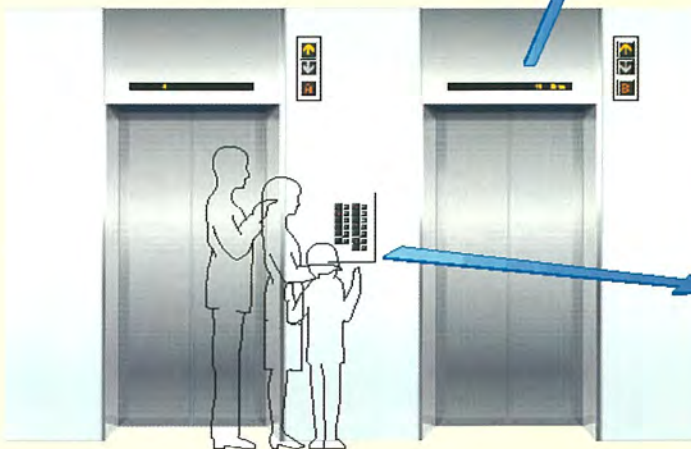
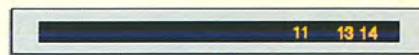
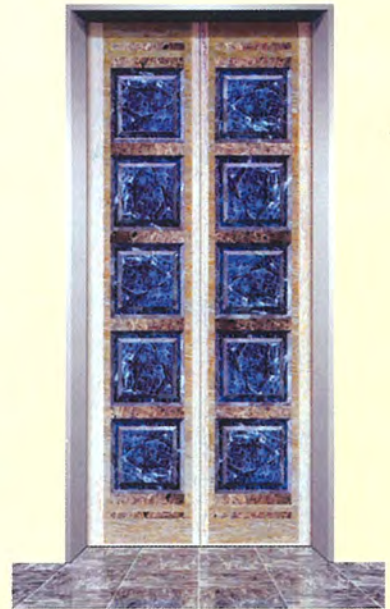


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.75 No.12

特集「昇降機」

2001/12



目 次

特集「昇降機」

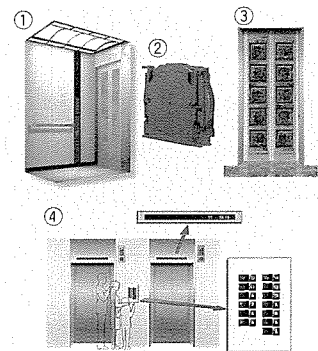
昇降機特集に寄せて 常岡俊一	1
昇降機の現状と将来展望 桑原 保	2
三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i” 林 美克・山川茂樹・湯村 敬	6
三菱新機械室レスエレベーター用薄形巻上機 井上健二・三宅展明・大穀晃裕・橋口直樹・安江正徳	12
三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”のユニバーサルデザイン 宮脇将志・城戸恵美子・松田和子	17
三菱省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ” 池島宏行・荒木博司・菅 郁朗・冨永真志	22
三菱小型機械室レスエレベーター“新MEL WIDE”及び“MEL CITY” 吉川正巳・中根道雄・久保田猛彦	26
世界最高速エレベーター 加藤 覚・船井 潔・西村信寛・池田史郎・桧垣潤一	31
DC-GL高速エレベーターの制御改修 棚橋 徹・川村正美・奥田清治・福田正博	36
新群管理システム“Σ AI-2200” 安藤 宏・岩田雅史・増田壽雄・天野雅章・後閑 博	40
エレベーター用フルカラー新塗装仕上げ“MELART-II” 鈴木恭之・窪野 俊・稲葉好次・田村正司・八木直樹	45
既設品改造による車いす対応エスカレーター 治田康雅・吉川達也・長屋真司	49
昇降機用回転機の絶縁診断装置及び絶縁評価支援システム 紺野輝雄・山田直也	53
特許と新案	
「金属裝飾板およびその製造方法」	58
「エレベーターの車椅子用運転装置」	59
スポットライト	
三菱省スペース形エスカレーター“幅狭形エスカレーター”	(表3)
三菱電機技報75巻総目次	60

表紙

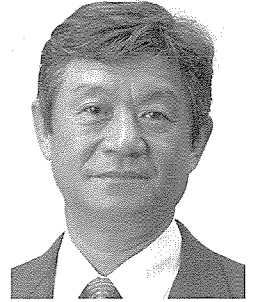
昇降機新製品群

三菱電機では、ビル内の交通システムとして、快適で使いやすくビルのパフォーマンスを向上させる各種昇降機を提供している。

表紙は、機械室をなくし建築レイアウトの自由化を増した機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”(写真①)、これに使用しており独自の最先端モータ技術と内蔵ブレーキの採用によって業界で最も薄くした薄形巻上機(写真②)、エレベーターのドアやかご室の壁に自由な絵柄を高精細に表現できるフルカラー塗装仕上げ“MELART-II(メルアート-II)”(写真③)、主に高層ビル用に適用し行き先階に応じて乗り込むかごを割り当てる行き先予報システムを取り入れた新群管理システム“Σ AI-2200”の乗り場操作盤(写真④)を示したものである。



昇降機特集に寄せて



ビル事業部

事業部長 常岡俊一

21世紀スタートの一年が激動のうちに過ぎようとしている。技術面においても情報通信技術を始めた技術革新が進み、また、社会生活をより快適にするために、社会インフラ・制度インフラ等の整備が進められている。

昇降機に関しても“縦の交通機関・輸送設備”としてその利便性が評価され、高齢化社会・高福祉社会への対応の一環として、設置促進策が推進されている。1994年にハートビル法、2000年に交通バリアフリー法が施行され、従来設置率が低かった低層建物や公共建築物、駅舎などへの昇降機の設置が加速している。これらの社会すう(趨)勢もあり国内の昇降機の普及は目覚ましく、現在のエレベーター・エスカレーター総稼働台数は約60万台までに増加し、人口換算では200人に1台と30年前の10倍に達している。

三菱電機では、多様化する市場ニーズに対応し、利便性・快適性・安全性を更に追求するとともに、ユニバーサルデザイン、省スペース、省エネルギーなどを図った昇降機の研究開発に取り組み、事業を通じて物心共に豊かな社会の実現に努力している。

エレベーターの機械室を不要とした機械室レスエレベーターでは、構成機器を徹底的に小型化するとともに、独自開発のエレベーター専用の薄形巻上機を採用した標準形エレベーター“ELEPAQ-i”(エレパック アイ)、さらには中低層建物向け小形エレベーター“MELWIDE(メルワイド)”“MELCITY(メルシティ)”を発売した。

高速エレベーターでは、横浜ランドマークタワーで稼働している世界最高速毎分750mを更に超える毎分1,000m超の超高速エレベーターを開発した。また、AI(人工知能)技術の集大成により、輸送能力向上及び待ち時間を短縮させたエレベーター群管理システム“Σ AI-2200”を発売した。

地球環境保全についても、省エネルギー化、使用材料面、リサイクル面など、メーカーの責務として取り組んでおり、一例として、エレベーター回生電力蓄電システム“エレセ

ーブ”を製品化して省エネルギー化を図るとともに、停電など万一の電源遮断時にエレベーターを止めることなく10分間程度継続運転できることを可能とした。

また、日本は地震国であることから建物の耐震強化技術の進歩が目覚ましく免震ビルも増加しており、新たに中間階免震層ビル対応のエレベーターを開発した。

エレベーターは“建物の顔”ともたとえられるが、かご室や乗り場の意匠技術においては、コンピュータグラフィックス技術を活用し、高画質、高品位な仕上げを実現したフルカラー新塗装製品“MELART-II(メルアートII)”を開発した。

連続大量輸送機関であるエスカレーターでは、設置用途の多様化にこたえるため、高速エスカレーター、傾斜角度35°エスカレーター、省スペースエスカレーター、さらには既設エスカレーターの車いす対応への改修などの製品メニュー化を完了している。

昇降機を安心して利用いただくためには適正な維持管理が重要かつ不可欠であるが、昇降機回転機の絶縁評価支援システムなど予防保全技術の開発、又は365日24時間体制で国内で稼働する20万台の三菱昇降機を遠隔監視・遠隔診断する三菱昇降機情報センターの機能向上を図っている。モダンゼーション技術についても、高速エレベーターの制御改修技術を開発するなど、多様な要求への対応力を向上させている。

また、顧客サービス向上の一環として、業界初の昇降機電子商取引(EC)を小形エレベーター及びホームエレベーターを対象に運用を開始した。

三菱昇降機はQuality in Motion(進化するクオリティ)のスローガンの下、20世紀の技術蓄積をベースにさらに新技術開発を推進し、今後もお客様のご期待とご信頼にこたえるよう努力していく。引き続き、皆様のご指導とご支援を賜りますようお願い申し上げます。



桑原 保*

昇降機の現状と将来展望

1. ま え が き

地球温暖化防止等の環境問題、IT化を始めとする技術革新、高福祉社会の進展に代表されるように、21世紀の社会環境は大きく変わりつつある。また現在、昇降機を取り巻く環境は、全世界レベルでの合従連衡、しのぎを削る新技術・新製品開発競争、規格のグローバルスタンダード化など、急速かつダイナミックに変化している。

三菱電機は、三菱昇降機のグローバルスローガン“Quality in Motion”を新たに策定して、この変化の時代においても三菱昇降機の“品質第一”の考え方を不変にするとともに、環境に優しく、信頼性にも優れ、お客様に乗りやすく使いやすい快適な昇降機の提供を目指し、種々の技術開発を推進している。

本稿では、昇降機の市場動向、技術動向を紹介し、21世紀の昇降機の方向を探るとともに、昇降機の将来展望について述べる。

2. 昇降機の現状

2.1 昇降機の市場動向

長引く日本経済の景気低迷、世界的なIT景気の崩壊により、国内市場は更に厳しい局面を迎えている。図1に、国土交通省が発表している住宅着工棟数の推移と、日本エレベーター協会が発表しているエレベーター台数の推移を示す。景気低迷を反映して、住宅着工棟数の回復はなく、建設投資は底冷えの状態である。昇降機の設置台数を見ても、

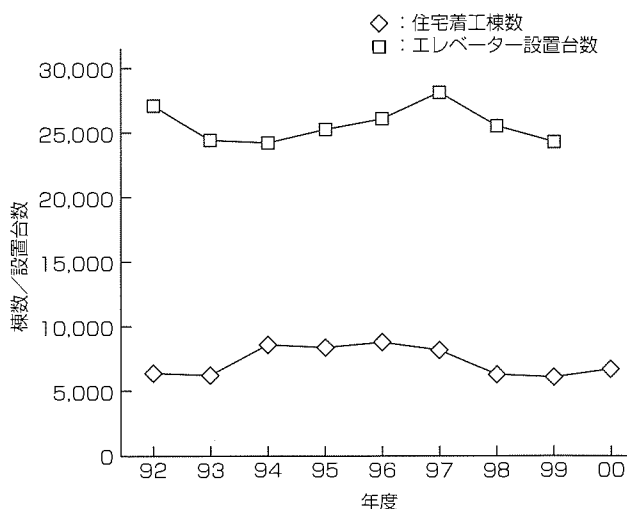


図1. 住宅着工棟数(6階以上)及びエレベーター設置台数推移 (ホームエレベーターを除く)

回復基調は鈍化しており、1997年度以降マイナスという結果が示すとおり、依然として厳しい環境下にある。一方、市場環境としては高齢化社会が急激に進展しており、行政面でのバリアフリー生活空間の積極的な促進による市場の活性化に期待が寄せられる。また、三階建て住宅やリフォーム市場も、今後、規制緩和によって増加していくと考えられる。

一方、海外市場は、中国、東南アジアを中心に公共インフラ案件が活発であり、回復基調にある。

2.2 世界の法制化、規格動向

日本においては、2000年6月に建築基準法が改正され、グローバル化の流れの中で、仕様規定中心の体系から性能規定化に移行する形で見直された。これは、今後の新しい技術によって開発される製品を規定された性能に基づいて認定することで採用可能にしたものであり、規制緩和の流れに対応した形になっている。

世界的には、規格のグローバルスタンダード化が急速に進んでいる。欧州のエレベーター統一規格であるEN81はアジア地域にも浸透しつつあり、独自の規格を持つ中国でも大部分をこのEN規格から引用している。米国ではANSI/ASME A17.1-2000が2001年3月に改正発行された。内容的にはカナダとのハーモナイズドコードとして制定され、EMC(Electromagnetic Compatibility)、安全装置等が追加されている。

2.3 技術動向

2.3.1 機械室レスエレベーター

当社は、'98年に三菱標準形機械室レスエレベーター“ELEPAQ”を発表した。ELEPAQは、従来機械室に設置していた巻上機を昇降路のピット部に設置するとともにすべての機器を昇降路内に納めることにより、上部機械室をなくし大幅な省スペース化を実現した製品である。この新しく出現した機械室レスエレベーターは、省スペースという時代の潮流に乗ったものであり、ほとんどの標準形エレベーターがこのタイプに変わっていった。そして、現在、その流れは特注形エレベーターにも広がっている。表1に当社標準形エレベーターの変遷を、図2に当社標準形エレベーターにおける機械室レスエレベーターの比率を示す。

2001年4月、更なる省スペース化、利便性の向上を目的に、この機械室レスエレベーターELEPAQを改良した“ELEPAQ-i”を開発し発売した。更なる省スペース化を実現した技術イノベーションの一つは巻上機である。当社

表1. 標準形エレベーターの変遷

年	'85	'90	'95	'00	'01	'02	……
駆動方式	一次電圧制御		インバータ				
機械室	頂部機械室			機械室レス			
巻上機 (電動機)	ウォーム歯車式 (誘導電動機)		はすば歯車式 (誘導電動機)	ギヤレス			
				円筒型 PM巻上機		薄形 PM巻上機	
デザイン コンセプト			人に 優しい	ユニバーサル デザイン	進化した ユニバーサルデザイン		

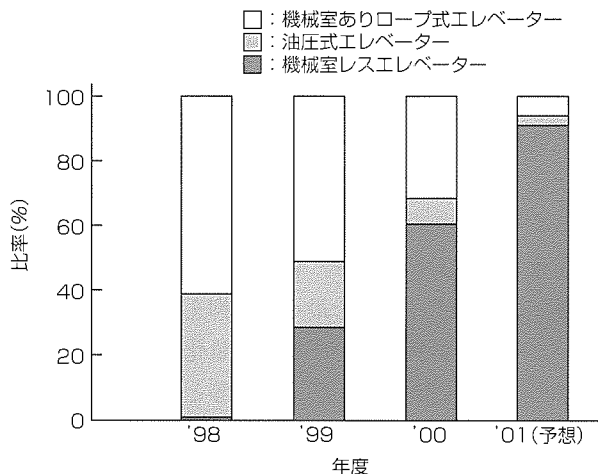


図2. 機械室レスエレベーターの比率

独自のボキボキ鉄心のモータ技術を用いて、巻上機をかごと昇降路の壁とのすき(隙)間に実装するというコンセプトの下、業界最小の“薄形巻上機”を開発した。薄形巻上機は、モータを超薄形化しブレーキを内蔵することにより、3.7kWタイプで厚さ187mmを達成し、当社従来比1/5以下の薄形化を実現した。

また、ドア装置には永久磁石式同期モータ(PMモータ)によるダイレクトドライブ方式を採用し、従来のドア装置に対し60%の占有スペースに削減し、レイアウト性の大幅向上を実現した。

2.3.2 超高速大容量エレベーター

ビルの高層化・大規模化に伴い、多くの人を早く一度に運ぶことを目的とするシャトルエレベーターやダブルデッキエレベーターのニーズは高い。これらシャトルエレベーターやダブルデッキエレベーターに代表される超高速大容量エレベーターでは、大容量巻上機やその駆動制御装置の開発だけでなく、快適な乗り心地を実現するための制振装置、風音抑制装置、さらには非常止め等の安全装置の開発が必要である。既に、速度540m/分、積載量4,000kgクラスの超高速大容量エレベーターを世界に向けて出荷している。今後、それを超える大容量のエレベーター、さらには速度1,000m/分を超える超高速エレベーターも出現するであろう。当社は、超高層建築の到来に備え、これまで培った超高速エレベーター技術に加え新技術を投入することにより、これら超高速大容量エレベーターの開発を行って

いる。

2.3.3 群管理

エレベーター群管理は、複数台のエレベーターを一群として制御するものであり、輸送能力の向上に大きな役割を果たす。当社は、新しいエレベーター群管理システム“ΣAI-2200”を2000年に発売した。この群管理システムは、従来の群管理システム“AI-2100”“AI-2100N”で導入したAI(Artificial Intelligence:人工知能)技術とニューラルネットワーク技術に加え、“予測チューニング型AI方式”“行き先予報システム”“モータドライブミックス”等の画期的な新技術を採用して大幅に群管理性能を向上した。

従来の群管理システムは、各交通流パターンに対して固定のかご割当てルール群(例えば出勤時ならば出勤時用の汎用的なルール群)を使用しているが、交通流はビルごとに一様ではなく、必ずしも汎用的なルール群を適用したかご割当てが最適であるとは限らない。ΣAI-2200では、搭載されたリアルタイムシミュレータによってあらかじめ用意した複数の出勤時ルール群に対してシミュレーションを行い、個々のビルに最適なルール群を選択していくビルの個性にマッチする群管理システムを用いている。

2.3.4 ユニバーサルデザイン

高福祉社会の進展に伴って、“ユニバーサルデザイン”への取組は重要である。既に存在する“バリアフリー”の概念は“障害のある人が社会生活をしていく上で障壁(バリア)となるものを除去する”ことを目的にしているが、ユニバーサルデザインは、最初からその障壁をなくしていくという更に進んだ考え方の下に、障害者や高齢者、男女など、それぞれの違いを超えて、“すべての人のためのデザイン”を概念として定義づけられている。

当社のエレベーターは、このユニバーサルデザインの考え方を積極的に取り入れ、だれもが使いやすくかつ気配りのあるデザインを開発し採用している。

例えば、最近の代表的なものでは、側面壁取付けかご操作盤、かご内インジケータ文字の大型化、操作ボタンの凸文字化、かご室内戸開きボタンの大型化、別色化といったデザインを新たに採用している。

2.3.5 モダニゼーション

全世界で稼働する昇降機は500万台以上と推定できる。古くは、かごドアのないエレベーター、スイングドア(手動式)のエレベーター、木製のエスカレーターなど、新旧種々雑多な昇降機が稼働しており、日本では昭和30年代後半から設置台数が急増し、現在までに約60万台が稼働している。その間の技術進歩は目覚ましく、コンピュータ化、インバータ化といったハイテク化が進んだ。一方、社会環境も大きな変化を遂げており、エレベーターには乗り心地の向上、省エネルギーといった性能に加え、バリアフリーといった点での要求も高まっている。今や昇降機のモダニ

ゼーションは社会的要請となってきた。

モダニゼーションは、物理的に機器を更新することによる機能回復、維持費の加速度的増加を回避する経済的効果以外にも、次のような効果があり、建物の付加価値を向上させることができる。

(1) 安全性の向上

法規の変遷に伴う耐震性向上など、安全性の向上

(2) 信頼性の向上

最新の制御装置による信頼性向上

(3) 意匠のリプレース

かご室や扉などのデザイン更新による意匠的グレードアップ、バリアフリー化

(4) 性能向上

最新の群管理、制御装置へのリプレースによる輸送効率向上、乗り心地、着床精度向上

(5) 省エネルギー

最新のインバータ化によって最大50%の省エネルギーが可能

(6) 予防保全向上

リモートでの遠隔監視も可能になり、24時間、365日エレベーターを監視

今後、これらのニーズによってモダニゼーションが進むのは確実であり、当社では、モダニゼーションに適した工法、豊富なモダニゼーションメニューを準備している。

2.3.6 遠隔監視システム

エレベーターの稼働率向上と故障や点検による運転停止時間を短縮するため、従来は保守技術者が訪問して行っていた点検作業をエレベーターの運行に合わせて24時間365日にわたり遠隔からリモートで監視する昇降機リモート点検システムを開発している。このシステムはエレベーター

の運行サービス中に行う“リアルタイム診断”，重要度の高い項目に限定して利用頻度の少ない時間に行う“高密度診断”，サービス拠点の端末装置から保守技術者が行う“遠隔制御診断”によって軽微な状態変化“変調”を的確にとらえるもので、運行状態に最適なメンテナンスを行っている。

3. 昇降機の将来展望

3.1 21世紀の昇降機像

現在の社会環境を反映して、省スペース、環境保護、高福祉というキーワードで代表されるように、近未来の昇降機には、徹底した省スペース化、省エネルギー、省資源等の環境負荷低減、すべての人の要求に適応していく一歩進んだユニバーサルデザインが求められる。具体的には、自走式エレベーター、ワンシャフトマルチカー等の省スペースを追求したエレベーター、各機器の効率向上、待機電力削減等、エネルギー消費を最小限に抑えた省エネルギーエレベーター、新材料を使い小型・軽量化を追求した省資源エレベーター、弱者認識、個人認識等と連携して人の要求にこたえるアダプティブエレベーター等といった昇降機像を描くことができ、今後、早期の実現を目指していく。

図3に、昇降機を取り巻く環境とテクノロジーの動向を示す。

さらに未来を予測すると、昇降機はビル内の移動手段ではなく、都市空間の交通システムとして形態を変えていくと考えられる。将来の都市空間は、情報通信網の発達とともに情報化が更に高度に進む。また同時に、人間性の尊重、自然環境との共生は更に重要性を増す。そのような環境下で、昇降機には人の移動に徹底した効率性と利便性が求められる。昇降機は、垂直・水平方向に有機的につながったビル内を効率的に移動し、ビル内の情報通信機能、セキュ

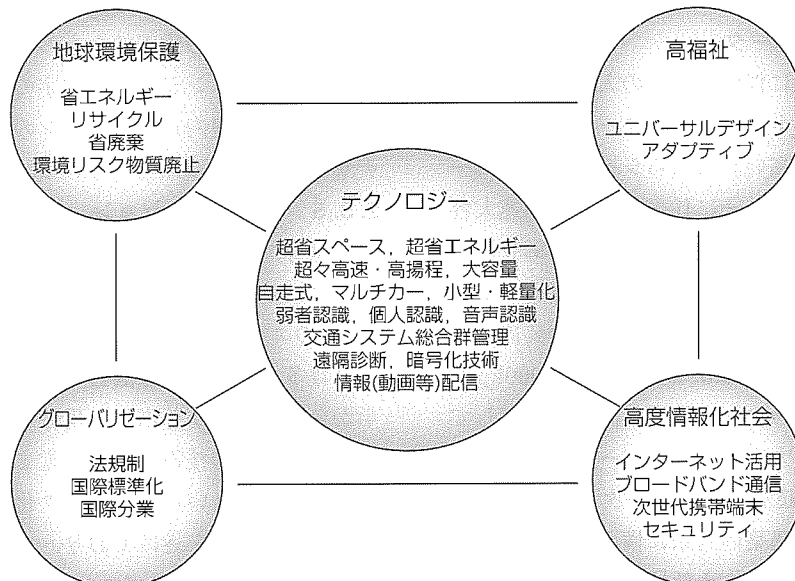


図3. 昇降機を取り巻く環境とテクノロジーの動向

リティ機能とも有機的につながった移動空間となる。また、ビルの機能が多様化し、人や物の流れが大きく変化する中で、不特定の個人がより個人利用を指向した乗り物として利用する。当社は、このような未来の交通システムの実現を目指し、テクノロジーの追求に取り組んでいく。

3.2 地球環境問題への取組

21世紀は“環境の世紀”と言われるように、産業界にとって環境保護は重要な課題である。自然環境に負荷を与え続ける大量生産・大量消費・大量廃棄の経済社会システムから自然環境への負荷をできる限り抑制し、限りある資源をより有効に循環させる循環型社会への移行、地球温暖化防止を目的とした省エネルギー型社会の推進など、地球環境問題への取組は我々産業にかかわる者としての最大の使命である。今後、循環型社会、省エネルギー型社会への移行を推進する上で、技術開発の推進は不可欠の課題であり、次のような取組が必要である。

(1) 省エネルギー化の推進

図4に当社エレベーターの省エネルギーの推移を示す。過去、省エネルギー化のターニングポイントは'80年代のインバータ化であったと言える。低速エレベーターでは約50%もの大幅な高効率化を達成した。

現在、国内では省エネルギー法の改正によって省エネルギー技術の開発と実用化を推進するためトップランナー方式の考え方が導入され、産業界に拍車がかかっている。

2001年4月に発売したELEPAQ-iでは、回生電力を蓄電して有効利用する三菱省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ”を有償仕様として製品化し、従来比20%以上の省エネルギーを実現した。

今後、省エネルギーの推進として、機器の軽量化による駆動エネルギーの低減、個々の機器の効率アップを図ること、さらには運転していないときに電力消費を低下させるパワーマネジメントシステム等の考え方を拡大していくことが必要不可欠である。

(2) 省資源化

機械室レスエレベーターでは、各機器の小型化・薄形化により、エレベーターの設置スペースを機械室が必要だった旧機種と比較し、体積比で28%コンパクト(乗用9人乗り、5停止エレベーターの場合)にして、省資源化を図っている。また、生産活動においても、リサイクルを進めることで廃棄物削減、こん(梱)包材料の削減を推進している。今後は、製造、据付け、保守全体を通して、更なる循環型システムを目指す。

(3) 環境リスク物質の排出回避

鉛使用の全廃のために、かごをつ(吊)り下げるロープ両端の固定に鉛を使用しない方法を適用拡大する。また、は

機種	年	'70	'75	'80	'85	'90	'95	'00
高速エレベーター		100%	95%	72%	62%	57%		54%
低速エレベーター		100%	93%	74%	37%	32%		29%
油圧エレベーター			100%			70%		60%

当社比：70年代のエレベーターを100とする。

図4. エレベーターの省エネルギーの変遷

んだ材料の鉛フリー化は、欧米がトーンダウンしていく中、実用化においては日本が世界のトップランナーとなっており、これを推進する。

電線・ケーブルにおいては、昨今脱塩化ビニル化が進んでおり、日本では、'98年10月、エコ電線・ケーブルに関し規格が制定され、官庁物件を始め国内外で採用が進んでいる。エコ電線はハロゲンを含まず(ノンハロゲン)、また配合材に鉛が含まれていないため、焼却してもダイオキシンやハロゲンガスなどの有毒ガスを発生しない、廃棄処分しても鉛の溶出がないといった環境に優しい電線である。これは、今後環境保護の重要なアイテムであり、積極的に取り組んでいく。

3.3 高福祉社会への取組

今後、高齢化はますます進み、2020年には65歳以上の人口の高齢化率が約27%に到達し、高齢者は3,300万人を超えると予測されている。超高齢化社会を迎えるに当たり、昇降機の形態も効率性・利便性を求める一方、例えば、高齢者・障害者の人が積極的に社会活動に参加しやすい環境作りとしての移動空間、ホームエレベーターのような個人ユースの移動空間としても多様化していくと考えられる。そのために、マンマシンインタフェースの向上、個人識別機能、目的地への誘導制御機能等、“すべての人のために”というユニバーサルデザインの考え方はもとより、一歩進めた個々人の要求に適応していく“アダプティブ”という考え方の推進が、今後、超高齢化社会において、すべての人が平等に社会活動を営むための社会環境作りにも貢献できると考えている。

4. む す び

以上、昇降機の現状と将来展望について述べた。21世紀を迎えて大きく変ぼう(貌)する社会環境の中で、当社は昇降機のリーディングメーカーとして、市場ニーズ、社会ニーズにこたえる製品を提供していくことが最大の使命である。今後とも技術開発を進め、より快適で人や環境に優しい昇降機の実現に取り組んでいく所存である。

三菱新機械室レスエレベーター “ELEPAQ-i”

林 美克*
山川茂樹*
湯村 敬**

要 旨

機械室レスエレベーターは、機械室がなく自由な建築設計が可能なことから、急速に市場に浸透している。三菱電機では、1998年に、巻上機を昇降路ピットに設置した三菱標準形機械室レスエレベーター“ELEPAQ”を発売した。

しかし、更なる省スペース化の実現、利便性の向上、省エネルギー化の推進、耐環境性の向上を目的に、この機械室レスエレベーターELEPAQを改良した“ELEPAQ-i”を開発し、2001年4月から販売を開始した。

ELEPAQ-iの主な技術と特長を以下に示す。

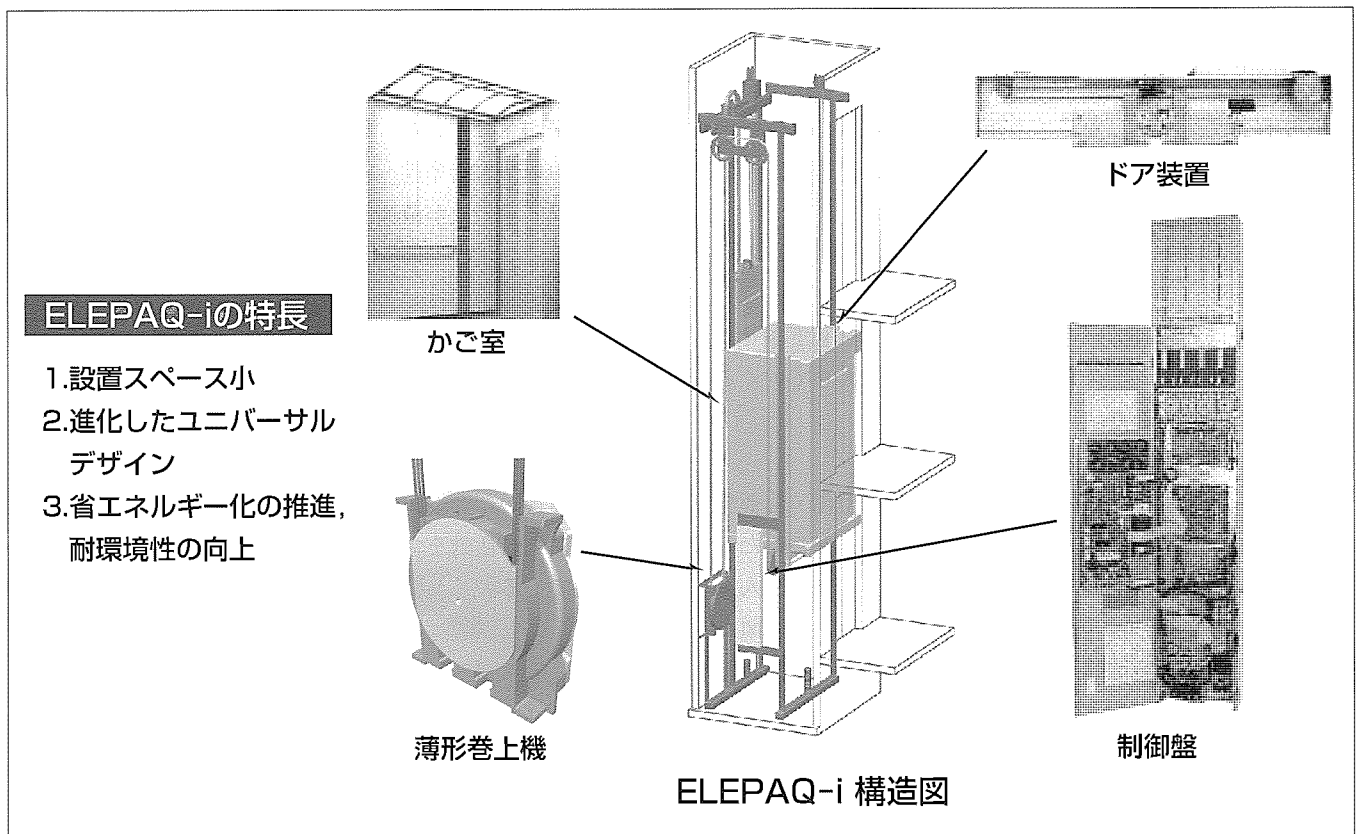
(1) 当社独自のモータ技術を用いた“薄形巻上機”を開発し適用した。磁極集中巻線方式の採用と巻上機内蔵形小型ブレーキの開発により、当社従来比1/5以下の薄形化を実現した。薄形巻上機をエレベーターのかごと昇降路壁とのすき(隙)間の昇降路下方に実装し、ピット寸法を削減した。

(2) レイアウト性を考慮したスリム形制御盤、永久磁石式同期モータ(PMモータ)を採用したスマートドア装置の開発等により、省スペース化を実現した。

(3) '97年7月に導入したユニバーサルデザインを進化させ、かご操作盤の側面壁取付けや、触って認識できる操作ボタンの凸文字化などにより、だれもが使いやすく、かつ気配りのあるデザインを開発した。

(4) 運転電力を20%以上削減できるエレベーター回生電力蓄電システム“エレセーブ”を有償付加仕様として準備し、省エネルギー化を実施した。また、かごの塩ビ使用の削減など耐環境性を向上した。

今回開発したELEPAQ-iの技術の大部分は、今後、特注形エレベーターへも拡大する予定である。



ELEPAQ-iの特長

1. 設置スペース小
2. 進化したユニバーサルデザイン
3. 省エネルギー化の推進, 耐環境性の向上

ELEPAQ-iの特長及び構造

ELEPAQ-iの特長は、①薄形巻上機、スリム制御盤、スマートドア装置の採用による省設置スペース化、②側面壁操作盤を採用したかご室等の進化したユニバーサルデザイン、③省エネルギー化の推進と耐環境性の向上である。各機器の配置を図に示す。

1. ま え が き

機械室レスエレベーターは、機械室がなく自由な建築設計が可能なことから、急速に市場に浸透している。三菱電機では、1998年に三菱標準形機械室レスエレベーター“ELEPAQ”を発売した。ELEPAQは、従来機械室に設置していた巻上機を昇降路の最下部であるピットに設置することにより、上部機械室を不要とし大幅な省スペース化を実現した。

しかし、更なる省スペース化の実現、利便性の向上、省エネルギー化の推進、耐環境性の向上等を目的に、この機械室レスエレベーターELEPAQを改良した“ELEPAQ-i”を開発し、2001年4月から販売を開始した。

本稿では、ELEPAQ-iの開発コンセプト、及びこのコンセプト実現のための技術や製品の特長について述べる。

2. ELEPAQ-iの開発コンセプト

ELEPAQ-iの開発に際しては、本来エレベーターに求められる機能・性能から考え、以下の三つを柱とし実現することとした。

(1) 建物設計の自由度を広げるよりコンパクトサイズのエレベーターへ“未来の社会を見つめるi(eye)”

建物にエレベーターはなくてはならないものである。建物の中でエレベーターの占める体積の割合は比較的大きい。建物スペースの有効活用や建築工事の費用削減を目的に、JIS寸法以下の昇降路平面への設置や昇降路ピット深さの短縮を実現し更に設置しやすいエレベーターを目指す。

(2) 乗りやすく使いやすさを考えた、みんなに優しいエレベーターへ“乗る人すべてを思いやるi(愛)”

高齢化が進む中、高齢者に対する配慮を行うとともに、体の不自由な人にも安心して利用できるよう操作性・視認性・触感を考えたデザインや、建物用途に応じた、利用者を念頭に置いた機能の充実を図り、さらに、だれもが使いやすいエレベーターを目指す。

(3) 省エネルギー化を更に追求して、もっと効率の良いエレベーターへ“intelligenceな性能”

エレベーターの省エネルギー化を更に推進するとともに、耐環境性を考慮した材料への変更を進め、更に地球環境に優しいエレベーターを目指す。

これらのコンセプトは、当社エレベーターの伝統である品質・性能・信頼性を確保し改善した上で実現していくものである。

3. 省スペース化の実現

3.1 薄形巻上機の開発と適用

省スペース化を進める上での最も大きな課題は、昇降路内に設置される巻上機の小型化と静音化である。巻上機は

昇降路内機器の中で最も大きなスペースを占める機器であり、巻上機の配置はかごやおもりなど昇降路機器の配置と密接な関係があるため、小型化と同時にレイアウト性の良い形状が要求される。従来のELEPAQでは、巻上機を円筒形状とし昇降路下部のピットに配置することでエレベーターの省スペース化を実現した。また、ギヤレス巻上機の採用によって静かさと滑らかさを確保するとともに、モータに高性能な希土類永久磁石を用いた永久磁石式同期モータを採用することで巻上機の小型化を実現した。

今回開発したELEPAQ-iでは、巻上機を極めて薄くかつコンパクトに設計することで、更なる省スペース化を追求した。すなわち、薄形巻上機を新たに開発し適用することにより、巻上機をピットから追い出して昇降路下部の壁とかごの隙間に設置することとした。

薄形巻上機を実現できたポイントは、当社独自の製造技術を採用した薄形モータと、内蔵ブレーキの開発である。モータを薄形大口径に設計し、そのロータ内径側に内拡式ドラムブレーキを配置する構造とすることで、巻上機を薄形でコンパクトな形状とした。さらに、エレベーターの滑らかな乗り心地を実現するため、磁界解析技術を駆使したバーチャルエンジニアリングにより、トルクリブルの増加を抑えた(詳細は次の特集論文“ELEPAQ-i用巻上機”参照)。

このような最新の設計技術と製造技術の活用により、3.7kWタイプで巻上機の厚さ187mmを達成したのに加え、従来の巻上機と遜色のない静粛かつ滑らかな駆動性能を実現した。また、巻上機の全質量は約300kg(当社従来比67%)となり、大幅な軽量化も達成した。図1に3.7kWタイプの巻上機の外観を示す。

図2にELEPAQ-iおもり後ろ落ち構造(おもりがかごの後ろにあるタイプ)の例を示す。薄形巻上機は昇降路壁とかごとの隙間の昇降路下方に配置している。巻上機にかけられたロープは巻上機のシーブから上方向に伸び、昇降路頂上部に設けられた返し車を介し、それぞれ、かご、おもりのつ(吊)り車を経由して昇降路頂上部のガイドレールによって支持されたはり(梁)に固定される。巻上機に作用する上向きの荷重は、かごとおもりの吊り荷重を支えるガイ

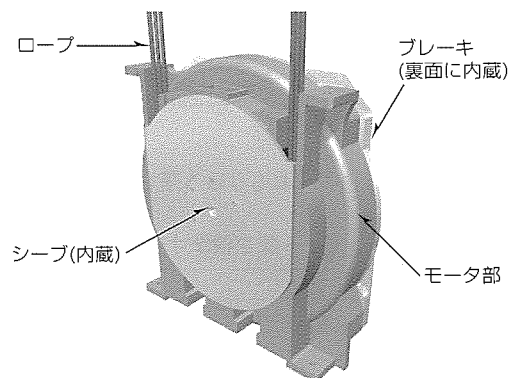


図1. 3.7kW巻上機の外観

ドレールによって抑えられ、ピット部に設置された機械台によって支持している。巻上機と固定部材の間には十分な防振性能を持つ防振ゴムを設置し、建物への振動の伝達を遮っている。

巻上機をピットに設置しないため、ピット深さは、表1に示すように、従来に比べて大幅に削減した。また、昇降路の平面寸法については、巻上機の薄形化によってJIS寸法以下の昇降路平面寸法内に実装することを可能としている。この設置スペースの縮減により、昇降路寸法において業界最小クラスを達成し、機械室レスエレベーターの最大のねらいである“省スペースによる設置しやすさ”を更に向上した。

このシステムの省スペース以外の特長は以下のとおりである。

- (1) おもり後ろ落ち、横落ち(おもりがかごの横にあるタイプ)の両方に容易に対応できる。
- (2) 巻上機がピット部の機械台から支持されており、隣接居室等への振動・騒音の伝搬が少ない。
- (3) 駆動装置(巻上機、制御盤)が昇降路下方に設置されており、熱が昇降路内で拡散しやすい。

3.2 昇降路内機器の小型化

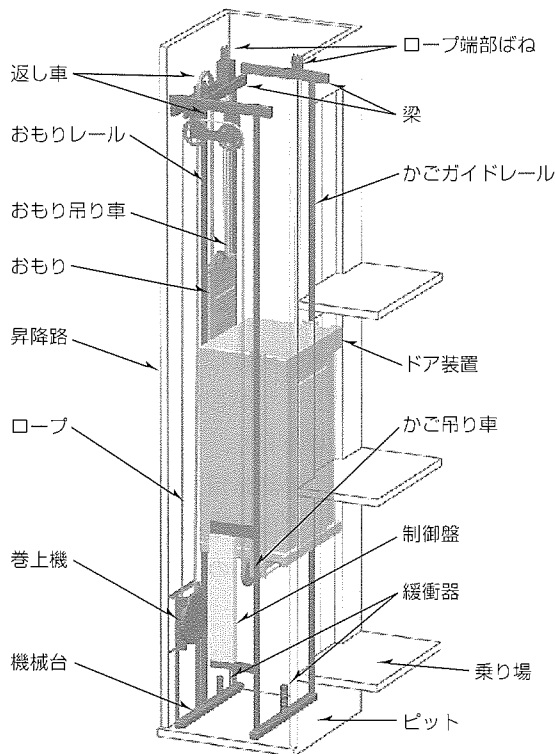


図2. ELEPAQ-i おもり後ろ落ち構造

表1. ピット深さ標準寸法

速度	ELEPAQ(JIS寸法)	ELEPAQ-i
45m/min	1.25m	1.25m
60m/min	1.55m	1.25m
90m/min	1.85m	1.35m
105m/min	2.15m	1.35m

3.2.1 制御装置のトータルデザインとコンパクト化

従来機種においては、昇降路内に制御機器を収めるために、かごと昇降路壁の隙間寸法に合わせて機器類のサイズを決定していた。そのため、受電盤・制御盤・回生抵抗箱・バッテリー箱等の制御サブユニットを昇降路内に分散配置することが必要となり、据付け保守性の阻害要因となっていた。これに対してELEPAQ-iでは、制御装置を最小体積にするための機器サイズ最適寸法をあらかじめ割り出し、レイアウト設計の中にそれを反映させていくトータルデザイン手法を採用した。これにより、上記制御サブユニットはすべて制御盤内に収納可能となり、制御機器の大幅な小型化・集約化を実現し、据付け保守性を改善するとともに、必要最小昇降路寸法も従来機種と比較して縮小することが可能となった。

図3にELEPAQ-iの制御盤を示す。制御駆動機器のほか、受電機能・回生抵抗・非常用バッテリーをすべて制御盤内に収納した。この結果、従来機種に比較して、制御装置全体のトータル体積は約20%減少した。また、保守の必要な部分は扉によって開閉可能な構造とし、その高さを必要最低限とすることによってピット面からの保守性に配慮した構造としている。なお、制御盤きょう(筐)体は、昇降路へ設置することを考慮し、上部からの水滴に対する防滴構造としている。

また、既に欧州において実施されているEMC(Electromagnetic Compatibility: 電磁環境適合性)規制に対応して、ラインフィルタやシールディングを始めとするEMC対策を標準的に適用し、昇降機のEMCに関する欧州規格EN12015/EN12016に準拠した仕様としている。

内部に収納する制御駆動用回路は、統合化パワーユニット(Integrated Power Unit: IPU)と制御プロセシングユ

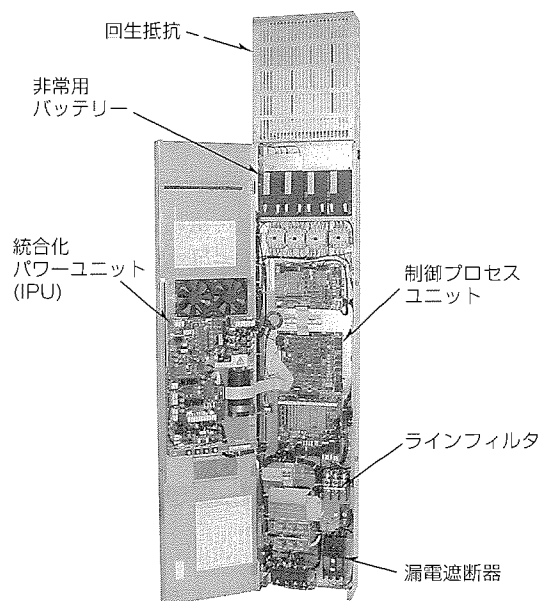


図3. スリム制御盤

ニットの2種の高集積サブユニットで構成している。

IPUは、動力三相交流電源から直接安定化直流電圧に変換する新規開発のエレベーター制御専用の薄形DC/DCコンバータと、最新のIPM(Intelligent Power Module)で構成した巻上機駆動用インバータとを組み合わせることで単一ヒートシンク上に一体化したユニットとなっている。これにより、電源部・駆動部の大幅な高集積化を図っている。

制御プロセッシングユニットは、大規模システムLSIによって高集積化を図ったプロセッサ基板と、外部機器とのインタフェース及び電源分配の機能を持つインタフェース基板の2種の基板で構成している。プロセッサ基板には、モータ駆動用オリジナルプロセッサとエレベーター運転制御ロジックを集積したチップと、外部機器間の通信制御機能を集積したチップの2種類のエレベーター制御専用LSIを搭載し、高機能化を図っている。

また、非常時に巻上機の電氣的なブレーキ開放を可能にするためにシールバッテリーを標準的に装備し、メカニカルなブレーキ開放機構を簡素化した。さらに、バッテリーを停電時のバックアップ用電源としても利用することにより、制御回路の簡素化を図り、従来のNi-Cd電池を不要として環境負荷の低減も実現している。

3.2.2 スマートドア装置

ドア駆動用モータには新規開発の薄形PMモータを採用し、また減速機構を持たないダイレクトドライブ方式とすることによってドア装置本体に内蔵した(図4)。これにより、従来のドア装置に対し60%の占有スペースに削減し、レイアウト性の大幅向上を実現し、建物のオーバーヘッド寸法の削減も可能になった。さらに、モータ駆動用のインバータ及びドア制御回路を内蔵したドア制御駆動モジュールを38mmまで薄形化し、所要オーバーヘッド寸法に影響を与えることなくドア装置上面に一体化実装することが可能となった。ドア制御駆動モジュールは、オートチューニング機能を備えており、様々に変化するエレベーターの設置条件や各階のドアの質量に対応して自己補正を行うことにより、滑らかで安定したドアの開閉性能を確保した。またPMモータの性能をフルに引き出すため、モータの動作状況をきめ細かにモニタする温度センサを始めとする各種センサ類、及びその状況に応じたモータトルク制御を実現するコントロール機能を盛り込んでいる。

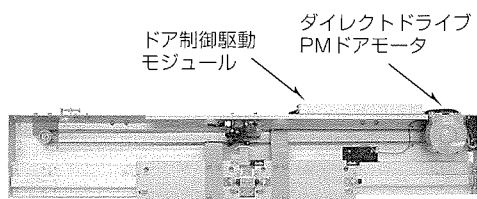


図4. スマートドア装置

3.2.3 解析によるエレベーター支持構造の簡素化

当社の機械室レスエレベーターは、建築設計の自由度を高めるため、かごや巻上機の荷重をエレベーターのレールで支える自立構造を採用している。この構造では、レールが全荷重を支持するため、最悪の非常時に生じる動的な荷重まで想定した最大荷重の細密な見積りが安全性の確保と機械構造簡素化、省スペース化のかぎ(鍵)となる。

そこで、エレベーターの種々な状況におけるシステムの非線形な挙動を解析でき機械系に加わる動的な荷重まで高精度に算出できるエレベーターダイナミックシミュレータを開発した。

このシミュレータの特長は次のとおりである。

- (1) 通常走行とともにバッファ衝突、ブレーキ停止などの非常時動作を含めたシステム挙動が計算可能
- (2) ロープを複数のばね-マス系に分割した時変系多質点モデルにより、かご位置変化によるロープ特性変動や高次のロープ振動を表現
- (3) 動作/復帰を含めた緩衝器モデルとかご、おもりとの接触判定により、緩衝器衝突時の複雑なシステム変動が計算可能
- (4) 綱車部でトラクション比を逐次計算し、ロープ滑りを判定し、モデル切換えを行う計算アルゴリズムを開発

エレベーターダイナミックシミュレータを用いた計算と実験の1例を図5に示す。図は、実験的にかごを緩衝器に突入させた場合(突入速度60m/min, かご容量1トン, 昇降行程15m, 負荷なし)のかご側ロープ端部のばね変位で、この変位からレールに加わる荷重を計算することができる。図から、実験と計算はほぼ一致し、

- 緩衝器衝突によるかご急減速⇒おもりジャンプ⇒ロープ張力抜け(図中A)
- おもり降下⇒ロープ張力復帰⇒衝撃荷重発生(図中B)
- 弾性振動とロープ滑りが複合した減衰振動(図中C)

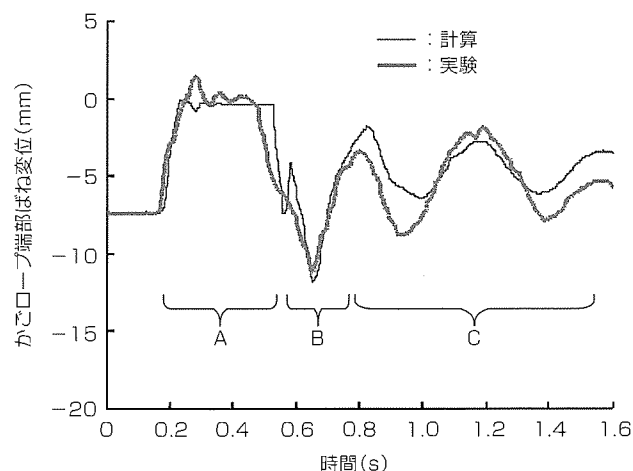


図5. 解析及び実験結果(かご緩衝器突入時の挙動)

など緩衝器衝突時の複雑なシステム挙動の変化を正確に計算できていることが分かる。かご／おもり加速度、変位を含めて複数の条件で解析結果と実験結果を比較し、高精度なシミュレーションが可能であることを確認した。

このエレベーターダイナミックシミュレータを用いて、速度・容量など種々の条件においてシステムに加わる最大荷重の見積りを行った。その結果をガイドレール及び巻上機の支持構造部等の機器設計に反映し、最適設計を実施した。

3.2.4 昇降路頂上部設置形小型調速機

調速機は、従来のELEPAQでは昇降路の最下部にかごと接触しないように設置していたが、これを小型化し、昇降路の頂上部に設置した。調速機は、従来に比べ、約60%に小型化した。また、調速機の保守はかご上で実施可能とし、調速機の遠隔操作機構を設け、非常時には調速機の操作が乗り場でも行えるように構成した。

4. デザイン性・利便性向上の実現

ユニバーサルデザインについては、従来のELEPAQでも既に採用していたが、今回さらに、だれもが使いやすく、かつ気配りのあるデザインを開発した。主な特長は次のとおりである。ユニバーサルデザインの例を図6に示す。

(1) 側面壁取付かご操作盤

エレベーターに乗ったときに操作盤がすぐに見分かるよう、かご室内の操作盤を側面壁にも取り付けられるようにし、住宅用エレベーターで標準仕様とした。乗った後に振り向かずにスムーズにボタンを押すことができ、車いす利用者もエレベーターに乗ってそのままの姿勢でボタンを操作できる。また、ボタンの高さを低く設置し、子供や車いす利用者でも操作しやすいよう配慮した。

(2) かご内インジケータ文字の大型化

かご内インジケータの文字を当社従来比1.6倍に大型化して、より見やすくした。また、到着時にインジケータの

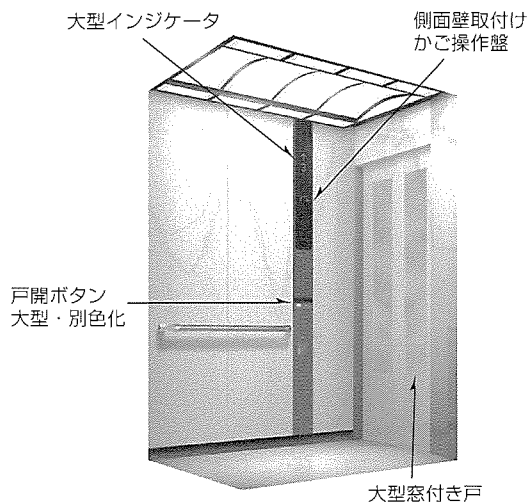


図6. ユニバーサルデザインかご

数字を点滅させることで、より分かりやすくした。

(3) 操作ボタンの凸文字化

ボタンの文字を浮き出し文字として、目の不自由な人も触って認識できるようにした。また、これまでと同様、押ししたことが手の感触で分かるクリック感付きボタンとして

(4) かご室内戸開きボタンの大型化・別色化

戸開ボタンを大型化(当社比1.6倍)し、さらに他のボタンと色を区別することで、押し間違いの心配を少なくした。

また、建物の用途に応じ、推奨オプションパッケージを設けた。オフィスやマンション、福祉施設など、それぞれの建物用途での利用者の要求と利用状況を考慮して、より安全に、かつ、快適にエレベーターを使用できるよう推奨オプションを明確化した。

5. 省エネルギー化の推進と環境への配慮

ELEPAQ-iでは、更なる省エネルギー化や環境に優しい材料の適用を推進している。

(1) エレベーター回生電力蓄電システム“エレセーブ”

従来の標準形エレベーターでは回生電力を熱として捨てていたが、ニッケル水素電池にこの電力を蓄電し、蓄電した回生電力をエレベーターの運転に利用するエレベーター回生電力蓄電システム(有償付加仕様)を開発した。

エレベーターの運転時に発生する回生電力をニッケル水素電池に蓄電しておき、この電力を有効に使用することにより、通常運転時の消費電力を20%以上低減できる。また、万が一、エレベーター走行中に停電が起きても、自動的に10分間程度継続して低速運転が可能となる。

(2) 環境へ配慮した材料への切換え推進

従来かご室の天井照明板・標準壁・標準床タイルには塩ビ樹脂を使用していたが、これらを非塩ビ系素材に切り換えた。また、ドア装置の塗装、溶接レス構造化、基板を除く制御装置におけるはんだ付け作業の廃止等も実施した。

(3) 小型くさび(楔)式索端金具の開発

機械室レスエレベーターのロープ端末の固定には、当社では、従来、バビット詰め方式、かしめ方式を用いていた。これは、機械室レスエレベーターの狭いスペースに一般的に使用されているJEAS式楔式索端止め金具は、楔部分が大きく、機器の干渉等の問題があり、適用していなかった。

今回、図7に示す小型楔シャックルを開発し、適用した。

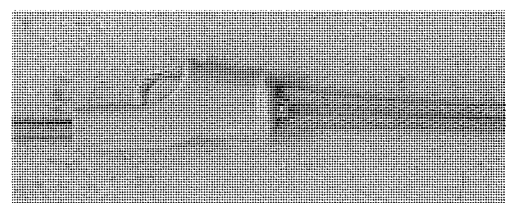


図7. 小型楔式索端止め金具

この楔式止め金具は、米国、ドイツで適用されているのと同様の形状ではあるが、これよりも小型であり、狭いスペースで実装できる。これにより、従来適用していた鉛を使用するバビット詰め方式を廃止し、耐環境性を改善した。

6. 据付け・保守の作業性改善

機械室のあるエレベーターでは、駆動装置の操作が機械室の中で行え、据付け・保守の作業の大半は機械室内で実施されていた。しかし、機械室レスエレベーターでは、据付け・保守作業は、エレベーターのかごが設置される昇降路の内部(ピット部とかごの上)となる。狭いスペースでの作業となるため、据付け・保守の作業性を分析し、以下の改善を実施した。

(1) 新据付け工法の導入

機械室レスエレベーターの投入当初、据付け作業は昇降路内に足場を組んで作業する足場工法や、昇降路内にゴンドラ及び作業床を設置して昇降しながら作業を行うゴンドラ工法で実施していた。足場工法の場合には、昇降行程が大きくなった場合に、足場を組む箇所が多くなり、据付け時間がかかるといった問題があった。また、ゴンドラ工法では、作業性に問題はないが、ゴンドラの購入費用・保守費用が大幅にかかり、現場搬入が大掛かりとなるといった問題があった。

そこで、ELEPAQ-iでは、これら工法に加え、WOS (With-Out Scaffolding)工法を採用した。据付けのために足場を特別に準備せず、最終的に製品として使用されるエレベーターのかごを移動足場として利用する工法である。この工法の採用により、据付け時に準備する治工具を大幅に削減した。さらに、製品として工場出荷段階で検査された安全装置を利用できるため、作業時の安全性が高い。

(2) 保守作業の改善

機械室レスエレベーターの保守作業は、巻上機、制御盤が設置されている昇降路のピットで主に実施する。機械室のあるエレベーターに比べ、機械室レスエレベーターでは、ピットに入る機会が大幅に増えている。そこで、以下の改良を行うことにより、ピット出入り時の作業への負担を軽減した。

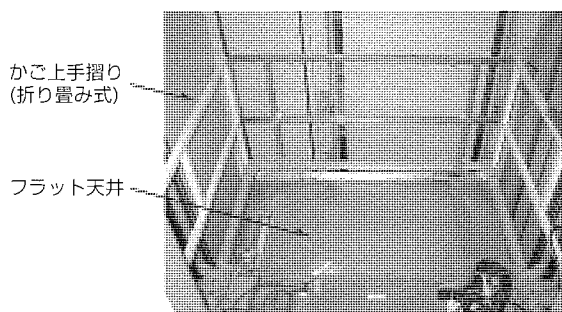


図8. 天井上面

- ピット深さを、従来に比べ、大幅に浅くした。巻上機、制御盤の保守は、ピットに設けた作業台から容易にできるようにした。
- ピットに入る際に利用する昇降用はしご(梯子)を折り畳み式とし、乗り場中央部から容易に取り出せ昇降できるようにした。

また、昇降路内の機器の点検・保守作業はかご上で実施する。機械室レスエレベーターでは、かご上での保守作業に対し、以下の改良を行った。

- 天井上面をフラット化することにより、保守時に安定した作業姿勢が保てるようにした。
- 保守時に容易に組立てできる高さ900mmの安全手す(摺)りを設け、作業場所の安全性を確保した。

図8にかご上面の状態を示す。

7. む す び

以上、2001年4月から販売を開始したELEPAQ-iの新技術と特長について述べた。今後、これら技術は、特注形エレベーターへ順次展開を図るとともに、更にエレベーターを進化させる未来の技術開発に取り組んでいく予定である。

参 考 文 献

- (1) 杉田和彦, 本田武信, 安藤英司, 山川茂樹, 安江正徳: 三菱機械室レスエレベーター“ELEPAQ(エレパック)”, 三菱電機技報, 72, No.10, 799~802(1998)

三菱新機械室レスエレベーター用 薄形巻上機

井上健二* 橋口直樹*
三宅展明** 安江正徳*
大穀晃裕***

要旨

近年、マンションや事務所ビルなどに適用される標準形エレベーターでは、建築メリットの大きい機械室レスエレベーターが主流となりつつある。機械室レスエレベーターの巻上機は、昇降路内に設置されるため、機械室に設置する場合に比べて小型かつ静粛であることが要求される。

三菱電機では、独自の最先端モータ技術を用いた薄形モータと内蔵ブレーキの採用により、業界で最も薄い巻上機を開発し、標準形エレベーターの全領域にシリーズ化した。薄形巻上機の主な特長は次のとおりである。

- 業界トップクラスの薄さによる優れたレイアウト性
- 快適な乗り心地を実現する静かで滑らかな駆動性能
- 巻線作業自動化や組立作業簡素化などの高い生産性

薄形巻上機の開発に当たり、開発初期に生産性も考慮して基本構造を見直すとともに、最先端の設計技術と製造技

術を活用した。そのキー技術を以下に示す。

(1) 巻上機の高密度設計技術

モータ、ブレーキ等の機器の小型化・一体化と構造解析による形状最適化に加え、その機器を高密度に実装して巻上機の薄形化を実現した。

(2) モータの電磁気設計技術

磁界解析技術の活用により、磁気回路を最適化してトルク脈動を抑えるとともに、工作誤差の影響を解明して設計と製造管理に反映した。

(3) モータの製造技術

当社独自の“関節型ボキボキ鉄心”を採用し、高密度巻線によるモータ薄形化と寸法精度向上によるトルク脈動低減、巻線作業自動化を実現した。

薄形巻上機のキー技術

巻上機の高密度設計技術

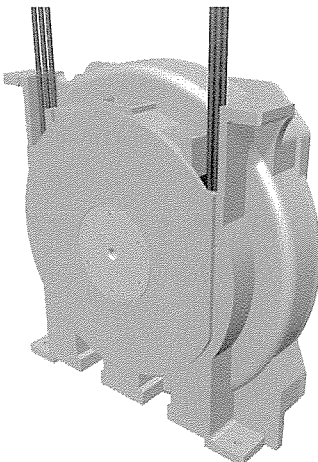
内蔵ブレーキ

モータの電磁気設計技術

トルク脈動の低減

独自のモータ製造技術

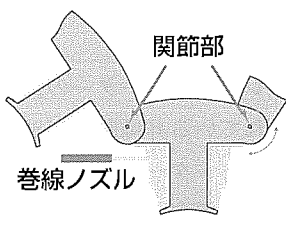
関節型ボキボキ鉄心

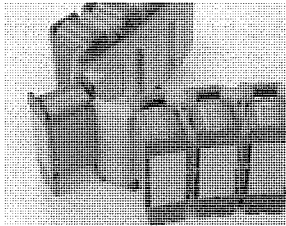


静かで滑らかな
乗り心地

薄形化：187mm
(当社従来比 1/5以下)
軽量化：300kg
(当社従来比 約2/3)

[3.7kWタイプ]





逆反り姿勢の鉄心(巻線時)

薄形巻上機の外観とキー技術

機械室レスエレベーターの最大の特長である省スペースを更に追求するため、独自のモータ技術を採用した業界で最も薄い巻上機を開発した。薄形巻上機は、薄形コンパクトな外観でありながら、従来と比べてそんな遜色のない静かで滑らかな乗り心地を実現した。そのキー技術は、独自のモータ製造技術“関節型ボキボキ鉄心”とトルク脈動を抑える電磁気設計技術、内蔵ブレーキなどの高密度設計技術である。

1. ま え が き

機械室レスエレベーター用の巻上機は、駆動装置としての基本機能や性能に加え、小型かつ静粛であることが要求される。三菱電機が1998年に発売した“ELEPAQ”では、永久磁石式同期モータを採用した円筒形状のギヤレス巻上機を開発し、これを昇降路下部のピットに配置することにより、機械室を不要にするとともに静かで滑らかな駆動性能を実現した。そして、更なる省スペース化を実現するため、当社独自の“ポキポキ鉄心”技術を採用した薄形巻上機を開発し、2001年3月から9人乗り、速度60m/分までの領域に適用を開始した。さらに、今回開発したELEPAQ-iでは、薄形巻上機を標準形エレベーターの全領域にシリーズ化し、業界最小クラスの昇降路スペースを実現している。

本稿では、薄形巻上機の特長と構造、及び薄形化を実現した技術について述べる。特に、モータを薄形化した電磁気設計技術と製造技術について詳しく紹介する。

2. 薄形巻上機の特長

この巻上機の最大の特長は、昇降路下部の壁面とかごのすき(隙)間への設置を可能とした“薄さ”である。また、エレベーター特有の駆動性能を確保するとともに、生産性を重視した設計とした。以下に薄形巻上機の特長を示す。

(1) 業界最小クラスの薄形化

当社独自のポキポキ鉄心の採用に加え、モータ、綱車、ブレーキ、エンコーダをすべてきょう(筐)体内に内蔵することにより、3.7kWタイプの場合で厚さ187mm(当社従来品比1/5以下)を実現した。

(2) 快適な乗り心地を実現

磁界解析技術の活用によってトルク脈動を低減し、三菱エレベーターの伝統である“静かで滑らかな乗り心地”を実現した。

(3) 高い生産性

モータに磁極集中巻方式を採用して巻線作業の自動化を図るとともに、ロータ、綱車、ブレーキ制動部を一体構造として組立作業の簡素化を図るなど、生産性の高い設計とした。

3. 巻上機の構造

3.1 薄形巻上機の構造

図1に、従来の巻上機の構造と今回開発した薄形巻上機の構造を比較して示す。従来、巻上機は綱車、モータ、ブレーキ、エンコーダを軸方向に直列に配置してきたため、これらの機器及び締結部の長さにより、全長の縮小には限界があった。今回、薄形モータと内蔵ブレーキの開発とともに、巻上機の構造も全面的に見直した。

薄形巻上機では、モータのロータ部を中空円筒状にし、

この中に内括式ブレーキを取納し、さらにエンコーダをブレーキの内側に実装した。また、ロータと綱車を一体構造とし、締結要素をなくすことで寸法の縮小と信頼性の向上を図った。このような巻上機内の高密度実装を行うことにより、巻上機の外形寸法を最小限に抑えた。

さらに、主要構造体の構造解析により、エレベーターの通常運転時に加え、非常停止時や製造過程など種々の条件で作用する荷重について強度や剛性を検討し、形状を決定した。図2に構造解析例を示す。

こうしたモータやブレーキ等の機器の小型化と構造解析

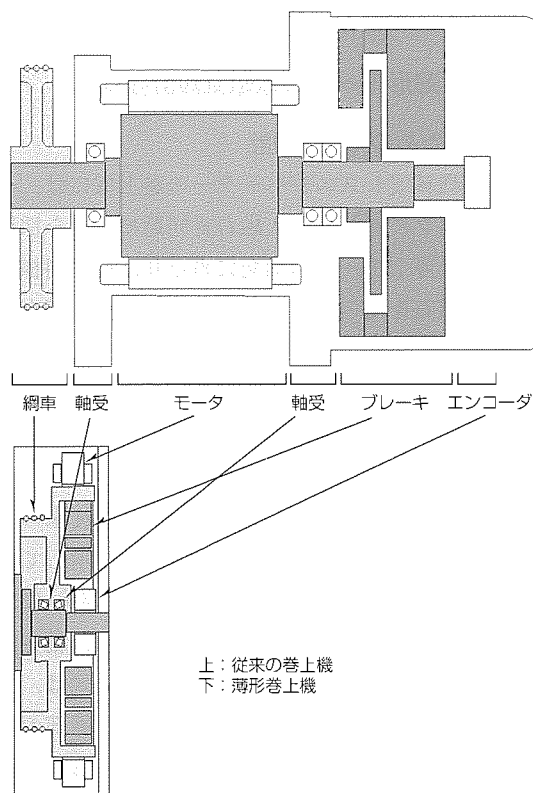


図1. 巻上機の構造比較

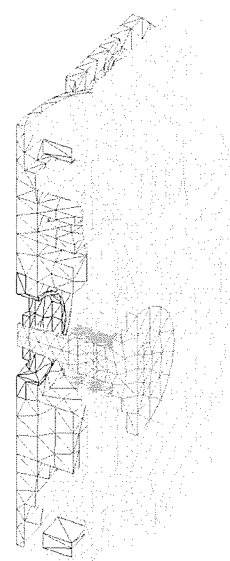


図2. 巻上機の構造解析例

による形状最適化により、巻上機質量を300kg(3.7kWタイプ)とし、当社従来比で33%の軽量化を実現した。

3.2 内拡式ダブルブレーキ

通常、エレベーター用巻上機のブレーキは、ドラムタイプ又はディスクタイプが多く、いずれも巻上機外側に機器が露出し、巻上機外形寸法を大きくしてきた。

今回は、巻上機の薄形化を図るため、モータの内側に収納可能な内拡式ダブルブレーキを開発した。図1に示すように、モータのロータ部を中空円筒状とし、この内面をブレーキ制動面として使用する内拡式的内蔵ブレーキであり、完全に独立した2系統のブレーキを左右対称に配置するダブルブレーキシステムとした。

4. 薄形モータの電磁気設計技術

4.1 薄形化のためのモータ設計

従来から、機械室レスエレベーターの巻上機には、小型化と低速大トルクに適した永久磁石同期モータを採用している。今回の薄形モータの開発に当たり、従来同様に高性能な希土類磁石を用いるとともに、①磁極集中巻方式の採用、②高電気装荷化、③大口径化、④多極化という四つの大きな設計見直しを行った。薄形モータを実現したこれらの技術について以下に詳述する。

(1) 磁極集中巻方式の採用

図3はステータを内径側から見た図であり、従来の分布巻方式と今回採用した磁極集中巻方式の違いを示している。分布巻方式では、コイルが幾つかのティース(磁極)にまたがって巻回され、端部で他の巻線と重なるため、軸方向の厚みが大きくなる。これに対し、磁極集中巻方式は、ティースにコイルを集中して巻回する方式であり、端部のコイルが重ならないため軸方向の厚みを小さくできる特長がある。

磁極集中巻方式を採用することにより、モータを薄形化できるメリットに加え、次章に述べる当社独自の製造技術である関節型ボキボキ鉄心を適用することができ、高密度

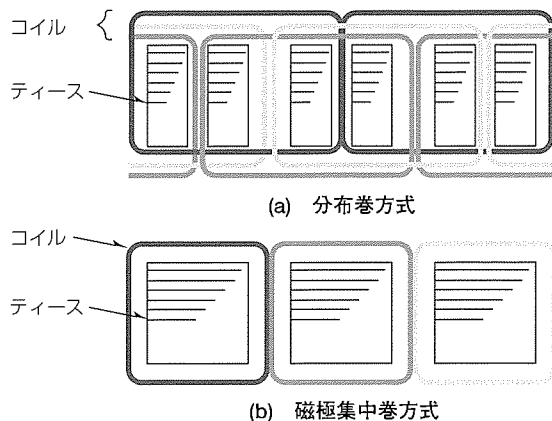


図3. 巻線方式

巻線による高電気装荷化と自動巻線による生産性向上を両立できた。

(2) 高電気装荷化

モータの極当たりのトルクは電気装荷(コイルの巻数と電流の積)と磁気装荷(永久磁石による磁束の量)の積で決まり、この配分を決めることがモータ設計の第一歩である。従来の低密度巻線のまま高電気装荷設計とするには電流値を大きくすることになり、コイル発熱の制約を受ける。今回は、上述の製造技術がもたらす高密度巻線化により、コイル発熱を増加させることなく高電気装荷の設計とすることができ、小型ながら高トルクのモータを実現した。

(3) 大口径化

一般にモータのトルクはその体格で決まり、おおよそステータ内径の2乗と長さの積に比例する。低速回転のモータは出力の割に高トルクのため体格が大きくなるが、ステータ内径を大きく設計し大口径化することによって、モータの薄形化が可能となった。

(4) 多極化

多極化はモータ小型化の一般的手法であり、図4に示すように、コイル端部短縮やステータ外径縮小などの効果がある。多極で極ピッチが小さい場合、極間を渡る磁束が少ないため、鉄心のコアバックを薄くすることができ、ステータとロータの径方向寸法の縮小が可能となる。したがって、同一外径では多極にした方がステータ内径を大きく設定でき、前述の大口径化の効果によって、より大きなトルクが得られる。また、ロータのコアバックが薄くできるので、その内側に大きな空間をとることができ、ここにブレーキを実装して巻上機全体をコンパクトな設計とした。

4.2 トルク脈動の低減

モータのトルク脈動はエレベーターの乗り心地に影響を与えるため、これを低減する必要がある。従来の永久磁石同期モータでは、磁石形状の最適化や巻線配置の工夫によって磁束の空間高調波を減らすことに加え、わずかに残った高調波を更に低減するためスキュー(斜めスロット)構造を採用するなど、トルク脈動低減のための設計を行ってきた。

今回開発した薄形モータでは、大幅な薄形化と巻線方式

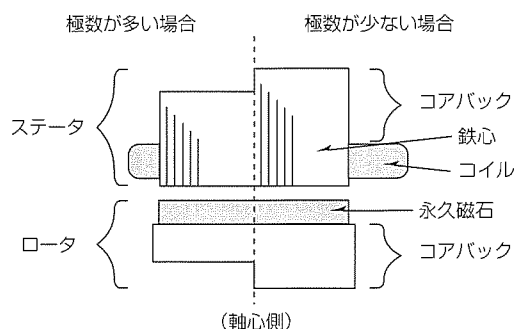


図4. 多極化の効果

の違いからトルク脈動が増える傾向にあったが、以下に述べる①磁気飽和に起因するトルク脈動の低減と②工作誤差に起因するトルク脈動の要因分析と対策とを行うことによってトルク脈動を大幅に低減し、従来のモータと比べても遜色のない滑らかな乗り心地を実現することができた。

(1) 磁気飽和の影響低減

モータの薄形化には磁極集中巻固定子の高電気装荷化が必ず(須)となるが、この場合、通電時にステータのティース部で磁気飽和が生じやすく、トルク脈動が増加する傾向にある。今回の開発では、磁界解析を用いてティースの形状及び寸法を検討し、高電気装荷設計に配慮した最適形状に設定した。すなわち、図5に示したように、従来のようなセミクロズドスロット設計からセミオープンスロット設計へと変更することにより、ティース先端部での漏れ磁束による磁気飽和を緩和した。その結果、トルク脈動は定格負荷時において約1/3に、過負荷時において約1/2になり、広い運転領域の全域においてトルク脈動を低減することができた。

(2) 工作誤差の影響

モータは設計値どおりに生産できるわけではなく、製造過程で様々な工作誤差を含むため、これによるトルク脈動の増加やばらつきが懸念される。これに対し、工作誤差に含まれるトルク脈動の要因を分析した上で、磁界解析技術を駆使したバーチャルエンジニアリング(計算機を活用して製品開発における設計や試作・評価をシミュレーションで仮想的に行う方法)により、工作誤差とトルク脈動の関係を徹底解明した。さらに、この結果をモータ設計と製造管理に反映し、トルク脈動性能の安定化を図った。

すなわち、モータ設計の対策として、磁気回路形状を変えながら工作誤差の影響度合いを評価し、工作誤差に対してトルク脈動がばらつきにくい形状を選定した。また、製

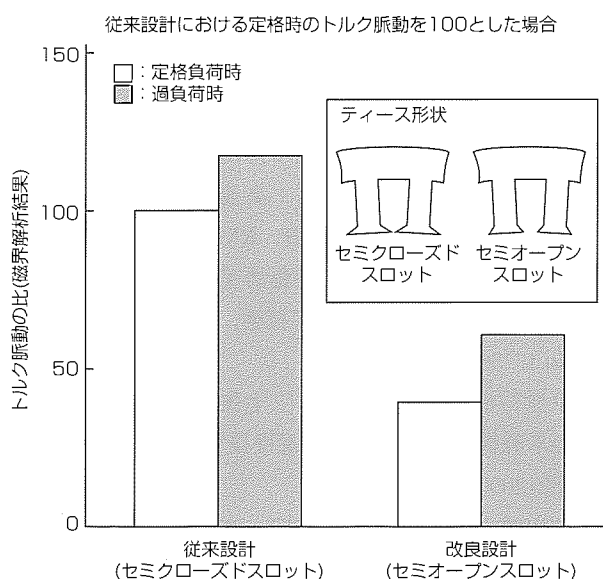


図5. トルク脈動の比較

造管理の対策として、工作誤差に含まれるトルク脈動の要因ごとに影響度合いを定量評価し、各要因に対する管理基準を設定することで、トルク脈動の小さなモータを安定して生産することが可能となった。

5. 薄形モータの製造技術

5.1 従来のステータ製造法

一般に、中大型モータのステータ鉄心は、電磁鋼板をプレス打ち抜きした後、所定枚数を円筒状に積み重ねて側面を溶接して製造している。また、ステータ巻線は、所定のターン数巻かれたコイルを“へら”などを使って鉄心のスロット内に手作業で挿入している。この方法では、多くの手間を要するとともに、コイル占積率(コイル断面積×ターン数/スロット面積)の向上に限界があり、モータ性能の制約となっていた。

5.2 ポキポキ鉄心の適用

高性能モータを開発する場合、生産性の観点からモータの基本構造を見直すことが重要である。なぜならば、基本設計が固まった段階では、工作性や組立性の大幅な改善ができず、モータ特性の飛躍的な向上も望めないからである。特に、ステータ製造では巻線作業がネックであり、生産性とコイル占積率向上を十分に満足するステータ構造を開発初期に考案する必要がある。

当社では、通称ポキポキ鉄心と呼ぶ、直線状鉄心に巻線してから鉄心を折り曲げるという独自のステータ構造を開発している。さらに、その発展形として、図6に示す屈曲自在な関節部を持つ関節型ポキポキ鉄心を開発し、当社“霧が峰”エアコンの圧縮機モータに採用している。いずれもコイル占積率が大幅に向上し、モータの軽薄短小・高効率化を達成するとともに、巻線作業の完全自動化を図っている。

薄形巻上機にポキポキ鉄心を適用する場合、薄形大口径という構造上、ステータ鉄心の剛性と精度を考慮しなければ

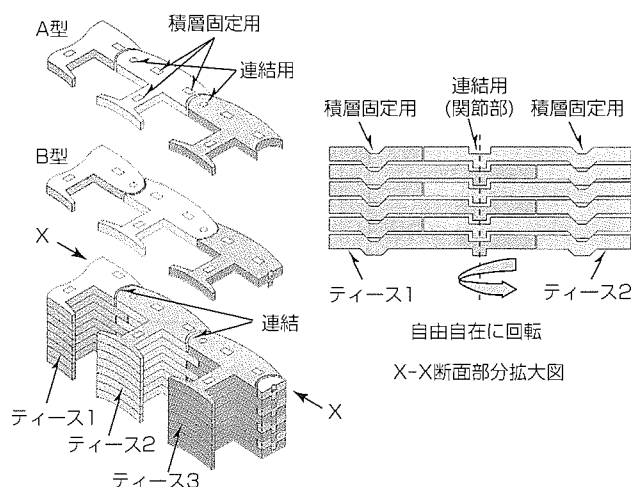


図6. 関節型ポキポキ鉄心の構造

ばならない。太いコイル線を整列巻きするには、関節型ボキボキ鉄心を逆反り形状に屈曲させて巻線を行えばよい。また、鉄心打ち抜き時の材料歩留りとステータ製造時の運搬性を考慮すると、大口径ステータを一つの鉄心で作らず、図7に示すように、円弧状に分割した関節型ボキボキ鉄心から作ることが得策である。

5.3 ステータ製造技術

図8に薄形モータのステータ製造工程を示す。以下に、これを工程順に説明する。

(1) 円弧状ボキボキ鉄心を高速プレス内で抜きかきめながら積層する。そのプレス金型は電磁鋼板を順送しながら複数のダイとパンチの刃物を順送タイミングに同期して切り換える構成をとっており、これによって鉄心関節部を形成する。中小型モータ用鉄心と同様のプレス速度で高精度に積層固定できる。

(2) 鉄心とコイル間を絶縁するための樹脂ボビンをティースごとに両端面から挿入する。そして、スロット内及びコイル間を絶縁するためのフィルムを樹脂ボビンに固定する。

(3) 鉄心を関節部で屈曲させて図のような逆反り姿勢とし、ティースごとに巻線を行う。ティース周りにフリースペースができるので、巻線ノズルを円軌道で動かすことが可能となり、コイル線に余分なひずみを与えることなく、太線コイルでの完全な整列巻きが実現できる。コイル占積率(角計算法)は従来の64%から87%に向上している。

(4) 鉄心を再び円弧状に戻し、1ステータ分をリング状に集め、それぞれの継ぎ目を溶接する。そして、ワニス処理を施した後、本体フレームに焼ば(嵌)めてステータが完成する。薄形大口径ステータの課題がその剛性と精度であったが、従来鉄心の70%以上の周方向剛性と、真円度/ステータ内径比で 0.28×10^{-3} 以下の精度を確保することができた。そのメカニズムは、適正な焼嵌め代の設定により、焼嵌めによる締め付け力がステータ鉄心のそれぞれの分割面に均等に接触応力として作用し、屈曲部の凹凸形状で最も安定する位置にティースが固定されているためと考えられる。

6. む す び

今回開発した薄形巻上機は、当社エレベーターの主力機種である標準形エレベーターの領域に投入している。この開発で得たノウハウを基に、薄形巻上機の適用拡大を図るとともに、更なる性能・品質の向上により、一層魅力ある製品の開発に取り組む所存である。

参 考 文 献

(1) 杉田和彦, 本田武信, 安藤英司, 山川茂樹, 安江正徳: 三菱機械室レスエレベーター“ELEPAQ(エレパック)”, 三菱電機技報, 72, No.10, 799~802(1998)

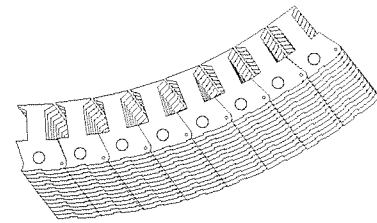


図7. 円弧状ボキボキ鉄心

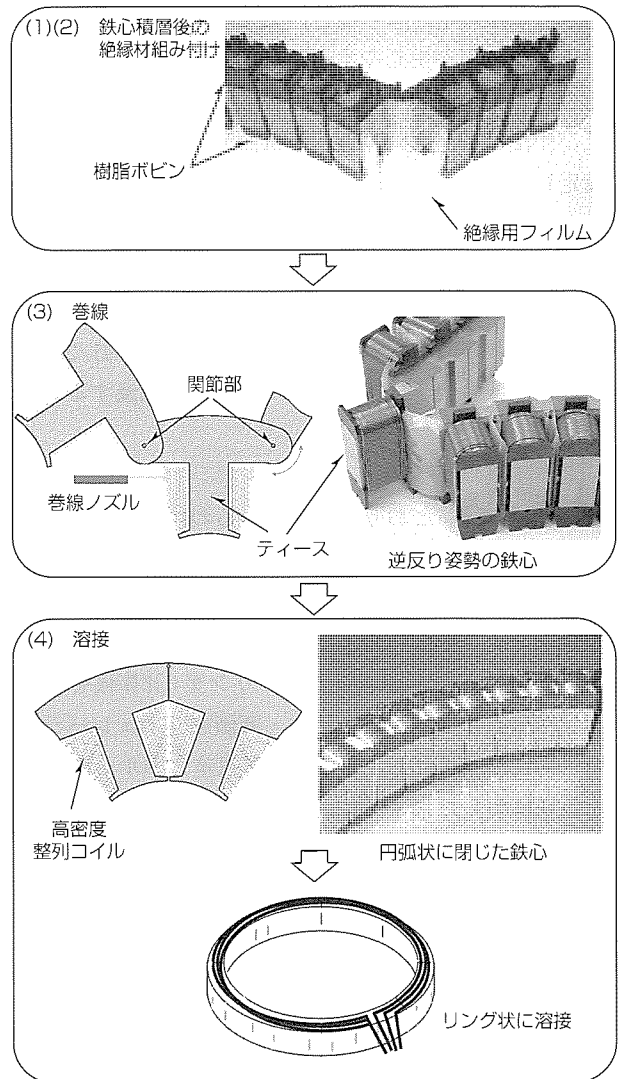


図8. ステータ製造工程

(2) 加藤 覚, 須藤信博, 荒木博司, 川口守弥, 河瀬千春, 青木 深, 本田武信: 高速エレベーター用新形ギヤレス巻上機, 電学研資, RM-97-107(1997)

(3) 池田洋一, 中原裕治, 伊藤浩美, 斉藤直文: 新形汎用ACサーボモータの生産技術, 三菱電機技報, 72, No.4, 303~306(1998)

(4) 中原裕治, 五十樓秀三, 三宅俊彦: ボキボキモータの車載機への応用, 三菱電機技報, 74, No.9, 579~582(2000)

(5) 秋田裕之, 平井義典, 川口 進, 川口 仁: エアコン用圧縮機モータの省エネルギー・高効率化, 三菱電機技報, 75, No.10, 655~658(2001)

三菱新機械室レスエレベーター “ELEPAQ-i”のユニバーサルデザイン

宮脇将志*
城戸恵美子*
松田和子**

要旨

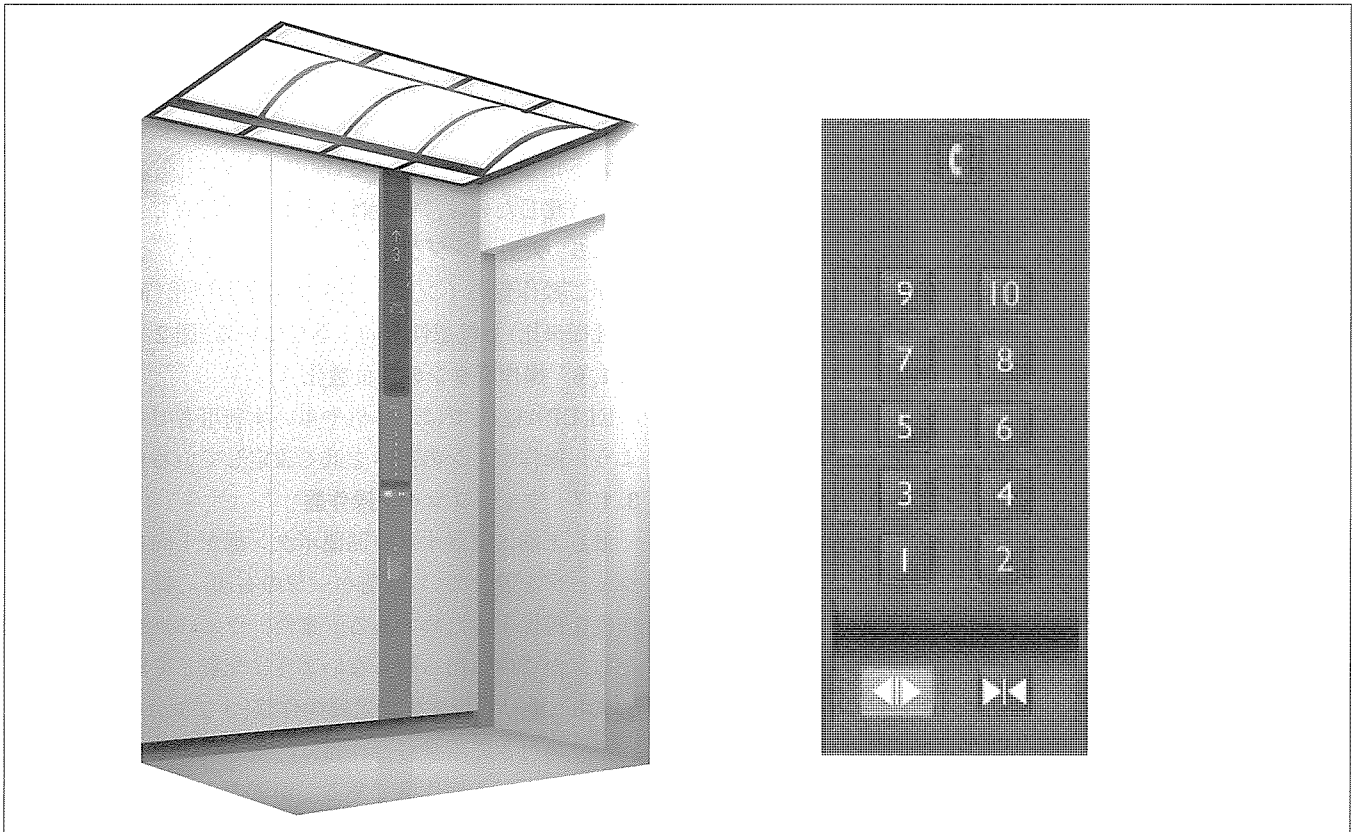
ユニバーサルデザインとは、年齢や障害の有無にかかわらず“だれもが使いやすい”製品作りの思想である。高齢化社会の進展や社会的弱者への理解が深まる中、様々な分野でこのユニバーサルデザインへの関心が高まっている。三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”は、ユニバーサルデザインを中心コンセプトとした製品である。特筆すべきユニバーサルデザインアイテムとして①側面壁取付け操作盤と②凸文字ボタンが挙げられる。

①の側面壁取付け操作盤は、従来のそで(袖)壁(扉両側)取付け操作盤に比べかご内で振り返る必要がなく、特に車いす利用者に対する操作性向上に効果がある。②の凸文字ボタンは、ボタン上の文字を浮き出させたもので、点字

の読めない視覚障害者にも判読可能なユニバーサルデザインアイテムである。また同時に、判読性の高い文字書体への変更も行っている。その他にも、大型戸開ボタン／大型インジケータ／操作ボタンの低位置化など、特にインタフェース(操作表示器)における操作性の向上に取り組んでいる。

また、開発過程においてはモデルユーザーを対象としたユーザビリティワークショップ(評価実験)を繰り返し実施し、ユニバーサルデザインアイテムの効果及び製品への適用について検証を行った。

本稿では、ELEPAQ-iのユニバーサルデザインの紹介と開発過程での評価／検証について述べる。



三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”

ELEPAQ-iの側面壁取付け操作盤かご室(左図)と操作部(右図)を示す。ELEPAQ-iでは様々なユニバーサルデザインの考え方を取り入れ、より多くの人に使いやすい製品を目指している。

1. ま え が き

ユニバーサルデザインという言葉が近年いろいろな所で見聞きするようになった。ユニバーサルデザインを一言で言うと“だれもが使いやすいデザイン”である。ここでの“だれもが”の中には、障害を持つ人や高齢者などはもとより、健常者も含まれている。高齢化社会の進展や社会的弱者への理解が深まる中、様々な分野でユニバーサルデザインの重要性が高まりつつある。

2. エレベーターのユニバーサルデザイン

エレベーターは、不特定多数の人が利用するビル内の輸送機関である。この公共性の高い製品特性もあり、三菱エレベーターにおいては、比較的早い時期からユニバーサルデザインへの取組を行ってきた。

エレベーターの果たす基本的な役割は利用者の上下輸送であり、利用者の行くべき操作も非常にシンプルなものである。乗り場で呼びボタン(上下ボタン)を押しかご内で行き先階を押すというシンプルな操作ではあっても、かご内の限られた空間で不特定多数の利用者に等しく使いやすいインターフェースを実現することは非常に難しく、それゆえに重要となる。

また、運行中密室となるかご内での不安感や乗り場での待ち時間の焦燥感、障害の有無にかかわらず軽減すべき要素である。

3. 三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”におけるユニバーサルデザイン

三菱新機械室レスエレベーターELEPAQ-iはユニバーサルデザインを中心コンセプトとした製品である。ここではELEPAQ-iにおけるユニバーサルデザインの紹介を行う。

3.1 操作表示器における主なユニバーサルデザイン

3.1.1 側面壁取付け操作盤

側面壁取付け操作盤のイメージを前ページの左図に示す。これまで扉の両側(袖壁)に取り付けられていた操作盤を側面壁に取り付けることで以下のメリットがある。

- 車いす利用者がかご内で回転せず(振り返らず)に操作できる。
- 車いす利用者でなくとも振り返る必要がなく操作しやすい。
- かごへ乗り込む際に操作盤の位置が見付けやすい(扉が開いた時、最初に目に入る)。

側面壁取付け操作盤の操作性に関しては、評価実験を通して検討を進めた。評価実験の詳細に関しては次章で紹介するが、評価実験を通じた検討からELEPAQ-iにおける側面壁取付け操作盤の適用範囲を定めた(表1)。マンション

表1. 側面壁取付け操作盤適用範囲

	標準	オプション
住宅用エレベーター (マンション等の住宅用)	側面壁取付け操作盤	袖壁取付け操作盤
乗用エレベーター (店舗/オフィス等の非住宅用)	袖壁取付け操作盤	側面壁取付け操作盤

等の住宅用エレベーターについて側面壁取付け操作盤を標準とし、店舗やオフィス等の乗用エレベーターについては袖壁取付け操作盤を標準としている。

3.1.2 凸文字ボタン(新文字書体)

操作部イメージを前ページの右図に示す。凸文字ボタンは数字や記号を浮き出させたものであり、触って読むことができるものである。視覚障害者対応として一般的なものに点字があるが、点字を読むことができる人は視覚障害者の約1割程度と言われている⁽¹⁾。凸文字ボタンは、より多くの人に読むことができるユニバーサルデザインとして効果がある。また、数字書体を従来よりも判別性の高い書体に変更した(図1)。例えば、従来の書体に比べ“6”と“9”などの違いが明確になっており、弱視者にとっても読みやすいと言える。凸文字や新書体についても、評価実験を通して検討を進めた。評価実験詳細については次章で述べる。

3.1.3 点字位置

点字は一般的に左から読まれるため、点字張り付け位置をボタン左側に統一している。

3.1.4 大型戸開ボタン

とっさの場合に区別しづらい戸開閉ボタンの戸開ボタンを大型化して区別している(前ページの右図)。戸開ボタンを大型化したのは、安全性を考慮したためである。

3.1.5 大型インジケータ

かご操作盤のインジケータ文字を大型化(面積約3倍:当社従来比)し視認性を向上させている(図2)。

3.1.6 操作ボタンの低位置化

ELEPAQ-iでは、子供や車いす利用者でも操作できるよう、操作ボタンの高さを低く設定している(表2)。

3.1.7 ウェーブライン操作盤

最も下端に位置する戸開閉ボタン部が上向きとなるよう、ウェーブを設けている(前ページの右図)。低い位置でも操作性を確保するためである。また、ウェーブをインカーブとし、かご内へ出っ張らないように配慮している。

3.1.8 乗り場行き先階登録操作盤(オプション)

乗り場行き先階登録操作盤は、乗り場であらかじめ行き先階登録を行う操作盤である。かご内での行き先階登録と比較して以下のメリットが挙げられる。

- かご内よりも広いスペースがあり操作しやすい。
- 時間の制約が少なくゆっくりと操作することができる(かご内では、モタモタしていると動きだしてしまう)。

3.2 かご室／乗り場における主なユニバーサルデザイン

3.2.1 大型扉窓

扉窓を大型化(面積約1.9倍、縦方向に拡大：当社従来比)することで、かご内の密室感を軽減している。防犯性や開放感の向上に効果がある。

3.2.2 フルハイトミラー

床から天井まで通したフルハイトミラーは、かご内の密室感を軽減はもとより、車いす利用者の広い後方視界確保に効果がある(図3)。

3.2.3 手すり

人体計測データに基づき手すり直径を38mmへ拡大(従来品32.5mm)し、握りやすさを向上させている。

3.2.4 寝台用間接光照明

病院等で利用される寝台用エレベーターに間接光照明を採用している。ストレッチャに乗ったままかご内に入る人に対し、まぶ(眩)しさの軽減に効果がある(図4)。

4. ユニバーサルデザイン開発過程における評価/検証

ELEPAQ-iの開発過程においては、モデルユーザーを対象としたユーザビリティワークショップ(UWS)を繰り返し実施し、操作性の評価/検証を行った。UWSとは、開発の過程でユーザーの視点からのユーザビリティの評価を実施し、その結果抽出した問題点についての改善提案を行うヒューマンインタフェース開発手法である。この章ではその詳細について述べる。

4.1 側面壁取付け操作盤の評価/検証

4.1.1 目的

このUWSでは、側面壁取付け操作盤の操作性について評価/検証を行う。

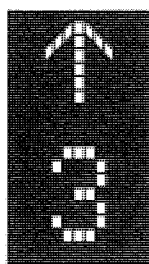
新書体(Gill Sans Mediumをベースに改造)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

従来書体(Helvetica)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

図1. ボタン文字新書体



大型インジケータ



当社従来品

図2. 大型インジケータ

4.1.2 評価対象

原寸大のエレベーターかご室モックに取り付けた側面壁操作盤(A案)及び現行取付け袖壁操作盤(B案)を対象とした(図5)。

4.1.3 評価方法

(1) 0%, 50%, 100%の乗客率の状況を設定し、モニターが一人ずつかご室内に入り操作盤を操作し、5段階尺度による主観評価を実施した。

(2) 操作の模様、かご室内の動線を天井据付けビデオカメラのモニターを通して観察した(図6)。

(3) グループインタビュー形式で補足意見を聴取した。

4.1.4 モニタ(被験者)

健常者(非高齢者)7名、高齢者6名(うち視覚障害者1名)、小学生2名の計15名である。

4.1.5 結果

表2. 操作ボタン高さ

単位:mm

ボタン 停止数	戸 開 閉	階 床	インタホン
10停止	1,020 (1,100)	1,100~1,260 (1,180~1,340)	1,340 (1,420)
20停止	900 (1,020)	980~1,340 (1,100~1,460)	1,420 (1,540)
25停止	900 (970)	980~1,500 (1,050~1,570)	1,580 (1,650)

※ ()内は当社従来品

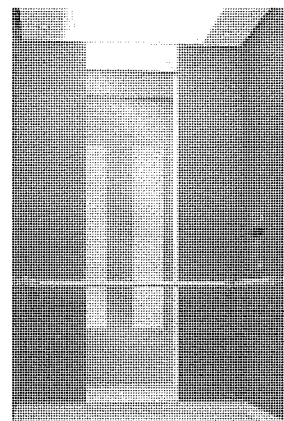


図3. フルハイトミラー

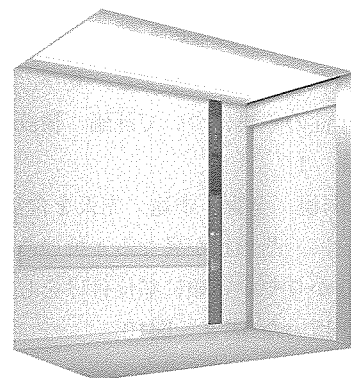


図4. 寝台用間接光照明

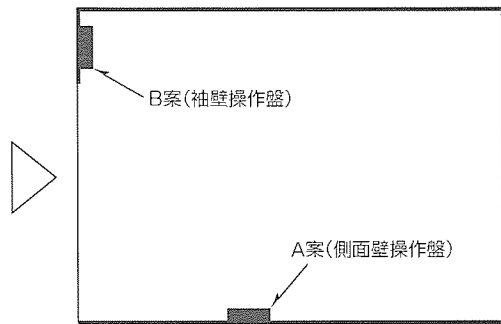


図5. 操作盤取付け位置



図6. 側面壁取付け操作盤実験風景

図7に操作のしやすさの主観評価の結果を示す。

両案とも乗客率増加に従い評価が下がるが、A案は50%乗り込み時からマイナス評価になる。その理由として、混雑時に操作スペースが確保できない、操作位置がやや低い、袖壁操作盤に慣れているため戸惑う、等が挙げられた。

4.1.6 考察

以上の検証より、乗客率が高い場合には側面壁取付け操作盤の操作性は落ちることが明らかとなった。この結果と住宅用エレベーターでは混み合い率が比較的高くなりにくい(過去に行った使用実態調査より)ことを勘案し、ELEPAQ-iでは住宅用エレベーターについて側面壁取付け操作盤を標準とした(表1)。

4.2 凸文字ボタンの評価/検証

4.2.1 目的

このUWSでは、点字の読めない視覚障害者に有効と思われる凸文字ボタンの分かりやすさ、及び、凸形状や文字書体による操作性の差異について評価/検証を実施する。

4.2.2 実験1

視覚障害者(弱視/全盲、中途/先天を含む)20~60歳代男女20名を対象に、凸形状が異なる4種の凸文字ボタンを比較操作して分かりやすい順に順位付けをしてもらった。凸文字は“8”を用いた(図8~図10)。

その結果、凸文字ボタンは点字の読めない視覚障害者にとって有効であることが確認された。ただし、点字に慣れ

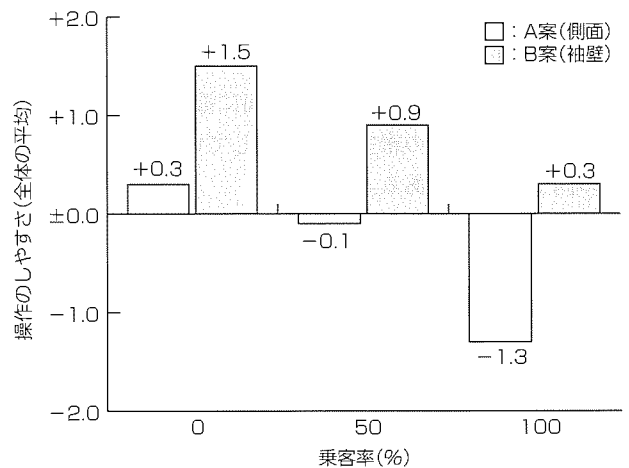


図7. 側面壁取付け操作盤の操作のしやすさ主観評価結果

た人や数字の形を知らない先天性の視覚障害者の場合、点字との併用が望ましいことが分かった。

凸形状については、出っ張りのはっきりしたものが判別しやすいとの意見が多かった。そこで、点字の読めない(余り使用しない)視覚障害者を中心に、分かりやすく押しやすい凸形状について評価/検証することとした。

4.2.3 実験2

点字を学習中の視覚障害者(弱視/全盲)20~60歳代男女29名を対象に、凸形状が異なる3種の凸文字操作ボタンを操作し一対比較してもらった。凸文字は“B1”“8”“12”“開”の4種類を用意した(図11~図13)。

その結果、凸文字3種間の分かりやすさ、及び、押し心地に有意差はなかったが、“1にひげ(髭)があると7と紛らわしい”“Bと8の区別が付かない”などの意見が多く出された。現行エレベーターで用いられている書体(Helvetica)を凸文字化した、凸文字の分かりやすさは書体の影響を強く受けることが分かった。そこで、触知で判断しやすい書体を選定し、この新書体について評価/検証を実施することとした。

4.2.4 実験3

点字の学習を始めたばかりの視覚障害者(弱視/全盲)20~70歳代男女19名を対象に、実際の操作盤と同じように配置した凸文字ボタン(1, 10, B1)を、前回実験で触知では判別しにくいとされた文字を中心に操作して分かりやすさを一対比較で評価してもらった。現行書体(Helvetica)と判別がしやすいと思われる新書体(Gill Sans Medium)との書体比較(凸形状は同一)、及び、新書体について凸形状の違いによる比較(先端が細い/垂直立ち上がり)を行った(図1, 図14)。

その結果、凸形状の先端が細い新書体の評価点が明らかに高かった。

被験者のコメントも踏まえ、新書体は文字それぞれの違いが確実に判別でき、凸形状は先端が細い方がはっきりと

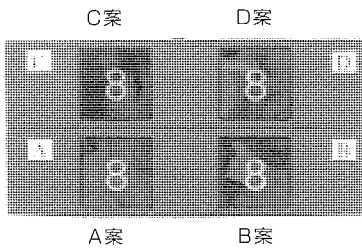


図8. 実験1の凸文字サンプル

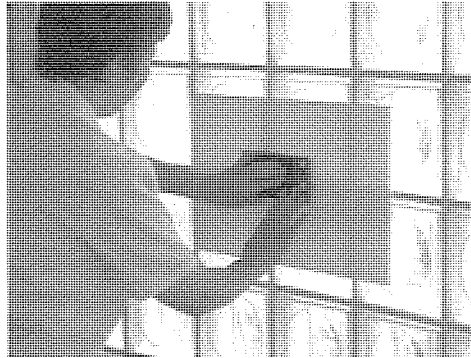


図9. 実験1の実験風景

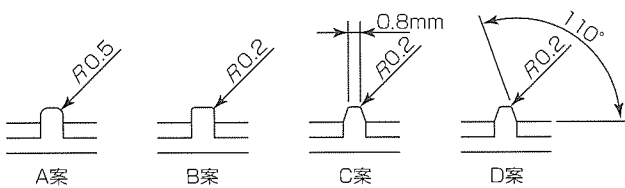


図10. 実験1の凸文字サンプル(断面図)

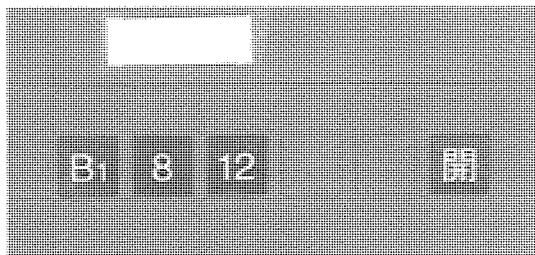


図11. 実験2の凸文字サンプル

触知できると判断し、新書体を採用することとした。

5. む す び

以上、三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”におけるユニバーサルデザインと開発過程での評価／検証について述べた。ELEPAQ-iは特に操作表示器インタフェ

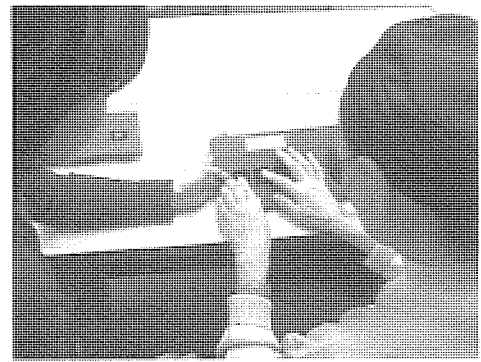


図12. 実験2の実験風景

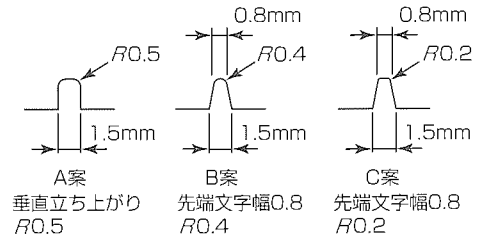


図13. 実験2の凸文字サンプル(断面図)

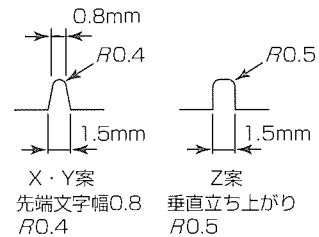


図14. 実験3の凸文字サンプル(断面図)

ースの向上という点で従来よりも多くの人に使いやすい製品となったと自負している。しかしながら、“だれもが使いやすい”というユニバーサルデザインの高い理想で考えれば、ELEPAQ-iはあくまでも通過点であり、今後更に努力を重ねていく所存である。

なお、調査にご協力いただいた(財)共用品推進機構、日本点字図書館、都立盲人福祉協会、名古屋ライトハウス盲人情報文化センター、東京都視覚障害者生活支援センターの方々に深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 平成8年身体障害者実態調査及び身体障害児実態調査, 厚生省(1999-1)

三菱省エネルギー形停電時自動運転装置 “エレセーブ”

池島宏行* 富永真志***
荒木博司*
菅 郁朗**

要 旨

近年、環境問題に大きな関心が払われ、特に地球温暖化防止の観点から、一層の省エネルギー化が各分野に求められている。三菱電機㈱は、東京電力㈱と共同で、エレベーター回生電力蓄電システムを用いた三菱省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ”を開発し製品化した。このシステムは、ニッケル水素電池に蓄電した回生電力を有効活用することにより、従来の三菱エレベーター停電時自動着床装置に比べ、停電時におけるエレベーターの長時間継続運転を可能にするとともに、通常運転時の省エネルギーも達成し人と環境に優しいシステムである。

以下に、エレセーブの特長を紹介する。

(1) 停電時における長時間バックアップ運転の実現

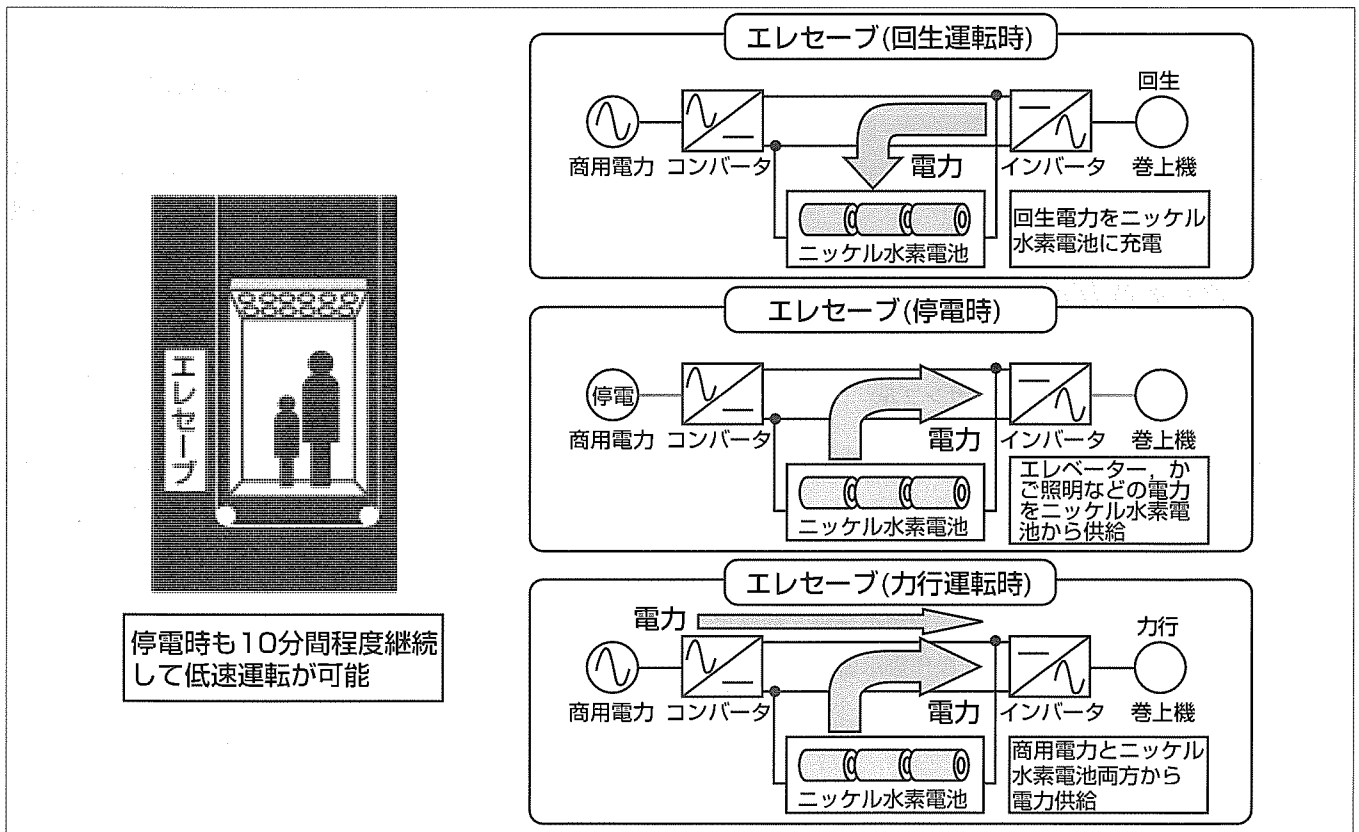
エレベーターの回生運転時に発生する電力を蓄電しており、この電力を有効に使用することにより、エレベーター走行中に停電が発生した場合においても自動的に継続して低速運転が可能である。

(2) 20%以上の省エネルギー

蓄電した回生電力を力行運転時に再利用することにより、通常運転時の消費電力を20%以上低減できる。

(3) 省資源化・省スペース化の実現

発生した電力を蓄電する電池に、現在ハイブリッド電気自動車などに採用されているニッケル水素電池を採用した。この電池は、鉛蓄電池に比べて交換周期が長く環境に優しい。



三菱省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ”

エレセーブは、回生運転で発生する回生電力をニッケル水素電池に蓄電して停電時や力行運転時に有効活用するシステムであり、停電時におけるエレベーターの長時間継続運転を可能にするとともに、通常運転時20%以上の省エネルギーを達成する。

1. ま え が き

近年、環境問題に大きな関心が払われ、特に地球温暖化防止の観点から、一層の省エネルギー化が各分野に求められている。エレベーターではこれまでに、1970年代初頭にリレー回路がマイコンに置き換えられ、また'80年代初頭にはインバータ制御方式が導入された。この方式では、加速・減速時は低速走行時でも電動機を高効率で運転することができ、従来の制御方式に比べ、約50%もの大幅な高効率化を達成することができた。最近では、誘導電動機に代わって永久磁石同期電動機が主流になってきており、更なる高効率化が図られている。

今回、三菱電機(株)は東京電力(株)と共同で、エレベーター回生電力蓄電システムを用いた三菱省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ”を開発し製品化した。このシステムは、ニッケル水素電池に蓄電した回生電力を有効活用することにより、従来の三菱エレベーター停電時自動着床装置に比べ、停電時におけるエレベーターの長時間継続運転を可能にするとともに、通常運転時の省エネルギーも達成し人と環境に優しいシステムである。

2. エレベーターの回生電力

現在、分速105m以下の低速エレベーターでは、回生電力を回生抵抗によって熱消費しており、消費電力の約30%程度に相当する回生電力は有効利用されていない。一方、分速120m以上の高速エレベーターでは、コンバータに可逆なPWM(Pulse-Width Modulation)コンバータを採用し、発生する回生電力をビル内の電源系統に回生し、ビル内負荷で自己消費している。低速エレベーターを設置しているマンション等の小規模なビルでは、ビル内での回生電力の消費が困難なため、低速エレベーターの回生電力を有効利用するには二次電池に回生電力を蓄電して自らの動力として再利用する方法が最も適していると考えられる。これまでハイレートな回生電力の充電に耐え得る二次電池は高価であり実用化レベルに達していなかったが、近年、電気自動車及びハイブリッド電気自動車の実用化に伴い、特にハイレートな充放電性能を備えたニッケル水素電池等の二次電池が開発され、実用化されている。

3. 省エネルギー形停電時自動運転装置

次に、三菱省エネルギー形停電時自動運転装置の概要を紹介する。今回開発した省エネルギー形停電時自動運転装置は、以下の特長を備えている。

(1) 停電時における長時間バックアップ運転の実現

エレベーターの回生運転時に発生する電力を蓄電しており、この電力を有効に使用することにより、エレベーター走行中に停電が発生した場合においても自動的に継続して

低速運転が可能である。

したがって、車いす利用者及び高齢者の方、又は病院でのベッド搬送時など、目的の階までサービスすることができ、停電時のサービスを向上できる。

(2) 20%以上の省エネルギー

蓄電した回生電力を力行運転時に再利用することにより、通常運転時の消費電力を20%以上低減できる。標準的な事務所ビル(9人乗り、分速60mのエレベーター)で年間約750kW・hの電力低減が可能である。

(3) 省資源化・省スペース化の実現

発生した電力を蓄電する電池に、現在ハイブリッド電気自動車などに採用されているニッケル水素電池を採用した。この電池は、従来の停電時自動着床装置で使用していた鉛蓄電池に比べ、交換周期が長く環境に優しい。

さらに、機器の小型化の実現により、限られた昇降路スペース内への設置を可能とし、現在の標準形エレベーターの主力機種である“機械室レスエレベーター”への適用を可能にした。

3.1 システムの概要

図1に、省エネルギー形停電時自動運転装置に用いる回生電力蓄電システムのシステム構成を示す。回生電力蓄電システムは、既存のエレベーターを駆動するインバータ回路の直流母線間に、コンデンサと並列に設けた充放電回路を介して、ニッケル水素電池を接続したものである。

3.2 充放電回路

充放電回路には、充電時に降圧チョップ回路、放電時に昇圧チョップ回路として動作する双方向のDC/DCコンバータを用いている。

3.3 充放電制御

充放電制御部は、母線電圧、電池電圧、電池温度、電池の充放電電流の検出信号を取り込み、ニッケル水素電池の

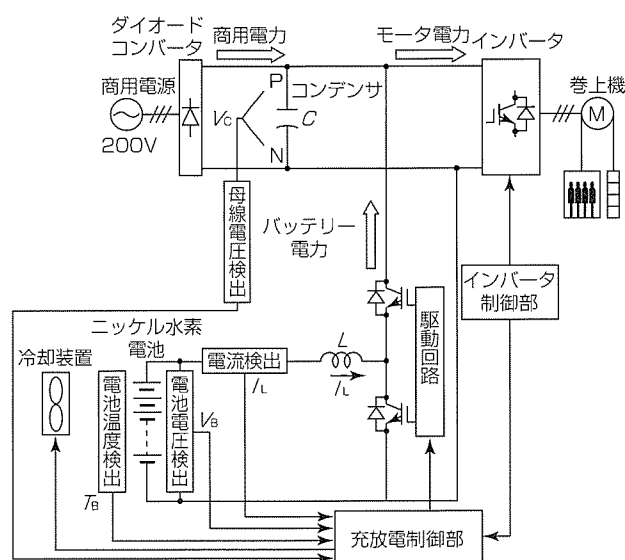


図1. 回生電力蓄電システムの構成

充放電制御及び電池の充電量管理を精密に行う。充放電量の制御は、直流母線電圧により、電圧が上昇する場合は、回生運転状態と判断して回生電力をニッケル水素電池に充電するように降圧チョッパ回路を駆動する。逆に、電圧が上昇していない場合は、力行運転状態と判断してニッケル水素電池から所定の電力を供給するように昇圧チョッパ回路を駆動する。

ニッケル水素電池は過充電・過放電状態が継続すると電池劣化を引き起こすため、充放電量以外に電池電圧や電池温度等を監視し、過充電・過放電状態に至らないような制御を行っている。

また、このシステムでは、複数個のモジュールを直列に接続して使用しているため、充放電に伴う電池の温度分布にばらつきが生じ、その結果、各単電池の電池容量にばらつきが発生する。そのため、一部の単電池が過充電・過放電に至り、結果としてニッケル水素電池全体が劣化してしまうおそれがある。そこで、このシステムでは、定期的に所定の管理の下、電池を過充電して各単電池の充電状態のばらつきをリセットする均等化充電を自動で行い、電池劣化の要因を排除している。

3.4 電池冷却

前述したように、このシステムでは複数個のモジュールを直列に接続して使用する構造であり、充放電に伴って電池は発熱する。発生した電池の熱は単に素早く冷却するだけでなく、電池の温度分布を均一にする対策が重要である。こうした要件を限られたスペースで満たすために、今回は、モジュールの保持方法、冷却風の整流など数多くの技術を盛り込んだ。

3.5 電力フロー

図2に回生電力蓄電システムの電力フローを示す。エレ

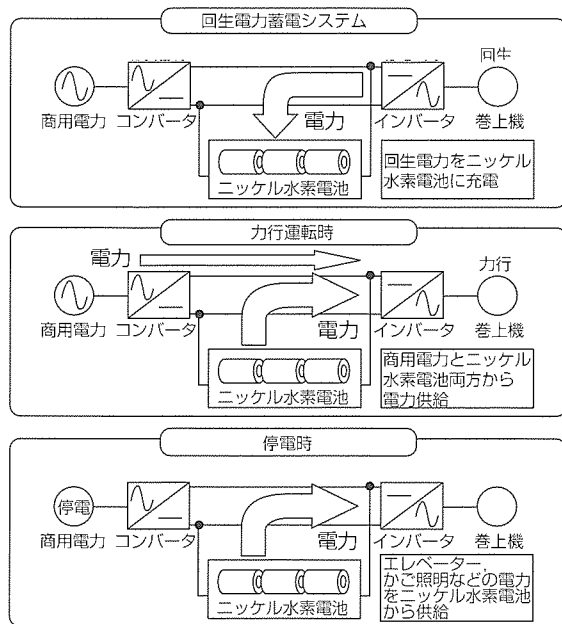


図2. 回生電力蓄電システムの電力フロー

ベーターの回生運転時に発生した回生電力は、すべて蓄電システムに蓄電する。蓄電した回生電力は力行運転時に放電するが、所要電力に対する不足分は商用電源から供給する。したがって、エレベーターの力行運転時は、蓄電システムと商用電源のハイブリッド運転を行う。また、停電発生時は、エレベーターに必要な全電力をニッケル水素電池からエレベーター駆動用インバータ、制御回路、照明回路に供給する。

4. 停電時自動運転

エレベーターの走行中に停電が発生した場合、エレベーターが停電を検出して急停止するが、電源が復電しないと、乗客はかご内に閉じ込められてしまう。そのため、これまでのエレベーターは、停電でエレベーターが階間に停止したとしても、エレベーターを最寄り階まで運転して乗客を救出する停電時自動着床装置が設置されてきた。今回開発した回生電力蓄電システムは、回生電力を蓄電したニッケル水素電池を電源として、無停電電源装置を構成している。ニッケル水素電池は充放電回路を介して電動機を駆動するインバータに接続されており、また、制御回路、照明回路に電源を供給するインバータ回路を備えており、停電発生時、そのインバータ回路から電源を供給して運転を継続する。

図3に停電時自動運転のフローチャートを示す。停電が発生すると、急停止せず、それを検出してエレベーターは走行可能な速度まで減速し、乗客の目的の階床まで運転を継続して着床する。その後速度は低速の状態でも10分間程度自動運転のサービスを続けるので、複数の乗客の呼びに対してもサービスを続けることが可能になり、乗客は目的の階に到着することができる。ただし、10分間程度経過しても復電しない場合は、ニッケル水素電池の容量が不足するため、エレベーターは自動運転を終了する。

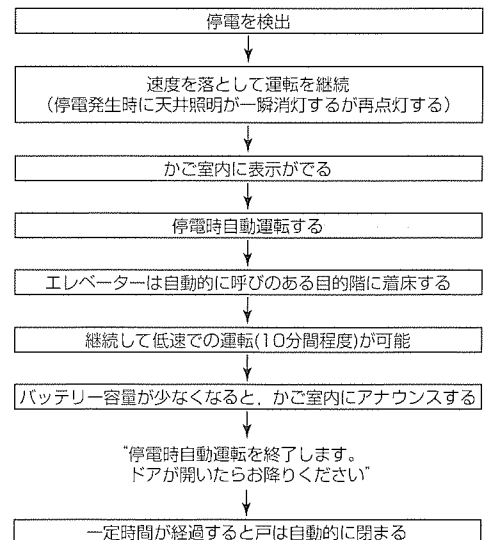


図3. 停電時自動運転のフロー

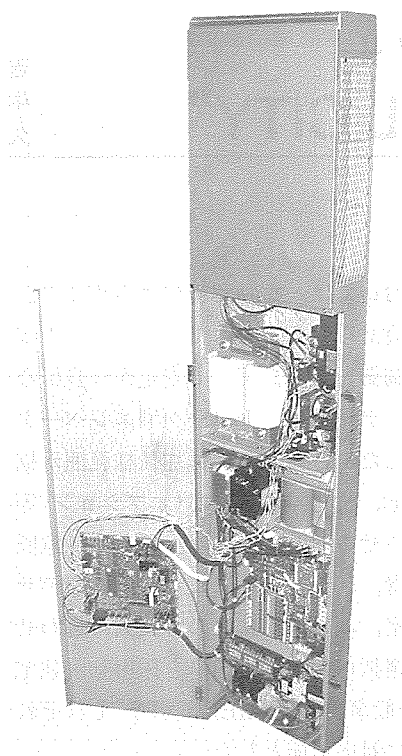


図4. 回生電力蓄電システムの制御盤

5. 実機と回生電力蓄電システムの性能

図4に今回開発した回生電力蓄電システムの制御盤の外観を示す。冷却装置を含めたニッケル水素電池を実装する電池ボックスは上部に設置され、その下に充放電回路部、充放電制御部の順で実装される。

図5, 図6に, 回生電力蓄電システムを備えたエレベーターによる走行波形を示す。図5は回生運転時, 図6は力行運転時の走行波形である。エレベーターの定格は積載量600kg, 分速60m, 電動機出力は3.7kWである。

6. む す び

以上, 回生電力蓄電システムを用いた省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ”についてその概要を紹介した。世界的には, '97年12月の地球温暖化防止京都会議(COP3)を契機に, 地球環境保護を目的として省エネ

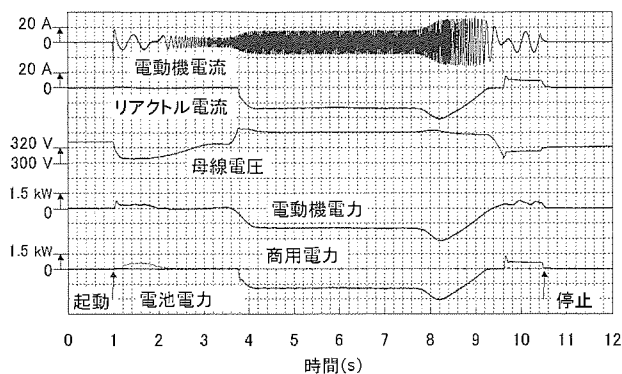


図5. 回生運転時のエレベーター走行波形

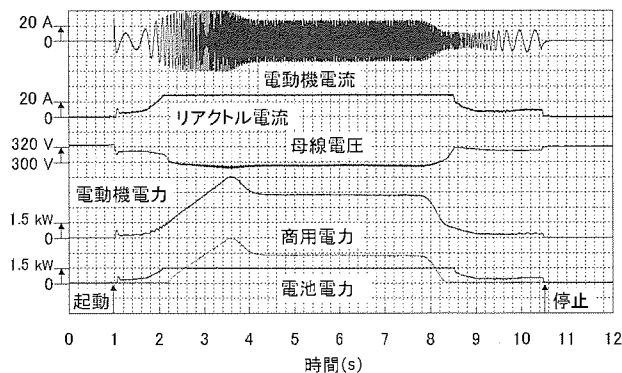


図6. 力行運転時のエレベーター走行波形

ギー気運が高まっている。また, 国内では'99年4月に省エネルギー法が改正され, トップランナー方式の考え方が導入されるなど, 産業界への期待は大きい。今回紹介した省エネルギー形停電時自動運転装置“エレセーブ”はその提案の一つであり, 今後とも, 一層の省エネルギー化の推進を目指し, 社会に貢献する製品作りに取り組んでいく所存である。

最後に, 本稿の執筆に当たり, 共同開発した東京電力(株)楠間誠氏, 小林和幸氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 楠間 誠, 小林和幸, 富永真志, 菅 郁朗, 荒木博司, 池島宏行, 田島 仁: 回生電力蓄電システムによる省エネエレベーターの開発, 平成13年電気学会全国大会講演論文集, 4-191, 1505~1506(2001)

三菱小型機械室レスエレベーター “新MEL WIDE” 及び “MEL CITY”

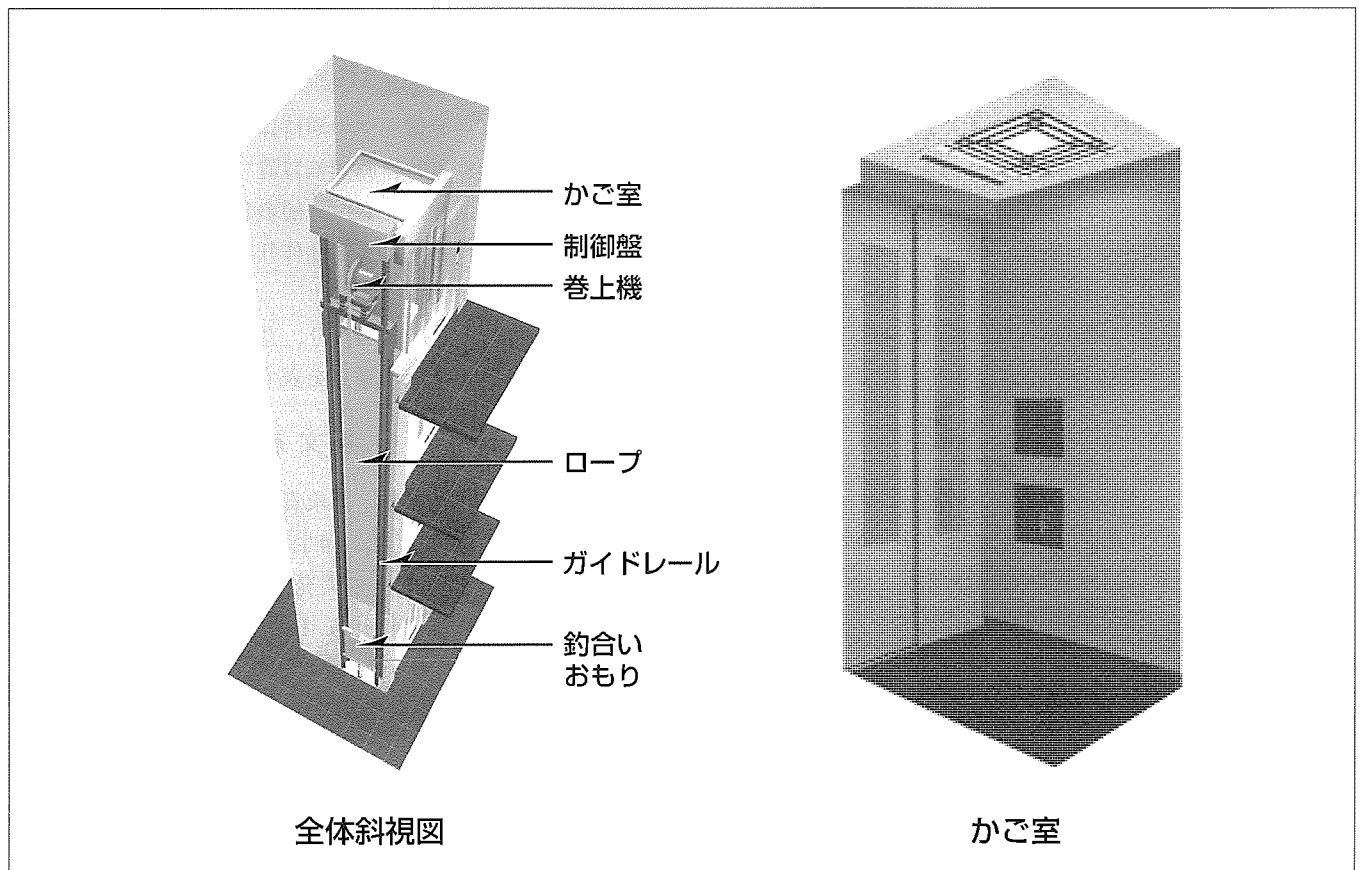
吉川正巳*
中根道雄*
久保田猛彦*

要 旨

三菱電機は、1997年3月に、業界で初めて中低層共同住宅用エレベーター“MEL WIDE”を開発し発売した。その後、この小型機械室レスエレベーターを更に改良し進化させた“新MEL WIDE”とともに中低層一般ビル用に“MEL CITY”を開発し、2000年4月に発売した。

三菱小型機械室レスエレベーターは、①巻上機・制御盤の昇降路内設置によって乗り場のデザインに制限を与えることなく機械室が不要、②ユニバーサルデザインを採用し、すべてに使いやすさを追求、③従来の機械室がある小型エレベーターに比べて約15%の省スペース化と消費電力量の約23%削減を実現(当社比)、等の優れた特長を持っている。

性能面においては、振動解析によるガイドシュー・防振部材の最適設計を行うとともに、インバータ制御装置に全デジタル制御方式を採用して安定かつ良好な乗り心地を得た。また、データネットワーク型エレベーター制御システムを構築したことにより、付加仕様範囲が拡大し、遠隔監視への対応、視覚障害者対応(オプション)等の利便性を大幅に向上させることができた。さらに、意匠面においては、天井、壁、床の組合せによって様々なデザインを演出できるかご室、エントランスの雰囲気に合わせて4色の化粧鋼板から選択可能な出入口枠を採用し、住宅用“新MEL WIDE”と一般事務所用“MEL CITY”それぞれに多様な建築デザインに対応可能とした。



“新MEL WIDE”と“MEL CITY”の特長

巻上機、制御盤を昇降路内に設置して、乗り場のデザインに制限を与えることなく機械室を不要とした。トラクション方式の採用によって省エネルギー化を図った。また、新MEL WIDEは、2方向出入口を可能にしたことによってレイアウトの自由度を向上させた。

表1. 主な仕様

機種	MEL WIDE	MEL CITY
用途	共同住宅用	一般ビル用
積載量・定員	320kg・4人乗り	300kg・4人乗り
定格速度	45m/min	
駆動方式	トラクションタイプ	
制御方式	VVVF制御	
かご内のり (mm) (間口×奥行き)	900×1,400	800×1,000
ドア形式	電動2枚戸片開き式	
出入口寸法	間口800mm×高さ2,000mm	
停止箇所	最大5か所	
昇降行程	最大13m	
電動機	2.2kW	
電源・周波数	三相交流200V・50Hz	
	200～220V・60Hz	
昇降路	間口内のり	1,550mm
	奥行き内のり	1,650mm
	オーバーヘッド	2,850mm
	ビット深さ	1,250mm

1. ま え が き

中低層共同住宅へのエレベーターの普及を図るため、1996年3月に、建設省から「中低層共同住宅用エレベーター設計指針」が公表された。三菱電機は、この設計指針に基づき、三菱中低層共同住宅用エレベーター“MEL WIDE”を'97年3月に業界で初めて開発して発売した。その後、更に改良・進化させた“新MEL WIDE”と、これをベースにした一般事務所用の“MEL CITY”を開発し、2000年4月に発売した。新MEL WIDE及びMEL CITYの開発と市場投入により、中低層の住宅、一般ビルへのエレベーターの設置が一層容易になった。

本稿では新MEL WIDEとMEL CITYの仕様、構成、新機能及び据付け工法について紹介する。

2. 特 長

三菱小型機械室レスエレベーターである新MEL WIDEとMEL CITYは、以下に示すとおり優れた特長を持っている。

(1) 機械室レス

新MEL WIDEとMEL CITYは、巻上機とともに制御盤も昇降路内に設置した。このため、乗り場のデザインに制約を与えることなく機械室が不要となり、中低層の住宅、一般ビルにとって重要な省スペース化を実現した。

(2) ユニバーサルデザイン

すべてに、使いやすさを追求したユニバーサルデザインを採用した。操作盤をかご室側面に配置することで高齢者・身体障害者への配慮を行い、また新MEL WIDEは車いすでの利用を考慮したかごサイズとした。

(3) 省エネルギー

駆動方式をトラクション式とすることにより、巻胴式である当社4人乗りエレベーター“コンパクト4”と比較して、電動機の容量を30%低減し、23%の省エネルギー化を図った。

3. 仕 様

表1に主な仕様を示す。

4. エレベーターのシステム構成

4.1 機械システム

図1に新MEL WIDEの全体構造を示す。巻上機はかご、釣合いおもりのレール上部に固定されており、巻上機に掛かる垂直荷重はレールで負担する構成とした。

構成機器の小型化とレイアウトの最適化、及び据付け精度の向上により、業界トップクラスの省スペース化を実現した。特に昇降路頂部すき(隙)間は従来比200mm短縮し、階高の低い小規模ビルにも設置しやすくした。

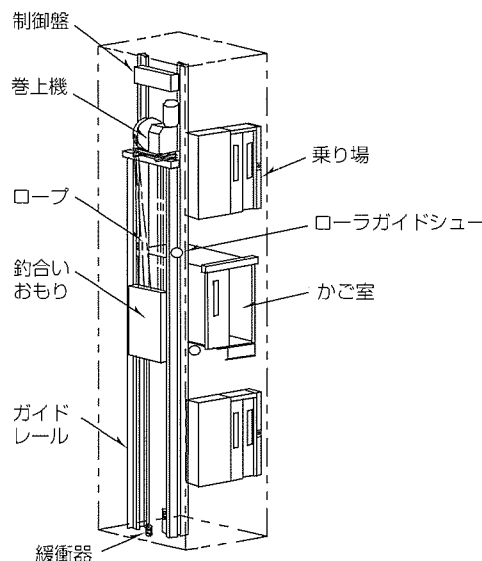


図1. 全体構造

4.1.1 乗客閉じ込め時の救出

巻上機と制御盤を昇降路内に設置したため、乗客がかご内に閉じ込められた場合の救出運転を乗り場側から操作する必要がある。乗り場ボタン内に救出運転機能を設け、巻上機のブレーキ開放レバーを乗り場側から操作可能とした。図2に、閉じ込め故障時のかご内乗客の救出フローを示す。

停電や機器の故障等いかなる状況下でも、安全、确实、迅速に閉じ込めからの救出が行えるよう配慮した。

4.1.2 巻上機

巻上機にはウォーム歯車減速機構と低騒音形電動機を採用して静粛化を図るとともに、小型化して昇降路頂部の寸法を縮減した。

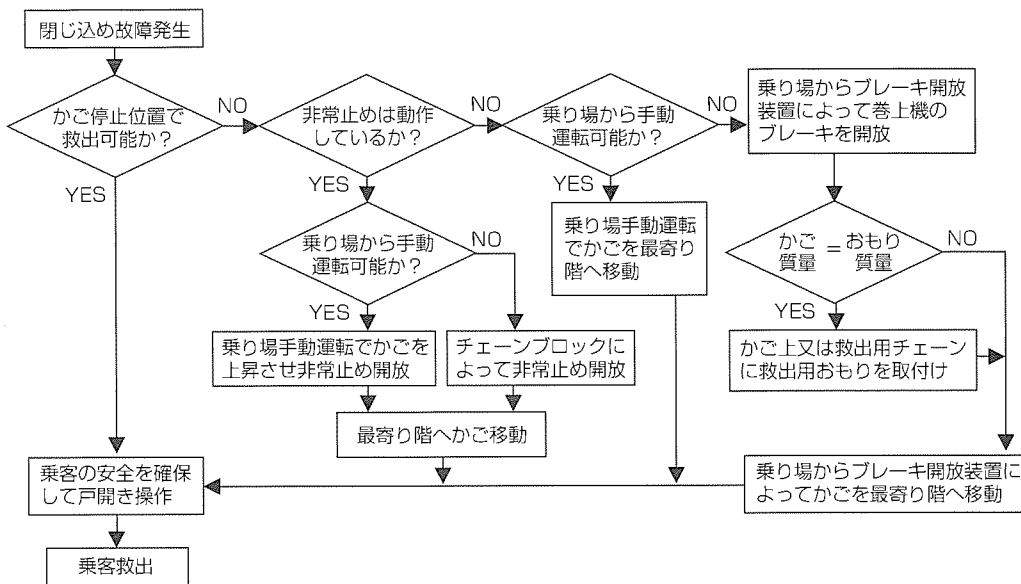


図 2. 閉じ込め故障時のかご内乗客の救出フロー

4.1.3 ガイドローラ

構造の簡素化と省スペース化のため、かご側面をかごをつ(吊)る偏心吊り構造としている。そのため、ガイドローラには変形によるかごの横振動が増加しやすい。対策としてかご上部は2輪ローラとして1個のローラに掛かる荷重を減らす構造とし、また、かご下部は、ローラの軸を防振ゴムで支持し、かご枠に伝わる振動を抑える構造とした。さらに、これらのガイドローラに対して、防振部材の最適設計を行うために、ローラ変形解析と振動解析を実施し、低振動化を実現した。図3にローラ部の防振効果を示す。

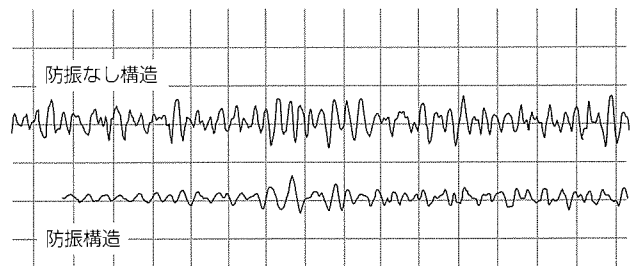


図 3. ガイドローラ部の防振効果

4.2 駆動制御システム

4.2.1 駆動制御用システムLSIの採用

図4に新MEL WIDEとMEL CITYの駆動制御システムの構成を示す。エンコーダからの信号を帰還信号とする速度制御回路とモータ電流を帰還信号とする電流制御回路とで全デジタル制御システムを構成した。この電流制御回路には、当社上位機種で適用している30万ゲート規模の大規模システムLSIを採用した。

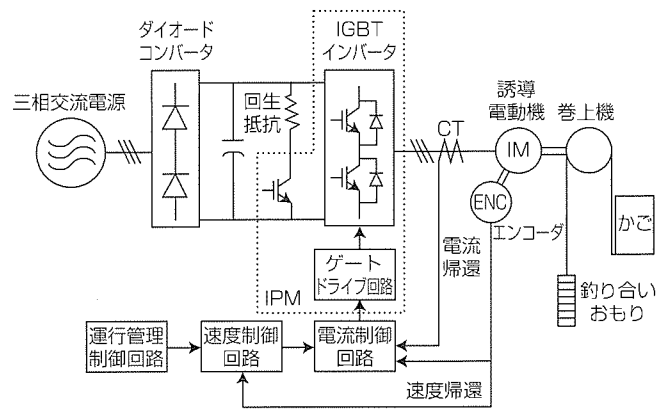


図 4. 駆動制御システムの構成

このシステムLSIには高速演算可能な独自のモータ電流制御プロセッサコア、デジタルPWM (Pulse-Width Modulation) 発生回路等を内蔵しており、従来の16ビットワンチップマイコンに比べ5分の1の処理時間でモータ電流制御演算が可能となった。その結果、制御性能が一段と向上し、一層滑らかで快適な乗り心地を実現した。

また、インバータの主回路にはIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を7素子と、その駆動回路と保護回路を内蔵したIPM (Intelligent Power Module) を採用し、PWM制御の変調周波数を12kHzに高周波化した。これにより、人間に一番耳障りな数kHz成分の騒音を低減し、静粛なモータ駆動を実現した。

4.2.2 制御盤

従来のMEL WIDEは制御盤を最上階乗り場の戸袋部に収納していたが、新MEL WIDEとMEL CITYでは、制御盤本体を昇降路内に設置した。昇降路頂部に制御盤を設置するに当たり、保守点検を容易にするために乗り場で電源の遮断/投入ができ、かご内との通話等を可能とする乗り場操作ユニットを設けた。

制御盤の体積は従来と同等ではあるが、制御装置の小型

化と実装設計の最適化により、停電時着床装置(停電によって停止したエレベーターをバッテリー電源で最寄り階まで運転する装置：オプション)用のバッテリーを内蔵可能とした。この装置の制御回路も制御盤内に組み込み、従来の停電時着床装置用制御盤を不要とした。

制御盤内の電源回路は制御電源をすべてスイッチング化してトランスを一掃し、大幅な小型化及び電源電圧の安定化を図った。また、インバータユニットと電源ユニットを集中統合化し、制御盤内の配線を大幅に簡素化し、信頼性を向上させた。

4.2.3 付加仕様の充実

新MEL WIDEとMEL CITYは、従来の遠隔監視装置用インタフェース、視覚障害者対応(オプション)、2方向出入口(オプション)、及び地震時管制運転(オプション)等の機能に加え、当社上位機種で実施している付加仕様(かご・乗り場呼び取消し機能、任意階サービス切離し機能等：オプション)にも対応できるようにした。この結果、中低層の住宅向け、一般ビル向けエレベーターとしての利便性を更に向上させることができた。

5. デザイン

新MEL WIDEとMEL CITYは、従来のMEL WIDEに採用したユニバーサルデザインの思想により、障害者・高齢者・健常者が共に使いやすいデザインとした。

5.1 かご室、乗り場のデザイン

内装材は化粧鋼板のほかに化粧シートもオプションで選定可能とし、天井と壁の組合せによって様々なデザインを演出可能とした。また、かご内の圧迫感緩和、犯罪防止の観点から窓付き戸の適用、高齢者・車いす使用者が利用しやすいようにかご内に鏡が設置できるようにした(いずれもオプション)。

乗り場出入口枠は戸袋パネル付きとすっきりしたデザインの戸袋パネルなしを用意し、エントランスの雰囲気に合わせて選択の範囲を広げた。

5.2 操作パネルのデザイン

かご操作盤、乗り場インジケータの位置は視認性・操作性向上のため低い位置に設置した。また、大きくて見やすいデジタル階床表示を全階に設置した。

6. 据付け工法の開発

新MEL WIDEとMEL CITYは比較的小規模なビル向けの機種であり、据付け期間短縮の要求が強い。一般的なエレベーターにおいては既に足場なし据付け工法(WOS工法)を適用し、据付け省力、据付け期間短縮効果を得ている。

今回、新MEL WIDEとMEL CITYの構造に合致した専用のWOS工法を開発し、従来比約20%の工期短縮を図ることができた。

6.1 WOS工法の手順

WOS工法は、エレベーターの巻上機、カウンタおもり、かご枠などを早期に取付けし、本設巻上機を使ってかごを移動作業床として使用することにより、昇降路内に足場を設置しない工法である。新MEL WIDEとMEL CITYは機械室がないため、巻上機をいかに早い段階で昇降路頂部に設置するかが最大の課題であった。

WOS工法による据付け手順を図5に示す。まず、昇降路頂部に作業者がアクセスする手段として最上階乗り場から昇降路内に張り出した三角足場を専用で開発して導入し、揚重装置の取付けや巻上機支持の準備作業を行えるようにした。

次に、巻上機と機械台を保持するため、特別に強化した最上段レールブラケットから吊りロッド治具を介して機械台を吊り下げる方式を考案した。

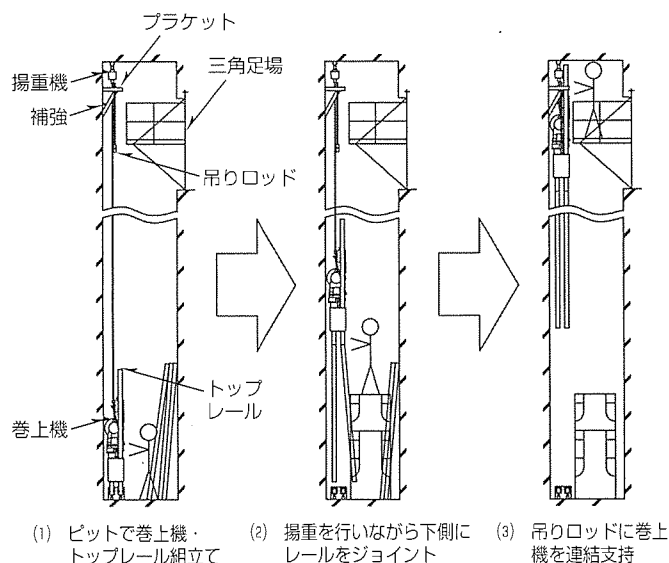
最上段レールや機械台などの組立作業は昇降路最下部のピットで行い、それを揚重し、その下にレールを順次吊り下げる。揚重した巻上機と機械台、レールは前に述べた吊りロッド治具と連結し、昇降路頂部に固定する。このように安全性と省力を両立させた巻上機、機械台、レールを一体に揚重する方式を開発した。

上記の方式を実現するためにカウンタおもりの枠形状変更、油受けの下側取付け、及び緩衝器の枠取付けなど多くの工夫をし、さらに最適な吊り点を製品側に設けるなどの対応も行った。

また、最上段のレールブラケットを先行して心出しできるゲージやバランス良く巻上機とレールを一体揚重できる専用吊り具などを考案した。

6.2 かご偏荷重対策

新MEL WIDEとMEL CITYは、昇降路スペースを有効に活用するため、片持ち方式のかご枠が採用されている。



(1) ピットで巻上機・トップレール組立て (2) 揚重を行いながら下側にレールをジョイント (3) 吊りロッドに巻上機を連結支持

図5. WOC工法による据付け手順

この方式ではガイドレールに横方向の偏荷重が作用する。レールを保持するブラケットを建物側に固定する際、この偏荷重でレールがたわ(撓)み、所定の精度に心出し固定することが困難となる。

そこで、かごの荷重条件とレール心出し位置との関係を検討し、上下のガイドシュー反力によるレールの撓みが相殺される位置でレールの心出し作業ができるように作業床の高さを求めた。この予測結果を基に試験塔で実機検証し、実用化した。図6に、レールへのかご荷重と心出し位置関係を示す。

6.3 開発結果

以上のように、新MEL WIDEとMEL CITYの構造に合致したWOS工法により、従来の足場を使用した工法に比べて約20%の据付け工期の短縮を実現した。さらに、主要機器のほとんどを早期に昇降路内に取り込んでしまうため部品の仮置き期間を約半分に、足場材などの削減によって仮設材の仮置きスペースを約4割に縮小することができた。

7. む す び

新MEL WIDEとMEL CITYは中低層の住宅や一般ビルへのエレベーターの設置を容易にし、高齢者・身体障害者の移動補助等のニーズに沿って市場に投入した。これまではエレベーターがほとんど設置されていなかった中低層ビ

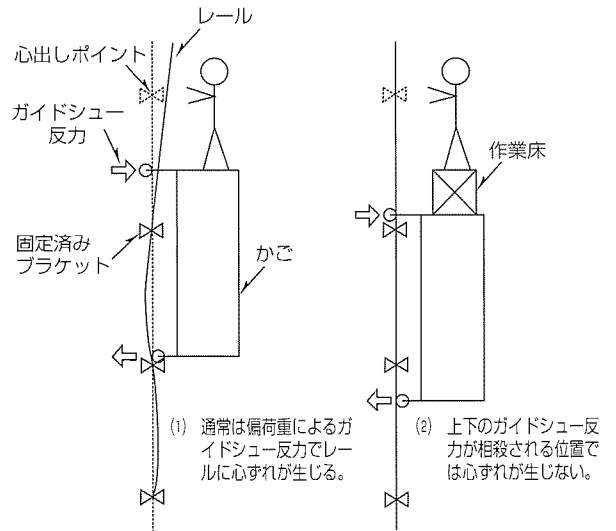


図6. かご荷重とレール心出し位置

ルへの需要拡大が期待できる。

参考文献

- (1) 岡田浩二, 久保田猛彦, 河合清司, 門井明広, 渡辺誠治: 三菱中低層共同住宅用エレベーター“MEL WIDE”, 三菱電機技報, 72, No.10, 803~806 (1998)

世界最高速エレベーター

加藤 覚* 池田史郎*
 船井 潔* 桧垣潤一**
 西村信寛*

要 旨

ビルの高層化に伴い、縦交通のかなめ(要)となるエレベーターには、輸送能力の向上が求められる。シャトルエレベーターやダブルデッキエレベーターはそのニーズにこたえるものであり、三菱電機は速度1,000m/minを超える世界最高速エレベーターと、速度600m/min、積載量4,800kgの超高速大容量エレベーターの開発を行った。

本稿で取り上げる技術項目について簡単に紹介する。

(1) 大容量巻上機と並列駆動制御装置

大容量巻上機のモータには二重三相巻線方式を採用し、巻上機の小型化を実現した。また、並列駆動システムを構築し、機械室へのレイアウト性を向上した。

(2) かご床アクティブ制振装置

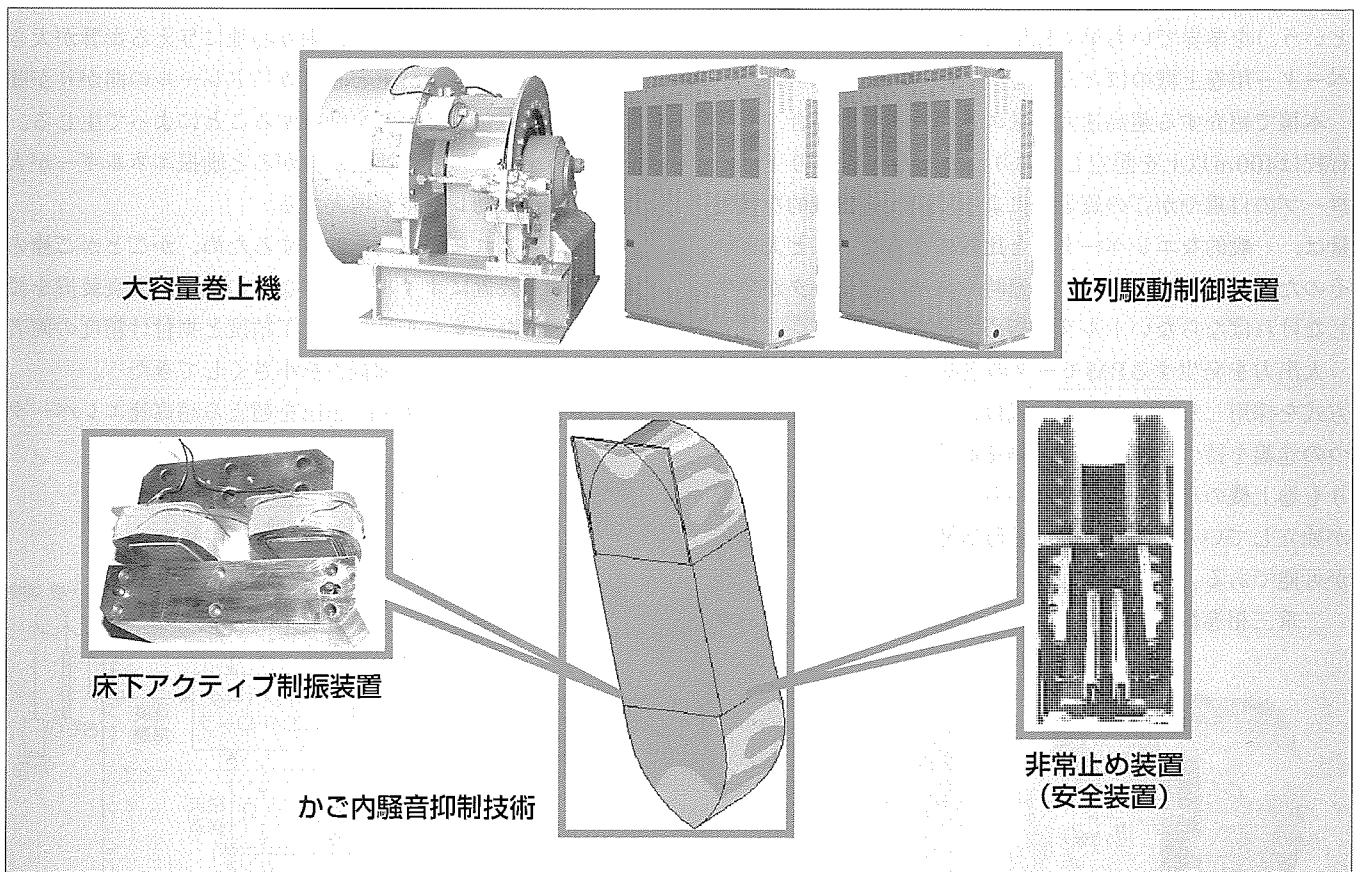
高速走行時にレールからの励振によって発生するかご振動をかご床下のアクチュエータによって能動的に低減するかご床アクティブ制振装置を開発した。

(3) かご内騒音抑制技術

高速走行によって増大する風音エネルギーに対し、流線度の高い流線型カバーの実装やかご室構造の最適化により、かご内騒音の低減を可能にした。

(4) 安全装置の開発

増大した運動エネルギーを吸収し安全にエレベーターを止める非常止め装置の制動片の開発を行い、装置の小型化を可能にした。



世界最高速エレベーターを支える技術

速度1,000m/minを超える世界最高速エレベーターは、二重三相巻線モータを採用した大容量巻上機と並列駆動制御装置の組合せによって小型化を実現した。また、かご床アクティブ制振装置やかご内騒音抑制技術によって快適な乗り心地を可能にし、非常止め装置では高摩擦係数の制動片の開発を行って装置の小型化と安全性を両立した。

1. ま え が き

ビルの高層化に伴い、縦交通の要となるエレベーターには、輸送能力の向上が求められる。シャトルエレベーターやダブルデッキエレベーターはそのニーズにこたえるものであり、三菱電機は速度1,000m/minを超える世界最高速エレベーターと、速度600m/min、積載量4,800kgの超高速大容量エレベーターの開発を行った。

エレベーターの超高速化は、かごを昇降させる巻上機やそれを駆動する駆動制御装置の開発だけではなく、1,000m/minを超える高速走行時でも快適な乗り心地を提供するために、かご内振動や騒音を低減する技術の開発や万が一の非常時に安全にエレベーターを停止させる非常止め装置を含めた安全装置の開発が必要である。

本稿では、これら世界最高速エレベーターを実現する技術について述べる。

2. 大容量駆動装置

2.1 大容量巻上機

当社では一般に速度120m/minを超えるエレベーターを高速エレベーターと呼んでおり、巻上機用のモータに、効率、静粛性に優れた永久磁石同期電動機(以下“PMモータ”という。)を業界でいち早く採用した。現在では、高速エレベーター用巻上機のほとんどをPMモータ化している。

本稿で紹介する超高速大容量エレベーターの場合、昇降行程は400m以上を想定しており、かごをつ(吊)り下げるロープの自重やかごの質量等によって決まる機械的な慣性量は、一般的なエレベーターと比較にならないほど大きい。そのため、エレベーターの加速時や減速時にモータが発生しなければならないトルクは極めて大きくなる。

大出力を発生するPMモータの巻線には、二重三相巻線方式を採用した。この巻線方式は、一つのモータ鉄心に二つの巻線を持つ構造で、出力軸を直結したタンDEM構造よりも巻上機の小型化に優れている。また、それぞれの巻線が独立しているため、2台の駆動制御装置による並列運転が可能である。

二重三相巻線モータを採用した超高速大容量エレベーター

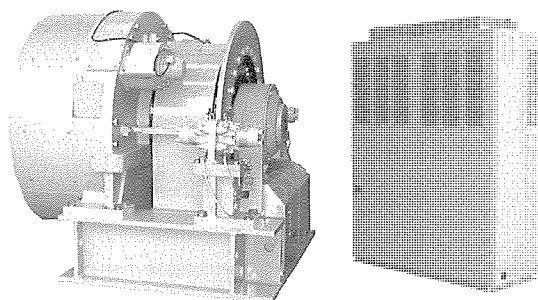


図1. 大容量巻上機と駆動制御装置の外観

一用巻上機と駆動制御装置の外観を図1に示す。

2.2 駆動制御装置

超高速大容量エレベーターの駆動制御システム構成を図2に示す。並列駆動制御装置の各主回路部はそれぞれ独立した構成となっており、駆動装置の機械室へのレイアウトの自由度を高めている。インバータには、定格電流600AのIGBTモジュールを6個並列接続して使用した。この駆動制御装置単体で、定格速度540m/min、積載量4,000kgのエレベーターを動かす能力を持っている。

並列駆動装置のインバータを制御するインバータコントローラは、一つは速度制御器と二つの電流制御器を持ち、二重三相巻線モータの巻線間の相互干渉を考慮した制御を行うことによって巻上機速度とトルクを高精度に制御し、快適な乗り心地を実現している。

コンバータコントローラは各駆動装置の直流電圧を一定値に制御し、かつ電源電圧の位相を検出して入力電流の力率を力行運転時は1、回生運転時は-1に制御している。

3. かご振動抑制装置

3.1 振動の原因と対策

高速エレベーターの快適性を左右する要因としてかごの振動がある。なかでも横(水平)振動は、乗客が感知しやすくまた不快感を与えるため、乗り心地に与える影響が大きい。かごの横振動は、主としてガイドレールの曲がりや強制変位加振力としてかごを励振することによって生じる。そのため、かごの走行速度が上がると励振エネルギーが大きくなり、振動レベルが増大する。

従来は、これらの振動を低減するため、かごとかご枠の間やガイド装置にオイルダンパなどの受動的減衰装置を設けたり、また、レール単体の加工精度と据付け精度の両者をできるだけ向上して加振力を小さくしてきた⁽¹⁾。

しかしながら、1,000m/minを超える超高速エレベーター

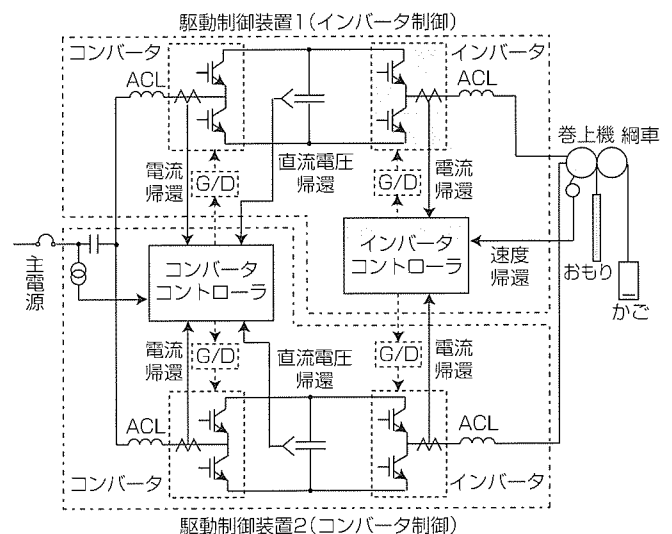


図2. 超高速大容量エレベーターのシステム構成図

によって生じる空気流が引き起こすかご内騒音(以下“風音”という。)がある。風音のエネルギーはエレベーター速度の約6乗に比例して増加する⁽¹⁾。

この騒音レベルを予測すると、風音防止対策を実施していない一般かご構造のエレベーターを1,000m/minで走行させると80dB(A)以上に、また従来の最高レベルである750m/min級の対策を実施しても60dB(A)程度になると予想された。

そこで、従来のかご上下に取り付けられる流線型カバーの改良や750m/min級のかご構造を全面的に見直すことにより、従来の超高速エレベーターと同等レベルの52dB(A)程度の低騒音化を実現できることが分かった。以下にその概要を紹介する。

4.2 数値流体解析によるかご周りの流体解析

風音を低減するには、かごの移動によって生じる空気流の乱れを抑制するのが効果的である。そこで、かごの上下部に従来よりも流線度の高い流線型カバーを実装し、その効果を流体解析を行い検討した。検討方法は、かご周りに生じる乱れエネルギーやかご及び昇降路壁に加わる圧力変動等をシミュレーション解析し、従来の流線型カバーと比較することによって形状の最適化を図った。その一例を図6に示す。図において、小さな粒子は昇降路内における空気流のスピードと方向を示し、かご周りの色の濃淡は圧力分布の違いを表している。

これら解析の結果、現在の超高速エレベーターである750m/minの流線型カバーから更に流線度を高くしドア部を主体にかごの形状を見直すことで、乗り場ドア側の乱れエネルギーを約50%低減でき、また昇降路壁に加わる圧力を約40%低減できるめどを得た。この結果を従来の実験結果から推定される効果量と比較すると、ドア部からの流入音に対して約5dB(A)の改善を見込むことができる。

4.3 かご室構造の最適化

空気流の乱れは、かご周りの圧力変動を生じさせ、かご室の外壁を加振して、かご室内で騒音となる。そこで、従

来以上に遮音性が高くかつ振動がかご内に伝わりにくい特殊二重壁構造とし、また、比較的遮音性能が低かったドア側の構造を全面的に見直した。なお、かご室内の反響音を低減するため、かご床は吸音性の高い二重床構造としている。このかご室の概略構造を図7に示す。この遮音効果確認のため、残響室において遮音試験を実施した。その測定結果の一例を図8に示す。これは、音響インテンシティを用いてドア前部の音響パワーレベル(500Hz)を測定したものであり、ドア前から見たときのレベル差を色の濃淡で示したものである。これらの結果により、従来の750m/min級と比較して、遮音性が約10dB(A)向上すると予測できる。

なお、騒音の侵入を防ぐため密閉構造に近いかご室となっているが、換気は問題なく行われる。これは、送風機を使用しているときの強制換気だけでなく、不測の事態で送風機が止まったときでも自然換気が行われるかご室構造となっているからである。

以上の対策により、従来の超高速エレベーターと同等レベルの52dB(A)程度の低騒音化を実現できることが分かった。なお、上記シミュレーション解析及び遮音試験等に基づく予測結果と従来の実機試験結果とを比較検証することで、精度向上を図っている。今後は、実際の案件対応で昇降路の条件やかごサイズ等に合わせたシミュレーション解析を実施することにより、細部の最適設計化を実施する予定である。

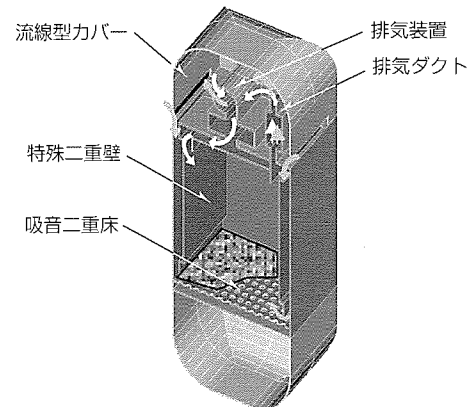
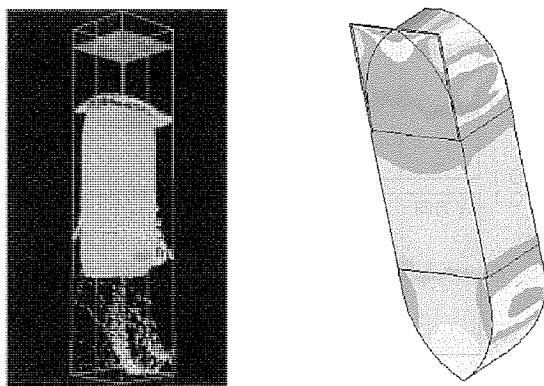


図7. かご室の構造



(a) 空気流解析例(従来形状) (b) 圧力分布解析例(新形状)

図6. かご周りの流体解析結果

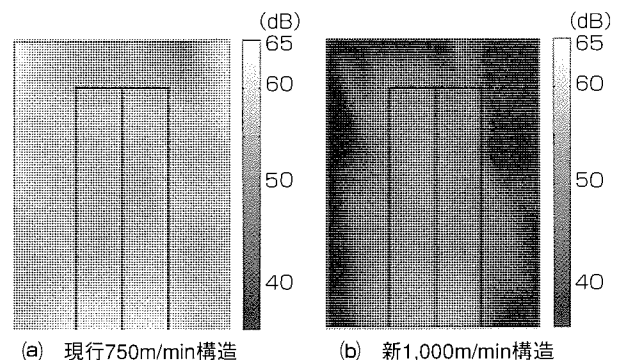


図8. ドア前部からかご内への流入音(音響パワーレベル)比較

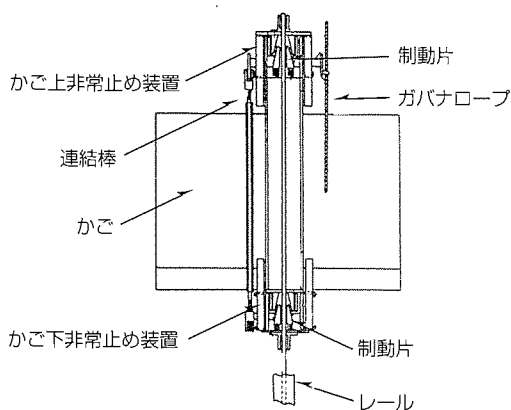


図9. デュプレックス非常止め装置

5. 非常止め装置

5.1 概要と技術課題

エレベーターの高速化・大容量化はエレベーターの運動エネルギーを増大させるため、増大した運動エネルギーを吸収しかごを安全に停止させる安全装置の開発が重要となる。

開発目標とした1,000m/min超高速エレベーター用非常止め装置の仕様を横浜ランドマークタワー（以下“LMT”という。）に設置されている現在の世界最高速エレベーターの非常止め装置と比較すると、動作速度約1.35倍、非常止め装置の負担荷重が約2倍であり、制動エネルギーは約3.6倍に達する。開発する非常止め装置は、約3.6倍に増大したエネルギーを吸収しかごを安全に減速停止させる必要がある。このような条件を満たす非常止め装置の開発について次に述べる。

LMTでは、非常止め装置の制動片（レールを把持し、レールとの間での摩擦抵抗によってかごを減速停止させる部分）にセラミックを適用した。制動時に発生する熱は制動エネルギーに比例し大きくなるため、この高温条件下でも安定した高摩擦・低摩耗特性が確保できるようにするためである。今回の非常止め装置では、更に安定した高摩擦・低摩耗特性を持ちかつ耐衝撃性に優れた制動片の材料選定が重要となる。また、非常止め装置の構造においては、負担荷重の増大に対して停止力強化を図り制動片の押し付け力を増加させると非常止め装置が大型化するため、図9のような非常止め装置をかご上下に配置するデュプレックス非常止め構造を採用する。

5.2 試験方法及び結果

非常止め装置の動作を模擬した円盤試験装置を用い、制動片のしゅう（摺）動特性について評価した。デュプレックス非常止め装置は、下段の制動片は未摺動のレール面に動作するが、上段の制動片は下段の制動片が摺動したレール面を動作することになる。今回、制動後の制動片を新しいものに取り替え、同様な動作試験条件で摺動した面を再度

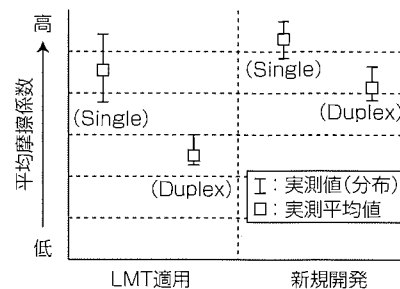


図10. 試験結果

摺動するように制動装置を作動させ、デュプレックス非常止め装置を想定した試験を実施した。

その結果を図10に示す。LMT適用の制動片に比べ、新規開発した制動片は、①摩擦係数が約10%高く、制動片の摩耗量は約1/10であった（図示せず）。②耐衝撃性に優れ、制動後も制動片に欠けや割れが生じないことが確認できた。また、デュプレックス非常止め装置を模擬した試験結果は、③LMTで適用した制動片では、下段の制動片に比べて上段では摩擦係数が約25%低下するが、新規開発した制動片では約10%の摩擦係数の低下にとどまることが分かった。

今回新規に開発した制動片が、耐衝撃・耐摩耗性に優れ、デュプレックス型機構でも高摩擦特性を保つことが可能であることが明らかになった。これにより、非常止め装置の必要な押し付け力を小さくでき、装置の小型化・軽量化が実現できる。

6. むすび

以上、速度1,000m/minを超える世界最高速エレベーターの開発に関連する技術について紹介した。安全でかつ優れた乗り心地を可能にするのは、当社のこれまでの高速エレベーター開発によって得られた技術の蓄積と、最新の技術の融合によって実現されるものである。今後も、市場のニーズにこたえるエレベーターの実現に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 棚橋 徹, 岡田浩二, 荒木博司, 西村信寛, 中島伸治: 横浜ランドマークタワー向け速度750m/minエレベーターの振動・騒音対策と電気システム, 三菱電機技報, 67, No.10, 939~943(1993)
- (2) Utsunomiya, K., Okamoto, K., Yumura, T., Funai, K., Kuraoka, H.: Active Roller Guide System for High-speed Elevators, ELEVCON 2001, 198~205(2001)
- (3) 桧垣潤一, 山崎芳昭, 倉岡尚生: 超高速エレベーター対応アクティブ制振技術の開発, 日本機械学会第13回「電磁気関連のダイナミクス」論文集, 517~520(2001)

DC-GL高速エレベーターの制御改修

要旨

近年、昇降機のモダニゼーション事業においては、短工期・低価格でかつ信頼性の向上が期待できる制御改修(電気機器を一新する改修方法)が主流となってきている。

そこで三菱電機(当社)では、納入してから20年以上経過している直流-ギヤレス(DC-GL)高速エレベーターを対象にした制御改修専用の駆動方式を開発し、明治屋本社ビルに納入した。

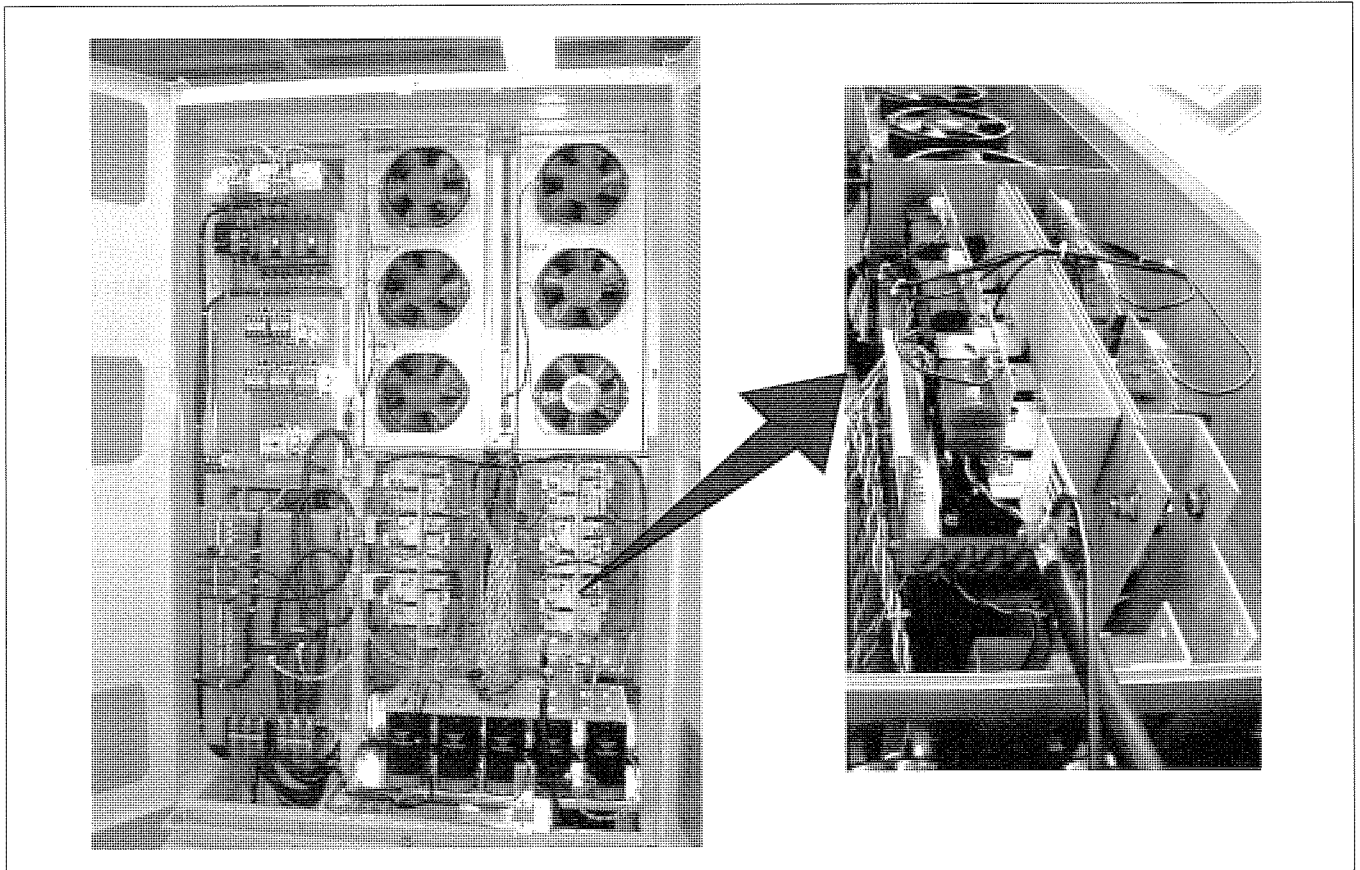
新しい駆動方式は、現在広く適用されている高速エレベーターのインバータ制御技術を応用して開発したチョッパ回路方式である。制御回路には当社最新エレベーターと同様のマイコンシステムを採用し、高性能化と部品の共用化を図った。また、主回路には高調波対策、EMI(Electromagnetic Interference)対策及び漏えい(洩)電流対策を施した。さらに直流電動機の界磁制御では、エレベーターの

運転状態に応じて界磁電流を可変とする可変界磁電流制御を適用した。

今回開発した制御方式は以下の特長を持っている。

- (1) 高調波電流を抑制したので、ビル側での高調波対策が不要となる。
- (2) 当社製ワードレオナード方式と比べて約40%程度消費電力を低減することができる。
- (3) 当社製最新エレベーター並みの性能(乗り心地、着床精度など)を実現した。
- (4) 最新エレベーターと同等の豊富なオプションに対応可能である。

当面、速度120~360m/min、容量1,600kg以下の高速エレベーターに適用し、順次適用領域を拡大していく予定である。



パワーユニットの外観

今回開発したチョッパユニット及びコンバータユニットの外観(写真左)である。サイズは各ユニット(H)1,000mm×(W)220mm×(D)300mmである。チョッパユニットはIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を並列に接続したH字形構成とし、ユニットの下部に電解コンデンサを配置してコンパクト化を図った。また配線は、ラミネートブスバーを適用し、直流母線を対向配置(写真右)とすることによって配線インダクタンスの低減を図った。

1. ま え が き

従来、直流エレベーターの制御改修には、サイリスタレオナード方式を適用してきた。しかし、サイリスタレオナード方式は、既設のワードレオナード方式に比べて高調波電流が大きく、場合によってはビルの音響設備等に影響を与えるなど高調波障害が深刻な問題となることがあった。そこで三菱電機(当社)では、これら問題を解決する制御方式の開発が求められていた。

一方、近年の産業界では、インバータ方式が広く用いられるようになり、高速スイッチングが可能で高耐圧・大電流の制御素子(IGBT)、高速デジタルプロセッサが比較的安価に供給されるようになった。

このような背景を基に、当社では、インバータ技術で培ったPWM(Pulse-Width Modulation)制御技術を応用し、当社最新の高速エレベーター並みの性能を備え高調波障害の問題を解決する制御改修専用の制御方式を開発した。

2. 回路方式

2.1 コンバータとチョップパの回路構成

主回路の構成を図1に示す。主変換器は、PWMコンバータ回路とチョップパ回路とで構成した。絶縁トランスで降圧された三相交流電源は、PWMコンバータ回路で一定電圧の直流電源に変換される。さらに、チョップパ回路で可変の直流電圧に変換されて、フィルタ回路を通して直流電動機に給電される。コンバータ回路及びチョップパ回路のスイッチング素子には、高速・高耐圧・大電流のIGBTモジュールを並列接続して適用した。

チョップパ回路は、H字形の回路構成とし、正転運転と逆転運転及び力行と回生運転の4象限運転が可能である。また、直流電流が流れるので、交流電流が流れるインバータ回路に比べてIGBTの温度上昇が大きくなる。そこで、熱放散効率の高いヒートパイプを適用してユニットの小型化を図った。前ページにPWMコンバータとチョップパ回路の外観を示す。左側のユニットがPWMコンバータ回路ユニットで、右側がチョップパ回路ユニットである。各ユニット

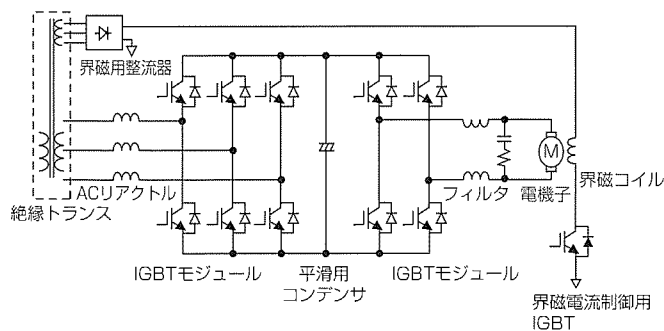


図1. 主回路の構成

の下部に平滑用電解コンデンサを実装してコンパクト化を図った。各ユニットは、直流母線を対向配置としたラミネートブスバーでIGBTを並列接続した構成としている。この構成によってスイッチング時に発生するサージ電圧を極力抑制した。また、ヒートパイプの上部冷却部には強制風冷方式を適用した。

2.2 高調波電流の低減

PWMコンバータ回路は、当社のインバータ制御を適用した高速エレベーターで既にも実績のある回路方式である。入力側の電流波形が正弦波となるように電流制御を行い、交流電源電流に含まれる高調波含有率を大幅に低減している。図2は、従来のサイリスタレオナード方式とPWMコンバータ回路方式の交流電源電流の波形を比較したものである。図に示されるように、サイリスタレオナード方式では電流波形が方形波となっており、約20%の高調波電流成分が含まれている。これに対しPWMコンバータ回路方式では、電流波形がほぼ正弦波になるので、高調波電流成分は大幅に低減することができた。したがって、ビルの受電設備側での高調波電流対策が不要となる。

また、PWMコンバータ回路方式は、入力側の電流の力率($\cos\phi$)を、力行運転時は $\cos\phi \approx 1$ に、回生運転時は $\cos\phi \approx -1$ に制御する。すなわち、力率は $\cos\phi \approx 1$ に制御されているので、サイリスタレオナード方式に比べて電源設備容量を約20~30%低減することができた。

2.3 磁気騒音の低減

サイリスタレオナード方式では、電機子電流に電源周波数の6倍(300Hz又は360Hz)のリプル成分が含まれている。このリプル電流によって電動機から磁気騒音が発生し、耳障りな音として聞こえる。チョップパ回路方式では、PWM変調周波数を5kHzにし、チョップパ回路のH字形4アームすべてを同時に変調する制御方式とし、電動機に流れるリプル電流の周波数を変調周波数の2倍の10kHzにした。したがって、電動機から発生する磁気騒音もほとんど気にならない程度に小さくなった。

2.4 EMI対策

PWMコンバータ回路方式では、IGBTがスイッチングする際にサージ電圧が発生し、ノイズとして電源系統を伝わって他の機器へ影響を与える場合がある。そこで今回、入力側にフィルタ回路を設けることによってノイズを十分

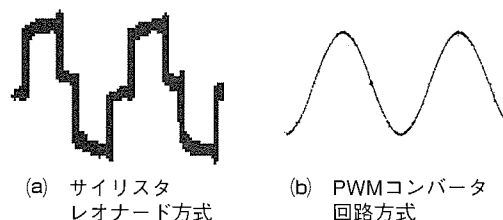


図2. 電源電流波形

小さくすることができた。図3にフィルタ回路有無におけるノイズの比較測定結果を示す。

2.5 漏洩電流対策

PWM変調方式を適用したチョップ回路方式では、ワードレオナード方式に比べて高周波でスイッチングしているために漏洩電流が大きくなる。漏洩電流は、アースラインにノイズ電圧を誘起するので、同じ電源系統に接続された機器(特にビル内の音響関連機器)に影響を与えることがある。そこで、PWMコンバータ回路の入力側に絶縁トランスを設けることにより、漏洩電流は実測値で十数mAと大幅に低減した。したがって、エレベーターから発生する漏洩電流がビル内の他の機器に影響を与えることはほとんどないと考える。

3. サージ電圧対策

スイッチング素子によって駆動される電動機は、その端子間にサージ電圧が印加される。そのサージ電圧の大きさによっては、電動機の絶縁耐力を超え絶縁破壊を引き起こす場合がある。特にIGBTは、スイッチング時間が0.1 μ s以下と短く、サージ電圧も大きくなり、直流母線電圧の約2倍程度にまで達することもある。また既設の電動機は、経時的に絶縁耐力が低下していることも予想されるが、絶縁

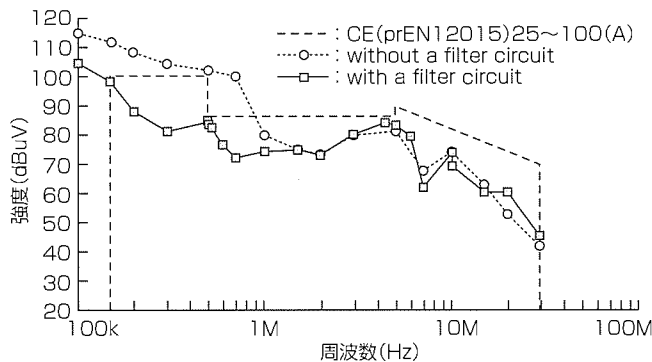


図3. EMI特性

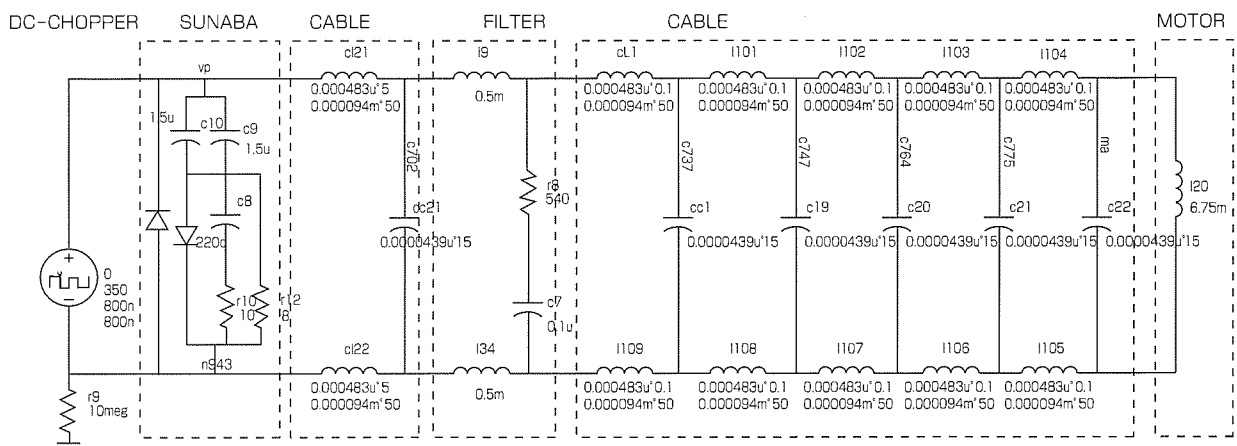


図4. 回路モデル

低下の度合いを予測することは技術的に現状では困難である。そこで今回は、サージ電圧を極力抑制する対策を施した。

以下に、サージ電圧の発生メカニズムについて説明する。IGBTがスイッチングする際に電圧が急しゅん(峻)に変化する。この急峻な電圧の変化により、出力ケーブルと電動機の電機子巻線とで形成される回路で電圧の共振現象が起こる。その結果、電機子巻線の入力端にサージ電圧が発生する。

急峻な立ち上がりのサージ電圧が電機子巻線に印加されると、入力端のターン間に電位が集中し、ターン間の絶縁を破壊するおそれがある。そこで、チョップ回路の出力端にL-C-R形フィルタ回路を接続し、サージ電圧の立ち上がり時間を長くする(1 μ s以上)とともに、サージ電圧の波高値も抑制した。

3.1 サージ電圧のシミュレーション

フィルタ回路の定数とサージ電圧の大きさの関係を調べるためにシミュレーションを行った。モデルは、図4に示すように、分布定数回路とした。

モデル回路構成：

- フィルタ定数： $L=1\text{mH}$, $R=500\Omega$, $C=0.1\mu\text{F}$
- モータ定数： $L=6.75\text{mH}$, $R=0.0972\Omega$
- ケーブル長さ：30m
- 入力信号：パルス
- スwitching周波数：10kHz
- 印加電圧：350V

この結果からフィルタ回路の最適定数を決定した。

3.2 サージ電圧の実測値

図5は、IGBTが導通した時の電機子巻線の入力端子間に発生するサージ電圧の波形である。サージ電圧のピーク値を直流母線電圧(350V)の約1.05倍に抑制することができた。また、立ち上がり時間も約8 μ sと長いので、電機子巻線の入力端のターン間に電位が集中し、過電圧が印加されるおそれは少ないと考える。

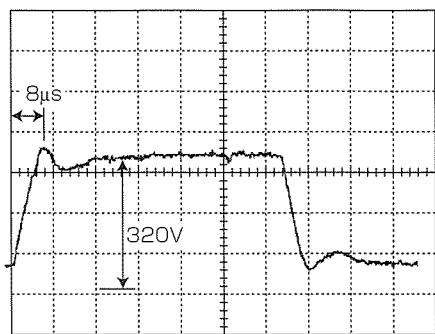


図5. サージ電圧波形

4. 制御方式

制御回路は、PWMコンバータ制御、チョップ制御、及び界磁制御で構成されている。界磁制御回路は、界磁コイルの定格電圧が主回路電圧に比べて低いため、電源を独立に設けるとともに、PWM電流制御を適用して回路の静止化を図った。

4.1 速度制御

速度制御の構成は、電動機の軸端に取り付けたパルス発生器で電動機の回転数を検出し、メインフィードバックループを形成する構成とした。さらに、電流検出器で電動機の電機子電流を検出して、マイナーフィードバック制御ループを構成し、高精度な速度制御を実現した。また、モデル規範制御を適用することによる高速応答の実現と、さらに、振動抑制演算を併用することによってより滑らかな乗り心地とすることができた。

4.2 界磁制御

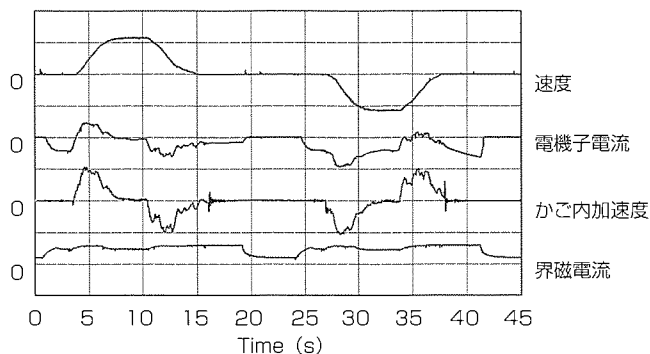
直流電動機の界磁制御では、エレベーターの運転状態(加速、一定速、減速)及びかご内負荷に応じて界磁電流の最適化を図る可変界磁電流制御を適用した。この可変界磁電流制御は、界磁コイルの温度上昇を抑えるとともに、電機子電流によるブラシの摩耗を抑えることができる。界磁コイルの温度上昇は、この制御を適用しない場合に比べて、実測値で10~15℃抑えることができた。また、直流電動機の実出力トルク(T_m)は、一般に次式で表される。

$$T_m = p \cdot M \cdot I_f \cdot I_a$$

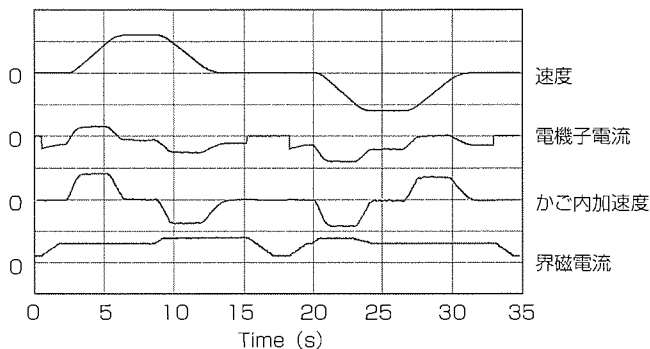
ここで p : 極対数, M : 相互インダクタンス,

I_f : 界磁電流, I_a : 電機子電流

したがって、走行中に界磁電流を変化させると電動機の実出力トルクが変動し、エレベーターの乗り心地に影響を与える。そこで、界磁電流と電機子電流を同じマイコンで制御するように制御回路を構成し、界磁電流の値に応じて電機子電流指令値を算出する制御定数の値を変化させるようにした。これによって、エレベーターの走行中に界磁電流



(a) ワードレオナード方式



(b) チョップ方式

図6. 制御特性

を変化させても電動機の実出力トルクは一定に保つことができ、安定した乗り心地を得ることができた。

5. 走行性能

ワードレオナード方式とチョップ回路方式について、当社試験塔で全負荷で走行したときの速度と加速度波形を図6に示す。最新のインバータ制御高速エレベーターと同様な滑らかな加速度波形が得られており、既設のワードレオナード方式(MG方式)に比べて大幅に乗り心地を改善することができた。

また、ガバナに取り付けたパルス発生器によってかごの位置を0.5mm以下の精度で検出し速度パターンを補正するようにした。その結果、着床精度を大幅に向上することができた。

6. むすび

以上、DC-GL高速エレベーターの制御改修用の機種としてチョップ回路を適用した新駆動方式について述べてきた。

市場には、20~30年経過したDC-GL高速エレベーターが数多く稼働しており、今回開発した制御方式が多数適用されるものと考えている。

新群管理システム“ΣAI-2200”

安藤 宏* 天野雅章*
 岩田雅史** 後閑 博***
 増田壽雄*

要 旨

最近のビル建築は、複合用途化、また高層化が進んでいる。このため、エレベーターの群管理システムにも、一層高度な性能と多様な機能、用途や状況に応じた最適処理が求められている。

1988年にAI(人工知能)応用によるエレベーター群管理システム“AI-2100”を世界に先駆けて発売して以来、三菱電機は、常にAI群管理性能の向上に取り組んできた。そして今般、“予測チューニング型AI方式”など新機能を搭載し、群管理性能を一層向上させたエレベーター群管理システム“ΣAI-2200”を2000年に発売した。

本稿では、最新のAI技術と高性能マイクロコンピュータを用いた新群管理システムΣAI-2200の特長と新技術について紹介する。

(1) 新機能

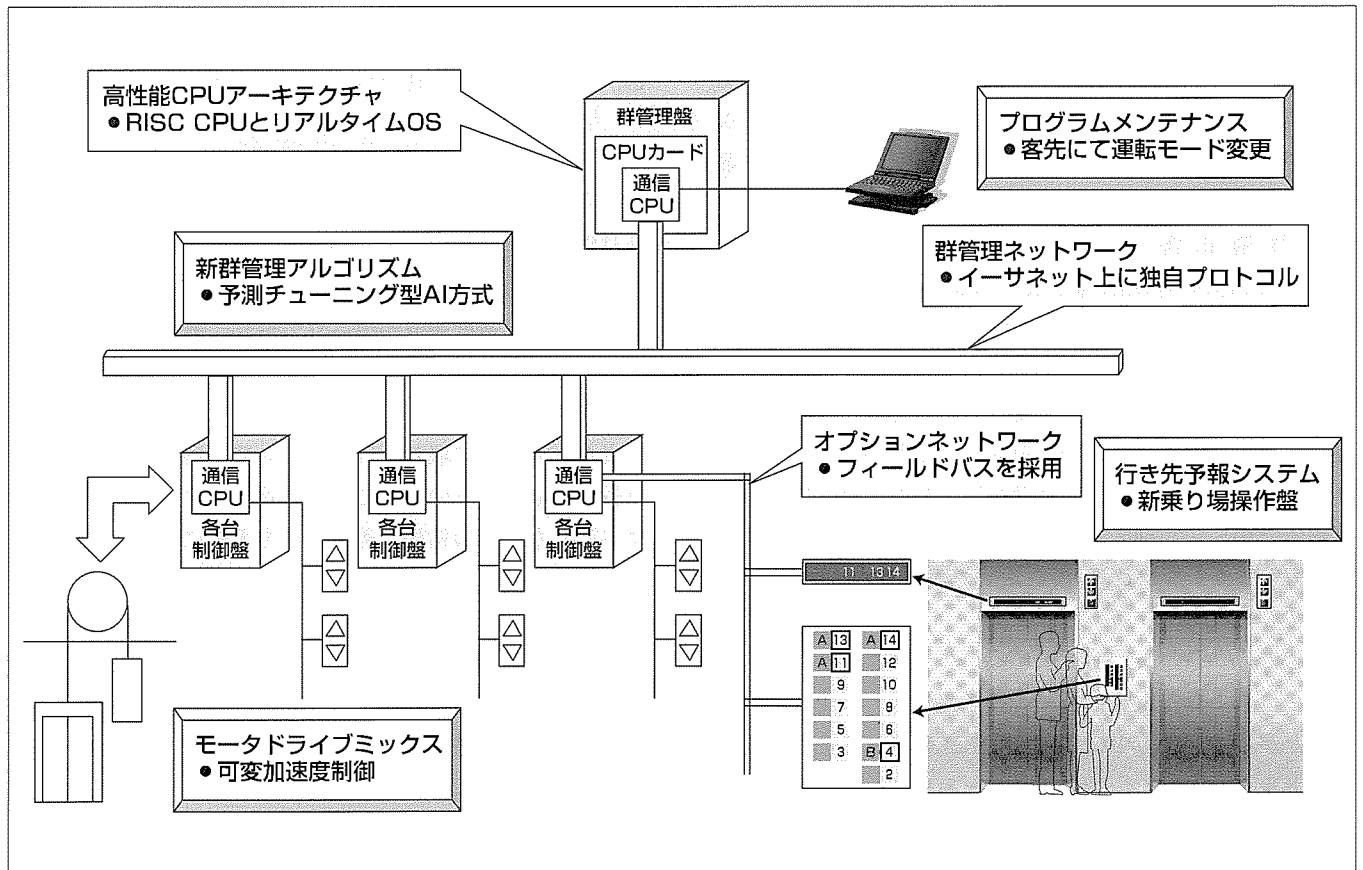
- 交通量の変化に対して適応的に運用する予測チューニング型AI方式の新群管理アルゴリズム
- 行き先階に応じて割当てかごを振り分ける行き先予報システム
- かご可変加速度制御を行うモータドライブミックス

(2) 新技術

- 高性能RISCプロセッサとリアルタイムOS搭載の群管理CPUカード
- イーサネット上に構築した群管理ネットワークとフィールドバス上に構築したオプションネットワーク

(3) 効果

- 群管理出勤時の平均待ち時間を15%短縮
- 60秒以上の長待ち率を30%低減
- 乗り場操作盤と行き先表示機能による操作性の向上



ΣAI-2200 群管理システムのイメージ

新高級群管理システム“ΣAI-2200”のシステム構成を示した図である。高性能RISCチップとリアルタイムOSを搭載した高性能CPUアーキテクチャの上に、予測チューニング型AI機能をベースとした新群管理アルゴリズムと、行き先予報システム、モータドライブミックスの新機能を搭載し、従来機種からの更なる輸送効率の向上と、高性能化・高信頼性を図った。

1. ま え が き

最近のビル建築は、インテリジェント化とともに、オフィスコンプレックスに代表される複合用途化、また高層化が進んでいる。このため、ビル内の縦の交通機関であるエレベーター群管理システムにも、一層高度な性能と多様な機能、用途や状況に応じた最適処理が求められている。

三菱電機は、10数年にわたってAI応用によるエレベーター群管理の性能向上に努めてきた。そして今般、最新の当社のAI技術と高性能マイクロコンピュータを用いた群管理システム“Σ AI-2200”を開発し、2000年に発売を開始した。

本稿では、この最新の群管理システムΣ AI-2200の特長と新技術について述べる。

2. 開発の背景

2.1 当社エレベーターAI群管理の歴史

1988年に、AI-2100⁽¹⁾として、世界に先駆けて人工知能群管理システムを実用化した。この群管理システムは、従来に比べて平均待ち時間を15%、また60秒以上の長待ち率を30%低減するとともに、ユーザープログラミング機能を付加して、使用方法やビルの交通変動に応じてビル管理人自身がエレベーターの運行制御に関与できるようになった。また、'92年には、中小ビル向けの群管理システムAI-210及びAI-21をAI群管理システムとしてシリーズ化した。さらに、'96年にニューラルネットを応用した群管理システムAI-2100Nを発売し⁽²⁾、ビル内の交通パターン(出勤時や昼食時など)の判別が正確になって、繰り返されるマクロな交通流に一層最適な群管理が可能になっている。そして、ビルのインテリジェント化や複合化が進む中、一層高性能な群管理システムが求められる時代となった。

2.2 技術シーズ

さて、従来のAI群管理(AI-2100及びAI-2100N)は、交通流に応じてあらかじめ用意した汎用的なルールセット(例えば出勤時や昼食時などのルール群)を用いて呼び割当てやかご配車等を行っていた。しかし、交通流はビルごとに一様ではなく、必ずしも汎用的なルール群を適用したかご割当てが最適であるとは限らない。そこで、Σ AI-2200では、予測チューニング型AIと称する方式を開発した⁽³⁾。この方式は、従来ワークステーションなどで行っていた群管理効果検証のシミュレーションソフトウェアを群管理システムに搭載できるようにしたものであり、群管理演算のメインコンピュータに高い演算性能を要求する。Σ AI-2200の群管理メインコンピュータには

高速演算が可能なRISC(Reduced Instruction Set Computer)を採用し、予測チューニング型AIを可能にしている。

また、群管理性能の向上や新機能追加に伴って、群管理とエレベーター制御盤間、群管理と乗り場機器間の通信を強化する必要がある。イーサネット^(註1)やフィールドバスは、OAやプラント監視に採用されている通信技術である。これらの通信技術の普及は目覚ましく、高い信頼性と通信能力を必要とするエレベーターの機器間の通信にも応用することが可能になってきた。

3. システム構成

Σ AI-2200のシステム構成を図1に示す。演算性能を飛躍的に向上した群管理CPUカード、拡張性や通信能力を一層向上した通信ネットワークに特長がある。

3.1 群管理CPUカード

群管理CPUカード(図2)上には機能分担ごとに数種類のマイコンが設けられており、割当てや学習など群管理メイン演算用の32ビットRISCと、通信制御用の16ビットマイコン、汎用I/O制御用の8ビットマイコンで構成されている。前述の予測チューニングに必要とする高い演算性能を得るため、RISCは、浮動小数点コプロセッサを内蔵したタイプを選定し、RISCの性能を最大限に引き出すため、64ビットバスのワークRAMを実装した。また、複雑化するソフトウェア機能が適切に実行されシステム信頼度を向上させるために、CPUカードにはμITRON3.0^(註2)仕様のリアルタイムOSを搭載している。

このように、RISCと周辺デバイス間のバス最適化や、命令キャッシュやデータキャッシュが有効に働くようにシ

(注1) “イーサネット”は、富士ゼロックス㈱の登録商標である。
 (注2) “μITRON”は、Micro ITRON, “ITRON”は、Industrial TRON, “TRON”は、The Real Time Operating System Nucleusの略称である。

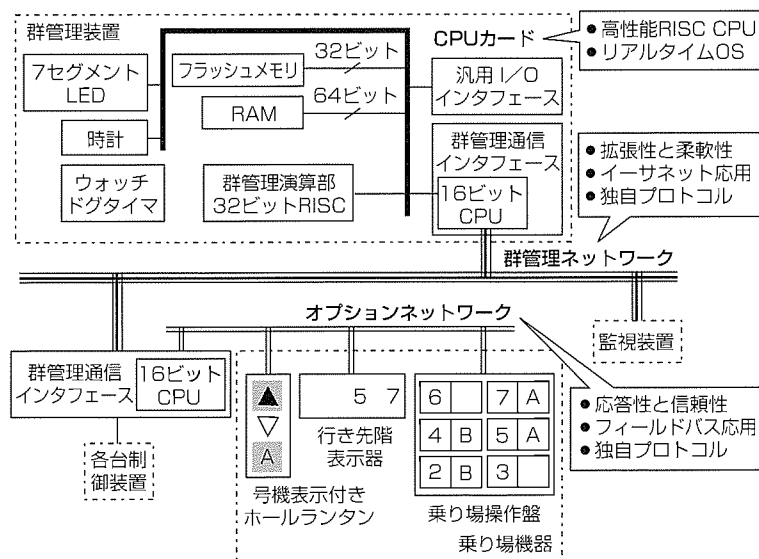


図1. システム構成

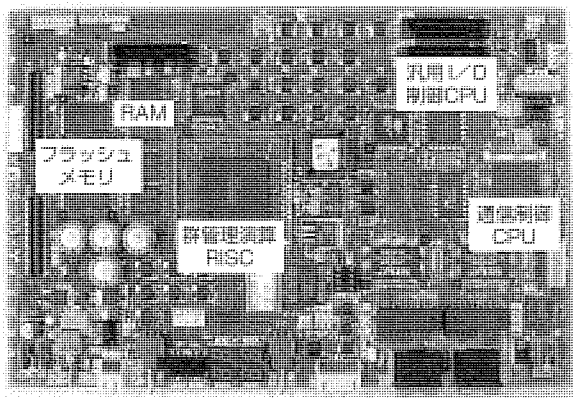


図2. 群管理CPUカード

ソフトウェア処理を最適化したことによって、従来の群管理システムに比べて10倍程度の群管理メイン演算性能の向上を達成した。

3.2 通信ネットワーク

図1に示すように、このシステムの通信ネットワークは、群管理-制御盤通信ネットワーク(以下“群管理ネットワーク”という。)と、新乗り場機器などを接続するオプションネットワークで構成されている。

群管理ネットワークは、将来にわたって拡張性と柔軟性が確保できるよう、特に下記の3項目が重要である。

- オプション機器追加など拡張性の向上
- 群管理と制御盤間の通信能力向上
- ネットワーク信頼度の確保

これらの条件を満たしかつ近年のインテリジェントビルに適したネットワークとして、イーサネットを採用した。イーサネットは、トポロジーがバス形であるため機器の追加や増設が比較的容易であり、かつ高い通信能力を持っている。さらに、通信システムの信頼度向上や応答性の確保のため、専用通信プロトコルをイーサネットの物理レイヤ上に実装する構成とした。

図3に群管理ネットワークのプロトコル構成を示す。物理層とデータリンク層にはイーサネット、トランスポート層/ネットワーク層以上にはエレベーター専用のアプリケーションプロトコルを実装した。データリンク層では、いわゆるトークンバス制御を行っている。すなわち、一定周期のノード間通信を確保するため、マスタがスレーブに対して通信権をトークンといわれる特別なパケットを渡すことによって与え、各ノードの間の通信衝突を回避している。この専用プロトコルによって、通信能力が高く、かつ応答性の良いネットワークが実現できた。またこの専用プロトコルは、ネットワークノードの新規接続や故障が発生した場合のノード切離し機能を持っており、機器追加やノード故障が全ネットワークに影響しないようネットワーク信頼

OSI参照モデル上の分類		群管理ネットワーク仕様
階	層名称	
7	アプリケーション層	アプリケーション
6	プレゼンテーション層	データマネジメント
5	セッション層	障害管理 参入/離脱 制御
4	トランスポート層	
3	ネットワーク層	トークン制御
2	データリンク層	
1	物理層	10BASE-T

図3. 群管理ネットワークのプロトコル構成

度も十分確保している。

また、従来の乗り場UP/DOWNボタンの通信に加えて、オプションネットワークを開発した。後述する行き先予約システムでは、乗り場行き先ボタンや号機割当て表示が必要となり、一層通信能力の高いネットワークが必要となる。そこで、データ衝突回避プロトコルによって応答性や信頼性が確保されておりかつ機器追加の拡張性に優れたフィールドバスをベースとした通信ネットワークを構築した。この通信ネットワークにより、通信能力が向上し、乗り場操作盤の設置階床数の制限も大幅に緩和されている。

4. 新機能

4.1 予測チューニング型AI方式

ΣAI-2200では、それぞれの交通流パターンに対して従来に比べてより多数の群管理ルールセットを用意し、高度な群管理を実現している。そして、詳細な交通流の変化に対してこれら多数のルールセットの中から最適なものを適用するために、新開発の予測チューニング型AI方式を用いている。

予測チューニング型AI方式は、図4に示すように、ニューラルネットワーク、群管理ルールベース、リアルタイムシミュレータの三つのサブモジュールを組み合わせることによって実現されている。

ニューラルネットワークは、出勤時や平常時などの交通流パターンを検出するとともに、交通流のより詳細なデータの推定を行い、交通流推定データとして出力する。群管理ルールベースは、特定の交通流に特化したルールの組みを群管理ルールセットとして格納している。また、交通流パターンの検出結果に従って、その時点で最適となる可能性のある複数のルールセットが、ルールセット候補として選択される。リアルタイムシミュレータは、ルールセット候補と交通流推定データが入力されると、シミュレーションを行い、各ルールセットを用いた場合の待ち時間とサービス完了時間を出力する。この出力結果に基づいて、最適ルールセットをルールセット候補の中から選択する。群管理実行部では、最適ルールセットに基づいて、呼び割当て、配車などの制御を行う。

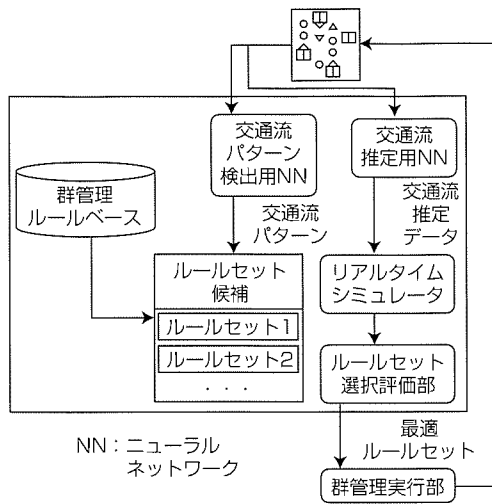


図4. 予測チューニング型AI方式のシステム構成

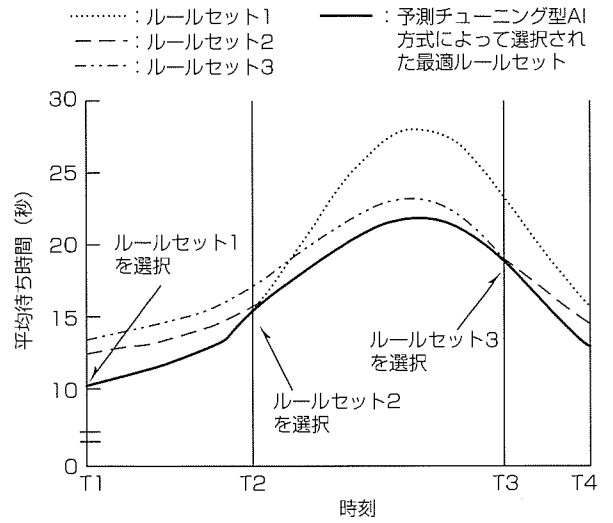


図5. 最適ルールセット選択結果例

図5は、出勤時における、予測チューニング型AI方式による、最適ルールセットの選択結果例である。T1～T2ではルールセット1、T2～T3ではルールセット2、T3～T4ではルールセット3を最適ルールセットとして選択している。その結果、平均待ち時間はどの時刻においても最小となっている。これが予測チューニング型AI方式の効果である。

4.2 行き先予報システム

オフィスの出勤時など乗客で混雑するピーク時の輸送能力向上を目的として、乗り場で行き先呼びを登録し、行き先階に応じて割当てかごを振り分ける行き先予報システム(図6)をΣAI-2200のオプションとして開発した。

(1) 機器構成

主階床の乗り場に、従来のUP/DOWN式の乗り場ボタンに代わる乗り場操作盤を設ける。この乗り場操作盤には、行き先ボタンの近傍に割当て号機表示を実装し、行き先ボタンを押した乗客が直ちにどの号機に乗ればよいか分かるようにした。予報灯は“A”“B”など号機表示付きホールランタンとし、予報された号機を行き先ボタンが押された直後に即点灯させて、乗客を割当て号機に誘導するようにしている。また乗り場の三方枠の上部に号機ごとに割り当てられた行き先階を表示するための行き先階表示器を設けて、乗り場の待ち客に号機ごとそれぞれの行き先登録階が一目で分かるようにした。したがって、後から乗り場に到着した乗客は、既に行き先階が登録されている場合は、上記案内表示によって応答号機が確認できる。

(2) 動作

ニューラルネットによって乗客のアップピークを検出するか又はプログラムメンテナンスから設定した予約時刻になると、行き先階別のかご配車(乗り分け制御)が有効となる。この間、エレベーターは以下のシーケンスに従って乗客を目的階まで輸送する。

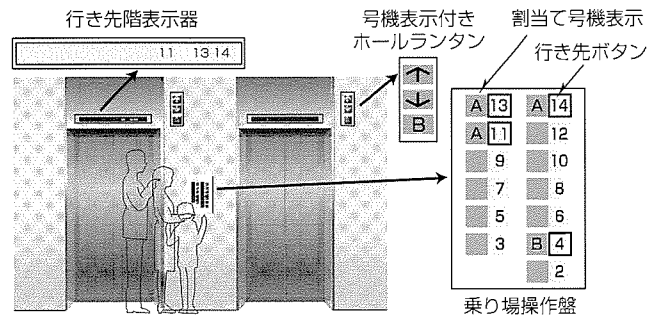


図6. 行き先予報システム

- (a) 乗り場で押される行き先呼びごとに最適なかごを選択し、ホールランタンと号機表示で乗客に報知する。このとき、同じ行き先階に向かう乗客は極力同じかごに乗ってもらうように乗り分け制御を行う。
- (b) 予報号機に乗客が乗ったことを検出すると、該当する号機に割り当てられた行き先呼びを自動登録する。なお、乗った後にかご内で再度行き先ボタンを押す必要はない。
- (c) 自動登録された行き先呼び以外の階床のかご呼びは、かごが出発して中間階の乗り場呼びに回答するまでは、かご内では登録できないように制御する。このとき、行き先階表示器に号機ごとに割り当てられた行き先呼びを表示し、乗り場の乗客に報知する。

行き先予報システムを適用した場合、乗り分け制御の効果により、一走行当たりの各かごの行き先呼び数を減少でき、輸送効率を向上させることができる。これによって、主階床の混雑を最小限にするとともに、乗っている時間も短縮できる。

4.3 モータドライブミックス

アップピークやダウンピーク等を群管理が検出すると、かごの加減速度をアップして走行させる可変加速度制御を

行う。なお、巻上機やインバータなど各エレベーターの駆動システムに対する負担を大きくしないため、出発時のご内負荷が50%から一定範囲の場合のみ、加減速度を上げている。高加速度運転で走行する場合、例えば定格速度が300m/minのときは、一走行当たりの走行時間は約1.75秒短縮される。一走行当たりの短縮時間は短いものの、ピーク時に混雑階と目的階の走行を繰り返すことにより、全体の走行時間が短縮され、運行効率が向上する。

4.4 効果

この章で述べた新機能をすべて適用することで、当社従来システムと比較して、出勤時では平均待ち時間を15～30%短縮でき、60秒以上の長待ち率を30～60%低減させることができる。

5. むすび

以上、当社の最新群管理システムΣAI-2200の特長と新

技術を紹介した。今後も、ビルの高層化や複合化に対応して群管理の性能向上を図っていく。また、ビルセキュリティシステムとの連動など一層ビルのインテリジェント化に対応してエレベーター群管理システムを進化させていく所存である。

参考文献

- (1) 匹田志朗, 梅田安和, 辻 伸太郎, 永田康弘, 植谷健一: エキスパートシステムを応用した群管理システム AI-2100, 三菱電機技報, **63**, No.2, 160~163 (1989)
- (2) 匹田志朗, 天野雅章, 岩田雅史: ニューラルネット応用群管理システム“AI-2100N”, 三菱電機技報, **70**, No.11, 1086~1091 (1996)
- (3) Hikita, S., Amano, M., Ando, H.: The Latest Elevator Group Control System, Elevator Technology 11, Proceedings of ELEVCON 2001, 35~43 (2001)

エレベーター用フルカラー 新塗装仕上げ“MELART-Ⅱ”

鈴木恭之* 田村正司***
窪野 優* 八木直樹†
稲葉好次**

要 旨

MELART-Ⅱは塗装技術の一種であり、①写真並みの高精細な画像と水墨画のようなスムーズなグラデーションが表現できる、②自動車外装の塗料並みの優れた耐光性を持っている、③職人技による高級感のある磨き上げられた表面が得られる、④どのような基材にも適用可能である、⑤多品種少量生産に対応できる、⑥廃棄物がほとんどなく環境に配慮しているなどエレベーターにとどまらず広い汎用性を持った装飾技術である。

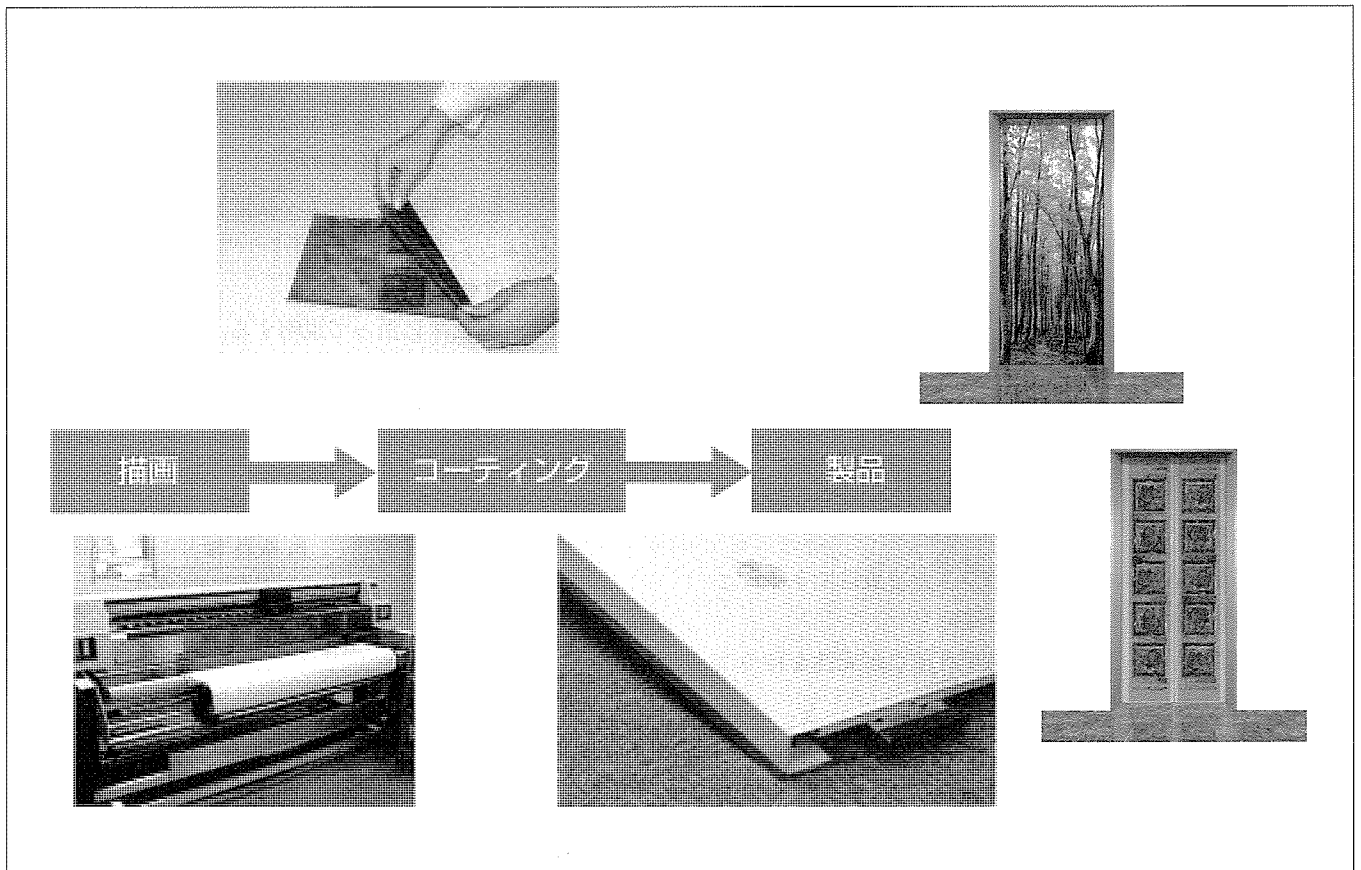
三菱電機が1995年に他社に先駆けて発売した“MELART”の品質と性能を大幅に向上させたもので、'99年12月から発売している。

当社は、業界に先駆けて、次のような製品を開発することにした。

- 高精細な画像を表現できる技術の確立
 - 意匠品として十分な高級感があること
- 研究開発の目標を下記とした。

- 大面積パネルにおいて写真やシルク印刷並みの解像度の獲得
- 多品種少量生産でも合理的コストで製造できること
- 環境に配慮した生産技術の確立
- 直射日光が当たる場所で適用可能な耐光性を持つこと

当社が独自に開発した特殊な塗膜にインクジェットプリンタによって顔料インクを使用して図柄をプリントし対象物にコーティングするもので、製版レスの新塗装技術である。



MELART-Ⅱの製造フロー

様々なソフトウェアで作成した画像データやグラフィックデータを画像処理し、インクジェットプリンタで模様シートにプリントする。プリントされた模様シートを対象製品にコーティングし、トップクリア塗装をして完成となる。

1. ま え が き

エレベーターは、ビルの縦の交通機関として利用されるだけでなく、建築のインテリアの重要な要素の一つとして人の心を和ませる大切な役割を担っている。そのためには、オフィス、ホテル、ショッピング、集合住宅など様々なビル用途や個々に異なった建築インテリアに柔軟に対応できる意匠技術が必要となる。

このような背景から、エレベーターパネルにフルカラー塗装を施す技術“MELART-Ⅱ”を開発し、1999年12月に発表して発売した。

このMELART-Ⅱは、'95年に他社に先駆けて発売した“MELART”の品質と性能を大幅に向上させたものである。

本稿では、この技術の特長と概要について述べる。

2. 開発のねらいと開発仕様

2.1 研究開発の背景

エレベーターは、建築物における縦の交通手段として位置付けられ、多数の人が利用している。エレベーター機器の中でも利用者からの目に直接触れる乗り場・かごなどは、意匠部分と呼び重要視している。

エレベーターの意匠は建築内装との接点であるため、高級意匠品を要求される場合が多い。

例えばエレベーターのドアにまき(蒔)絵や写真、水墨画などの図柄を再現することは、長年エレベーター意匠技術開発者の夢であった。

2.2 研究開発の目標

そこで今回、他社に先駆けて、下記のような製品を開発することにした。

- 高精細な画像を表現できる技術の確立
- 意匠品として十分な高級感があること

また研究開発の目標を下記とした。

- 大面積パネルにおいて写真やシルク印刷並みの解像度の獲得
- 多品種少量生産でも合理的コストで製造できること
- 環境に配慮した生産技術の確立
- 直射日光が当たる場所で適用可能な耐光性を持つこと

2.3 開発仕様

主な開発仕様は表1のとおりである。

3. 内容の特長

3.1 MELART-Ⅱの構成

MELART-Ⅱの断面構成の一例を図1に示す。この製造方法は次のとおりである。

まず、透明記録受容層を樹脂製シートにコーティングし、インクジェットプリンタで透明記録受容層に図柄を生成する。次に、塗装鋼板その他の基材に熱融着によってコーティングした後、トップコートを施す。

3.2 特 長

この技術のポイントは、独自の模様シートを開発したことにある。

3.2.1 従来技術の問題点

従来、シルク印刷や化学エッチング、フィルム張りなどの技術が用いられてきたが、蒔絵や写真、水墨画などの微妙なグラデーションやフルカラー画像を十分な耐光性・再現性・高級感で提供できなかった。

3.2.2 問題点の技術的解決

今回、透明受容層と熱融着の技術を融合させることに成功し、この課題を解決した。

一般に、透明受容層に顔料インクで高精細な図柄を描画することは困難であった。今回、透明受容層に表面改質を施して吸水率を向上させることに成功し、また、描画するインク量と吸水量の整合性をとることによって表面改質した透明受容層と顔料インクの親和性を高めることで高精細な図柄の描画を可能にした。

直接大型パネルに図柄を描画すると、パネルの位置決めが難しく、また、描画面の平面度によって画質が大きくばらつくといった問題があった。これに対し、今回、図柄を描画した模様シートを熱融着する加工手段としたことで描画精度が向上し、再現性を高めることができた。こうして実現したMELART-Ⅱの性能・品質を従来技術と比較すると表2のようになる。

3.3 製造プロセス

次に製造プロセスに沿って説明する。

3.3.1 原画作成部分

従来の方法では、原画作成を外部の専門業者に依頼して

表1. 主な開発仕様

開発項目	開発仕様
仕上加工方法	製版レス・ダイレクト印刷
画質の向上	画像解像度720dpi 実解像度60ミクロン以下
耐光性の向上	アクリルやウレタンなどの耐光性塗料と同等
加工サイズ	1,000mm×2,350mm

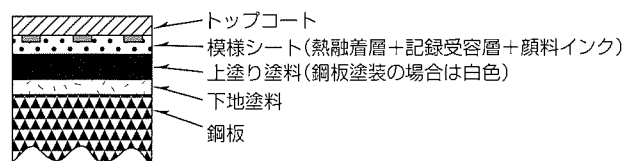


図1. 断面構成の一例 (鋼板塗装の場合)

表 2. 従来技術との比較

	従来技術		MELART-II
	シルク印刷	昇華転写	
環境影響	製版・刷版・洗浄廃液・有機溶剤など多数産業廃棄物発生	有機溶剤・現像廃液・転写紙など多数産業廃棄物発生	リサイクル可能品など
コスト比	2.5	1.5	1
耐光性	△	×	○
解像度(μm)	×	×	○
	254	212	60以下
原画作成時間	40~60時間程度	40時間程度	1~8時間

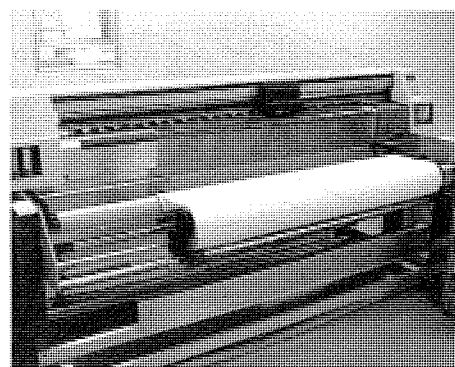


図 2. プリンタ

いたり、又は手書きであったりとまちまちであった。

MELART-IIでは、社内のコンピュータ上の作業に一本化した。また、図柄の作成作業を分析し、ほとんどの作業時点で取り扱うデータをベクトル化した。これにより、作成・改編などが短時間に容易にできるようになっている。その後の工程はコンピュータが画像処理を行う。MELART-IIでは、2.45m×1mという大画面に720dpiという高い解像度の図柄を展開するために処理ソフト(Raster-Image-Processor)を64ビット化し、大量のデータを瞬時に処理することとした。最大10分程度で画像処理される。画像処理時点で既に人手を離れており、作業者は次の原画作成に携わることができる。また、データ形式には依存していないため、どのようなアプリケーションプログラムのデータでも画像処理が可能である。

3.3.2 記録部分

従来の方法では、職人が個別に手書きしたり、又はシルク印刷であれば版を作成し一色ずつ直接材料に印刷していた。印刷時の不具合で材料ごとの造り直しや、多数の色を使う場合の乾燥時間などが発生し生産効率が悪かった。また、手書きであれば再現性がない上に、時間が途方もなくかかることになる。

MELART-IIでは、プリンタ(図2)で模様シートに印刷したもの(図3)を熱融着する間接形式を用いている。

印画時点では、模様シートの状態で、印画の不具合の有無や色の状況が確認できる。また、印刷とは異なり使用する色数と印画時間はなんら関係ないため、複雑な図柄でも単純な図柄でも計画的に模様シートを印画できる。品質安定のために使用している記録受容層の特性を分析し、印画時のシートの伸びや動きも把握しており、高い生産効率を実現している。

3.3.3 模様シートコーティング

熱融着時点では、印画した画像はそのままの状態で熱融着されており、図柄の精度は良い状態が保たれる。顔料系インクを使用しているため、昇華型染料などを転写する方式とは異なり、画像の拡散・劣化・変色の心配がない。また一部曲面を含むL字面(二面)・C字面(三面)への熱融着

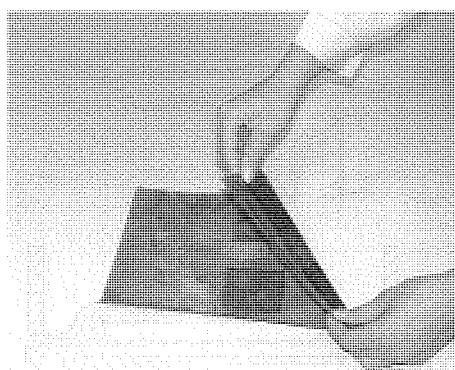


図 3. 模様シート

も可能であり、いずれも従来技術では成し得ないものである。

従来と比較し、版やフィルム・現像・洗浄などの工程やそれぞれの中間媒体の必要がなく、該当する時間・コスト・廃棄物などが発生しないなどメリットが多い。特に従来一色ずつ制作していた高価な版を作る必要がなくなり、多品種少量品を安価に作るができる。

熱融着のプロセスを図4に示す。

- (1) ベースとなる真空圧着機構を持った治具(図の(a))上に対象となる材料・クッション・密閉用のシート・密閉用の枠の順で載せていく(図の(b))。
- (2) 密閉を確保するためにクランプを施す(図の(c))。状態の断面は図の(d)のとおりである。
- (3) バキュームを駆動させて図の(e)の状態とする。

この状態を維持しながら所定の条件まで過熱し、熱融着は完了となる。

3.3.4 クリア塗布・研磨部分

従来のシルク印刷などの方法では、模様を刷り込んだ場所が色数分盛り上がりしてしまうため、表面を平滑にするにはクリア塗布を厚目にフラットになるまで塗る必要があった。そのため、クリア塗布と平滑度を上げるための研磨作業とを幾度となく繰り返す必要があった。

MELART-IIでは、着色層の厚みは色数や模様とに左右されないため、模様シートの厚みは均一である。熱融着

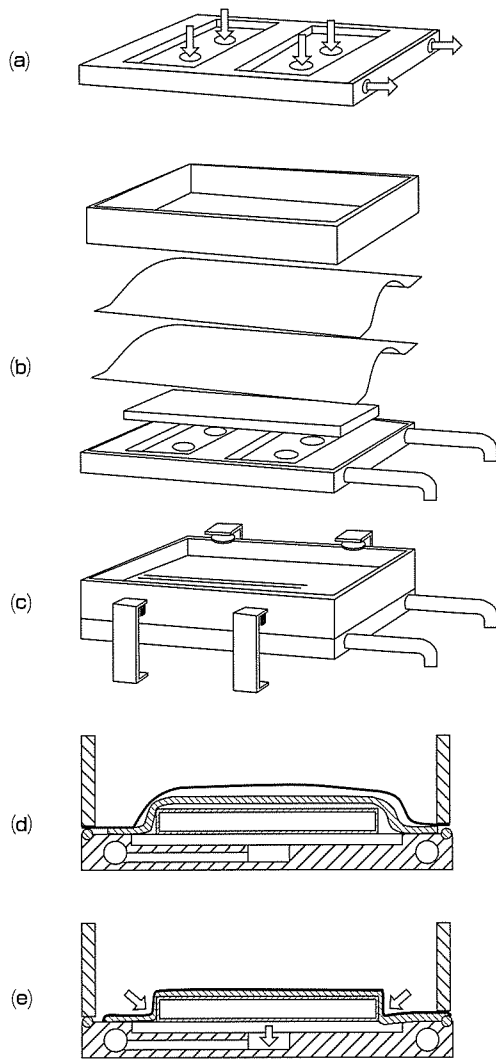


図4. 熱融着プロセス

時点で既にフラットな表面をしているため、後工程のクリア塗布及び仕上げが非常に簡便で済む。したがって、短時間にしかも平滑度が高い状態に美しく仕上がる。対象となる材料は無機質から有機質までの幅広い材料が対象となる。そのため、生産技術の汎用性が高く、幅広い分野での展開が考えられる。また、いったん熱融着すると密着性は良好で、沸騰水に1時間浸した後に碁盤目試験を実施しても全

くはく(剥)離は認められないほど強力である。

3.4 独創性

MELART-IIの独創性の最大のポイントは、遠い昔からある“素材の上に塗料を塗る”といった塗装のプロセスを一新し、一見合理的でない模様シートという中間媒体を導入することで全く新しい塗装方式を確立した点にある。対象とする材料は、合成樹脂のような有機材から金属などの無機材まで広く選択できる。汎用性が高い技術であり、今後、幅広い分野での展開が考えられる。

二つ目のポイントは、デジタル画像処理から高精度大型カラープリンタといった最新ハイテクとクリア研磨といった職人技のコンビネーションをうまく図った点にある。職人の技術伝承・育成とハイテクの共存を実現したモデルケースとなる。

そして三つ目のポイントは、これらを工業生産品として従来よりも低コストで作れるようにした点である。

この独創的な塗装技術には、これまで産業分野では実用化されていない透明タイプの記録受容層の実用化技術も盛り込まれている。

4. むすび

フルカラー塗装技術は、コンピュータやプリント技術の進歩によって品質・生産性・対環境性の向上が一層期待される。今後とも研さん(鑽)努力を重ねる所存である。

参考文献

- (1) 牧野克己, 金森 修, 富長智徳: Full Colour Graphical Painting System, Proceeding of ELEVCN1996 (1996)
- (2) 鈴木恭之: エレベーター用銅板塗装パネル「MELART-II」の紹介, エレベーター界, No.140, 32~35 (2000-10)
- (3) 鈴木恭之, 森 顕伸: MELART-II Full-Color Graphic Painting Finish, Proceeding of ELEVCN 2001, 150~158 (2001)

既設品改造による 車いす対応エスカレーター

治田康雅*
吉川達也*
長屋真司*

要旨

近年、施設のバリアフリー化が急ピッチで進められている。既存の施設においては、車いす利用者を上下に搬送するためのエレベーターや車いすエスカレーターの新規増設が種々の理由によって困難な場合が多い。そのような既存の施設からの要望にこたえるため、既設の一般エスカレーターに車いす搬送機能を付加する改造技術を開発した。

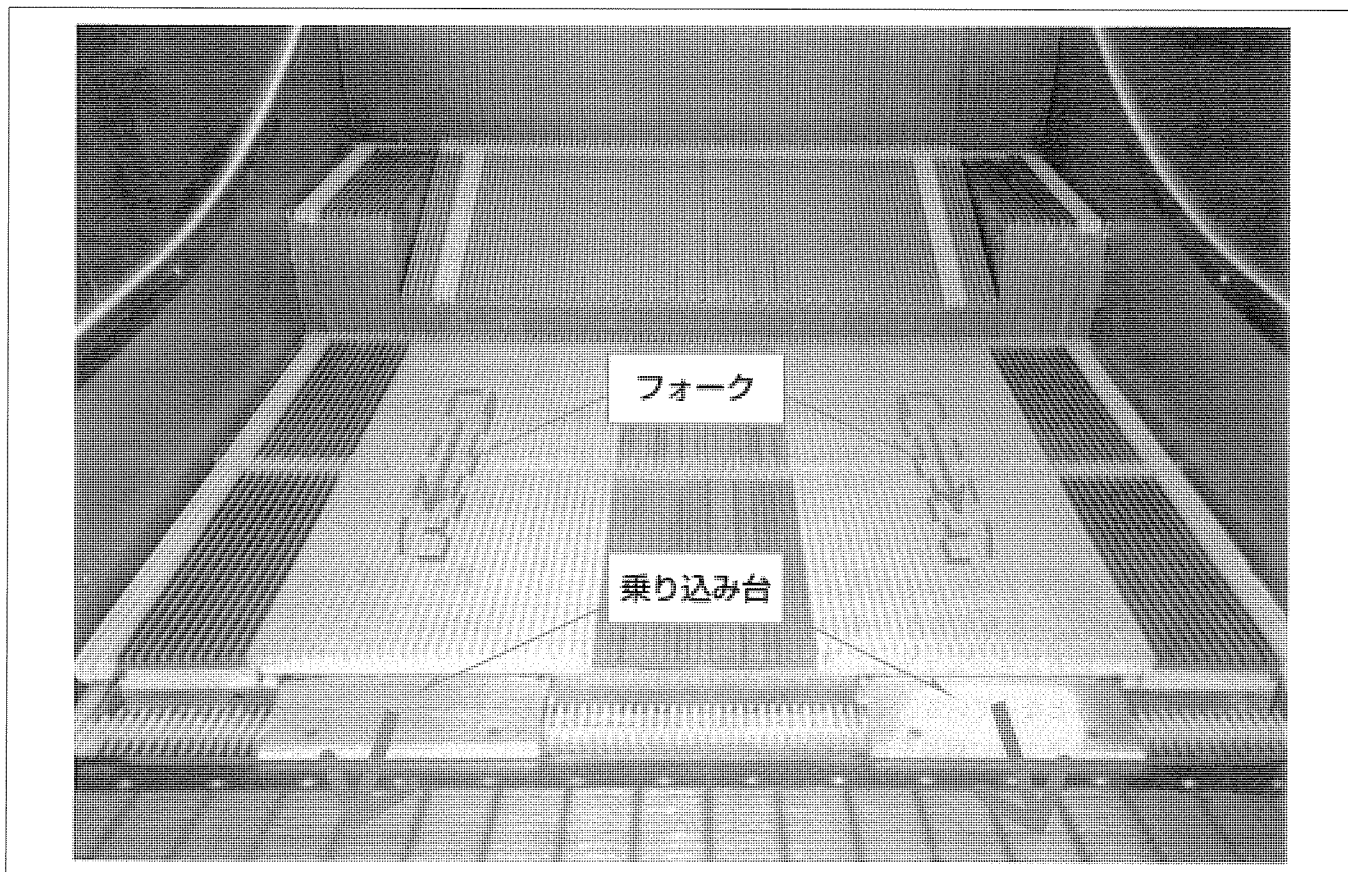
この改造技術におけるポイントは以下のとおりである。

- (1) 乗降口の水平ステップ部分が1.5枚程度しかないところでの車いすを搭載できる2枚分の水平スペースの創出と、乗降口における段差解消のための“乗り込み台”

自動突出

- (2) 上記を実現させるための着床位置精度の向上
- (3) マルチ駆動方式における新方式の折り畳み式傾斜ステップ
- (4) 車止めステップ、仕掛け装置への三つの独立した駆動系の組み込み
- (5) 現地での加工時間短縮、火器を用いないトラス加工方法、レール補強方法

この改造技術により、既存の施設のバリアフリー化がスムーズに行われることが期待される。



下部乗り込み口での車いす搭載前の特殊ステップ状況

既設の一般エスカレーターは乗降口の水平ステップ数が2枚確保されていないので、段差のついた状態で後ろ側のステップを前側のステップの踏面と同じ高さまで持ち上げて車いすを搭載する2枚の水平部分を作り出した。また、持ち上げたステップと乗降口間に段差ができるので、後端から“乗り込み台”を自動で突出させて車いすが乗り込むときの補助とした。

1. ま え が き

近年、施設のバリアフリー化が急ピッチで進められているが、特に車いす利用者にとっては上下方向の移動が大きな障害となっている。車いす利用者の上下方向の主な移動手段としてエレベーターのほかに車いすエスカレーターがあるが、係員を呼ぶことなく一人で操作できる点でエレベーターの方が一般的である。

しかしながら、既存の施設においては、エレベーター増設のための昇降路設置場所確保が困難な場合が多く、車いすエスカレーターを新設する場合もトラスの搬入経路の確保ができないといった問題点が発生する。そこで、従来から稼働している既設の一般エスカレーターを車いす仕様に改造して車いす利用者を搬送できるようにしたいという要望が各方面からあった。

本稿では、既設の一般エスカレーターを車いすでも利用できるように改造する上で採用したシステムについて、開発上での課題とその対策技術を中心に紹介する。

2. エスカレーターの設置状況

三菱電機のエスカレーター設置状況を表1に示す。一般のエスカレーターは、旧機種から現行機種まで合わせて約18,000台以上が稼働している。今回の開発品の需要が予想される駅舎においては旧機種も多数稼働しており、上記のような理由で既設エスカレーター流用の要望が強いと予想されるので、改造の対象に旧機種も含め、駆動機が上部機械室に設置される上部駆動方式(D, K, G, J形)と駆動機が傾斜部トラス内に複数配置されるマルチ駆動方式(A形)の2種類の駆動方式に対応して開発を行った。

3. 既設改造車いすエスカレーターの仕様

既設改造車いすエスカレーターと標準の車いすエスカレーターの仕様を比較したもの(車いす仕様に関係のある部分のみ)を表2に示す。

詳細は後述するが、改造タイプでは、降り口で特殊ステップの変態動作のためいったん停止しなければならないので、専用利用方式(一般の乗客は車いすの利用が終わるまでエスカレーターを利用できない。)のみとなっている。また、車いす搭載スペースは水平2枚に傾斜を含めて

表1. エスカレーターの設置状況

	形名	生産時期	総台数	うち駅舎向け
現行形	J形	1987～	5,791	381
	A形	1979～	4,281	603
旧形	G, K, D形	1959～1987	6,894	450

※三菱電機ビルテクノサービス(株)管理台数(1996年4月現在)

2.5枚分で、現行の3枚水平タイプ以前の初期型車いすエスカレーターと同じとしている。

4. 既設改造車いすエスカレーターの特長

以下に、今回の開発における問題点とその対策技術について述べる。

4.1 車いす搭載スペースの創出

標準の車いすエスカレーターと一般エスカレーターの下部乗降口の比較を図1に示す。標準の車いすエスカレーター(a)は、車いすを搭載するステップ(以下“特殊ステップ”という。)をフォークによって連結し、傾斜部分でも水平に保って車いすを搭載・搬送している。したがって、フォークによってステップ同士を連結するために、また、車いすが安定して乗り込むために、乗降口に2ないし3枚以上の水平ステップを設けている。

これに対して一般エスカレーター(b)は、図示のように乗降口の水平ステップ枚数は1.5枚程度が標準であるので、乗降口から出た2枚のステップには必ず段差が生じてしまう。したがって、車いすが水平に乗り込めないのと同時にフォークによるステップの連結も不可能な状態となるので、従来のシステムを適用することができなかった。

このような問題点を解決するために、図2に示すようなシステムを考案し採用した。

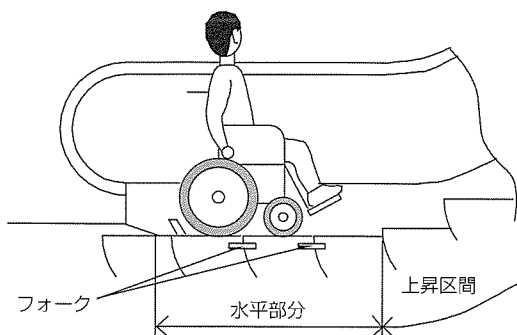
- (1) 連結する特殊ステップ2段が乗降口から出たところでいったんエスカレーターが停止する(図2(a))。
- (2) 後ろ側の特殊ステップ(以下“車止めステップ”という。)の内ステップ(フォークによって結合・支持される部分)を前側の特殊ステップ(以下“フォークステップ”という。)の踏面と同じ高さまで仕掛け装置によって上昇させ、2枚分の水平部分を作り出す(図2(b))。
- (3) フォークステップからフォークを突出させて内ステップと連結し、2枚を水平に支持する(図2(c))。

上記によって車いすを搭載する2枚分の水平スペースを作り出すことができるが、この際に、持ち上げられた内ス

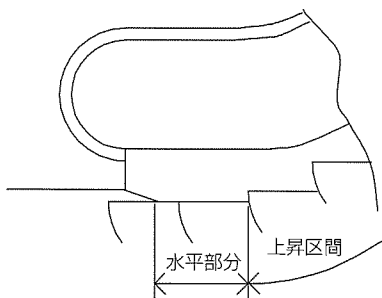
表2. 仕様比較

項 目		既設改造車いすエスカレーター	標準車いすエスカレーター
欄干幅		1200形	
車いす運転方式		専用利用	専用利用/同時利用
車いす積載スペース		2.5枚(水平2枚+傾斜)	3枚(水平3枚)
特殊ステップ 変態方式	乗り込み時	いったん停止後変態動作 (※)	低速移動しながら変態し、 変態後停止
	降車時	停止・降車後復帰動作	停止・降車後復帰動作/ 低速移動中に降車・復帰
乗降口水平ステップ数		主として1.5枚	下部:約4枚, 上部:約3枚
速度(車いす運転時)		乗降口付近7.5m/min, 中間部30m/min	
速度制御		インバーターによる	
盤類の設置(標準)		別部屋機械室に設置	上部機械室内に設置

※上部駆動方式改造タイプは傾斜ステップのみ低速移動しながら変態



(a) 標準の車いすエスカレーター



(b) 一般エスカレーター

図1. 下部乗降口側面図

トップと乗り口の上に50mmの段差が生じる。試験の結果、手動車いすを普通に手で押して乗り越えられる最大段差は10~15mm程度までであり、前輪をかなり浮かせながら押さなければならぬので乗り込み時に不具合が生じる。

これに対しては、内ステップ持ち上げによって後ろ側のステップとの間にできるすき(隙)間から乗り込み台を突出させて段差を解消し、車いすの乗り込み補助としている(図2(c), 図3)。

以上のシステムが既設改造車いすエスカレーターの最大の特長となっている。

4.2 着床精度の向上

特殊ステップが前述の変態動作を行う着床(停止)位置において、フォークステップは上昇区間にある。したがって、着床位置が前後するとフォークステップと車止めステップとの段差も変化するので、余りに段差が変化すると、内ステップが持ち上げられたときにフォークステップと面一にならず、フォークが内ステップにうまく挿入できない不具合が生じる。また、仕掛け装置に設けられている各駆動機構の動作検出スイッチとの相対位置もずれて正確な検出ができなくなるので、着床位置には精度が要求された。

これに対しては、従来着床検出に用いているスイッチ(非接触型)を複数組み合わせることにより、着床位置をゾーンで検出し、停止時に着床ゾーンから外れた場合はエスカレーター本体の微動運転によってリレベル動作をさせ、着床ゾーン内にステップを移動させるようにした。これに

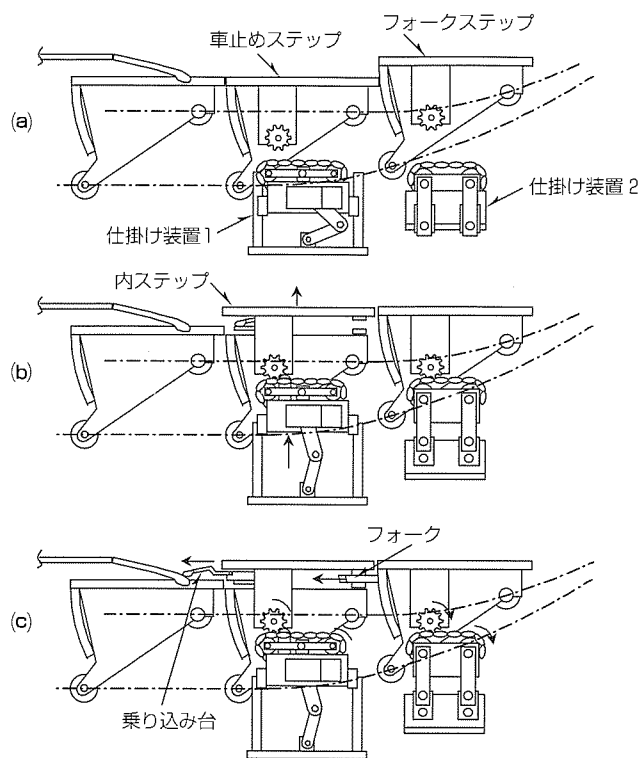
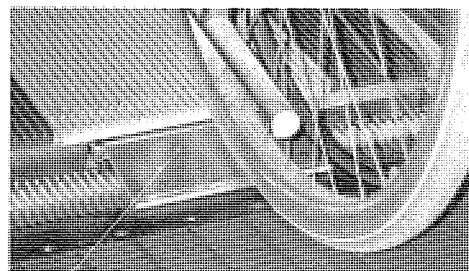


図2. 乗降口における段差対策



乗り込み台

図3. 車いす乗り込み状況

より、新たな検出装置の適用なく着床精度 $\pm 5\text{mm}$ を実現している。

4.3 傾斜ステップ

上記の技術によって車いす搭載スペースを作り出すことができたが、従来の車いすエスカレーターは車いすのフットレストとステップの干渉を避けるためにステップの一部を傾斜させる傾斜ステップをフォークステップの前に設けており、既設改造タイプにおいても同様に傾斜ステップを設けている。傾斜ステップの仕組みはエスカレーターの駆動方式によって異なり、図4に示すようになっている。

(1) 上部駆動方式

従来の車いすエスカレーターと同様の方式を採用しており、図4(a)のように、ステップ中央の一部がステップ先端付近を中心としてそのまま傾斜する方式となっている。

(2) マルチ駆動方式

傾斜部トラス内に駆動機が配置されているので、上記

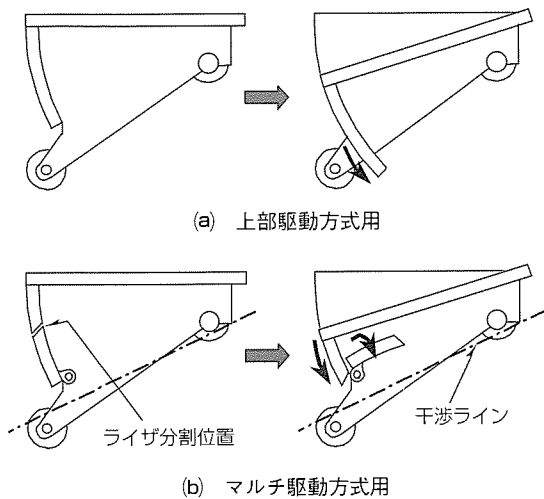


図4. 傾斜ステップ

(1)と同様の方式とすると、傾斜した部分が駆動機と干渉するという不具合が生じる。このため、図4(b)に示すように新たな傾斜機構を開発した。傾斜部分のライザを上下2分割とし、下側部分は支点を中心として内側へ倒れ、同時に上側部分がステップ先端付近を中心としてそのまま傾斜する方式となっている。これにより、干渉ラインから下にライザが出ることなく傾斜させることが可能となっている。

4.4 複数の駆動系

4.1節で述べた車止めステップは、①内ステップを持ち上げる前の外ステップとのロック解除、②乗り込み台の突出、③車いす乗り込み後の車止め突出という三つの機能が必要であり、これらの機構は各々の動作間に内ステップ持ち上げ、車いす乗り込みの動作が入るため一つの駆動系に統合して同時に動作させることができない。

これに対しては、駆動系を独立させ、三つの駆動系を車止めステップ内の限られたスペースに配置させた。また、仕掛け装置1には、図5に示すように、上記三つの駆動系の入力プロケットとそれぞれか(嚙)み合い、独立して駆動する3組の駆動装置と各機構の動作を検出する検出スイッチを配置している。

4.5 トラスの改造手法

仕掛け装置取付け等のために、トラスに対して加工が必要である。また、標準のエスカレーターは、特殊ステップの自重、車いす運転時のレール反力まで考慮されていない。さらに、現場では火器(ガス切断、溶接等)を使うことができない所がほとんどである。

このため、レールについては取替えではなく既存のレールに補強を追加することとし、工期の短縮を図った。また、トラス部材への加工はグラインダ及びドリルを用い、仕掛け装置等の取付け及びレールの補強等はすべてボルト締結とし、火器を使用しない加工方法としている。

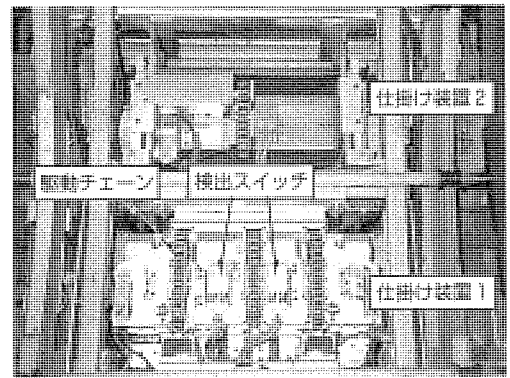


図5. 下部仕掛け装置

表3. トラス寸法比較

単位：mm			
タイプ	上部トラス長さ※	下部トラス長さ	中部トラス深さ
既設改造タイプ	最小2,300	1,980	915
標準タイプ	最小3,010	3,000	1,150

※制御盤類が別部屋設置の場合

5. 今後の展望

車いすエスカレーターは、今後、既設品の改造だけでなく、新規での設置も増加することが予想される。これは、表3に示すように、既設改造タイプは車いす搭載スペースが2.5枚と標準タイプの3枚より小さいが、トラス全長で1,730mm短く、中部トラス深さも235mm浅く省スペースとなっているので、既設の一般エスカレーターと並設で水平ステップ数を合わせる必要がある場合又は設置場所のはり(梁)間寸法が既に決まっていた標準タイプが設置できない場合には車いす仕様での対応が可能となるからである。このような理由による新規での設置の納入実績もある。

また、既設階段の一部を取り壊してエスカレーターを新設する場合に、エスカレーター総幅が従来に比べ150mm小さい省スペース型エスカレーターの需要が多くなっている。今回のエスカレーターはこの150mmの総幅縮小も可能としたので、車いす仕様でありながら全長・全幅において省スペースの実現が可能となった。

6. むすび

以上、既設改造車いすエスカレーターのシステム概要と、キーとなる技術について述べた。

この改造技術によって特に既存の駅舎のバリアフリー化がスムーズに行われ、既設エスカレーターの流用によって資源の有効活用を図れることが期待される。

今後とも、便利で人に優しいエスカレーターの研究・開発に努めていく所存である。

昇降機用回転機の絶縁診断装置 及び絶縁評価支援システム

紺野輝雄*
山田直也*

要 旨

昇降機の機能維持を図るメンテナンスの中で、回転機は最も重要な対象機器である。

昇降機用回転機は、低圧電動機であるが、起動・走行・制御・停止の繰返しによる衝撃や振動等の機械力を受けるだけでなく、課電電圧制御に伴う電氣的熱サイクルによるストレスや湿度、じんあい(塵埃)等の環境要因なども加わって、複合的な劣化現象を呈し、絶縁特性が徐々に低下し、絶縁破壊故障を引き起こすことがある。したがって、絶縁診断は、回転機のメンテナンスで欠かせない重要な作業である。

従来の絶縁診断ではメガーによる絶縁抵抗測定が主流で、詳細診断になると絶縁抵抗の測定に加えて直流吸収電流や誘電正接のデータ採取が必要となり、その作業に手間が掛

かり、特に、劣化度の判定には高度な専門知識を必要とするため、現場では多用されていなかった。そこで、納入後20年を超える三菱電機製の昇降機台数が増加している状況を踏まえて、昇降機保守員でも容易に回転機の絶縁劣化の診断ができる支援システムを開発した。

新たに開発した支援システムは、昇降機用回転機の詳細な絶縁データを簡単に採取できる絶縁診断装置と、そのデータを分析し絶縁劣化度や残存寿命診断を判定するエキスパートシステムソフトウェアを移植したパソコンで構成されている。このエキスパートシステムは、ファジー理論を採用した絶縁評価システムと、蓄積した絶縁データの実績に基づく診断ルールで構築した余寿命推定システムで構成している。本稿では、その支援システムの概要を紹介する。

〈診断装置の外観〉

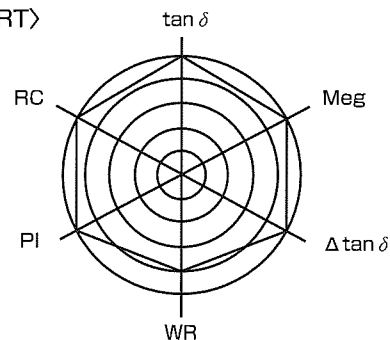


〈診断装置の主機能〉

1. 絶縁抵抗測定機能
 - 測定範囲: 0.1~10,000M Ω
 - 測定電圧: 予備測定 DC250V(1分間課電)
本測定 DC500/1,000V選択(1分間課電)
 - 精 度: 各1けたフルレンジの $\pm 5\%$
2. 電流測定機能
 - 測定範囲: 0.01 μ A~10mA
 - 測定電圧: DC500/1,000V選択
 - 精 度: 各1けたフルレンジの $\pm 5\%$
3. $\tan \delta$ 測定機能
 - 測定範囲: 0.1~60%, 1~100nF
 - 測定電圧: DC500/1,000V選択 50Hz/60Hz
 - 精 度: 読みの $\pm 3\%$

〈診断結果の表示例〉

〈RADAR CHART〉



〈測定値〉

- Meg : 850.00 (M Ω)
- WR : 1.30
- PI : 1.90
- $\tan \delta$: 2.70 (%)
- $\Delta \tan \delta$: 0.20 (%)
- RC : 5.19 (Ω F)

*** 診断結果 ***

- 【劣化状態】 ●適正な修理保全により、現状では特に異常は見られない。
- 【劣化形態】 ●汚損劣化がある。
●吸湿の兆候はない。
- 【処 置】 ●絶縁状況は良好だが、機器が20年を経過しているため、1~2年後をめぐりして再診断による判定を要する。

絶縁診断装置と診断結果表示例

左の図は昇降機用低圧回転機の絶縁診断をより的確に行うために開発された絶縁診断装置であり、右の図は現場データ800例以上の分析に基づき構築した絶縁評価支援システムを使って診断装置で測定されたデータを分析・診断した結果の表示例を示す。

1. ま え が き

昇降機には駆動機器として直流電動機や誘導電動機等の回転機を使用しているため、回転機のメンテナンスは最も重要な作業であり、その品質評価として欠かせない主作業が回転機の絶縁診断である。

昇降機用回転機は、低圧電動機であるが、起動・走行・制御・停止の繰返しによる衝撃や振動等の機械力を受けるだけでなく、課電電圧制御に伴う電氣的熱サイクルによるストレスや湿度、塵埃等の環境要因なども加わるなど種々のストレスを受け、長い年月の間に絶縁特性が次第に低下し、最終的に絶縁破壊を引き起こすことがある。

三菱電機ビルテクノサービス(株)では、昇降機の予防保全の観点から、顧客との契約に基づいて定期的なメンテナンスによって劣化要因を軽減させるほか、24時間の遠隔監視装置によるモニタリングを行い、いわゆる状態監視によってオーバーホール等の必要な措置を実施している。

今回、手間の掛かるデータ採取及び高度な技術を要する回転機の絶縁診断を保守員が現場で短時間の作業で自動的に診断できる診断装置と絶縁評価システムを開発したので、その概要を紹介する⁽¹⁾⁽²⁾。

2. 絶縁診断装置の概要

2.1 装置開発の背景

従来から、昇降機用の回転機では、電圧階級が500V以下の低圧電動機であることから、絶縁診断の管理指標には500/1,000Vメガ測定による絶縁抵抗を主な指標として傾向管理をしてきた。一方、精密診断では、誘電正接の測定や交流電流試験による直流分の計測などを実施する場合があるが、機材が多様にまたがり作業性が悪いため、現場に多用されることは少なかった。

このような背景を踏まえて、新しく開発した絶縁診断装置の基本設計には、以下の諸点を取り入れた。

- (1) 通常絶縁抵抗(Meg)1分値計測に加えて、絶縁抵抗値測定以外の試験も1台の装置で行う。
- (2) 上記試験として、回転機に使用される絶縁材料の特性をよりの確に示す直流吸収電流(漏れ電流の減衰特性)や成極指数(直流吸収電流の減衰指数:PI)の計測、さらに、交流誘電正接(tan δ)及びその電圧依存性の計測を行う。
- (3) 現場での使用を勘案し、Meg→吸収電流→tan δの試験を結線換えせずに自動的に行う。
- (4) 得られたデータを現場で直ちに作表・作図して顧客への提示を可能とするため、パソコンで診断装置を遠隔制御し、かつフロッピーディスクにデータを記録させて検索及び詳細な解析を行う。

2.2 絶縁診断装置の機能

開発した絶縁劣化診断装置を使用して現場で絶縁データ

を測定している状況を図1に示す。

診断装置本体の仕様と主な機能は次のとおりである。

- (1) 本体仕様
 - 大きさ：(W)429×(H)318×(D)170 (mm)
 - 質量：8.5kg
 - * データ検索及び診断用パソコンと連結
- (2) 測定機能
 - (a) 絶縁抵抗測定機能
 - 測定範囲：0.1~10,000MΩ
 - 測定電圧：予備測定 DC250V(1分間課電)
本測定 DC500/1,000V選択(1分間課電)
 - 精度：各1けたフルレンジの±5%
 - (b) 電流測定機能
 - 測定範囲：0.01μA~10mA
 - 測定電圧：DC500/1,000V選択
 - 精度：各1けたフルレンジの±5%
 - (c) tan δ測定機能
 - 測定範囲：0.1~60%, 1~100nF
 - 測定電圧：DC500/1,000V選択 50Hz/60Hz
 - 精度：読みの±3%

2.3 診断データ事例

(1) データの測定

この装置は、パソコンと連動して、絶縁抵抗(Meg)と直流吸収電流及び交流誘電正接(tan δ)の測定を、図2に示すように、連続して自動的に行う。

(2) 測定結果

測定結果は、連結されたパソコンから顧客にも分かりや

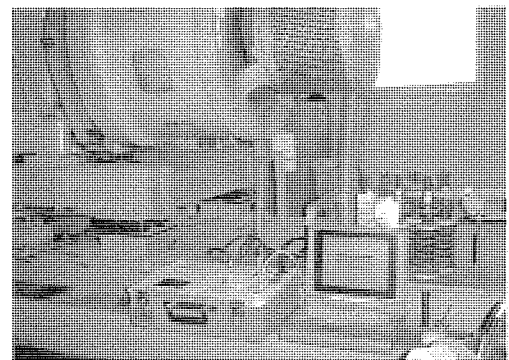


図1. 回転機の絶縁測定実施状況

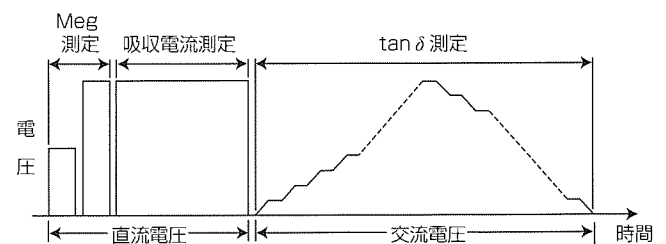


図2. 絶縁診断装置の課電シーケンス

すい形式の所定フォーマットで出力される。

図3は収録されたデータを検索し出力した帳票絶縁特性測定結果の表示例であり、10項目前後の測定条件を併記した上で作図・作表される。

絶縁抵抗測定では、予備測定電圧250Vと通常測定電圧500VでのMeg 1分値とともに、両者の比である弱点比が表示される。弱点比は供試機の絶縁劣化が進むと1より大きくなる傾向がある。

吸収電流測定では10分間の測定時間内で3秒間隔で200点のデータをベースに吸収波形が表示される。代表的な時点での電流値12点がプロット及び代表されるとともに、1分値と10分値からPI値が演算表示される。PI値は、絶縁の

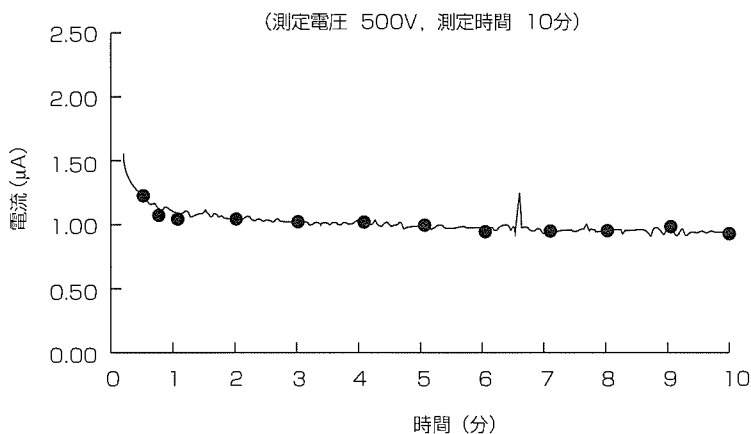
劣化とともに1.5～3程度から1に近づき、場合によっては1以下となることもある。

$\tan \delta$ の測定画面では電圧上昇及び下降時に各11ステップで $\tan \delta$ 値が記録される。電圧依存性の図では上昇時データを●ポイント表示線、下降時データを■ポイント表示線で示しており、 $\tan \delta$ 、($\%$)、 $\Delta \tan \delta$ 、($\%$)、 C_0 、(nF)、 ΔC が演算されて併記される。絶縁の劣化が顕著となるほど $\tan \delta$ 値は大きくなるほか、右上がりの電圧特性を示すので $\Delta \tan \delta$ が大きくなったり、上昇線と下降線の差であるヒステリシスの特性が出やすい傾向がある。

所見欄には測定結果についての考察を記載できるように配慮している。

営業所	: K営業所	製造年月	: 1973年2月	絶縁抵抗測定	予備測定	測定電圧	250 (V)	測定時間	60 (秒)	452 (M Ω)
契約種別	: MF	測定年月	: 2000年11月7日	通常測定	測定電圧	500 (V)	測定時間	60 (秒)	463 (M Ω)	
管理No.	: 11234	ビル名	: Aビル	弱点比	1.0					
号機	: 02	天候	: 曇り							
機種	: DMN	温度	: 28.0(°C)							
型名	: MG246DB	湿度	: 67(%)							
測定部位	: 固定子	環境	: 良							

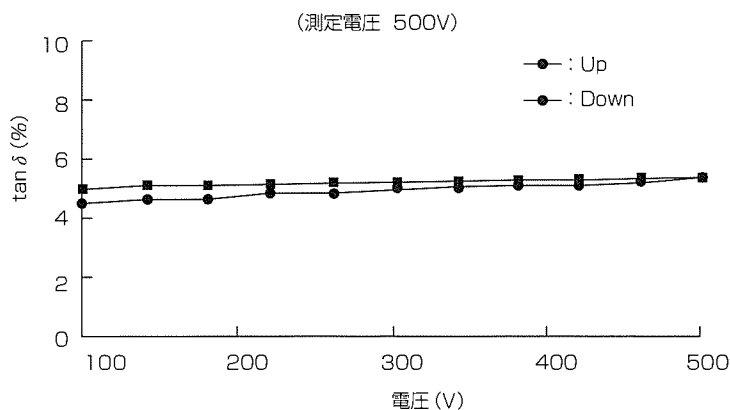
<PI測定>



時間 (分:秒)	電流 (μA)
00:30	1.23
00:45	1.10
01:00	1.08
02:00	1.05
03:00	1.02
04:00	1.02
05:00	1.00
06:00	0.970
07:00	0.950
08:00	0.950
09:00	0.980
10:00	0.940

PI=1.2

< $\tan \delta$ 測定>



電圧 (V)	$\tan \delta$ (%)	
	Up	Down
100	4.45	4.95
140	4.51	5.01
180	4.59	5.06
220	4.73	5.10
260	4.81	5.14
300	4.88	5.18
340	4.95	5.21
380	5.01	5.24
420	5.07	5.26
460	5.13	5.28
500	5.28	5.28

$\tan \delta = 4.45(\%)$
 $\Delta \tan \delta = 0.83(\%)$
 $C_0 = 71.0(\text{nF})$
 $\Delta C = 0.00(\text{nF})$

<所見> 絶縁測定値からは良好に見えますが、PI測定及び $\tan \delta$ の測定結果から考察すると汚損劣化の兆候と、ボイドの発生から吸湿しやすい状態になっております。

図3. 絶縁特性測定結果の表示例(Aビル実施例)

3. 絶縁劣化の評価支援システム

3.1 システム開発の背景

長期間にわたる運転によって経年劣化した回転機の絶縁性能の評価は、診断装置による非破壊データのほかに当該回転機の目視点検結果や運転履歴を踏まえて総合的に判断しなければならないことから、これまで、経験の豊富な限られた専門家にゆだねられていた。

しかしながら、近時の診断対象となる昇降機台数の増加につれて、保守員が対応しなければならない状況になっている。そのような背景により、高度な技術を持つ専門技術者でなく昇降機保守技術者でも、開発されたこの診断装置を使用して専門技術者が評価するレベルに近い診断所見が得られるような絶縁劣化の評価支援システム“絶縁劣化診断エキスパートシステム”を開発した。

3.2 システムの概要

今回開発した絶縁劣化診断エキスパートシステムは、劣化分析・評価にファジー理論を採用した絶縁評価システムと、過去から蓄積してきた数百例の実績データに基づく余寿命推定システムで構成された業界でも画期的なシステムである。

(1) 絶縁評価システム

このシステムでは、絶縁診断装置から得られた測定データと目視点検結果を画面入力することによって(図4、図5)、絶縁診断に関する専門技術者が実施した事例に基づく診断ルールに沿って仮説-検証型の絶縁評価推論を演算し、ファジー理論による絶縁劣化の度合い(判定グレード)を求めて中間結論が誘導される。

なお、劣化判定グレードの決定に当たっては、予防保全の立場を考慮して、安全サイドの結論になるようにmax~min演算によるファジー理論の合成則を採用した。

この絶縁評価システムによる診断結果を劣化状態と劣化形態について簡潔に表現するとともに、客先に提言する処置についても明記した資料を出力する。

このシステムを適用したBビルにおける実施例を、要旨のページの右の図に示す。

(2) 余寿命推定システム

このシステムの開発に当たり、絶縁診断装置で実測された6項目の絶縁特性データ820件と絶縁破壊電圧(BDV)の測定データ150件との相関性の調査・分析を行った。その結果、絶縁評価システムによって得られた各測定値に対する劣化判定グレードの平均値と、回転機を構成する電機子・界磁・固定子・回転子などの各部位のBDV値が、比較的良い相関を持つことが認められた。

したがって、この相関性を利用して、診断部位別に各々の回帰直線を求めて、残存のBDVを求め、余寿命を推定することができる。

[測定値の入力]	
1. 絶縁抵抗値	=850.00 ____ (MΩ)
2. 弱点比	=1.30 ____
3. 成極指数	=1.90 ____
4. $\tan \delta$	=2.70 ____ (%)
5. $\Delta \tan \delta$	=0.20 ____ (%)
6. C(100V)	=6.10 ____ (nF)

図4. 測定値の入力画面(Bビル実施例)

[目視点検]			
結果を選択して下さい			
1. ダストの堆積	yes	no	unk
2. ダストの付着による目づまり	yes	no	unk
3. 油汚れやグリスの漏れ	yes	no	unk
4. 絶縁物の枯れ	yes	no	unk
5. ゴム電線のクラック	yes	no	unk
6. ゴム電線の変色	yes	no	unk
7. ゴム電線の硬化、膨潤	yes	no	unk
8. バインド部のクラック	yes	no	unk
9. $\tan \delta$ のヒステリシス現象	yes	no	unk

図5. 目視点検結果の入力画面(Bビル実施例)

図6は、Cビルで実施した余寿命判定システムによって求められた電機子部位の残存寿命を示した出力帳票の表示例である。

測定結果で得られた劣化判定グレードを解析し、今後推移するであろう劣化グレードと残存BDVと劣化グレードの統計的回帰直線から、低BDV側の95%、90%、50%の信頼度における残存寿命を推定している。

90%信頼度なら、200台中190台が寿命に達する。

95%信頼度なら、200台中195台が寿命に達する。

一般的に機器寿命を語る場合、90~95%程度の確立でうんぬんすることが多く、軸受寿命でもこの信頼度を用いている。

4. む す び

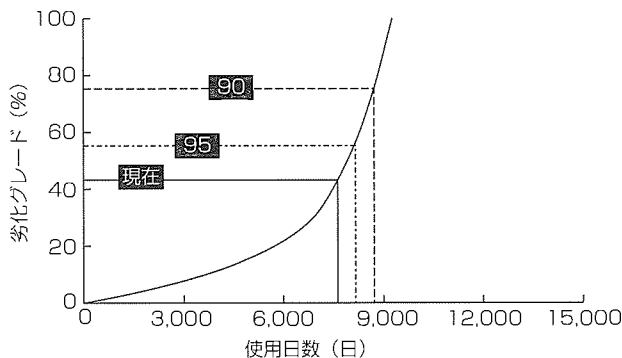
昇降機などに用いられる低圧回転機の絶縁診断をより的確に行うため、絶縁抵抗に加えて吸収電流の特性及び $\tan \delta$ の電圧依存性を1台の測定器で計測できる診断装置を開発した。

各試験項目は診断アルゴリズムに沿って全自動的に遂行されるので、項目ごとに結線換えしたり電圧の切換え・調整、時間の計測等をせずに簡易的に現場で測定できるほか、パソコン画面上に計測結果を迅速に自動作表・作図できる等の特長を持っている。

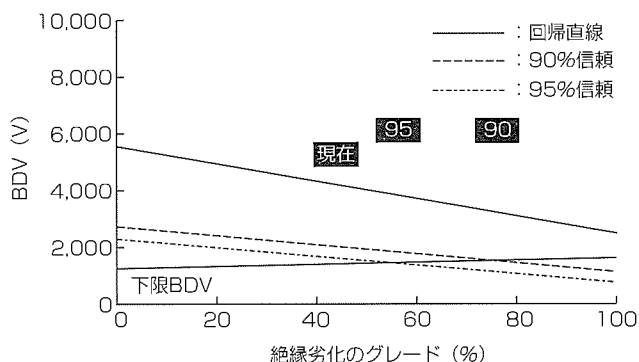
また、ファジー推論を用いたエレベーター用回転機の絶

ビル名	: Cビル	〈残存破壊電圧〉	
アクセスナンバー	: 12345	50%信頼度	: 2,537V
号機	: 01	90%信頼度	: 595V
型名	: 175CS	95%信頼度	: 198V
診断部位	: 電機子	〈推定残存寿命〉	
製造年月	: 1980-4	50%信頼度	: 5.5年 (2,010日)
測定年月日	: 2001-4-3	90%信頼度	: 3.0年 (1,105日)
診断指標数	: 6	95%信頼度	: 1.4年 (494日)
定格電圧	: 220V		
使用日数	: 7668日		

〈残存寿命の統計予測〉



〈残存BDVの低減予測〉



〈所見〉残存寿命判定の結果は寿命期に達しつつある状態です。絶縁物は経年的熱劣化等によって枯れた状態であり、1～2年以内に機器の取替えが必要です。

図6. 残存寿命推定結果の表示例 (Cビル実施例)

縁劣化診断のエキスパートシステム及び余寿命推定システムを紹介した。このシステムを用いてエレベーター用回転機の絶縁劣化診断を行った結果は、劣化状態・劣化形態・対応処置などのコメントに関して高い確率で専門家の下した診断所見と合致すること、また推定された残存BDVと現地測定のBDVの相関性が良好であることが検証された。

今後、絶縁診断装置及び絶縁評価支援システムの活用により、更なる有効性の確認と、その適用拡大によって、回転機の信頼性の確保、及び計画的な修理・更新計画についての客先提案に寄与させる。

参考文献

- (1) 金古喜代治, 大島浩嗣, 山田直也, 飯島敏夫: ファジィ理論を導入したエキスパートシステムによる昇降機用回転機の絶縁診断, 電気学会論文A, 112, No.11, 931~937 (1992)
- (2) 山田直也, 佐藤重美: エレベーター用回転機の絶縁診断装置及び絶縁評価システム, 安全センターニュース, 日本昇降機安全センター, No.80 (1994-4)



特許と新案 * * *

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

金属装飾板およびその製造方法 (特許 第2957864号, 特開平7-102733号)

発明者 牧野克己, 森 顕伸

この発明は、エレベーターのかご室の壁材や乗り場の戸などの金属装飾パネルに使用される金属装飾板及びその製造方法として開発されたものであるが、広く一般の金属装飾板に利用できる技術である。

従来の金属装飾パネルでは、金属板の表面に防せい(錆)塗装層を形成した後、スクリーン印刷により、金属板素地の表面に模様や単色の着色を施す方法が一般的に多く用いられてきた。

しかし、スクリーン印刷では、次のような問題点がある。

- (1) 加工工程が多く複雑であり、製造に多くの時間を要する。
- (2) 複数色の模様を形成する場合には、色数と同数のスクリーン版を要し、かつ重ね塗りするため工程数も増える。
- (3) 模様を変えるたびにスクリーン版を製作する必要があるため、製造コストが高くなる。
- (4) インク模様層は点状又は点が連結した面状にほぼ均一に塗布されているだけであるため、仕上がりが模様面が平坦(坦)で深みがなく、質感の表現ができない。
- (5) スクリーン印刷では解像度が粗いため、近くで見る金属装飾板としては不向きである。
- (6) パネル側面にインク模様を形成するのは困難である。金属板素地を曲げ加工した後にスクリーン印刷でインク模様層を形成するため、パネル側面にはインク模様層が形成できない。平板状の金属板素地に同様のスクリーン印刷を行った後に曲げ加工を行うと、インク模様が割れてしまう。

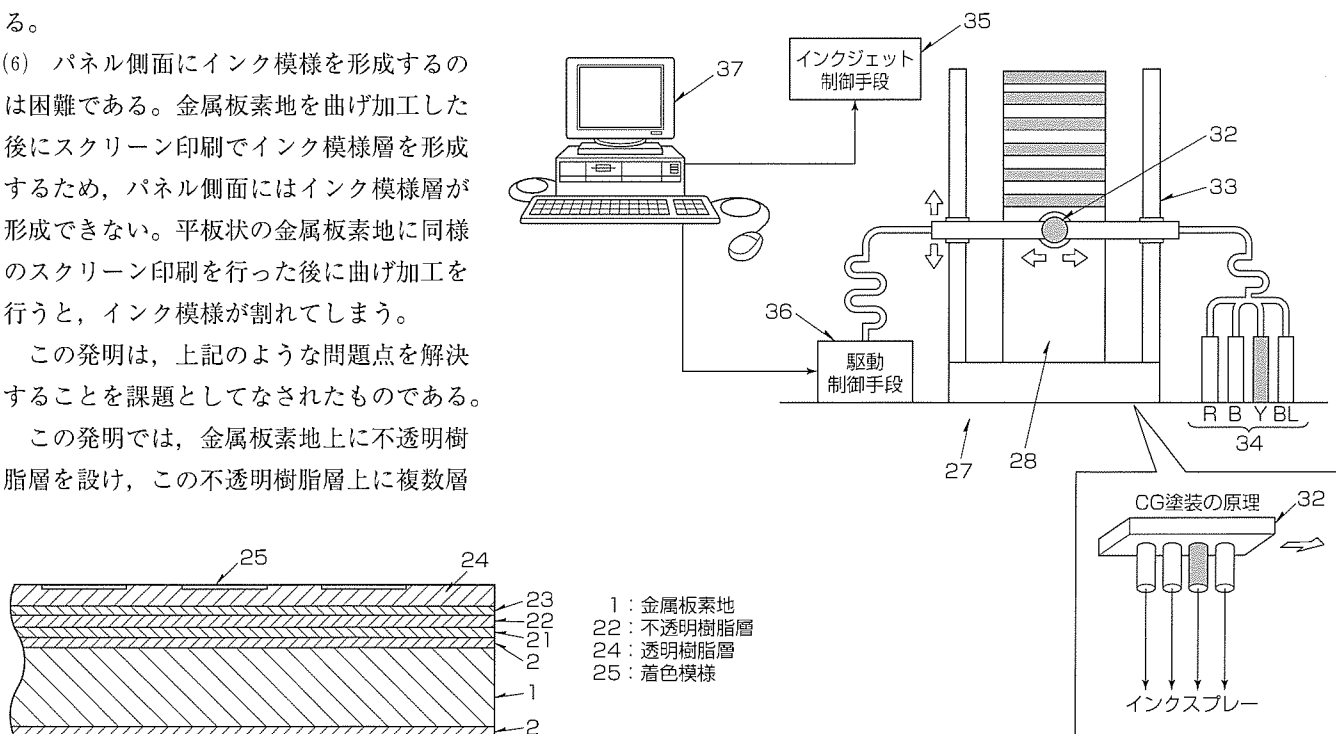
この発明は、上記のような問題点を解決することを課題としてなされたものである。

この発明では、金属板素地上に不透明樹脂層を設け、この不透明樹脂層上に複数層

の透明樹脂層を設け、これらの透明樹脂層の内部にそれぞれ後述の転写シート上に所定の模様を形成された昇華形着色材を加熱加圧転写によって入り込ませて着色模様を形成する。

ここで、転写シートは、インプット用スキャナやインプット用パソコン等によって作成されたデータを、コンピュータ(37)を介して、インクジェットプリンタ(27)のインクジェットノズル(32)の位置や供給するインク等の色、量などを制御して、R(レッド)、B(ブルー)、Y(イエロー)、BL(ブラック)の各色のインクを転写紙(28)に噴射して形成する。

このようにして製造された金属装飾板は、インクジェットプリンタによって印刷された解像度の高い(7~15ドット/mm)着色模様を金属板素地上に形成することができ、従来のスクリーン印刷に比べて、加工工程が簡単で製造時間が短縮されるとともに製造コストが低減される。また、昇華形着色材を透明樹脂層に入り込ませるので、発色性が良く、かつ耐光性及び耐摩耗性に優れており、折り曲げた面に対しても着色模様を設けることができる。



- 1: 金属板素地
- 22: 不透明樹脂層
- 24: 透明樹脂層
- 25: 着色模様



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

エレベーターの車椅子用運転装置 (特許 第2903060号, 特開平6-305646号)

発明者 吉田研治

この発明は、エレベーターの車いす(椅子)用運転装置に関するものである。

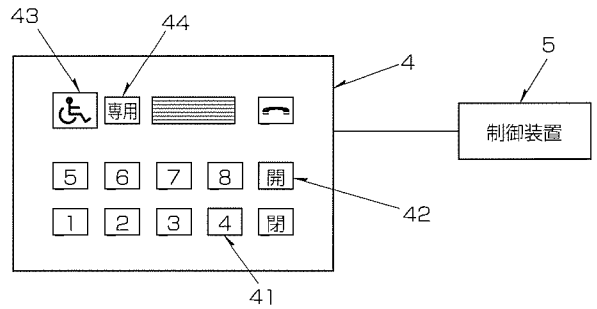
エレベーターの車椅子用運転装置では、車椅子専用操作盤を操作すると、車椅子用運転が行われて戸の開放時間を長くする。しかし、従来のエレベーターの車椅子用運転装置では、一般健常者が不注意等によって一般のかご操作盤でなく身障者マークが設けられている車椅子専用操作盤を操作することがある。このようにして誤用された場合には、前述の車椅子用運転が行われるため戸の開放時間が長くなり、各階での停止時間が長くなり、エレベーターの運転効率が損なわれるという問題点がある。

この発明は、上記のような問題点を解決することを課題としてなされたものである。

この発明では、エレベーターかご内に身障者マークと、この身障者マークの近傍に配置された専用ボタン及びこの専用ボタンに設けられた応答ランプを有する車椅子専用操作盤とを設け、次のように運転を切り換えるようにした。

専用ボタンを押圧してから所定時間内に押された行き先

ボタンの押圧のみを有効として車椅子用運転とし、当該行き先階に着いたときには戸の開放時間を長くする。もし専用ボタンが押圧されずに行き先ボタンが押圧されたときにはエレベーターを通常運転とする。健常者は悪戯でない限り専用ボタンを押すことはないので、一般健常者が車椅子専用操作盤を誤用しても各階でのエレベーターの停止時間が長くなることはなく、エレベーターの運転効率が低下することを防止できる。



4：車椅子専用操作盤 43：身障者マーク
41：行き先ボタン 44：専用ボタン

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.76 No.1 「技術の進歩」特集

特集論文

- 研究・開発
- 発電・産業及び公共
- 系統変電及び電気鉄道
- 昇降機及びビル設備
- 宇宙・衛星及び電波応用
- 通信

- 情報
- 映像情報
- 住環境
- FA及び産業メカトロニクス
- 自動車機器
- 半導体・電子デバイス

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 井手 清</p> <p>委員 中村 治樹 畑谷 正雄 吉原 孝夫 栗原 幸志 村松 洋 松本 修 浜 敬三 安福 正樹 西谷 一治 中島 克人 荒木 政敏 河内 浩明 山本 比呂志</p> <p>幹事 名畑健之助</p> <p>12月号特集担当 村松 洋</p>	<p>三菱電機技報 75巻12号 2001年12月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2001年12月25日 発行</p> <p>編集人 井手 清 発行人 名畑 健之助 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話 (03) 3437局2692</p> <p>印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03) 3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
<p>URL http://www.melco.co.jp/giho/</p>	<p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>

三菱電機技報 (2001年 第75巻) 総目次

1号	21世紀を創るキーテクノロジー	5号	特集「環境技術」	10号	特集「生産技術」
2号	特集「機械系設計業務の革新」		特集「放射線計測技術」	11号	特集「広がりゆくマイクロマシン」
	特集「マルチメディア情報流通技術」	6号	特集「新たな飛躍段階を迎えたパワーデバイス」		特集「最新のビルシステム」
3号	特集「IT時代におけるLSI」	7号	特集「ハイテク時代の精密放電加工機」	12号	特集「昇降機」
	特集「三菱保護リレーMELPROシリーズ」	8号	特集「インテリジェント変電所システム」		
4号	特集「産業用省エネルギーソリューション」		特集「新外鉄形変圧器」		
	特集「情報システムソリューション」	9号	特集「エネルギーソリューション」		

“21世紀を創るキーテクノロジー” 特集

号	ページ	号	ページ
巻頭言	1 … 4	7. 情報関連機器・システム	1 … 72
カラートピックス・社外技術表彰	1 … 8	8. 映像情報関連機器・システム	1 … 82
1. 研究・開発	1 … 33	9. 住環境機器・システム	1 … 85
2. 発電及び産業・公共関連機器・システム	1 … 47	10. FA及び産業メカトロニクス関連機器・システム	1 … 89
3. 系統変電及び電気鉄道関連機器・システム	1 … 54	11. 自動車関連機器・システム	1 … 95
4. 昇降機とビルシステム関連機器・システム	1 … 59	12. 半導体と電子デバイス	1 … 98
5. 宇宙及び衛星通信、電波応用関連機器・システム	1 … 63	社外技術表彰一覧・総目次	1 … 104
6. 通信関連機器・システム	1 … 67		

特集論文

特集 I「機械系設計業務の革新」

1. 機械設計業務の革新	木村富蔵・昔農正敏・坂井英明	2 ……116
2. デザイン開発における三次元CADの活用とその効果	土門良裕・別府 智・河原林源太	2 ……120
3. 衛星開発デジタルイノベーション	佐藤 博・塚本英彦・戸塚正弘・川口浩知	2 ……124
4. 携帯電話機機構設計の革新	宮崎政行・藤原一郎・西村浩之・伊藤順子・井上孝之	2 ……128
5. 変圧器への三次元設計適用	前川弘文・山端教夫・中山英二郎	2 ……132
6. 偏向ヨークにおける三次元設計の活用	野口正雄・牧野 修	2 ……136
7. 設計技術者用CAEシステム利用環境	羽下誠司・清水映吾・磯谷拓郎・福島康之	2 ……140
8. 三次元CADデータ管理システム	勝山恒吉・三橋正人・岩本直子・蓮池節夫	2 ……144
9. 三次元CADの利用普及推進策	岡田克巳・遠田治正・大野真里	2 ……148

特集 II「マルチメディア情報流通技術」

1. マルチメディア情報流通技術の現状と当社の取組	澤本 潤・臼井澄夫・居駒哲夫・阿倍博信	2 ……156
2. マルチメディア情報配信システム“MEDIAGATE”と応用システム	土田泰治・持田英男	2 ……160
3. コンテンツ衛星配信サービス“HitPopsサービス”向け配信システム	脇本浩司・吉田 浩・稲垣尚史・福田 築	2 ……164
4. マルチメディア情報流通技術を応用したコンテンツビジネスへの取組	緑川哲史・大樫仁司・磯西徹明・前原秀明・渡邊隆俊	2 ……168
5. マルチメディア情報流通を支えるMPEG技術	浅井光太郎・加藤嘉明	2 ……173
6. 地図連動型映像検索システム	田中 聡・柴山純一・嶺岸則宏	2 ……177

特集 I「IT時代におけるLSI」

1. 先端LSIプロセスの技術動向	犬石昌秀	3 ……184
2. 1.8V, 2.5GHz動作マルチプレクサ/デマルチプレクサM69897VP/M69899VP	吉村 勉・和田佳樹・松本拓治・高相 純・久保和夫	3 ……188
3. 携帯機器向けカラー人工網膜LSI	原 邦彦・近藤由和・久保洋士・新田嘉一・久間和生	3 ……192
4. 高性能32ビットマイコンM32C/83グループ	山崎貴志・中村和夫・藤高繁明・新田康彦・野口達也	3 ……196
5. フラットパネルディスプレイ向けピクチャプロセッサM6661×FPシリーズ	坂下和広・杉浦博明・西 春彦・松本 誠・島川和弘	3 ……200

6. 0.18 μ m 128Mビット ダブルデータレートSDRAM	吹上貴彦・池田 豊・岩本 久	3	204
7. CPU内蔵ASICの短期開発を可能にするプラットフォームベース設計手法	東田基樹・安藤智子・野田知義	3	208
8. システムLSI用クロック分配回路設計及びスキュー解析用CADツール	寺井正幸・金本俊幾・小谷 健・柴山泰範	3	212
9. LSI解析技術	小守純子・小山 徹・吉田映二	3	216
10. LSIの鉛フリーの現状と将来	山本健司・村上智博・辛嶋 崇	3	220

特集Ⅱ「三菱保護リレー-MELPROシリーズ」

1. 電力系統保護リレー技術の動向と革新	東 信一・辻倉洋右・安斉俊夫	3	226
2. MELPRO-CHARGEの基本構成	磯松信夫・片山善博・須賀武彦	3	230
3. MELPRO-CHARGEの要素技術	佐藤 廣・大園賢志・高良 卓・高島一樹	3	233
4. MELPRO-CHARGEのソフトウェア生産環境MELPRO-SAVE	高野富裕・山根定章・田中靖之	3	237
5. MELPRO-CHARGEの実用化展開 —— 中部電力(株)向け77kV距離継電装置フィールド機への適用 ——	伊藤正弘・阿部高久・長澤 宏・関口延夫・伊藤健司・中川弘樹	3	240
6. 配電線保護リレー-MELPRO-DASH	細井真知夫・上田豊樹・藤田和芳	3	242

特集Ⅰ「産業用省エネルギーソリューション」

1. 最近の産業分野における省エネルギーソリューションの現状と技術動向	有信一郎	4	248
2. ネットワーク対応計測表示ユニット付きブレーカ	川上淳一・土本雄二・広常弘二	4	253
3. ネットワーク対応電力計測ユニットと電子式指示計器	金川仁士	4	257
4. 省エネルギー管理用省エネデータ収集サーバ“EcoServer”	徳丸 進	4	261
5. 省エネルギーインバータ	松波敏昭	4	265
6. スーパー高効率油入変圧器	藤井二郎・南井良文	4	269
7. 高効率モータ	倉田裕次・吉野 裕	4	273
8. Web応用省エネルギー管理システム	木田幸夫	4	277
9. ITによる省エネルギー支援システム	大内定美・馬場孝夫	4	281

特集Ⅱ「情報システムソリューション」

1. Co.Solutionによるe-ビジネスへの取組	桜田 孝・松岡恭正・金山茂敏・小川義高	4	285
2. e-ビジネスの核となるERPソリューション	綿貫 寛・稲垣洋光・菊池正浩	4	289
3. e-ビジネスCRMソリューションへの取組	佐々木 誠・二井正雄・藤原聡子・鈴木克志・角谷 徹	4	293
4. 企業間電子商取引ソリューションへの取組	飯島康雄・吉田 稔・佐伯正夫・真下一久・松田昇平	4	297
5. 統合運用管理ソリューションへの取組	虎渡昌史・勝山光太郎・林 博之	4	301
6. e-ビジネス時代の新オフィスサーバEntranceシリーズ	黒田健児・白井健治・塚本久雄	4	305

特集Ⅰ「環境技術」

1. 環境に関する研究開発の現状と展望	肥塚裕至	5	312
2. 東浜リサイクルセンターにおける電気製品の高度マテリアルリサイクル	松村恒男・藪 重洋・井関康人	5	316
3. プラスチックのリサイクル技術	村上 治・藤田章洋	5	320
4. 製品の環境対策への取組	高橋徹也・松村恒男	5	324
5. 簡易DFD手法による家電品の設計	永友秀明	5	328
6. 製品アセスメント適用推進への取組とFA製品における適用事例	大山年郎	5	331
7. オゾンを用いたLCD用レジスト剥離技術	堀邊英夫・野田清治・片岡辰雄	5	335
8. 過酸化水素添加オゾン処理法による地下水浄化装置	古川誠司・安永 望・廣辻淳二・宇野淳一・安居院憲彰	5	339
9. 多結晶シリコン太陽電池の製造方法の改善と高効率化	有本 智	5	343
10. 環境統合情報システム	内藤知子・酒井雅朗・竹内 充・中村 馨・小林正幸・上田敏晴	5	347

特集Ⅱ「放射線計測技術」

1. 放射線計測に関する技術の現状と展望	早川利文	5	352
2. 新型放射線管理システム	茂木健一・浦中康夫・藤田和彦	5	356
3. 半導体型放射線センサ	今川清作・泉 伸幸・西沢博志	5	360

4. 光ファイバ応用放射線検出システム	西浦竜一・浦中康夫・泉 伸幸	5	364
5. がん治療用深部線量分布測定装置	西沢博志・泉 伸幸・水島直大	5	368

特集「新たな飛躍段階を迎えたパワーデバイス」

1. 21世紀を迎えたパワーデバイスの展開	塚本克博・川上 明・森 敏	6	376
2. 次世代IGBT(CSTBT)	高橋英樹・佐藤克己・友松佳史	6	381
3. 1,200V NPTトレンチIGBT	中村勝光・楠 茂・中村秀城	6	385
4. 高機能パワーIC — BiC-DMOS —	寺島知秀・畑迫健一・日根史郎	6	389
5. 低オン抵抗第六世代低圧MOSFET	檜崎敦司・瓜生勝美・守谷純一	6	393
6. 小容量モータ駆動用トランスファモードIPM	岩崎光孝・岩上 徹・戸田 均	6	397
7. 第四世代低損失IGBTモジュール“Fシリーズ”	山田順治・松岡 徹	6	401
8. S-DASHサーボIPM“CBシリーズ”	五十嵐 尚・船久保信昭	6	405
9. HEV用IPMの技術展開	深田雅一・ゴープ・マジュムダール・前川博敏	6	409
10. 4.5kV HVIGBTモジュールシリーズ	石井一史・近井 智・望月浩一	6	413
11. GCTサイリスタのシリーズ開発	徳能 太・倉地和博・山口義弘	6	417
12. パワーモジュールパッケージの技術動向	篠原利彰・榊田久雄・太田達雄	6	421
13. パワーデバイスの信頼性試験動向	内田 誠・井上和美	6	425
14. パワーモジュール高信頼性設計のための解析・シミュレーション技術	菊永敏之・大井健史・碓井 修	6	429
15. SiC-MOSFET素子技術	大塚健一・樽井陽一郎・今泉昌之	6	433

特集「ハイテク時代の精密放電加工機」

1. 新しい放電加工の出現と将来性	毛利尚武	7	440
2. 放電加工機の最新技術動向と将来への課題	富本直一・新開 勝・毛呂俊夫	7	445
3. 形彫放電加工機EAシリーズによる高精度金型加工	加藤木英隆・赤松浩二・小川 元・中川孝幸	7	449
4. 半導体向け超精密ワイヤ放電加工機“PX05”	眞柄卓司・大場信昭・佐藤清侍・岩田明彦	7	453
5. 半導体向け超高精度細穴放電加工機“VH10”	湯澤 隆・金谷隆史・佐々木史朗・今井祥人	7	457
6. 放電加工機現場へのIT実用化技術	七澤禎文・高橋伸行・前田美由貴	7	461
7. 放電表面処理技術の開発とその利用	松川公映・毛呂俊夫・後藤昭弘・吉田 学・三宅英孝	7	465
8. 64ビットCNC搭載ワイヤ放電加工機“FAシリーズ”	鈴木俊雄・安達章人・竹内浩志・三宅英孝	7	469
9. 高速ワイヤ自動供給装置“AT”	山田 久・大友陽一・酒井明弘	7	473
10. 放電加工機におけるCAD/CAMシステム	中村和司・渡辺浩太郎・高橋伸行・佐々木里佳	7	477
11. CAD/CAMシステムを活用した放電加工自動化システム	杉山和永・尾崎好雄・森下宏昭	7	481
12. 放電加工機に対するバーチャルエンジニアリングの適用	秋吉雅夫・大蔭勝久・今城昭彦・種田 淳	7	486
13. Technology in INGERSOLL EDM system	Jurgen Schmitz・Georg Zander	7	490

特集 I「インテリジェント変電所システム」

1. 変電所インテリジェント化への潮流	鈴木 浩	8	504
2. インテリジェント変電所システム	下村哲朗・大垣健二	8	509
3. 変電所プロセスバスシステム	匹田猛雄・大垣健二・斎藤成一・曾田圭一・徳永雄一	8	515
4. インテリジェントGISの開発と実用性能検証	前田恭宏・青木寛英・日比野敦夫・羽馬洋之・藤田重人	8	521
5. 開閉極位相制御遮断器	香山治彦・林 孝典・杉山 勉・伊藤弘基・葛田広幸	8	527
6. 新形CT/PD	谷口裕章・前田恭宏・岸本一雄	8	533
7. 次世代機器監視システム	土井 博・篠原秀雄・山地 勉・塩谷景一	8	539

特集 II「新外鉄形変圧器」

1. 外鉄形変圧器の技術動向と展望	玉置榮一	8	544
2. 新外鉄形変圧器プロトタイプ器の完成	岸 章夫・中村史朗・西谷恒夫・中塚昭治	8	549
3. 新外鉄形変圧器の絶縁・冷却構造	伊藤恵一・古藤 悟・早瀬 岳・石川清之・吉住安二	8	553

4. 新外鉄形変圧器の耐機械力構造	高野昌宏・谷 周一・瀧川秀記・油井正志・齋木茂俊	8	557
5. IT化対応変圧器保守支援システム	篠原秀雄・江草克己・柏野敦彦	8	561

特集「エネルギーソリューション」

1. 三菱電機のエネルギーソリューションへの取組	足立 清・深見晴男・樺原潤一	9	568
2. 三菱電機のトータル省エネルギーシステム技術	池田辰弥・田熊良行・那須広実・小柳正俊	9	574
3. 三菱コジェネレーションシステム	増元茂喜・西山佳久	9	579
4. マイクロコジェネレーションシステム“マイクロエコターボMTG-28”の応用システム	末吉義雄・加治屋 脩・大谷 徹	9	583
5. 分散電源系統連系技術	笹尾博之・高橋知恵・田岡久雄	9	587
6. ESS事業推進インフラ整備	佐藤康夫・服部真司・中村慎二	9	591
7. エネルギーマネジメントシステム	上田隆美・鈴木直彦	9	595
8. 三菱コジェネレーションシステムの遠隔監視システム	田中 節・高松信敏・磯村英興・大釜寛修	9	599
9. 四国電力㈱の需要家サービスシステム“OpenPLANET”	家高順一・合田忠弘・久山和宏・保坂丈世	9	605
10. 電力トレーディングと市場情報技術	塚本幸辰・マルミローリ マルタ・合田忠弘	9	609
11. 電力小売託送ルールとPPS向け発電計画	高橋正一・塚田路治・マルミローリ マルタ	9	613
12. 電力市場向けリスク管理・ポートフォリオ運用システム	市田良夫・秋吉政徳・橋本博幸・塚本幸辰	9	617
13. 系統運用補助サービスの在り方とシステム	坂本忠昭・広瀬広一	9	621
14. インタラクティブ エネルギーサービスシステム	北山匡史・坂本忠昭・上田隆美	9	625

特集「生産技術」

1. 生産技術への拘り ― 生産技術の復権 ―	東 健一	10	632
2. 携帯電話用フリップチップCSP	濱口恒夫・新井 等	10	635
3. 環境に優しい無鉛はんだの開発と実用化	出田吾朗・村井淳一・梅村敏夫・清水克則・東野義喜	10	639
4. 半導体配線工程の欠陥検査における実効感度向上	櫻井光一・小野山 歩・藤井達也	10	643
5. 先端LSI量産化スピードの向上	有本一郎・大西 寛・小澤英彦・小林平治・田村勝彦	10	647
6. 電子デバイス製造装置の性能向上	織田昌雄・村田貴則・井坂久夫・木之下儀美・吉田和夫	10	651
7. エアコン用圧縮機モータの省エネルギー・高効率化	秋田裕之・平井義典・川口 進・川口 仁	10	655
8. 低欠陥溶湯鍛造によるスピンドルモータの高速化	伊田英紀・前川滋樹・川島和之・八木元啓・山下幹生	10	659
9. ベーン溝加工の高精度化によるロータリ圧縮機の高効率化	中筋智明・横田浩仁・平井義典・朴木継雄・橋本 武	10	663
10. 磁気軸受主軸による超高速加工とその応用	大谷真博・原田勝広・大草裕之・嶋田明広	10	667
11. 冷熱機器生産システム革新への取組	金子友保・南山新二・武田安史・佐藤公紀	10	671
12. 自動車機器製造工場におけるIT活用	伊佐地秀樹・市原武志・松崎武久・富田 拓・坂田和繁	10	675
13. 電子ビームろう付装置の開発とその応用	野口 洋・村上和之・吉川利幸・菊池正雄・竹野祥瑞	10	679
14. 携帯電話のソフトウェア機能試験システム	笹井浩之・今川 剛・岡庭一浩・岩井匡代・橋 大志	10	683
15. 漏電遮断器用零相変流器の生産設計	秋田裕之・平川哲真・塚本龍幸	10	687
16. リサイクル工場の立ち上げとシステム構築 ― リサイクル率向上とコスト低減への取組 ―	大野悦男・小原嘉昭・堀 聡・藤崎克己・井関康人	10	691

特集 I 「広がりゆくマイクロマシン」

1. 基礎から応用へ広がるマイクロマシン	木股雅章・武田宗久	11	698
2. マイクロ電磁デバイス	太田 斎・小原隆雄・唐田行庸・武田宗久	11	703
3. 新三次元シリコンエッチング技術	大路 浩・出尾晋一・堤 和彦	11	709
4. 微小ポリシリコン構造体の強度特性評価	濱田 繁・谷 周一・堀川牧夫・大谷 浩・吉川英治	11	713
5. 超小型光学式距離センサ	岡 徹・白附晶英・番 政広・仲嶋 一・Jürgen Mohr	11	717
6. SOIダイオード方式非冷却型赤外線センサ	石川智広・太田泰昭・上野雅史・瀬戸俊樹	11	721
7. 小型ロボット用マイクログリッパ	村松直樹・寺内常雄・多田友好	11	727

特集 II 「最新のビルシステム」

1. ITと環境対応で進化を続けるビルシステム	富田 悟	11	734
2. 三菱統合ビルシステム“MELUNITY/MELSAFETYシリーズ”	曾我部淳子	11	739
3. 三菱統合ビルオートメーションシステム“MELBAS-ADシリーズ”	岡野 勝・福田浩士・後藤裕香里・織野由香里	11	743
4. 三菱ビルマネジメントシステム	鈴木勇人・曾我部秀史・阪田 哲	11	747
5. 三菱小型指紋照合装置“FPR-MKⅢシリーズ”	伊藤英明	11	751
6. 次世代マンションインテグレートッドシステム	深澤 豊・大森 正・河合清司・松岡達雄・藤原将芳	11	755

特集「昇降機」

1. 昇降機の現状と将来展望	桑原 保	12	762
2. 三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”	林 美克・山川茂樹・湯村 敬	12	766
3. 三菱新機械室レスエレベーター用薄形巻上機	井上健二・三宅展明・大穀晃裕・橋口直樹・安江正徳	12	772
4. 三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”のユニバーサルデザイン	宮脇将志・城戸恵美子・松田和子	12	777
5. 三菱省エネルギー型停電時自動運転装置“エレセーブ”	池島宏行・荒木博司・菅 郁朗・富永真志	12	782
6. 三菱小型機械室レスエレベーター“新MEL WIDE”及び“MEL CITY”	吉川正巳・中根道雄・久保田猛彦	12	786
7. 世界最高速エレベーター	加藤 覚・船井 潔・西村信寛・池田史郎・桧垣潤一	12	791
8. DC-GL高速エレベーターの制御改修	棚橋 徹・川村正美・奥田清治・福田正博	12	796
9. 新群管理システム“ΣAI-2200”	安藤 宏・岩田雅史・増田壽雄・天野雅章・後閑 博	12	800
10. エレベーター用フルカラー新塗装仕上げ“MELART-II”	鈴木恭之・窪野 優・稲葉好次・田村正司・八木直樹	12	805
11. 既設品改造による車いす対応エスカレーター	治田康雅・吉川達也・長屋真司	12	809
12. 昇降機用回転機の絶縁診断装置及び絶縁評価支援システム	紺野輝雄・山田直也	12	813

普通論文

電子文書における署名とタイムスタンプ	宮崎一哉	2	152
固体高分子型クリーン電源	松本秀一・前田秀雄・篠木俊雄	7	492
ビルシステムにおけるBACnet対応	吉川 寛	7	496

スポットライト

三菱省スペース形エスカレーター “幅狭形エスカレーター”

既設旅客施設へのエスカレーター設置が活発化していますが、既設階段や駅舎ホームの限られた空間を最大限に有効利用したいという顧客ニーズにこたえ、ステップ幅は従来機種と同一寸法で、エスカレーター幅を150mm、トラス幅を100mm狭くした“三菱省スペース形エスカレーター”（幅狭形エスカレーター）を製品化したので、ご紹介します。

特長

1. 10%縮小した設置スペース

既設階段や駅舎ホームに増設する場合に従来よりも大きな残りスペースを確保することができ、特に増設に適したエスカレーターです。

従来機種の1200形エスカレーターのエスカレーター幅を1,550mmから1,400mmに狭くし、設置スペースを10%縮小しました。

幅3mの階段の場合、従来機種では1200形エスカレーター1台+800形エスカレーター1台の設置に対し、省スペース形エスカレーターでは1200形2台の設置が可能となり、乗客の輸送能力のアップとなります。

2. 高揚程範囲まで変わらぬエスカレーター幅

駅舎等の設置を考慮して高揚程まで対応可能です。高揚程になっても省スペース性を維持して、エスカレーターの幅は1,400mmのままに対応可能としました。

3. 従来機種と変わらぬ輸送能力

従来機種に比べてエスカレーター幅が狭くてもステップ幅は従来機種と同一寸法であり、乗客の輸送能力は従来と変わりません。

4. 乗客利用有効スペースを拡大した欄干



東日本旅客鉄道(株)舞浜駅納入
3台並列設置省スペース形エスカレーター

駅舎等の設置に多いステンレスパネル欄干タイプに鉛直パネル方式を採用し、従来機種に比べて乗客の足元部分を広くし、荷物を持った乗客や子供を連れた乗客の利便性を向上しました。なお、省スペース及び欄干デザインによってグッドデザイン賞を受賞しました。

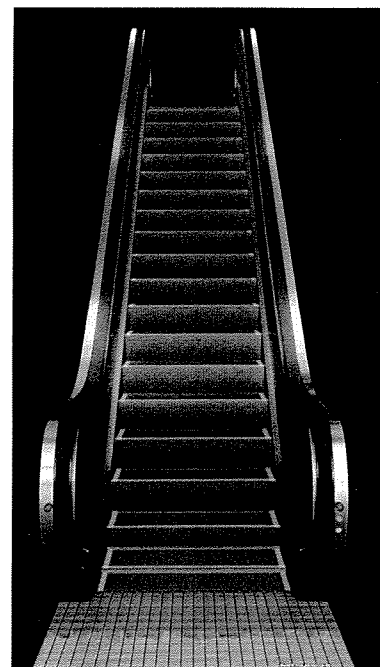
5. 車いす仕様に対応可能

エスカレーター幅を広げることなく1,400mmのまま車いす仕様（電動車いす対応可能）に対応可能としました。

左下写真に示すようにホームの通路幅を確保するためホーム連絡通路は限られたスペースとなっておりますが、省スペース形エスカレーターを3台並列設置し輸送能力を向上した例もあります。

三菱省スペース形エスカレーターの基本仕様

項目	仕様
形式	1200形幅狭タイプ
エスカレーター幅	1,400mm
ステップ幅	1,004mm
速度	30m/min
傾斜角度	30°
公称輸送能力	9,000人/時
欄干意匠	ステンレスパネルタイプ 透明ガラスパネルタイプ



省スペース形エスカレーターの外観