

エスカレータの安全性と保全性

Development of Safety and Maintainability of Escalator

中尾彰一* Shōichi Nakao

佐藤善彦* Yoshihiko Satō

Escalators today have become a must in department stores, supermarkets, railroad stations and other large buildings because of its large transporting capacity, efficiency and beautiful designs matching modern architecture. However, in view of tremendous increase in the number of passengers and varying mode of escalator application further improvement of riding safety of escalator has been a major concern among the concerned parties. On the other hand, rationalization of the escalator maintenance work has come to pose a problem that cannot be slighted. This article describes new escalator designs for improved safety and automation of lubrication which constitutes the basis of escalator maintenance.

1 緒 言

エスカレータは、従来おもに大形百貨店内のサービス機関として親しまれてきたが、近年、大きな輸送力、利用のしやすさ、美しい意匠などの特長を生かして使用分野が拡大し、需要は急増してきた。特に、地方都市におけるスーパーマーケットを中心とする台数の増加、大都市における駅の大量輸送機関としての利用の増加は注目に値する。エスカレータは建物内で人を輸送するものであるため、静かな運転と快適な乗りごこちを確保するとともに、安全な乗物でなければならない。従来、安全については法規に規定された安全項目を守ることはもちろん、先進諸外国の例にならった安全構造を付加し、また、長年の使用に耐えるようにじょうぶで高精度な製品とすることに努めてきたが、それらは乗客が正しい姿勢で静かに乗ることが前提となっており、従来の使用分野ではそれが満足されていた。しかしながらエスカレータの需要の

増大により、利用客は老若男女の別を問わず拡大し、どのような場所でもすべての人がエスカレータ利用の便を受ける一方、利用に不慣れな乗客や、不自然な乗り方をする乗客が増加し、さらにはエスカレータで遊んだり、荷物を運ぶという現象がふえてきた。また、都市交通用エスカレータではラッシュ時間帯の混雑が年々激しくなり、エスカレータの乗降口は乗客があふれている。このため従来以上の安全性向上が注目を浴びている。一方、設置台数の増加により、エスカレータを常に安全に稼(か)動させるための保守作業量も急速にふえてきた。特に、都市交通用エスカレータでは運転時間が一般店舗のエスカレータの2～3倍にもなるうえ、高揚程エスカレータや屋外エスカレータであるため、保守作業をいかに効率よく行なうかが重要な問題である。以上のような情勢ではエスカレータの構造の改善による安全性の向上、メンテナンスフリー化を重点的に推進した保全性の向上が、今後のエスカレータの大きな課題である。以下本稿では最近の日立エスカレータの安全性と保全性向上の具体策について述べる。



図1 交差設置形エスカレータの安全設備 エスカレータと建物との間にすきまや夾角部があるので、ここに保護装置が必要である。

Fig. 1 Safety Precaution for Enviroment of Escalators Installed with Crisscross Arrangement

2 エスカレータの安全性の諸問題

エスカレータの踏み段は30m/min以下の低速度で走行しているのでだれでも容易に乗降できるものであり、最近では部品精度、組立技術の向上により安全性と信頼性はいっそう向上している。しかしながら乗客の不注意、管理の不備によっては思いがけない事故を招く場合もある。以下最近のエスカレータの安全性の諸問題をあげてみる。

2.1 エスカレータと建物の間

エスカレータは建物の階床間をつなぐものであり、図1に示すようにエスカレータと天井の交差部、接近した2台のエスカレータの交差部には夾角状のすきまがあるが、乗客が下階床や周囲の様子に気を取られて欄干から身を乗り出しているとこの夾角部に身体をはさまれる。またエスカレータを据え付けるための床の穴の周囲には柵(さく)があるが、エスカレータの欄干ターミナル部では柵と欄干の間にすきまがあり、ここから幼児が入り込む危険がある。これらに関しては図1に示すような、適当な保護装置や柵を取り付ける必要がある。また、これら乗客の危険な乗り方やエスカレータで遊ぶこと

* 日立製作所水戸工場

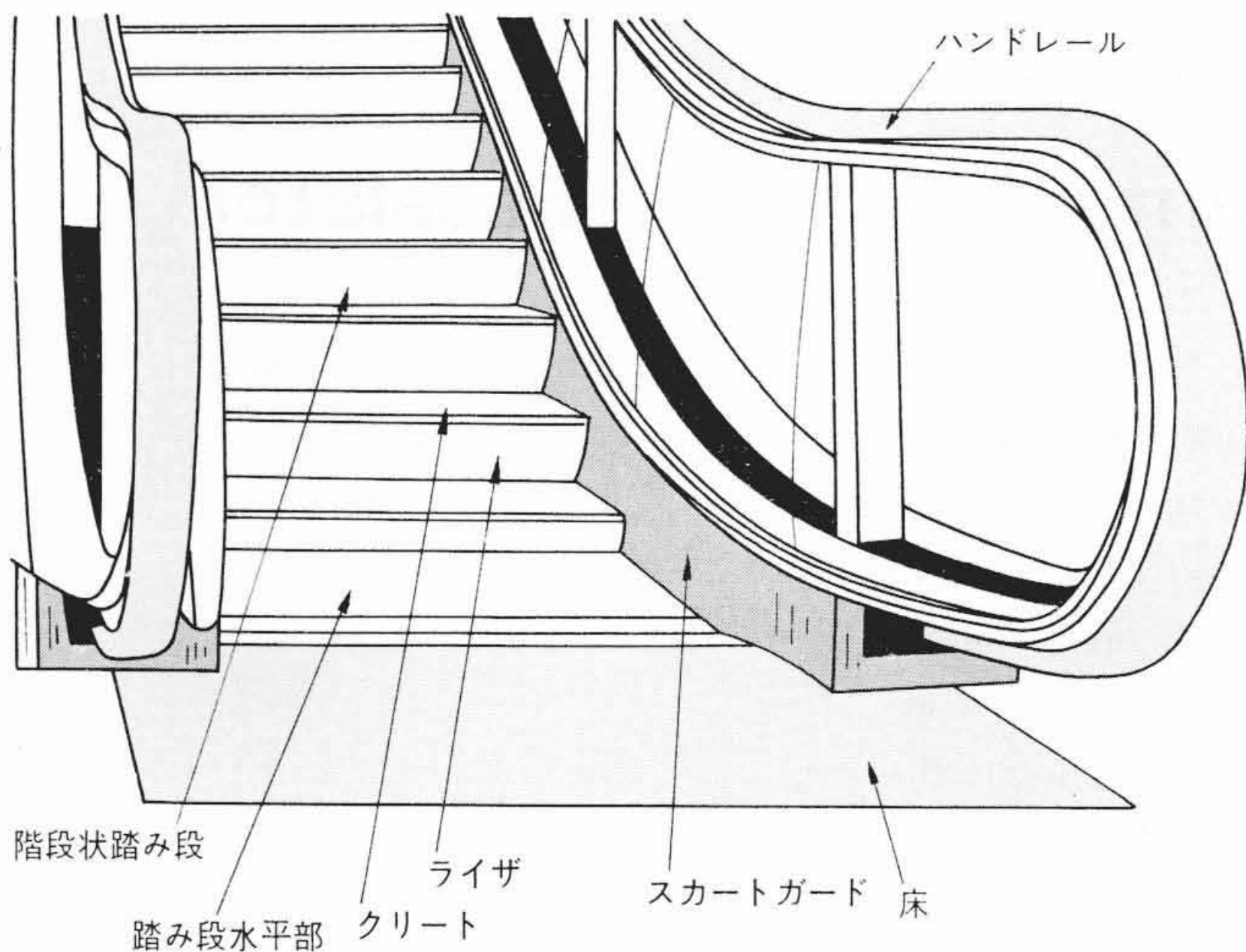


図2 エスカレータ踏み段形状の変化 床に近い所で踏み段は水平であるが、前方へ進むにつれて徐々に階段形状に変化する。

Fig. 2 Change of Relative Position of Adjacent Steps

を禁止するよう、建屋管理者の乗客への配慮が必要である。一方、エスカレータの乗降口は大勢の乗客が容易に乗降できるスペースをとるなど、エスカレータと建物の関係でも多くの注意が必要であるが、これについては別稿で述べる。

2.2 踏み段

エスカレータの踏み段の配列は図2に示すように乗降口付近では水平、中間の傾斜部では階段形状になるので、その変化の途中では隣接する踏み段のクリアートとライザの間に相対運動が生ずる。また、踏み段の両側面にはスカートガードがあり、踏み段のクリアートおよびライザとスカートガードの間にも相対運動が生ずる。これらの相対運動を起こすものの中にはわずかのすきまがあり、そのすきまは常に均一となるよう高精度にできているが、乗客が柔らかい靴(くつ)先(たとえばビニル製の雨靴)を隣接する踏み段のライザやスカートガード面に押しつけていると摩擦力が強く、かつ靴先が容易に変形して吸いつくため、このすきまに靴先をはさまれることがある。最近では踏み段のライザはみぞを持ついわゆるクリアートライザが用いられ、靴先が接していてもはさまれにくくなっており、また、スカートガード面にはすべりやすい油の塗布や特殊な材質を使用するなどの予防策をとっているが、乗客が踏み段の中央に正しく乗るような工夫および指導が必要である。

2.3 欄干ターミナル部

エスカレータは混雑時でも乗客が安全に乗降できるように、図3に示すように欄干ターミナルの張出しを大きくして、床の端からハンドレールの水平部分の長さ L をできるだけ長くすることが望ましい。アメリカの法規ではこの長さ L を12in以上と規定している。欄干ターミナルの張出しを大きくすることは欄干意匠の向上にもなり、近年この種のものが高級エスカレータに採用されているが、ハンドレールの折返し部と床の間のすきまが細長くなり、エスカレータに不慣れた乗客が降り口でハンドレールをいつまでも離さなかったり、また幼児がここでハンドレールに触れて遊んでいるうちに、誤ってこのすきまに手や身体をはさまれたり、手先をインレットガードの中にはさむ事故を起こすことがある。特に、店舗、遊技場および屋外設置のエスカレータでは幼児がエスカレータで遊ぶ機会が多く、誤ってこれらの事故を起こすことが多

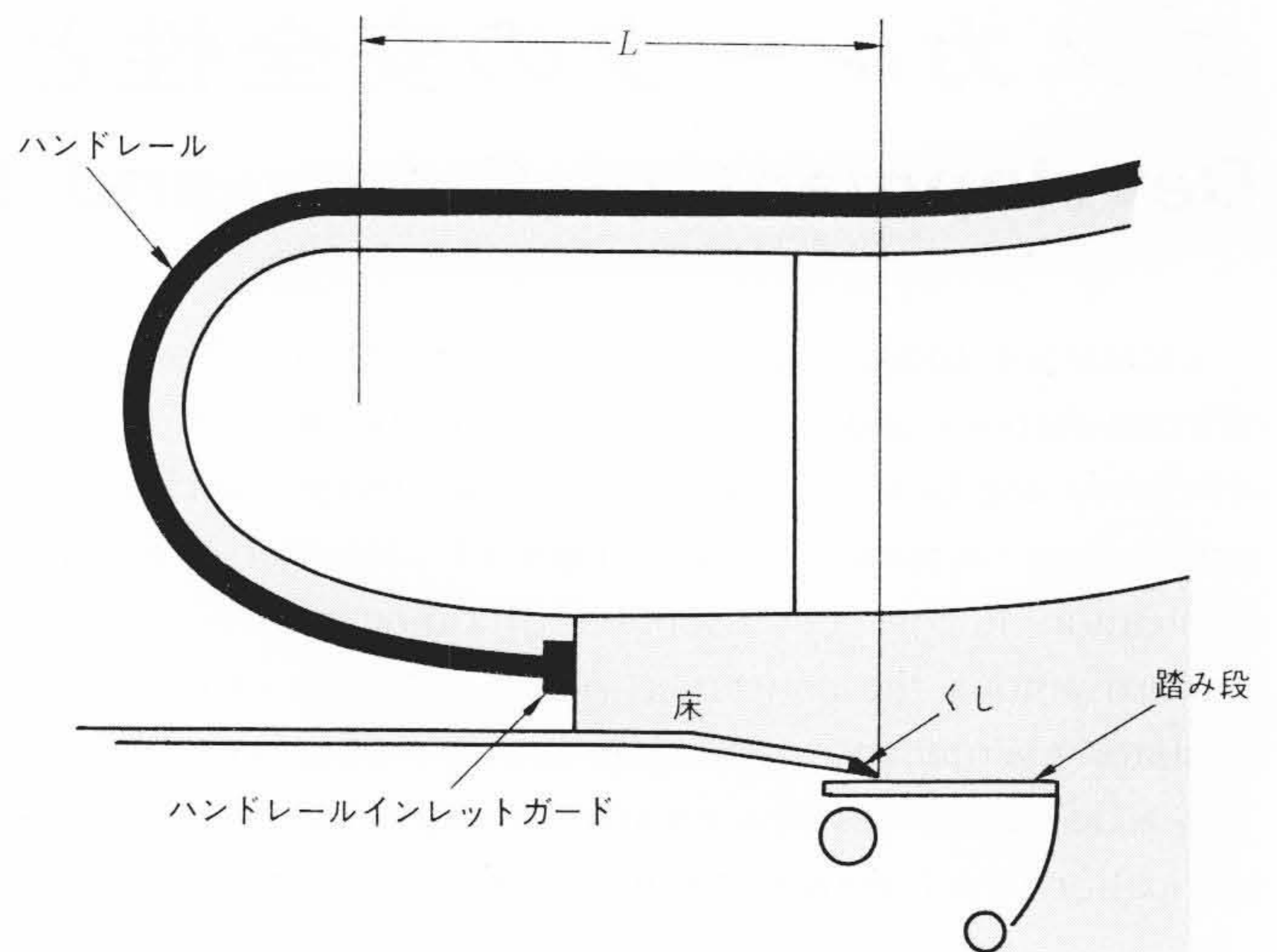


図3 エスカレータ欄干ターミナル部 くしの端から床部のハンドレール張出し寸法 L が長いほど乗降しやすい。

Fig. 3 Newel of Escalator Balustrade

い。これに対しては、人が欄干ターミナル付近に接近しにくくするような建築上での配慮も必要であるが、はさまれることを防止する安全な構造にすることが必要である。

2.4 高揚程エスカレータの制動装置

都市交通用エスカレータは高揚程のものが多く、国内での最高階高は20.4mにもなるが、ラッシュ時間帯には一度に大量の人が乗り込み、乗客の負荷は数トンにもなる。このようなときに万一トラブルが発生して安全装置の一つが動作したり、非常停止スイッチでエスカレータを急停止したときには、大勢の乗客が高い階段上で将棋倒しになるおそれがある。また都市交通用として将来需要が増すと予想される高速エスカレータでは、高速度から急停止すると停止ショックはいっそう大きくなる。それゆえ高速エスカレータでも、乗客がだれでも容易に乗降できる構造とする必要がある。

3 エスカレータの安全増構造

エスカレータの安全規格は国内の法規(建築基準法施行令第129条の11, 13)ではごく基本的なものについて規定してあるが、世界各国のエスカレータ安全規格の手本となっているアメリカの法規では、かなり細かい構造や寸法を安全性の観点から規定しており、われわれもこれにならっている。したがってエスカレータは安全な乗物であるといつてよいが、2.で述べたように乗客の不注意やいたずら遊びによって、不測の事故が発生する場合がある。このためエスカレータ周囲の安全付帯設備の設置や、建屋側の安全管理の強化を図る一方、エスカレータ本体にも従来にない構造や装置を加えて安全性を高めるように改善、研究が行なわれている。以下、最近の日立エスカレータの安全増構造について説明する。これらはいずれも前述のような事故を完全に防止できるものではないが、従来よりも安全性を高めるために逐次採用されている。

3.1 踏み段

エスカレータの踏み段の安全性を従来以上に高めるためには踏み段が次の条件を満足する必要がある。

- (1) 強度、剛性が高く、長年使用後も精度が維持できること。
- (2) 乗客が踏み段の中央に正しく乗れるように、踏み段1個の境界が正しく認識できること。
- (3) 踏み段のクリアートと相対運動を起こすライザやスカート

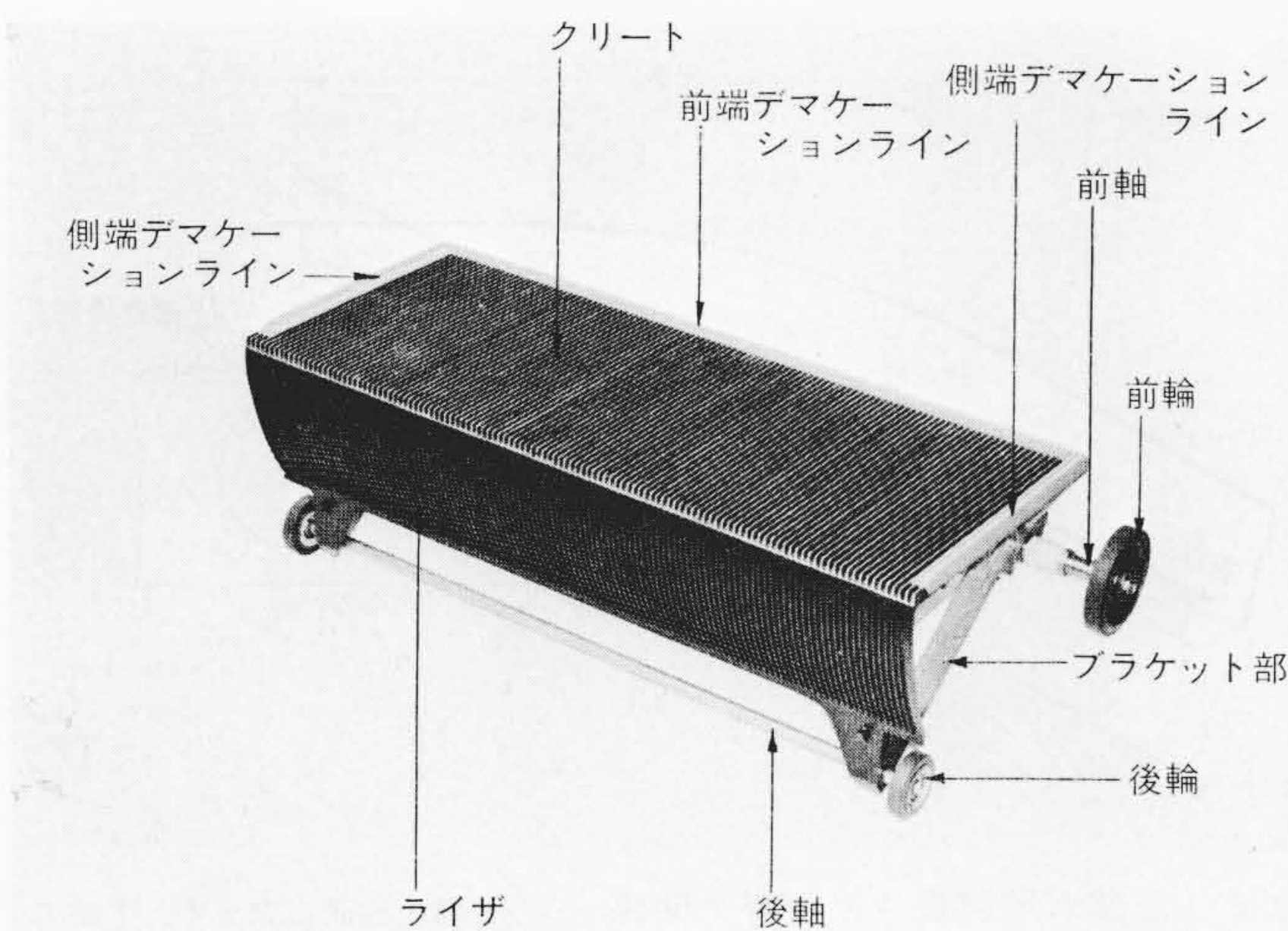


図4 一体成形踏み段 クリート、ライザおよびブラケットを完全一体にダイキャスト成形し、クリート上面の3方にデマケーションラインを取り付けている。

Fig. 4 One Piece Diecast Step

ガードに乗客の靴先が接近しても、これに強く接触したり、また、たとえ接触しても簡単にはさまれない構造であること。

以上の条件を満足するものとして、われわれは図4に示すような踏み段を開発した。本踏み段は従来一般に使用されている踏み段、すなわちクリート、ライザ、ブラケット、補強などの部品を別々に作り、従来これらをボルトや小ねじで組み立てた構造を、部品をすべてアルミニウムダイキャスト成形のうえ一体化し改善したものである。このため従来にも増して強度、剛性とも高く、長年使用しても精度を維持することができる。本踏み段の前端および両側端の幅約30mmは、鮮明な色のプラスチック材で成形した帯状のクリート（デマケーションライン）から成り、隣接する踏み段との境界を明確に認識できる構造である。このデマケーションラインは、従来は塗装であったが着色プラスチック成形材にしたため長期にわたり明確な表示ができる。前端的デマケーションラインは踏み段クリートと同じ歯を持ち、その先端は踏み段が階段形状に並ぶエスカレータの中間部において、前の踏み段ライザの歯とかみ合ってすきまを小さくしている。このため乗客の靴先がライザに接触していても、クリートとライザが相対運動を起こす際にこれがはさまれにくい構造である。また、両側端のデマケーションラインのうちで、最側端の歯は図5に示すように他の歯より約8mm背が高くなっている（実用新案申請中）。したがって乗客が足を踏み段の端に近づけたとき、靴の底がこの高い歯の壁にあたるのでスカートガードとは接触しない。また、万一この歯を乗り越えてスカートガードに接触しても、高い歯があることの異常に気がついて足を引っ込めるように注意を喚起することができる。

以上のような新構造の踏み段により、乗客の不注意による事故はかなり低減できると考え、すべての日立エスカレータに採用されているが、さらにクリートとスカートガードの間に万一はさまれたときにはエスカレータが停止するように、最もはさまれることが多いと考えられる下部の曲線レール部にスカートガードスイッチを設けている。

3.2 欄干ターミナル部安全装置

2.で述べたような欄干ターミナル部の安全問題に対しては、ターミナル部を次のような構造にすることが必要である。

(1) ハンドレールとそのインレットガードの間にはわずかの

すきまがあるので、万一ここに幼児の指先など小異物がはさまれたときは、エスカレータが直ちに停止すること。

(2) 欄干ターミナル部のハンドレール折返し部と床のすきまに人体などがはいってきても、これをはさみ込まないような広さをとること。また、万一はさみ込まれたときは、エスカレータが直ちに停止すること。

図6は、以上の条件を満足するものとして、すべての日立エスカレータに採用した安全装置を示すものである。これは従来のインレットガードより大形にして長く突出し、先端部でのハンドレールと床のすきまを120mm以上としている。この寸法は幼児の胸部の厚さから決められたもので、はさまれてもその部分が圧迫されない寸法である。また、インレットガードの内部は、同図に示すようにマイクロスイッチとその作動レバーを組み込み、ハンドレールと床の間に異物がはさ

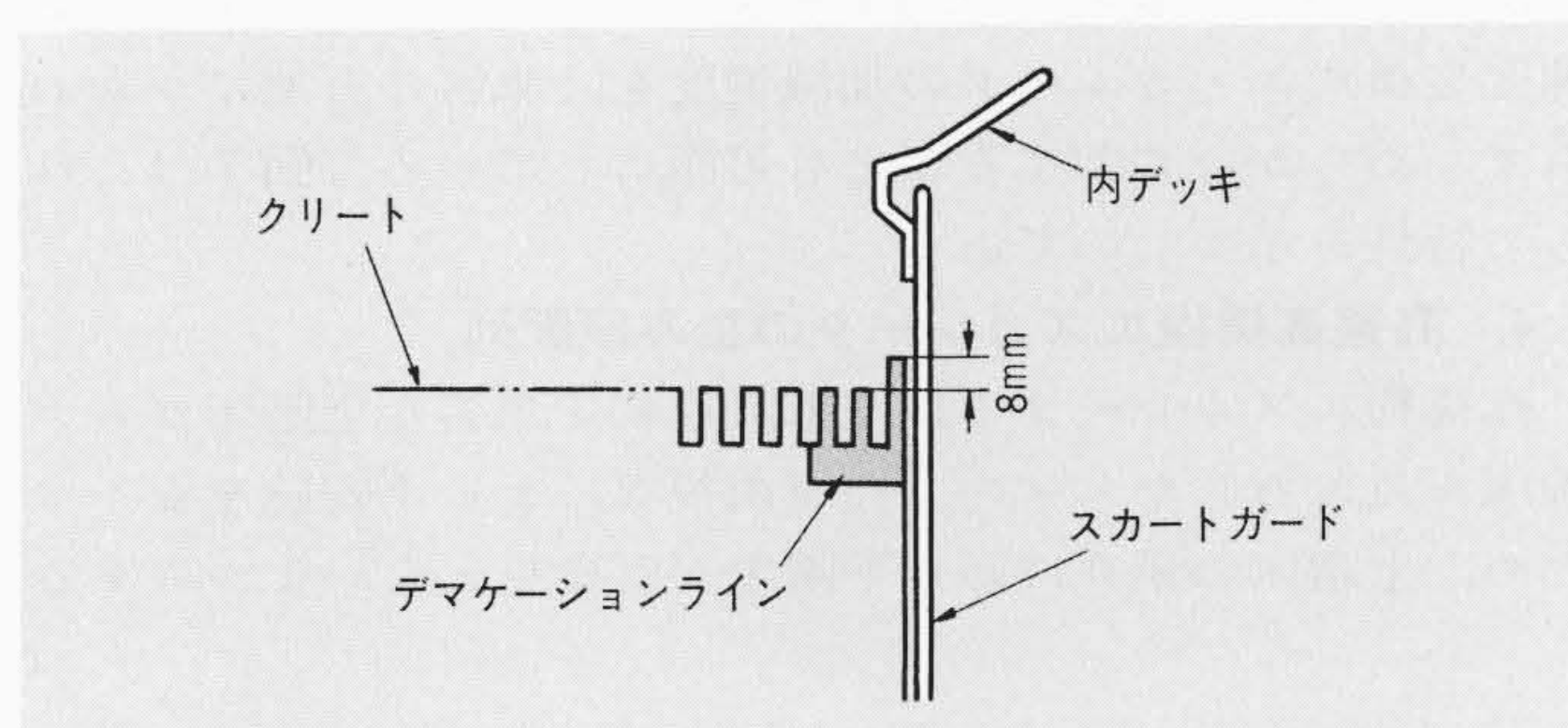


図5 踏み段の側端部デマケーションライン スカートガードに最も近いクリートの歯が1枚だけ高くなっている。

Fig. 5 Demarcation Line at both Sides of Step

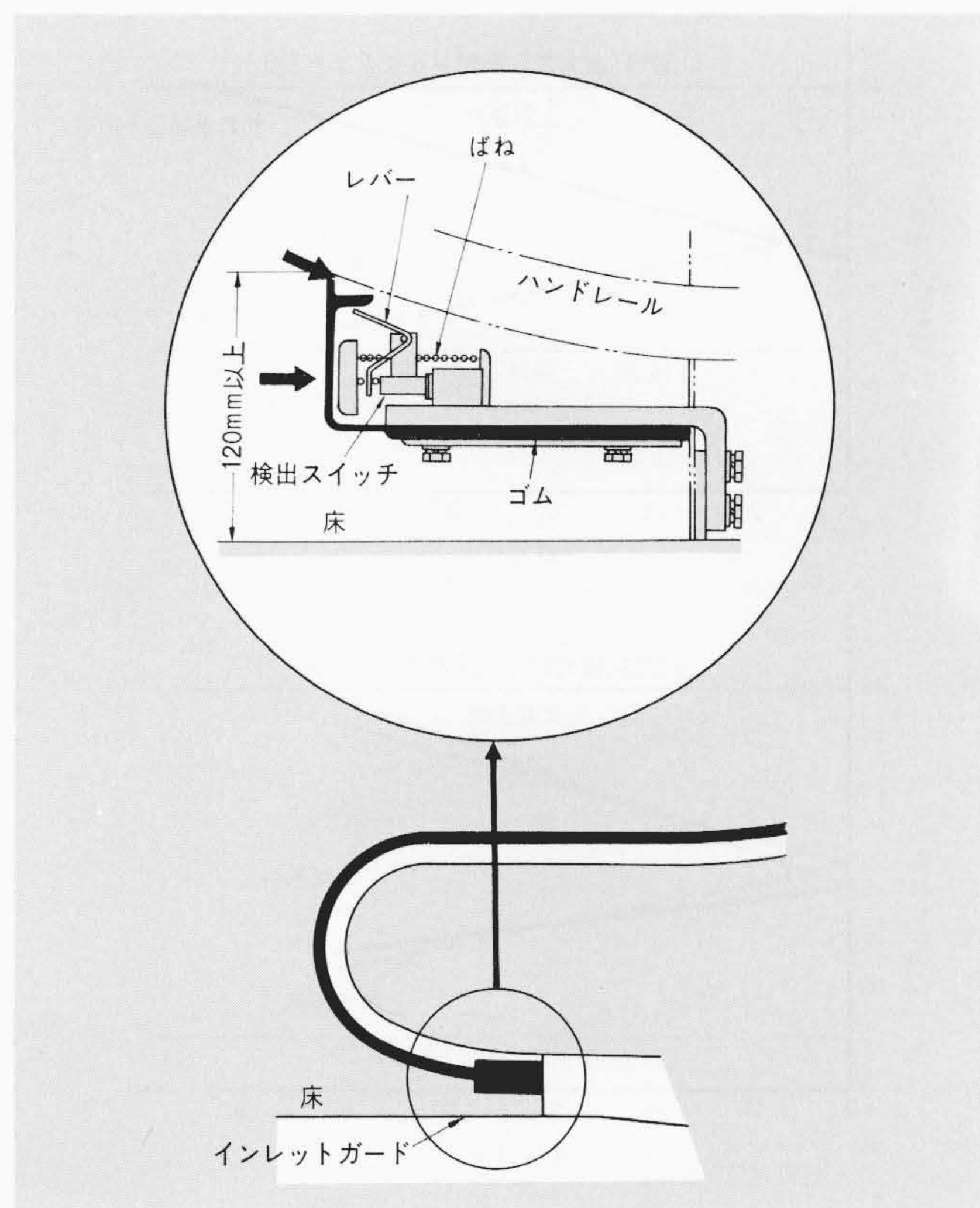


図6 ハンドレールおよびインレットガード インレットガードを正面から押しても、またハンドレールとインレットガードの間に異物をはさんでもスイッチが動作する。

Fig. 6 Inlet Guard for Handrail

まって矢印方向にインレットガードを強く押したときおよびハンドレールとインレットガードのすきまに異物がはさまったときのいずれの場合も、スイッチが動作してエスカレータが停止する構造となっている(特許申請中)。

3.3 二重ブレーキ装置

2.で高速、高揚程エスカレータでは、非常停止時にも乗客が将棋倒しにならないような配慮が必要なことを述べた。われわれの実験では、乗客に安全な減速度は最大40galである。また、非常停止時の停止までの最大距離は、非常停止の意味からも2m以下に押える必要がある。エスカレータは1日のうちで乗客が大量に乗る時間と、ほとんど乗らない時間があり、また運転方向も上昇、下降の二とおりがある。これらいずれの条件でも上記の安全のための減速度は満足されなければならない。われわれはこれを満足する二重の制動力を持つ特殊構造の制動装置を開発し、高速エスカレータおよび階高8.5mを越える高揚程エスカレータに採用している¹⁾。また、2速度変換式エスカレータの加減速度を、乗客の有無にかかわらずなめらかに制御することも可能にしている²⁾。図7はこれらの特性を示すものである。

3.4 高速高揚程エスカレータの踏み段配列

高揚程エスカレータでは、下降運転で乗客が上階床から下階床を見おろしたときの、高所の視界による不安感をなくするため、上階床の乗り口から下階床が直接見えないようにする

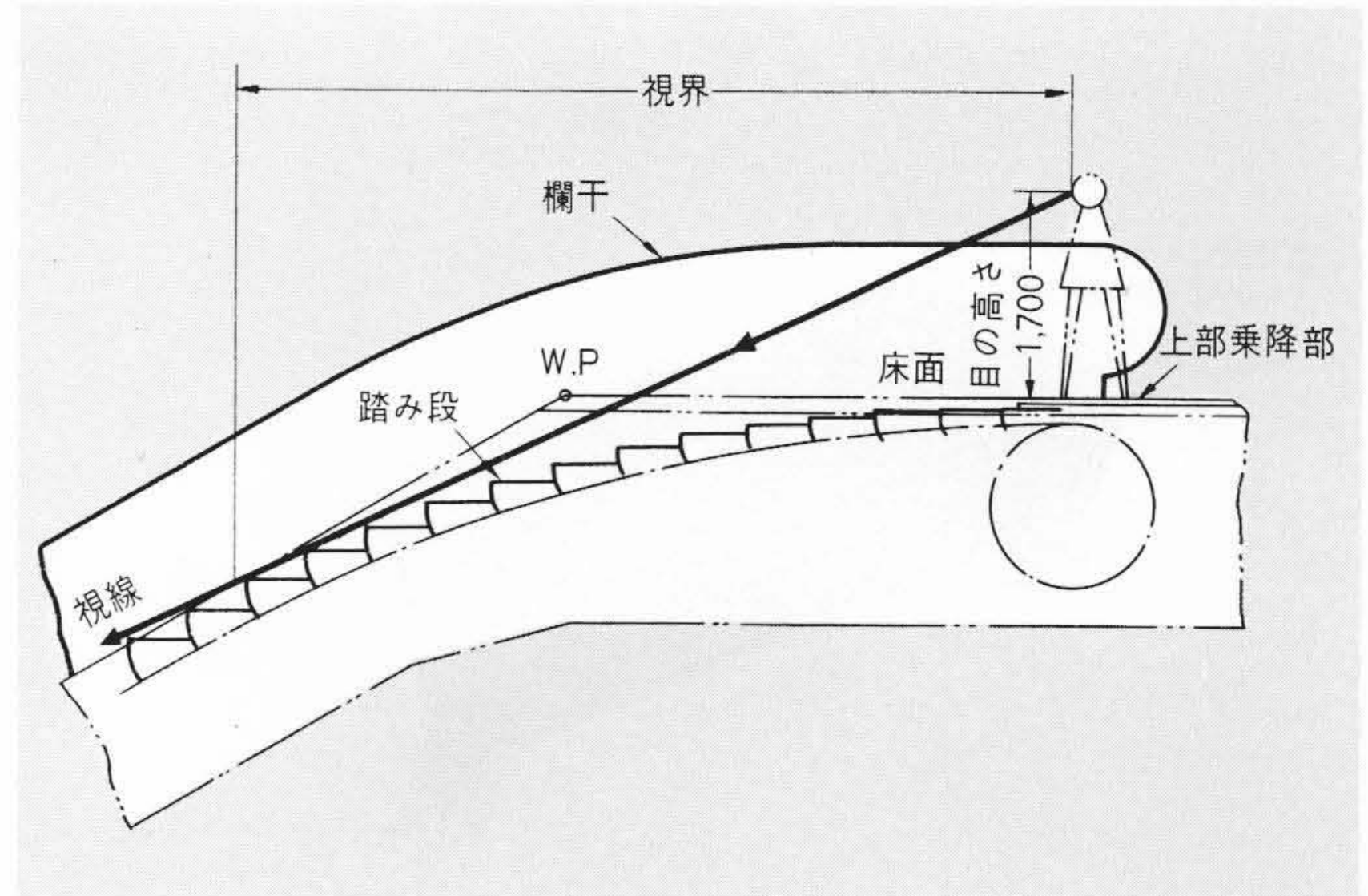


図8 上部水平部長さと視界の関係 上部の床面に立って、下部の床面が見えないので高揚程エスカレータでも高所の不安感を感じさせない。

Fig. 8 Relation between the Length of Horizontal Steps and Sight

必要がある。すなわち、図8に示すように、踏み段の上部水平部と傾斜部を結ぶ踏み段レールおよび欄干を、ゆるやかな曲率で結んで水平部を長くすることによりこれが可能である。また、高速エスカレータでは乗降口付近の水平踏み段部分を長くすることにより、乗客の乗り降りが容易になる。われわれの実験では速度40m/min以上のエスカレータでは、水平踏み段を3個以上とれば、速度30m/minのエスカレータと同程度になることを確認している。

4 エスカレータ保守作業の諸問題

4.1 エスカレータの保守問題

エスカレータは人を輸送する機械であるので、今までに述べたような安全な構造や装置が必要であるが、エスカレータは1日中連続運転稼動するものであり、安全性を維持するためには機器の細部にわたる点検、給油および清掃を行ない、故障やこれに伴う事故を未然に防止することが重要である。このために定期的な保守作業を行なうことが必要であるが、近年都市交通用を含むエスカレータの設置台数の急増により、保守作業の効率向上を図らなければ限られた保守技術者だけでは、十分な保守が不可能になりつつある。すなわち、都市交通用エスカレータでは一般に高揚程の大形エスカレータが多く、保守時間が長くなるうえに、一般道路や連絡通路の延長ライン上に設置されるため、塵埃(じんあい)、小石、たばこの吸いながらその他多くの異物が持ち込まれるので、一般店舗のエスカレータに比較しきめ細かい保守を行なう必要がある。特に内部清掃をおろそかにするとたばこの灰が塵埃に引火して火災を招来することがある。また、踏み段クリーンや乗降口のくしの歯は小石のかみ込みや乱暴な乗り方のための折損が多く、放置しておくとう安全性をそこなうことになる。しかしながら、1日20時間以上の連続運転で定休日もないため、保守作業は深夜の短時間に限られる場合が多く、昼間作業ができる場合でも乗客の立入り防止柵の設置や回路の指示、あるいは衆人環視の中での作業を強(し)いられるため、通常の保守作業以上の負担が加わる。一方、保守技術員の数には保守契約したエスカレータの台数に見合って設定されるが、大形百貨店ではエスカレータが1店に10~30台と大量に設置されており、こうした百貨店と何店も保守契約している場合に、定休日すなわち、保守日が特定の曜日に重なる場合が多く、その特定日に保守作業を消化する手段が必要となる。

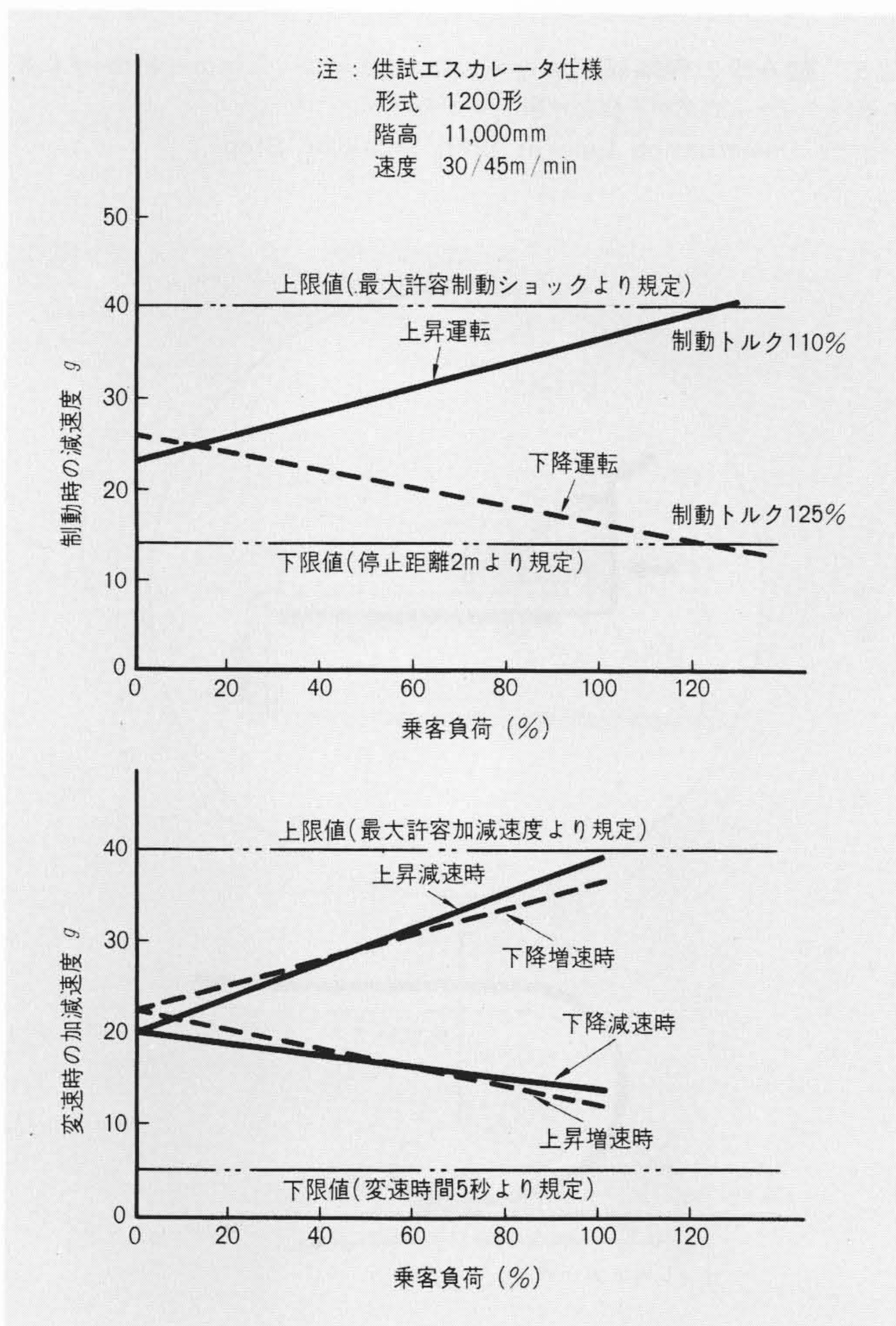


図7 高速エスカレータの制動および加減速特性 乗客負荷の大小および運転方向にかかわらず乗客に与える加減速度が許容範囲内になっている。

Fig. 7 Characteristics at Braking and Speed Change of High Speed Escalator

表1 エスカレータの保守作業で特に時間のかかる項目 給油作業が最も多くの時間を占めている。

Table 6 Items which Take Long Time Maintenance Work

項番	保 守 項 目
1	踏み段チェーン、駆動チェーン、ハンドレール駆動チェーン給油
2	軸受の給油
3	レールの清掃と給油
4	駆動チェーン、ハンドレール駆動チェーンのたるみ調整
5	機械室清掃
6	オイルパンの清掃
7	くし交換、ランプ交換

4.2 エスカレータの保守作業

上記のようなエスカレータの保守作業の合理化を検討するにあたって、保守上多く時間をとる項目をあげると表1のようになる。これで見ると給油作業が最も多いことがわかる。エスカレータは図9に示すように踏み段チェーンに踏み段を連結することにより駆動されており、円滑な運転のためには踏み段チェーンの精度を維持することが重要である。踏み段チェーンは空気中のほこりや踏み段上の乗客の土足の泥(どろ)などが落ちてきて付着する。このため保守作業時にはチェーンの入念な給油が必要である。その他上部機械室の駆動チェーンやハンドレール駆動チェーンへの給油も同様に重要である。

次に踏み段は図10に示すように前軸と軸受を介して固定されているが、この軸受と前軸は常に円滑な揺動運動が必要で軸受にも定期的な給油が必要である。特に屋外形エスカレータでは軸受部にも雨水がかかるため、給油はきわめて重要である。しかし一般にこの給油作業はやりにくく、完全な給油は踏み段をはずさなければできない。

ともかく保守作業効率向上の第一要条としては、給油作業

の改善を取りあげねばならない。

5 エスカレータ給油作業の改善

5.1 チェーン自動給油装置

エスカレータの各種チェーンの給油は、一般に人の手または簡単な道具によって行なわれる。これはチェーンに潤滑油

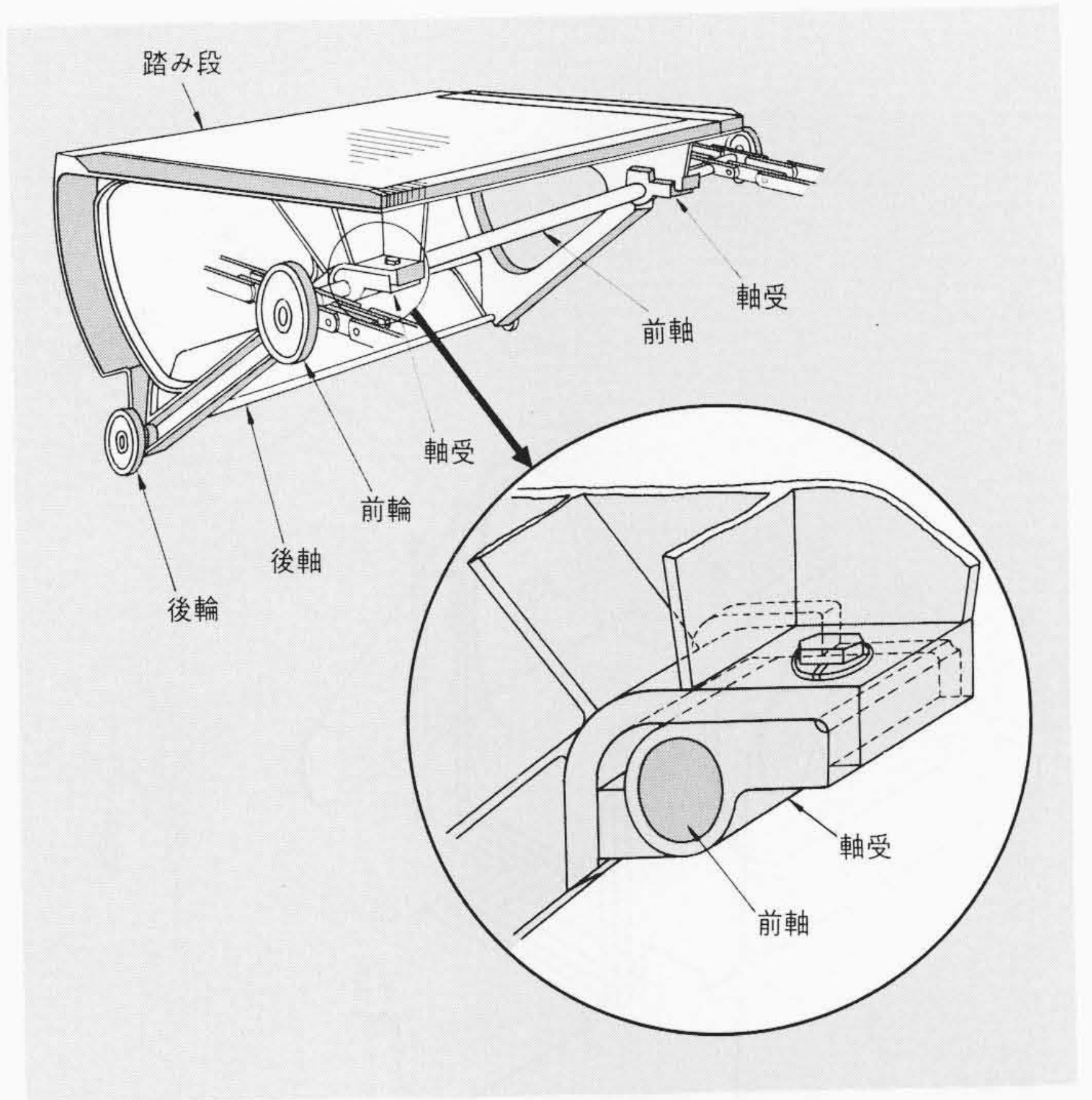


図10 踏み段軸受 踏み段は前軸と軸受を介して固定している。

Fig. 10 Bearing of Step

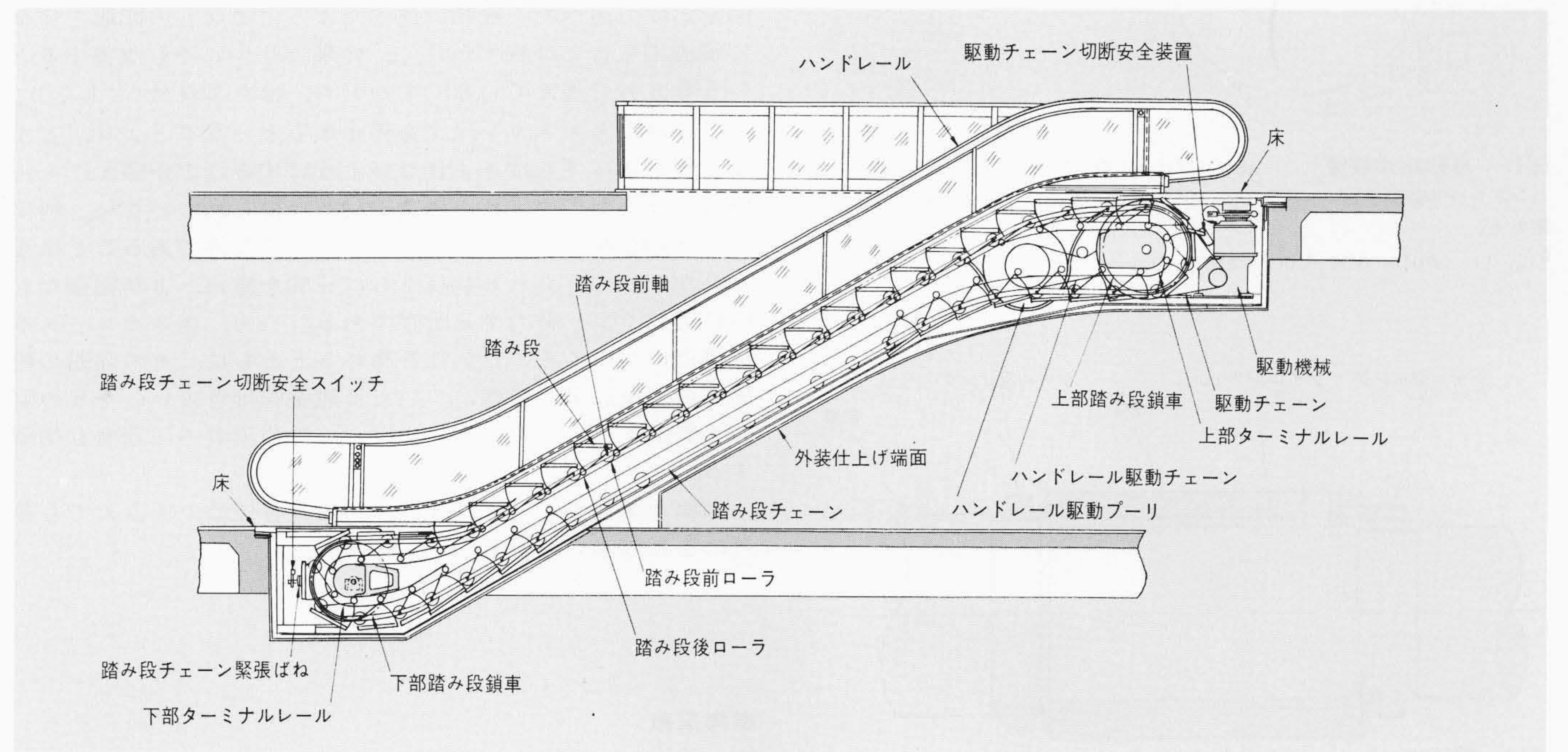


図9 エスカレータの構造 踏み段は踏み段チェーンに固定され、上部の踏み段鎖車を駆動して、踏み段チェーンを走行させる。

Fig. 9 Mechanism of Escalator

をかける方法であるが、大量に給油してもほとんど流れ落ちてしまうし、また、あまり大量に給油するとエスカレータの外部へ流出することがある。したがってチェーンは一定の時間ごとにまとめて給油するよりも、必要なごく少量を毎日給油するほうが有効である。われわれはこのような目的にそうするため、図11に示すような自動給油装置を開発した。これは上部機械室に取り付けた油ポンプにより、分配弁を経て各チェーンに給油するもので、油ポンプの吐出し量をできるだけ少なくし、チェーンへの給油口には同図に示すような特殊形状

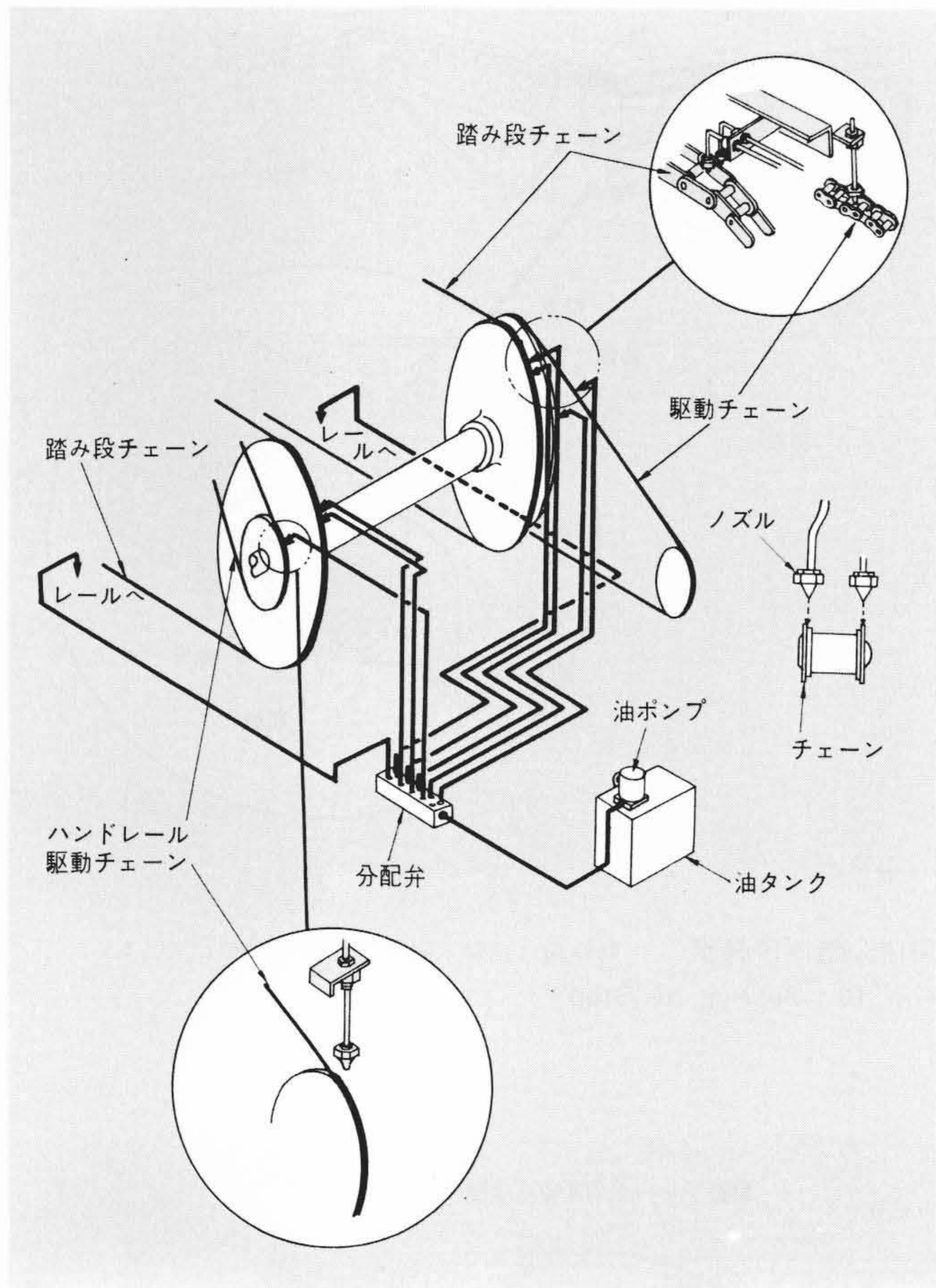


図11 自動給油装置 油ポンプにより踏み段チェーン、駆動チェーン、ハンドレール駆動チェーンおよびレールへ給油し、油はノズルから糸状に流れ落ちる。

Fig. 11 Automatic Lubricating Device

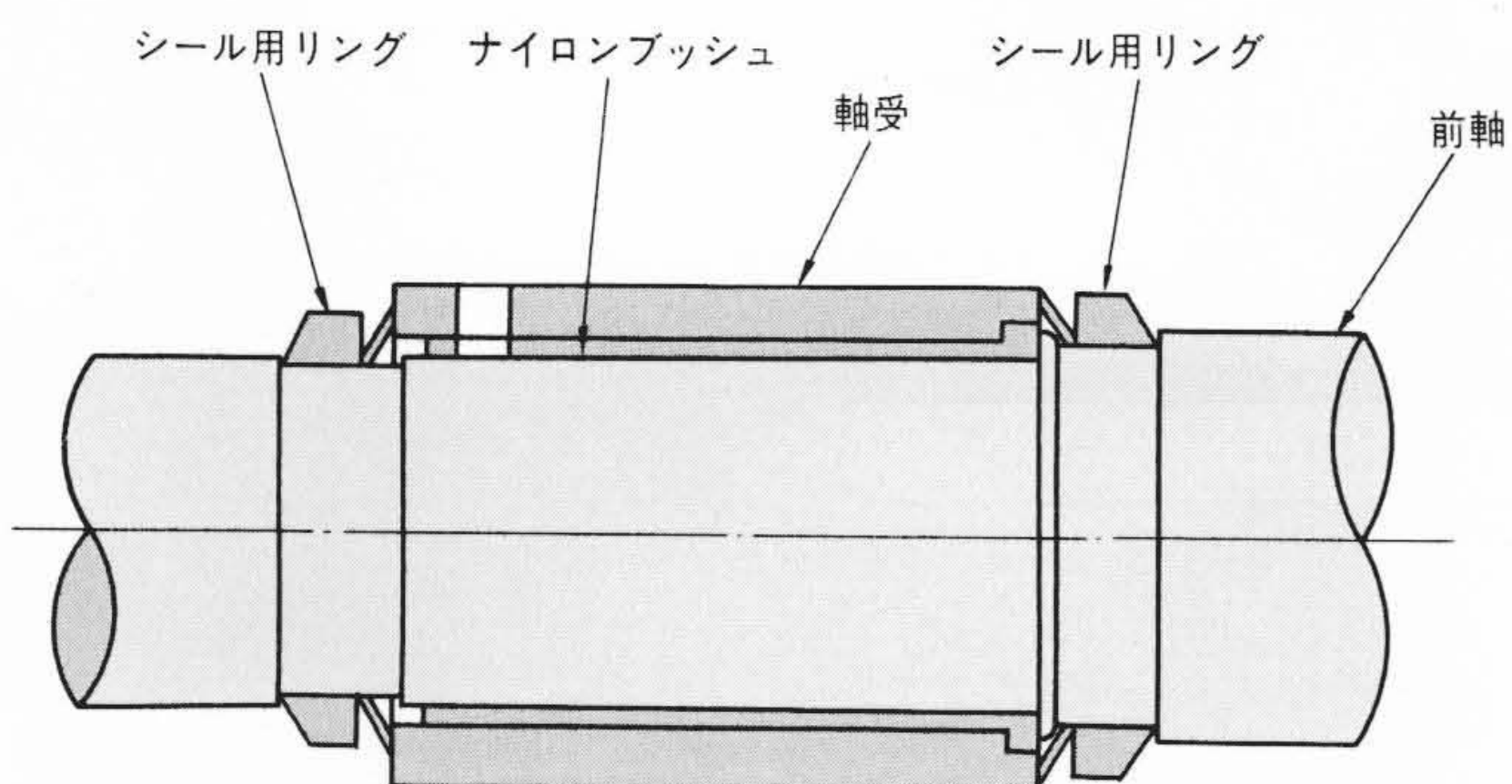


図12 屋外式エスカレータ用ナイロン軸受 金属製のハウジングにナイロン製のブッシュを圧入接着し両端には塵埃を防止するリングを取り付けている。

Fig. 12 Nylon Bearing of Step for Outdoor Type Escalator

のノズルを設けて、運転中のチェーンのリンクへ糸状の油を連続かつ少量ずつ給油できるようにしたものである（特許申請中）。潤滑油は外気温によって粘度が変化し、同じ吐出し量とするための圧力が大幅に変わるので、給油回路のセット圧力を季節によって大幅に変える必要があるが、われわれはエスカレータの上部機械室が駆動機械の発熱により温度上昇することを利用し、エスカレータが運転開始して油タンクの温度がある程度上昇してから、運転中に一定時間だけ毎日給油する方式を採用した（特許申請中）。本装置の取り付けにより2～3ヶ月に一度油タンクに補油するのみで、チェーンへの給油は自動となり、保守作業の合理化に大きく役だつものと考えられる。

5.2 無給油軸受

踏み段と前軸をつなぐ軸受は4.で述べたように給油しにくく、また、これを自動給油方式にすることは機構上困難である。したがって無給油軸受か、給油間隔を長くとれる軸受が必要である。われわれは屋外式エスカレータでは金属製のわくにナイロンリングを嵌（かん）合した、図12に示すような軸受を採用している。これはナイロンの自己潤滑性を利用したもので、水がはいっても発錆（せい）することはない。また、これには細かい塵埃の侵入を防ぐために、軸受の両側にゴムリングのシールをはめている。しかし一般にプラスチック材は金属に比較しごみや異物がはいったときに傷がつきやすく、別に耐候性、寸法変化などの問題もある。そこでわれわれは焼結含油軸受についても検討し開発した。これは金属の粉末を高精度に成形したもので、含油しているので潤滑性を長時間保ち、従来のFC材の軸受に比較し給油間隔を2倍以上にすることができる。このような軸受は今後の材料の進歩、改良によって、さらに実用性の高いものができると思われる。

6 結 言

以上、最近のエスカレータの安全性、保守性の問題とその対策について、都市交通用エスカレータを中心におもな具体例をあげて述べた。最初に述べたようにこれらの問題を完全に解決することはむずかしく、従来より少しでも改善するという考え方で進んでいる。すなわち、はさまれにくくしたり、はさまれたらエスカレータを停止するということより、どんなことがあってもはさまれないようにすることが望ましいが、現在ではまだこのような構造や材質は得られていない。利用者が適切な利用をすることが安全の第一条件であることは変わらないが、われわれはさらに研究を重ね、より完全なものに近づくよう努力する所存である。一方、エスカレータ本体構造についてその安全性を高めるとともに、その周囲の建屋側の安全設備、管理については建屋管理者のいっそうの協力を要請する次第である。また、一般利用者の注意をも切望する。

本稿がエスカレータ管理者、利用者各位にいくぶんでも参考になれば幸いである。

参考文献

- (1) 平元ほか、「都市交通機関用日立高揚程エスカレータの高速化」、日立評論55, 467 (昭48-5)
- (2) 同上、日立評論55, 468 (昭48-5)