその代表例として図2.5のⅠ-1形とⅢ-1形モードについてのみ述べる。Ⅰ-1形は最低次のモードで、全体が同位相で振動することがわかる。また、かごの位置 μ によって、質点1、2と4すなわちかごわく、かご室とつり合いおもりのモードが変化している。すなわち $\mu = -0.5$ の最上階付近では、かご室とかごわくが固定端の近くにあるために振幅は小さく、かごの位置が最下階に

くにしたい自由端の境界に近づくために振幅が増加して、最下階の $\mu=0.5$ の近くでは、コンペンシーとほぼ同じ振幅で振動する。これに対してつり合いおもりの質点4は、かごわくと逆に最下階から最上階へ動くので、質点1、2と逆にかごの位置が最上階から最下階にいくにしたがって、その振幅は減少している。しかしコンペンシーの質点3は、常に最下階にあるためにエレベータの位置に関係なくほぼ一定の振幅になる。II-1のモードにおいてはコンペンシーがおもりに振動し、かごわく、かご室およびつり合いおもりの振幅は小さく、かご室の振動はほとんど問題にならないことがわかる。

3.4 縦振動の防止

3.3節までに、エレベータの縦振動固有振動数とその性質を明らかにした。一般に通常の機械が種々の固有振動を持っていることは当然であり、固有振動数が存在すること自体問題でなく、外部からの衝撃力、または固有振動数に等しい周波数の外部強制加振力が働いたときのみ、縦振動の問題はクロズアップされる。

実際のエレベータの設計、製作にあたって、種々の接触部、しゅう(摺)動部などに注意をはらい衝撃的な加振力が働かないようにしている。また、巻上電動機のトルクリップルもきわめて小さくなるように別途対策を行なっているので、定常的な縦振動加振力も少なく、したがって前述の固有振動が問題となるほど大きくなることはない。しかし例外的に、数個の縦振動の固有振動数とかごまわりの構成部材の弾性体としての固有振動数が一致した場合など、振動特性のせん(尖)鋭度がとくに鋭くなって振動が大きくなり、乗りこちを悪くする可能性がある。このような現象を避けるために、2章の計算によって、たとえば図2.3のII-1とIII-1形モードの固有振動数が交差する点を知ったのち、かごまわりの構成部材の固有振動数が、これに一致しないよう各部寸法諸元を検討している。さらに万一の場合を考え、かご室の壁板に防振、防音材を塗布し、コンペンヒッチには適当なばねを使用するなどして、振動が小さくなるよう種々のくふうをこらして、かごが特定の位置を通過するときに不快な振動を発生することのないよう設計している。

また、2章の計算で固有振動数があらかじめ明らかになると、電気制御系の回路定数の設定にあたって、縦振動系と電気制御系との相互干渉が生じないように回路定数を選定し、大きな振動が生じないように留意している。

さらに、図2.5の振動モードの計算により、ある固有振動数で最もよく振動する個所が明らかになるので効率よくダンパ(振動吸振器)を配置することができる。エレベータの縦振動は、かごが走行しているときに発生するが、ある特定の加振力の周波数と縦振動の固有振動数とが一致している時間は非常に短い。したがって、この共振の最大振幅は、かごを共振の位置にとめておく場合の静的な振動特性の最大振幅に比べはるかに小さくなることが知られている⁽²⁾。この意味で、ダンパの必要減衰力を評価するときに、必要以上に大きなダンパを設置しないよう注意をはらわなければならない。

4. む す び

エレベータのかごの位置と縦振動の固有振動数との関係について、まず単純な振動系についてその基本的な性質を述べ、つぎに実際のエレベータの例について検討した。その結果

(1) 固有振動数は、ローが集中定数ばねとしてきく場合と、分布定数ばねとしてきく場合、の2種に大別することができる。

(2) 任意の固有振動数を支配するばねと質量とが明らかになったので、ばね定数や各要素の重量を適当に選ぶことによって固有振動数のある範囲内で移動させることができる。

(3) 固有振動数における各質点の振幅比率が計算できる。ことなどが明らかになった。

ここでは、縦振動の固有振動数の分布状態のみについて詳述したが、乗りこちに関連する縦振動の問題は、他に振動伝達特性などの多くの現象を含み、これらについてもすでに有益な知見をえた。われわれは、以上述べた計算技法やその結果を用いて高速高揚程エレベータの各工事を縦振動に関して十分確認したうえで生産している。さらに世界でも最高速に属する540 m/minの超高速、超高揚程エレベータについても研究を進め、この面の技術的解明を完了し、いつでも需要に応ずることができるようになった。

参 考 文 献

- (1) 平野、松倉、竹下：機械学会関西支部第221回講演会講演論文集、48、(昭43)
- (2) 平野、松倉、木曾：三菱電機技報、42、1,511(昭43)

三菱 ASP-A MARK II 全自動群管理エレベータ

板垣 晃平・石 嶋 進

Mitsubishi ASP-A Mark II Group Supervisory System of Elevators

Inazawa Works

Kôhei ITAGAKI・Susumu ISHIJIMA

The Mitsubishi Auto Select-o-Pattern Auto system (ASP-A) was introduced to the market in 1957 as the first full-automatic group controlled elevator in Japan. Since then its excellent performance is highly appreciated in the market and more than 500 units have been built and delivered including the demands both domestic and abroad. During these years' period, thorough studies have been made on the operating condition of the actual elevators installed in a good number of buildings, the response of elevators to various traffic demands and fluctuation by simulation and also the customers' requirements. Based on the results fundamental improvements have been worked out on the ASP-A system; an entirely new full automatic group supervisory system of elevators's, ASP-A Mark II, has been developed.

1. ま え が き

従来の三菱全自動群管理エレベータ、オートセレクトボタンオート(ASP-A)は、わが国で最初の本格的な全自動群管理方式として昭和32年に市場に登場した。以来、ASP-A方式の持つ大きな輸送能力、高いサービス水準など、その性能の優秀さは、国内はもとより東南アジア・香港・南米その他広く海外においても高く評価され、すでに国内外をあわせて約500台以上が納入され、いずれも江湖の好評を得ている。

この間、多くのビルにおいてエレベータの実動状況を調査するとともに、種々の交通需要に対して、エレベータ群をどのように運転させれば最も良質なサービスを提供できるか、すなわち、エレベータ群の最良のコントロール方法を、電子計算機を利用したシミュレーションにより探究するなど、エレベータ群管理の問題に積極的に取り組んできた。

そして、前述の実態調査とシミュレーションの結果、ならびにエレベータ管理者や利用者の要望を反映させて、従来から好評であったASP-A方式に大幅かつ基本的な改良・改善を加え、新しい全自動群管理エレベータとして、ASP-A MARK II方式を開発したのでその全容を紹介する。

2. 群管理方式発達の経過

エレベータの群管理の目的は、複数のエレベータ群に最大の輸送力と最良のサービスを発揮させることにある。この目的そのものは、群管理方式が生まれた初期の時代から変わっていないが、これを達成するための手段は、著しく進歩してきている。特に最近では情報処理技術の発達に伴い、その技術を広範囲にとり入れた群管理手法の発達は、目ざましいものがある。変動する交通需要を自動的に分析して、交通需要に最も適したようにエレベータ群を運転管理する全自動群管理方式を、ビルの経済効率の上から、今や超高層ビルではもちろんのこと、比較的大規模な事務所ビルにおいても、採用することが当然視されるまでに常識化し普及してきている。

そこで、はじめにエレベータの群管理方式が、どのような経過を経て発達してきたかを大ざっぱに振り返ってみよう。

エレベータ発達の初期の時代においては、技術的努力はもっぱら各個のエレベータの駆動方式・制御方式を改良し速度を速くして能率を

高め、乗りごちを良くし、また運転手が運転しやすいように運転操作方法を改善することにあった。当時は建物も小さく、かつ居住密度も低かったので、1台のエレベータで足りない場合には単に台数を増すだけですませていた。

ところが、このようにして2台以上のエレベータが併設され、エレベータがいわゆるだんご運転をし、その結果乗客の待時間が長くなり輸送力が低下し、結局建物の経済効率を低下させることが現実になってくると、各個のエレベータがいかに優秀であってもそれだけでは不十分であり、複数のエレベータをグループとして管理する必要性が痛感され、エレベータ群の管理のし方が真剣に検討されるようになった。ここに、複数のエレベータを相互に横の関連をもたせながら、グループとして総合効率の高い合理的な運転を行なう群管理の思想が芽生えてくるのである。

最初に考えられたのが手動出発信号方式である。これは、運転手が勝手にエレベータの運転を行なうのを避けるため出発階に出発管理者(スタータ)をおき、スタータが交通状況を判断して適切な出発の合図を運転手に与えるもので、運転手はスタータの指令によりエレベータを運転させた。

ついで、このようなスタータの負担をなくするために、一定の時間間隔で次々に出発信号をエレベータに与える自動出発信号方式が開発された。

しかし、当時の自動出発信号方式は出発順序が1号機、2号機、3号機というように号機順に行なわれる循環式であったために、たとえば、2号機が1号機を追越して先に出発階に戻っても、後から到着する1号機を出発させてから2号機を出発させることになるので不具合であった。この循環式は間もなく改良されて、一定の出発順序ではなく出発階への到着順に出発指令を与える非循環式となった。自動出発信号方式の出現により、エレベータのだんご運転はある程度解消されるようになり、交通需要の変動が少ないビルにおける乗客の待時間のばらつきはやや減少した。

このように、エレベータの管理方式は次第に高度化されてきたが、この段階ではまだ不十分な点が多かった。その理由は、交通需要が1日のうちでも大きく変動するにもかかわらず、エレベータは常に同じような運転のし方をとっていたので、すなわち単一の運転モードであったので、特に交通が混雑するビルや交通変動の多いビルでの

サービスはさほど改善されなかったことにある。たとえば、日中でも交通変動の多いビルではエレベータの運行が乱れ効率良い運転はできなかったし、また、退勤時にはエレベータはビルの上の方で満員になりビルの下の方の階を通過するために、上のほうの待客を選び終るまで下のほうの待客はエレベータに乗れないような問題は依然として解決されなかった。

1945年に米国のウェスチングハウス社（以下W社という。）は、ビル内の交通は絶えず大きく変動してはいるが、これをいくつかの典型的な型に分類できることに着目して、おのおの交通状況に応じて、その交通を処理するのに適した輸送形式（パターン）を備え、交通需要の変化に応じて最適なパターンに切り換えるという画期的な群管理方式、セレクトマチック方式を開発し、すべての階にむらの少ないサービスをするのはもちろん、ピーク時の輸送力を増大し待時間を短縮するなど大きな効果をあげた。

しかし、この方式ではパターンの切り換えは人手に頼っていた。すなわち、ビルの管理者あるいはスタータが発階の交通状況からビル全体の交通需要を判断してパターンを切り換えていたため、特に交通需要の変化が激しい場合には、適切なパターンを選ぶのは困難であり、実際の交通需要と違ったパターンを選択することがしばしば生じた。一方、エレベータ群の運転のさせ方はパターンにより大幅に変化するもので、誤ったパターンが選択されるとエレベータのサービスはむしろ低下する場合が往々にしてある。そこで、1953年には同じくW社において、交通需要の変化に応じて自動的に最適のパターンを選択する全自動群管理方式、オートマチックトラフィックパターン（ATP）方式が開発された。これは、時々刻々の交通状況より常にその時の交通需要に最適のパターンを自動的に選択するものであり、パターンの選択が適切に行なわれるためパターンのもつ特長を十分に発揮でき、大幅なサービス向上ができるようになった。

一方わが国では、当社が1957年（昭和32年）に初めて全自動群管理方式ASP-Aエレベータを名古屋市内の名鉄ビルに納入した。これは、W社のATP方式を基礎にその欠点を改良して、さらにわが国のビルの実情にあうように独自のきめ細かい改良を施したもので、ビル実動後の交通実態調査の結果、性能の良さが証明されると、ASP-A方式の優秀さが高く評価されるようになった。

ここで、群管理の流れを再度要約してみよう。初期の群管理方式においては、ビルの交通需要は1日のうちでも幅広く変動するにもかかわらず、前述のように基本的なエレベータ群の管理のし方、エレベータの運転のさせ方は、閑散時であろうが混雑時であろうが同じであり、常に単一モードの運転方式であった。しかし、これでは交通変動があるビルでは満足すべきエレベータサービスが行なえないので、ビル内の交通をいくつかの型に分類して、その交通を最も能率よく処理するためのパターンを備えた方式へと発展してきた。

この方式の効果が広く認識されるようになると、ビル内の交通をさらに細かく分類し、パターンの数を増やし、その選択精度をあげることが、群管理機能を向上させるために最も重要かつ必要の手段であるという錯覚が一部に生まれた。しかも、現在なお一部にはパターン数の増加やその選択精度の改善に主力を注いでいる向きもある。

もちろん、パターンも必要であり、パターンの選択精度も重要ではあるが、実際に交通を処理するのはかごの動きであることを考えれば、変動する交通需要に対する幅広い、敏速な、融通性の高いかごの管理、かごのコントロールこそが群管理の機能を向上させる最大のキーポイントであることが理解できよう。

したがって当社では、交通需要を大局的に判断してパターンを選択し、そのパターン内での幅広い交通需要の変動に対してかごを能率的に処理する、一種の階層制御が現段階では最も適当と考えている。

3. MARK II 方式の特長と動作概要

今回、新しく開発した三菱ASP-A MARK II 方式は、次の三つの大きな特長をもっている。

- (1) ワイドセレクションシステムの採用
- (2) 性能のいっそうの向上
- (3) パッセンジャーサービスの充実

以下、その特長を動作概要にも触れながら一つずつ説明する。

3.1 ワイドセレクションシステムの採用

最近では、ビルの多様化、多目的化がめざましく、その性質・用途などに応じて交通需要そのものも多種多様となっている。

したがって、従来のようにビルを大ざっぱな型に分類し、ビルの型に応じて5パターン方式・7パターン方式・8パターン方式など内容がほぼ決まった方式を適用するシステムでは、最近のビルの実情にマッチせず、むだが生じやすい。たとえば、出勤時に極端なピークの生じるビルに対しては、朝の激しい昇りのラッシュを処理するために、退勤時のピークが生じないビルにおいても、8パターン方式など退勤時のピークを処理するパターンも含まれたものを適用しなければならなかった。また、超高層ビルの出現などにより、従来の方式では解決できないような交通需要が生じてきた。

MARK II 方式では、当社で最初に群管理方式を製作して以来の十数年間にわたる豊富な経験を生かし、すでに納入されたエレベータの運転状況、利用状況を調査し、最近のビルにおける交通需要の傾向を握し、また、顧客の要望を反映させて、極端に混雑する交通を処理する動作、超高層ビルの交通を解決する動作、運転手なしエレベータにおける乗客のサービス向上をねらった動作など30種以上の付加動作を準備している。そして、その中から顧客の要求により、また、ビルの規模、交通量とその変動、使用用途などにより必要最少限の付加仕様を自由に選択し組み合わせて、ビルごとに独自のシステムを構成することができるワイドセレクションシステムとしている。

たとえば、前に述べた出勤時に極端なピークを生じるビルに対しては、分割昇りピークパターンのみ付加すれば出勤時のピークは解決され、昼食時の激しい交通需要に対してはダウンデマンドゾーンが処理し、また、超高層ビルなどでサービス階が極端に多い場合には、飛び越しサービスなどが準備されている。

このように、MARK II 方式では必要最少限の仕様を付加することにより、合理的で経済的なエレベータを提供できる顧客本位のシステムとなっている。以下にMARK II 方式の構成を説明する。

3.1.1 MARK II 方式の構成

MARK II 方式は、ビルの規模、交通量とその変動などに応じて各種ビルに最適のエレベータシステムを最も合理的に提供できるように、基本的にBASIC方式、CUSTOM方式の二方式に分類される。表3.1はMARK II 方式の分類を示したものである。

BASIC方式は、交通が比較的混雑しない、また交通変動も少ないエレベータの台数が少ない中規模な事務所ビル・ホテル・病院などを対象としたもので、閑散・平常の二つのパターンを備えビルの交通を効果的に処理することができる。

また、CUSTOM方式は、交通需要とその変動が多くエレベータの台数の多い大規模なビルに適用される。その基本形は閑散・平常・

表 3.1 ASP-A MARK II の分類
Classification of ASP-A MARK II.

方 式	適 用 さ れ る 台 数 ・ 速 度	内 容
ASP-A MARK II BASIC	2～4 台 90 m/min 以上	閑散・平常ボタンをもつ。 下方出発階にて出発管理を行なう。
ASP-A MARK II CUSTOM	3～8 台 120 m/min 以上	基本形として閑散・平常・昇りピーク・降りピークボタンをもつ。 上・下両出発階にて出発管理を行なう。

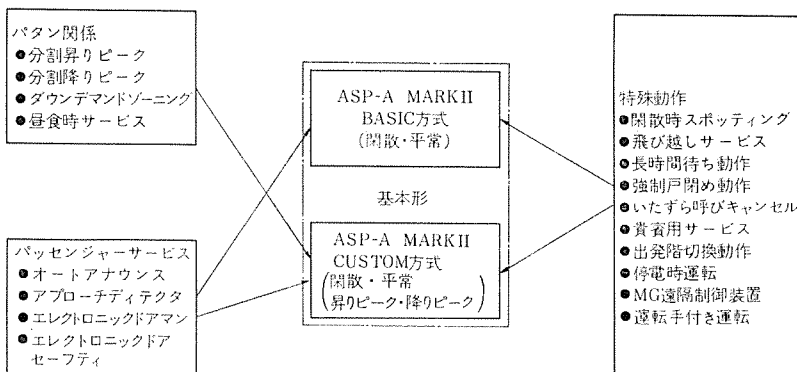


図 3.1 ASP-A MARK II の構成
ASP-A MARK II system.

昇りピーク・降りピークの四つのボタンを備えている。MARK II 方式では、一つのボタンが処理する交通需要とその変動に対する処理範囲が従来の ASP-A 方式に比較して一段と幅広く拡大され、しかもこれら交通変動に対する速応性・柔軟性・処理能力が一段と向上しているため、大部分の事務所ビル等の交通は基本パターンのみで処理することが期待できる。特に交通需要とその変動が極端に激しいビルに対しては、付加動作によりさらに性能が向上するので、十分満足ゆくサービスを提供することができる。

図 3.1 は BASIC 方式あるいは CUSTOM 方式の基本形に対して、付加できるボタン関係、特殊動作、パッセンジャーサービスなどの仕様のおもなものを示している。この中からビル等の規模、性質、交通需要とその変動、顧客の要求などに応じ必要なものを自由に組み合わせ、ビルごとに新しいシステムを作りだすことができる。

3.2 性能のいっそうの向上

エレベータの群管理のねらいは、乗場での待時間を短くし、そのばらつきを少なくすることであり、同時に輸送能力を向上させることにある。2章で述べたように、従来の群管理方式では、上記のねらいを達成するために、ボタンの数をふやしかつボタンの選択精度をあげることに多くの努力がむけられていた。

しかしながら当社では、エレベータ群が種々の交通需要を能率良く処理し、最も良質のサービスを提供するためには、どうしたらよいかを追求し続け、検討に検討を重ねた結果、ボタンの数が多いとかボタンの選択精度がすぐれているだけでは不十分であり、かごの運転管理がどうなっているのか、すなわち変動する交通需要にかごをいかに対応させるのが重要であることに着目した。

かごの動かし方の重要性を認識すると、シミュレーションによりかごの運転方法を徹底的に追求し、その結果、他の方式で行なわれているような、出発時間が一定であるとか、かごの過去の1周時間を測定し1周時間が長くなれば自動的に出発時間を長くするような、過去の交通情報、運転履歴でのみかごの運転をコントロールする方法では不十分で、種々の交通情報よりかごが不必要にかたまる傾向が生

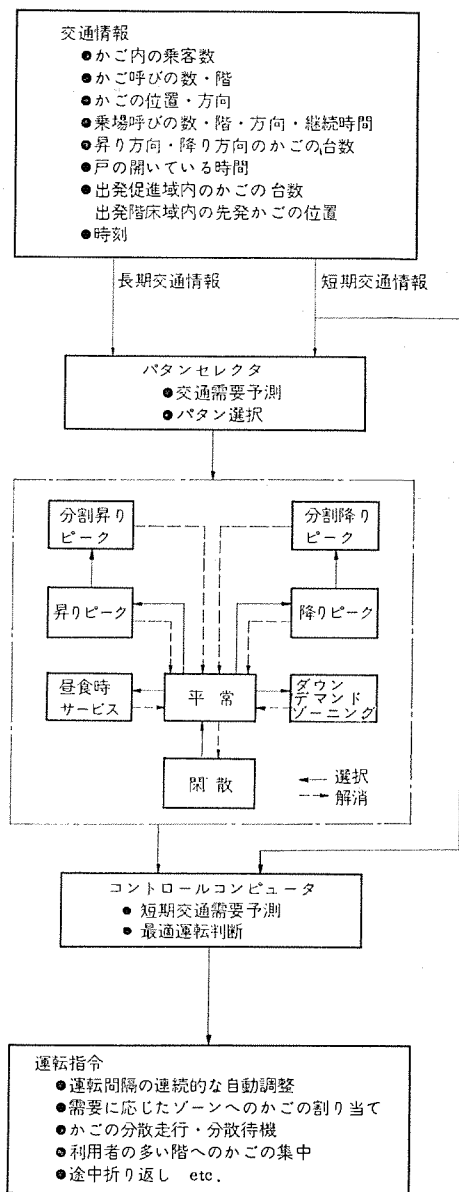


図 3.2 ASP-A MARK II の群管理システム
ASP-A MARK II group supervisory system.

じるのを予測すると、直ちにかごの出発を促進させ、事前にかごが時間的に等間隔になるように修正するなど、交通需要とその変動の予測をとり入れた運転のさせ方が、きわめて有効であることがわかった。

図 3.2 は MARK II 方式の群管理システムを示したものである。エレベータ群が、時々刻々変動する交通需要を能率良く処理するためには、

(1) 短期あるいは長期の交通情報から交通需要を大局的には握し、かごの運転方法の概要を決めるボタンの選択。

(2) 短期の交通情報に基づき、変動する交通需要を処理するためのかごの運転管理。

とが共にすぐれている必要がある。MARK II 方式では、乗場呼びの数・方向・継続時間、かごの運行方向・位置、かご内の乗客数その他エレベータの交通状態を示すあらゆる要素を、短期あるいは長期にわたって交通情報としてボタンセクターに集積し、分析し、交通需要を予測してボタンの選択を行なうので、交通需要にマッチした適切なボタンを選ぶことができ、そのボタンの持つ特長を十分に発揮させ

ると同時に、あるパタン内での交通情報をコントロールコンピュータにより処理し、交通需要とその変動を把握しその予測を行ない、かごがたまる傾向を生じると直ちにかごの出発を促進させ、かごの間隔を修正する「運転間隔の連続的な自動調整」、特定ゾーンへの交通需要が強くなることが予想されると、事前にかごを特定ゾーンへ集中させる「需要に応じたゾーンへのかごの割り当て」など、柔軟性にとんだ運転指令を各かごに与えて、交通需要の変化を迅速に処理することができる。

このように、MARK II 方式では、従来の方式に比較してさらに適切にかごの運転が行なわれるので、その処理能力が一段と向上し、待ち時間の短い、輸送能力の高いすぐれた群管理システムとなっている。

以下に MARK II 方式のおもな動作について説明しよう。

3. 2. 1 バタン関係の動作概要

図 3. 3～図 3. 13 は各パタンにおけるかごの動きを示すものである。図中に用いられている記号の意味は、

△または▽：乗場昇り呼びまたは乗場降り呼びが登録されていることを示す。

▲：乗場降り呼びが長時間登録されていることを示す。

□または□：かごが昇り方向または降り方向で待機していることを示す。

■または■：かごが昇り方向または降り方向に走行していることを示す。

(1) 閑散（オフアワー）

閑散パタンは、夜間とか休日のようにエレベータに対する需要が間欠的できわめて少ない場合に選択される。

そのねらいは、かごのむだな運転をさけ電力を節減することにあるので、閑散パタンにおいてはすべてのかごは下方出発階で待機し、運転する必要のないかごは、一定時間で電動発電機を自動的に休止する。したがって、長時間呼びのない状態が継続するとすべてのかごの電動発電機が休止する。呼びが生じると先発に指定されているかごの電動発電機を起動して出発し、呼びに答え終わると再び下方出発階に戻る。呼びが継続しており、1 台のかごで処理すると長く待たせることが予想される場合には、かごは必要台数だけ次々に出発する。

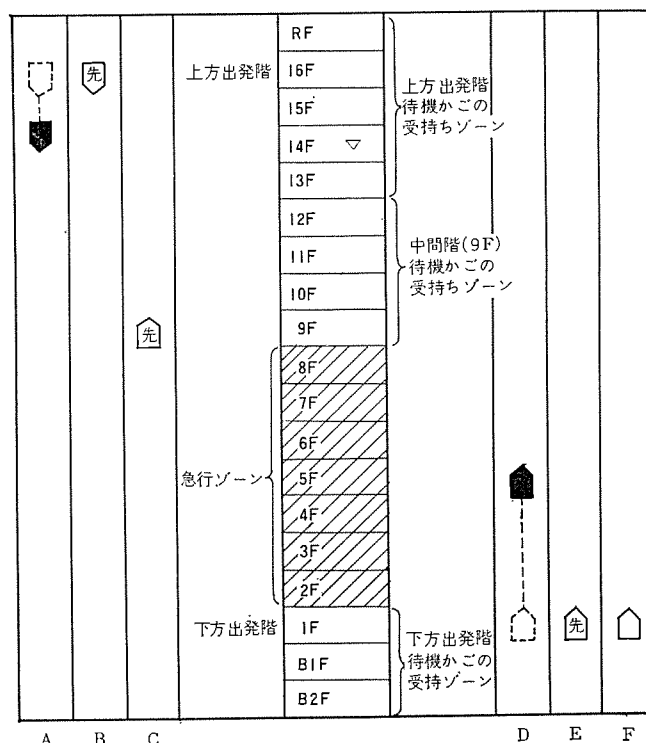
このようにして、必要なときにのみ必要最少限の台数を経済的に運転させる。

閑散時には、大多数の人々に対するサービスよりもむしろ個人に対するサービス向上を要望される場合も多く、この場合には、次の閑散時スポッティングを設けると効果的である。

(2) 閑散時 スポッティング（特許出願中）

停止数のさほど多くない通常のビルにおいては、閑散時にはすべてのかごを下方出発階に待機させても、いずれの階からの待客に対してでも、比較的迅速にサービスできるので問題はないが、超高層ビルなどで急行ゾーンが設けられた場合、あるいは停止階数が極端に多い場合などには、用の済んだかごをすべて下方出発階に待機させておくのは必ずしも得策でない。退勤時後の残業者、その他によるビルの上のほうからの間欠的な交通需要に対して、かごをいちいち下方出発階から上方階まで走行させるのは、走行距離が長くなるので時間的にもむだを生じ、ビルの上部の利用者を長く待たせる結果となる。

閑散時 スポッティングは、閑散時という交通状態を考慮し個人個人の



- A号機：受持ちゾーン（13～RF）の乗場呼びができたので出発する。
- B号機：上方出発階で先発かごに指定され出発を待つ。
- C号機：受持ちゾーン（9～12F）の乗場呼びができたなら出発できるよう9Fにて待機する。
- D号機：かご呼びができたので出発する。
- E号機：下方出発階で先発かごに指定され出発を待つ。
- F号機：下方出発階で待機する。

図 3. 3 閑散パタン（スポッティング動作付）における運転
Operation of off hour pattern (with spotting feature).

サービスに重点をおき、かごを2個所あるいは3個所に分散して待機させ、それぞれの受持ちゾーンを分担して、乗場呼びが登録されるとその呼びの受持ちのかごが応答するので、ビルの上の階の乗客に対してにも常に迅速なサービスをすることができる。

超高層ビルでエレベータが高層バンク、低層バンクに分れるときの高層バンクのように、急行ゾーンが設けられる場合にはエレベータを3個所に待機させ、低層バンクのように急行ゾーンが設けられていない場合には2個所待機とする。

図 3. 3 は急行ゾーンがある場合のかごの動きを示したものである。かごは下方出発階、上方出発階およびサービスゾーンの最下階（9階）に待機し、下方出発階以下の乗場呼びに対しては下方出発階に待機しているかごが応答し、サービスゾーンの上部（13階～R階）乗場呼びに対しては上方出発階待機かごが、下部（9階～12階）乗場呼びに対してはサービスゾーンの最下階に待機しているかごが応答する。もちろん、かご呼びに対してはいずれの階をもサービスする。

(3) 平常（オフピーク）

交通量は朝夕のピーク時ほど多くはないが、相当量の交通量があり、しかも絶えず変動している1日の大部分を占める時間帯に適用される。

したがって、平常パタンにおけるかごの動かし方は特に重要であり、かごは乗場での待時間を短くし、またそのばらつきを少なくして、各階の待客に平等にサービスすることをねらいとして運転管理される。

これを実現するために、かごを上下の出発階より適当な出発時間

で出発させ、両出発階の間を流し運転させる方式が一般に採用されている。平常時における交通需要は時々刻々変動しているため、このような交通需要を処理するためには、出発階でのかごの出発管理の方法を適切に行なう必要がある。たとえば、交通需要の変動があるにもかかわらず出発時間を固定しておくなど、常に同じような出発管理を行なうことは、交通需要が比較的減少するとかごが出発階付近にかたまると傾向を生じ、出発階でむだに待機することになるので、かごの運転間隔を適切に保ち能率的に運転することはできない。交通量の変動によりかごの1周時間も変動するので、交通需要にマッチして出発時間を自動的に調整するような方法が望ましい。

MARK II 方式では出発促進動作（特許）が有効となり、出発階を含んだ数階で出発促進域を形成し、そこへ入ってきたかごの台数よりかごのかたまる傾向と強さを握し、あるいはかご内の負荷によりかごの運行時間を予測し、これらの情報と予測に基づいて、0～55秒にわたって連続して自動調整される出発時間により、かごの出発を管理し、常時かごを時間的に等間隔にばらまくようにコントロールする。すなわち、交通需要とその予測によりかごの出発を自動的に調整するので、そのときそのときの交通需要に最も適したようにかごの運転を行なうことができる。

また、地下がある場合には出発階床域動作（特許）が設けられ、地下を含んだ複雑な交通を処理する。わが国のビルは、一般に外国に比較して地下鉄、地下街その他の関係で地下の交通量が多い。したがって、かごが地下へ走行するひん度が高くなり、出発階のみで出発管理を行なっているのでは、かごの運行が乱れることになる。

たとえば、地下から2階以上へ行く乗客を乗せて昇り方向に走行してきたかごを、出発階だからという理由で1階で先発に選ばれ出発時間が経過するまで待たせると、かごの乗客に対し焦そう感や不安感を抱かせることになるので、乗降が終われば直ちに昇り方向に出発させる必要がある。このようなかごは、出発階で出発管理されずに出発するので、地下へ走行するかごが多くなればなるほど出発管理の効果が減り、場合によってはほとんどのかごが全然出発管理されずに勝手に出発することになり、かごの間隔が乱れ待時間のばらつきが大きくなり、サービスを低下させることになる。

また、これらの欠点を救うために出発階を地下に設定することが行なわれる場合があるが、これは見かけ上かごが適切に分散されるように見えても、実際には地下へ行く必要のないかごまでむだに地下まで運行させることになり、実際の待時間は長くなるので好ましいことではない。

MARK II 方式の出発階床域動作は、出発階と地下階で出発階床域を構成しこのゾーン内で先発かごの選択を行ない、前述の出発促進動作、1周時間の予測、さらに出発階床域内での先発かごの位置までも考慮に入れて、自動調整された出発時間によりかごを出発させるので、かごが地下へ走行するひん度が多くても待時間を短くすることができる。

出発階床域のない一般の方式と出発階床域を設けた MARK II 方式に対し、電子計算機によるシミュレーションを行ない、おのおのについて乗場呼びの累積度数分布を求めると図 3.4 のごとくなる。出発階床域が設けられた場合には、平均待時間が出発階床域がない場合の75%となり25%も短縮されるので、その効果がいかに大きいかわかりやすい。

このように、MARK II 方式では出発促進動作と出発階床域動作の効果により、1日の大部分を占める重要な時間帯の交通需要に対

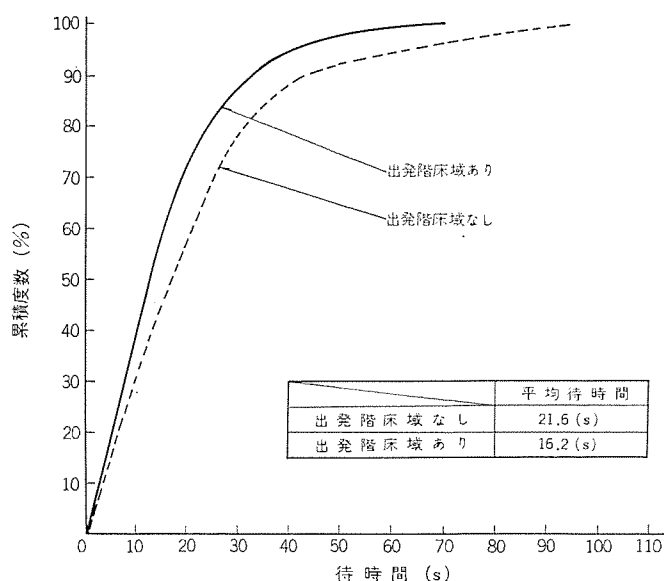
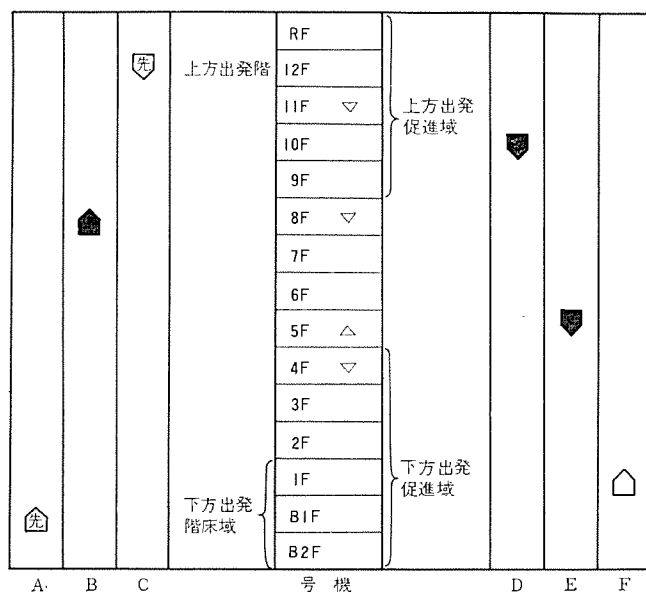


図 3.4 出発階床域の効果
Effect of starting floor zone feature.



- A号機：下方出発階床域で先発かごに指定され出発を待つ。出発時間は先発かごの位置、かご内の負荷、下方出発促進域内のかごの台数、その他により自動的に調整される。
- B号機：かご呼びと乗場昇り呼びに答えながら上方出発階まで走行する。
- C号機：上方出発階で先発かごに指定され出発を待つ。出発時間はかご内負荷、上方出発促進域内のかごの台数、その他により自動的に調整される。
- D・E号機：かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下方出発階床域まで走行する。
- F号機：A号機が先発に指定されているので先発に選ばれるのを待つ。

図 3.5 平常パターンにおける運転
Operation of off-peak pattern.

し適切なサービスを行なうことができる。図 3.5 は平常パターンにおけるかごの動きを示したものである。

(4) 飛び越しサービス（ジャンピングサービス）（特許出願中）

超高層ビルでは、一般に 4.1 節で述べるようにサービス階の分割を行なうことが望ましい。しかしながら、ホテルなどではバンク割りの問題や宿泊客用諸施設のために、やむを得ずサービス階が極端に多くなることは、最近しばしばみられるところである。飛び越しサービスは、このようなサービス階が極端に多いビルに対して適用されるものである。

従来のように、ビルが高くても、20 階程度までの場合には、通常

の出発管理を中心とした運転管理により十分満足すべきサービスを提供することができるが、ビルが高くなりサービス階が20階を越えるようになると、かごとかごとの間に介在する階数が多くなるので、各かごが処理すべき交通需要の変動が大きくなり、したがって各かごの運行時間の差が大きくなり、かごがかたまりたり開きすぎたりする傾向が生じるのをさけることはできない。しかも、いったんこのような傾向を生じると、1台のかごで十分処理できる需要の場合でも、かごはかたまったまま交互に呼びに答えながら終端階まで走行することになり、また、サービス階が多いのでかたまったまま走行する時間が長くなる。したがって、サービス階が20階を越えるようなビルにおいては出発階での運転管理のみでは不十分であり、特殊なかごの運転が必要となってくる。

飛び越しサービスは、ビルを数個のゾーンに分け、一つのゾーンの交通需要を1台のかごで処理できるときは、そのゾーンの処理を1台にまかせ、他のかごは次のゾーンを分担させるようにして、全階に対して公平なサービスをねらったものである。すなわち、ビル全体を数個のゾーンに分け、各ゾーンごとに昇り方向のかごを条件に応じて適宜最高呼び自動反転させ、また、降り方向のかごは他のかごの位置とその負荷、ゾーン内の需要の強さ、ゾーン指定の有無などに応じて適切に受持ちゾーンを指定し、指定されたゾーンまで直行させる方法をとっている。このように、かごを積極的に分散させてサービスの低下を極力改善しようとするものである。

以上説明したように、飛び越しサービスはサービス階が極端に多いために、通常の方法ではサービスの低下が避けられないのでやむを得ず設けるものであるから、その適用については十分注意することが肝要である。図3.6は飛び越しサービスにおけるかごの動きを示したものである。

(5) 昇りピーク（アップピーク）

出勤時にみられるように、降りの客がほとんどなく大部分が昇りの客であるような交通状態において選択され、昇り方向の交通を能率よく処理する。

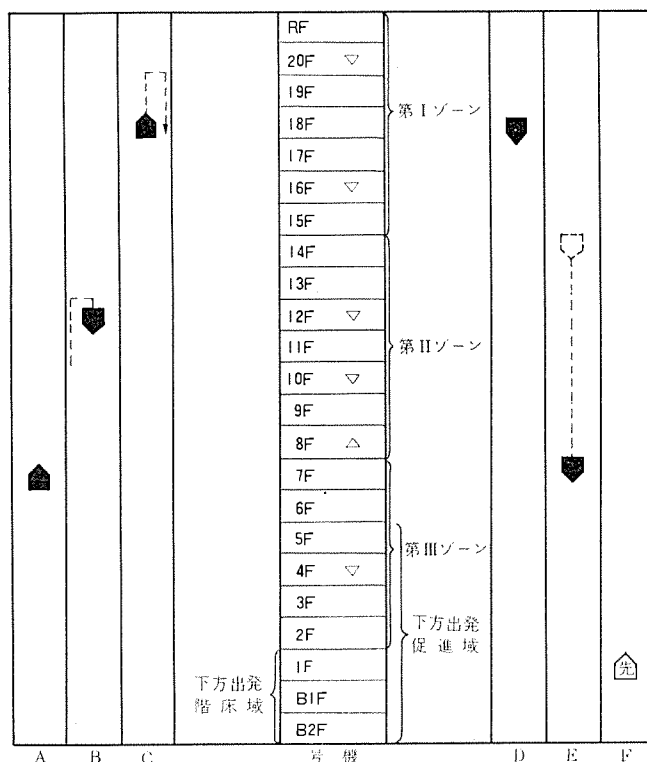
かごは下方出発階より先発順に、かご内の乗客数や下方出発階付近のかごの台数などにより連続的に自動調整される出発時間が満了すると、出発信号を受けて昇り方向に出発し、すべての昇り客を降ろし終わると直ちに方向反転して、できるだけ早く下方出発階に戻り、下方出発階からの昇り客の輸送に専念する。図3.7は昇りピークパタンのかごの動きを示す。

(6) 分割昇りピーク（インテンスアップピーク）

わが国のビルでは居住人口密度が高く、また通勤者の大部分が公共の交通機関を利用するため出勤時のピークはきわめて激しい場合が多い。このような激しいピークになるエレベータバンクには分割昇りピークパタンが適用される。

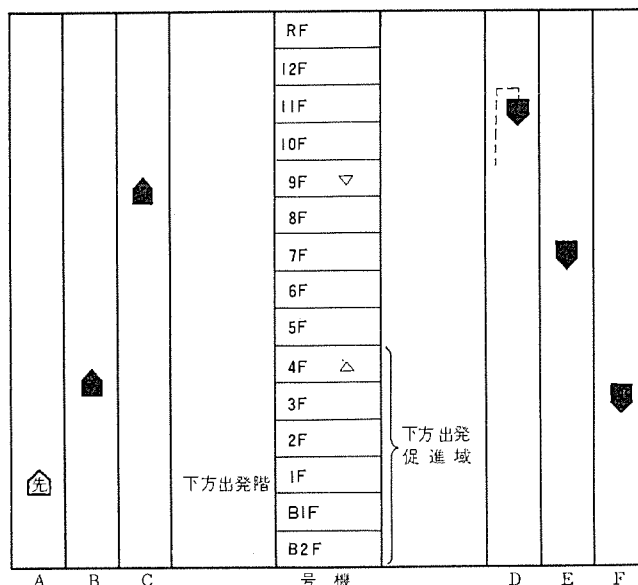
分割昇りピークが選択されると、バンク内のエレベータは上層行、下層行の2グループに分割される。また、サービス階も負荷中心階を境として上層・下層に分かれる。上層行グループが上層を、下層行グループが下層をそれぞれサービスするので、各かごのサービス階が半分にになり実際の停止数が減少し、また、上層行グループは急行区間を全速で走行することができ、下層グループは走行距離が減少するので1周時間が大幅に減少し、昇りピークに比較して輸送力を約15%以上向上できる。

分割昇りピークは輸送力を向上させるために不可欠なものであるが、その効果を十分発揮させるためには、交通量が極端に増加した



- A号機：かご呼びと乗場呼びに答えながら上昇する。
 B号機：第Iゾーンを昇り中のかご（C号機）があるので第IIゾーンで最高呼び自動反転し降り方向の呼びに答えながら下降する。
 C号機：第Iゾーンで最高呼び自動反転する。
 D号機：かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下降する。
 E号機：第IIゾーンの乗場降り呼びは第IIゾーンを下降中のかご（B号機）にまかせて第IIIゾーンまで直行する。
 F号機：下方出発階床域で先発かごに指定され出発を待つ。出発時間は先発かごの位置、かご内の負荷、下方出発促進域内のかごの台数、その他により自動的に調整される。

図3.6 飛び越しサービスにおける運転
Operation of jumping service feature.



- A号機：下方出発階で先発かごに指定され出発を待つ。出発時間はかご内の負荷、下方出発促進域内のかごの台数、その他により自動的に調整される。
 B・C号機：かご呼びと乗場昇り呼びに答えながら上昇する。
 D号機：呼びがなくなったので最高呼び自動反転する。
 E・F号機：かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下方出発階へ戻る。

図3.7 昇りピークパタンにおける運転
Operation of up-peak hour pattern.

ことだけではなく、上層・下層の負荷バランスがとれていることを確認してパタンを選択を行なう必要がある。この条件が満足されないにもかかわらず不用意に分割運転を行なうと、一方のグループはかなり余裕があるのに他方のグループが極端に混雑するなど、総合的には輸送力は逆に低下することもあるので、分割昇りピークの選択は慎重に行なわなければならない。

MARK II 方式では、分割昇りピークの選択法として、毎日ほぼ一定の時刻に選択されるように時計式を採用しているが、時計のみではビルに無関係に選択されることになるので、かご内乗客の上層行と下層行との分布を加味して、昇りの交通量と上層・下層の負荷バランスを見きわめたくて分割昇りピークを選択している。したがって、その効果を最大限に発揮させることができる。

この他、分割昇りピークが選択された場合には、サービス階分割時の乗場の混雑をさけるために先行階表示灯を点滅させ、分割運転になることを予告し先行別に並ぶように誘導し、すでにかごに乗り込んでいる乗客や先行階表示灯の点滅中にかごに乗り込んだ乗客に対しては、そのまま乗り換えずに目的の階に行けるように考慮が払われるなど、いたるところ細かい配慮がなされている。分割運転中の途中階からの昇り客に対しては、上層行グループのかごを応答させ、下層より上層に乗り換えなしで行けることも大きなメリットである。図 3. 8 は分割昇りピークパタンにおけるかごの動きを示したものである。

(7) 降りピーク (ダウンピーク)

退勤時にみられるように、昇りの客が少なく大部分が降りの客であるような交通状態において選択され、降り方向の交通を能率よく処理する。

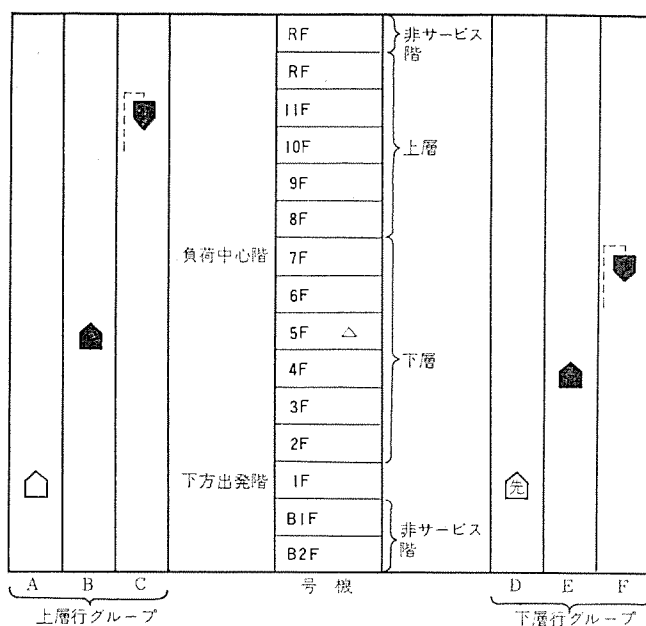
かごは上方出発階より先発順に出発信号を受けて降り方向に出発し、途中階からの降り客を下方出発階まで運び、下方出発階では乗客の乗降が終わると直ちに昇り方向に出発する。上昇中のかごは通常上方出発階まで走行するが、降り方向の交通需要が多くなれば適宜最高呼び自動反転し、降り方向の輸送力を増大する。図 3. 9 は降りピークパタンにおけるかごの動きを示す。

(8) 分割降りピーク (インテンスダウンピーク)

退勤時極端なピークを生じ、降りピークでは退勤時の交通を十分に処理できず、かごはすべて上層からの乗客で満員になり下層を通過するため、下層の乗客はいつまでたってもかごに乗り込むことができないで長く待たされるようなビルに適用される。

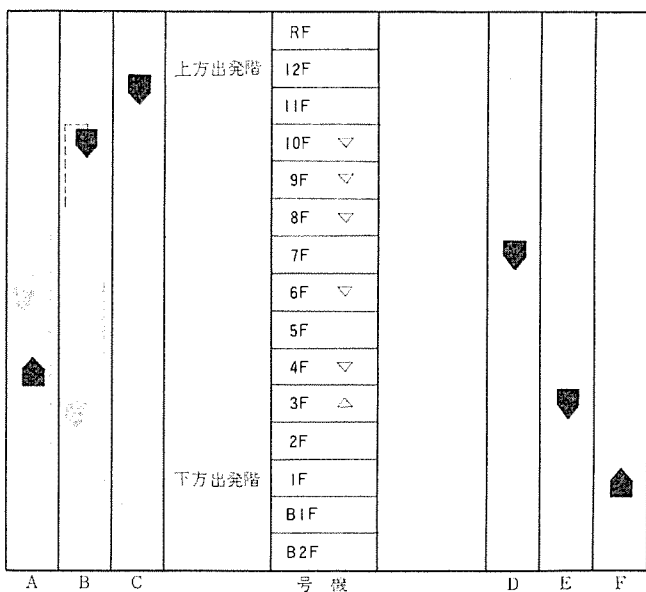
分割降りピークが選択されると、サービス階が分割昇りピークと同様に負荷中心階を境として上層・下層に二分割され、かごも上層行グループ、下層行グループに分かれ、主として上層の降り客を上層行グループのかごが、下層の降り客を下層行グループのかごがサービスするようになる。下層行グループのかごは下層の降り客を順次乗せながら下降し、下方出発階で降りし終わると直ちに昇り方向に出発する。昇り方向の呼びにはいっさい応答せずに下層の降り客を運ぶことに専念する。また、上層行グループのかごは上層の降り客を順次乗せながら下降し、下層を通過し下方出発階まで走行する。下方出発階では降りし終わると直ちに昇り方向に出発し、上層の降り客を運ぶことに専念する。

分割降りピークパタンにおいては、ダウンデマンドカウンターが働き、常時上層と下層の交通需要を監視し、上層の降り客が減少すれば上層行グループの余力のあるかごが下層を応援し、下層の降り客が減少すれば下層行グループの余力のあるかごが上層を応援する。



- A号機：下方出発階から上層行き客を乗せて昇り方向に出発する。
- B号機：かご呼びと乗場昇り呼びに答えながら上昇を続ける。通常は下層のかご呼びには答えないが、下層の乗場昇り呼びで停止すると下層のかご呼びにも答えるようになる。
- C号機：上層にて最高呼び自動反転する。
- D号機：下方出発階から下層行き客を乗せて昇り方向に出発する。
- E号機：下層のかご呼びに答えながら上昇を続ける。乗場昇り呼びには答えない。
- F号機：下層にて最高呼び自動反転する。

図 3. 8 分割昇りピークパタンにおける運転
Operation of intense up-peak pattern.



- A号機：かご呼びと乗場昇り呼びに答えながら上昇する。
- B号機：降り方向の需要が多くなったので最高呼び自動反転する。
- C号機：上方出発階を出発し、かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下方出発階まで走行する。
- D・E号機：かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下方出発階まで走行する。
- F号機：下方出発階で乗客の出入りが終わると直ちに昇り方向に出発する。

図 3. 9 降りピークパタンにおける運転
Operation of down-peak pattern.

このように、分割運転を行なうことにより、かごの1周時間が短縮され大きな輸送能力をあげると同時に、上層行グループ、下層行グループが相互に援助し合うので、全階の降り客に対し平等にサービスすることができる。

交通量が極端に多くなり、かごを上層行グループ、下層行グループに分割しても、上層の上部または下層の上部でかごが満員となり、各層の下部を通過することが予想されると長時間呼動作が有効となる。すなわち、上層行かごの1部は上層の下半分で最高呼び自動反転し、また下層行かごの1部は下層の下半分で最高呼び自動反転して、各層の下半分で長く待たされた客や待たされそうな客を救い、全階を通じて公平なサービスを提供する。

図 3. 10 は分割降りピークパターンにおけるかごの動きを示す。

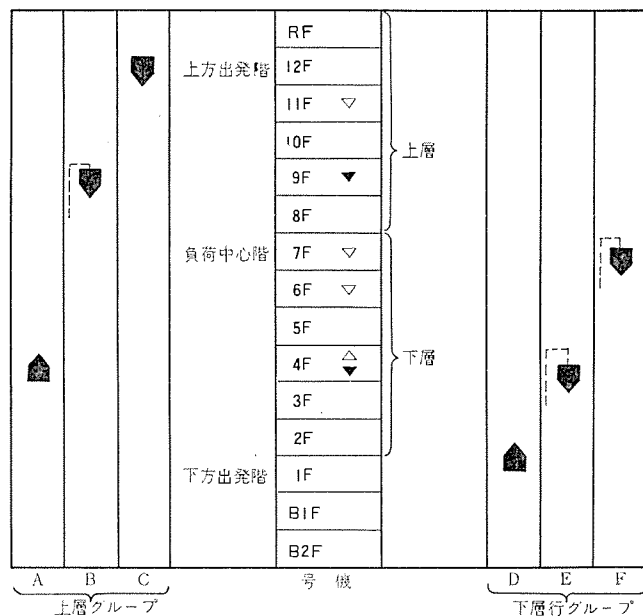
(9) ダウンデマンドゾーニング (特許出願中)

昼食時にみられるように、昇り方向、降り方向の交通量が共に多い場合に適用される。出退勤時のピークは一方方向であるのに対し、この場合には上下両方向のピークとなるので混雑が激しく、むしろ出退勤時よりも交通量が多く解決が切望されている。

このように両方向に混雑する交通状態においては、昇り方向の乗客は比較的容易に処理できても、一般に降り方向ではかごが上方階ですでに満員となり下方階を通過するので、下方乗場の待客ほどサービスが悪くなり、すべての階床にわたっていかに能率的にかつ公平にサービスできるかが問題となる。

MARK II 方式では、ダウンデマンドゾーニングが選択されると、エレベータのサービス階を数個のゾーンに分割し、各ゾーンにおける降りの需要とその強さを常時監視して、かごが降り方向に反転するごとに需要の強いゾーンへ次々とかごを割り当てて、途中の呼びを通過させ、そのゾーンまで直行させる方法をとっているため、全階にわたり平等なサービスを提供し、また混雑する交通需要を能率よく処理することができる。

図 3. 11 は従来の ASP-A 方式のヘビィアップダウンと MARK II 方



- A号機：上昇中は乗場昇り呼びに答える。(特定のかごのみ)
 B号機：9階に長時間待ち呼びがあったので、上層の下部で最高呼び自動反転する。
 C号機：上層の乗場降り呼びに答え、下層を通過して下方出発階まで走行する。(上層の需要が減少すれば下層の乗場降り呼びにも答える。)
 D号機：乗客が降り終わると直ちに昇り方向に出発する。
 E号機：4階に長時間待ち呼びがあったので、下層の下部で最高呼び自動反転する。
 F号機：下層で最高呼び自動反転する。(下層の需要が減少すれば上層まで走行する。)

図 3. 10 分割降りピークパターンにおける運転
Operation of intense down peak pattern.

式のダウンデマンドゾーニングについて、電子計算機によるシミュレーションを行ない、その結果を乗場待時間の累積度数分布で示したものである。従来のヘビィアップダウンに比較して、平均待ち時間が29%短縮し、60秒以上待たされる呼びが従来方式では11%あるのに対し3%に減少した。この結果からも、ダウンデマンドゾーニングがいかにすぐれているかが理解できよう。図 3. 11 はダウンデマンドゾーニングにおけるかごの動きを示したものである。

(10) 昼食時サービス (ランチタイムサービス)

地下や屋上に社員食堂などがあり、昼食時に地下や屋上が混雑するビルに適用される。

たとえば、地下に食堂がある場合に昼食時の交通を平常パターンで解決しようとしても、通常の運転方法だと地下乗場呼びにより地下

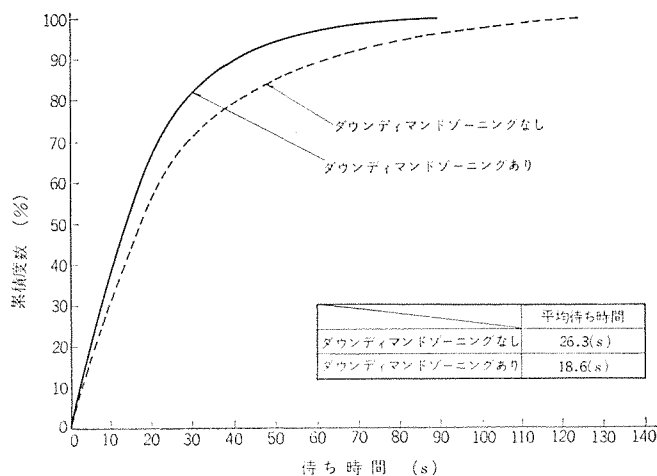
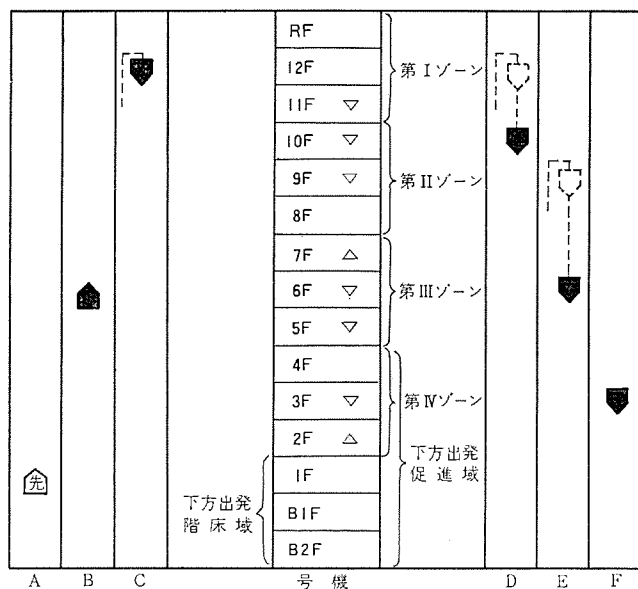
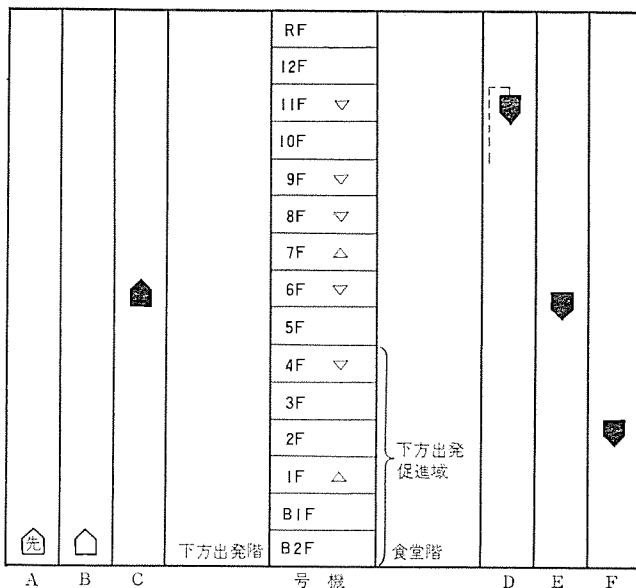


図 3. 11 ダウンデマンドゾーニングにおける運転
Operation of down demand zoning feature.



- A号機：下方出発階床域で先発に指定され出発を待つ。出発時間は先発かごの位置、かご内の負荷、下方出発促進域内のかごの台数、その他により自動的に調整される。
 B号機：かご呼びと乗場昇り呼びに答えながら上昇する。
 C号機：最高呼び自動反転する。
 D号機：第IIゾーンの降り需要が強いのて反転すると第IIゾーンまで直行し第IIゾーンより下方をサービスする。
 E号機：第IIIゾーンの降り需要が強いのて、反転すると第IIIゾーンまで直行し第IIIゾーンより下方をサービスする。
 F号機：かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下降する。

図 3. 12 ダウンデマンドゾーニングの効果
Effect of down demand zoning feature.



- A号機：下方出発階（食堂階）で先発かごに指定され出発を待つ。出発時間はかご内の負荷、下方出発促進域内のかごの台数、その他により自動的に調整される。
- B号機：A号機が先発かごに指定されているので次に先発に選ばれるのを待つ。
- C号機：かご呼びと乗場昇り呼びに答えながら上昇する。
- D号機：呼びがなくなったので最高呼び自動反転する。
- E・F号機：かご呼びと乗場降り呼びに答えながら下方出発階（食堂階）へ戻る。

図 3.13 昼食時サービスにおける運転
Operation of lunch time service feature.

選択されるかごはバンク内の1台に限定されるので、食事を終えて自席に戻る大量の客をさばくことができず、食堂階のエレベータホールは待客で混雑がおこる。

昼食時サービスが付加された場合には、食堂階の混雑を予想すると出発階が自動的に食堂階に移り、下降中のかごは強制的に食堂階まで呼びよせられて、食堂階より先発順に自動的に調整された出発時間で出発するようになる。したがって、食堂階の混雑を能率良く処理することができる。図 3.13 は昼食時サービスにおけるかごの動きを示したものである。

3.2.2 特殊動作概要

エレベータの特殊動作について、一部は 3.1.1 項で説明したが、その他おもな動作として次のものが準備されている。

(1) 強制戸閉め動作

強制戸閉め動作は、乗客による戸閉めの妨害や、無理な乗り込みを防ぎ輸送効率の向上をはかるものである。

出発階のかごに出発指令が与えられて戸が閉まり始めてから、あるいは出発階以外でかごの戸が閉まりはじめてから約 20 秒以上ならぬ理由で戸閉めが妨害されると、輸送効率の低下を防ぐために強制戸閉めとなる。

また、かごが満員になった場合には約 5 秒で強制戸閉めが有効となり、乗客の無理な乗り込みを防ぐ。(特許)

強制戸閉めになると戸は強制的に閉まり始め、とびら安全装置に触れてもブザーが鳴るだけで戸は反転せずその位置で停止する。乗客がとびら安全装置から離れると、戸はふたたび閉まりはじめるが、もし何かが戸にはさまれたような場合には、しばらくすると人や物が抜ける範囲まで戸を開くような配慮がなされている。(特許)

(2) いたずら呼びキャンセル (特許)

乗客の少ないかごにいたずらで多数のかご呼びが登録されると、かごが次々にそれら不必要なかご呼びに停止する。このようないた

ずら呼びが登録されたかごに乗り込んで、不愉快な感じを抱くことは誰しもがしばしば経験することであり、最近ではビル管理者側からもいたずら呼び対策が要望されている。

いたずら呼びが登録されると、そのかごはむだな走行停止をくり返し、かごに乗り込んだ乗客に対して迷惑をおよぼすばかりでなく、かごの 1 周時間が伸びるために運転能率を低下させ、乗場の待客に対するサービスを極度に低下させる。

この対策として、むだに多数のいたずら呼びが登録された場合に、自動的にそのいたずら呼びを検出し打ち消しを行なって、かごを能率よく運転させる装置がいたずら呼びキャンセルである。

(3) 貴賓用サービス

エレベータのバンク内で、必要に応じて特定のかごを特別の外来者など貴賓用としてバンクから切り離して専用に使いたい場合に付加されるものである。

貴賓用サービスが付加される場合、貴賓用サービスかごを呼ぶための専用の乗場ボタンがサービス階全階にわたって必要となるが、この乗場ボタンは、なるべく一般の利用者には目立たないものとすることが望ましい。

係員室または乗場に設けられた貴賓用サービス選択スイッチが投入されると、特定のかごはバンクから切り離されて、かご呼びと専用に使えられた乗場呼びのみに応答する乗合式運転を行なうので、一般の利用者にはサービスせず、貴賓用専用として使用することができる。

しかし、貴賓用サービス中はバンク運転を行なうエレベータは 1 台減ることになり、バンク内のサービスを低下させるので、ピーク時以外の半日とか 1 日とか長時間貴賓用サービスを続けるのは好ましくない。このような使い方を常時する必要があるビルでは、バンク内のエレベータを使用せずに、はじめから貴賓用としてエレベータを 1 台単独に設けるように計画することを推奨する。

(4) 出発階切換動作

建物への入館口が季節によりまたは 1 日のうちでも時間帯により変化する場合に、エレベータの出発階を入館口の変化に応じて変更するものである。

たとえば、出勤時には大部分が地下鉄を利用するため地下からの入館者が多く、出勤時以外は大部分が 1 階より入館する場合に、エレベータの出発階を 1 階に設定すると出勤時の地下からの交通を処理できず、また出勤時に備えて地下階にしておくと、出勤時以外にはエレベータは需要があまりないのに常時地下階まで走行することになるのでむだが多く全体のサービスが低下する。これをさけるために、エレベータの出発階を自動的に出勤時は地下階、出勤時以外は 1 階に変更する。

また、冬期は地下階からの入館者が多く、冬期以外は 1 階からの入館者が多いような場合は、出発階切換スイッチにより出発階の切り換えが可能となる。

ただし、出発階が切り換えられると、利用者にとっては乗りにくいものとなるばかりでなく、出発階が切り換わっても他階からの入館者も一般には相当量あり、結局 4.4.2 項で述べるように運行効率を下げることになるので、このような場合には、エスカレータを併設して 1 階と地下階をエスカレータで結ぶことが最も効果的な方法である。

(5) 停電時運転

主電源が停電すると全エレベータは直ちに停止するので、乗客はか

ご内に閉じ込められることになる。このようなかご内に閉じ込められた乗客を救うために、停電時非常電源を利用してエレベータの運転を行なうもので、非常電源の容量がバンク内の全台数を同時に運転するだけの余裕のない場合に設ける。停電時運転には自動式(特許)と手動式とがある。

自動式は、非常電源が確立すると、非常電源の容量内で適当台数ずつ起動し、自動的に指定階に戻す方式である。また、手動式は係員室に設けられた電動発電機起動用スイッチにより適当台数ずつ起動し指定階に戻す方式である。

自動式・手動式ともに指定階に戻るとかごは戸を開いて待機するので乗客を救出することができる。すべてのかごの乗客の救出がすめば、必要に応じ非常電源で特定のかごを継続させて運転することも可能である。

3.3 パッセンジャーサービスの充実

一般に、群管理方式は全体の人に対するサービスの向上を主たるねらいとしているため、個人個人を考えた場合、自分の意のままにエレベータを運転できない場合が生じる。たとえば、出発階では、予定された出発時間が経過しないとエレベータは出発しない。エレベータを乗客の意志どおり呼びを登録したら直ちに出発させれば、すでにエレベータに乗り込んでいる特定の乗客に対するサービスは向上するが、その結果、エレベータの運行間隔が乱れ、他の多くの利用者に対するサービスを低下させるので、全体の人に対するサービスを向上させるためには、出発階での出発管理は必要である。

このように人間の意志どおりエレベータを運転できないようなことは、群管理の発展につれてますます多くなりがちである。特に最近では、運転手なしエレベータが大部分を占めているので、このような問題は真剣に検討されねばならない。

MARK II 方式では、このような特に運転手なしエレベータで失なわれがちな人間味のあるサービスを乗客とかごとの対話という形でとり戻し、運転手がいなくても親切な運転手がいると同様に、乗客に対し人間味のあるサービスができるよう配慮がなされている。

たとえば出発階で待機中のエレベータに乗り込んだ乗客に対し、自動的に「出発までしばらくお待ち下さい」とかご内のスピーカーを通じてアナウンスするオートアナウンスや、乗場からかごに近づいてくる乗客を自動的に検出して、乗客がかごに乗り込むまで戸を開けたままにしておくアプローチディテクターなど、乗客に対するサービスの向上をはかるとともに、かごの運行効率を高めるパッセンジャーサービスの充実をはかっている。

以下、パッセンジャーサービスの概要について説明する。

(1) オートアナウンス

一種のテープレコーダであり、運転手のつかないエレベータにおいて乗客のサービスの向上をはかるため、かご内のスピーカーを通じて戸閉めや出発の案内、かごの運転に関する適切なアドバイスなどを自動的に乗客に伝えるものである。

たとえば、出発階では出発管理が行なわれているため、先発かごは予定の出発時間が経過するまで出発できないが、乗客の焦そう感や不安感を和らげるために「出発までしばらくお待ちください」と案内し、かごが戸を閉めて出発する際には「お待ちせしました。上へ参ります。」あるいは「お待ちせしました。下へ参ります。」とかごの戸閉めと出発を知らせる。

また、かごが満員になった場合には、かごに乗り込もうとする乗場の待客に対し「満員ですから次のかごをご利用ください。」とアド

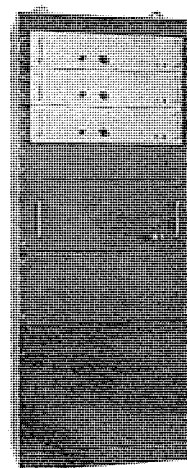


図 3.14 オートアナウンス装置
Auto-announce device.

バイスしむりな乗り込みをさける。

その他、万一非常停止が働きかごが急停止した場合、停電でかごが動けなくなった場合には乗客の不安を和らげるような非常時に対する適切なアナウンスが、全部で7種類が準備されそれぞれの条件に応じた内容が自動的にアナウンスされる。

図 3.14 はオートアナウンス装置を示す。

(2) アプローチディテクター(特許出願中)

到着したかごより比較的離れた所にいる待客や、乗場に遅れて到着した乗客が、かごに乗り込むためにあわてて走ったり、あるいはかごに乗りようとしたら目の前で戸が閉まりかごが出発してしまうようなことは、往々にして見うけられることである。アプローチディテクターは、かごの出入口上部から乗場側へむけて超音波を発信し、乗客からの反射波を受信することによりかごに近づいてくる乗客を検出し、乗客がかごに乗り込むまで戸を開いたままにしておくもので、乗客が走ってかごに乗り込んだり、かごに乗り遅れるようなことはなく、あわてずにかごに乗り込むことができる。

この装置は、超音波のドップラ効果を利用してかごに近づいてくる乗客のみを適確に検出するので、乗場に待客がいなければ直ちに戸を開けて出発でき、従来行なわれているように、乗場に待客がいなくてもかかわらず停止するたびに常時一定時間戸を開いて乗り降り待つようなむだがなくなり、運転能率の向上を大幅にはかることができる。

(3) エレクトロニックドアマン(特許)

かごの出入口を横切る光線を利用し、乗客の流れすなわち出入りの有無とその間隔を正しく判定し、乗客が出入りを続けている間は戸を全開にしておいて乗り降りしやすくし、最後の乗客の出入りが終わると直ちに戸を閉めはじめる。また、何らかの原因で出入口の乗客によって光線が一定時間以上遮断されると戸は強制的に閉まりはじめる。

エレクトロニックドアマンが設けられていないかごでは、かごが呼びに答えて停止するたびに、出入りする乗客の多か(寡)にかかわらず常に一定時間戸を開いておく必要があるが、この時間を短くしすぎると乗場の待客はかごに乗り込むために走ったり、あるいはかごに乗り損なったりすることがあり、またこれを救うために戸が開いている時間を長くしすぎると1周時間が伸び運転効率を低下させる。エレクトロニックドアマンが設けられた場合には、常に戸が開いている時間を乗客が出入りするための必要最少限に保つことができるので、運

転効率を5~10%高め、またとびら安全装置として乗客の安全を確保する。

(4) エレクトロニックドアセーフティ(特許出願中)

かごの戸の前縁にアンテナ板が設けられ、戸の先端の約100mm以内に乗客が接近したことを検知すると、閉まりつつある戸は乗客に触れずに直ちに停止し再開する。

この装置はアンテナの対地容量の時間に対する変化率を検出するばかりでなく、時間おくれを持たせた負帰還によりドリフトを自己補償する当社独自の方式であるので、高い検出感度を有し安定な動作が得られる。

この装置の万一の故障に備えて、メカニカルなセーフティ機能を備え安全性をいっそう高めている。

本装置は無接触で障害物を検知するのでドアの先端からの突出量を小さくでき、また合成樹脂のシューを使用しているため意匠的にもすぐれたものになっている。

3.4 その他

MARK II 方式では常に乗客に迷惑をかけないよう細心の注意を払っている。代表的なものとして次のものがある。

3.4.1 自動応急処置

エレベータに万一異常があった場合でも、エレベータバンクの機能がなるべく低下しないように、また乗客に迷惑をおよぼさないように、同時に復旧を早めるために自動的に次のような応急処置をとる。

(1) 出発管理装置が故障すると補助出発装置に切り換わり、支障なく運転を継続する。

(2) 管理回路の電源に故障がおこると、管理回路は直ちに励磁機電源に切り換えられ運転を継続する。管理盤上に電源の故障を知らせる表示灯がつき、同時にベルになる。

(3) 出発すべき状態にあるかごが、何らかの原因で出発が一定時間遅れると、そのかごを群管理運転からはずし、他のかごの運行に影響を与えないようにする。さらに一定時間出発がおくれると、管理盤上の表示灯を点灯させベルが鳴る。出発を妨げていた原因が取り除かれると、かごは直ちに出発し群管理運転下に入る。

(4) かごの戸が何らかの原因で開かなくなると直ちに次階へ走行し戸開きをくり返す。下方出発階へ戻っても戸が開かなければ、管理盤上の表示灯がつきベルになる。下方出発階では戸は外から開けることができる。

3.4.2 その他

(1) 主電源が消失するとエレベータは停止するが、電源回復時には電動発電機を自動的に半数ずつ起動させるので、電源シャ断器のトリップを防ぐことができる。

(2) 一般に出発階における非先発かごは、戸を閉めて待機するので誤まって非先発かごに乗り込んだ乗客はかごに閉じこめられることになる。またこのようなかんずめをさけるために、非先発かごでもかご呼びが登録されたら出発させるような対策をとると群管理が乱れることになる。MARK II 方式では、非先発かごに乗客が乗り込み、かご呼びを登録すると戸を開き、乗客が乗り換えられるように細心の注意が払われている(特許)ので、群管理の機能もそこなわれず、また乗客に迷惑をおよぼすこともきわめて少ない。

4. 設備上の注意事項

最近のビルの大規模化・超高層化に伴って、ビルの経済性を大きく左右するエレベータ設備の使命はますます重要になりつつある。ビ

ルにおけるエレベータ設備の良否は、これまで述べてきたような群管理機能の優劣に左右されることはいうまでもないが、さらに、エレベータ自体の性能を最大限に発揮させるための設備計画すなわちエレベータの配置、乗場表示その他の適否に依存するところが大きい。

たとえば、群管理機能が非常に優秀であり、エレベータの運転が合理的に行なわれていても、設備計画に疎漏があり、その配置が悪く乗りにくいエレベータであっては、利用者にとって決して満足できるサービスとはならない。これらのすべてが適切かつ合理的であって、はじめてすぐれたエレベータ設備と言えよう。

本節ではASP-A MARK II 方式の性能を最大限に活かし、エレベータ群にビルの縦の交通機関としてその能力を十分発揮させるために、その設備計画段階において特に注意しなければならない事項について説明する。

4.1 サービス階の分割の問題

大規模なビルで複数のエレベータバンクが設備される場合には、一般にサービス階を低層行と高層行あるいは低層行、中層行および高層行のように分割することが望ましい。複数のエレベータバンクで同一階層をサービスさせると、各バンクの負荷にアンバランスを生じ、また各バンクが近接していれば乗客は両バンクの乗場ボタンを押すため、かごのむだ運転・むだ停止がふえサービスの低下は避けられない。また、サービス階が多いと個々のエレベータの実際の停止数のばらつきが増し、1周時間の変動が激しくなり、エレベータの運転間隔の乱れが増大する。

分割によりエレベータのサービス階を少なくした場合には、高速エレベータを効果的に利用できるため、1周時間が減少し、輸送能力が著しく向上し、また運転間隔のばらつきも減少する。その他、昇降行程の短縮、乗場数の減少による設備費の低下、低層または中層の機械室の上部が有効に使用できるため貸室面積の増大など分割による利点は大きい。1バンクのエレベータが受け持つサービス階は、8~15階床が適当とされている。

なお、サービス階の分割にあたっては、分割された相互の層間の交通がないように十分考慮することが必要である。たとえば、同一の会社が二層にまたがって入居するような計画は不具合であるので、分割のし方を変更すべきである。

4.2 エレベータの位置と配列

エレベータの位置および配列は、非常に重要であるにもかかわらず、従来、外観とか間取りとか建築上の理由で不合理なものとなり、エレベータの機能を十分発揮できない例が案外多い。特にビルが大型化・高層化すればするほどその適否がビルの経済性を大きく左右することになるのでとくに注意を要する。

建物内のエレベータの位置は、主玄関の位置と外部交差機関との関係や、交通動線を考慮して決定しなければならない。なるべく主玄関の近くで、また建物内のどこからでも乗りやすい位置で、しかもエレベータホールの無用の混雑を防ぐため、主通路とエレベータホールとは分離して設けることが必要である。

建物規模が大きくなり、複数のエレベータバンクが設備される場合には、各エレベータバンクを分散して配置すると負荷のバランスがくずれ、一方のエレベータバンクは余裕があるのに、他方のエレベータバンクは混雑するなど全体の効率を低下させ、特に朝のピーク時には問題を生じるので、全部のエレベータバンクを1個所に集中して配置するのが望ましい。横長い建物でやむを得ず分散させる場合には、負荷のバランスを慎重に検討する必要がある。

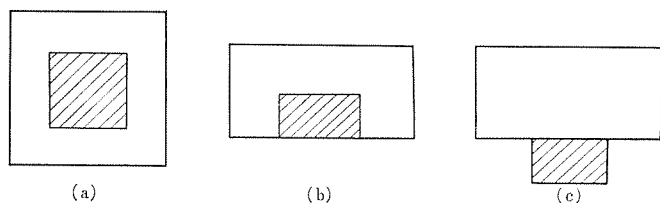


図 4.1 サービスコアの位置
Location of service core.

アメリカの建築家ジョージ・B・ロジャースによれば建物内のエレベータを含めたサービスコアの位置としては、基本的には図 4.1 の3種類しかないと述べている。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。

また、エレベータの配置に関しては、代表的なものとして直線配置・対面配置・アルコブ配置などがあり、それぞれ特長を有している。一般に、エレベータが3台バンクまでは直線配置とすべきである。4台バンクは直線配置・対面配置・アルコブ配置のいずれでもよいが対面配置かアルコブ配置のほうが望ましい。ただし、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な計画にしなければならない。5台バンク以上は対面配置かアルコブ配置にすべきで、直線配置は絶対に避けねばならない。

たとえば、5台バンク以上で直線配置を採用すると、かごの到着が予報されてから待客がかごの到着までに出入口に近づくことが困難になって、走ってかごに乗り込んだり、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、かごが停止してから戸が開いている時間を延長させるなどの対策が必要となる。また、歩行距離が長いので、待客が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、何度も乗場ボタンを押して待つ場合が多くなり、その結果むだ運転やむだ停止がふえる。このように、台数が多い場合の直線配置は、乗客にとって乗りにくいエレベータとなるばかりでなく、1周時間がふえサービスを低下させることになり望ましくない。

エレベータホールの広さ、すなわちエレベータの対面距離については、その最大は歩行距離から決められ5mが限度であり、この距離が長すぎると乗りそこないのチャンスが増し、またエレベータホールにむだなスペースを生じる。その最小距離はエレベータホールに集中する人口から決められる。しかし、対面距離が小さすぎると乗場表示が見にくくなり、さらに乗客は圧迫感を感じるようになるので最小3.5mは必要である。一般には3.5m~4.5mが推奨される値である。

国電や地下鉄に近い場合には、出勤時乗客が波状的に集中し、エレベータホールに混乱がおこる傾向があるが、これに対処するためエレベータホールを広くすると混雑しない出発階以外のホールまで広くなり、建物の有効面積が減少するから、このような場合には、出発階や集会室のある階など混乱のおこることが予想される階のエレベータホールの外側に、図 4.2 に示すようなたまり場を設け混雑を緩和するのが望ましい。図 4.3 はエレベータの配置例を示している。

4.3 乗場表示装置

乗場の表示装置は意匠上たいせつであるばかりでなく、乗場の待客を能率的にかごに誘導するという重要な機能を持っている。無用の表示は待客の注意を散漫にするので、必要最少限の表示にとどめることが望ましい。

MARK II 方式では、乗場表示装置としてホールランタンを標準としている。インジケータの場合には台数が多くなると、多数のインジケータを見比べ、かごの位置と方向から自分の希望する方向で最も早く到

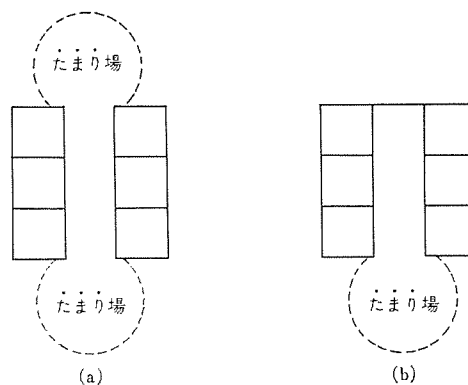
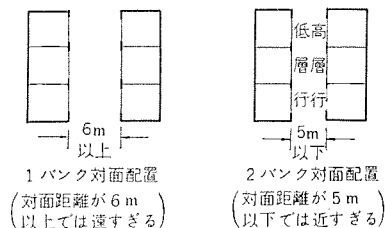
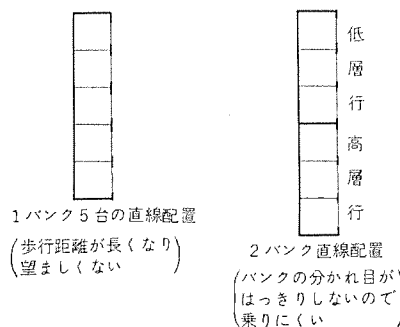
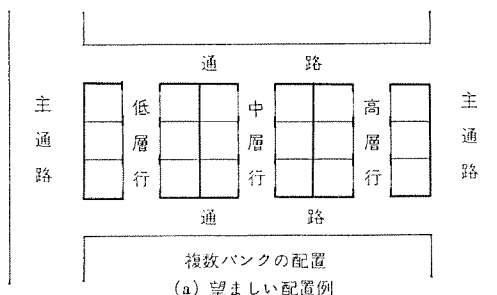
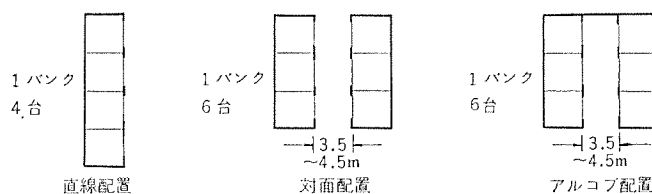


図 4.2 たまり場が設けられたエレベータ配置例
Example of elevator layout provided for waiting area.



(b) 望ましくない配置例

図 4.3 エレベータの配置例
Example of elevator layout.

着するかごを適確に予測することは困難である。また、予測したかごがその後にかごに追い越されたりすることもあり、かごが実際に到着するまで絶えずインジケータを見比べ、判断をくり返す必要がある。ホールランタンの場合には、乗客は自分の希望する方向のホールランタンの点灯したかごに乘ればよいので、だれにでも利用しやす

い長所がある。ホールランタンは見やすく、ホールのどの位置からでも点灯・不点灯の区別がはっきりできるものでないと、その効果は半減するので、ホールランタンの意匠は特に重要である。

このようなホールランタンも、実際にかごが運転しているかどうか不明なため、台数が多く乗場での待時間が短い場合は問題ないとしても、台数が少なく乗場での待時間が長くなると待客の待ち遠しさを増大し、焦そう感を与えることになる。したがって3台バンク以下の場合にはインジケータを併設するのもやむを得ないであろう。ただし、この場合でも数台分のインジケータをまとめた総合インジケータを設けるか、あるいは各個のインジケータの場合には単にかごが運転していることを示す程度の、なるべく目立たないものにすることが望ましい。

4.4 その他

4.4.1 サービス階の不そろい

建物内の特定階の利用度が一般階に比べて低いなどの理由から、その特定階をサービスするエレベータは、バンク内の数台に限定するようなことが行なわれがちである。しかしながら、同一バンク内でこのようなサービス階の不そろいがあると、次のように全体のサービスを著しく低下させることになるので極力さけるべきである。

たとえば、4台バンクエレベータにおいて、地下2階（B₂階）をサービスするのは1号機のみで、2～4号機は、いずれも地下1階までしかサービスしない場合を仮定してみよう。

この場合には、B₂階からの乗客はB₂階をサービスできる1号機のみを待たねばならず、したがって1号機の運転状態によっては長時間待たされることになる。もともとB₂階からの待時間の長いことを承知の上で、サービス台数を減らしたのであっても、実際に使用してみると、長く待たされることに対するクレームが相当出ることが予想される。

また、B₂階へ行こうとする乗客は1号機に乗る必要があるが、この乗客により登録された乗場呼びに応答するのは1号機のみとは限らず、2～4号機が応答して乗場呼びを打ち消せば、乗客はふたたび乗場呼びを登録し直さなければならない。このようにして、目的のエレベータがくるまで相当長時間待たなければならない場合が生じ

る。一方、この乗場呼びに停止した目的以外のエレベータは、その階で乗客の出入りがなければむだ停止したことになる。このように、エレベータのむだ停止が多くなると1周時間が長くなるので、他の階の乗客のサービスまでも低下させることになる。

以上、地下に不そろい階がある場合を例にして説明してきたが、地下に限らず中間階における不そろいがある場合も同様である。終端階・中間階を問わずサービス階は極力そろえることを推奨する。

サービス階が13停止で、4台バンクのエレベータが納入されているビルにおいて、3台が地下1階まで、残り1台が地下3階までサービスしていたものを、サービス階を全号機そろえて4台共地下1階までサービスさせるように変更した場合、平均待時間が平常時で15%、出勤時で25%短縮した実例がある。

4.4.2 入館口が2階床にまたがる場合

地下鉄・地下街などの関係でビルへの入館口が1階および地下の両方にまたがることもあるが、この場合には、エレベータだけでビルの交通需要を処理しようとしても、両方の階床からの入館者の比率が絶えず変動するため、各エレベータ間の負荷のアンバランスが生じ、むだ運転がおこりやすくなり、能率よい運転を行なうことはできない。一般に1階床より入館する場合に比較して、15～30%程度の輸送力の低下をきたすことになる。換言すれば、出勤時の所要輸送力を満足するためには、エレベータの台数を15～30%増設する必要がある。

このような交通に対してはエスカレータを併設し、エスカレータで1階と地下階とを結び、エレベータの出発階を一方の階に固定するのが、最も効果的な方法である。

5. む す び

以上、新しく開発された三菱ASP-A MARK II方式について、その特長・動作・設備上の注意事項の概要を説明してきた。全自動群管理方式エレベータは、最近特に超高層化・大規模化しつつある建物の、縦の交通機関として非常に重要な役割を果たしているが、このようなエレベータを適用する際の選択のご参考になれば幸いである。

新形エレペット

山田 春夫*

New Elepet

Inazawa Works

Haruo YAMADA

Of a chain of social policies of the present day, redevelopment of cities and construction of residences have been in the limelight. Along with this situation, a trend has become conspicuous to turn small and medium scale buildings under new projects higher storied. To meet a new phase of the situation, Mitsubishi has expanded greatly the range of the capacity and speed of the old standard Elepet. Simultaneously the Company has set up a new system to divide the installation into two groups : one for residential use and the other for general passenger use. Each group is imparted with features so that they satisfy a variety of designs of the new age. This article gives brief description on the specification of new Elepet and the principal aim of the development.

1. ま え が き

当社の標準形エレベータである「エレペット」は、発表以来約10年のあいだ中小ビル向けとして、国の内外を問わず広範囲な需要にこたえてきた。

さて、今日の建築界の動向は、高層化へと急激な変貌の様相を呈し、従来のエレペットの範囲で充当することが不適當となってきたことなどの推移から、当社は、かねてより独自の立場で新規系列エレベータの企画検討を進めてきた。たまたまときを同じくして今回 JIS 改正の機会に、「住宅規格形エレベータ」と「標準乗用エレベータ」に区分体系づけて、業界に先がけて本年初めに「エレペット R 形」を発表し、いわゆる都市住宅の高層化計画に対応した。

引き続いて一般ビル用の「エレペット」について、従来の規格形の殻を破り容量（定員）と速度の適用範囲を、それぞれ大幅に拡大したものを発表した。

以下、それぞれの系列について、概略仕様および特長、技術的内容について説明する。

2. エレペット（標準乗用エレベータ）

一般ビルの建築計画は、ますます多様化の一途をたどっており、一方総合的な合理化がきびしく追求されてきた。この多様化に対応してそれぞれの適用条件を満足する仕様内容、すなわち広範囲な標準デザインの採用、定員範囲の拡大、工期短縮ならびにビルの高層化に対処する高速化などを行なった。これにより、従来オーダメイドの範囲であったエレベータをかなり広く規格形化して需要家の便宜を計ることができた。

概略仕様

機種の設定については新 JIS 案によっているが、これには過去の実績と推移の傾向が十分には握されており、生産性および輸送能率の向上が期待されるものである。表 2. 1 を参照されたい。

なお、「輸出用エレペット」については、実績に基き別途に専用機種が設定される。

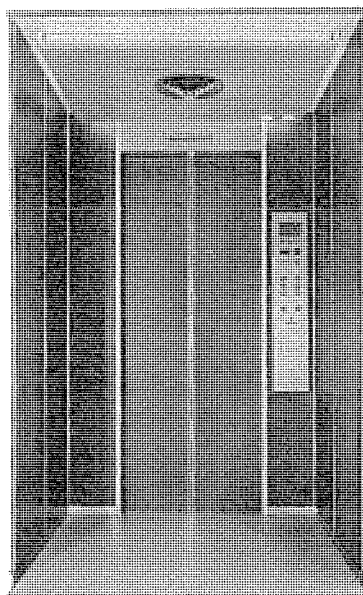


図 2. 1 エレペットデラックス
かご室
Cage of Elepet de-luxe.

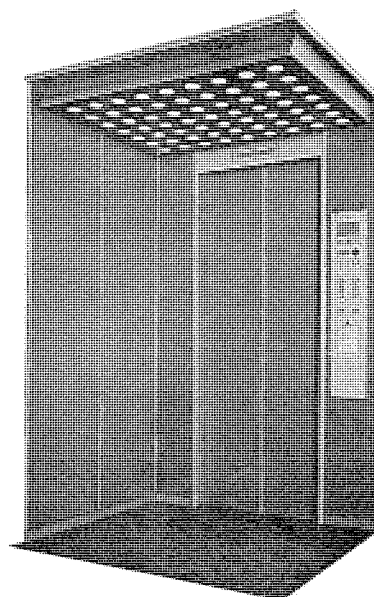


図 2. 2 エレペットデラックス
かご室
Cage of Elepet de-luxe.

表 2.1 標準乗用エレベータの概略仕様一覧表（エレペット形）
List of brief specification of standard passenger elevators.

コード No	容 量		速 度 m/min	駆 動 方 式	操 作 方 式	戸開閉方式	かご室寸法 間口×奥行 mm	出入口寸法 幅×高さ mm	昇降路寸法 mm	最大昇降行程 m
	定 員	積 載 量 kg								
P-6-2 S	6	400	30	AC-1	AC-1 2 BC 2 C-2 BC	2 S 2 枚戸片開 電動式	1,150×900	800×2,100	1,500×1,550	30
			45	AC-2						40
			60							50
P-9-CO	9	600	30	AC-1	AC-2 2 BC 2 C-2 BC 3 C-2 BC 2 BC(AS) 2 C-2 BC(AS)	CO 2 枚戸両開 電動式	1,400×1,100	800×2,100	1,750×1,700	30
			45	AC-2						40
			60							DC-GD
			90	1,850×1,750					60	
			105							
P-11-CO	11	750	30	AC-1	DC-GD 2 BC 2 C-2 BC 3 C-2 BC 2 BC(AS) 2 C-2 BC(AS)	CO 2 枚戸両開 電動式	1,400×1,100	900×2,100	1,750×1,950	30
			45	AC-2						40
			60							DC-GD
			90	1,850×2,000					40	
			105							
P-13-CO	13	900	90	DC-GD	2 BC(AS) 2 C-2 BC(AS)	1,600×1,350	900×2,100	2,100×2,100	60	
			105							
P-15-CO	15	1,000	90	DC-GD	3 C-2 BC(AS)	1,600×1,500	900×2,100	2,100×2,250	60	
			105							

3. エレペット R 形（住宅規格形エレベータ）

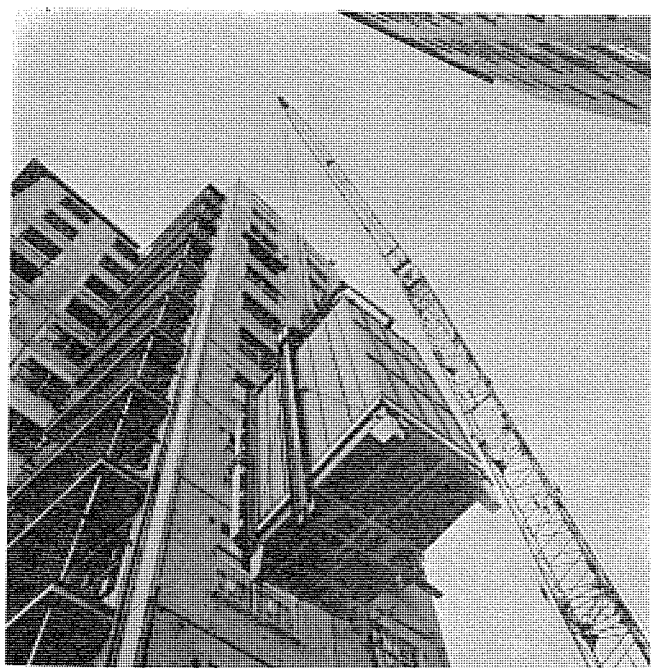


図 3.1 エレペット R 形 プレハブ 搬入 要領 実態
Actual circumstance of carrying in Elepet type R pre-assembly.

「住宅規格形エレベータ」は、従来より日本住宅公団向けを中心として各方向に広くご採用願ってきたが、集合住宅の高層化に備えて、特に速度およびかご室寸法について大幅な改良を加え、同時に建築のプレハブ化に足並をそろえて、エレベータ側も据付作業の全面的な合

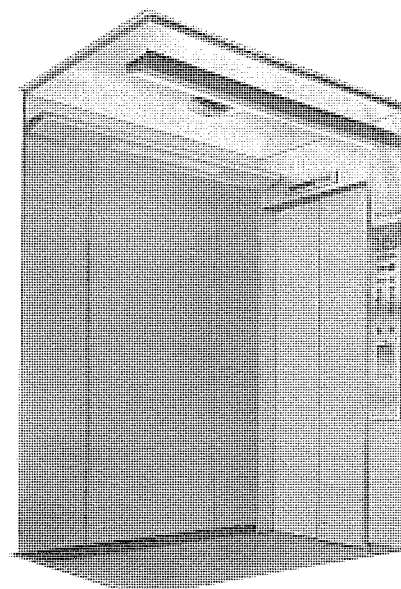


図 3.2 エレペット R 形 かご室 および 乗場
Elevator cage and entrance of Elepet type R.

表 3.1 住宅規格形エレベータ（エレペット R 形）の概略仕様新旧対照表
Old and new contrast list of brief specification of standard residential elevators.

コード No	定 員	容 量 kg	速 度 m/min	駆 動 方 式	操 作 方 式	戸開閉方式	かご室寸法 間口×奥行 mm	出入口寸法 幅×高さ mm	昇 降 路 寸 法 mm	最大昇降行程 m
R-6-2S (P-6-SS)	6 (6)	450 (400)	(30)	(AC-1)	2 BC 2 C-2 BC 3 C-2 BC (2 BC) (2 C-2 BC)	2 枚戸片開き 電動式 (1 枚戸片 開き電動 式)	1,050×1,150 (1,200×900)	800×2,000 (700×2,000)	1,500×1,700 (1,700×1,350)	(30)
			45 (45)	AC-2						60
			60	(AC-2)						80
			90	DC-GD						
R-9-2S (P-11-SS)	9 (11)	600 (750)	(30)	(AC-1)	2 BC 2 C-2 BC 3 C-2 BC (2 BC) (2 C-2 BC)	2 枚戸片開き 電動式 (1 枚戸片 開き電動 式)	1,050×1,520 (1,200×1,500)	800×2,000 (800×2,000)	1,500×1,900 (1,850×1,750)	(30)
			45 (45)	AC-2						60
			60	(AC-2)						80
			90	DC-GD						

注：上表中（ ）内表示は旧形機種値を示す。

理化すなわち プレハブ 化を図ったことが、このたびの開発における最大の主眼である。

概略仕様

JIS 改訂委員会で慎重討議された結果をその仕様に反映したもので、表 3. 1 の新旧対照表を参照されたい。

4. 開発および改良の要点

設置ビルに対するエレベータとしての不可欠な基本的要素、たとえば全機器の耐用年数、静粛な運転性能等々については、特に述べるまでもなく十分配慮されている事柄であるので、今回特に意をそそいだ点についてのみ下述する。

4. 1 高速化

高層化によるビルの価値は、従来にも増して設置されるエレベータの運転効率と信頼性で評価されるといっても過言ではなく、当社はこの点に留意して、最高速度については、「エレベット R 形」に毎分 90 m、「エレベット」は毎分 105 m を適用し、最大昇降行程は 80 m まで適用可能とした。一方、最大定員については、「エレベット」では、この種のエレベータとしては画期的ともいえる 15 名乗りを実現した。なお、安全性については、徹底した確認を行ない経済的で、信頼性の高いものとしている。

4. 2 基本寸法の統合

製品のコスト面については、次の手段を用いて生産性を高めることにより合理化を計った。

(1) 機種種の整理統合を行なった。

(2) エレベータの基本寸法であるかご間口、ドア方式、有効出入口幅の単純化

従来のエレベットでは 5 機種種の定員に対し、ドア方式をおのおの 1 ～ 3 種づつ適用して合計 9 種のかごサイズとなっていたが、「エレベット」では定員 5 機種種に対しかご床間口寸法は設計値で 3 種、出入口の種類は 3 種に単純化された。すなわち、部品の共通化、量産化による品質の安定性その他製造手配の簡易化など管理諸面にわたって徹底した合理化を実施した。

「エレベット R 形」では、かご床寸法を変更して、従来の特定の家具類の運搬の不便さを解消したことと、さらにご要望によっては、「トラックつき」を標準選択仕様を含めて棺や担架などが支障なく運べる設計を採用している。

4. 3 技術面における改善

(1) 防音、防振対策の強化

これについては、昭和 42 年に機械室および昇降路内に設置する機器の全般と、かご室ならびにかごわくなどについて抜本的に改良してから以降解決しているが、今回さらにその効果を高めるために、機械室における防振据付方式の改善と、昇降路内への空気伝達をしゃ断するために開口部を最小限にしたことで、完全なまでに向上した。

(2) 高速化に対する技術

高速と乗りごちおよび着床誤差の許容範囲の問題は、相反条件として、従来より絶えず技術的研究の対象となっていてところである。この種のエレベータが設置される建物では、階床間隔が短い場合が多く、従来高速エレベータの設置は困難とされてきた。これに対して技術的研究の結果、セレクト、リレーを含めた制御回路について独自の方式を開発し、短い階床間隔のビルに対しても高速エレベータの適用を可能とした。

(3) 工期短縮

最近の建築工期の短縮は著しいものがあり、エレベータについても全般的に納期の短縮が要求されている。これに対しては受注時から工場生産および据付まで全般の合理化について、研究を重ねておおむねその目標を達成した。

その具体的な内容は次のとおりである。

(a) 生産性の向上に重点をおいた標準機種種の整理統合により、顧客との商談引合から生産までの各セクションの省力化が実現されたばかりでなく、計画生産の道が開けたことで納期短縮の可能性が高まった。

(b) 据付合理化を計るため、特に配線の合理化、輸送方法、こん(梱)包の改善などに至るまで多角的に究明して改善した。

ことに「エレベット R 形」については、多くの困難を排除して、乗場ユニット化を完成した。この方式の採用により従来複雑に入り組んでいたエレベータ乗場機器と建築躯体仕上げとの関連が簡略化され、据付作業の時期短縮、品質面での向上を含めて理想的な効果をあげることができた。また、かご関係についても要求があれば、全部を工場でプレハブ化して据付現地への一体輸送を行なうこととした。これによれば現地での組立作業は極少となり、工期短縮の効果をあげ得ることは、すでに納入工事で実証済みである。

5. 意匠デザインの多様化

従来の「エレベット」の意匠デザインは、エレベータの本来の機能を満たすとともに、建物施設のいかなるインテリアデザインに対しても、うまく調和をして十分役立ってきたものと確信している。それはこのデザインが、どのような環境のビル内装にも、素直に受け入れられていつまでも飽きない、いわば、開放的な軽快さという「ふんい気」を重視してきたからであると考えられる。

しかし、時代の推移により建物の性格、用途の多様化のすべてに対処するために、「エレベット」に、高速エレベータを設けた機会に、かご室・乗場関係とも従来の標準意匠デザインに加えて、いわゆるワイドセクション方式を確立した。

なお、防火上の規定に関しては、すべて法規に準拠した標準設計をしてあるので問題はない。

(1) かご室関係

「エレベット R 形」については、住宅専用という主旨から落ちついた「ふんい気」となる半間接照明形を採用して、完全な標準形とした。「エレベット」については、従来は一般用、高級用の 2 種類のみであったものを、今回はこの他に、厚重さ・優雅さ・格調高さなどの好みに合った新デザインを加えて、4 機種種の標準形を設定した。

(a) かご室壁、かごの戸の内装仕上げは、いろいろな方法があるが従来から最も信頼を得ているメラミン化粧板ばりとして、色調は単色系および木目模様の 2 種類を標準とした。またエレベット意匠の特長となっているアルミ製目地金具、その他アルミ部品の色調もこれにマッチするものとした。

(b) 意匠デザインの良否の基調となる天井照明部分については、アクリルグループを使用しての直接照明方式、アルミスルーバーによる全面光天井方式、つり天井形の間接照明方式、ダウンライトによる半間接照明方式の 4 種類が選択できる。また換気装置には、天井の構造に応じて、直接・間接送風の両方式が選択できる。

(c) かご操作盤は機能品であると同時に、かご室内のポイントとみなされる。当社独自の技術開発による 10 mm 厚のフェースプレートと

新リセス形行先押しボタンを組み込んだ操作盤は、今までにない豪華さと重厚さを表現している。

(2) 乗場関係

従来のシンプルな基本形の三方わくは、すべての建物の各種のインテリアデザインにマッチすることは、現在までの長期にわたり採用されていることで十分実証されているが、今回「エレペット」について、下記の標準選択仕様ならびに付加仕様の範囲を加えて、エレベータホールのデラックス化・多様化に対処できるようにした。

(a) 出入口階に対しては、豪華な幕板付三方わくを高速エレベータの標準とした。この意匠では、三方わくの堅わくをステンレスとし奥行幅は可変とした。

(b) 銅板塗装製基本形三方わくと同形のステンレス製わくも要求によっては採用できるようにした。

(c) マルチカーの設置の場合に、ホールランタンシステムも採用できるようにした。

次に、「エレペット R 形」については、幕板付式および標準形式の A 形・B 形の 2 系列をうねハブ標準化したことで、1 台または 2～3 台の併設のいずれの場合にも、三方わくは中間パネルを含めて、工場で完全に組立完成のうえ、据付現地に搬入されるので、意匠デザインおよび機能面における総合的な品質の向上に寄与できた。

6. む す び

当社のこのたびの新形エレペットは、これまでの規格形エレベータの概念を一掃して、品質・性能面はもちろん、より速く、より大きく

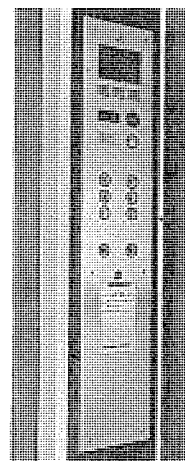


図 6.1 かご操作盤
Car operating panel.

そしてより良い意匠デザインをという要求に対して、十分に満足いただけるものとなった。これにより今までよりいっそう広い範囲で各種ビルに採用いただけるようになったと確信している。「エレペット」は今や当社エレベータ生産の過半数を占める重点機種でもあることと、これに寄せられる幅広い顧客各位の信頼があることをつねに念頭において今後も既往に満足することなく、技術革新時代にふさわしくよりいっそう積極的に研究を積み重ねてご期待にこたえる所存である。

屋外用エレベータ

小林 憲太郎*・伊藤 拓三*

Outdoor Elevators

Inazawa Works

Kentarô KOBAYASHI・Takuzô ITO

With the changes of the aspect of cities in Japan where skyscrapers are mushrooming, elevator engineering is making a rapid progress. However, ordinary elevators are installed in shafts with closed surrounding in buildings. Under this environmental condition all the techniques have been developed. On the other hand, a new demand of setting up outdoor elevators exposed to natural conditions has been coming up recently. To meet the requirement, it has come in necessity to have special countermeasures from the conventional techniques suited to the indoor installation. This article describes examples of the outdoor elevators, for instance built along with super high smoke stacks of a thermal power plant, also giving a few comments on the study of this new trend.

1. ま え が き

わが国のビル建築にもいよいよ超高層時代がおとずれてきた。霞ヶ関ビルのしゅん(竣)工を契機に、その後世界貿易センタービルの出現(昭和45年3月、地上152m、40階)をはじめ、引続き京王プラザホテル(地上170m、47階)の建設が現在進められているなど、耐振構造の進歩による飛躍的な成果が実現している。

これらビルに設備されるエレベータについても、必然的に超高速度サービスが要求され、われわれの技術もこれにこたえてきた。

さて以上に述べた超高層ビル用エレベータの例においては、いずれもその設置条件が屋内昇降路内で普通環境のもとに運転されているものであり、屋外の自然環境に露出して用役に供されるものとは異なっている。

本文では地上200m程度までの前記超高層ビルに匹敵する高さをもち、かつこれが大気に露出した特殊環境において使用される屋外用鉄塔エレベータについて、自然環境対策などの概要を中心に2～3の実施例にふれて説明する。

2. 屋外用エレベータの適用

屋外用エレベータが計画されるものの事例としては、すでによく知

表 2.1 屋外用エレベータ仕様の例
Specifications of outdoor elevators.

	名古屋テレビ塔	東京タワー	朝日放送タワー	東電姉崎火力発電所
用 途	乗用(展望)	同 左	同 左	人荷用 (煙突保守用)
駆 動 方 式	直流可変電圧 歯車式	同 左	直流可変電圧 歯車なし式	直流可変電圧 歯車式
操 作 方 式	カースイッチ コントロール	シングルオート マチック	カースイッチ コントロール	シングルオート マチック
定 格 速 度	60 m/min	同 左	90 m/min	同 左
定 格 積 載 量	1,200 kg, 定員16名	1,000 kg, 定員11名	1,800 kg, 定員27名	400 kg, 定員5名
昇 降 行 程	67 m	85.6 m	94.8 m	176.4 m
か ご 構 造	フレーム付構造 (展望窓付)	同 左	同 左	フレーム付構造 (展望窓なし)
ド ア 方 式	手動 2枚戸中央開き	手動 2枚戸片開き	手動 2枚戸中央開き	手動 2枚戸片開き
か ご へ の 給 電 方 式	トロリー方式	ケーブルダクト 方式	トロリー方式	ケーブル方式 (ダクトなし)

られているように、エレベータの昇降を通じて変化する屋外展望の妙を乗客にサービスする目的のものがある。この目的に対しては、周囲環境とのつり合いに意を用い、かご室の外観や、内装、展望窓の配置や採光などについての細かい配慮が必要となってくる。

わが国では観光タワーとして親しまれているものが多く、当社納入による、東京タワー、名古屋テレビ塔、大阪朝日放送タワーなどはいずれもこの例にあたるものである。

次に展望そのものが主目的ではなく、たとえば高所に設置した機器や、または高い構造物そのものを保守サービスする用役に向けられるもので、屋外に準じた自然の影響をうける環境下に設置されるエレベータの例もある。超高煙突保守用エレベータがこれに該当するもので、この場合には展望用と異なり、限定された保守要員の使用が主体となるので、かご室意匠などは実用性に重きを置いた小容量エレベータが選択されることになる。

以上述べたように屋外用エレベータにも設置目的による区別があって、それぞれの目的に適合した機種の選択が必要である。ここで上記の代表的屋外用エレベータについておもな仕様を表2.1に示す。

3. 屋外用エレベータ特殊要目

屋外用エレベータは、その機器が直接大気に露出した悪条件のもとで用役に供されることから、一般建物の昇降路内における作動とはかなり趣をかえたもので、各機器に対する特殊対策が必要となる。次に屋外用エレベータ一般に要求される特殊事項についてその概要を述べる。

3.1 風に関するもの

風による機器への影響は甚大である。発生した風の挙動は複雑であり、構造物との干渉による乱れや遅速の現象を誘発し、一元的にはつかみ得ない態様を示すものである。

エレベータ機器で特に風による振動や風圧の影響を対象に扱う必要のあるものは、主ロープ・調速機ロープ・制御ケーブル・かご室や、つり合もりなどである。構造物本体のみならず設置するエレベータの各機器に対しても、十分に風対策を織り込んだ余裕のある建設計画を特に念願する次第であり、また風速による運転限界の設定に対しても深い理解を望むものである。

3.2 雨水に関するもの

降雨による機器への影響も大きい。降雨のある場合、それが流れ

去ってしまうものより内部に浸透して機器内に長時間たまったり、または高湿の状態を長びかせるような事象のほうがより注意を要するものである。

昇降路内に設置される電気機器の接点や端子部分に対する特別な防水保護処置や防せい（錆）対策など、水分や湿気に関する慎重な防護策が必要である。そのほかかご室や乗場設置機器類の防水対策なども重要なことがらであり、必要な処置を施すことになるが、いずれにしても建設計画初期段階における配慮により、容易に解決される面も多いので、この点についても風対策同様のあつかいが望ましい。

3.3 その他

普通環境に設置されるものと異なり屋外エレベータでは以上のほかに防じん（塵）の対策、海岸地帯での塩害策、有害ガスの対策、耐候性（雪・氷・高温・低温）対策、防せい上の処置など屋内普通環境エレベータとは異なった多くの技術的対策事項をもっており、初期計画から施工面に至るまで一貫した指針に基づいて慎重に建設が進められている。

以上屋外エレベータ全般に関する特殊検討要目について説明したが、実施具体例を次に述べる。

4. 超高煙突保守用エレベータ

近年に至り産業の発展は急テンポに伸長を続けているが、これに伴い多くの産業公害が発生し、社会問題をかもしだしていることは衆知の事柄である。多くの地域社会がその発展のために誘致した産業が、ある場合にはかえって公害の源となり社会生活をおびやかしている事例の発生が非常に多い。他方生産活動を営む各事業体も真剣に問題と取組み、改善の方策を打ちたてていることも事実であって、速やかに効果をむすび、快適な生活環境が確保されるようにしたい。ここにご紹介するものは大気汚染の防除対策として、高さ200 mにおよぶ超高煙突の設置により排煙処理を実施している東京電力姉崎火力発電所へ設置した煙突保守用エレベータに関する事例である。かねてより三菱重工業では超高程の鉄塔形煙突を多数製作されているが、その保守用の目的で当社は多くのエレベータを納入して実績をあげており、その個有の問題につき以下に概要を示す。

4.1 超高煙突の概要

地上200 mにおよぶ煙突は、従来から市街地でなじまれてきたものとはまったく趣をかえており、超記録的なものである。表4.1にその概要を示す。なお煙突保守用エレベータの基本仕様は表2.1に示した。煙突およびエレベータの外形を図4.1、図4.2、図4.3に示した。

4.2 風圧による超高煙突の振動

筒身およびこれを保持する鉄塔は、風圧・温度変化・地震などの自然現象に伴って変位が発生する。静的強度とともにこれ等の外力に対する安全性の確保が必要になってくるが、鉄塔煙突の振動・変位はそのままエレベータ昇降路の現象としてとり扱われる。昇降路内

表 4.1 煙 突 仕 様
Specification of truss type stacks.

型	式	鉄塔形鋼製煙突（2 端分）
高	さ	200 m
筒	身	4.2 m×4 本
排 煙 温	度	130°C
排 煙 速	度	30 m/s

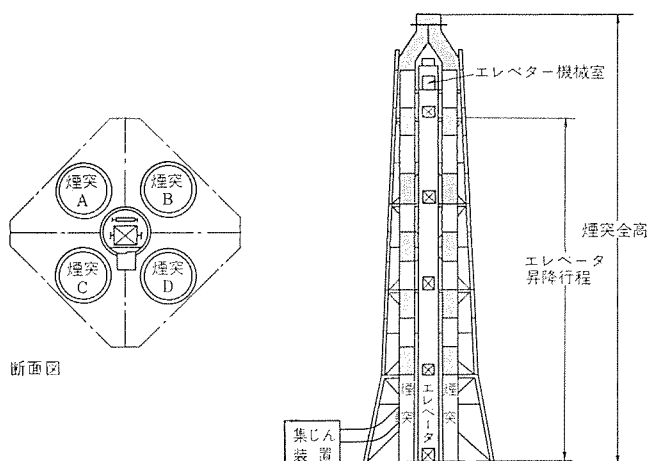


図 4.1 鉄塔形煙突の形状外観
General view of truss type stacks.

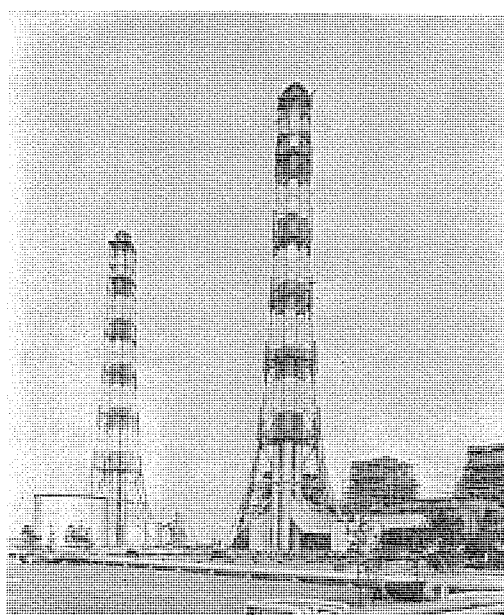


図 4.2 東京電力 姉崎火力発電所（第 1 期）鉄塔形煙突全景
Truss type stacks at the Anegasaki power plant.

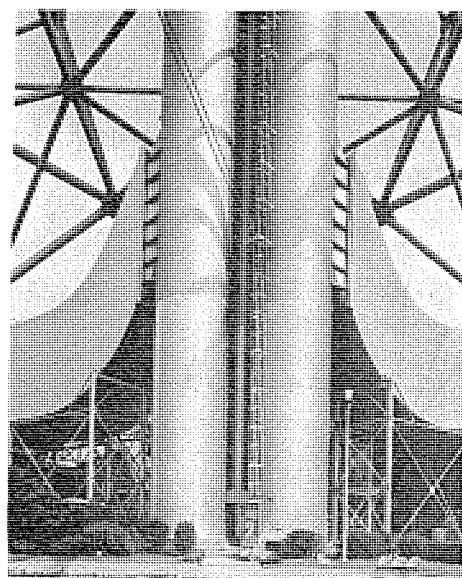


図 4.3 東京電力 姉崎火力発電所鉄塔形煙突下部および格納エレベータ
Lower part of the truss type stacks and elevator entrance.

振動パターン	図 示	
A シャフト全体 のたわみ 振動		X軸方向からの風圧力に対し、X軸方向の変位をもつ煙突全体のたわみ振動 エレベータへの影響：あり
B Karman Vortex による振動		X軸方向の風圧力に対し紙面に直角軸方向の変位をもつ煙突全体のたわみ振動 エレベータへの影響：あり
C 各支持点を 節とする 振動		鉄塔と筒身との接合支持点を節とする煙突の縦振動 エレベータへの影響：ほとんどなし
D 円筒の たわみ振動 (Ovaling)		風圧力による筒身断面のオーバリングによる振動 エレベータへの影響：ほとんどなし

図 4.4 風圧による振動パターン
Vibration patterns with wind load.

の設置機器が筒身に追尾して相対変位を生起するところに、技術的な問題があり対策の重点が存在する。ここに風圧による振動モードの一例を示して概要をまとめてみよう。

各パターンの振動数、振幅 (δ_A , δ_B , ...) その他関連する諸元について煙突設計側から数値の提示をうけ、これを基に詳細を設定していく段取りとなる。問題を単純化するため類型区分をしているが、実際には多元の振動が合成され複雑な挙動を示すものと考えられる。実施面では A・B 両域の低周波発生パターンの態様がエレベータ機器への影響をもつことが判明したので、これら振動に対する共振域をはずすように対策をたて機器の設定を行なった。また実運転後における発生事象の経験や、測定諸元の実績から補正改良の過程を経て、総合的な標準化を整備確立した。

4.3 その他

風圧の影響を中心に機器設定の経過を説明したが、以上のほか本エレベータでは屋外エレベータに準ずる対策の諸項目についても、もちろん綿密な注意の下に製作し据付工事を実施しているが詳細は省略する。

なお各機器に対する上記諸対策とともに、強風時の措置や運転限界の徹底など、施設全体に関する管理保全面からの行届いた運用によってより安全性の高い用役を提供している。

5. 万国博エキスポタワーエレベータ

5.1 概要

エキスポタワーは、万国博会場の小高い丘（海拔約 60 m）の上にランドマーク（位置標識）として建設されたものである。塔は菊竹建築設計事務所によって設計されたもので、3 基の鋼管ラチス柱を主柱とし、これに斜材をボールジョイントで結合したざん（斬）新な構造となっている。塔全高は 120 m で、この中間 60 m から 80 m の位置に多面体のキャビンが数個取付けられていて、発展する未来の都市空間を象徴

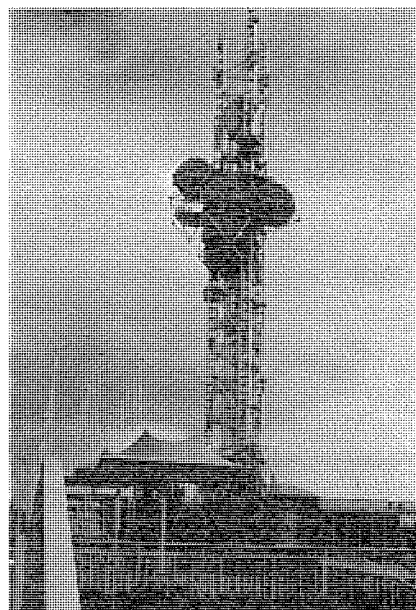


図 5.1 エキスポタワー
EXPO tower.

表 5.1 エキスポタワーエレベータの主要目
Specification of elevator.

設 置 台 数	2 台
駆 動 方 式	直流可変電圧ギャレス式
操 作 方 式	カーボタンコントロール
定 格 速 度	180 m/min
容 量	1,950 kg 定員 30 名
昇 降 行 程	74.953 m
サ ー ビ ス 階	G 階, 8 階, 10 階 計 3 箇所
か ご 構 造	菱形特殊意匠 セミモノコック構造 展望ガラス窓付 冷房装置付
ド ア 方 式	手動 2 枚戸中央開き 出入口幅 950 mm 出入口高さ 2,100 mm
かごへの給電方式	ケーブル——ケーブルダクト方式

している。

エキスポタワーエレベータは、塔基部からこのキャビンまでを往復するもので、この塔が会場全体の好個の展望台であることから、開会以来多数の乗客を昇降している。このエレベータは、屋外露出形としてはわが国最高の分速 180 m という記録品であること、かごの外観デザインを重視してセミモノコック構造を採用したことなど多数の特長をもっている。

このほか防水・強風対策などの屋外露出形エレベータ特有の問題についても、従来の方法に大幅な改良を加え、各所に細密な技術的配慮を行なっている。

5.2 エキスポタワーエレベータの主要目

図 5.1 にエキスポタワーの全景を示す。エレベータは塔基部の G 階で観客を乗せて上昇し、地上約 75 m にある 10 階で降ろした後反転して下降し、8 階で降り客を乗せて G 階に降ろす運転サイクルをとっている。

この塔には、菱形の床形状をもつ 30 人乗りのかごで分速 180 m のエレベータが 2 台設置されている。従来、わが国の屋外露出形エレベータの最高速は、朝日放送タワーの分速 90 m であった。このエレベータは、従来の記録をいっきに 2 倍にまで引き上げた画期的な高速エレベータである。このエレベータの主要目を表 5.1 に示す。

図 5.2 かご外観
Cage exterior view.

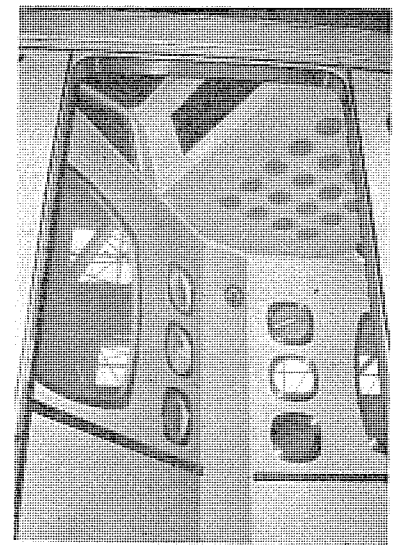
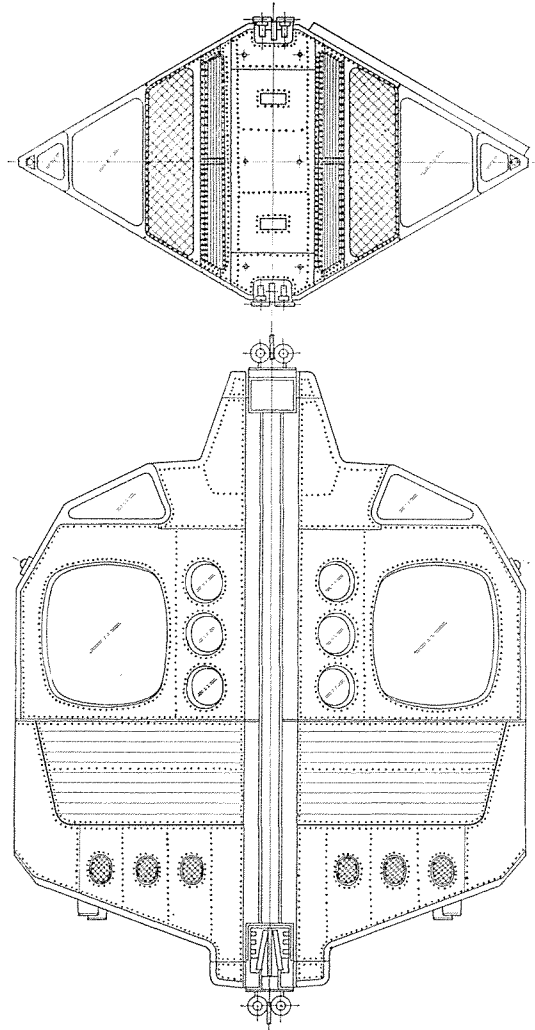
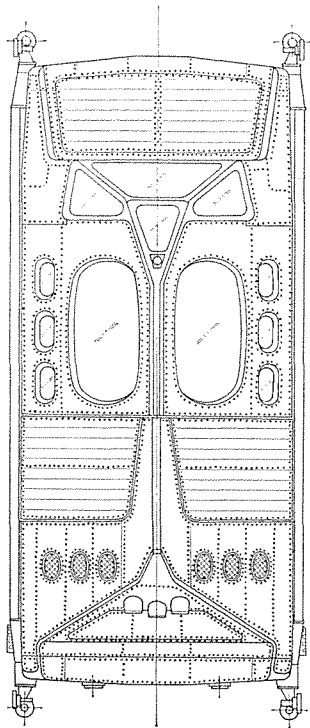


図 5.3 かご内部
Cage interior view.

表 5.2 かご内冷房装置の主要目
Specification of air conditioner.

形 式	三菱 MS-22 TB 形 2 台
冷 房 能 力	2,240×2 kcal/h
除 湿 能 力	2.0×2 l/h
風 量	540×2 m³/h
圧縮機出力	750×2 W
送風機出力	35×2 W

5.3 かごデザインおよびかご構造

通常のエレベータは、ビルディング内のエンクロースされた昇降路内に設置されるものであるからかごは人の乗る内面以外はまったく人目にふれることがない。したがってかご外面についての意匠的配慮はまったく行っていない。かご外面には、かご構造のフレームをはじめドア装置・着床継電器・電気配線などの付属機器が複雑に設けられている。エレベータはこういった前提条件のうえに発展してきたそのため屋外形エレベータとして、かご外観意匠を重視しデザインしようとすると、かごの基本構造から付属機器まですべてを根本的に変更した設計が必要になる。従来設置された屋外形エレベータは、塔構造のうえからかご外観が比較的人目にふれにくいということもあって、外観デザインをあまり重視しなかったものがほとんどである。外観デザインのために、かごの基本構造まで設計を変更したものはなかった。

エキスポタワーエレベータは、塔構造が簡潔でかごの外観が人目にふれやすいこと、塔基部のG階乗場付近では至近距離でかごが見えることなどから、付属機器まですべてをデザイン中心にまとめて新設計を行った。かご外観デザインでは、建築設計者のイメージを、エレベータの機構の制約のうえで、どう生かすかが最も苦心した点である。建築設計側と十数回にわたって討議を加え、最終的に決定し実施したのが図 5.2 に示すものである。諸外国には、かご外観をデザインしたエレベータはあるが、箱形のものがほとんどであるからエキスポタワーのエレベータの菱形のかごは大いに注目をあびるものと思われる。

このデザインを実施するため、かごは中央部にクロスヘッド、アップライト、ブラックで形成するく(矩)形フレームを組み込み、これでキャビン

を懸垂する構造とし、かごのキャビンは天がい(蓋)部・側壁部・床部を一体として応力外皮構造とした。全体としていわゆるセミノック構造になっている。基本構造をセミノックとしたことにより骨組が外観デザインを害することなく、しかも完全な防水構造を実現できた。

かごドアは外観をキャビン外壁と同一とし、ドア機構はコンパクトに設計してハンガーケース内に納めた。着床装置は昇降路側に検出部を取り付けて、かごには誘導板1枚だけを取り付ける方法とし、かごの外観デザインをこわさないよう配慮した。電気配線や配管類はすべてキャビンの外装と内装間のスペースに組み込んだ。

かごは内外面ともすべて白色で統一した。昇降するエレベータを下から見上げるとき、いちばん人目につく底部外面だけを赤色けい光塗装し、左右に各3個の集光形ライトを配置して効果をあげている。

図 5.3 はかごの内部意匠である。展望用窓を上面にも設けて頭上の圧迫感をなくするとともに、昇降路を乗客が見えるよう配慮している。

なおこのエレベータには万国博の地域冷房の主旨にそって、かご内に冷房装置を装備した。表 5.2 に冷房装置の主要目を示す。

5.4 ロープの風による動揺防止策

前述のように屋外形エレベータでは主ロープ・調速機ロープなどが強風時に風圧によって揺れる問題がある。エキスポタワーのエレベータでは塔の立地条件から強風が多いこと、高速エレベータであることなど従来のものと比べて慎重に対処する必要があった。

風によるロープの振れ量を厳密に解析するのは複雑であるので、

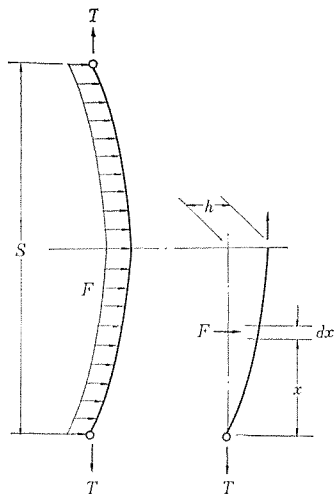


図 5.4 風圧によるロープの静的振れ
Static rope deflection with wind load.

表 5.3 式 (5.1) による計算ロープ振れ量 (m)
Rope deflection obtained from the formula (5.1).

区 分		風 速 (m/s)			
		10	15	30	60
主ロープ	かご側(無負荷時)	0.3	0.7	2.6	10.5
	つり合おもり側	0.2	0.5	2.2	8.7
調 速 機 ロ ー プ		1.3	3.1	12.5	50.5

簡略化して風圧による静的な振れについて考えると次のようになる。

図 5.4 の関係においてロープの振れ量はロープ自由長に比べて小さいとし、ロープ自重を無視すると

$$hT = \int_0^{S/2} Fx dx = FS^2/8$$

$$\therefore h = FS^2/8T \dots\dots\dots(5.1)$$

をうる。ここで F は風圧力、 S はロープ自由長、 h はロープの振れ量、 T はロープの張力である。

式 (5.1) によってエキスポタワーエレベータの場合について、ロープ振れ量を求めたのが表 5.3 である。しかし、名古屋テレビ塔などにおいて行なった実測例では式 (5.1) の計算値のほぼ 20~30% 程度の振れ量を示しており、これは実際には、風が塔内を吹き抜けるとき乱流状態となること、および式 (5.1) は一様の風がロープ全長に均一にあたるものとしているが、実際には、風は幅数 m の帯状に吹くものであることなどによるものと考えられる。

このエレベータの運転限界は、地上付近の風速で 15 m/s 以下となっており、これ以上の強風時には運転を休止する。まず調速機ロープについて考えると、運転限界風速以下でも振れ量が 0.6~0.9 m 程度に達するものとみられるので、なんらかの保護装置が必要である。つぎに主ロープについてみると、運転限界風速では振れ量は約 0.1~0.2 m 程度であり、運転状態での保護装置は必要がない。したがって、強風による運転休止中のロープの振れによる事故を防止する対策を行えばよい。エキスポタワーのエレベータではこれらについて、つぎのような方法を採用し好結果を得ることができた。

5.4.1 調速機ロープ保護装置

図 5.5 にこのエレベータに採用した調速機ロープ保護装置の概要を示す(実用新案出願中)。調速機ロープは、セフティ作動腕側・帰還側とも昇降路中に露出して風圧を受ける部分の全高にわたって、保護ダクト中に納めている。セフティ作動腕側のダクトは作動腕の昇降のために開口部が必要である。この開口部からロープが吹き戻されるの

を防ぐため、間隔的に特殊ナイロンプラシを取り付けている。

従来のものは帰還側ロープにのみ間隔的に案内ロープを設けたものであった。エキスポタワーでは、この装置を開発することによって高速の問題も解決し、安全性を格段に向上できた。

5.4.2 主ロープ保護装置

主ロープは運転風速では振れ量が小さく保護装置は不要であるが、運転休止中のロープの振れによって昇降路の機器を損傷することを防止する必要がある。このため強風による運転休止中はかごを最上部に避難させて、つり合おもり側ロープを間隔的にパイプで囲う方法で保護している。

5.5 かごへの給電方式

屋外露出形エレベータでは、トラベリングケーブルを通常の方式で架設すると、風圧による動揺が大きいため、一般につきのような方法がとられている。

(1) トrolley 線を架設し、かごに取り付けた集電子を経て給電する方法

(2) トラベリングケーブルを用い、これを保護ダクト中に入れて風から隔離する方法

(3) かごに蓄電池を積載し、制御信号は無線で行なう方法
これらはいずれも一長一短があるが、最近では (2) の方法がとられることが多い。

このエレベータでも (2) の方法を採用したが、保護ダクトを特殊樹脂被覆パイプで構成して好結果を得ることができた。従来の保護ダクトは一般に鉄板製であったので、塔に対する風荷重が大きくなり塔の軽快感をそこなうなどの問題があった。

5.6 かごおよびつり合おもりが受ける風荷重の影響

屋外露出形エレベータでは、かごおよびつり合おもりは風荷重に対して、十分な構造強度をもたなければならないことはいままでもないが、このほかに次のような事項を考慮する必要がある。

5.6.1 ローラガイドシュー荷重

屋外露出形エレベータでは、風荷重によりローラガイドシューにかかる荷重が通常の数倍になる。このエレベータでは風圧の受圧面積が特に大きいこと、高速であることなどから特殊ローラガイドシューを開発して使用した。

5.6.2 巻上電動機出力、トラクションに対する影響

風荷重によるローラガイドシュー荷重の増加は、走行抵抗を増大させ

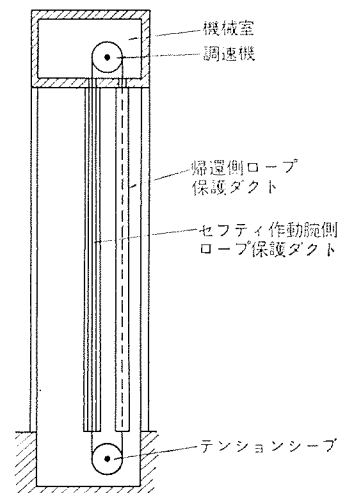


図 5.5 調速機ロープ保護ダクト
Protection duct for governor rope.

る。またかご底面を風が吹き上げることなどから巻上電動機出力が大きくなり、トラクションレシオも大きくなる。これらの点も十分考慮して計画した。

5.7 防水対策

かごは前述のようにセモノコック式一体構造としたが、外装板の継目部分、上部シーブハウス内の防水対策に特に留意した。防水コーキングは主としてチオール系特殊コーキング材を使用して万全を期した。かごの防水施工後、シャワーテストを行なって確認をした。

屋外形エレベータでは、かごおよび乗場のドア部分の防水がやっかいな問題である。このエレベータでは、従来のものに大幅な改良を加えた新方式を採用し好結果を得ることができた。

5.8 安全性に対する配慮

昇降路であること、かごが異形であることなどからかごの救出口はかご上に設けることがむしろ危険である。このためかごドアにもインターロックを設け、昇降路中間では、キーを用いなければドアを開放することができない構造とした。非常救出は、昇降路中間部に

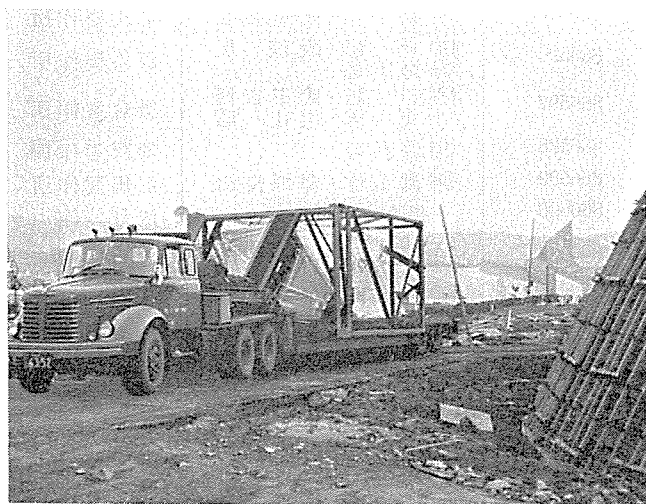


図 5.6 かごの一体輸送
Transportation of elevator cage.

10 m 間隔の救出デッキを設けて、ここにかごドアをキーであけて行なう方法とした。

乗場ドアのインターロックも万全を期して、非常時の開放はシリンダー錠をキーで解錠する方式を採用している。

5.9 加工、組立、輸送

加工上特に問題となったのは、外装板の曲面部分・上部展望窓サッシ部分の複雑な形状の製作である。これらについてはあらかじめ製作した模型やゲージを使用して、鉄道車両や試作自動車などで行なわれている方法を参考とし、独自の方法を考案して実施した。

かごのキャビン基本骨組を上部・中央部・下部に分割して製作する方法をとった。上部と下部をクロスヘッド、アップライト、プランクで形



図 5.7 タワーへのつり上げ搬入
Installation of elevator cage.

成するく形フレームに固定し、キャビンの中央部を製作していった。基本骨組を完成後、外装板をびょう（鋸）打ちして内装作業へと工程を進めた。

このエレベータのかごは、デザイン面からも、据付施工の面からも一体構造としたほうが有利であったので、基本構造を一体形として製作した。これに加えて据付期間が極端に圧縮されたこともあって、かごは、すべての付属機器・配線・配管・内装を工場で組付けて完全プレハブ化したものを輸送することとした。

かごの組立、および輸送には、専用台わくを使用した。組立台は、基本骨組の開始時点からすべての加工・組立・試験の工程に共用した。完成出荷時に、組立台上に輸送わくを組み立てかごを固定した。図 5.6 はトレー上輸送中のかごである。図 5.7 はかごをつり、塔内へ搬入している状況を示す。

以上に概要を述べたが、現在万国博会場のシンボルとして好評裏に運転され所期の目的を果たしている。

6. む す び

超高煙突保守用エレベータおよび万国博エキスポタワーエレベータの実施例をもとに、屋外用鉄塔エレベータに関連する諸問題をご紹介したが、いずれも国際的な記録品あって、高い水準の貴重な経験を積むことができた。超高煙突保守用エレベータについては、本例に示した第1期姉崎火力発電所向けに引続き多数のご採用をいただき、それぞれ成果をおさめているが、今後ともますます研究を重ね展開を期したい。

最近登録された当社の実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者	関 係 場 所
磁気選鉱機のベルト	44- 3-17	866580	諏訪 寧・柳下儀兵衛	大船製作所
自動トースタ	44- 3-17	866581	町原義太郎・新井勝紀	郡馬製作所
自動トースタ	44- 3-17	866582	町原義太郎・新井勝紀	郡馬製作所
電気調理器の温度制御装置	44- 3-17	866583	野畑昭夫・岡上 廉	郡馬製作所
船体磁気測定器検出コイル保持装置	44- 3-17	866584	白川善信・岩田 勝	鎌倉製作所
自動トースタのパン供給装置	44- 3-17	866585	高沢正二・古屋芳明	商品研究所
扇風機の羽車着脱装置	44- 3-17	866586	糸魚川佐富	中津川製作所
扇風機の羽根車取付装置	44- 3-17	866587	入沢淳三	中津川製作所
パルス周波数測定装置	44- 3-17	866588	柳 父 靖	鎌倉製作所
電気温水器	44- 3-17	866589	祖父江常雄・原崎 実	郡馬製作所
水銀放電灯	44- 3-17	866590	{村井直道・土橋理博 {若林正雄	大船製作所
温水器のからだき防止装置	44- 3-17	866591	小原英一・小野健一	商品研究所
膨張式救命いかだの救命標示灯	44- 3-17	866592	山口彰弘	相模製作所
温水器の保護装置	44- 3-17	866593	小原英一・山下紀夫	商品研究所
ガス煮炊具	44- 3-17	866594	長谷川 清・近藤政喜	郡馬製作所
温水器	44- 3-17	866595	近藤正司・鶴谷嘉政	郡馬製作所
電気掃除機	44- 3-17	866596	{加藤 悟・飯塚 保 {角野英雄	郡馬製作所
複合アンテナ	44- 3-17	866597	{喜連川 隆・武市吉博 {小野 誠・川上 昭	鎌倉製作所
表示装置	44- 3-17	866598	田井昌輝	神戸製作所
管状発熱体の保持装置	44- 3-17	866599	馬淵公作・慶野長治	郡馬製作所
磁気モールド型高周波誘導炉	44- 3-17	866600	安孫子 博	伊丹製作所
メタルコンタクト型ロータリジョイント	44- 3-17	866601	{大林愛弘・平島和宣 {篠原英男・真鍋禎男	通信機製作所
噴霧器のポンプ	44- 3-17	866602	{武井久夫・服部信道 {岩田尚之・森田清司	郡馬製作所
バターナイフ	44- 3-17	866603	町原義太郎・鳥山建夫	郡馬製作所
バターナイフ	44- 3-17	866604	森本敏夫・鳥山建夫	郡馬製作所
バターナイフ	44- 3-17	866605	森本敏夫・鳥山建夫	郡馬製作所
コード自動巻取装置	44- 3-17	866606	加藤 悟・南日国伸	郡馬製作所
カラーブラウン管用シャドウマスクの支持バネ	44- 3-17	866607	西野一男・小磯 寛	京都製作所
電流切換形無安定マルチバイブレータ	44- 3-17	866608	壺井芳昭・松原 要	中央研究所
深夜電力利用温水器	44- 3-17	866609	祖父江常雄・根岸宣匡	郡馬製作所
ストリップ誘導加熱装置	44- 3-17	866610	中村謙三・大崎善彦	伊丹製作所
加熱水槽	44- 3-17	866611	三宅良明・河原隆夫	和歌山製作所
陰極線管	44- 3-17	866612	鷹野 泰・小林弘男	中央研究所
充電表示装置	44- 3-17	866613	平田 毅	姫路製作所
電磁開閉器の固定接触子	44- 3-17	866614	中島治男・太田重明	名古屋製作所
可逆移相器	44- 3-17	866615	中原昭次郎・紅林秀都司	鎌倉製作所
周波数切換装置	44- 3-17	866617	片山泰一	通信機製作所
マルチバイブレータ	44- 3-17	866618	民井精三	通信機製作所
内燃機関点火装置	44- 3-17	866619	日野利之	姫路製作所
PNPN半導装置	44- 3-17	866620	清水潤治・中田伏祐	北伊丹製作所
低騒音変圧器	44- 3-17	866622	白井 満	伊丹製作所
内燃機関点火装置	44- 3-17	866623	三木隆雄	姫路製作所
内燃機関点火装置	44- 3-17	866624	三木隆雄	姫路製作所
電気器具のスイッチ操作装置	44- 3-17	866625	芹沢伊右衛門・慶野長治	郡馬製作所
ロック置装付開閉器	44- 3-17	866626	松尾宏之	名古屋製作所
集合制御盤のキャビネット	43- 3-29	867649	{梶田保雄・大矢敏靖 {山田忠好	名古屋製作所
自動点滅器	43- 3-29	867657	武田克己・神本明輝	福山製作所
鎖錠装置	44- 4-10	868738	佐藤 一・西迫静隆	名古屋製作所
トランジスタ点火装置	44- 4-10	868739	三木隆雄	姫路製作所
クラッチ制御装置	44- 4-10	868740	三木隆雄	姫路製作所
論理演算素子	44- 4-10	868741	壺井芳昭	中央研究所
無整流子形電動機	44- 4-10	868746	赤松昌彦・大野栄一	中央研究所
電磁石装置	44- 4-10	868770	脇阪吉弘	名古屋製作所



特許と新案

時計装置

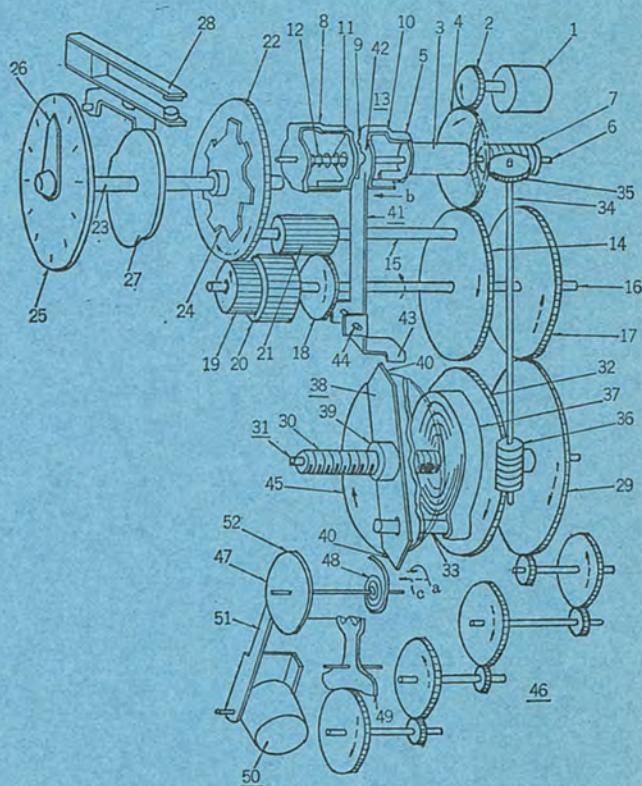
発明者 新川 成美

この発明は、常時は電気時計として動作し、停電時にはゼンマイのトルクによって動作するような時計装置の改良に関するものである。

図において、(1)は同期電動機、(13)はクラッチ、(26)は時計の針、(37)はゼンマイ、(50)は電磁石、(49)はアンクルである。常時は電動機(1)の回転によって、歯車(2)(4)(14)、遊星歯車(21)(20)(19)および歯車(22)を介して針(26)が回される。一方、電動機(1)の回転はクラッチ(13)、ウーム(7)、ウームホイール(35)、ウーム(36)およびウームホイール(32)を介してゼンマイ(37)に伝えられ、このゼンマイが巻き込まれる。ゼンマイの巻き込み動作に伴って、制御子(38)がねじ軸(31)上を矢印aの方向に移動する。ゼンマイが所定量巻き込まれると、制御子(38)の傾斜部(40)が作動子(41)の爪(43)と係合して押されるので、クラッチ(13)の爪(10)が爪(5)からはずされる。したがって、電動機(1)とゼンマイ(37)の連結は断たれる。次に、停電すると、電動機(1)が停止し、電磁石(50)は消勢される。このため、テンリン(47)とピン(52)の係合がはずされて、歯車(29)の回転が許されるから、ゼンマイ(37)のトルクにより、ねじ軸(31)が駆動され、その回転は歯車(29)、歯車(17)、軸(16)を経て太陽歯車(18)に伝えられて、上記と同様に針(26)が回される。一方、ねじ軸(31)の回転により、制御子(38)は矢印c方向に復帰移動し、クラッチ(13)の爪(10)と(5)が再び係合して、停電回復後の巻き込み動作に備える。この考案によれば、ゼンマイの巻き込み量が所定値になれば、電動機(1)とゼンマイの連結をはずすようにしているので、ゼンマイが巻かれたあと、同期電動機が過負荷となるような

ことがない。

(特許第553884号)(幸島記)



ワイヤボンドレス半導体素子

考案者 福渡 英世・榎本 龍弥

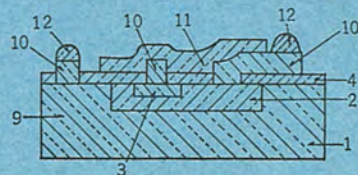
この考案は、トランジスタやダイオード等の能動素子と、抵抗やコンデンサ等の受動素子とをリード線による結線なしに接続できるようにしたものである。

図はトランジスタの例を示すもので、(1)(2)(3)はそれぞれコレクタ層、ベース層、エミッタ層を構成する。このように構成された素子の全表面をシリコンの酸化膜(4)でおおった後、トランジスタの各層に対応する部分の酸化膜に穴をあけ、電極材(10)を設ける。

この電極材は、アルミニウムを主体とし、その上面に銅を蒸着して形成されており、いずれもその一部が酸化膜(4)の上面に沿って延長するような形にするとともに、その先端部のみを残して表面がさらに別のシリコンの酸化膜(11)でおおわれる。

その後、酸化膜から露出している先端部にアルミと銅とからなるはんだ電極(12)を附着して完成される。このような構造とすれば、従来のこの種素子のように、リード線やリードリボンを使用しないため断線事故がなくなるし、湿気等の外的環境による悪影響を防止することができる。

(実用新案登録第871780号)(八木記)



特許と新案

ヒューズ筒装着装置

考案者 立石 俊夫

この考案は、ヒューズ筒の着脱が容易かつ安全であるとともに、長期使用に際してもヒューズ筒とヒューズ端子との接続が確実で、常に安定した接続状態を維持するヒューズ筒装着装置を提供するものである。その構成は図1、図2に示すように、ヒューズ筒(7)をふた(4)に設けたヒューズ筒保持器(10)に装着し、他方箱(1)に、基部(13a)とこの基部に一端が連続し他端が内方に延出して狭小部を形成する一対の連結部(13b)と、この連結部を介して基部(13a)と連続し外方に広がる接触部(13c)とから成る弾性固定接触体(13)を設け、箱(1)をふた(4)により閉成することによって

ヒューズ筒(7)の金属筒体部(9)を固定接触体(13)の接触部(13c)に押圧し、これによってヒューズ筒(7)とヒューズ端子が電気的に接続されるよう構成されている。

したがって、ヒューズ筒(7)の着脱が安全、容易であるとともに、従来のクリップ金具の弾性挾持力によって、ヒューズ筒とヒューズ端子とを電気的に接続するようにしたものにくらべ、より大きな接触圧力、耐久力を有したヒューズ筒装着装置を得ることができる。

(実用新案登録第879657号)(伊藤記)

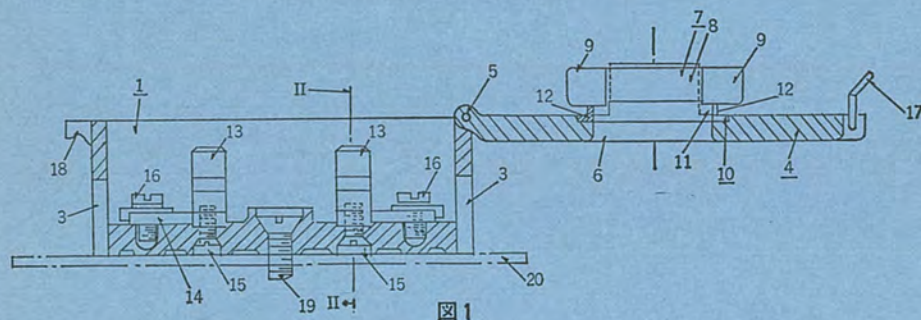


図1

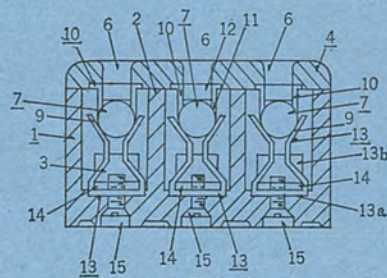


図2

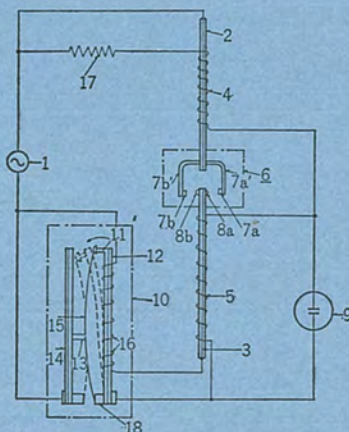
電圧変動表示装置

発明者 武田 克巳・三好 明好

この発明は、供給電圧の変動を表示するものである。

図において、電源電圧が規定値より高くなれば、定電圧放電管(9)の端子電圧はほぼ一定であるので、ヒータ(5)に流れる電流はほとんど変化しないが、ヒータ(4)の電流が増加する。このためヒータ(4)の発熱量がヒータ(5)のそれにくらべて増加し、バイメタル(2)が左方にわん曲して、接点(7a)(8a)が接触する。したがって、ヒータ(16)が電源に接続されて発熱し、この発熱によってバイメタル(12)が点線で示すようにわん曲するから、可動接触子(15)が接点(13)からはなれ、定電圧放電管(9)の放電が停止する。これによって電源電圧の変動を表示する。また、電源電圧が低下したときにも同様に表示する。

(特許第552796号)(幸島記)



22 kV ミニクラッド (固体絶縁開閉装置)

鋌 持 宏*・永田 秀次**・永井 信夫**
桜井 武芳**・信崎 泰秀**・畑 田 稔***

22 kV Miniclad (Solid Insulation Switchgear)

Tokyo Electric Power Co., Inc. Hiroshi KENMOCHI
Mitsubishi Electric Corp., Itami Works Hidetsugu NAGATA・Nobuo NAGAI
Takeyoshi SAKURAI・Yasuhide SHINOZAKI
Mitsubishi Electric Corp., Kobe Works Minoru HATADA

With the object of improving the power facilities in overcrowded cities, high voltage power transmission lines are led into the heart of urban communities. To secure a large site for such high voltage substations is extremely difficult and power companies are confronted with great difficulty. To cope with the situation advent of super compact substation is keenly hoped for. The Tokyo Electric Power Co. and the Mitsubishi Electric Corp. have worked together closely toward this goal. As the first step to construct super compact installation yet with high reliability and of less labor in building, operating and maintaining, 22kV Miniclad for use on the secondary side of large capacity substations has been manufactured for trial. It was delivered to Mejiro Substation of Tokyo Electric Power Co. in March last year. Thorough inspections were made in last January to prove it quite successful for practical purposes.

1. ま え が き

都市過密化対策として、都市中心部に高電圧の送電線路の導入がすでにすすめられつつあるが、広大な変電所用地の取得は年々困難の度を加えており、この対応策として超小形変電所の出現が望まれている。

この情勢のもとに、東京電力(株)と当社は共同研究により革新的技術を駆使して、超小形であるとともに、高信頼度をもち建設・運転・保守を省力化した超小形変電所の新技術開発を行なうこととなった。

その第一段階として、電力流通設備のかなめである大容量変電所の二次側に使用する 22 kV 用開閉装置 (ミニクラッド) の試作試験を行ない、実用性能を十分検証できたうえで、東京電力(株)目白変電所

に納入し、昨年 3 月から運転にはいった。本年 1 月に完全な現地点検を行ない、この装置が十分な実用性をもっていることを再確認した。

以下にその経過および目白変電所納入機器について述べる。図 1. 1 は目白変電所納入後の外観である。

2. 開発および試験

この機器の開発は当初から使用者・製造者一体の研究体制を組織し、構成機器の仕様、規格試験計画に十分な検討を行なったうえ、実用性能の高い機器を生み出すことに成功した。

基礎的事項の検討は、超小形化・高信頼度・安全性・省力化の原則にもとづき、絶縁方式・設計方針・基礎試験から始まり、構成機器の仕様・定格・試験方法を決定した。22 kV ミニクラッドは、主変二次・母線連絡・送電線・補助の 4 種類から構成されており、機器の仕様定格は表 2. 1 のとおりである。

超小形化の目標は従来の 22 kV キュービクルの容積の 10 分の 1 においた。このような超小形化を達成するには、従来の開閉装置の絶縁に用いられていた大気圧空気を、より絶縁耐力の高い媒体に置換する必要がある、また使用するしゃ断器も空気しゃ断器に代わって、この新技術の要求に対応できる小形であり、高信頼度をもち、保守の省力ができるものを開発する必要がある。

検討の結果、絶縁方式は固体絶縁とし、しゃ断器には真空しゃ断器を使用することとした。

固体絶縁開閉装置は、海外において 30 kV 級まで用いられているが、いずれも固体絶縁と空気絶縁とを併用したものであり、徹底した超小形化のためには、固体絶縁のみにたよる充てん(墳)絶縁方式をとる必要がある。また、これによって絶縁物の表面が完全に接地されるので安全性はきわめて増大する。このような方式は、従来例を見なかったものであるため、使用する絶縁材料、その製造方法、機器構成方法について多くの基本的検討を行なった。

そのおもなものは接地側導体と絶縁物との結合方法、接地側導体

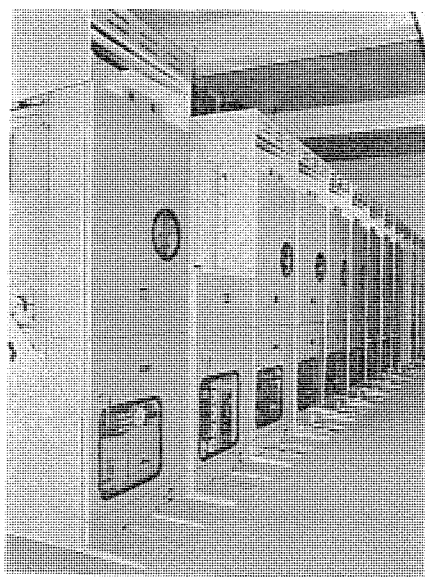


図 1. 1 東京電力(株)目白変電所設置 22 kV ミニクラッド
22 kV Miniclad at Mejiro substation of Tokyo Electric Power Co.

* 東京電力株式会社 ** 三菱電機株式会社伊丹製作所
*** 三菱電機株式会社神戸製作所

表 2.1 構成機器定格表
Ratings of 22 kV Miniclad.

		主 変 二 次 用		母 線 連 絡 用		き 電 線 用				補 助 用
真 空 し ゃ 断 器	形 式	固体絶縁方式，引出断路方式		同 左		同 左		計 器 用 変 圧 器	形 名	EV-2X
	定 格 電 圧	24 kV		同 左		同 左			定 格 一 次 電 圧	22,000 $\sqrt{3}$ V
	定 格 電 流	1,500 A		同 左		400 A			定 格 二 次 電 圧	$\frac{110}{\sqrt{3}}$ V
	定 格 周 波 数	50 Hz		同 左		同 左			定 格 三 次 電 圧	$\frac{110}{\sqrt{3}}$ V
	定 格 し ゃ 断 容 量	1,000 MVA		同 左		同 左			定 格 二 次 負 担	200 VA
	定 格 投 入 電 流	65.5 kA		同 左		同 左			定 格 三 次 負 担	200 VA
	定 格 短 時 間 電 流	24.1 kA		同 左		同 左			階 級	1.0/5 G
	定 格 再 起 電 圧	Ⅱ号	9 kHz	同 左		同 左			絶 縁 階 級	20 号 B
	定 格 し ゃ 断 時 間	5 サイクル		同 左		同 左			定 格 周 波 数	50 Hz
	投 入 時 間	0.1 秒		同 左		同 左				
	絶 縁 階 級	20 号 B		同 左		同 左				
	動 作 責 務	甲 号		同 左		同 左				
操 作 方 式	電動機蓄勢ばね投入		同 左		同 左					
引 出 方 式	電動および手動		同 左		同 左					
(2) 変 流 器	形 式	ブッシング形	同 左	同 左		ブッシング形	同 左	(2) 避 雷 器	形 名	SV-WLA
	定 格 周 波 数	50 Hz	同 左	同 左		50 Hz	同 左		定 格 電 圧	28 kV
	変 流 比	1,500/750/5	1,500/750/1	1,500/750/5		400/200/1	400/200/5		公 称 放 電 電 流	10,000 A
	定 格 負 担	15 VA	同 左	同 左		15 VA	同 左		特 別 動 作 責 務 容 量	25 μF
	誤 差 階 級	1.0 級	同 左	同 左		1.0 級	同 左	(3) 母 線	形 式	固体絶縁方式
	定 格 過 電 流 定 数	10 以上	同 左	同 左		10 以上	同 左		定 格 電 圧	23 kV
	過 電 流 強 度	40 倍	同 左	同 左		75 倍	同 左		定 格 電 流	1,500 A
	形 式	固体絶縁方式		同 左		同 左			短 時 間 電 流	24.1 kA
(3) 母 線	定 格 電 圧	23 kV		同 左		同 左				
	定 格 電 流	1,500 A		同 左		同 左				
	短 時 間 電 流	24.1 kA		同 左		同 左				

の抵抗値と発熱，機器組立上生ずる固体絶縁物結合部の絶縁耐力，内部導体の放熱，温度変化に伴う寸法変化である。

この結果，絶縁材料はエポキシ樹脂と EPT ゴムを用いることとなった。この選択は多数の材料についての試験から決定され，比較的複雑な大形注形部品をつくるのに適する，熱衝撃性が強く，耐熱性が高く，耐トラッキング性のあるエポキシ樹脂と特殊な充てん剤の配合が使われた。EPT ゴムはゴムモールド CT, PT に使用された経験のある，耐候性・耐コロナ性に富んだ材料で，その弾性を利用し，母線の絶縁と，エポキシ注形体の接合部に使用した。最終的に決定した材料については，モデルによる長期間の高温における加速劣化試験を行ない，50 年間以上の使用に十分な性能を保ちうることを確認した。

真空しゃ断器は，22 kV 系に使用されるのは初めてであったため，真空スイッチ管の開発を行なったのち，多数の真空スイッチ管について多くの試験を繰り返し，その性能のばらつきをしらべて，実用できることを確かめた。

このような基礎試験ののちに試作された機器については，従来の開閉装置において行なわれた試験のほかに，実用性能検証のため，

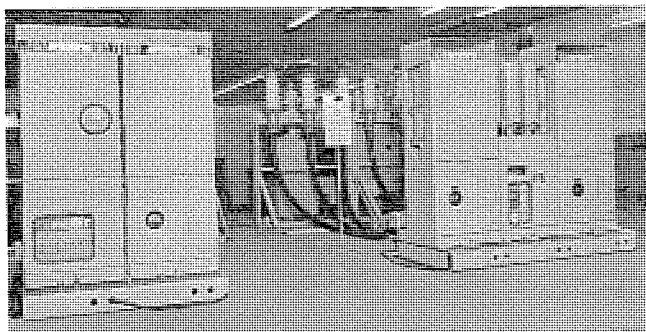


図 2.1 長期課電通電試験中のミニクラッド
Long duration test of Miniclad with voltage and current applied.

つぎのような試験を実施した。

(1) 長期課電通電試験

図 2.1 のように，ケーブルを接続した状態で約 1 年間にわたり，主変二次・母連回路に 1,500 A，送電回路に 400 A の定格電流を通電し，大地に対し 24 kV を印加した。この間，定期的に $\tan \delta \cdot \text{コナ}$ 発生電圧・温度の測定を行なうとともに，商用周波耐電圧試験を実施し，また各機器の開閉特性，避雷器の放電特性，変成器の誤差特性などを試験の前後に実施した。

(2) 環境試験

図 2.2 のように，恒温恒湿そう(槽)内で， -20°C および $+40^{\circ}\text{C}$ ，湿度 100% に保ち，開閉試験・耐電圧試験を実施し，使用している材料が十分な特性をもつことを検証した。

(3) 耐震試験

図 2.3 のように，制御装置を含む全構成機器について大形加振

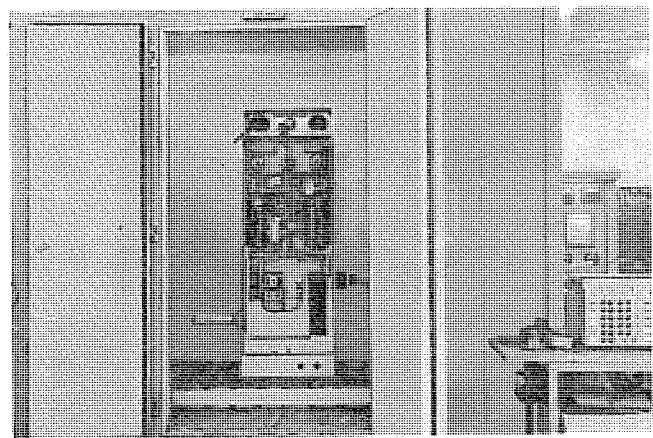


図 2.2 環境試験中のミニクラッド
Miniclad testing under cold and hot atmosphere of high humidity.

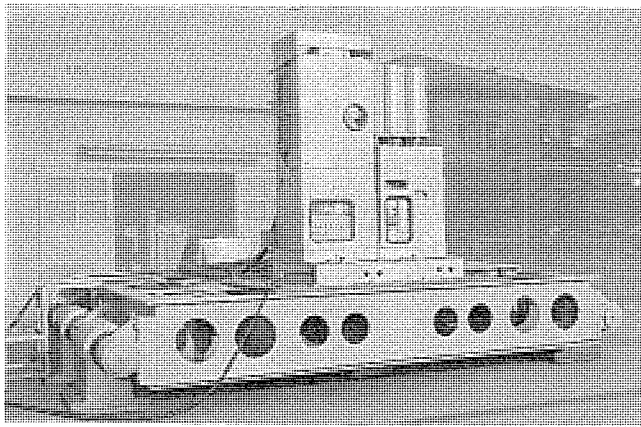


図 2.3 耐震試験中のミニクラッド
Miniclad under vibration test.

機を用い、エルセントロ地震波および共振点における正弦波加振を行ない、その前後の特性を測定し、耐電圧試験を実施してその性能を検証した。

(4) 破壊試験

長期課電通電を行なった装置について、最終的にせん断(閃)絡破壊電圧を測定して、劣化のほとんど発生していないことを確認したほか、異常な状態においても安全性のあることを確かめるため、真空しゃ断器のしゃ断不能状態を人工的に作り、断路部で誤って電流しゃ断を行ない、地絡に移行させて装置の破壊状態をつくり、その安全性の高いことを確かめた。

3. 目白変電所納入機器

3.1 目白変電所の概要⁽¹⁾

目白変電所は大正初期に新設され、都心西北部への電力供給源としてたびたび設備増強が行われてきたが、このほど抜本的設備更新が必要となり、二次側に 22 kV ミニクラッドが採用された。この変電所の結線は図 3.1 のように 66 kV/22 kV の屋内式の間変電所である。22 kV 開閉器室は、ミニクラッドの採用により従来技術のキュービクル設置の約 35% に縮小され、建物全体で約 1,500 m³ が削減できた。図 3.2 は、変電所建物の新旧技術による比較を示す。

開閉装置のみの寸法は、従来形のキュービクルに比べて床面積 1/7、

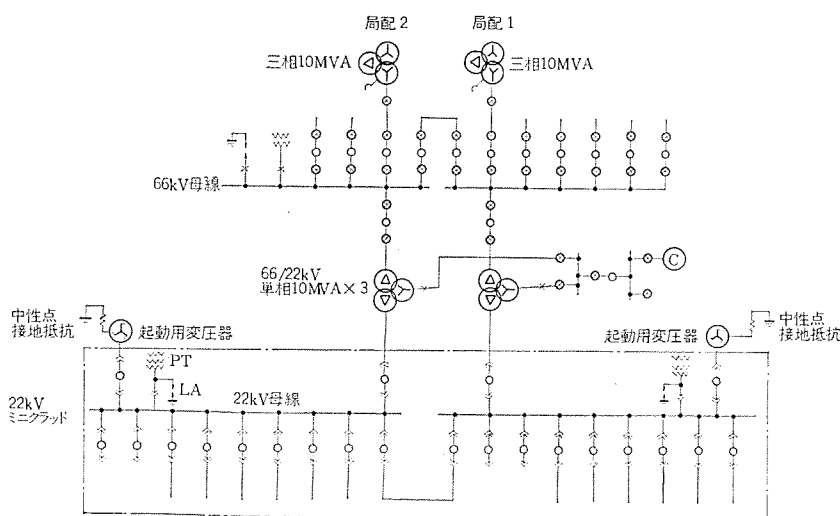


図 3.1 目白変電所結線図
Connection diagram of Mejiro substation.

容積 1/10 である。22 kV ミニクラッドの 1 パンク分の外形寸法は図 3.3 のようである。

3.2 主変二次、母線連絡、送電線用ミニクラッド

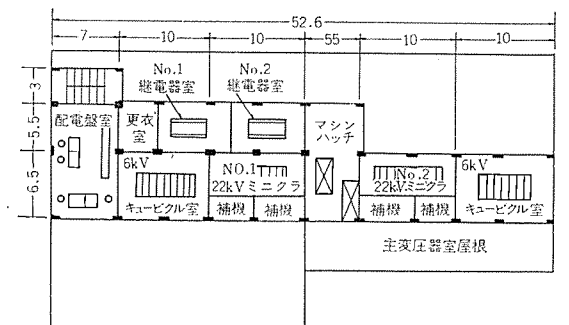
3.2.1 構造

主変二次・母線連絡・送電線用ミニクラッドの外形寸法は同一であり、図 3.4 に示すとおりである。

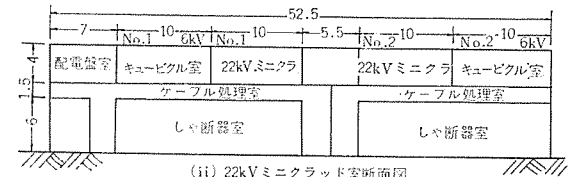
構造も同様で、しゃ断器と変流器は車台にのせられたフレームにつけられ、その前面は操作機構・しゃ断器引出装置・制御装置(計器および継電器)を入れた箱となっている。しゃ断器の両端にはそう(挿)入式の断路接触子をつけており、固定接触子と接触する。

母線とケーブル継手は、固定フレームにつけられ、断路部の固定側接触子をもっている。

電気回路は、ケーブル継手においてケーブルとつながれ、ケーブル側断路部(上部)をへてしゃ断器に至り、その下部の分割形変流器をへて母線側断路部(下部)から母線につながれる。断路部は、電動引

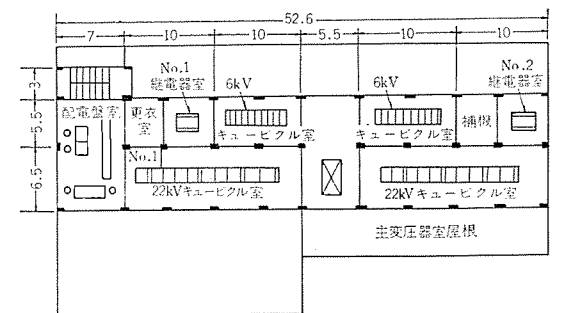


(i) 22kV ミニクラッド室平面図

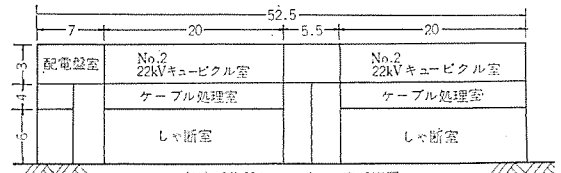


(ii) 22kV ミニクラッド室断面図

(a) 新技術



(i) 22kV キュービクル室平面図



(ii) 22kV キュービクル室断面図

(b) 従来技術

図 3.2 新技術と従来技術による
22 kV 開閉器室の比較
Comparison of 22 kV switchgear house
using new and conventional techniques.

主要二次盤 PT-LA盤 N,R用き電盤 き電盤 同 左 同 左 同 左 同 左 同 左 同 左 同 左 同 左 母連盤

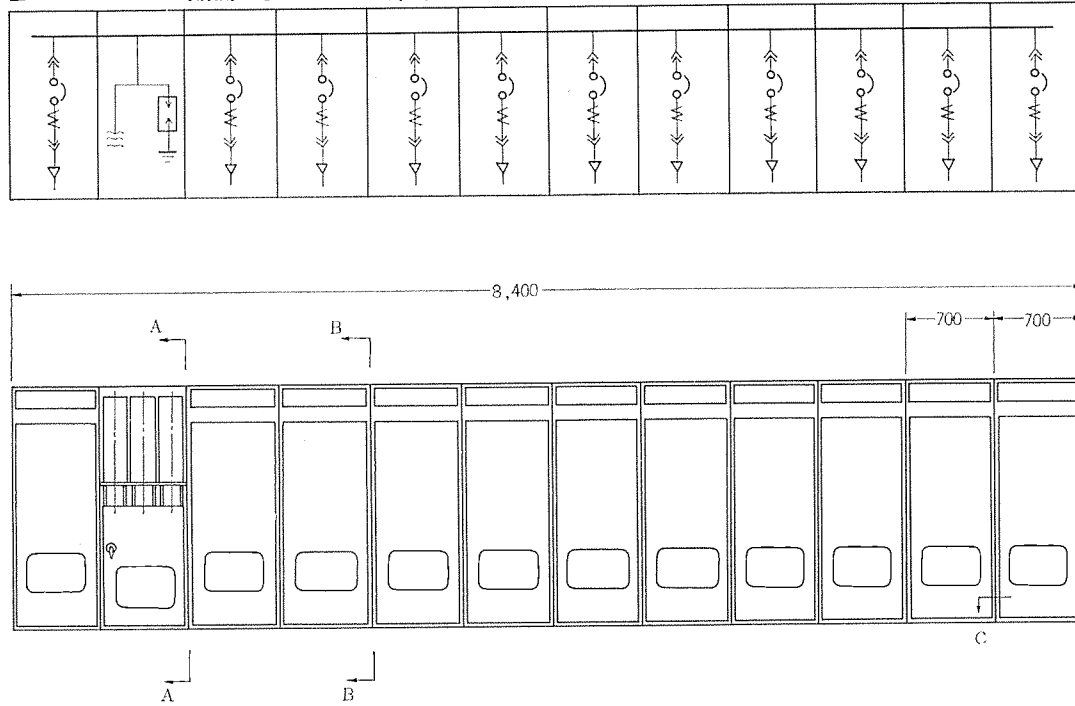


図 3.3 代表的な 22 kV ミニクラッド 配列図
Typical arrangement of 22 kV Miniclad.

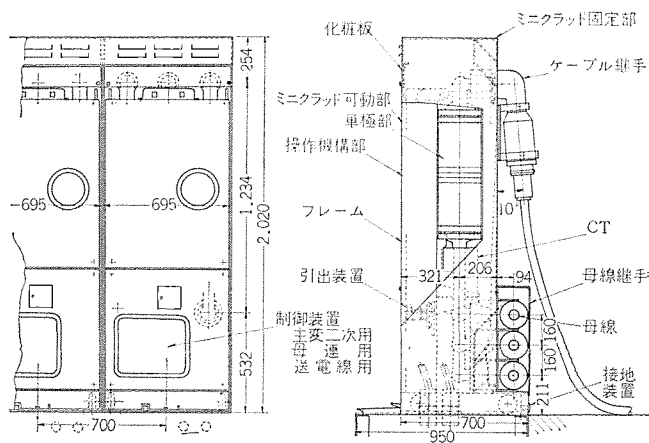


図 3.4 主要二次用、母線連絡用および送電線用ミニクラッド外形図
Outline dimensions of Miniclad for bank secondary, bus tie and feeder lines.

出装置によってしゃ断器ののった車台全体を動かすことで操作され、しゃ断器が完全に引き出されると自動的にシャッタが閉じる。

しゃ断器ののった車台全体は、同一ミニクラッドでは完全に互換性があるようなカートリッジシステムを形成しており、短時間で入れ換えを可能としている。ミニクラッドの前面下部に入れられた制御装置も互換性のあるカートリッジを形成している。

主要二次と母連用ミニクラッドについても互換性があるようになっている。

3.2.2 しゃ断器

しゃ断器の断面は図 3.5 のようで、真空スイッチ管 (図 3.6) をエポキシ樹脂でつくった数個の絶縁体の内に収納している。この絶縁体の外面は金属溶射によって接地層が形成され、また内部に生じた空けき (隙) には難燃性のシリコン油を充てんし、電界の集中を防ぎ、熱伝導を改善している。真空スイッチ管の操作部は、ステンレス製のベ

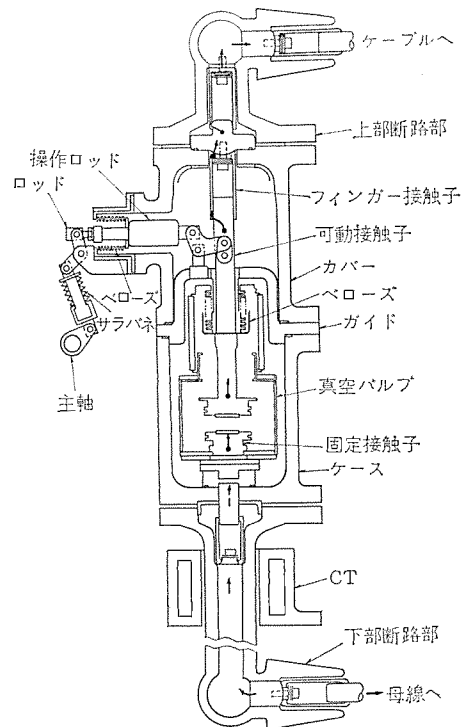


図 3.5 単極組立図
Pole unit assembly.

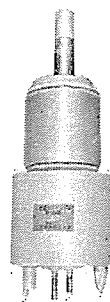


図 3.6 真空スイッチ管
Vacuum switch tube.

1	シャフト	7	モータ	13	投入コイル	19	引きはずしトリガ	25	かさ歯車	31	投入レバーロックカム
2	シャフト	8	ローラレバー	14	中自由レバー	20	ラッチ	26	かさ歯車	32	スイッチ
3	投入ばね	9	投入ラッチ	15	主リンク	21	かどうへそ	27	つめ	33	接続棒
4	投入カム	10	投入トリガ	16	リンク	22	引きはずしコイル	28	つめ	34	ピン
5	つめ車	11	ラッチ	17	引きはずしラッチカム	23	モータ蓄勢レバー	29	引張りばね		
6	カム	12	かどうへそ	18	引きはずしラッチ	24	リンク	30	さらばね		

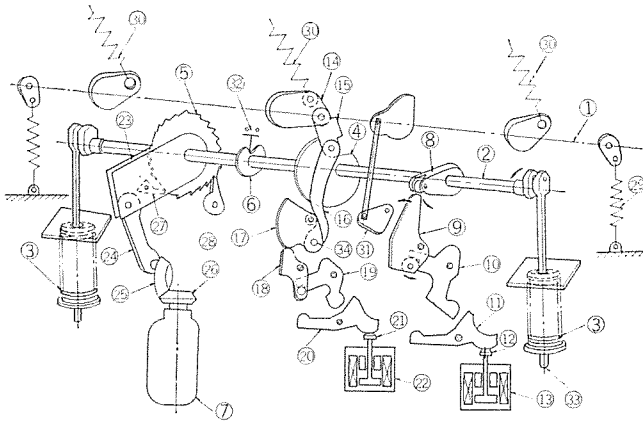


図 3.7 操作機構（開状態，投入ばね蓄勢）
Operating mechanism (breaker open and spring charged).

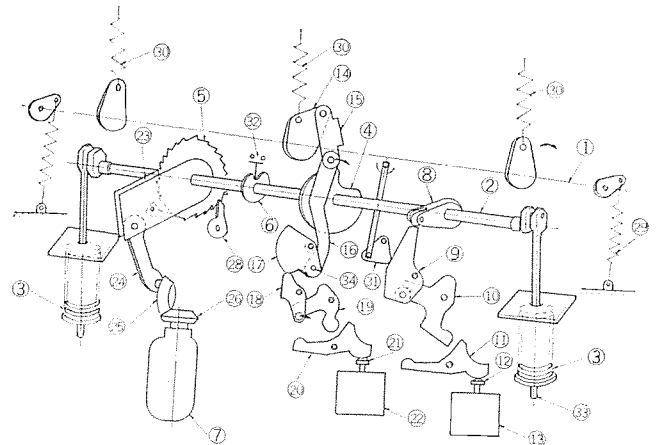


図 3.9 操作機構（投入状態，投入ばね蓄勢）
Operating mechanism (breaker closed and spring charged).

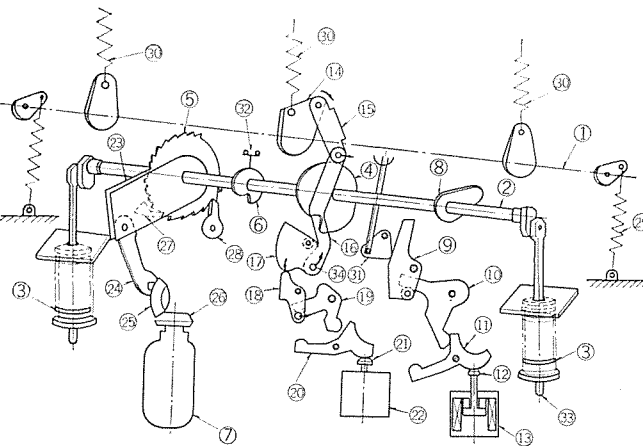


図 3.8 操作機構（投入完了直前，投入ばね放勢）
Operating mechanism (breaker closing and spring not charged).

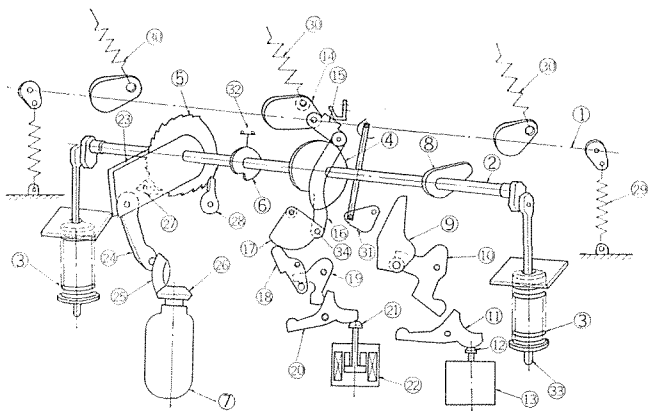


図 3.10 操作機構（引きはずし自由位置）
Operating mechanism (trip free position).

ローズで密封されている。真空スイッチ管は金属そう形で直径が小さく、ミニクラッドの構造にはとくに適している。その特性についてはすでに発表されているのでここには省略する⁽²⁾⁽³⁾。

しゃ断器の操作機構は、とくにミニクラッドの使用条件に適するように新しく開発されたばね操作機構を使用した。この機構は電源のないときに手動でばねを蓄勢すれば、投入容量を保証できる操作が可能であり、制御電源の大きさは小さくてすみ、圧縮空気発生装置のような付属設備を要しないので、とくにこのような装置に適していると考えられる。図 3.7～3.10 はその構造と動作の概要を示す。図 3.7 はしゃ断器の開状態で投入ばね (3) が電動機 (7) によって蓄勢された状態を示す。カム軸 (2) は投入ばね (3) により反時計方向の回転力を受け、レバー (8) 投入ラッチカム (9) に矢印のような回転力を与え、投入トリガ (10) によって保持されている。投入ソレノイド (13) によって、ラッチ (11) がもち上げられ、投入トリガ (10) が時計方向に回転すると、レバー (8) が自由になり、投入ばね (3) によってカム軸 (2) が反時計方向に約半回転する。これでカム軸

(2) に固定された投入カム (4)、カム (6)、つめ車 (5) も回転する。投入カム (4) によって主リンク (15) は引きはずしラッチカム (17) につけられたピン (34) を支点としておし上げられ、操作軸 (1) を反時計方向に回転させて投入を完了し、図 3.8 の位置となる。投入のさい、引きはずしばね (29) が蓄勢され、またカム (16) でスイッチ (32) が働き、電動機 (7) が回転し始める。これによりかさ歯車 (25) の回転で、リンク (24) につながるレバー (23) に取りつけられたつめ (27) が送り運動をし、つめ車 (5) が反時計方向にまわり、接続棒 (33) が投入ばねを蓄勢する。最終位置で接続棒 (33) は投入ばねの中心線と一直線になるデッドポイントをわずかにこえる、これまではつめ (28) がつめ車の逆転を防いでいるが、この位置でつめ (27) はつめ車のつめのない部分に乗り上げて送りがかからぬようになり、カムスイッチ (32) によって電動機が切れる (図 3.9 参照)。

引きはずしは引きはずしコイルの動作でラッチ (20) が上がり、引きはずしトリガ (19) が反時計方向に回転すると、主リンク (15)、引

表 3.1 短絡試験結果
Short-circuit interrupting tests.

試験動作責務	試験電圧 %	試験相	しゃ断電流		回復電圧 %	与圧 給電 kV	固有再起電圧			投入電流 kA	開閉時間 サイクル	アース時間 サイクル	しゃ断時間 サイクル	
			対称分 kA	直流分 %			周波数 kHz/s	振幅率	上昇率 kV/MS					
O-1分-O-3分-O	100	A	2.5	0	100	20.8	2.0	1.6	0.19	—	2.3	0.4	2.7	単相 20.8 kV (10%)
			2.5	0	100	20.8				—		0.5	2.8	
			2.5	0	100	20.8				—		0.65	2.95	
O-1分-O-3分-O	100	A	7.2	0	100	20.8 ×1.02	2.0	1.6	0.19	—	2.3	0.4	2.7	単相 20.8 kV (30%)
			7.2	0	100	20.8 ×1.02				—		0.5	2.8	
			7.2	0	100	20.8 ×1.02				—		0.6	2.9	
O 1分-O-3分-O	100	A	14.5	0	100	20.8 ×1.03	2.2	1.6	0.21	—	2.3	0.8	3.1	単相 20.8 kV (60%)
			14.5	0	100	20.8 ×1.03				—		0.5	2.8	
			14.5	0	100	20.8 ×1.03				—		0.6	2.9	
O-1分-O-3分-O	100	A	21.0	0	100	24× 1.04	2.2	1.6	0.21	—	2.3	0.5	2.8	単相 24 kV 異相地絡
			21.0	0	100	24× 1.04				—		0.75	3.05	
			21.0	0	100	24× 1.04				—		0.6	2.9	
O-1分-CO-3分-O	100	A	27.5	0	100	20.8 ×1.04	2.0	1.6	0.19	—	2.3	0.8	3.1	単相 20.8 kV (110%)
			26.5	50	100	20.8 ×1.04				70		0.5	2.8	
			26.5	50	100	20.8 ×1.04				72		0.9	3.2	
O- -O- -O	100	A	26.5	0	100	20.8	9.0	1.6	0.85	—	2.3	0.65	2.95	単相等価 20.8 kV (110%)
			26.5	0	100	20.8				—		0.75	3.05	
			26.5	0	100	20.8				—		0.90	3.20	

表 3.2 進み小電流しゃ断試験
Capacitive current switching tests.

試験回数	試験動作責務	試験電圧 %	試験相	しゃ断電流 A	給電電圧 kV	回復電圧 %	再点弧回数		しゃ断時の過渡電圧 (倍率)
							再点弧	再点弧	
12	O	100	A	9	24	100	0	0	1.0以下
12	O	100	A	45	24	100	0	0	1.0以下
12	O	100	A	165	24	100	0	0	1.0以下

表 3.3 変圧器励磁電流しゃ断試験
Magnetizing current switching tests.

試験動作責務	試験電圧 %	試験相	しゃ断電流 A	給電電圧 kV	回復電圧 %	しゃ断時の過渡電圧 (倍率)
O	100	A	14	20.8	100	1.4~2.3

きはずしラッチカム (17), 引きはずしラッチ (18) は自由になり, 操作軸は引きはずしばねによって時計方向に回転し, しゃ断器がしゃ断する。これは図 3. 10 に示す引きはずし自由位置で, 投入中であっても支障なく動作する。機構はこの位置から図 3. 6 の位置になり, 引きつづく投入動作にそなえる。

制御回路には ポンピング 防止継電器を備えるとともに, 投入ばねの蓄勢中のばあいに投入コイルを動作させることのないようにインターロックを備えている。

しゃ断器は短絡試験・小電流しゃ断試験・短時間電流など従来のしゃ断器として必要な試験を行なったほか, 定格しゃ断電流 (24.2 kA) 20 回の連続しゃ断, 真空度低下 (10^{-3} mmHg) におけるしゃ断, 負荷電流 1,500 A (試験設備の都合上短絡電流で実施) 3,000 回連続しゃ断などを実施したうえ, 長期間投入状態に放置したしゃ断器を用いる希ひん度開閉試験, 長期間放置後の真空しゃ断器極間耐圧, 短時間電流, 短絡投入後の電極冷却状態において開離したさいの極間の耐電圧などについても調査し, ミニクラッドの使用条件に十分適することを確かめた。

表 3. 1 は短絡試験の結果, 表 3. 2 は進み小電流, 表 3. 3 は励磁電流しゃ断試験の結果である。

3. 2. 3 変流器

変流器は ミニクラッド の接地層の外側に取りつけるため, 分割鉄心形の エポキシモールド 形である。この形の変流器はすでに多数の製作経験のあるものであるが, 90°C 差の冷熱試験を含む十分な性能検証試験を行なった。

3. 2. 4 断路部

断路部は カートリッジ システム のために取りはずしを必要とし, この装置の内の唯一の大気圧空気絶縁の必要がある部分である。この寸法の縮小のために多くの基礎実験を重ねた結果, 適切なシールド電極によって断路部「閉」「開」において絶縁性能に差がなく, しかも寸法の最小となる形状を得た。図 3. 11 のごとく断路部はフィンガ接触子をカートリッジ側に付け, 万一取換の必要な場合も簡単に実施できるように配慮した。フィンガ接触子の取付部は若干の揺動ができ, カートリッジを交換したさいにも確実な断路部接触が保たれ, また地震のさいにも安全ようにした。フィンガは多くの経験をもつ銅クロム合金を使用した自力接触である。フィンガの部分と絶縁体の内面との

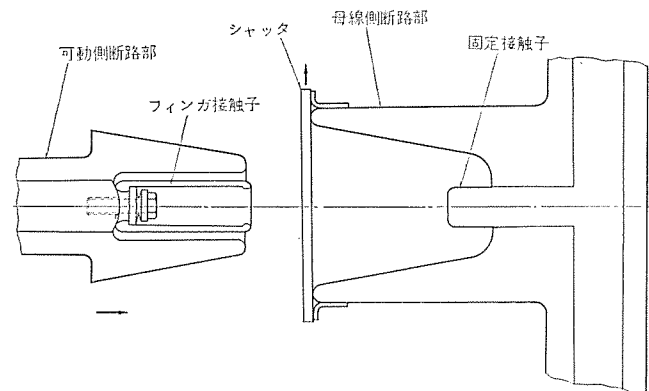


図 3. 11 断路部
Disconnecting unit.

間の空けきはコロナ発生のおそれがあるため、絶縁体内面を導電処理して同電位を保っている。このような特殊の構造とした断路部は、従来形の断路器のような開閉能力は期待できないので、ミニクラッド適用のさいの限界をしらべる目的で、開閉能力の限界を調査した。その結果、充電電流 280 mA、励磁電流 430 mA 程度においてアークが伸びた結果、地絡する可能性があることが発見された。この試験は装置の都合上、断路部 1 点のみで行なったものであるが、その後、破壊試験のさい 2 点切りでは充電電流 1 A 程度まで地絡に至らないことが発見され、さきに考えていた開閉能力の限界は相当な余裕があることが発見され、ミニクラッドの使用条件では、開閉能力限度による問題は発生しないと考えられる。

3.2.5 ケーブル接続部

ケーブル製作者との共同研究により、CV ケーブルと機器とを直結する新方式が開発された。図 3.12 はこの断面である。ミニクラッド側の注形絶縁体につくられたテーパー面に、EP ゴムなどでつくられたストレスコーンを圧着するもので、導体の結合にはくさび形接触子を使用した。短時間にケーブルの取り換えが可能であり、十分な互換性をもっている。各社で製作されたケーブルを接続したうえで、約 1 ヶ月間のヒートサイクル試験を行なったのち、絶縁破壊試験を実施し、十分な性能をもっていることを確認した。

3.2.6 母線

母線は温度上昇によって寸法変化があり、また多数のミニクラッドを接続するさいには、据付寸法の誤差も吸収できなくてはならない。さらに、万一事故が発生したばあいにその部分だけを取りはずしができる単位母線であることも必要である。多くの研究の結果、母線

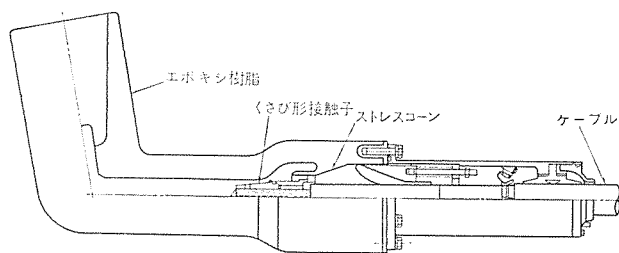


図 3.12 ケーブル接続部
Junction of cable terminal.

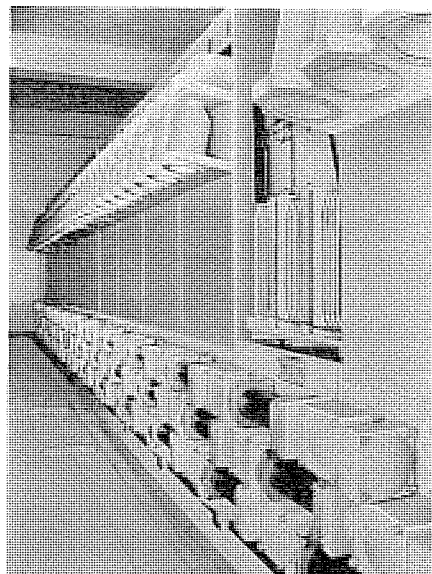


図 3.13 母線
Bus arrangement.

を分岐回路接続となる T 形の部分と直線部に分離し、直線部の絶縁に EPT ゴムを使用することとした。導体の結合には、断路部に用いたと同じフィンガ接触子で行なっている。ゴム絶縁母線の端部は T 形のエポキシ樹脂製の絶縁体にボルトで圧着され、高い絶縁耐力を得ることができる。母線の外面は導電性ゴムをモールドして接地層をつくり、注形体と同様に高い安全性を得た。図 3.13 は組立後の母線を示している。この母線はそのまま露出して使用できるが、ミニクラッド据付後、ケーブル接続作業などで破損するおそれもあるので、この上に保護カバーを設けている。母線はある長さに組立てたのち、常温と 80°C、湿度 100% との熱サイクル 125 回を実施し、耐電圧試験を繰り返し実施して十分な安全度のあることを確認した。

3.3 補助用ミニクラッド

3.3.1 構造

補助用ミニクラッドは図 3.14 のように避雷器・計器用変圧器を制御装置とともに車台にのせてカートリッジにしたもので、断路部の母線の構造は送電線用ミニクラッドと同一である。断路位置にある補助用ミニクラッドの外観は図 3.15 に示す。

3.3.2 計器用変圧器

計器用変圧器は従来から使用されていたエポキシモールド形であるが、

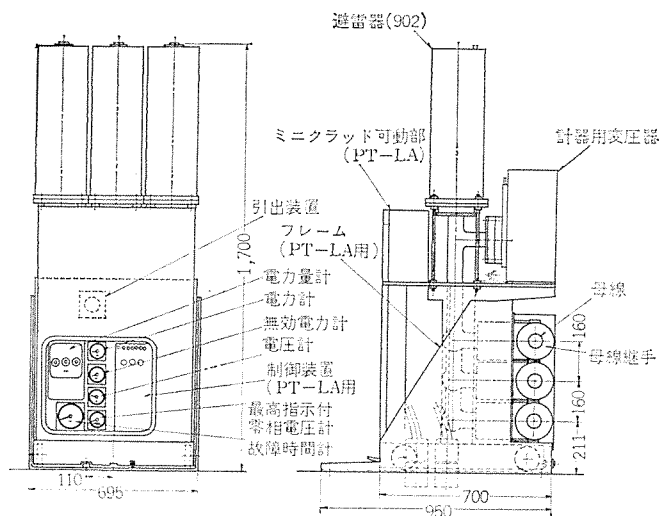


図 3.14 補助用ミニクラッド外形図
Outline dimensions of Miniclad of PT and LA.

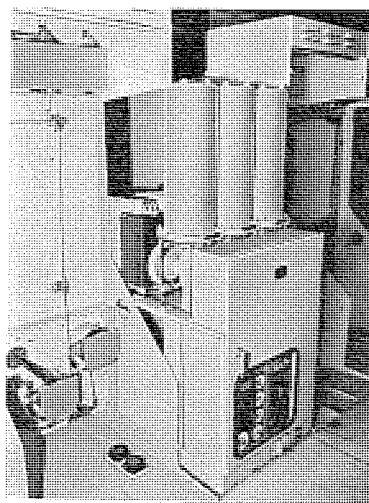


図 3.15 断路位置にある補助用
ミニクラッド
Miniclad of PT and LA in
disconnecting position.

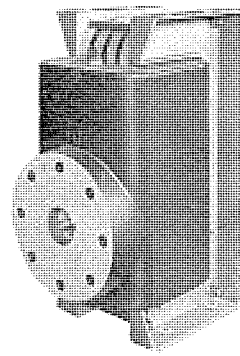


図 3.16 計器用変圧器
Potential transformer

わせて配置して、この問題を解決し、図 3.17 に示すようにミニラッド用 SV-WLA 形避雷器、定格電圧 28 kV を研究開発した。図 3.18 は避雷器の断面図を示す。外側の容器を耐食性 アルミ合金としたので、重量は 30 kg と従来の避雷器の約 50% に軽減されている。

金属容器は変電所での使用時に接地をとられるが、避雷器素子の接地側は絶縁板によって金属容器とは絶縁されて引出され、記録器等の付属品が取付けられるようになっている。内部は課電側にギャップ部が、接地側に特性要素部が配置され、ギャップ部の上部は課電側端子と金属容器を絶縁するエポキシ樹脂がおおい、電圧が上部ギャップに集中するのを防止している。すなわち、複数個のギャップを使用するこの避雷器の等価回路は図 3. 19 のように表わされ、ギャップと金属容器間の静電容量 C_S が全部同一の場合には、図 3. 20 の点線のように上部ギャップに電圧が多く印加される。商用周波数電圧領域では、分圧抵抗の作用で各ギャップの分担電圧が比較的一定であるが、衝撃電圧領域になると分担の不均衡が大きくなる。そこで、ギャップの分担電圧が上部で大きくならないように、金属容器とギャップ間の C_S を調整するため、前述のようにギャップ上部にのみ誘電率の大きいエポキシ樹脂を使用して C_S を大きくしている。 C_S の急激な変化を避けるためにエポキシ樹脂は段付きの構造となっており、各ギャップの C_S はスムーズに変化することになる。しかも、エポキシ中には、その高い耐電圧性を生かしてかさ状のシールドリングが入れられて

このため、ギャップ部に特殊配置の固体絶縁物とシールドリングを組合

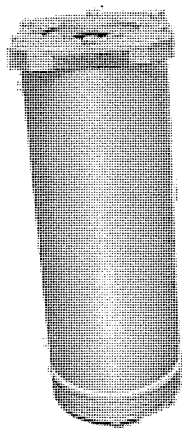


Figure 1 shows an equivalent circuit diagram of a ladder network. The circuit is composed of three main vertical branches connected by horizontal conductances. The leftmost branch contains a series of capacitors labeled $C_{s1}, C_{s2}, C_{s3}, \dots, C_{s(n-1)}, C_{sn}$. The middle branch contains a series of conductances labeled $g_1, g_2, \dots, g_{n-1}, g_n$. The rightmost branch contains a series of resistors labeled $R_1, R_2, \dots, R_{n-1}, R_n$. The capacitors are connected to a common ground at the bottom. The conductances and resistors are connected in series between the nodes. The conductances are connected to a common ground at the top. The resistors are connected to a common ground at the bottom. The circuit is shown as a ladder network with a vertical axis on the left and a horizontal axis at the bottom.

Legend:

- C : キャップの静電容量 (Capacitor static capacitance)
- R : 分圧抵抗 (Voltage divider resistor)
- C_s : キャップとタンク間の静電容量 (Static capacitance between capacitor and tank)
- g : キャップ (Capacitor)

点線は CS を補正しない時の電位分布
実線は CS を補正した時の電位分布

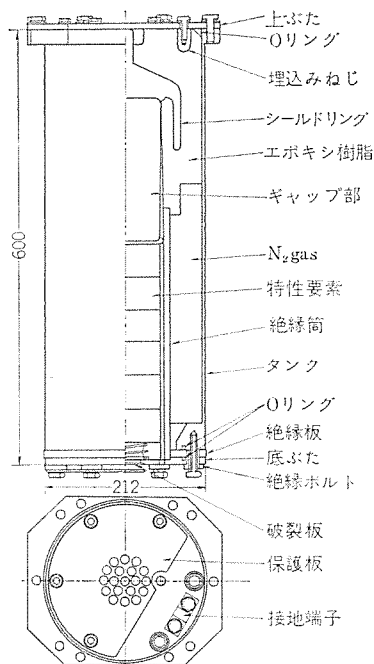


図 3.20 各ギャップの分担電圧 (ギャップ数を 10 個とした場合)
Voltage distribution in lightning arrester.

表 3.4 ミニクラッド用SV-WLA形避雷器特性表
Characteristics of type 'SV-WLA' lightning arrester.

避雷器公称放電電流	A	10,000
避雷器特別動作責務静電容量	μF	25
避雷器定格電圧 (許容端子電圧)	kV	—
放電開始電圧	衝撃波 100%	83
	kV crest 以下 0.5 μs	95
	緩波頭衝撃波 kV crest	85
	商用周波 kV rms 以上	42
制限電圧	5 kA	78
	kV crest 以下 10 kA	86
放電耐量	衝 撃 波	4×10 μs 100 kA 2回
	短 形 波	2 ms 600 A 20回

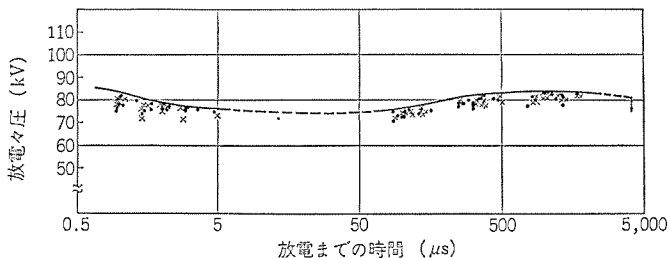


図 3.21 避雷器の放電電圧時間特性
Spark-over voltage-time characteristics of lightning arrester.

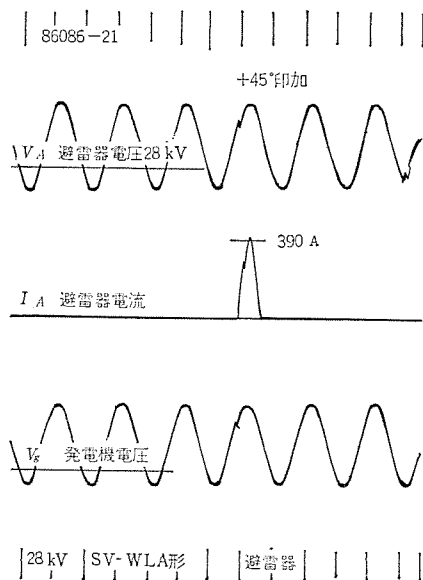


図 3.22 動作責務試験 オシログラム
Typical oscillogram of operating duty test.

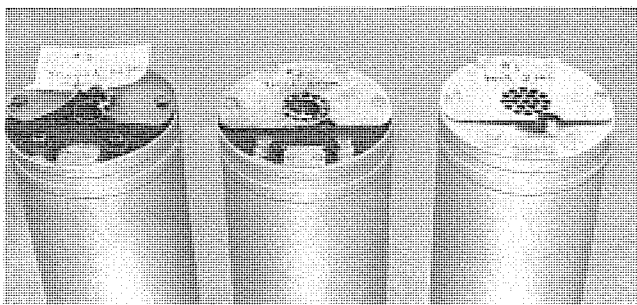


図 3.23 防爆試験後の状況
Tested samples of pressure relief test.

いるので、図 3.20 の実線のように各ギャップにはほぼ均等な電圧が印加されるとともに、シールドリングによって電界が緩和されてコロナを生じない。内部には乾燥 N_2 ガスを封入して密封しているので、部品の劣化がなく、長年間の使用に耐えられる。

なお、万一避雷器が規定値以上の責務でしゃ断不能に陥った場合に、短絡電流の通電による内圧上昇に耐えられるように容器が設計されており、約 10 気圧で破裂板が内圧を放出するので、爆発飛散の危険はなく、使用材料はとくに難燃性のものであるので火災の危険はない。

この避雷器の特性は表 3.4 に示すとおりである。また、避雷器は変電所の機器に密接して取付けられるので、急しゅん(峻)波の場合にも避雷器と被保護裕度は非常に大きくとることが可能となる。試験は定格 14 kV に分割できないため、定格電圧 28 kV で実施され、JEC-156 の諸性能を完全に満足することが確かめられた。

とくに、接地容器中にありながら、 $V-t$ 特性と動作責務は図 3.21、図 3.22 に示すように全く正常であり、コロナ試験においても定格電圧で有害なコロナが皆無であることを確認した。

冷熱サイクル試験は温度差 60°C (0~5°C の冷水および 65°C~75°C の温湯) の冷熱サイクルを 5 回繰り返した後、放電特性とコロナ特性を測定したが、なんら変化は認められず、解体点検による結果も良好であった。

防爆試験は 300 A 2 秒、3,000 A 0.4 秒、3,000 A 0.2 秒通電の各ケースについて実施したが、いずれの場合も破裂板が正常に動作し、図 3.23 に示すように良好な結果を得た。

3.4 制御装置

3.4.1 概要

22 kV ミニクラッドは、ミニクラッドの縮小・信頼度・安全性・省力化にマッチした制御装置を新しく開発して、しゃ断器操作機構の下部に収納した。

制御装置は計器と保護継電器からなる。計器類は電力量計と故障時間計を除くすべての計器を、従来の 110 角から 80 角に変更し、相切換スイッチなども一段と小形化をはかった。継電装置はトランジスタ化により小形化をはかり、カートリッジ化により短時間の交換を可能とするとともに、トランジスタ回路の 2 系列化、常時監視などの新しい方式を採用して信頼度の向上をはかった。このような制御装置をミニクラッドに収納するため、多くの基本的研究を行なった。そのおもなものは静電・電磁シールド・耐振強度・防熱・防湿などであるが、最終的にはミニクラッドに収納した状態で、前記の長時間課電通電試験・加振試験・短絡試験・短時間電流試験などを実施して、その性能を確認した。

3.4.2 構成

1 バック分を構成する制御装置は表 3.6 のとおりであり、図 3.24 のような継電装置がそれぞれ図 3.25 のようにミニクラッドの下部に収納されている。

3.4.3 継電装置の構造

従来の継電装置が比較的恵まれた環境条件の下にあったのに対し、この継電装置はミニクラッド本体内に収納される関係上、スペース面から大きな制約を受けるのはもちろんのこと、22 kV 回路・しゃ断器・変流器・電動機などと近接するため、従来にない過酷な条件にさらされることになるので、機構面・回路面から下記に示すような特殊な考慮を払った。

(1) 小形化

表 3.5 制御装置
Control device.

	収 納 場 所	構 成 要 素
継電装置	送電線用ミニクラッド	OCR×3 DGR×1 DCR×1 制御継電器一式
	補助用ミニクラッド	OVGR×2 UVR×1 OVR×1 制御継電器一式
	母連用ミニクラッド	OCGR×1 制御継電器一式
	主要二次用ミニクラッド	補助継電器一式
計器	送電線用ミニクラッド	最高指針は需要電流計
	補助用ミニクラッド	交流電圧計・故障時間計・最高指示交流電圧計・三相電力計・三相電力量計・三相無効電力計
	母連用ミニクラッド	最高指示電流計
	主要二次用ミニクラッド	電流計

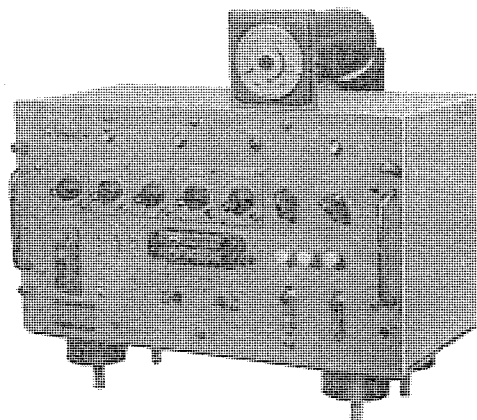


図 3.24 線路継電装置
Feeder relay.

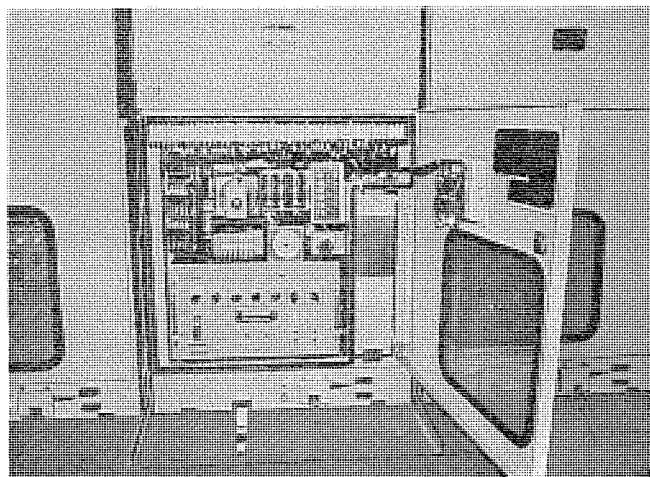


図 3.25 ミニクラッド本体
22 kV Miniclad.

トランジスタ継電器を採用し、1 ACT の電流入力を電圧変換した。さらに、トランジスタ専用電源を設置して小形化した。

(2) 誘導対策

静電・電磁シールド対策 リレーケースを採用し、誘導性部品の配置を考慮して解決した。

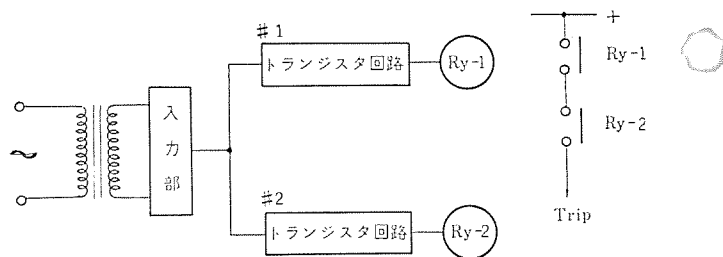


図 3.26 トランジスタ回路の2系列化
Two line system of transistor circuit.

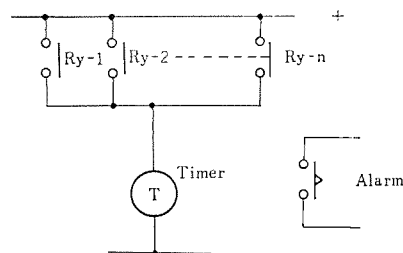


図 3.27 常時監視回路
All time supervision circuit.

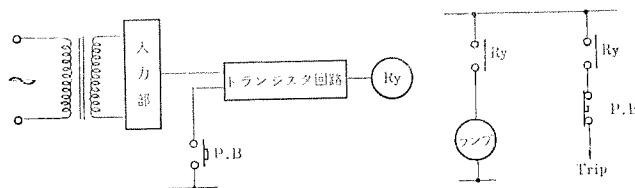


図 3.28 強制点検回路
Input checking circuit.

(3) 耐振構造

防振ゴムによって防振し、しゃ断器の操作はもちろん地震に対しても安全な構造とした。

(4) 防熱, 防湿対策

本体の箱による継電装置部分の保護と回路部品の防湿仕上げを行った。また、縮小化と同時にミニクラッドのもう一つの目標である無保守・無点検による省力化と信頼度向上の見地から下記の対策を実施した。

(1) トランジスタ回路の2系列化

図 3.26 のように2系列化を行ない、誤動作によるミストリップの防止を行なった。

(2) 常時監視(誤動作対策)

回路を2系列化したことにより、図 3.27 のように簡単にリレーの常時監視を行なっている。

(3) 押しボタンによる強制点検(誤不動作対策)

ときどき、押しボタンにより模擬入力を入れて、判定ランプで正常動作確認を行なう(図 3.28 参照)。

(4) 各継電装置のプラグイン化

常時監視などにより、継電装置の異常が発見されたときは、装置全体がプラグイン化されているため、ごく短時間で予備のものと差し代え可能である。

3.4.4 継電装置の試験結果

(1) 各特性

所定値の±5%以内

(2) 温度特性

0～+40℃で諸特性変化は常温時の±5%以内であった。また-20℃、70℃でも回路に異常のないことを確かめた。

(3) 耐振性

1,000 rpm, 4 mm (複振幅)の振動試験(各方向0.5時間)30 Gの衝撃試験を行ない異常のないことを確かめた。

(4) 耐電圧

商用周波2,000 V 1分間、衝撃波4,500 Vの耐圧試験を実施した。

3.5 据付

ミニクラッドの据付にあたって、あらかじめ検討を加えた。このように装置が縮小化されると、据え付ける場所も小さくなるため、解き荷のため空間も十分ない。また、機器は表面に絶縁体が露出しているので輸送中に傷害をうける恐れがある。

この点を考慮して特殊のコンテナ式の荷造りを行なうとともに、荷造りのうえ衝撃試験を行ない、各部の加速度・応力を測定し、さらに工場より東京までのトラックによる往復輸送試験を実施し、各部の特性・耐圧試験によって変化のないことを確認したうえで、現地

工事に着手した。

据付の方法は、従来形の特高キュービクルと同様で、あらかじめ建屋の床に埋め込まれたチャネルベースにミニクラッドを組立てるもので、現地における工事期間はきわめて短縮された。

4. む す び

22 kV ミニクラッドとして、目白変電所納入品の概要について述べたが、このほか、同様の構想による6.6 kV用ミニクラッドについても、本年6月に実用化の段階に至っている。

終わりにあたって、種々ご指導ご鞭撻をたまわった東京電力(株)関係各位に深く感謝の意を表わす次第である。

参 考 文 献

- (1) 高岡：OHM, 44年8月, P. 26
- (2) 伊藤, 大倉：三菱電機技報 41, No. 11, 1,409 (昭42)
- (3) 岡田, 青木, 松山：三菱電機技報 43, No. 10, 1,399 (昭44)

正 誤 表

44巻7号の特集論文「配電の自動化システム」において筆者の所属場所がちがっていましたので、つぎのように訂正いたします。

ペ ー ジ	誤	正
859 表 題	Kobe Works	Head Office
859 左下欄外	* 神戸製作所	* 本 社

7,300 kW 4 極 かご形回転子 三相誘導電動機

富田 晴彦*・伊瀬 知孝*・森永 恭光*

7,300 kW 4 Pole Squirrel Cage 3 phase Induction Motor

Nagasaki Works Haruhiko TOMITA・Takashi ISECHI・Yasumitsu MORINAGA

When induction motors of a large capacity are required, wound rotor type machines have preferred to squirrel cage rotor machines which have high starting kVA. However, the capacity of power supply is on the increase in the field where motor application is needed, and the demand for large power motors of squirrel cage rotor has increased. However, large power machines with high speed pose problems, when connected to loads of large GD^2 , of heat generated at the starting and centrifugal forces working on the rotor bars and the end rings. Mitsubishi built and delivered a 7,300 kW 4 pole squirrel cage rotor type induction motors to the Shin-Nihon Steel Manufacturing Co., Tobata Mill through the Kobe Seiko Co. in October, 1969. This is a record product in this country to prove the way to the manufacture of large capacity squirrel cage rotor type induction motors.

1. ま え が き

かご形誘導電動機は、巻線形誘導電動機に比べて保守が簡単、廉価、寸法重量も小さい等いくつかの利点を持っている。その反面、始動 kVA が大きい大容量機では、電源電圧降下の点から巻線形電動機が採用されてきた。

しかし、使用場所の電源容量は近年とみに増強され、従来、巻線形で製作されてきたような大容量機にかご形機を採用したいと言うユーザーからの要望は最近著しく増えてきつつあるが、大容量高速かご形電動機で負荷の GD^2 が大きい場合には始動時の発熱、および遠心力による回転子バーならびにエンドリングの強度が問題となる。当社は、昭和 44 年 10 月神戸製鋼經由新日本製鉄（戸畑製鉄所）に 7,300 kW 4 極かご形三相誘導電動機を製作納入した。これは、わが国で製作されたかご形機の最大容量（4,800 kW 三菱電機製）を大幅に上回る国内の記録品であり、大容量かご形電動機製作の緒となるものである。

以下、主として 7,300 kW 電動機について述べるが、さらに大容量のかご形電動機の製作限界についても若干触れる。

2. 電動機のおもな仕様

出力	7,300 kW
電圧	11,000 V
周波数	60 Hz
極数	4 極
回転子形式	かご形
通風冷却方式	水冷式空気冷却器付き全閉内冷形
用途	空気圧縮機駆動用
始動方式	起動補償器による減圧始動 (80% タップにおいて、始動 kVA を 25,000 kVA に押えている)。

3. 構造

図 3. 1 にその外観、図 3. 2 に内部構造を示す。

図 3. 3 に回転子外観、図 3. 4 に回転子構造を示す。

回転子の構造以外は、普通の空気冷却器付き全閉内冷形とまったく

く同じ構造であるから説明は省略する。回転子は図 3. 4 に示すように、エンドリングの外周に非磁性鋼のシュリンクリングをかぶせた構造を

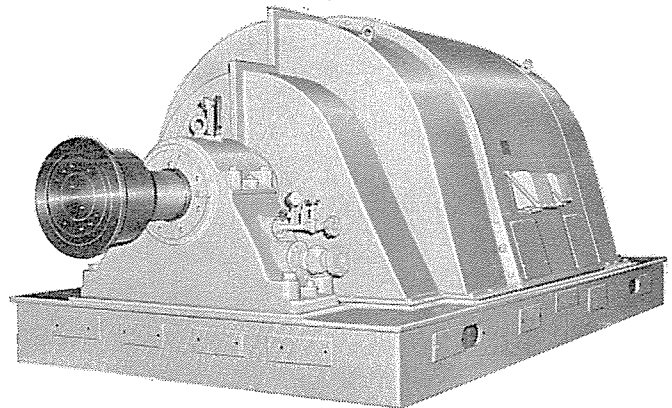


図 3. 1 7,300 kW, 4 極かご形誘導電動機
7,300 kW 4 pole squirrel cage induction motor.

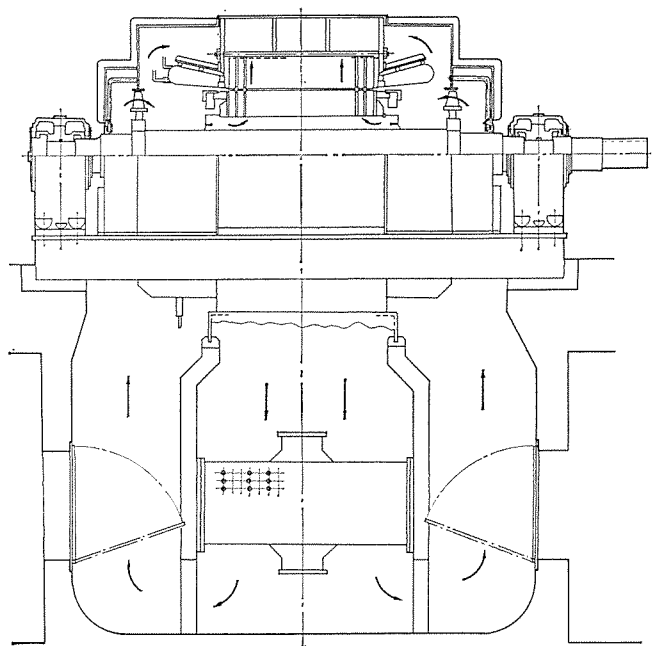


図 3. 2 7,300 kW 電動機構造断面図
Cross section of 7,300 kW induction motor.

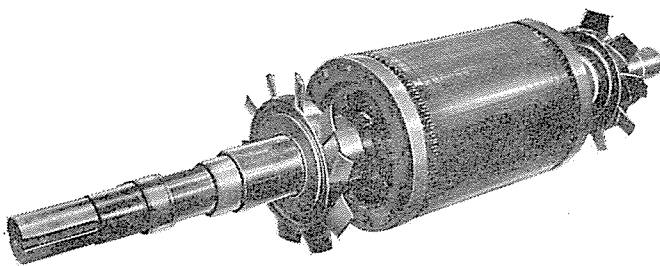


図 3.3 7,300 kW 電動機のかご形回転子
Squirrel cage rotor of 7,300 kW induction motor.

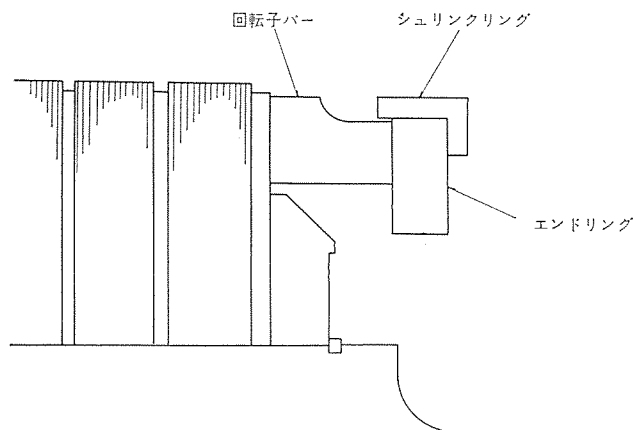


図 3.4 7,300 kW 電動機のかご形回転子構造
Construction of squirrel cage rotor of 7,300 kW induction motor.

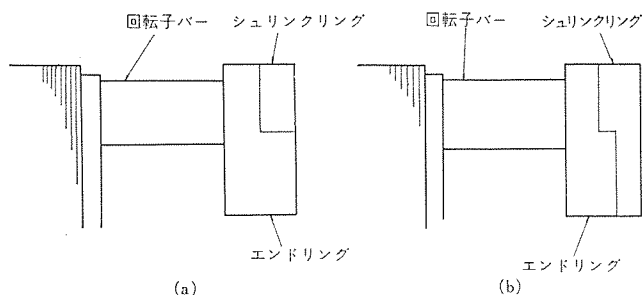


図 3.5 高速かご形電動機のかご形回転子構造
Construction of squirrel cage rotor of high speed induction motor.

採用している。当社が従来製作してきた高速大容量かご形電動機では、図 3.5 (a), (b) に示すような構造を採用しており、図 3.4 の構造は今回初めて採用した構造である。

4. かご形電動機製作上の問題点

4.1 始動時の温度上昇

かご形電動機を始動する際に、電動機に発生する熱損失は下記の式で表わされる。

$$Q_2 = \left(\frac{2\pi n_s}{60} \right)^2 \frac{GD^2}{4} \int_0^1 \frac{T_M}{T_A} S \cdot ds \quad (\text{W-s})$$

$$Q_1 \cong \frac{r_1}{r_2} Q_2 \quad (\text{Watt-s})$$

記号については図 4.1 を参照されたい。

すなわち熱損失は GD^2 に比例し、 n_s の 2 乗に比例する。

回転子導体、固定子コイルは、この熱損失により温度が上昇するがその値は、熱損失と熱容量、熱放散の程度により決まる。したがって温度上昇が許容温度上昇値以下となるように熱容量を持たせ、冷

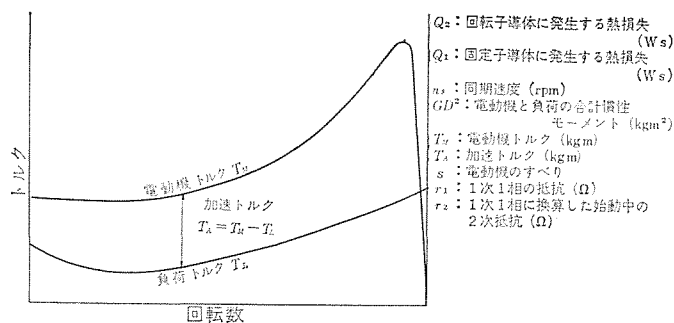


図 4.1 電動機トルクと負荷トルク
Motor torque and load torque.

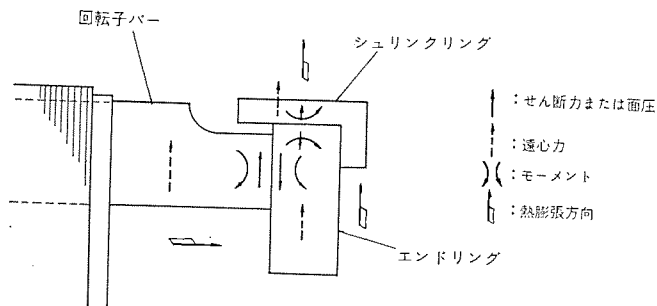


図 4.2 回転子に働く力、モーメントと熱膨張方向
Centrifugal force and moment working on the cage rotor and direction of thermal expansion in it.

却方法を考慮しなければならない。一般にかご形電動機では、 r_1 は r_2 よりも小さく、一方回転子導体の熱容量は固定子コイルの熱容量に比べて小さいために始動時の温度上昇は回転子のほうが高くなる。

4.2 回転子に生ずる応力

回転子のバー、エンドリング、シュリンクリングは、4.1 節に述べた熱損失により熱膨張をする。また回転による遠心力が作用する。図 4.2 に熱膨張の方向、遠心力の作用する方向を示す。

この熱膨張と遠心力によって回転子バーとエンドリングの間にはせん断力と曲げモーメント、エンドリングとシュリンクリングの間には面圧と摩擦モーメントが働く。これらの力、モーメントによって回転子バー、エンドリング、シュリンクリングには、それぞれ応力が働き、この応力を各部の許容応力以下に押えるように各部の形状、寸法、ろう付けの方法を決め、また材料を選定しなければならない。かご形電動機の製作上の問題点は、始動時の温度上昇および温度上昇と遠心力による回転子の強度をいかに解決するかであり、この点が解決できれば、現在巻線形で製作されている高速大容量電動機をかご形機で製作することが可能となる。

5. 7,300kW 電動機的设计, 製作

設計、製作に当たり下記の点を特に検討した。

- (1) 始動時の温度上昇
- (2) 構造、寸法と各部の応力
- (3) 材料
- (4) ろう付けの方法

以下、これらの点につき簡単に述べる。

5.1 始動時の温度上昇

始動時の温度上昇は熱等価回路にもとづいて計算をし、その結果を確認するためにモデル電動機により、直入始動時の温度上昇を実測した。

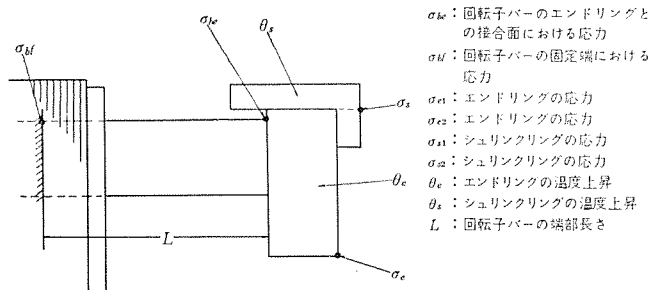


図 5.1 回転子の温度上昇と応力
Temperature rise and stress of squirrel cage rotor.

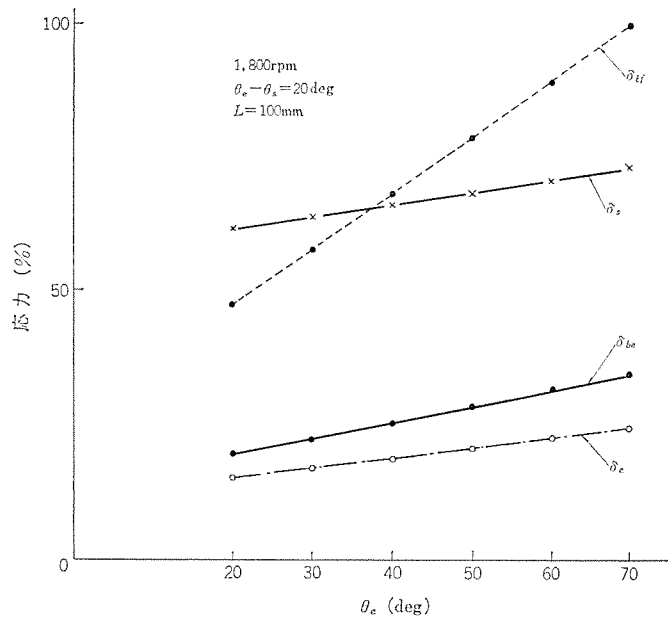


図 5.2 温度上昇と応力の関係
Relation between stress and temperature rise.

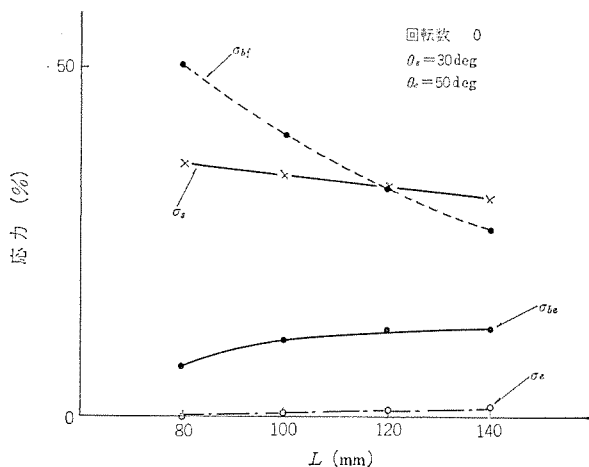


図 5.3 回転数 0 の時の応力と L の関係
Relation between stress and L at standstill.

5.2 構造、寸法と各部の応力

図 3.4, 3.5 (a) (b) の構造について各部の寸法を種々変えて検討を加えた結果、本機の場合は図 3.4 の構造が最も適当であると判断し、これについて詳細な検討を行なった。

検討結果の 1 例として図 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 に温度上昇、回転子バーの端部長さ、回転数により各部の応力が変化する傾向を示す。応力は、図 5.2 の $\theta_e = 70$ deg における σ_{bf} の値を 100 % として % で表示してある。図 5.2 ~ 図 5.5 の縦軸のスケールは同一記

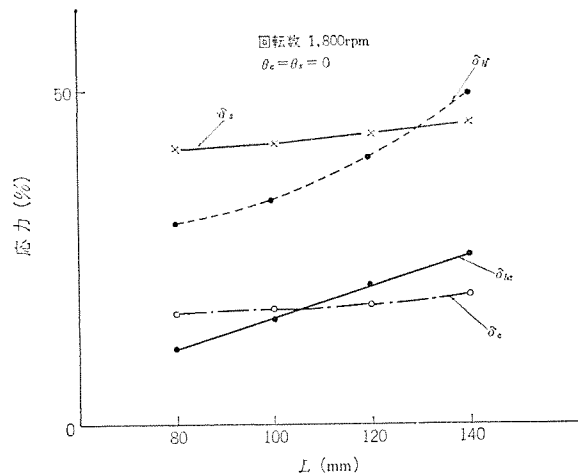


図 5.4 温度上昇 0°C で 1,800 rpm 時の応力と L の関係
Relation between stress and L ($\theta_e = \theta_s = 0$).

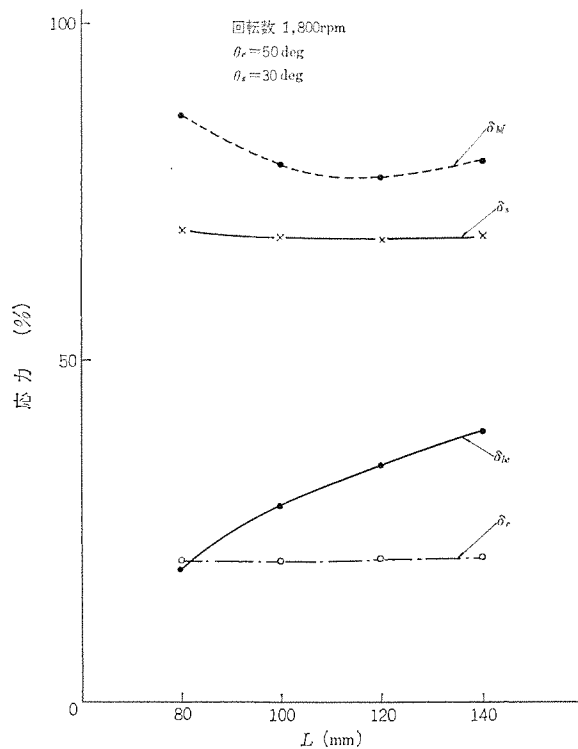


図 5.5 応力と L の関係 (1,800 rpm, $\theta_e = 50$ deg, $\theta_s = 30$ deg)
Relation between stress and L (1,800 rpm, $\theta_e = 50$ deg, $\theta_s = 30$ deg),

号については図 5.1 を参照されたい。

図 5.2 は L を一定として 1,800 rpm における θ_s , θ_e と応力の関係を示すものであり、応力は温度上昇に対してほぼ直線的に変化することがわかる。図 5.3 は回転数 0 の時の L と応力 (温度上昇による応力) の関係を示し、図 5.4 は温度上昇 0°C の時の L と応力 (遠心力による応力) の関係を示す。

実際の応力は、この「温度上昇による応力」と「遠心力による応力」の合成応力となり、この合成応力と L の関係を図 5.5 に示す。回転子バーの最大応力は、固定端に生ずる応力 (σ_{bf} であり、エンドリング、シュリンクリングの最大応力はコアと反対側の内径に生ずる。 (σ_e, σ_s) はこの部分の応力を示す)。これらの応力が材料の許容応力以下となるように各部分の寸法を決めた。

(3) 材料

回転子バーの先端とエンドリングはろう付け時の高温にさらされ焼



図 5.6 回転子 バー・エンドリングモデルによる低 サイクル 疲労試験装置
Low cycle fatigue testing equipment by means of model of rotor bar and endring.

鈍される。さらに、始動時の高温の下で応力が作用する。

各種の銅材について焼鈍後の高温引張試験、導電率の測定、テストピースによるろう付け試験を行ない、これらの結果を総合して最適と思われるものを採用した。回転子 バー、エンドリングとも特殊な熱処理形の銅合金を使用した。シュリンクリングの材料は、必要な強度と加工性の点から最適のものを選定した。

図 5.6 は 7,300 kW 電動機の回転子 バー と エンドリング を模擬したろう付けテストピースによる低 サイクル 疲労試験装置を示す。

材質はいずれも実機と同一、バーは形状、寸法とも実機と同一である。

(4) ろう付けの方法

ろう付け部分の強度はろう材、ろう付けの方法、回転子 バー と エンドリングの接合部の形状によって変化する。ろう付けテストピースの試験を行ない、ろう材、接合部の形状を選定した。また、鉄心長以外はすべて実機と同一のモデル回転子を製作し、ろう付作業法を検討して最適な方法を採用した。さらにろう付け完了後は超音波探傷により確認を行なった。

以上主要点を簡単に述べたが、本機は記録品であり、新しい回転子構造を採用したため、細心の注意を払って設計、製作にあたった。

6. 現地試験の結果

本電動機は昭和 44 年 10 月出荷されたが、12 月中旬に現地で負荷（空気圧縮機）と直結し、始動試験、負荷試験を行なって電動機電流、回転子導体の温度上昇、応力を実測した。実測値は計算値とほぼ一致するか、または若干低い値を示し満足な結果であった。

参考のために、温度上昇の記録データを一例として示す。(図 6. 1.

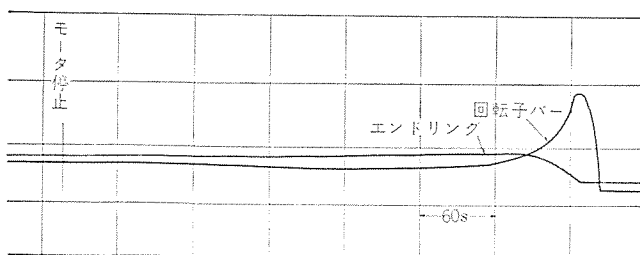


図 6.1 7,300 kW 電動機の始動時温度上昇測定データ
Temperature rise at starting of 7,300 kW induction motor.

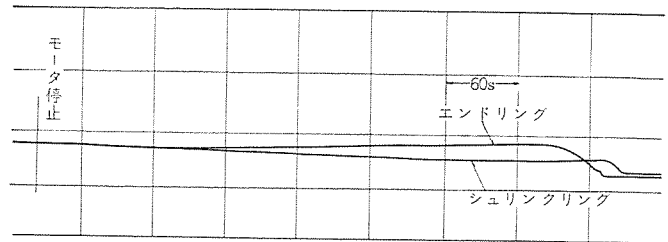


図 6.2 7,300 kW 電動機の始動時温度上昇測定データ
Temperature rise at starting of 7,300 kW induction motor.

6. 2) なお起動補償器のタップ 80 % において、電圧降下の実測値は約 6 %、始動時間は約 24 秒であった。

7. かご形電動機の製作限界について

7,300 kW 電動機は現在好調に運転されているが、さらに大容量のかご形電動機の製作限界について以下に若干触れてみる。かご形電動機の始動時における熱損失が GD^2 に比例し、回転数の 2 乗に比例すること、およびこの熱損失による回転子の熱膨張が回転子の強度に大きく影響することはすでに述べたが、 GD^2 の大きさを表わす一つの目安に、 H constant (以下 H と略記) と言うのがある。

H constant は次の式で定義される。

$$H = \frac{GD^2 \cdot n_s^2}{730 \cdot P \times 10^3} (\text{s})$$

ただし GD^2 : 系の GD^2 (kg-m²)

n_s : 同期速度 (rpm)

P : 電動機の出力 (kW)

先に述べた、始動時に回転子導体に発生する熱損失 Q_2 と H との関係は下式のとおりとなる。

$$Q_2 = 2H \cdot P \cdot 10^3 \cdot \int_0^1 \frac{T_M}{T_A} S \cdot ds (\text{W-s})$$

ただし Q_2 : 回転子導体に発生する熱損失 (W-s)

T_M : 電動機 トルク (kg-m)

T_A : 加速 トルク (kg-m)

S : すべり

すなわち、 Q_2 は H と P の積に比例する。

普通かご形電動機で始動し得る負荷の GD^2 の範囲は JEM 1224, NEMA 規格 (NEMA. MG 1-1401. 01) に示されている。JEM 1224 は NEMA 規格を参考にして作られたもので、内容はほとんど同一であるが、規格に含まれる出力の範囲は NEMA 規格のほうがより大きいので、NEMA 規格を示すと図 7. 1 のとおりである。ただし GD^2 の値そのものではなく H に換算して示す。

規格に含まれる出力の上限は 10,000 HP であり、この時の H は 60 Hz の 2 極機では約 0.4、4 極、6 極ではそれぞれ約 1.3、約 2.2 である。10,000 HP を越える大容量機は大体 4 極以上の極数で製作されることが多いと思われるので、以下、4 極の場合について述べる。

7,300 kW 電動機製作の実績をもとにして検討した結果、4 極、10,000~15,000 kW の範囲では、負荷の H が 2.5 程度までは特にマシナイズを大きくしなくとも製作が可能と考える。 H がさらに大きくなると、熱容量を増す必要からマシナイズをかなり大きくしなければならず、回転子けい素鋼板の強度等他の要素からも制約を受けることになるが、10,000 kW で H が 5 程度では特殊な考慮を払えば製作上問題はないと考える。

なお、負荷の GD^2 が非常に大きい場合に発生する熱損失を減らす比較的簡単な方法として、電動機を極数変換形として順序始動する方法がある。始動時の回転子導体発生損失は前に述べたように下式で表わされる。

$$Q_2 = \left(\frac{2\pi n_s}{60} \right)^2 \frac{GD^2}{4} \int_0^1 \frac{T_M}{T_A} S \cdot ds \quad (\text{W})$$

簡単のために $T_A = T_M$ (すなわち $T_L = 0$) とすれば

$$Q_2 = \frac{GD^2}{730} n_s^2$$

今、電動機を極数変換形とし、低速側の同期速度を、 $\frac{1}{2}n_s$ 、高速側の同期速度を n_s (たとえば、4極と8極の極数変換では、 $n_s = 1,800 \text{ rpm}$, $\frac{1}{2}n_s = 900 \text{ rpm}$) とすれば、

$$Q_2' = \left(\frac{2\pi \cdot \frac{n_s}{2}}{60} \right)^2 \cdot \frac{GD^2}{4} \int_0^1 \frac{T_M}{T_A} S \cdot ds + \left(\frac{2\pi n_s}{60} \right)^2 \cdot \frac{GD^2}{4} \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{T_M}{T_A} S \cdot ds \quad (\text{W-s})$$

仮定により

$T_A = T_M$ であるから、

$$Q_2' = \frac{1}{2} \cdot \frac{GD^2}{730} \cdot n_s^2 \quad (\text{W-s})$$

となり、発生損失は、一段速度の場合の $\frac{1}{2}$ となる。したがって、 GD^2 が非常に大きく一段速度では、製作困難な場合でも2段速度にすれば製作が容易となることがある。

普通2段速度形電動機は、一段速度形電動機に比べてマシンサイズが大きくなり、また特性も悪くなるが、始動のためだけに2段速度にする場合は、低速側の運転特性は問題にする必要がないため、高速側の特性を犠牲にすることなく、また、低速側は短時間定格で良いためにマシンサイズもさほど大きくせずに製作できる。したがって、一段速度にしてマシンサイズを大幅に大きくするよりはむしろ安くできることがある。先に製作可能な H の大きさを概略述べたが、2段速度にすればさらに大きな H の場合でも製作可能となる。

8. む す び

まえがきにも述べたように、使用場所の電源容量は近年とみに増強され、数千kWのかご形電動機を始動できる場所も増えてきた。このため、多くのユーザーの間では、たとえば、火力発電所の押込通風機、給水ポンプや、鉄鋼プラントの空気圧縮機、ブロー、および

- (1) 電動機の始動トルクは60%、温度上昇40degの標準かご形電動機に適用する
- (2) 負荷トルクは速度の2乗に比例し、定格速度にて定格トルクに等しいとする
- (3) 冷状態からは引続き2回の始動、定格運転時の温度からは1回の始動ができるものとする

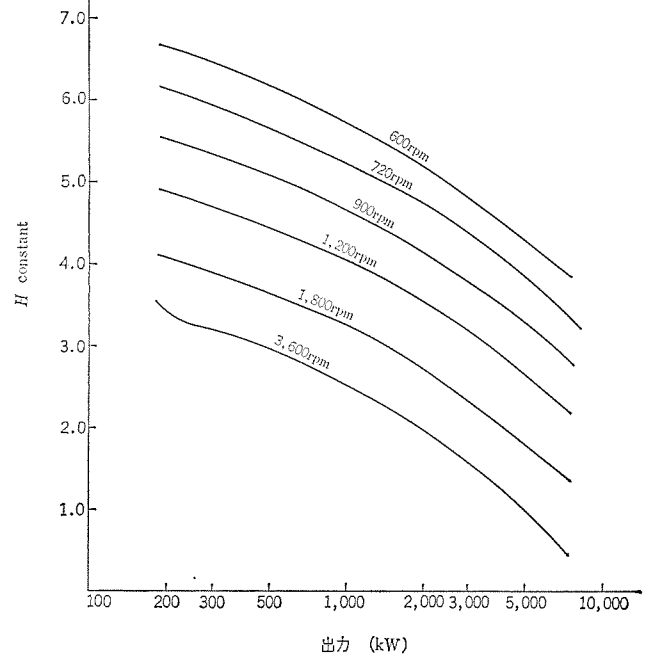


図 7.1 負荷の許容 H constant.
Allowable H constant of load.

化学プラントの圧縮機用など、5,000~10,000 kW の大容量電動機として、保守簡単で安価なかご形電動機を採用することが真剣に検討されている。ヨーロッパではすでに10,000 kW を越える大容量かご形電動機が使用されており、わが国においても今後は大容量電動機の多くがかご形電動機で製作されることになると思われる。当社は、7,300 kW 電動機的设计、製作にあたり、回転子パー、エンドリングを模擬したろう付けテストピースによる強度試験、実機の回転子と鉄心長のみが異なるモデル回転子による工作法の研究など、数多くの実験と研究を重ねており、大容量かご形電動機の製作について十分な技術的データと自信を持っているが、今後さらに研究を積み重ね、ユーザーの期待に応えていく所存である。最後に7,300 kW 電動機的设计、製作に当たりご指導、ご協力いただいた多くの方々、並びに現地測定を快諾され、多くの便宜を計って下さった新日本製鉄、神戸製鋼に対し謝意を表したい。

回転曲面に分布する電流による磁界の計算法

野村 達衛*

Method of Calculation of Magnetic Field
Due to Current Distribution on Revolving Surfaces

Central Research Laboratory Tatsuei NOMURA

In the magnetic field at a generator end, a saddle shaped magnet, the deflection coil of a picture tube and the like, the iron boundary is axis-symmetric, and the coil current is distributed on revolving surfaces. The current flow is three dimensional such as peripheral, axial and radial, making it hard to analyze the problems. The numerical calculation by the finite difference method can be applied to the field calculation involving the complex iron boundaries. This paper describes a particular finite-difference method by the use of magnetic scalar potential and its application to the deflection yoke for the TV picture tube. The problems on the magnetic field with too complicated boundaries to take them into account through the usual method are now exactly solvable by this method.

1. ま え が き

発電機端部やテレビジョン用偏向コイルあるいは円筒くらし形マグネットの磁界問題は、鉄心境界が軸対称で電流も軸対称の回転曲面^{注1)}に分布し、電流は円周方向成分のみならず、軸方向成分と半径方向成分も存在する三次元の磁界問題で、その解析はむずかしい。たとえば発電機端部の問題では、今まで Biot-Savart 法則を用いた方法⁽¹⁾や、Tegopoulos の方法⁽²⁾などがよく使われているが、複雑な鉄表面境界は単純な平板で近似しなければならなかった。固定子鉄心押え板や、回転子コイル保持環などの複雑な形状の境界を考慮した解析は、電解そう(槽)などを用いた模擬解析⁽³⁾⁽⁴⁾によらねばならなかった。

このような三次元磁界問題に対し、複雑な鉄心境界も考慮できる磁界計算法として差分法による数値計算が期待される。差分法において、磁気ベクトルポテンシャルを用いる方法と、磁気スカラーポテンシャル(以後スカラーポテンシャルあるいは単にポテンシャルと称す)を用いる方法が考えられる。ベクトルポテンシャルを用いる方法⁽⁵⁾についても検討したが、ベクトルの3成分を含む三つの連立微分方程式を解かねばならず、計算機は多くの記憶場所が必要であり、差分方程式の緩和法⁽⁶⁾による計算も収束しむずかしいことが多い。

スカラーポテンシャルを用いた場合には、ポテンシャルを V とすると基礎微分方程式は $\text{div} \cdot \text{grad } V = 0$ であり、円筒座標系 (r, θ, z) に対し

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \quad (1.1)$$

となり、基礎式はベクトルポテンシャルを用いた場合より簡単である。しかしながら、この場合 $\text{rot } H = \text{rot} \cdot \text{grad } V \equiv 0$ であり、電流の分布するところには式(1.1)は適用できないので、電流の取り扱いがむずかしくなる。筆者は電流を Current Sheet で表わし、この Sheet 近傍におけるスカラーポテンシャルの取り扱い方を検討した。ここに Current Sheet とは巻線を無限に薄い Sheet にて表現し、電流はその Sheet に集中しているとみなしたもので、巻線は1枚の Sheet で表わすとは限らず多数の Sheet によって表現することもできる。

そして、差分法に対するこの方法の適用方法について検討し、実際の計算におけるスカラーポテンシャルを用いた場合の電流の取り扱いに対する困難性を解決した⁽¹³⁾。実例として鉄心付くらし形コイル構造を有するブラウン管電磁偏向コイルの解析例を示し、この種の問題に対する適用性を示す。

2. 解 析 方 法

2.1 電流分布の展開式

円筒座標系を用い、 z 軸を回転軸とした回転曲面に電流が分布すると考える。この条件は一般に回転機の端部コイルにおいて成立している⁽⁷⁾⁽⁸⁾。すなわちコイルは厚さを有する回転曲面形状の層内に分布するが、薄層の Current Sheet で近似する。(厚さを考慮するためには多数の Current Sheet を考える)。

Current Sheet の電流分布は、円周方向成分を i_θ とし、 θ 面^{注2)}に平行な電流成分を i_{rz} とする。 $(i_{rz}$ は電流の半径方向成分と軸方向成分のベクトル和である)。電流成分 i_θ と i_{rz} の分布は連続の関係 ($\text{div } i = 0$) によってその表式間に関連がある。まず電流成分 i_{rz} は、円周の単位角度当たりの電流密度 (A/rad) として次のように表現できる。

$$i_{rz}(r, \theta, z) = i_0(r, z) + \sum_{n=1}^{\infty} \{ i_{sn}(r, z) \sin n\theta + i_{cn}(r, z) \cos n\theta \} \quad (2.1)$$

ここに i_0 の項は全円周で均一に分布する電流、 i_{sn} i_{cn} の項は $\theta = 0, \pm\pi/2n, \dots$ の θ 面に対して対称な正弦波分布の成分を表わしている。たとえば、2極タービン発電機端部巻線では式(2.1)の $n=1$ の項だけで十分正確に表わされ、 $i_{s1}(r, z) \sin \theta + i_{c1}(r, z) \cos \theta$ と表わされる⁽⁷⁾。

電流の連続の関係式を Sheet 内の電流分布に適用すると次式を得る。

$$\frac{\partial i_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial i_{rz}}{\partial s} = 0 \quad (2.2)$$

ここに s は、図2.1に示すようにその点の θ 面に沿った Sheet の

注 1) 回転曲面とは一つの平面がその上の定直線(本文では z 座標軸)を軸として回転するとき、その平面上の定曲線 C の運動によってできる面と定義され、 C を母線という。

注 2) 立体の形状を示すとき用いる断面の呼称を、本文では、座標 θ が一定である面を θ 面(あるいは θ 断面)座標 z が一定である面を z 面(あるいは z 断面)と称することにする。

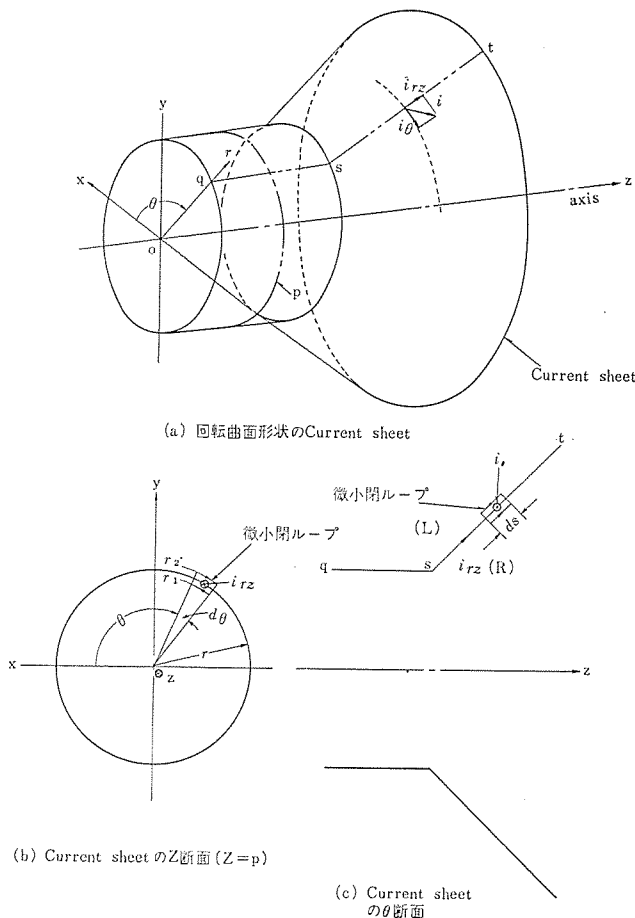


図 2.1 回転曲面形状の Current Sheet
Current sheet with the shape of a revolutionary surface.

接線方向の長さを表わし、また i_θ は s の単位長さ当たりの電流密度とする。式 (2.2) を θ に関し積分すれば次式をうる。

$$i_\theta(r, \theta, z) = i_a(r, z) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\frac{di_{sn}}{ds} \cos n\theta - \frac{di_{cn}}{ds} \sin n\theta \right) \quad (2.3)$$

ここに i_a は、 θ には無関係な電流分布で軸対称電流分布を表わしている。また i_{sn} と i_{cn} は、式 (2.1) で用いた電流分布を表わす係数である。

軸対称電流成分以外の周辺方向電流分布は、式 (2.1) で使われた電流分布の係数 i_{sn} と i_{cn} の s 方向への微係数を係数とする級数で表示されている。

2.2 電流分布とスカラーポテンシャルの関係

前章に述べたように、スカラーポテンシャルを用いる場合には無限に薄い Current Sheet を考え、磁界を計算する全領域に対し、基礎式 (1.1) を用いる。Current Sheet のところは、 $\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{i}$ の関係に基づき Sheet の両面のスカラーポテンシャルに差 (ポテンシャルギャップ) を考える。スカラーポテンシャルは磁位であり、ポテンシャルの差は起磁力を意味する。

図 2.1 に示す例において、Current Sheet 近傍におけるポテンシャルの関係を求める。同図 (b) は $z=p$ における z 断面を示し、Current Sheet の一部を囲む微小閉ループを考えて Amper の法則を適用すると次式が得られる。

$$i_{rz} d\theta = \left(\lim_{r_2 \rightarrow r} H_{r2} \right) d\theta - \left(\lim_{r_1 \rightarrow r} H_{r1} \right) d\theta \quad (2.4)$$

ここに添字 1 と 2 は、おのの Current Sheet の内径側と外径側の値であることを示し、 H は θ 方向の磁界の強さである。 $\mathbf{H} = \text{grad } V$

の関係から、上の式は

$$i_{rz} = \frac{\partial V_L}{\partial \theta} - \frac{\partial V_R}{\partial \theta} \quad (2.5)$$

ここに $V_R = \lim_{r_1 \rightarrow r} V$, $V_L = \lim_{r_2 \rightarrow r} V$ となる。ここで一般的に添字 R と L は、電流の流れる方向に対しおのの Sheet のちょうど右側と左側の値であることを示すことにきめる。

次に、図 2.1 (c) に示す θ 平面内において、Sheet を含む閉ループを考えるとまったく同様に次の関係式

$$i_\theta = \frac{\partial V_R}{\partial s} - \frac{\partial V_L}{\partial s} \quad (2.6)$$

が得られる。

一方微分方程式 (2.4) の解の形を次式で表わす。

$$V = \phi_0 + \psi_0 \theta + \sum_{n=1}^{\infty} \{ \phi_n \sin n\theta + \psi_n \cos n\theta \} \quad (2.7)$$

ただし ϕ と ψ は座標 r, z の関係で、本文では二次元ポテンシャルあるいは単にポテンシャルということにする。電流分布の表式と、スカラーポテンシャル分布の表式の間の関係は次のように導くことができる。

式 (2.5) の右辺に式 (2.7) を入ると

$$i_{rz} = (\psi_{0L} - \psi_{0R}) + \sum_{n=1}^{\infty} n \{ \phi_{nL} - \phi_{nR} \} \cos n\theta - (\psi_{nL} - \psi_{nR}) \sin n\theta \quad (2.8)$$

ただし添字 R と L は、それぞれの関数の Current Sheet の右側と左側に近接した極限値とする。

となる。式 (2.1) の左辺と比較して、次のようにポテンシャルの Sheet 近傍における関係式が導かれる。

$$\left. \begin{aligned} \psi_{0L} - \psi_{0R} &= i_0 & (a) \\ \phi_{nL} - \phi_{nR} &= i_{cn}/n & (b) \\ \psi_{nL} - \psi_{nR} &= -i_{sn}/n & (c) \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

また式 (2.6) の右辺に式 (2.7) を入ると次式が得られる。

$$i_\theta = \left(\frac{d\phi_{0R}}{ds} - \frac{d\phi_{0L}}{ds} \right) + \left(\frac{d\psi_{0R}}{ds} - \frac{d\psi_{0L}}{ds} \right) \theta + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \left(\frac{d\phi_{nR}}{ds} - \frac{d\phi_{nL}}{ds} \right) \sin n\theta + \left(\frac{d\psi_{nR}}{ds} - \frac{d\psi_{nL}}{ds} \right) \cos n\theta \right\} \quad (2.10)$$

これを式 (2.3) と比較すると第一項から

$$\phi_{0R} - \phi_{0L} = \int i_a ds \quad (2.11)$$

が得られる。 i_a は式 (2.3) で定義した軸対称電流成分で、この式の右辺の積分値は起磁力に相当し、電流 i_a の存在しないところにおいても、積分値に等しい Current Sheet が続いていると考えねばならない。式 (2.10) の第 2 項からは

$$\frac{d\psi_{0R}}{ds} - \frac{d\psi_{0L}}{ds} = 0$$

の関係が得られるが、 S に関し積分すれば式 (2.9) (a) の関係で十分であることがわかる。

式 (2.10) の最後の項に関しては、式 (2.9) (b), (c) の関係で十分であることがわかる。

以上の計算により、Current Sheet におけるポテンシャルの差は、式 (2.9) と式 (2.11) で表わされることがわかる。表 2.1 に電流分布の形とポテンシャル分布の形式、および Current Sheet におけるポテンシャルの差の間の関係をまとめた。

表 2.1 電流分布式とスカラーポテンシャル分布形式の関係
Relations of scalar potential with current distribution on the form.

No.	電流分布の形式		スカラーポテンシャル分布形式	Current Sheet 面におけるポテンシャルギャップ
	分類	$i_{rz}(r, z, \theta)$	$i_{\theta}(r, z, \theta)$	
i	全円周で均一に分布する軸方向・半径方向電流	$i_0(r, z)$	—	$\psi_0(r, z) \cdot \theta$ $i_0 = (\psi_{0L} - \psi_{0R})$
ii	軸対称電流 (円電流)	—	$i_a(r, z)$	$\phi_0(r, z)$ $\phi_{0R} - \phi_{0L} = \int i_a ds$
iii	正弦波分布	$i_n \sin n\theta$	$-\frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cos n\theta$	$\psi_n(r, z) \cdot \cos n\theta$ $i_n = -n(\psi_{nL} - \psi_{nR})$
iv		$i_n \cos n\theta$	$\frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \sin n\theta$	$\phi_n(r, z) \sin n\theta$ $i_n = n(\phi_{nL} - \phi_{nR})$

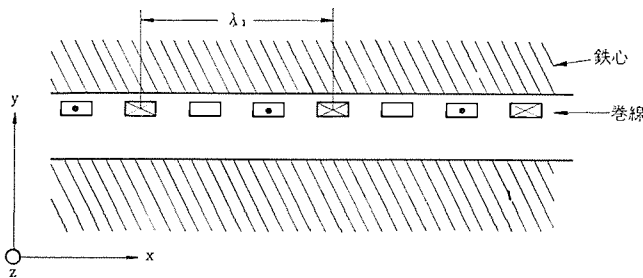


図 2.2 巻線が x 方向に周期的に分布する直交座標系三次元問題例

Three dimensional problem with windings distributed periodically on the x -direction in the cartesian coordinates system.

2.3 基礎微分方程式と境界条件

三次元の基礎微分方程式 (1.1) は、スカラーポテンシャルを表 2.1 に示す表式とすれば、次のような二次元の微分方程式となる。全円周で均一に分布する軸方向・半径方向電流 i_0 の場合と軸対称電流 (円電流) i_a の場合、(表 2.1 case i, ii) には、二次元ポテンシャル ψ_0 あるいは ϕ_0 を u で表わすと、基礎式は

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \quad (2.12)$$

となる。正弦波分布電流の場合 (第 1 表 case iii, iv) には、 ψ_n または ϕ_n を u とおくと、

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{n^2 u}{r^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \quad (2.13)$$

となり、 r, θ, z で記述された基礎微分方程式は、 r, z のみの二次元の微分方程式となる。

スカラーポテンシャルを用いた場合の境界条件は、透磁率が大きくて無限大とみなせる鉄心表面が $V=0$ 、すなわち $u=0$ の境界となる。また回転軸の z 軸上は $V=0$ ($u=0$) となる。(しかるに、もし $V \neq 0$ であるとすれば $\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta}$ と表わされる θ 方向の磁界の強さが、 $r \rightarrow 0$ のとき無限大になるから $V=0$ でなければならない)。

これらの条件のほかに、Current Sheet に対する法線方向磁束密度の Sheet 両面における値が、等しい条件が必要である。

2.4 直交座標系三次元問題への拡張

リモータは、誘導電動機の固定子と回転子の表面の曲率半径を無限大に変形した構造である。このような直交座標系三次元問題の解析に適用することもある。図 2.2 の例で直交座標を (x, y, z) とし x 方向に周期的に巻線が分布しているものとすれば、表 2.1 の (iii) と (iv) の欄の表式の θ と r/n を

$$\theta \rightarrow \frac{x}{\lambda_n}, \quad \frac{1}{n} \rightarrow \frac{\lambda_n}{2\pi}$$

と変えればこの問題の関係式が得られる。ここで λ_n は巻線分布の x 方向繰り返し間隔の $1/n$ の長さで、基礎微分方程式は次式となる。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \left(\frac{2\pi}{\lambda_n}\right)^2 u \quad (2.14)$$

したがってこのような直交座標系の三次元問題は、本文の方法で二次元問題として解析できる。

3. 差分法における Current Sheet の表現

前章にて二次元問題に環元した微分方程式を直接解析的に解くことも、場合によっては可能であるが、多くはごく限られた単純な境界条件の場合についてである⁽⁹⁾。ここでは複雑な境界条件でも、比較的容易に解くことができる差分法を適用して、二次元ポテンシャルの微分方程式 (2.12), (2.13), (2.14), を解く方法について検討した。差分法の適用に当たり問題となるのは、Current Sheet の差分式による表現方法であり、その他は、一般の二次元磁界計算などに用いられる方法と異なることはない。

本章では、円筒座標系の問題におけるこの手法について検討する。

3.1 Current Sheet のないところにおける差分近似式

Current Sheet がないところでは、式 (2.12) あるいは式 (2.13) の微分方程式を次のように差分近似できる。図 3.1 に示す代表的網目格子点 0 において微分方程式の各項は、

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} = (u_2 + u_4 - 2u_0) \frac{1}{h^2}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} = (u_2 - u_4) \frac{1}{2rh}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = (u_1 + u_3 - 2u_0) \frac{1}{k^2}$$

と表わすことができる⁽¹⁰⁾。ここに添字は格子点の値であることを示す。したがってたとえば式 (2.13) は、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{k^2} u_1 + \left(\frac{1}{h^2} + \frac{1}{2rh} \right) u_2 + \frac{1}{k^2} u_3 + \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{2rh} \right) u_4 \\ & = \left(\frac{2}{h^2} + \frac{2}{k^2} + \frac{n^2}{r^2} \right) u_0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

となる。差分式 (3.1) は、一般的に次のように表わされる。

$$B_1 u_1 + B_2 u_2 + B_3 u_3 + B_4 u_4 = B_0 u_0 \quad (3.2)$$

ここに B は式 (3.1) の各項の係数に対応する定数である。

3.2 Current Sheet 近傍における差分近似式

ポテンシャルは、Current Sheet を境にして表 2.1 に示すギャップがあり、これを差分式で考慮する。

表 2.1 の case (iii) を例にとると、ポテンシャルのギャップは、

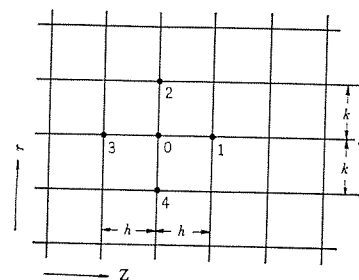


図 3.1 部分的に示した網目格子
Mesh shown partially.

$$u_R - u_L = \frac{i_n}{n} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

であり、ここでは、表 2. 1 の二次元ポテンシャル ψ_n である。

一方 Sheet の法線方向磁界の連続の条件は次式となる。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial w}\right)_R = \left(\frac{\partial U}{\partial w}\right)_L \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

ここに w は図 2. 1 に示すように、Sheet に対し法線方向の隔たりのである。

式 (3.3) から Sheet の接線方向の微係数に関する関係式を求めると、次式となる。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial s}\right)_R - \left(\frac{\partial U}{\partial s}\right)_L = \frac{1}{n} \frac{\partial i_n}{\partial s} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

式 (3.4) と式 (3.5) から図 3. 2 に示した Sheet の交差する網目線 03 上について、ポテンシャルのこう配について考えると、 z 方向の偏微係数は、

$$\frac{\partial U}{\partial z} = \frac{\partial U}{\partial s} \cos \alpha + \frac{\partial U}{\partial w} \sin \alpha$$

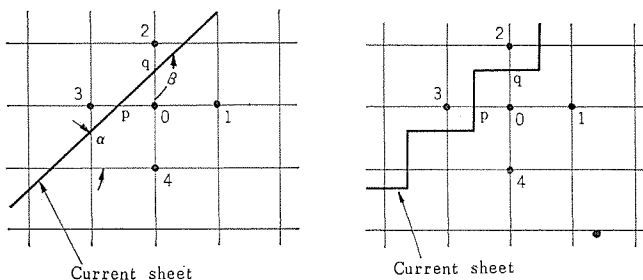
であるから、網目線 03 上のポテンシャルに対して

$$\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)_R - \left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)_L = \frac{1}{n} \frac{\partial i_n}{\partial s} \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

の関係を得る。これより網目線 03 上のポテンシャル分布は、図 3. 3 に示すように考えることができる。点 p において i_n/n があり、Sheet の右側と左側のポテンシャルのこう配には、式 (3.6) の差が生じている。ここで次のように近似する。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)_R = \frac{U_0 - U_R}{0p},$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)_L = \frac{U_L - U_3}{p3}$$



(a) (b) Current sheet の折線近似

図 3. 2 Current sheet 近傍の網目格子
Mesh lattice near the current sheet.

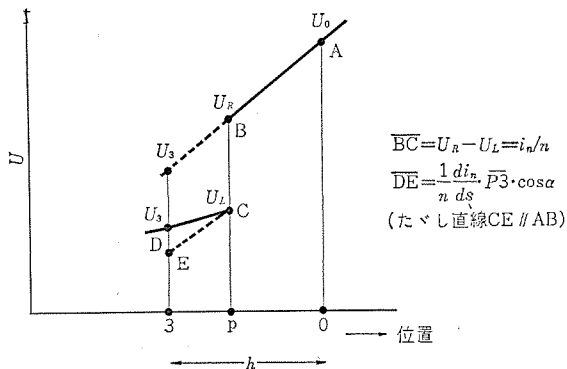


図 3. 3 Current sheet が交さる網目線上のポテンシャル分布
Potential distribution on the mesh line crossed by a current sheet.

ここに $0p$ および $p3$ は、点 0 と p および点 p と 3 の間の長さである。点 0 側のこう配 $(\partial U/\partial z)_{0p}$ を求めると、

$$\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)_{0p} = \left(U_0 - U_3 - \frac{1}{n} i_n + \frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cdot p3 \cdot \cos \alpha\right) \cdot \frac{1}{h} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

となる。これが、点 0 から見た網目線 03 間のポテンシャルの見かけのこう配である。同様に、点 0 から見た網目線 02 間のポテンシャルの見かけのこう配 $(\partial U/\partial z)_{0q}$ は、

$$\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)_{0q} = \left(U_2 - U_0 + \frac{1}{n} i_n - \frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cdot q2 \cdot \cos \beta\right) \cdot \frac{1}{k} \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

となる。式 (3.7) と式 (3.8) は別の見方をすれば、点 0 から見た点 3 の見かけのポテンシャルが、 $\left(U_3 + \frac{1}{n} i_n - \frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cdot p3 \cdot \cos \alpha\right)$ となり、点 2 の見かけのポテンシャルが、 $\left(U_2 + \frac{1}{n} i_n - \frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cdot q2 \cdot \cos \beta\right)$ となる。したがって Current Sheet を考慮した差分近似式は、網目交点 0 に対し、次のように考えることができる。

$$\begin{aligned} B_1 U_1 + B_2 \left\{ U_2 + (i_n/n)_q - \left(\frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cdot qz \cdot \cos \beta \right) \right\} \\ + B_3 \left\{ U_3 + (i_n/n)_p - \left(\frac{1}{n} \frac{di_n}{ds} \cdot p3 \cdot \cos \alpha \right) \right\} \\ + B_4 U_4 = B_0 U_0 \quad \dots\dots\dots (3.9) \end{aligned}$$

ここに添字 p と q は、点 p と q の値であることを表す。

また Current Sheet の形状を、図 3. 2 (b) に示すように折線で近似すれば、式 (3.6) の右辺は零であり、式 (3.9) は次のような簡単な形の差分近似式となる。

$$\begin{aligned} B_1 U_1 + B_2 (U_2 + i_n/n) \\ + B_3 (U_3 + i_n/n) + B_4 U_4 = B_0 U_0 \quad \dots\dots\dots (3.10) \end{aligned}$$

Current Sheet 近傍について問題にしなければ、この差分近似式のほうが簡単でよい。

著者は、このような差分方程式の設定を電子計算機にて行なわせるプログラムを作成した。この際、Current Sheet に沿ってその座標と電流値を適当な間隔で与え、その隣りあう座標間の Sheet は直線で近似し、また電流分布も一次内そう(挿)で与える方法を用いた。この方法で、形状の異なる種々の問題には応用できる計算プログラムが完成された。このような応用性のあるプログラムによれば、Current Sheet が何枚でも考慮できるので、かなり厚みのあるコイルの中に流れる電流分布も、多数の Sheet によって表現できた。

3. 3 差分方程式の計算

一般の境界値問題に使われる過大緩和法 (S. O. R)⁽⁹⁾ が、適用できる。式 (3.9) あるいは式 (3.10) の例で表現された、Current Sheet 近傍の差分式は、

$$B_1 U_1 + B_2 U_2 + B_3 U_3 + B_4 U_4 + C = B_0 U_0 \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

ここに C は Current Sheet の電流値などによって定まる定数で、考えている格子点に固有のものである。

と表わされ、Current Sheet のないところにおける差分式 (3.2) に比べ、定数 C が加わっているにすぎなく、二次元の Poisson 方程式の差分近似式と同じ形となっているので、特に変わった取り扱いはいらない。

過大緩和法による差分方程式の計算は、スカラーポテンシャルを用いた場合には、鉄心の境界をポテンシャルが既知の境界、すなわち第 1 種境界条件^{注 3)}にとることができるので収束性がよい。著者は文献

注 3) この表現は文献 (10) によった。

(11)の加速定数の設定方法を用い、発電機端部の磁界計算や、鉄心付くら形構造コイルのブラウン管電磁偏向コイルなどに適用したが、完全に収束した解を容易に得られた。

4. 解析例

鉄心付くら形構造コイルの問題はきわめて解析が困難な問題の一つである。この鉄心付くら形コイルの問題の適用例を示し、本方法の実際問題への適用性を検討する。鉄心付くら形コイルの例として図4.1に示すような構造のものを考える。これはテレビジョンブラウン管電磁偏向コイルで、円すい(錐)形状のくら形巻線と円すい形の鉄心からなっている。巻線は z 方向で大幅に変化するが、一般的に図4.1の(b)に示す切断面のように円すい形状の薄い層内にエナメル線が巻かれている。鉄心は、巻線の円すい部を囲むように配置され、偏向コイルの内部の磁束密度を高める。図4.2は偏向コイルの θ 断面を示し、斜線で示す巻線層に流れる電流を、太い実線で示すCurrent Sheetによって表現する。円すい部の巻線は、大体 θ 平面に平行な方向に向いており、図4.1(b)に示す z 断面から巻線密度の分布を座標 θ に対して求めれば、Sheetに沿う方向の電流成分 i_{rz} の分布が求められ、たとえば、図4.3のように座標 θ に対する分布が求められる。磁界計算は、実際に使われている偏向コイルに対して行ない、磁界分布の測定値との比較を行なうため、計算に用いたコイルを樹脂によって固めたうえで、切断することにより巻線分布を測定した。また図4.1に示す巻線両端のつば形状の部分は、巻線が主として円周方向になっているので、電流成分は i_θ が大きい。しかしながら計算にはSheetに沿う方向の電流 i_{rz} の分布が必要で、つば形状部分では巻線を円筒形状に切断しなければならないが、切断工作はむずかしいので写真撮影により巻線分布を分析した。

電流成分 i_{rz} の分布はFourier展開により

$$i_{rz} = i_1 \cos \theta + i_3 \cos 3\theta + i_5 \cos 5\theta \dots (4.1)$$

と表わされる。計算値と実測値を比較検討するために用いた偏向コイルの巻線分布を、図4.2に示すCurrent Sheetの位置a~mにおいて測定した。図4.3に分布例を示す。図4.4はSheetに沿う電流成分 i_{rz} の係数 i_1, i_3, i_5 の分布を示す。円周方向電流 i_θ は式(2.3)で示すように係数のSheetに沿った変化分である。円すい部e~lでは、電流の大部分を占める基本波成分 i_1 の変化が小さく、円周方向の電流成分 i_θ が小さい。a~eとl~mの部分の巻線は円周方向になっているので、係数の変化が大きく、円周方向の電流 i_θ が大きい。 i_{rz} の分布でもって電流成分 i_θ の分布も表現でき、磁界計算では i_{rz} の分布を使えば、 i_θ も考慮できる。

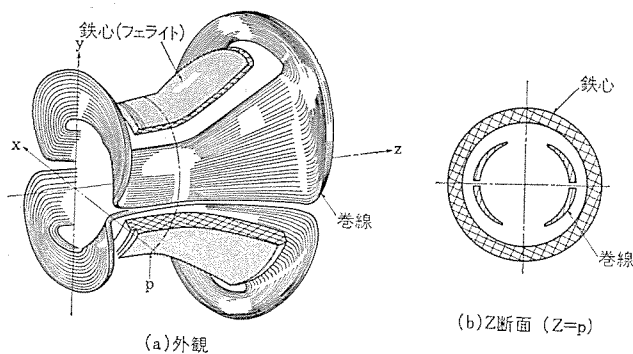


図4.1 鉄心付くら形構造の偏向コイル
Deflection yoke for picture tube with saddle shaped windings and an iron core.

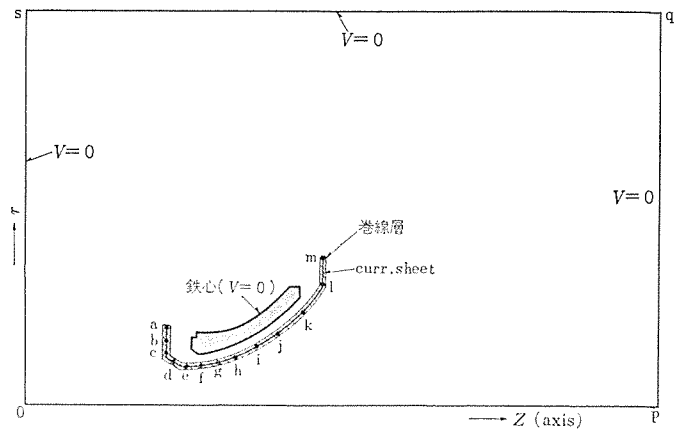


図4.2 偏向コイル磁界計算領域
Bounds of magnetic field of the deflection coil.

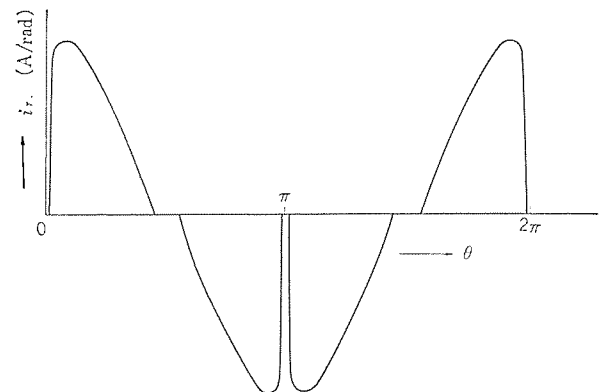


図4.3 電流成分 i_{rz} の座標 θ に対する分布例
Example of distribution of the current component i_{rz} vs. the coordinate θ .

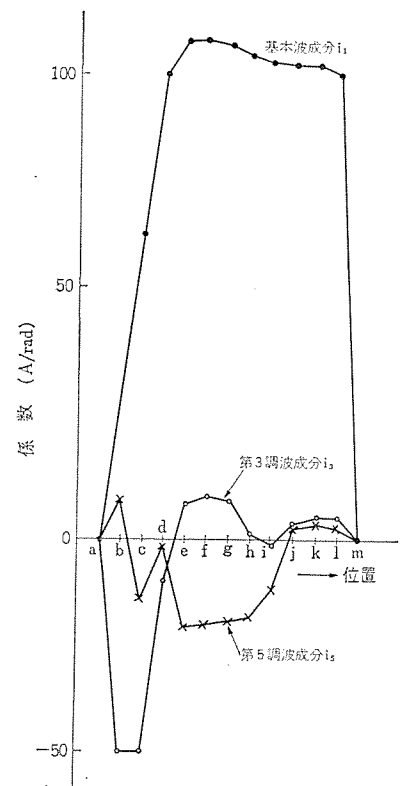
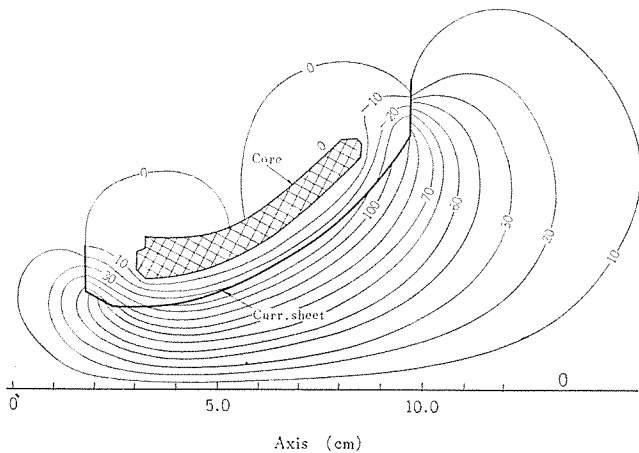


図4.4 偏向コイルの電流分布のFourier級数展開
Fourier series expansion of the current distribution of the deflection yoke.

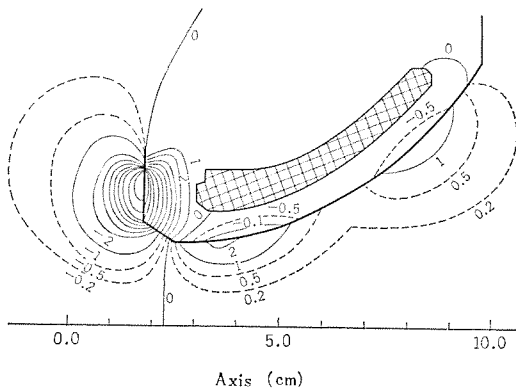
磁界計算は、式(4.1)の第1項の基本波分布($n=1$)、第2項の第3調波分布($n=3$)、および第3項の第5調波分布($n=5$)の各二次元ポテンシャルを計算し、その重畳によって求める解が得られる。

差分法による磁界計算は図4.2に示す θ 断面の領域に対して行なう。周囲境界は $p-q-s-o$ にポテンシャル零の境界を設定する。その位置は、コイル付近の磁界分布に位置による影響が及ばないように遠くにとっている。また z 軸は、2章に述べたようにポテンシャル零である。鉄心はフェライトで比透磁率は大きく、その表面はポテンシャル零と考える。

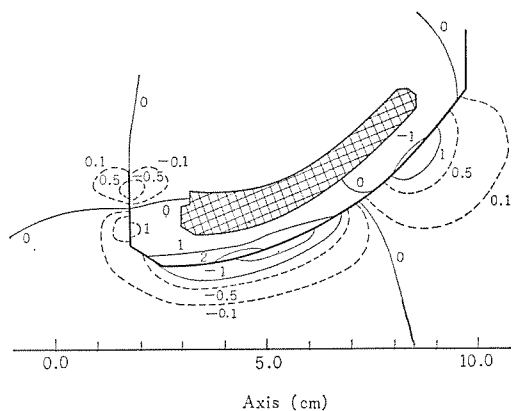
このような条件のもとに、差分方程式を先に述べた緩和法によって計算する。電流の基本波分布からポテンシャル ϕ_1 、第3調波分布からポテンシャル ϕ_3 、第5調波分布からポテンシャル ϕ_5 の各分布を計算す



(a) ポテンシャル ϕ_1 の分布



(b) ポテンシャル ϕ_2 の分布



(c) ポテンシャル ϕ_3 の分布

図4.5 計算した磁界の等ポテンシャル図
Equipotential graph of calculated magnetic field.

る。これらを総合したスカラーポテンシャル V は、

$$V(r, z, \theta) = \phi_1(r, z) \sin \theta + \phi_3(r, z) \sin 3\theta + \phi_5(r, z) \sin 5\theta \dots \dots \dots (4.2)$$

として求められる。この場合磁束密度の分布 B_r, B_θ, B_z は、 $B = \mu_0 \text{grad } V$ から次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} B_r(r, \theta, z) &= \mu_0 \left[\frac{\partial \phi_1}{\partial r} \sin \theta + \frac{\partial \phi_3}{\partial r} \sin 3\theta + \frac{\partial \phi_5}{\partial r} \sin 5\theta \right] \\ B_\theta(r, \theta, z) &= \mu_0 \left[\frac{\phi_1}{r} \cos \theta + \frac{3\phi_3}{r} \cos 3\theta + \frac{5\phi_5}{r} \cos 5\theta \right] \\ B_z(r, \theta, z) &= \mu_0 \left[\frac{\partial \phi_1}{\partial z} \sin \theta + \frac{\partial \phi_3}{\partial z} \sin 3\theta + \frac{\partial \phi_5}{\partial z} \sin 5\theta \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4.3)$$

図4.5は先に巻線分布を求めた実際のコイルの計算結果で、基本波分布に対するポテンシャル ϕ_1 、第3調波分布に対するポテンシャル ϕ_3 、および第5調波分布に対するポテンシャル ϕ_5 の分布を示している。この図から高調波分布になるとCurrent Sheet近傍すなわち巻線近傍に磁界が集中し、巻線より遠いところでは影響が及ばなくなる度合いが強いことがわかる。

図4.6は、式(4.3)によって計算した磁束密度を z 軸に直角な断面上の分布を示す。この結果を実測値と比較するとかなりよく一致する。

本文の例では巻線が非常に複雑な構造であって、切断によって巻線分布を調べた結果を用いて磁界計算を行なったが、発電機などの大形の機器においては、巻線形状は偏向コイルの場合よりもかなり簡単であり、巻線分布は計算のみによって求められるので、磁界解析は容易である。

偏向コイルの磁界問題は、巻線近傍における磁界分布の計算は必要がなく、中心付近の空間の磁界について実測と比較し、適用性を検討したが、発電機端部の磁界問題では、巻線内の磁界分布も問題

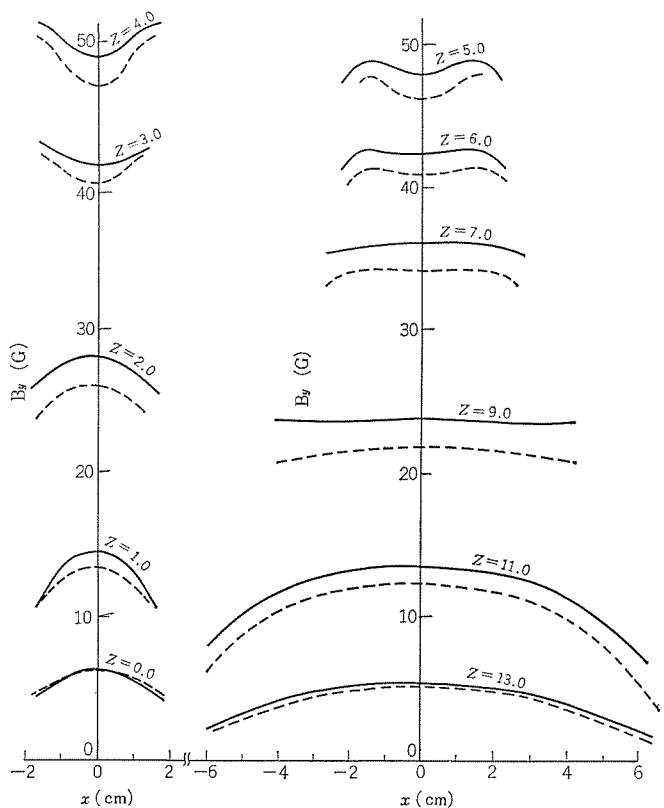


図4.6 偏向コイルの軸に直角な断面の磁束密度
Distribution of flux density on the crosssection perpendicular to the axis.

となる, 別の機会⁽¹²⁾にてこの方法の適用性を検討する。

5. む す び

回転曲面に電流が分布するような, 三次元磁界問題の磁気スカラーポテンシャルを用いた差分法による計算方法を述べ, 適用例を示した。この手法による発電機端部の磁界問題への適用例は, 別の論文⁽¹¹⁾に紹介する。

この手法は, 回転曲面に電流が分布しているとは一見考えられないような, 三次元磁界問題に適用できる(付録の例参照)。したがって本文の方法は, 三次元磁界問題の解析に対する有力な手段の一つであるといえよう。

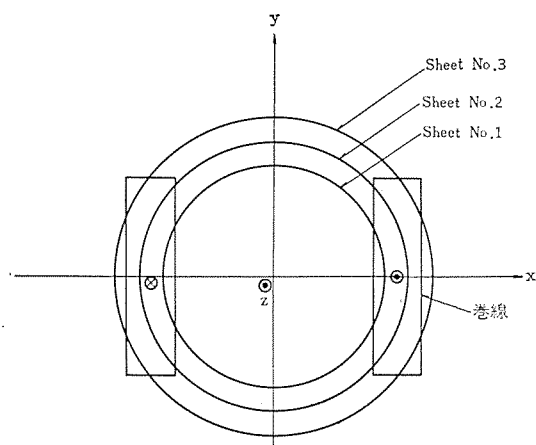
著者は種々の問題への適用を試みており, 別の機会に報告したい。

最後に種々ご検討をいただいた当所岩本研究員および関係者のかたがたに感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) P. J. Lawrenson : Proc. IEE, 108, part A, 538 (1961)
- (2) J. A. Tegopoulos : IEEE Trans, PAS-82, 562 (1963)
- (3) R. L. Winchester : AIEE Trans., 74, pt. III, 381 (1955)
- (4) 奥田 : 電学誌 88-6, No. 957 (昭43)
- (5) 奥田 : 昭43年電気学会東京支部連大 No. 135
- (6) 正野 : 緩和法入門 (昭38) 朝倉書店
- (7) J. A. Tegopoulos : AIEE Trans., 81, pt. III, 695 (1962)
- (8) D. S. Ashworth et al : Proc. IEE, 108, part A, 527 (1961)
- (9) R. T. Smith : AIEE, 77, pt. III, paper 58-1, Aug. (1958)
- (10) 加藤ほか : 微分方程式の近似解法Ⅱ (昭32) 岩波書店
- (11) P. Rachford : J. Soc. Indust. Appl. Math., 3, 28 (1955)
- (12) 野村 : 発電機端部の磁界解析 (投稿予定)
- (13) 野村ほか : 昭和44年電気四学会連大 No. 579
- (14) 野村ほか : Ibid. No. 578

付 録

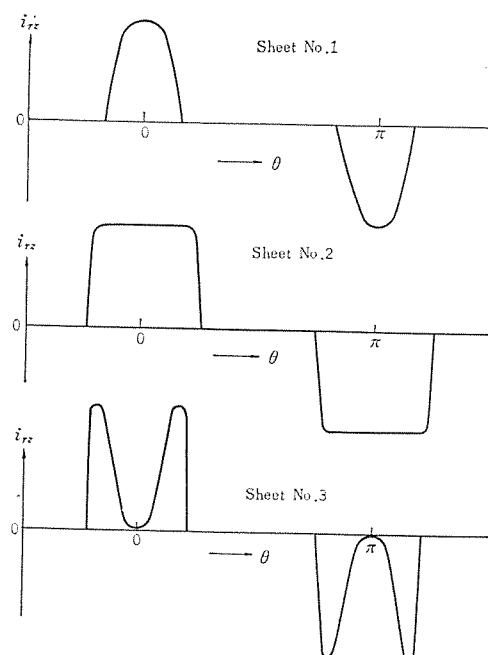


付図 1 回転曲面形状に分布していない巻線の回転曲面 Current Sheet による表現

Expression of the winding not being distributed in a configuration of revolutionary surfaces, by current sheets of revolutionary surfaces.

回転曲面形状に分布していない巻線分布の回転曲面 Current Sheet による表現

巻線分布が回転曲面形状でない問題も, 多数の回転曲面の Current Sheet を用いれば, 本文の方法が適用できるものが多い。たとえば付図 1 に示す(矩)形断面巻線分布は, 数枚の Current Sheet で表わすことができる(図は3枚の Sheet で表現している)。この場合の Current Sheet の円周上の電流分布は, 付図 2 に示すように, 巻線の存在する部分のみ電流があり, 電流分布の Fourier 級数



付図 2 Current Sheet における円周上の電流分布
Current distribution on the periphery of current sheets.

展開式はかなり高次調波の項を含む。磁界計算が巻線より遠いところの分布のみ知ればよいときには, あまり高次調波まで計算する必要はないが, 巻線内部の磁界分布(この可能性については文献(12)に述べる)が必要であれば, 相当の高次調波まで計算すればよい。

ビデオ テープレコーダ VT-900

道家 昭彦*・国井 郷志*

Video Tape Recorders VT-900

Communication Equipment Works

Akihiko DÔKE・Satoshi KUNII

The video tape recorder using a magnetic type for the recording medium has a character of instantaneous reproduction and also economic advantages of recording and playing back some hundred times.

Now video tape recorders type VT-900 with sufficient performance of high resolution to record X-ray fluoroscopic pictures have been developed. This article describes their outlines.

As an annexed device to them, an automatic retrieval unit VS-9 that enables the operator to search the position of desired recorded picture automatically has been worked out. Also a spot device, to be combined with XTV and capable of reproducing the same picture, has been developed to examine a diseased part quickly.

1. ま え が き

ビデオテープレコーダ (Video Tape Recorder : VTR) は、記録媒体に磁気テープを使用しているので即時性があり、また何度でも (数百回) 記録・再生できるという経済性から、最近では放送局のみならず、工業・医学・教育等の諸分野でも使用され、またその地位もますます重要視されるにいたっている。

近年わが国において、医療用に X 線テレビジョン装置が本格的に普及しつつあるが、これにつれて、X 線透視像を VTR によって記録したいという要求が強くなってきた。そして VTR が使用されることにより、透視後の診断が迅速・正確・簡便化され、さらに集団討議・教育にも応用されている。

このような情勢にかんがみ、工業用・教育用はもちろんのこと、X 線テレビジョン用として特に高解像度の可搬形 VTR を開発したので、その概要を以下に述べる。

2. VT-900 の概略仕様および特長

本機は映像信号の方式により、つぎの 2 機種に分けられる。

(a) VT-900……EIA 標準映像信号

(日米国のテレビジョン標準方式)

(b) VT-900 X……フィールド周波数 60 Hz、水平走査線数 625 本、インターレース比 2:1 の複合映像信号 (三菱 X 線テレビジョン方式)

表 2.1 に VT-900 および VT-900 X ([] 内) の概略仕様を示す。

図 2.1, 2.2 は本機の正面および斜視図を示す。

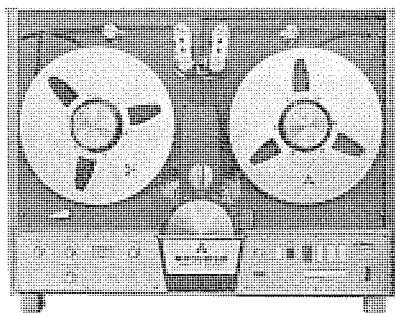


図 2.1 VT-900 Model VT-900.

表 2.1 VT-900 概略仕様
General specification of model VT-900.

項 目	仕 様
テ ー プ	三菱ビデオテープ VM-1090 形(25.4mm 幅 1,080m 長)
リ ー ル	三菱テープリール (NAB 規格 1 インチ 10 号リール)
音 声	1 チャンネル (2 チャンネル可能)
ス ー プ ー 再生	可能 (ただしランダム インターレースの場合は正常な再生ができない)
ス ロ ー モ ー シ ョ ン	標準再生速度の 0~1/5 の範囲で連続可変再生可能 (ただしランダム インターレースの場合を除く)
アフターレコーディング	可 能
リモートコントロール	可能 (VC-9 形付属品使用の場合)
モ ニ タ 据 付	音声のみ内蔵 水平・垂直可能
オ ー ト サ ー チ	1~39 番地まで可能 (VS-9 形を使用の場合)
記 録 時 間	90 分 [75 分] (最大 2 時間)
テ ー プ 速 度	19.87 cm/s (23.38 cm/s)
ビ デ オ ヘ ッ ド 速 度	20.84 m/s
早 送 時 間	5 分以内 (1,080 m テープの場合)
巻 戻 し 時 間	5 分以内 (1,080 m テープの場合)
ワ ウ フ ラ ッ タ	0.15 % RMS 以下
ジ ッ タ ー	1.5 μ s 以下 (60 Hz)
起 動 時 間	5 s 以内 (ストップモードより)
ス キ ュ ー	再生時可変範囲 $\pm 3 \mu$ s 以内
トラッキングコントロール	再生時可変範囲 ± 7 ms 以内
重 量	58 kg (本体のみ)
寸 法	682(W) $\times$ 365(H) $\times$ 530(D) mm
使 用 温 度 範 囲	0°C~40°C
映 像 入 力	0.5~2 V P-P 同期負 インピーダンス 75 Ω または、HIGH 不平衡 (M 形接せん)
映 像 出 力	1.4 V P-P 同期負 インピーダンス 75 Ω 不平衡 (M 形接せん)
映 像 信 号 対 雑 音 比	40 dB 以上
解 像 度	420 本以上 [380 本以上]
音 声 入 力	MIC -70 dB 600 Ω 平衡 JIS 単式 110 号プラグに適合するジャック (3C-30) ただし 1 V を 0 dB とする LINE 0 dB 10 k Ω 平衡 JIS 単式 110 号プラグに適合するジャック (3C-30)
音 声 出 力	0 dB 600 Ω 平衡 JIS 単式 110 号プラグに適合するジャック (3C-30)
音 声 周 波 数 特 性	100~10,000 Hz ± 3 dB
音 声 信 号 対 雑 音 比	40 dB 以上
消 去 率	60 dB 以上
電 源 電 圧	100 V ± 10 %
電 源 周 波 数	50 Hz または 60 Hz (いずれか専用)
消 費 電 力	約 370 VA

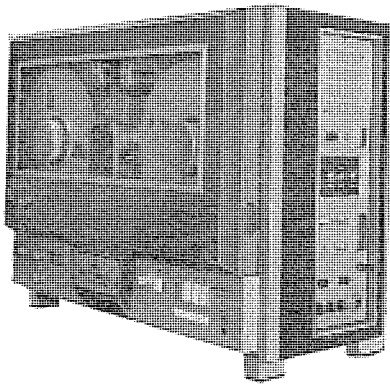


図 2.2 VT-900 Model VT-900.

以下本機の特長について簡単に述べる。

(1) 高解像度

回転1ヘッド方式を採用し、高感度フェライトヘッドを使用しているの
で、解像度は非常に高く、水平解像度420本を満足する。(VT-900)

(2) 長時間記録

テープリールは、NAB規格10号リール(テープ幅1インチ)を使用して
いるので、長時間記録が可能であり、標準1.5時間、最大2時間の
連続記録ができる。

(3) 取扱いの簡易化

可搬形、水平・垂直とも設置可能であり、機器内部にも簡単に組
込むことができる。また可動ガイドを採用したので、1ヘッド方式で
あるのかかわらず、磁気テープの装着は簡単に行なうことができ
る。

(4) 自動検索可能

オートサーチユニットVS-9を使用すれば、磁気テープの任意の位置を
自動的に、迅速・確実に検索することができ、また磁気テープの特
定の区間の繰返し再生も自動的に行なうことができ、教育用・医療
用として便利である。

(5) リモートコントロール可能

プッシュボタンで、すべての操作が可能であり、リモートコントロール装置
を使用すれば、遠隔操作が可能である。

(6) テープ自動停止

磁気テープの両端に透明テープをつけることにより、透明テープ部
で自動停止するので、磁気テープがはずれることがない。

(7) スローモーション、スチル画像再生可能

正規速度の1/5~0(スチル画像)の範囲の任意速度で、画像の再生
が可能である。

(8) テープ指示計

4けたのテープ指示計により、記録スタート位置を知ることができ
る。

(9) 自動レベル調整

めんどろな録画・録音レベル調整が自動化された。手動調整も可
能。

(10) アフレコ可能

再生画像を見ながら、音声のみを新たに録音することができる。

(11) 音声モニタ内蔵

オーディオアンプ、スピーカを内蔵し、簡単に音声モニタができる。

(12) 互換性

VT-900で記録したテープを、別のVT-900で再生するというテ
ープ互換性は完全である。

(13) スポット記録可能

三菱X線テレビジョンと組み合わせる場合、スポット装置を使用すれば、
フィルム撮影像と同じ像をVTRで即時に記録再生できるので便利で
ある。

(14) 保守が容易

回転1ヘッド方式を採用したので、ビデオヘッドの交換は非常に簡単
に行なうことができる。また各部はユニット化されているので、点検
・サービスが容易である。

3. VT-900の構成

本機は大別して、機構部ときょう(筐)体より成る。機構部は軽量
で堅固なアルミ合金鋳物のベース上に組立てられており、きょう体は
レザ-張りの合板を用いて軽量化を計り、この内部に電気回路の大部
分が収容されており、機構部とは二つのコネクタで接続される。

3.1 機構部

映像信号は直流から数MHzにわたる周波数成分を含んでおり、
音声信号に比べると、はるかに広い帯域である。

このような周波数帯域の広い信号を磁気テープに記録するには、
磁気ヘッドとテープの相対速度を大きくする必要がある。しかし磁気
ヘッドを固定し、テープを高速で走行させるよりは、テープを比較的
低速で走行させ、磁気ヘッドを高速で移動させるほうが種々の点で
有利である。現在実用化されているVTRは、すべてこの磁気ヘッドを
移動(回転)させる方式を採用しており、放送局用を除いては、回
転1ヘッド式と回転2ヘッド式の2種類が存在する。

表3.1に両者方式の優劣を列挙した。

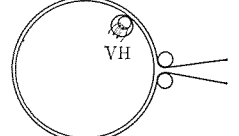
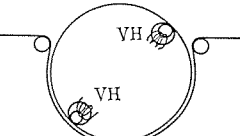
それぞれ長所・短所があるが、VT-900は高解像度、保守の容易
さから、回転1ヘッド式を採用した。

ただし回転1ヘッド式の欠点は次のようにして解決している。

(1) テープが掛けにくい

テープガイドを可動とし、テープを掛けるときのみテープガイドを開き
(ガイド間約10cm)、この部分に関しては回転2ヘッド式よりも容易
にした。

表 3.1 1ヘッド方式と2ヘッド方式の比較
Comparison of the 1 head type and 2 head type.

	回転1ヘッド	回転2ヘッド
概 要	 磁気テープは磁気ヘッドが回転 する周に対し、360°巻き付けら れる。	 磁気テープは磁気ヘッドが回転 する周に対し、180°強巻き付け られる。
構 造	2ヘッドと同じ径であれば周波 数帯域は2倍とれる。 (ただしテープの使用も2倍)	周波数帯域を1ヘッド式と同一 とすれば、ヘッドの回転周は2 倍となり構造的に大きくなり、 機械的精度を出すことは困難。
テープの掛け 易さ	ガイド間隔、ガイドとシリリング 間隔が狭くテープがかかりにくい	ガイドとシリリング間は適当な寸 法を持たせられるので、テープ がかかりやすい
保 守	ヘッド交換が容易	二つのヘッドの角度差が180°に 対し±10秒以内に押える必要が ありヘッド交換が困難
テープ走行	困難	比較的容易
その他	テープを360°ちょうど巻きつけ ることが困難なため、記録でき ない部分が生じる。 (これを当り抜けという)	当り抜けがない

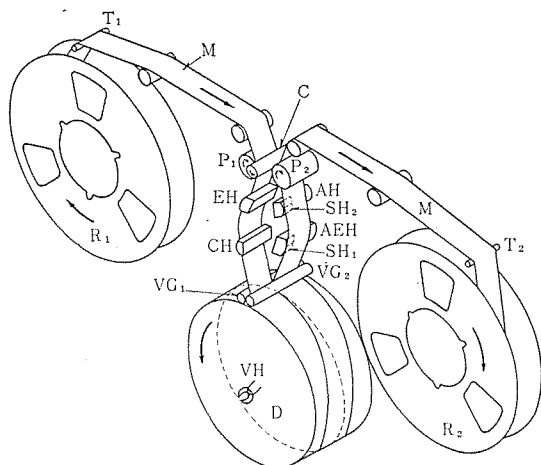


図 3.1 テープ走行系統 Tape path.

(2) 当たり抜けが生じる(信号抜け)

本機の場合、500 μ s 程度の当たり抜けが生じるが、この部分を垂直ブランキング内に入るように設計したので、画面上にこの部分が現われない。

(3) テープ走行上の問題

通常ピンチローが一つであるが、本機はダブルピンチロー機構を採用し、走行の定安化を計っている。

本機のテープ走行系統を図 3.1 に示す。

テープ走行径路は左右ほぼ対称形をしており、テープ走行高さが、左側(テープ供給側)と右側(テープ巻き取り側)との間に 21 mm の差がある。この差は、回転ヘッド部(D)にテープが傾斜して巻きつけられるために生じたものである。

(a) テープ供給系

テープ供給リール(R₁)とテンションアーム(T₁)とは、テンションサーボを構成しており、記録・再生時には、テープテンションが常に一定になるよう制御している。

(b) テープ駆動系

本機は、テープ駆動に 1 モータ式を採用している。モータと巻き取りリール(R₂)との間には、スリップ機構を含む動力伝達機構で、それぞれのリールを定トルクで巻きとっている。

テープ定速駆動は、ダブルピンチロー機構(P₁, C, P₂)によるクローズドサーキット方式を採用し、ループ内(各ヘッド群を含む部分)のテンションを安定化している。従来この種の機構の欠点とされていた、ループ内テンションが安定するまでの時間が長いという問題は、左右ピンチローの押圧に差を持たせるとともに、押圧タイミングを変えることで解決している。

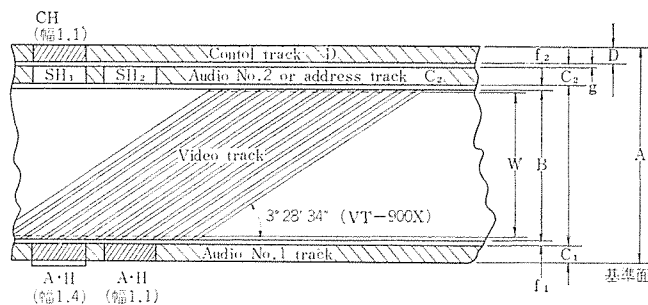
(c) 固定ヘッド群

ダブルピンチローで構成されるループ内のテープ入口から、全幅消去ヘッド(EH)・コントロールヘッド(CH)・回転ヘッド部(D)を経てから、複合ヘッドがあり、テープ一方の端部に音声消去ヘッド(AEH)・音声ヘッド(AH)、他端にオートサーチ用ヘッド(SH₁, SH₂)が配列されている。これらによる磁気トラックを図 3.2 に示す。

コントロールヘッドは、再生時に回転ヘッド(VH)が記録した映像磁化トラックを、正しくトレースさせるためのサーボ基準信号を記録再生する磁気ヘッドである。

(d) 回転ヘッド部

この部分は VTR の心臓部に当たり、磁気テープ(M)は可動ガイド(VG₁)にて斜めに曲げられ、シリンダ(D)をほぼ 360°巻きついた後、



A : テープ幅	25.35±0.05
B : ビデオガードを含んだビデオ幅	21.2
C ₁ : 第一音声トラック幅	1.1±0.05
C ₂ : 第二音声トラック幅 (アドレストラック幅)	1.1±0.05
D : コントロールトラック幅	1.1±0.05
f ₁ : 音声トラックガード幅	0.35
f ₂ : 音声トラックガード幅 (アドレストラックガード幅)	0.20
g : コントロールガード幅	0.30
W : 360°分ビデオトラック (ヘッドセンタ)	21.00

図 3.2 磁気テープフォーマット
Tape format.

可動ガイド(VG₂)で再び元の状態に曲げられる。このとき磁気テープは、シリンダの入口と出口で 21 mm の段差が生じ、しかも回転ヘッド(VH)は、記録時には映像信号の垂直同期信号に同期して回転(3,600 rpm)するため、記録される磁化トラックは、図 3.2 に示すようにテープに対し、3°28'42" (VT-900 X) の傾斜をしている。

可動ガイド VG₁, VG₂ 間にはほぼ 1 mm, VG₁, VG₂ と D 間は 0.2 mm 程度の狭い間隔にしているため、回転ヘッドによる非記録部は約 3 % となっている。ただこのためテープを掛けるのが困難であるため、VG₁, VG₂ を可動とし、テープを掛けるときはつまみで、これらのガイドを開き(このときガイド間は 10 cm)、テープを掛けた後、ガイドを閉じる構造にしている。

3.2 電気部

電気部は、システム・電源・サーボ・映像・音声・消去の 6 機能に分けられ、それぞれユニット化・カード化されており、きょう(筐)体内配線はワイヤハーネス式で行なわれているので性能が安定である。

(a) システム

システム部は、操作者が操作ボタンを押したとき、各部に電力・信号を供給する役目、まちがった操作を行なったときの機器の保護・フルプルーフが主目的で、リレーと半導体で構成される。

(b) 電源

電源部は、動力系統・電子回路系統に電力を供給するためのものである。本機では電源部の軽量化を計るため、トランスにカットコア鉄心を用いるとともに、動力系の DC 電源はトランスを介さず、すべて AC ラインを直接整流する方式を採用した。本方式は、トランスを介した場合よりも電源インピーダンスが低いので、レギュレーションが良い。

(c) サーボ部

本機の回転ヘッドサーボは、当社開発のシンクロサモータをトランジスタで駆動する方式を用い、回転ヘッドとモータ間にはゴムカップリングを介して、高い周波数成分の回転むらを除いている。

録画時のサーボは、回転ヘッドにより記録される磁化トラックが図 3.2 に示すとおりであるが、この 1 本の磁化トラックが映像信号の 1 フィールドになるように、しかも垂直同期信号がトラック端部より 3 H (H : 1 水平走査線分) の位置に規正するためのものである。こ

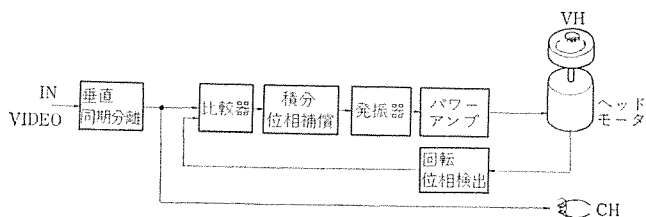


図 3.3 サーボブロック図 (録画)
Block diagram of the servo system (Record).

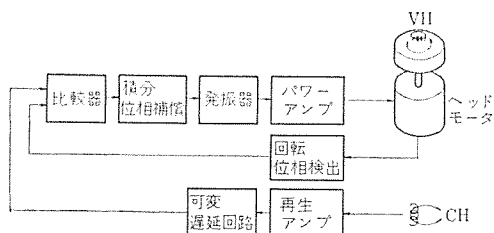


図 3.4 サーボブロック図 (再生)
Block diagram of the servo system (Playback).

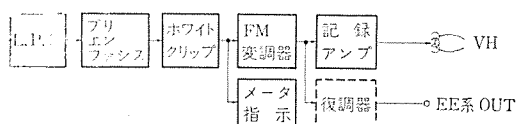


図 3.5 映像系ブロック図 (記録)
Block diagram of the video system (Record).

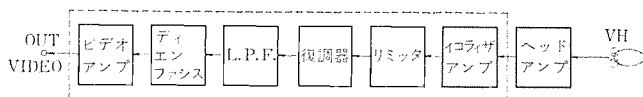


図 3.6 映像系ブロック図 (再生)
Block diagram of the video system (Playback).

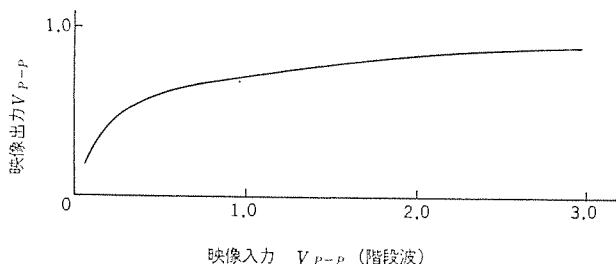


図 3.7 映像 AGC 特性
Video AGC characteristics.

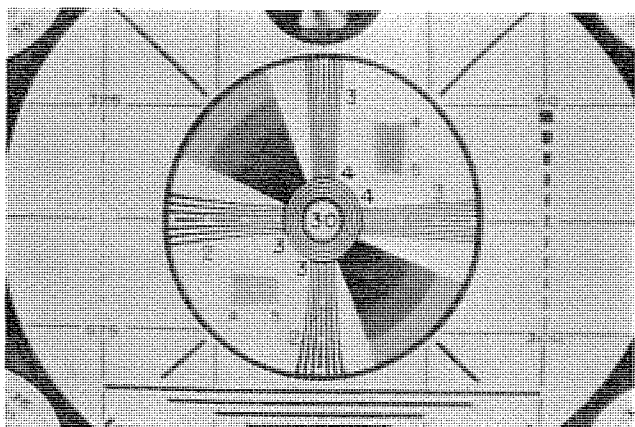


図 3.8 再生テストパターン
Playback test pattern.

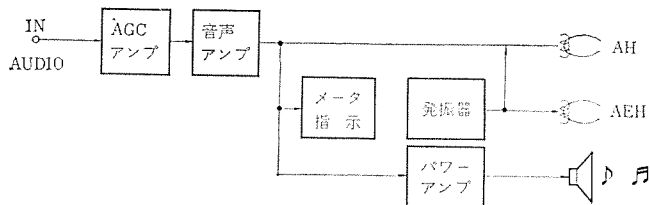


図 3.9 音声ブロック図 (記録)
Block diagram of the sound system (Record).

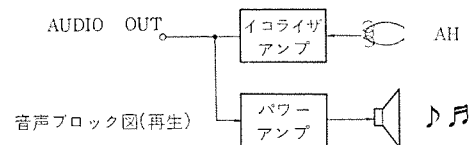


図 3.10 音声ブロック図 (再生)
Block diagram of the sound system (Playback).

の録画サーボのブロック系を図 3.3 に示す。

ビデオ信号は、同期分離で垂直同期信号のみ分離され、比較器に印加される。一方、回転ヘッドに同期する信号が回転位相検出(Magnet Wheel)により取り出され、適当なレベル・波形に整形されて比較器に印加され、ここで両者の位相差を電圧に変換する。この両者の位相差に比例する位相誤差電圧は積分回路で位相補償され、発振器に供給され、発振周波数を制御する。この成分はパワーアンプにて増幅し、同期モータを駆動する。以上のサーボループにより、映像垂直信号と回転ヘッド位相は精密に制御される。

一方同期分離された垂直同期信号は、再生サーボのためにコントロールヘッドにより、パルス状に図 3.2 に示すように記録される。

再生サーボは、図 3.2 に示すビデオトラックを正しくトレースするために制御するもので、図 3.4 に再生サーボのブロック図を示す。再生サーボは、コントロールヘッドの再生信号(垂直同期)を基準として、上述と同様のサーボループで制御している。

(d) 映像系

映像信号は、直流から数 MHz にわたる周波数成分を含み、これを磁気テープに直接記録することは困難であるので、通常被 FM 信号として記録される。映像系のブロック系を図 3.5、3.6 に示す。

VTR としてはオーディオ方式を採用している。ただ従来記録レベル調整が、使用者にとって非常にめんどろであったので、この部分に新設計の AGC アンプをそう入し、映像レベルの調整を不要とした。この特性を図 3.7 に示す。通常ビデオレベルは 0.5~2 V_{P-P} 程度であるので、ほとんどレベルが一定化されていることがわかる。ただ特殊効果録画を行なう場合のために、手動調整も切換えにより可能とした。本機による再生テストパターンを図 3.8 に示す。

(e) 音声系

音声回路の記録ブロック系を図 3.9 に、再生ブロック系を図 3.10 に示す。

本機は、X 線モニタ TV に音声モニタがなく、VTR 音声の再生に不便であったので、音声モニタを内蔵させた。

入力レベル調整は映像と同様に自動レベル調整付きとし、スイッチにより手動調整もできるようにしている。また VTR 独自の機能である、画像を再生しながら音声を新たに記録するアフターレコーディングも可能としている。

4. VTR 付属制御装置

VTR と組み合わせて VTR をより効果的に、また新しい用途を開拓するものとして、スポット装置・自動検索装置を開発したので、以下に説明する。

4.1 スポット装置 (X 線フィルム撮影の即時再生)

本装置については参考文献(1)に詳細に説明されているが、ここでもう一度簡単に説明する。VTR 制御部は基板 1 枚で構成される。

X 線診断において、X 線透視像を TV モニタで監視しながら、精密に診断を要する場面をフィルム撮影するが、この撮影は現像工程を経なければ見ることができない。しかし食道・胃腸などの激しく動いている画像の場合には、撮影直前の透視像と実際の撮影像が異なる場合があるので、撮影時の状態 (フィルム像) を直ちに確認できれば非常に便利であるとの要求が強い。

この要求を満たすのがスポット装置で、これは VTR においてテープ停止状態で 1 画像を記録し、テープはそのままの状態、その画像を再生するという現像工程の不要な磁気記録再生機能をフルに生かしたものである。

この動作原理図を図 4.1 に示す。

手順として、透視を続けている状態 (モニタ TV には透視像が出ている) において

(1) スポット装置を ON にすると、VTR のみが約 5s 間記録状態にてテープ送りをする。(e)

(2) フィルム撮影スイッチを ON にする

X 線量は OFF となり、(a)

フィルム装てん(填)が始まり、(b)

XTV カメラの感度が低下する。(c)

(フィルム撮影時の X 線量は透視時より相当大きくなるため、XTV カメラが飽和することを防止するため感度を下げる。)

(d) のとおり XTV カメラの出力は X 線量がなくなるため同期出力のみとなる。

テープは 0.5s 送られる。(e)

(g) のとおりモニタ TV の入力が XTV カメラ出力から VTR

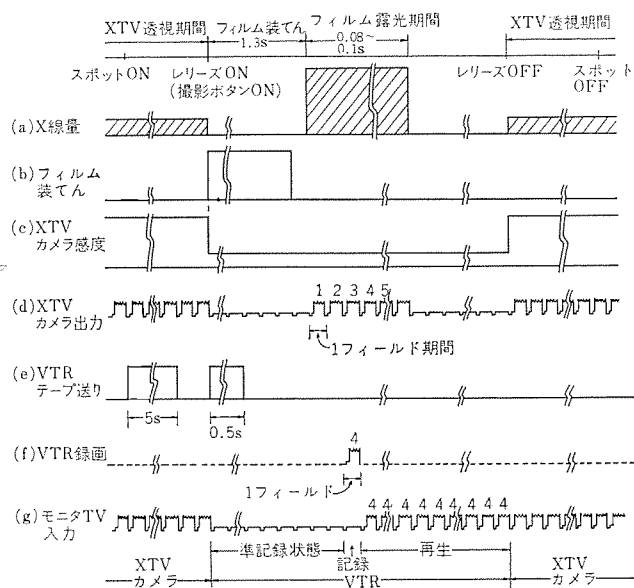


図 4.1 スポット録画再生動作原理図
Principle of 1 field recording.

出力に切り換わる。(画像はラスタースのみ)

(3) 撮影スイッチ ON (2)より 1.3s 後

X 線照射が始まり、フィルムへの露光が行なわれ、(0.08~0.1s)(a)

フィルム装てんはこれ以前に終了している。(b)

(d) のとおり XTV カメラ出力端子には、0.08~0.1s 間透視像が現われる。

フィルムが装てんされているので、これを透過した X 線透視による像である。また X 線量は普通の透視より多いので、(2)項(c)のとおりで XTV カメラの感度は低下している。

テープは停止している。(e)

X 線照射が始まって約 4 フィールド目の映像信号を抜きとり、これを停止している磁気テープに回転ヘッドで記録する。(f)

注 1) 抜きとりパルスは X 線操作卓より供給される。

注 2) 説明の都合上抜きとられた信号を映像信号の状態を示したが、実際の回路では被 FM 信号の状態では抜きとられる。

注 3) VTR のサーボ系は、映像信号の垂直同期信号を基準としており、記録される映像磁化トラックはちょうど回転ヘッド 1 回転に相当し、トラック端部は垂直ランキングになっている。

(g) のとおり VTR は(f)にて 1 フィールド記録し終わると、直ちに再生状態になり、テープは停止しているので今記録した映像信号 (4 フィールド) を次の動作 (リリース OFF) まで再生を続ける。

(4) リリース OFF

すべての状態は元の一般透視の状態にもどる。

以上スポット装置の動作について説明したが、1 フィールドが 2:1 のインターレース信号の一部であるため、再生画像のモニタ上部で少し曲るという欠点があるが、モニタ TV の AFC 時定数を少し小さくすることにより実用上問題ない。

4.2 自動検索装置 (オートサーチユニット VS-9)

VTR で一巻のテープに短時間の像を多数記録されているような場合、たとえば X 線テレビジョンで、多数患者の症例を一巻のテープに入れている場合、必要とする個所を再生しようとする、通常送り・再生・巻き戻しを繰り返して行なって、必要個所を探す。またカウンタを頼りに必要個所を探す場合もある。しかしこのときには、カウンタが記録のときにも、再生のときにも正しくリセットされていなければ全く頼りにならない。さらにリモートコントロール操作の場合には、このカウンタさえも手元がないため必要個所の再生は非常に不便であった。

こうした不便を解消すべく開発されたのが、自動的にテープの必要個所を検索する装置、VS-9 形オートサーチユニットである。

本機の外觀図を図 4.2 に示す。

本機は図 3.2 に示すように、磁気テープ上の 1 本のトラックを利用して自動検索を行なう方式である。

検索の目標となるアドレス信号の記録は、図 4.3 に示すように、2 個のヘッド (音声ヘッドと同特性) をテープ長手方向に配置し、2 個のヘッド間隔に等しい間隔で、パルスを磁気テープ上に記録する。記録するパルスの数は n 番目のアドレスに対し、 $(n+1)$ 個のパルスを記録する。この理由については再生時の説明で明らかになる。

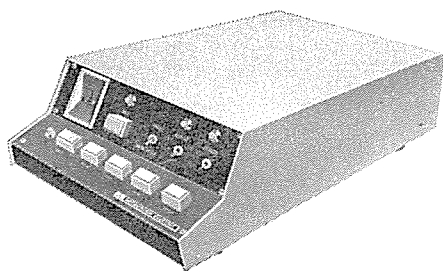


図 4.2 オートサーチ VS-9
Model VS-9 automatic retrieval unit

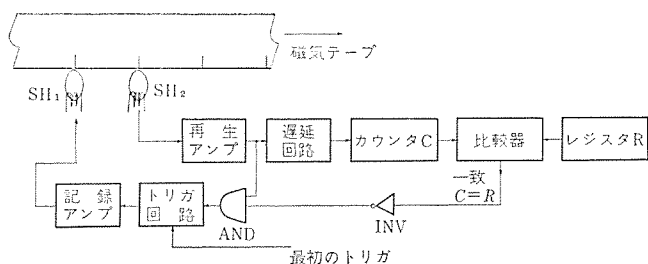


図 4.3 アドレス記録系ブロック図
Block diagram of the recording system of the automatic retrieval.

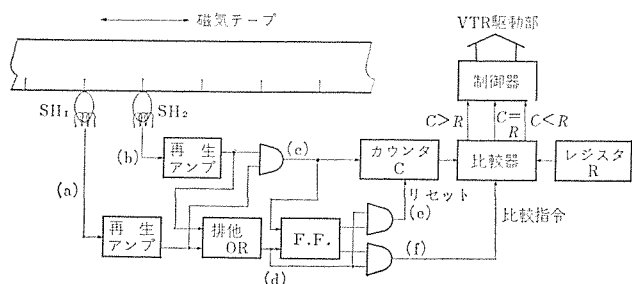


図 4.4 オートサーチ再生系ブロック図
Block diagram of the playback system of the automatic retrieval.

まず n 番目に対し、 $(n+1)$ のパルスを記録する手順を基本ブロック系、図 4.3 により説明する。

- (1) レジスタを n 番にセットする。
- (2) テープを走行させる。
- (3) トリガ回路に最初のトリガを加える。
- (4) 記録増幅器・オートサーチ用ヘッド (SH_1) により、磁気テープ上に 1 個のパルスが記録される。

(5) テープ速度を v 、ヘッド間隔を d とすると、 SH_1 により一つ目のパルスを記録後、 d/v 後にオートサーチ用ヘッド (SH_2) に読み出され、このパルスは再生増幅器を経て、カウンタに読み込まれる。一方このパルスはアンドゲートにも印加される。ここには比較器の出力も印加されており、レジスタとカウンタの値が一致すると、このアンドゲートは閉じるようになってい。今カウンタに一つのパルスが読み込まただけであり、 $(n \neq 1)$ であれば、パルスはアンドゲートを通り、トリガ・記録増幅器・ SH_1 を通って磁気テープに 2 個目のパルスが記録される。以下同様にして、カウンタが n になるまで、パルスの記録が行なわれ、カウンタが n になると、その読み出したパルスはアンドゲートを通過した後、比較器より一致指令がきて、アンドゲートが閉じられ、テープを介する発振系は停止する。かくて磁気テープ上に $(n+1)$ のパルスが記

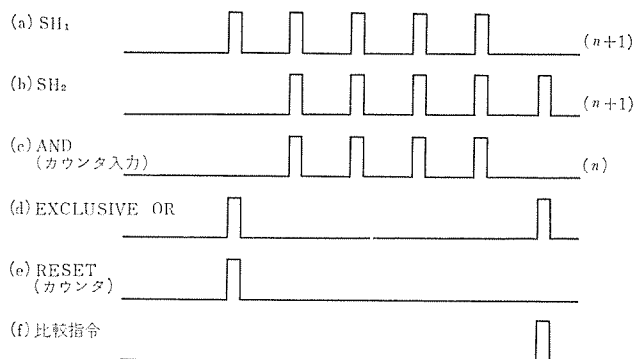


図 4.5 動作原理図 ($n=4$ の場合)
Principle of the automatic retrieval ($n=4$).

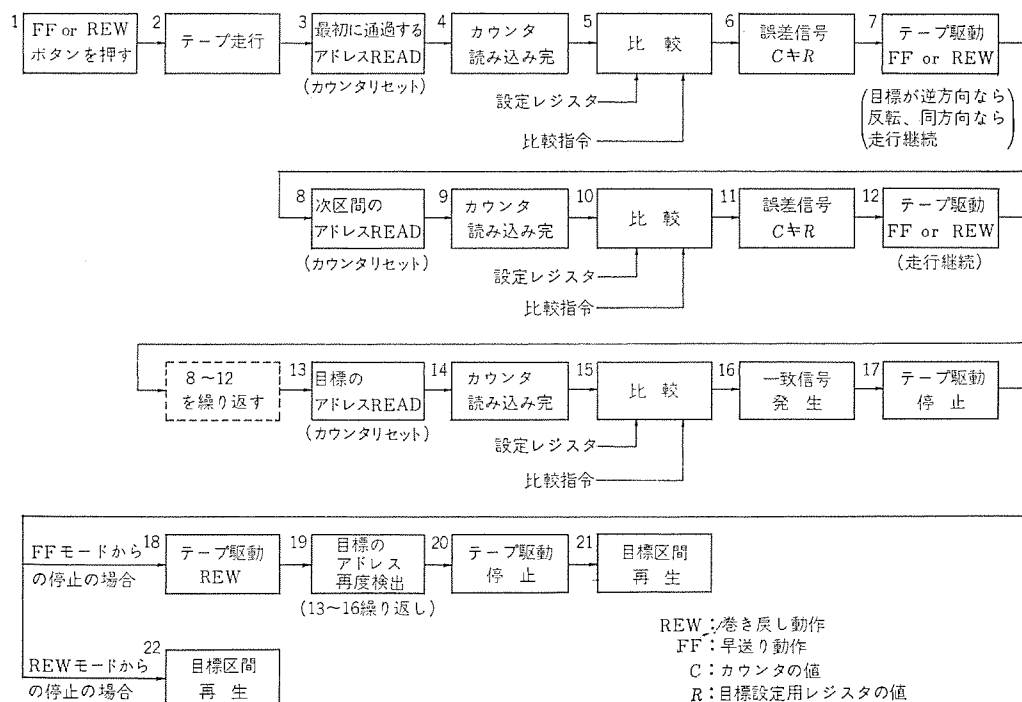


図 4.6 オートサーチ動作系統図

Sequence of the automatic retrieval.

録される。

再生の場合の基本ブロック系を図 4. 4、動作原理図を図 4. 5 に示す。

オートサーチ用ヘッド (SH_1 , SH_2) による出力を図 4. 5(a), (b) に示す。この出力は, SH_1 の 2 番目以後のパルスと SH_2 の n 番目以前のパルスは同時刻に発生している。したがって, これらのパルスをアンドゲートに通すと, (c) に示すように n 個のパルスをうる。また排他 OR に加えると, (d) に示すように 2 個のパルスをうる。これは次に続く, フリップフロップ (FF) とアンドゲートにより, それぞれ分離され, 最初のパルス (e) はカウンタのリセット用に, 後のパルス (f) は比較指令・制御等のパルス用として用いられる。

まずリセットパルス (e) によりカウンタを空にし, n 個のパルス (c) がカウンタに読み込まれ, 比較指令パルス (f) により, レジスタの設定値 R とカウンタの読み C が比較される。ここで各アドレスが最初から順に記録されているものとする (記録の原則),

$C < R$ のとき, 制御回路より早送りになるように指令し,

$C = R$ のとき, 制御回路より再生になるように指令し,

$C > R$ のとき, 制御回路より巻き戻しになるように指令し,

VTR は駆動される。ただし, $C = R$ のときにアドレスを読み出している状態が, 早送りのときには, 頭出しの位置がアドレスを読み終わったときには行き過ぎていたので, 一度巻き戻しを行ない, 再び同アドレスを読み出し, 直ちに再生状態にして, 頭出しの位置を完全に再生するようにしている。

図 4. 6 に動作系統図を示す。

本機は, テープの最初から順にアドレス No. が増大するように記録するのが原則であるが, 順序をまちがえて記録したり, 操作をまちがえた場合のために, 上述以外の誤操作補正回路が組み込まれている。

また簡単な回路を追加して, 設定したアドレス区間を繰り返し再生することのできる自動レポート機能も内蔵しており, 教育・訓練・展示等に有効に利用されている。(特許出願中)

表 4. 1 に本機の概略仕様を示す。

表 4. 1 オートサーチ VS-9 概略仕様
General specification of the model VS-9.

項 目	仕 様
ア ド レ ス	1~39 番地
検 索	FF, REW 状態にて可 ただし「Repeat」のときのみ, Play にて検索を行なうことができる
ア フ レ コ	アフレコ可能。ただし「Play」状態にて行なう
レ ビ ー ト	可 能
アドレス方式	増大方式 テープの最初より, アドレス NO. を増大するごとく記録する。 アドレス NO. を飛ばしてもよい
接 続	34 P マルチコネクタ
寸 法	W 255×D 320×H 166(mm)
重 量	3 kg
電 源	VTR 本体より供給
温 度 範 囲	5~40°C

5. む す び

近年, エレクトロニクス技術の発展とともに, 磁気記録による映像記録技術の進歩も著しく, 各種のビデオテープレコーダが実用化されている。

本機もすでに販売体制に入っており, 仕様・特長等について述べたが, 関係各位のご参考になれば幸である。

今後, より使いやすい, より有効なものにするための改良を, 加えていきたいと考えている。

最後に, 本ビデオテープレコーダの開発にあたって, 種々協力ご指導いただいた, 郡山製作所・商品研究所・京都製作所の関係各位に, 深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 田部, 津田, 道家, 堀: 最近の X 線テレビジョン, 三菱電機技報, 43, No. 9 (昭 44-9)

高温化学反応の実験的研究—メタンからアセチレンの生成—

小村 宏次*・伊藤 利朗**

Experimental Study of Chemical Reactions in High Temperature

Central Research Laboratory

Hirotsugu KOMURA・Toshio ITO

An electric arc heater, having the arc voltage and the arc current about 250 V and 50 A respectively in typical operating conditions, was designed and built. Study was then made on the reaction during the pyrolysis of methane supplied to this arc heater in order to maintain the arc steadily.

Hot gaseous reaction products were quenched and sampled with a water-cooled probe. Under the conditions of the mass flow rate of methane 30 liter/min and the electric input power 10~15 kW, major products in the quenched gas were acetylene and hydrogen. The concentration of the acetylene in the quenched samples reached 23~35 mol % on favorable conditions. The experimental results are found consistent with the one calculated on the hypothesis of a chain reaction as to the methane pyrolysis.

1. ま え が き

1961年にLeutner⁽¹⁾らがプラズマジェットを熱源に用いたメタンからアセチレンへの合成に関する簡単な報告がなされて以来、高温化学合成の研究が工業的な見地から注目されるようになった。ここでいう高温とは従来の燃焼方法では得ることができないような温度、すなわち3,000~10,000°K程度の温度領域をさしている。一般に化学反応において、温度が高くなると活性化ポテンシャルを越える粒子の数が増え、反応速度が増大することが知られている⁽²⁾。反応速度が増大し、単位時間当たりの生成能力が増加することは化学工業の高温化への大きな動機となっているようである。

一方、現実にはこのような高温領域でないと存在しないような反応過程がある。たとえば、石炭において代表される固体炭素の昇華温度は非常に高く3,800~4,200°Kであるので、固体炭素と水素の直接反応からアセチレンのような炭化系水素を合成するには、少なくとも昇華温度以上の高温発生源が必要になる。実際にプラズマジェットを高温水素発生源に用い、これに石炭の粉末をシードして、投入石炭の重量当たり約15%のアセチレンを合成した実験が報告されている⁽³⁾。アセチレンの合成以外にも他の炭化系水素、シアン化物、一酸化窒素、さらに金属の窒化物など、プラズマジェットを用いた合成実験に関する報告もLeutner以来数多く出されている(表1.1)⁽⁴⁾。しかしながら、これらの実験規模はいずれもベンチスケールないしはセミプラント的なもので、完全な工業化には至っていない。

次にプラズマジェットのような電気的加熱器を用いた高温化学合成の経済性についてふれる。

現代の化学工業はエチレン中心主義にあることはいふまでもない。これはraw material(石油、特にナフサ)からエチレンのようなmiddle materialへの変換効率が20%前後と非常に劣るにもかかわらず、安価なナフサ供給源が確保できているからである。しかしながら工業的にアセチレンの価格が安くなれば、直ちにこれを用いんとする傾向もかなり強く残っているようである。

表5.1に示した実験に用いているプラズマジェットの電気入力はいずれも20~30 kW程度のいわば実験室的規模のものであるが、Lobo⁽⁵⁾は種々のアセチレンの製造法の中で“Improved AC Arc Heater”が最も低価格アセチレンの製法となることを指摘している。

表 1.1 プラズマジェットによる高温化学合成
High temperature chemical synthesis due to plasma jet.

生成物	作動気体	陽極	2次混合物	収 率	実験者
アセチレン C_2H_2	アルゴン	黒鉛	メタン	80% (炭素基準)	Leutner
		黒鉛	水素	40% (炭素基準)	Leutner
		銅	水素, 石炭粉	15% (石炭重量あたり)	Graves
シアン化水素 HCN	窒素	黒鉛	水素	HCN 50%, C_2H_2 13%	Leutner
		黒鉛	アンモニア	HCN 39%, C_2H_2 18%	Anderson
		黒鉛	メタン	HCN 23%, C_2H_2 62%	Anderson
		銅	メタン, アンモニア	HCN 50%, C_2H_2 20~30%	Anderson
シアン C_2N_2	窒素	銅	炭素粉末	C_2N_2 2% (炭素基準)	Stokes
	アルゴン	黒鉛	窒素	C_2N_2 15% (炭素基準)	Leutner
一酸化窒素	N_2	銅	酸素	NO 2% (酸素基準)	Stokes
金属窒化物	窒素	銅	チタン粉末	TiN 30%	Stokes
			マグネシウム粉末	Mg_3N_2 40%	Stokes

“Improved AC Arc Heater”がどのようなものであるかは明らかでないが、たとえばW社が開発している電気入力が~MW級の大きなものであることは想像に難くない⁽⁶⁾。

われわれは安価な夜間電力の有効利用に着目し、高温化学合成の実験的研究を始めた。最初にメタンからアセチレンの生成研究に着手した。実験の全貌については後に詳述するが、現時点で、メタンからアセチレンの生成効率が100%であるような試作装置の完成をみている。

われわれの実験結果を用いると、メタンからアセチレン1 kgを生成するのに要する電気入力は約11.5 kWh/kgであり、これは有名なHulsのDC-Arc法の13 kWh/kg(そのうち2 kWh/kgは生成アセチレンの濃縮用といわれている)に比べて見劣りしないといえる。

2. 高温化学反応装置の概要

われわれが実験を行なった装置の主要部断面を図2.1に示す。

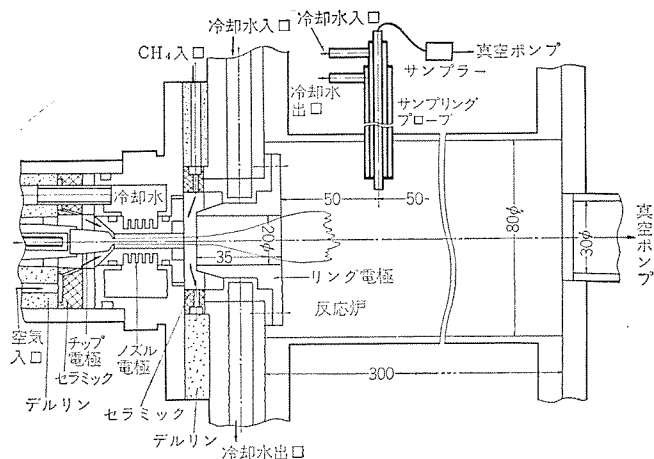


図 2.1 高温化学合成実験装置断面図
Cross section of the equipment of high temperature chemical synthesis.

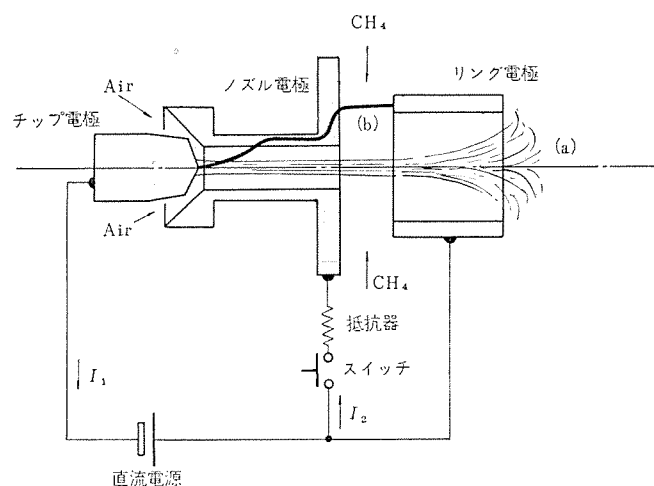


図 2.2 電極構成図
Block diagram of electrodes.

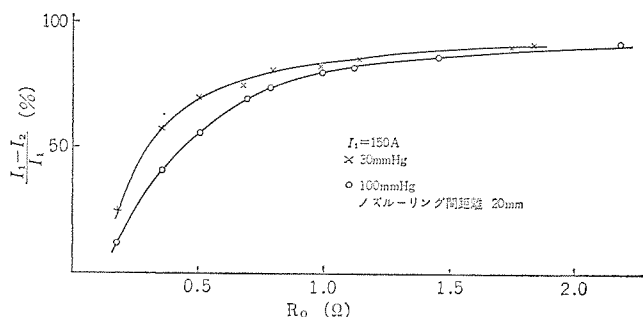


図 2.3 遷移率 R_0 特性
Transition rate as a function of R_0 .

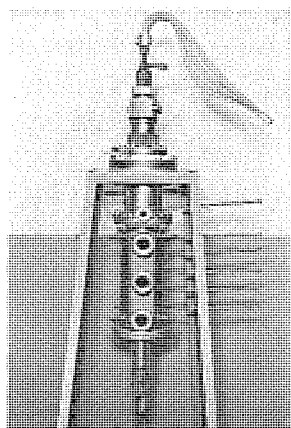


図 2.4 実験装置の写真
Photograph of equipment.

同図で ノズル 電極より左側の部分はわれわれがすでに開発した プラズマジェット⁽⁷⁾を用いている。図 2.1 において、リング電極と称する第3電極を設けている点が本実験装置で最も創造性が発揮されている部分である。

図 2.2 に本装置の基本的構成図が示されている。同図に示すように ノズル 電極回路にあらかじめ抵抗 R_0 を入れておくと、プラズマジェット発生時に、すでに電流の一部はリング電極回路に分流している。 R_0 と遷移率 $(1 - I_2/I_1)$ の関係の一実測例を図 2.3 に示しているが、同図の実験条件で $R_0 \approx 1 \Omega$ にとると全アーク電流のほぼ 80% がリング電極を介して流れていることになる。この状態で ノズル 電極回路をシャ断すると、アークの陽極点は完全にリング電極へ移行する。

ふたたび図 2.1 にしたがって本装置の機能について説明する。まず、作動気体に用いたアルゴンは、ノズル電極(陽極)とチップ電極(陰極)間で点弧された高温アークを熱的ピンチ効果により中心部に収束すると同時に、みずから高温電離気体となって ノズル 電極出口から噴出する。ノズル電極回路は点弧後約2秒で自動的にシャ断され、アークの陽極点は完全にリング電極へ移る。リング電極は グルファイト 製で、間接的に冷却されている。この動作に前後して ノズル 電極とリング電極の間げきから メタン が供給される。

供給されたメタンはアークの極点移動を押えて安定化すると同時に、みずから部分的に陽光柱の構成電離気体になりかつ熱分解を受ける。メタンの高温熱分解気体はリング電極から低圧反応炉(その外壁は水冷されている)へ自由噴出され、熱交換器、真空ポンプを経て外気へ放出される。低圧反応炉には、等間隔6個所の位置に水冷サンプリングプローブと白金-ロジウム熱電対が設置されている。熱交換器のあとにもこれらが1個所設置されている。生成気体の化学組成は、水冷サンプリングプローブによりサンプルに採集され、ガスクロマトグラフィによって定量分析される。

ノズル電極のプラズマジェット噴出孔径は8φ、リング電極は内径20φ、長さ30~35mm、そして反応炉の内径は80φ、長さ300mmである。また水冷サンプリングプローブの生成気体の導入管は内径1φの黄銅管を使用し、高温生成気体はサンプルに採集されるまでに十分冷却される。実験装置の外観を図2.4の写真で示す。

3. 試作高温化学反応装置の性能および実験結果

本装置は他の高温化学反応装置⁽⁸⁾に比べて、その機能の点から次のような特長を有する。

(1) ノズル電極とリング電極の間から供給された気体は、高温アークを中心に収束かつ安定化させると同時に必ず高温陽光柱の領域を通過し、すべて熱分解を受ける。

(2) アーク長が長いので、高温陽光柱の電圧降下が高く、低電流高電圧の熱効率の高い熱源となる。

本章では試作高温化学反応装置の性能と反応炉内の高温生成気体の温度測定および反応生成物の濃度測定の結果について概論する。

3.1 試作高温化学反応装置の性能

以下の実験では、すべてアルゴンの流量を20~23 l/min (以下 N. T. P で表示する) にしている。図 3.1 は供給メタンの流量を一定に保ち、反応炉の圧力を変えたときのアーク電圧の変化を示したものである。反応炉圧力 P_0 が高くなると、アーク電圧が高くなることを示している。われわれの実験の経験からいえば、アーク電圧 V がほぼ 100 V 以上であれば、おおむね正常な放電状態にある。ここで正常な放電とは図 2.2 の a のような放電状態をいう。メタンの流量

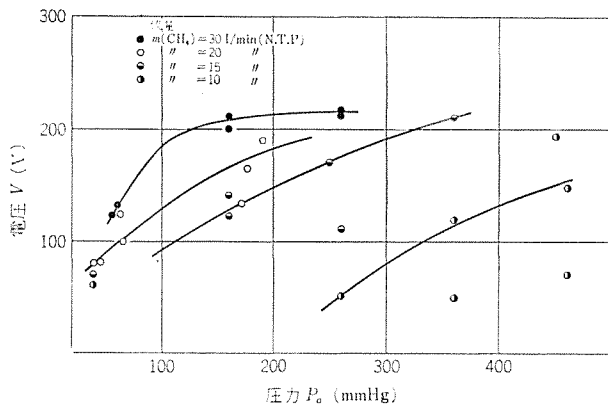


図 3.1 圧力電圧特性
Characteristics of the arc voltage and pressure.

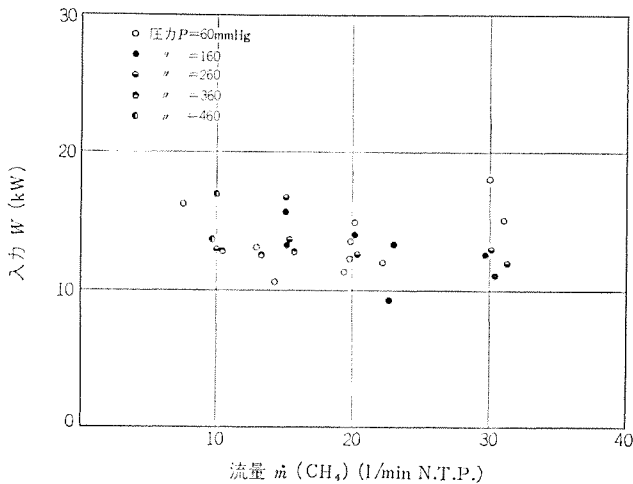


図 3.2 メタン流量と電気入力
Experimental region of input power to arc and flow rate.

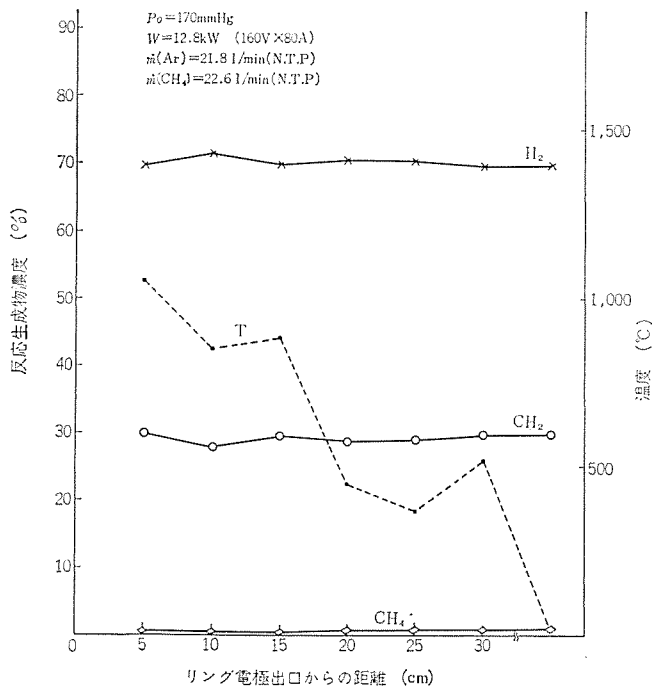


図 3.3 温度および反応生成物の分布
Distribution of temperature and products.

が 10 l/min ではアーク電圧にかなりのばらつきがあるが、これはアークの不安定性によるものである。V が 100 V 以下では図 2.2 の b のような放電状態（シリーズアーク）になっている。このような状態のアークは関連部分を損傷させるだけでなく、アセチレンの収率を著しく低下させる。メタンの適量な供給は、その冷却効果によってこのようなシリーズアークの発生を抑え正常な放電状態を維持するのに役立っている。メタンの流量が 15 l/min 以上では、 P_0 -V 特性がかなり安定している。

図 3.2 は電気入力 W とメタンの流量 $\dot{m}$ でわれわれの実験条件の範囲を示したものである。正常な放電ではアーク電流が 50~80 A であるが、シリーズアークになると 200~300 A に増加する。このときのアーク電圧は正常アークで 150~250 V、シリーズアークで 60~90 V であり、電気入力はいずれの場合も 10~20 kW の範囲内にある。また、正常な放電状態ではかなり長時間連続運転（1 時間以上）は可能であるが、シリーズアークの状態ではこれが不可能である。

3.2 反応気体の温度

白金-ロジウム熱電対で計った反応炉内の温度分布の一例が図 3.3 の点線 T で示されている。横軸はリング電極出口からの距離である。ただし最後の測定値は熱交換器の後の位置で計ったものである。反応炉内の温度は必ずしも一様に降下していないが、これは反応気体流の乱れのためである。リング電極に一番近い熱電対はしばしば溶断することがある。白金-ロジウム熱電対の溶断温度は約 2,000°K である*。

3.3 反応生成物の濃度

反応生成物の濃度の定量測定用のガスクロマトグラフィとしては、内径 4 φ、長さ 2 m の市販銅管パイプのカラム、60 メッシュの活性炭充填剤、および内径 5 φ、内容積約 80 cm³ のサンプリング管（兼検量管）のものが最適であった。キャリアガスにアルゴンを用い、キャリアガス流量が 60 ml/min、カラム温度 100°C の条件で、反応生成物を水素、空気、メタン、エチレン、アセチレンの各成分に順にきれいに分離した。各成分の濃度比はプラニメータを用いた面積測定から求められた。また各成分の感度特性はあらかじめ濃度が既知の資料で調べておいた。定量分析の精度は 3% 以内であった。

図 3.3 は各測定点の成分の相対濃度の一例を示したものである。図 3.3 では生成アセチレンの濃度が一様になっているが、各測定位置で大きく変わる場合もある。この不規則性の原因は明らかでないが、アークしたがつて反応炉内の高温フレームの不安定性によるものと思われる。図 3.3 の例では、生成アセチレンのモル分率が約 30% に達しているが、これはリング電極から昇華した炭素と遊離水素とが反応してアセチレンを余分に形成しているからである。というのはメタンが炭素基準で 100% アセチレンに転換したとしても、反応生成気体中のアセチレンのモル分率は 25% にすぎないからである。

図 3.4~図 3.6 は、メタン流量が一定の条件で、圧力 P_0 を変えたとき生成アセチレンのモル分率の変化を表わしたものである。いずれの測定点でも、

- (1) 反応炉圧力が高くなるとアセチレンのモル分率は増加する
- (2) メタン流量が 30 l/min ではモル分率が 25% を越えるが、10

* われわれはリング電極出口から 5 cm の位置に設けた観測窓（石英ガラス）を通してスペクトル撮影を試みた。ねらいは CH バンド (band head は 3,900 Å) の R 枝の一連の回転スペクトルの相対強度を測定して分子の回転温度を推定することにあった。しかしながら観測点の温度が低く CH ラジカルが十分存在しないためスペクトル強度を精度よく撮影することができなかった。測定しうる回転温度の下限は 3,500~4,000°K といわれている⁽⁹⁾。

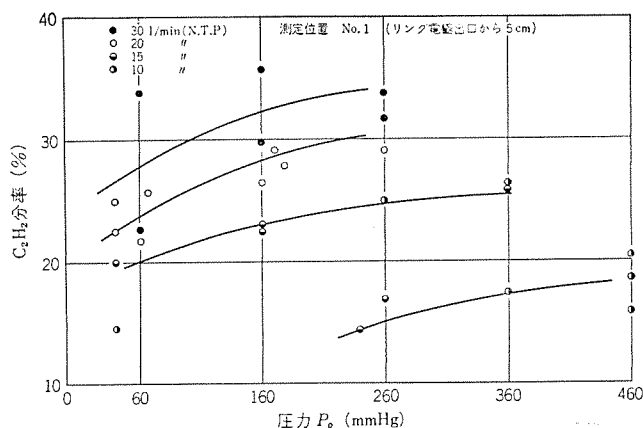


図 3.4 圧力-収率特性
Acetylene mol fraction as a function of pressure.

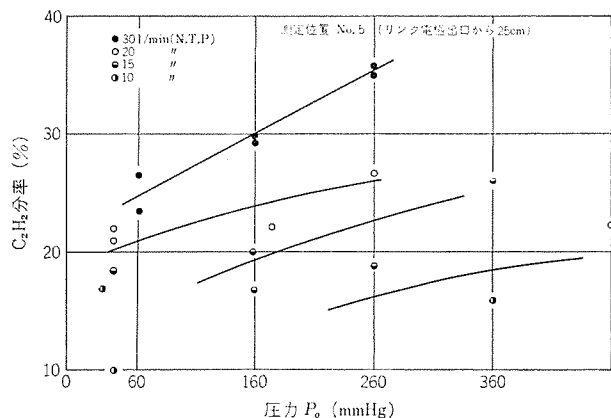


図 3.5 圧力-収率特性
Acetylene mol fraction as a function of pressure.

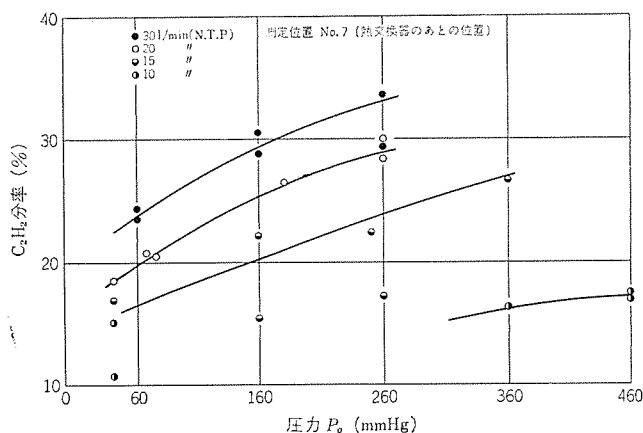


図 3.6 圧力-収率特性
Acetylene mol fraction as a function of pressure.

l/min ではこれが 20 % 以下になっている。

圧力をさらに高くすると収率がいかに変わるかは興味ある問題であったが、反応炉内圧力を高めると、供給メタンが低流量の場合には前章でのべたシリ-ズアークによる不安定性が顕著になること、また高流量では原因不明の不安定性が生ずることなどのため、実験することはできなかった。

以上の議論を要約すると次のようである。供給メタン流量がアークへの電気入力とリング電極の構造によって定まるある値以下になると、正常なアーク放電の維持が不可能になる。この値は反応炉内圧力によって幾分変わる。

供給メタン流量がこの必要最小限流量の近傍にあれば、供給メタンは完全にアセチレンへ転換する。ところがメタンを過剰に供給すると、アークの安定性は維持されるが、反応生成物中に未反応メタンやエチレンが存在することになり、アセチレンの収率が低下する。すなわち、供給メタンがほぼ完全にアセチレンへ転換するために流量に関して最適値が存在することがいえる。

本章のまとめとして、メタンからアセチレンへの転換がほぼ完全に進行するときの試作装置の性能を表示すると、これまでに、

アーク電流	50~70 A
アーク電圧	200~250 V
反応炉圧力	160~260 mmHg
供給メタン流量	25~35 l/min
生成アセチレン濃度	30~35 モル %

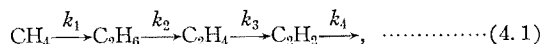
なる低電流高電圧の高温化学反応装置の完成をみている。

4. 考 察

本章ではリング電極内の現象に着目し、リング電極内で行なわれるメタンの熱分解反応がアセチレンの生成とどのように結びついているかについて考察する。

まず、供給メタンの実質部分が図 2.1 に示す円筒状リング電極内で経験する過程に着目する。

われわれはメタンの実質部分の熱分解過程が高温アーク中において、次の一連の連鎖反応によって進行するものとする⁽¹⁰⁾、



ここで k_i は反応速度定数であり、通常、Arrhenius の式 ($k = A \exp(-E/RT)$)、 E は活性化エネルギー、 R は気体定数) で表わされる温度依存性をもつ。 $k_1 \sim k_3$ の値については、Arrhenius の式で表現された実験式がある⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

われわれの実験では、すでに前章で述べたように(図 3.3)、生成アセチレンが温度降下を伴っているにもかかわらず、かなり長時間安定に存在しているので、ここでは k_4 を考慮に入れない*

図 4.1 の実線は、リング電極内を恒温そう(槽)と仮定し、付録に示す理論式を用いて計算した結果を、アセチレン濃度が炭素基準で 99 % に到達するに要する時間と恒温そうの温度との関数として表わしたものであり、また同図に示した点は、われわれの実験条件でアセチレンの生成割合が炭素基準で 100 % 以上に達したものを恒温そうの平均温度と滞留時間によって表わしたものである。ここで恒温そう内の平均温度は、電気入力 70 % (この値は反応装置の熱損失の測定結果から算出した) がメタンの熱分解に使われるものとして、メタンおよびアルゴンのエンタルピーに関する計算値から推定した。またメタンがリング電極内に滞留する時間は、連続の式と状態式から評価した。

図 4.1 において、実線より右側の部分は反応速度論的にみて、供給メタンがほぼ完全にアセチレンに転換する領域であるが、われわれの実験で、アセチレンが炭素基準で 100 % 以上に達した実験条件はすべてこの領域に点在している。すなわち、生成アセチレンのモル分率が 25 % 以上というわれわれの実験結果は、式 (4.1) のような連

* アセチレンの分解過程については、空気中の水蒸気と反応して、二酸化炭素に分解する過程⁽¹⁴⁾あるいは、ジアセチレン (C_4H_2)⁽¹⁵⁾ や気相の炭素⁽¹⁶⁾ に分解する過程が考えられる。われわれの実験では、反応生成物中にこれらの成分が観測されていない。この点からも k_4 を考慮する必要のないことが推論できる。

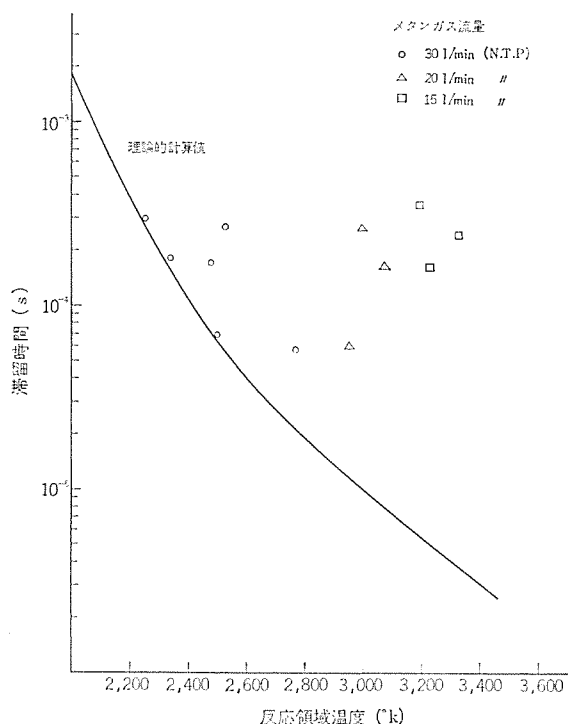


図 4.1 反応速度論的計算結果との比較
Comparison with the results calculated by reaction rate theory.

鎖反応にもとづく反応速度論的解析でよく説明することができる。

なお図 4.1 で、供給メタンの滞留時間が無限大の極限では（すなわちメタンの流量が非常に少流量の条件では）、式 (4.1) の逆反応も考慮に入れた熱平衡理論で現象の解析が行なわれるべきであるが、これに関して Baddour と Blanchet⁽¹⁷⁾ が行なった熱平衡仮定にもとづく理論計算をわれわれの実験条件に適用すると、生成アセチレンの収率が高々 10 モル % となり、これは実験結果と合わない。すなわちわれわれが試作した低電流高電圧の高温度アーク炉のリング電極内におけるメタンの熱分解は、式 (4.1) のような反応速度論を用いてはじめて説明できるものといえる。

5. む す び

本研究においてわれわれは、種々の興味ある結果を得ることができたが、そのおもなものを列挙すると次のようである。

(1) これまでのプラズマジェット反応炉の概念を脱した熱源、すなわち、低電流高電圧の電氣的アーク加熱器を開発することに成功した。しかも試作装置を用いた実験では従来のプラズマジェットに比べて熱効率が著しく高いものとなっていることがわかった (80~90%)。

(2) 試作装置を用いて、メタンからアセチレンの生成実験を行なっ

て、実験室的規模ではあるが、供給メタン流量が 30 l/min という高流量の条件にもかかわらず、生成アセチレン濃度が最大 35 モル % になっているという結果をうることができた。すなわち電気入力アセチレンの生成に効率よく使われているといえることができる。

(3) このようにアセチレンの高収率が可能となったのは、リング電極内でメタンの熱分解を行なっているからである。リング電極内における熱分解に関して、反応速度論的取扱いを試み、理論的計算の結果は実験結果をよく説明することがわかった。また本研究に際しては、大阪大学基礎工学部村崎教授のご指導とご協力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) H. W. Leutner & C. S. Stokes : Ind. Eng. Chem., 53, 341 (1961)
- (2) Eyling : 絶対反応速度論上
- (3) R. D. Graves, W. Kawa & R. H. Hiteshue : Ind. Eng. Chem., 5, 59 (1961)
- (4) 足田, 寺沢 : 化学と工業, 昭和 41 年 6 月, 第 19 卷, 第 6 号 167 頁
- (5) W. E. Lobo : Chem. Eng. Progress, 57, No. 11, 35 (Nov. 1961)
- (6) D. A. Maniero, P. F. Kienast & C. Hirayama : Westinghouse Engineer (May 1966)
- (7) 野村, 小村, 伊藤 : 三菱電機技報, 41, No. 3, 494 (昭 42)
- (8) Reference (1), R. F. Baddour & J. M. Iwasyk : I&EC Progress Design and Development, 1, No. 3, 169 (1962)
- (9) G. Herzberg : "Spectra of Diatomic Molecule"
- (10) P. J. Leroux & P. M. Mathieu : Chem., Eng. Progress, 57, No. 11, 54 (1961)
- (11) L. Kramer & J. Happel : Chemistry of Petroleum Hydrocarbons, 2, 71 (1955)
- (12) G. B. Skinner & W. E. Ball : J. Phys. Chem., 64, 1,025 (1960)
- (13) G. B. Skinner & E. M. Sokoloski : J. Phys. Chem., 64, 1,028 (1960)
- (14) H. S. Glick : 7th Inter. Symp. Combustion, p. 98 (1959)
- (15) Reference (10)
- (16) J. E. Anderson & L. K. Case : I&EC Progress Design and Development, 1, No. 3, 161 (1962)
- (17) R. F. Baddour & J. L. Blanchet : I&EC Progress Design and Development, 3, No. 3, 258 (1964)

付 録

式 (4.1) の反応を一次反応と仮定すると、各成分の濃度に対して次の式が成立する、

$$\frac{d(\text{CH}_4)}{dt} = -k_1(\text{CH}_4)$$

$$\frac{d(\text{C}_2\text{H}_6)}{dt} = \frac{k_1}{2}(\text{CH}_4) - k_2(\text{C}_2\text{H}_6)$$

$$\frac{d(\text{C}_2\text{H}_4)}{dt} = k_2(\text{C}_2\text{H}_6) - k_3(\text{C}_2\text{H}_4)$$

$$\frac{d(\text{C}_2\text{H}_2)}{dt} = k_3(\text{C}_2\text{H}_4)$$

ここで、 (CH_4) , (C_2H_6) はメタン, エタンなどの濃度を表わす。われわれが実験した温度領域では、 $k_2 \gg k_1, k_3$ としてよいので、これらの式からアセチレン濃度に対する近似式を求めると、 $t=0$ で $(\text{CH}_4)_0 = 1$ (モル) という条件で

$$(\text{C}_2\text{H}_2) \approx \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{k_2}{k_2 - k_0} e^{-k_0 t} - \frac{k_0}{k_2 - k_0} e^{-k_2 t} \right) \right\}$$

となる。

日本万国博覧会における三菱未来館の照明

穴沢 喜美男*・森本 俊一**

Lighting in Mitsubishi Pavilion Expo' 70

Anazawa Lighting Laboratory

Kimio ANAZAWA

Ofuna Works

Shunichi MORIMOTO

In the Expo '70 with a theme of "Progress and Harmony of Mankind", the Mitsubishi group, taking up a topic on the nature in Japan and the dream of the people there, displays the changes of the scenic beauty in this country with the transition of the season, and also the aspect of the sky, sea and land forecast in fifty years hence. Inside of the pavilion there are a variety of ingenious contrivances anticipated for the benefit of the mankind in the most advanced community. Demonstration is made in each of the rooms how the lighting will play a vital part on the performance of the sky, sea and land in the half century from now on. Commentary of it is made in connection with the displayed contents as to the method, effect, the kind of lighting fixtures and dimmers.

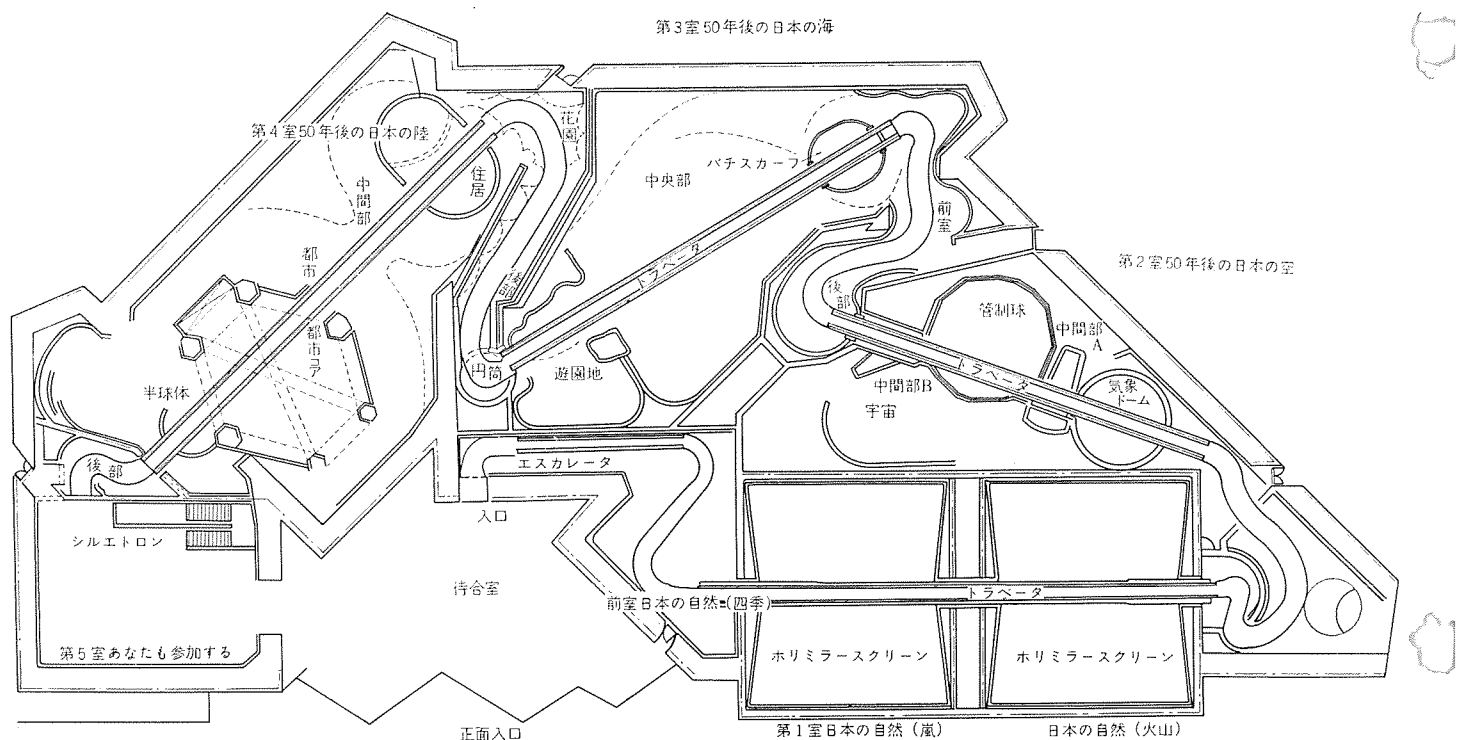


図 1.1 三菱未来館の内部構成
Interior composition of Mitsubishi Pavilion of Future.

1. ま え が き

EXPO '70 “人類の進歩と調和”の思想のもとに，“日本の自然と日本人の夢”をテーマにした三菱未来館は，日本の自然と50年後の夢を描き出し，見る人を驚嘆させ，興味ある未知の世界に引き入れてくれる。この三菱未来館は，第1室から第5室までに分かれており，第1室では日本の自然を，また第2室から第4室までは，50年後の日本の空・海・陸の姿を見せてくれる。そして第5室は，観覧者が直接参加するコーナーである。

ここでは，第2室から第4室までの“夢”演出に大きな役割を果たしている照明について，展示品との関係を含めて述べ，第5室のシルエットロンについてはすでに紹介されているので，簡単にふれる程度にする。

2. 第2室“50年後の日本の空”の照明

2.1 展示品と照明方法

第2室は50年後の日本の空を現わしており，われわれ日本人が身近に接触している台風の発生から，それを人工的に防ごうとする人類の夢が描き出されている。これについて順を追って説明する。

第1室からの通路を抜けると，暗黒の世界に飛び込んでゆく。空にはぼんやりと地球が浮かび，まわりには無数の星が砂を散りばめたように点在している。この暗黒の世界を表現するため，300 Wのヨウ素電球5台を使用している。ヨウ素電球には青色のフィルタを使用し，手すりの下部に取りつけて，オリヅン幕を照らすようにしている。明るさは固定調光装置によって約30%に調光され，暗黒の中に空の青さを加えている。

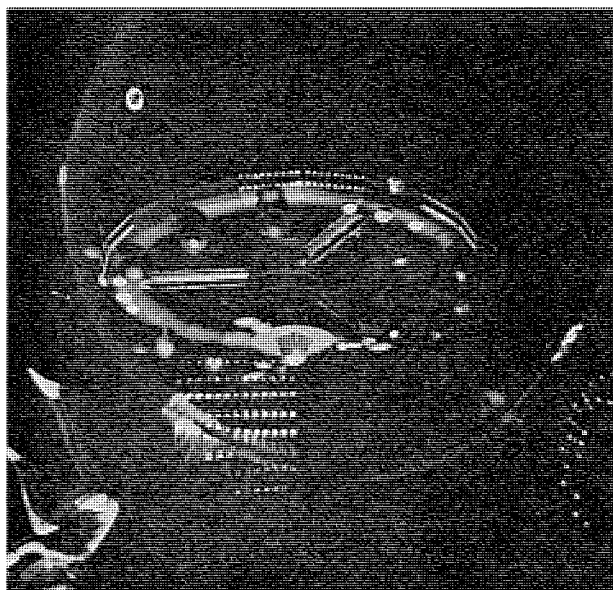


図 2.1 気象衛星
Meteorological satellite.

通路をさらに進むと点滅を繰り返している アクリル のアーチが迎えてくれる。アーチの下部には ボックスライト が埋めこまれており、点滅装置に接続されて順次点滅を繰り返している。アーチを抜けるとすぐトラベータで、気象ドーム・管制球を通して 50 年後の海の入口まで運んでくれる。気象ドームでは台風の発生を キャッチ し、刻々と変化する台風情報を正確に報告している。管制球の内部には コンピュータ が置かれ、気象状況によってシグナルランプが点滅を繰り返している。これら気象ドーム、中間部A、および管制球の内部にはけい光塗料が塗られており、125 W 水銀灯 ブラックライト・40 W けい光燈 ブラックライトで照明されている。この照明により、内部に取り付けられた計器・表示灯等がひととき目だち、いっそう効果を増している。このようなけい光塗料とブラックライトの組合わせは、従来から使用されているが、その神秘的な照明効果を得る方法は今後とも広く応用されることであろう。

管制球の窓からは気象衛星が見える。気象衛星が空中に浮かび、回転している状態をいっそう引き立てるために、ヨウ素電球・スポットライト・幻灯器が使用されている。ヨウ素電球はアッパー・ホリゾントライト、ロー・ホリゾントライトとして用いられ、ホリゾント幕を照らしている。その取り付け位置は天井およびトラベータの高さ(床面上約7メートル)で、フィルタは青色と緑色を使用している。回路は固定調光ユニットに接続されており、明るさは約40%である。スポットライトは床面に置くから、直接気象衛星を照らしている。気象衛星の周囲には星雲が動いており、これは、管制球の外側に取り付けられた3台の幻灯器によって作り出されている。

2.2 照明器具の種類

50 年後の空を演出するために使用されている 照明器具 の種類は表 2.1 のとおりである。これらの照明器具のうち、直接演出用に使われているものについてはすでに述べたが、その他に通路照明用として、60 W ストリップライト・500 W ヨウ素ピンスポットライトが使用されている。フィルタはおもに青系統で、無限に続く宇宙の姿を描き出している。

2.3 調光装置

調光装置は図 2.3 に示すように、固定調光ラック盤・主幹盤・自

表 2.1 第2室における照明器具の種類
Kinds of lighting fixtures in Room No. 2.

場 所	品 名	数 量	位 置	
前 室	60 W ストリップライト (2 灯用)	14	上	注) 位置はトラベータを基準にシトラベータより上部に取りつけられているものを“上”また下部に取りつけられているものを“下”とした
	60 W ストリップライト (2 灯用)	14	下	
	200 W フラッドライト	2	下	
	300 W ヨウ素フラッドライト	5	下	
トンネル	100 W ボックスライト	37	下	
	500 W ピンスポットライト	4	上	
気象ドーム	125 W 水銀灯ブラックライト	10	下	
中間部 A	40 W FL ブラックライト	4	下	
管制球	125 W 水銀灯ブラックライト	4	下	
	500 W ピンスポットライト	1	下	
中間部 B	200 W フラッドライト	1	下	
宇 宙	1 kW 平凸レンズスポットライト	3	下	
	プロジェクタースポットライト	3	上	
	300 W ロー・ホリゾントライト	22	下	
	300 W アッパー・ホリゾントライト	18	上	
後 部	200 W フラッドライト	11	下	

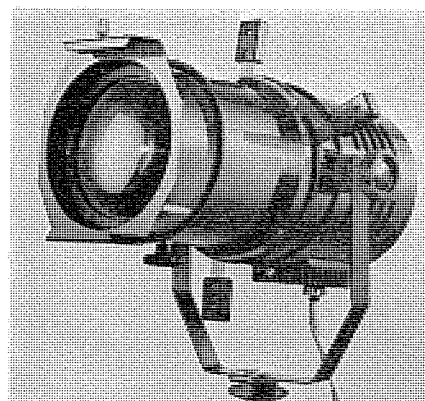


図 2.2 500 W ピンスポットライト
500 W pin spot light.

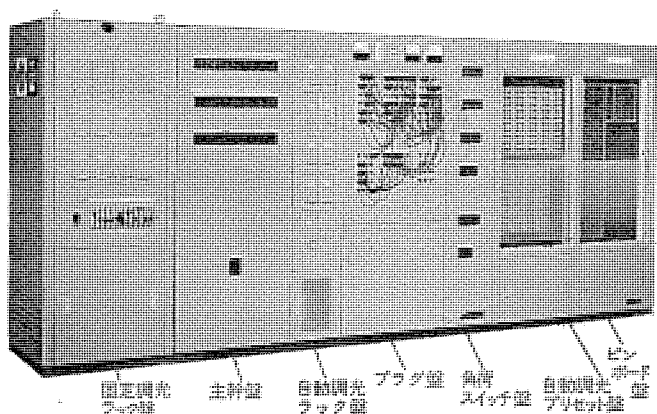


図 2.3 調光装置 Dimmer.

動調光ラック盤・プラグ盤・負荷スイッチ盤・自動調光プリセット盤・自動調光ピンボード盤より構成されている。その接続図を図 2.4, 2.5 に示す。

2.3.1 固定調光ラック盤

固定調光ラック盤は、6 kW 白熱灯調光ユニット 11 台と、調光操作用フェーダ 11 個より成り立っている。調光操作用フェーダには 10 分割の目盛がつけられており、調光特性は 2 乗曲線 (明るさが目盛の 2

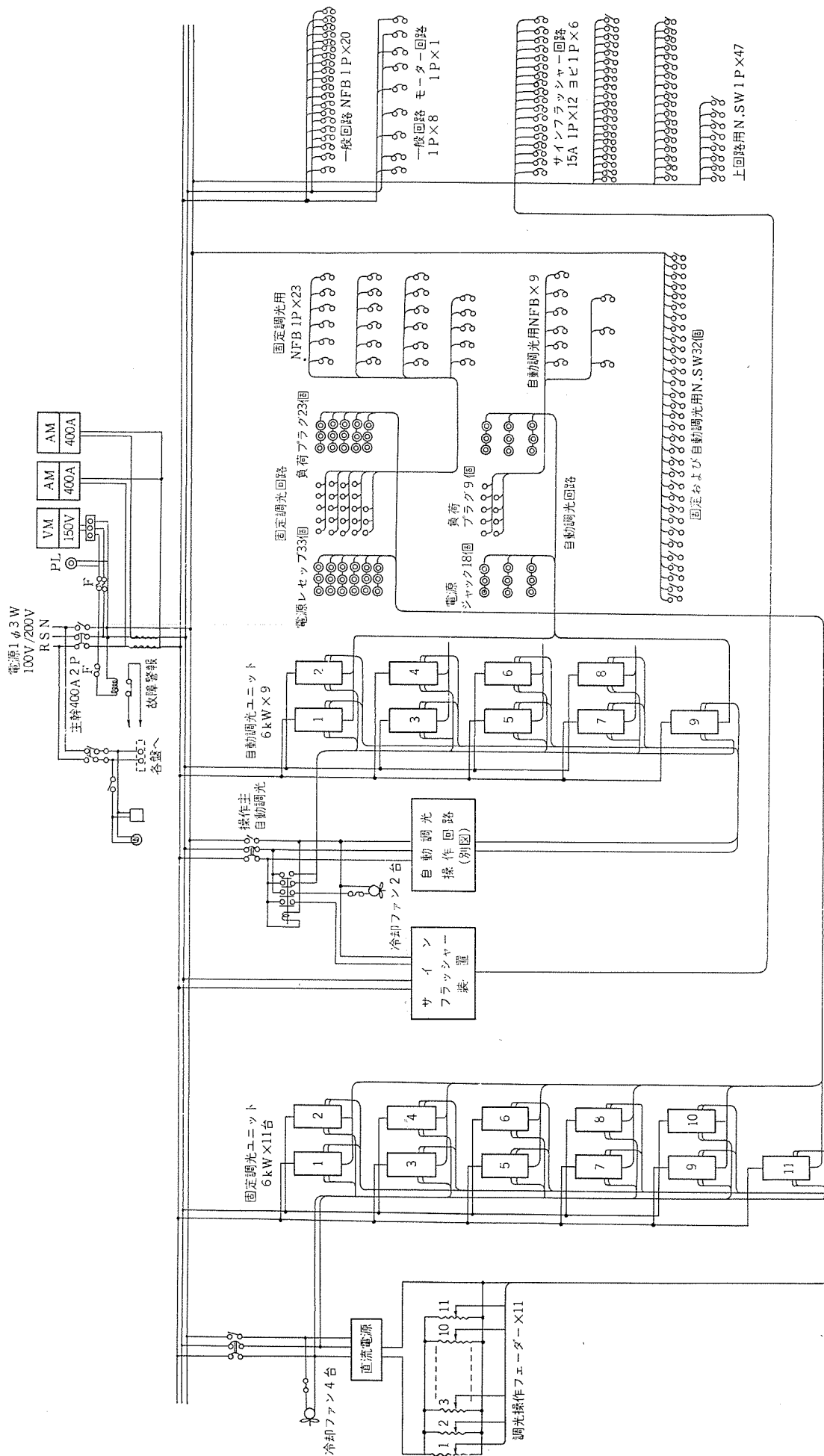


図 2.4 調光装置接続 Connection diagram of dimmer.

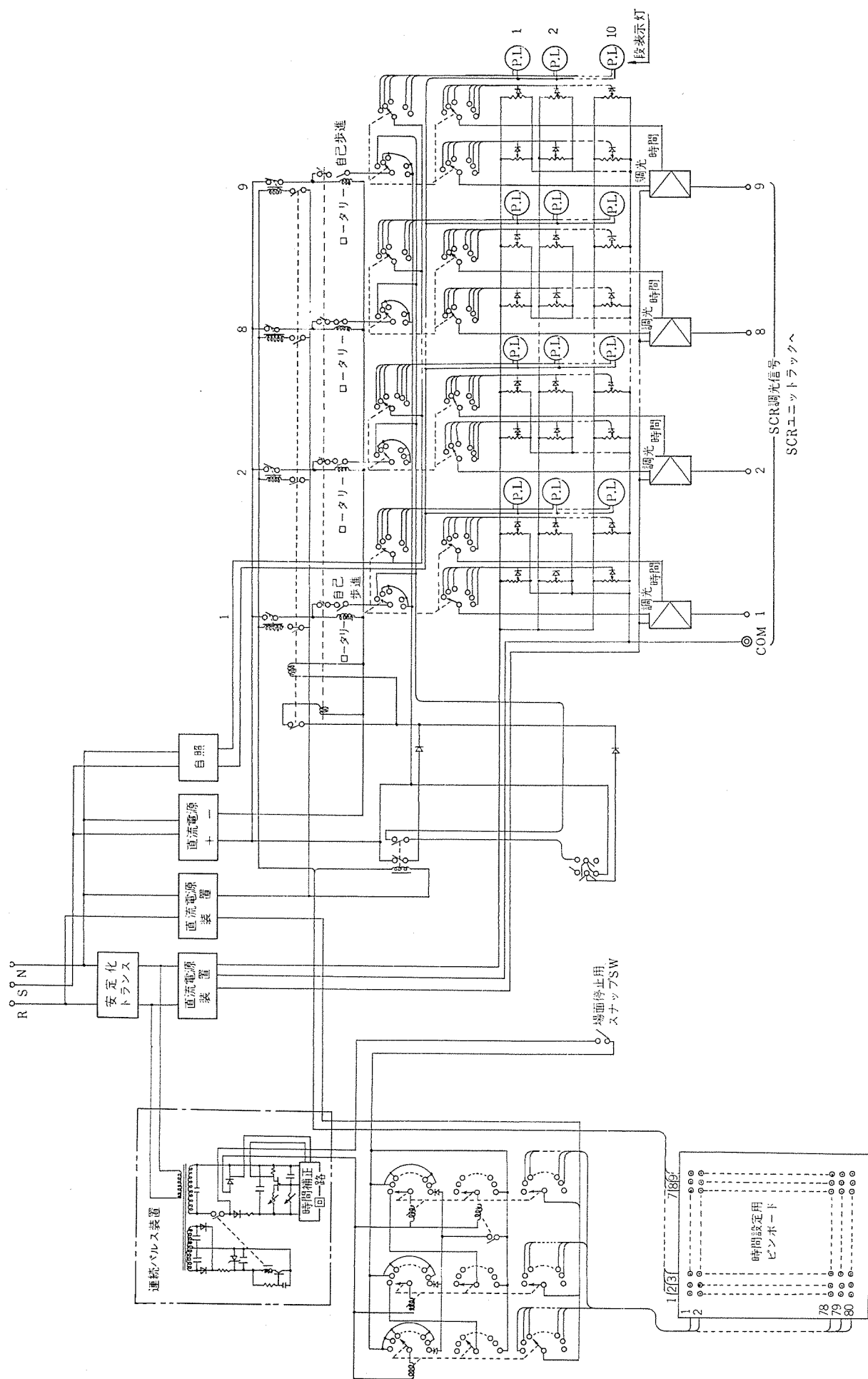


図 2.5 プリセット 盤接続図

Connection diagram of preset board.

乗に比例する) になっている。

2. 3. 2 主幹盤

主幹盤の表面には、主幹 ノーヒューズブレーカ、一般回路(調光しない回路——直回路)の ノーヒューズブレーカ が取り付けられている。

2. 3. 3 自動調光ラック盤

自動調光 ラック 盤には、6kW 白熱灯調光 ユニット9台が取り付けられている。調光制御信号は、自動調光 プリセット 盤・自動調光 ビンボード 盤から供給され、制御信号に応じて白熱球・ヨウ 素電球の明るさを自動的に変化させるようになっている。

2. 3. 4 プラグ盤

プラグ 盤には、調光 ユニット と負荷 ノーヒューズブレーカ を自由に選択、接続できる ジャック(電源側)、プラグ(負荷側)が取り付けられている。ジャックは1ユニットにつき3個の割合で設けられており、1ユニットで3回路までの調光が可能である。

プラグは負荷 ノーヒューズブレーカ に接続されており、数は負荷 ノーヒューズブレーカ と同じになっている。ジャックとプラグの間はパッチコードで接続される。プラグ 盤の下部には、アクリルアーチのボックスライトを点滅させるための装置が組込まれている。

2. 3. 5 負荷スイッチ盤

負荷 スイッチ 盤には、負荷配線を保護するための ノーヒューズブレーカ が取り付けられ、その定格電流は白熱球・ヨウ 素電球の容量に応じて決められ、15 A、20 A、30 A、40 A に分けられている。

2. 3. 6 自動調光プリセット盤

自動調光 ユニットの制御回路に印加される信号の大きさ、および調光時間を自由に設定できるようにした盤で、表面には調光レベルを決めるボリューム、調光時間を設定するボリューム、および段数を表示するランプが取り付けられている。調光レベル、調光時間設定用のボリュームは、ダイオードを通してロータリスイッチに接続されている。ロータリスイッチはピンボード 盤で決められた時間に動作し、調光レベル、調光時間を切換えるようになっている。接点は10個あり、最終の10段目をすぎるとふたたび最初の1段目に復帰するようになっている。

2. 3. 7 ビンボード盤

時間設定するための盤で、1~80秒まで任意に選定できるようになっている。これにより、調光ユニット相互間の時間的なずれをなくするようにしている。

3. 第3室 “50年後の日本の海”

3. 1 展示品と照明方法

第3室は最近話題になっている海洋開発を取りあげ、地下資源・漁業資源の開発・海底 レジャーランド(遊園地)・地熱を利用した発電所の開発・すでに着手されている海底油田の掘削、そして海底都市・海底工場など、海にはせる限りない人類の夢を描き出している。

第2室を過ぎて通路をさがりながら進んでくると、一転して緑色の海に入ってくる。岩はだには波が揺れ、幻想的な海の世界に誘ってくれる。波を作り出すため、通路手すりの下に設置した3台の幻灯器を使用している。幻灯器には500Wヨウ素電球2灯を使用し、前面に取り付けたドラムに抜き穴を設けている。このドラムを回転させることにより波模様を作り出している。通路を過ぎるとパチスカーフの中に入り、ここでトラペーザに乗る。パチスカーフを過ぎると急に視界が開け、群をなして泳ぐ無数の魚の中で、開発が着々と進められている様子が手に取るようである。これらの照明としては、幻灯器(波)とストリップライトが主役を演じている。すなわち、幻灯器で波

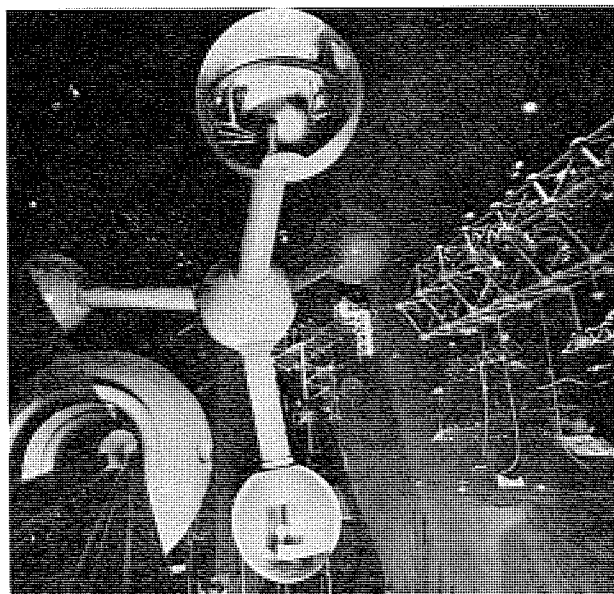


図 3. 1 50年後の日本の海
Japanese sea 50 years hence.

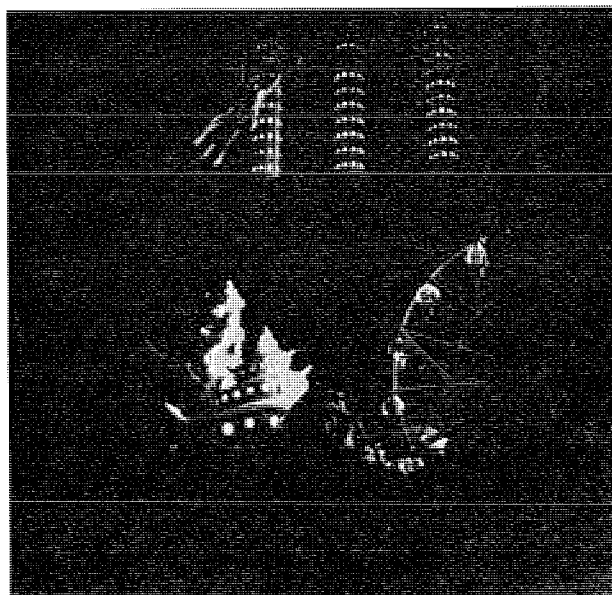


図 3. 2 遊園地 Pleasure ground.

の微妙な変化を現わし、海底深くなるにつれて、緑色からだんだんと青色をおび、かつ波の動きもゆるやかになる様子を自動調光装置に接続されたストリップライトで演出している。ストリップライトは大陸だなのくぼんだ部品に取り付けられている。幻灯器、および大陸だなを局部的にクローズアップさせている500Wヨウ素ピンスポットライトは、天井に設けられた歩みよりつり下げられている。スモークスクリーンを過ぎると遊園地が見えてくる。ここでは、明るさでは変化を持たせず、直接300Wヨウ素スポットライトで照明している。トラペーザをおりると円筒部分に出る。見あげると海の底にいる感じを出すようになっており、上部にゆくにしがたって段々と明るく、かつ白さをおびるようフィルタを使用している。円筒は六段に区切られ、上部にいくに従ってその円は小さくなっている。各段の下部に300Wヨウ素電球を取りつけ、上段の周辺を照らしている。

3. 2 照明器具の種類

50年後の海を表現するために使用されている照明器具の種類は

表 3.1 第3室における照明器具の種類
Kinds of lighting fixtures in Room No. 3.

場 所	品 名	数量	位置	
前 室	幻 灯 (波)	2	上	注) 位置はトラペータを基準にし、トラペータより上部に取りつけられているものを“上”また下部に取りつけられているものを“下”とした
	幻 灯 (波)	7	下	
	200 W フラッドライト	4	下	
	200 W フラッドライト	5	下	
	200 W フラッドライト	8	上	
	300 W ビンスポットライト	3	下	
	500 W ビンスポットライト	1	下	
	幻 灯 (波)	1	下	
	500 W ビンスポットライト	2	上	
	幻 灯 (波)	1	上	
中 央 部	100 W フラッドライト	16	下	
	200 W フラッドライト	27	上	
	60 W ストリップライト (4灯用)	9	下	
	100W ストリップライト (4灯用)	16	下	
	60 W ストリップライト (2灯用)	6	下	
	幻 灯 (波)	20	上	
	幻 灯 (波)	1	下	
	幻 灯 (水玉)	3	下	
	500 W ビンスポットライト	33	上	
	300 W ビンスポットライト	5	下	
遊 園 地	200 W フラットライト	5	下	
	500 W ビンスポットライト	3	下	
	300 W ビンスポットライト	2	下	
	100W ストリップライト (4灯用)	8	下	
	幻 灯 (波)	3	下	
	300 W ヨウ素フラットライト	18	下	
川 後 部	60 W ストリップライト (4灯用)	8	下	

表 3.1 のとおりである。照明器具はほとんど第2室で使用するものと同じであるが、幻灯器・ストリップライト・500 W ヨウ素ビンスポットライトを多く使用し、幻想的で微妙な変化をする海の様子を描き出している。フィルタは天井に取りつけられている幻灯器やスポットライトには緑色を、また海底に設置されているスポットライトには青色を使用している。

3.3 調光装置

調光装置は第2室の調光装置の盤構成と同じである。しかし、第2室では比較的明るさの変化（自動調光）を必要としないのに対し、第3室では波の変化が比較的多い上部と、ほとんど動きのない海底近くの様子を表現するため、固定調光ユニット9台に対し、自動調光ユニット15台と自動調光回路が多くなっている。また時間設定するためのピンボードは、1～100秒まで任意に選定できるようになっている。このため、自動調光プリセット盤・自動調光ピンボード盤がふえ、それぞれ2面となっている。

調光装置設置に際し、各盤を1列に配列するスペースがないため分けて配置し、また高さも第2室の装置より200ミリメートル低くした。

4. 第4室“50年後の日本の陸”

第4室は、われわれの住んでいるこの地上に着目し、50年後の住宅・都市を描き出している。

第3室からの通路をのぼってくると花園に出る。ばらのアーチが続き、さわやかな朝に小鳥のさえずりが聞える。花園の照明にはフットスポットライトとビンスポットライトを使用している。アーチの下面からフットスポットで、また上部からビンスポットライトで照明し、朝の日の光を作り出している。花園を過ぎるとトラペータで、ここからは未来住宅・未来都市が続いている。都市には超高層ビルが林立し、都市間にはハイウェイが走っている。これらの都市の1日を表現するため、スポットライト、水平ライトをおもに用い、日中の日差しをスポットライトで、また夜を水平ライトで現わしている。観覧者が、朝・昼・夕方・夜の変化が見られるよう、これらスポットライト、水平ライトの

調光時間はトラペータの速度に合わせているため比較的早く、かつ繰り返し時間（ある場面から始まり最初の場面に返ってくるまでの時間）も短くなっている。都市コアの内部にはおもに200 W・100 W ボックスライトが埋めこまれている。

4.1 照明器具の種類

第4室で使用されている照明器具の種類は表 4.1 のとおりで、第2室、第3室に使用しているものとほとんど同じである。しかし、第4室だけで使用されているものに、花園のアーチを照明しているフットスポットライト、都市コアの下部に取りつけられ床面を照明しているベイススポットライト、都市コアに埋め込まれている200 W・100 W ボックスライト、そして住居に取りつけられている33 kW ソーラスポットライトなどがある。これらの照明器具により、1日の変化をたくみに描き出している。

4.2 調光装置

調光装置の盤構成は第2室・第3室と同じである。しかし、日の光をいっばいにあびた明るい朝、および都市の1日の変化を表現す

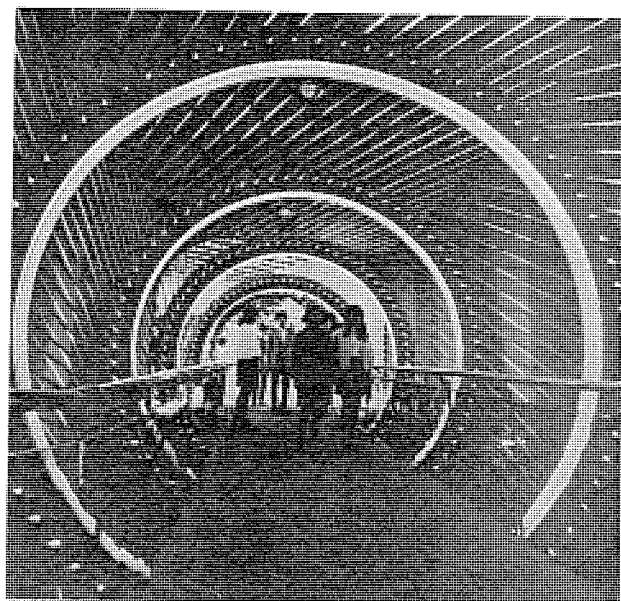


図 4.1 通路 Passage.

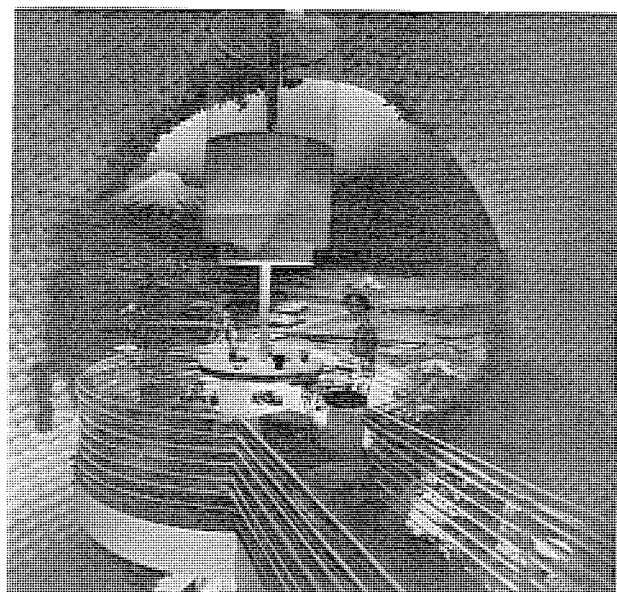


図 4.2 未来の住宅 Future residence.

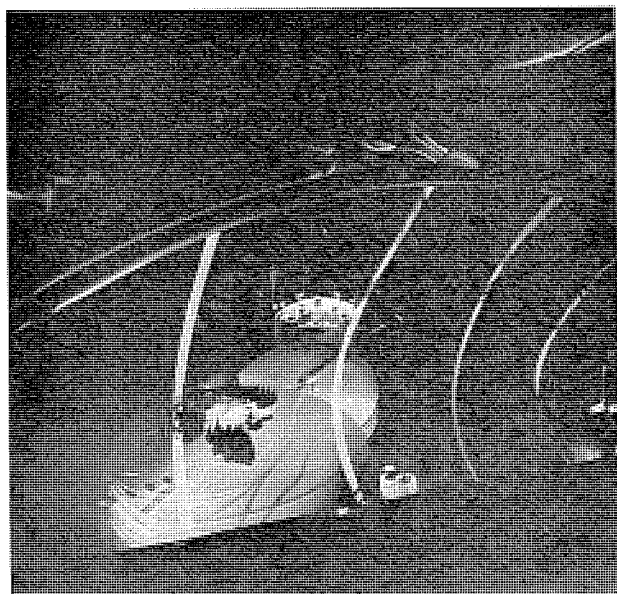


図 4.3 未来の都市 Future city

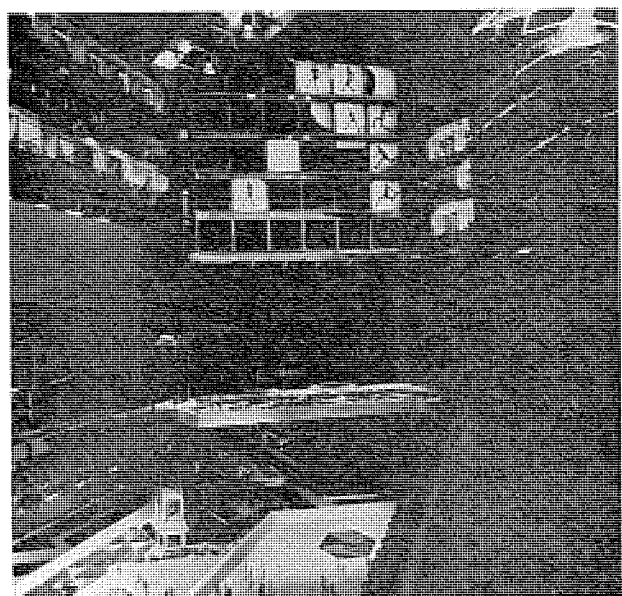


図 4.4 未来の都市 Future city.

るための照明器具が多く、固定調光ユニット40台、自動調光ユニット40台計80台を使用した。固定調光ユニット調光操作フィーダの目盛はすべて10(明るさ100%)となっており、また自動調光ユニットの上限の明るさもやはり100%となっている。また自動調光回路の時間設定するためのピンボードは1~130秒まで任意に選定できるようになっている。自動調光ユニットが40台と多くなったため自動調光リセット盤4面、自動調光ピンボード盤4面となり設置に際しては2列

表 4.1 第4室における照明器具の種類
Kinds of lighting fixtures in Room No. 4.

場 所	品 名	数量	位置	
花 園	100W ストリップライト(2灯用)	14	下	注) 位置はトラベータを基準にし、トラベータより上部に取りつけられているものを“上”また下部に取りつけられているものを“下”とした
	200 W フットスポットライト	19	下	
	500 W ビンスポットライト	3	上	
	100 W ダウンライト	10	上	
	500 W ダウンライト	3	上	
住 居	3 kW ソーラースポットライト	1	上	
	200 W ホリゾントライト	28	下	
	300 W ヨウ素フラットライト	6	下	
	500 W ビンスポットライト	5	下	
	ビームライト	2	下	
中 間 部	300W アッパーホリゾントライト	24	上	
	300 W ローホリゾントライト	44	下	
	300W アッパーホリゾントライト	72	上	
	300 W ヨウ素フラットライト	4	下	
	1 kW 平凸レンズスポットライト	8	下	
都 市	500 W ビンスポットライト	21	上	
	500 W ビンスポットライト	13	下	
	100W ストリップライト(1灯用)	1	下	
	100W ストリップライト(2灯用)	1	下	
	100W ストリップライト(4灯用)	3	下	
	300 W ヨウ素フラットライト	3	下	
	300 W ローホリゾントライト	10	下	
	200 W フラットライト	12	下	
	500 W ビンスポットライト	13	上	
	1 kW 平凸レンズスポットライト	2	上	
都 市 コ ア	300W アッパーホリゾントライト	36	上	
	300 W ベービスポットライト	17	上	
	200 W ダウンライト	10	上	
	200 W, 100 W ボックスライト	210	上	
	500 W ビンスポットライト	8	下	
半 球 体	100W ストリップライト(4灯用)	10	下	
	500 W ビンスポットライト	5	上	
	300W アッパーホリゾントライト	20	上	
後 部	60 W ダウンライト	4	上	
	100 W ダウンライト	2	上	

に分けて配置した。

5. シルエットロン

下面および後面にアクリル板のついた一種の照明装置(下面は人が乗ることを考慮し厚くなっている)の内部にけい光ランプが収納されている。アクリル面の前に人が来ると、アクリル面の明るい部分と、人の立っている影の部分ができてこれをITVカメラで映し、約3,000個の白熱球から構成されている巨大な画面に映し出すようにしたので、広告照明等の一方法である。今後ともこの方面での応用分野が広がるものと期待される。

6. む す び

三菱未来館の照明について述べたが、一般の劇場などと異なり、取り付け位置・取り付け方法も思いどおりとならないところもあったが、ほぼ初期の目的を達することができた。これも万博三菱未来館事務局をはじめとする関係各位のご協力によるものと、深く感謝しております。ここに誌面をかりて厚くお礼申し上げます。

シルエトロン—万国博覧会 三菱館 設置電光映像装置—

高田 真蔵*倉橋浩一郎**池端 重樹**

SILHOUETRON—Display Device for EXPO '70 Mitsubishi Pavilion

Head Office Shinzo TAKADA

Central Research Laboratory

Koichiro KURAHASHI・Sigeki IKEBATA

SILHOUETRON, a projector of a large picture 10 m×8 m in size, has been installed in Room 5 of the Mitsubishi Pavilion in the EXPO '70. There is a picture panel on which 3,000 picture elements are arranged in a matrix style. Each picture element consists of an equilateral triangle with its side 200 mm long and a 15 W incandescent lamps in it. That means there are 3,000 lamps on the screen. By using a raster scanning method, images picked up with an ITV camera are displayed on this screen in real time. The audience in the EXPO '70 led the Room 5 are surprised to watch the motion of individuals displayed in silhouette on the screen, and they are moved to take part in the motion to watch the silhouette by themselves.

1. ま え が き

万博三菱館第5室は「あなたも参加する」という企画になっており、トラベータで最後の会場第5室に導かれた観客が、へやの中央部に設けられた三角形の「光る ステージ」に自然に上りたい衝動に駆りたてられるようなふんい気を作るべく計画された。この装置、シルエトロンは、上述の計画に合わせて開発されたもので、演出上はステージ上の観客を ITV カメラでとらえ、巨大なスクリーンに映し出して小さな自分と大きな自分との対比あるいは画面上での他人との遊び、あるいは VTR にあらかじめプログラムされ映し出されるアニメーションとの組み合わせ、など観客自身が参加して遊ぶ プレーンシステムとしてまとめられている。

図 1.1 は第5室のシルエトロン全景である。映し出す像は白熱電球約3,000個からなる中間調なしの影絵または光絵で、モザイクパターンとして童画的なふんい気を醸成するように設計されている。全画面は

10 m×8 m の大きさである。

従来、この種の大画面映像表示装置としては電光掲示板あるいは特殊な広告塔等があるが、いずれもあらかじめ準備された特別のパターンを表示するにとどまり、人物あるいは物の動きを実時間で表示するものとしてまとめられた例は非常に少ない。すなわち従来は、穴あきテープとリレーの組み合わせ、あるいは光学的投影（フィルムによる）と光導電素子の組み合わせ等の方法が用いられているが、この方法は実時間表示ができないとともに、装置の構造においても次のような問題をもっていた。つまり映像原図から、絵素数に相応する本数のリード線を引き出し、各電球ごとにコントロールラインを接続せねばならず、設置に非常な手間を要した。

このシルエトロンは、先般試作した EL による壁かけテレビの走査方式（X-Y マトリクスによる画面の走査）を大略そのまま大画面の映像パネルに応用したもので、実時間の映像を原理的に $2\sqrt{n}$ (n : 絵素数) のコントロールラインで表示できる点に特長がある。すなわちここで用いた映像パネルは、絵素数が約3,000個であるが、コントロールラインは縦横方向絵素数に対応してそれぞれ40本・83本の計123本でまかなうことができた。

この方式は絵素数を増して、細部にわたる表示をおこなう場合にはさらに有効となる。また、大画面のカラーディスプレイを現出するのにも比較的簡単となる。たとえば10,000絵素からなる表示に $100+100=200$ 本のコントロールラインで表示することができる。

以下この装置の基本構成となっているマトリクス選択方式、サイスタを用いた発光記憶回路および装置の性能について概略を紹介する。

2. 構 造

このシルエトロンの特長は前述のごとく、映像パネル自体を X-Y マトリクス構造とし、これをラスタ走査することによって映像パネルの制御回路の構造を単純化し、かつ ITV などによる実時間映像を表示できるようにしたところにある。装置の構成を図 2.1 に示す。

図示のごとく、光るステージを背景にした観客を ITV カメラで撮影すると、この観客像は背景が明るいために影絵像となってカメラにうつる。この影絵像は、ITV カメラ出力では通常のテレビジョン信号と同じく毎秒60フィールド、各フィールドの有効走査線数約200本の電

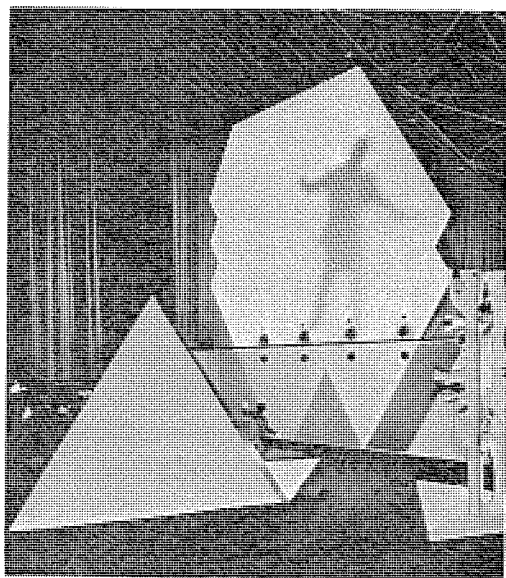


図 1.1 万博三菱館第5室
Interior view of Room No 5 in Expo '70
Mitsubishi pavilion

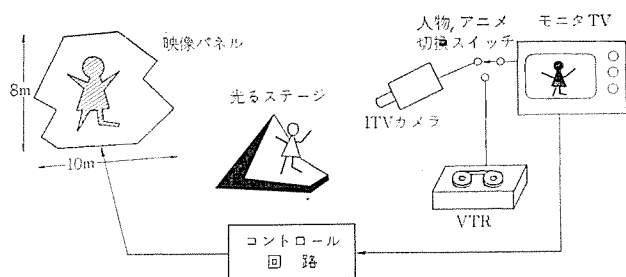


図 2.1 シルエットロンの構成
Construction of SILHOUETRON.

気信号として与えられる。シルエットロンの、このテレビジョン信号化された影絵像を、X-Yマトリックス構造とした映像パネルをITVカメラと同期してラスタ走査して、パネル上の各絵素に分配することによって実時間の映像表示を行なっている。図中のモニターテレビはITVで撮影されている像のモニタリングを行なうとともに、映像パネルのラスタ走査のための水平および垂直同期パルス の分離抽出のためにも利用されている。

また、映像源としては、ITVカメラで観客自身を映し出すほか、各種のアニメーション像の表示もできるようにVTRを備えている。このVTRも毎秒60フィールドの標準テレビジョン信号の形式で、記録されている。以下各部の概略をのべる。

2.1 映像パネル

映像パネルは、演出上、一辺が200mmの正三角形の亚克力のパネルに白熱電球をとりつけたものを一つの絵素とし、これを約3,000個、X-Yマトリックス状に配置したものとしてある。画面の寸法は約10m×8mで、図2.2にその外観を示す。図2.3は映像パネルの電気的構成図で、白熱電球とサイリスタメモリ回路、およびサイリスタのゲート回路に設けられたX-Yマトリックスによる選択ゲートにより構成されている。マトリックスの水平および垂直の各選択ラインは後で述べるマトリックス走査パルスで順次駆動され、交点にある電球の点灯または非点灯を制御する。

2.2 白熱電球の制御法

白熱電球をディスプレイ装置として使用する場合、

(1) 普通の照明と同様、規定の電圧を連続して印加するようにする。

(2) 規定電圧の数倍の大電圧をパルス状に加えて、平均的な明るさを前者と同等にする。

の2方法が考えられる。前者の方法は電球の寿命が長いこと、回路の負荷変動がゆるやかである等の長所があるが、一般に各絵素に回路的なメモリが必要となる。後者の方法ではメモリがいらない点、有利であるが、パルス状の大電流に耐える回路の設計条件がかなりきびしくなる。

すなわち電球1個に電圧を印加できる時間はわれわれの場合の例では、

$$\frac{1 \text{ 画面時間}}{\text{縦方向絵素数}} = \frac{17 \text{ ms}}{40} \approx 400 \mu\text{s}/1 \text{ フィールド}$$

となり、この短い電圧印加時間で常時電圧印加の場合と同等の明るさを得るためには、かなり高電圧で電球を駆動する必要がある。われわれの実験では600Vの高電圧と400A近いラッシュ電流に耐える回路が必要であった。

この装置ではこのような高電圧、大電流動作の回路は、安全および信頼性の点で問題があるので、われわれの装置では前者の方法す

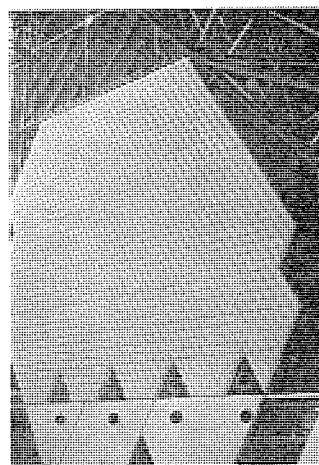


図 2.2 映像パネルの外観
Exterior view of image panel.

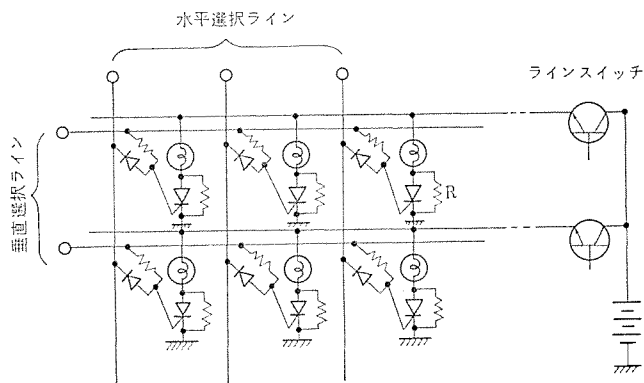


図 2.3 映像パネルの構成
Construction of image panel.

なわち電球ごとにサイリスタによるメモリ回路をもうける方法を採用した。このようにすれば小形のサイリスタ(CR 05)を電球ごとに設けるだけで100Vで動作させることができ、ラッシュ電流も20A程度に押え得、制御回路は非常に簡略化できた。

2.3 画面の走査

まずITVカメラあるいはVTRの信号がモニターテレビに入り、ここで水平同期パルス(H-Sync.)、垂直同期パルス(V-Sync.)および映像信号(Video)の三つおりの信号に分離する。このH-Sync.およびV-Sync.は、時間的直列信号で出てくる映像信号を映像パネルの平面位置に分配するために必要な信号で、Videoは映像パネルの絵素の白黒判別に用いている。これらの信号の映像パネルの平面位置への対応は次のようになっている。(図2.4参照)

まずテレビジョン信号の一水平走査時間(実効時間約50μs)に、映像パネルの横方向絵素数(83)に相当するパルスを出すクロックパルス発生器を備え、このパルスで横方向シフトレジスタを駆動する。横方向シフトレジスタは、83個の出力のうち常に1個所のみ出力パルスを出し、クロックパルスごとにまず映像パネルの横位置を順次左から右へ指定する。

一方、40本の水平ラインにつながる縦方向シフトレジスタは、モニターテレビからのH-Sync.で駆動され平面上の縦位置を順次上から下へ指定してゆく。この場合、標準テレビジョンの有効走査線数は、約200本(512/2×0.8)であるのに対して、映像パネルの走査線数が40本であるので、モニターテレビからのH-Sync.を5本に1本の割合で抽出し、40本の走査線で全画面をまかなうようにしている。図2.4の1/5回路はこのための抽出回路がある。またこのときの水平同期信号と

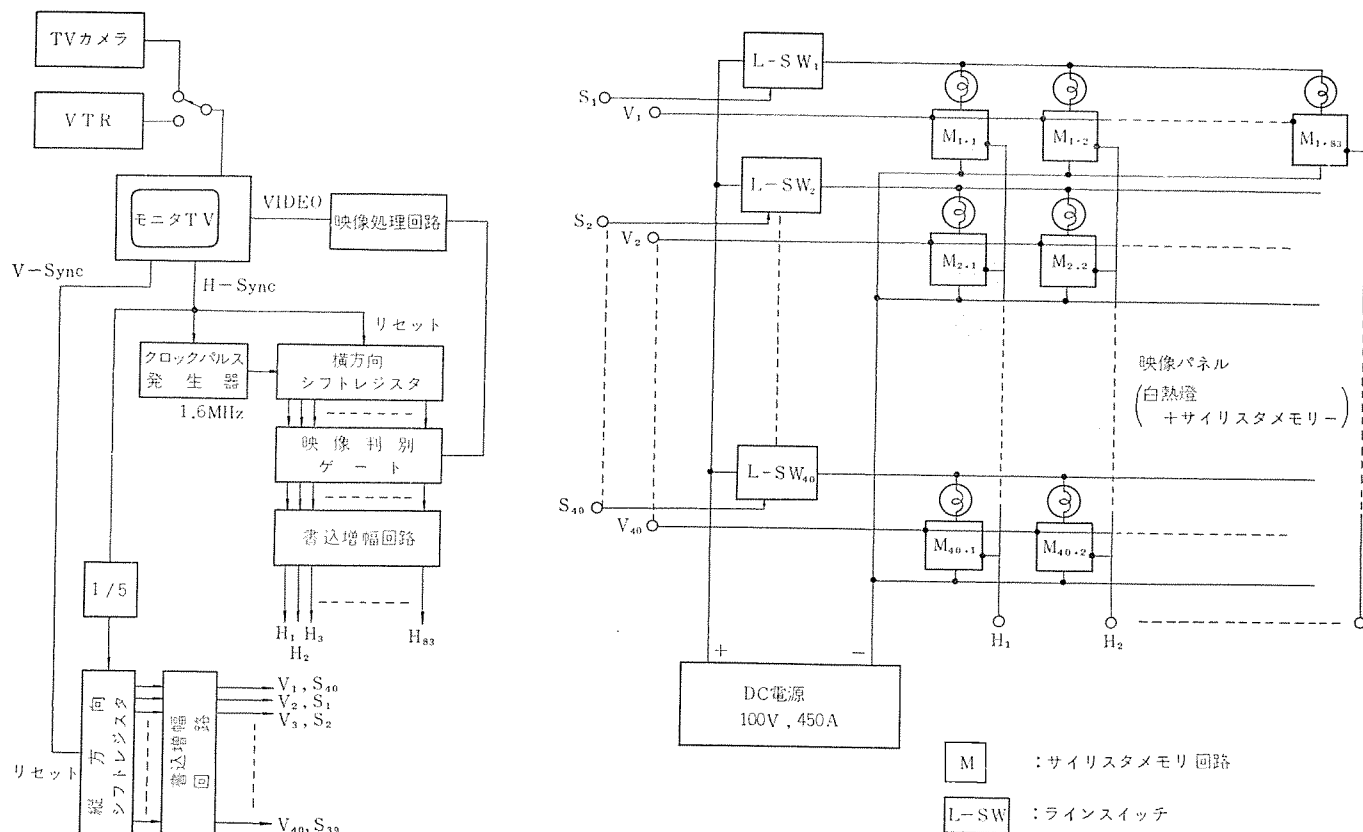


図 2.4 シルエットシステム図
Circuit diagram of SILHOUETRON.

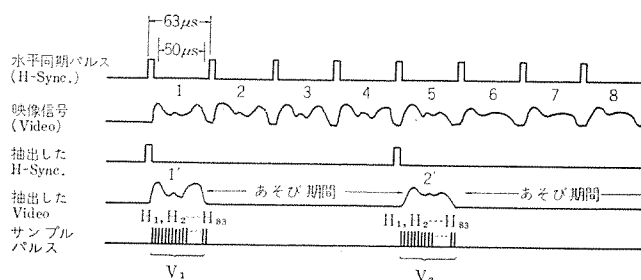


図 2.5 映像信号と抽出信号の関係
Video signal and its sampling periods.

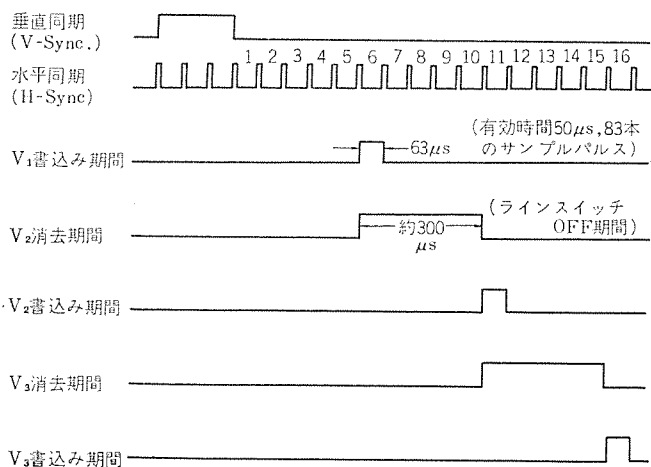


図 2.6 サイリスタメモリー消去、書込時間関係
Relation between ON and OFF time of cyristor memory.

抽出信号の関係を図 2.5 に示す。

このようにして横・縦位置を指定された交点（いわゆる X-Y マトリクス選択の選択点）に位置するサイリスタメモリー回路は、それにつながる電球を点灯すべく駆動され、次に述べるゲート回路の働きで映像信号が白を指示すればサイリスタをトリガして点灯する。ただしこのとき位置が指定されても映像信号が黒を指定すればサイリスタはトリガされず、電球は点灯しない。

図 2.4 の映像判別ゲートは、この映像信号の白・黒に応じて開閉するもので、白のときは横方向シフトレジスタからの出力パルスを通させ、黒のときは停止させる働きをもつ。以上の説明のように縦横の各シフトレジスタで位置ぎめされた平面上のサイリスタは、映像信号に応じてトリガされ、電球を順次点灯してゆく。

一画面の点灯を終え再び次の新しい情報を書込む時点では、サイリスタが OFF 状態に戻っている必要がある。このために導入したのが図中のラインスイッチで、これは情報書込みに先立って、水平方向の 1 ラインにつながるサイリスタを同時に OFF 状態とするものである。図 2.6 からわかるように 1 ラインを単位として約 300 μs の間、電球—サイリスタに流れる電流を切ってサイリスタを OFF 状態にしてゆく。すなわち図 2.5 のあそび期間に次のサイリスタ回路を消去してゆくことになる。このようにすると、各電球は 1 フィールドの時間を点灯できるので定格値に近い動作ができる。

以上のごとくライン状の消去、順次トリガで点滅する映像パネルは全体として映像信号に応じた白黒画面を現出する。ここで ITV カメラでとらえるのは、原理的には影絵であるが照明その他の関係で中間調整分も含むので、映像信号を適当なレベルで切って白・黒の 2 値信号に変換する必要がある。図 2.4 の映像処理回路はこのための回路である。また縦・横方向の書込み増幅回路は、大電流パルス

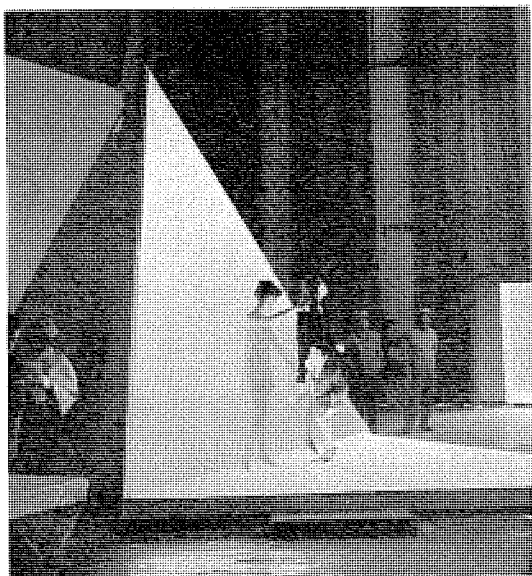


図 2.7 ステージの外観
Exterior view of stage.

に起因するノイズでサイリスタメモリー回路その他が誤動作するのを防ぐため、信号電圧を大きくする目的でそう入した増幅器であり、この出力パルスは約 60 V の振幅をもつ。

2.4 ステージの構造

図 2.7 にステージの外観を示す。ステージは人物のシルエットを得るべく、白色アクリル板による床面と背面壁にけい光灯を埋め込んだ構造とし、屋間の窓外光を横から受けた人物像も ITV カメラの撮影によってシルエット像とすることができた。埋め込みのけい光灯は 20 W のもの約 100 本である。

3. 信頼性の向上

このような装置は、長期間にわたって無保守で使用できねばならないので、信頼性には十分の注意をはらう必要がある。とくに小電圧レベルの信号処理回路で、大電力の映像パネルをマイクロ秒の高速で制御することに対する回路の動作余裕をどのように確保するかが、装置の信頼性を上げ動作を安定にする要点であった。以下この装置の信頼性向上のための措置について要点をのべる。

3.1 ノイズ対策

この装置では大電流を高速で制御し、しかも制御回路から映像パネルへのラインのあるものは 10 m 以上にもなるため、大電流ラインの各点のポテンシャルは相当変化することになる。そのため信号レベルを大きくとり、ノイズマージンを増すとともに大電流回路の電流が信号処理回路に流れ込んで微弱信号部を乱さないよう布線方法にも注意を要する。

そのために導入したのが、ノイズマージン用ゼナダイオードの信号ラインへのそう入で、図 3.1 にサイリスタ信号回路にそう入した例を示す。このような回路を用いると、ゼナ電圧以下のノイズおよびレベル変動に対しては信号ラインは等価的に無限大のインピーダンスを呈し、ゼナ電圧に値する電圧値のノイズマージンを得ることができる。実際回路では、すべての信号回路に 30 V のゼナダイオードを使用して 60 V の信号電圧を用いている。図 3.1 のダイオード D は、負荷側から信号側に電流が流れるのを阻止するためのもので、これがないとたとえば P_2 点のポテンシャルが P_1 点よりかなり高くなると、サイリスタのゲート逆耐圧を破壊して図中の逆電流を生ずることになる。

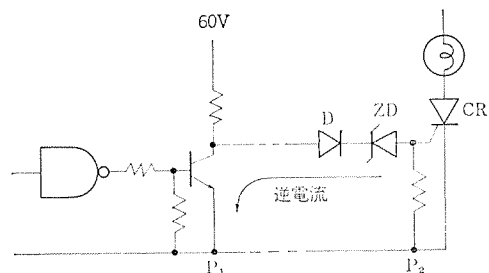


図 3.1 ノイズマージンを大きくしたサイリスタ駆動回路
Cyristor driving circuit allowing high noisemargin.

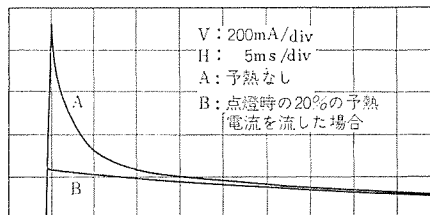


図 3.2 電球点灯時のラッシュ電流特性 (100 V, 15 W 白熱灯)
Rush current characteristics of switched tungsten lamp.

簡単ではあるが、これらのノイズに対する処置は、制御対称が広面積に散在し、しかも高速・大電流を扱うこの種の装置に絶対必要なもので、調整時に接地箇所を移動したり、バイパスを付加する等の事態を極力避けうる方策である。またノイズ阻止ダイオードを介しての接続は、回路相互間の干渉を大幅に減少することにもなり、この意味からも回路の信頼性を向上させることができた。

3.2 白熱灯のラッシュ電流対策

白熱灯は点灯時に瞬時数倍のラッシュ電流が流れるので、このまま使用すると

- (1) ラッシュ電流の繰返しにより電球の寿命が低下する。
- (2) ラッシュ電流によりノイズが増大する。
- (3) 回路の容量を大きくせねばならない。

等の不都合が生ずる。

この問題を電力損失および回路のコスト等の面から総合的な検討を加え、最も妥当な方式として、電球の非点灯時に適当な予熱電流を流しておきラッシュ電流を減少させる方法を採用した。図 3.2 に予熱電流を流した場合と、予熱なしの場合のラッシュ電流を比較して示す。具体的にはサイリスタと並列に抵抗をそう入し、サイリスタの OFF 時においても定常点灯時の約 20 % の電流を予熱電流として流すことにより、ラッシュ電流を数分の 1 に減少させることができた。予熱時の電球発光は目に感じない程度であることは言うまでもない。

4. 性能

この装置の性能を表 4.1 に示す。

映像表示装置として絵素数が少ないことは一般的には性能が劣ることになるが、今回の構想である童画的なふんい気を醸成して観客の参加を呼びかける目的からは、大区画のモザイクパターンがかえって面白い映像を現出した。図 4.1 は映像例で、ステージ上の人物を ITV カメラでとらえた像と VTR によるアニメーションを示す。

なおこの装置の実動時に性能面で気付いた事項を列挙すると次のごとくである。

- (1) 特に速い動き、たとえばゴーゴーダンスの映像などに対しては、モザイクパターンの演出が効果的である。

表 4.1 シルエットロンの性能
Specification of SILHOUETRON.

表 示 面 寸 法 分 解 能	10 m × 8 m 83 × 40 (絵素数 3,000)
表 示 画 像	白黒2値の影絵あるいは光絵
走 査 速 度	60 画面/秒
映像パネルの消費電力	全面点灯時 40 kW
制御回路の消費電力	2 kW
使 用 電 球	100 V, 15 W 白熱灯
電 球 印 加 電 圧	100 V, DC
I T V カ メ ラ	三菱 IT-17 (60 Hz, ランダムインタレース)
V T R	芝電 SV-700
主 電 源	100 V, DC 450 A (三相全波整流)
制 御 用 電 源	5 V, DC 5 A 12 V, DC 2 A 60 V, DC 3 A
使 用 周 圍 温 度	映像パネル 0°C~60°C 制御回路 0°C~40°C

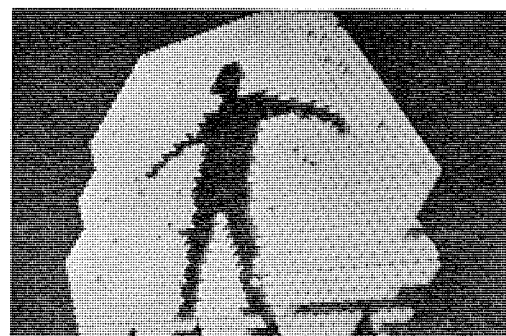
(2) 電球の残光時間は数十 ms であるが、人物あるいはアニメーションの最も速い動きに対しても残像は感じない。

(3) 通常の照明に使用する場合に比べて、電球の寿命低下は認められない。

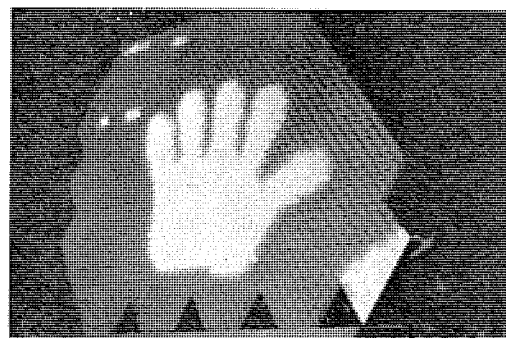
(4) 負荷変動によるノイズ、その他の外来ノイズに対してまったく安定である。

(5) 始動・停止等の操作が簡単で、特別の保守技術を必要としない。

以上のごとく、映像によるプレイングシステムにより、観客の参加を呼びかけるといふ初期の目的を得る装置が実現できた。なおこの装置はサイリスタメモリーを採用しているため、瞬時画像をそのまま静止記憶する機能も有しており、利用の方法次第では電子装置と直結し



ITV カメラによるステージ上の人物像



VTR によるアニメーション

図 4.1 シルエットロンの映像
SILHOUETRON's pictures.

た大画面データ表示装置とも成りうるものである。

5. む す び

以上万国博覧会三菱館の電光映像装置の設計について紹介した。方式上はマトリクス選択走査を採用したこと、電球にサイリスタメモリーを施したことが、従来にない安定性と寿命を得る結果となった。信頼性の面では回路のノイズ対策、電球のラッシュ電流対策が功を奏し、この装置は万国博覧会開幕以来シルエットロンの名称で好評を得ている。末筆ながらこの装置の設置にあたり、プレイングシステムを企画された近畿電々広告商事の関係各位に敬意を表するとともに、製作に協力くださった久米電気、当社北伊丹製作所のかたがたに深謝します。

(昭和45-6-3受付)

日本万国博覧会におけるリコー館のバルーン照明

小川 俊也*・福島 善夫*

狩野 雅夫**・橋本 武雄**・森本 俊一**

Attractive Lighting for a Balloon of the Ricoh Pavilion in Expo '70

Ricoh Company, Ltd. Toshiya OGAWA・Yoshio FUKUSHIMA

Mitsubishi Elect. Corp., Ofuna Works

Masao KARINO・Takeo HASHIMOTO・Shunichi MORIMOTO

A large balloon looking down the site is hoisted high above the roof of the Ricoh pavilion in the Expo '70 that has the theme of "Progress and Harmony of Mankind". At night it gives off a variety of changing colors and depicts a pattern of light blue spots. The lighting of the balloon is made with color fluorescent lamps, colored fluorescent lamps and incandescent lamps. The fluorescent lamps are changed of their intensity by means of dimmers, while the incandescent lamps are flashed. The changes of lighting effect is all made with an electronic computer to conform to the images of the designer.

This article describes the outlines of the lighting method.

1. ま え が き

“人類の進歩と調和”をテーマにした日本万国博覧会のリコー館で、直径25メートルのバルーンを地上75メートルの高さまで浮上させ、その内部に照明器具を内蔵して、バルーンをファンタジックに照明することが計画された。

その照明方式は、パンチテープにより、自動的に、けい光灯の調光、ならびに白熱灯スポットライトの点滅をおこなうもので、パターンは、必要なプログラムを盛込んだテープを作成して、かけ代えることにより簡単に変更できる。したがって従来の単なる調光と異なり、けい光灯三原色の混色の上に、白熱灯スポットライトの点滅を組み合わせ、種々のイメージを与えるもので、いわば音楽の作曲に対する作光ともいえるべきことをおこなうことができる。

こうした計画に対し、われわれが最も意を用いたのは、バルーン内に光源を取付けるための重量制限（光源として1.6トン）、ならびに

光源の収納室が可燃材（透明アクリル樹脂）であるための、温度に対する配慮すなわち安全対策等であった。

以下にその詳細を述べる。

2. バ ル ー ン

バルーンは半透明のプラスチックの膜で作られた直径25メートルの大気球で、容積は8,000立方メートルあり、中にはヘリウムが詰められており、その浮力は常圧で8トンある。気球構造体の重量が約4トンあるので実質の浮力は4トンとなる。

気球の中心には光源を含むハウジングがあり、8本のテンションワイヤで位置決めされている。バルーンは屋上に設けられた4台のウインチによって、4本のロープで操作され、地上75メートルまでの浮上・水平方向・上下方向の回転ができる。

シャフトカバーは光源の保守点検の際、人がハウジングまで上る通路であると同時に、ファンダクトの通り道ともなっており、内部になわはしごが取付けられている。

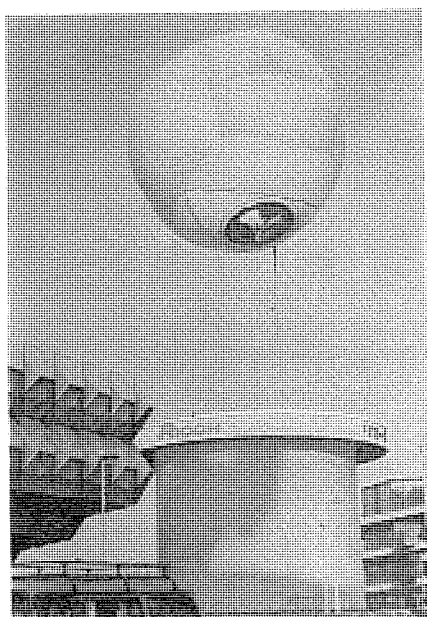


図 1.1 バルーン浮上図
Balloon floating up.

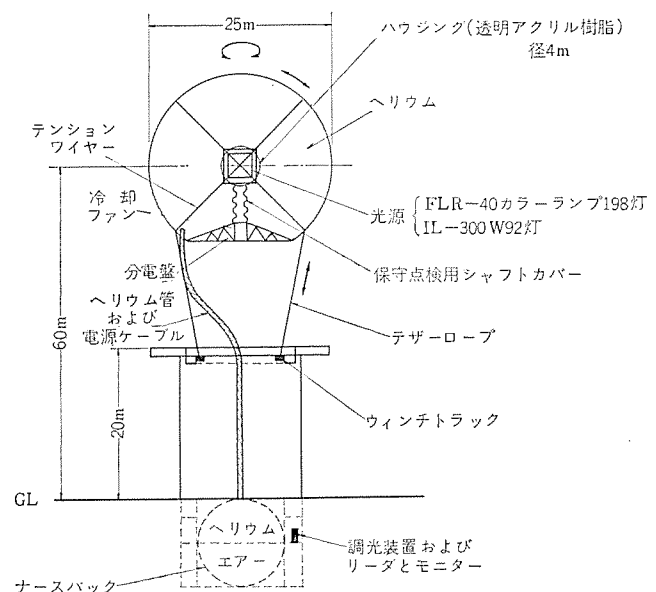


図 2.1 バルーン構造概略図
Construction of balloon roughly drawn.

バルーンのヘリウム圧の変化に対応させるため、地階にナースポットが設置されている。

3. 光源装置

光源装置は図 3.1 のように、直径4メートルの透明アクリル球内に取付けられた正六面体（一辺約2.2メートル）で構成され、下面を除いては1面につき、40 W レフレクタ付きカラーランプ18灯（赤）、カラーランプ18灯（青14灯、緑4灯）計36灯、および300 W 白熱灯スポットライト16灯が取付けられている。白熱灯スポットライトには、バルーン表面に均等にスポットを生じるよう角度調整装置がついており、温度上昇の低い個所には、ダイオードが取付けられている。

下面は保守点検用の開口部があるため、けい光灯18灯（赤9灯、青7灯、緑2灯）、白熱灯スポットライト12灯となっている。

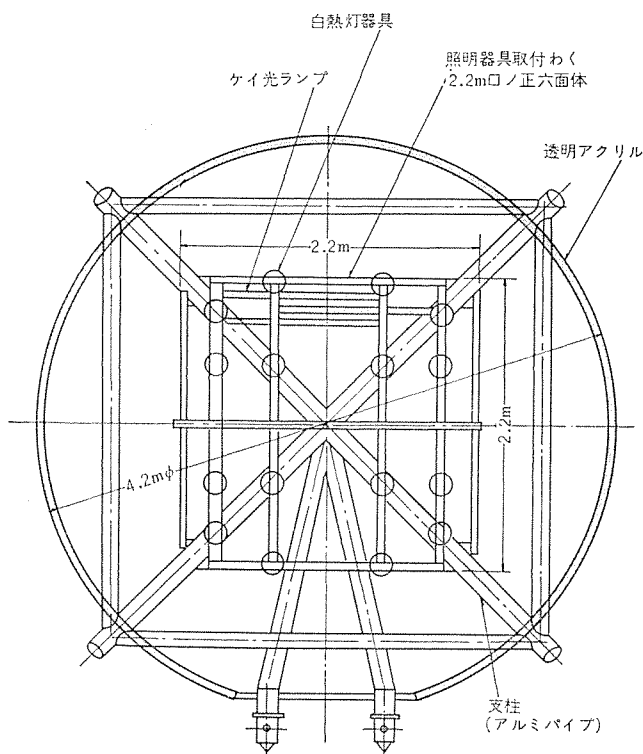


図 3.1 ハウジング詳細図
Detailed drawing of the housing.

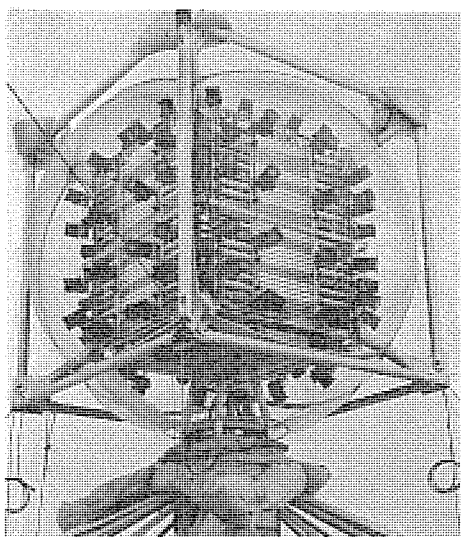


図 3.2 照明器具取付図
Fitting of lighting fixtures.

内部配線はシャフトカバー内を通過して分電盤へつながり、分電盤からはケーブルによって地階のコントロール装置に接続されている。

4. コントロール装置

コントロール装置は、三色のけい光灯198灯を調光する装置、白熱灯スポットライト92灯を点滅する装置、およびこれらの装置に信号を与え、光源の明るさを時間的に変化させる装置より構成されており、そのブロック図は図 4.1 のとおりである。

4.1 けい光灯調光装置

けい光灯は六面体の下面を除いた各面に、赤16灯、青14灯、緑4灯が取付けられているが、これらのランプを各面ごとに調光すれば、18個の調光器が必要となる。また配電線も制御線だけで18本となるため、重量計算をした結果、制限をこえることがわかった。このため、けい光灯はベースライトとして使うという条件のもとに、相対する面は同じ色の調光をするとして、これを1回路とした。すなわち、相対する面ごとに3台の調光器が必要となり、計9台の調光器を使用することにした。

4.1.1 けい光灯調光ユニット

相対する面の同じ色のけい光灯を同時に調光するとして、1台の調光ユニットに接続されるけい光灯の最大灯数は32灯となる。安定器には、周囲温度が高くなってもあまり問題のない低力率形の調光用安定器を使用したため、調光ユニットに流れる電流は約23 A とな

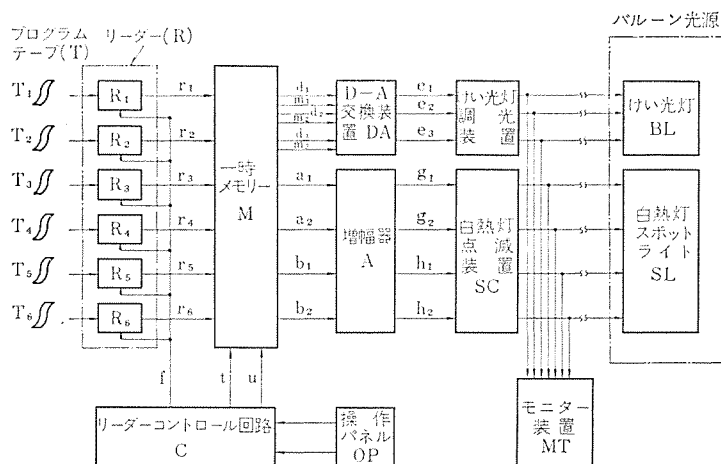


図 4.1 コントロール装置ブロック図
Block diagram of control equipment.

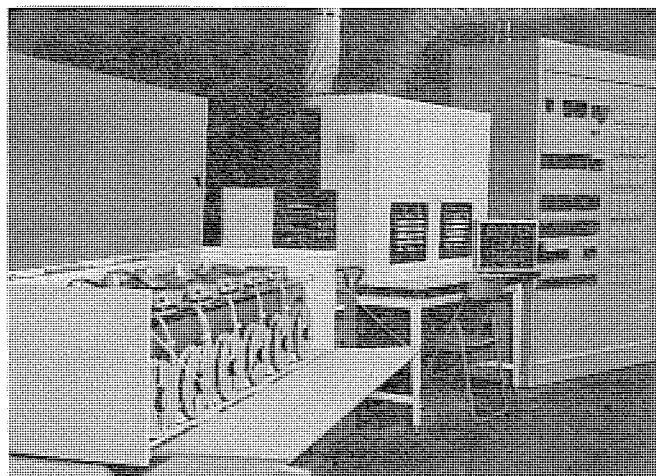


図 4.2 地下のコントロール装置設置図
Installation of control equipment.

る。この種の調光ユニットとして制御信号発生回路に、磁気増幅器を用いたものがあるが、制御信号を極力少なくし、かつ特性をそろえることが要求されたため、図 4.3 に示すような半導体回路を採用した。この回路は、トランジスタ (TR₁) のベースに流れる電流を変化させることにより、ユニジャンクショントランジスタ (UJT) の発振位相を変えるもので、ユニジャンクショントランジスタの発振信号で、小形のサイリスタ (SCR₃, SCR₄) を導通させ、この信号を主回路のサイリスタ (SCR₁, SCR₂) のゲートに印加してけい光灯に流れる電流を制御するようにしたものである。端子 3-4 間に加える電圧を 0 ~ 16 V まで変化さ

せれば、けい光灯の明るさを 0 ~ 100 % まで連続的に変えることができる。

4.2 白熱灯点滅装置

300 W 白熱灯 スポットライト 92 灯の点滅をおこない、調光されたけい光灯の光のうえに、水玉模様を描かせるもので、個々のスポットライトおよび複数個のスポットライトを点滅させることが要求された。このため配電線を少なくし、かつこれらの要求を満足させるため、白熱灯 スポットライト 92 灯を 2 ブロックに分け、各ブロック 46 灯についてマトリックス回路を形成し、各スポットライトに直列にダイオードを接続し

た。またこの方式で、サイリスタを用いた点滅ユニットを使用すると、サイリスタが導通し放しになった場合、保護回路が動作せず、アクリ面の温度が制限をこえることも考えられるため、電源側にダイオード、サイリスタの混合ブリッジ回路を接続した。これにより点滅ユニットに印加される電圧は、位相制御された波形となる。図 4.4 に示された白熱灯点滅装置接続図において、点滅ユニット K および 1 が同時に ON になると電流は点滅ユニット K、ダイオード a₁、白熱灯 スポットライト K₂ を通して流れ、白熱灯 スポットライト K₁ が点灯する。同様に白熱灯 スポットライト K₁ と K₁ を点灯したければ、点灯ユニット K、1、2 を ON すればよい。このようにマトリックス回路を使用すれば、サイリスタブリッジの陽極側に接続されている点滅ユニット (K ~ P)、および負極側に接続されている点滅ユニット (1 ~ 8) を ON することにより、ON されたユニットに接続されている白熱灯 スポットライトを点灯させることができる。しかし、この方式では、白熱灯 スポットライト N₁, M₃ を点灯しようとして、点滅ユニット N、1, M、3 を ON にすると、希望しないスポットライト M₁, N₃ も点灯してしまうことになり、おのずからプログラムも制限を受ける。この点を考慮してプログラムを作成すれば、配電線が極端に少なくなり、今回の場合 28 本で済んだ。

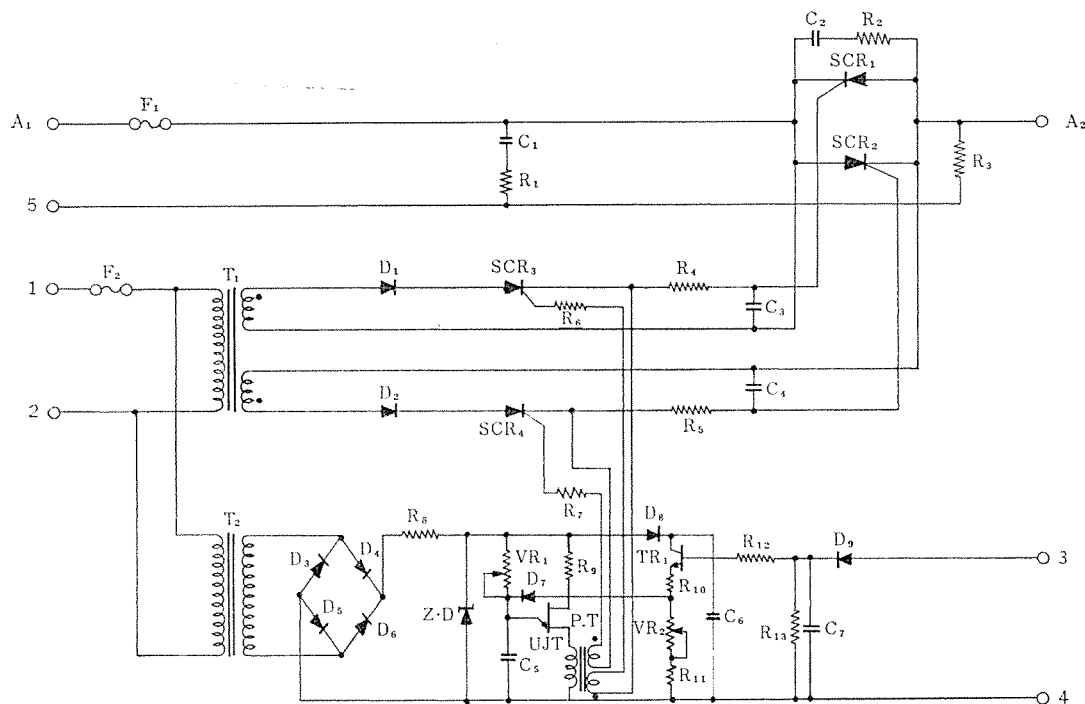


図 4.3 けい光灯調光ユニット接続図
Connection diagram of fluorescent dimmer unit.

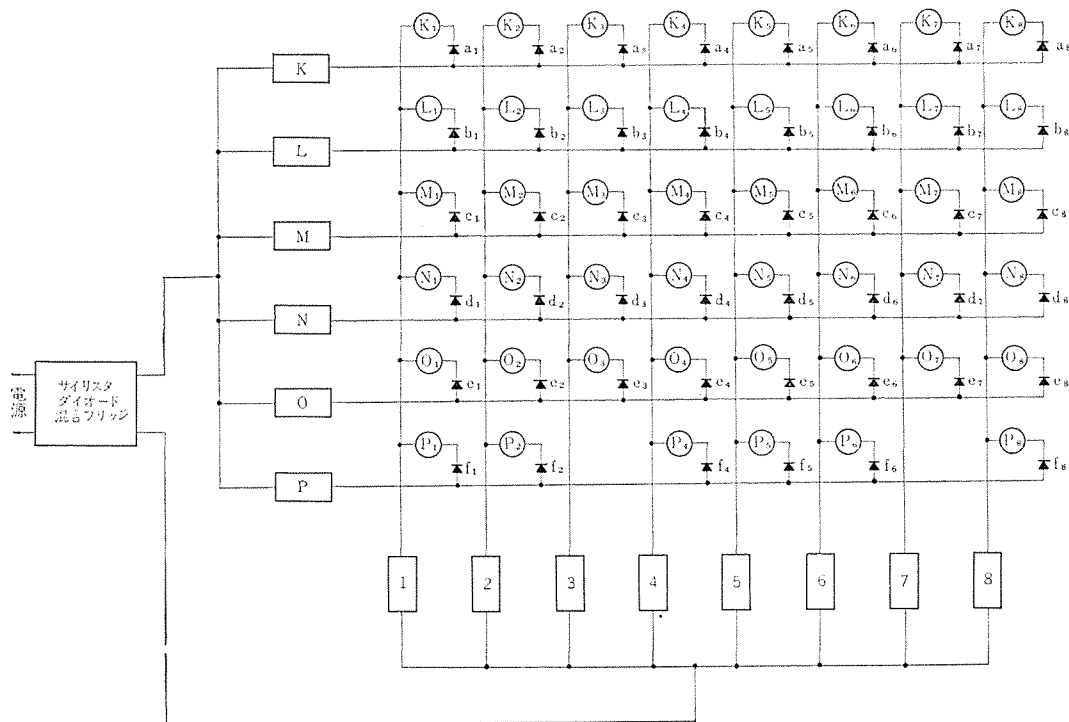


図 4.4 白熱灯点滅装置接続図
Connection diagram of incandescent lamp flashing device

4.2.1 点滅ユニット

点滅ユニットは、けい光灯調光ユニットとほぼ同じであるが、印加される電圧が脈流であり、1ユニット当たりのサイリスタは1個でよく、かつ点弧回路も簡単になる。今回、白熱灯スポットライトは点滅だけの要求であったが、信号の加え方によっては、調光も可能なようになっている。調光ユニットの回路図を図4.5に示す。

4.3 制御信号発生装置

制御信号発生装置は図4.1のブロック図で示されるように、電子計算機からはき出された6種類のテープは、所定のリーダーにセットされ、操作パネルのスタートスイッチによるスタート信号が送出されると、リーダーコントロール回路のクリアー信号により一時メモリはクリアーされ、次にセット信号によってリーダーの読み取っている内容が合計40チャネル並列に記憶される。メモリに記憶されたデータは光源の信号として調光・点滅各ユニットに印加される。調光・点滅のタイミングは試験

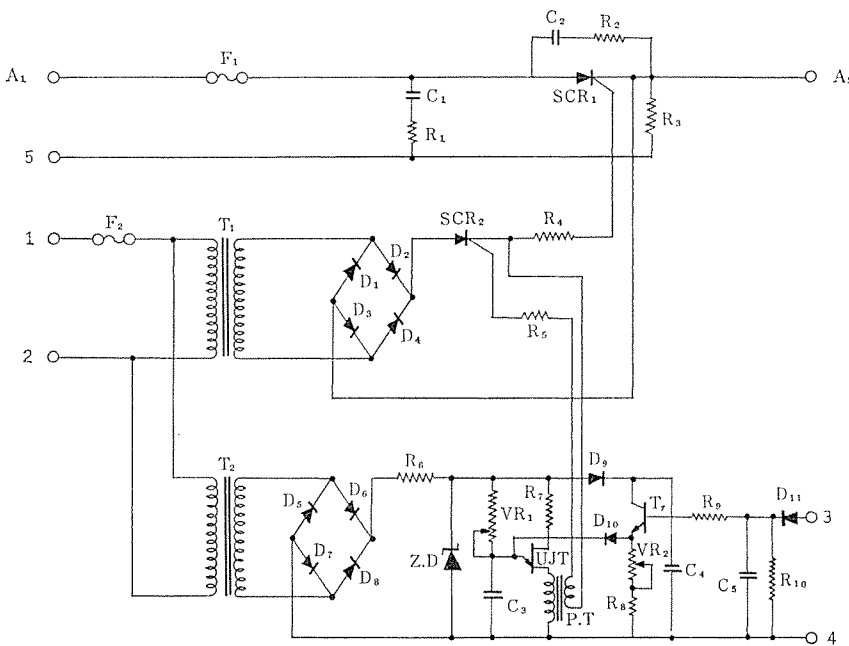


図4.5 白熱灯点滅ユニット接続図
Connection diagram of flashing unit.

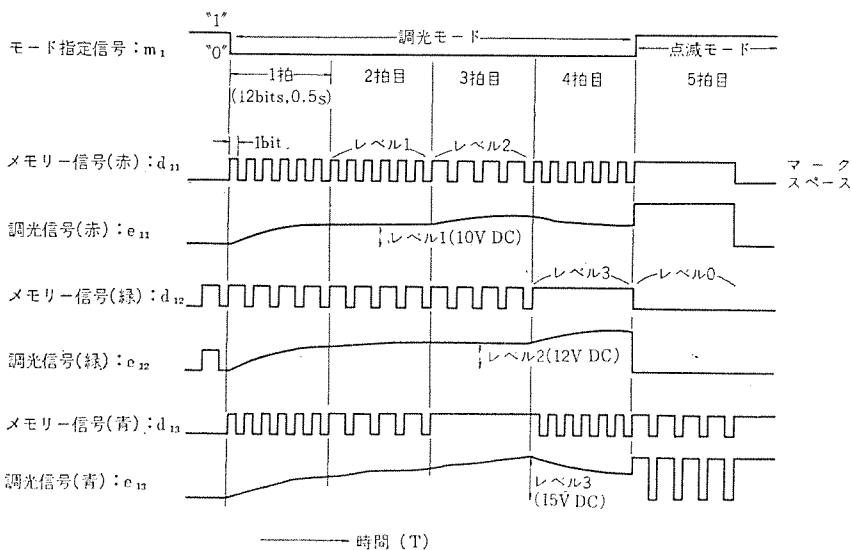


図4.6 調光、点滅制御信号
Dimmer flashing control signal.

の結果0.5秒程度が適当であったので、最小単位を0.5秒とした。この単位を音楽に対応させて1拍とすると、この間に調光レベルを得るために、12bitsのシリアルなデジタル信号を構成し、このマークとスペースの時間的割合によってデジタル-アナログ変換(D-A変換)をおこなうようにした。したがってテープリーダーの読み取りサイクルは、24bits/秒である。

4.3.1 けい光灯の制御

けい光灯を調光するプログラムは、リーダーに読み取られメモリにセットされる。そしてメモリからの各三つの面に対応するデータはD-A変換装置に与えられる。この時、各面に対応するモード指定信号(m_1, m_2, m_3)のうち、たとえば m_1 が論理的に“1”ならばその面は点滅モードであり、それに対応するデータは、D-A変換されず0Vまたは15Vのいずれかの電圧信号となってけい光灯調光ユニットに与えられ、点滅をおこなう。また m_1 が“0”ならば図4.6に示すように調光点滅信号となり、D-A変換される。

図4.6からわかるようにレベル1は、1拍の中でマークとスペースの割合が1:1であり、レベル2は2:1、レベル3はすべてマーク、レベル0はすべてスペースである。このようにマークとスペースの割合を変えることによりすべてのレベルに連続調光をおこなうことができる。

4.3.2 スポットライトの制御

図4.1に示すようにリーダー(R_3)は6チャネルのデータを読み取る。同時にリーダー R_4 は8チャネルのデータを読み取りそれぞれメモリにセットされる。そのデータは0Vか15Vのデジタル信号となり増幅されて点滅ユニットに印加される。

図4.1に示されているモニター装置は、調光、点滅各ユニットの出力側にバルーンの光源と並列に接続されており、バルーン内の光源の動作が一目でわかるようになっている。

5. 保護装置

先にも述べたように光源収納室がアクリル樹脂であるため、次のような対策を施した。

(a) けい光灯安定器には、異常温度上昇による安定器焼損を防止するため、サーマルプロテクタ(130°C)を内蔵させた。

(b) 白熱灯スポットライトの前面に熱線吸収ガラスを取付け、アクリル面に投光されるスポットの熱をシャ断するようにした。

(c) 内部配線はすべてシリコンゴム絶縁ガラス編組線を使用した。

(d) アクリル樹脂のスポットライト投光点の中間にサーモスイッチ(60°C)をはり付け、この点の温度が設定値を越えるときけい光灯、白熱灯スポットライトが消灯するようになっている。

(e) アクリル樹脂の局部温度を85°C以下とするため、白熱灯スポットライトとアクリル樹脂間の距離は予備実験で得られた距離以上とした。

(f) ハウジングを冷却するため、50m³/分のファンモータを取付けた。

(g) けい光灯, 白熱灯 スポットライトとも, 最大点灯数, および点灯時間を制限し, その テープを電子計算機で試験し, 合格した プログラムのみを使用することとした。

(h) ファンモータの故障による過電流, または停止, およびモータ回路の停電等に対する保護装置を設けた。

6. 重量制限に対する対策

バルーンであるための重量制限対策として, ケーブルが一番大きなウエートを占めていた。このため, 前記したようにけい光灯は相対する面を同一の調光とし, 白熱灯 スポットライトはマトリックス回路とすることにより, 大幅な減量が可能となりほぼ初期の目的を達することができた。

7. 光源の明るさおよび温度上昇

7.1 光源の選定と数量

できるかぎりバルーン表面の輝度を上げるため, 効率のよいけい光ランプを使用することにした。色彩を変化させるため3原色のカラーランプを選び各色のランプ数を平均昼光 C ($x=0.310$, $y=0.316$) になるように計算した結果, 赤, 青, 緑の割合は6:9:1となったが, 実験の結果, 赤については光色の点でカラードランプに, また数量については重量, 消費電力の制限を考慮して, 前記したように正六面体の一面につき36灯(ただし昇降口がある面については18灯)合計198灯とした。

白熱灯 スポットライトについても種々検討した結果, 300 W スポットライトとし, その数量は一面あたり16灯(下面は12灯)合計92灯とした。

7.2 球面輝度

バルーン表面の輝度は次式により算出し, 完成時に測定した値と比較した。その結果を表7.1に示す。なお視感上は満足し得る明るさであることを確認した。

$$B = \frac{F t_1 t_2}{\pi^2 D^2} \left(\eta + \frac{\rho}{1 - \rho} \right)$$

B: 輝度

F: ランプ光束×光束

t_1 : 内球(透明 アクリル 球) 透過率 92.0 %

t_2 : 外球(バルーン) 透過率 65.9 %

D: 外球直径 25 メートル

η : 器具効率 70.0 %

ρ : 外球反射率 22.0 %

測定値と計算値との相異は次のように考えられる。

(1) 外球が完全な球でないため, 相互反射の計算式にあてはまらない。

(2) 外球が完全拡散面でないため, 輝度むらを生じている。

(3) 器具, ランプ, 内外球面がほこりで汚れている。

表 7.1 バルーン表面の輝度比較
Comparison of surface brilliance of the balloon.

ランプの種類	光 束	数 量	輝 度	
			計 算 値	実 測 値
FLR 40 R-F	200 lm	99	1.92 Cd/m ²	1.37 Cd/m ²
FLR 40 B	850	77	6.33	3.19
FLR 40 G	3,330	22	7.07	4.12

(4) 全光時の調光ユニット出力電圧が定格の95 %位なのでその分だけ光束が低下している。

(5) 周囲温度が低い(約 10°C 低いので光束は5 %程度低い) スポットライトの輝度は測定したところ, 20 Cd/m² となっていた。

7.3 温度上昇

アクリル 球内の温度上昇により, ランプ光束の低下, 器具の焼損, アクリル 球の溶損などの現象が発生する可能性があるため, けい光灯, 白熱灯 スポットライトの点灯数を算出し, 調光, 点滅プログラム作成上の制限を設けた。

温度条件

アクリル 球内平均温度	60°C 以下
アクリル 球面平均温度	60°C 以下
アクリル 球面短時間最高温度	85°C 以下
冷却風量	50 m ³ /分
冷却空気温度	外気温度とする。

この条件をもとに, 熱負荷 13.5 kW として温度上昇を計算すると 14 deg となる。

点灯時の外気温を最悪の場合 35°C とすると アクリル 球内平均温度は 49°C となる。これを スポットライト のふく射熱による アクリル 面の温度上昇を試験データから導入して検討したところ, けい光灯と白熱灯 スポットライトでは後者の点灯条件がきびしくなっているのでそれを緩和するようにした結果, 点灯条件を次のように決定した。

	けい光灯	白熱灯 スポットライト
平均点灯率	57 % 以下	9.6 % 以下
平均消費電力	7.15 kW 以下	2.6 kW 以下
短時間最大点灯率	——	25 % 以下

(点滅間隔 1:3)

以上の条件で温度上昇の再計算をした結果,

外気温度 35°C の場合

アクリル 球最高温度	85°C
アクリル 球平均温度	60°C
アクリル 球内平均温度	45°C

となった。

ただし前記の計算は内球(アクリル 球)と外球(バルーン)の間がヘリウムであることを考慮せず空気としておこなっている(ヘリウムの熱伝導は空気の約6倍)。

点灯条件の最大許容限度のプログラム(1サイクル15分)でけい光灯の調光, 白熱灯 スポットライトの点滅をおこない温度測定をおこなった。その結果 アクリル 球面平均温度上昇は, 5.5 deg, その飽和時間は60分であった。また アクリル 球面最高温度はスポットライトのビーム中心においても他の部分と同様 5.5 deg 程度の温度上昇しか認められなかった。

計算値との相異としては

(1) ヘリウムの熱伝導がよいため放熱が大きい。

(2) 配電線の電圧降下による入力減少。

(3) 熱線吸収フィルタによるふく射熱の減少。

などが考えられる。

8. 調光, 点滅プログラム

ランプの数および変化の種類が多く, しかもその点灯率に制約があるため, さん孔 テープを用いることにした。けい光灯用として, 12 チャネル, 白熱灯 スポットライト用に28チャネル, 合計40チャネルを必

要とするので、テープは8チャンネル用6本を使うことにした。このように使用テープが多いため、人が直接テープにプログラムしてゆくことはできないので、人はなるべく実際のイメージに近い形で紙の上にプログラムを作り、最終的に必要なテープへの変換を電子計算機にまかせることにした。

8.1 プログラム作成手順

8.1.1 作譜

図8.1, 8.2は譜の一例を示す。図8.1ではけい光灯の色は位置で、モードまたはレベルを記号(数字)で、長さ(時間)を形で指定できるようにしてあり、前後面を第1面, 左右面を第2面, 上下面を第3面として一語に表記できるようにしてある。図8.2では点灯させたい位置に直接しるしをつけるだけでよく、スポットライトはこの塊りが1拍を表す。したがって作譜者は準備されているシートに符もしくはしるしを記入すれば、あとはオペータと電子計算機が最終的な形にまで変換してくれる。

8.1.2 コード変換

オペータは、まず譜面を文字コードに変換する。けい光灯なら面指定(三線譜の左側外に書いてある1~3の数字)、色指定(三線譜の一番左側にあるW, B, C, G, Y, R, Pの7つ。ただし休みのある時はこの指定を省く)、モードおよびレベル指定(点滅モードは単一レベルなのでDと書き、調光モードは3レベルあるので1~3を書く、また休止は0で示す)および拍数指定の4種の指定をおこなうことによって一つの符が完全に変換できる。

図8.1についてこの変換をおこなえば次のようになる。

1G33 2R13 3WD2 3YD A0

1B2A 20 2BD 2RD 2GD

白熱灯スポットライトについては、左側のマトリクスを先に変換する。まずアルファベットに関してONになっているものをすべて書き、次に数字に関して同様に書く。それに続けて右側のマトリクスも同様の交換をおこなう。図8.2についてこの変換をおこなえば、

SUX26NA A147MN45 T3LMNO3456

W8LO27

となる。

8.1.3 ソーステープ

コード変換が終わればこれをテープにパンチする。パンチされたテープをソーステープという。

8.1.4 コンパイル

ソーステープから最終的なテープに変換する作業は、モノボットと呼ばれる電子計算機におこなわせる。

変換に必要なプログラム(コンパイラ)はあらかじめ電子計算機に読み込ませてある。ソーステープの読み込みが始まると、テープの中にルールのない表記、脱落等がないかどうかのチェックをしながら読み込み、

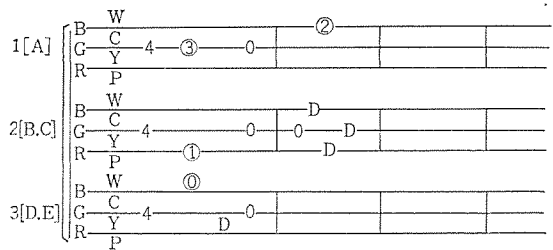


図8.1 けい光灯用プログラム
Program of fluorescent lights.

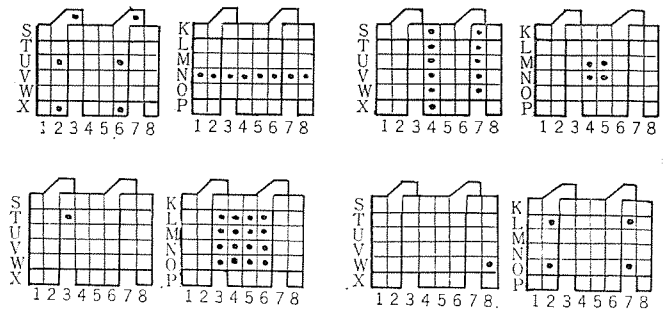


図8.2 白熱灯スポットライト用プログラム
Program of incandescent spot lights.

コードを2進法32ビットのマシコードに変換して、1拍ごとに内部メモリに記憶してゆく。ミスがあればその内容をタイプライターで一時停止する。オペータはその理由を判断して全部キャンセルして最初からやり直すか、あるいはミス部分だけを修正して先に進むかをボタン操作だけで決めることができる。すべて読み終わると全拍数をタイプライターで点灯率を計算し、制限点灯率との比較をする。制限を越えている場合にはけい光灯ならどの色のどの面が多いのか、スポットライトならどのランプがいくつ越えたのかをタイプライターで一時停止する。

制限を越えていないか、あるいは越えてもよい場合(テストプログラム等)は先へ進んでもう一方のテープの読み込みを始める。上と同様のチェックをおこなったあと問題がなければテープパンチを開始する。このようにしてできたプログラムをオブジェクトテープと呼ぶ。

以上のような手順によって最大4分までの任意の長さのプログラムが作成できる。

9. む す び

以上述べたように、パルン内に照明器具を収納し、それを電子計算機によって調光、点滅の制御をするという試みもほぼ初期に予測したとおりの効果を得ることができた。日建設計、GAC (Good year Aerospace Corp) をはじめとする関係各位のご支援を深く感謝している次第です。誌上をかりて厚くお礼申し上げます。またこれを契機に、このような照明方法がさらに進展することを期待してやみません。

最近登録された当社の実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者	関 係 場 所
負イオン発生装置	44- 4-10	868742	馬 込 一 男・杉 本 賢	商品研究所
イオン化装置	44- 4-10	868743		
イオン発生装置	44- 4-10	868744	藤 田 順 三	中津川製作所
負イオン発生機	44- 4-10	868745	竹 中 正 恭	中津川製作所
端子台	44- 4-10	868777	松 尾 宏 之・都 築 勇 吉	名古屋製作所
接栓装置	44- 4-10	868783	吉 田 元 之	通信機製作所
空気清浄機	44- 4-10	868747	牛 越 諒	中津川製作所
電気鍋	44- 4-10	868748	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868749	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868750	長 谷 川 清	群馬製作所
冷蔵ショーケース	44- 4-10	868751	{山 越 明 秀・高 橋 哲 弥 高 木 昇	日建製作所
電気鍋	44- 4-10	868752	長 谷 川 清	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868753	長 谷 川 清	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868754	長 谷 川 清	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868755	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868756	{長 谷 川 清・高 橋 正 晨 村 岡 和 典	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868757	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868758	長 谷 川 清・奥 田 文 一	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868759	長 谷 川 清	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868760	長 谷 川 清・伊 藤 弘 道	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868761	鈴 木 洵	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868762	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868763	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868764	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868765	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868766	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868767	鈴 木 洵	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868768	鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
冷蔵庫扉棚のガード保持装置	44- 4-10	868769	中 島 勇	静岡製作所
救命いかだ用 備品格納装置	44- 4-10	868771	山 口 彰 弘	相模製作所
電気鍋用電熱体	44- 4-10	868772	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋用電熱体	44- 4-10	868773	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋用電熱体	44- 4-10	868774	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋用電熱体	44- 4-10	868775	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋用電熱体	44- 4-10	868776	長 谷 川 清	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868778	高 橋 正 晨・村 岡 和 典	群馬製作所
膨張形救命具の投下装置	44- 4-10	868779	宇 川 彰	相模製作所
電気鍋	44- 4-10	868780	鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
煮炊具	44- 4-10	868781	{岡 上 廉・鶴 谷 嘉 正 丹 野 正 道	群馬製作所
電動圧縮機	44- 4-10	868782	戸 崎 保 弘	静岡製作所
電気毛布の保護装置	44- 4-10	868784	中 村 富 家・高 梨 靖 士	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868786	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868787	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868788	{高 橋 正 晨・村 岡 和 典 鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
電熱布の温度調節器	44- 4-10	868789	中 村 富 家・大 竹 操	群馬製作所
電熱煮炊鍋	44- 4-10	868790	野 畑 昭 夫・大 沢 和 夫	群馬製作所
電気鍋	44- 4-10	868791	高 橋 正 晨・村 岡 和 典	群馬製作所
電熱煮炊鍋	44- 4-10	868792	鶴 谷 嘉 正	群馬製作所
密閉形電動圧縮機の懸架装置	44- 4-10	868793	新 井 毅 博	静岡製作所
密閉形電動圧縮機	44- 4-10	868794	田 中 満	静岡製作所

新製品紹介

380 mm 携帯用電気丸のこ

木工用電気丸のことして 165 mm・255 mm・305 mm のシリーズで製作しているが、さらに切込深さ 145 mm（4 寸 7 分が切込可能）と強力な切込能力をもった 380 mm 電気丸のこを開発した。

携帯用ではあるが、定置用として使用可能な簡易スタンドを付属しているの、卓上用としても使用できる広い用途のものである。さらに専用スタンド・ホジ取りスタンドを使用すれば、広幅・厚材等の切込はもちろんホジ取り作業等の特殊作業にも使用できるものである。

■用 途

木工材料の切込、その他 プラスチック・合板・軽合金・スレート等刃物の取込えにより切込可能

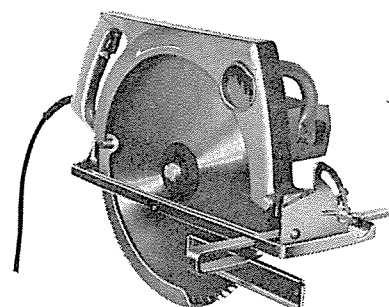
■仕 様

形 名	容 量 mm	電 源			出 力 W	全 負 荷 電 流 A	無 負 荷 回 転 速 度 rpm	重 量 kg	付 属 品
		種 類	電 圧 V	周 波 数 Hz					
CS-380 A	丸のこ 380 φ 切込深さ 145 傾 斜 角 45°	単相交流	100	50/60	700	12	2,500	15	丸のこ 1 スパナ 1 スタンド(簡易形) 1 カーボンフラジ 1組

注) 専用スタンド、ホジ取りスタンドは別途販売品

■特 長

- (1) 切込深さ 145 mm（4 寸 7 分）の切込能力をもつ強力形。
- (2) 傾斜ひきが可能で、多用途に使用できる。左右 45° の傾斜ができる。
- (3) 軽量である。
- (4) 作業能率のよい、握りやすいハンドル付き。
- (5) 定置用として使用できる簡易スタンド付き。
- (6) 専用スタンド・ホジ取りスタンドを使用し、特殊作業ができる。 [福岡製作所]



380 mm 携帯用電気丸のこ

航空機用足温器

この足温器は、航空機とう(搭)乗員席の前部に装備されて、低温時に、任意の温度に、調節して、急速に足部を暖めるための新製品である。

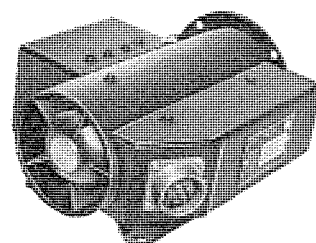
円筒状の本体に、スパイラルに巻いたヒータを有し、騒音の少ないブローで温風を送るようになっている。温度調節は、風胴出口部分に設けられたサーミスタで温度を検出し、ヒータの ON-OFF を小形リレーと組合せた半導体応用の制御機構で確実に動作させている。

この足温器は、航空機用として要求される低温・高温・振動・衝撃・湿度等のきびしい環境試験に合格しており、小形・軽量とともに高い信頼性でユーザの好評を得ている。

温風機器として、制御機構に新しい電子技術を取り入れたヒット製品である。

■おもな特長

- (1) アルミヒータを使用し、油などによる機内発火の危険を防止している。
- (2) ロータが回転翼と一体となっているアウトロータ形式を採用しているため、騒音が



航空機用足温器

少なく、コンパクトである。

- (3) 温度調節は電子サーモ式を採用しているので、任意に適当な温度微調整できる。
- (4) 全体に円筒形であり、小形・軽量で、取付および取扱いがきわめて容易である。

■仕様諸元

部品番号：AZ-17
 風 量：50 ft³/min
 温度範囲：20°C～50°C
 入力電源：単相 115 V 400 Hz (制御用 28 V DC)
 ヒ ー タ：1 kW
 定 格：連 続
 重 量：1.2 kg

[名古屋製作所]

電動式ゴルフカート発売

三菱電機では、このたび姫路製作所において、操作が簡単で操縦性がすぐれた 4 バッグ積載用 BAG-01 A 形三菱電動式ゴルフカート(愛称：グリーンメイド)を開発し、8 月末より発売の予定である。

本品は三菱電機の自動車電装品生産技術による特別設計のモートルを使用しているので、出力・効率が非常によく 4 バッグで約 2 ラウンド使用できるほか、下記のような特長を持っており、最近のキャディ不足の対策やプレーヤーに対するサービス向上等に大きな関心が寄せられている折から、大きな需要が期待できる。

本品の概要は次のとおり。

形 名 BAG-01 A 形三菱電動式ゴルフカート
 (愛称：グリーンメイド)
 価 格 現金正価 89,500 円(充電器、バッテリーを除く)
 発売時期 8 月末

■特 長

- (1) 電気制動装置のほかに手動ブレーキを装置し、安全性に細心の注意を払っている。
- (2) 電動式のため音はきわめて静かで、夜間余剰電力を利用すれば非常に経済的である。
- (3) 偏平特殊タイヤを使用しているので芝生をいためない。
- (4) 防泥水構造としているので本体は半永久的に使用できる。
- (5) 充電装置は希望により個別充電式、集中充電式(10 個)のいずれかが選べる。
- (6) 三菱ビジネスローンが利用できる。

■仕 様

積載量 4 バッグ
 走行スピード 3 段切換 3.0～6.0 km/h
 登坂力 20 度
 走行距離 1 充電 1.5～2.0 ラウンド
 バッテリ 形式 N70 12 V 70 AH
 モートル 直流複巻式 400 W
 重 量 78 kg
 寸 法 車輪間隔 680 mm, 軸間隔 650 mm

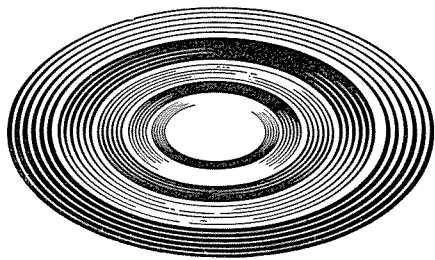
[姫路製作所]



図 1 使用中の電動式ゴルフカート



図 2 電動式ゴルフカート



世界記録品 400 kVA 10 kHz 立形高周波発電機完成

このたび神戸製作所において高周波焼入れ用電源として、単機モノブロック形の世界記録品 400 kVA 10 kHz 高周波発電機が完成した。これは、これまでの空気冷却式単機限界容量である 300 kVA 10 kHz を大きく越えた画期的なものである。被処理物の大形化に伴って、最大容量 250 kVA あるいは 300 kVA では、2 台並列運転せざるを得なく電源装置として価格面で難点があった。このような要望に答えるべく、従来の基本方式を根本的に再検討し、直列コンデンサーなしで、400 kVA 10 kHz を完成させた。固定子鉄心・誘導子形状・空げき長さ・電機子コイル構成・冷却方式などについて新規な構成を採用するとともに、これまでに多数製作納入している、600 kVA 3 kHz、600 kVA 1 kHz の技術を発展させたものである。

定格事項

高周波発電機

400 kVA 800 V 10 kHz 単相 3,600 rpm, H 種, 全閉内冷空気冷却器鉄心冷却器付, 立形, 冷却水量 110 l/min

駆動用誘導電動機

450 kW 3,300 V 60 Hz 三相 2 P 3,600 rpm, かご形, Y-Δ 起動

[神戸製作所]



工場試験中の 400 kVA 10 kHz 高周波発電機

日本最大の大出力ガラスレーザ開発

一名大プラズマ研究所に設置

大阪大学工学部, 工業技術院大阪工業技術試験所, 三菱電機(株), 旭硝子(株), ウシオ電機(株) は, 共同で日本最大のガラスレーザ発振装置を開発した。

同装置はガラスレーザ発振器と 5 段の増幅段により構成され, 増幅段に用いられるガラスロッドの長さは, 全体で 1,800 ミリメートルにおよぶ大形なもので, 増幅段への入力 200 キロジュールで 1,000 倍の増幅率を得, パルス幅 1 ナノ秒 (10 億分の 1 秒), 出力 60 ギガワット (600 億ワット) というパルス幅が非常に短く, しかもピーク値の高い光パルス (ジャイアントパルスと呼ばれる) 発生を目標として開発されたものである。

このような大出力レーザは, 真空容器中に設置されたターゲットに照射することにより, 高温高密度プラズマの生成を可能にし, 核融合反応の実現が期待されており, 世界的に注目されている新しい研究分野であるが, まず, レーザの出力を臨界値 (60 ギガワット) 以上にあげることが必要とされる。

現在, 同装置は名古屋大学プラズマ研究所に設置されており, さる 5 月 30 日公開されたが, 第 3 増幅段までを用いて, 3 ギガワットの出力を得, 焦点距離 2,500 ミリメートルのレンズで出力パルス光を集光することにより, 3 メートルにわたって大気中にプラズマを発生させるのに成功した。

この実験ではレーザ発振のスイッチ素子として, 回転プリズムを用いたため (レーザ発振器のスイッチングは共振器の Q 値を変えて行なうので通常 Q スイッチと呼ばれる) パルス幅が長く, 現有のガラスロッドでは今回の出力が限度に近いが, 今後, レーザ発振光の立ち上がり時間を 1 ナノ秒以下に短縮し, 現在製作中の第 5 増幅段をも用いて, 目標値を達成する。さらに, つぎの段階としてはパルス幅をピコ秒 (10^{-12} 秒) の大きさにし, 出力パルス光によるガラスロッドの損傷を防止するため, 径を 100 ミリメートル以上にした層状光増幅器を付与して, 1 テラワット (1 兆ワット) の出力を出すことを計画している。

同装置の開発は純国産技術によって行なわれたものであり, 短時間のうちに大きな電気

エネルギーを光エネルギーに変換するため、変換効率が装置を製作するうえでの要点となる。同装置の開発には、大阪・名古屋の両大学の教授である山中千代衛教授の数年にわたっての基礎実験をもとにして、旭硝子が高出力の光の照射に対して安定で、効率の良いガラスロッド、ウシオ電機が励起ランプ、三菱電機が極短パルス発生用レーザ共振系、効率の良い増幅系を開発担当したもので、世界でもこれに匹敵するレーザはソビエト、フランス、アメリカに現有するだけであり、今秋京都で開催される第6回量子エレクトロニクス国際学会に詳細なデータを発表する予定である。

[中央研究所]

三菱電機水車発電機に水冷スラスト採用

—北海道企業局岩尾内発電所納め 14,500 kVA 水車発電機—

三菱電機では、かねてから製作中であった北海道企業局岩尾内発電所納め 14,500 kVA 水車発電機がこのほど完成。当社神戸製作所において客先検査官立会のもとに工場試験を施行し、予想どおりの好成績をあげることができた。

この発電機には、ますます大形化する水力開発に備えて、当社で新しく開発された設計技術が数多く採用されており、この試験で十分その性能を保証できることが確認された。

これらの新技術のうちのひとつは立軸水車発電機のスラスト軸受として、直接水冷メタルを採用したことである。ここに開発された直接水冷軸受は、発熱部分であるメタルに冷却水を直接通す方式のもので、従来の間接冷却式（別置冷却器を軸受油槽内に設ける方式）に比べてはるかに強力な冷却効果を持ち、軸受ケースはきわめて小形化されるとともに安定したすぐれた運転性能をもっている。本方式の実用化は、今後ますます大容量化する揚水発電用発電電動機の製作を可能にするものであり、その重要性については、業界でかねてから論議されていたものである。

その他この発電機には全く新しいタイプの制動巻線が設けられている。この制動巻線は回転数の広い範囲にわたって、通常の制動巻線ではとても得られなかった大きな制動トルクを発生することができる。この技術を適用すれば、従来は不可能とされてきた大容量揚水発電電動機の自己起動にも、新しい可能性を開くものとして期待されている。

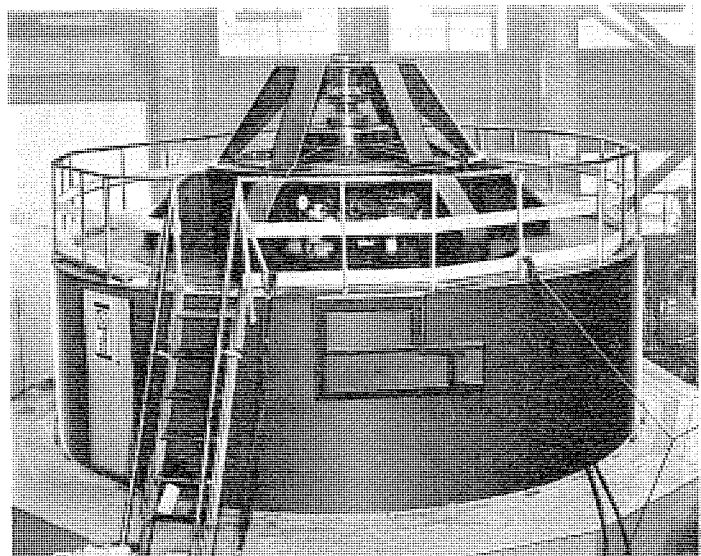
なお、この水車発電機の仕様はつぎのとおりである。

発電機仕様

形 式	立軸回転界磁全閉管通風形（二重風道つき）
出 力	14,500 kVA
電 圧	6,600 V
電 流	1,270 A
力 率	90 %
周 波 数	50 Hz
回 転 数	333 rpm
所要 GD	273 t-m ²
励磁方式	サイリスタ励磁装置

水車仕様

形 式	立軸単輪単流渦巻力プラン水車（三菱重工業製）
出 力	13,500 kW
基準有効落差	44 m
流 量	35 m ³ /s
回 転 数	333 rpm



[神戸製作所]

工場試験中の水冷スラストを採用した 14,500 kVA 水車発電機

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2番3号(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪営業所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル)	(電) 530	(電) 大阪 (06) 343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052) 561局5311番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社)	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 54局4681番
福岡営業所	福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092) 75局6231番
長崎出張所	長崎市丸尾町6番14号	(電) 850-91	(電) 長崎 (0958) 23局6101番
札幌営業所	札幌市北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号	(電) 930	(電) 富山 (0764) 31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館)	(電) 700	(電) 岡山 (0862) 25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル)	(電) 100	(電) 東京 (03) 218局2111番
城北家電営業所	東京都文京区大塚3丁目3番1号(新茗溪ビル)	(電) 112	(電) 東京 (03) 944局6311番
城南家電営業所	東京都世田谷区池尻3丁目10番3号(三菱電機世田谷ビル)	(電) 154	(電) 東京 (03) 411局8181番
城西家電営業所	国分寺市南町2丁目16番14号(秀美ビル)	(電) 185	(電) 国分寺 (0423) 22局1881番
横浜家電営業所	横浜市中区富士見町3番地4	(電) 232	(電) 横浜 (045) 251局2226番
千葉家電営業所	千葉市新宿町2丁目49番地(三菱電機千葉ビル)	(電) 280	(電) 千葉 (0472) 42局5486番
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
洲本出張所	洲本市上物部2丁目6番33号	(電) 656	(電) 洲本 (07992) 2局0631番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052) 561局5311番
静岡出張所	静岡市小島2丁目1番22号	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 85局6141番
福岡商品営業所	福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092) 75局6231番
札幌商品営業所	札幌市北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台商品営業所	仙台市大町4丁目175番地(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地	(電) 920	(電) 金沢 (0762) 52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目12番地(北陸ビル)	(電) 950	(電) 新潟 (0252) 45局2151番
関東商品営業所	与野市上落合後原842番地	(電) 338	(電) 与野 (0488) 33局3181番
東京機器営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル)	(電) 100	(電) 東京 (03) 218局2111番
大阪機器営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1	(電) 652	(電) 神戸 (078) 67局5041番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地	(電) 669-13	(電) 三田 (07956) 局 4371番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号	(電) 852	(電) 長崎 (0958) 23局6211番
稲沢製作所	稲沢市菱町1番地	(電) 492	(電) 稲沢 (0587) 32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地	(電) 640-91	(電) 和歌山 (0734) 23局7231番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地	(電) 664	(電) 伊丹 (0727) 82局5131番
熊本工場	熊本市竜田町弓削720番地	(電) 862	(電) 熊本 (0963) 62局7211番
名古屋製作所	名古屋市東区矢田町18丁目1番地	(電) 461	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地	(電) 819-01	(電) 福岡今宿 (09295) 6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号	(電) 720	(電) 福山 (0849) 21局3211番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地	(電) 670	(電) 姫路 (0792) 23局1251番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号	(電) 229	(電) 相模原 (0427) 72局5131番
世田谷工場	東京都世田谷区池尻3丁目1番15号	(電) 154	(電) 東京 (03) 414局8111番
静岡製作所	静岡市小島3丁目18番1号	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号	(電) 508	(電) 中津川 (05736) 5局7151番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
郡山製作所	郡山市栄町2番25号	(電) 963	(電) 郡山 (02492) 2局1220番
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地	(電) 370-04	(電) 尾島 (02765) 2局1111番
藤岡工場	藤岡市本郷字別所1173番地	(電) 375	(電) 藤岡 (02742) 2局1185番
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1番地	(電) 617	(電) 京都西山 (075) 921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前	(電) 380	(電) 長野 (0262) 27局1101番
ラジオ工場	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
札幌営業所	札幌市北2条東12丁目9番地	(電) 060	(電) 札幌 (011) 231局5544番

ガ ス 絶 縁 変 電 所 特 集

《特集論文》

- 縮小形ガス絶縁変電所 (GIS) の開発と製品化
- 関西電力姫路・新生駒変電所におけるガス絶縁変電所実用化試験
- 77/66 kV, 110 kV ガス絶縁開閉装置
- ガス絶縁開閉装置用 SF₆ ガスしゃ断器
- ガス絶縁変電所用避雷器
- " 変成器
- SF₆ ガスの絶縁特性
- SF₆ ガスの化学的特性
- GIS の管理上の諸問題
- ガス絶縁開閉装置 (GIS) の耐震強度
- GIS 用絶縁物の製造技術

《普通論文》

- ポリビニルホルマールの分子運動
- 三菱-BBC 低周波炉による鑄鉄溶解
- H 形鋼切断・穿孔プラント用数値制御装置
- 大阪府立放射線中央研究所納め電子線表面処理装置 (600 keV 電子線照射装置)
- 試作電子交換機一共通制御方式一
- " 一システムと通話路一

《技術解説》

- 固体表面の研究とその応用

三 菱 電 機 技 報 編 集 委 員 会

委員長	仙 石 廉	常任委員	湊 武 雄
副委員長	神 崎 邇	"	武 藤 正
常任委員	石 川 理 一	"	依 田 功
"	上 田 重 夫	委 員	北 垣 成 一
"	宇 佐 見 重 夫	"	南 日 達 郎
"	北 川 和 人	"	秦 卓 也
"	古 賀 亨	"	林 昇 寿
"	小 堀 富 次 雄	"	松 元 雄 蔵
"	鈴 木 正 材	"	吉 武 正 彦
"	牧 野 六 彦	"	和 田 義 勝

(以上 50 音順)

昭和 45 年 8 月 22 日印刷 昭和 45 年 8 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 2 番 3 号

仙 石 廉

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地

大日本印刷株式会社

(郵便番号 162)

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地

高 橋 武 夫

発行所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号(郵便番号 100)

三菱電機株式会社内

「三菱電機技報社」

(電) (03) 218 局 2323 番

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 の 1 (郵便番号 151) 株式会社 オーム社書店

(電) (03) 291 局 0912 番 振替東京 20018