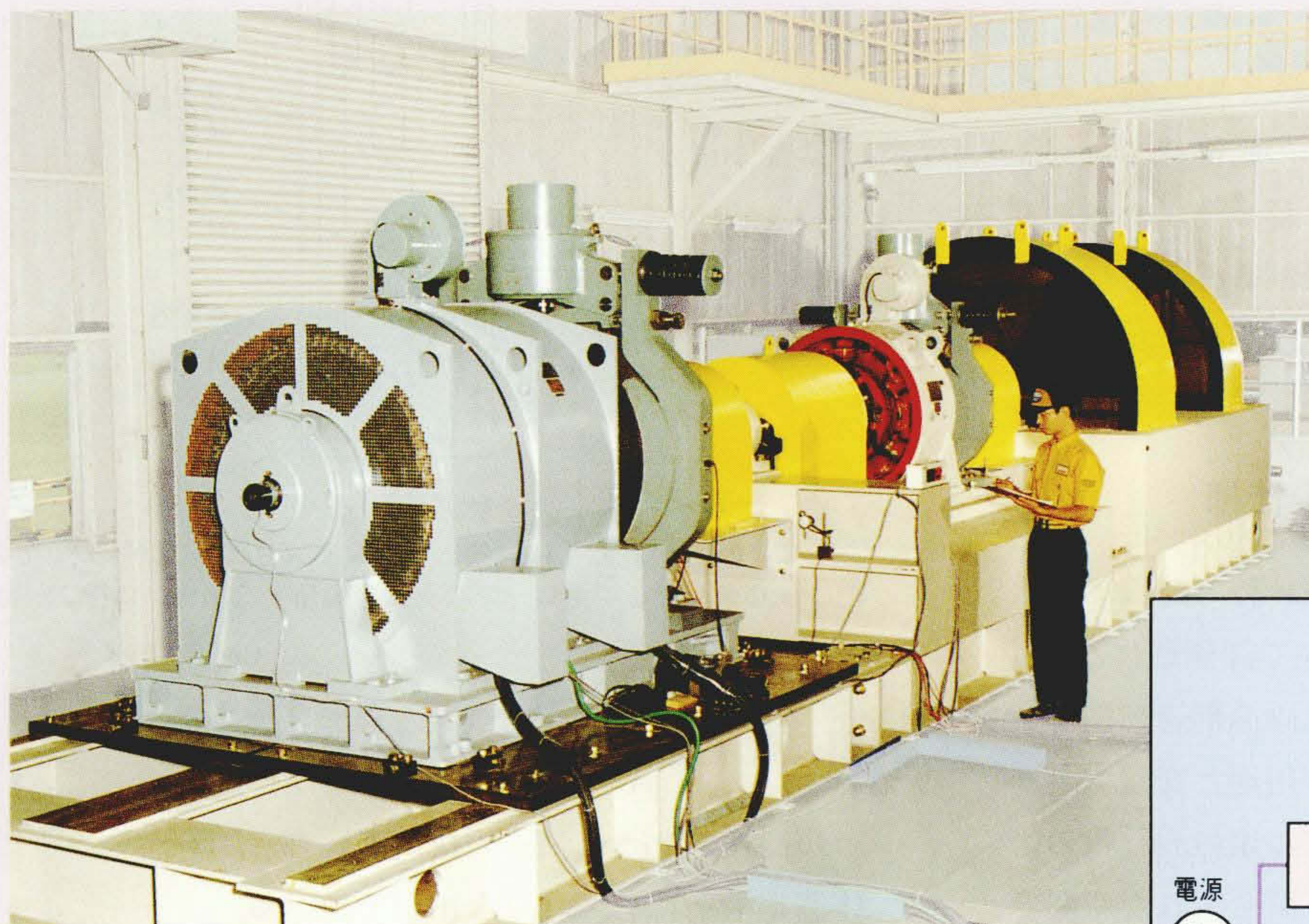


超高速エレベーター用制振制御マルチインバータ

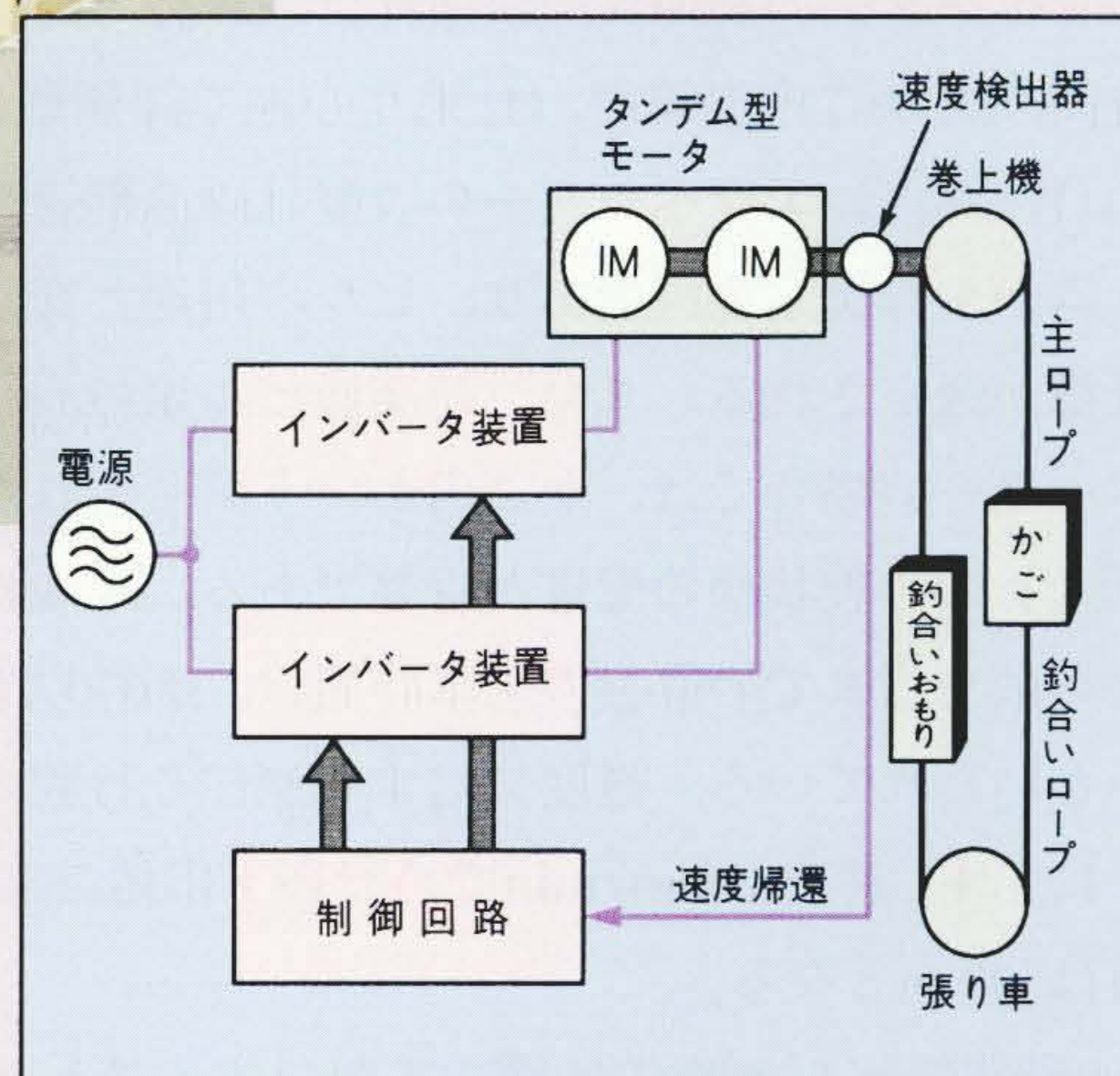
High-Speed Elevators Controlled by Inverters

坂井吉男* Yoshio Sakai

保刈定夫** Sadao Hokari



(a) タンデム型モータと超高速エレベーター用地上等価試験装置



(b) マルチインバータシステムの概要

マルチインバータ制御高速エレベーター

速度810 m/min, 昇降行程500 m用の大容量インバータシステムの性能を, 等価試験装置を用いて確認した。

わが国の50階建級の超高層ビルは、東京都の新宿副都心を代表とする都市再開発計画と建築技術の調和のもとに進展してきた。日立製作所は、都市の高層化とともに、ビル内の主要設備であるエレベーターの高機能化・省エネルギー化を図り、高速エレベーター製品を多数納入してきた。

米国では、Sears Towerに代表される100階建級のビルが増えつつあるが、わが国でも、都市空間の高

利用の観点から、100階建級ビルの計画が提案されている。日立製作所はこのような状況のもと、昇降行程300～500 m, 速度810 m/minの超高速エレベーター用としてモデル規範制振制御機能を持った大容量・超精密制御のマルチインバータ装置を開発した。

等価な試験環境で、製品の機能および乗り心地性能を実証し、従来の540 m/minエレベーターと同等以上の性能を持つことを確認した。

* 日立製作所 水戸工場 ** 日立製作所 日立研究所

1 はじめに

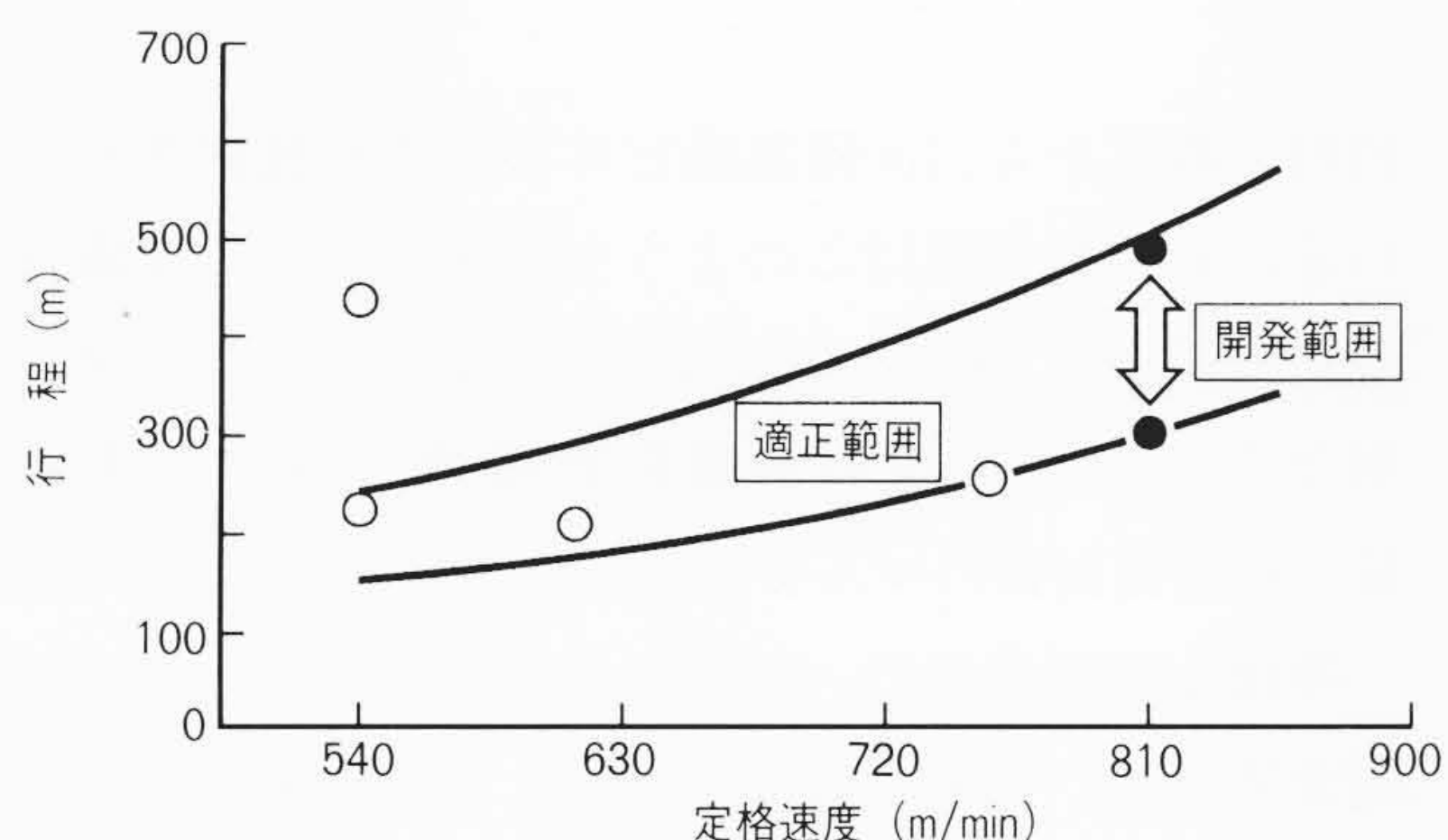
わが国の50階建級の超高層ビルは、東京都の新宿副都心を代表とする都市再開発計画と建築技術の調和のもとに進展してきた。近年、都市空間の高度利用の観点から、さらに高いビルの計画が提案されており、近來・未来都市に向けて100階建級ビルの時代はそう遠くないものと考えられる。

日立製作所は、このような100階建級ビルに備えるため、行程300～500 m、速度810 m/minの超高速エレベーターの開発を進めてきた。ここでは、超高速エレベーター用として開発した、モデル規範制振制御機能を持つ大容量・超精密制御のマルチインバータ装置について述べる。

2 超高層ビル用エレベーターの仕様

エレベーターの利便性や快適性は、(1)待ち時間、(2)乗車時間、(3)かご内混雑度、(4)乗り心地で評価される。上述の(1)～(3)は、エレベーターの設置計画や群管理制御システムが主な決定要因であり、ビルの用途と交通需要から仕様が選定される。また、超高層ビル用の長行程のエレベーターの場合では、かご内という閉じられた空間での「人」の心理状態の配慮が重要である。一般に、最下階から最上階までの直行の乗車時間は、60秒以下が望ましいといわれている。速度に対する適性な行程の関係を図1に示す。速度810 m/minでの行程下限値は300 m、上限値は500 mとなる。

100階建級ビルの時代に備えて開発するエレベーターの基本仕様を速度810 m/min、行程300～500 mおよび積載量1,600 kg～2,000 kg(24～30人乗り)とした。



注：○印は国内外の代表的な超高層ビルを示す。

図1 エレベーターの速度と適性行程

加速時間を単位時間にしたとき、定格速度の走行時間が50～150%となる範囲を適性な行程範囲とした。

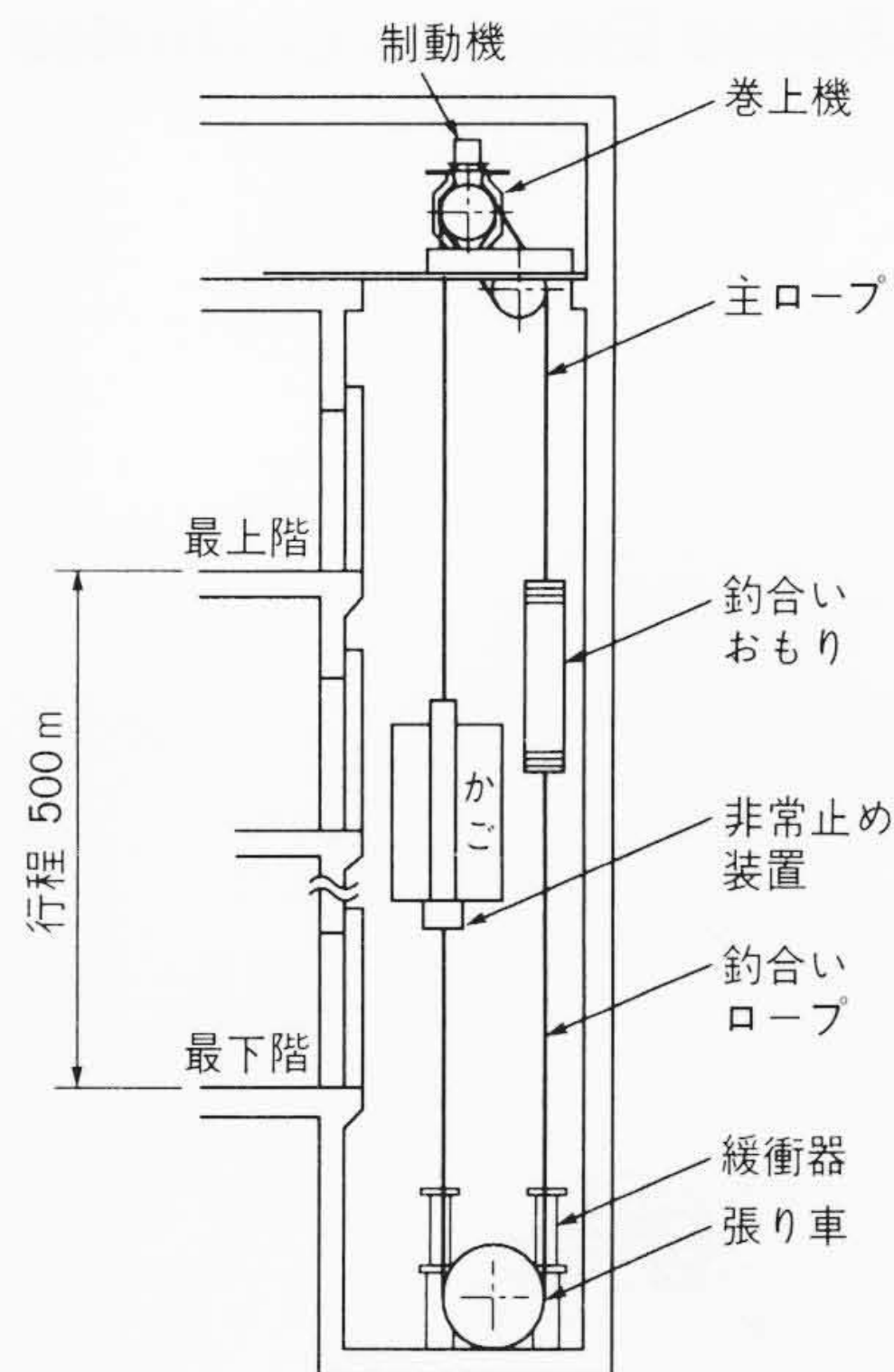


図2 エレベーターの全体基本構造

かごと釣合いおもりには巻上機を介して主ロープが付き、その下部に張り車を介して主ロープの質量を補償する釣合いロープが付く。

3 超高速エレベーターの技術課題

超高速エレベーターの技術課題を、エレベーターの全体基本構造(図2参照)を用いて述べる。

エレベーターのかごと釣合いおもりは主ロープを介して巻上機で駆動され、また、主ロープの質量変化を補償する釣合いロープが最下部張り車を介して、かごと釣合いおもりに連結される。この基本構造によって速度810 m/minで行程が300～500 mにもなると、ロープの質量が増加し、その結果、昇降機構系の運動エネルギーが増加し、上下のフワフワ振動が現れやすくなる。

表1 技術課題

エレベーターの高速・長行程化に伴う技術課題と、それぞれの課題に対して開発した技術を示す。

技 術 課 題	開 発 技 術
大容量インバータ制御	●マルチインバータ ●低トルク脈動
上下振動抑制	●昇降機構系ダンパ ●モデル規範制振制御
高安定非常止め装置	●耐摩耗 } しゅう動材 ●高摩擦 }
大容量油圧緩衝器	●長ストローク緩衝
かご横振動制振	●高制振ローラガイド (粘性・磁気ダンパ付き)
走行騒音の静音化	●空力騒音低減構造 ●遮音構造

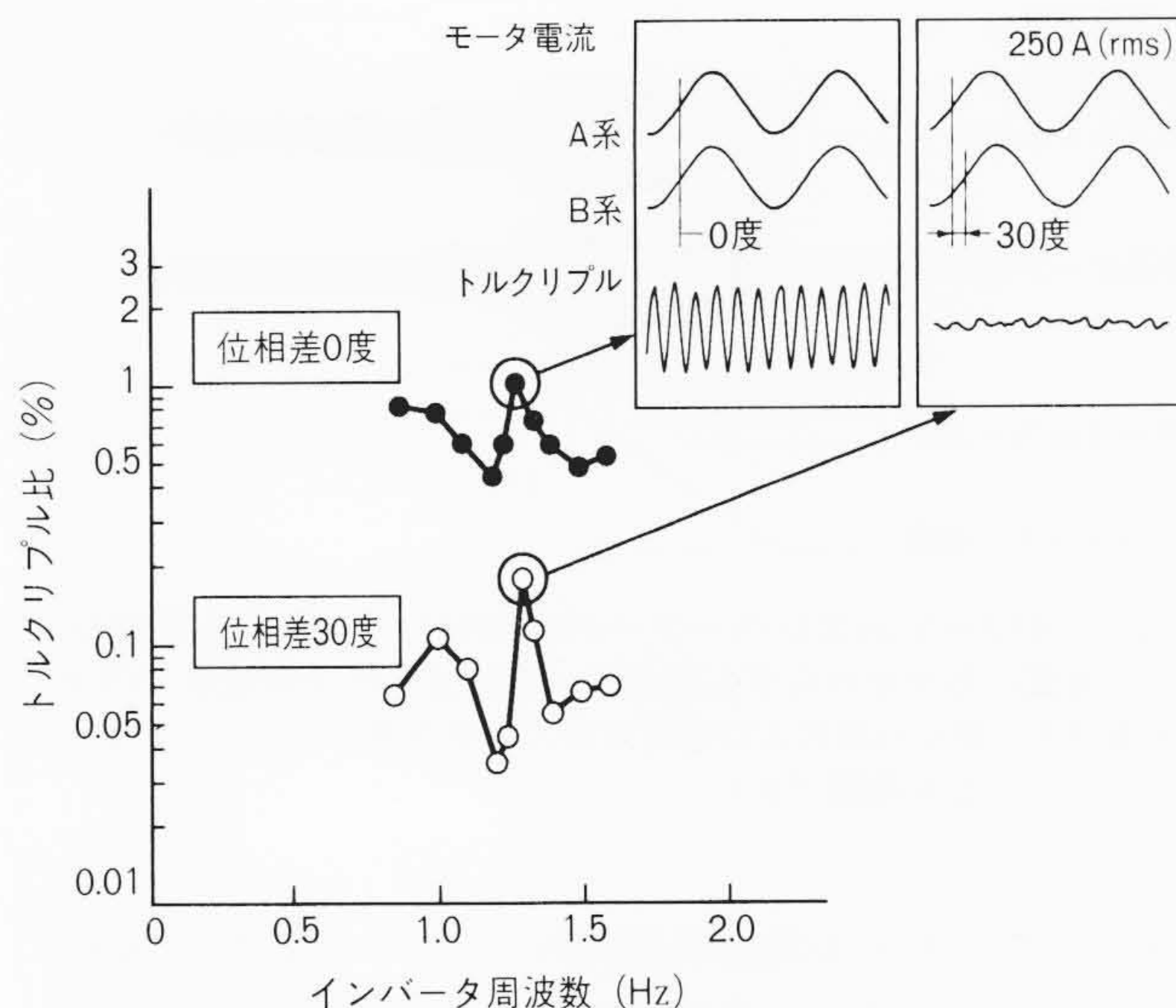
高速・長行程に伴う駆動系、制御・機構系および安全系の主要課題と、それぞれの開発技術を表1に示す。低トルクリプル化を図った大容量インバータとモデル規範制振制御による上下振動抑制について以下に述べる。

4 低トルクリプルを図った大容量インバータ

速度810 m/min, 行程500 mおよび積載量1,600 kg仕様のエレベーターを駆動するインバータ装置には, 速度540 m/min用の約2倍の1,000 kVAを超える容量のインバータが必要になる。また, 主ロープが長くなるに伴ってかごが振動しやすくなるため, モータから発生するトルクリプルを低減することが不可欠であり, 駆動装置の容量が2倍になっても, トルクリプルの値を従来の540 m/min用よりも抑制する必要がある。

これを実現するために, 二組のインバータ装置と独立2巻線のタンデム型モータとを組み合わせたマルチインバータ方式を採用し, 大容量インバータ巻上機システムを開発した。この構成を図3に示す。

1,200 kVAのインバータ装置と200 kWのタンデム型モータを用い, 地上等価試験装置で測定したトルクリプルおよび走行オシログラムの例を図4, 5に示す。モータ間の電流の位相差を30度で運転することによってトルクリプルが相殺され, 位相差なしで運転した場合に比べ, トルクリプル量を大幅に低減することができる(図4参照)。従来の100 kWのモータを使用した540 m/minのトルクリプル比の $\frac{1}{2}$ の0.5%を十分満足していることから, 速度810 m/minのエレベーターの乗り心地を十分満足するレベルと言える。また, 二組のモータ電流が低速領域ま



注: トルクリプル比 = $\frac{\text{トルクリプル}}{\text{定格トルク}} \times 100(\%)$

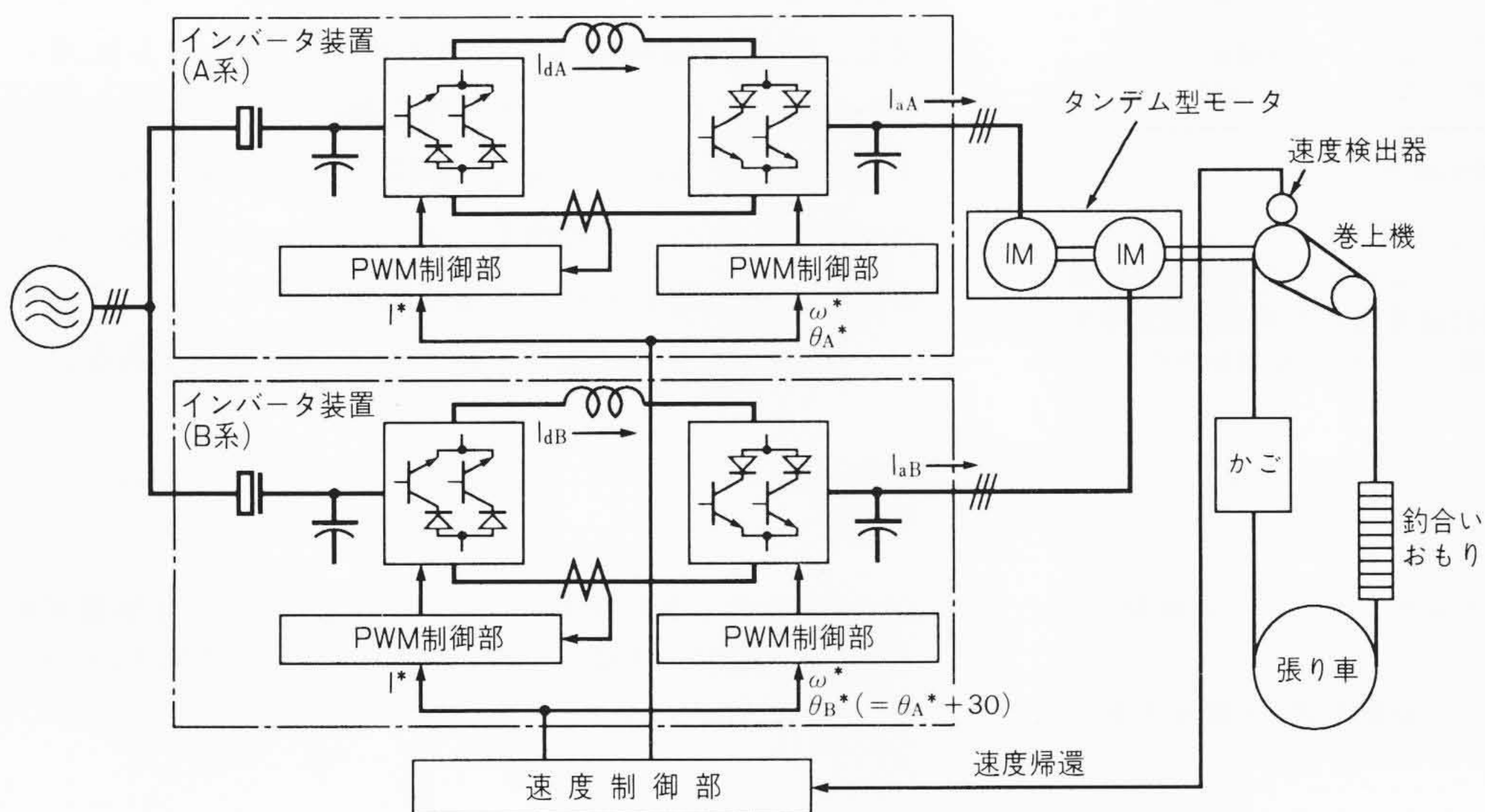
図4 トルクリプルの測定結果

インバータの出力電流の位相差を30度で運転することにより, トルクリプル比が0.2%と, きわめて低いトルクリプルにできる。

で円滑に制御され, 乗り心地および運転効率の評価基準となるトルクも理想に近いことが確認できた(図5参照)。

5 モデル規範制御による制振

ロープ長が500 mにもなると, 二次共振周波数が2 Hzまで低下し, エレベーターの着床制御に必要な応答周波数が1 Hzに接近するので, フィルタリングによる安定化が困難になる。そのため, 応答速度を低下することなく安定度を確保するために, モデル規範による制振制御を



注: 略語説明

i_{dA} (A系直流電流)
 i_{dB} (B系直流電流)
 i_{aA} (A系モータ電流)
 i_{aB} (B系モータ電流)
 PWM (Pulse Width Modulation)

図3 マルチインバータのシステム構成

二組のインバータ装置と独立した2巻線のタンデム型モータでマルチ化を構成し, 大容量化とトルクリプルの低減を図る。

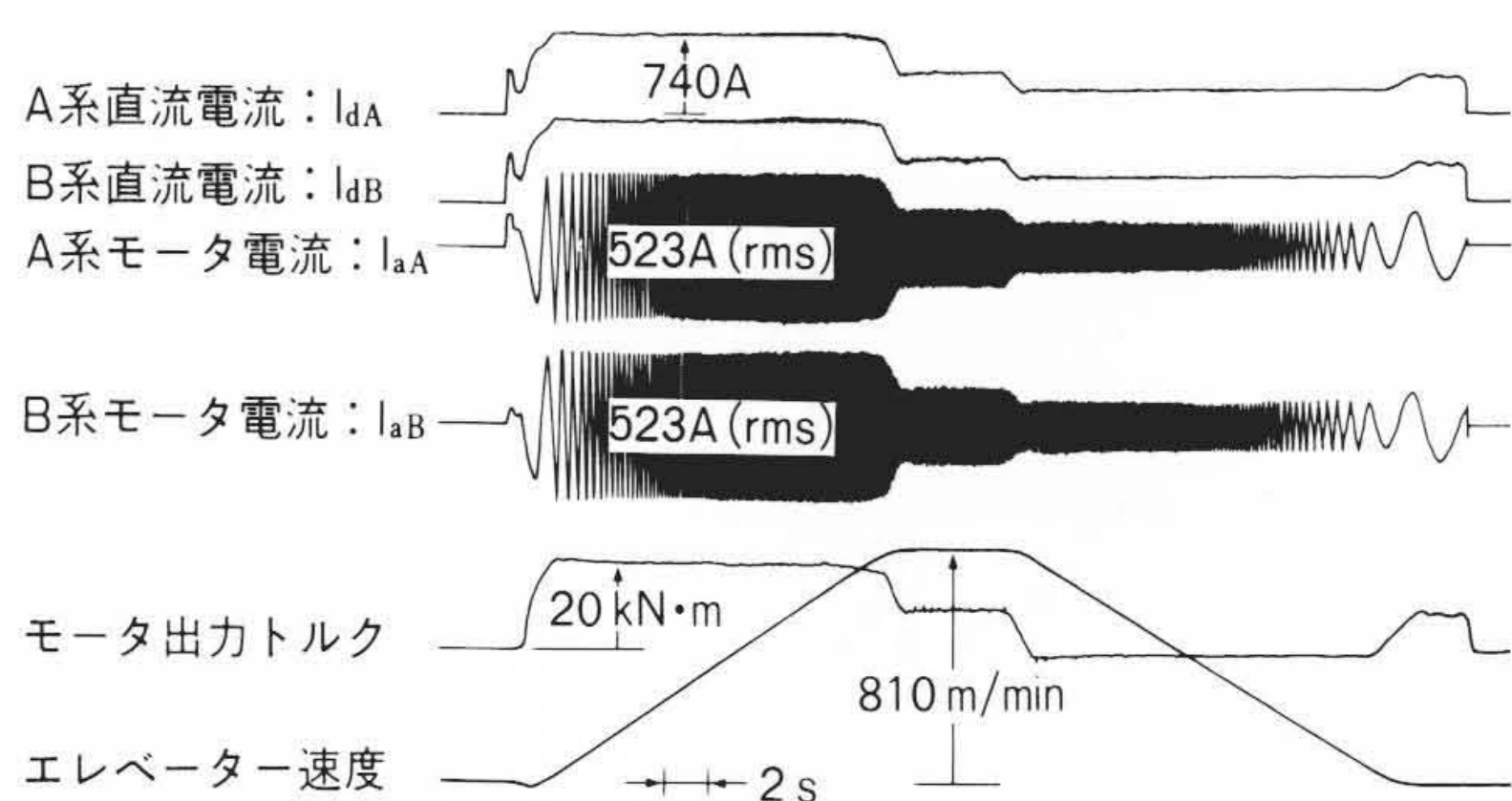
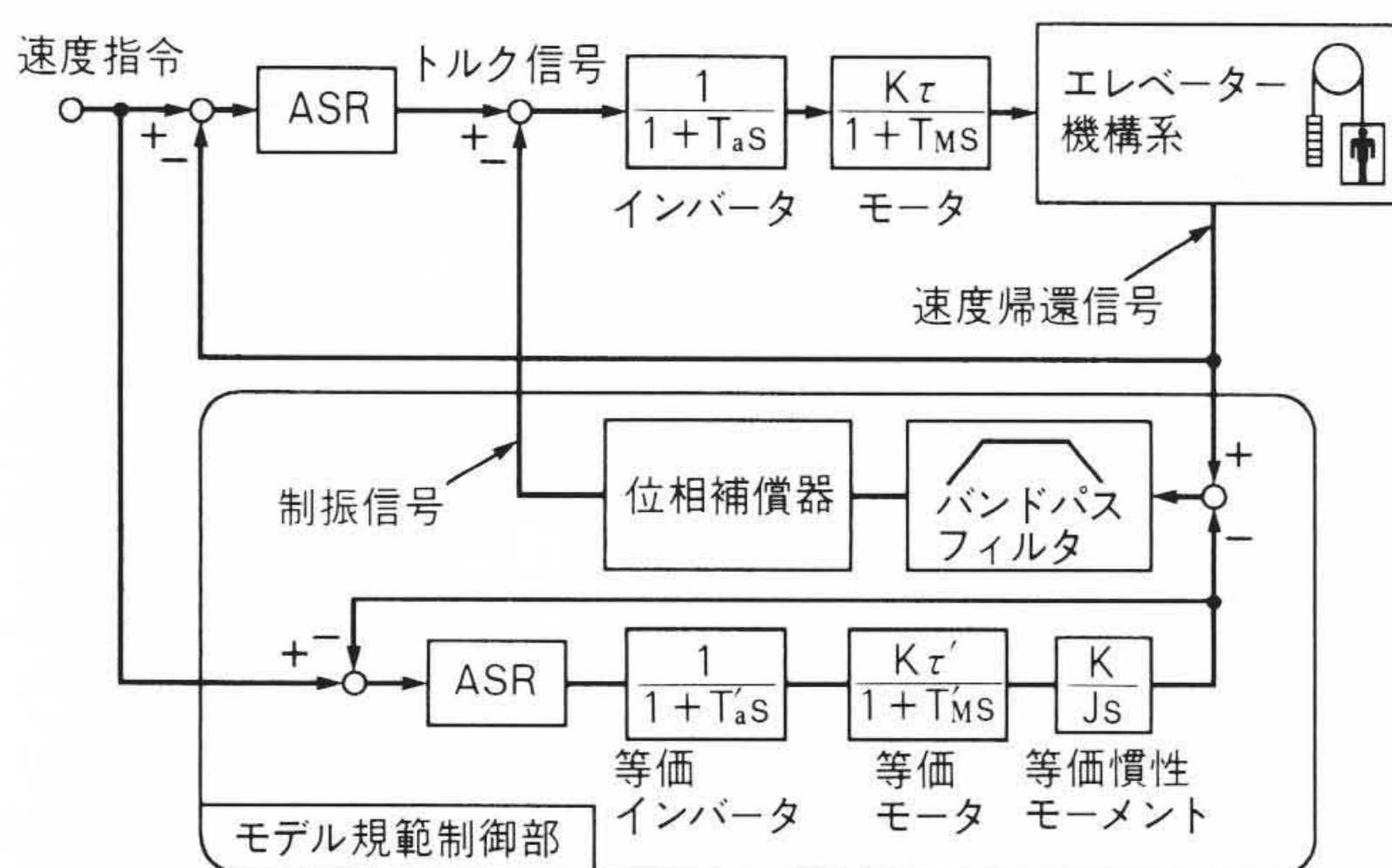


図5 810 m/minエレベーターの制御特性(全負荷上昇運転)
大容量にもかかわらず二組のモータ電流が低速領域まで円滑に制御され、乗り心地および運転効率の評価基準となるトルクも、理想に近いことが確認できた。

採用した。モデル規範制振制御のブロック線図を図6に示す。この方式は、昇降機構系を単純な一つの慣性モーメントとしたコンピュータモデルの速度と実エレベーター速度との偏差信号から制振トルクをモータに発生させ、アクティブに上下振動を抑制させるものである。

制振性能を確認するために、塔上試験装置のかごと釣合いおもりに長行程のロープ長に相当するばねを追加した。この塔上試験装置を用いて、200 kWのモータと1,200 kVAのインバータからなるマルチインバータシステムの走行運転試験を行った。



注：略語説明 ASR (Automatic Speed Regulator)

図6 モデル規範制振制御のブロック線図

機構系を単純な慣性モーメントとしたエレベーターモデルと制振制御部からなるモデル規範制御部に速度指令と速度帰還信号を入力し、制振信号をトルク信号に加算して、制振制御を行う。

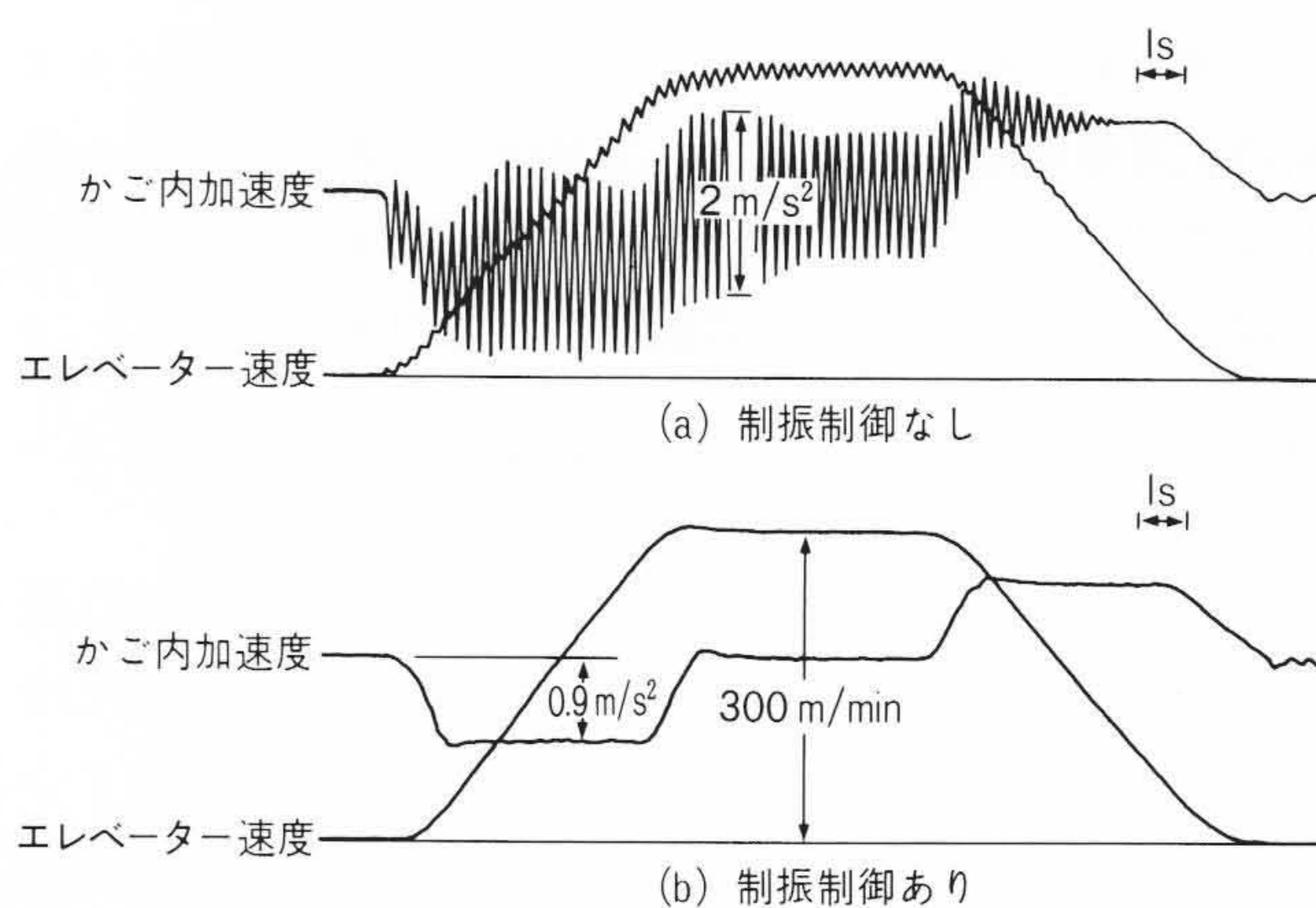


図7 モデル規範制振制御の効果(無負荷下降運転時)

(a)の制振制御なしでは、加速前半の振動が最高速度まで継続している。(b)の制振制御を行うと、起動から停止までの全走行領域でかご内振動が 0.1 m/s^2 以下であり、良好な乗り心地とスピード感のある性能が得られる。

試験結果の一例を図7に示す。同図(a)は制振制御なしのときの無負荷下降運転を示している。加速前半の振動が最高速度まで継続し、その振幅が 2 m/s^2 以上の非常に大きな振動に成長し、制御系が不安定であることがわかる。同図(b)は、制振制御を動作させたときであり、かご振動がなく、制御系が安定になっていることがわかる。また、起動から停止までの全走行領域での振動も 0.1 m/s^2 以下と、良好な乗り心地を達成している。

モデル規範制振制御を採用することにより、長行程エレベーターシステムでも、乗り心地が良く、スピード感のある着床運転ができることが確認できた。

6 おわりに

都市空間の高度利用計画の進展について展望し、100階建級のビルに対応する速度810 m/minエレベーターを開発し、等価な試験環境で、速度810 m/minでも従来の540 m/minエレベーターと同様な機能と乗り心地を確認することができた。今後は、開発した大容量・制振制御のマルチインバータ技術を、300～500 mの超高層ビルに必要な大量輸送を可能にする2階建のダブルデッキエレベーターの実用化に適用・拡大していく考えである。

参考文献

- 1) 重田, 外: 速度810 m/min超高速エレベーターの開発, 日立評論, 75, 7, 437～442(平5-7)
- 2) 保莉, 外: 超高速エレベーター用駆動装置, 平成6年電気学会全国大会No.551(平6-3)
- 3) 大宮, 外: 長行程エレベーターの乗りかご上下制振制御方式の検討, 平成6年電気学会産業応用部門全国大会, No.276(平6-8)