

技術レポート21

エレベータ

平成18年3月

社団法人

大阪ビルメンテナンス協会
設備保全部会

目次

1. はじめに	2
2. エレベータの歴史	3
2.1 高層建築のルーツ	3
2.2 最初のエレベータ	3
2.3 近代エレベータの誕生	4
2.4 超高速エレベータの登場	4
2.5 日本のエレベータ	5
3. 現在のエレベータ技術	5
3.1 永久磁石同期電動機技術	5
3.2 機械室レスエレベータ(MRL)技術	5
3.3 デジタル制御技術	6
3.4 エレベータの今後の課題	6
4. 昇降機の保守管理事項等	7
4.1 「昇降機の維持及び運行の管理に関する指針」	7
4.2 閉じ込め者への配慮	32

参考文献(巻末にコピー添付あり)

- 1)井出 邦勝(三菱電機株式会社)「最近のエスカレーター」 港湾荷役 49 No.4 414-419(2004)
- 2)阿部 茂 渡辺 英紀(三菱電機株式会社)「エレベータの歴史と今後の課題」 124 No.8 679-687(2004)
- 3)吉田 圭介(東芝エレベータ株式会社)「エレベータ遠隔メンテナンスシステム」電気設備学会誌 19 No.4 225-227 (1999)
- 4)大島 健二他6名(日本オーチス・エレベータ株式会社)「最近のエレベータ技術」明電時報 No.261 42-49(1998)
- 5)マルコン・シヤンドル他2名(フジテック株式会社)「エレベータ運行管理システム」エレベータ界 33 No.132 30-34(1998)

1. はじめに

エレベータはビルメンテナンス会社にとって厄介な設備です。設備管理費用にエレベータのメーカーフルメンテナンス費用が含まれると、保守金額に占める割合が高いためその金額設定で受注できるかどうか、幸い受注しても収支が取れるかどうかが決まるからです。

一方、一度事故が発生すると、公的機関からビルの所有者への責任追及がきびしく行われます。責任追及されたビルの所有者は、保守管理はビルメンテナンス会社に委託先していることから、そのビルメンテナンス会社に更に厳しく説明、報告を求めます。ビルメンテナンス会社は、自社の設備担当部署責任者の責任を追及し、設備担当部署責任者は、現場責任者から事情の調査を行うこととなります。ところが、当の現場責任者は、エレベータがどのようになっているか、どんな管理をすべきか、どのような法的要求事項があるのか、メーカーからも管理スタッフからもほとんど教育を受けたことがないというのが実情ではないでしょうか。

対応がまずいと不満を強く感じたビルの所有者が、ビルメンテナンス会社への委託契約の解約、賠償責任追及という強硬手段を取らないとも限りません。

本技術レポートが、このような事態に至らないために、何等かお役に立てば幸いです。

なお、エスカレーターについては、特に記述しませんでした。参考文献1(p.2にタイトル及び巻末にコピー添付)をご参照ください。

2. エレベータの歴史

2.1 高層建築のルーツ

平成18年はモーツァルト生誕250年に当たる。モーツァルトの伝記映画アマディウスにウィーンの当時の街路が写されているが、3階建てと思われる石造りの建物が、街路の両側に並んでいる。当時ヨーロッパ最大の都といわれたウィーンでも、その面積は100万都市江戸に較べものにならない程狭かった。現代でも、パリ、ロンドン、ニューヨーク等の旧市街は1時間程で横断できる程に狭い。

狭い面積に集中する人口を収納するために、建物を高層化するニーズがすでにその当時から高かった。

石造り建築の高層化は12世紀初めのフランスのルイ6世の統治下に始まった。ルイ6世は、中央王権強化策として既存勢力から大臣を登用せずに、下級貴族や修道院長を重用した。最も有能な大臣シュジェ修道院長は、新型の大聖堂の建築手法を開発推進した。基本技術は、控え壁(壁に直角に外側に突き出ている壁)であった。石柱の代わりにする控え壁で建物の重さを支えられるので、壁自体は強度に関係なくなり、多数の窓を設けることができた。パリ郊外のカテドラルは50mを超える大聖堂で、内部は十分採光されている。この建築手法を当時の保守派は、野蛮を意味するゴシックと馬鹿にしたが、現在でもその芸術性は高く評価され、建造物群が大切に保存されている。18世紀のモーツァルトの時代には、ヨーロッパにおいて建築物の高層化は難しい問題ではなかった。

しかし、住居建造物の高層化は進展しなかった。老人や病人が毎日1階から3階まで昇り降りするのは容易ではないためと考える。また、建材が石であったので、高層化とともに基礎に置いて建物を支える石が部厚くなり、それだけ部屋が狭くなるのも問題であった。

2.2 最初のエレベータ

1849年、フランスの発明家モニエが鉄筋コンクリートを発明し、その後鉄鋼の梁が使用されるようになると、基礎の占める面積の問題は解決できるようになった。待たれたのは、最上階まで、人間をゆっくり持ち上げてくれる装置の出現である。

1852年、アメリカの発明家 E.G. オーチスが、非常止め装置を取り付けたエレベータを開発した。

1854年、オーチスはニューヨークのクリスタルパレス博覧会で自らかなりの高さまで昇り、集まった群衆の前でケーブルを切らせて非常止め装置の実用性を実証した。

2.3 近代エレベータの誕生

1853年に蒸気エンジン駆動の乗用エレベータが出現した。

1880年にロープ式エレベータに直流電動機が導入された。

1903年にカウンターウエイト方式(トラクション式)が出現した。井戸のつるべと同じ原理で、エレベータのかごとロープでつながれた反対側におもりを吊り下げる。この方式によって、高層ビルでも難なく設置できるようになった。カウンターウエイトがない場合、かごの運動の慣性力で最上階または最低階を勢い余って通りすぎるトラブルがなくなり、安全性が飛躍的に向上した。

日本では、早くも1890年(明治23年)10月にオープンした浅草の凌雲閣に電動式エレベータが登場した。東京電灯(現在の東京電力)が電灯用以外の動力用に電力を供給した最初の顧客であった。高さ52mという、当時としては驚異的な高さを誇る八角形の高塔12階のうち8階までに設置されていた。あまりに故障が多く、翌年には使用中止となった。田山花袋が『浅草十二階の眺望』に《十二階から見た山の眺めは、日本にもたんとない眺望の一つであるということを言うのに私は躊躇しない。それには秋の晴れた日に限る。十一月の末から十二月の初旬頃が殊に好い。東京では十一月はまだ秋の気分が残っていて、ところどころに紅葉などがあり、晴れた日には、一天雲霧をとどめずと言ったような好晴がつづくことから、殊に一日の行楽としては、その時分が最も適している。十二階の上で見ると、左は伊豆の火山群から富士、丹沢、多摩、甲信、上毛、日光をぐるりと細かに指点することが出来る。第一に目に着くのは富士である。東海の帝王、実際屹然(きつぜん)として群を抜いている。その下にやや左に偏って、足柄群山が見える。二子山、駒ヶ岳、神山、矢倉岳の右に飛離れているのもそれと指さされる……》と記述しているように新名所になり、連日客が押しかけたことが故障の原因だ。

2.4 超高速エレベータの登場

エレベータが出現したことから1900年代に入ると建物の高層化が急激に進んだ。ニューヨークにスカイスクレイパー(雲が次々と過ぎる青空を擦るものの意 摩天楼と訳されている)と呼ばれた高層建築エンパイアーステートビルは1931年に竣工した。このビルには速度360m/minの超高速エレベータが設置された。通勤電車を引っ張る強力な直流電動機を制御できる技術をもってすれば実現可能であった。

2.5 日本のエレベータ

地震国日本では、建物の高層化はタブーであった。従ってエレベータの市場も小さかった。国産エレベータは1933年(昭和8年)東京オーチスと日立製作所、1935年(昭和10年)三菱電機が製造した。その後戦争が始まり、エレベータはぜいたく品になり、設置された民間エレベータは休止、撤去され、戦艦や航空母艦で魚雷等の爆弾昇降用などに製造されるだけであった。

戦後エレベータに慣れていた進駐軍が入ってくると、エレベータが直ちに必要となった。GHQが占拠したガスビルなどのビルは、休止していたエレベータを急ぎ修理しなければならなかった。戦後のエレベータは修理から始まった。

建物の高層化は昭和38年(1963年)の建築基準法の改正から始まった。それまでの百尺(31m)高さ制限が撤廃されて高層ビルの建設が始まり、これに伴って日本のエレベータ高速化が始まった。

昭和43年(1968年)建設の霞ヶ関ビル(高さ147m)には、速度360m/minのエレベータが設置された。このエレベータは直流直巻電動機をMG(三相交流を直流として制御する三相結線されたダイオードとサイリスタ)制御したものであった。

その後日本のエレベータ技術が世界をリードする時代に入る。

1970年代はサイリスタ等の電力用半導体、1980年代はマイクロコンピュータやパワートランジスタなどの先端技術が使われた。

3. 現在のエレベータ技術

3.1 永久磁石同期電動機技術

電動機制御がインバータ(VVVF電圧周波数可変)制御に変わるとともに、直流電動機は誘導電動機(交流電力)に変わり、更に1996年頃から希土類永久磁石を用いた永久磁石同期電動機が実用化された。

誘導電動機の回転子は鉄心にコイルを巻きつけ電磁磁石としているので、鉄心の厚みや長さの縮小は限界があり、誘導電動機の小型化は限界があった。回転子が永久磁石になったので、誘導電動機では必要であった励磁電流がなくなり、エネルギー効率が良くなった。回転子が小さくなったので、電動機そのものの小型化が進んだ。

永久磁石電動機の薄型化も進んだ。

3.2 機械室レスエレベータ(MRL)技術

エレベータの保守と故障時の乗客救出のために機械室が必要とされていたが、欧州で1996年、薄型永久磁石電動機2台の間に綱車(プーリー)を入れた巻上機を昇降

路頂側部に設置して、制御盤も昇降路内に設置した機械室なしのエレベータが登場した。日本では1998年に標準型のMRLが登場した。今では新設エレベータの90%以上がMRL (machine room less)となった。

巻上機を小型化するには、プーリーの径を小さくすることが必要となる。これまでプーリーの径は鋼製ロープ径の40倍と決められていた。鋼製ロープに代わる新しいロープとして、2000年欧州では合成繊維アラミド製ロープが、米国ではポリウレタン被覆鋼芯ベルトが開発された。このベルトを用いることによりプーリーの直径は従来の400mmから100mmと1/4に小さくなった。

3.3 デジタル制御技術

エレベータは走行時間が短く、乗り心地良く、しかも着床誤差は±5mm以下が要求される。エレベータがこのような理想的な動きをするよう運動曲線を設計し、制御系の遅れを考慮した速度指令値を作り、その速度指令値に精密に応答できる速度制御装置を製作していた。この速度指令値発生装置は機械式セレクトタと呼ばれ、実物の運動の1/100～1/150のモデルを精密加工技術で作られていた。100mの揚程のエレベータには、約1m高さのセレクトタが機械室に設置されていた。高さ296mの横浜ランドマークタワーであれば3mのセレクトタが機械室に必要となる。

速度指令値発生装置がマイクロコンピュータに代わり、速度指令値に応答する速度制御回路もマイクロコンピュータになったため、機械室は不要となった。これに伴って保守と乗客救出のために機械室を設置することを義務づけた従来の法規制が緩和された。

機械室なしという規制緩和と永久磁石電動機の利用によって、1990年代に最終到達系に到着したエレベータが再び技術革新の時代に突入し、現在も開発競争が続いている。

3.4 エレベータの今後の課題

利用者の立場に立ったエレベータの待ち時間を少なくする運行システム、閉じ込めトラブルの迅速対応、高額な保守費用のコストダウン、メーカーメンテナンスからの脱却などビルメンテナンス会社から見た課題は多い。

エレベータのメーカー側の技術課題も、メーカー間の生き残り競争の激化、ビルの高層化、迫る巨大地震の不安などから数多くの課題が残されている。

現在、ビルで自動火災警報が発報すれば、エレベータの利用者は最寄りの階まで運ばれて外に出、その後運行は停止する。利用者の中には不案内なフロアに出されて途方に暮れる人も出る。自動火災警報は非火災報の場合が多い。エレベータは、

管理者(設備員、警備員、ビル管理者など)が自動火災警報装置を復旧させるまで動かない。利用者の納得も得られるシステムが望ましい。

また高層化に伴い、エレベータの設置台数も増え、エレベーターホールも広く確保する必要がある。レンタル費用の高価な(建設コスト回収の担い手になる)1階の延床面積の多くが共用部になる。エレベータの設置台数をいかに減らすか(レントブル比をいかに上げるか)は、交通工学の分野の課題である。

2001年9月11日午前8:59 ニューヨークのワールドトレードセンター(WTC)第一ビルにハイジャック機が突っ込んでから、約1時間後の10:06 第一ビルが、約1時間半後の10:33 に第二ビルが崩壊し、阪神淡路大震災に匹敵する数といわれる程の多くの犠牲者を出した。通常のビルでは、火災後1時間にまだ生きた人間が数千人いる状況はちょっと想像できないが、二つの超高層ビル内では、階段が消防士とオフィスワーカーで錯綜していたのではないか。火災時は、有毒ガスの煙道になるエレベータを使用しないのが鉄則になっているが、この時エレベータが運行されておれば死者の数はかなり減少したであろう。火災時にエレベータを使って避難させることが検討課題になっている。

地震の強度が一定以上になると、感震装置が作動し、エレベータは自動停止する。通常、復旧は契約している専門業者が問題ないことを確認してから解除する仕組みになっている。大規模に発生すると、専門業者は予め定められた優先順位に従って解除するので、中には何時間も待たされるビルも出てくる。問題ないエレベータは自動復旧できるようになるのが望まれる。

社会が全般的に治安悪化の方向にある。密室になる箱内は犯罪に利用されやすい。婦女子の安全確保、強盗、暴行・傷害事件対策などは今後大きな課題になるであろう。

4. 昇降機の保守管理事項等

4.1 「昇降機の維持及び運行の管理に関する指針」

建設省住防発第17号(平成5年6月30日)「昇降機の維持及び運行の管理に関する指針」(以下指針という。)の財団法人 日本建築設備・昇降機センターによる解説(1994年)をそのまま示した。

「昇降機の維持及び運行の管理に関する指針」の解説

第1 目的

この指針は、建築基準法（以下「法」という。）第8条による昇降機の維持及び運行の管理に関して必要な事項を定め、昇降機の安全を確保することを目的とする。

（解説）

第1は、この指針の目的である。

建築基準法第8条（維持保全）においては、建築物の所有者、管理者又は占有者は、その建築物の敷地、構造及び建築設備（昇降機を含む）を常時適法な状態に維持することとされており、又同法第2項においては、定期報告対象の建築物の所有者又は管理者は、その必要に応じて、建築物の維持保全に関する準則又は計画を作成することが義務づけられている。昇降機の安全性を確保するためには、維持、運行の管理及び定期検査報告制度がそれぞれ正しく行われる必要があることから、本指針は、昇降機の維持及び運行の管理に関して、必要な事項を定めたもので、このことによって、昇降機の安全の確保に寄与することを目的とするものである。

昇降機に関する建築基準法令等の主な条文は次のとおりである。

◎ 建築基準法

- ・ 法第2条（用語の定義）中の第1号で、建築物は建築設備を含むものと規定されている。
- ・ 法第2条第3号で、昇降機は建築設備であると規定されている。
- ・ 法第8条（維持保全）及び同条第2項（維持保全に関する準則又は計画）は、建築物（建築設備、昇降機）の常時適法維持の規定である。
- ・ 法第12条（報告、検査等）第2項は、特定行政庁が指定する昇降機等の定期検査報告の規定である。
- ・ 法第32条（電気設備）電気設備に関する技術基準。
- ・ 法第34条（昇降機）で、第1項は昇降機の一般構造規定であり、同条第2項は非常用昇降機の設置規定である。
- ・ 法第87条の2（建築設備への準用）は、昇降機の確認規定で既存建築物にも準用される。
- ・ 法第88条（工作物への準用）第1項は、政令で指定する工作物に設置する昇降機確認

の準用規定である。

◎ 建築基準法施行令（以下「令」という。）

- ・ 令第5章の4第2節（昇降機）で、令第129条の3から第129条の13の3までは、この節の規定の適用範囲と構造基準の規定である。
- ・ 令第138条（工作物の指定）の第2項は、法第88条第1項の規定に基づき乗用エレベーター、エスカレーターで観光のためのものを指定するものである。

◎ 建築基準法施行規則（以下「規則」という。）

- ・ 規則第6条（定期報告）は、昇降機等の報告の時期の規定である。

第2 用語の定義

この指針において、用語の定義は、次のとおりとする。

- 一 所有者等 昇降機の所有者又は管理者をいう。
- 二 運行管理者 直接、昇降機の運行業務を管理する者をいう。
- 三 運行管理者等 運行管理者、運転者その他の昇降機の運行又は管理に係る業務に従事する者をいう。
- 四 専門技術者 昇降機の保守・点検を専門に行う者を言う。
- 五 運転者 直接、昇降機を運転する者をいう。

（解説）

第2は、この指針に用いられる用語の定義である。

- 一 所有者等とは、昇降機の所有者や又は管理者であり、かならずしも建物の所有者が昇降機の所有者とは限らない。

また、本社が大阪で建物が東京にある東京支店のような場合、昇降機の所有者は本社の代表取締役であり管理者は東京支店長がこれに該当する場合もある。

さらに、共同住宅等で区分所有方式の場合は、管理組合の理事長（会長）が所有者の代表と見なされる。

なお、ここでいう管理者とは、所有者と一定の身分的又は契約的關係に基づいて昇降機を管理すべき地位にある者で、単なる管理人とは異なる者である。

- 二 運行管理者とは、昇降機の運行業務を直接管理する者で、大規模ビル、百貨店、スーパー、病院、ホテル等では建物の防災センター、管理センターに所属する管理関係者の

中から所有者等によって選任される場合が多い。

なお、共同（集合）住宅団地、小規模ビル等で、一つの建築物に専任の運行管理者を置くことが困難な場合（第3参照）は複数ビルを兼ねる場合がある。

三 運行管理者等とは、二の運行管理者の他、昇降機の運転者、運行業務、管理業務に直接従事する者をいう。

四 専門技術者とは、昇降機の保守・点検を専門に行う技術者、昇降機検査資格者等がこれに相当する。

五 運転者とは、直接、昇降機を運転する者である。近年は、自動式エレベーターが大部分を占めているが、百貨店、スーパー等の顧客・サービス業や展望塔の観光用エレベーター及び荷物用エレベーターでは運転者が運転する場合がある。

第3 運行管理者の選任

所有者等は、昇降機の運行を直接管理させるために、昇降機の運行に関して十分な知識を有する運行管理者を原則として建物ごとに選任するものとする。ただし、昇降機の用途、構造及び設置台数その他の状況により管理上支障がない場合は、複数の建物に1人とすることができる。

(解説)

第3は、所有者等が行う運行管理者の選任である。

所有者又は管理者は、昇降機の日常の運行の管理を自ら行うことには限度がある。そこで、昇降機の運行を直接管理させるために第5による教育を受けた、十分な知識、経験のある運行管理者を選任して、昇降機の運行について責任ある安全管理を行うことが必要である。

運行管理者を選任する場合は、適切な安全性の確保の観点から建物ごとに行うことが望ましいが、昇降機の種類、用途、構造、規模、設置台数及びその他設置環境により、所有者又は管理者が管理上支障がないと判断した場合（例えば共同（集合）住宅団地、小規模ビル等）は、複数建物でも1人の運行管理者の選任で差支えないと考えている。この場合には、かご内から専門技術者又は運行管理者に確実に連絡がとれるようにしておくことが必要である。

特に、当該建築物に選任の運行管理者をおけない場合は、代理人を定めるなど適切な連絡方法を考慮しなければならない。過去の事例でも、事故等が発生したビルは運行管理者

不在の場合が多く、この点についての所有者又は管理者の的確な配慮が必要である。

第4 運転者の選任

所有者等は、昇降機の運行に当たり、操作方式その他構造上運転者を必要とする場合又は昇降機の用途及び利用者の利用状況その他の理由により専任の運転者が必要と判断される場合は、運行管理者の意見を聞いて、次の要件を満たす者を運転者として選任するものとする。

- 一 満18才以上の者
- 二 昇降機の運転について必要な知識を有する者

(解説)

第4は、所有者等が行う運転者の選任である。

最近のエレベーターは殆どが全自動式のものであるが、第2の五で解説したように建物の性格、エレベーターの種類等によって、運転者を必要とするものがある。この場合、所有者又は管理者は運転者を選任するに当たっては前第3の運行管理者の参考意見を聞いて

満18才以上の者及び昇降機の運転について必要な知識を有する者（運転者として採用後教育を受けた者を含む）に責任をもって運転させることが必要である。

第5 運行管理者等の教育

所有者等は、運行管理者等に対して、当該業務の遂行上必要な、次の教育を行うものとする。

- 一 昇降機に関する一般知識
- 二 昇降機に関する法令等の知識
- 三 昇降機の運行及び取扱いに関する知識
- 四 火災発生時又は地震発生時に講ずべき措置
- 五 故障時又は停電時に講ずべき措置
- 六 人身事故発生時に講ずべき応急措置
- 七 その他昇降機の安全な運行に必要な事項

(解説)

第5は、所有者等が行う運行管理者等の教育である。

所有者又は管理者は、運行管理者、運転者及び自社ビルの技術者等に対し、業務遂行のために必要な教育を行うことを定めている。

このことについては、所有者又は管理者が自ら行う場合もあり、また、関係団体等が行うこの種の講習会に出席させること、さらに専門技術者あるいは学識経験者に依頼する方法も考えられる。その教育内容については、当該ビルの実情に適したものを取り入れる必要があり、運行管理規程標準(案)を参考に教育内容の課目を設定することが必要である。優秀な運行管理者のいるビルは事故もなく、また、昇降機も長持ちするものである。したがって、教育、研修は、随時行うことが望ましい。

第6 運行管理規程の作成及び遵守

所有者等は、運行管理者等が運行の安全確保のために守るべき、次の事項について、運行管理規程を定め遵守するものとする。

- 一 日常の運行管理に関する事項
- 二 運行管理日誌の作成及び保存に関する事項
- 三 定期点検・整備及び修理に関する事項
- 四 法第12条第2項の規定に基づく定期検査に関する事項
- 五 事故・故障発生時の措置及び報告に関する事項
- 六 教育に関する事項

(解説)

第6は、所有者等が行う運行管理規程の作成及び遵守事項である。

所有者又は管理者は、昇降機の運行管理者、ビル管理関係技術者及び運転者が昇降機の運行の安全確保のために必要な業務遂行に関する遵守事項を含む「運行管理規程」を定めておくことが望ましい。

「運行管理規程」は所有者又は管理者が作成するものであるが、そこに定めるべき事項は、建物の種類、用途、規模等により、種々異なるが、要は、自社ビル、賃貸ビル、集合住宅等当該ビルの使用状況、管理体制等に適合した「運行管理規程」を作成することが肝要である。

この、「運行管理規程」に定めるべき事項の標準を参考として後掲している（運行管理規程標準（案））。

所有者、管理者が自ら、実状に沿った運行管理規程を作成し、運行管理者等に遵守させることが重要である。

第7 救急体制

所有者等は、昇降機に係る人身事故が発生した場合、これに適切に対処するため、あらかじめ次の措置を講じ、運行管理者等に熟知させる必要がある。

- 一 医薬品、担架、梯子等の救急用具を常備し、定置場所を明示すること。
- 二 救急のための医療機関との連携方法を定めること。
- 三 専門技術者への連絡方法を定めること。

（解説）

第7は、所有者等が行う救急体制の措置方法である。

所有者又は管理者は、万一、昇降機にかかる人身事故が発生した場合、これらの事故に適切に対応することが必要で、そのため救急の措置を講ずるための体制をあらかじめ策定しておく必要がある。その措置としては、先づ一として、医薬品（救急箱）、担架、梯子等必要な救急用具を常備し、その置き場所を明示しておくとともに簡単な応急手当方法を運行管理者等に訓練させておくこと、二として、救急のための消防機関、医療機関との連携方法（119番、救急病院名、所在地、電話番号等）を掲示させること、三として、専門技術者への連絡方法即ち、保守会社の会社名、所在地、電話番号、担当者名等を掲示させることが必要である。これらの掲示は、管理事務所、機械室及び防災センターなど必要な場所に見やすく掲示する。また、所有者又は管理者はこの外にも必要と認められるものについては、運行管理者等に熟知させるように努めなければならない。例えば、必要事項としては、所有者又は管理者の住所、氏名、連絡方法等が挙げられる。

第8 人身事故発生時の措置

- 1 所有者等は、昇降機に係る人身事故等が発生したときは、速やかに次の措置を講じる必要がある。

- 一 応急手当等必要な措置
- 二 消防署及び医療機関への連絡
- 三 被害者の家族への連絡
- 四 専門技術者への連絡
- 五 特定行政庁その他関係官公署への連絡

2 所有者等は、前項の事故が発生した場合においては、次のとおり特定行政庁に別記様式により報告するものとする。

- 一 昇降機事故速報 事故が発生した時から24時間以内
- 二 昇降機事故詳報 事故処理が解決した日から起算して7日以内

(解説)

第8は、所有者等が行う事故発生時の措置及び事故報告である。

所有者又は管理者は、万一、昇降機に係る人身事故が発生したときに講ずべき緊急措置については、運行管理者等に熟知させるとともに、事故等が発生した場合の実際の措置として、一 応急手当措置、二 消防署及び医療機関への連絡措置、三 被害者の家族への連絡措置、四 専門技術者(保守会社)への連絡措置、五 特定行政庁、所轄警察署等への連絡措置を定めている。これらの措置は、所有者又は管理者にとっての重要な責務である。

この場合、事故と故障とを混同しないよう留意するとともに、故障時においては二次災害の発生がないよう十分注意しながら専門技術者に連絡することが肝要である。

第8の2項では、昇降機にかかる人身事故が発生したとき、所有者又は管理者は、別記事故報告書により速報及び詳報を特定行政庁に報告しなければならないことを定めている。ここでいう特定行政庁とは、建築基準法に基づく昇降機の定期検査報告書を提出する都道府県又は市区等である。

事故速報は、事故が発生した時から24時間以内、事故詳報は、事故原因が明確となった日(裁判の場合結審し判決された日)から7日以内に別記様式に必要資料等を添付し報告するものである。この報告は、工事中、補修・点検の作業中の事故に対しても適用されるものであり、再発を防止する目的から必要である。

第9 定期検査及び報告

- 1 法第12条第2項に基づき指定された昇降機の所有者等は、一年に一回以上、定

期に、建設大臣の定める資格を有する者（以下「昇降機検査資格者」という。）等に当該昇降機の検査を行わせ、その結果を昇降機定期検査報告書に作成し、昇降機に関する地域法人等を経由して特定行政庁に報告するものとする。

2 所有者等は、前項の昇降機定期検査報告書の写しを3年以上保存するものとする。

(解説)

第9は、所有者等が行う定期検査報告及び報告書の写しの保存である。

建築基準法第12条第2項の規定に基づいて指定された昇降機（エレベーター、エスカレーター、電動ダムウェーター）の所有者又は管理者は、前記の法第12条第2項により、「定期に、昇降機検査資格者に検査を行わせてその結果を特定行政庁に報告しなければならない。」と規定されており、その報告の時期についても、建築基準法施行規則第6条によって、おおむね6月から1年までの間隔で特定行政庁が定めることになっており、現在年1回行うことが多い。

この報告書の提出については、建設省の定期報告制度の要綱によって地域の昇降機等検査関係団体を経由して特定行政庁に報告するよう指導がなされているところである。

第9の2では、所有者又は管理者は、第9の1の報告書の写しを3年以上保存するものである。

この報告書の保存は過去の経歴として極めて有効な働きがあるものである。

第10 定期検査報告済証の掲示

所有者等は、昇降機ごとに、第9の定期検査の報告を証明する「定期検査報告済証」を、エレベーターにあつては、かご内の見やすい位置に、エスカレーター又は電動ダムウェーターにあつては、見やすい適切な位置に掲示するものとする。

(解説)

第10は、所有者等が行う定期検査報告済証の掲示方法である。

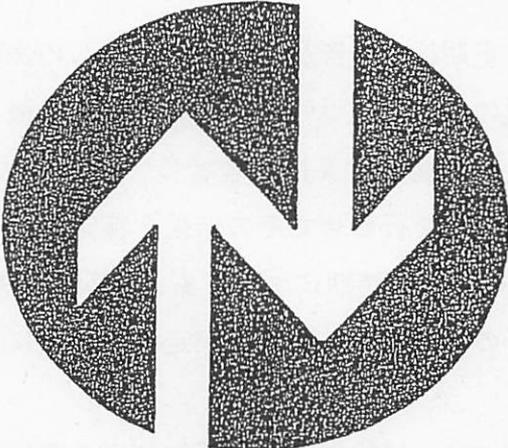
所有者又は管理者は、昇降機ごとに定期検査が終了し、報告を行ったことを証明する「定期検査報告済証」を見やすい場所に掲示するものである。

ここでいう見やすい場所とは、原則として、エレベーターにあつては、かご内の操作盤

の上部、エスカレーター又は動く歩道にあっては、側壁部の適切な位置、また、側壁部がない場合には操作盤の側近、あるいはデッキボード等の見やすい場所、電動ダムウェーターにあっては、出し入れ口の側部等である。

この「定期検査報告済証」の掲示は、維持保全上、有効期間の明示が必要である。

「定期検査報告済証」の様式（マーク）を全国的に統一し、掲示することにより、昇降機の安全性に対して、利用者に安心感を与えることができ極めて有効である。



定期検査報告済証

報告先 _____

有効期限 平成 年 月 _____

検査資格者 _____

氏名 印 _____

NO. _____

「定期検査報告済証」のマーク

(製作(助)日本建築設備・昇降機センター)

第11 標識の掲示等

所有者等は、昇降機ごとの見やすい適切な位置に、必要な次の標識の掲示等を行うものとする。

一 一般エレベーター

(イ) 用途、積載荷重、定員及び禁煙

(ロ) 利用方法及び非常連絡装置の使用法

(ハ) 荷物専用のものであっては、荷扱い者以外の人の搭乗禁止

二 非常用エレベーター

(イ) 用途（非常用）、積載荷重、定員及び禁煙

(ロ) 利用方法及び非常連絡装置の使用法

(ハ) 避難階における避難経路その他必要な事項

三 エスカレーター

(イ) 正しい乗り方

(ロ) 必要に応じ、利用者に注意を促す放送等

四 電動ダムウェーター

(イ) 人の搭乗禁止

(ロ) 積載荷重

(解説)

第11は、標識及び注意書等の内容及び掲示方法である。

所有者又は管理者は、昇降機ごとに必要な標識を掲示する。この標識は、建築基準法で規定されているもの、例えば、用途、積載荷重、最大定員及び非常用エレベーターである旨などの標識掲示である。

また、管理上特に必要な注意標識、禁止標識、連絡標識並びに利用客に安心感を与える標識等についても見やすい場所に掲示することが必要である。

このことは、昇降機の安全確保に非常に役立つものであり、絵標識なども有効なものである。

一 エレベーターにあってはかご内の見やすい位置に建築基準法に定めのある用途・積載荷重、定員の標示の他禁煙を標示するとともに、利用状況等に関する事項として、

(1) 積載荷重を超えた重量物（金庫等）、かご内からはみ出す長尺物は載せないこと。

(2) 操作盤の押釦、インターホン釦のいたずら押しをしないこと。

(3) 非常用停止釦の乱用防止。

(4) かご内でのとびはね、あばれをしないこと。

(5) 戸にふれたり、寄りかかったりしないこと。

(6) 故障時の注意事項。

(7) インターホン等の使用方法。

等についての確に標示することが望ましい。また荷物専用のエレベーターにあっては、荷物の運搬以外の用途での使用禁止及び荷扱い者以外の人の搭乗禁止を標示することが必要である。

また近年外国人の利用が多くなっていることから、これらについても英語等を併記することが望ましい。

二 非常用エレベーターにあっては、一般のエレベーターの標識、銘板の他に乗降ロビーの見やすい位置に、次の事項の標識を掲示することが必要である。

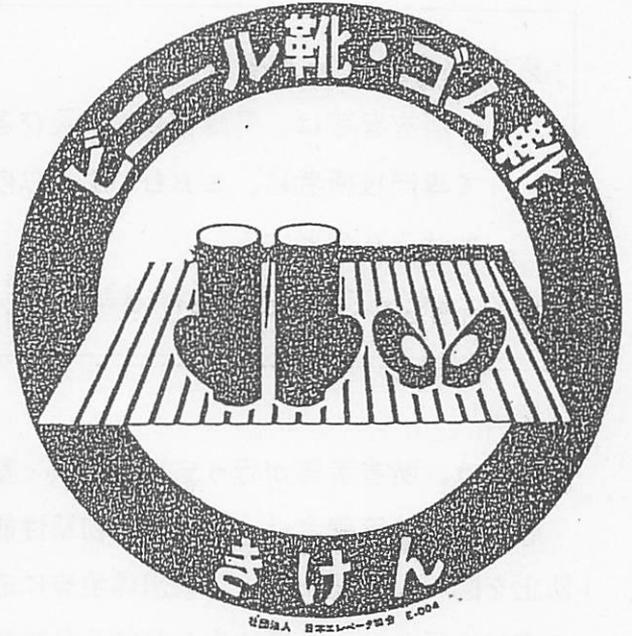
(1) 非常用エレベーターであること。

(2) 避難階における避難の経路その他避難上必要な注意事項。

三 エスカレーターにあっては、正しい乗り方及び注意事項の標識を乗降口附近の内側板又はその周辺の見やすい位置（乗降口附近の壁、柱など）に掲示することが必要である。正しい乗り方等に関する標識の例を示す。（社）日本エレベーター協会発行のパンフレット、ポスター等を参照のこと。）また、百貨店等子供の利用が多い場所等においては標識だけではなく、利用者に注意放送を行うことが望ましい。特に、人出の多いことが予想される場合などは案内係員などを配置するなど適切な措置を講じることが必要である。

四 電動ダムウェーターにあっては、その使用目的の認識、人の搭乗禁止、積載荷重の厳守、使用方法（操作方法）の明確化、故障時等の連絡方法その他必要事項に係る標識を出し入れ口の見やすい位置に掲示することが必要である。

以上の標識は、文字標識、絵標識及びその組合せ等所有者又は管理者は専門技術者、保守会社と協議して効果的なものを採用し、安全確保に万全を期すことが重要である。



エスカレーターでの正しい乗り方等の標識例

(製作 財団法人 日本建築設備・昇降機センター)
社団法人 日本エレベーター協会)

第12 定期点検・整備等

- 1 所有者等は、昇降機の維持及び運行の安全を確保するため、使用頻度等に応じて専門技術者に、おおむね1月以内ごとに、点検その他必要な整備又は補修を行わせるものとする。
- 2 所有者等は、前項の点検等を行った場合は、その記録を3年以上保存すること。

(解説)

第12は、所有者等が行う定期の点検・整備及び点検記録の保存である。

所有者又は管理者は、昇降機の初期性能維持と劣化防止並びに運行の安全、故障、事故防止を図るため使用頻度、使用環境等に応じて専門技術者におおむね1月に1回以内ごとの点検を行わせ、必要に応じ整備又は補修を行わせる必要がある。

この点検・整備の時期、項目、内容については、機種、使用状態等によって差異があることは当然である。なお、マイコン制御方式の昇降機については、遠隔監視装置と後掲の「運行管理規程(案)」第3の2で示される点検項目を満足する機械点検機能が具備されたシステムの場合は、専門技術者が同システムを利用し、遠隔で上記点検を行うことも可能である。

点検、整備の標準的なものとしては、後掲の運行管理規程(案)第3で説明しているのを参考とされたい。

第12の2では、所有者又は管理者は、点検等が終了したとき、その点検記録表を作成させ、これを3年以上保存することを定めている。

このことは、第9の2と同様に有効な働きをもっているものである。

第13 防火管理

所有者等は、危険物の規制に関する政令等に準拠し、油圧エレベーターに関し防火管理上必要な事項を定めるとともに防火管理の万全を期すものとする。

(解説)

第13は、油圧エレベーターの所有者又は管理者が防火管理を行うことを定めた規定である。

最近、油圧エレベーターの設置台数が増加の傾向にあり、平成4年3月の(株)日本エレベーター協会の調査によると全体のエレベーター設置台数の約27%が油圧エレベーターである。

この油圧エレベーターに使用する作動油は、通常は、消防法危険物の規制に関する法令等でいう第4類第4石油類が使用されているので、作動油の使用量によっては同法関係法規の適用を受けることになる。

また、作動油の使用量に基づく規定は、地方公共団体の火災予防条例などによって異なるので、防火管理責任者の設置などを含めよく調査する必要がある。

少量危険物として対象外となる作動油の量は、東京都火災予防条例を例とすると、消防法による危険物の指定数量6000ℓに対し1/5未満であり、その量は1200ℓ未満である。

一般的にはタンク容量600ℓが多く採用されているので規制対象とならない場合が多い。

しかしながら、タンク容量の大小を問わず防火管理には細心の注意を払うとともに、特に、機械室には火気厳禁の標識や消火設備を設置することが必要である。

第14 巡回管理

- 1 運行管理者は、昇降機の運行中随時巡回し、運行に支障が無いことを確認するものとする。
- 2 運行管理者は、前項において昇降機の運行に支障があると認めたときは、直ちに運行を中止して所有者等に報告し、専門技術者に整備させるものとする。

(解説)

第14は、運行管理者が行う運行中の巡回及び運行上支障があるときの運行中止である。

運行管理者は、昇降機の運行中随時巡回して、運行の状態を確認する必要がある。この指針では随時と規定されているが原則として始業時前に巡回することが望ましい。

第14の2は、運行管理者は、巡回中に何らかの異状があり、運行に支障をきたし、または、そのおそれがあると認められたときは、直ちに運行を中止して所有者又は管理者にその旨を報告するものである。また、その場合は、運行管理者は、専門技術者に連絡して点検、整備をさせるものとする。

第15 災害発生時又は停電時の措置

運行管理者は、災害発生時又は停電時には、次の措置を講じるものとする。

- 一 地震又は火災が発生したときは、直ちにかご内の人を誘導避難させ、その後電源を切り、運行を中止すること。ただし、非常用エレベーターで非常用として使用する場合はこの限りでない。
- 二 前号により運行を中止した昇降機については、専門技術者に連絡し運行再開前に点検及び試運転を行うこと。
- 三 運行管理者は、利用者がエレベーターのかご内に閉じ込められたときは、かごを移動することなく戸を開くことにより、安全に救出できる場合を除き、専門技術者に救出させること。ただし、火災等の緊急時はこの限りでない。

(解説)

第15は、運行管理者が行う災害、停電時の措置である。

運行管理者は、昇降機に災害が発生したとき、又は停電のときなどには次の事項について対処するものである。

- 一 おおむね気象庁震度階Ⅳ相当以上の強さの地震又は火災などが発生したときは、直ちに、かご内の乗客に必要な連絡をする必要がある。この場合、乗客が混乱しないよう安心感を与えながら誘導避難させなければならない。しかる後に、電源を切って運転を中止させることになる。

乗客に安心感を与えるための連絡すべき「文例」はあらかじめ用意しておくこととともに、随時、避難訓練を行うことが肝要である。

非常用エレベーターで非常用として使用する場合は、電源を切らずその状況に応じて直ちに運行の中止を行なわなくてよい場合もあるが、一般的には、直ちに運転を中止してエレベーターを使用しないということを原則とする必要がある。

エレベーターでは、地震対策として、通常震度階Ⅳ相当で作動する地震時管制運転装置（地震感知器設置）が設けられたものは、最寄り階にエレベーターを停止させ、利用者が安全に外に出られるようにする安全対策が講じられているが、既設のエレベーターには当該装置のついていないものも多く、これらの所有者又は管理者は、できるだけ早く地震時管制運転装置を設置することが望ましい。

- 二 前一号により運行を中止した自動復帰の地震時管制装置以外のエレベーターを運転再開する場合は、点検及び試運転を行った後に乗客に利用させるよう心がけることが必要である。

三 利用者（乗客）が何らかの理由でエレベーターのかご内に閉じ込められたときは、運行管理者はその状況を的確に判断することが先ず必要である。この場合、容易に救出できると判断したとき（容易に救出できるときは、かごが着床すべき床との段差が極く少ない場合）は運行管理者が救出を行うことができるとしているが、現実には、このようなケースは極く稀れであり、専門技術者に救出を依頼して、二次災害を防ぐようにさせなければならない。

ただし、火災など緊急時には一刻を争うので、敏速、安全な緊急救出方法については消防機関への連絡体制等とともに常時研究等を行っておくことが必要である。いずれの場合においても運行管理者は、利用者に安心感を与えることを常に念頭におくことが必要である。

「容易に救出できる場合」とは、その場で、かごを移動することなく戸を開けることにより安全に利用客を救出できる場合（着床誤差±600mm以下）のことであり、これ以外の場所にかごが停止している場合には無理をして救出することは二次災害を誘発するおそれがあるので、速やかに専門技術者（保守会社）に連絡して救出を求めることが必要である。

第16 鍵等の管理

- 1 運行管理者は、昇降機の機械室、操作盤等の鍵及び乗場の戸の非常解錠用鍵を関係者以外の者に使用又は管理させないこと。
- 2 前項の鍵の他、モーターハンドル、ブレーキ開放レバー等の非常用器具は、保管場所を定めて厳重に保管し、非常時の使用に支障ないようにすること。

(解説)

第16は、運行管理者が行う鍵、モーターハンドル等の管理、保管である。

昇降機の機械室、操作盤の鍵及び乗場戸の非常解錠用の鍵は、通常、運行管理者が責任をもって保管する必要がある。

特に、乗場の戸の非常用解錠鍵が誤使用した場合には、重大な事故に繋ることが予想される。

したがって、これらの鍵の使用については、運行管理者は慎重に対処するものとする。この非常用解錠鍵の使用方法については、専門技術者からの訓練を受ける必要がある。ま

た、鍵には取扱い上の注意を明記した「注意札」をつけておき、かつ、厳重に保管するものとする。

トランク付エレベーターのトランク部の鍵については、救急活動上支障ないように鍵の保管場所を明確にしておく必要がある。

第16の2でいう、モーターハンドル、ブレーキ解放レバーその他の非常用の器具類は、保管場所を定めて厳重に保管し、非常時の使用に支障のないよう管理することは運行管理者の任務である。これらの、非常用器具の使用は、原則として専門技術者に限られるが、離島、遠隔地等で止むを得ず使用する場合は専門技術者と十分に連絡をとる必要がある。

第17 運転者の心得

運転者は、昇降機の運転をする場合においては、運行管理規程を遵守するものとする。

(解説)

第17は、運転者の遵守事項である。

所有者又は管理者から選任された（本指針第4）運転者が昇降機の運転を行う場合は、次の事項及び運行管理規程を遵守するものである。

- 一 疾病、疲労等を感じたときは、運行管理者又は所有者等にその旨を報告し、運転にたずさわらないこと。
- 二 酒気を帯び又は喫煙しながら運転しないこと。
- 三 定員又は積載荷重等を超えて乗せないこと。
- 四 運転中、故障又は事故が発生したとき又はそのおそれがあると判断したときは、直ちに運転を中止し、運行管理者又は所有者等に報告してその指示に従うこと。
- 五 運転終了後は、あらかじめ定められた階に、かごを停止させ、停止スイッチを切り、出入口戸を閉めて、運行管理者又は所有者等に運転終了報告すること。

昇降機事故報告書 (速報・詳報)

殿

報告者

印

(TEL

)

事故発生建築物 又は工作物		名称 所在地	
事故発生		場所	日時 年 月 日 時 分
所有者又は管理者		住所 氏名 (TEL)	
運行管理者		氏名 (TEL)	
昇 降 機	製造者	保守業者	
	確認	年 月 日	確認番号第 号
	完了検査	年 月 日	
	機種又は形式 仕様概要等		
定期検査		前回 年 月 日検査 判定結果 (特記事項なし・特記事項あり) 昇降機検査資格者氏名 認定番号 第 号	
定期点検		前回 年 月 日点検	
事 故 の 状 況 及 び 応 急 措 置 等	被害者の氏名・年令・性別及び被害の程度		
	事故の状況及び応急措置		
	事故原因及び事故防止対策		

- 注1) () 内については、不要のものを消すこと。
 2) 速報の場合にあっては、24時間以内に報告できる事項を記載すること。
 3) 事故状況図その他必要な資料を添付すること。

運行管理規程標準（案）

「昇降機の維持及び運行の管理に関する指針」（以下「指針」という。）第6による運行管理規程に定めるべき事項の標準（雛形）を、次に示す。

運行管理規程は、建物の種類、用途、規模、使用状況、管理体制等により異なることが規定されるが、所有者等は、この標準を参考に当該建築物の条件に適合した運行管理規程を作成することが必要である。

第1 日常の運行管理（管理組織と運営）に関する事項

1. 日常の運行管理は、次に定めるところによる。
 - (1) 昇降機の運行管理者氏名を機械室又は管理室等に掲示しておくこと。
 - (2) 昇降機の非常事態に対する対応体制を明確にしておくこと。
 - (3) 関係図書（確認申請副本等）を整備、保管するとともに、警察署、消防署、特定行政庁、保守会社等への連絡先、連絡方法、通報責任者を明示しておくものとする。
 - (4) 建築基準法（同法第12条第2項）に定める年1回の定期検査を受け、その結果を特定行政庁〔都、道、府、県、市（区）〕に報告すること。
2. 日常管理と保守点検は、次に定めるところによる。
 - (1) 利用方法、取扱方法が正常か巡回確認すること。
 - (2) 日常点検整備を心掛けること。
 - (3) 運転者のいる場合、運転者心得を十分修得させるよう指導訓練を行うこと。
 - (4) 定期点検の計画・実施に心掛けること。
 - (5) 異状の個所は、直ちに修理を行うこと。
3. 非常の場合に対する管理等は、次に定めるところによる。
 - (1) 関係者に必要知識を熟知させ、非常時に応急処置が円滑にできるよう定期的に指導訓練を行うこと。
 - (2) 必要な応急用具は、その所在を明らかにしておくこと。
 - (3) 非常連絡装置の電話、インターホン等は、常に完全な状態に維持していること。
 - (4) 停電灯装置を常に完全な状態に維持していること。
 - (5) 機械室の戸の鍵、乗り場戸の解錠キー、運転キー等の保管場所、保管責任者を明確にしておくこと。
 - (6) 機械室への関係者以外の入室禁止及び機械室内、出入口付近に物品を置かないこと等の注意銘板を掲示すること。
 - (7) 利用者に対する安全広報活動に心掛けること。

4. 保守会社との連絡、協調

- (1) 建築関係工事、重量物運搬、長尺物運搬その他必要と認めるときは、保守会社と連絡をとること。

5. 日常の点検・整備等は次に定めるところによる。

- (1) 日常の点検は、1日1回稼働する前に試乗し、次の項目を点検するのが望ましいが、これが無理な場合は、項目別に時間差を考慮し、随時点検するものとする。
- (2) 日常点検のとき正常でない時、又は機器等に摩損、作動不良を発見したときは、直ちに専門技術者に連絡し、整備を依頼するものとする。この場合、点検記録表に明記すること。

(3) 日常の点検項目及び内容

イ. 戸関係

- ① 戸の開閉は、円滑で異常音、振動はないか。
- ② 開閉速度は正常か。
- ③ かご戸の先端についている戸閉め安全装置は正常に作動するか。
- ④ 各階の乗場敷居溝及びかご敷居溝にゴミ、異物が入っていないか。

ロ. 意匠関係

- ① 三方枠、乗場戸、かご戸に損傷はないか。
- ② かご室側板、操作盤と押し釦、換気扇等に損傷はないか。
- ③ かご床タイルに剝離はないか。

ハ. 照明関係

- ① かご内照明灯や停電灯に球切れはないか。

ニ. 掲示、注意銘板関係

- ① 定員、積載荷重呼び各種注意銘板等が貼付されているか、また、汚損はないか。
- ② 定期検査報告済証が掲示されているか。

ホ. 起動・停止関係

- ① 加速、減速に異常はないか。
- ② 異常音、振動はないか。
- ③ 着床時のショック及びかごと乗場のレベルに大きな段差はないか。

ヘ. 運行関係

- ① 乗心地は良いか。

② 異常音、振動はないか。

ト. 押し釦、表示灯関係

① 押し釦、表示灯のカバーの汚れや損傷はないか。

② 押し釦は確実に動作するか。

③ 表示灯の球切れはないか。

チ. 連絡装置関係

① ブザー、ベル等は正常に鳴るか。

② 管理人室とかご内及び機械室から正常に通話ができるか。

リ. その他清掃関係

① かご室側壁、押し釦カバー、天蓋、照明器具、換気扇、戸の敷居溝、床タイル及びかご戸、乗り場戸、三方枠の清掃を励行しているか。

第2 運行管理日誌の作成及び保存に関する事項

1. 運行管理日誌（業務日誌）及び点検記録表を作成して、3年以上保存すること。
2. 運行管理日誌（業務日誌）及び点検記録表等の様式（内容）は簡明なものとし、永続性のあるものとするのが肝要である。

第3 定期点検・整備及び修理に関する事項

1. 定期点検は、使用頻度、使用環境等に応じて、概ね1カ月に1回専門技術者に行わせるものとする。
2. 定期点検の項目としては、原則として次に掲げる項目は最低行うものとする。

(1) エレベーター関係

イ. 機械室の環境

ロ. 機械室の機器の状態

ハ. 昇降路内の状態

ニ. かごの運行状態

ホ. かごの照明及び停電灯の良否

ヘ. 戸の安全装置及び戸の開閉装置の状態

ト. インターホン等外部連絡装置の状態

チ. かご操作盤、乗り場釦等操作機器の状態

リ. 位置表示器、その他表示装置の状態

ヌ. ピットの環境及び機器の状態

(2) エスカレーター関係

- イ. 機械室の環境及び機器の状態
- ロ. 踏み段の運行状態
- ハ. 操作盤及び信号装置の状態
- ニ. 非常停止釦の作動状態
- ホ. 駆動・踏段チェーン安全スイッチの状態
- ヘ. スカートガード及びインレットスイッチの状態
- ト. スカートガード・踏段、くし、及びハンドレールの状態
- チ. 三角部ガード板の状態

(3) 電動ゴムウェーター関係

- イ. 機械室の環境及び機器の状態
- ロ. 昇降路内の状態
- ハ. かごの運行状態
- ニ. 戸の安全装置の状態
- ホ. 操作盤の状態

3. 整備及び修理については専門技術者に次の事項に心掛けて行わせること。

- (1) 各機器の点検に当ってはその機能を低下させることなく慎重に取扱い、破損、損傷などを与えぬこと。
- (2) 修理等の必要が生じたときは、直ちに運行管理者に連絡、協議をさせその指示に従わせること。
- (3) 整備作業を終了したときは再度点検し、運転に支障のないことを確認させること。
- (4) 点検、整備、修理等の記録を保存させること。

第4 定期検査に関する事項（法定の定期検査）

1. 法定による定期検査は、次に定めるところによる。

- (1) 建築基準法第12条第2項の規定による定期検査は年1回必ず受検すること。
定期検査は建設大臣が認定した昇降機検査資格者に行わせること。
- (3) 検査結果の報告は所有者（管理者）が地域の昇降機等検査関係団体を経由して特定行政庁へ提出すること。
- (4) 定期検査報告済証が交付されたときは、直ちにこれをかご内等に掲示すること。
- (5) その他必要事項は、昇降機検査資格者と連絡、調整を行うこと。

第5 事故・故障発生時の措置及び報告に関する事項

1. 事故（人身事故等）が発生したとき運行管理者は、直ちに所有者（管理者）に報告するとともに、指針第8に基づき適切な措置を講ずること。
2. 故障（かん詰故障）が生じたとき関係者は、直ちに運行管理者に報告するとともに速やかに保守会社（専門技術者）に連絡する等適切な措置を講ずること。

第6 教育に関する事項

昇降機の運行管理に関係する者の教育については、次に定める事項について行うものとする。

1. 昇降機に関する一般知識
 - (1) 昇降機の種類と歴史
 - (2) 昇降機の構造と安全装置
 - (3) 昇降機の運行管理
2. 昇降機に関する法令等の知識
 - (1) 建築基準法・同法施行令、規則、及び告示並びに通達等の概要。
 - (2) 関係法令の安全に関すること。
 - (3) その他必要と認められる事項。
3. 昇降機の運行及び取扱いに関する知識
 - (1) 昇降機に対する巡回、確認
 - (2) 利用者及び荷物扱者に対する注意喚起
 - (3) 昇降機の清掃
 - (4) その他必要と認められる事項
4. 火災発生時、地震発生時に講ずべき措置
 - (1) 火災時の措置
 - イ インターホン（電話等）での乗客への通報、かご内の乗客の有無の確認。
 - ロ 乗客がいた場合の安心感を与える適切な避難、誘導。
 - ハ 保守会社（専門技術者）への連絡。
 - ニ 日常避難・訓練の実施。
 - (2) 地震時に講ずべき措置
 - イ 地震警戒宣言が出た場合のエレベーターの使用中止。
 - ロ 運転中に地震を感じたときの、最寄り階でのエレベーターの停止及び運転の中止。
乗客への操作盤の各階釦を全部押す旨の指導。

ハ 階の途中で停止した場合のかご内の乗客への連絡及び保守会社(専門技術者)への連絡。

(3) その他必要な事項を樹立しておくこと。(地震・火災管制運転装置のある場合等)

5. 故障時、停電時(かん詰)に講ずべき応急処置

(1) かがご内の乗客への連絡。

(2) 保守会社(専門技術者)への連絡。

6. その他昇降機の安全な運行に必要な事項

(1) 昇降機の運行の基本事項として、安全で、故障がなく、また、乗心地がよくて、能率がよく、意匠品が清潔であること。

(2) 利用者の正しい利用の仕方のPRに努めること。

利用者へのPRとしては、指針第11の解説を参考にすること。

4.2 閉じ込め者への対応心得

何等かの原因でエレベーターが停止した場合、閉じ込められた利用者への対応を最優先しなければならない。そのために参考と考えられるものをいくつか列挙する。ここに述べるもの以外にもあるかもしれないことをお断りする。

①管理範囲の全てのエレベーター、エスカレーター、ダムウエーターの位置、メーカー名、設置・更新年月日、仕様等を明記した詳細な管理表を作成する。

②昇降機管理会社との契約書の写し、関連図表を一括ファイルする。

③全ての非常停止装置の場所、取扱方法を分かりやすく説明した手順書を作成する。

④上記①～③の昇降機管理文書を一括ファイルして、文書管理台帳を作成し、年1回以上、文書管理責任者が文書点検を行い、記録する。

⑤閉じ込め者への対応手順書を作成する。それには、少なくとも以下の事項を規定する。

1 閉じ込め者への通話、連絡方法と訓練実施基準

2 閉じ込め者へ、礼儀をわきまえた丁寧な言葉遣いで会話する。

3 閉じ込め者が要求する事項については、優先的に処理する。

⑥管理会社への通報手順書を作成する。

それには、少なくとも以下の事項を規定する。

1 連絡方法

2 連絡事項 5W1H 特に閉じ込め者に関する情報

3 管理会社へ聞くべき事項

⑦オーナー、テナントへの通報手順書を作成する。

⑧教育・訓練の手順書を作成し、定期的に教育・訓練を実施し、記録(実施年月日、時間、教育内容、教育参加者、教育効果)する。

最近のエスカレーター

井出 邦勝

Kunikatsu Ide

1. はじめに

開放的で大量輸送ができることから、始めは百貨店など物販店舗の縦の交通として設置され、その後は建物用途を問わず設置されてきたエスカレーターであるが、ここ数年バリアフリー対策などから既存鉄道駅への設置が加速されている。

エスカレーターの国内設置台数は、(社)日本エレベータ協会の調べでは、平成15年3月時点で、エスカレーターが52,329台、動く歩道が600台となっている。(表-1)

都道府県別の台数では、当然ながら大都市圏に多く東京都が10,517台で1位、以下大阪府5,247台、神奈川県4,102台、愛知県3,273台となっており、最近

3年間の国内新規設置台数は表-2の通りである。

設置後20年以上経過したエスカレーターが更新時期を迎えていることや、前述した鉄道駅では既存階段に併設して新たに設置されることが多いことから、設置スペースの縮小、据付工期の短縮が課題となっている。

エスカレーターは30度勾配の直線タイプが一般的であるが、中間部に水平部を設けた中間踊り場付きエスカレーターや階段が曲行する曲線形のスパイラルエスカレーター、車いすでの搭乗が可能な車いす用ステップ付きエスカレーターなど特殊タイプも開発され、多数使用されている。

表-1 保守台数

機種別 年度別	エスカレーター		エスカレーター 合 計	動く歩道
	S1000型 (旧称 1200型)	S600型 (旧称 800型)		
H14年度	38,177	14,152	52,329	600
H13年度	37,268	13,972	51,240	591
H12年度	37,009	13,916	50,925	555

表-2 年間設置台数

機種別 年度別	エスカレーター		エスカレーター 合 計	動く歩道
	S1000型 (旧称 1200型)	S600型 (旧称 800型)		
H14年度	1,626	818	2,444	52
H13年度	1,258	587	1,845	7
H12年度	3,015	877	3,892	47

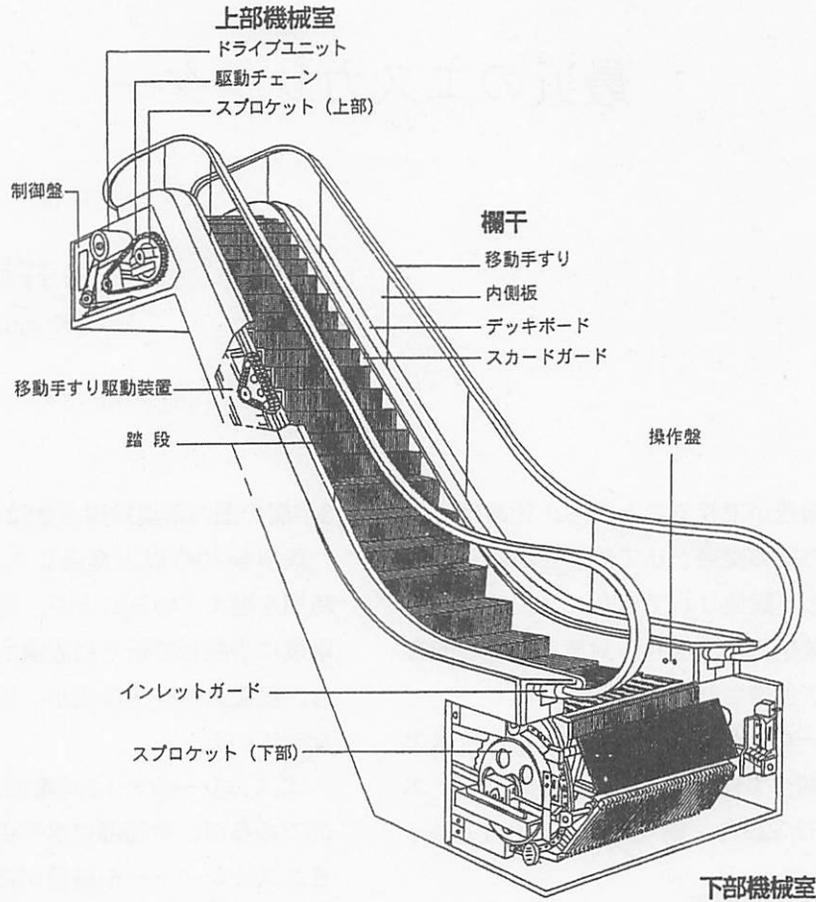


図-1 エスカレーターの構造

動く歩道では、中間部の踏板速度が加・減速する中間高速動く歩道も開発されている。

一般的なエスカレーターの構造と各部名称を図-1に示す。

2. エスカレーターの法令

建築基準法・同施行令が50年振りに大幅改正がされたが、昇降機に関してもH12年の建設省告示で規制緩和と性能規定化がされている。改正前（以下旧法）では、エスカレーターとは別に告示で規定

されていた動く歩道は、今回の改正（以下新法）で設置勾配と踏段自体の傾斜の制限内で、エスカレーターと同じ施行令・告示に含まれている。

主な改正点は次の通りである。

2.1 勾配と定格速度

表-3に勾配と定格速度の関係を示す。勾配と踏段、階高の制限付であるが、勾配は35度以下、速度は勾配30度以下では速度45m/分と緩和されている。

表-3 勾配と速度規定

勾 配	速 度		
	改正前 (旧法)	改正後 (新法)	
8度以下	50 m/分以下	50 m/分以下	動く歩道
8度を超え 15*1度以下	45 m/分	45 m/分以下	
30度以下 (踏段が水平なもの)	30 m/分		30 m/分以下
30度を超え 35度以下	適用不可		

*1: 旧法では踏段面がゴムの場合は15度、他は12度までであったが、新法では15度に統一された。

2.2 踏段幅

旧法では『踏段面から60cmの高さにおける手すり間の距離を1.2m以下』と規定していたが、新法では『踏段の幅は1.1m以下とし、手すりの中心までの距離は25cm以下とする。』となった。(図-2)

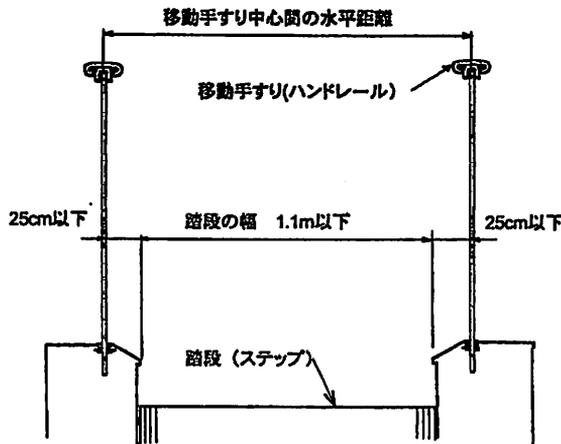


図-2 踏段幅と移動手すり間隔

この変更に伴い、新旧対応でエスカレーター仕様が変わることから、旧法での呼称1200形、800形を、新法対応品では踏段(ステップ)幅を基準としたS1000形(旧1200形)、S600形(旧800形)とされた。新旧の踏段幅は測定場所の差であり、実質寸法に差は無い。

2.3 動く歩道

主に空港や鉄道ターミナルなどに設けられる動く歩道には、脇に手荷物などを載せても余裕のある幅広形が増えている。新法では踏段幅が1.6mまで可能となっているが、実施には制動装置などの大臣認定が必要である。

3. 最近の動向

エレベータ協会の統計によれば、1983年時点でのエスカレーター保守台数は約23,00台であった。これらのエスカレーターは、一番短いものであっても設置後20年以上経過しており、更新時期を迎えている。更新だけでなく、営業中の店舗・駅舎などに新設・増設する場合は、設置スペースの縮小と、短工期での取替えが必須であり、対応した機器や工

法の開発が急務となっており、エスカレーター側の機器と据付・搬入面、建築施工の両面から検討が進んでいる。

既存駅では設置場所の制約があり、既存階段に併設して新たにエスカレーターを設けることが多い。それゆえ特に混雑する駅では省スペースと短工期が必須条件となり、従来通りの踏段幅を確保しながらエスカレーター総幅を縮小した『幅狭エスカレーター』と、据付現場での組立作業時間を極力短縮するため、現場には一体搬入する方法や最小限の分割を行い工期を短縮した工法が必須となっている。

4. エスカレーターのvariety

利用方法や機器の構造上から、特殊形状・構造の少ないエスカレーターであるが、いくつかの特殊構造や使用方法のエスカレーターがある。その代表的なものをいくつか紹介する。

4.1 車いす用ステップ付きエスカレーター

一般のエスカレーターは踏段が階段状になることから、車いすを乗せることはできない。

車いす用ステップ付きエスカレーターは、車いすが乗れるよう車いす使用時のみ3枚の踏段が水平になるような特殊構造としたものである。

一般使用時と踏段形状を替える必要があることから、車いすでの使用時には、係員による運転切り換えと立会いが必要となる。車いす用としての運転を行なう場合は、車いす利用者の安全を図るために定格速度は30m/分以下とし、車いす乗用ステップの先端には車止めが自動的に立ち上がる。車いす運転切り替えスイッチを操作すると、車いすが乗れるようステップ(踏段)が3枚水平となり乗車口で停止する。車いすが搭乗後、係員が車いす運転ボタンを操作すると定格速度まで加速した後、降車口で減速停止する。加速・減速をスムーズに行なうためインバーター制御が用いられる。

車いすステップの構造を図-3に、使用方法を図-4に示す。

次の安全保護措置の配慮がされている。

- (1) 車いすの取り扱い及び車いす搬送運転操作は、管理者側係員の専用操作とする。

4.4 モジュラーエスカレーター

一般的なエスカレーターは図-1の如く、トラス最上部に設置した駆動機により、踏段（ステップ）を取付けたステップチェーンを上部鎖歯車で引き上げる方式をとっている。この構造では、階高が高くなると大容量電動機、大形減速機、チェーンの大形化など、大部分の構成部品が大型化せざるを得ない。モジュラーエスカレーターは、トラス中間部に駆動機を設け、階高に応じて駆動機の数を増やすマルチ駆動方式である。一般的なエスカレーターを機関車牽引方式とすれば、モジュラーエスカレーターは電車方式に例えることができる。

駆動機を増やすことで高揚程がコンパクトで可能となる。図-6に構造を示す。

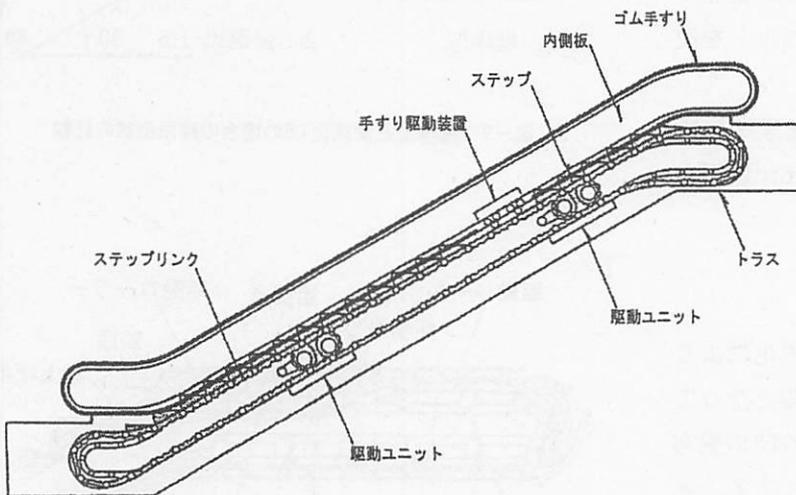


図-6 モジュラーエスカレーター

4.5 エスカレーターの自動運転

省エネルギーを目的として、利用が所定時間無いとエスカレーターを自動的に停止させる運転方式である。

あまり頻繁に運転・停止を繰り返すと機器寿命に悪影響となることから、一般的にエスカレーターは連続運転をしている。

乗降者が少なく、列車間隔のある鉄道駅のような場合は、停止時間が長くなることから自動運転は省エネルギーとして有効となる。

利用者が乗降口に設けた光電装置のビームを遮断したことを検出して起動する。運転方向は一方方向

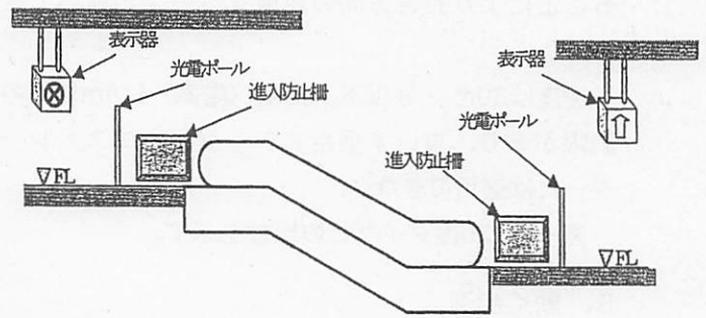


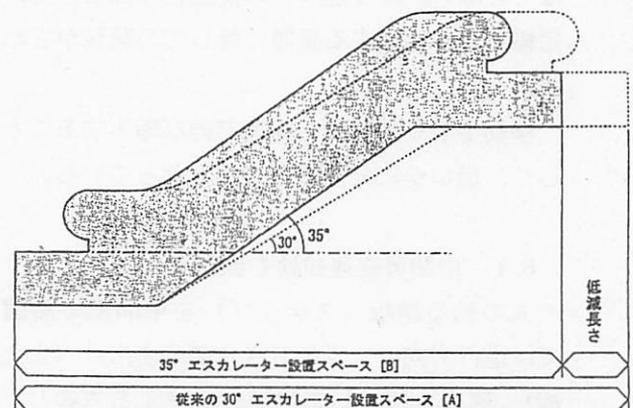
図-7 エスカレーターの自動運転

に限定し（例：昇り方向）、停止時に逆方向（上部）から乗り込もうとする場合は、順方向（昇り方向）に起動させて乗り間違いを防止している。上下部乗降口には、自動運転と運転方向を表示する。

最近のもでは、超音波により乗客検出する方式やインバータ駆動により、微速からスムーズに定格速度まで加速する方式もある。図-7に概要を示す。

4.6 35° エスカレーター

前2項エスカレーターの法令で述べたが、法改正により可能となったエスカレーターで、欧州やアジアでは前から使用されている。



階高	30°		35°	
	全長 [A]	全長 [B]	30° に対する低減長さ [A] - [B]	
4m	11.2m	10.6m	0.6m (低減率 5%)	
5m	12.9m	12.0m	0.9m (低減率 7%)	
6m	13.4m	13.4m	1.3m (低減率 9%)	

図-8 30度と35度エスカレーターの比較

エスカレーターの設置勾配を30度から35度とすることにより長さ方向の設置スペースが縮小できる。

速度は30m/分以下、揚程(階高)は6m以下の制限があり、車いす乗用ステップ付きエスカレーターには適用できない。

図-8に30度タイプとの比較を示す。

5. 動く歩道

水平のものが殆どであるが、カートが搭載できることから大規模店舗等に傾斜形も採用されている。最大勾配は15度、速度は50m/分であるが、勾配により最大速度が規定されている。(2項エスカレーターの法令参照)

階段には、エスカレーターと同様のアルミ製等の金属ステップを使用したタイプと、ゴムベルトを使用したタイプがある。

動く歩道に限り、勾配を4度以下、隣接階段間の段差を4mm以下とした場合は、階段の幅を1.6m以下が可能となっている。

6. 新技術

近年、地下駅の深層化や多層化、大規模化によりエスカレーター、動く歩道の高速化が必要となっている。単に高速とただけでは、乗り降り時の乗客の安全性を考慮すると速度をそれほど高くすることはできない。乗り込み時の安全性確保と移動時間の短縮という相反する課題に対しての開発がされている。

移動手すりは階段と同速で伸び縮みすることは難しく、幾つかに分割した方式となっている。

6.1 中間可変速式動く歩道

人の乗る踏板(ステップ)を中間部の高速区間では進行方向にスライドさせ間隔を広げ(または短縮)、速度を連続して加速・減速する方式と、乗り継ぎ部の隙間を小さくしたベルト式動く歩道を低速→中速→高速→中速→低速と直線に連続配置して、乗り継ぎを可能とした方式が開発されている。

6.2 傾斜部高速エスカレーター

開発中の方式で、中間傾斜部の階段間を特殊なリンク機構でスライドさせ、乗降口部に対して1.5倍となるようにしたエスカレーターで、乗降口での速度が30m/分の場合、中間部は最大で1.5倍の速度45m/分となる。

図-9に階段形状の比較を、図-10に上部拡大図を示す。

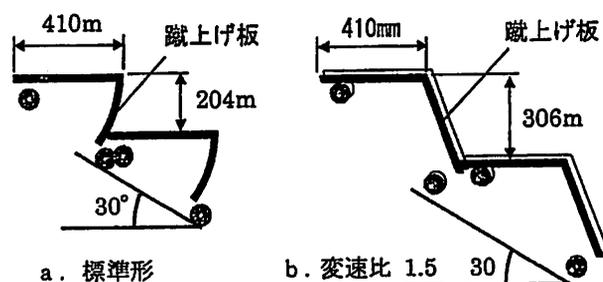


図-9 標準型と変速1.5の場合の階段形状の比較

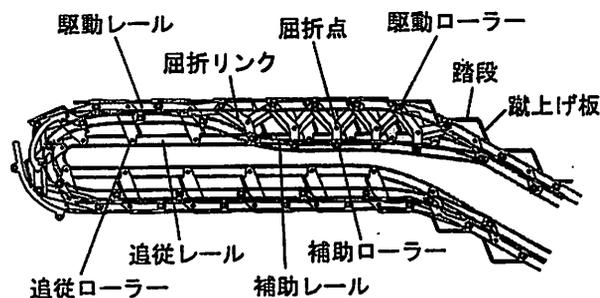


図-10 傾斜部高速エスカレーターの上端拡大図

7. おわりに

エスカレーターは高齢化社会を迎えその役割は益々重要となる。移動手段として日常使用している身近なエスカレーターではあるが、その構造等については余り知られていないと思われる。

最近のエスカレーター全般について紹介した。少しでもご参考になれば幸いである。

エレベータの歴史と今後の課題

正員 阿部 茂*† 正員 渡辺 英紀**

History of Elevators and Related Research

Shigeru Abe*†, Member, Eiki Watanabe***, Member

The history of traction drive elevators in Japan is described. The electrical technologies such as the microprocessor car control and the VVVF motor control made remarkable progress leading to higher reliability and energy savings. Then, the various machine-room-less elevators have been developed and the space saving technology, such as the shuttle and the double-deck elevators become important, too. The elevators used for evacuation in case of emergencies are also discussed.

キーワード：エレベータ，歴史，日本，開発，省エネ，駆動制御方式，機械室レス

Keywords : elevator, history, Japan, development, energy-saving, drive system, machine-room-less

1. まえがき

エレベータの歴史は古く、エジプトでピラミッドが建造された時、既に実用になっていたと言われている⁽¹⁾。しかし安全なエレベータが登場したのは、米国の E.G.オーチスが非常止めを発明してからである。1854 年に彼はニューヨークの博覧会で、自分の発明した非常止めを付けたエレベータに乗り、ロープを切つてこの非常止めがエレベータを安全に停止させることを実証した。

電動機を用いたロープ式エレベータが登場したのは 1880 年で、巻胴式（ドラムにロープを巻きつける方式）であった。1903 年に現在主流のトラクション式が出現した⁽²⁾。トラクション式は、かごと釣合い重りがロープでつるべ式に支持されており、巻上機の綱車（プーリ）とロープ間の摩擦力で駆動するため、電動機容量を小さくできる特長がある。日本で最初のエレベータは 1890 年（明治 23 年）に浅草の凌雲閣に設置された。東京電灯（現東京電力）が動力用に電力を供給した最初のケースでもある。

現在の主要メーカーによる国産化は、1933 年（昭和 8 年）頃に始まった。戦争でエレベータ産業は大きな打撃を受けたが、戦後は日本の経済復興に併せて大きく飛躍した。

本論文では日本のエレベータ技術が世界をリードするに至った電動機駆動制御の歴史、最近の大きな技術革新であ

る機械室レスエレベータ（Machine-Room-Less Elevator, 以下 MRL と記す）の歴史、今後のエレベータシステム技術の課題を中心に述べ、歴史から学ぶ点にも触れる。特に MRL は永久磁石電動機の進歩と密接に関係している。MRL に関して個別の技術発表はあるが、その歴史的な経緯は今までほとんど紹介されていない。

技術の流れを俯瞰することによって、なぜその技術が必要とされたのか、技術の非連続的変化の要因は何か、他の交通技術との関係はどうか、などを明らかにし、今後の技術の方向を提示し、課題を提起する。

2. 電動機駆動制御の歴史

エレベータは定格速度により、高速エレベータ（120m/分以上）と低速エレベータ（105m/分以下）に分けられる。前者は高層ビルに、後者は中低層ビルに採用される。需要が多いのは、低速エレベータの中の速度が 45m~105m/分で積載量が 450kg~1000kg の標準形エレベータである。

図 1 にロープ式エレベータの駆動制御方式の変遷を示す。大きな技術革新としては、1970 年代のサイリスタ採用に続く 1980 年代のパワートランジスタを用いたインバータ制御の実用化、1970 年代末からのマイクロコンピュータの採用、1990 年代半ばからの永久磁石電動機の実用化などがある。この間の大きな流れとして、その根底に「省エネ」の基本思想がある。この点で 2001 年に実用化されたハイブリッド駆動方式は今後の方向を示す重要な技術である。

電動機制御の主流がインバータ（以下 VVVF と記す）制御になると共に、電動機は直流電動機から交流機である誘導電動機、更に永久磁石同期電動機に変わった。VVVF 方式の導入に合わせて、従来ギヤレス巻上機（電動機軸に綱車が直結されてギヤが無い方式）が使われていた高速エ

* 三菱電機(株) 先端技術総合研究所
〒661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1
Mitsubishi Electric Corp., Advanced Technology R&D Center,
8-1-1 Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661

** 三菱電機ビルテクノサービス(株)
〒492-8682 稲沢市菱町 1
Mitsubishi Electric Building Techno-Service Co. Ltd.
Hishimachi 1, Inazawa 492-8682

† 現、埼玉大学

		AGE						
		'70	'75	'80	'85	'90	'95	'00
HIGH-SPEED ELEVATOR	MOTOR DRIVE	WARD-LEONARD		THYRISTOR LEONARD		INVERTER		
	CONTROL	RELAY			MICRO PROCESSOR			
	TRACTION MACHINE (MOTOR)	GEAR LESS (DC MOTOR)			HELICAL GEAR (TM)		GEAR LESS (PMISH)	
	ENERGY CONSUMPTION (CODEX)	100%	95%	72%	62%	57%	54%	54%
LOW-SPEED ELEVATOR	MOTOR DRIVE	AC-2 SPEED		AC-1 PRIMARY VOLTAGE CONTROL		INVERTER		
	CONTROL	RELAY			MICRO PROCESSOR			
	TRACTION MACHINE (MOTOR)	WORM GEAR (INDUCTION MOTOR)			HELICAL GEAR (CM)		GEAR LESS (PMISH)	
	ENERGY CONSUMPTION (CODEX)	100%	93%	74%	67%	37%	32%	28%

図1 ロープ式エレベータの駆動制御方式の変遷
Fig. 1. Changes of drive system of traction elevator.

エレベータまでギヤード巻上機（電動機と綱車の間に減速機を入れて減速する方式）が使われるようになったが、減速機自体も従来のウォームギヤ減速機ではなく、効率の良いヘリカルギヤ減速機が使われた。このヘリカルギヤ減速機は1990年代に入って、低速エレベータにも使われるようになった。因みに減速機の効率はウォームギヤでは60~70%であるが、ヘリカルギヤは95%である。

以下重要な技術革新について個々に詳しく述べる。

(2.1) エレベータの制御目標とデジタル化

(1) 制御目標 エレベータは走行時間が短く、乗り心地が良く、しかも着床誤差（かご床面とホール床面との段差）が小さくなるように制御しなければならない。走行時間は加減速時間が大きなウエイトを占めており、加減速度の大小と反比例している。加減速度および加加速度（加速度の時間変化率）が小さいほど乗り心地は良いが走行時間は長くなるので、この兼ね合いが重要となる。

一方着床誤差は±5mm以下が要求される。これが大きくなると乗り降りがスムーズに出来なくなるばかりでなく、時には転倒事故につながる恐れがある。

なお、乗り心地を良くするためには上記の他に加速度脈動や、起動・停止ショックを小さくする必要がある³⁾。

高速エレベータでは、起動ショックを小さくするため、1950年代から秤起動方式が用いられてきた。秤装置で乗客の重さを測り、かごが動き出す時はかごの静止に必要な電動機電流を流してから、機械式ブレーキを解除して動き始める。停止する時は、かごが完全に停止するまで電動機で制御し、停止してから機械式ブレーキを動作させ、その後電動機電流を遮断する方式が主流である。ブレーキライニングが非常停止時以外は摩耗しないため、保守の省力化にも役立っている。なお、着床精度向上のため、着床時も秤装置の信号を利用する方式もある。この完全に停止するまで電動機で速度制御する方式は、最近になって電車でも実用化されている。

また、エレベータの速度制御装置はまず理想の運転曲線が得られるように、制御系の遅れ等を考慮した速度指令値を作り、この指令値に精密に追従させるように構成する。

(2) アナログ制御からデジタル制御へ 理想運転

曲線は、1階床運転、2階床運転、全速運転、それぞれに速度曲線が異なる。更にビルにより階床間隔が異なるので、同じ1階床運転でも常に同じでない。従って無数の組み合わせが発生できる速度指令値発生装置が用いられる。

高速エレベータでは、このような速度指令値を発生する装置として、従来はアナログ方式の機械式セレクトアが用いられた。これには、一例として1/100~1/150のスケールモデルが使われたが、極めて精密に製作する必要があり、また仮に昇降行程250mのエレベータでは高さが3mものセレクトア装置が必要になり、機械室でのセレクトア装置の配置や据付、保守にも大変手間がかかるものであった。

そのためデジタル化の要望は昔からあった。世界最初のデジタル制御は1967年にモスクワTV塔で実現した⁴⁾。制御装置はドイツ製で、速度の指令値と位置の演算のためにエレベータ毎にデジタル演算回路を使うが、駆動はアナログ方式のワードレオナード方式である。速度指令値の演算は、かごが3.5mm移動する毎に行われる。モスクワTV塔のデジタル制御装置は当時としては最先端の技術であったが、マイクロコンピュータなど無かった時代なので、制御装置も大きく、高価なため広まらなかった。

1970年代後半からのマイクロコンピュータの進歩は前述のアナログ方式の問題を解決した。最初は8ビットマイコンを使って、従来のリレーをマイコン化することから始まり、16ビットマイコンあるいはDSP(Digital Signal Processor)が登場するに及んで、駆動制御回路にも用いられ、完全静止化エレベータの時代になった。移動量検出装置はかごの動きを0.1mm単位のパルスに変えて極めて精密に検出し、マイクロコンピュータは速度指令値の演算を電氣的に行う。これによって超高速・高揚程になっても機械室に機械式セレクトアを設置する必要がなくなり、機械室寸法が大幅に縮小でき、且つ着床精度も向上した。

1977年のサンシャイン60ビル向け600m/分機（当時世界最高速）はアナログ制御方式であったが、1993年の横浜ランドマークタワー向け750m/分機（現在世界最高速）にはデジタル制御方式が採用された。

またリレーのマイコン化（無接点化）により制御装置の信頼性は大きく向上した。

(2.2) サイリスタによる位相制御

(1) 低速エレベータ分野（105m/分まで） 1972年頃からサイリスタを用いて交流電動機を制御する交流帰還方式（誘導電動機の一次電圧制御）が採用され出した（図2参照）。それまでは始動時に交流電動機の一次側に接続された抵抗を、順次短絡して起動する交流1段及び交流2段制御が行われていた。交流2段はより速い速度用に、電動機の極数変換も行う方式である。交流帰還方式は交流1段速度のかご形誘導電動機の一次側電圧をサイリスタを用いて電圧制御するものであるから、交流2段速度方式が起動時に抵抗を挿入してトルクを抑制していたのとは異なり、起動抵抗による電力消費が無い。しかし減速は誘導電動機の一次側に直流電流を流して制動をかける、いわゆる直流制

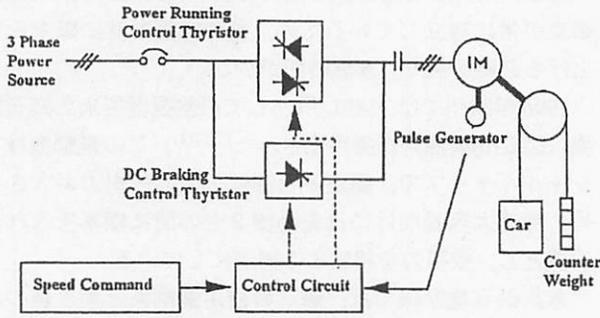


図2 交流帰還制御方式
Fig. 2. AC feed back control system.

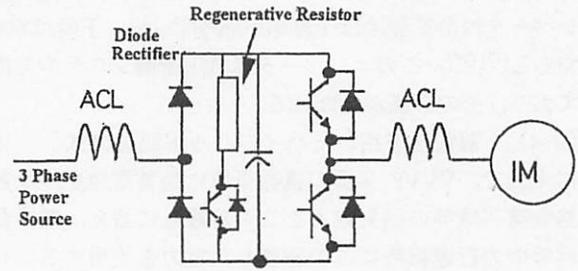


図4 低速エレベータ用VVVF方式
Fig. 4. VVVF system for low-speed elevator.

1984年には低速エレベータ分野にもVVVF方式が導入された。VVVF方式では全速度領域で電動機を高効率で運転出来るので、交流帰還方式に比べ約50%もの省エネになり、直流電動機制御と同等の制御性能を実現できるので従来直流電動機で実現していた高級エレベータ並みの乗り心地が、低速エレベータでも実現できるようになった。

(1) 低速エレベータ用VVVF方式 図4は低速エレベータ用のVVVF方式の構成例である。この方式では、三相交流は一旦ダイオード整流器で直流に変換され、コンデンサで平滑後、トランジスタインバータでPWM(Pulse Width Modulation)制御によって可変電圧・可変周波数の交流に変換され、誘導電動機に給電される。低速エレベータ用は回生電力が小さいので、整流器部をダイオードで構成し、回生電力は抵抗で消費する方式が主流である。

(2) 高速・超高速エレベータ用VVVF方式 高速エレベータは回生電力が大きいので、抵抗で消費するのは難しい。そこで電力回生が可能な電圧形PWM整流器(高効率コンバータ)を採用している。電源側制御においてPWM整流器の出力電圧を帰還し、出力電圧を一定値に制御するとともに、電源電圧の位相を検出して電源側の力率を1に、回生時は-1になるように制御している。また、電源側入力電流も正弦波となるように制御しており、その結果、電源設備容量、高調波電流を大幅に低減することが可能となり、高調波電流含有率を5%程度にできる。図5(a)は一般的な構成例で電圧形インバータ方式であるが、図5(b)の電流形インバータ方式も実用化されたことがある⁽¹⁰⁾。

横浜ランドマークタワー向け750m/分エレベータ(積載量1600kg、電動機出力120kW)のVVVF装置は電動機へ大電流を供給するため、整流器部、インバータ部それぞれの各アームに定格電流が300Aのトランジスタが6個並列に使用されている。一つの制御盤内で6個のトランジスタの並列接続は、配線インピーダンスが大きくなり、トランジスタの電流アンバランスや過大サージ電圧印加等の問題があるので、3個並列したものの出力をリアクトルを介して合成する方式を取っている⁽¹¹⁾。

最新の超高速大容量エレベータでは、永久磁石同期電動機の巻き線を二重三相巻き線とし、2つの駆動制御装置で並列駆動する方式が開発されている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

なお超高層ビル用の超高速エレベータでは気圧による

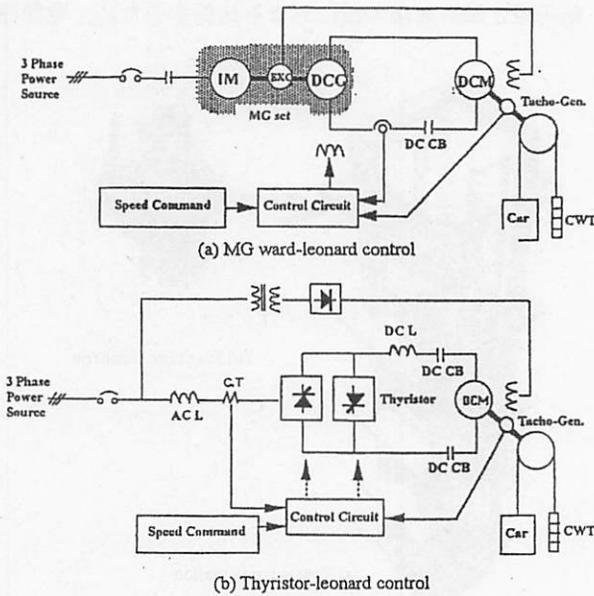


図3 直流高速エレベータ制御方式
Fig. 3. DC high-speed elevator control system.

動が主流である。慣性エネルギーは熱として消費されるので、機械系の慣性量を減らすようになった。慣性エネルギーを減らすとトルク変動時のショックが大きくなるので、これを緩和する制御回路が開発された。これらの方法で約25%程度の省エネが達成された⁽⁵⁾。

(2) 高速エレベータ分野(120m/分以上) 1970年代前半まで使用されてきた図3(a)のMGワードレオナード駆動の直流ギャレスエレベータでは、MGセットなど駆動部分で60%、リレーなど制御管制器で30%、照明などで10%の電力を消費していた。1970年代にMGセットを廃止した図3(b)のサイリスタレオナード方式が採用され、またリレーが消費電力の少ないマイクロコンピュータなどに置き換えられて、30~35%の省エネが達成された⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

(2.3) パワートランジスタによるVVVF制御

1980年代になると、サイリスタよりも制御性能の優れたパワートランジスタが利用可能となり、VVVF制御方式が急速に進歩した。本格的なVVVFエレベータは、1983年に120m/分以上の高速エレベータ用として発表され⁽⁸⁾、その後VVVF化が急速に進んだ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

「耳つん」の問題がある。現在台湾で据付中の世界最高速エレベータは最高速度は上昇1010m/分に対し、下降は600m/分である⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。このエレベータは気圧制御システムを搭載しており、その評価が待たれる。

(2・4) 蓄電池を用いたハイブリッド駆動方式 1982年に米国で、VVVF装置の直流母線に鉛蓄電池をつなぎ、定格負荷下降等の回生電力をこの蓄電池に蓄え、定格負荷上昇等の力行運転時にこの蓄積した電力を使用する、ロードレベリング機能をもったシステムが発表された。このシステムは、停電時にはかなり長期に運転可能、商用電源からは力行一回生のロス分のみ充電すればよいので単相電源での給電で良い、という特長をもっていたが、蓄電池の寿命が短いという欠点があり普及しなかった。

最近、ハイブリッド自動車用に長寿命のニッケル-水素(Ni-MH)蓄電池が実用化された。この技術を適用し、2001年低速エレベータ向けに回生電力をNi-MH蓄電池に蓄え、力行運転時は蓄電池システムと商用電源のハイブリッド運転を行うシステムが実用化され、省エネ率31%の発表がある⁽¹⁵⁾。このシステムは停電時に10分程度低速で運転継続できる特長も持つ。

(2・5) 永久磁石同期電動機 1996年頃から希土類永久磁石を用いたエレベータ用の永久磁石同期電動機が次々に実用化されている。これらはギャレス巻上機に用いられるため、定格回転数は低い。

永久磁石電動機は誘導電動機に比べ、小形にできる上、回転子側の励磁電流が不要なため効率が良い。電動機を小型化するには、多極化により磁路となる鉄心の厚み及び巻線コイルエンドを縮小することが有効であるが、誘導電動機では極数増大に伴う力率低下のため限界があった。永久磁石電動機ではこの問題が無く、多極化に伴う電源周波数の上昇も、インバータ技術の進歩で問題がなくなった。

1996年に実用化された高速エレベータ用永久磁石電動機(定格40kW, 251rpm)は、固定子巻線は分布巻でトルクリップル低減のため、スキューを施している⁽¹⁶⁾。

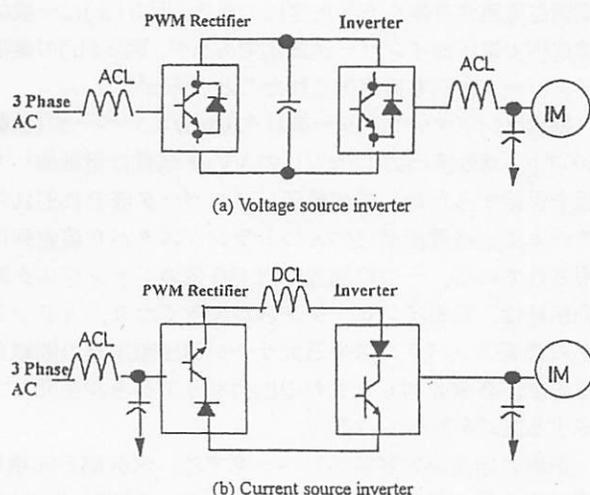


図5 高速・超高速エレベータ用VVVF方式
Fig. 5. VVVF system for high/super high-speed elevator.

なお、永久磁石電動機の制御は誘導電動機に比べ容易で、磁束が常に確立しているため、電動機起動時に磁束を立ち上げる必要が無く、無駄時間が少ない。

1996年欧州では、MRL用として円盤型薄型永久磁石電動機(図6(b)参照)が実用化された⁽¹⁷⁾⁽²²⁾。この電動機はアキシヤルギャップで、固定子と回転子間の吸引力が大きいため、高速大容量向けには電動機2台の間に綱車を入れた巻上機とし、吸引力を相殺する構造にしている。

永久磁石電動機では、磁石の使用量削減と巻き線の自動化(機械化)が重要である。これらを可能にしたラジアルギャップの円筒型薄型電動機(定格3.7kW, 93rpm)を図7(b)に示す⁽¹⁸⁾。磁束密度が同じであれば、電動機のトルクは回転子径と磁石面積の積におよそ比例するため、電動機を大

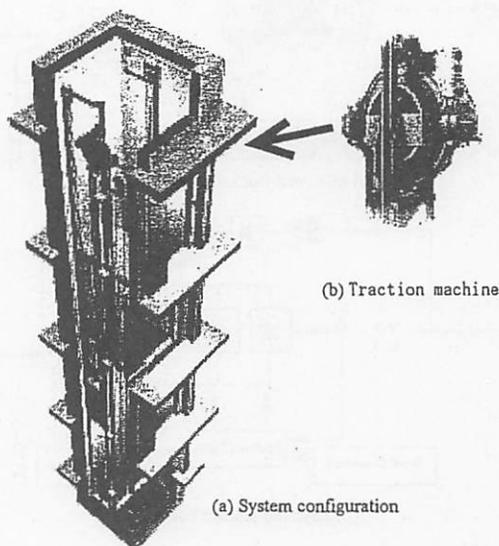


図6 巻上機頂部配置MRL
Fig. 6. MRL (upper machine type).

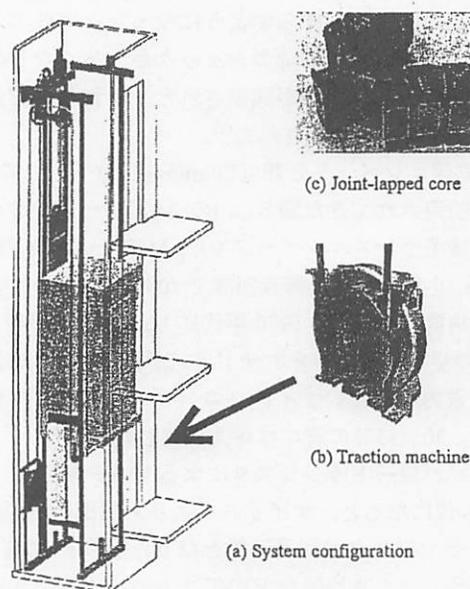


図7 巻上機下部配置MRL
Fig. 7. MRL (lower machine type).

口径薄型にし磁石の使用量を削減している。また巻き線を自動化するために、固定子鉄心に関節型連結鉄心方式(図7(c))を採用し、固定子巻き線は集中巻でスキューなしとしている。磁極集中巻きは分布巻に比べコイルエンド部の巻き線が重ならず軸方向の薄型化に有利である。関節型連結鉄心は従来の一体型鉄心に比べ、スロット内の巻き線密度を上げることが可能で、高電気装荷設計にでき、これも軸方向の薄型化に効果がある。トルクリプル低減のために、最適な極数・スロット数の選択、固定子ティース形状及び永久磁石形状の最適化を行っている。

エレベータでは他の交通分野に比べ、永久磁石電動機への移行が急速に進んだ。これは省スペース・省エネのニーズに合うこと、MRLでは他の電動機では実現できない薄型化が可能であり、回転子の一部をブレーキドラムにも使えること、定格回転数が低く、磁石の固定など高速回転上の問題が少ないことなどが理由である。

3. 機械室レスエレベータ (MRL) の歴史

エレベータシステム方式(主要機械電気機器とそのレイアウト方式)の歴史として、機械室レスエレベータ(MRL)の歴史を取り上げる。MRLが登場する以前は、ロープ式エレベータの機械システム構成には長い間変化がなかった。法律で機械室の設置が義務づけられていたためである。

日本では1998年に標準形MRLが発表され、今では製造される標準形エレベータの90%以上がMRLに変わった。新築マンションの屋上から機械室が姿を消した。

現在、MRLと言え、標準形ロープ式のMRLをさす場合が多いが、技術的には日本のホームエレベータやリニアモータエレベータがその先駆けである。

日本ではMRLが登場する以前は、標準形エレベータの約30%が油圧式エレベータ(油圧ポンプと油圧ジャッキで駆動する方式)であり、残りが図8に示す機械室付きのロープ式エレベータであった。油圧式が多かった理由は、日影規制でビルの高さが制限される場合、屋上機械室が不要で、オーバーヘッド(最上階ホール床面と昇降路天井との間の垂直距離)の小さい油圧式が有利であったためである。標準形ロープ式MRLの登場で、価格と省エネで劣る標準形油圧式がまず姿を消し、機械室建築コストで劣る機械室付きの標準形ロープ式もMRLにとって代わられた。

世界的には欧州と日本でMRLが急速に普及した。これは屋上機械室不要のメリットが、10階床程度までの建物で顕著だからである。

MRLの開発競争は、規制緩和とプロパテント時代の象徴でもある。MRLが登場する前は各社とも同じような機械システム構成のエレベータであったが、MRLが登場してからは各社独自のMRLを開発するようになった。その歴史と現在も続く技術開発を紹介する。

(3・1) ホームエレベータとリニアモータエレベータ

日本では1980年より通産省の指導で「高齢者・身体障害者用昇降システムの開発」が進められ、1987年に建設省の

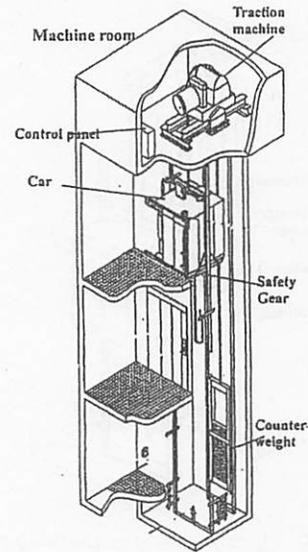


図8 ロープ式エレベータ⁽³⁷⁾

Fig. 8. Traction elevator.

要請で「個人住宅用エレベータ設計指針」が作成された⁽¹⁹⁾。この指針で小型、低速に限り規制が緩和され、駆動装置を昇降路内に設置することが認められた。1988年より様々な方式の機械室の無いホームエレベータが実用化されたが、現在は巻胴式と油圧式が主流となっている。

スウェーデンでも1983年、政府が高齢者のために既存の集合住宅に設置するエレベータの開発プロジェクトを開始した。様々なエレベータが提案され設置されたが、その中にMRLの提案も見られる⁽²⁰⁾。

1989年にリニアモータエレベータが開発され、日本市場に投入された⁽²¹⁾。図9にその構成を示す。円筒形のリニア誘導電動機(LIM)が取り付け重りの中に設置されており、2次導体は円柱形で昇降路の頂部と下部で固定されている。巻上機のための屋上機械室は必要ない。LIMはエアギャップが大きくなると、一般に力率、効率が悪くなる。リニアモータエレベータは油圧式エレベータに比べて、速度、消費電力、電源設備容量で勝っていたが、次節のMRLの登場でこれらの優位性が無くなった。

(3・2) 機械室レスエレベータ 1996年欧州で、円盤形電動機の薄型ギヤレス巻上機を昇降路頂側部に設置するMRLが開発され、欧州市場に投入された⁽¹⁷⁾⁽²²⁾。図6(a)にその構成を示す。Harri Hakalaは取り付け重りに設置するLIMを開発中に、永久磁石を用いることで電動機を薄くできること、また取り付け重りに電動機を設置すると故障時にアクセスの問題があることなどに気づき、最終的に図6(a)のように薄型巻上機を昇降路頂部のかご移動空間と昇降路壁との間に置くMRLを開発したと述べている。巻上機は(2・5)節で述べた円盤型永久磁石電動機を用い、制御盤は最上階の乗場袖壁に設置している。

それまで世界的にエレベータは、主に保守と故障時の乗客救出のために機械室が必要との規制があったが、規制緩和の流れの中、欧州、日本ともにMRLが認められるように

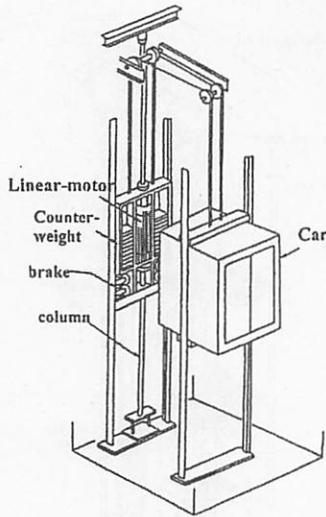


図9 リニアモーターエレベータ
Fig. 9. Linear-motor elevator.

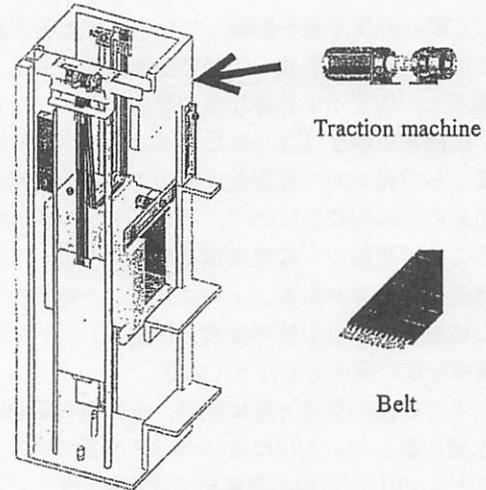


図10 ベルトを用いたMRL
Fig. 10. MRL with belts.

なり、世界はMRLの時代に入った。従ってMRLでは機械室を無くすために、まず安全な保守方式や故障時の閉じこめ救出方式などが開発された。

1998年に円筒形電動機のギヤレス巻上機を昇降路ピットに設置した標準形機械室レスエレベータ⁽²³⁾が、2001年には円筒形電動機の薄型巻上機を昇降路下側部に配置する新機種⁽²⁴⁾(図7(a)参照)が実用化された。制御盤は両者とも昇降路内に設置されている。新機種は〈2.5〉節で述べた関節形連結鉄心(図7(c)参照)を用いた永久磁石電動機を用いている。

巻上機を昇降路内に設置するには小型化と騒音低減が不可欠で、巻上機は誘導電動機を用いたギヤード方式から、希土類永久磁石電動機を用いたギヤレス方式に変わった。しかしギヤレス方式のためギヤード方式に比べ、電動機トルク、ブレーキトルクが大幅に増大し、2:1ローピング(かごが動滑車で吊るされるため、図8の1:1ローピングに比べ電動機の回転数は2倍となるが、トルクは1/2となる方式)を用いても巻上機が高価になった。

巻上機を小型化するには、巻上機の綱車(プーリ)の径を小さくする方法がある。現在の鋼製ロープに代わる新しいロープを開発し、ギヤレス巻上機を小型化しようという動きが出てきた。ロープ式エレベータは、つるべ式になっていて、かごとつり合い重りとは、定員の40~50%の乗客が乗った時にバランスし、巻上機の綱車の摩擦力でロープを駆動する。この摩擦力の確保とロープ寿命から、鋼製ロープでは綱車の径はロープ径の40倍以上と決められてきた。綱車の径を小さくできれば電動機トルクを下げ、電動機及びブレーキを小型化・低廉化できる。この場合綱車の摩擦力の確保が安全上重要となる。

2000年に欧州で鋼製ロープに代わる合成繊維のアラミドロープの技術が発表された。このアラミドロープは鋼製ロープに比べ、1/4の軽さ、2倍の摩擦係数になり、曲げに強いという⁽²⁵⁾。軽いことから高揚程の高速エレベータに、綱車の小径化が可能なることからMRLにも適する。

2000年米国でポリウレタン被覆鋼芯ベルトを用いるMRLが開発され、海外市場に投入された⁽²⁶⁾(図10参照)。このベルトは幅30mm厚さ3mmの鋼芯入りのポリウレタンベルトである。このベルトの採用で、巻上機の綱車直径は100mmとなり、通常の10mm径鋼製ロープを用いた綱車の1/4を実現し、それに伴って電動機を含む巻上機の寸法は大幅に小さくなっている。ポリウレタンを用いることで摩擦係数を高め摩擦力を確保している。

これら新しいロープ(ベルト)を用いる方式は、巻上機が安価になる反面、ロープが高価になることから全体としてのコスト評価が重要である。また摩擦係数を高くするためロープに油がつかないように対策が必要である。

永久磁石電動機ギヤレス巻上機を用いる中高級市場向けのMRLを見てきたが、海外の低価格市場ではギヤード巻上機を用いるMRLも増えている。価格を抑えるためにウオームギヤ減速で誘導電動機を用いる従来方式の巻上機を採用し、1:1ローピングが多い。昇降路が大きくなる他、騒音振動も大きくなるのが欠点である。

このように1990年頃、技術的に成熟したと見られていた標準形エレベータが、規制緩和と希土類永久磁石電動機などの技術革新によって、製品構造が大きく変わった。この技術開発競争は今も続いている。

4. 今後のエレベータシステム技術の課題

エレベータの今後の課題は数多いが、ここではシステム技術による解決が強く求められている「ビルのレンタル比の向上」と「避難用エレベータ」を取り上げる。

〈4.1〉ビルのレンタル比の向上(高層ビルの省スペース) MRLは中低層ビルの機械室をなくすことでビルの省スペース化に貢献した。高層ビルでは階数が増すにつれ、エレベータの占有面積が大きくなり、これを減らしビルのレンタル比(オフィスとして利用できる面積/ビルの全床面積)を高めたいという切実な要求がある。超高層ビルでは、この解決にスカイロビー方式やダブルデッキエ

レベータ (以下DDと記す) が用いられているが、最近DDへの関心が一段と高まっている。

スカイロビー方式は、図11に示すようにビルの中間階に設けられたスカイロビーでシャトルエレベータから高層階用ローカルエレベータに乗り継ぐ方式である。高速シャトルの輸送効率の高さで全体としてエレベータ占有面積が減少する。そのほかローカルエレベータの平均的な速度を下げられるなどの特徴もある。

DDは原理的に輸送能力が高い。エレベータの設置台数を考えるビルの交通計算では、輸送能力と待ち時間でサービス水準を評価する。一台のエレベータが出発階から乗客を乗せ再び出発階に戻ってくるまでの時間を一周時間と呼び、エレベータがN台あれば平均運転間隔は一周時間/Nで、平均待ち時間はこの半分となる。DDの輸送能力はシングルデッキエレベータ (以下SDと記す) に比べ、かごが2個となるので、2倍と思われやすいが、DDは2階床毎に停止するため、相手かごの乗降による無駄な停止を考慮しても停止数が減り、一周時間がSDに比べ短くなる。このためDDの輸送能力はSDの2倍を少し上回る。条件が良ければDDはSDに比べエレベータの台数を約半分にすることが出来るが、乗場を含めたエレベータの占有面積で見た場合、60~70%程度となる。

DDの大きな課題は奇数階と偶数階との間の移動が朝などのピーク時には出来ないことである。閑散時には上下かご共どの階にも止まれるセミダブル運転で対応できるが、奇数偶数階間の移動が多いと輸送能力や待ち時間の特性が悪くなる。従って階間交通の少ないビルに適している。またビルのテナント配置により奇数偶数階間の交通をなくす方法も重要と考えられる。さらに、従来のDDではビルの階間距離を一定に揃える必要があったが、2003年に階高調整機能付DDが日本で実用化され、この課題は解決された⁽²⁷⁾。

世界最初のDDは1931年にニューヨークに設置され、1995年の報告⁽²⁸⁾では建築中を含め世界で約470台である。

DDよりも昇降路の利用効率を高める方式として、ワンシャフトダブルカーエレベータやマルチカーエレベータが研究されてきた⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾。高層ビルになるほど昇降路は高くなるが、そこを1台のかごが占有するのは、いかにも効率が

悪い。ダブルカーは最近ドイツの大学に設置された。乗り場で行き先階のボタンを押し、指定された号機のかごに乗車する「乗り場行き先階登録方式」を採用し、上下のかごの移動空間が重ならないように工夫している。DDに比べての輸送能力向上率と故障時のかご間衝突防止システムが重要である。マルチカーエレベータは、方式検討やシミュレーション評価の研究段階であるが、ロープレスリニアも研究されている⁽³¹⁾。

(4.2) 避難用エレベータ 最近「避難用エレベータ」への関心が高まっている。バリアフリーや高齢化の進展により、高層ビルで働く身障者や老人の数が増えた。「火事の際はエレベータに乗らないで下さい」では助かる人も助からないとの意見がある。この解決には、ビルとエレベータの連携を深く考えねばならない。

(1) 非常用エレベータ 日本では建築基準法により、高さ31mをこえる建物に非常用エレベータの設置が義務づけられている。消防士が消火活動と逃げ遅れた人の救出に使うのが目的である。平常時は通常のエレベータとして利用できる。欧州、米国にも同目的の規定があるが内容はかなり異なっている。

日本の非常用エレベータでは、乗場ロビー・昇降路・機械室を防火区画で囲うこと、火災時停電対策として自家発電等の予備電源を備えること、耐水対策として電気機器を防滴構造とすること、消火活動のための運転方法 (非常運転) とその表示装置を設けることなどが決められているが、台数が少なく、あくまで消火活動が目的である。

(2) 避難用エレベータ 1991年の東京消防庁の調査研究報告⁽³²⁾でエレベータによる避難の検討と対策が述べられている。欧米でも多くの論文が発表されている⁽³³⁾⁽³⁴⁾。

避難用エレベータの目的としては、火災の初期段階での(A)身障者・老人等防災弱者の避難と、(B)超高層ビルでの健常者を含めた早期避難とがある。後者はエレベータの5分間輸送能力がビル人口の15%程度あることを根拠に、避難階段を併用し避難時間の短縮を図るものである。

また、火災時に使用するエレベータでは、(1)運転中に停電等が起きてもかごに閉じこめられず避難階に行ける、(2)火災階と遮断され、その影響を受けない、(3)昇降路に煙が進入しない、が最低限必要と考えられる。さらに、避難用エレベータでは、(1)電源：避難では多数のエレベータを使う必要があるが、通常のビルの非常用電源では容量が不足することに対する対策と、停電の危険下で運転するには最低限閉じこめられない対策とが必要、(2)火災状況把握：昇降路・乗り場に各種センサを配し、火災の影響がなく運転継続可能を判断する装置が必要、(3)運転方式：火災管制運転や非常運転とは異なる避難運転方式が必要、(4)運転者：訓練を受けた避難誘導者に制限するか、避難運転中を消防署等へ通報する機能が必要と考えられる。上記に加え、多くの人々が避難に使う場合には、エレベータ以上にビル本体の対策が重要である。

東京消防庁の報告では、非常用エレベータは消防用に、

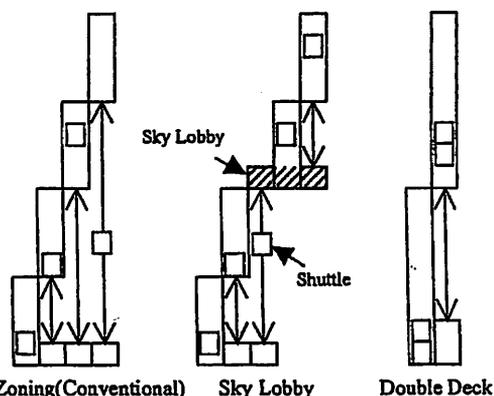


図11 スカイロビー方式とダブルデッキエレベータ

Fig. 11. Sky lobby and double deck elevator.

一般のエレベータを避難用に用いる可能性を検討している。これによると、避難用エレベータは教育訓練を受けた避難誘導員が防災センターの管理下で運行し、防災弱者を優先し、健常者は階段で避難する。結論として、コストの課題、法令上の課題、使用者の意識（戸惑い）の課題を上げている。

(3) エレベータによる避難 最近エレベータによる避難を実現した建物が出てきた。M 障害保健福祉センター⁽³⁵⁾と K 病院⁽³⁶⁾である。前者は身障者が 10 階までを利用するため、非常用エレベータを避難用に 2 台追加し、避難時には防災センターの監視員が乗り込むルールである。后者は避難上重要なエリアを加圧防煙システムで守り、避難用のベッド用エレベータを設置している。これらのエレベータは非常用電源で動き、防災センターと連絡をとりながら、消防隊及び看護師の管理下で救出活動をする。

避難用エレベータに関しては、避難にエレベータを用いる場合の輸送計画・群管理・避難管制運転、居住者の避難シミュレーションなど、システム技術として研究開発すべき課題が多い。防災技術は日本が得意とする分野である。避難用エレベータを早く実用化し、世界に貢献する必要があると考えられる。

5. 歴史から学ぶ点

(5-1) 安全と枯れた技術 マイクロコンピュータのエレベータへの応用の初期には慎重な検討と十分な検証が行われた。エレベータは人間を運ぶものであるから、万一制御回路が故障して大事故になることは絶対避けなければならないが、当時マイクロコンピュータはどのような故障モードか、またどの程度の信頼性かのデータは皆無だった。例えばリレーでどこに故障が発生しやすいかは沢山のデータがあるから、その時回路がどのような動作をするかは容易に解析できた。しかしマイクロコンピュータの膨大な ROM, RAM の各エレメントが故障した時の回路動作をシミュレーションすることは不可能である。従って当初は、リレー回路で実現していた単純なシーケンス制御の部分をマイクロコンピュータに置き換えたが、その後マイクロコンピュータの信頼性が十分検証されると共に、マイクロコンピュータを含む回路のフェイルセーフを考えた構成技術も確立され、広い範囲に亘って安心して使われている。

新しい要素技術をいち早く取り入れることは重要であるが、反面慎重さも要求される。開発設計者は安全に十二分の注意を払い、万一のことを考えて設計しなければならない。

(5-2) 規制と技術革新 エレベータの歴史は、技術革新と様々な規制の歴史でもある。日本ではビルの高さ規制が撤廃されて超高速エレベータの開発が進んだ。機械室の規制が常識化し、機械室レスエレベータの開発が遅れたとも言われている。

規制が強化されて技術開発を促す例も多い。欧州での上方向安全装置や最近の日本の乗場ドアの遮煙性能に関する規制などがその例である。

各国法規の相違が与える影響も大きい。EU 統合を契機に EU が欧州規格を整備体系化した。中国、東南アジアでは日本規格に代わり、欧州規格の影響が強くなった。

日本も 2000 年に建築基準法が改正され、仕様規定の見直しと技術革新を促す性能規定の導入が図られた⁽³⁷⁾。

規制の緩和・強化は今まで存在しなかった製品や市場を生み出す。技術開発が促進され、製品だけでなく知財権も生まれる。米国のプロパテント政策や中国の低コスト製造に対抗するために、日本は高品質の製造技術だけでなく、知財権の強化が不可欠である。規制が上手く運用され、エレベータの安全性が高まると共に、市場も広がり、製品競争力も高まるよう期待される。

6. あとがき

本論文では、エレベータの歴史の中の電気システム技術に焦点をあて、電動機駆動制御の歴史、機械室レスエレベータの歴史、今後のエレベータシステム技術の課題を中心に述べ、歴史から学ぶ点にも触れた。

歴史の流れの中から、電動機駆動制御では今後重要性を増すハイブリッド駆動方式、機械室レスエレベータではエレベータと共に進化する永久磁石電動機技術、システム技術としてダブルデッキエレベータと避難用エレベータの重要性などについて述べ、将来の技術の方向を提示し、今後の課題を提起した。重要ではあるが、他に解説のある群管理⁽³⁸⁾は紙面の都合で省略した。

最後に貴重なご意見を頂いた日立製作所主管技師長坂井吉男氏に感謝申し上げます。また図表の掲載をご了解頂いた日本オーチス社、コネ社の方々に感謝申し上げます。

(平成 15 年 10 月 7 日受付, 平成 16 年 4 月 8 日再受付)

文 献

- (1) 寺園成宏・松倉欣幸 編:エレベーターハイテク技術, オーム社 (1994)
- (2) 渡辺 功 編:日本におけるエレベーター百年史, (社)日本エレベーター協会 (1990)
- (3) E.Watanabe: "Recent Trends and Future Theme of Super-High Speed and High Rise Elevators", *TJEE Japan*, Vol.109-D, No.9, pp.613-617 (1989-9) (in Japanese)
渡辺英紀:「超高速・高揚程エレベータの速度制御の動向と課題」, 電学論 D, 109, 9, pp.613-617 (1989-9)
- (4) H.Fuhrmann: "Die elektrische Ausrüstung der Schnellaufzüge im Fernsehturm Moskau", *AEG-Mitteilungen* 57, pp.260-264 (1967)
- (5) T.Harada and N.Anzai: "Velocity Feedback Controlled AC Elevator utilizing Semi-conductor", *Mitsubishi Denki Gihō*, Vol.46, No.12, pp.1353-1360 (1972) (in Japanese)
原田輝夫・安西伸夫:「半導体制御素子による速度帰還制御方式エレベーター」, 三菱電機技報, 46, No.12, pp.1353-1360 (1972)
- (6) E.Watanabe and T.Ishii: "Thyristor Leonard Gear-less Elevator", *Mitsubishi Denki Gihō*, Vol.52, No.10, pp.743-746 (1978) (in Japanese)
渡辺英紀・石井敏昭:「サイリスタレオナード方式《サイリスタグライド》ギヤレスエレベータ」, 三菱電機技報, 52, No.10, pp.743-746 (1978)
- (7) Y.Sakai, K.Aoki, T.Ando, and H.Inada: "DC Elevators with Thyristor Leonard Speed-Control System", *The Hitachi Hyoron*, Vol.62, No.7, pp.509-514 (1980) (in Japanese)
坂井吉男・青木和光・安藤武喜・稲葉博美:「サイリスタレオナード制御方式直流エレベーター」, 日立評論, 62, No.7, pp.509-514 (1980)
- (8) E.Watanabe, S.Yokota, H.Kamaike, and S.Yamazaki: "The VVVF Control

- System for High-Speed Elevators”, *Mitsubishi Denki Gihō*, Vol.57, No.11, pp.739-743 (1983) (in Japanese)
- 渡辺英紀・横田 達・釜池 宏・山崎真治:「高速エレベータ用新制御・駆動装置」, 三菱電機技報, 57, No.11, pp.739-743 (1983)
- (9) H.Kitagawa, T.Kadokura, T.Aoshima, and A.Iijima: “Elevator Control System Utilizing Inverter”, *Toshiba Rev.*, Vol.39, No.9, pp.757-759 (1984) (in Japanese)
- 北川 博・門倉俊夫・青島知行・飯島 厚:「インバータ制御エレベーター」, 東芝レビュー, 39, No.9, pp.757-759 (1984)
- (10) N.Mitsui, M.Nakazato, Y.Sakai, S.Shima, M.Honbu, and E.Keda: “High-speed Elevators Controlled by Sinusoidal Current Source Inverters”, *Hitachi Rev.*, Vol.68, No.6, pp.495-500 (1986-6) (in Japanese)
- 三井宣夫・中里真朗・坂井吉男・島 清哉・本部光幸・池田瑛司:「正弦波インバータ制御高速エレベーター」, 日立評論, 68, No.6, pp.495-500 (1986-6)
- (11) E.Watanabe, T.Tanahashi, Y.Sugiyama, K.Sugita, and M.Seiriki: “A 750m/min Elevator for the Landmark Tower Yokohama Building”, *Mitsubishi Denki Gihō*, Vol.67, No.7, pp.689-693 (1993) (in Japanese)
- 渡辺英紀・棚橋 徹・杉山美樹・杉田和彦・勢力峰生:「横浜ランドマークタワー向け750m/min エレベーター」, 三菱電機技報, 67, No.7, pp.689-693 (1993)
- (12) 加藤 覚・船井 深・西村信寛・池田史郎・桧垣潤一:「世界最高速エレベーター」, 三菱電機技報, Vol.75, No.12, pp.31-35 (2001)
- (13) T.Nakagawa, H.Kohara, Y.Sekimoto, and S.Nakagaki: “World’s Fastest Elevator (1,010m/min)”, *Toshiba Rev.*, Vol.57, No.6, pp.58-63 (2002) (in Japanese)
- 中川俊明・小原英也・関本陽一・中垣薫雄:「世界最高速1,010m/min エレベーター」, 東芝レビュー, 57, No.6, pp.58-63 (2002)
- (14) J.W.Fortune: “Taipei Financial Center”, *Elevator World*, Vol.50, No.10, pp.52-56 (2002)
- (15) M.Kusuma, K.Kobayashi, S.Tominaga, I.Suga, H.Araiki, H.Ikejima, and S.Tajima: “Development of Energy Saving Elevator Using Regenerated Power Accumulation System”, 2001 National Convention record IEE Japan, No.4-191, pp.1505-1506 (2001) (in Japanese)
- 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:「再生電力蓄電システムによる省エネエレベータの開発」, 平成13年電気学会全国大会, No.4-191, pp.1505-1506 (2001)
- (16) S.Kato, N.Sudoh, H.Araiki, M.Kawaguchi, C.Kawase, F.Aoki, and T.Honda: “New Gearless Traction Machine for High Speed Elevator”, The Papers of Technical Meeting, IEE Japan, RM-97-107, pp.1-6 (1997) (in Japanese)
- 加藤 覚・須藤信博・荒木博司・川口守弥・川瀬千春・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」, 電気学会回転機研資, RM-97-107, pp.1-6 (1997)
- (17) J. de Jong and H. Hakala: “The Advantage of PMSM Elevator Technology in High Rise Building”, *Elevator Technology*, Vol.10, pp.284-289 (2000)
- (18) A.Daikoku, N.Hashiguchi, N.Miyake, H.Ikejima, K.Inoue, M.Yasue, and T.Komatsu: “Development of Flat Type Permanent Magnet Motor for Machine-Room-less Elevator”, The Papers of Technical Meeting, IEE Japan, RM-01-113, pp.37-42 (2001) (in Japanese)
- 大穀晃裕・橋口直樹・三宅展明・池島宏行・井上健二・安江正徳・小松孝敏:「機械室レス・エレベーター巻上機用永久磁石式薄形モータの開発」, 電気学会回転機研資, RM-01-113, pp.37-42 (2001)
- (19) H.Yoshikawa, Y.Sugiyama, T.Aoi, K.Yamamoto, and M.Nakanishi: “Elevators for Private Residences”, *Mitsubishi Denki Gihō*, Vol.61, No.11, pp.13-16 (1987) (in Japanese)
- 吉川 博・杉山美樹・青井隆明・山本和美・中西光明:「個人住宅用エレベーター」, 三菱電機技報, 61, No.11, pp.13-16 (1987)
- (20) W.C.Sturgeon: “Low-Rise, Low-Cost Lifts for Existing Buildings”, *Elevator World*, Vol.36, No.5, pp.49-59 (1988)
- (21) 中井恵一郎・藤澤紀彦:「リニアモーターエレベーター」, 日本エレベータ協会40周年記念講演論文集, pp.88-97 (1990)
- (22) Y.Oda, M.Karppinen, and T.Hietto: “Space and Energy Saving Elevator”, Elevator, Escalator and Amusement Rides Conference, No.97-76, pp.25-28 (1997) (in Japanese)
- 小田恭志・Marko Karppinen・Thomas Hietto:「省スペース, 省エネルギータイプエレベーター」, 日本機械学会講演会講演論文集, No.97-76, pp.25-28 (1997)
- (23) 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”」, 三菱電機技報, Vol.72, No.10, pp.13-16 (1998)
- (24) 林 美克・山川茂樹・湯村 敬:「三菱機械室レスエレベーター“ELEPAQ-I”」, 三菱電機技報, Vol.75, No.12, pp.6-11 (2001)
- (25) J. Gale: “Lured To Ebikon: Aramid Ropes and The EuroLift”, *Elevator World*, Vol.48, No.9, pp.102-107 (2000)
- (26) H. J’O’Donnell: “New Lift Rope Technology-Coated Steel Belts”, *Elevator Technology* 11, pp.104-112 (2001)
- (27) 船見実生・藤田善昭・浦田雅純:「階高調整機能付き「ダブルデッキエレベーター」」, エレベータ界, No.146, pp.8-12 (2002-4)
- (28) J. W. Fortune: “Modern Double-Deck Elevator Applications and Theory”, *Elevator World*, Vol.44, No.8, pp.63-69 (1996)
- (29) T.Yumura, M.Iwata, A.Kuwata, and H.Araiki: “Basic Study of Roped Double-Car Elevator System”, Elevator, Escalator and Amusement Rides Conference, No.01-58, pp.21-24 (2002) (in Japanese)
- 湯村 敬・岩田雅史・桑田朗子・荒木 宏:「ロープ式ダブルカーエレベーターの基礎技術開発」, 日本機械学会講演会講演論文集, No.01-58, pp.21-24 (2002)
- (30) A.Fujino, T.Tobita, and K.Nakagawa: “Basic Study on Mass Transportation Systems in Buildings by Means of Multiple-cage Elevators”, *TJEE Japan*, Vol.117-D, No.7, pp.815-822 (1997-7) (in Japanese)
- 藤野尚哉・飛田敏光・中川久美子:「循環型エレベータによるビル内大量輸送システムの基礎検討」, 電学論D, 117, 7, pp.815-822 (1997-7)
- (31) M.Miyatake, T.Koseki, and S.Sone: “A Proposal of a Ropeless Lift System and Evaluation of its Feasibility”, *TJEE Japan*, Vol.119-D, No.11, pp.1353-1360 (1999-11) (in Japanese)
- 宮武昌史・古閑陸章・曾根 悟:「ロープレスエレベータシステムの提案とその有効性評価」, 電学論D, 119, 11, pp.1353-1360 (1999-11)
- (32) 東京消防庁:「大規模建築物及び特異建築物等の消防対策に関する調査研究報告書(消防用設備の日常化等)」, pp.4/1-4/84 (1991-3)
- (33) J. Klote, B. M. Levin, and N. E. Groner: “Emergency Elevator Evacuation Systems, Part One”, *Elevator World*, Vol.45, No.5, pp.99-104 (1997)
- (34) R. E. Howkins: “In The Event of Fire Use The Elevators”, *Elevator World*, Vol.48, No.12, pp.136-142 (2000)
- (35) 「非常用エレベーターで避難計画」, 日経アーキテクチャ, p.82 (2001-10-15)
- (36) 日本建築学会編:「性能規定化時代の防災・安全計画」, pp.64-67, 彰国社 (2001)
- (37) 国土交通省住宅局建築指導課・他編:「昇降機技術基準の解説(2002年版)」(2002)
- (38) S.Hikita and S.Abe: “Elevator Group Control Systems Using AI Technologies”, *J. Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol.17, No.1, pp.57-62 (2002) (in Japanese)
- 匹田志朗・阿部 茂:「エレベータ群管理制御におけるAI技術の応用」, 人工知能学会, 17, No.1 pp.57-62 (2002)



阿部 茂 (正員) 1949年3月29日生。1971年3月東京大学工学部電子工学科卒業。1976年同大学院博士課程修了。工学博士。同年三菱電機株式会社入社。中央研究所, 産業システム研究所で電力系統, オブジェクト指向, 計算幾何応用のシステム研究開発に従事。1997年同社稲沢製作所エレベーター開発部長。2001年ビルシステム事業本部技師長。2004年4月埼玉大学工学部教授, 1985年電気学会論文賞受賞。IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会各会員。



渡辺 英紀 (正員) 1941年生。1963年大阪大学工学部電気工学科卒業。同年三菱電機入社。同社稲沢製作所にて, 一貫して超高速エレベータの駆動制御システムの開発設計に従事。主なものとして, 池袋サンシャイン60ビル向け600m/分エレベータ(当時世界最高速), 横浜ランドマークタワー向け750m/分エレベータ(現在世界最高速)等。稲沢製作所・技術部長, 開発部長を経て, 1993三菱電機ビルテクノサービスに出向。2003年6月から同社顧問。

エレベータ遠隔メンテナンスシステム

Elevator Remote Maintenance System

よしだ けいすけ*
吉田 圭介*

キーワード：エレベータ，メンテナンス，遠隔保守，遠隔監視，遠隔故障診断

1. はじめに

近年、エレベータのメンテナンスは、利用時間を最大にするためメンテナンスによる停止時間を最小限に止めたいというお客さまのニーズに対応し、毎月一定時間停止して行う人間系メンテナンスから、極力運転しながら行う遠隔メンテナンスに移行しつつある。このシステムは保守員がエレベータを停止して行っていたメンテナンスの一部を遠隔で実施できるようにしたことにより、従来に比較してメンテナンスによる停止時間を大幅に削減することが可能となった。

ここでは、当社の開発した遠隔メンテナンスシステムの概要、特長、従来システムとの比較について述べる。

2. システムの概要

このシステムは、制御装置内に組み込んだマイコンと機器に取り付けた各種センサにより、常時、エレベータの点検と監視を行っている。また、夜間など、利用者があまり使用しない時間帯に遠隔で自動運転を行って、運行状態や機器の動作状態データの収集を行っている。機器の異常又は変化を検出したら、制御装置に接続されている遠隔監視装置を介して、全国の主要拠点に設置されたサービス情報センターに発報を行う仕組みとなっている。一方、サービス情報センターでは24時間365日、これらの発報を受付・分析しており、異常を検出したらその状態に応じてサービスマンに最適な対応指示を行う。また、検出した異常

の程度により、即時対応は不要と判断した場合でも、各事業所にその状態を通知し、次回点検日に確認や調整を行うなど、人間系のメンテナンスに反映させる仕組みとした。

遠隔メンテナンスシステムの機能は、大きく分けて次の3つに大別される。

(1) 遠隔監視機能

エレベータの運転状況や機器の動作状況を常時監視し、異常を検出したら、サービス情報センターに発報する機能。

(2) 遠隔点検機能

①エレベータ自身に組み込んだ自動診断運転機能により収集した情報を、サービス情報センターに送信する機能。

②エレベータの運転回数やドアの開閉回数などの情報を自動的に収集し、サービス情報センターに送信する機能。

(3) 遠隔故障診断機能

故障発生時に制御装置内で収集されるエラーコードやトラブルトレース情報などを、サービス情報センターや管轄しているサービス拠点から遠隔で確認する機能。

3. システム構成

図-1にシステムの概略構成を示す。

システム全体は次の4つのブロックで構成されている。

3.1 エレベータ制御装置

最近のエレベータはオペレーションからモータ制御まで、すべてマイコンにより制御している。このシステムでは制御用マイコンと各機器に取り付けたセンサにより、エレベータ自身の運行状況や機器の動作を、常時監視している。また、制御用マイコン内に自動診断運転を行うプログラムを搭載し、診断を行う機能も持っている。

3.2 遠隔監視装置

エレベータ制御装置が収集したデータを最寄りのサービスセンターに伝送したり、サービス情報センターからの指

* 東芝エレベータ㈱サービス統括部

昭和29年12月24日東京都生まれ。48年東京都立蔵前工業電気科卒業。同年東芝エレベータ㈱入社。54年技術部。技術情報システム開発に従事。平成元年情報システム部。保守事業システム開発に従事。5年サービス統括部。遠隔メンテナンスシステム開発に従事。

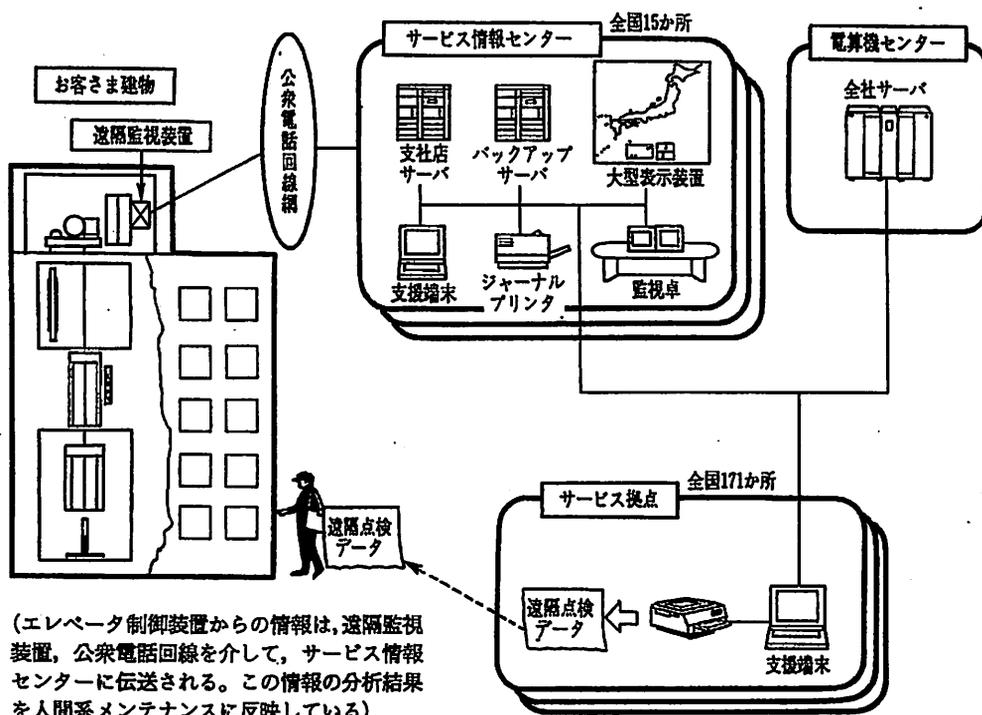


図-1 システムの概略構成

令をエレベータ制御装置に伝達する装置。データの伝送は一般公衆回線を使用し、遠隔監視装置内に組み込まれたモデムを介して行われる。

3.3 サービス情報センター

全国の主要拠点に設置され、エレベータ制御装置から遠隔監視装置を介して送付されてくるデータを常時、受信し、分析、記録等を行うセンター。全体をクライアントサーバシステムで構成し、全国のデータを統合して管理する会社サーバ、東京、関西に設置したバックアップサーバ、支社店サーバの3段階構成とした。これにより、サービス情報センターの障害はもとより、ある程度の広域災害(台風、地震等)が発生した場合でも、運用を停止させない構成とした。

3.4 サービス拠点(支援端末)

サービス情報センターとネットワークを介して接続し、収集したエレベータ情報の表示・印刷と、必要なデータの入力を行う支援端末を設置した。支援端末は Windows 95 ベースのパソコンとし、マンマシン I/F を GUI (graphical user interface) で構成することにより、操作の簡略化を図った。

4. システムの特長

4.1 メンテナンスによる停止時間の短縮

システムの最大の特徴は遠隔メンテナンスを行うことにより、従来に比べてエレベータの停止時間が大幅に少なくなることにある。遠隔メンテナンスを実現するために開発した機能の一部を以下に紹介する。

(1) 状態変化の検出

正常と異常の間に「状態変化」という判定基準を追加した。エレベータ機器の動作状態、かご走行状態などを診断し、平常時に比べて変化の認められる状態を検出したらサービス情報センターに発報する。これにより、利用者が気がつかない程度の変化の徴候でも、事前に察知して迅速な対応が行えるようにした。

(2) 遠隔自動診断運転

夜間など、エレベータをあまり使用しない時間帯に、エレベータ自身が最上階、最下階間を自動運転し、加減速度、定常速度、ドア開閉状態、昇降路内リミットスイッチの動作状態などを点検して、その結果をサービス情報センターに伝送する。

自動診断運転は、あらかじめお客さまと打ち合わせた時間帯をサービス情報センターでスケジュールリングしておき、電話回線を通じて起動する方式をとっている。これにより、お客さまの都合による急なスケジュール変更にも容易に対応できる。

(3) 監視機能の強化

従来システムで約 150 項目あった監視項目を、約 200 項目に増やし、機能の強化・充実を図った。

追加した監視項目の一部は次のとおりである。

①機械室温度検出…機械室に温度センサを設置し、毎日の最低温度、最高温度、平均温度を検出して機器の異常による発熱などを監視している。

②ピット冠水検出…ピット内に冠水センサを設置し、台風などによる昇降路内の冠水・漏水を検出する。

表-1 遠隔機能の従来システムとの比較

データ項目の分類		主な項目	従来システム	新システム
遠隔保守機能	遠隔点検	メンテナンスデータ収集	○	◎
		自動診断運転	-	○
		状態変化発報	-	○
	遠隔故障分析	故障データ収集	○	◎
		制御量トレース	-	○
遠隔システム確認機能		運行モニタ	-	○
遠隔監視機能		非常通話装置 遠隔監視装置 定時発報	△	○
遠隔監視機能	異常(故障)発報	制御異常 ドア開閉異常	○	◎
	基本機能監視	閉じ込め 起動不能 電源異常	○	○
	管制運転監視	管制運転動作	-	○

凡例 ◎：機能強化 ○：自動 △：手動 -：機能なし

③かご内照明灯監視…かご内照明灯の球切れを検出する。

4.2 予防保全の高度化

このシステムでは、従来に比較し予防保全の高度化のために、いくつかの機能強化を図った。

①エレベータの起動回数、運転時間、走行距離、各階の扉開閉回数など、お客さまのエレベータ利用状況を遠隔で収集し、これらのデータを基に各機器の適正な交換・調整時期の算出を行っている。

②検出した状態変化をサービス情報センターで履歴管理し、そのトレンドから最適な交換・調整時期を算出して人間系メンテナンスに反映している。

4.3 故障対応時間の短縮

発生してしまった故障に対する対応時間を最短にするための仕組みとして、いくつかの機能開発・強化を図った。

①従来、お客さまからの電話は、エレベータ管理番号、建物名、住所などから受付者が台帳により管理していたが、このシステムではNTTのナンバーディスプレイサービスを利用、電話の着信と同時にお客さまを特定できる仕組

みを構築して、故障受付時間の短縮を図った。

②担当事業所を経由して行っていた保守員への連絡を、サービス情報センターから直接行うことにより情報伝達時間の短縮を図った。さらに、保守員全員への連絡手段として、携帯電話を採用した。

③故障時、エレベータ制御装置内に格納される各種のエラー情報や制御量トレース情報を、遠隔で収集することを可能とした。これにより、保守員が現地に到着するまでの時間を利用して、事業所で故障の一次診断を行うことにより、復旧時間の大幅な短縮を可能とした。

5. 従来システムとの比較

エレベータ制御装置との情報伝送項目から見た従来システムとの比較を表-1に示す。

6. 人間系メンテナンス

24時間365日で監視しているエレベータの状態変化と、月1回行う遠隔自動診断運転の結果を、人間系のメンテナンスに反映する仕組みとした。具体的には保守員が点検を行う前にエレベータの最新の状態を遠隔点検データで確認し、その結果から、あらかじめスケジュールリングされている点検項目とは別に、状態変化項目に対応する点検作業を追加することで実現している。また、サービス情報センターのサーバに保管されているデータのトレンドから、人間系の判断を行うことにより、最適な時期に処置が行えるようになっている。この結果、保守員がエレベータを停止して行うメンテナンスには3か月に1回となり、お客さまの利用時間が大幅に増えた。

これに加え人間系の点検では、わずかな兆候(臭いや小さな音、細かな振動、汚れ、傷など)を保守員の五感により確認することで、より一層の品質確保が実現可能となる。

7. おわりに

以上、述べてきたように、遠隔メンテナンスシステムの適用により保守員がエレベータを停止して行うメンテナンス時間を短くすることができるようになる。この結果、お客さまのエレベータ利用時間が増え、サービスの向上に大きく貢献できるようになった。

また、現在、高機能携帯端末と携帯電話を利用したモバイルシステムを構築中である。このシステムが完成すれば、作業計画管理や進捗状況の入力、保守員動静管理、インターネットによる技術情報検索など、現場からオンラインで行うことができる作業が格段に増え、よりスピーディに、かつ、きめ細やかな対応が可能になる。

最近のエレベータ技術

🔊 エレベータ 大容量化技術, 多重運転, リニアモータ, ベクトル制御, 非干渉制御, 速度オブザーバ, 最大効率制御

* 大島健二 Kenji Ōshima * 岩佐正夫 Masao Iwasa * 土肥和彦 Kazuhiko Doi

**山田哲夫 Tetsuo Yamada **高山順一 Jun'ichi Takayama **山田幸治 Kōji Yamada **堤 裕彦 Hirohiko Tsutsumi

1. ま え が き

近代エレベータの発展は1852年のアメリカE.G.Otisによるエレベータ落下防止安全装置の考案に始まり、以来めざましい技術発展を遂げてきた。

エレベータの制御は、運行制御、位置・速度制御、モータ制御に大別される。最近のエレベータは複数の高性能CPUを使ったデジタル制御が中心となっており、乗り心地や着床精度などの性能が大幅に改善されてきた。またインバータの適用により省エネルギー化が進むとともに、部品の高密度実装・高集積度技術と合わせ、エレベータ機器は小形化してきている。

エレベータには第1図に表すような機種がある。最も小形のもが家庭用のエレベータ、次が一般住宅や事務所向けの規格形エレベータ、また日本オーチス・エレベータ(株)が世界で初めて実用化したリニアモータエレベータ、更に高速エレベータ、超高速、あるいは大容量のダブルデッキ(2階建て)エレベータである。

それぞれのエレベータについての詳細は後述するが、時代の移り変わりとともにエレベータも形を変えてきた。家庭用エレベータは急激な価格低下により、一般家庭への普及を加速し、高齢化が進む社会に貢献した。リニアモータ

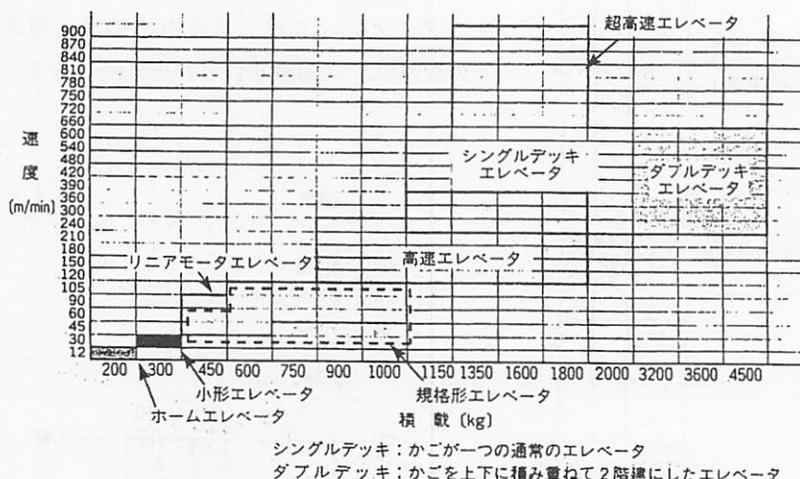
エレベータは従来必要であったエレベータの機械室を無くし、新しいエレベータの概念を築いた。また、超高速やダブルデッキエレベータの開発は、高層ビル内での交通の運行効率を上げた。これらのエレベータは特に中国や東南アジア地域での建物の高層化に大いに貢献した。

第2図は、日本オーチス・エレベータ(株)芝山工場に完成した地上高さ154mの世界最高エレベータテストタワーである。ここでは、世界最高速度である毎分900mの超高速エレベータや、積載量4500kg(68人乗り)の世界最大容量のエレベータの試験が続けられている。

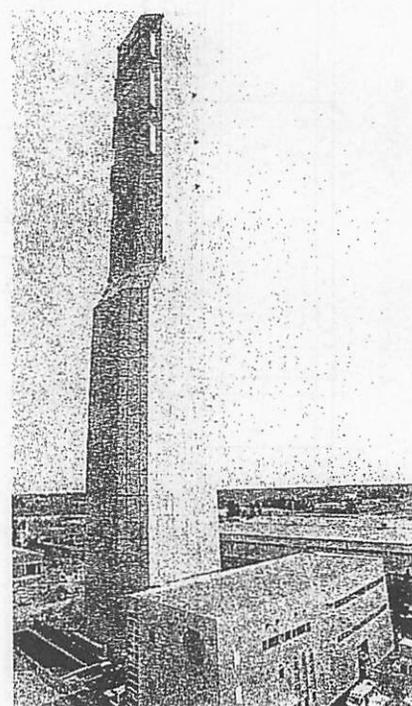
日本オーチス・エレベータ(株)と(株)明電舎は、25年の間エレベータの心臓部ともいえるモータ、モータ駆動装置、モータ制御方式について共同開発してきた。ここに最新のエレベータ技術の概要を紹介する。

2. 世界最高速エレベータ

中国、東南アジア地域を中心とした高層ビルに対応できる超高速エレベータとして、最大積載荷重4500kg、最高



第1図 エレベータの機種



第2図 エレベータテストタワー

速度600m/minのダブルデッキエレベータや積載荷重1800kg, 最大速度900m/minの世界最高速エレベータの開発を進めてきた。ここでは超高速エレベータで要求される大容量化技術と速度制御技術について述べる。

2.1 大容量化技術

最大積載荷重4500kg, 最高速度600m/minのダブルデッキエレベータでは, 最大出力800kW, インバータ最大出力電流1500Aという大容量モータ及びインバータが必要となる。大容量化を達成するために, 三相二重巻線モータを2台のインバータで駆動する方式を採用した。そのシステム構成を第3図に示す。

インバータは400A, 1200V定格のIGBTを最大6並列使用までをシリーズ化し, 三相二重巻線モータは2台のインバータによる多重運転方式とした。

2.1.1 三相二重巻線モータのベクトル制御

第3図の三相二重巻線モータを2軸上の巻線モデルで考えると第4図となる。第4図において電源角周波数 ω で回転するd-q軸上での電圧方程式を求めると式(1)となる⁽¹⁾。

$$\begin{bmatrix} V_{1d} \\ V_{1q} \\ V_{2d} \\ V_{2q} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + (\ell_1 + M\sigma)P & -\omega(\ell_1 + M\sigma) & M\sigma P \\ \omega(\ell_1 + M\sigma) & R_1 + (\ell_1 + M\sigma)P & \omega M\sigma \\ M\sigma P & -\omega M\sigma & R_2 + (\ell_2 + M\sigma)P \\ \omega M\sigma & M\sigma P & \omega(\ell_2 + M\sigma) \\ -R_3' & 0 & -R_3' \\ 0 & -R_3' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{1d} \\ i_{1q} \\ i_{2d} \\ i_{2q} \\ \lambda_{3d}/M \\ \lambda_{3q}/M \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここに,

- R_1, R_2, R_3 : 第1, 第2, 回転子巻線抵抗
- L_1, L_2, L_3 : 第1, 第2, 回転子巻線自己インダクタンス
- $M = M_{12} = M_{13} = M_{23}$: 各巻線間の相互インダクタンス
- ℓ_1, ℓ_2 : 第1, 第2巻線漏れインダクタンス
- $M\sigma = M - M^2/L_3, R_3' = (M/L_3)^2 \cdot R_3, M' = M^2/L_3$
- ω : 電源角周波数, ω_s : 滑り角周波数

P: 微分演算子

また, 二次磁束は式(2)で表すことができる。

$$\begin{aligned} \lambda_{3d} &= M_{13}i_{1d} + M_{23}i_{2d} + L_3i_{3d} \\ \lambda_{3q} &= M_{13}i_{1q} + M_{23}i_{2q} + L_3i_{3q} \end{aligned} \quad (2)$$

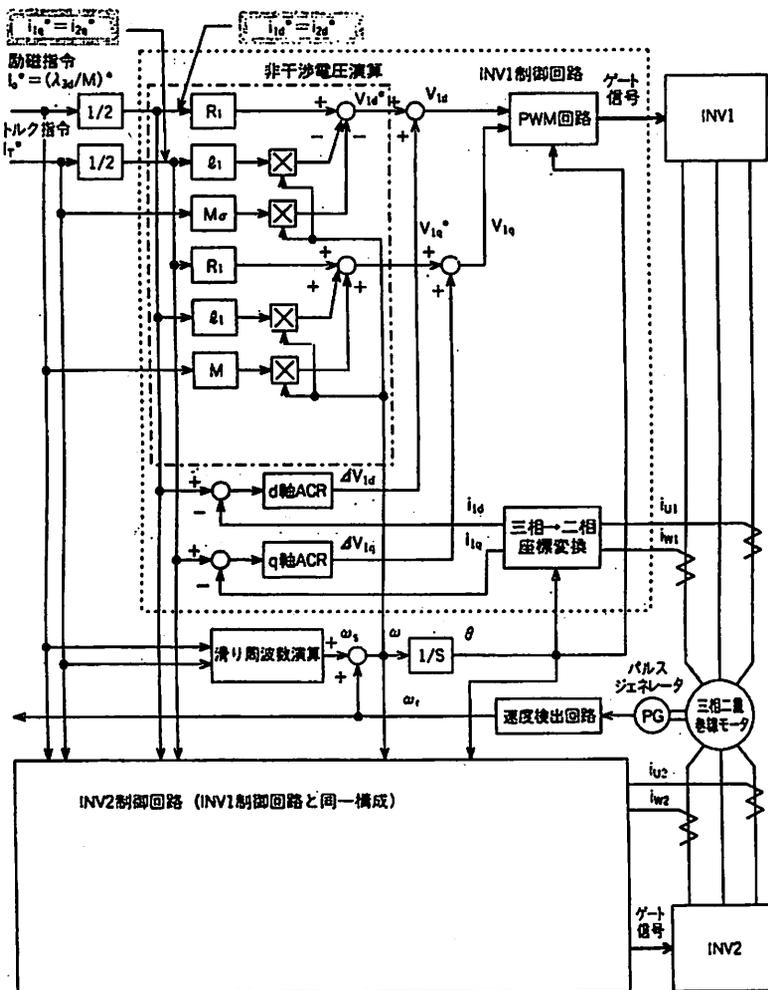
いまd軸を二次磁束上にとると, ベクトル制御条件は

$\lambda_{3d} = \text{一定}, \lambda_{3q} = 0, i_{3d} = 0$ となる。式(2)より $\lambda_{3q} = 0$ となる i_{3q} の条件は式(3)となる。

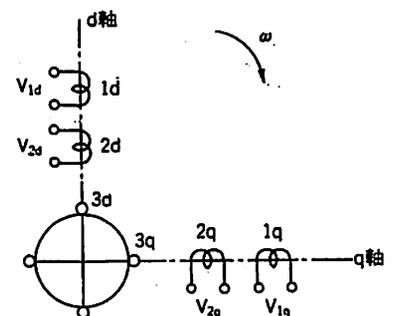
$$i_{1q} + i_{2q} = -(L_3/M) \cdot i_{3q} \quad (3)$$

式(3)がトルク電流となり, 各組インバータのトルク電流 i_{1q}, i_{2q} の和となる。

次に $\lambda_{3q} = 0$ が成立するための滑り周波数の条件は, 式(1)第6行目から式(4)となる。



第3図 三相二重巻線モータのベクトル制御系システム構成図



第4図 2軸上の巻線モデル

$$\omega_s = \frac{R_3'}{M'} \cdot \frac{i_{1q} + i_{2q}}{\lambda_{3d}/M} \dots\dots\dots (4)$$

また、式(1)第5行目から励磁電流と二次磁束の関係の求めると式(5)となる。

$$i_{1d} + i_{2d} = (1 + M'/R_3' \cdot P) \lambda_{3d}/M \dots\dots\dots (5)$$

ベクトル制御が成立しているときのトルクTは式(6)で表すことができる。

$$T = (\text{Pole}/2) \cdot M' \cdot (i_{1d} + i_{2d}) (i_{1q} + i_{2q}) \dots\dots\dots (6)$$

ここに、

Pole : モータ極数

以上の検討結果から、三相二重巻線モータでは各組インバータの励磁電流、トルク電流の各々の和を励磁電流、トルク電流と考えることにより、従来の三相モータのベクトル制御と同様に取り扱うことができる。

2.1.2 三相二重巻線モータの非干渉制御

式(1)により、ベクトル制御条件成立時の定常状態でのd、q軸一次電圧の理想電圧を求めると式(7)となる。

$$\begin{aligned} V_{1d} &= R_{11d} - \omega \ell i_{1q} - \omega M \sigma (i_{1q} + i_{2q}) \\ V_{1q} &= \omega \ell i_{1d} + R_{11q} + \omega M (i_{1d} + i_{2d}) \\ V_{2d} &= R_{21d} - \omega \ell i_{2q} - \omega M \sigma (i_{1q} + i_{2q}) \\ V_{2q} &= \omega \ell i_{2d} + R_{21q} + \omega M (i_{1d} + i_{2d}) \end{aligned} \dots\dots\dots (7)$$

式(7)を用いてベクトル図を描くと第5図となる。また、三相二重巻線モータは二次回路が共通となるので、等価回路は第6図で表すことができる。

以上の検討結果を用いると、三相二重巻線モータの非干渉制御回路は第3図で示すことができる。第3図のシステム構成にすることにより、従来の三相モータと同様の非干渉制御が可能となる。また電流制御アンプ出力には、モータ定数変動に対する補償電圧分が得られるので、二次抵抗変動補償などのモータパラメータ変動補償⁽²⁾も容易に行うことができる。

2.1.3 インバータ故障時の救出運転

三相二重巻線モータを2台のインバータで駆動中に、いずれかのインバータに運転継続不可能な故障が発生したときには、健全なインバータを用いて救出運転を行うことができる。このとき第3図のシステム構成の状態では健全インバータを運転すると、励磁電流は1/2、トルク電流も1/2となるために、出力可能なトルクは1/4に低下してしまう。そこで、本方式では励磁電流を適切な値に制御することにより、通常運転時の約1/2のトルクが出力できるようにした。これにより、出力可能なトルク範囲内での速度パターンに制御することにより、インバータ故障時の救出運転をスムーズに行えるようになった。

2.2 速度制御技術

超高速ギヤレスエレベータ用モータは定格速度が100~200min⁻¹程度の低速回転数となるために、始動時、止り

込み時の極低速運転特性の高性能化が要求される。

速度検出方式⁽³⁾⁽⁴⁾としては、4多重オーバーラップ速度検出方式とエンコーダパルスが発生しない間の速度を推定する速度オブザーバを採用することにより、極低速領域の速度制御性能と加減速運転特性の大幅な改善を図った。

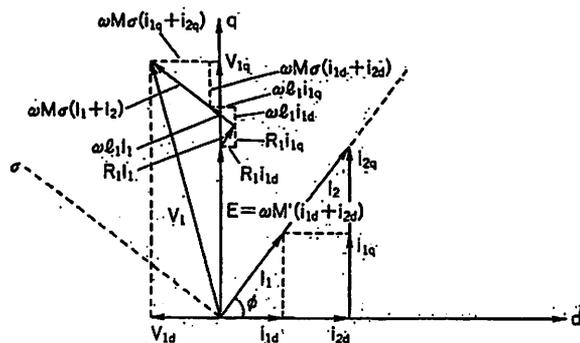
第7図に速度検出ブロック図、第8図に速度計測タイミングチャート、第9図に速度オブザーバを用いた速度制御系のブロック図を示す。第10図には540m/minでの加減速特性を示す。良好な速度制御性能が得られていることがわかる。

3. リニアモータエレベータ⁽⁵⁾

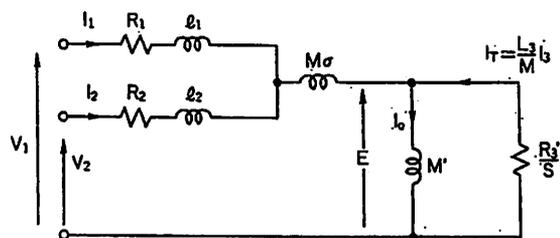
3.1 リニアエレベータの構成

リニアモータエレベータのシステム構成図を第11図に示す。本システムでは、円筒状リニア誘導モータ(以下、TLIMと略記する)が駆動用モータとして用いられ、一次側をつり合いおもりに内蔵して可動子とし、固定子となる二次側は昇降路全長にわたってつり下げられている。つり合いおもりとかごとはつるべ式にロープで連結されているので、TLIMによるつり合いおもりのダイレクト駆動により、かごの昇降が可能となる。したがって、本システムでは減速機やほかの駆動装置を必要としないために、次のような優れた特長を有しており、近年適用が拡大してきている。

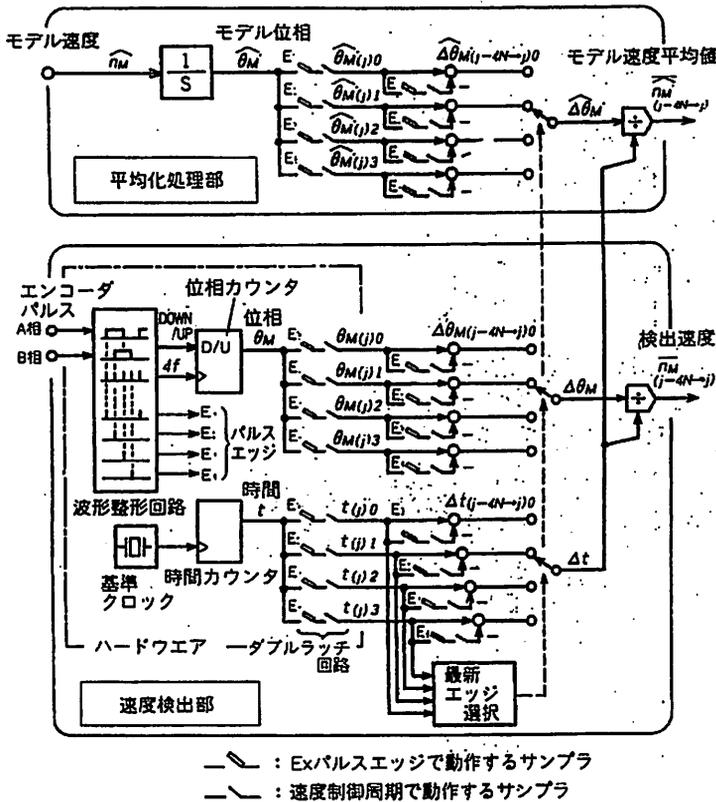
- (1) 巻上機用機械室が不要
- (2) システム効率及び信頼性が向上



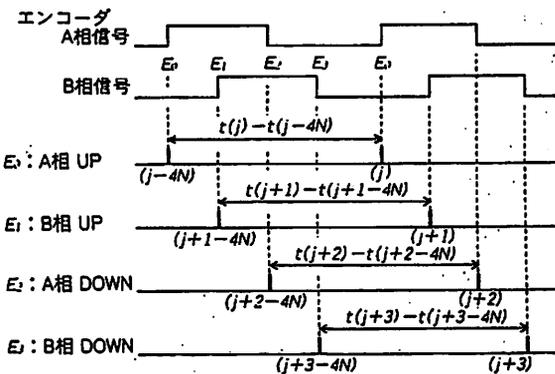
第5図 三相二重巻線モータのベクトル図



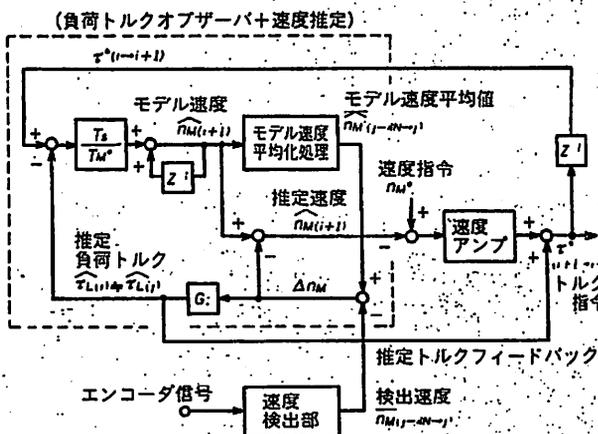
第6図 三相二重巻線モータの等価回路



第7図 速度検出ブロック図



第8図 パルスエッジと速度計測期間



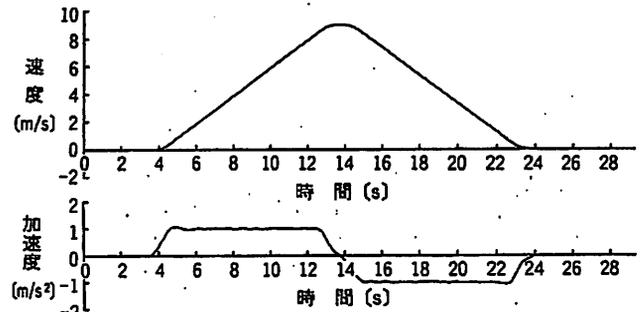
第9図 速度制御系のブロック図

(3) 低騒音

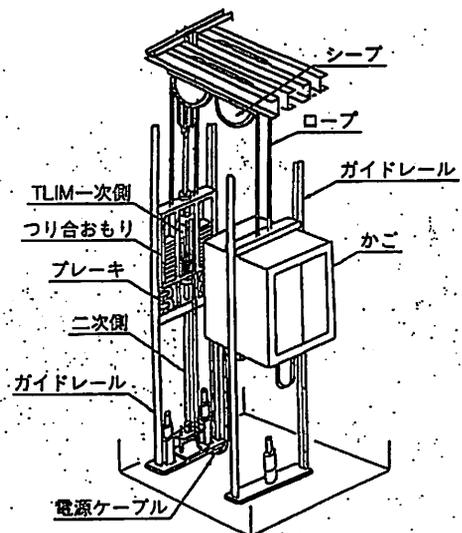
また、第12図にTLIMの外観及び一次・二次側それぞれの概略構造を示す。

3.2 モータの特性算定法

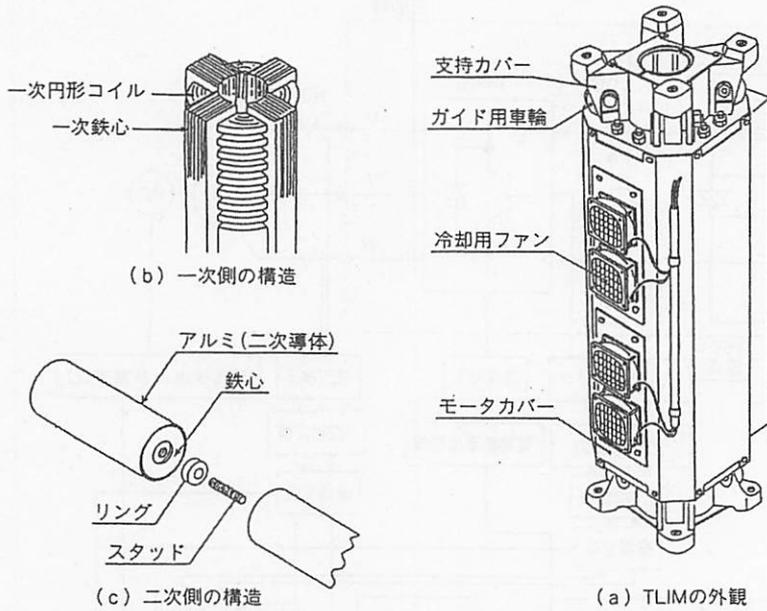
一般に、リニアモータでは無負荷試験を行うことができないので、拘束試験によりモータの定数を推定する必要がある。特性算定法の詳細は参考文献(6)にゆずり、ここでは結果のみを示す。第13図に拘束時の推力特性を示す。この図から、推力が周波数に対して最大値を持つことがわかる。また、TLIM等価回路定数を導出すると、第14図のようになる。一次抵抗 R_1 以外のすべての定数が滑り周波数に対して変化することがわかる。したがって、厳密な制御を行う場合には、これらの定数変化を考慮する必要がある。しかし、エレベータでは速度制御が行われるので、ベクトル制御上の誤差が速度制御系によって補償されること、制御則や定数のチューニングが複雑となることなどから、比較的良好な結果が



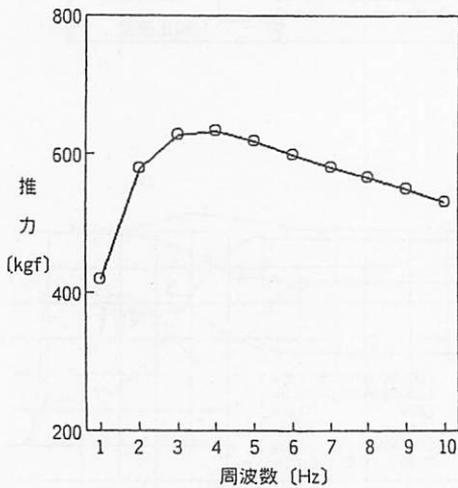
第10図 加減速特性 (540m/min)



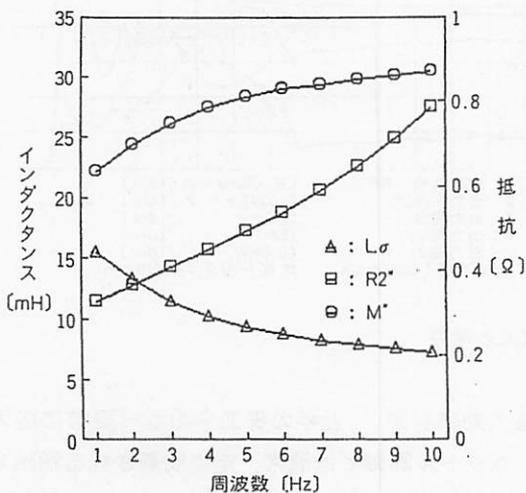
第11図 リニアモータエレベータの構成図



第12図 TLIMの構造



第13図 拘束時における推力特性 (電流: 100A一定)



第14図 TLIM等価回路定数の変化

得られる代表的な固定定数を用いることとした。

3.3 速度制御特性

第15図に定格荷重600kg, 定格速度90m/minでの上昇時の加減速特性の一例を示す。エレベータ用として十分な速度制御性能が得られていることがわかる。

4. 規格形エレベータ

4.1 機種

速度, 制御方式, 操作方式, かご, 乗場のサイズや意匠などを規格化し, 低価格, 短納期を可能としたエレベータである。積載荷重450~1000kg, 速度45~105m/minの範囲で, 一般乗用, 住宅用, 寝台用など各種のものがある。なお, 各寸法はJIS-A4301 (エレベータのかご及び昇降路の寸法) に準拠している。

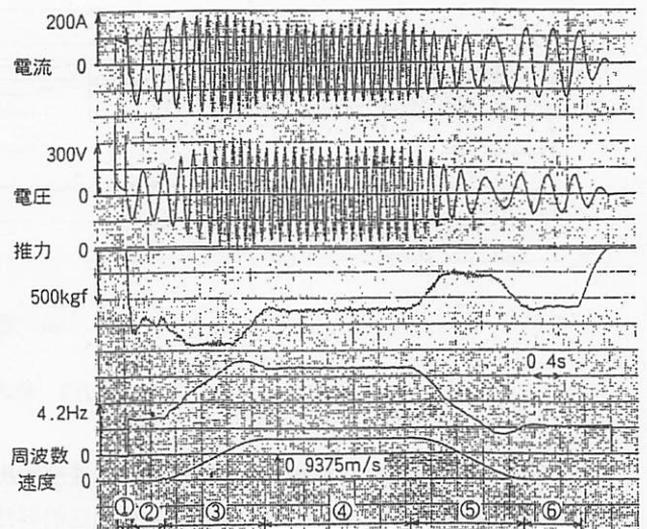
1989年から業界に先駆けて, 静音化のためにIGBTを適用したエレベータ用インバータ装置を開発し販売してきた。その後, 制御回路の集積化や装置全体の小形化などの改良を加えて現在のシリーズに至っている。

4.2 制御方式

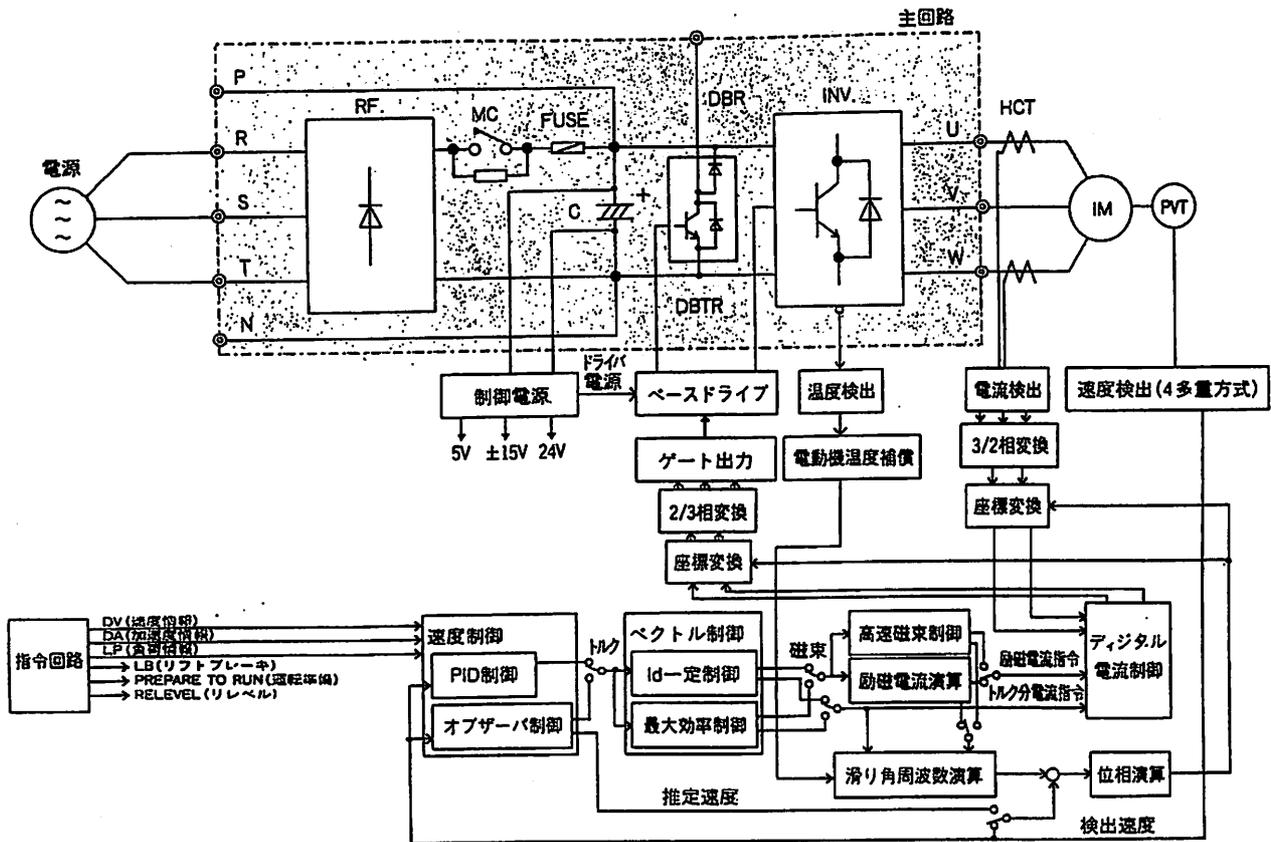
最新の制御装置における制御方式の主な特長とその概要を記す。

(1) 全デジタル制御 制御構成図を第16図に示す。トルク制御方式には滑り周波数形のベクトル制御を採用し, 速度制御演算, 電流制御演算に至るまでCPUとエレベータ制御用ASICの組み合わせで制御を行い, H/Wの削減と高信頼性を実現している。

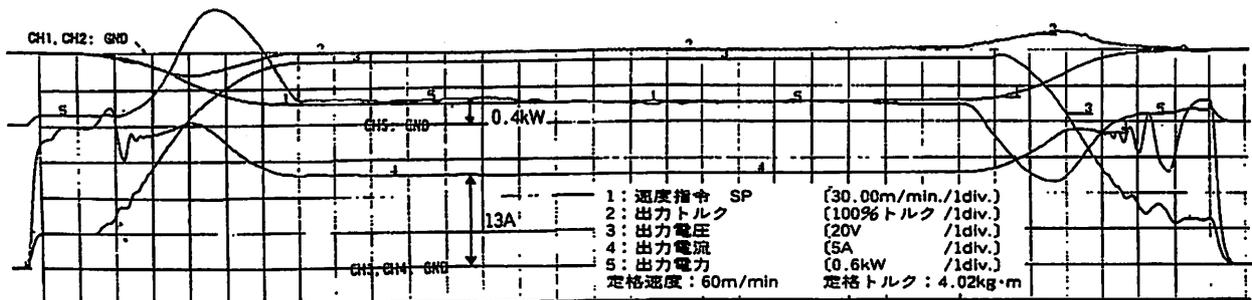
(2) 速度制御の高性能化 速度検出エンコーダからの信号の各エッジの発生時刻を全て記憶して制御演算に適用す



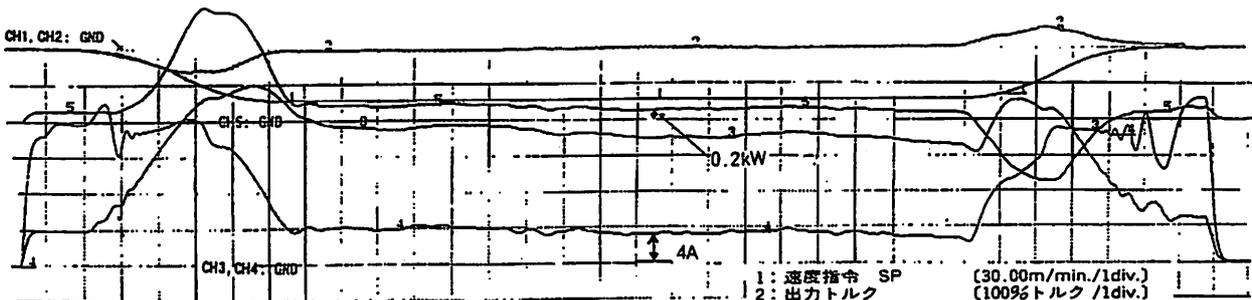
第15図 動特性測定結果の一例



第16図 制御構成図



(a) 最大効率制御なし

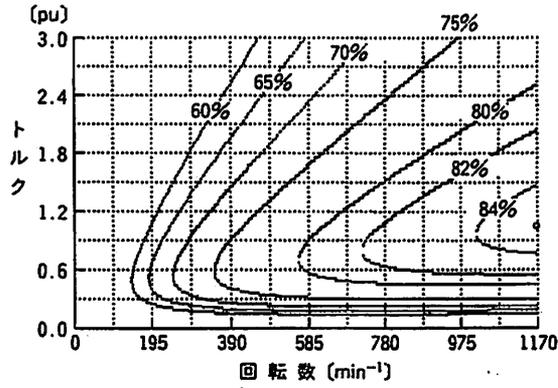


(b) 最大効率制御あり 定格速度：60m/min 定格トルク：4.02kg·m

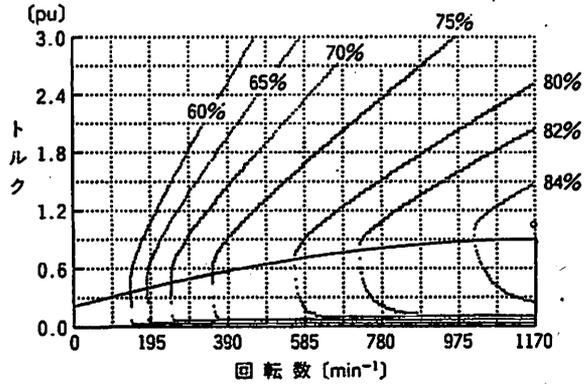
第17図 最大効率制御時の電流と電力

る4多重オーバーラップ速度検出方式⁽⁴⁾による速度検出精度向上と、速度オブザーバ⁽³⁾の採用により速度制御性能向上を実現した。

(3) 最大効率制御⁽⁷⁾ 近年の省エネルギー要求に応えるために、ベクトル制御では通常一定に制御される励磁電流を負荷に応じて変化させることによって、モータ効率を改善

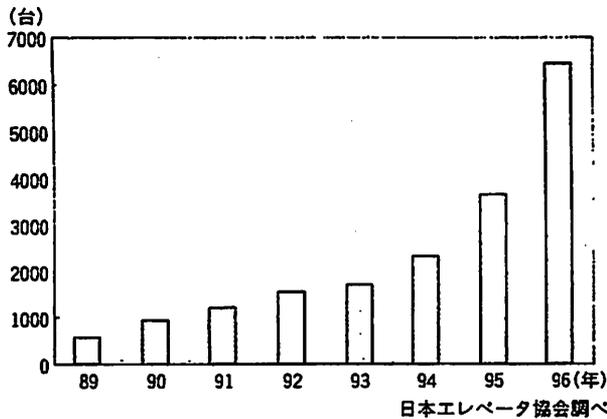


(a) 最大効率制御なし



(b) 最大効率制御あり

第18図 効率の比較



第19図 ホームエレベータ国内設置台数

第1表 OTISホームエレベータ製品系列

製品名 "のり愛号"	定員	昇降路寸法(mm) 間口×奥行	かご内有効寸法(mm) 間口×奥行×高さ
ワイド	3名	1500×1450	1000×1200×2000
ミディ	3名(省スペース)	1400×1400	850×1150×2000
スリム	2名(省スペース)	1200×1200	730×950×2000

注) 昇降路寸法は一般鉄骨/コンクリート造建築物の場合

いても、省設置スペースの要求が強い。そこで、日本オーチス・エレベータ(株)では省設置スペース形の“ミディ・スリム”を開発し、市場の要求に対応している。第1表にその概要を示す。

5.3 制御特性

巻上機制御用インバータの特長を以下に示す。

- (1) 低コスト、高信頼性の要求に応えるために、速度検出器無しの滑り補償形オープンループ制御により、高着床精度を実現している。
- (2) 従来は、オプション設定としていた停電時バッテリー運転の標準装備(ミディ、スリム)により、停電時に最寄り階まで低速運転する自動救出運転が可能である。

6. む す び

以上、最新のエレベータ技術について紹介した。今後は、ロープレス・エレベータとしてのリニアモータ・エレベータの開発や高層ビル化に伴う大容量化技術・高性能制御技術の開発、規格形エレベータを中心とした機械室レス化・低コスト化が更に進むものと思われる。また、省エネルギー・省スペース化に対応するためのPMモータ適用を中心とした高効率ドライブ技術や電源環境問題に対応するためのソフトスイッチング技術・高調波抑制技術が要求されてくる。今後も、日本オーチス・エレベータ(株)と(株)明電舎は社会に貢献できるエレベータを積極的に開発していく所存である。

した。最大効率制御の有無による走行性能比較を第17図に示す。最大効率制御の適用によりモータ入力電流、電力共に減少しており、運転特性を損なうことなく省エネルギー運転を実施していることがわかる。

また、モータの効率マップを第18図に示す。図のハッチングを施した部分(軽負荷時)の効率が改善されている。つまり、エレベータとしてはバランスロード付近の軽負荷運転時の効率改善が可能となる。

5. ホームエレベータ

5.1 最近の動向

近年、高齢化社会の到来や2世帯住宅の増加などでホームエレベータの需要が急速に増加している。第19図にホームエレベータ設置台数の推移を示す。特に、1994年に日本オーチス・エレベータ(株)が発売した“のり愛号”は、大幅な低価格化を実現したことによりエポックメーキング商品となり、その後のホームエレベータの普及に大いに貢献した。

5.2 シリーズの特長

規格形エレベータと同様にホームエレベータの分野にお

【参考文献】

- (1) 水野, 高山, 市岡, 寺嶋: 固定子鉄損を考慮した誘導電動機の非干渉制御法, 電気学会論文誌D, 109巻11号(平元.11), p.841~848
- (2) 山田, 山本, 市岡, 丹羽: 低速域と高速域のトルク制御精度を改善した誘導電動機のパラメータ変動補償, 電気学会論文誌D, 112巻2号(平4.2), p.107~116
- (3) 山田, 森, 吉田, 伊達: 最小次元の負荷トルクオブザーバを用いた極低速域の速度制御特性改善法, 電気学会論文誌D, 114巻4号(平6.4), p.415~423
- (4) 山本, 吉田, 山田, 市岡: オーバーラップ速度検出方

- 式の提案と速度オブザーバの特性改善, 電気学会論文誌D, 115巻11号(平7.11), p.1316~1324
- (5) 菅沼, 大島, 水野, 興梠, 佐藤, 山田: エレベータ用円筒状リニア誘導モータの推力特性, 電気学会回転機研究会資料, RM-97-112
- (6) 水野, 久光, 市岡, 戸田: リニア誘導モータの拘束試験に基づく始動特性算定法, 電気学会論文誌D, 112巻2号(平4.2), p.172~180
- (7) 足利, 森, 水野, 永山, 野坂, 杉井: 電気自動車駆動用誘導電動機の最大効率制御方式, 電気学会論文誌D, 116巻3号(平8.3), p.310~318

【執筆者紹介】



大島健二 Kenji Ōshima
日本オーチス・エレベータ(株)



高山順一 Jun'ichi Takayama
電動機可変速装置の開発に従事



岩佐正夫 Masao Iwasa
日本オーチス・エレベータ(株)



山田幸治 Kōji Yamada
電動機可変速装置の開発に従事



土肥和彦 Kazuhiko Doi
日本オーチス・エレベータ(株)



堤 裕彦 Hirohiko Tsutsumi
電動機可変速装置の開発に従事



山田哲夫 Tetsuo Yamada
電動機可変速装置の開発に従事
工学博士
☎052-509-1340

エレベーター運行管理システム

マルコン・シヤンドル*

佐々木 建 次**

安 田 誠 司***

1 はじめに

社会の情報化につれ、あらゆる設備や機器について、利用者は従来より高度な操作性やビジュアル化を求めるようになってきた。そのような中、ビル内の各機器と共にエレベーターについても、より柔軟でかつ高性能な監視・操作方式への要求が出てきた。

エレベーターの運行管理システムはビルの効率的な運営に大きく貢献している。最新鋭のエレベーター運行管理システムを実現するために、従来のエレベーター技術に加えて高度な通信・ネットワーク技術等が導入され、各社が新しい構成のシステムの商品化を急いでいる。

以下ではエレベーターモニタリングについて、その開発の経緯や目的を簡単に振り返った後、国内外で現在利用されているシステムの構成や特徴について述べる。またエレベーター業界や関連する他の業界の動向をふまえて、今後期待される発展について簡単に触れる。

2 エレベーター運行管理システムの役割と進化

エレベーターは都市生活に欠かせない重要な設備であり、ビルの正常な運営にはエレベーターシステムを高い信頼性で効率良く稼働させる必要がある。

ビルの管理者がエレベーターシステムに求める監視項目は、おおむね次のようなものである。

- 各エレベーターかごの正常状態の確認、または異常状態発生を検出

- かご内で非常釦が押されていることの通知
- 各かごの現在の運転モード（全自動・手動・管制運転等）
- 各かごの運転状況（走行状態・現在階・方向・扉状態・荷重等）
- エレベーター群の制御モード（ピーク運転等）
- 乗り場呼び・かご呼びの状況

またビルセキュリティのため、ビル管理センターからエレベーターに制御指令を発信することも必要である。その代表的な例として「フロアロックアウト」がある。これは特定階の呼び等を制限して、その階への出入りを規制するものであり、エレベーター側ではサービス階切離しなどにより実現させる。このようなセキュリティ機能は北米市場で特に要求が強い。

いずれにしても、複数のエレベーターが設置されている中規模・大規模ビルの場合、エレベーターシステムの状況を目視で確認するのは非現実的である。そのため、古くから監視盤等が利用されている。

2.1 監視盤

従来のエレベーター監視盤は、各エレベーター制御盤との間で必要な電気信号を個々に受け渡しすることで、電球や発光ダイオードによるエレベーター状態の表示、およびキースイッチによるエレベーターへの指令を行っている（図1）。

このような監視盤は構造が簡単でわかりやすい装置であるが、問題点も多い。

- 表示可能な情報は限定され、設置後にその内容や表現を変更することは困難である。

* (DR.MÁRKON SÁDOR) フジテック株式会社 研究開発本部

** (Kennji Sasaki) " "

*** (Seiji Yasuda) " "

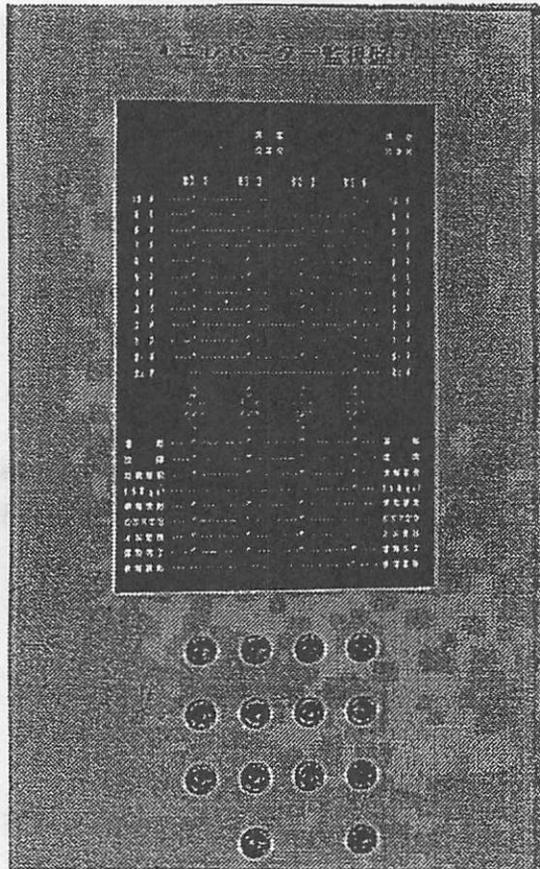


図1：エレベーター監視盤の例

- エレベーターへの制御指令の種類も限られる。特に決まった時間に行う「スケジュール・コマンド」はタイマーを必要とし、多くのコマンドの実現は困難である。
- エレベーター制御盤と監視盤の間の信号線が長く、その本数も多い。したがって、配線コストが高くなり、信頼性にも問題がある。

近年では、エレベーターシステムに要求されるものが単にエレベーターとしての「安全」だけでなく、ビル全体のセキュリティーにどう貢献するかに変化してきている。それに伴い、暗証コードの設定など複雑なセキュリティー・シーケンスへの対応が、従来の監視盤では難しくなってきた。

上記のような問題を解決するために、1980年代から監視盤のコンピューター化が進められてきた。

2.2 コンピューター化されたエレベーターモニタリングシステム

安価な「パソコン」の出現によって、エレベーター監視盤のコンピューター化が一層進むこと

になった。コンピューターの利用がペイするようになったためである。そして、従来の監視盤に代わる装置として、より高機能な「エレベーターモニタリングシステム」が登場した。

コンピューター化によって、表示にはグラフィック画面が採用され、多彩な表現が可能になった。エレベーターシステムの状態を色や形の変化で表現することで視認性が向上した。また、コンピューターの情報処理能力を活用することで、複雑な機能を実現できるようになった。例えば、スケジュールコマンドでは、幾通りもの時刻とコマンドの組合せを柔軟に設定できるようになった。

さらに、コンピューター化に伴い、信号系統にはシリアル通信が利用される（長距離電送が可能なRS422規格が選ばれることが多い）ようになり、信号線も大幅に減少した。

3 コンピューター化されたシステムの構成と機能

3.1 システム構成

コンピューター化されたエレベーターモニタリングシステムは大きく分けて次の部分から成る。（全体のシステム構成を図2に示す。）

- 運行状態監視用の表示装置
- コマンドの入力装置
- エレベーター、エスカレーターと接続するシリアル通信線
- 情報集積するコントローラ

3.2 機能

エレベーターモニタリングシステムの機能は大きく分けて次の3つである。

- エレベーター運行状況の監視
- エレベーターに対するコマンド（制御指令）操作
- エレベーター運行状況の監視やコマンド操作の記録・保存

監視する項目の例としては、2章に示すものがあげられる。

コマンド（制御指令）には、2章に示す「フロアロックアウト」の他に下記のようなものがあり、専用の入力装置から操作する。セキュリティー上の配慮から、コマンド操作はあらかじめ設定されたパスワードを入力した後にできる

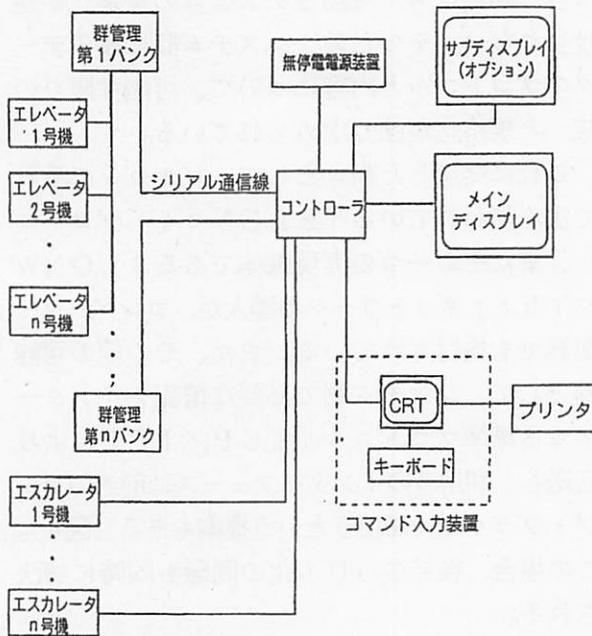


図2: コンピューター化されたエレベーターモニタリングシステムのシステム構成例

ようになっている。

- ・パーキング運転
- ・VIP運転
- ・専用運転
- ・急行運転
- ・出勤時・退勤時・昼食時運転
- ・分割急行運転
- ・基準階変更

エレベーター運行状況やコマンド操作の記録・保存のために、プリンタにそれらの記録をプリントアウトしたり、フロッピーディスクに情報を保存することが可能である。

4 最近の動向と将来の展開

エレベーターモニタリングシステムの今後の発展に最も影響を及ぼすのはコンピューター技術、特にネットワーク技術の発展である。以下に最近の目立ったトピックスをいくつか紹介する。

4.1 ネットワーク化

近年、コンピューターを利用する各種の業務においてネットワーク化が進み、構内ネットワーク(LAN)が発達した。ビル内設備の管理にも構内ネットワークの利用が広がりつつあるが、それには次のような背景がある。

・ビル全体をサービスするような構内ネットワークの整備が進んだ。ビル建設当初からすでに構内ネットワークが敷設されるケースも増加している。

・セキュリティールームだけでなく、受付・案内など任意の場所からのエレベーターの監視を求められることが増えた。従来の個別にシリアル回線を敷設する方式では、コストや柔軟性の点でこのような要求に応えにくくなった。

さらに最近では、広域ネットワーク(WAN、インターネット)をビル管理に採用するという動きも見られる。例えば、同一のオーナーが複数のビルを経営・管理しており、それらのエレベーターシステムを含むビル設備を広域ネットワーク経由で統合的に監視したいというような場合である。

このような需要に応える目的で、エレベーターをネットワーク経由で、かつウェブ・ブラウザソフトを使って監視・操作できるシステムが既に提案されている(6)(図3を参照)。

4.2 規格化

エレベーターシステムは安全性と信頼性を設計の最優先目標にしている。そのため、各メーカーの制御システムは全体として独自の安全性設計がなされ、部分的に業界に共通な「インター

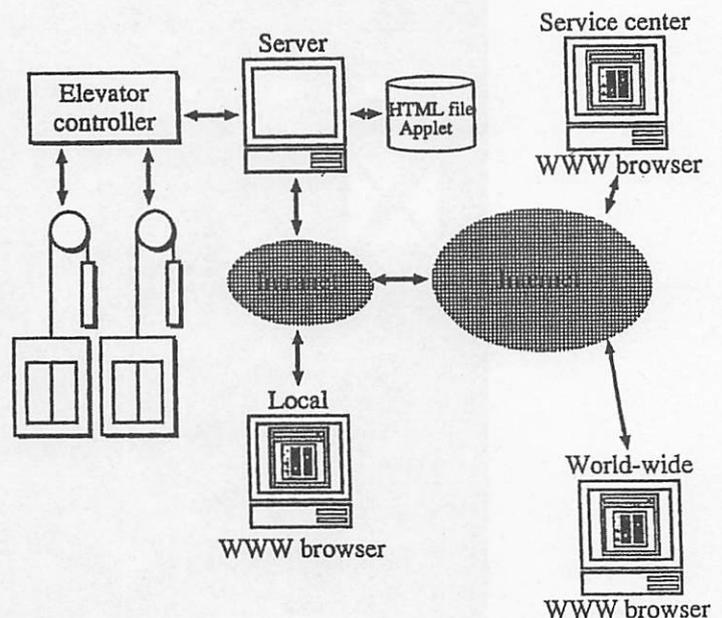


図3: インターネット対応のエレベーター監視システムの構成図

フェース」を取り入れることは困難である。したがって、モニタリングシステムの場合は例えば家電のオーディオシステム等のように、異なったメーカーのコンポーネントを自由に接続することはできないケースが多い。それに対して、一部では「クローズドな世界だ」と言う批判もあり、特に海外のエレベーターコンサルタントからそのような声がよく聞かれる(3)、(4)、(5)。

エレベーターモニタリングシステムの場合、エレベーター以外の設備との関係は安全性が保証できる範囲でのみ考えられている。例えばビルの防災センタの監視盤との接続は管制運転関連の信号線に限定され、その他のエレベーターの動作には影響しないように設計されている。

しかし、最近のモニタリングシステムはネットワーク化され、他のシステム、例えばビルの防災センタの監視盤との接続は管制運転関連の信号線に限定され、その他のエレベーターの動作には影響しないように設計されている。

しかし、最近のモニタリングシステムはネットワーク化され、他のシステム、例えばビル管理システムやオフィス環境のネットワークを経由しての一般のコンピューター等との接続が必要となってきた。この場合、モニタリングシステムは接続相手のエレベーターメーカー毎に異なったデータ通信方式に対応せざるを得ないことと

なり、開発コスト増加とシステムの複雑化が避けられない。そのため、システム間に渡るデータのプロトコルと内容について、可能な限りの統一と規格化が強く求められている。

これに関連した動きとして、ビルコンの業界で広く使われている「BACNet」プロトコル、またその一つの実現媒体である「LONWORKS」ネットワークの導入が、エレベーター業界でも検討されている。また、その他の可能性として、システム間で必要な情報をインターネット標準プロトコル「TCP/IP」により伝送し、利用者のインターフェースに前述のウェブ・ブラウザを使うという提案もある(図4)。この場合、後述のGUI化の問題も同時に解決される。

さらに、ネットワーク環境での機器管理の標準である「SNMPプロトコル」を利用すれば、それに対応した数多くのシステムツールやノウハウが活かされる。ビルコンとの接続のため、SNMPを使ったエレベーター監視インターフェースが要求されるケースも既に出てきている。

4.3 GUI化

ビルのオーナーにとって、設備管理スタッフへの特別な教育を必要とする監視システムは好ましくない。そのため、機器毎の操作方式をなるべく統一し、訓練期間の短縮と操作ミス削減

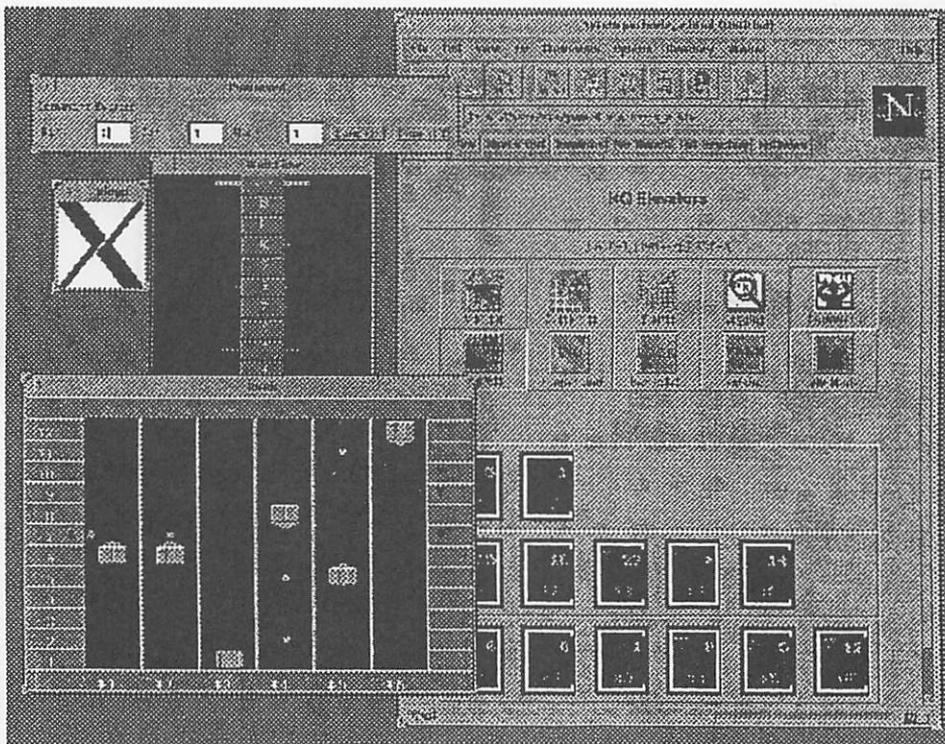


図4 インターネット対応のエレベーター監視システムの画面例

減が図られるべきである。

現在はMicrosoft社のWindows95のGUI(グラフィック・ユーザ・インターフェース)は実質上世界標準とされている。Windowsの規格に従って設計されたシステムであれば、利用者は慣れた手順でマウスでボタンを押したり、メニュー項目を選択するなどの操作を行うことができる。

5 まとめ

エレベーター・モニタリング・システムはエレベーターシステムの運用のために重要な役割を果たし、安全性・操作性・運転効率・セキュリティ等に貢献している。今後は新しい技術を取り入れて急速に成長し、構成のみならず機能も大きく変化して行くと予想される。

参考文献

- (1) G.C.Barney and Dos Santos. Elevator Traffic Analysis, Design and Control, 2nd Ed., Peter Peregrinus (1985)
- (2) Draft International Standard for Development: Remote Monitoring of Lifts, Escalators and Passenger Conveyors, International Association of Elevator Engineers (1989)
- (3) L.Al-Sharif. 'Remote Monitoring of Lifts'. Elevatori, July/Aug., pp.100-101 (1996)
- (4) R.Peters. 'A Consultant/Researcher Viewpoint', Elevator World, Vol. XLIV, No. 8, pp.130-131 (1996)
- (5) M.Stansfield. 'A Typical, Interface Problem in Remote Monitoring of Lifts', Elevator World, Vol. XLIV, No. 8, pp.117 (1996)
- (6) マルコン、佐々木、中川. 'エレベータシステムのJavaによる遠隔監視', 日本機曾学会, No.97-76, pp.29-32 (1997)

な気がする。買ったものを自販機から取り出すとき、わたしたちは無防備に手を入れている。ひよつとするとスッポンが隠れていて、かみつかれるかもしれない。なかが見えないから自販機は怖い。手を入れる前にな

文 平田俊子
イラスト 横川 功



自動販売機が怖いという人がいる。たとえば缶コーヒーを買うとする。お金を入れてボタンを押す。取り出し口に手を入れるとき、誰かに手首をつかまれるんじゃないかと思うのだぞうだ。その気持ち、少しわかるよ

エレベーター



誰かがなかに

かをのぞいて、安全を確認したほうがよさそう。自動販売機も怖いけれど、エレベーターも怖い。たとえばマンシヨンのエレベーター。ボタンを押して、安全を確認したほうがよさそう。自動販売機も怖いけれど、エレベーターも怖い。たとえばマンシヨンのエレベーター。ボタンを押して、安全を確認したほうがよさそう。

ベーター。ボタンを押してエレベーターがくるのを待つあいだ、いろんなことを考える。ドアがあいて、包丁を持った人が飛び出してきたらどうしよう。悲鳴をあげると刺し

エレベーターは得体の知らない箱である。そんなものに大事な命をあずけてしまつていいのだろうか。文句があるなら階段を使えばいいのだが、楽チンなものでつい乗ってしまう。

(西日本新聞 '98・7・28付)

本レポートは、下記の設備保全部会委員により作成されました。
許可なく本レポートを複製することを禁じます。

部会長	岸本 隆司
副部会長	高橋 教夫
部会委員 (リーダー)	佐々木 象二郎
部会委員 (サブリーダー)	岡 新一郎
部会委員	野口 人司
部会委員	門口 徹男
部会委員	石井 幹夫
部会委員	勝部 毅

平成18年3月 発行

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会

〒531-0071 大阪市北区中津一丁目2番9号

(新清風ビル2F)

Tel.(06)6372-9120 Fax(06)6372-9145

E-mail:info@obm.or.jp