

安全性を向上させた新規格対応の 中国市場向けエスカレーター

Escalator for Chinese Market Compliant with New Chinese Safety Standard

前田 敦司 曾我 宗則 横江 誠司

■ MAEDA Atsushi ■ SOGA Munenori ■ YOKOE Seiji

近年、エスカレーターに対する社会のニーズは、安全性や省エネを中心に、その水準が著しく高まっている。特に安全性においては、欧州ではEN規格が改定されてEN 115-1:2008+A1:2010となり、安全関連規定が大幅に追加された。また中国でも、EN規格の改定内容をほぼ全面的に取り込んでGB規格が改定されてGB 16899-2011となり、2012年7月から施行された。

東芝エレベータ(株)は、GB 16899-2011で新たに導入された、安全性強化のための規定やプログラマブル電子安全装置(PESSRAE)規定などに対応した中国市場向けエスカレーターを開発した。

In the field of escalators, there is a strong social requirement for high safety to protect users and others from danger, as well as an increasing focus on energy conservation in recent years. In particular, the European safety standard for escalators has been revised as EN (European Norm) 115-1:2008+A1:2010, with the addition of a significant number of safety-related regulations. In China, the safety standard for escalators was also revised as GB 16899-2011, which incorporates almost all of the regulations of EN 115-1:2008+A1:2010 and went into effect in July 2012.

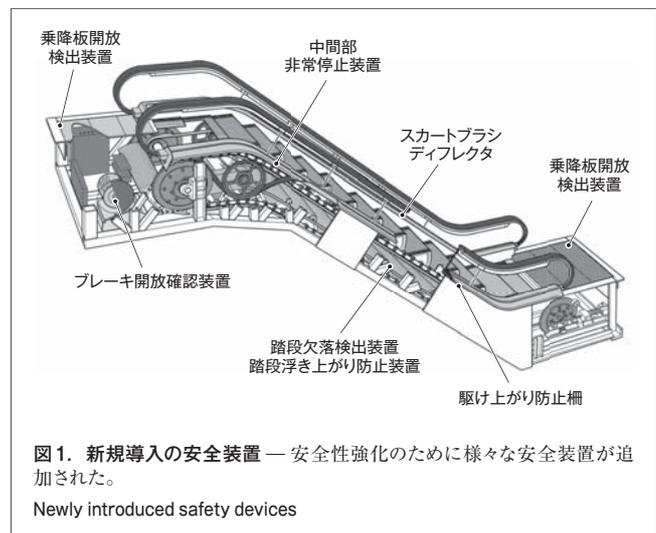
To fulfill the requirements of the Chinese market, Toshiba Elevator and Building Systems Corporation has developed an escalator with enhanced safety that is compliant with the GB 16899-2011 standard, including the newly introduced Programmable Electronic Systems in Safety Related Applications for escalators and moving walks (PESSRAE) regulation.

1 まえがき

エスカレーターは人々の重要な縦の移動手段として従来から広く利用されてきた。近年、エスカレーターに対する安全性の要求はいつそうの高まりを見せており、各国で安全関連の規定を取り込んだ法規や規格の改正が行われている。

世界各国の昇降機に関する規格は、主に、欧州を中心に適用されているEN規格と北米を中心に適用されているASME(米国機械学会)規格に大別される。特に、2008年に安全関連規定を大幅に追加して改定されたEN規格EN 115-1:2008+A1:2010が発行(2010年に修正)され、各国の法規や規格に影響を与えている。EN及びASMEの両規格と異なる建築基準法に基づき独自の規格体系を構築していたわが国でも、EN規格改定後は、同規格を積極的に取り込んだ新たなJIS(日本工業規格)作成へと動き始めている。以前より、EN規格の影響を強く受けていた中国では、EN規格の改定に追随し、EN規格の改定内容をほぼ全面的に取り込んだ新規格GB 16899-2011を2011年7月に発行し、2012年7月に施行した。

東芝エレベータ(株)は、中国新規格が施行されるのに合わせ、同規格に対応させた中国市場向けエスカレーターを開発した。ここでは、新たに導入された、安全性強化規定及びプログラマブル電子安全装置(PESSRAE)規定への対応について述べる。



2 安全性強化への対応

2.1 安全性強化の考え

新規格の導入は、エスカレーターに関わる全ての人を事故や危険から守ることにある。ここで人とは、安全の対象として、利用者はもちろんのこと、据付け作業員、調整員、保守員、検査者などエスカレーターに関わる全ての人が含まれる。すなわち、安全に据付け、調整ができ、安全に保守、検査ができて

はじめて安全なエスカレーターと言えとの姿勢が色濃く打ち出されている。新規格では、守るべき対象範囲の拡大に加えて、利用者に対する安全性についても大幅に強化されている。

この目的を達成するため、様々な安全性強化規定は改定されたEN規格から引き継がれ、新規格に取り入れられている。

2.2 安全性強化の対応施策

安全性強化のための主な安全装置(図1)と安全基準への対応について以下に述べる。

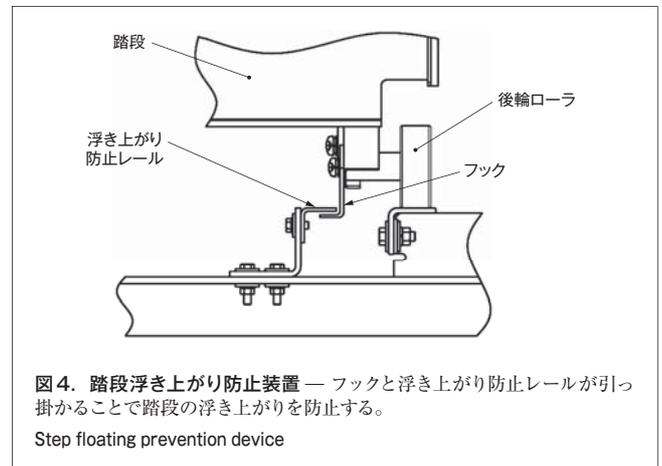
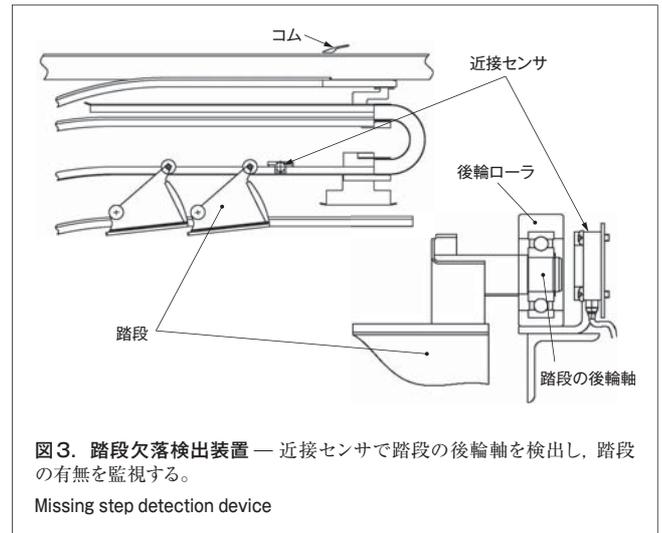
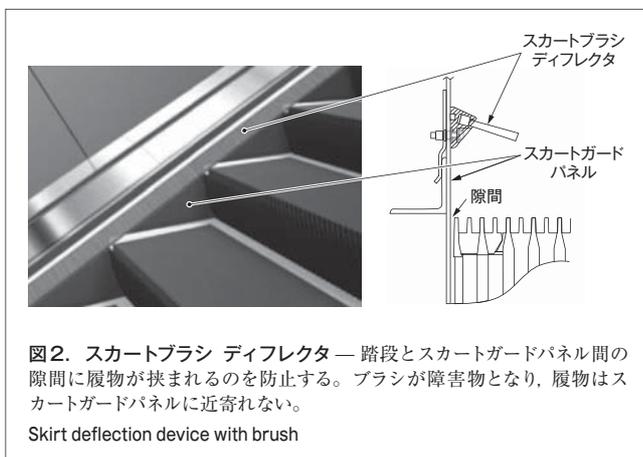
2.2.1 スカートブラシ ディフレクタ 踏段とその側面に位置するスカートガードパネル間の隙間にゴム製の履物が挟まれるのを防ぐため、下階から上階までのスカートガードパネルに踏段の軌跡に沿って一列にブラシ状のスカートブラシ ディフレクタを設置した(図2)。従来はオプション仕様であったが、標準仕様とした。更に、ベビーカーの車輪が挟まれにくいようにブラシ取付け部の形状を選定した。

2.2.2 乗降板開放検出装置 上階機械室内での作業時に、回転物へ巻き込まれるのを防ぐためスイッチを乗降板に設けた。乗降板を開放するとスイッチが動作し、駆動装置の動作を止める。

2.2.3 踏段欠落検出装置 踏段の後輪ローラなどの破損による踏段の欠落は、利用者が乗降する面に開口部が露出してしまいうリスクがある。そこで、欠落部がコムから出現する前にエスカレーターを停止させるため、踏段の後輪軸を検出する近接センサを設けて、踏段の欠落を監視している(図3)。

2.2.4 踏段浮き上がり防止装置 新規格では、踏段間に挟まれるのを防ぐため、踏段の垂直変位を4 mm以下とするように規定された。従来、上下階の水平部については後輪の押えレールを配置して踏段の浮き上がりを防止してきたが、今回更に、踏段にフックを設けるとともに、踏段が浮き上がろうとする際にこのフックが引っ掛かる浮き上がり防止レールを設けた(図4)。

2.2.5 駆け上がり防止柵 欄干外側のデッキボードを子供が上るのを防ぐため、従来から、アクリル板やU字型パイ



プの障害物を外デッキ上に設置してきたが、更に乗り越えることができないように進行方向に奥行きを持たせた形状や配置にした(図5)。

2.2.6 中間部非常停止装置の設置 エスカレーターの出入口がシャッタなどでふさがれるレイアウトでは、踏段上から操作可能な位置に緊急停止スイッチを備えるように規定されており、中間傾斜部の欄干外側デッキボードに柱を立てて設置した。

2.2.7 ブレーキ開放確認装置の設置 ブレーキが半開放状態で起動してしまうと発熱するため、ブレーキの開放状態を検出するスイッチを設けた(図6)。

2.2.8 制動装置の制動減速度基準 新規格では、主ブレーキ及び補助ブレーキ(階高が6 mを超える場合に必要)が動作した際、制動減速度を1 m/s²以下に抑えることで急停止による利用者の転倒などの二次災害が低減するように規定された。

そこで、主ブレーキの設定ブレーキトルクとフライホイール効果を見直すとともに、停電時は主ブレーキと補助ブレーキを同

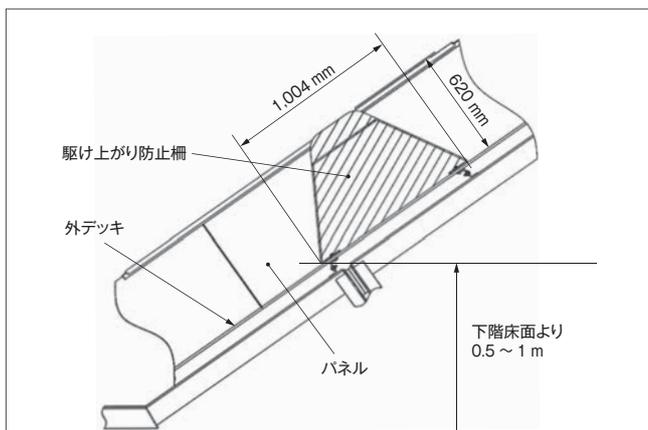


図5. 駆け上がり防止柵 — 外デッキ上にアクリル製の柵を設け、柵干の外を人が通ることを防いでいる。

Fence to prevent passage outside handrail

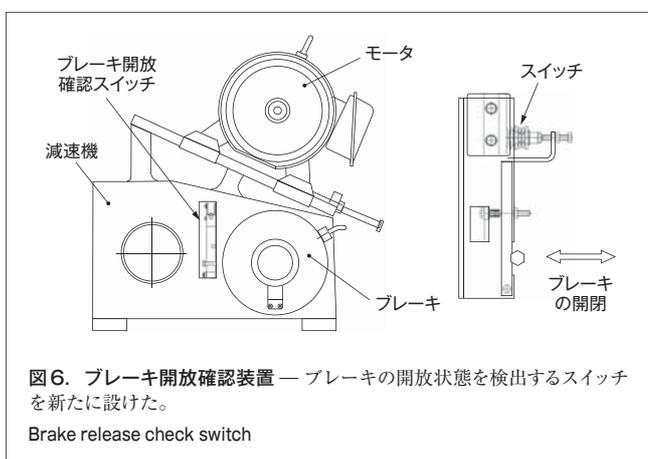


図6. ブレーキ開放確認装置 — ブレーキの開放状態を検出するスイッチを新たに設けた。

Brake release check switch

時に動作させては制動減速度が 1 m/s^2 以下を満足できないため、補助ブレーキの動作をわずかに遅らせる遅延機能を追加した。

2.2.9 駆動装置と駆動輪の強度基準 従来からトラス部材などの構造部材については、 $5,000 \text{ N/m}^2$ の静的荷重が作用した場合に安全率5以上を確保することが求められるが、今回、駆動装置及び駆動輪についても同様に規定された。そこで駆動装置各部と駆動輪について強度計算を実施し、規定を満足することを確認した。

3 PESSRAE 規定への対応

3.1 開発の背景

新規格で追加された電気安全装置については、従来の安全接点や論理回路で構成するのは困難であり、プログラム式の電子安全装置 PESSRAE の考え方が導入された。プログラムによる安全装置は、安全性や信頼性を確保するため機能安全規格である IEC 61508 (国際電気標準会議規格 61508) と

表 1. PESSRAE 安全機能

Safety functions of PESSRAE

安全機能	機能概要	SIL
過速監視	公称速度の 120% を超える前に検出	SIL2
逆転監視	遅速を検出し設定された移動方向が逆転する前に停止	SIL2
階段欠落監視	欠落部を検出しコムから出現する前に停止	SIL2
主ブレーキ動作監視	操作指令に対する意図しないブレーキ動作が発生したことを検出	SIL1
補助ブレーキ動作監視	操作指令に対する意図しないブレーキ動作が発生したことを検出	SIL1
手すり速度監視	-15% を超える逸脱が 15 s 以上継続したことを検出	SIL1
停止距離監視	最大許容停止距離の 20% を超えて上回ったことを検出	-

IEC 62061 への準拠が必要になる。新規格でも IEC 61508 と完全一致する GB/T 20438 への対応を要求している。

当社は、この機能安全規格に準拠するため、規格で提示される設計技法及び方策や、故障率の考え方を漏れなく取り込み、新規格で追加された安全機能を満足する装置を開発した (表 1)。

各安全装置には安全度水準 (SIL : Safety Integrity Level) が割り当てられ、プラントなど全ての分野を網羅する IEC 61508 では 4 段階 (SIL1 ~ 4) で表される。この値が大きいくほど安全装置として高い性能が要求される。エスカレーターでは最大 SIL2 を満足する必要がある。

3.2 PESSRAE 規定の対応施策

制御装置や各機器の故障が安全機能に影響しないようにするため、PESSRAE はハードウェア面及びソフトウェア面ともに制御装置とは独立した装置構成とした。

まず、2CPU 搭載の基板をはじめデュアルチャンネルシステムを構成し、安全性を高めた (図 7)。また、表 1 の安全機能のほか、入力センサや出力リレー、及び監視基板自体の診断機能を備え、各構成要素に故障が発生した場合は安全機能が喪失する前にエスカレーターを停止させる。更に、監視基板はエレベーターの電気安全装置向けに開発されたものをベースにエスカレーター向けに改良することで開発期間短縮と信頼性の向上を図った。

3.3 PESSRAE 規定の認定取得

新規格では、従来から実施されているシステム認定に加えて PESSRAE 規定についても認定取得を義務づけており、仕様検討段階からフィールドでのメンテナンスに至る製品ライフサイクル全体で、安全性が確保されていることを証明する必要がある。そのため、認定ステップごとに審査機関に必要資料を提出し審査を受ける (表 2)。

また、製品検証審査では指定機関による EMC (電磁両立性) などの検証が課せられ、機能安全管理審査では審査官が開発や検証が行われた場所に出向き、担当者に直接ヒアリングを実施するなど、実機検証中心のシステム認定に比べて審

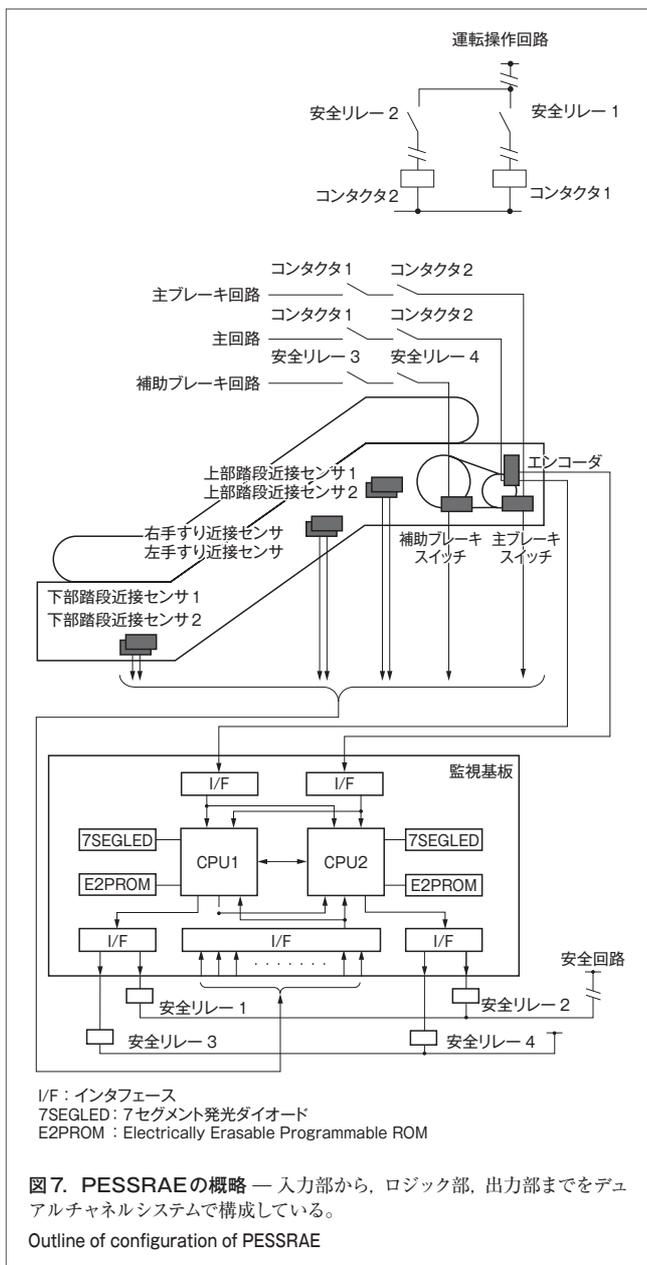


表 2. PESSRAE 認定に必要な資料
 Documents for certification of PESSRAE

認定ステップ	主要提出資料
製品概念審査	<ul style="list-style-type: none"> 安全要求仕様書 検証・妥当性確認計画書
製品設計審査	<ul style="list-style-type: none"> 構造設計書、故障分析 安全パラメータ計算書 展開接続図、部品表、ソースコード ソフトウェアフローチャート
製品検証審査	<ul style="list-style-type: none"> 試験記録・報告書
機能安全管理審査	<ul style="list-style-type: none"> 機能安全管理計画書 機能安全管理マニュアル 調整マニュアル、顧客マニュアル

査ボリュームが格段に増加している。

4 あとがき

新規格や新法規に対応する製品は、その施行日以降、対応製品以外はいっさい販売できなくなる。したがって、開発や標準化の遅延が事業に直結したリスクになる。

また、海外における認定では、認定機関と事前打合せなどで審査の意図を理解するとともに提出資料の意図を十分に伝えることが重要である。また、不意の資料提出要求に対してもタイムリーに応じるために現地技術者の育成が課題となる。そこで、PESSRAE 規定の新規認定制度に対応するため、開発当初から専門のコンサルタント会社を活用し、初期作業の効率化を図った。

今後、わが国でも EN 規格の改定をベースとした新 JIS の発行が控えている。当社は、今回の開発経験を生かして、安全性を強化した商品価値の高い新 JIS 対応エスカレーターの開発を進めていく。



前田 敦司 MAEDA Atsushi

東芝エレベータ (株) 技術本部 開発部主任。
 エスカレーターの電気システムの開発・設計に従事。
 Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



曽我 宗則 SOGA Munenori

東芝エレベータ (株) 技術本部 開発部。
 エスカレーターの電気システムの開発・設計に従事。
 Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



横江 誠司 YOKOE Seiji

東芝エレベータ (株) 技術本部 開発部。
 エスカレーターの機械システムの開発・設計に従事。
 Toshiba Elevator and Building Systems Corp.