

国内向けエスカレーター“uシリーズ” の保守省力化による停止時間削減

Reduce Downtime by Improving Maintainability of Escalators "u series" for Domestic

*三菱電機ビルソリューションズ(株)

要 旨

エスカレーターは、商業施設や交通機関などで利用者を上下方向へ大量輸送する動線として設置される。そのため、動線を断ち切る営業時間中のエスカレーター保守点検や故障による停止は利便性の低下につながるため、営業時間外の保守点検でも基本的に短時間での点検が望まれる。三菱電機ビルソリューションズ(株)(MEBS)が2021年11月に新たに発売したuシリーズエスカレーターでは、保守省力化を開発の主要な目的の一つとして、従来、最も保守点検に時間を要していた手すり・手すり駆動周りの製品構造を大幅に見直すとともに、部品の長寿命化や交換インターバルの延長につながる開発を進めた。その結果、uシリーズエスカレーターではMEBSの従来機種に比べて大幅な保守省力化を実現し、それに伴いエスカレーター停止時間の削減を可能にした。

1. ま え が き

エスカレーターは、商業施設や交通機関などで利用者を上下方向へ大量輸送する動線として設置されるため、営業時間中のエスカレーターの保守点検や故障による停止は利用者の利便性の大幅な低下や施設の売上げ低下につながる。保守点検を営業時間外に行う場合でも、施設側では保守作業員の施設への入退室の対応や現場によっては立会いが必要であり、施設側にとっては短時間での点検が望まれる。MEBSが2021年11月に新たに発売したuシリーズエスカレーターでは、Universal(誰に対しても)、Usability(使いやすく、有用である)という製品コンセプトの下、保守省力化を主目的の一つとして開発を進めた。その結果、uシリーズエスカレーターではMEBSの従来機種に比べて大幅な保守省力化を実現し、エスカレーター停止時間の削減を可能にした。

本稿では、uシリーズエスカレーターでの保守省力化のために開発を進めた構造・機能について述べる。

2. 手すり・手すり駆動装置の保守性改善

図1に示すエスカレーターでは、手すりは乗客が乗車するステップとほぼ同期して動くことを求められる。この手すりは通常、摩擦力を用いて駆動するが、その摩擦力の経時的な低下に伴い手すり遅れが発生すると、手すりを掴(つか)んでいる乗客の体が後方に引っ張られて転倒することになりかねない。この事象を防止するために、従来の手すり駆動システムでは手すり内の摩擦摺動(しゅうどう)面の清掃や手すり駆動システムの各種調整が重要でかつ最も時間を要する保守作業になっていた。そのため、uシリーズエスカレーターでは保守省力化への最重要課題であった手すり駆動システムの構造を見直すとともに、その新システムから受ける高い負荷に耐えられる新たな手すりを開発した。

2.1 手すり駆動方式の変更

uシリーズエスカレーターで新たに採用した手すり駆動システムとMEBSの従来の手すり駆動システムを、図2にそれぞれ示す。従来のシステムでは、対向させた2種類のローラー(駆動ローラー、加圧ローラー)で手すりを上下から挟圧し、その状態で駆動機からの動力を手すりチェーンを介して駆動ローラーに伝達し、回転させて手すりを駆動させる方式で、“ローラー駆動方式”と呼ぶ。これに対して、uシリーズエスカレーターでは、従来の駆動ローラーに相当するシーブ(金属のボスの外周にゴムを貼り付けた部品)の周囲に手すりを巻き付けてシーブを回転させて手すりを駆動する“シーブ駆動方式”を新たに採用した。手すりの挟圧部分、シーブや駆動ローラーへの動力伝達部分の設計思想は従来と同様である。

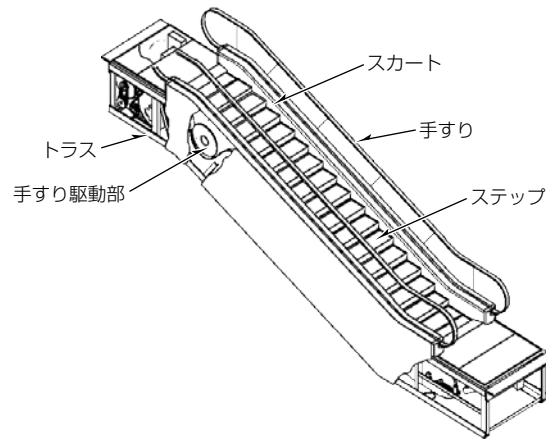


図1-エスカレーターの主要構成部品

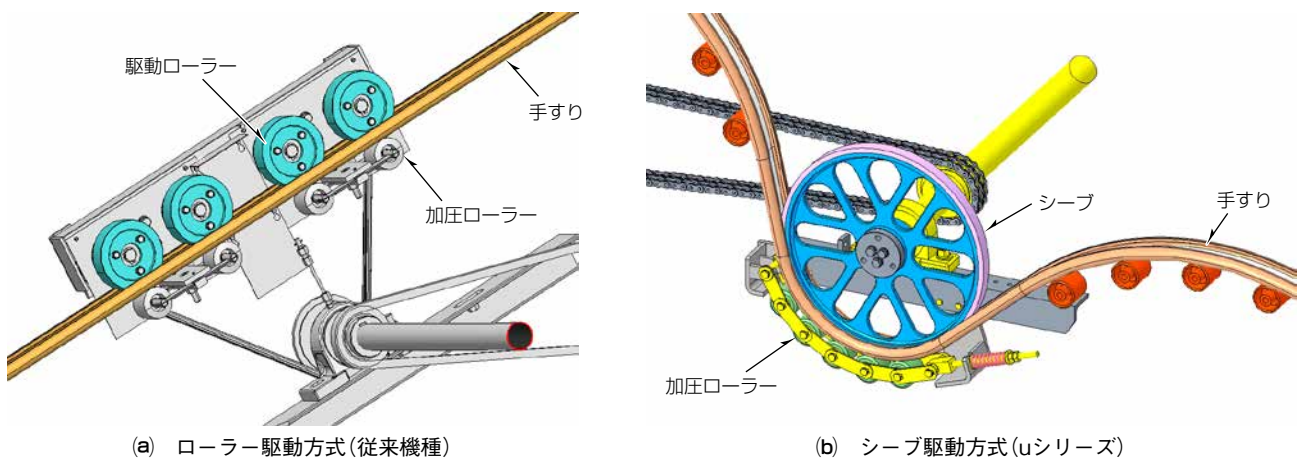


図2-手すり駆動方式

シーブ駆動方式が保守省力化につながる理由としては、大きく次の三つが挙げられる。

- (1) トラクション性能の改善による手すり駆動力(手すり速度)の安定化

図3にシーブ駆動方式とローラー駆動方式のそれぞれのトラクション曲線を示す。横軸はシーブ又は駆動ローラーと手すり間の滑り率(スリップ率)、縦軸はシーブ・駆動ローラーと手すり間に働く駆動力の関係を示している。図のとおりシーブ駆動方式の曲線が立ち上がっており、これは手すりに加わる駆動力が増えてもシーブ駆動方式ではほとんど手すりの滑りが生じないことを意味する。一方、なだらかな曲線を描くローラー駆動方式では滑りが生じやすいことが分かる。特に経年的に手すり内に汚れが堆積してくるとローラー駆動方式の曲線は更に緩やかになる。そのためローラー駆動方式

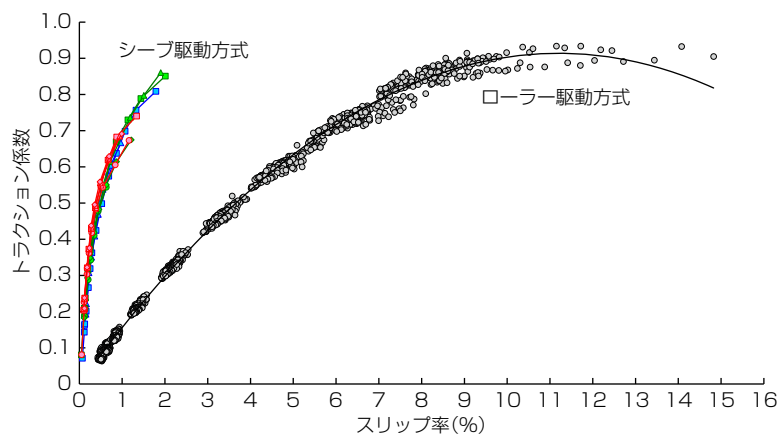


図3-各手すり駆動方式でのトラクション曲線

では手すり内の清掃などの計画的実施が重要であったが、シーブ駆動方式では手すり内の汚れの影響を受けにくいため清掃インターバルを従来より長くすることが可能になった。なお、エスカレーターの手すりはステップよりも若干進むように設計しており、駆動部品と手すり間の滑りが多少発生しても手すりがステップより遅れる状況には至らない構造となっている。

(2) 手すり駆動装置の配置の集約

手すり駆動の保守点検時には、各機器へアクセスするため必ず各機器を覆い隠している部品(ステップ、スカート等)の着脱作業が伴う。図4は、エスカレーターの骨組みであるトラス内での各手すり駆動方式での構成機器の配置と概略構造の代表例を示す。広範囲に機器が設置されているローラー駆動方式ではアクセスに必要な着脱部品点数も多いが、機器の配置がコンパクトなシーブ駆動方式では着脱部品が少なくその作業時間が削減される。1回の点検での削減時間は10～30分程度であるが、エスカレーターの数十年の稼働でその効果を積み上げるとそのインパクトは無視できない。

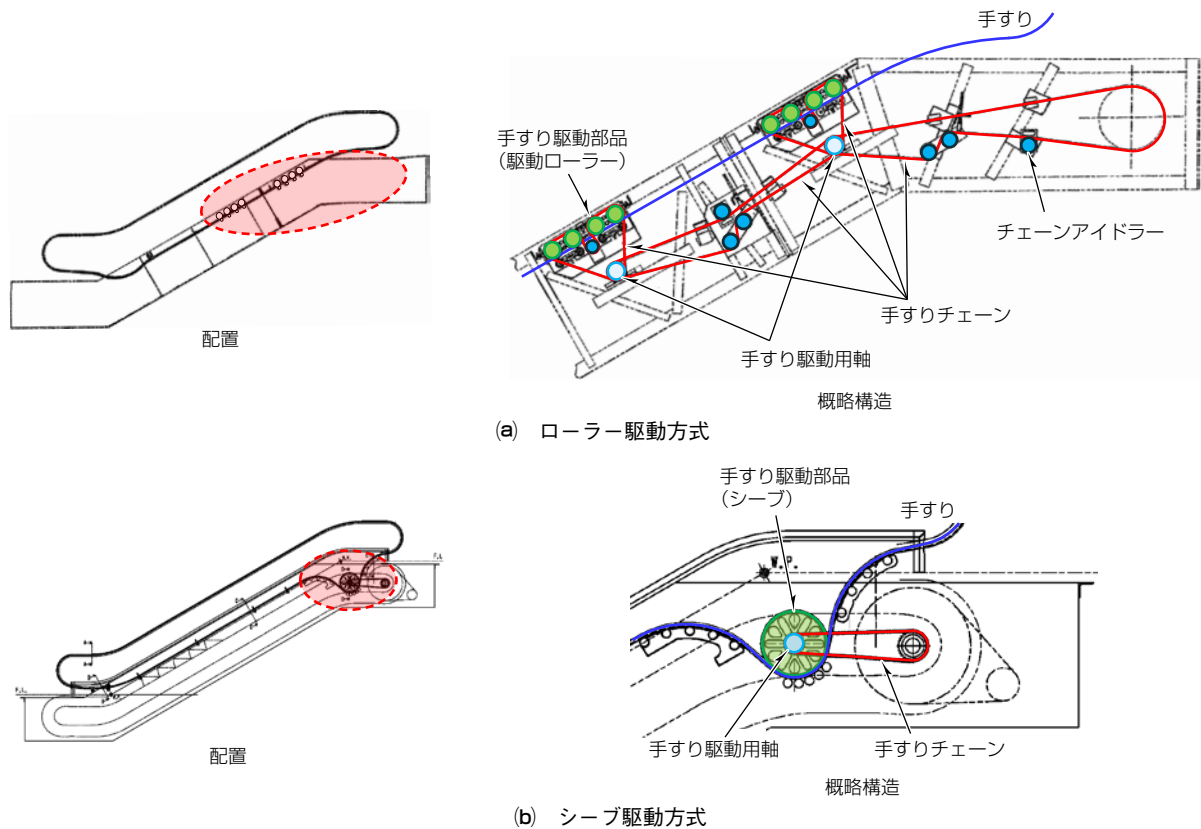


図4-手すり駆動装置全体のトラス内での配置と概略構造

(3) 手すり駆動装置部品点数の大幅削減

表1に各駆動方式での機能ごとの主要部品点数の比較を示す(表1の各部品の表記は図4の各部品に対応)。部品のサイズなど詳細仕様は各方式で異なるがシーブと駆動ローラーのように機能的に同じ部品同士で比較すると、シーブ駆動方式の方が部品点数が大幅に少ない。これによって、ローラー回転状態など保守点検すべき箇所(保守点検時間)、将来交換する部品点数(交換作業費・部品代)共にuシリーズでは大幅に削減できることが分かる。

表1-手すり駆動装置(図4の概略構造)での主要部品点数比較			
部品名	図4での表現	シーブ駆動	ローラー駆動 ^(注1)
手すりチェーン	—	1本	3～6本
手すり駆動用軸	○	1本	1～2本
手すり駆動部品	●	シーブ 2個	ローラー 8～20個
チェーンアイドラー	●	0個	4～12個

(注1) エスカレーターの仕様によってローラーやチェーンアイドラーの個数
が変化する。

2.2 手すりの低剛性化

uシリーズエスカレーターでは手すりの駆動方式を見直したことで、保守点検・修理工事の負担を大きく改善できた。一方で、手すりはシーブ部分を通過する際に大きく繰り返し屈曲するため逆に疲労劣化しやすくなり、従来機種並みの手すり寿命を確保するために手すりの改良が不可欠であった。

シーブ駆動方式に適用するウレタン手すりの所要寿命実現のためには、シーブ部通過時の曲げに耐えられる高い耐屈曲性が必要であり、その最大の課題が直線状の手すりを環状につないだエンドレス接合部断面剛性の低減であった。連続押出成形によって均一に低剛性となる本体部に対して、接合のために再度熱が加えられるエンドレス接合部では本体部より剛性が高くなることが避けられないため、この課題をクリアするため、エンドレス接合部に対して次の対策を取り入れた。

- ①複数本のワイヤーを突き合わせる位置を一つの断面に集中させず長手方向へ分散した。
- ②樹脂接合部を補強する補強布の長さを極小化した。
- ③手すり内面全周に貼られている帆布突き合わせを斜めにした。
- ④強靱(きょうじん)性帆布接着剤を採用した。ほか

エンドレス接合部での断面内剛性を最小限に抑えて手すり長手方向への剛性を緩やかに変化させる設計を徹底しつつ、FEM(Finite Element Method)解析を駆使してエンドレス接合部の最適仕様を探っていった。その結果、以前のウレタン手すりと比較して約40%もの剛性低減を実現し、手すり自体の寿命もローラー駆動方式と遜色のないレベルにまで延ばすことができた⁽¹⁾。この低剛性ウレタン手すりの実現によって、MEBSとしてuシリーズエスカレーターへのシーブ駆動方式の採用を実現し、大幅な保守の省力化・停止時間の削減が可能になった。

3. 部品長寿命化・交換インターバル延長機能

uシリーズエスカレーターの部品長寿命化と交換インターバル延長につながる開発を進めたので、その構造・機能について述べる。

3.1 省エネルギー運転モード

uシリーズエスカレーターでは運転制御にインバーターを使用し、利用者数に応じて速度をコントロールする省エネルギー運転モードを標準装備している。図5にその制御例を示す。乗客が多い場合は標準速度30m/min、少ない場合は状況に応じた低速度に切り替える。本来は省エネルギーを目的とした機能だが、この機能によってエスカレーター走行距離の削減にもつながるため、手すりやチェーン、ローラーのように劣化速度が走行距離で左右される駆動部品の交換インターバルの延長やエスカレーター寿命内での交換回数の削減が見込める。例えば、標準速度30m/minでの稼働時間が総稼働時間中の10%程度の利用客が少ない現場であれば、走行距離は常時速度30m/minで稼働する場合よりも約20%削減される。

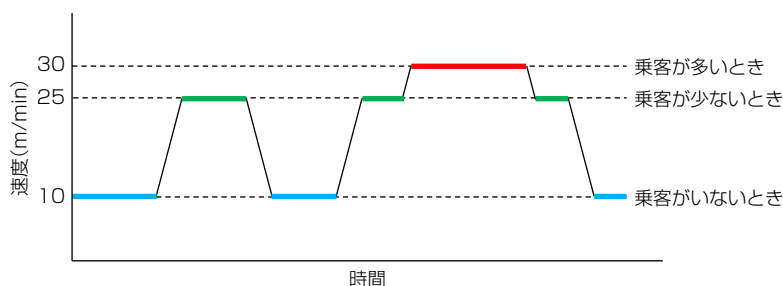


図5-省エネルギー運転モードの速度切替例

3.2 各種データ収集・蓄積機能

uシリーズエスカレーターでは各種データを収集・蓄積する機能も充実させている。このうち、運転時間や移動距離・電力使用量・待機時間などの運転データは、例えば手すり・チェーン・ローラーなどの各消耗部品が故障に至る前の最適

な交換時期の算出に活用でき、不必要な早期の部品交換を防止して、ランニングコストを抑制できる。また、安全装置の動作・速度履歴・操作履歴などの動作データは故障発生時の早期の原因究明・現場復旧に活用でき、復旧までのエスカレーター停止時間の最小化・作業員の故障対応時間の削減につながる。

4. む す び

国内向けエスカレーター“uシリーズ”での保守省力化・停止時間削減のための構造・機能について述べた。停止時間削減等による利便性の更なる向上に加えて、国内で今後加速する労働人口減少に備えるためにも、エスカレーター保守省力化の施策を充実化させていくことは重要である。そのために、保守作業に対してセンシング技術や各種収集データを積極的に活用していくなど、今後もMEBSのエスカレーターの高い安全性・信頼性を提供し続けて社会に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 野末紗海人，ほか：エスカレーター用低剛性ウレタン手摺，三菱電機技報，**94**，No.5，286～289（2020）

