

超大形全透明式直通エスカレータ

High Rise Fully Transparent Type Express Escalator

原 威* 寺 西 勝 也*
Takeshi Hara Katsuya Teranishi

内 容 梗 概

全透明式エスカレータは現在最も進んだ機能を持つエスカレータとして、デパートだけでなくホテル、劇場あるいは事務所ビルなどの一般ビルディングにも広く利用されている。

一方、多くの客を扱うデパート、高層建築の事務所ビルなどにおいては、最近従来の1階床間の普通エスカレータのほかに、高階床間の直通エスカレータ設置の利点が認識され、開発の必要性が高まってきた。

本文では、このたび東京池袋の株式会社西武百貨店に納入し現在運転中である超大形全透明式エスカレータの紹介と、デパートなど高層建築に高階床直通エスカレータとして超大形エスカレータを使用した場合の利点、設置計画にあたって留意しなければならない点およびハンドレールの駆動など超大形エスカレータの設計における諸問題点について述べる。

1. 緒 言

近年デパートにおいては店内の混雑緩和、合理的な客の誘導、事務所ビル、高層アパートにおいては歩行することなく迅速に目的の階へ直行できるよう、一般に設けられる各階床間の普通エスカレータのほかに、数階床間直通エスカレータの設備が注目されるようになった。

これらの直通エスカレータは、高階床間に設置されるから、必然的に超大形となり、またデパート向けエスカレータの場合はその意匠、およびエスカレータの存在が遠くからでも見えるという機能的な利点などから、特に透明式エスカレータが要求される。

今回、株式会社西武百貨店に設置された直通エスカレータは、従来技術的に困難とされていたハンドレール駆動方式および超大形エスカレータの諸問題点を完全に解決した超大形全透明式のわが国最初の直通エスカレータである。

以下、その大要の紹介と、直通エスカレータの利点、超大形エスカレータ各部の特長などについて概略説明する。

2. 直通エスカレータの利用

2.1 直通エスカレータ設置の利点

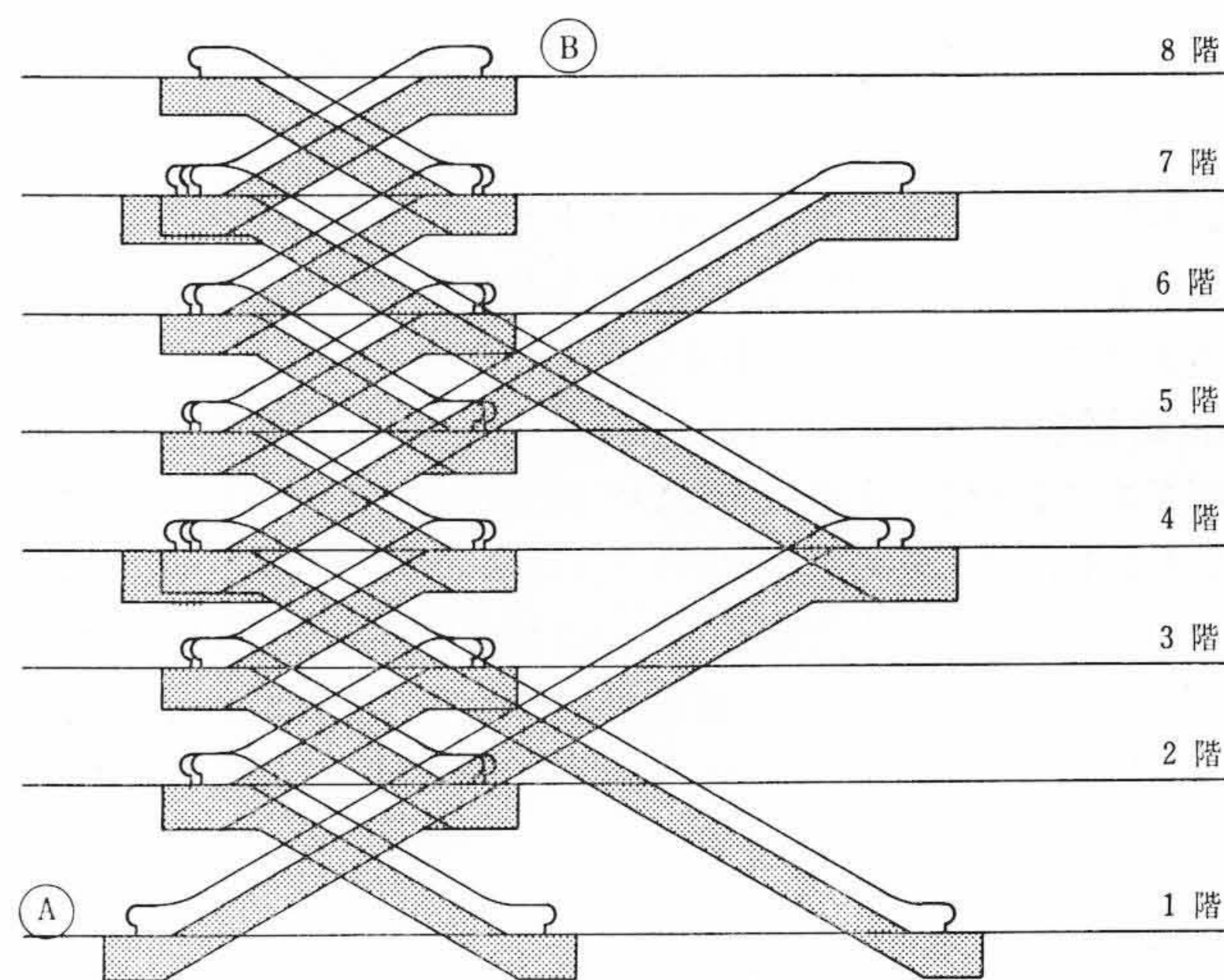
直通エスカレータの設置は、近年デパート、事務所ビルあるいは高層アパートなどにその計画が具体化しつつある。これはデパートにおいては客を途中の階の混雑に煩わされることなく迅速に誘導できると同時に、途中の階の混雑も防止できる大きな利点をもっていること、事務所ビルにおいてはエスカレータのみであらゆる階へ歩行することなくすみやかに行けるためであって、いずれも各1階床間の標準エスカレータと併用して設備されるべきものである。

また高層アパートに設置する場合には、アパート居住者が幾階床も歩行する煩わしさを無くするため2階床3階床とびに特定階を定め、その階への居住者のみ直行できるよう直通エスカレータが設けられ、途中階へは特定階から歩行により到達する方式をとり、原則として標準のエスカレータは併設しない。

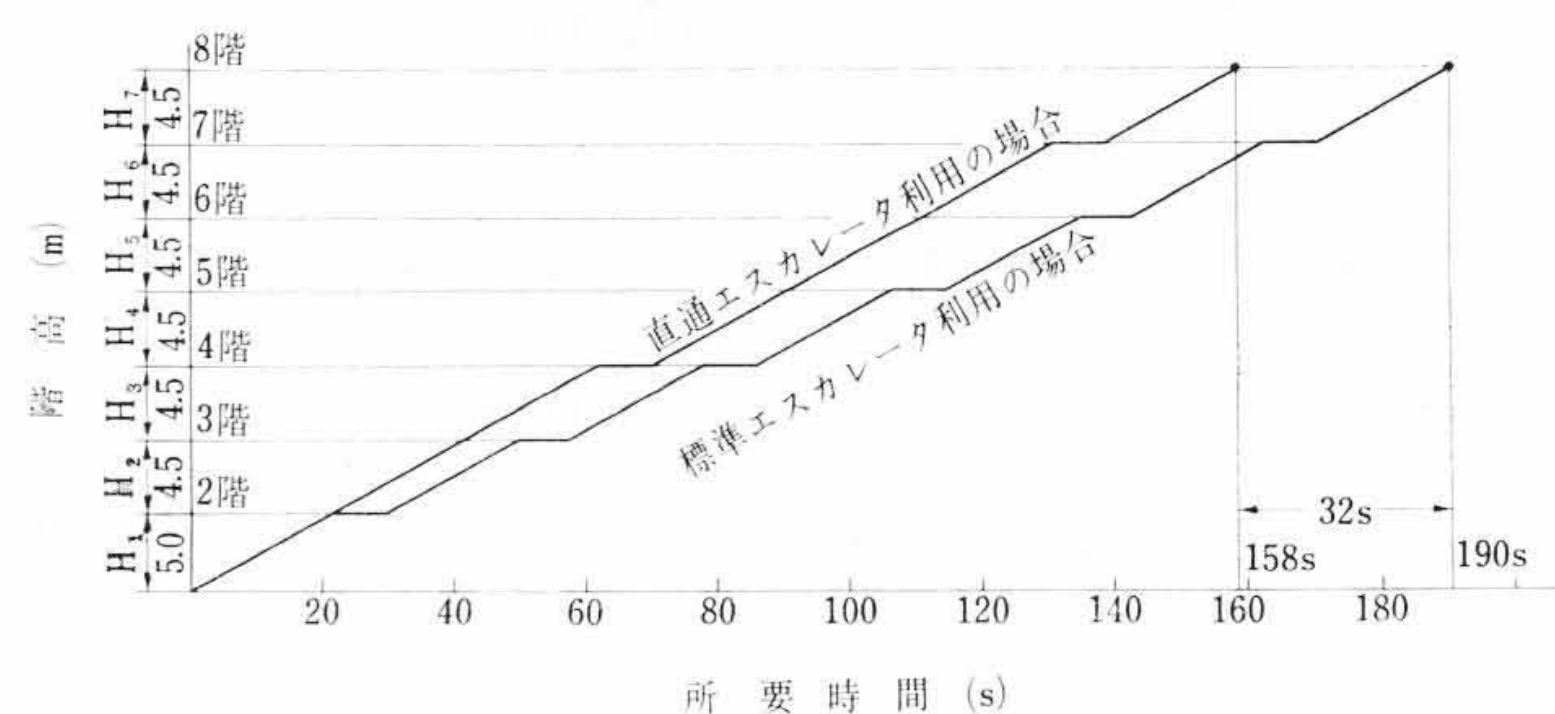
第1図は、標準エスカレータに直通エスカレータを併設して配置した場合の事務所ビルの一例であるが、直通エスカレータを設置する場合、その高さは一般建築物では、1階から4階あるいは2階から5階のように3階床間程度とするのがもっとも効率もよく効果的である。

いま、仮に第1図に示す1階④より8階⑧へ直行する客につい

* 日立製作所水戸工場



第1図 直通エスカレータと標準エスカレータ群の併設

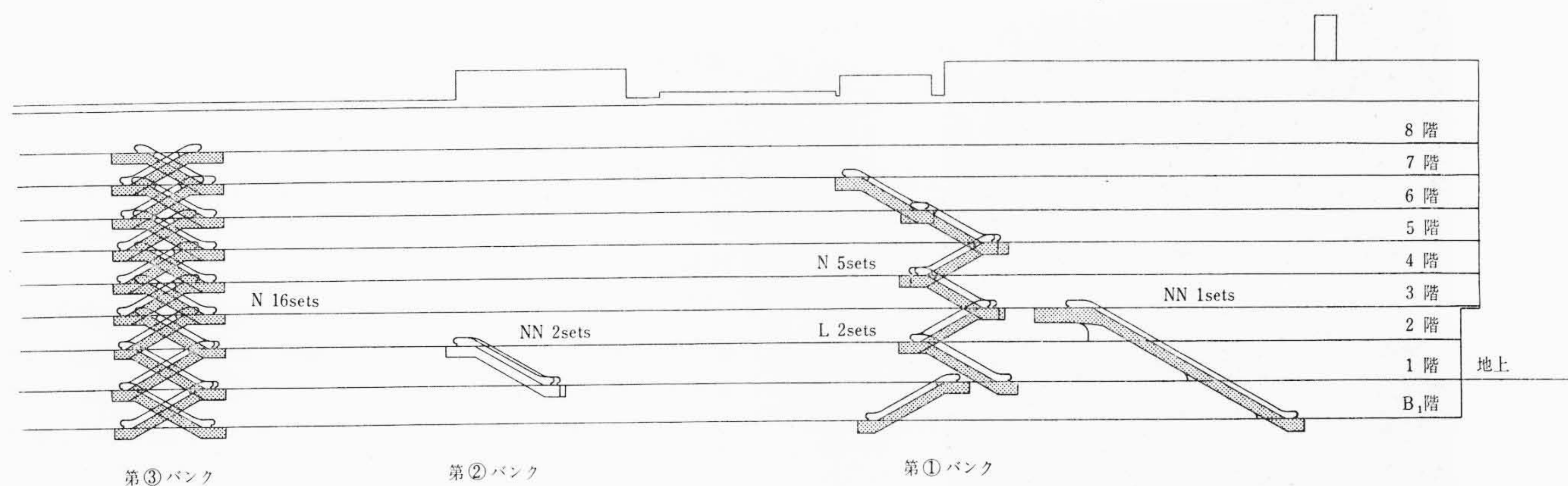


第2図 直通エスカレータによる到達所要時間

て、その所要時間を標準エスカレータ群のみを利用した場合と直通エスカレータ群を利用した場合とで比較してみると、前者では乗り継ぎの回数6回、後者では2回である。一般にエスカレータを乗り継いで行く乗り継ぎ時間は8秒前後と考えられるから、各階床間の階高を $H_1, H_2, \dots, H_7$ m とし、エスカレータの傾斜角を30度、踏段速度を v m/min で表わせば、その所要時間の差は次のようになる。

$$\{8 \times 6 + 2(H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 + H_7) / v / 60\} \\ - \{8 \times 2 + 2(H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 + H_7) / v / 60\} \\ \dots\dots\dots (1)$$

ここで各階床間の階高を第2図のような値にとり、 $v=27$ m/min にとれば、その所要時間は標準エスカレータ群を利用した場合には190秒を要し、直通エスカレータ群では158秒となり、その差は32



第3図 西武百貨店におけるエスカレータ群配置図

注; L は照明欄干式
N は透明欄干式
NN は全透明欄干式を示す

秒である。また直通エスカレータがデパートに利用された場合にはエスカレータの乗り降り口での混雑が激しく、乗り継ぎに要する時間は著しく増し、かつ、建物の階床数が多くなるほどその到達所要時間の差が大きくなる。

したがって直通エスカレータの併設は、乗り継ぎによる煩雑さを避け、目的階へ早く到達する方法としては最適であり、直行する客はすべて直通エスカレータに吸収できるから、特に低階床における混雑を防止でき、機能的に建物内の交通管理を行なうことができる。

2.2 株式会社西武百貨店納め直通エスカレータ

第3図は株式会社西武百貨店池袋店における既設エスカレータ群と、今回納入したわが国最初のデパート向け直通エスカレータの配置関係を説明したものである。

ここで用いられているエスカレータのほとんどは透明式で、三つのバンクに分かれて設置されている。

第3バンクはエスカレータを各階床間に2台ずつX状に配置し、各1台を昇り降り専用用いた複列交差式配列としてある。これは乗り降り口の混雑がなく、遠くからでもエスカレータの存在がよくわかるデパート向けとしてもっとも合理的な設置方法で、意匠的にもすぐれている。

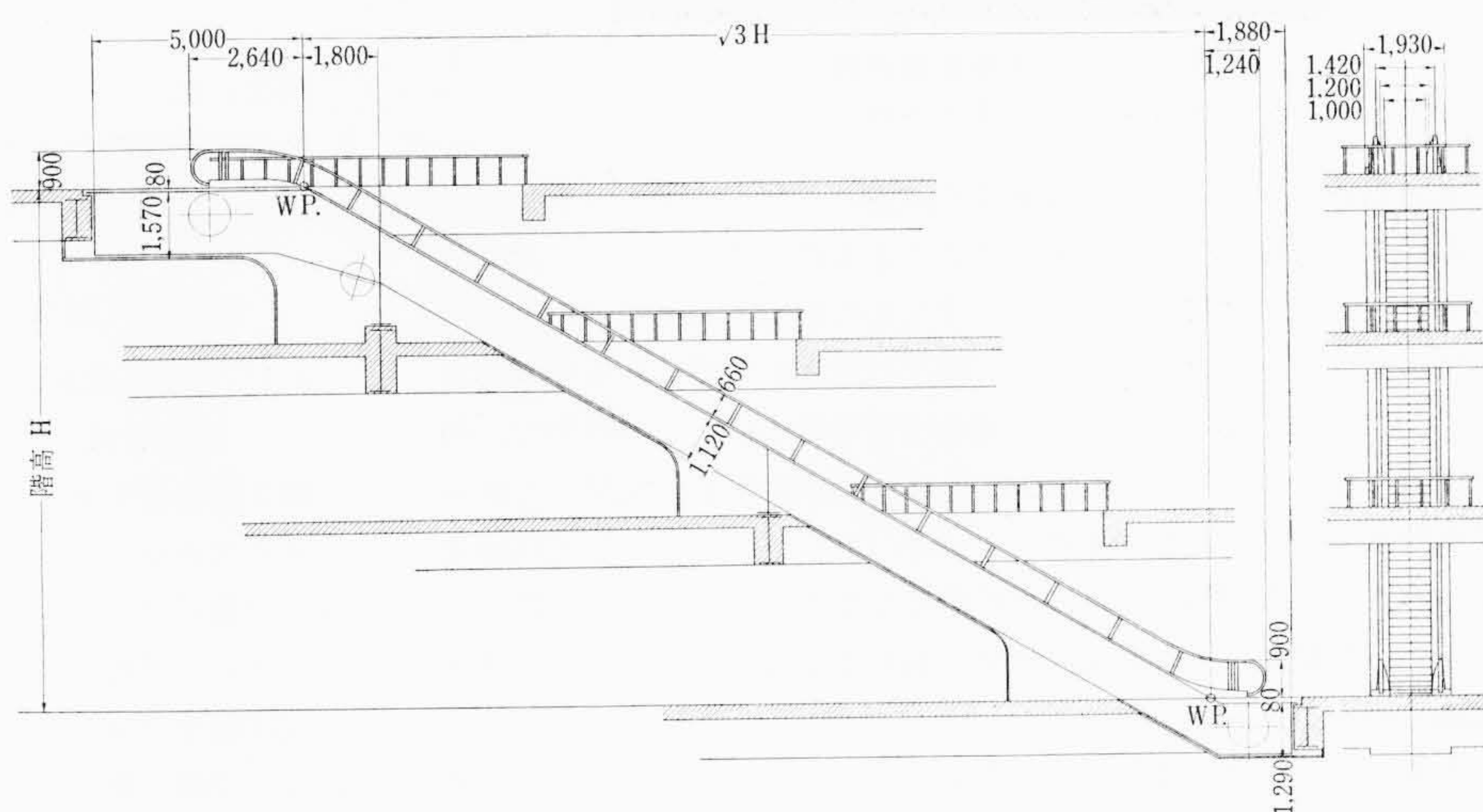
新設の直通エスカレータは、その乗り口を地下1階の地下鉄道連絡口におき、地下鉄からの乗客など地下1階からデパートの上階へ行く客を直接3階の店内へ運ぶよう設置されている。これによって乗客は1階あるいは2階の混雑にまったく煩わされることなく、迅速に目的のデパート上階へ直行することができる。

また、その欄干意匠は一方が窓に面し、他方は建屋側壁に接しているため、壁に面した側は照明式、窓に面した側は全透明式欄干を用いた軽快で明るいエスカレータである。

第1表は株式会社西武百貨店納め直通エスカレータの仕様を示し、第4図はその据付寸法図である。

第1表 株式会社西武百貨店納め直通エスカレータの仕様

形 式	1200T-NN	設 置 場 所	B ₁ 階—3階
輸送能力(毎時)	8,000 人	階 高	12,250m
速 度	27 m/min	傾 斜 角	30度
踏 段 幅	1,000 mm	原 動 機 容 量	30 kW



第4図 1200 T-NN 超大形全透明式エスカレータ据付寸法図



第5図 西武百貨店納 超大形全透明式直通エスカレータ

2.3 直通エスカレータの選定

うゑに述べたことからわかるように、まず直通エスカレータは必然的に超大形となる。しかもこの種の超大形エスカレータの設備計画にあたっては、第4図の直通エスカレータ据付寸法図に示すように、主として強度上の問題からその全幅、上部トラスの水平部分の長さが、標準エスカレータとかなり異なるため特に注意を要することである。



第 6 図 江の島鎌倉観光株式会社納
超大形パネル式エスカレータ

また直通エスカレータを設備するにあたって標準エスカレータと同様、その機能を十分に発揮するとともに意匠的にもすぐれたエスカレータでなければならない。すなわち使用する場所、用途に応じてエスカレータの大きさおよび欄干の意匠が考慮されるべきであって、たとえば高層アパートの場合は有効幅の小さい 800 形で、欄干内側パネルにステンレス板あるいは塗装鋼板などを使用した強固で実用本位の構造をもつものでよいが、デパート向けとしては輸送能力の大きな 1200 形とし、意匠的にも建物や、売場のふん囲気とマッチした軽快、かつ優美な感覚をあたえる透明式あるいは全透明式欄干のものが望ましい。

透明式あるいは全透明式エスカレータは売場の見通しがよく、乗客の購買意欲をそそる効果も大きく、また遠くからでもエスカレータの存在がよくわかるのでデパート向けに好適のものである。

株式会社西武百貨店に設置された直通エスカレータは、前述のようにこれらの条件を完全に満たした超大形全透明式エスカレータである。

3. 超大形エスカレータの設計

階高が 10 m 以上にもなる超大形エスカレータの設計にあたって特に考慮している点は次のようである。

(1) 乗客荷重は、エスカレータ踏段幅を W m、エスカレータの有効水平投影長を A m とすれば $270 WA$ kg⁽¹⁾ で表わされ、階高に比例するから、踏段駆動機構、原動機の容量などはこれに伴って大きなものが要求される。また踏段駆動用チェーンも張力の増加に伴い大形化するが、日立製作所では高強度の特殊材質のチェーンを使用することにより、標準エスカレータに用いられるものと同一寸法とし、エスカレータ全幅の増加を最小限にとどめることができた。

(2) エスカレータの運行中、踏段にかかる最大の外力は、上部凸曲線レール上における踏段チェーン張力の法線力が踏段ローラに加わるものであるが、踏段チェーンの張力はエスカレータの階高比例するため、超大形エスカレータではかなり大きな外力となる。このような場合には、凸曲線レールの曲率半径を大きくする方法によって踏段ローラにかかる荷重を小さくし、長寿命を保持するよう考慮されている。

(3) トラスフレーム全体は長大なものとなるから適当な大きさに分割できる構造を取り、輸送、ビルへの搬入、組み立てなどの作業を容易なものとしている。また第 4 図で示したように、トラ

スフレームを数箇所支持する構造を標準としているが、これは支持点の少ない場合、それだけ材料メンバを大きくする必要があり、各支持点あたりの支持反力も増大し、不経済なエスカレータ設備となることを避けたものである。

(4) 標準エスカレータには設けられていない特別の安全機構を取り入れるとともに全体の組立精度が高く、各部の累積誤差が逃げ得るような特殊設計を採用されている。

(5) ハンドレールの駆動に関してはスリップのない十分な駆動能力を有することと、伸びに対する補償、および長期の使用に耐えられる構造が要求される。特にデパート向けの全透明式エスカレータでは、欄干部分が完全に透明強化ガラスを張りつめる構造となるから、他の照明式エスカレータのように欄干内部にハンドレールの駆動装置を設けることができないのでその設計は技術的あい路の多いものであった。日立製作所ではパネル式や照明式の大形エスカレータとともに、全透明式超大形エスカレータに対しても、新しいハンドレールの駆動方式を開発してこれらの問題を解決した。

次にこれらの超大形エスカレータにおける新しいハンドレール駆動方式について説明する。

4. 超大形エスカレータ用ハンドレール駆動方式

4.1 パネル式および照明式超大形エスカレータ用ハンドレール駆動方式

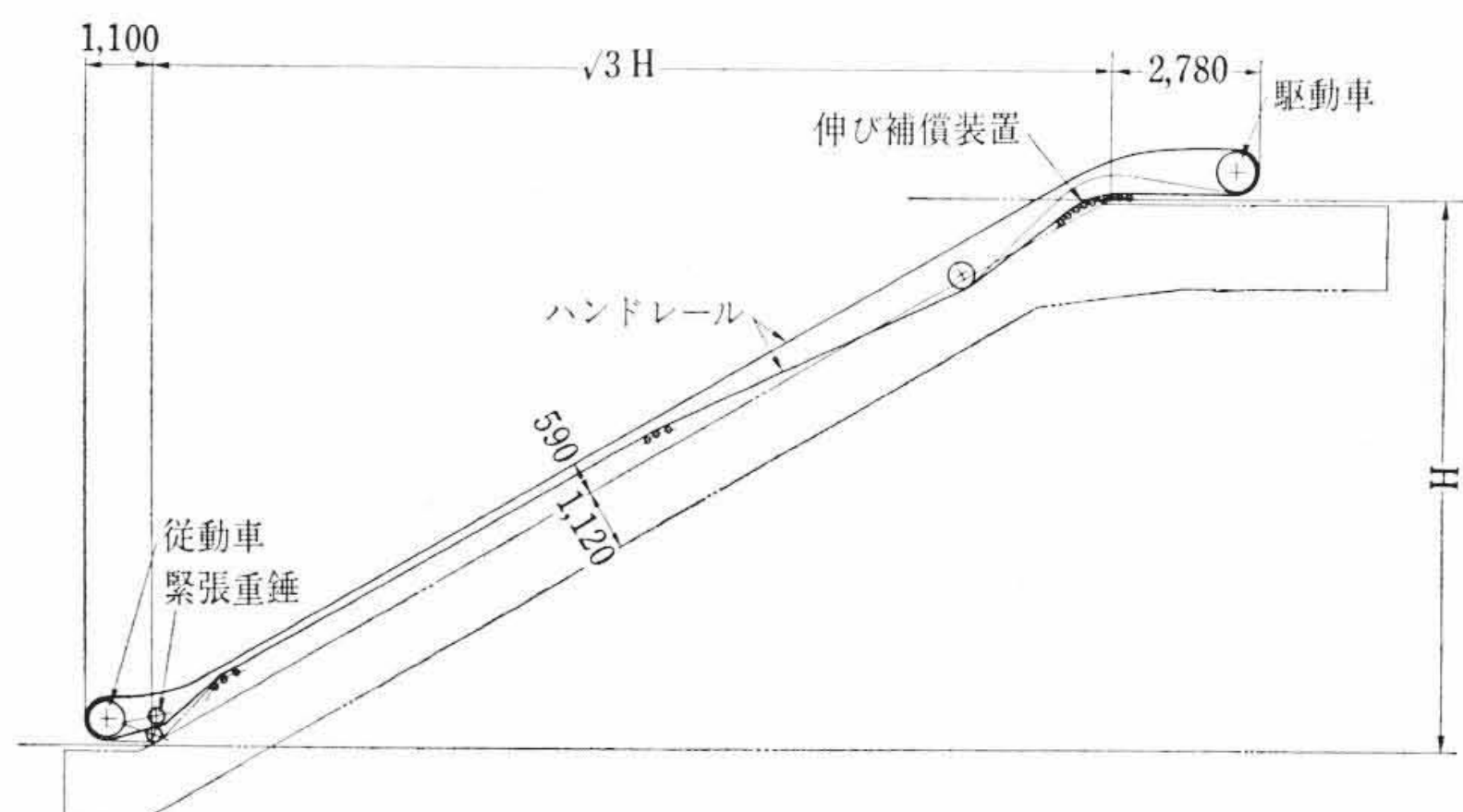
第 7 図は欄干まわりにステンレス板、塗装鋼板などを用いたパネル式エスカレータ、あるいは乳白色半透明の亚克力板を使用した欄干内側パネルの内部に光源を設けてパネル全面を照明する照明式エスカレータに用いられているハンドレール駆動方式である。この方式は欄干パネルが不透明であるから、図のようにすべての駆動装置および帰り側ハンドレールの軌道を欄干内部の空間に置いた駆動方法をとることができる。この駆動構造では、ハンドレールの走行抵抗がすくなく、かつ無理な運行にならないようその軌道はすべてゆるやかなカーブになっている。

4.2 全透明式超大形エスカレータ用ハンドレール新駆動方式

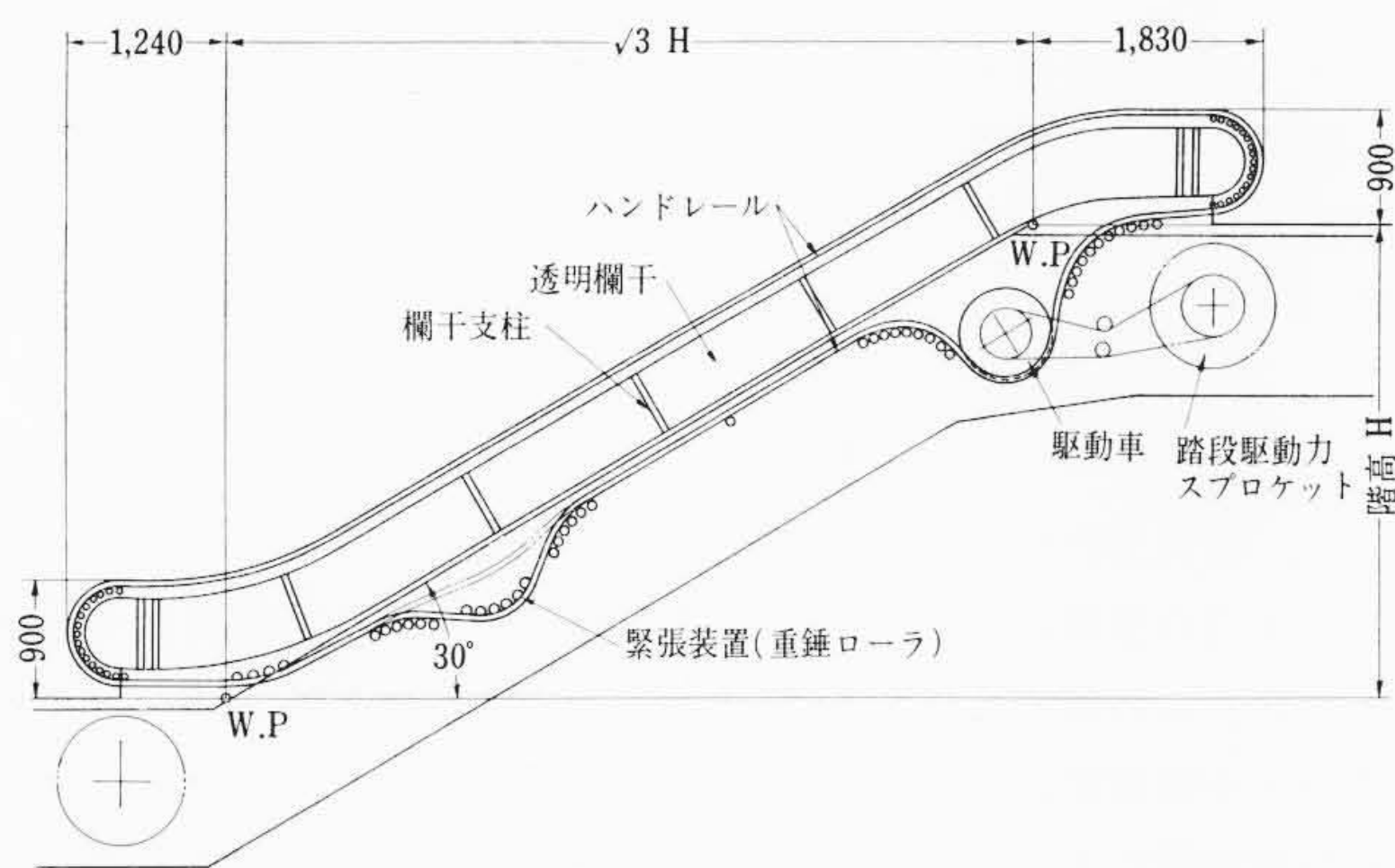
4.2.1 構造

全透明式エスカレータは欄干まわりが完全に透明強化ガラスで張りつめてあるため、ハンドレールの駆動装置、帰り側軌道はすべて欄干底部のトラス内におかれている。そのため機構は複雑となり、ハンドレールの走行抵抗もそれに伴って増加するから、このエスカレータのハンドレール駆動に関して従来より種々の工夫がなされている。

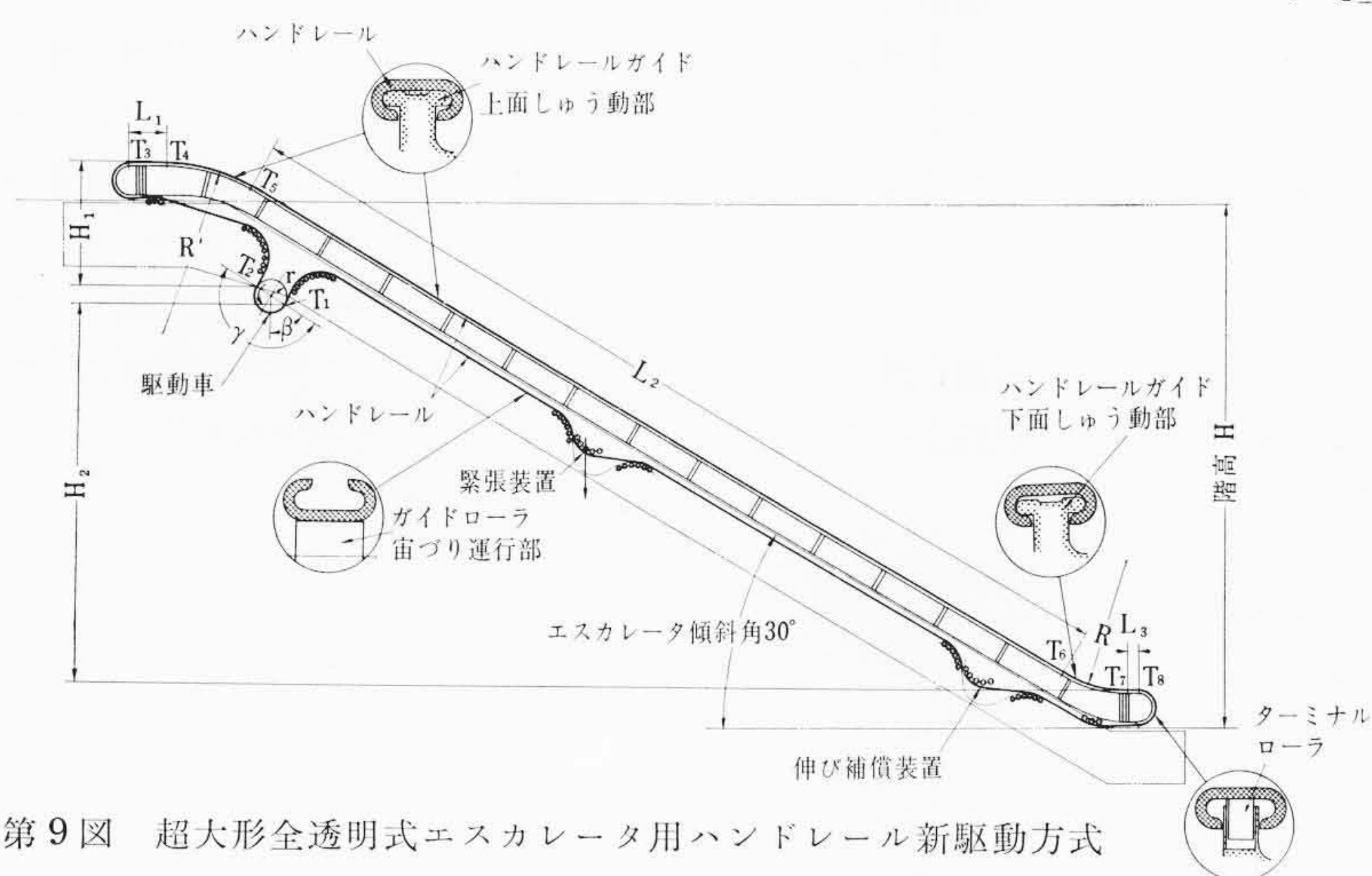
日立製作所は全透明式エスカレータに対し、第 8 図あるいは第 9 図⁽²⁾に示すような新しいハンドレール駆動方式を開発している。前者は標準エスカレータ用で、後者は超大形エスカレータ用の駆動方式である。



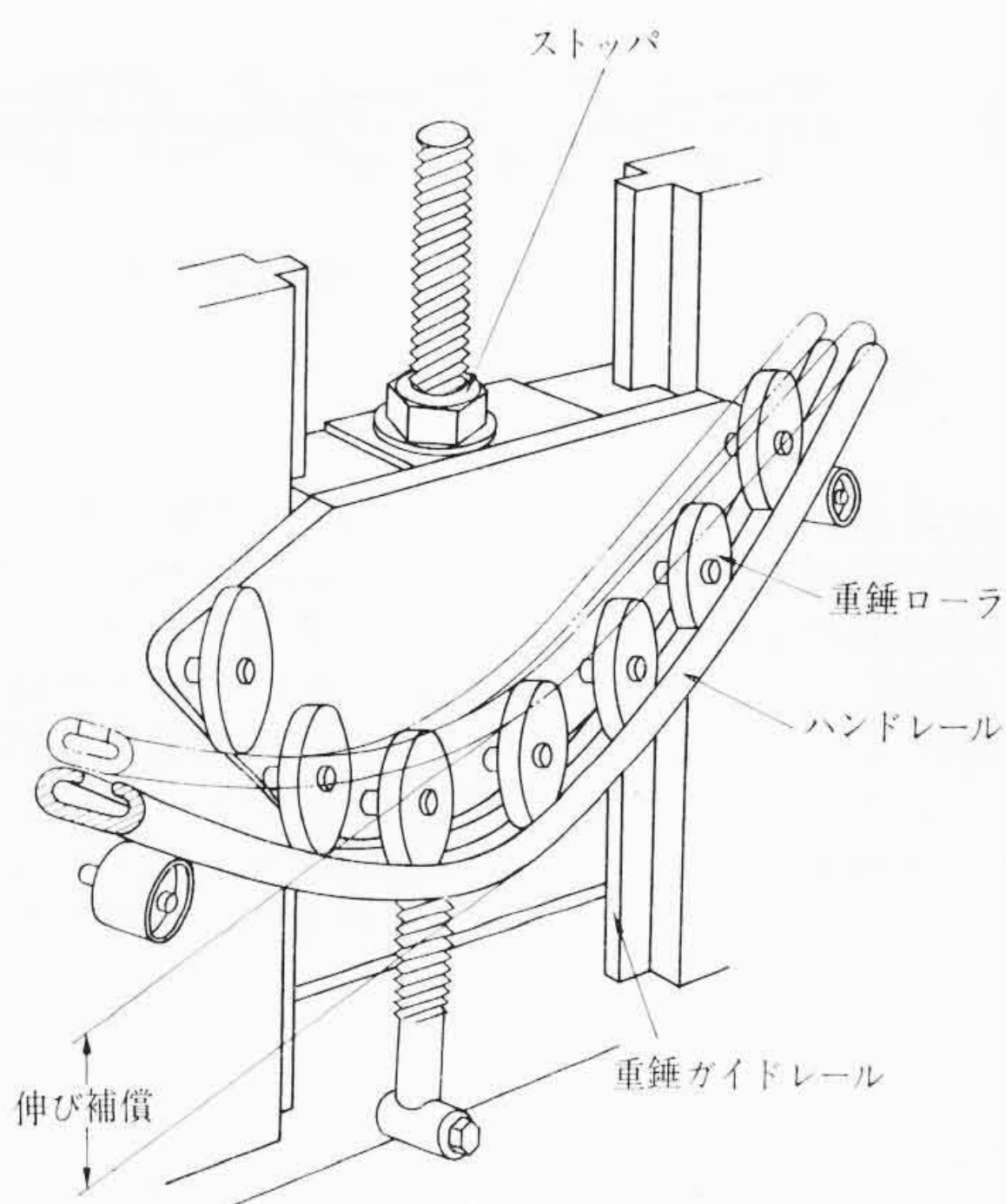
第 7 図 不透明欄干を用いた超大形エスカレータ用
ハンドレール駆動方式



第 8 図 全透明式エスカレータ用ハンドレール新駆動方式



第 9 図 超大形全透明式エスカレータ用ハンドレール新駆動方式



第 10 図 重錘式ハンドレール緊張装置

本方式の特長は、ハンドレールの軌道をできるだけゆるやかなカーブで案内し、複雑な屈曲をやめ、その走行抵抗を最小限にとどめていることである。したがって、小さな駆動力で無理のない運転ができるからハンドレールにかかる最大張力が低くなり、屈曲および引張り応力の低下によってハンドレールの寿命は著しく延長できる。

また、あらかじめエンドレス接続を行なったハンドレールをエスカレータに組み込む構造としたので、据付現地での接続作業を廃止し得たこと、および重錘式の簡単な伸び補償装置を採用していることは従来のハンドレール駆動機構にない大きな特長であ

る。

第 9 図の超大形全透明式エスカレータのハンドレール駆動方式では伸び補償装置を 2 段に配置し、さらにハンドレールと駆動車との巻きかけ角を大きくとるため駆動車をトラス底部より下方に突き出るような位置に設けた。ここでトラス底部より突き出した駆動車は当然建屋のスペースをせばめることになるが、この部分はエスカレータを設置した場合、床面とトラス底部とで構成される三角形のデッドスペースにあるので、実用上はなんら支障をきたさないものである。

4.2.2 ハンドレールの駆動理論

ハンドレールの駆動については一般にベルト伝動の理論を適用することができ、その走行抵抗はハンドレールの軌道の各部において生ずる張力の差の総和として求めることができる。すなわち

第 9 図に示すように各部に生じているハンドレールの張力を T_i kg とすれば、全走行抵抗 Q kg は

$$Q = \sum (T_i - T_{i+1}) + C \\ = (T_2 - T_3) + (T_3 - T_4) + (T_4 - T_5) \\ + (T_5 - T_6) + (T_6 - T_7) + (T_7 - T_8) \\ + (T_8 - T_1) + C \dots \dots \dots (2)$$

で表わされ、ハンドレールの走行状態は図で示すように、宙づりの部分、直線しゅう動の部分、および曲線でしゅう動する部分に分けられる。

これらの各部張力の変化は直線および曲線でしゅう動する部分では、乗客の手による荷重およびハンドレールの自重あるいはハンドレール自体の張力によって生ずる案内面との摩擦抵抗によるものであり、宙づりの部分ではハンドレールの自重とガイドローラの回転抵抗の和によるものと考えられる。

以上の考えより各部分における張力変化をそれぞれ計算し、UP 運転時の走行抵抗を求めると次のようになる。

$$Q = \frac{W \cdot R'}{1 + \mu^2} \left\{ (1 - \mu^2) \left(1 - \frac{3}{2} e^{\mu \cdot \pi / 6} \right) + \mu \cdot e^{\mu \cdot \pi / 6} \right\} \\ + \frac{W \cdot R}{1 + \mu^2} \cdot e^{\mu \cdot \pi / 6} \left\{ (\mu^2 - 1) \left(\frac{3}{2} - e^{\mu \cdot \pi / 6} \right) - \mu \right\} \\ - W_h \cdot H_1 + \mu \cdot W \cdot l_1 + e^{\mu \cdot \pi / 6} \cdot W \cdot l_2 (\sin \pi / 6 + \mu \cdot \cos \rho / 6) \\ + e^{\mu \cdot \pi / 3} (\mu \cdot W \cdot l_3 - W_h \cdot H_2) + (e^{\mu \cdot \pi / 3} - 1) T_1 + C \dots (3)$$

ただしこの式の算出にあたって、遠心力の影響はハンドレールの走行速度が小さいため省略した。

一方、駆動力についてもベルト伝動の理論を用いて求めることができ、UP 運転時の駆動力を P kg として求めれば次の式が得られる。

$$P = \frac{W_h \cdot \gamma}{1 + \nu^2} [(\nu^2 - 1) \{ \cos(\gamma - \beta) - e^{\nu \cdot \gamma} \cdot \cos \beta \} \\ - 2 \nu \{ \sin(\gamma - \beta) + e^{\nu \cdot \gamma} \cdot \sin \beta \}] + (e^{\nu \cdot \gamma} - 1) T_1 \dots \dots (4)$$

ただし、(4)式の算出にあたっては(3)式と同様な理由から遠心力の項は省略した。ここで

H_i : 各張力位置間の高低差 (m)

l_i : 各張力位置間の直線距離 (m)

W_h : ハンドレールの自重 (kg/m)

W_m : 乗客の手による荷重 (kg/m)

W : $W_h + W_m$ (kg/m)

R : ハンドレール案内面の曲率半径(第 9 図参照) (m)

R' : ハンドレール案内面の曲率半径(第 9 図参照) (m)

μ : ハンドレールと案内面の摩擦係数

C : ハンドレールの屈曲走行抵抗および駆動車を含む全ガイドローラの回転抵抗の総和 (kg)

r : 駆動車の半径 (m)

γ : ハンドレールと駆動車の接触角 ($^{\circ}$)

β : 駆動車上のハンドレール張力 T_1 の位置と垂直線とのなす角 ($^{\circ}$)

μ : ハンドレール駆動車との摩擦係数

ハンドレールを駆動し得る条件は同一の張力 T_1 kg の値において

$$P \geq Q \dots\dots\dots (5)$$

であればよい。したがって(5)式から

$$P = Q \dots\dots\dots (6)$$

とおけば駆動に必要な張力 T_1 kg の限界を定めることができる。

上式にそれぞれの数値を代入し、階高 $H=12.25$ m を入れて計算してみると、ハンドレールの駆動に必要な張力は $T_1=45$ kg となり比較的小さい値で駆動できることがわかる。

4.2.3 試験結果

新しい全透明式エスカレータ用ハンドレール駆動方式の実験的検討はハンドレールの寿命試験とあわせて行なった。

まず駆動に要するハンドレールの最大張力は、他の形式のエスカレータにおけると同時に小さな値であって計算の結果とよく一致し、ハンドレールの寿命試験から得た低い伸び率とあわせて考えると、初期の目的どおり走行抵抗の小さい理想的な駆動方式であることが確認された。

また、改良を重ねた新しい構成のハンドレールを使用した寿命試験は、従来から全透明式エスカレータにとって問題の多かった

ハンドレールの寿命、伸びの面できわめて良好な結果を示し、低い数値で伸びが飽和状態に移行する実績は、本駆動方式が超大形全透明式エスカレータ用として十分な実用性を備えていることを裏づけている。

5. 結 言

以上、株式会社西武百貨店に納入した直通エスカレータを例にとり、ビル内の混雑緩和、能率的な乗客輸送のために増備される直通エスカレータの利点、設備のあり方、および超大形エスカレータの問題点とその解決について述べた。

実際現段階においては直通エスカレータ設置の計画はまだ緒に付いたばかりであるが、日立製作所ではこれら超大形エスカレータに対し、合理的なハンドレール駆動方式の開発など新技術を導入するとともに、十分な試験を重ねて設計の資料とし、今後の特殊仕様に応じられるよう十分な態勢をととのえている。超大形エスカレータ設置が不可欠なものとなりつつある現在、本文がその参考に供されれば幸いである。

終わりに、デパート向けとして最初の超大形全透明式直通エスカレータ設備の機会を与えられ、ご協力いただいた西武鉄道株式会社および株式会社西武百貨店の関係各位に深く感謝申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 建築基準法施行令
- (2) 実用新案出願中



特 許 の 紹 介



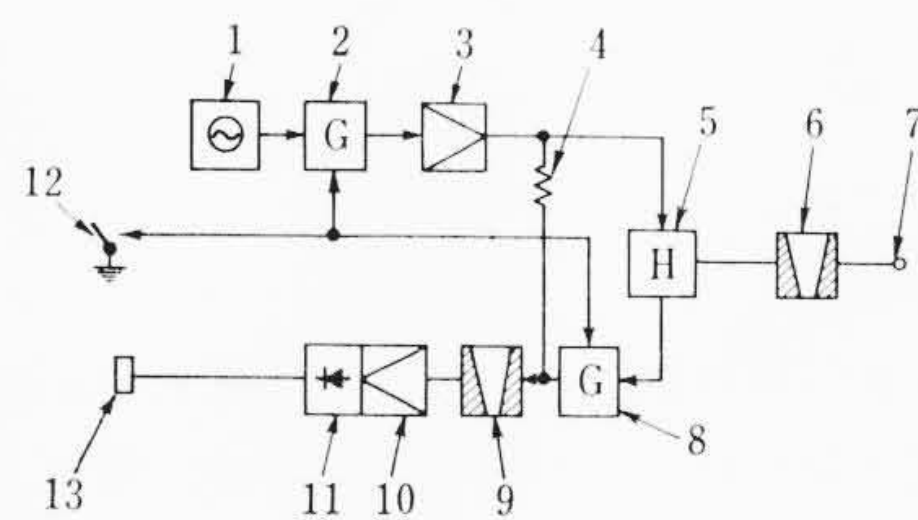
特許第414659号

建 協 勉

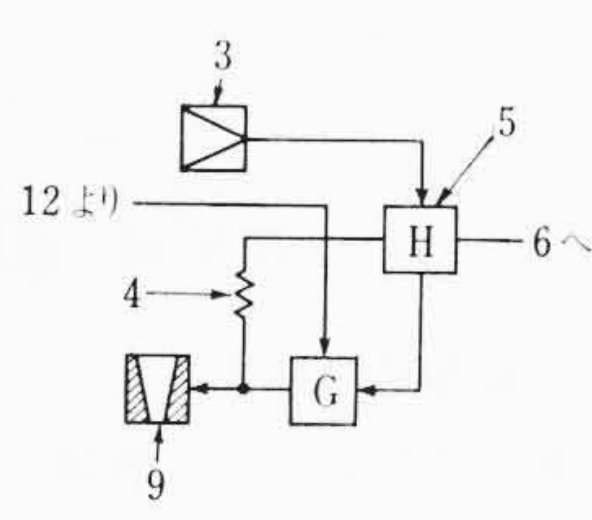
搬 送 継 電 装 置

この発明は、搬送継電装置において、搬送波を信号阻止式同一周波数方式とする場合に、両端同時に信号を送出した時ビートにより受信信号が消滅し受信不能となることを有効に防止し得る装置に関するもので、第1図において発振器1の出力は送信開閉ゲート2を通り送信増幅器3で増幅されハイブリッド5を通り送信濾波器6を経て出力端子7から線路に送出される。送信開閉ゲート2は送信制御継電器の接点12により制御され、接点12が開の場合に送信開閉ゲート2は開となり送信される。一方相手端からの受信信号波は出力端子7、送信濾波器6、ハイブリッド5、受信開閉ゲート8、受信濾波器9、受信増幅器10、検波器11の経路で受信検波され受信継電器13を動作させる。抵抗器4は送信信号波の一部を受信濾波器9の前に所定のレベルで漏すように接続されている。この場合第1図に示すように接続する外、第2図に示すようにハイブリッド5の平衡回路側より取り出せば、相手端からの信号波がこの回路を通して漏洩されることを更に有効に防止できる。受信開閉ゲート8は、送信時、即ち、送信制御継電器の接点12が開のとき、閉となるゲートである。今、送信制御継電器の接点12が閉の場合には、送信開閉ゲート2は閉となっているから、送信されず受信開閉ゲート8は開となり、相手端からの信号を受信する状態となっている。

ここで受信信号波が到来すれば受信継電器13は動作する。一方送信制御継電器の接点12が開の場合には送信開閉ゲート2は開となり、線路に送信信号を送出すると共に、抵抗器4を介して自端の受信回路にも印加して受信継電器13を動作させる。この時受信開閉ゲート8は閉となっているから、相手端からの受信信号が到来してもビートにならず、従って安定な受信動作を行なうことができる。このように受信開閉ゲート8および抵抗器4を追加したことのみにビートによる不安定さをなくし、かつ点検動作と実動作の差による欠点をなくすることができる。(後藤)



第1図



第2図