

最近のエスカレーター技術

Latest Escalator Technologies

前田 敦司 高澤 理志 吉田 雅人

■ MAEDA Atsushi ■ TAKASAWA Satoshi ■ YOSHIDA Masato

近年、昇降機に対する社会のニーズは非常に多岐にわたっており、2000年の建築基準法施行令の改正や交通バリアフリー法の施行以来、ユニバーサルデザインなどにより利用者の利便に資する一方、取付けスペースの削減など、建築設備面や環境面からの要求に応えることも重要なテーマとなってきている。

東芝エレベータ(株)は、これらの要求に応えるために、インバータの制御領域を低速待機運転に限定したパートタイムインバータ方式による制御盤の小型化や、動く歩道の床下構造物の薄形化により、省スペースで快適な乗りごちのエスカレーターや動く歩道を実現した。また、当社の標準形エスカレーター Kindmover™を海外の規格にも適合させることにより、グローバルな視野で各国の要求に応えられ、世界中で親しまれるエスカレーターの開発を目指している。

In recent years, various requirements have arisen in society with respect to escalators and moving walkways following the revision of the Building Standards Law and the enactment of the Barrier-Free Transportation Law in 2000. Reduction of installation space is an important aspect of satisfying requirements from the building facilities or environmental protection perspectives, while universal design also needs to be promoted for the convenience of users.

Toshiba Elevator and Building Systems Corporation has developed newly designed escalators and moving walkways that offer a smoother and more comfortable ride to meet these requirements. Control boards have been miniaturized by using the intermittent inverter method, and the underfloor structure of moving walkways has been made thinner to save space. Our standard Kindmover™ escalator has been designed to conform with all overseas standards. We are making efforts from a global standpoint to supply user-friendly escalators throughout the world.

1 まえがき

従来から、エスカレーターや動く歩道は人々の重要な移動手段の一つとして利用されてきたが、近年ではこれらに対して、法改正による設計基準の変更やユニバーサルデザインの採用のほか、省スペースや環境面への配慮など、社会のニーズがますます多岐にわたるようになってきた。東芝エレベータ(株)は、これらのニーズに応えるために、新しい技術を取り入れた製品開発を行っている。

ここでは、パートタイムインバータ方式による省エネ運転技術、薄形動く歩道、及び海外規格に対応した標準形エスカレーター Kindmover™についてその概要を述べる。

2 パートタイムインバータ方式による低速待機運転

2.1 開発の背景

空港の到着階ロビーや新幹線ホームに設置されるエスカレーターでは、利用者が一定の時間帯に集中し、それ以外では非常に少なくなることが多い。

従来、このような設置場所では、利用者を検出した場合に運転させ、それ以外のときは停止させる“停止待機運転”方式が一般的であった。

近年、利用者がいない場合にはインバータ制御により低速度での省エネ運転を行い、利用者を検知すると標準的なエスカレーターの定格速度まで緩やかに加速し、利用者がいなくなると再びインバータ制御で低速度に減速して次の利用者の検出まで待機する、“低速待機運転”方式のエスカレーターが採用され始めた。

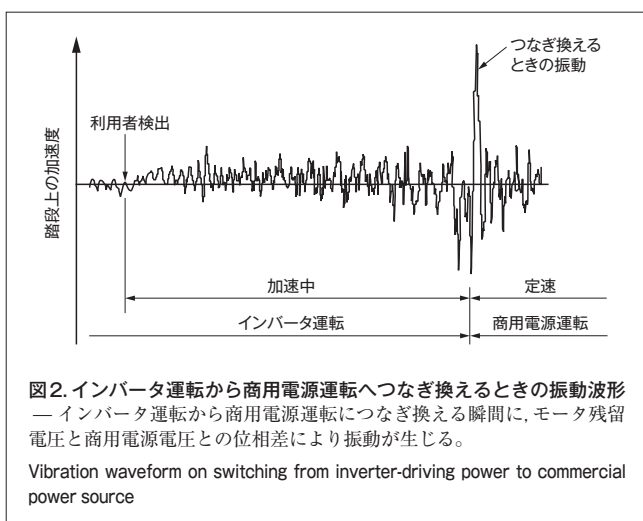
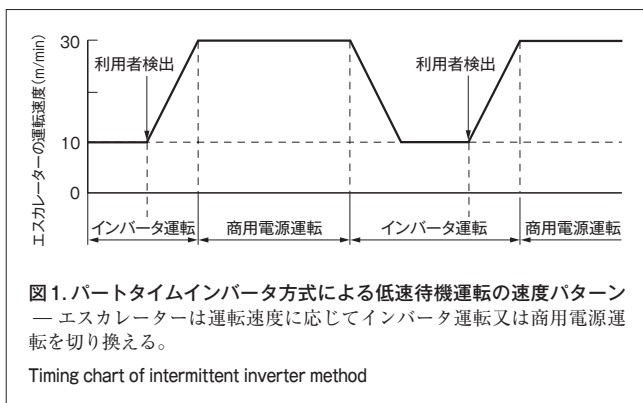
このような低速待機運転方式は、利用者がいないときでもエスカレーターは動いているので、停止待機運転方式に比べ運転の方向を認識しやすい。また、起動時に発生するモータ音や停止時のブレーキ音など周囲に発する騒音も抑制できるため、ホテルのロビーなど静かな場所への設置にも適している、などのメリットがある。

しかしながら、インバータ装置の追加による価格上昇や設置スペースの増加を伴うので、普及の阻害要因となっている。

2.2 システムの概要

設置スペースとコストの問題を改善するため、パートタイムインバータ方式による低速待機運転制御技術を開発した。

この方式は、インバータの制御領域を、利用者がいない待機時の低速度運転と、低速度と定格速度の間の加減速運転に限定して適用し、おおぜいの利用者が見込まれる定格速度運転は商用電源で行う方式である。以下に、このシステムの概要と特長な機能について述べる。



2.3 特長

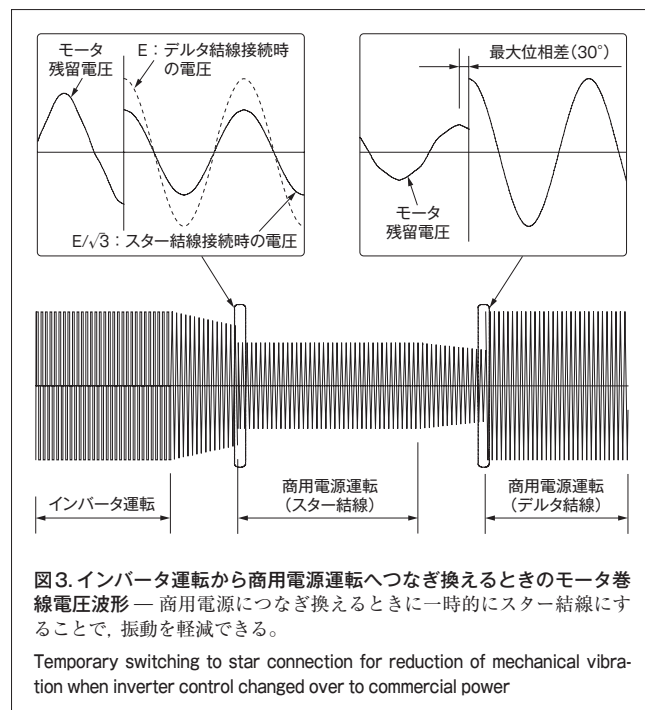
パートタイムインバータ方式による低速待機運転の速度パターンを図1に示す。

パートタイムインバータ方式では、インバータ運転から商用電源運転につなぎ換える瞬間に、モータの残留電圧と商用電源電圧との位相差により振動が生じる(図2)。

この振動を抑制するために、モータがインバータから切り離された後、いったんスター結線により商用電源に接続するようにした。

図3に示すように、インバータから切り離された後のモータ残留電圧と商用電源電圧の間には、ランダムな位相差が生じる。しかし、スター結線での電源投入はデルタ結線で接続されるよりも電圧が低く、トルクが抑えられるため、比較的振動は少ない。

次に、スター結線からデルタ結線につなぎ換えるときには、スター結線から開路したモータ巻線の残留電圧と、デルタ結線の電源電圧との位相差はほぼ30°となる。そのため、ランダムな位相差ではなく、30°程度の位相差による振動に抑えることができる。振動が発生するタイミングは2か所に増えるが、個々の振動が低減することにより、利用者の体感振動は小さくなる。



このように運転状況に応じて、インバータ制御運転領域と商用電源運転領域を切り分け、インバータの運転領域を低速運転だけに限定することにより、使用するインバータの容量を小さくすることができる。

また、下降運転時に発生する回生電力についても、おおよその利用者が見込まれる定格速度運転は商用電源で行われるため、電力は直接電源に回生される。従来、全領域をインバータ制御する方式で必要とされていた電源回生装置が不要となり、低コスト化が図られるとともに、インバータ装置の体積比で60%減の省スペース化が可能となる。

3 薄形動く歩道

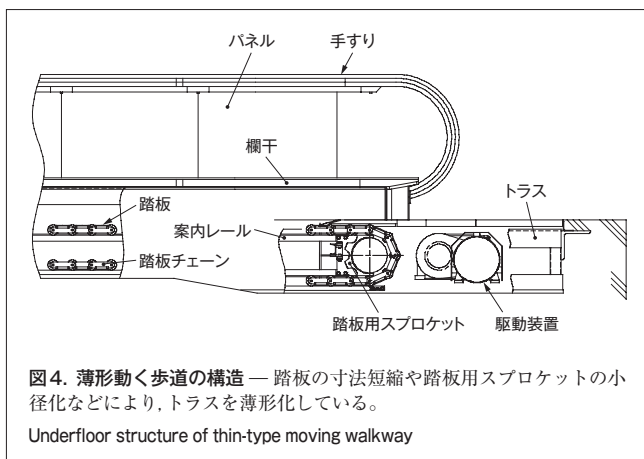
3.1 開発の背景

動く歩道は、エスカレーターと同様に多数連結された踏板を駆動装置によって循環移動することで、乗客を輸送する機構となっている。踏板や駆動装置などを配置するための床下構造物(以下、トラスと呼ぶ)は、従来から深さ1m程度必要とされてきたが、近年では建築スペースの節約や工事規模の縮小などの理由から、極力浅いトラスが要求されるようになった。

しかし、トラス薄形化のための有効な手段である踏板用スプロケットの小径化は、チェーン駆動特有のいわゆる多角形効果、すなわち多角形的な巻取り動作による速度むらに起因する前後の脈動を増大させるもととなり、実現困難である。

3.2 構成

動く歩道は、図4に示すように、トラスに収められた踏板、

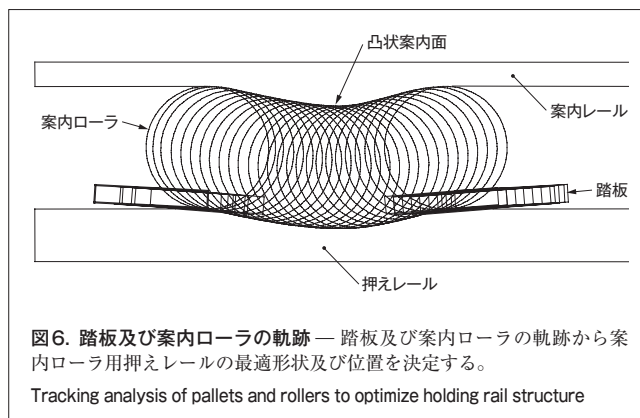
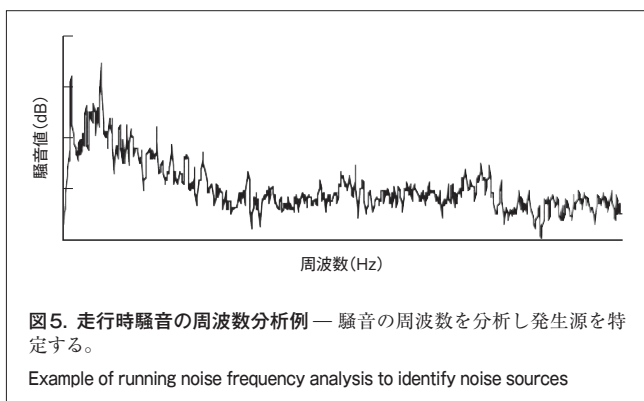


踏板チェーン、案内レール、踏板用スプロケット、駆動装置などと、手すり、パネル、欄干などから構成されている。

3.3 特長・性能

- (1) 振動低減 多角形効果に起因する前後の脈動を低減するために、踏板用スプロケットにかみ合う直前の案内レール部分に、踏板チェーンをう回させるための凸状案内面を設けることとした。これにより、踏板チェーンが凸状案内面に沿ってう回動作することによる速度変動が多角形効果による速度変動を打ち消し、踏板的脈動を低減することができた。
- (2) 騒音低減 凸状案内面を設置すると、案内ローラが通過する際の振動により多様な騒音が発生することが、**図5**に示すような周波数分析から判明した。これに対し、案内ローラと踏板的軌跡(**図6**)から、案内ローラを凸状案内面に沿ってはく離することなく移動させる押えレールの最適な位置及び形状を決定し、振動を抑制することで、騒音値が5 dB程度低減することを試作機による検証で確認した。
- (3) 省スペース 当社の薄形動く歩道は、上記の振動・騒音対策を実施することにより、トラスの深さを従来比50% (両端部)とすることに成功した。

これにより、建物のトラス収納部を浅くできるため、



工事規模の縮小や設備レイアウトなどの自由度の向上だけでなく、工期短縮や工事による廃棄物の削減などが可能になった。また、トラス前後にスロープをつけることにより、トラス埋設のための掘削工事を行わずに、既設の建物に設置することも可能になった。

4 グローバル対応エスカレーター

4.1 Kindmover™の概要

当社は2003年に、“Kind (親切な、優しい)”を主要コンセプトとして標準形エスカレーター Kindmover™を開発し、発売を開始した(**図7**)。

ユニバーサルデザインを積極的に取り入れたKindmover™は、次のような特長を持っている。

- (1) スカートガード照明 スカートガードの上部に照明を内蔵しており、足もとを明るく照らすことができる。
- (2) スマートデッキ ステップ側の内側レッジと呼ばれるステンレス製デッキボードをねじ止めからはめ込



み構造にしたことで、利用者の衣服や持ち物が引っ掛かる危険性を低減した。

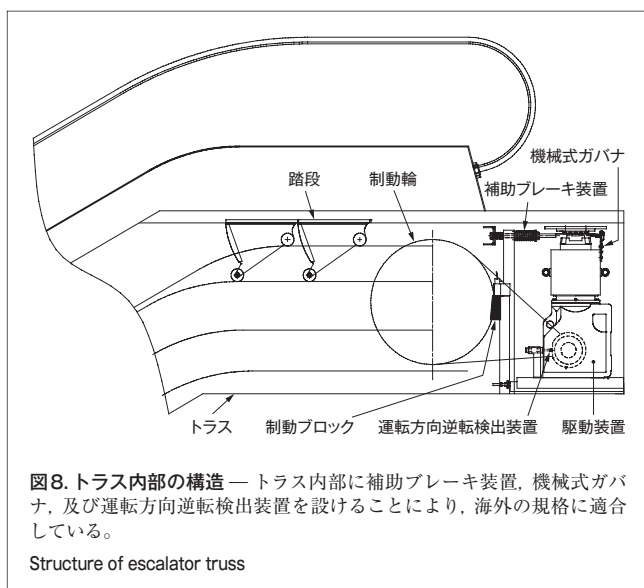
- (3) ボールレス自動運転方式 利用者がいないときに運転を停止する自動運転方式のエスカレーターでは、利用者検出のための検出ポールが必要であったが、それをなくすことによってスマートな外観を実現した。
- (4) 運転速度切換え方式 運転速度を切り換えることが可能で、これにより高齢者の多い時間帯は低速運転、通勤時間帯などは高速運転とすることで、利便性と輸送効率が向上した。

4.2 海外規格への適合

近年、エスカレーターの需要は、中国をはじめアジア諸国で急成長している。Kindmover™は全世界共通のデザインにし、コンポーネントも可能なかぎり共通化している。しかし、Kindmover™が世界中で利用される“グローバルエスカレーター”となるためには、各国で異なる昇降機の規格や法規に適合する必要がある。

4.2.1 中国国家標準(GB規格)への適合

- (1) 補助ブレーキ装置の設置 中国のGB規格では階段高が6mを超える場合は摩擦式の補助ブレーキ装置が必要と規定されている。補助ブレーキとは、図8に示すように、階段や駆動装置などを配置するためのトラス内に設置された制動装置であり、制動輪を制動ブロックがつかむことにより制動する。
- (2) 機械式ガバナの採用 前項に記載した補助ブレーキの動作条件の一つである運転速度が過剰となる状態を検出するために、機械式ガバナを新たに開発し採用した。
- (3) 運転方向逆転検出装置の設置 補助ブレーキのもう一つの動作条件として運転方向の逆転がある。これ



を検出するために駆動装置に運転方向逆転検出装置を設けた。

- (4) 上下階階段水平段数のGB規格適合化 上下階階段水平部の長さ規定に適合させるため、階段高が6m以下では階段水平段数を2.6mを超える場合は段数を3とした。
- (5) トラス強度の適合 トラスの強度は、自重に加えて1m²当たり5,000Nの荷重が作用した場合のたわみが受梁(うけばり)間の1/750以下でなければならないため、補強を追加することにより強度の向上を図った。
- (6) 階段沈下スイッチの設置 何らかの原因で階段が正常走行できなくなった状態を検出するための安全スイッチを新たに設けた。
- (7) 機械室点検スペースの確保 機械室内に少なくとも0.3m²、1辺が0.5m以上の点検スペースが必要であるため、トラス水平部寸法の延長や、駆動装置のレイアウト変更で対応した。

4.2.2 その他の規格への適合 日本にはJIS(日本工業規格)と建築基準法、海外にはEN(欧州規格)とASME(米国機械学会)規格などがあるが、今後はENがベースとなりISO(国際標準化機構)での規格化の可能性があり、規格適合はグローバル化に重要な位置を占めると思われる。

5 あとがき

動く歩道を含むエスカレーターに対する社会のニーズは、安全性や利便性を中心に、その水準も高まっている。一方で、コストや据付性、保守性などに対する配慮も不可欠である。また、古くなったエスカレーターのリニューアルも盛んに行われるようになってきた。

これら社会のニーズに応えた開発の一端について述べてきたが、これからも、ますます多様化するニーズに応える商品開発に取り組んでいく。



前田 敦司 MAEDA Atsushi

東芝エレベータ(株) 姫路事業所 技術部。
エスカレーターの電気系統の開発・設計業務に従事。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



高澤 理志 TAKASAWA Satoshi

東芝エレベータ(株) 府中事業所 開発部。
エスカレーターの機械系統の開発・設計業務を経て、現在エレベーターの同業務に従事。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



吉田 雅人 YOSHIDA Masato

東芝エレベータ(株) 府中事業所 開発部。
エスカレーターの機械系統の開発・設計業務を経て、現在エレベーターの同業務に従事。日本機械学会会員。
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.