

高速エレベータの着床性能の改善

藤 森 和 夫*

The Improvement of the Landing Characteristics of High Speed Passenger Elevators

By Kazuo Fujimori

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The brush voltage drop in the generators and motors has been found to exert a substantial effect on the landing characteristics of D.C. elevators. In other words, when this effect is compensated the landing speed can be kept constant regardless of its load changes. Consequently the landing time is reduced and the level difference comes within 1-2 mm, i.e. about only 10% of that of conventional types.

And for such compensation Hitachi developed recently a new device which employs a small dynamo of about 4 W whose output characteristics are just the same with those of the brush voltage drop by the load current of the main circuit. The function of this device is aided in a degree by the generator's series winding effect when eliminating the brush voltage drops.

Thus, applying this new device, the landing characteristics of high speed passenger elevators are strikingly improved making far more comfortable riding and speedier operation feasible.

〔I〕 緒 言

直流エレベータが高速客用エレベータとして用いられる主なる理由は、速度制御が容易で着床性能が優れているからである。最近我国に於てもエレベータの速度は益々速くなり、150 m/min のものが珍しくなくなつた。速度が速くなると、自然着床に要する時間も短縮し、扉の開閉、乗客の乗降等も迅速に行われるようにしなければならぬ。これらは何れも着床性能に関係するもので、我国の如く停止階床の比較的多いものに於ては、特に重要になつてくる。筆者は昨 year 高級エレベータの理想的加減速に就いて本誌に発表した⁽¹⁾、その後報として今回着床時の諸問題に就いて研究した結果、エレベータ駆動電動機及び電動発電機の刷子降下が、着床性能に重大な影響のあることを認めた。この電圧降下を特殊な方法で補

償すると、着床性能が飛躍的に改善されることが解つたので、その理論及び実験結果に就いて二三発表したいと思う。

〔II〕 着床時の諸問題

（1）着床差

最近は大部分自動着床方式であるから、昔のエレベータの如く大なる着床差はない。今日発表されている着床差の数字は高速のもので ± 12.5 mm であり、この辺が技術的にも限度と考えられていた。この程度で実用上差支えないとも考えられるが、実際にはいまだ少し大になつている場合が多いから、大部分の乗客は足下に注意して乗降する。ビル内は足下に注意しなければならぬ場所が殆んどないから、エレベータに於てもその必要がないのが理想であろう。特に混雑時足下に気を付けなくても済めば愉快であるし、乗降が迅速に行われ輸送能力も増す

* 日立製作所日立国分分工場

訳である。この理想を満足せしむるには、着床差は常に $\pm 5 \text{ mm}$ 以下であることが望ましい。

(2) 着床時間

最近のエレベータは大部分パネル扉で、乗客は外界と視覚的に遮断されているから、着床時間の長短を厳密に知ることは困難である。従つて着床時間がほんの 1~2 秒長きに過ぎた場合でも、非常に長く感じて焦躁感となる。単に輸送能力の面からのみでなく、着床時間は出来るだけ短縮されなければならぬ。

(3) 扉の開き

高速エレベータになると、着床前に扉を開き始めるのが普通である。目的はやはり乗降を出来るだけ迅速にするためであるが、感覚的にも大切な点である。この扉の開き始めから着床迄の時間、その時の着床速度、扉の開き速度等の関係は相当難しいものである。この組合せがうまくゆくと非常に快適なエレベータになるが、適当でないと乗客は慌てたり、驚いたりして、却つて不快にされる。扉の開き始めが合図になり、行動を起せば、着床と同時に外部へ一歩踏み出せるのが最も快適であり能率的である。これは荷重による速度変化がなく、着床時間が一定すると比較的容易に解決出来る問題である。

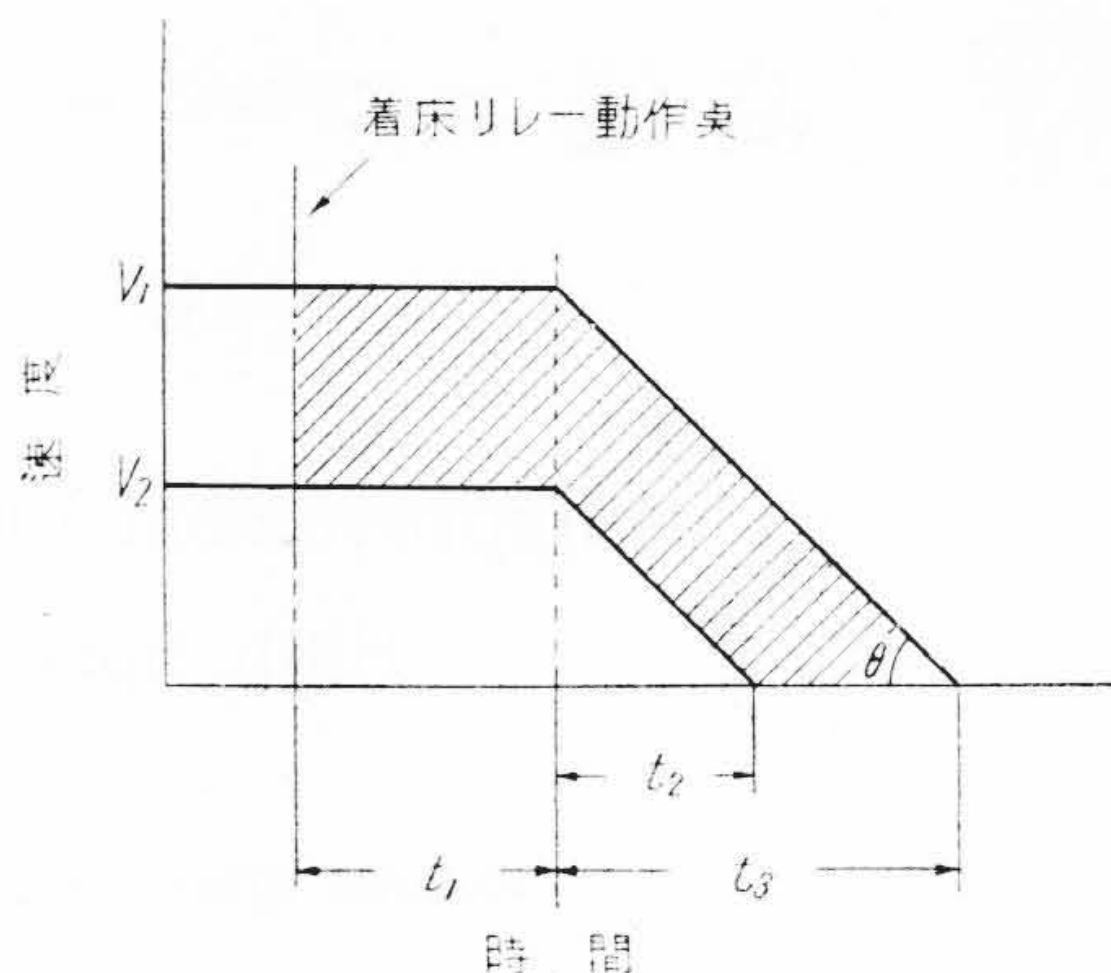
(4) 着床時のショック

床を正確に合わすために、多少のショックは已むを得ないのであるが、ない方がよいのは明らかである。荷重による着床速度に差がある場合は、着床差を小さくせんとすればショックは大となり、ショックを除けば着床差が大になる如く相反したものである。然し着床速度が一定すればこの問題も殆ど解決される。

以上の諸問題は一般の交通機関から考えると、問題が細か過ぎると考えられるが、ビル内の交通機関であり、秒単位で運転停止されるエレベータとしては重要なことである。着床差は常に $\pm 5 \text{ mm}$ 以下であり、着床時間は出来るだけ短く、一定であれば理想的着床が出来る訳である。

[III] 着床速度と着床差

着床差を常に 5 mm 以内に保つためには、荷重の変化による着床差は殆ど零でなくてはならぬ。何故ならば電源電圧、回転機の温度上昇、制動機の摩擦係数、レール及びガイドシユウの状態等の変化が着床差に直接影響するし、また着床後乗客の乗降によりロープの伸縮があつて多少床が狂うからである。今回はこの観点から、荷重の変化に伴う着床速度、着床差をなくすることを主目的とした。今着床速度を V 、エレベータ全体の運動部分の質量を M とすれば、着床時の運動エネルギーは $\frac{1}{2}MV^2$ である。このエネルギーを制動によつて吸収すれ



第1図 制動時の速度時間曲線

Fig. 1. Speed-Time Curve when Applying the Brake

ばエレベータは停止する。制動トルクが一定ならば、着床距離は速度の自乗に比例する。 M の変化は比較的小さいので、速度の変化が着床差に及ぼす影響が最も大きい。また制動機には多少の時遅れがあるから、エレベータ塔内の着床リレーが動作してから、着床するまでの速度、時間曲線は第1図の如くなる。速度が V_1 より V_2 に変つた場合、着床距離の差は斜線の面積となり次式で表わされる。

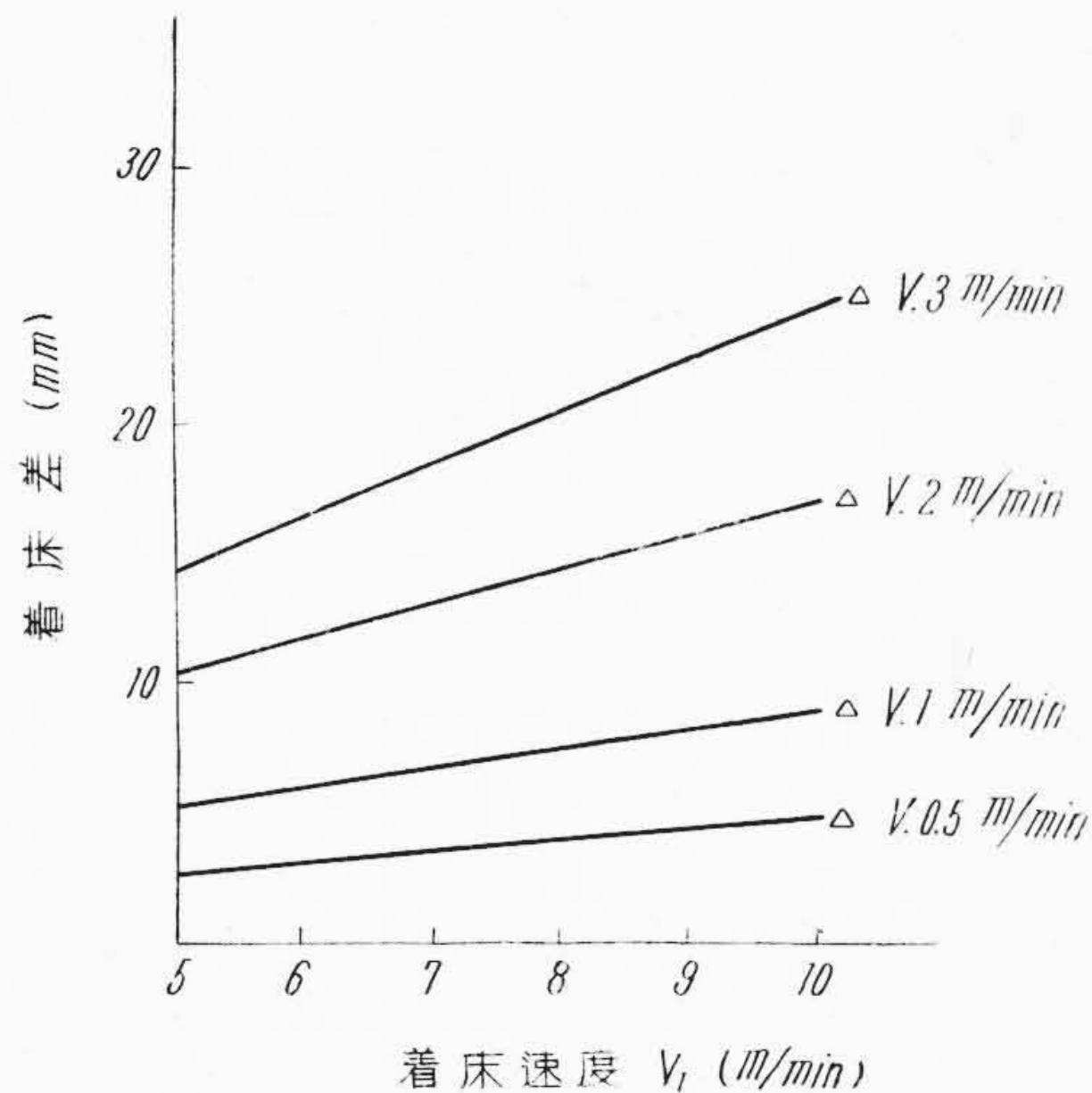
$$\text{着床差 } S = (V_1 - V_2)t_1 + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} \cot \theta$$

ここに t_1 は制動機の遅れ時間、 θ は停止減速角度、制動中は制動トルク一定、エレベータには不平衡荷重がないものとする。第1項の t_1 は 20 kW 程度の電磁制動機では 0.15 sec 以下にすることは困難であつた。第2項の θ は着床時、ショックの出ない程度迄大きくすべきであるが、この条件から決まる。従つて着床差を小さくするためには、 $V_1 - V_2 = 4V$ をできるだけ小さくすること、 V_1 もまた小さくすることが必要である。 V_1 を小さくし過ぎると着床時間が長くなつたり、回転機の極端な低圧部分を用いる結果、いろいろな困難を伴うので、一般には $5 \sim 10 \text{ m/min}$ 程度が選ばれている。

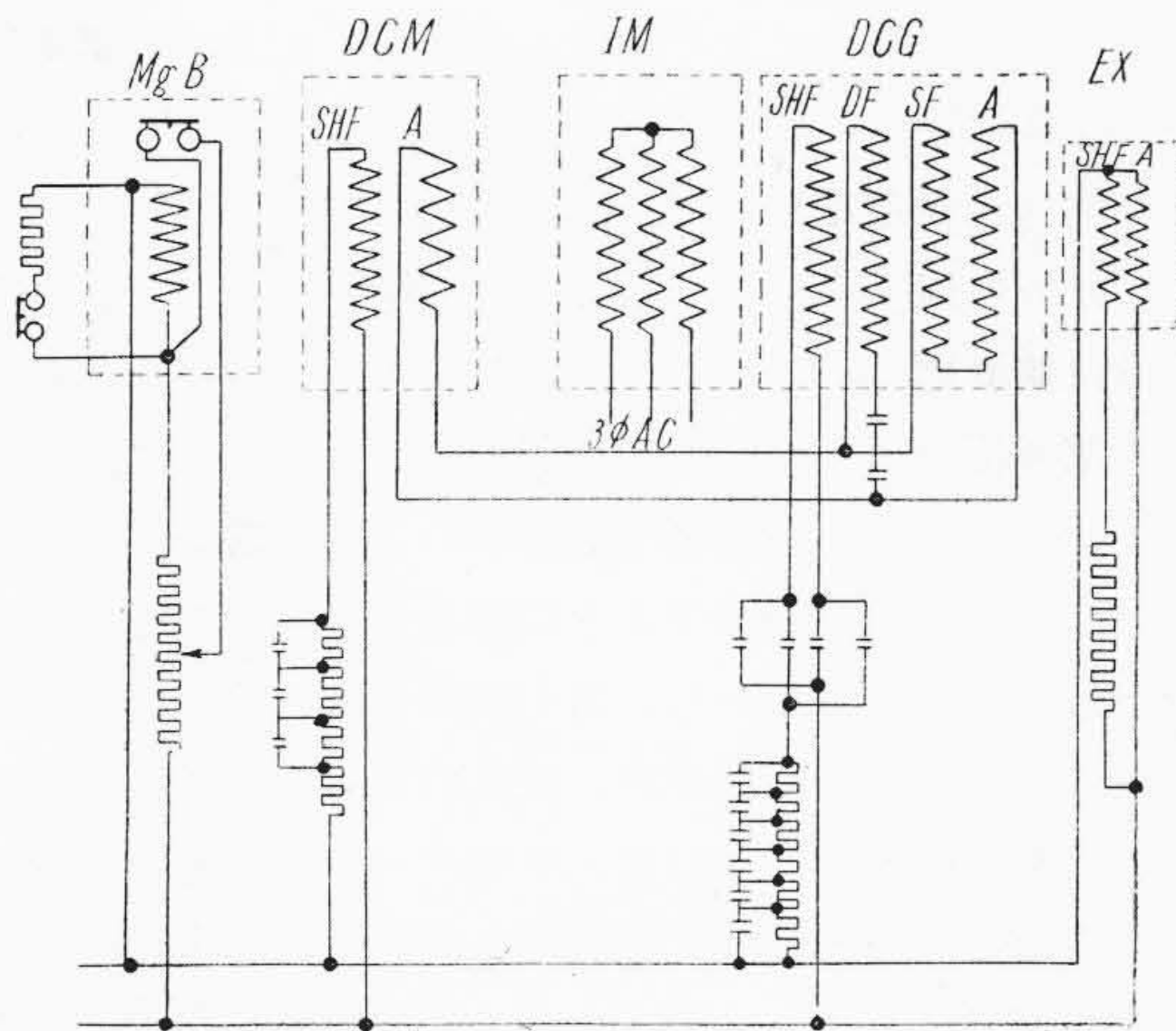
今 V_1 を $5 \sim 10 \text{ m/min}$ とし、 $4V$ を $0.5, 1, 2, 3 \text{ m/min}$ と変えた場合の着床差を計算すると第2図の如くなる。この場合 $t_1 = 0.15 \text{ sec}$ 、 t_3 を V_1 が 5 m/min の時 0.2 sec とした。第2図から着床差を 3 mm ($\pm 1.5 \text{ mm}$) 以下にするためには、 V_1 は 6 m/min 、 $4V$ は 0.5 m/min 以下にしなければならぬ。また逆にいうならば 20 mm ($\pm 10 \text{ mm}$) 以上着床差があるということは、 $4V$ が 3 m/min 以上あることになる。

[IV] 荷重の変化による着床速度の変化

エレベータの主電動機も一般の直流電動機と大差はな



第2図 着床速度及び速度差に対する着床差
Fig. 2. Level Difference for Landing Speed



第3図 日立可変電圧制御方式
Fig. 3. Hitachi Variable Voltage Control System

いので定格速度に於ける速度変動は比較的小さい。ただ第3図のワードレオナード方式で発電機と組合され、荷重によつて回生制動が行われる点が多少異なるだけである。エレベータは定格荷重の約1/2で平衡重錘とバランスされているので、定格荷重迄の間には必ず正負の荷が電動機及び発電機に加わることになる。この正負の荷に対し、常に一定の電動機速度を得ようとすると次のようになる。

- N : 電動機回転数
- ϕ_{msh} : 電動機他励磁分巻界磁束
- ϕ_{ma} : 電動機電機子反作用磁束
- Ng : 発電機回転数
- ϕ_{sh} : 発電機他励分巻界磁束

- ϕ_s : 発電機直巻界磁束
- ϕ_a : 発電機電機子反作用磁束
- I : 電機子回路電流
- R : 電機子回路全抵抗
- k_1, k_2 : 常数

とすれば

$$k_2 N (\phi_{msh} - \phi_{ma}) = k_1 Ng (\phi_{sh} \pm \phi_s - \phi_a) \mp IR$$

$$\therefore N = \frac{k_1 Ng (\phi_{sh} - \phi_a) \pm k_1 Ng \phi_s \mp IR}{k_2 (\phi_{msh} - \phi_{ma})}$$

$$\text{今 } k_1 Ng \phi_s = IR \dots \dots \dots (1)$$

とすれば

$$N = \frac{k_1 Ng (\phi_{sh} - \phi_a)}{k_2 (\phi_{msh} - \phi_{ma})}$$

$$k_2 N \phi_{msh} = k_1 Ng \phi_{sh} + (k_2 N \phi_{ma} - k_1 Ng \phi_a)$$

ここに

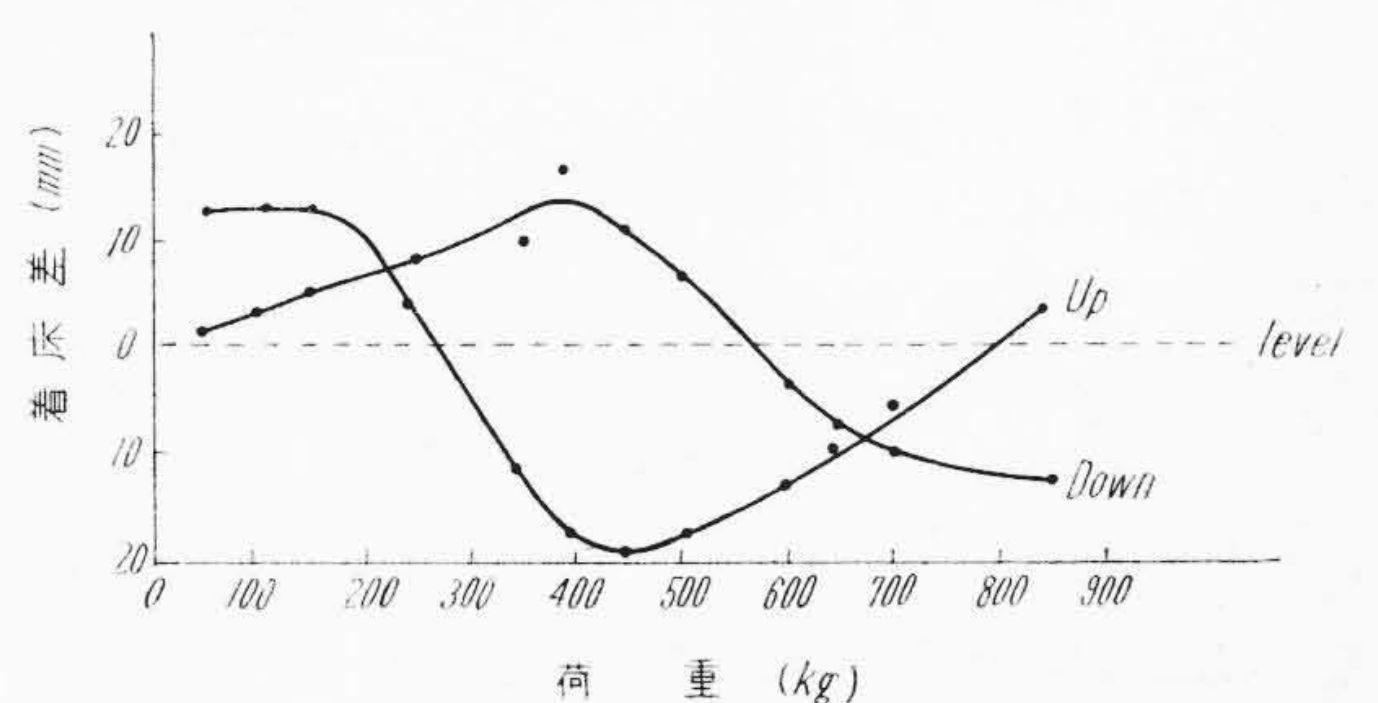
$$k_2 N \phi_{ma} = k_1 Ng \phi_a \dots \dots \dots (2)$$

か、何れも非常に小さければ、その差が更に小さいから

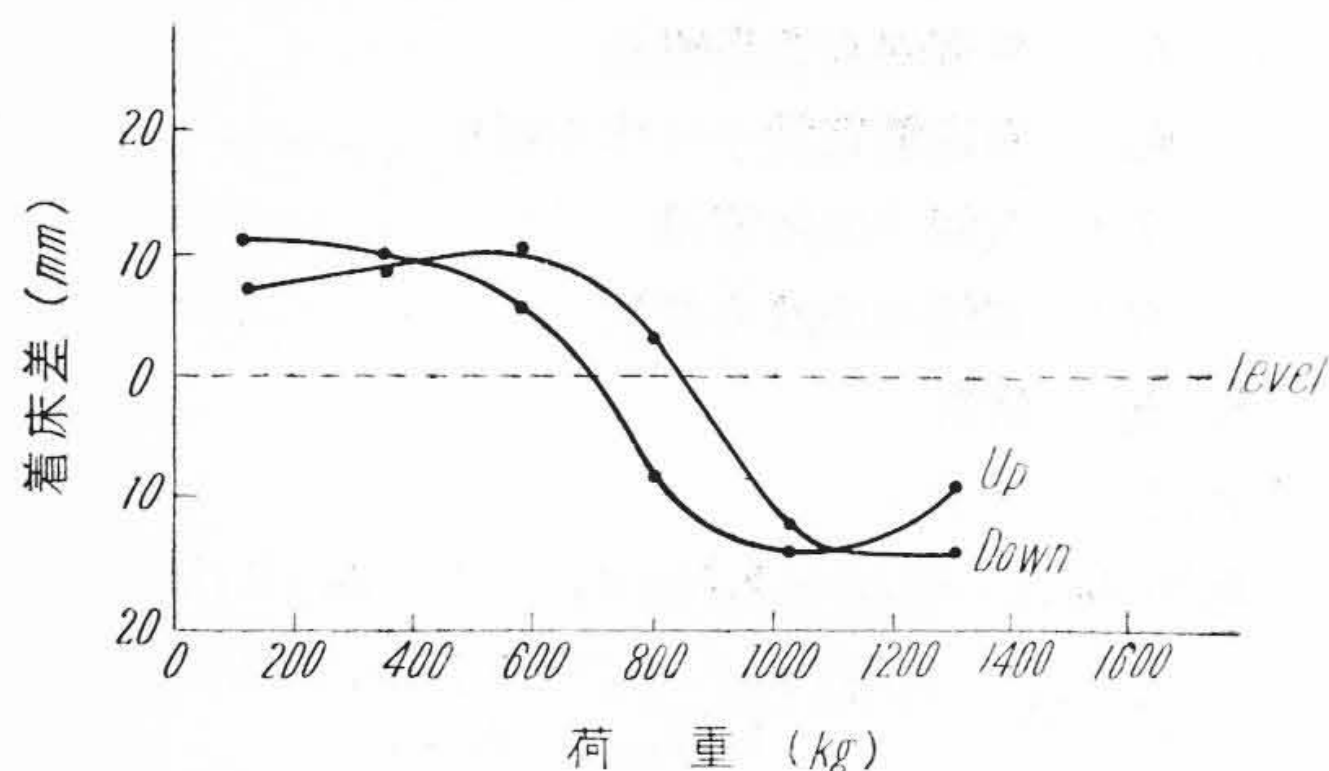
$$N \doteq \frac{k_1 Ng \phi_{sh}}{k_2 \phi_{msh}} \dots \dots \dots (3)$$

(3)式に於て Ng は着床時の発電機出力が小さいので負荷の大小により殆ど変らぬから、電動機速度 N は負荷に関係なく一定となる。また(2)式は一般には成立しないが、着床時には発電機は非常に低圧の部分であり、電動機は回転数が小さいので、何れも電機子反作用による電圧降下は小さい。よつてその差はさらに小さいから(3)式が成立することになる。従つて(1)式のように電機子回路の全抵抗電圧降下を発電機の直巻界磁で補えば、電動機の着床時に於ける速度は負荷電流の正負大小に拘わらず一定とすることが出来る。

この理論からエレベータを据付後、直巻界磁を調整する際は、負荷の変化が最も大なる無負荷上昇及び全負荷上昇、または全負荷下降及び無負荷下降の2点の着床差を最も小さくなるよう調整する。かくすれば他の負荷に対しても、全体を通じほぼ同様または以下の着床差が得られる筈である。然し実際に調整された既設のエレベータ



第4図 荷重に対する着床差(例1)
Fig. 4. Level Difference for Load Weight (Example 1)



第5図 荷重に対する着床差 (例 2)

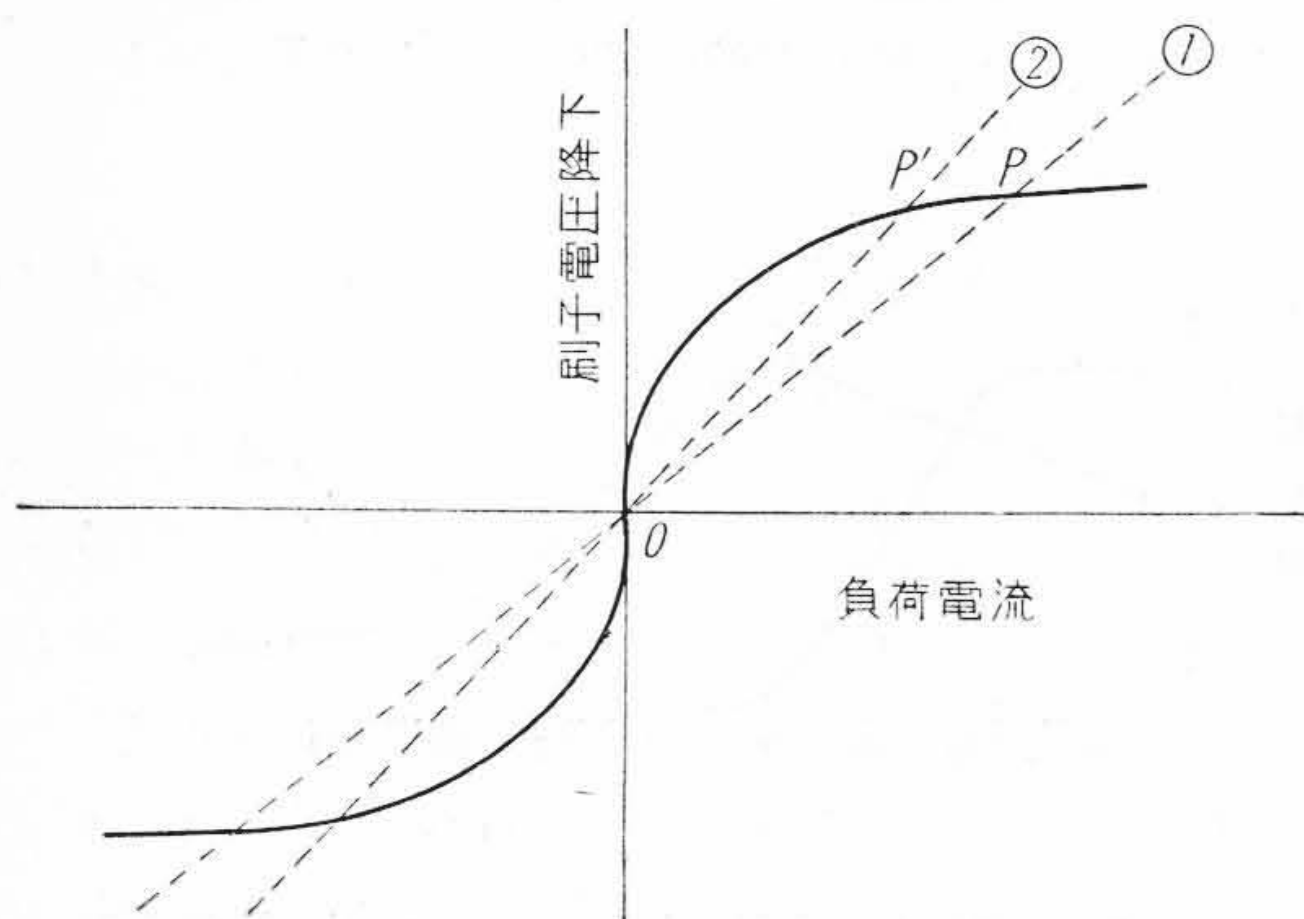
Fig. 5. Level Difference for Load Weight (Example 2)

タについて、荷重の変化と着床差を調べてみると第4図 (前頁参照) または第5図の如き結果を得た。

この結果からみると前述の理論とは凡そ合致形である。この原因について考究したところ、電機子回路の刷子電圧降下が重大なる影響のあることが解つた。即ち負荷変化のために起る着床差、着床速度の変化の大部分が、刷子電圧降下の影響であつた。

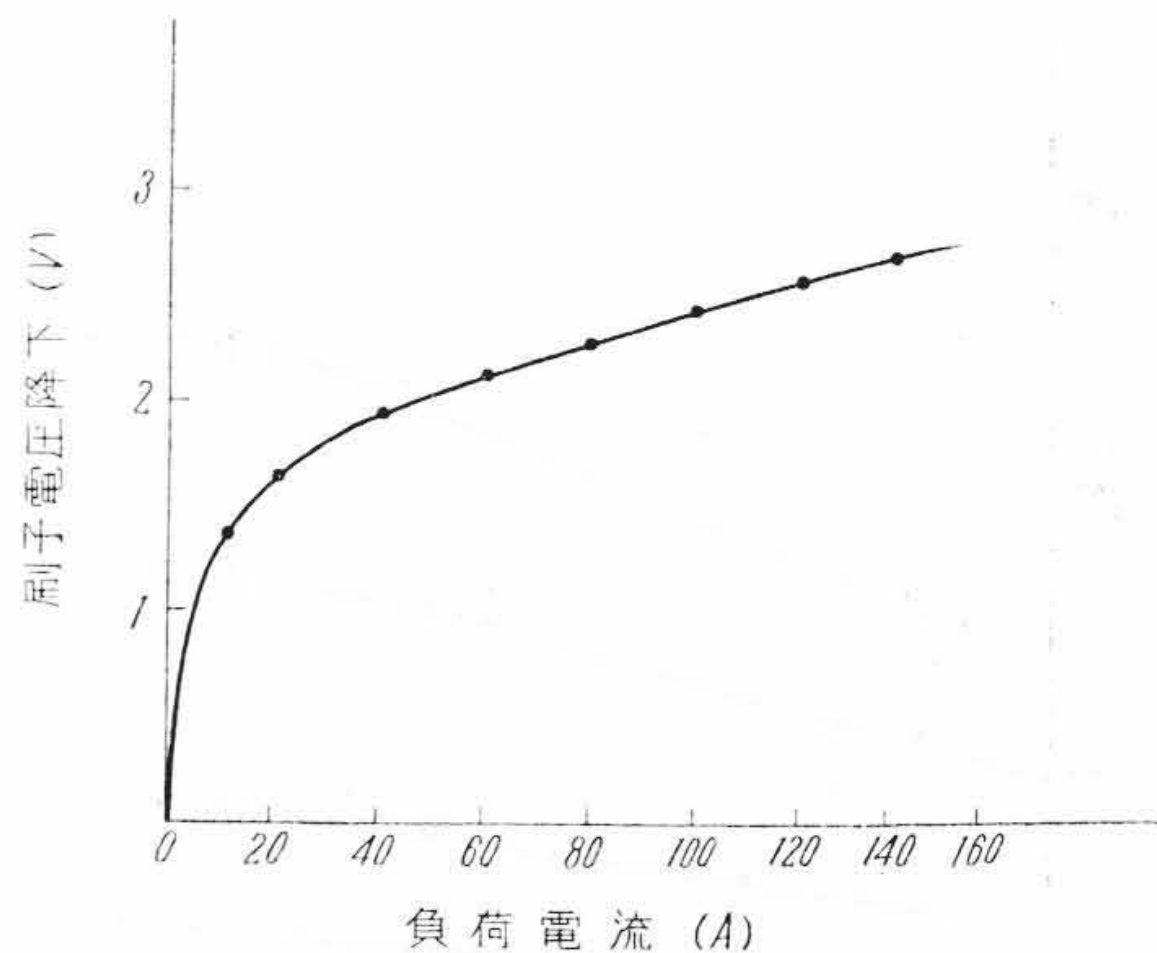
〔V〕 刷子電圧降下と直巻界磁

一般直流機で速度制御の面から、刷子電圧降下を問題にする場合は殆どないと思われる。然しエレベータ着床時は電動機、発電機共にその定格電圧の 5~10% (10~20 V) 程度で運転され、負荷電流は定格の -50~+80% (-50~+80 A) 位の範囲である。従つて回路抵抗により大部分の電圧が消費され、刷子電圧降下が問題になる可能性が十分あるのである。仮に発電機、電動機の刷子電圧降下が、それぞれ 2 V 宛あつたとすれば、負荷の正負により $(2\text{ V} + 2\text{ V}) \times 2 = 8\text{ V}$ となる。この電圧降下は負荷電流に比例せず、その曲線は刷子の性質、刷子圧力、温度、湿度等いろいろの条件により異なるが、一般には電流に対し第6図実線の如き形をとる。第7図は日立エレ



第6図 刷子電圧降下と直巻界磁

Fig. 6. Brush Voltage-Drop and Series Field

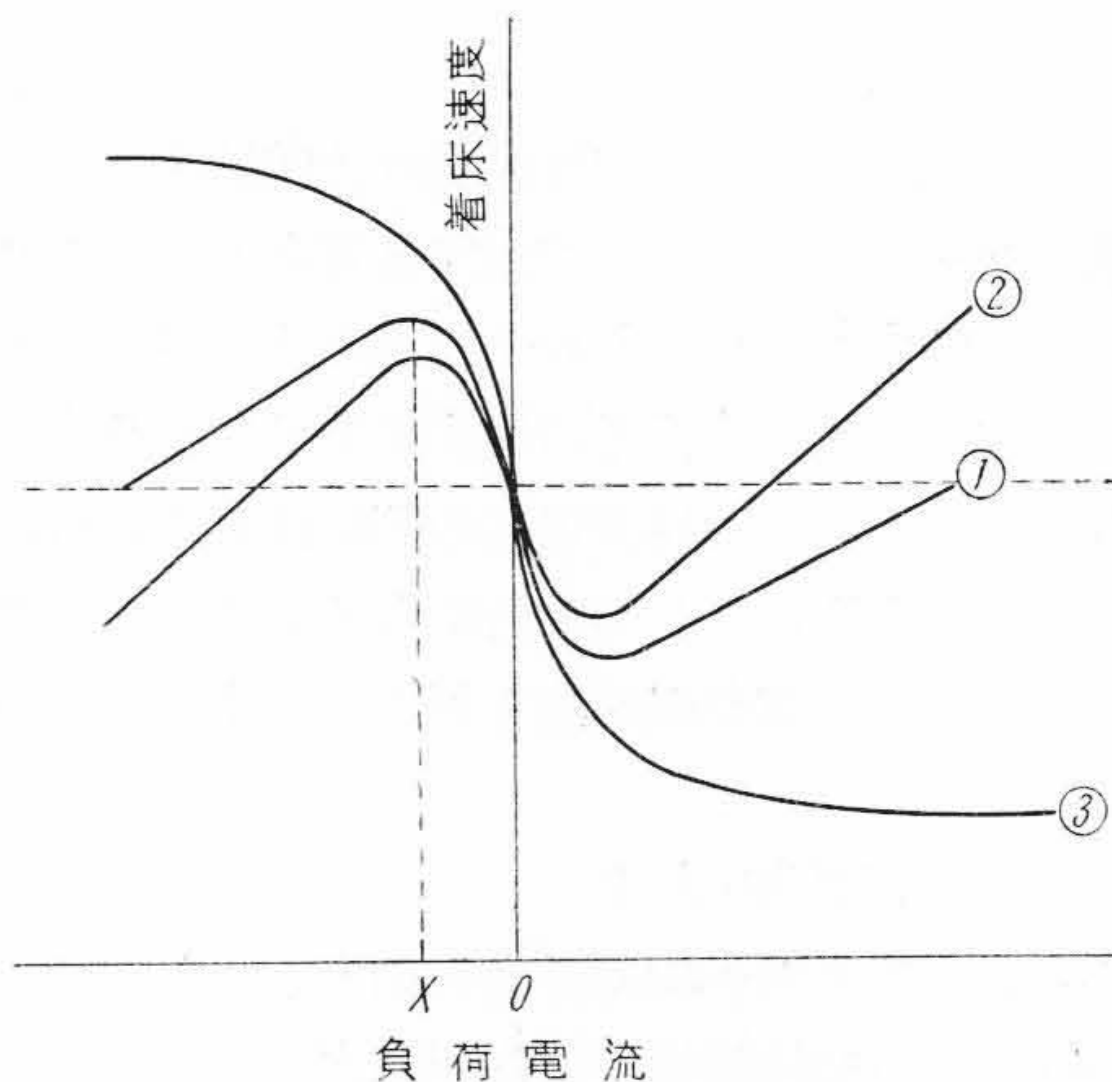


第7図 刷子 GH 235 の刷子電圧降下

Fig. 7. Voltage-Drop of Brush GH 235

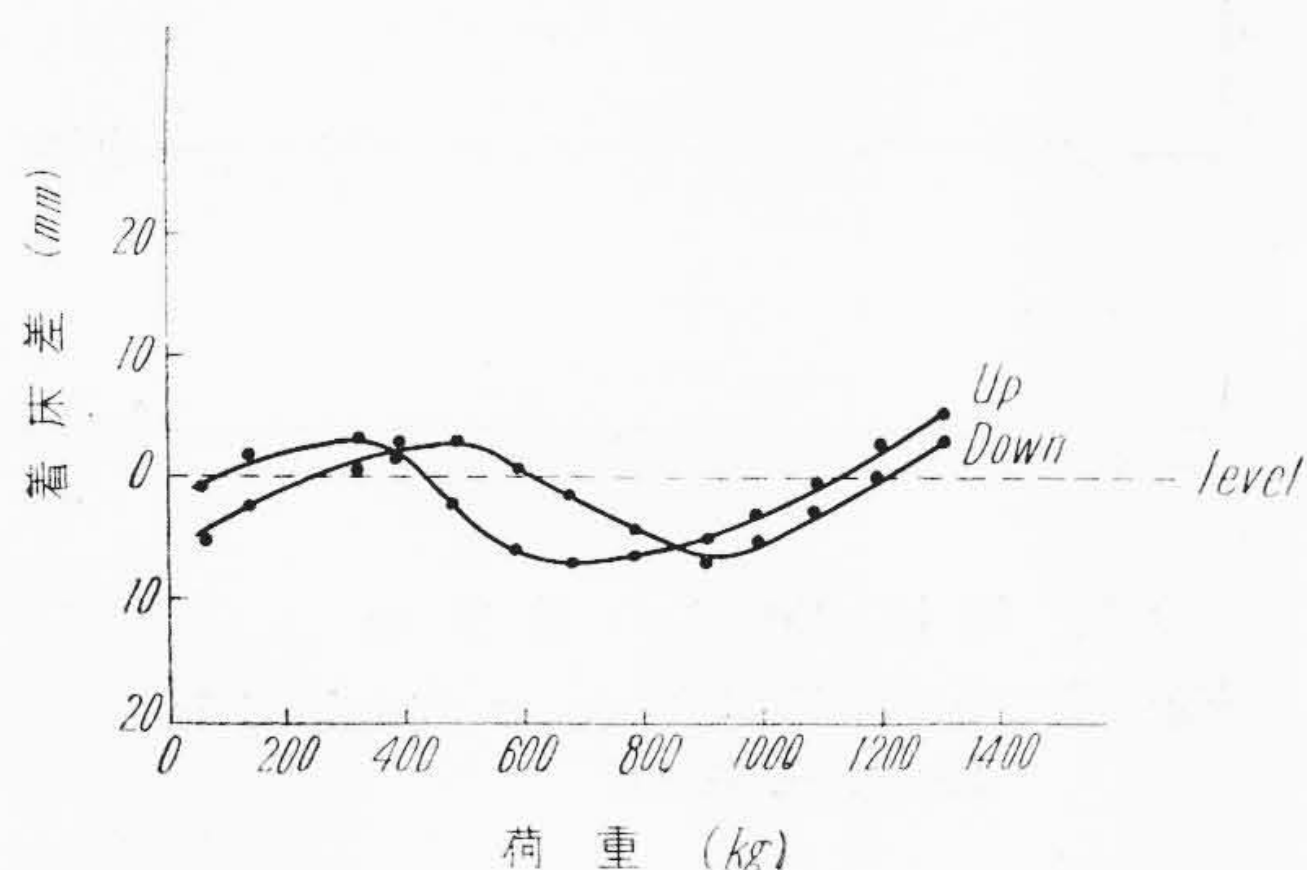
ベータに用いられている刷子 GH 235 の電圧降下の正極、負極の合計値を示す。

この電圧降下は普通の直巻界磁で完全に補償することは出来ない。従つて全く補償しないか、あるいは第6図点線①②のように補償する外はない。点線①②のようにした場合、負荷電流 P または P' 点より 0 迄は補償不足、 P 又は P' 以上の電流に対しては過補償となつて、着床速度は第8図①②の如くなる。着床差もほぼ同様な形になり第4図の場合の曲線が負荷電流 X から右方に出ている。殆ど補償しない場合は曲線③のように第5図の場合に似ている。点線①②のようにすると、刷子電圧降下的一部分が補償されるから、全く補償しない場合より着床速度の変化は小さくなるが、正負のある電流以上になると、非常な過復巻となつて、エレベータ加減速の場合の尖頭電流の際速度制御に悪影響を来す。着床時のみこの形に切換えることも出来るが、直巻界磁が強すぎるため制動しにくい。第9図はこの方法によつて最も着床差



第8図 直巻界磁の強さに対する着床速度

Fig. 8. Landing Speed for Series Field Intensity



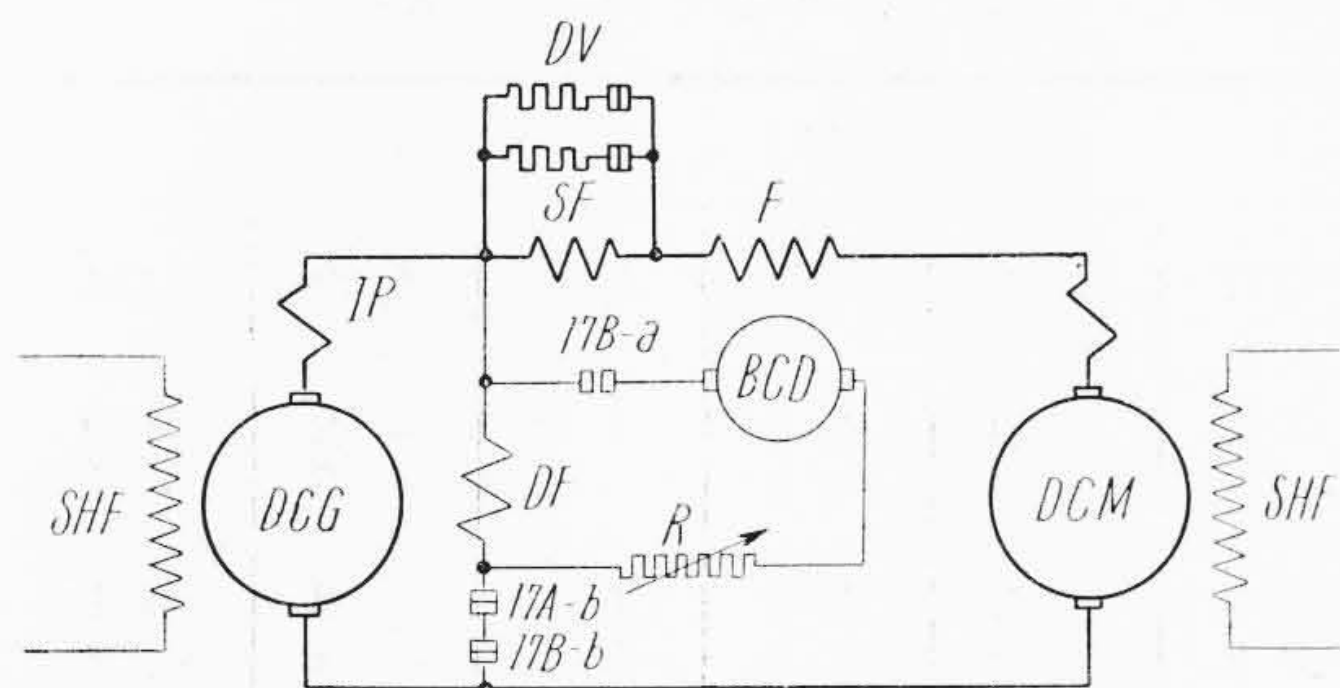
第9図 荷重に対する着床差 (例3)
Fig. 9. Level Difference for Load Weight (Example 3)

を小さくした場合であるが、多少のショックを伴っていた。

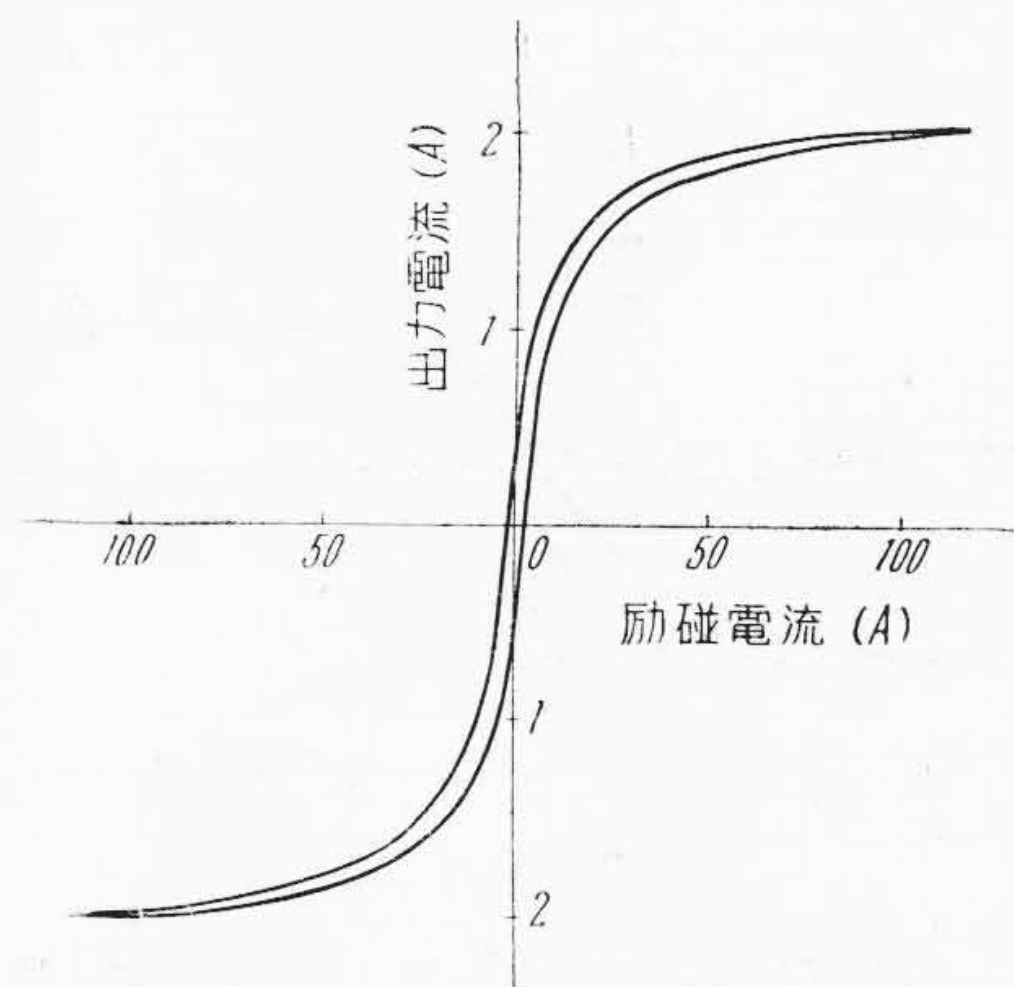
〔VI〕 刷子電圧降下補償装置

エレベータ着床時に刷子電圧降下が重大な影響があり、直巻界磁による補償に限度のあることが解つた。結局速度を一定に保つ方法を見出すことであるから、速度饋還方式が最終的なものと思う。然しエレベータは非常に狭い機械室と、保守の容易でなければならぬ点から考えて、現在この方式を用いることは困難と思われる。従つて最も簡単な方法で目的を達しなければならぬ。

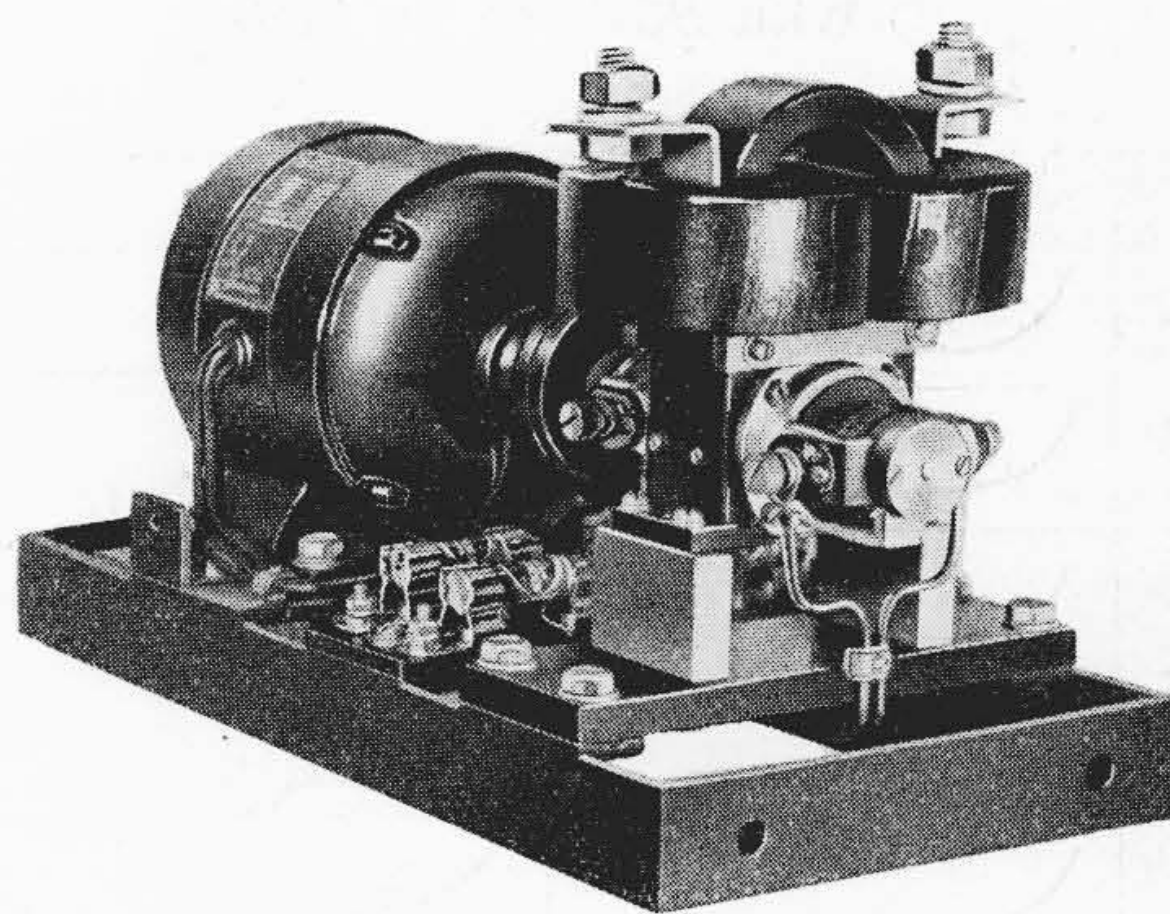
第10図はこのために新しく考案された刷子電圧降下補償装置の結線を示す。出力4W程度の小型直流発電機BCDの界磁Fに主電動機電流を通じ、その出力電流が第11図に示す如くなるよう特殊な磁極にした。発電機Gにはエレベータ運転停止の都度、残留磁気を打消す目的の打消界磁線輪DFがある。この線輪を利用し、小発電機BCDの出力を増幅し、主発電機Gの発生電圧に各負荷電流に対する発電機及び電動機の合計刷子電圧降下とほぼ同一な電圧が加わるようにした。回生制動なる場合は同様に減ぜられることになる。BCD回路と打消界磁回路との切換は#17B接触器によつて行う。尚BCDの



第10図 BCDを用いた結線図
Fig. 10. Skeleton Diagram with BCD



第11図 小発電機(BCD)の出力電流
Fig. 11. Current of BCD Dynamo



第12図 BCD 発電機
Fig. 12. BCD Dynamo

出力電流の形を刷子電圧降下の形に合わせるためにFの巻数及びRを調整する。第12図は本装置の外観を示す。

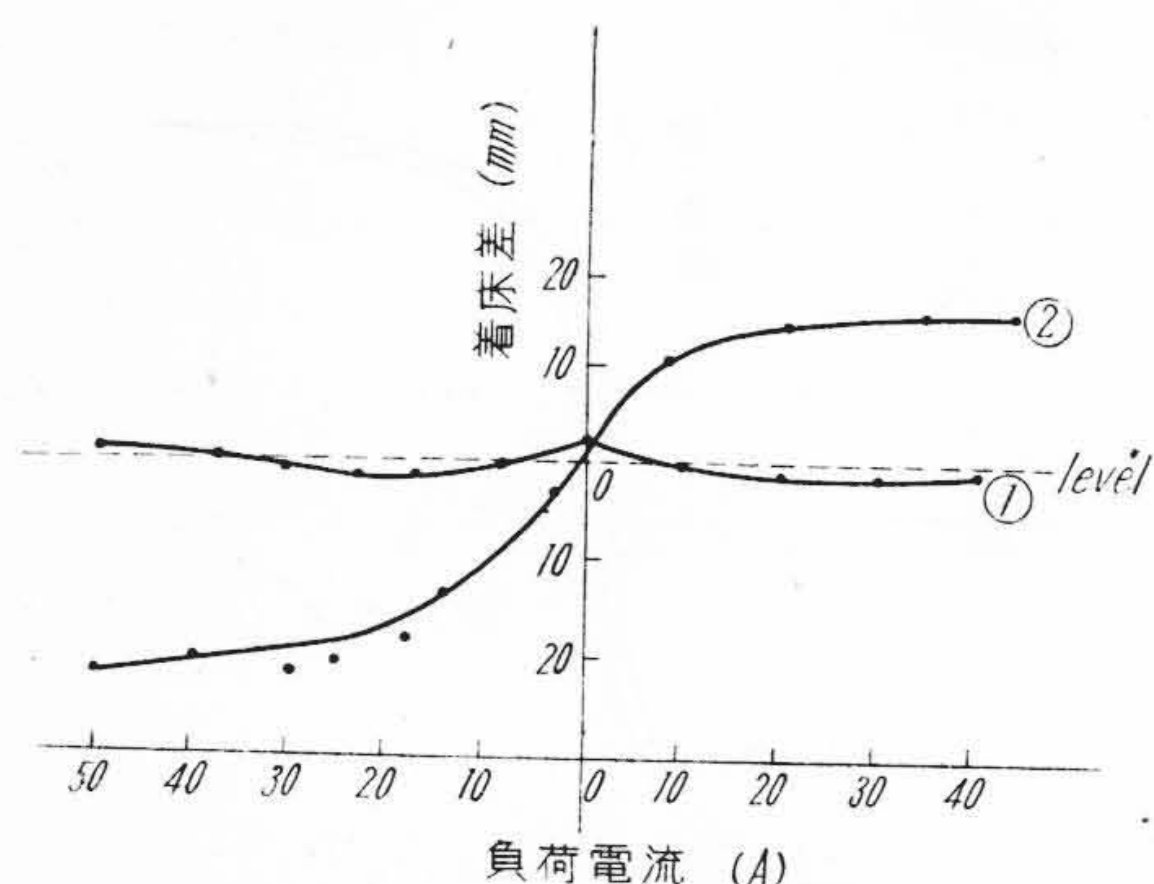
〔VII〕 実験結果

(1) 試験塔に於ける実験

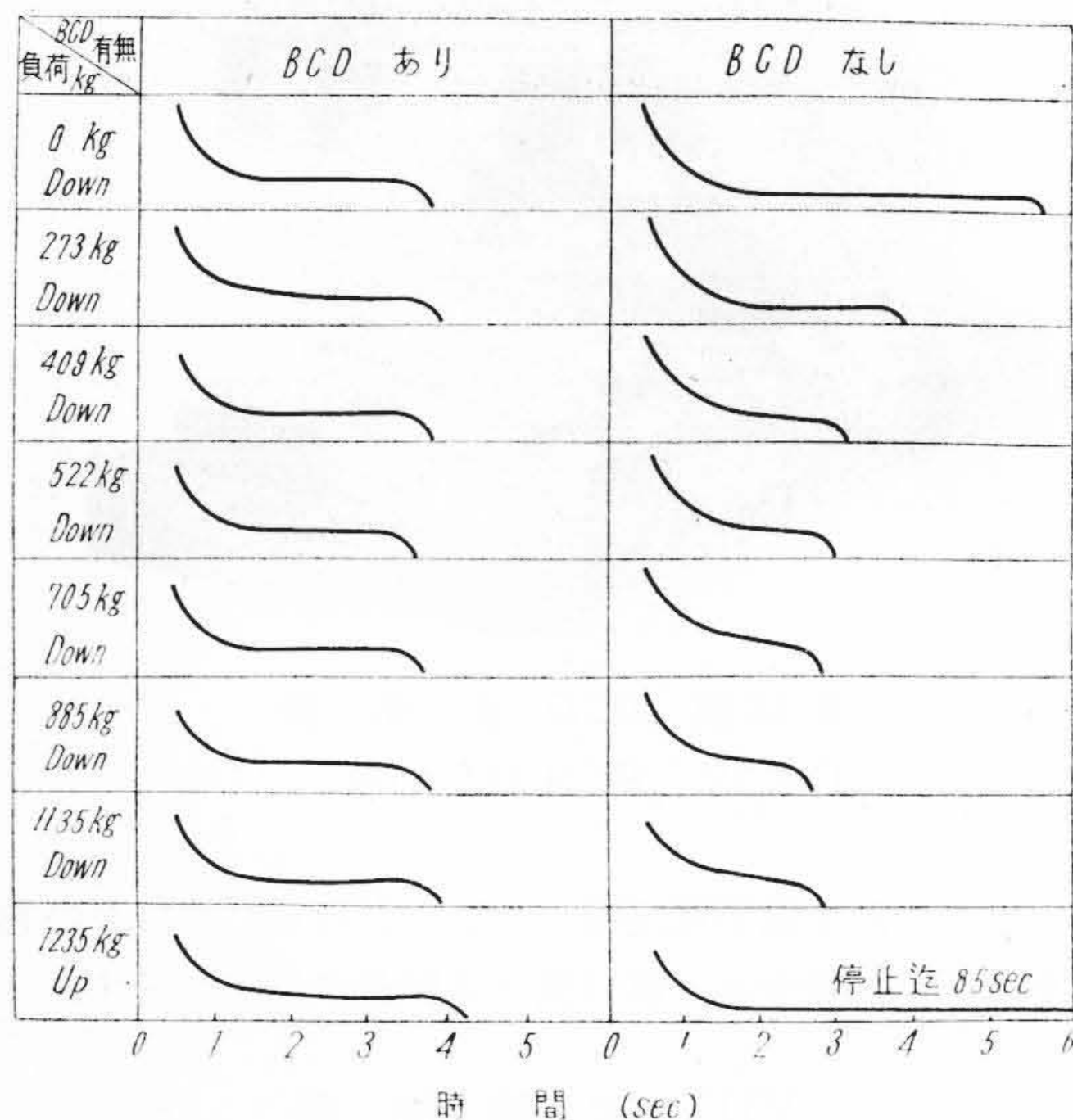
供試エレベータ 直流 15kW ギヤード 105 m/min
制動機遅れ時間 0.2 sec
定格荷重 900 kg

第13図(次頁参照)は荷重を0~1,130 kg迄変化させた場合の下降時の着床差を示す。これは負荷電流を正負対称的に得られるように下降時を示したもので、電流をパラメータにしてある。線①はBCDを取付けた場合で着床差は2.5 mm (±1.25 mm)である。線②のBCDを取除いた場合と比較すると非常に改善されている。

第14図(次頁参照)はBCDの有無に対するオツシログラムによる着床速度及び時間を示す。BCDある場合は、荷重0~1,135 kg迄の下降時に於て、着床時間の最大、最小の差は0.4 secであり、BCDなき場合は2.9 secに



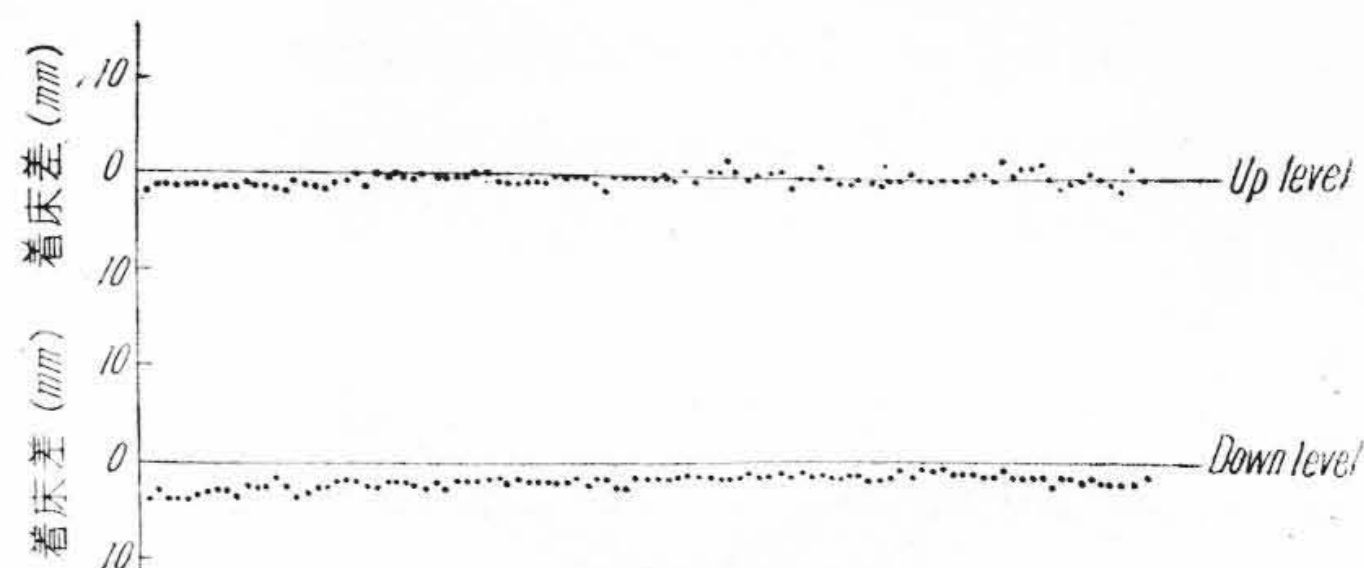
第 13 図 試験塔に於ける着床差
① BCD ある場合 ② BCD なき場合
Fig. 13. The Relation between Level Difference and Load Current as Obtained at Our Testing Tower
① With BCD ② No BCD



第 14 図 着床時間及び速度のオッシログラム
Fig. 14. Cscillograms of Landing Time and Speed

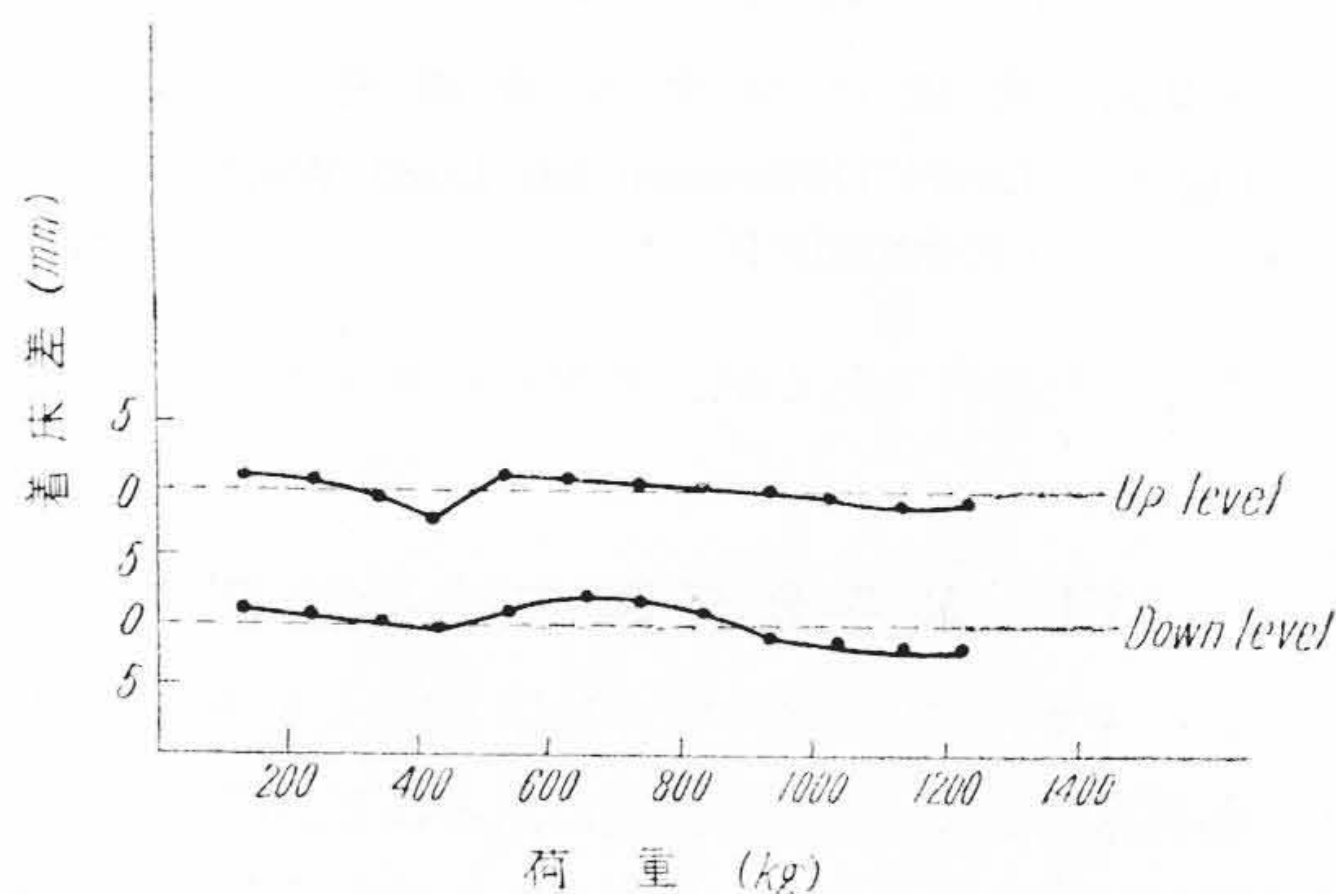
第 1 表 10 日間の着床差

		着 床 差 (mm)									
時刻	月日	4/13	4/14	4/15	4/16	4/17	4/18	4/20	4/21	4/22	4/24
9.30 a.m.	Up	+ 2	+ 1	+ 1	0	+ 1	0	+ 2	+ 2	- 2	0
	Down	- 3	- 1	- 1	0	- 1	0	- 1	- 1	+ 3	+ 1
12.00	Up	0	0	0	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	- 1
	Down	+ 1	- 1	- 1	- 4	+ 1	0	0	+ 1	+ 2	- 2
4.00 p.m.	Up	+ 4	+ 2	+ 1	0	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	- 1
	Down	+ 2	+ 1	+ 1	0	+ 1	0	+ 1	+ 1	+ 1	- 3



第 15 図 連続 100 回の着床差

Fig. 15. Level Difference as Obtained in Hundred Runs



第 16 図 新丸ビルエレベータに於ける着床差 (BCD ある場合)

Fig. 16. Level Difference of Elevator (with BCD) in Shinmarubiru Bldg.

なっている。荷重 1,235 kg 上昇はこのエレベータには 37% の過負荷で参考迄に載せたものである。BCD ある場合は下降時とあまり変化がないのに BCD なき場合は非常に長時間を要している。同様に着床速度の変化も BCD の有無により明らかである。この結果 BCD ある場合は着床差に関係なく着床時間を非常に小さくすることが出来る。即ち着床時間を殆ど要さぬことになる。

第 15 図は BCD を用いた場合同一荷重に対する朝の初運転より連続 100 回の着床差を示す。±2 mm 程度のばらつきがあるが、BCD なき場合も起るので、他の原因と思われ BCD の効果は比較的安定である。

Table 1. Level Difference in 10 Days

(2) 新丸ビルエレベータに於ける実施結果

供試エレベータ 新丸ビル 20 kW ギヤレス
150 m/min

制動機遅れ時間 0.15 sec

定 格 荷 重 1,000 kg

新丸ビル客用4台中1台に実施せる結果は第16図にみる如く、着床差上昇時 ± 1.5 mm, 下降時 ± 2 mm で試験塔の場合よりやや劣る結果であつた。尚着床速度が一定したので、扉の開きと着床との関係は荷重の如何に拘わらず殆ど変化を認めなかつた。第1表は4月13日より24日迄の約10日間通常運転に於ける朝、昼、夕の本エレベータの着床差を示したもので、この間電源のサイクルの変化も多少あつたのであるが、全体を通じ ± 4 mm 以内に入つており、第〔II〕章で述べた理想的着床性能が得られた訳である。

〔VIII〕 結 言

以上の理論及び実験結果から、従来全く問題にされていなかった刷子電圧降下を、比較的簡単な装置(特許申

請中)で補償することによつて、直流高速エレベータの着床性能が飛躍的に改善された。即ち荷重による速度変化が殆どなくなつた結果、着床時間は短縮され、一定となり、着床差も $\pm 1 \sim 2$ mm となつた。他の条件の変化が多少あつても ± 5 mm の範囲には十分入り、乗客は足下に注意することなく、迅速快適に乗降出来ると信ずる。只刷子電圧降下は電流以外の他の条件によつても多少変化するものであるから、刷子電圧降下を直接取出すのがよいが、増幅その他装置が複雑になるので避けた。新丸ビルの実施経過からみても、相当安定しているので、実用的には本装置で十分と考える。最後に今回の研究に当り本店工事課の御協力に対し深謝するものである。

参 考 文 献

- (1) 藤森: 日立評論 34 10 P. 1166 (昭 27)
- (2) 学術振興会: 電動刷子の研究〔I〕 昭和 15 年 10 月発行
- (3) 学術振興会: 電動刷子の研究〔II〕 昭和 19 年 12 月発行

実 用 新 案

実 用 新 案 第 396982 号

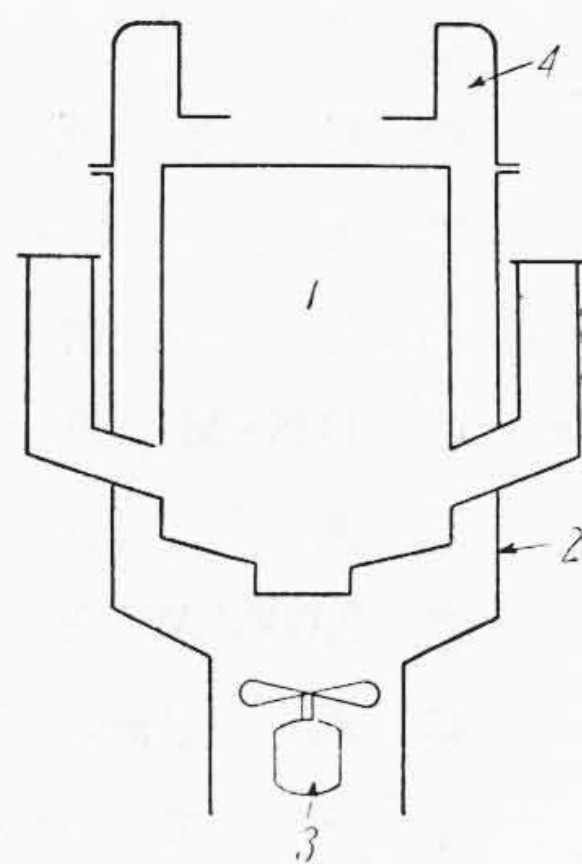
桑 島 千 秋

風 冷 式 水 銀 整 流 器

水銀整流器が回転変流機等の回変電機に優る点の一つとして静的なことが挙げられているが、一般には水銀整流器が風冷を採用すると静的という特長は著しく減殺される憾がある。この考案は強制通風にもとづく騒音を風洞の出口に於て抑制する改良構造に係るものである。水銀整流器本体1を囲んで風洞2があり、送風機3を風洞2の底に納蔵して運転する場合には、送風機冷却扇自身の発生する音、送風機自身の震動により風洞内構成諸部分から発生する騒音等が伝播によつて本体1の上部から放出される。図に見る4は風洞の2上部即ち風の出口に近く風洞の一部として特設された縦向き拡大部である。

しかしてこの拡大部4に於ては恰も導波管の途中に於て急激に断面積の変化する拡大部を設けたときのように作用し、これによつて音の伝播は著しく阻害され種々の原因に基づく騒音はここに於て顕著に減殺される。

この考案は縦向き拡大部で目的を達したが、同様の箇



所に横向き拡大部を設けても似たような効果があり、これに就いては実用新案第 396983 号がある。又縦向き又は横向き拡大部内に高域濾波部分及び低域濾波部分を組み込んで消音の徹底を期したのものとして実用新案第 395469 号、同第 345470 号、及び同第 395471 号等の一連の改良構造がある。(宮 崎)

高 速 度 鋼

日立製作所冶金研究所長

工 学 博 士

小 柴 定 雄 著

A5 判 222 頁 定価 250 円

誠 文 堂 新 光 社 発 行

東北大前総長 本多光太郎博士 序文より

(前略) 余その内容を見るに高速度鋼に関するほとんどすべての事項を詳細に記述せられ、しかもそれは、主として氏自身の研究されたる結果である。すなわち高速度鋼の熔解、鍛造、組成、熱処理、切削加工、熔接、表面処理、その他物理的、機械的、化学的諸性質等の研究及び測定は氏自身行われたものにして、極めて綿密、かつ確実なる結果である。(中略) 本書は技術者にとつてすこぶる優良なる参考書であり、まさに精読を推奨するに足る良書である。(以下略)

—— 内 容 略 目 次 ——

第1章	高速度鋼の発達の歴史	第8章	低タングステン高速度鋼
第2章	高速度鋼の熔解と造塊	第9章	他の系統の高速度鋼
第3章	高速度鋼の鍛造	第10章	高速度鋼の切削加工作業
第4章	高速度鋼の熱処理	第11章	高速度鋼の熔接と盛金
第5章	高速度鋼に生ずる欠陥とその防止対策	第12章	高速度鋼の表面処理
第6章	高速度鋼の物理的性質	第13章	切削用硬質合金
第7章	高速度鋼の化学成分とその影響	附 表	1~4 (JIS, 米、ソ聯、独国の標準高速度鋼)

販 売

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸ビル7階)
振替口座東京 71824

第 15 卷

日

立

第 8 号

- ◎ 電 球 の 経 済 寿 命 に 就 い て
- ◎ 日 立 電 気 除 湿 機 の 用 途 に 就 い て
- ◎ ス ケ ー ト リ ン ク の 冷 凍 装 置
- ◎ 日 立 1 2 V 式 電 装 品
- ◎ DN-M 型 日 立 間 接 撮 影 用 X 線 装 置
- ◎ 新 型 日 立 モ ー ト ル
- ◎ 3,000 kW 風 冷 式 単 極 水 銀 整 流 器 に 就 い て
- ◎ 水 力 発 電 用 機 器 に 就 い て
- ◎ 日 立 3,000 mm プ ロ ペ ラ ー フ ァ ン
- ◎ 日 立 UL 12 型 パ ワ ー シ ョ ベ ル
- ◎ 写 真 植 版 機 に 就 い て
- ◎ 日 立 2 0 0 Mc/FM 無 線 機
- ◎ 日 立 シ ャ ッ ト ル カ ー

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸ビル7階) 振替東京 71824

日 立 評 論 社

誌 代 1 冊 ￥ 60.00 〒 8.00
6 カ 月 分 (6 冊) ￥ 258.00 (送料共)