

# 安全性向上・小型化を実現した三菱海外向け標準形エスカレーター“uシリーズ”

西 正弘\*  
Masahiro Nishi

Mitsubishi Standard Type Escalators "u Series" for Overseas with Improved Safety and Miniaturization

## 要 旨

海外市場での多様なニーズに対応するため、乗降時や乗車時の安全性、快適性の向上と大幅な省エネルギーを実現した三菱海外向け標準形エスカレーター“uシリーズ”を発売した。uシリーズエスカレーターは、製品コンセプトである“Universal(誰に対しても)、Usability(使いやすく、有用である)”に基づいて次の3テーマに沿った機能を展開する。

### (1) 安全性

エスカレーターでの転落・転倒事故を低減するために停止時の減速度を緩やかにするスローストップ機能の搭載、子供がイタズラでデッキボードに乗り上げて落下する事故を低減するための乗り上げ防止構造の採用、乗客が常に手すりを安心してつかめることで転倒リスクの低減へとつな

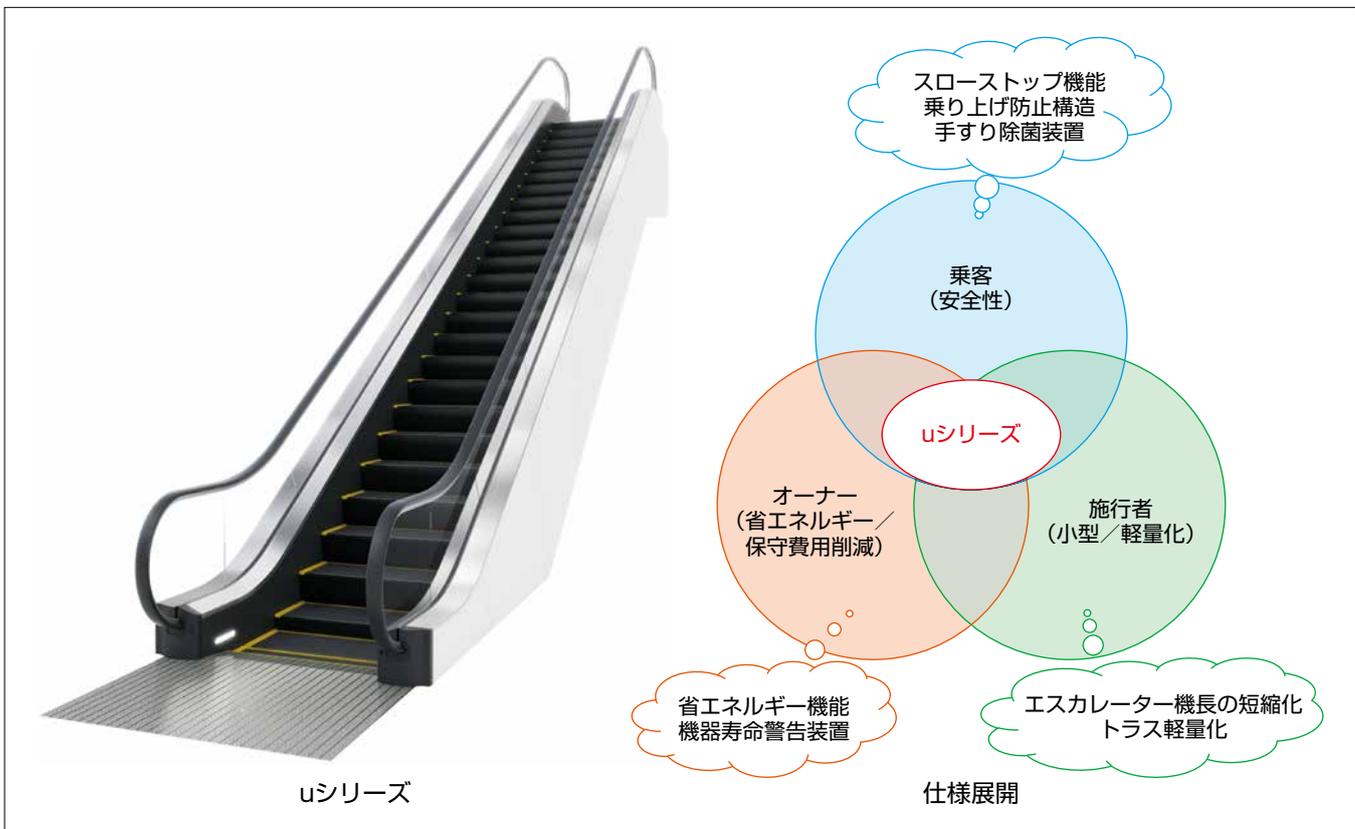
げる手すり除菌装置の装備といった物理的・心理的な効果が見込める安全性能の強化を図った。

### (2) 小型／軽量化

建物内でのエスカレーターの設置レイアウトの幅を広げて、設置上の制約条件を緩和するためにエスカレーター機長を従来機種比約400mm短縮し、かつトラス質量を従来機種比25%軽量化した。

### (3) 省エネルギー／保守費用(ランニングコスト)削減

インバータや低電力LED等の省エネルギー機器採用による省エネルギー推進と、新たに開発した機器寿命警告装置による保守費用の削減を進めて、エスカレーター稼働時のランニングコスト削減を図った。



## エスカレーター“uシリーズ”の仕様展開

三菱海外向け標準形エスカレーター“uシリーズ”では、“Universal(誰に対しても)、Usability(使いやすく、有用である)”をコンセプトとして安全性(スローストップ機能・乗り上げ防止構造・手すり除菌装置)、小型／軽量化(エスカレーター機長の短縮化・トラス軽量化)、省エネルギー／保守費用削減(省エネルギー機能・機器寿命警告装置)といった仕様強化・展開を行った。

## 1. ま え が き

公共移動手段として一般的であるエスカレーターは世界各国様々な場所で稼働している。様々な人が利用するエスカレーターは、乗客からは安心・安全・快適性、施工者からは施工性・レイアウト性、オーナーからはリーズナブルな価格・維持費かつ安定稼働が求められている。2020年12月に新たに発売したエスカレーターuシリーズでは、“Universal(誰に対しても)、Usability(使いやすく、有用である)”を製品コンセプトとして市場ニーズに対応するための安全性・小型／軽量化・省エネルギー／保守費用削減の3テーマに沿った機能を展開した。

本稿では、各テーマに沿った機能の特長と開発内容について述べる。

## 2. 安 全 性

### 2.1 スローストップ機能

エスカレーターで多い事故は、乗客が乗っているときに何らかの理由で急停止することによる階段からの転倒である。列車での実験結果ではあるが高齢者や障がい者がエスカレーターの通常停止時減速度で停止した場合、支持物がないと約90%の人が足を踏み出してしまう(姿勢の維持ができない)とのデータ<sup>(1)</sup>も存在する(図1)。その結果を考慮してuシリーズでは、安全装置が動作した際に乗客が転倒ないようにインバータ(INV)を用いて緩やかに停止するINV式スローストップ機能を標準仕様とした。しかし、電源事情が悪い国では停電などが発生して電力が遮断されるとINVが動作せずに急停止するケースも考えられる。そこで更なる対策として、INVとは別に慣性を利用した機械式スローストップを併用する仕様も準備した。これら併用によってどのような状況下でもどちらかのスローストップ機能が作動するようにした。

### 2.2 乗り上げ防止構造

乗客がエスカレーターから転落する要因の一つとして、子供がイタズラでデッキ部分に乗り上がって手すりを越えて転落するケースが考えられる。デッキ部分への乗り上げを防止する方法としては、デッキの傾斜角を急にしたたり、曲面にするといった方法が考えられるが、デッキ形状は各国法規の中で規定されている場合があり、どの地域でも採用可能で乗り上がりにくいデッキ形状が存在しなかった。そこで、uシリーズでは人体寸法統計値<sup>(2)(3)</sup>に基づいて18才未満の子供がデッキ部分に足をかけづらい(足を腿

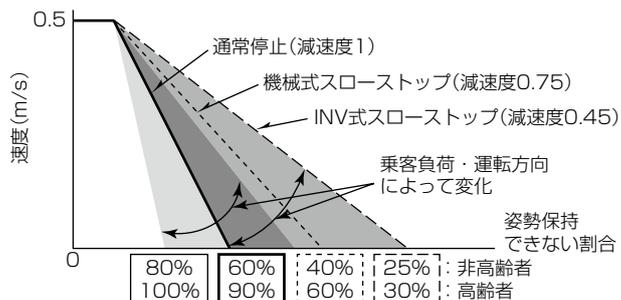


図1. スローストップ機能による減速度の差

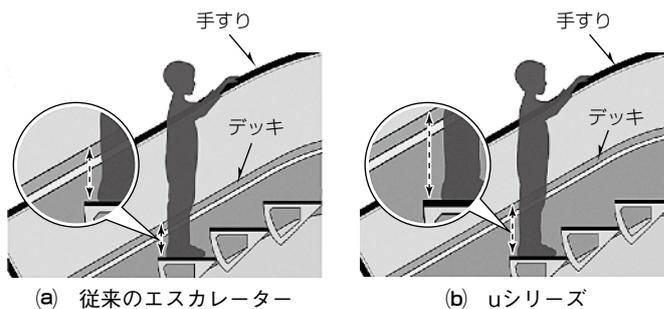


図2. 乗り上げ防止構造

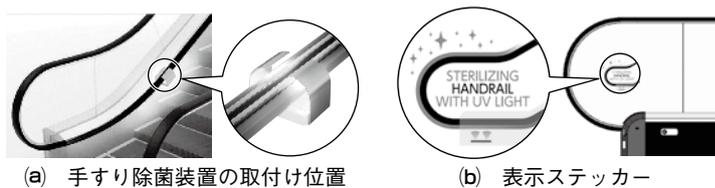


図3. 手すり除菌装置

(もも)よりも高い位置まで上げる必要がある)高さに設定した(図2)。これによってデッキ形状を大きく変えずに子供による乗り上がり・転落リスクについて理論上当社従来機種比約50%の低減を実現した。

### 2.3 手すり除菌装置

乗客の転倒防止には乗車時に手すりをつかんで利用してもらうことが重要である。しかし、エスカレーターは公共物として不特定多数の人間が利用するため、汚れや病原菌との接触リスクを考えて手すり自体をつかみたくないと考えの人が一定数存在する。そこで紫外線の中でも高い殺菌力を持つUV(Ultra Violet)-Cを用いた手すり除菌装置を新たに採用した(図3)。装置は機器内部に設置されて外観からは装置が設置・稼働していることを把握できないため、併せてステッカーを用いて除菌中であることを明示することによって心理的にも手すりをつかみやすいようにした。

## 3. 小型／軽量化

### 3.1 エスカレーター機長の短縮化

エスカレーターを設置するにはエスカレータートラス機

長(TG)分の占有面積が必要であり、設置する場所・方向などが建物レイアウト上の制限になる(図4)。なお、エスカレーターは傾斜角が30°(階高6mまでは35°も可)と定められており、傾斜部分の機長は階高によって自動的に決まるため、機長を短縮するためには駆動機や制御盤が設置されている上下部の水平部分(TJ/TK)寸法を短くする必要がある。そのため、uシリーズエスカレーターでは水平部に設置されているそれらの機器を水平部又は傾斜部などの空きスペースに効率的に設置することでTJ/TK寸法を短縮して従来機種比約400mmのTG短縮を実現した。

従来の開発では、この機器レイアウトを図面上で検討した設計案を基に実機試作を行い、実機で確認しながら関係部門間ですり合わせを実施していた。しかし、この方法は試行錯誤しながら機器レイアウトを決定するため時間がかかるとともに、修正が必要な変更が発生すると設計段階まで手戻りが必要になるため開発期間が長期化するなどの問題を抱えていた。

このことを踏まえてuシリーズの開発では、開発フロントローディング(FL)活動として設計案を基にエスカレーター全体を3Dモデルで作成し、製造・品証部門にも設計構想段階から開発への参画を依頼してモデルでの構造確認を行った。モデルの段階で各部門の意見・要望を早期に吸い上げ、こまめに設計手直しを行ってモデルに反映することで設計時間は従来より増加したが試作前に課題点が明確になり、対策を施した上で試作へと進めることができた。その結果、従来実機試作後に多く発生していた手戻りを伴う変更は発生せずに最小限の手直しだけで最適な機器レイアウトを決定できた。これによって大幅なエスカレーター機長の短縮を実現するとともに開発期間の短縮を図ることができた(図5)。またこの活動によって作成した3Dモデルは、設計部門だけでなく他部門にも有効利用できるようにデータの共有を行い、製造・据付け部門には組立て手順を動画で示した教育動画マニュアルの提供(図6)、営業部門には従来別途作成していたVR(Virtual Reality)、BIM(Building Information Modeling)などの客先への販促ツールとしても活用できるようにした。

### 3.2 トポロジー最適化解析によるトラス軽量化

エスカレーター質量の大部分は、土台になるトラス部分で占められている。トラスは、建築物間を橋渡しする構造として十分な強度・剛性が求められるために多くの鋼材を用いて製造される。従来のトラスは、画一的なサイズの鋼材を用いて作成していたが、トラスにかかる荷重は部位によって異なるために最も高負荷な部分に合わせて鋼材サイズを決めていたため、過剰性能になる部分が発生していた。

このことを踏まえて、uシリーズではトラス軽量化を図

るために、トポロジー最適化解析を用いた(図7)。質量やトラス設置範囲を制約条件としてトポロジー最適化解析を行って高負荷領域と低負荷領域を確認し、その結果に基づいて最適な鋼材サイズを選定することで、従来機種と同等の強度・剛性を持ちながら鋼材使用量を従来比25%削減することに成功した。

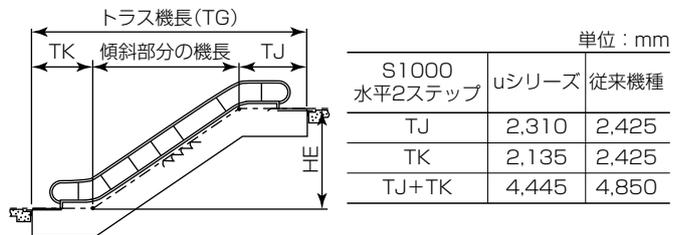


図4. トラス機長

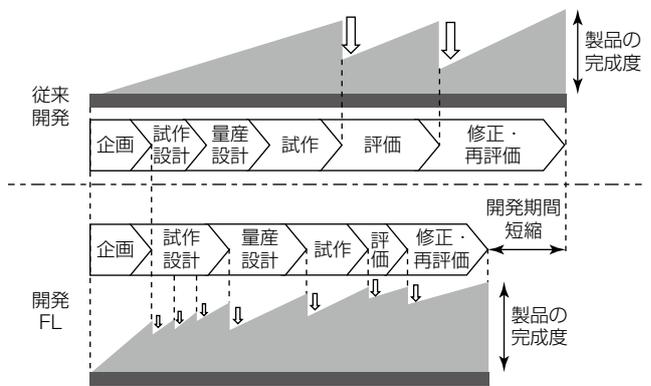
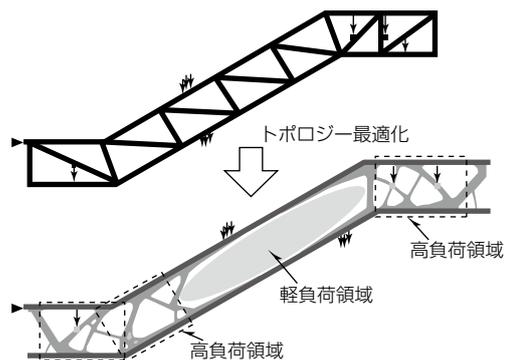


図6. 3Dモデル活用事例(組立て手順の教育動画マニュアル)



## 4. 省エネルギー／保守費用 (ランニングコスト)削減

### 4.1 省エネルギー機能

従来機種では初期投資を抑える傾向が強い海外市場を意識して、商用電源駆動や安価な照明(蛍光灯等)を採用することが多かったが、そのような仕様では安全性・快適性・省エネルギー性を実現することが困難であった。uシリーズではシステム見直しによる初期コスト増加を最小化しつつ、各省エネルギー機能導入によるランニングコスト低減を行うために次の機能を標準仕様とした。

#### (1) INV装備(省エネルギー運転モード・回生コンバータ)

軽負荷時のモータ効率を上げる最適励磁制御を採用したINVを使用し、利用者数に応じた速度コントロールを行う省エネルギー運転モードを導入した(図8)。利用者が多い場合は高速運転を行い、少ない場合は低速運転を行う省エネルギー運転とするが、速度の変動率を小さく設定することで利用者の快適性を損なわずに効果が得られるようにした。また、回生コンバータによって下り運転時、一定以上の利用者がある場合に発生する回生電力を建物内の別電気設備に有効利用する更なる省エネルギーも実現した。

#### (2) 低電力LED

従来機種で採用していた蛍光灯と比較して消費電力を75%削減したLEDユニットを採用した。交換寿命も約7倍に延びたことで交換費用を抑えることができ、ランニングコスト削減を実現した。

### 4.2 機器寿命警告装置

エスカレーターの消耗部品は、適切な時期に交換しなければ意図しないタイミングで破損・停止して乗客が利用できないダウンタイムが発生する。これを防ぐためには、一般的に推奨されている部品寿命よりも早めの交換実施が有効だが、その分だけランニングコストは悪化する。また、エスカレーターは設置環境や利用状況によって、稼働負

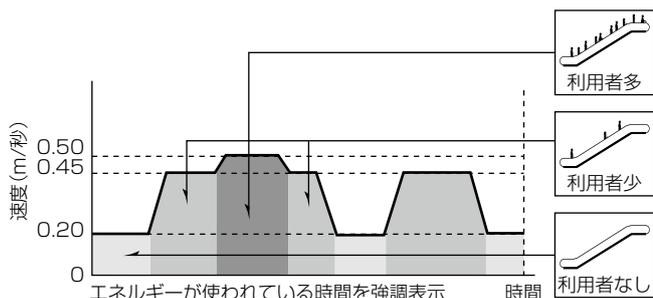


図8. 省エネルギー運転モード



(a) 制御盤 (b) 故障表示器

図9. 機器寿命警告装置によるエラーコード表示

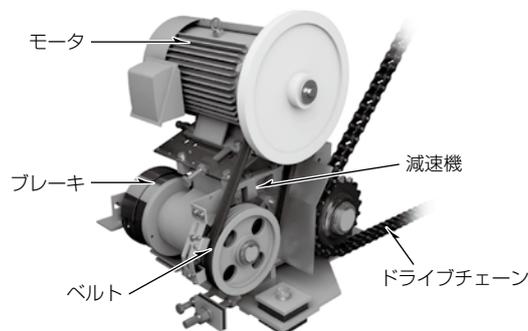


図10. 機器寿命警告装置による警告対象部品の一例

荷・時間が異なるために部品寿命は一定にはならない。そのため、エスカレーター1台ごとの稼働環境を考慮した上で各部品を最適な時期に交換することがダウンタイムを最小化させかつランニングコストを抑えることにつながるが、保守作業側でそれを管理するのは非常に困難であった。

この問題に対して、uシリーズではエスカレーター1台ごとに稼働状況を把握し各部品の寿命を計算することで交換時期を割り出し、保守作業側が簡単に最適な交換時期を知ることができる機器寿命警告装置を新たに導入した。図9に示す警告装置のエラーコードに基づいて部品交換を実施することで、経済的かつ部品破損によるダウンタイムの最小化を図ることが可能になる。機器寿命警告装置による警告対象部品の一例を図10に示す。

## 5. む す び

三菱海外向け標準形エスカレーター“uシリーズ”のコンセプトに沿った安全性・小型／軽量化・省エネルギー／保守費用削減に対する機能・特長について述べた。

今後とも社会を支える公共移手段としてステークホルダー(乗客・施工者・オーナー等)にとって有益なエスカレーターを開発・提供することで社会に貢献していく。

### 参 考 文 献

- (1) 大野央人：通勤列車における立位客の安全性評価，第207回鉄道総研月例発表会(鉄道の安全性向上を目指すヒューマンファクタ研究)(2007)
- (2) 河内まき子，ほか：AIST/HQL人体寸法・形状データベース2003，産業技術総合研究所 H18PRO-503 (2006)
- (3) 文部科学省：令和元年度学校保健統計(学校保健統計調査報告書)(2020)  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k\\_detail/1411711\\_00003.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1411711_00003.htm)