

V形エスカレーターの開発

Development of Hitachi Escalators —New V-series Escalators—

近年、エネルギー事情は世界的規模でますます悪化する傾向にあり、エネルギー消費機器に対する省エネルギー化の要望は社会的レベルで高まっている。またエスカレーターが設置されるデパート、スーパーストアでは、建屋面積が制限される傾向にあり、売場面積の効率向上を図るため設備本体の小形化の要求が強くなっている。

このような要求にこたえるため、日立製作所では、省エネルギー30%、省スペース10%(いずれも当社比)に加え、安全性をよりいっそう向上したV形エスカレーターを開発した。

V形では高効率ヘリカル歯車の減速機、ハンドレール挟圧駆動方式の開発と合わせ、世界で初めてのステンレス製ステップの開発により、所期の目標を達成した。

寺西勝也* Teranishi Katsuya

中沢 敏* Nakazawa Hayashi

金崎守男** Kanasaki Morio

1 省電力化・省スペース化の背景

エスカレーターはデパート、スーパーストアなど大形店舗、地下鉄、高架鉄道の駅など都市交通向けあるいは銀行、事務所ビルなど多方面にわたって利用されているが、連続して乗客を輸送できるため、輸送能力が大きく、待ち時間がなくサービスできる特長があり、更にその利用の拡大が期待されている。一方これらの特長を生かすためには、乗客の多少にかかわらず連続運転することが必要であり、特に設置台数の多いデパート、スーパーストアなどでは省電力化の要求が高まっている。

また最近の大形店舗では、種々の規制により建屋面積が制限される場合があり、限られた売場面積を有効に活用するという目的から、ビル付帯設備の小形化の要求が強くなっている。このような背景から、特に売場の中心部に設置されるエスカレーターでは本体の小形化による省スペース化が強く要望されてきている。

日立製作所はこれらの要求にこたえるため、従来の信頼性、保全性を確保しながら、新たに省電力、省スペース及び高い安全性を特長としたV形エスカレーターを開発した(図1)。

2 エスカレーターの省電力化

エスカレーターの省電力の効果としては、第一にエスカレーターの電力消費量の低減による直接的なものと、副次的に派生する建屋全体の電力設備容量の低減及び契約電力量の減少による電力コストの低減が期待できる。

ここでエスカレーターの消費電力は、乗客を運搬するステップ及びハンドレールを駆動するための動力と、ハンドレール下照明、デマケーションランプあるいはフットライトなどの照明機器に消費される。このうちハンドレール下照明については、階高4mのもので約600W程度と小さいことから主としてステップ及びハンドレールの駆動に要する電力の低減を図った。

2.1 減速機の効率向上

図2はエスカレーターの駆動機構を示したもので、電動機の動力は減速機、駆動チェーンを通して上部ターミナル歯車に伝達される。上部ターミナル歯車には、ステップを巻き上



図1 V形エスカレーターの外観 省電力30%、省スペース10%(いずれも当社従来形比)とともに安全性の向上を特長としている。

げるためのステップチェーン及びハンドレール駆動装置に動力を伝達するためのハンドレールチェーンが巻き付けられている。このチェーンを使用した駆動機構については従来から永い実績があり、かつ動力伝達効率も十分高いこと、特に駆動機械を上部機械室に設置することによるエスカレーター全体の保守が容易であるという大きな利点を維持するため、V

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所日立研究所

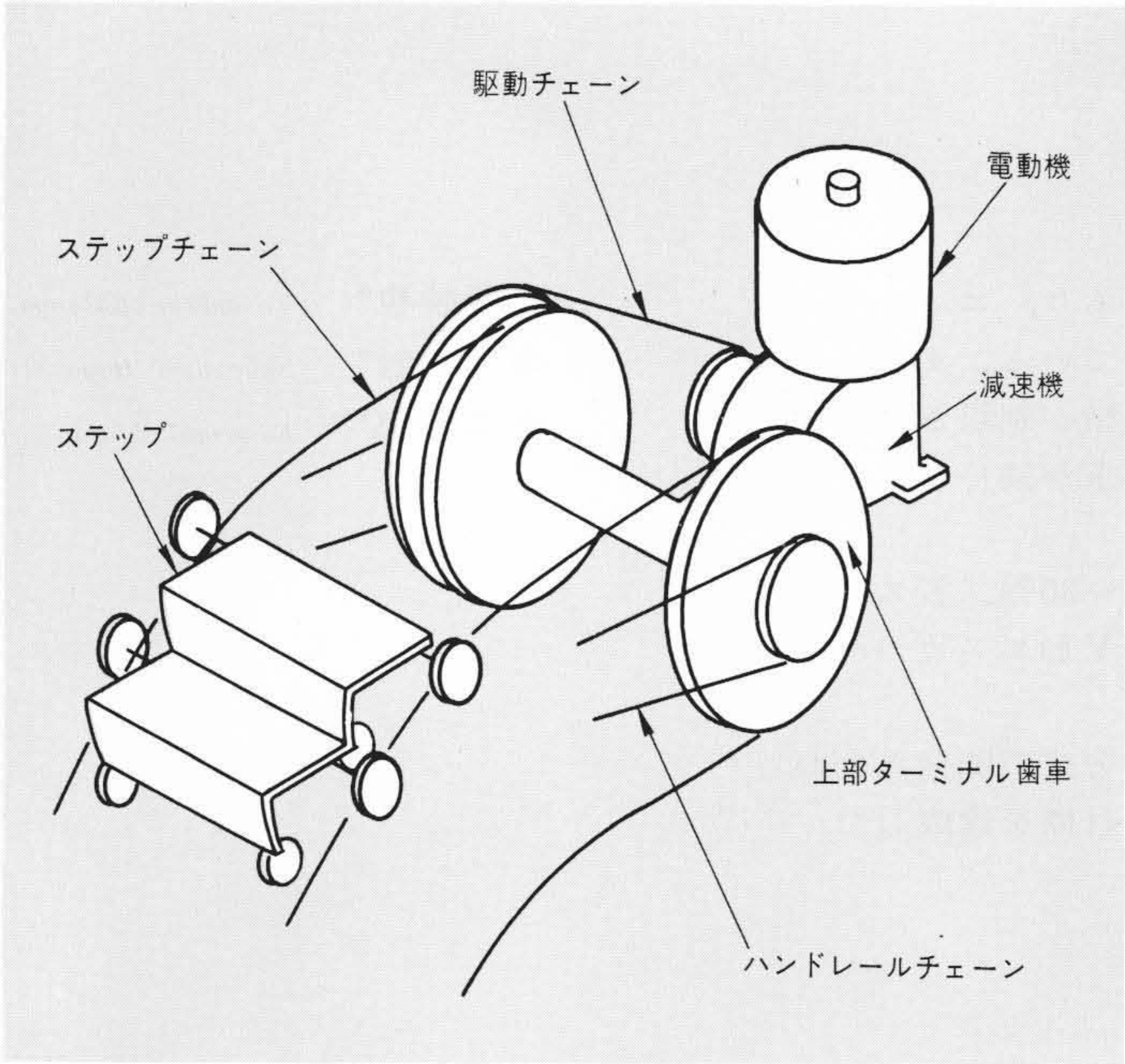


図2 エスカレーターの駆動機構 チェーンによりステップ、ハンドレールを駆動する方式は伝達効率が高く、かつ保守性が良いことから、V形エスカレーターでも採用した。

形エスカレーターでもこの構造を採用した。従来から減速機は、騒音の低いウォーム歯車を使用してきたが、伝達効率は80%程度でウォーム減速機としては限界に近い効率となっていた。そこで今回の省電力化では、伝達効率を更に高くできるヘリカル歯車を使用した平行軸歯車減速機を新たに開発し、実用化した。図3は新形の減速機と電動機とを組み合わせ従来形と比較したもので、新形は体積、重量とも従来のウォーム減速機に比べ約20%低減している。図4は減速機と電動機とを組み合わせた駆動機械としての全効率(実測値)を比較し

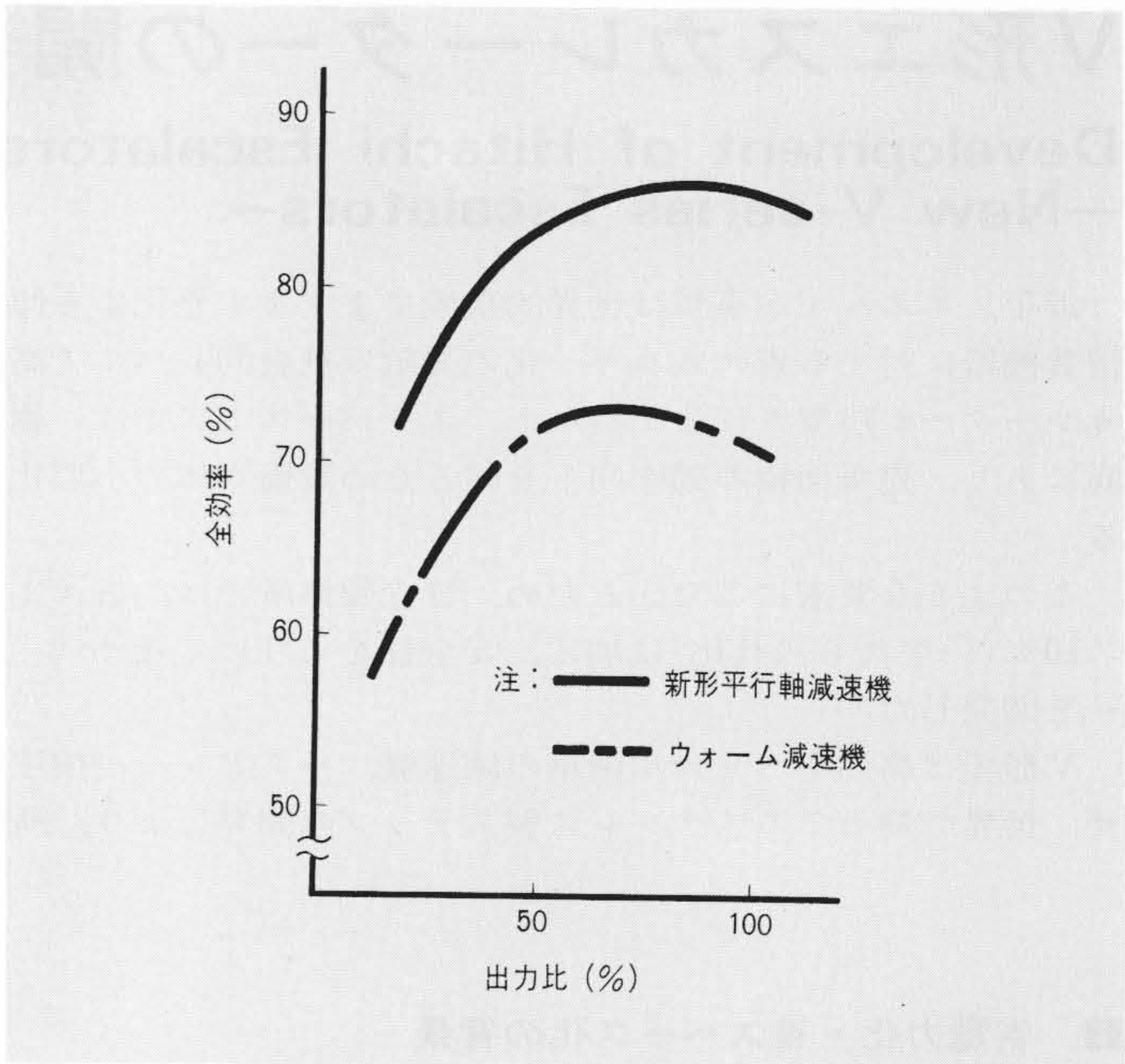


図4 駆動機械の全効率 新形の平行軸減速機を使用した駆動機械は、従来のウォーム減速機の場合に比べ約15%の効率改善となる(電動機効率含む)。

て示したもので、効率は電動機の入力と減速機の出力比を示したものである。これによりヘリカル歯車を使用した新形駆動機械は、ウォーム歯車の場合に比べ約15%の効率改善となることが分かる。
また今回の新形減速機の開発に当たっては、ヘリカル歯車の騒音は一般的に高いことを考慮し、当初から歯車仕様、精度に低騒音化の配慮を加えた。また駆動機械用防振装置の標準装備、フレーム部材への制振材の適用などの低騒音化を図った結果、運転騒音は従来形とはほぼ同レベルとなっている。



図3 新旧駆動機械の構造 新形はヘリカル歯車と横形電動機の組合せにより、従来のウォーム減速機に比べ体積、重量とも約20%低減している。

2.2 走行抵抗の低減

エスカレーターが無負荷状態で運転される場合の所要動力は、ハンドレール及びステップローラの走行抵抗で消費される。このうちハンドレールの走行抵抗は、全走行抵抗の約80%を占めており、これを低減することにより特に無負荷運転時の消費電力を大幅に低減することが可能となる。図5は新旧のハンドレール駆動構造を比較して示したものである。ここで、従来形ではハンドレールは大型の駆動プーリに巻き掛けて駆動する方式であり、大型の緊張装置で常に張力を与えることが必要であった。この方式はハンドレールにかかる張力が比較的高くなること、屈曲箇所及び案内ローラが多いことから、走行抵抗が高くなる構造となっていた。そこでV形

エスカレーターでは、ハンドレールを4個の駆動ローラにより挟圧駆動する方式を実用化し、またハンドレールは心材として経年伸びがなく、かつ可とう性に富むワイヤーコードを使用することとした。これにより図5に示すように、ハンドレールのループは屈曲箇所を大幅に削減したものとなり、また駆動するための初期張力が不要となるため、大幅な走行抵抗の低減が可能となる。なお同図の調整装置は、ハンドレール長さの製作誤差を吸収するものである。この結果、ハンドレールの走行抵抗を従来形のほぼ50%に低減することができた。また張力の低下とハンドレール心材の改良により、ハンドレール自体の寿命改善も期待できる。

ステップの走行抵抗はステップローラの転動抵抗としてみ

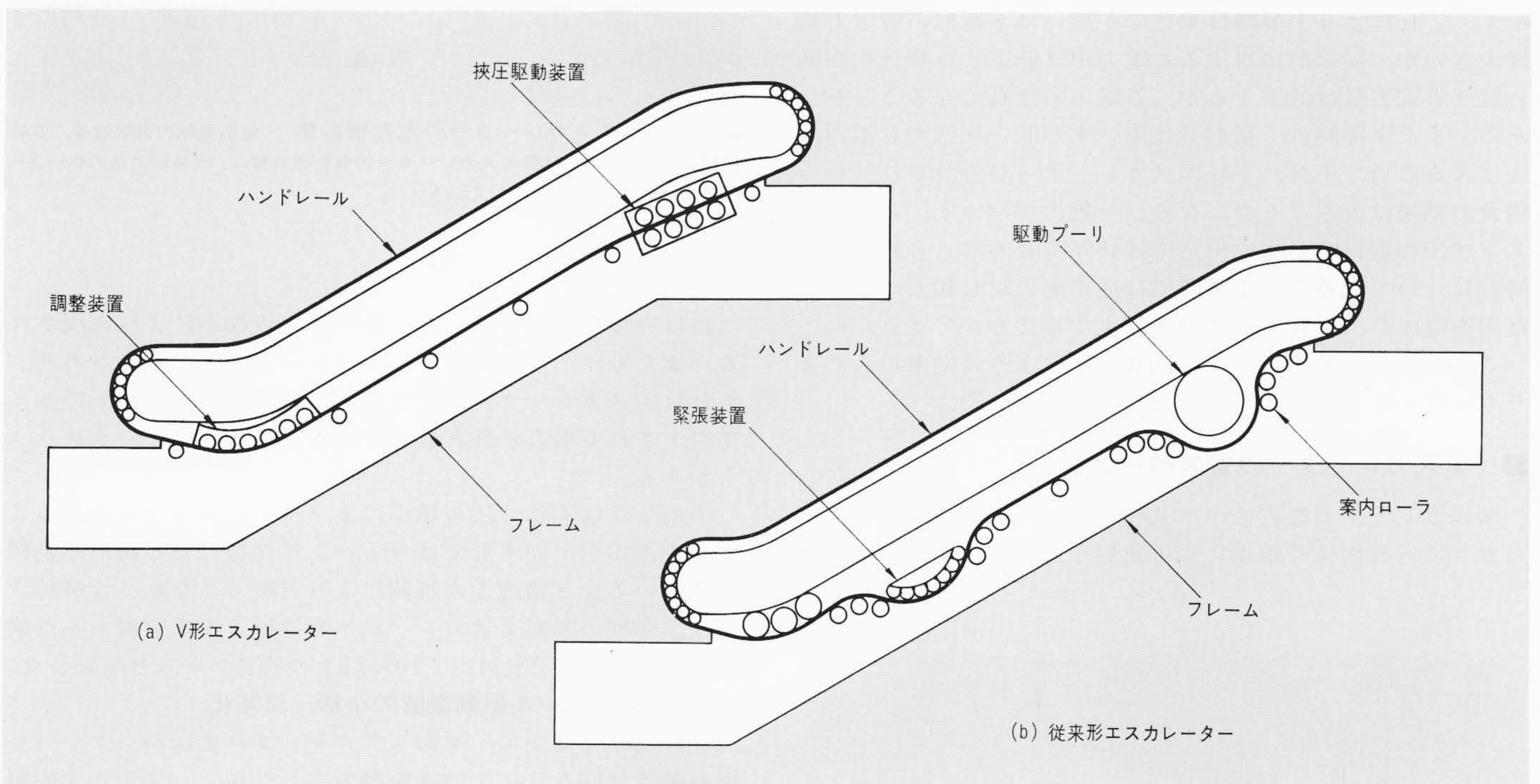


図5 ハンドレール駆動構造の比較 V形エスカレーターでは挟圧駆動装置を実用化することにより、ハンドレールのループを簡略化し、走行抵抗の低減を実現している。

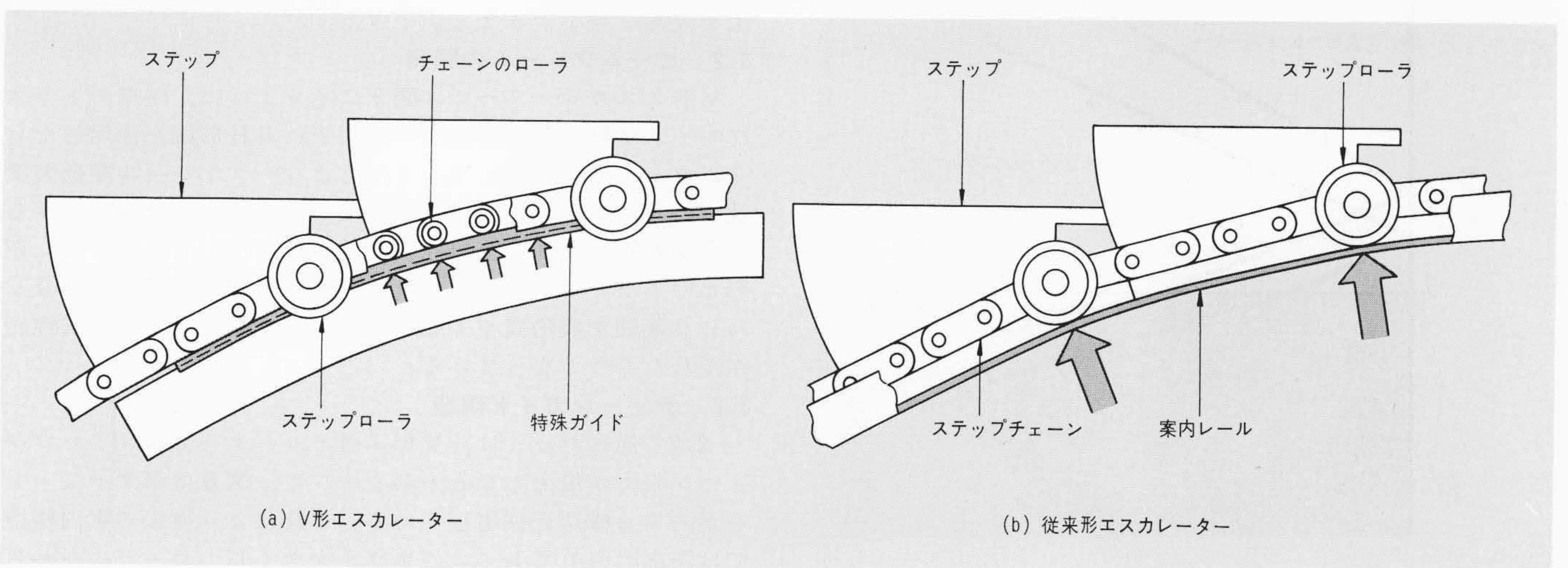


図6 上部カーブにおけるステップ案内構造 V形エスカレーターでは、ステップローラをレールで案内する方式に替え、ステップチェーンのローラを特殊材質のガイドで案内する構造とすることにより、走行抵抗を低減している。

ることができるので、従来のローラ材質NBR(ニトリルブタジエンゴム)を復元性の高いウレタンゴムに変更し、転動抵抗の削減を図った。また図6に示すように、上部カーブでのステップは従来はステップローラで案内する方式であったため、ステップチェーンの法線力によりローラには大きな力がかかり、転動抵抗が大きくなる傾向をもっていた。これに対し新形では、ステップローラのガイドに代わり、ステップチェーンの金属ローラを特殊材質のガイドで案内するチェーンガイド構造とし、ローラ1個当たりの法線力を低減することによりこの部分でのステップ走行抵抗の低減を図っている。

2.3 省電力の効果

上に述べた各構造による総合効果は、1200形階高3.5mの全透明形エスカレーター(形式V-UN)の場合図7に示すようになる。ここで横軸は乗客の乗込効率を、縦軸は消費電力を示す。これにより上昇時は乗込率が高いほど新形の省電力量は大きい。従来形に対する省電力率は低下し、乗込率が低いほど省電力量は低下するが、省電力率は高くなること分かる。また下降時は、新形では乗込率が低い状態から電力回生に入るため、上昇、下降エスカレーターが併設されている場合の効果は大きなものになる。一般のデパート、スーパーストアでの混雑時の平均乗込率は45%程度と考えられ、この場合について見ると、上昇時では従来形に対し30%以上の省電力を達成し、下降時は電力を回生することが分かる。

この結果、電動機容量は、図8に示すように従来のもよりも一段小さなものとする事が可能になった。

3 エスカレーターの省スペース化

エスカレーターを省スペース化するメリットは、既に述べたように占有面積の縮小による建屋平面の有効活用があり、

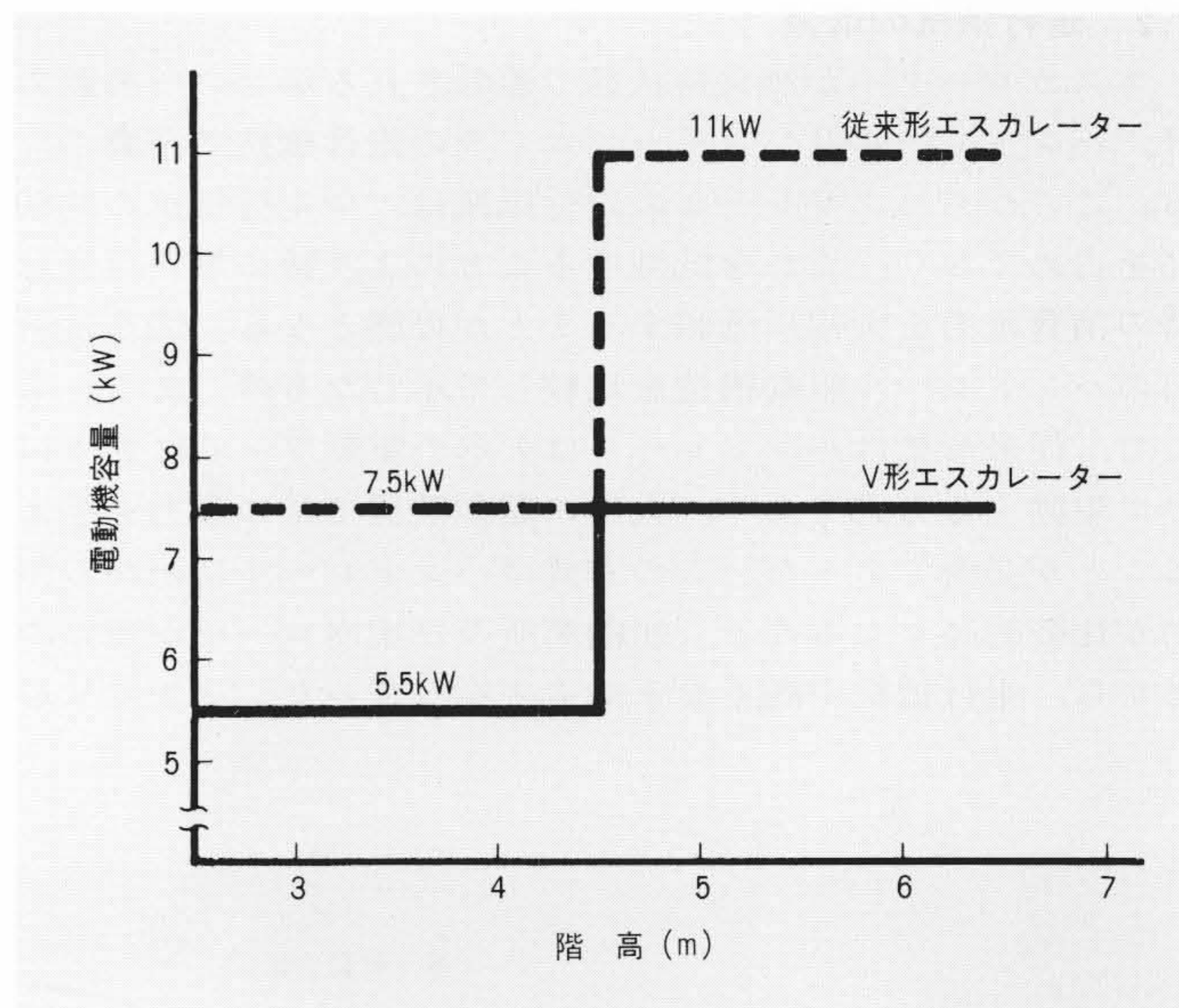


図8 V形エスカレーターの電動機容量 駆動機械の効率改善、走行抵抗の低減により、V形エスカレーターの電動機容量は、従来形エスカレーターよりも一段小さなものとしている。

これは本体の全幅寸法、及び長手寸法の縮小により実現される。またもう一つの問題としてフレーム深さの縮小があり、これはエスカレーターが交差乗継ぎ、あるいは重ね形にレイアウトされる場合の許容最小階高を低くできるというメリットがある。

このように本体寸法の縮小により多くのメリットを得ることができるが、従来形ではウォーム減速機による縦形駆動機械を用いるなど構造上の制約により実現できなかった経緯があり、今回のV形エスカレーターでは種々工夫を凝らした構造変更により、従来対比で10%以上の省スペースを達成した。

3.1 ハンドレール駆動装置の小形、簡略化

先に述べたように、V形エスカレーターではハンドレール駆動装置は図5に示す挟圧駆動方式を採用し、従来の大形駆動プーリに比べ大幅な小形化を図った。同時にハンドレールの走行ループを簡略化するとともに関連機器を有機的に配置することにより、ハンドレールの中心間距離を従来より全幅で110mm縮小した。これによりエスカレーター本体の全幅寸法を大幅に縮小することができた。

3.2 ビームフレームの開発

V形エスカレーターでは図9に示すように、従来のトラスフレームに代わり建築構造に多用されるH形鋼を使用したビームフレームを開発した。これによりハンドレール駆動装置及びハンドレールをすべてH形鋼上面のスペースに収納することが可能となり、全幅寸法の縮小に寄与している。また新形ビームフレームは従来のトラスフレームに比べ横剛性及びねじり剛性を数倍高くすることが可能であり、特に耐震性能が優れたものとなっている。

3.3 チェーンガイド構造

2.2で述べたように、V形エスカレーターではステップチェーン張力が最大となる上部カーブで、図6に示すチェーンを案内する構造を採用している。これにより従来の案内構造では階高に応じてレールの半径を大きくし、ローラにかかる法線力を低く抑える必要があったが、新構造では高強度の特殊材質を用いることにより、レール半径を小さくしている。これによりエスカレーターの全長寸法を従来よりも300mm短

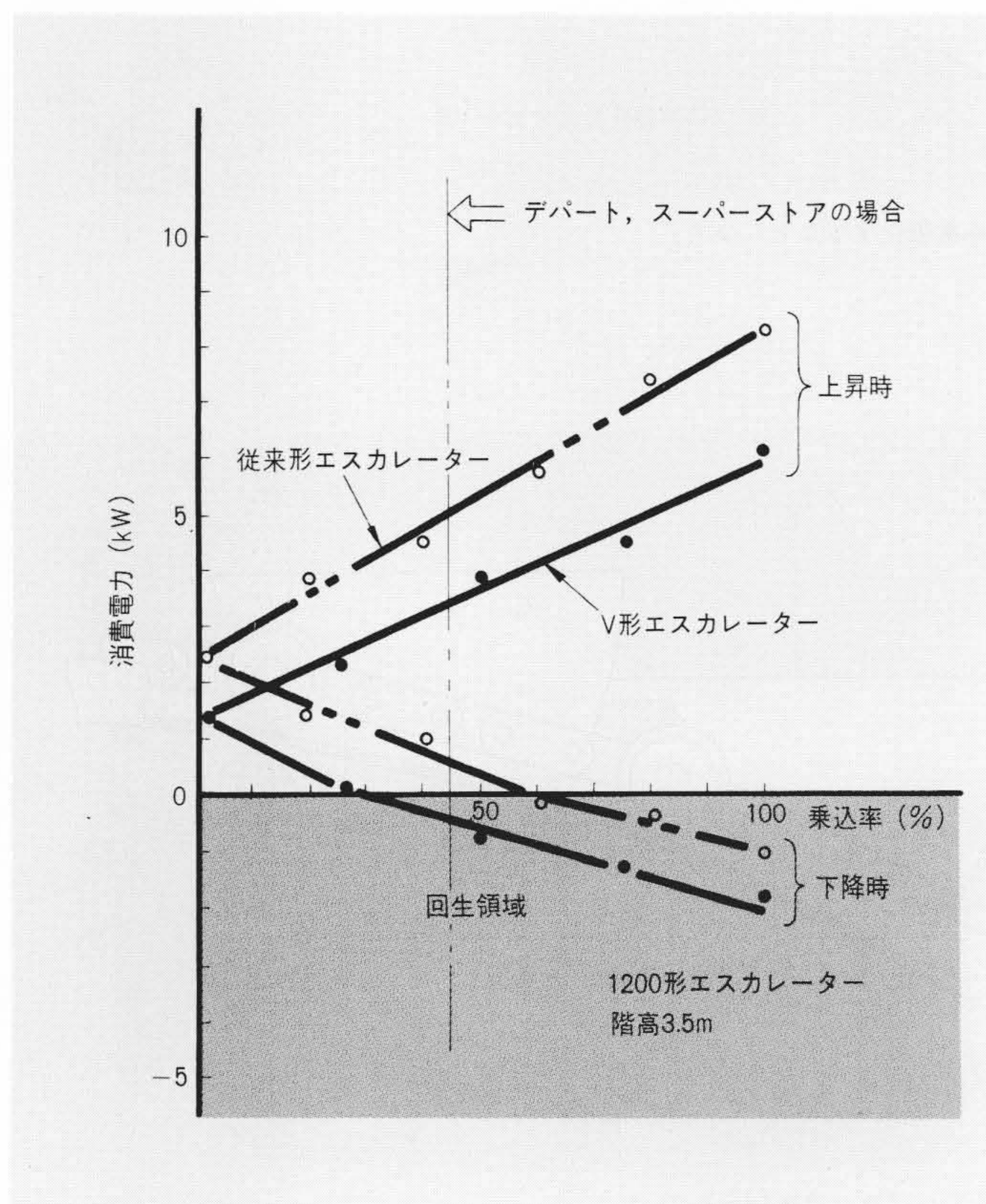


図7 消費電力比較 V形エスカレーターは、上昇時で乗込率が高いほど省電力効果が大きい。また下降時は、約30%の乗込率で電力回生となることが分かる。

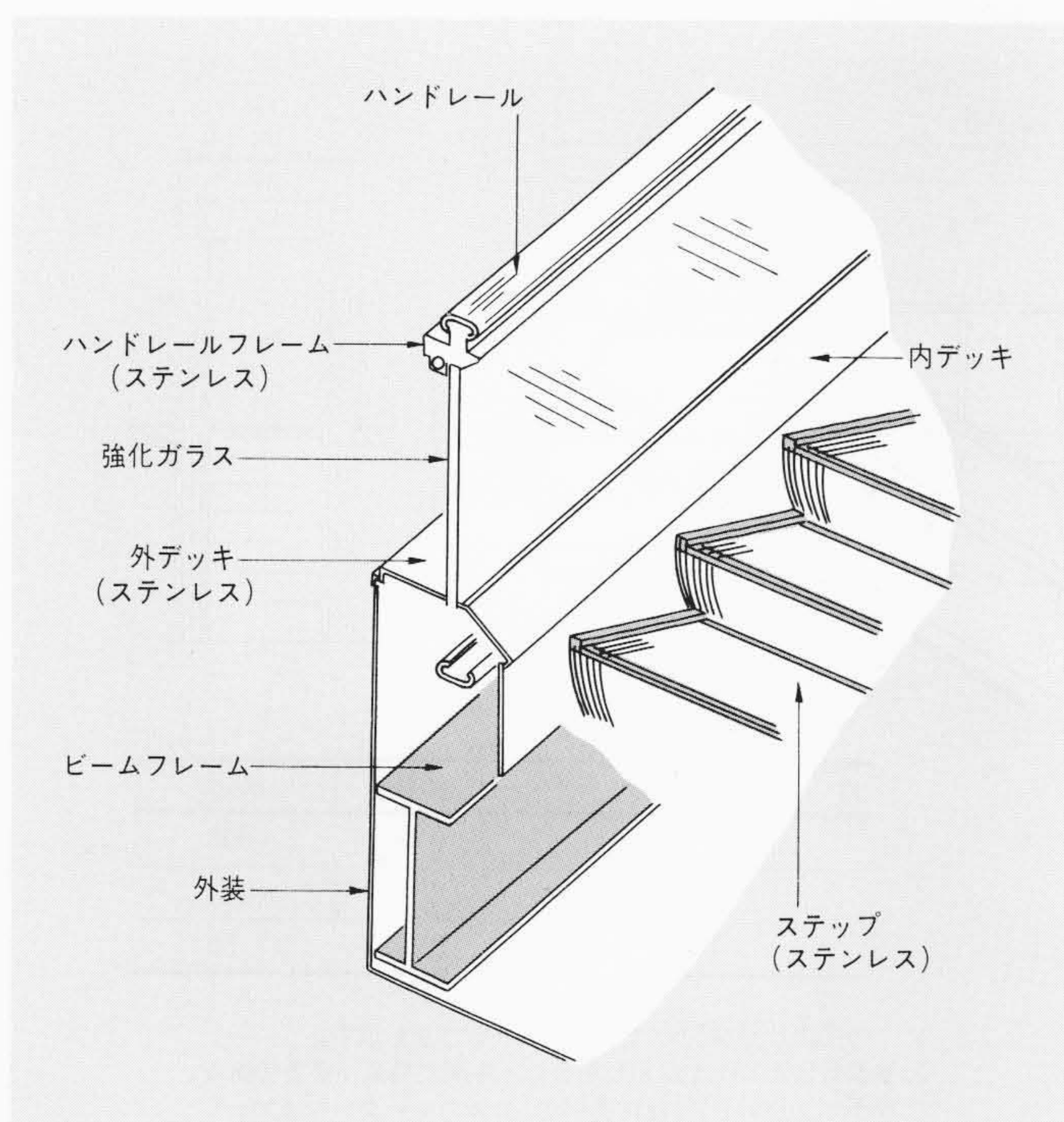


図9 ビームフレームの構造 従来のトラスフレームをH形鋼使用のビームフレームとすることにより、10%の省スペース化(当社従来形比)に寄与している。

縮している。

また、2.1で述べた駆動機械の小形化及び上下ターミナル歯車の小形化により、上下フレームの深さ寸法も縮小を図った。

3.4 省スペースの効果

V形エスカレーターの省スペース効果をまとめると図10に示すようになる。ここで斜線を施した部分はV形エスカレー

ターで縮小した部分を、枠内の数値は縮小寸法を示す。すなわち、V形エスカレーターでのフレーム全長寸法を従来よりも300mm、本体全幅寸法を130mm縮小しており、占有面積の縮小率すなわち省スペース率は従来対比で10%以上としている。

図11は、新形のV-E形タイプ(柱付透明形)エスカレーターのレイアウト寸法を示したものである。

4 安全性の向上

日立エスカレーターは従来から安全性に対しては細心の注意を払っており、ステップの側端クリートを8mm高くした3方デマケーションなど独自の構造を実用化しているが、V形エスカレーターでは更に安全性を高めるため、種々の新構造を採用している。図12に新形のステップを示すが、ここでは世界で初めてステンレス材を塑性加工したクリート及びライザに上記の背高クリートを含んだ4方デマケーションを設けた独自の構造を開発し、実用化している。4方デマケーションは特に乗り口でのステップ踏み面の境界を明示することにより、ステップ後端に乗り、身体が不安定になることから起こる転倒事故を予防する効果が高い。また今回新たに開発したステンレス製のクリートは、従来のアルミ製クリートでは防止できなかったクリート折損をほとんど皆無とすることが可能である。これにより乗降口の櫛とクリートのかみ合いは確実に保たれるため、安全性向上に対する高い効果が期待できる。またクリート折損率の低下により、ステップ補修費は格段に低くなり、ランニングコストを低減することができる。またハンドレールフレームの欄干ターミナル部でのセーフティガイドは、ハンドレールを従来よりも内側に配置したことにより、図13に示すように、降り口で乗客の身体あるいは荷物が走行するハンドレール裏側に衝突する危険を避ける目的で新たに実用化した安全構造である。この構造は同時に、ハンドレールとハンドレールフレームとのすき間に幼児の指あ

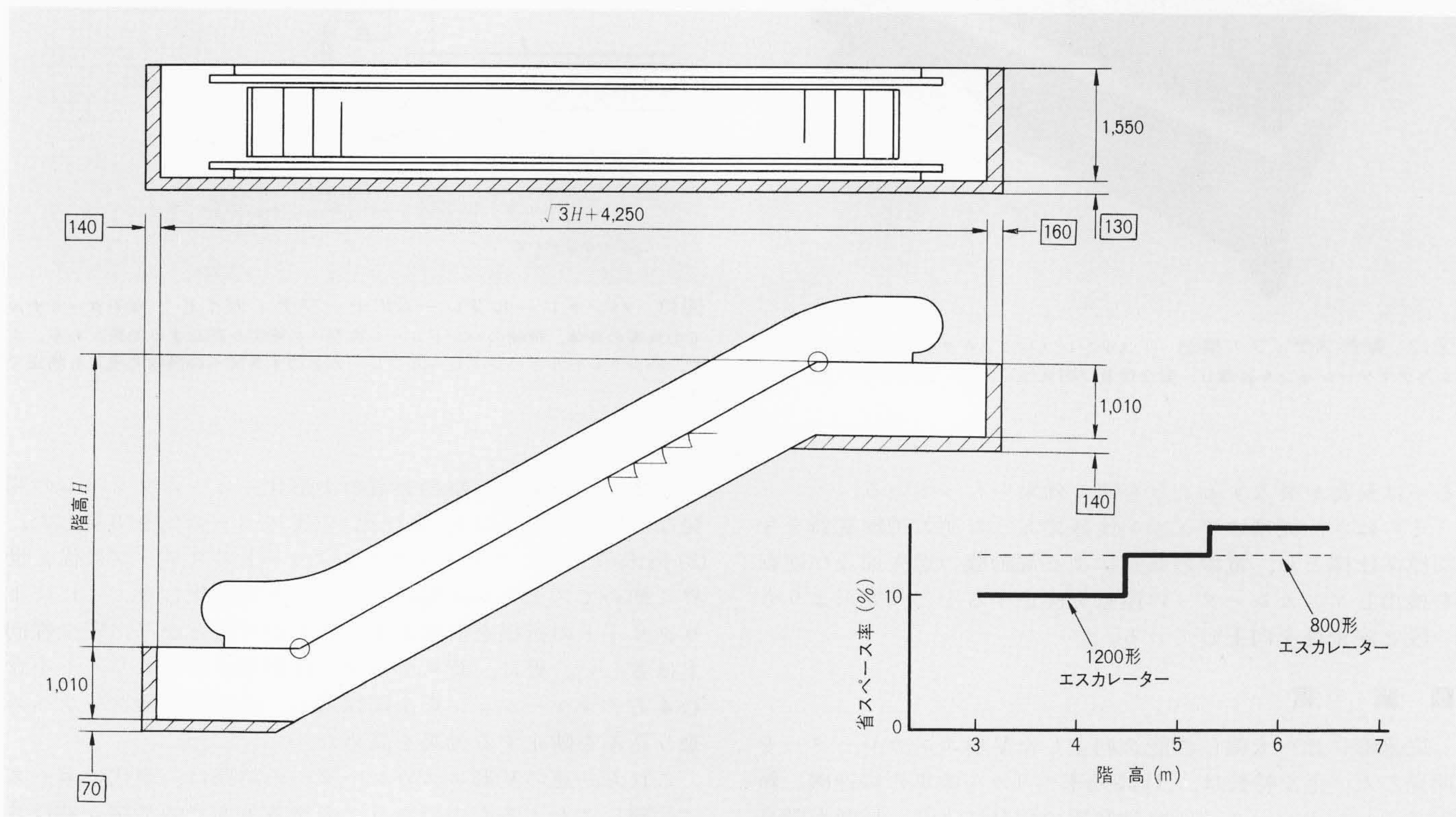


図10 省スペースの効果 V形エスカレーターは従来形よりも専有面積を10%以上低減している。

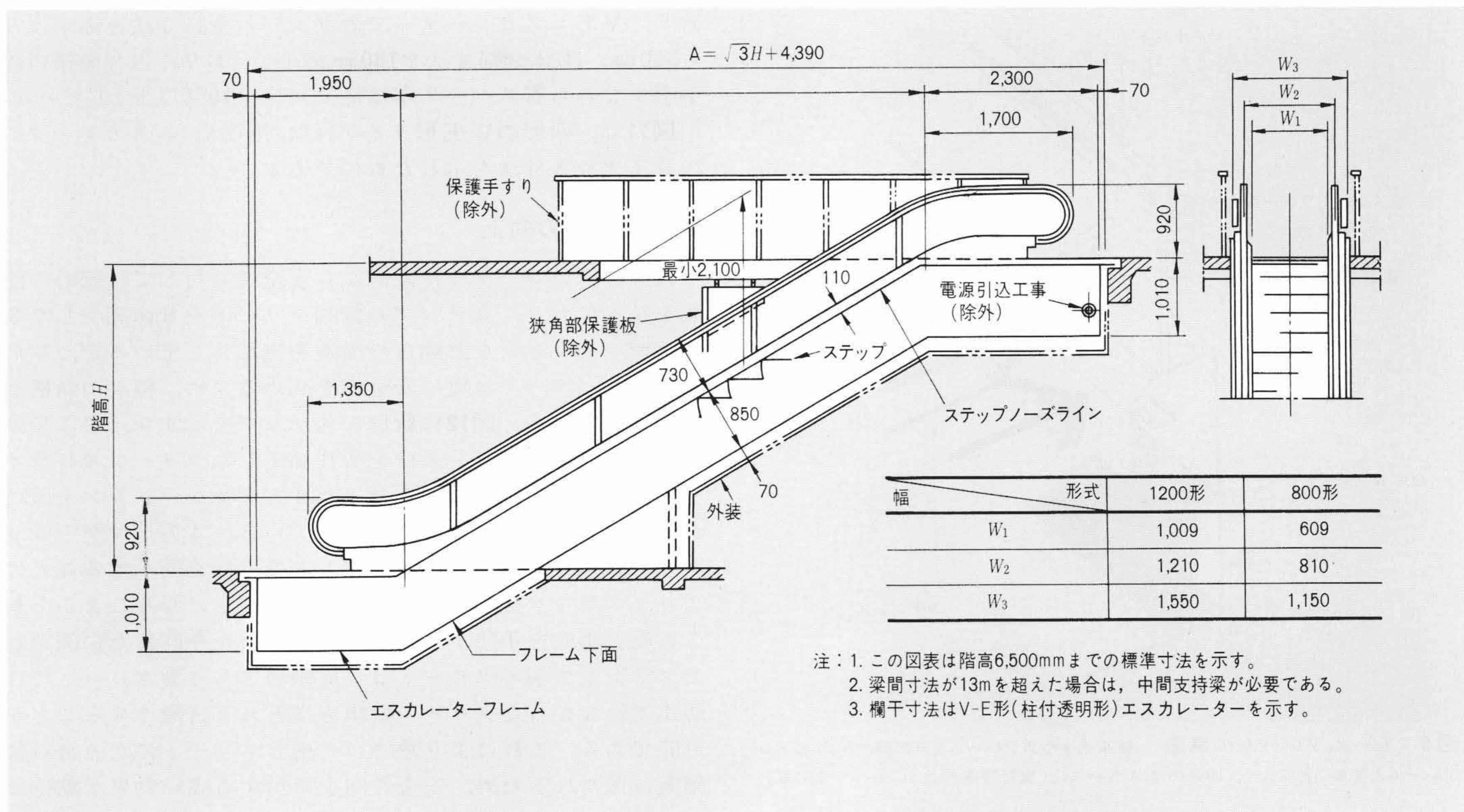


図11 V形エスカレーターレイアウト寸法 欄干寸法はV-E形(柱付透明形)エスカレーターを示す。

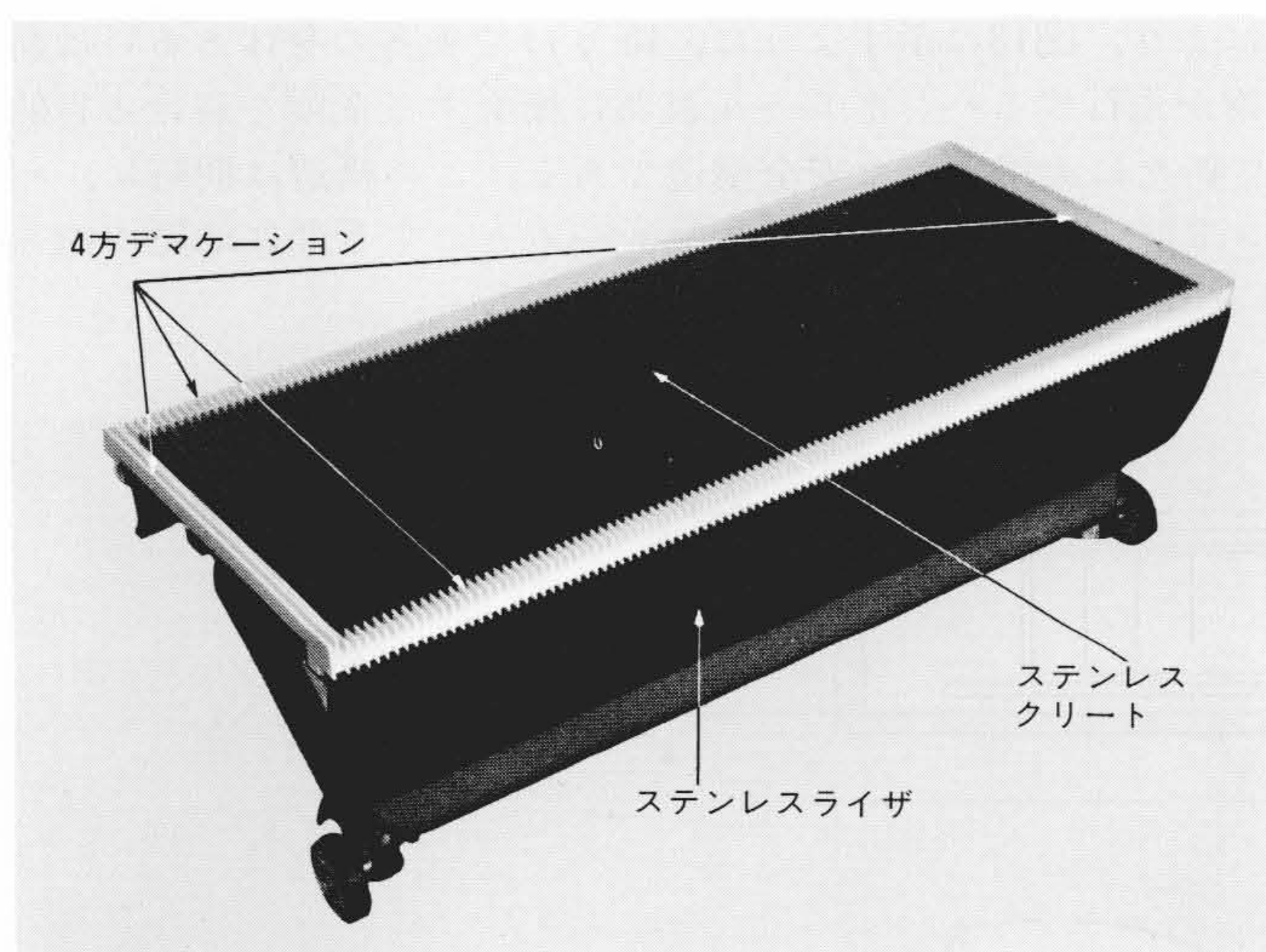


図12 新形ステップの構造 ステンレス材によるクリート及びライザに、4方デマケーションを装備し、安全性及び耐久性を大幅に向上している。

るいは異物が侵入することを防ぐ効果ももっている。

そのほか、従来オプション仕様であった逆欠相継電器を今回標準仕様とし、電源の異常による電動機の過失速及び逆転を検出しエスカレーターの運転を停止するなど、従来よりも一段と安全性を向上している。

5 結 言

従来形に比べ大幅に性能を向上したV形エスカレーターを開発した。主な特長は、(1)高効率ヘリカル歯車の減速機、新方式のハンドレール挟圧駆動装置の開発により、1200形階高3.5mの場合通常の使用状態で30%(当社比)の省電力を達成し

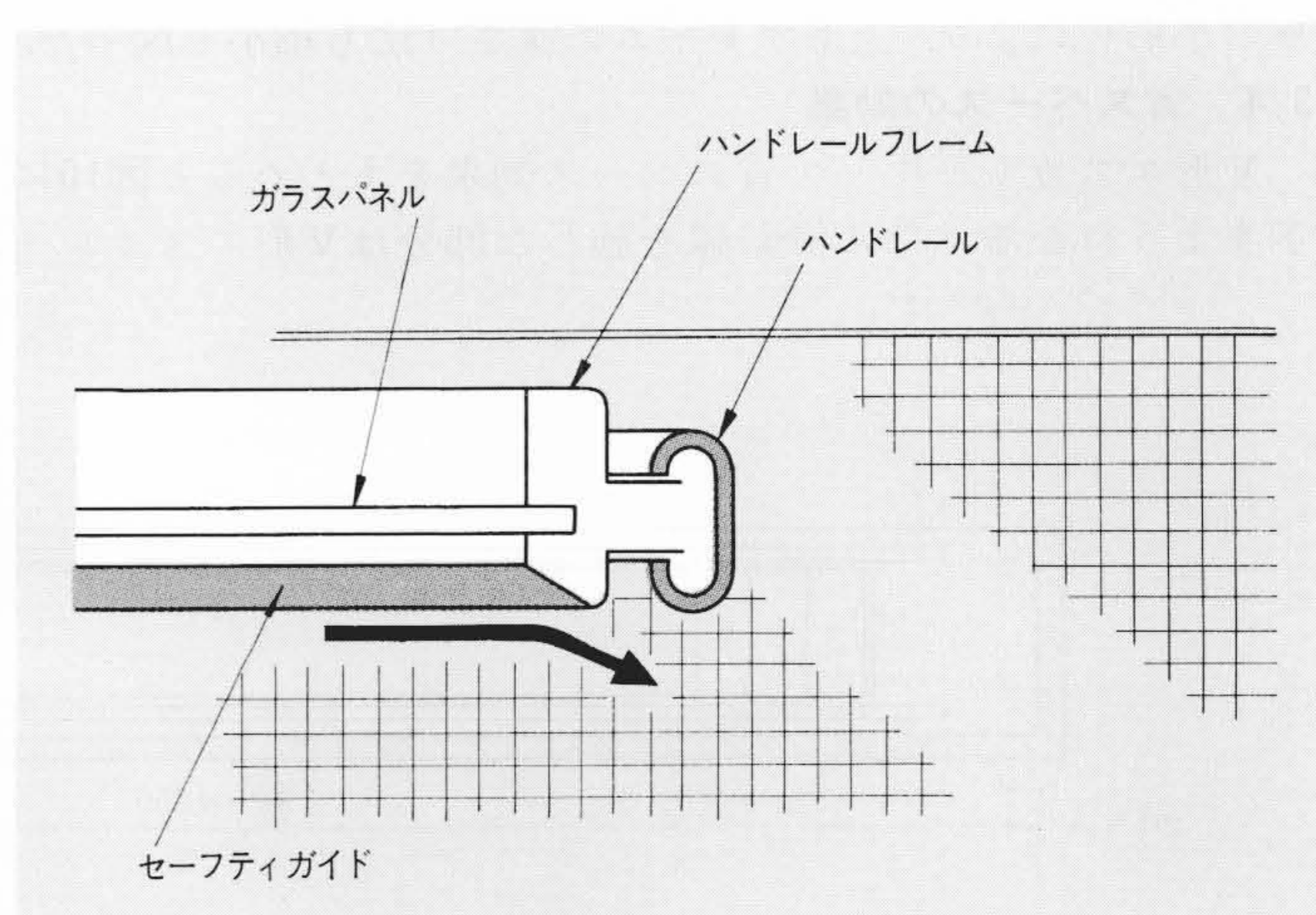


図13 ハンドレールフレームのセーフティガイド 欄干ターミナルでの乗客の身体、荷物のハンドレール裏側への衝突を防止する効果がある。また、ハンドレールとハンドレールフレームとのすき間への異物の侵入も防止できる。

た。(2) ハンドレール駆動装置の小形化、ビームフレームの開発などにより10%以上(当社比)の省スペース化を実現した。(3) 従来のアルミダイキャスト製クリートのステップに代え世界で初めてステンレス製のクリートを実用化した。これによりクリートの折損を皆無とすることが可能となり、安全性向上は著しい。更に、新ステップには側端の背高クリートを含む4方デマケーションを全面採用し、乗客の危険ゾーンへの乗り込みを防止する効果を高めた。

これら一連のV形エスカレーターの特長は、現代のニーズに的確にこたえるものであり、今後各方面での活躍が期待される。