U.D.C. 621.876.114-822:〔62-522:681.323-181.48〕

高信頼度・省電力油圧式エレベーターの開発

Development of Hydraulic Elevators Achieving High-Reliability and Energy Saving

武田和利* Kazutoshi Takeda
中村一朗** Ichirô Nakamura
坂田一裕* Kazuhiro Sakata
佐々木英一* Eiichi Sasaki

油圧式エレベーターは機械室を建物頂部に設ける必要がないため，建物の高さを最大限に利用できること，建物への質量(荷重)負担が小さいことなどの長所により，著しく普及しつつある。一方では省電力化，性能向上などの要求も強く，このたびマイクロコンピュータ制御による油圧式エレベーターを開発した。特にLM制御は学習制御によって着床前ののろのろ走行時間を大幅に短縮する方式で，乗り心地を改善するとともに，従来に比べ30～40%の省電力化を図った。

また，住宅ビルの高層化に対応して，従来の速度30 m/min・45 m/min機種に加え60 m/min機種も完成した。更に，二重系マイクロコンピュータシステムによって信頼性，保守性の向上を図るとともに付加仕様を拡充し，多様化するニーズにこたえた。

1 緒　言

エレベーターはビル内の縦の交通機関として，現在では不可欠の設備となっている。エレベーターはロープ式と油圧式に大きく分類できるが，このうち油圧式エレベーターは，その構造を**図1**に示すように，乗りかごを油圧ジャッキ(プランジャ及びシリンダ)で直接又は間接的に支持して，油圧パワーユニットで流量を制御された圧油によって油圧ジャッキを昇降させ，乗りかごの速度制御を行う方式である。したがって，昇降路の直上に機械室を設置する必要がないため，日影規制による斜線制限の範囲内で建物の高さを最大限に利用でき，かつ建物への質量(荷重)負担が小さい。また，パワーユニットとジャッキを配管で連結するため機械室の配置の自由度が高く，建物のレイアウトが自由に選べるなどの長所を持っており，市場は過去5年間で2倍に近い伸びを示している。

これに対して日立製作所では，ロープ式エレベーターで実績のあるマイクロコンピュータ制御技術をもとにした油圧式エレベーターを開発して，省電力及び高信頼化を図るとともに，付加仕様を拡充することによって多様なニーズに対応できるようにした。更に，スピードアップのニーズに対応して，60 m/min機種もシリーズ化した。

本稿では，今回開発した高信頼度・省電力タイプ油圧式エレベーターの特徴及び技術内容について紹介する。

2 油圧式エレベーターの需要動向と市場ニーズ

昭和56年以降の油圧式エレベーターの設置台数の推移を**図2**に示す。油圧式エレベーターは，工場設備などの荷物用に加え，マンション，ホテル及び病院などの乗用も急増し，過去5年間に2倍近い伸びを示している。

ロープ式エレベーターは，建物の高層化・大形化に対して高速化が進み，それとともに高性能，省電力，高信頼度，多機能などのニーズが高まり，マイクロコンピュータに代表されるエレクトロニクス化が早く確立された。油圧式エレベーターは，低速度及び低階床ビル向けであることもあって，エレクトロニクス化が遅れていたが，マイクロコンピュータの導入によってロープ式と同様のニーズに対応することができ，今後いっそうの普及が期待できる。

3 学習制御による走行時間の短縮(LM制御)

3.1 油圧式エレベーターの走行速度特性

油圧式エレベーターでは，負荷質量(荷重)や作動油温度の変化に伴う流量制御特性の変動によって，かごの速度特性が変わり，乗り心地を悪くするだけでなく着床走行時間が長くなることで電力消費量も増大させる。すなわち，流量制御弁の開度が同一であっても，負荷や油温の変動による開口部を流れる流量の変化が，かごの加速度及び速度の変化となり同時に着床走行時間を長くする。

油圧式エレベーターの上昇運転時の速度特性を**図3**に示す。最高速度V_Tはポンプの吐出し量によって決まるため，負荷及び油温による変動は少ないが，全負荷及び高油温の条件下では同一の減速位置から減速すると着床走行時間t_Lが長くなる。例えば，速度60 m/minのエレベーターでは10秒程度にもなる。

* 日立製作所水戸工場　** 日立製作所機械研究所

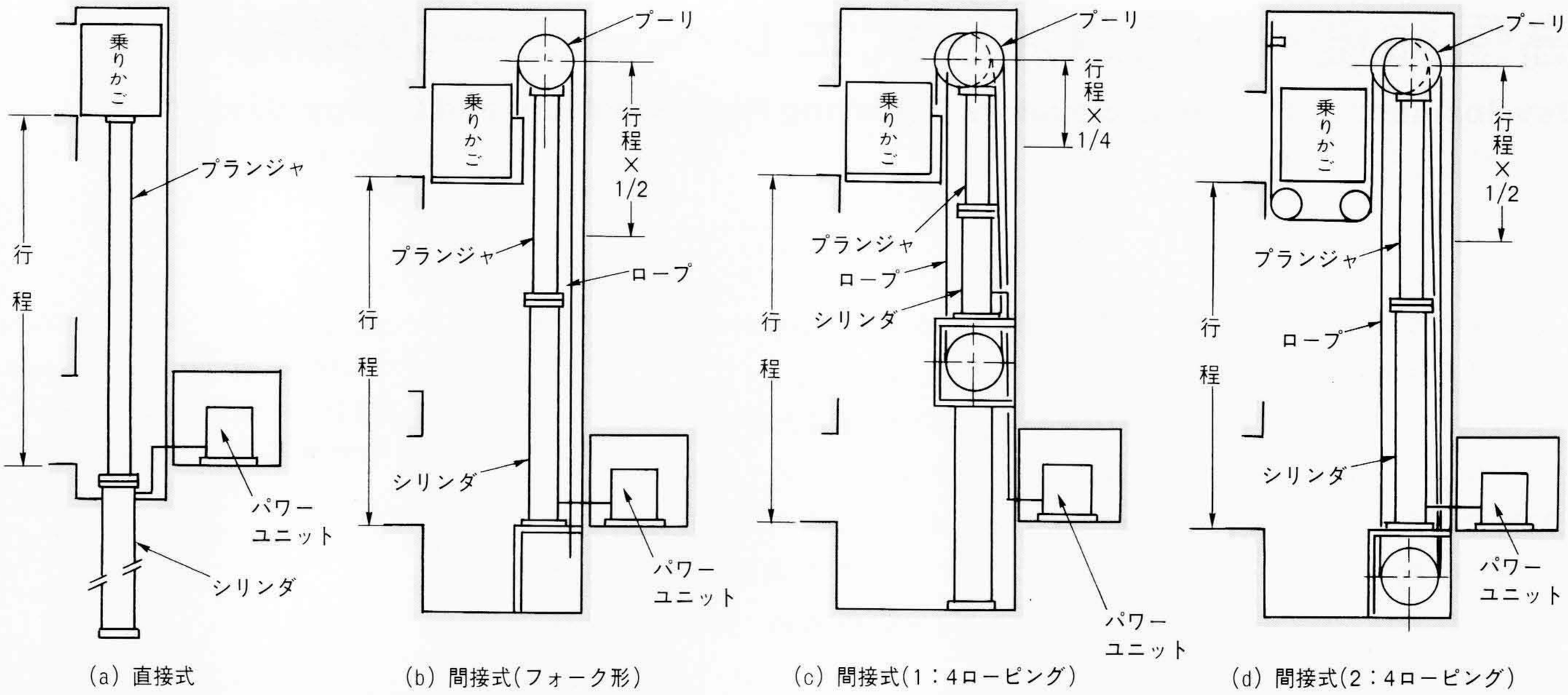

図1 油圧式エレベーターの構造概要 乗りかごの大きさ，用途などによって種々のタイプがあり，パワーユニット(機械室)は任意の位置に設けることができる。

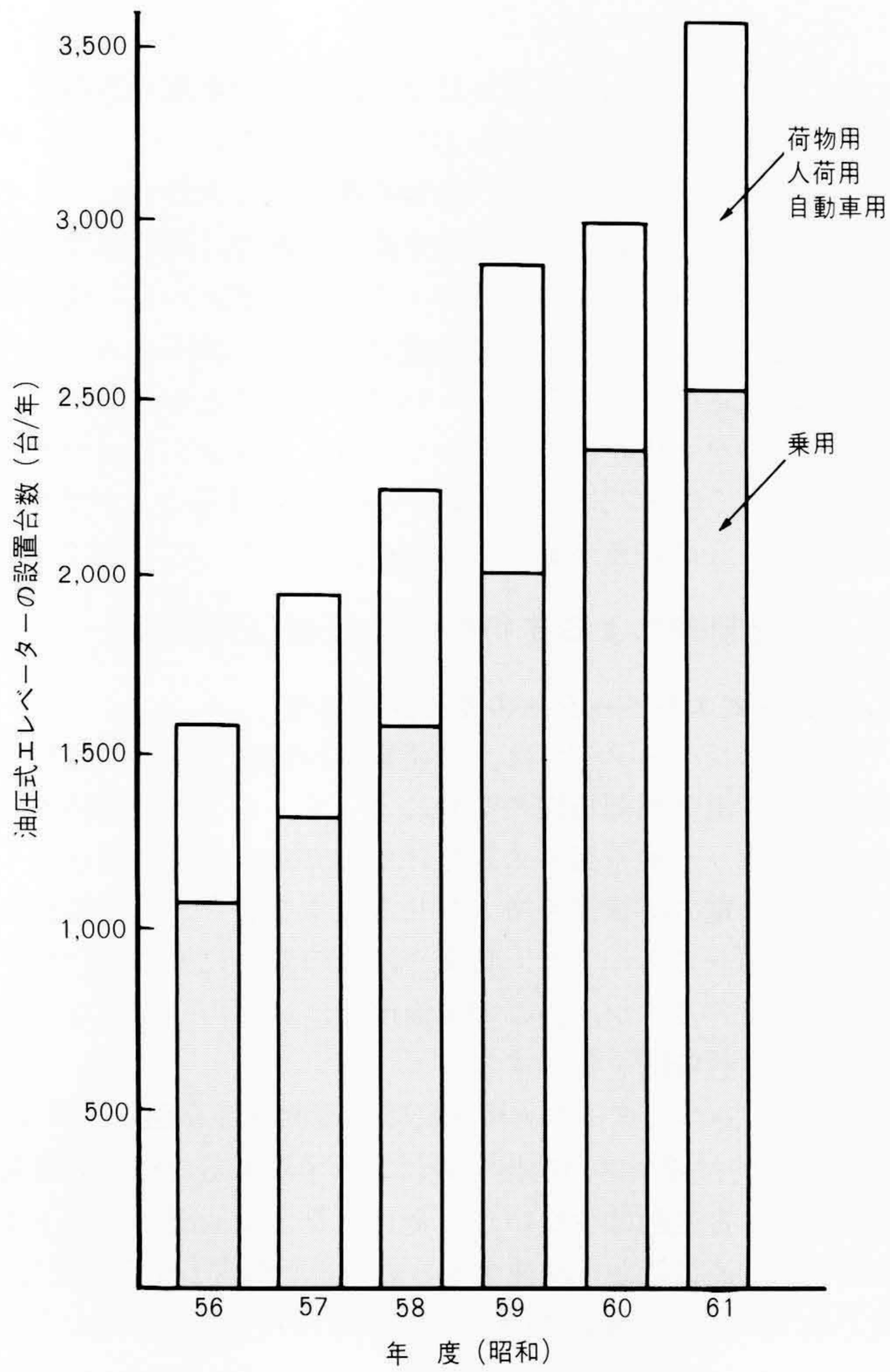

図2 油圧式エレベーターの設置台数推移(出典：社団法人日本エレベーター協会) 昭和56年度対比で2倍以上の伸びを示しており，特に乗用の割合が多くなっている。

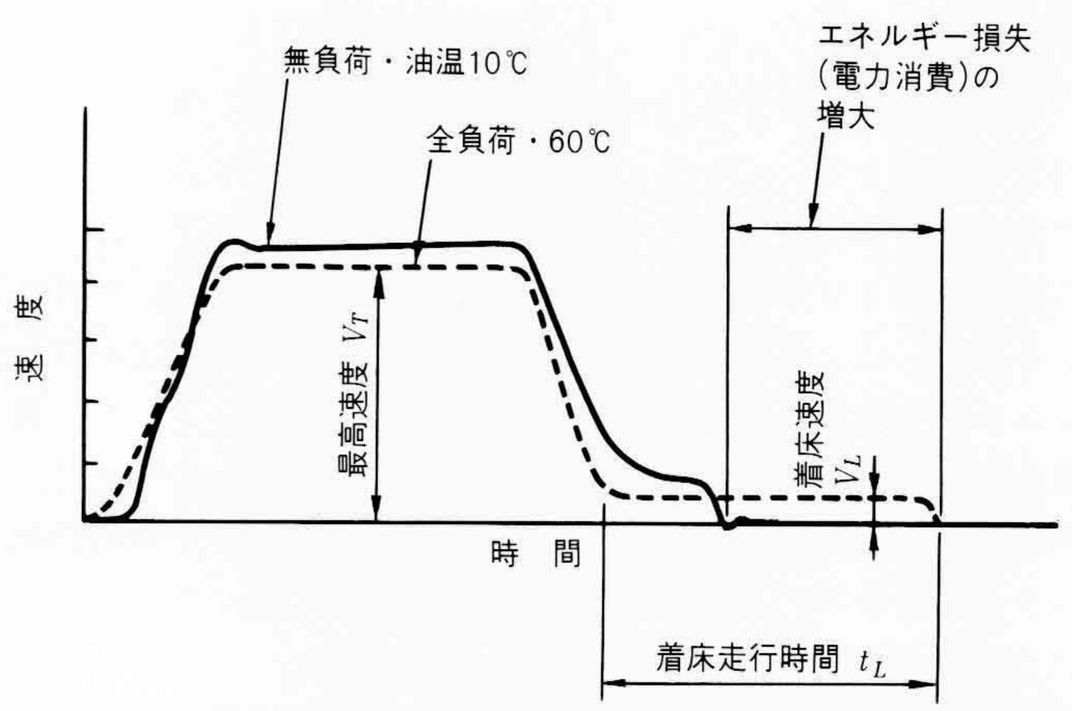

図3 油圧式エレベーターの速度特性の変動 着床走行時間が長いと運転時間が長くなり，電力消費が増大し，のろのろ走行が長いため乗り心地も悪くなる。

着床走行時間が延びることは，のろのろ走行が長く乗客に不快感を与え，ポンプの回転時間が長くなって電力消費量を増大させる。負荷，油温に関係なく着床走行時間を一定にすることは，従来機種である速度30 m・45 m/minのエレベーターはもとより，速度60 m/minの油圧式エレベーターを実用化するに当たり最大の技術課題であった。

3.2 着床走行時間の短縮

油圧式エレベーターの省電力化及び乗り心地の改善を図るためには，上述したように着床速度V_Lで走行する時間t_Lを必要最小限，かつ一定にすることが必要である。これを実現するために，運転状態が変わってもt_Lを常に一定にするLM(Landing Time Minimizing)制御を開発した[1),2)]。これは**図4**

に示すようにエレベーターの運転状態を検出し，そのときの短縮すべき時間を計測して，$t\Delta$で走行する距離$X_\Delta = V_L \cdot t\Delta$を計算する。そして，$\Delta t = X_\Delta / V_T$で算出される時間だけ次回の走行時に減速開始を遅らせると，速度V_Lで走行する時間t_Lをt_Δだけ短縮できる。これをそれぞれの負荷及び油温ごとに学習しておくことで，2回目以降から着床走行時間を目標値とすることができる。走行時間の短縮例を**図5**に示す。

この結果，着床精度を確保しながら乗り心地性能を向上し，かつ運転時間を短縮したので消費電力量は30～40%低減することができた。同時に着床走行時間を短くできることから，速度60 m/minの油圧式エレベーターを実用化することもできた。

なお，本制御方式は昭和62年度日本油空圧学会技術開発賞を受賞している。

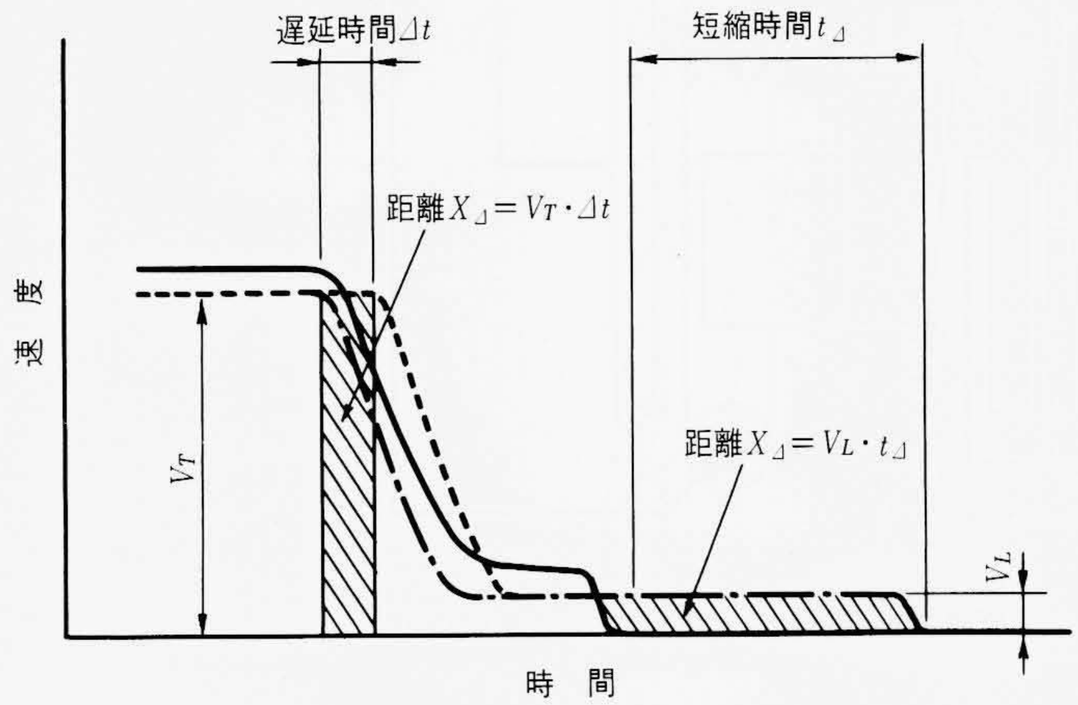

図4　運転時間最短化制御の原理　　着床走行時間を$t\Delta$短くするためには，減速開始をΔt遅らせればよい。これを学習によって繰返し制御する。

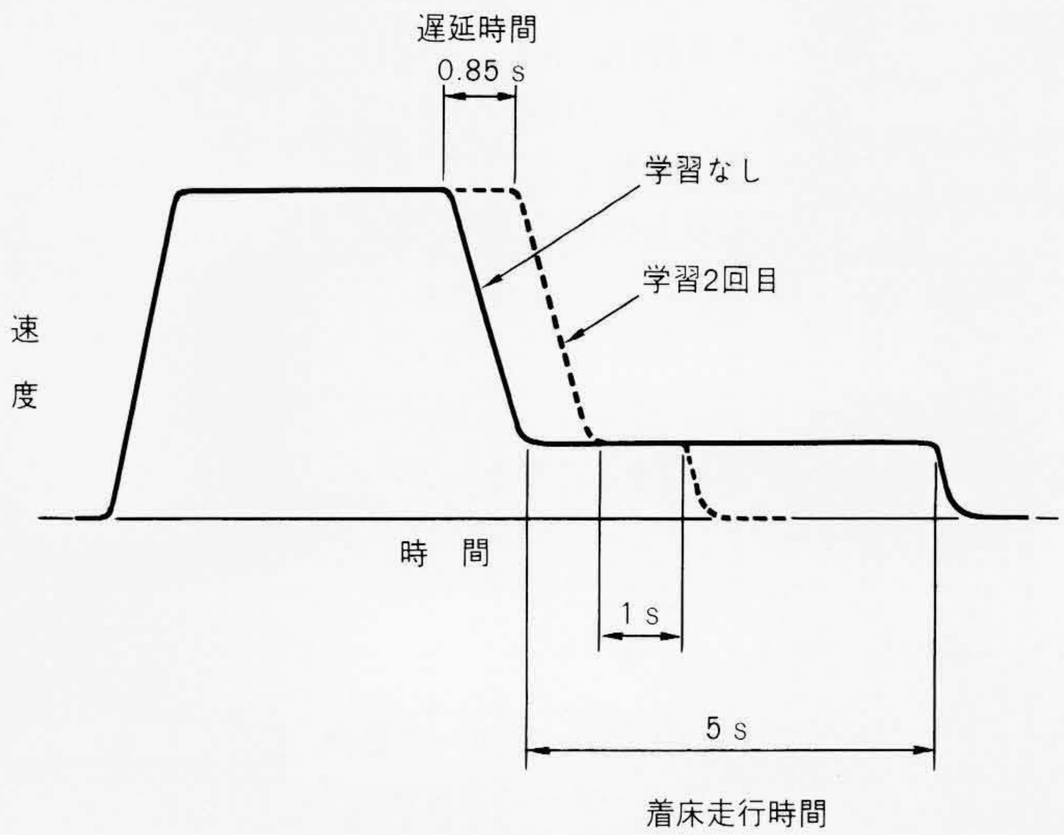

図5　LM制御による運転時間短縮例(上昇速度特性，油温24 ℃，負荷圧1.18 MPa)　　学習2回目で着床走行時間は5秒から目標の1秒とした例を示す。

4　油圧式エレベーターのエレクトロニクス化

4.1　油圧式エレベーターのシステム構成

油圧式エレベーターのシステム構成には，既に高い信頼性及び安全性に関する実績を持っているロープ式エレベーターの設計思想を踏襲し[3]，これに油圧式エレベーター特有のハードウェア及びソフトウェアを追加した。したがって，ロープ式エレベーターと同一の多様な仕様に対応できるとともに，マイクロコンピュータ化により高い信頼性を持たせることができた。油圧式エレベーターのシステム構成を**図6**に示す。

主マイクロコンピュータは，乗りかご，乗り場，昇降路内からの信号などを入力インタフェースを介してマイクロコンピュータに取り込み，乗客の呼びに応じてエレベーターを動作させる運転制御を行う。

従マイクロコンピュータは，乗りかごと連動するロータリエンコーダから乗りかごの位置信号を入力し速度制御を行うと同時に，油圧回路部の油温，圧力を検出し，前述のLM制御の学習を行う。

主・従マイクロコンピュータは相互に合理性チェックを行っており，万一運転中に一方のマイクロコンピュータの故障が検出されてエレベーターが停止しても，自動的にこのマイクロコンピュータをシステムから切り離し，残りのマイクロコンピュータによってエレベーターを低速で運転し，乗客を最寄り階まで安全に誘導する。この運転を行った後，故障したマイクロコンピュータを正常なマイクロコンピュータで診断し正常に戻っていれば，平常運転を再開する。

このように，本システムのマイクロコンピュータ構成は，機能分散救出運転二重系システムと故障診断機能を採用し，停止故障の少ない信頼性の高いシステムとなっている。

4.2　制御盤と油圧パワーユニット

油圧パワーユニットは**図7**に示すように電動機，油圧ポンプ及び制御弁で構成する油圧駆動部と，その上に油タンク及び制御盤を配置したコンパクトな構造である。油圧駆動部は防振支持した架台に配置するとともに周囲を防音パネルで囲み，運転時の建物床への振動伝搬や油圧ポンプ，制御弁からの騒音の空気伝搬を防止している。

一方，制御盤には主・従マイクロコンピュータのほか，法令などで決められた安全装置が動作したときにエレベーターを確実に停止させるため，**図6**に示すように，有接点リレーで構成された安全回路を設けて，油圧駆動装置を制御するシステムとし，安全性を高めた。

5　結　　言

油圧式エレベーターが著しく普及するためには省電力化，性能向上とともに高速化を図る必要がある。これに対して日立製作所では，ロープ式エレベーターで実績のあるマイクロコンピュータ制御技術をもとに，LM制御(学習制御方式による運転時間の最短化制御)を開発し，着床前ののろのろ走行時間を大幅に短縮することによって，乗り心地の改善と従来に比べ30～40%の省電力化を図った。また，この技術開発によって，従来の速度30 m/min・45 m/min機種に加え，60 m/min

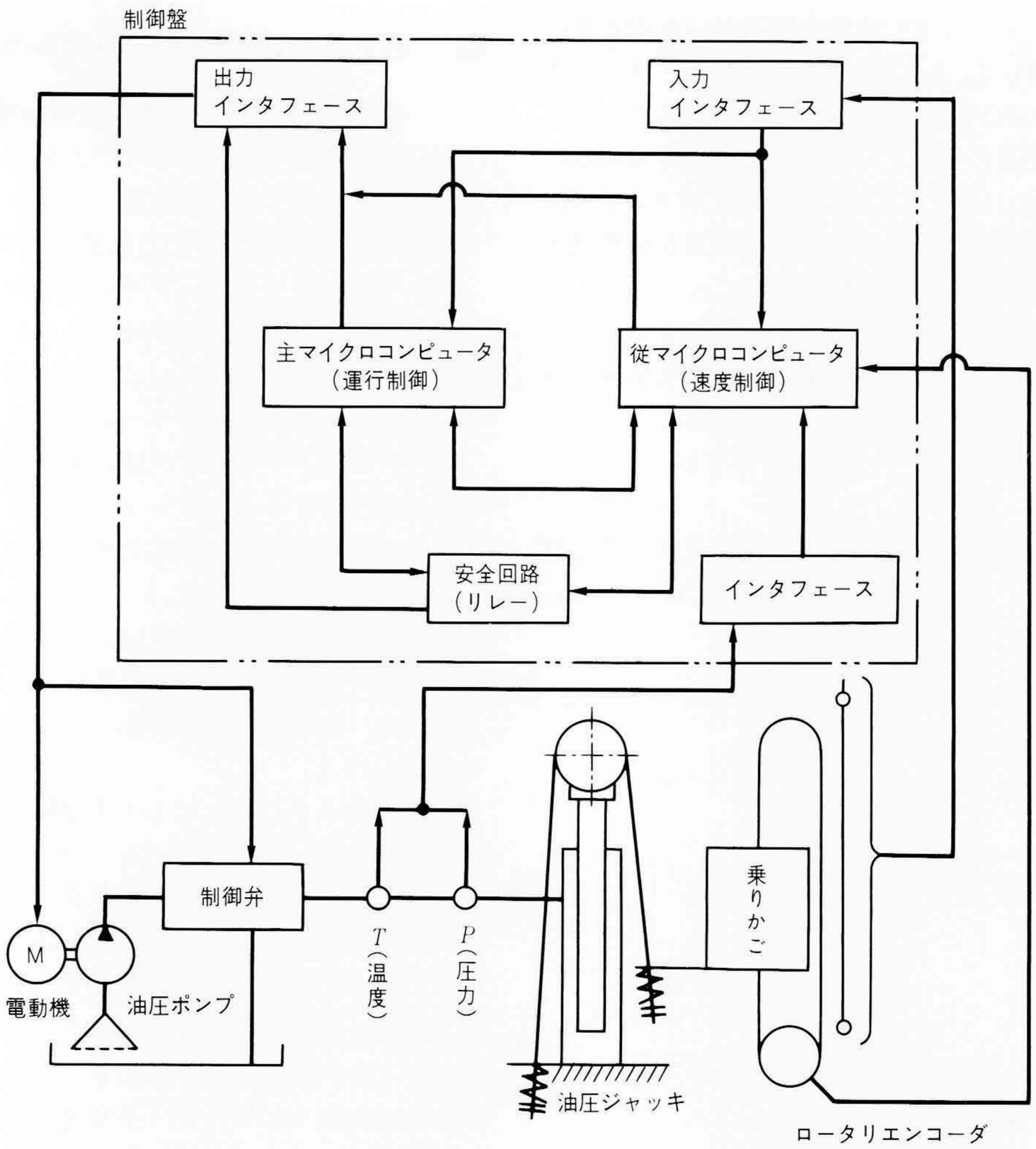

図6 油圧式エレベーターのシステム構成　ロープ式エレベーターで実績のある二重系マイクロコンピュータシステムを採用した。

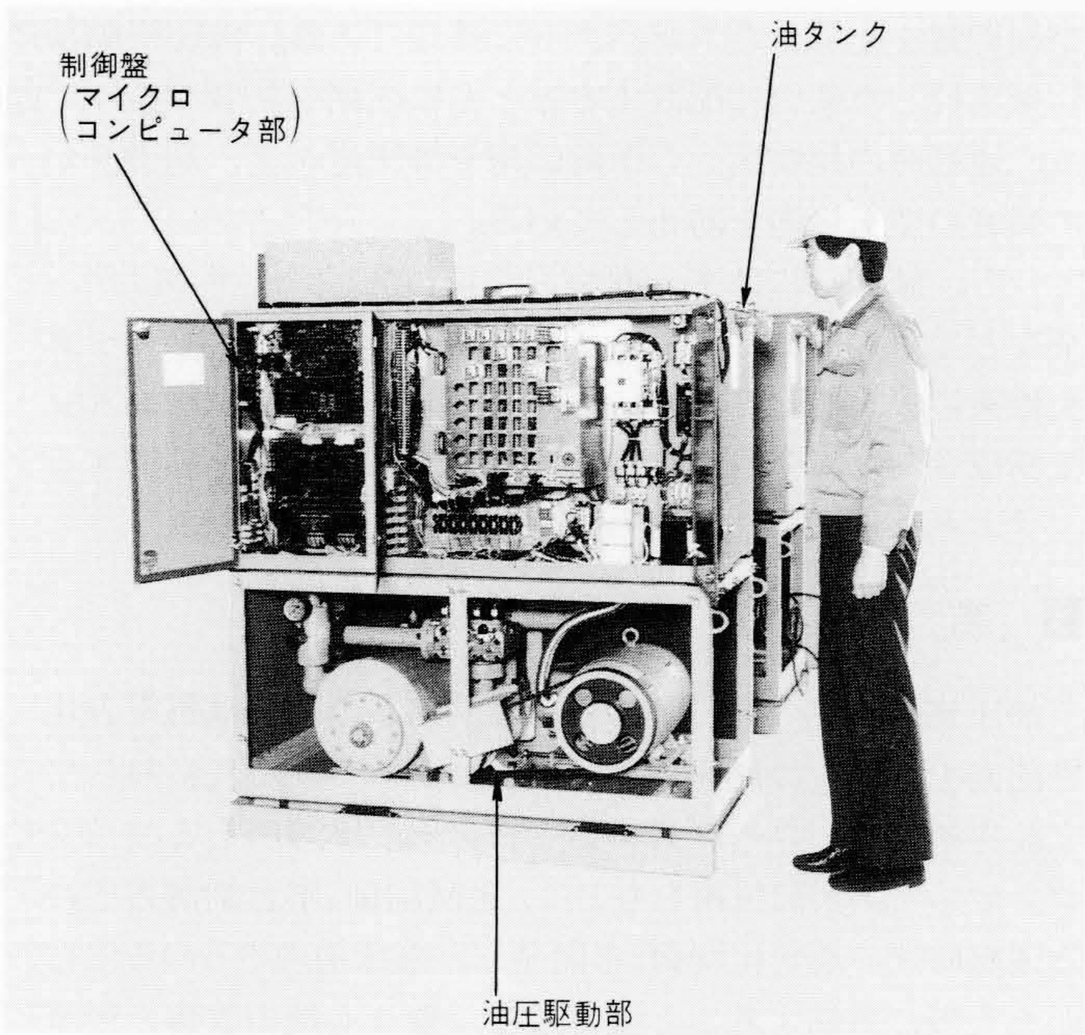

図7 油圧パワーユニット　制御盤扉を開いた状態を示す。制御盤，油タンク，油圧駆動部を一体化してコンパクトにまとめた。

機種も完成することができた。更に，二重系マイクロコンピュータシステムを導入することによって信頼性，安全性の向上を図るとともに，付加仕様を拡充した。

この結果，ビルの多様化，高層化に対応することが可能となり，油圧式エレベーターの普及が一段と進むことを期待するものである。一方，今後とも油圧式エレベーターの性能，信頼性及び安全性の向上に努力していく考えである。

参考文献

1) 伊奈，外：最近の油圧エレベーターの動向，油圧技術，(87-3)
2) 中村，外：油圧エレベーターの運転時間短縮方法に関する検討，日本機械学会，日立地方講演会講演論文集，(87-9)
3) 弓仲，外：マイクロコンピュータ制御による規格形エレベーターの開発，日立評論，**61**，11，821～826(昭54-11)