U.D.C. 621.876.1-531.6

交流エレベータの速度制御と振動系の解析

Vibration Analysis and Speed Control of AC Elevators

渡辺昭則* 三井宣夫* 重田政之**
Akinori Watanabe Norio Mitsui Masayuki Shigeta

要　　旨

実用性の高いエレベータとして交流エレベータが数多く設置され，しかも多方面の目的に使用されるようになってきたため，機器の小形化と信頼度の向上についていっそう考慮する必要が生じてきている。これはかご形モータの利点を十二分に発揮させることにより実現できるが，かご形モータのトルク特性と制御方式は十分検討されなければならない。

理想的乗心地を実現するためのモータトルク特性についてエレベータ系を運動方程式により解析し，さらにモータトルクの制御と振動系について検討を加え1ノッチ制御方式により理想的特性を実現した。

1. 緒　　言

インダクションモータを使用した交流エレベータは性能，価格，保守などの面から実用性が高く広い用途に使用され，なかでも比較的積載量の小さいA形エレベータの需要がその大部分を占めている。これらのエレベータは中，小ビルに設置されることが多く，しかも非常に多方面の目的に使用されるようになってきたので運転ひん度も比較的高いものが多くなってきている。したがってビルの建築計画にマッチした機器の小形化と信頼度の向上について従来よりいっそう考慮する必要が生じてきた。

一般に制御性の点からは巻線形がすぐれているが，小形化および制御性能の高信頼度性についてはかご形のほうに利点がある。この利点を十二分に発揮させることにより小形化と信頼度の向上を図ることができる。一方，乗心地はモータの特性によって左右されるため，かご形モータのトルク特性は十分検討されなければならない。

本論文では理想的トルク特性の検討にあたって乗心地の面から負荷および運転方向のすべての条件について動力伝達を考慮した理論的解析を行なうとともに，かご形モータのトルク制御と機械振動系の関係をかご内の加速度変化の点から検討し，制振効果をもった1ノッチ制御方式により理想的乗心地の実現ができることについて述べ，これらの検討結果を織り込んだエレベータの加減速例をあげて説明する。

また，A形エレベータを主体とした850 kg，60 m/min 以下の交流エレベータに使用するモータをかご形化し，円滑で安定した加減速特性をもち，従来のものよりいっそう信頼度の高い実用性に富んだ交流エレベータについて述べる。

2. 交流二段速度エレベータの理想運転曲線

インダクションモータは周知のとおり原理的に定速度モータで，トルクと速度との間には一定の関係があって高速度から停止まで速度を連続的に制御することは困難である。このため一般には定格速度の数分の一の低速度をもつ極数切換二段速度モータによって輸送能力と着床特性の向上を図っている。この種の二段速度エレベータにおける理想的な運転特性は図1に示すとおりである。図1について交流二段速度エレベータの運転モードは下記のとおりである。

モード(1)　加速運転：高速側巻線による加速過程
モード(2)　高速運転：高速側巻線による定格速度走行過程
モード(3)　減速運転：低速側巻線による同期速度以上における回生制動過程

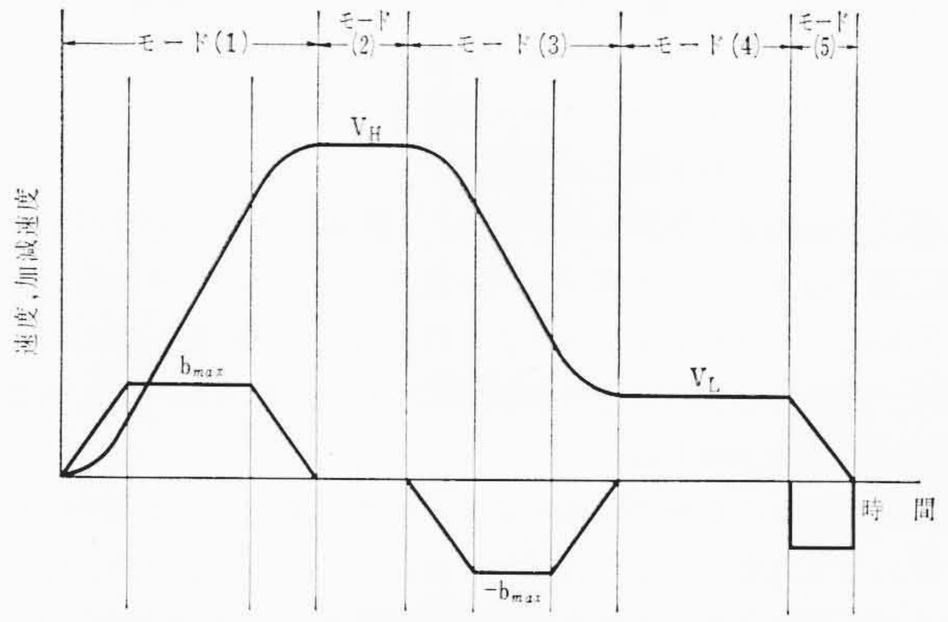


図1　交流二段速度エレベータの理想的な運転曲線

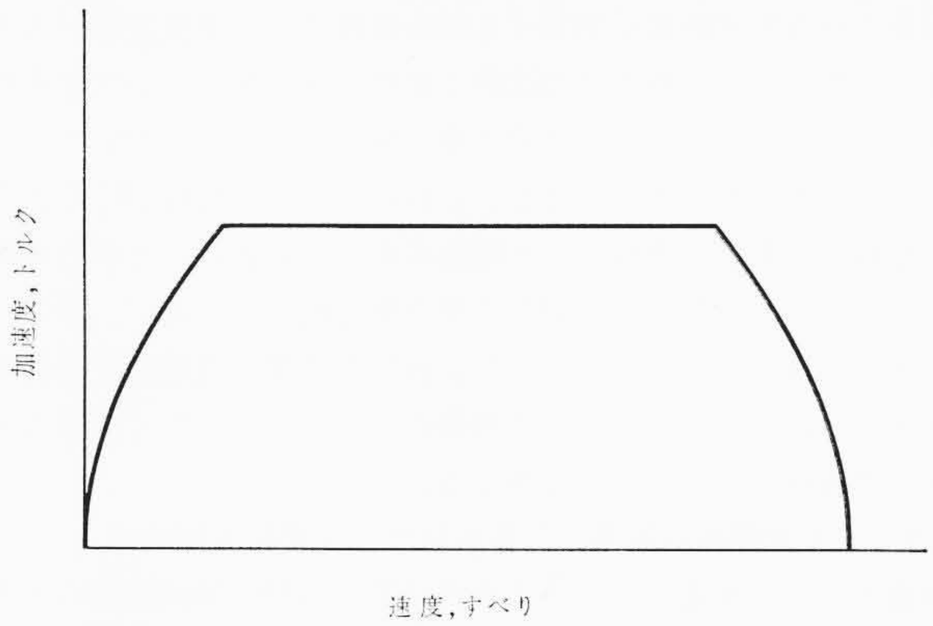


図2　台形波加速度の速度に対する変化（T_N：定格トルク）

モード(4)　低速運転：低速側巻線による着床前低速走行過程
モード(5)　停　　止：モータ電源遮断後の電磁制動機による機械的制動過程

モード(1)およびモード(3)は乗心地より定められる加減速度および加減速度の変化率により決定される上辺および斜辺で形成される台形波加減速度特性であり，円滑な乗心地を実現すると同時にモータに対しても過大なトルクを要求することがなく実現性に富んだ特性である。

3. モ ー タ 特 性

3.1　望ましいトルク特性

図1の加速度 $b=f(t)$ を速度 v の関数で表わすと図2のような曲線が得られる。したがって回転体の運動方程式

$$T=\frac{1}{9.8}\cdot\frac{2i}{D_t}\cdot I\cdot\frac{dv}{dt} \quad \cdots\cdots(1)$$

*　日立製作所水戸工場
**　日立製作所日立研究所

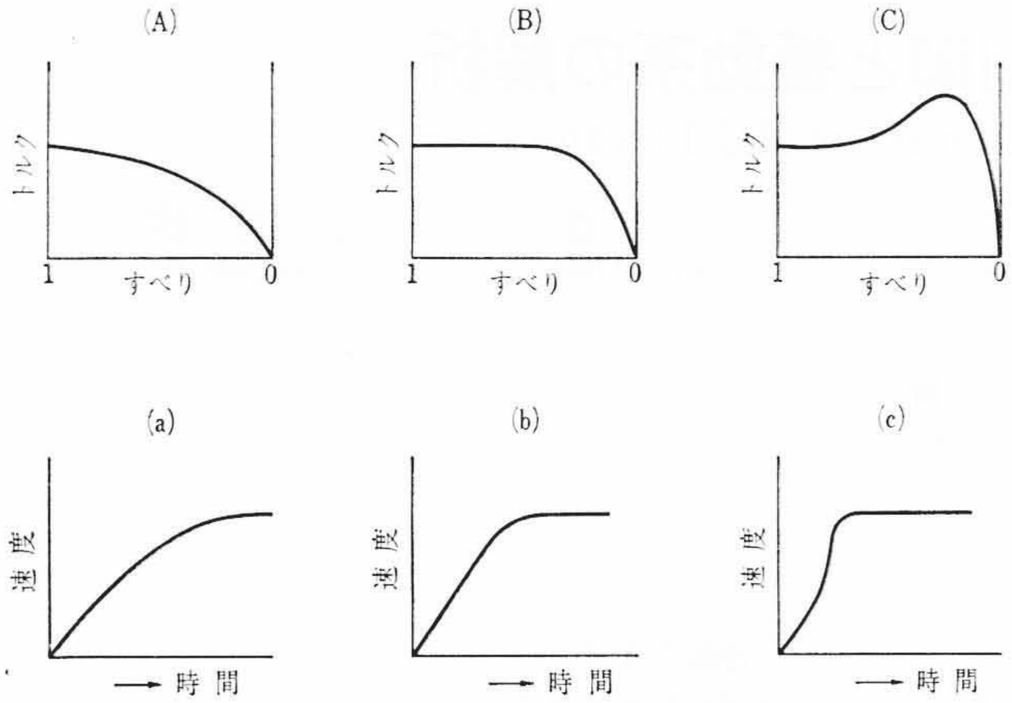


図3　モータトルク特性と速度曲線

ただし，　T：〔加速トルク〕=〔モータトルク〕−〔負荷トルク〕
I：　エレベータ系の慣性モーメント
D_t：　エレベータシーブ直径
i：　巻上機の減速比

から図2の縦軸を$1/9.8 \cdot 2i/D_t \cdot I$倍に，横軸をモータのすべりで目盛れば図2はエレベータ用モータの理想トルク—すべり特性を与える。しかしインダクションモータではトルクを回転数とともに零から漸増する特性とすることは原理的に不可能であるからここでは製作可能な範囲で考察する。

実際に製作されるかご形モータのトルク特性としては負荷の大小にかかわらず起動できなければならないことから図3に示した三つのタイプが考えられ，それに対応した速度カーブは(a)(b)(c)のようになる。速度特性上(A)は乗心地良好であるが，加速後半の時間が長くなり加速距離が増加するほか負荷による速度変動が大きく好ましくない。(C)特性は加速終了直前の速度変化率が大きく特に加速しやすい運転条件（全負荷下降，無負荷上昇）においてこれが強調され乗客に不快感を与える。これらに比べて特性(B)のように平坦な特性は図2の理想トルク特性にもっとも近いことからも類推されるように十分な加速性能と円滑な乗心地を与える。

以上は加速特性について述べたが台形減速度を理想とする図1のモード(3)に対する減速トルク特性についてもまったく同様に平坦なトルク特性が良好な結果を与える。

3.2　トルク算出の基準となるエレベータ運転方程式(1)

加速トルク，減速トルクの大きさは系のGD^2，加減速度の大きさにより決められねばならないので算出に当たってはエレベータの運動方程式を導く必要がある。交流エレベータは有利な減速比と静粛な運転のゆえに例外なくウォームギヤによる減速装置が用いられ，図4のように構成される。ウォームギヤは動力伝達機構の非対称性から正駆動と逆駆動で効率が異なり，したがって，エレベータの運動方程式を運転条件により区別しなければならない。

考察にあたっては図4のウォームギヤ部を境にして高速回転する側をモータ側，低速回転する部分をエレベータ側と呼び以下の符号を定める。

T_M：　モータの発生するトルク　(kg-m)
T_B：　モータあるいは制動機による制動トルク (kg-m)
T_L：　〔アンバラントルク〕$=(F+Q-G)\cdot\dfrac{v_S}{n_S \cdot 2\pi}\times 10^{-3}$　(kg-m)
$GD^2{}_3$：　モータ側GD^2　(kg-m^2)
$GD_L{}^2$：　〔かご，釣合重り，負荷のモータ軸換算GD^2〕$=(F+Q+G)\cdot D^2$　(kg-m^2)

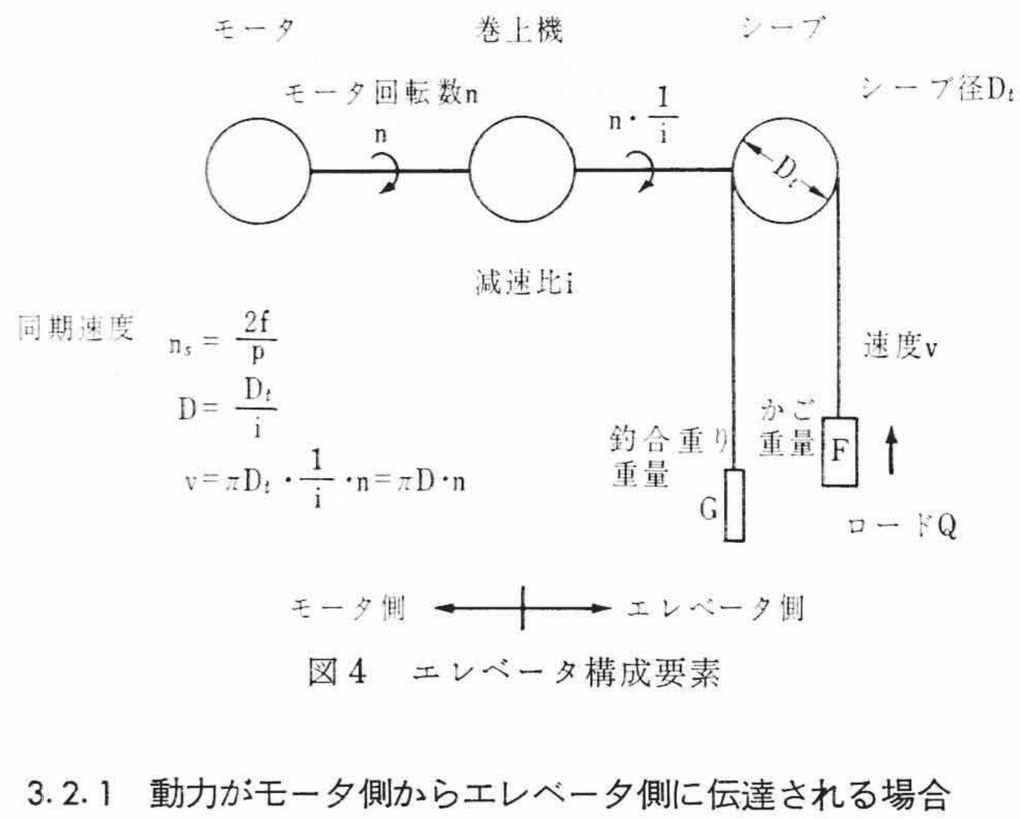


図4　エレベータ構成要素

3.2.1　動力がモータ側からエレベータ側に伝達される場合

モータ側からエレベータ側に伝達される力の大きさをT (kg-m)としこのときのエレベータ効率（正駆動効率）をη_3とするとモータ側およびエレベータ側の加速度b_Mおよびb_Eは

$$b_M=\frac{T_M-T}{GD_3{}^2}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(2)$$

$$b_E=\frac{T_L+T/\eta_3}{GD_L{}^2}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(3)$$

で与えられる（ただしトルクの符号はエレベータ運転方向を正とする)。b_Mとb_Eはエレベータが機械的に結合されているため$b_M=b_E=b$とおいてTを消去すると

$T\geqq 0$ より　$\dfrac{T_L}{GD_L{}^2}\leqq\dfrac{T_M}{GD_3{}^2}$の条件下で

$$b=\frac{T_M+T_L/\eta_3}{GD_3{}^2+GD_L{}^2/\eta_3}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(4)$$

が得られる。

3.2.2　動力がエレベータ側からモータ側に伝達される場合

全負荷下降のようにエレベータ側からモータ側に動力が伝えられる場合は同様にして

$\dfrac{T_L}{GD_L{}^2}\geqq\dfrac{T_M}{GD_3{}^2}$の条件下で，

$$b=\frac{T_M+T_L\eta_4}{GD_3{}^2+GD_L{}^2\cdot\eta_4}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(5)$$

ただし，　η_4：　エレベータ逆駆動効率

となる。

3.2.3　減速の場合

減速の場合もまったく同様に求められ，形式的には$T_M=T_B$と置き換えたものと同じとなる。それゆえ実用に際して便利なように，アンバランストルクT_Lに正負を考えず負荷による$GD_L{}^2$の変化は微小であるから無視して整理すると

(a)　無負荷下降，全負荷上昇起動　$\left(\dfrac{T_L}{GD_L{}^2}\leqq\dfrac{T_M}{GD_3{}^2}\right)$

$$b_{\min}=\frac{T_M-T_L/\eta_3}{GD_3{}^2+GD_L{}^2/\eta_3}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(6)$$

(b)　無負荷上昇，全負荷下降起動　$\left(\dfrac{T_L}{GD_L{}^2}\geqq\dfrac{T_M}{GD_3{}^2}\right)$

$$b_{\max}=\frac{T_M+T_L\cdot\eta_4}{GD_3{}^2+GD_L{}^2\cdot\eta_4}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(7)$$

(c)　無負荷下降，全負荷上昇減速　$\left(\dfrac{-T_L}{GD_L{}^2}\leqq\dfrac{T_B}{GD_3{}^2}\right)$

$$b_{\max}=\frac{T_B-T_L/\eta_3}{GD_3{}^2+GD_L{}^2/\eta_3}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(8)$$

(d)　無負荷上昇，全負荷下降減速　$\left(\dfrac{-T_L}{GD_L{}^2}\geqq\dfrac{T_B}{GD_3{}^2}\right)$

$$b_{\min}=\frac{T_B+T_L\cdot\eta_4}{GD_3{}^2+GD_L{}^2\cdot\eta_4}\cdot 2gD \quad \cdots\cdots(9)$$

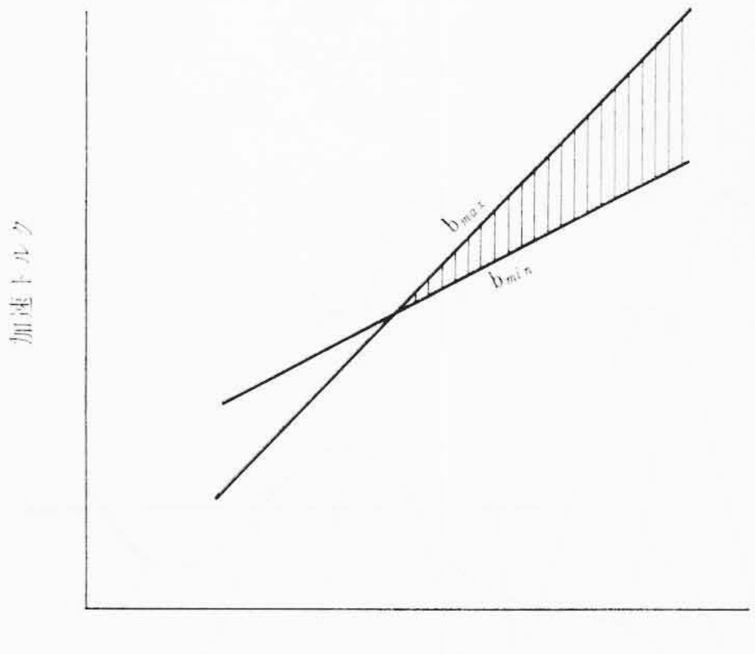


図5　加速度をパラメータとした
加速トルクと系の GD^2

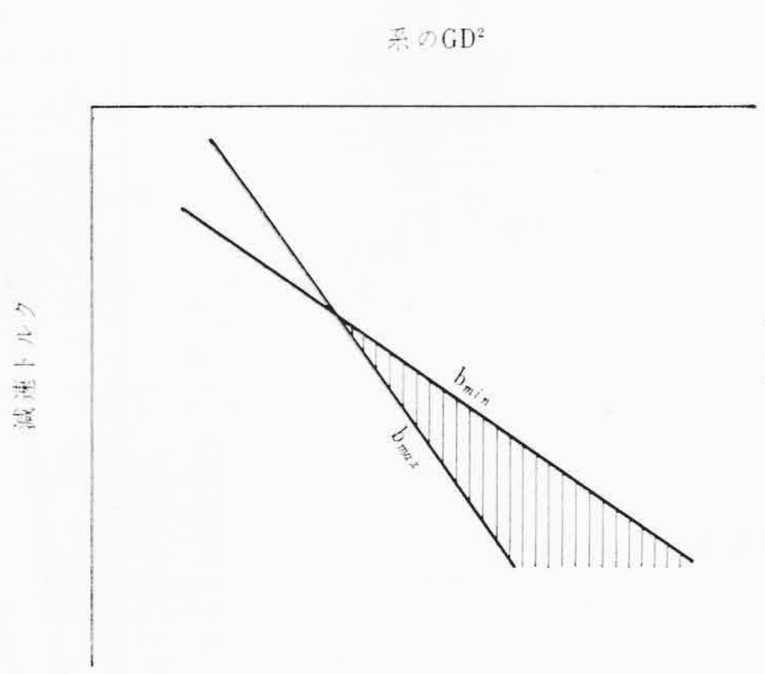


図6　減速度をパラメータとした
加速トルクと系の GD^2

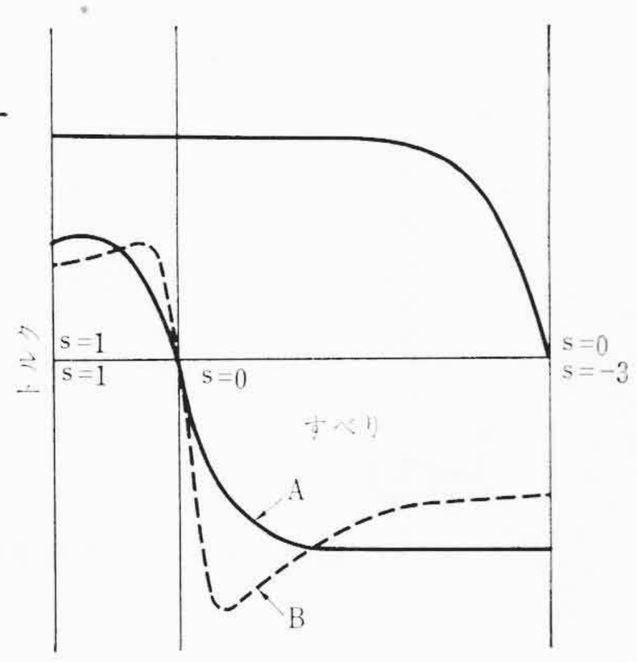


図7　二段速度モータの望ましい
トルクすべり特性

3.3　高速側トルク特性の決定

輸送能力の面からいうと加速過程はできるかぎり短いことが望ましいが，加速度が大きすぎると乗客に不快な圧迫感や浮上感を与えるので乗心地の面から人体に特に不快感を与えない加速度，加々速度の大きさには限界があり多くの議論がなされているがわれわれの実験の結果からは交流二段速度エレベータにおいても加速度1.3 m/s²，加々速度4 m/s³以下にすることが望ましいと考えられる[2]。このように加速度の最大値は主として乗心地の面から規定され下限値は交流二段速度エレベータの場合1階床運転においても定格速度まで加速完了する必要があると言う速度制御上の理由から定められる。すなわち最大許容加速距離 $S_{a\,max}$ とすると加速度の下限値は

$$b_{min} \geqq \frac{V_H^2}{2S_{a\,max}} \quad \cdots\cdots (10)$$

V_H：定　格　速　度

で与えられる。b_{max}，b_{min} が定まると加速に必要とされるモータトルクは(6)，(7)式においてアンバランストルク T_L/η_3 がモータの定格トルク T_N を越えて使用されることはないから

$$T_N \geqq T_L/\eta_3$$

$$T_M/T_N \geqq \frac{b_{min}}{2gD\cdot T_N}(GD_3^2+GD_L^2/\eta_3)+1 \quad \cdots\cdots (11)$$

$$T_M/T_N \leqq \frac{b_{max}}{2gD\cdot T_N}(GD_3^2+GD_L^2\cdot\eta_4)-\eta_3\eta_4 \quad \cdots\cdots (12)$$

これが加速トルクの大きさを定める条件式となる。**図5**は(11)(12)式に実際の数値を代入し b_{min}，b_{max} を与えたときの加速トルクと系の GD^2 の一般的関係を示すもので，適正トルクは斜線で図示した範囲より規程される。

高速側のすべりは高速から低速(V_L)までの減速の長さが

$$S=-\frac{V_H^2}{2b}\left\{1-\left(\frac{V_L}{V_H}\right)^2\right\} \quad \cdots\cdots (13)$$

で与えられ，しかも V_H は V_L の数倍であるから高速側すべりの大きさの減速過程に及ぼす影響は大きいので，すべりはできるかぎり小さくすることが有利である。しかしトルク特性を**図3**の(B)のような長方形にするとすべりは増加する傾向にあり，実用上は両者勘案して10％以下にすることが望ましい。

3.4　低速側トルク特性の決定

低速側に対しては起動トルクとすべりのほかに発電領域における減速トルク（交流二段速度エレベータでは低速側モータの発電トルクを減速トルクとして使用しているのでこう呼ぶ）について考える必要がある。

起動トルクは保守運転などの場合に起動できればよいから定格トルクの150～180％程度あれば十分である。

減速トルクはエレベータの減速特性に直接影響するため十分な検討が必要であり，台形トルクを理想とすることはすでに述べたがトルクの大きさは高速側の場合と同様な考えから導かれる。すなわち最大減速度 b_{max} が乗心地の面からやはり $-1.3\,m/s^2$ 程度を限界として定められ，最小減速度 b_{min} は速度制御上一定距離内に減速でなければならないことから高速から低速までの最大減速長を $S_{D\,max}$ とすれば

$$b_{min} \leqq \frac{V_L^2-V_H^2}{2S_{D\,max}} \quad \cdots\cdots (14)$$

で定まる。それゆえ減速トルク T_B の大きさは(8)(9)式により

$$T_B/T_N \leqq \frac{b_{min}}{2gD\cdot T_N}\cdot(GD_3^2+GD_L^2\eta_4)-\eta_3\eta_4 \quad \cdots\cdots (15)$$

$$T_B/T_N \geqq \frac{b_{max}}{2gD\cdot T_N}\cdot(GD_3^2+GD_L^2/\eta_3)+1 \quad \cdots\cdots (16)$$

で与えられる。**図6**は(15)(16)式に実際の数値を代入し b_{min}，b_{max} を与えたときの減速トルクと系の GD^2 の一般的関係を示すもので適正トルクは斜線の範囲より決定される。一般に減速トルクはモータ側トルクの1.5倍程度になるため起動トルク150％以上を満足させると減速トルクは220～250％になるので，外部から制御して適正な値を得ることが必要である。

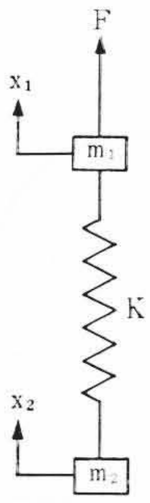
低速側のすべりは直接着床誤差に影響するため重要な意味をもっており，それを考慮してトルク特性をきめる必要がある。**図7**の実線の特性は実際に得られる望ましい特性である。破線特性Bは低速側のすべりを小さくした場合の傾向を示している。

4.　エレベータ振動系とかご形モータの制御

4.1　交流エレベータの等価振動系

エレベータの乗心地は加(減)速度の大きさのほかにその時間的変化率により評価されるため，**図7**の望ましいトルク特性を直接エレベータ系に加えると理論的には $S=1$ において，また減速の際には $S=-3$ において加減速度の変化率が無限大となり乗客に過大な衝撃感を与えて好ましくないので加(減)速端における制御が必要となる。実際にはエレベータのロープが長さの方向に伸びやすいことと，乗心地を和らかくするためにロープとエレベータの結合部にバネが装備してあるため加々速度が無限大となることはないが，それは逆に加(減)速度制御に際してはエレベータを振動系として取り扱うことの必要性を示唆している。

交流エレベータでは減速比の大きい巻上機を用いているので釣合重りのかご側に対する影響はほとんどなく，またロープの振動伝ば



F：シーブ上換算モータトルク
K：ロープおよびバネの合成バネ定数
m_1：シーブ上換算モータ側慣性質量
m_2：かご側質量
$x_1 x_2$：$m_1 m_2$に対する変位
$x=x_1-x_2$：$m_1 m_2$の相対変位

図8　エレベータ等価振動系

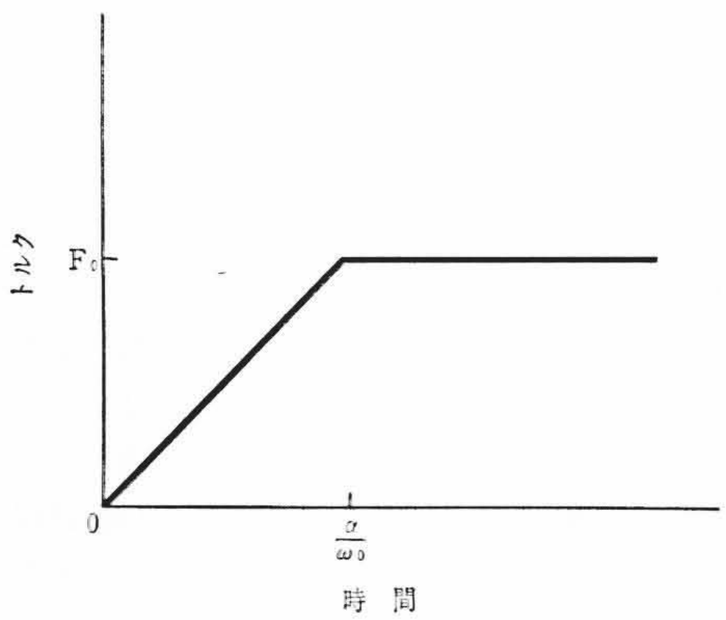


図9　時間に対するトルク変化

速度に比べてエレベータ走行速度は無視できるので乗心地を対象とした振動解析はそれぞれの位置にかごが停止しているとして計算でき，交流エレベータの等価振動系は図8のように簡単に表わすことができる[3][4]。

4.2　エレベータ振動系と理想トルク特性

以下加速の場合に例をとって述べる。図8で表わされるエレベータ系に図9のような，$0\leqq t\leqq\frac{\alpha}{\omega_0}$において$F=F_0\cdot\frac{\omega_0}{\alpha}\cdot t$で表わされる理想トルク特性の前半に相当するトルクを加えた場合，かごに相当する値点m_2の加速度応答は

$\alpha\neq 0$

$$0\leqq t\leqq\frac{\alpha}{\omega_0}\qquad \ddot{x}=\frac{1}{m_1+m_2}\cdot\frac{F_0}{\alpha}\cdot(\omega_0 t-\sin\omega_0 t)\quad\cdots(17)$$

$$t\geqq\frac{\alpha}{\omega_0}\qquad \ddot{x}=\frac{1}{m_1+m_2}\cdot F_0\left[1-\frac{1}{\alpha}\{(1-\cos\alpha)\times\sin\omega_0 t\}+\sin\alpha\cos\omega_0 t\right]\quad\cdots\cdots(18)$$

$$\alpha=0\qquad \ddot{x}=\frac{1}{m_1+m_2}\cdot F_0\cdot(1-\cos\omega_0 t)\quad\cdots\cdots(19)$$

ただし，ω_0：系の固有角周波数

で与えられる。αを変えて加速度の変化を示すと図10のようになり，乗心地の面から振動成分は零であることが望ましいから$\alpha=0$が最も乗心地が悪く，$\alpha=2n\pi$が良好である。このことはエレベータを振動系と考える場合にはトルク特性の立上りが直線的であっても必ずしもかごの加速度応答は直線的とならないことを示している。

4.3　ノッチ制御[5]

一定の時間間隔でトルクを加える制御をノッチ制御と呼ぶが，いま図11のようにトルクを配分し，$t=\varphi/\omega_0$の時間間隔をもって加える場合かごの加速度応答は，

$$0\leqq t\leqq\frac{\varphi}{\omega_0}\qquad \ddot{x}=\frac{1}{m_1+m_2}\cdot\beta F_0\cdot(1-\cos\omega_0 t)\quad\cdots(20)$$

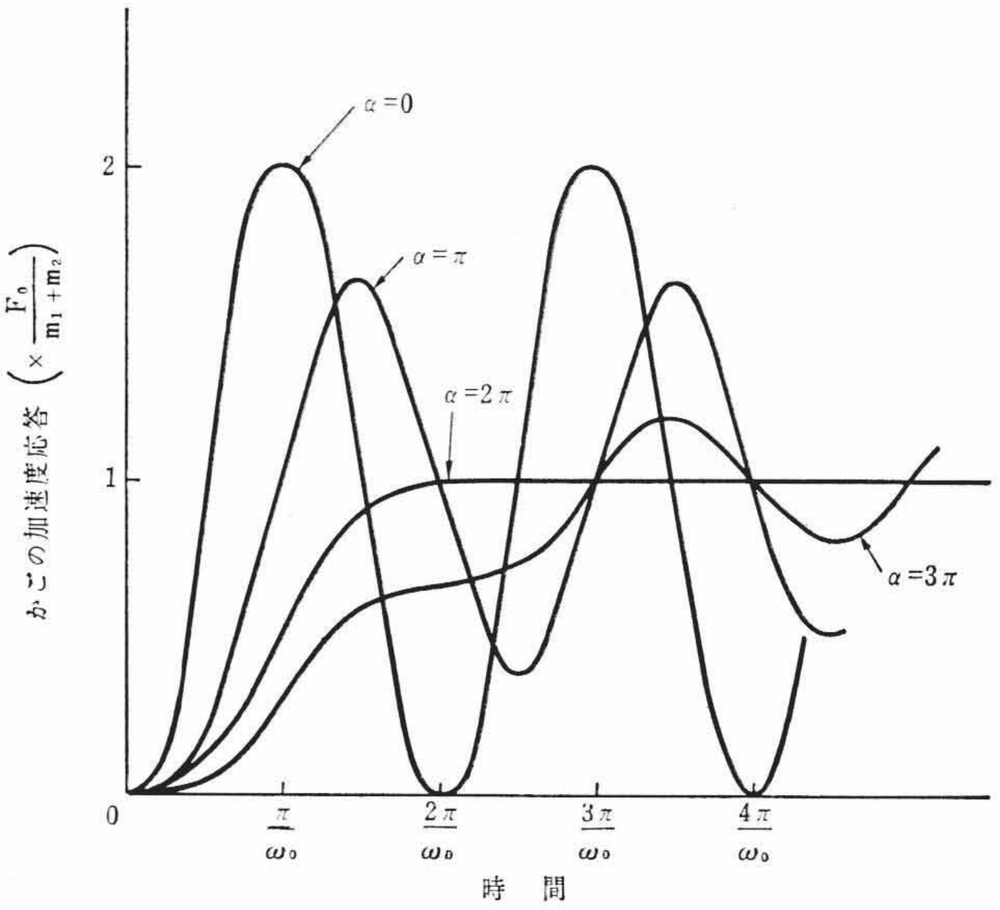


図10　αをパラメータとした理想トルクカーブとかごの加速度応答

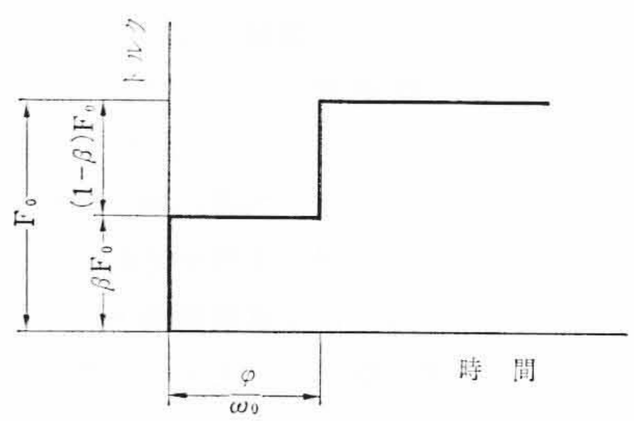


図11　時間に対するトルクの配分

$$t\geqq\frac{\varphi}{\omega_0}\qquad \ddot{x}=\frac{1}{m_1+m_2}\cdot F_0\cdot\{1-\sqrt{2\beta^2-2\beta+1+2\beta(1-\beta)\cos\varphi\cos(\omega_0 t-\phi)}\}$$

$$\cdots\cdots(21)$$

ただし

$$\phi=\tan^{-1}\frac{(1-\beta)\sin\varphi}{\beta+(1-\beta)\cos\varphi}$$

一方，トルクを配分しないときの応答は(20)式で$\beta=1$として与えられるから，乗心地に関係する加速度応答の交流分振幅について両者の振幅比を求めると

$$\rho=\frac{\text{〔配分した場合〕}}{\text{〔配分しない場合〕}}=\sqrt{2\beta^2-2\beta+1+2\beta(1-\beta)\cos\varphi}$$

$$\cdots\cdots(22)$$

ρは小さいほどトルク配分の効果が表われ振動分が少ないことになり，パラメータβに対して$\beta=1/2$で最小値

$$\rho_0=\sqrt{\frac{1+\cos\varphi}{2}}$$

をとる。この条件下で振幅比を小さくするφの適応範囲と系の固有周期$T_0=2\pi/\omega_0$を導入して求めると

$$\varphi=\frac{\pi}{2}\qquad\therefore\quad\frac{\varphi}{\omega_0}=\frac{1}{4}T_0\qquad\rho=\frac{1}{\sqrt{2}}\fallingdotseq 0.7$$

$$\ddot{x}=\frac{F_0}{m_1+m_2}\left[1-\frac{1}{\sqrt{2}}\cos\left(\omega_0 t-\frac{\pi}{4}\right)\right]\cdots(23)$$

$$\varphi=\pi\qquad\therefore\quad\frac{\varphi}{\omega_0}=\frac{1}{2}T_0\qquad\rho=0$$

$$\ddot{x}=\frac{F_0}{m_1+m_2}\quad\cdots\cdots(24)$$

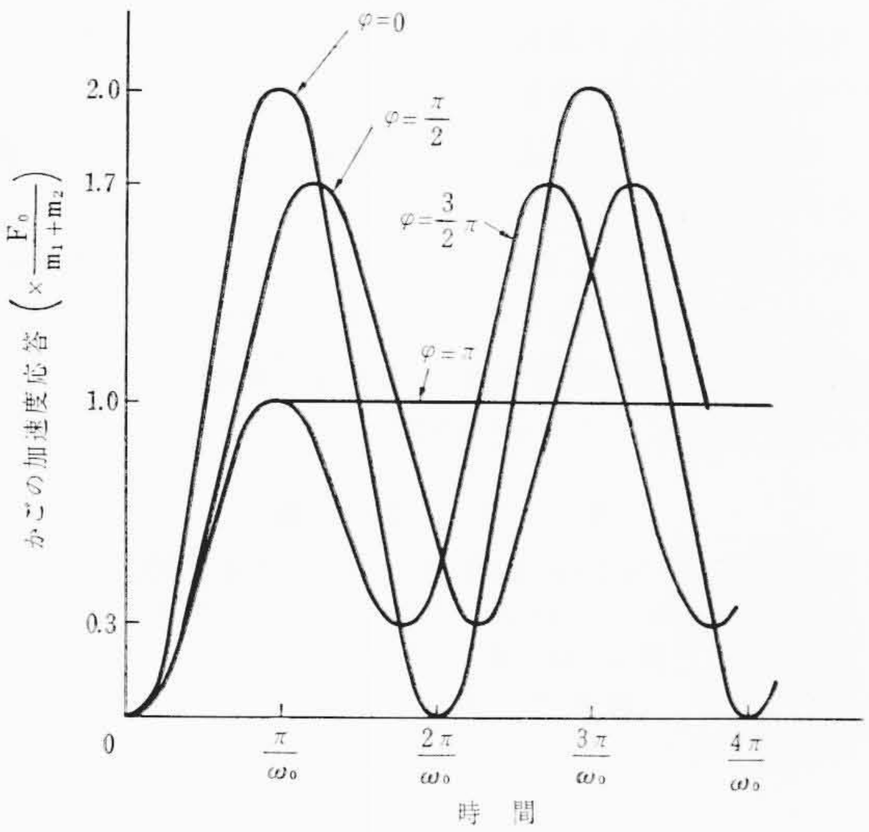


図 12　φをパラメータとした
ノッチ制御とかごの加速度応答

表 1　新系列エレベータ仕様

速　度 (m/min)	最大積載量 (kg)	モータ容量 (kW)	備　考 (モータ形式)
60	400	5.5	YSFO-KK
60	600	7.5	YSFO-KK
60	850	11	YSFO-KK
45	600	5.5	YSFO-KK
45	750	7.5	YSFO-KK
45	1,100	11	YSFO-KK

表 2　モータ外形寸法，重量比較表
（巻線形標準モータを 100 とする）

モータ容量 (kW)	軸端間比 (%)	直　径　比 (%)	重　量　比 (%)	GD² 比 (%)
5.5	73.5	81	74	49
7.5	73.5	90	83	78
11	73.5	87.5	75	73

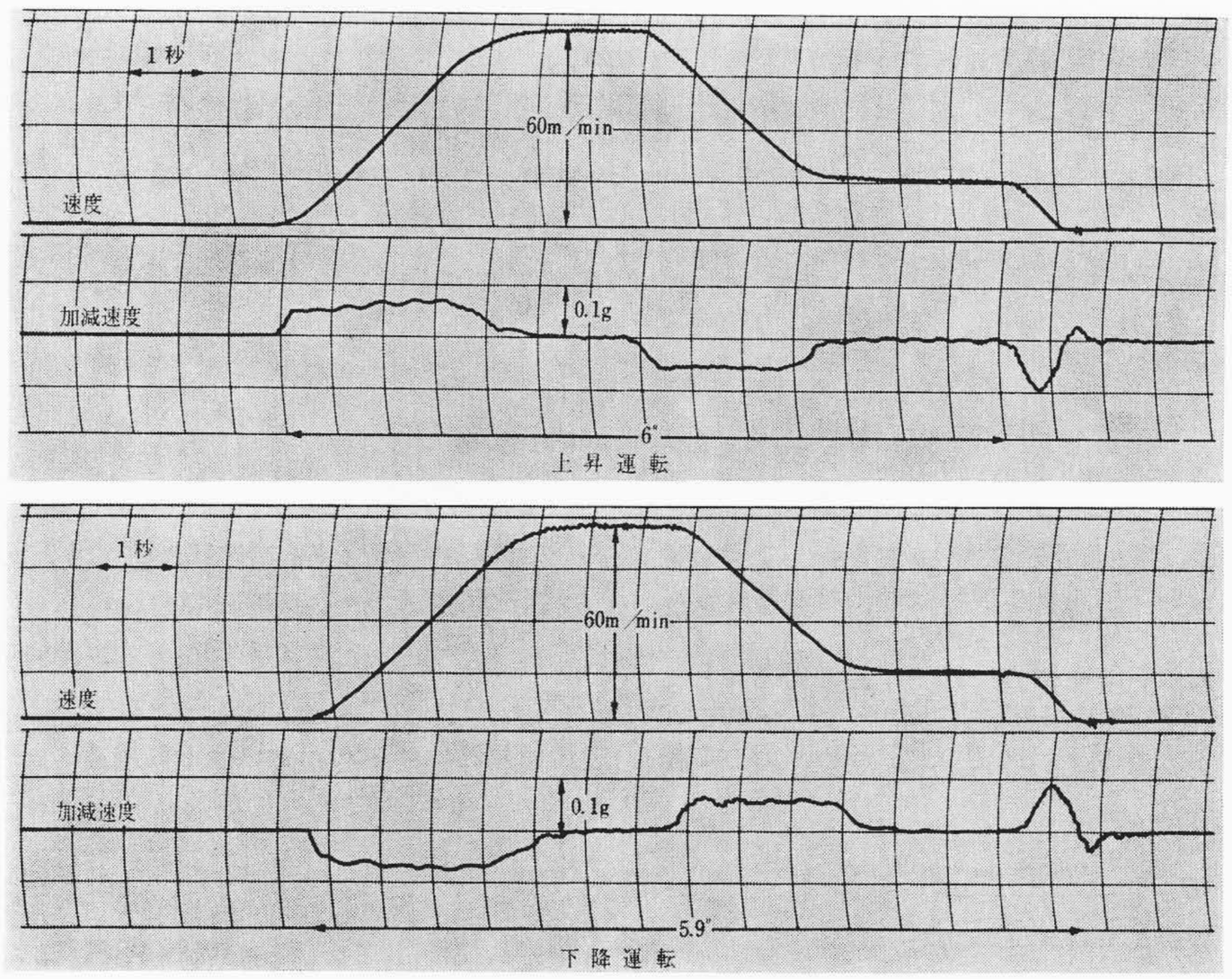


図 13　11 kW 機における速度特性と加減速度特性　（階床長 3.3 m 50% 負荷）

$$\varphi=\frac{3}{2}\pi \quad \therefore \quad \frac{\varphi}{\omega_0}=\frac{3}{4}T_0 \qquad \rho=\frac{1}{\sqrt{2}}\fallingdotseq 0.7$$

$$\ddot{x}=\frac{F_0}{m_1+m_2}\left\{1-\frac{1}{\sqrt{2}}\cos\left(\omega_0 t+\frac{\pi}{4}\right)\right\} \cdots (25)$$

となり，これらの応答の様子は図 12 に示すようにトルクを等配分しノッチ時間を $\frac{1}{4}T_0 \leqq \frac{\varphi}{\omega_0} \leqq \frac{3}{4}T_0$ の範囲にとると配分なしの場合の 70%以下の振動にすることができ $\frac{\varphi}{\omega_0}=\frac{1}{2}T_0$ のときには理想的な加速度特性をうることができる。このように適正なノッチ制御により理想トルク特性を与えた場合とほぼ同等な効果を得ることができる。両トルク特性の実現のための技術的な難易さは現段階では比較にならないものがあり，その意味でノッチ制御の実用的価値は非常に高い。

5. エレベータの仕様と諸特性

望ましいトルク特性，振動系の解析，ノッチ制御の検討をもとに開発した新系列エレベータの仕様と諸特性について述べる。

かご形モータを使用した容量 11 kW 以下の二段速度エレベータの系列を表 1 に示す。モータの構造上の特性は表 2 に示すように従来使用していた巻線形モータと比較し大幅な小形軽量化ができた。図 13 は専用エレベータ試験設備により得られた加減速度特性の一例を示したものであるが，加減速度の絶対値は 0.1 g (1.0 m/s²) 以下で加減速中の振動もほとんどなく，1 ノッチ制御の効果と望ましいモータトルク特性が加減速度特性の平坦さにそのまま現われていることがわかる。図 14 は本論文では触れなかったが補正装置（LC-A 形補正装置）付の着床特性を参考に示した。これらの結果，迅速で円滑な乗心地をもち，いっそう実用価値の高いエレベータを標準化し量産を行なっている。

6. 結　　言

交流二段速度エレベータの理想的な乗心地を実現するためのモータ特性およびトルク制御について電気的制御と機械振動系を総合的に解析し，

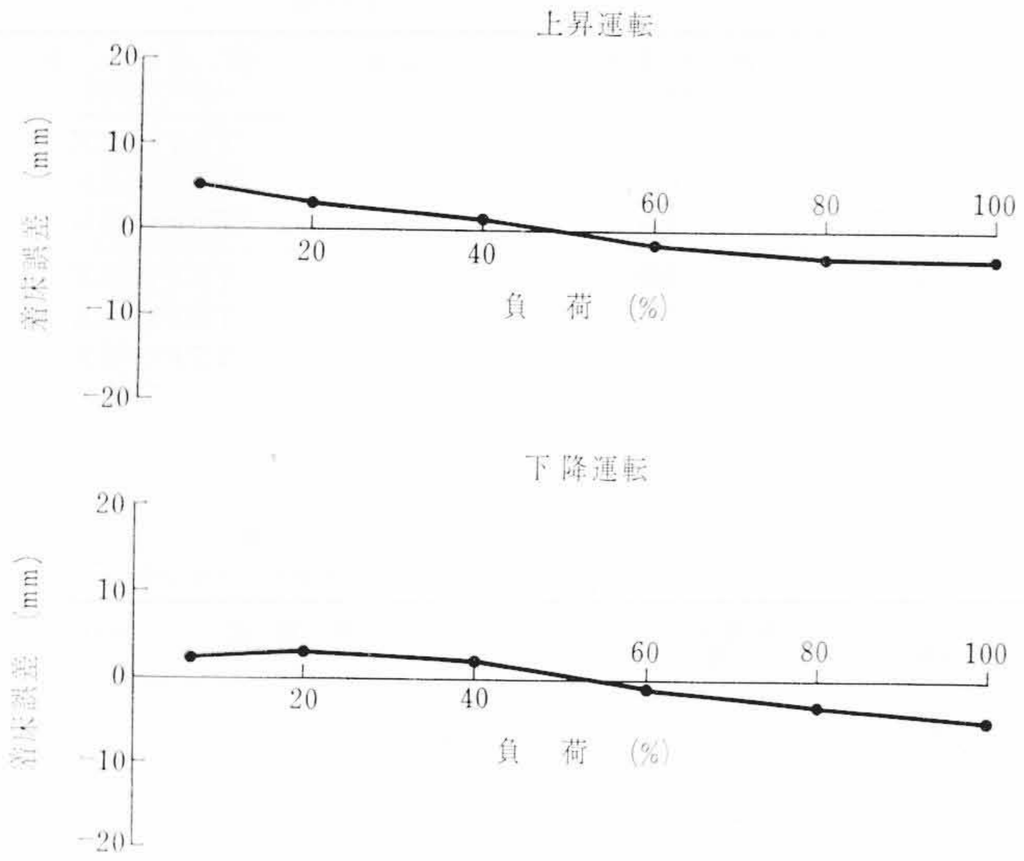


図14　着　床　特　性

（1）　かご形インダクションモータの特性を十分吟味し，制振作用を考慮した1ノッチ制御を行なうことによりほぼ理想的な乗心地の交流エレベータを実現できた。

（2）　制御器具の減少により信頼度が高く常に安定した性能とすることができた。

以上述べたことにより，A形エレベータを主体とする11kW以下のモータをかご形化し機器の小形化と大幅な性能向上を図った。この結果，より広範囲な建築計画にマッチする機種として需要家の期待にこたえた交流エレベータを完成した。

参　考　文　献

（1）　W. Dörr:　Fördern und Heben Heft 4. 1960
（2）　S. R. Menson:　Elevator World April 1965
（3）　光井:　日立評論 **44**, 346 (昭37-2)
（4）　亘理，小林:　機械力学演習 昭36-5
（5）　特許申請中

新　案　の　紹　介

登録実用新案 第821237号

ローラコンベヤの荷卸し装置

小山達夫・近藤肇

構　　造

（1）　コンベヤローラ4aないし4dが伝動装置6を介してストッパワの方向にゆくにしたがって順次に回転数が小となるように駆動ローラ3とストッパワとの間に設置される。

（2）　コンベヤローラ4上の箱体を側方位置Yに押し出す押し出しわく14がスプロケット15ないし18に掛けたチェーン19，20に取り付けられていて，コンベヤローラ4の上面から下面へと循環する。

（3）　チェーン19，20を駆動するスプロケット15，17の回転軸21を伝動装置26ないし28，だ円歯車29を介して駆動モータ30の回転軸31に連結する。

作　用，　効　果

（1）　駆動ローラ3によってコンベヤローラ4上に送られてきた箱体Xはローラ4上で徐々に減速されるので，箱体はストッパ7に衝撃なく接し，ストッパ7からはねかえることなく確実に停止する。

（2）　押し出しわく14は後続する箱体の移動が阻止棒8によって阻止されている間に箱体を低速，高速の不等速で押すので，箱体は押し出しわく14の衝撃を受けることなく，コンベヤローラ4上を軸方向に円滑にすべってコンベヤ1の側方位置Yに荷卸しされる。

（野村）

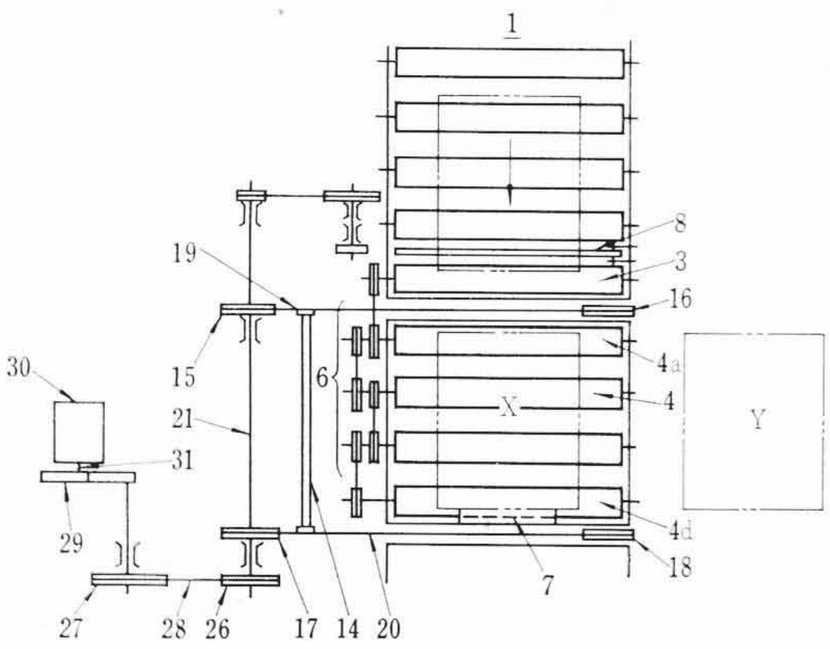


図　1

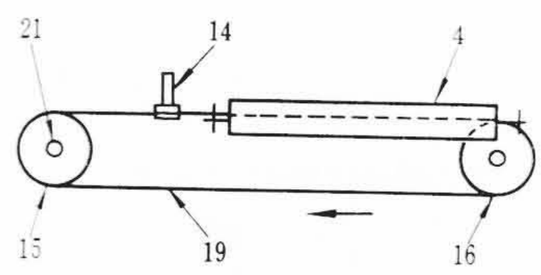


図　2