

4 分析

本件事故は、初めに本件エスカレーターのハンドレールのニュアル部に人体が後ろ向きに接触して持ち上がり、その後にエスカレーター側面から転落するという、2つの事象が連続して発生した事故である。前者は、転倒や転落などその後続く事故へのきっかけとなるものであり、事故に至る起点を排除する予防的視点から分析を行う必要がある。一方、後者は重大な事故に直接つながるものであるため、事故を直接防止する視点から分析を行う必要がある。調査委員会はこれらの2つの事象についてそれぞれ分析するとともに、本件事故後に事故発生場所に設置された再発防止策の有効性についても分析を行った。

なお、分析に当たっては、次の手法で検証を行った。

- ① ハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性
 - ・ 監視カメラの記録映像の分析
 - ・ コンピューターシミュレーションによる検証
 - ・ 本件施設関係者及び関連事業者に対する聴取り調査等
- ② エスカレーター側面からの転落事例
 - ・ 事件事例の検証
 - ・ 本件施設関係者及び関連事業者に対する聴取り調査等
- ③ 事故後に事故発生場所に設置された再発防止策の有効性
 - ・ コンピューターシミュレーションによる有効性の検証
 - ・ 本件施設関係者及び関連事業者に対する聴取り調査等

4.1 監視カメラ記録映像による被災者の動き

本件事故の経緯は、事故発生場所に設置されていた2台の監視カメラに記録されていたことから（図5）、詳細な状況を把握するために当該記録映像の分析を試みた。しかしながら、当該記録映像は静止画像が1秒毎に連続して記録されたものであったため、1秒未満の間に起こった被災者が持ち上がった瞬間の画像は記録されていなかった。

また、当該記録映像は解像度が低く、被災者の体の動きが判然としないため、高解像化・鮮明化を試みたが、当該記録映像はこうした処理に必要な情報量が少なく、被災者の行動を分析するには十分なものではなかった。

このような前提の下で、当該記録映像から判断・推定できる被災者の体がハンドレールに持ち上がるまでの動きについて、事故発生場所付近を真上から俯瞰した推定図を用いて図解する（図6）。

なお、被災者の動き方の判断・推定は、監視カメラの記録映像に記録されていた時刻（図6の各図において左上に示す。）、監視カメラの記録映像から確認できる被災者の視点方向（図6において赤三角の記号で示す。）及び2階床面のパネルの目地線（図6において青太線で示す。）を基準として割り出した被災者の足の位置を確認することにより行った。なお、図5及び図6に示す現場図面は、施設の概要を表したものであり縮尺等については正確なものではない。

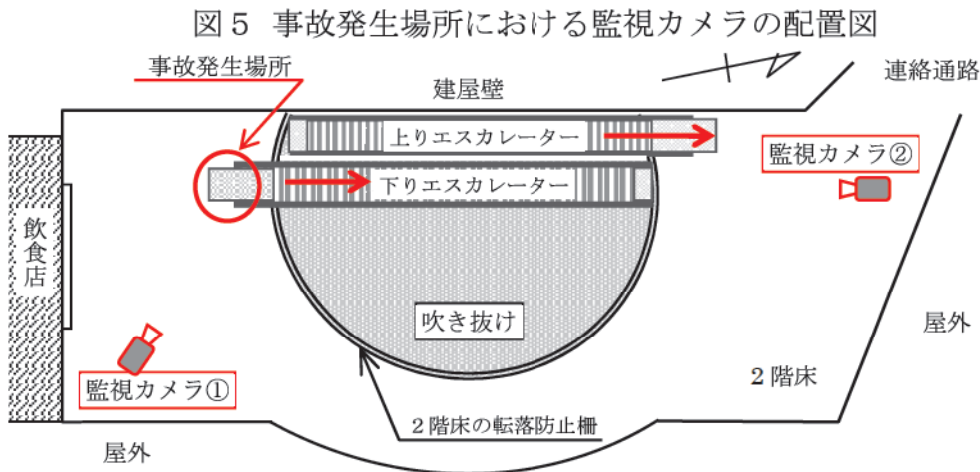
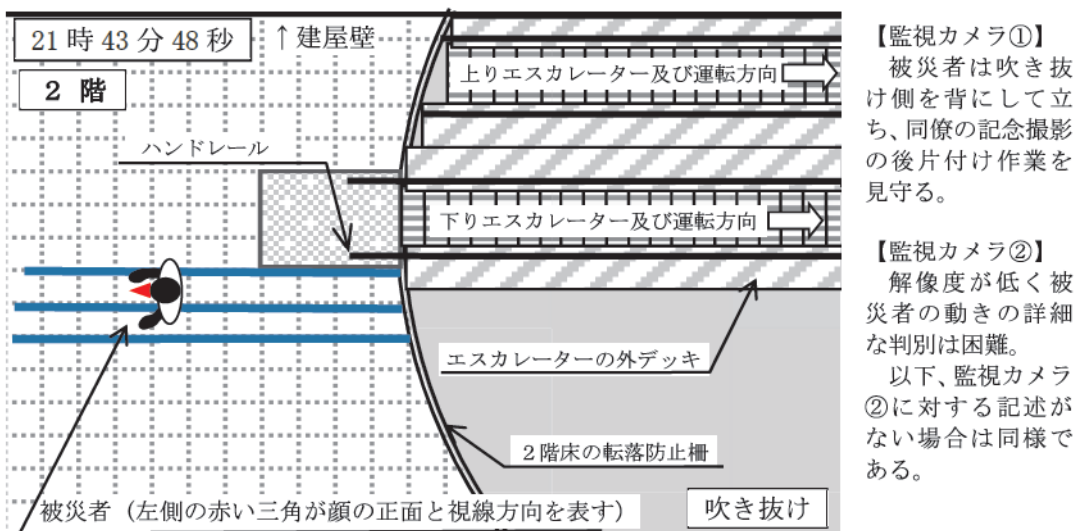
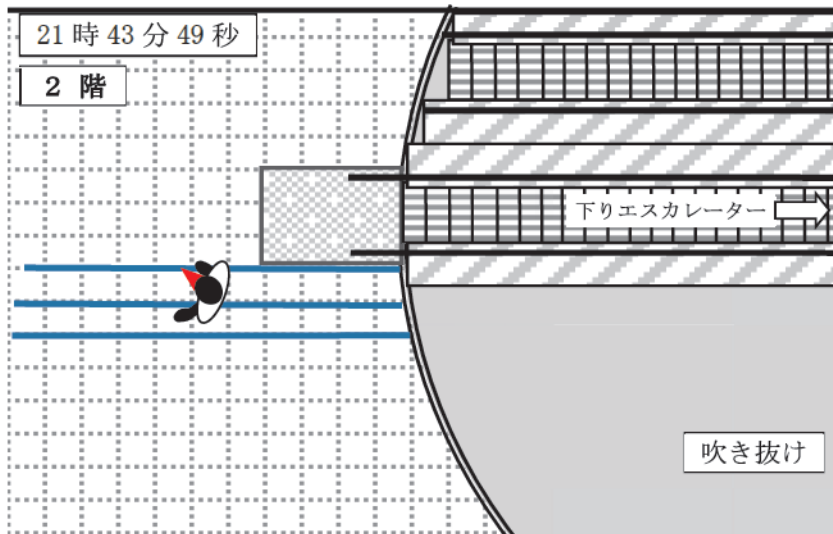
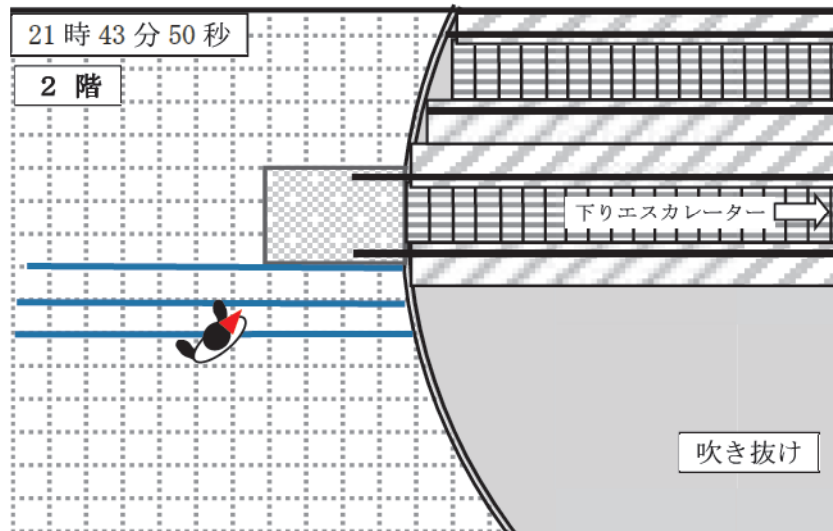


図6 2台の監視カメラの記録映像から推定される被災者の動き（俯瞰図）

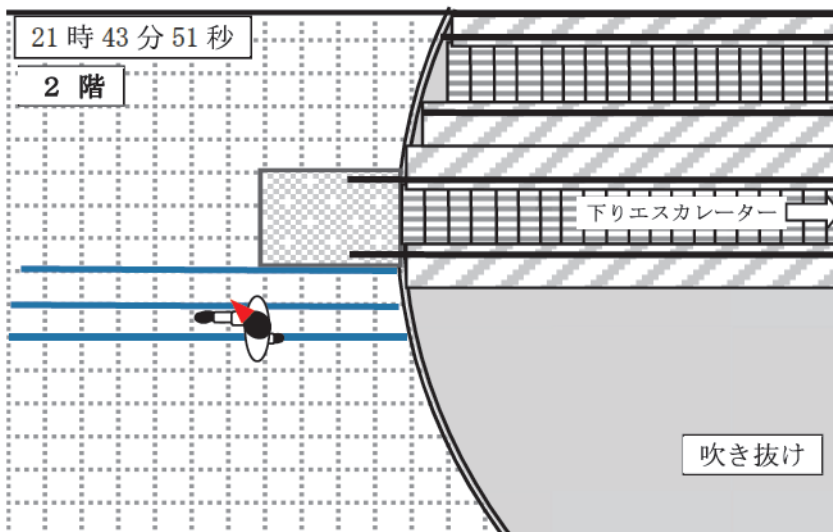




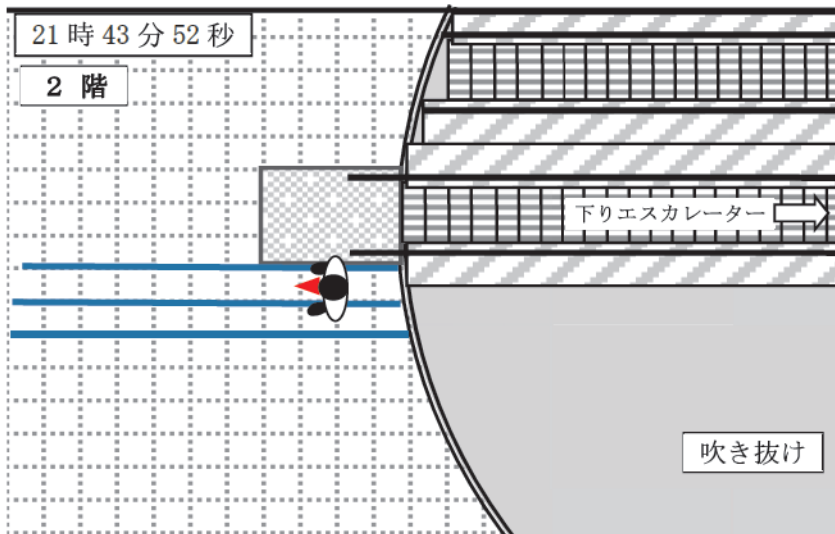
【監視カメラ①】
被災者は吹き抜け側を背にしたまま、後方に右足を1歩踏み出す。



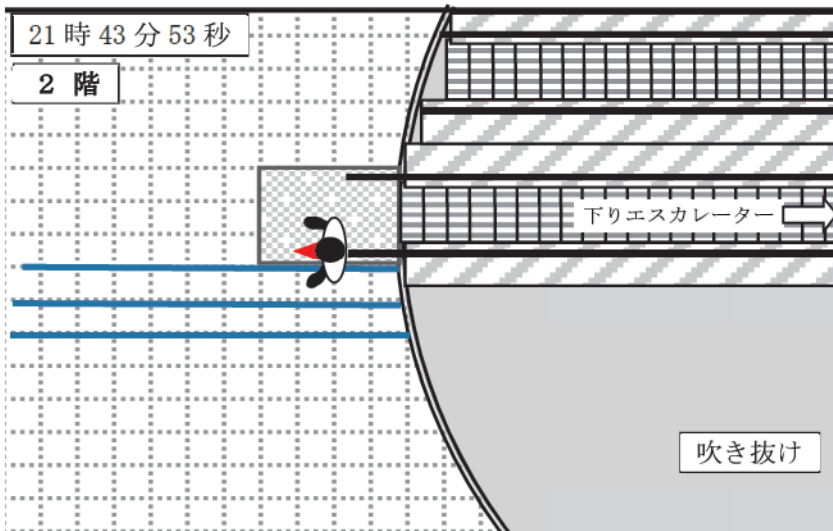
【監視カメラ①】
被災者は一旦建屋壁側と反対方向に体をずらし、同時に斜め後方を振り返ってエスカレーター乗降口方向へ顔を向ける。



【監視カメラ①】
被災者は顔を正面方向に向き直し、後ろ向きに吹き抜けの方向へ歩行する。

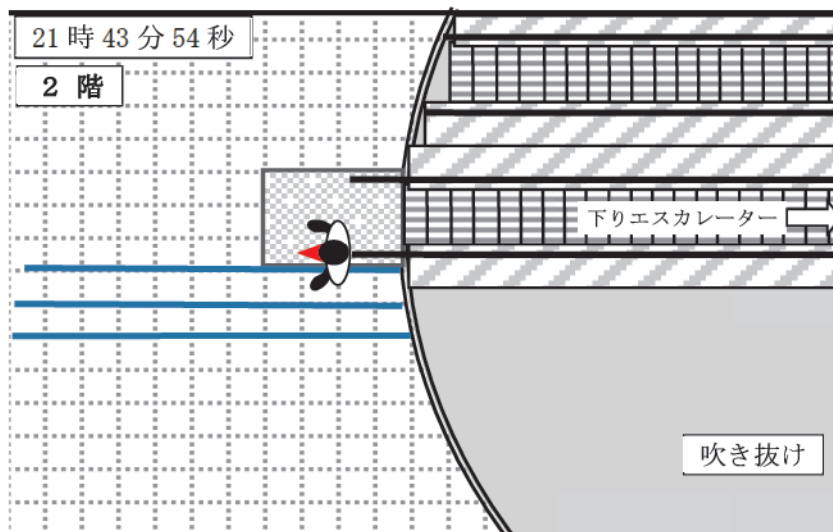


【監視カメラ①】
吹き抜けを背にしたまま、エスカレーター乗降口のニュアル先端の真横で、少し足を開いて立つ。

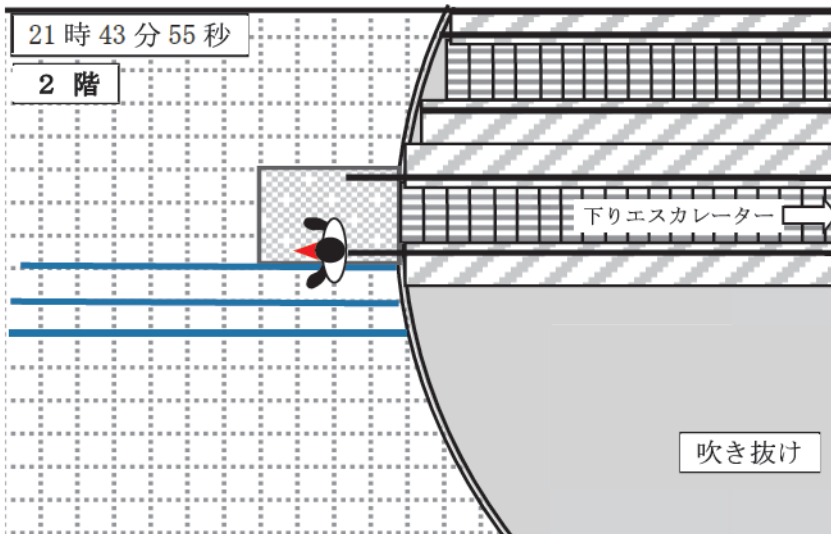


【監視カメラ①】
エスカレーター乗降口の方向へ真横に移動し、ニュアル先端の前に、少し足を開いて立つ。

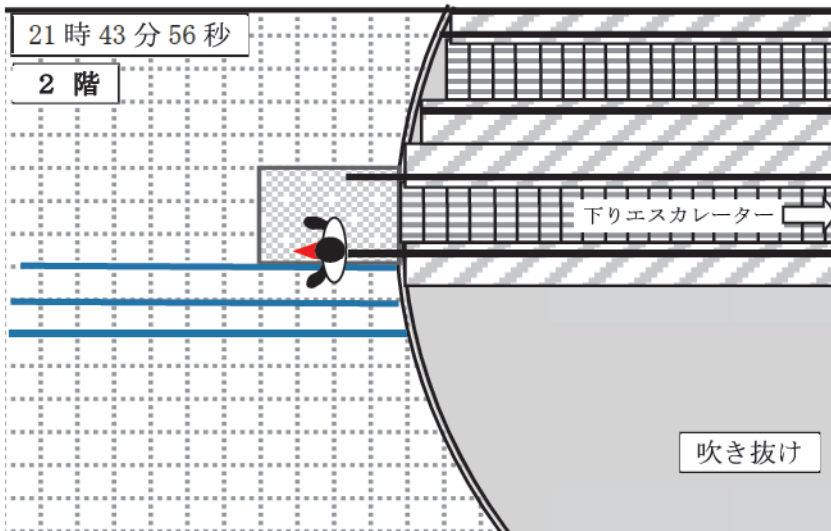
【監視カメラ②】
ハンドレールは、被災者の体の中心付近の位置と推定される。



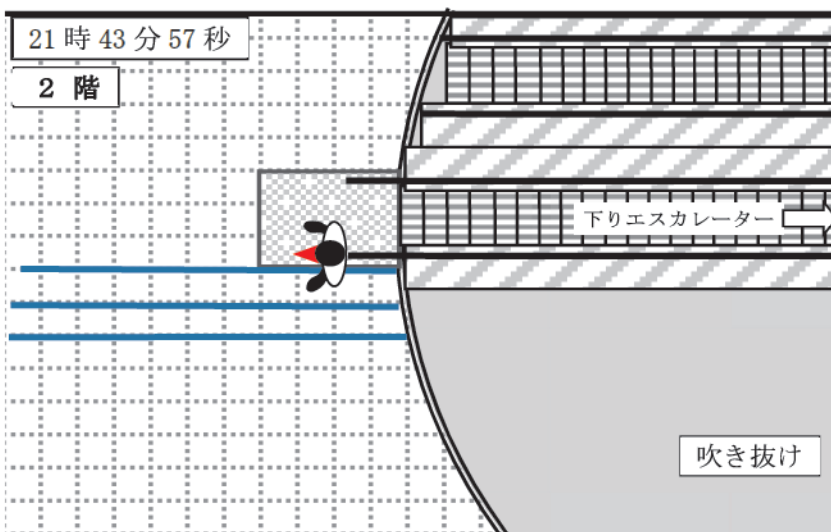
【監視カメラ①】
左手を衣服のポケット又は臀部付近に置き、ニュアル先端の前で、少し足を開いて立ったまま、体勢がやや後ろに傾く。



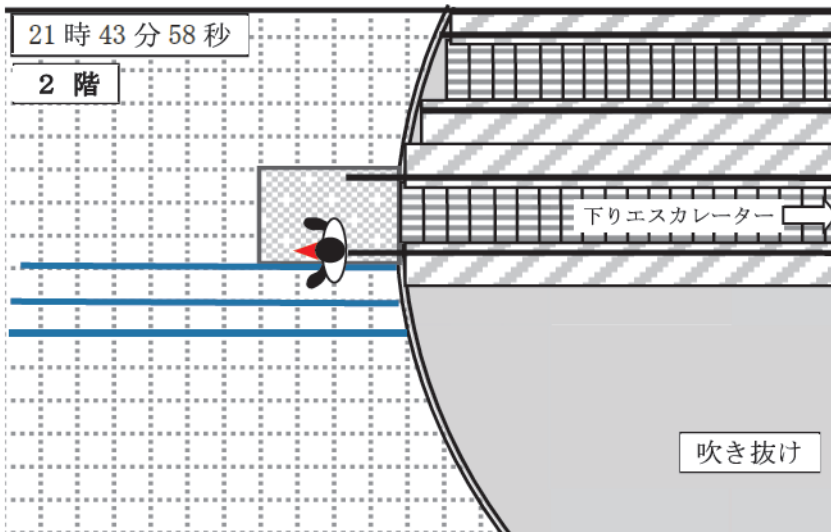
【監視カメラ①】
体勢が更に後ろに傾く。同時に右足のつま先が上がり、左手を後ろへ。ハンドレールに接触し、バランスを崩しかけたものと推定される。



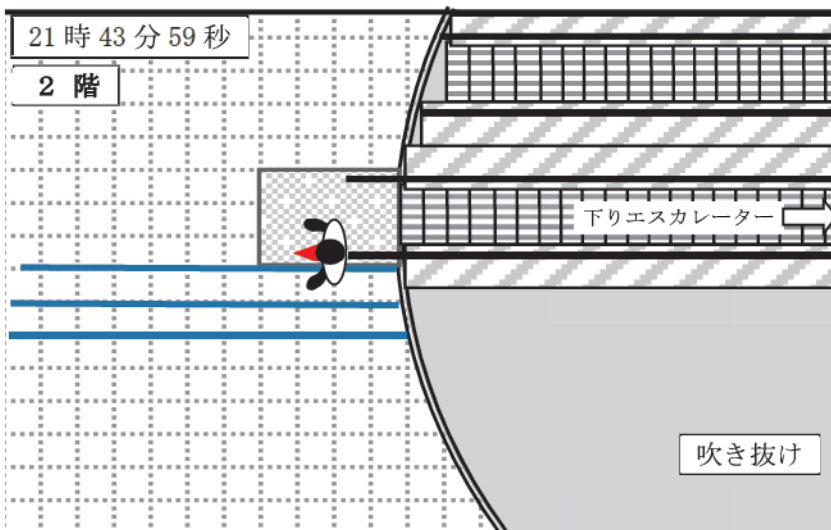
【監視カメラ①】
足の位置は変えず、体勢を前に戻す。



【監視カメラ①】
足の位置を変えず、再び体勢がやや後ろに傾く。



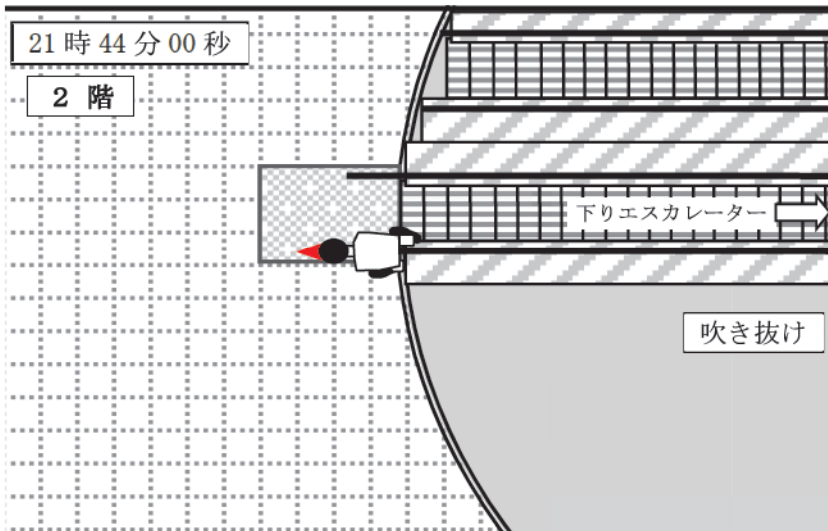
【監視カメラ①】
足を置いた位置を変えず、上半身の背筋を伸ばすような動作を行う。



【監視カメラ①】
足の位置は変えず、体勢がやや後ろに傾く。

【記録されていなかった持ち上がりの瞬間】

2台の監視カメラの画像は、静止画像が1秒毎に連続して記録されたものであったため、1秒未満の間に発生した事象は記録されていない。そのため、「21時43分59秒」と「21時44分00秒」の間に発生した、被災者が持ち上がった瞬間の画像は存在しない。



【監視カメラ①】
 右足がハンドレールに引きずられ、(左足は2階に設置された転落防止柵とエスカレーターの隙間を塞ぐ仕切板に引っ掛かっていると推定される。)前傾姿勢になる。

21時44分00秒以降、エスカレーターのハンドレールに引きずられた被災者は、ハンドレールに持ち上がった後に体勢を立て直すことができないまま(21時44分03秒)、吹き抜け下へ転落(21時44分05秒)した。

前述のとおり、当該記録映像は解像度が低く、また、被災者がハンドレールに持ち上がった瞬間の画像が存在しないことなどから、当該記録映像から被災者のどの部分がハンドレールに接触し、どのように持ち上がったのか等を確認することはできなかった。また、被災者が死亡しているため、ハンドレールに接触するまでの一連の行動に対する被災者の意図を確認することはできなかった。しかしながら、監視カメラの記録映像を見る限り、被災者はハンドレールに持ち上がった後に体勢を立て直すことができないまま転落したと認められることから、被災者は少なくとも自らの体が持ち上がるについて想定していなかったものと考えられる。

4.2 ハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性の検証

4.2.1 コンピューターシミュレーションの採用

本件事故は、被災者が本件エスカレーターのハンドレールに後ろ向きに接触し、人体が持ち上がったことをきっかけに発生したものである。そのため、調査委員会は、本件事故の原因を究明するに当たり、その発生の要因の一つと考えられるハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性について検証を行う必要があると判断し、人体(被験者)による実験、ダミー人形を用いた実験及びコンピューターシミュレーションを用いた実験などの方法を検討した。

本件施設のエスカレーター乗降口には、本件事故後に固定式誘導手すりが設置されており（図4）、事故発生場所において事故当時の現象を再現し確認・検証することは困難であった。加えて、人体による実験には危険を伴うため安全制約上の問題があり、ダミー人形を使用した実験においてもハンドレールとの接触点・接触速度等の条件を一定に保持することが困難であるなどの課題があった。

一方、コンピューターシミュレーションは、本件事故そのものを再現するものではないが、様々な条件の設定を細かく変更することが可能であること、また、瞬間における床やハンドレール等に掛かる力の状態を計算できることなどの利点がある。そのため、ハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性の検証には、コンピューターシミュレーションを採用することとした。

4.2.2 コンピューターシミュレーションの構築

コンピューターシミュレーションを行うための主要な条件である（1）衣服とハンドレールの摩擦係数及び弾性係数、（2）三次元環境モデル、（3）人体の行動モデル（接触速度）、（4）体型モデルの設定は、次のとおり行った。

（1）衣服とハンドレールの摩擦係数及び弾性係数

コンピューターシミュレーションによりハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性を検証するに当たり、衣服とハンドレール間に作用する摩擦係数の大きさによって、ハンドレールに人体が持ち上がる可能性が変化すると考えられるため、摩擦係数を測定した。

ハンドレールについては、摩擦係数測定用サンプルとして、本件エスカレーターのハンドレールと同じ型式のものを含め、エスカレーター製造会社5社から国内で使用されているハンドレール8種を入手した（図7）。

本件エスカレーターのハンドレールの表面には本件事故の約6か月前の平成20年10月に、汚損防止を目的としてコーティングが施されていたことが判明したため、本件エスカレーターと同じ型式のハンドレールサンプルに同様のコーティングを施し（図8及び表5：キ）、併せて摩擦係数の測定を行った。

また、衣服については被災者が着ていたジーンズの現物（図9：α）及び同じ製造業者の商品で同じ混紡率（綿99%、ポリウレタン1%）のジーンズ2種（図9：β及びγ）の計3種を準備した。

摩擦係数の測定は、結果の比較を目的としてハンドレール8種とジーンズ3種の全ての組合せで実施することとした（表5）。

図7 入手した国内各社のハンドレール8種



(注) 図中のカタカナは、表5のハンドレールサンプル区分記号を示す。

図8 本件エスカレーターのハンドレールと同型品へのコーティング前後外観

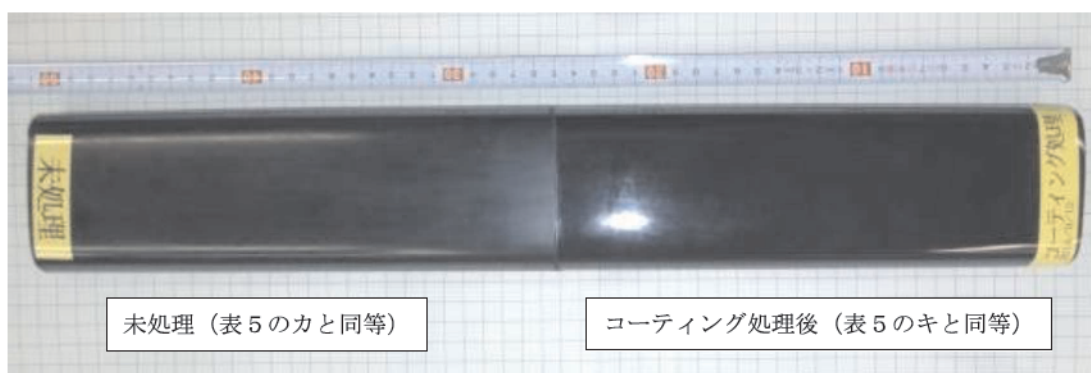
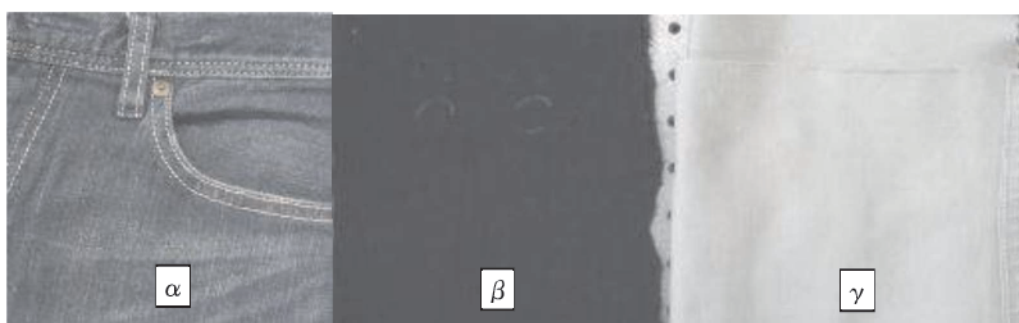


図9 ジーンズ3種の外観



(注) 図中の記号は、表5のジーンズの区分記号を示す。

摩擦係数の測定結果は表5のとおりである。このうち、本件エスカレーターと同じ型式のハンドレールサンプルと被災者のジーンズとの組合せにおける摩擦係数の平均値はコーティング前が0.90(表5:試験番号16)、コーティング後が0.51(表5:試験番号19)であった。

コーティングを施していない他のハンドレールサンプル7種とジーンズ3

種とを組み合わせた摩擦係数測定結果は、0.50～1.24の範囲であった²³。

表5 ジーンズとハンドレール表面との摩擦係数測定結果

エスカレーター製造会社	ハンドレールの材質とサンプル区分記号		ジ区分記号	試験番号	3回の摩擦動作全体				
					平均摩擦力 F [N]	平均鉛直荷重 W [N]	摩擦係数		
							最小値	平均	最大値
A社	ウレタン	ア	α	1	848.0	711.9	1.07	1.19	1.34
			β	2	689.4	698.6	0.83	0.99	1.11
			γ	3	728.9	698.0	0.99	1.04	1.10
B社	ウレタン	イ	α	4	777.0	716.4	0.99	1.08	1.15
			β	5	665.3	713.3	0.70	0.93	0.99
			γ	6	684.7	718.1	0.89	0.95	1.02
	ポリエチレン	ウ	α	7	596.2	714.2	0.67	0.83	0.94
			β	8	550.4	695.3	0.65	0.79	0.87
			γ	9	376.1	696.8	0.47	0.54	0.70
C社	ウレタン	エ	α	10	810.8	713.5	1.06	1.14	1.29
			β	11	782.6	712.6	1.02	1.10	1.13
			γ	12	763.1	714.7	0.99	1.07	1.16
D社	ウレタン	オ	α	13	848.9	685.1	1.15	1.24	1.28
			β	14	867.3	703.8	1.18	1.23	1.32
			γ	15	771.8	697.7	1.05	1.11	1.20
	ポリエチレン	カ	α	16	638.0	711.8	0.78	0.90	0.97
			β	17	591.1	715.6	0.79	0.83	0.86
			γ	18	601.2	719.2	0.73	0.84	0.90
	ポリエチレン (コーティング)	キ	α	19	362.5	709.1	0.45	0.51	0.61
			β	20	349.1	696.8	0.44	<u>0.50</u>	0.62
			γ	21	365.8	709.0	0.43	0.52	0.65
E社	ウレタン	ク	α	22	766.7	682.3	1.01	1.12	1.23
			β	23	835.2	689.5	1.13	1.21	1.29
			γ	24	807.6	687.9	1.12	1.17	1.23
	ポリエチレン	ケ	α	25	612.9	694.6	0.80	0.88	0.94
			β	26	492.3	691.3	0.61	0.71	0.82
			γ	27	576.6	698.6	0.76	0.83	0.88

また、ハンドレールとの摩擦力によって人体が持ち上がる可能性を検証するための基礎データとして、着衣ジーンズとハンドレール表面材ゴムの弾性係数が必要となる。そのため、地方独立行政法人東京都立産業技術研究センターに弾性係数の測定²⁴を依頼した。

測定の結果、被災者の事故当時の着衣の弾性係数が88.7MPa、本件エスカレーターと同じ型式のハンドレールサンプルの弾性係数が8.63MPaであること

²³ なお、摩擦係数の測定試験方法及びハンドレールサンプルの材質確認等の詳細については、巻末の参考資料1ハンドレールと衣服との摩擦係数測定試験に示す。

²⁴ 弾性係数の測定は静的引張試験を用いて実施した。

を確認した。

(2) 三次元環境モデル

三次元環境モデルの構築に当たっては、事故発生場所の三次元計測（形状、寸法及び機器の配置等の計測）結果を基に、コンピューター上に事故発生場所の調査時点における三次元環境モデルを構築し（図 10）（以下「調査時点の環境モデル」という。）、次に本件事故後に設置された固定式誘導手すりと落下物防止板のデータを削除した三次元環境モデル（図 11）（以下「事故当時の環境モデル」という。）を構築した。

図 10 調査時点の環境モデル

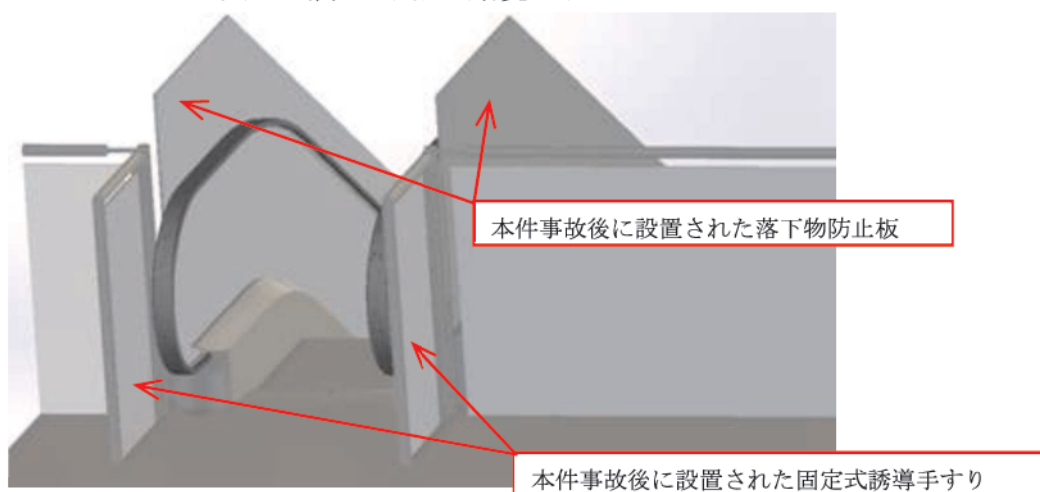
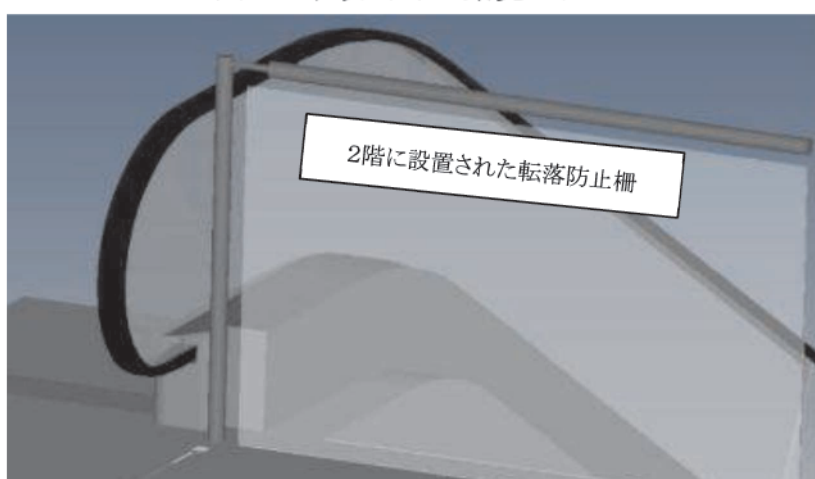


図 11 事故当時の環境モデル



ニュアル部は、エスカレーター製造会社の型式ごとに形状が異なっている。人体が持ち上がる可能性を検証するに当たり、本件エスカレーターのニュアル形状の三次元モデル（以下「本件ニュアル形状」という。）に加え、ニュアル部の径が大きく、曲率が円形に近い形状の型式であるB社のニュアル形状の三次元モデル（以下「他種ニュアル形状」という。）を用いることとした。これら2種のニュアル形状は、エスカレーター製造会社からそれぞれ提供を受けた図面等を基に構築した。

（3）人体の行動モデル（接触速度）

人体がニュアル部に接触する動作や速度など、コンピューター上で表現する人体の行動モデルを構築した。構築に当たっては、前述のとおり被災者は少なくともハンドレールへの接触により人体が持ち上がることについて想定していなかったものと考えられることから、ハンドレールに飛び乗る、ハンドレール上に座るなどの意図的・能動的な行動ではなく、人体がハンドレールに後ろ向きに不意に接触することを想定した。

具体的には、被災者の体型（身長、体重）に近い人物の体にマーカーを付け、監視カメラの記録映像に残されていた被災者がハンドレールに接触するまでの行動を繰り返し模倣させて動画で記録した。このように記録した複数の動画を基に、人体がハンドレールに接触する速度を算出した²⁵（図12）。

²⁵ 人体の行動モデルの基とした複数の動画記録から算出したハンドレールに接触する速度は、0.5～0.9m/sであった。本シミュレーションの基本モデルでは、最も遅い0.5m/sを採用した。

図 12 動画記録を数値データに変換する作業画面



(4) 体型モデル

コンピューターシミュレーションで用いる体型モデルは、実際の被災者の身体等に関する情報を基に構築するとともに、結果の比較を目的として日本人成人男性に関するデータベースを基にした体型モデルを構築した。

① 特定体型モデル

表 6 に示した本件事故当時の被災者の身体等に関する情報のうち、被災者の身長、体重、臀部の骨格構造²⁶に、皮下組織の弾性係数²⁷等のデータ及び本件ジーンズの弾性係数の要素を加えて、事故当時の被災者の体型モデル（以下「特定体型モデル」という。）を構築した（図 13）。

特定体型モデルは、日本人成人男性の約 30 パーセント²⁸に相当する体型であった。

²⁶ 提供された CT スキャンデータを基に被災者の骨格構造等から皮下組織を構成し体型モデルを構築した。

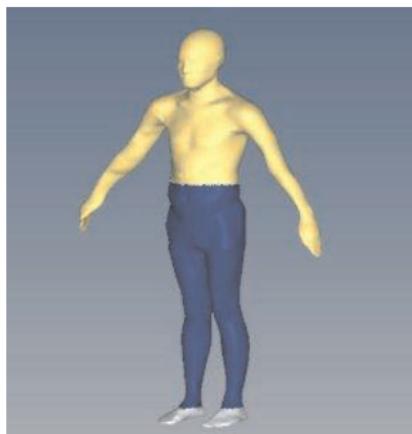
²⁷ 白土、野々村、前野「肌質感を呈する人工皮膚の開発」日本機械学会論文集 C 編、73 巻、756 号、pp.541-546、2007

²⁸ 日本人成人男性の体型を小さい方から順番に並べて 30% 目に相当する体型。出典は、国立研究開発法人産業技術総合研究所「AIST 人体形状・寸法データベース」。

表6 被災者の身体等に関する情報

項目		内容
年齢・性別		45歳・男性
身長・体重		166cm・67.7kg
衣服 (ジーンズ)	生地素材	綿99%、ポリウレタン1%
	股下	72cm
事故当時の服装		<ul style="list-style-type: none"> ・ジーンズを履いていた。 ・ワイシャツの上にジャケットを着ていた。 ・スニーカーを履いていた。 ・ショルダーバックを肩に掛けていた。
骨格形状等		事故直後に搬送先医療機関において撮影された被災者本人のCTスキャン ²⁹ 画像データ

図13 特定体型モデル



② 長身体型モデル

前述のとおり特定体型モデルは日本人成人男性の約30パーセントであったため、結果の比較を目的として日本人成人男性の95パーセントの体型モデル³⁰（以下「長身体型モデル」という。）を構築した。

なお、ハンドレールとの接触による持ち上がりに関するシミュレーションにおいては、重心が高い、すなわち長身の体型ほど持ち上がりの可能性が高くなると考えられる。

²⁹ Computed Tomography。コンピュータ断層撮影。人体内部の構造を外部から撮影可能な技術。

³⁰ 日本人成人男性の体型を小さい方から順番に並べて95%目に相当する体型。本分析で採用した具体的な数値は、身長185.0cm、体重81.3kg。出典は、国立研究開発法人産業技術総合研究所「AIST人体形状・寸法データベース」。

4.2.3 シミュレーションによる検証

(1) シミュレーションの基本モデル

4.2.2 コンピューターシミュレーションの構築(1)～(4)を基に、表7に示した条件を設定し、シミュレーションの基本モデルを構築した。

表7 シミュレーションで使用した主要な条件と設定値

使用条件	条件設定値	条件設定値の根拠
体型モデルの接触速度	0.5m/s	人体の行動モデルより。
摩擦係数	0.50～0.90	平均摩擦係数の範囲 ³¹
ハンドレールの速度	28.2m/min	現場実測値より。
ハンドレールの弾性係数	8.63MPa	静的引張試験結果より。
衣服弾性係数	88.7MPa	静的引張試験結果より。
皮膚の弾性係数	0.72MPa	人体皮膚の特性に関する文献データより。
皮下組織の弾性係数	0.034MPa	

シミュレーションに採用した各数値(表7)の条件の設定に当たっては、特に次の点を考慮した。

- ・ 体型モデルの接触速度は、ハンドレールに飛び乗るなどの行為によらず、人体がハンドレールに後ろ向きに不意に接触することを想定し、人体の行動モデルを基に算出した0.5m/sを設定した。これは、人が自らの筋力により体をハンドレールに押し付ける等の意図的・能動的な運動の要因を排除していることを意味する。

シミュレーションを用いた解析方法は、力学的観点から検証するために、特定体型モデルと事故当時の環境モデルにおけるハンドレールの変形挙動を時々刻々と計算する手法を採用した³²。なお、本シミュレーションにおいては、技術的な制約により、人の反応行動は考慮していない。

³¹ 後述のとおり平均摩擦係数0.80で持ち上がりの現象が発生しており、また0.90でも同現象が発生した。摩擦係数が大きければハンドレールによる鉛直上向き力の平均値も大きくなるため、0.90より大きい摩擦係数では当然に持ち上がりの現象が発生することから、シミュレーション自体は実施していない。

³² 有限要素解析ソフトウェアLS-DYNA ver971 R7.0.0 (JSOL)を用いた。

図 14 ハンドレールへの接触により人体が持ち上がる可能性を検証するモデル



(2) 人体の持ち上がりのシミュレーションの検証結果

表 7 の条件設定値に加え、事故当時の環境モデル、本件ニュアル形状及び特定体型モデルを用いて人体の持ち上がりの可能性を検証するためにコンピューターシミュレーションを用いて、ハンドレールによる鉛直上向き力³³及び床反力の時刻歴の分析等を行った。

その結果、摩擦係数が 0.80³⁴以上の場合において、特定体型モデルがハンドレールに接触した後、体勢が不安定となり、人体が宙に浮くという、人体が持ち上がる一連の現象が確認された (図 15、図 16、図 17)。

- ① 0.1～0.2 秒：特定体型モデルの下肢がハンドレールに接触後、後進運動の慣性により下肢接触点を中心に人体が後ろに倒れ込み始め、ハンドレールによる鉛直上向き力の最初のピークが見られる。
- ② 0.3～0.4 秒：特定体型モデルの倒れ込みにより臀部（尾てい骨周辺）がハンドレールに接触し、ハンドレールによる鉛直上向き力が増加する。
0.37 秒時点においてハンドレールによる鉛直上向き力が初めて自重を超え、自立が困難で体勢が不安定になる。
- ③ 0.53 秒：床に掛かる自重が 0 となり人体が宙に浮く³⁵。

³³ 水平面に対して垂直方向の上向きに掛かる力のこと。

³⁴ 摩擦係数 0.80 は、本件エスカレーターのハンドレールと同じ型式のサンプル（コーティング前）と被災者のジーンズの組合せで得られた摩擦係数 0.90 以下であり、表 5 の 27 パターン中 21 パターンの摩擦係数が 0.80 を上回っている。

³⁵ 0.37 秒から約 0.07 秒間ハンドレールによる鉛直上向き力が人体に働くことにより、人体に上向きの加速度が生じ、その効果として人体が速度を持って上方に移動する。このため、人体に鉛直上向き力が加わってから実際に人体が宙に浮くまでには一定の時間を要する (図 15、図 16、図 17)。

図 15 特定体型モデル、摩擦係数 0.80 の条件における持ち上がり

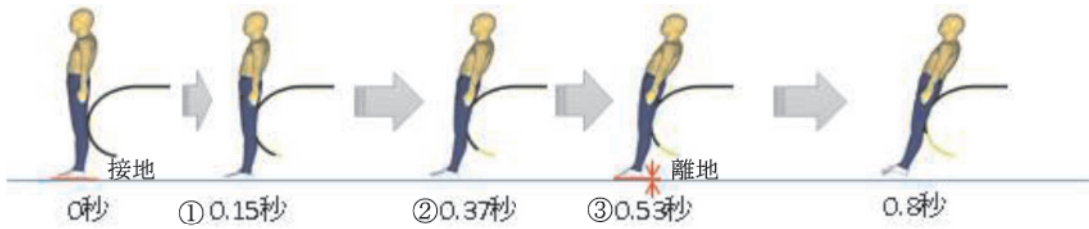


図 16 ハンドレールによって特定体型モデルに作用する鉛直上向き力の時刻歴³⁶ (摩擦係数 0.80)

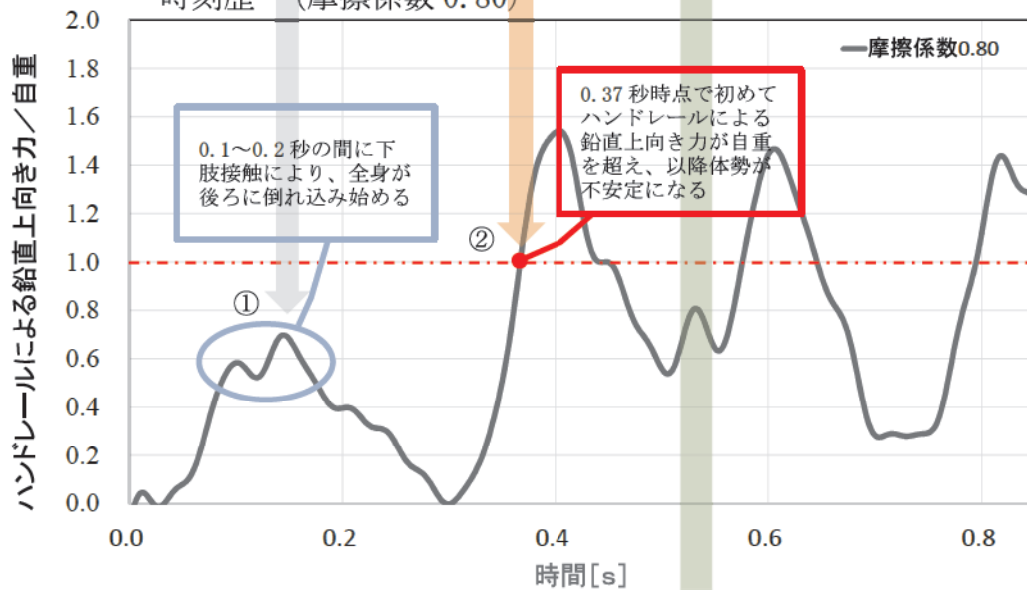
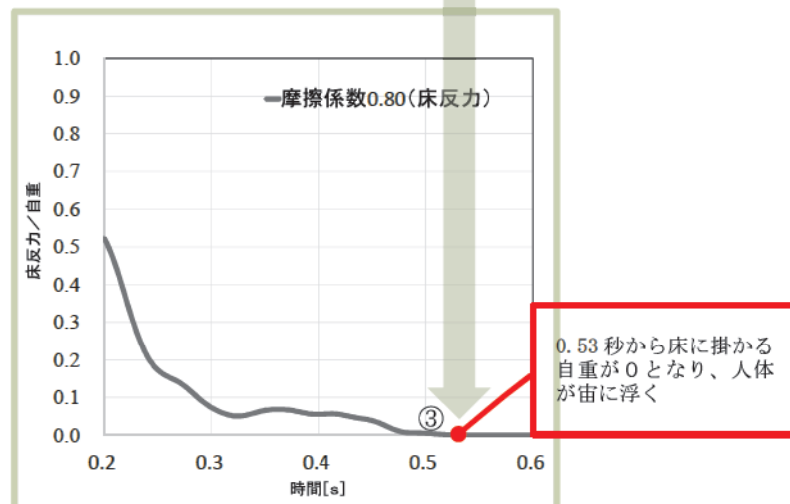


図 17 特定体型モデルにおける床反力³⁷の時刻歴



³⁶ 物体に外部から力が加わる時、その物体がそれぞれ持っている「かたさ」に応じて、その物体内で力が伝わっていく。そのため、それぞれの物体が微妙に振動することになる。シミュレーション結果においても振動の影響によってハンドレールによる鉛直上向き力/自重が上下に振れている。

³⁷ 地面に掛かる力に対して、反対向きに作用する力のこと。

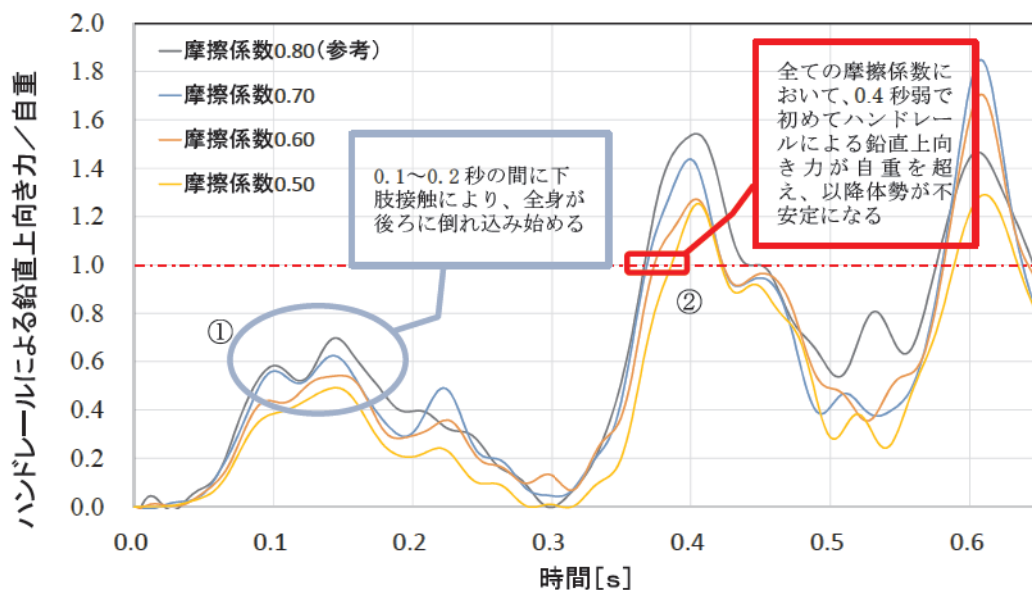
(3) ハンドレールによる鉛直上向き力のシミュレーションの検証結果

事故当時の環境モデル及び本件ニュアル形状において、特定体型モデルが宙に浮かないまでも、自立が困難で体勢が不安定になる状態が発生する可能性について、摩擦係数の値 (0.50~0.70) ごとにハンドレールによる鉛直上向き力と特定体型モデルの自重との関係の詳細について検証を行った (図 18)。

その結果、摩擦係数が 0.50~0.70 の場合においても、摩擦係数が 0.80 の場合と同様に次の 2 つの傾向が確認された。

- ① 0.1 秒~0.2 秒の間にハンドレールによる鉛直上向き力の最初のピークが見られる。
- ② ハンドレールによる鉛直上向き力は、増減を繰り返しながら 0.4 秒弱で特定体型モデルの自重を超える。

図 18 ハンドレールによって特定体型モデルに作用する鉛直上向き力の時刻歴 (摩擦係数 0.50~0.70)



上述の (2)、(3) のとおり、いずれのケースにおいても、0.4 秒弱でハンドレールの鉛直上向き力が特定体型モデルの自重を超え、自立が困難で体勢が不安定になることが確認された。

一方、人が刺激を受けてから反応行動を起こす反応時間 (危険を感知した後何らかの反応行動を起こすまでの時間。) は、不意の後方への傾斜時におい

て約 0.25 秒であることが報告されている³⁸。

特定体型モデルは 0.1 秒～0.2 秒間のハンドレールによる鉛直上向き力の最初のピーク付近から下肢接触点を中心に人体が後ろに倒れ込み始め、下肢に圧力が掛かる。この刺激から約 0.25 秒後に、全身姿勢を変化させるなど何らかの反応行動が生じると考えられる。したがって、ハンドレールによる鉛直上向き力が自重を超える 0.4 秒弱までの間に反応行動が生じて、実際に危険を回避することは困難であると考えられる。

一方、体勢が不安定になった後（0.4 秒弱以降）には反応行動が生じる可能性がある。しかしながら、この場合には体勢が不安定になった後の反応行動となることなどから、宙に浮くことを回避できる可能性もあれば、更に宙に浮く状態に陥る可能性もあると考えられる。

したがって、ハンドレールには、人の体勢を不安定にさせ、場合によっては人体が持ち上がる可能性が存在すると考えられる。

（４）他種ニュアル形状におけるシミュレーションの検証結果

次に、表 7 に示した条件から体型モデルを長身体型モデルに、ニュアル部を他種ニュアル形状（摩擦係数：1.08³⁹）にそれぞれ変更を行い、同様の検証を行った（図 19、図 20、図 21）。

その結果、次に述べるように各事象の発生する時点は異なるものの、前述の（２）で確認された事象が同様に見られた。

- ① 0.1～0.2 秒：長身体型モデルの下肢がハンドレールに接触後、後進運動の慣性により下肢接触点を中心に人体が後ろに倒れ込み始め、ハンドレールによる鉛直上向き力の最初のピークが見られる。
- ② 0.4～0.8 秒：特定体型モデルの倒れ込みにより臀部（尾てい骨周辺）がハンドレールに接触し、ハンドレールによる鉛直上向き力が増加する。0.47 秒時点においてハンドレールによる鉛直上向き力が初めて自重を超え、自立が困難で体勢が不安定になる。
- ③ 0.86 秒：床に掛かる自重が 0 となり人体が宙に浮く。

³⁸ Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. Hideo Nakata, Kyonosuke Yabe, Gait Posture. 2001 Jul;14 (1) :36-43.

³⁹ 4.2.2 コンピューターシミュレーションの構築（２）に記載のとおり、他種ニュアル形状として B 社のニュアル形状を用いたため、摩擦係数には同社のハンドレールの測定値である 1.08（表 5：試験番号 4）を採用した。

図 19 長身体型モデル、他種ニュアル形状（摩擦係数 1.08）の条件における持ち上がり



図 20 ハンドレールによって長身体型モデルに作用する鉛直上向き力の時刻歴（摩擦係数 1.08）

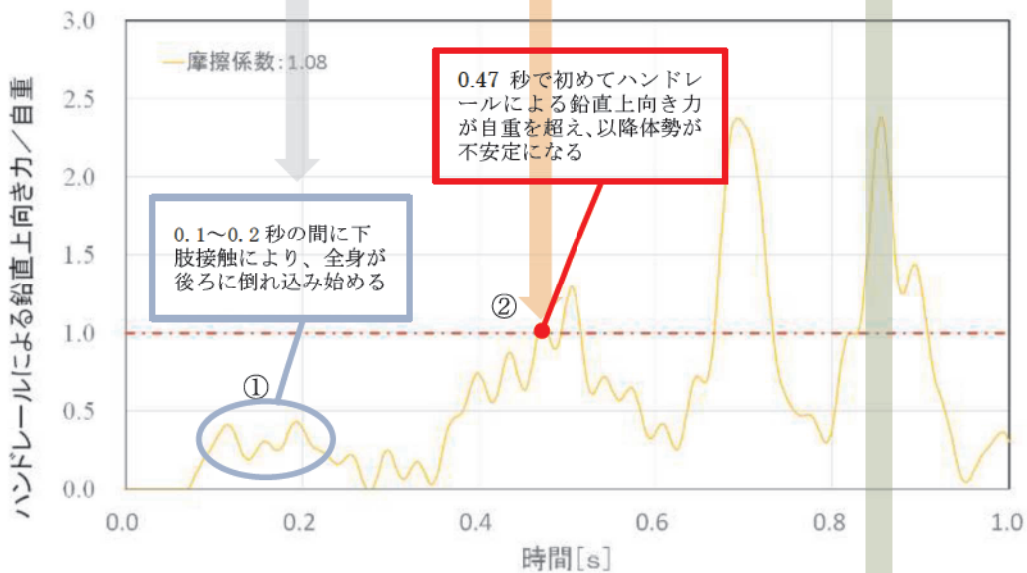
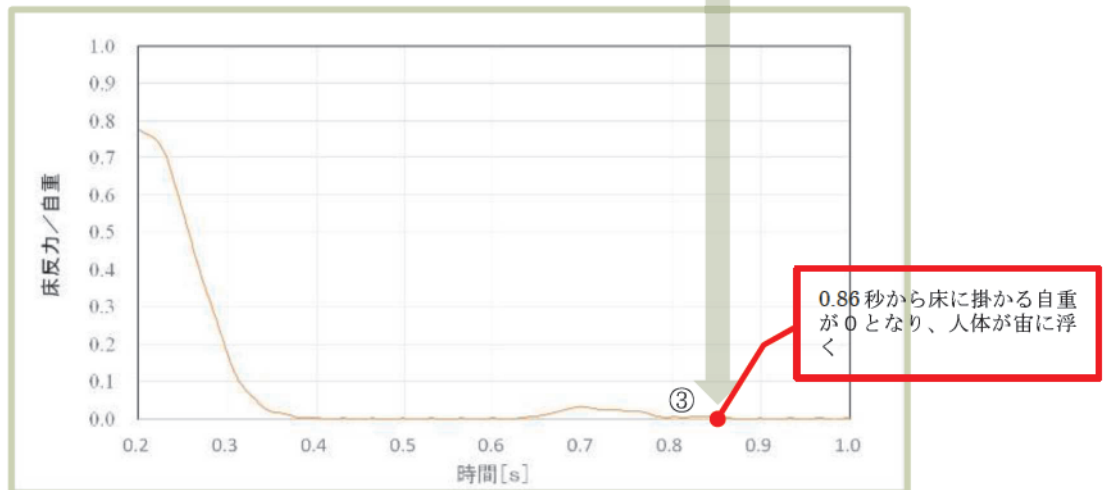


図 21 長身体型モデルにおける床反力の時刻歴



このように、本件ニュアル形状だけでなく他種ニュアル形状であっても、長身の日本人成人男性(日本人成人男性の体型を大きい方から順番に並べて5%以上の体型の方)のモデルでは、ハンドレールへの接触により人の体勢を不安定にさせ、場合によっては人体が持ち上がる可能性が存在することが確認された。

4.2.4 事業者の認識

転倒や転落などその後に続く重大な事故へのきっかけとなるハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性の存在について、本件施設関係者を含む関連事業者に対して聴取り調査を行い、各社の認識等を次のとおり確認した。

聴取り調査は、本件施設関係者を含む不動産会社2社、エスカレーター製造会社6社及び建築設計事務所3社の合計11社に対して実施した⁴⁰。

(1) 本件施設関係者を含む関連事業者の回答

本件施設関係者を含む関連事業者に、エスカレーターの設置におけるハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性に対する認識について確認した結果を要約するとおおむね次のとおりであった。

- ① 施設の設計・計画時における建築基準法関係法令及び JEAS に基づくエスカレーター周辺部の安全対策の選択と決定は、主に建築設計事務所が建築主(本件では施設管理者)に提案・提示して、建築主が決定していることが認められた。
- ② 聴取り調査を行った本件施設関係者を含む関連事業者とも、エスカレーターの運転方向は任意に変更することができるため、エスカレーター周辺部の安全対策のための設備はエスカレーターの設置計画当初の運転方向にかかわらず、建築基準法関係法令及び JEAS に従って標準的に設置⁴¹していることが認められた。
- ③ 聴取り調査を行ったエスカレーター製造会社各社とも、ハンドレールへの接触防止対策としては、法令に準拠してハンドレールの収納部(インレット

⁴⁰ 各社への質問内容及び回答の詳細については、参考資料2 事業者等への聴取り結果に示す。

⁴¹ 例えば、エスカレーターと天井との交差部に設置することが定められている「固定保護板」(告示)及び「可動警告板」(JEAS)は、下り運転のエスカレーターには不要な安全対策ではあるが、エスカレーター設置後に施設管理者等の都合により上り運転に変更されることも想定し、当初の計画時の運転方向によらず標準的に設置されている。

部)への巻き込まれ防止対策(図2:⑦)を実施していることが認められた。

- ④ 聴取り調査を行った本件施設関係者を含む関連事業者とも、接触予防対策の一つとして、竣工後のエスカレーターに固定式誘導手すりを増設することは、コスト面やスペースの面で困難な場合があると回答した。

(2) 本件施設関係者の回答

上記に加え、本件施設におけるハンドレールへの接触による人体の持ち上げの可能性に対する本件施設関係者の認識を確認した結果は次のとおりであった。

・不動産会社G社

利用者が歩行する動線エリア内のエスカレーター乗降口に、ニュアルが設置されるのは普通のことであり、その状態について、ニュアルが「突出」しているとは認識していない。また、利用者が歩行する動線エリア内に、ニュアルが設置されている場合でも、エスカレーターを通常的使用方法により使用している限り、危険性はないと認識している。ただし、本件事故のように意図的に接触してきた状況で、(法的な問題は別として)類似の事故が発生することを極力防止するため、本件事故後は、吹き抜けに面して設置されたエスカレーターについて、できるだけ、エスカレーター乗り場に「誘導手すり」を設置し、ニュアルへの不要な接触を防止するよう努めている。

・建築設計事務所J社

本件事故以前にはニュアルに不用意に接触することによって生じる事故は想定していない。(ニュアルが)突出する設計は避けるべきと考える。スペースがなくエスカレーターを設置する場合は誘導手すり等の設置が必要と考える。基本的にはメイン動線にニュアル部が突出しないようにするため、メイン動線から引込む位置にエスカレーターを設置するように計画するのが重要と考える。本件施設においては、本件エスカレーター以外では、防火区画の扉を利用して突出しないようにする方法、エスカレーター専用の踊り場を設けて突出しないようにする方法を採用している。

・エスカレーター製造会社D社

接触防止対策は、ハンドレールの引込み口に子供が指などを入れ込むのを防

止する、告示の安全スイッチ（インレットスイッチ）とインレットガード⁴²（告示指定ではない。）を設置している。当該施設の仕様は、基本的には、設計事務所、施主（本件施設の管理者）、建設会社が決めたものに対して、エスカレーターを設置している。ニュアルの突出についての決定は、エスカレーター製造会社ではない。約 46cm の突出にリスクがあると認識すれば変更を依頼するが、本件のような事情は他にもあり得るので、特段のリスクがあるとは思わなかった。誘導手すりの設置は、利用者の動線を考慮して設計事務所が必要ないと思えば追加されない。当該機は、上りと下りが完全に真反対なので動線が交錯することがないため、誘導手すりは不要との判断だと推定している。動線をどのように計画・設計するかについてエスカレーター製造会社に照会されることは原則としてなく、既に決定された配置で当社に提示される。

4.3 エスカレーター側面からの転落事例に関する調査

4.3.1 転落事故事例の検証結果

（1）近時における転落事故事例

エスカレーター側面を含む周辺からの転落事故について、平成 24 年に公表された国土交通省の報告書等から事故事例を収集した。

表 8 は、平成 8 年から平成 24 年までに発生したエスカレーター周辺部からの転落事故 13 件について、傷害の程度及び被災者の区分を示したものである。

⁴² 図 2 のハンドレールの収納部分に物や手などが挟まれないように保護する（ガード）部品。

表8 エスカレーター周辺部からの転落事故事例

番号	発生年月	発生場所	状況	傷害の程度 被災者の区分
1	平成8年5月	店舗	2階から3階への上りエスカレーターのハンドレールにもたれるようにして遊んでいた幼児がハンドレールに体ごと運ばれ、途中でバランスを崩し1階に転落した。	死亡 幼児
2	平成8年5月	スーパー	幼児が下りエスカレーター降り口の脇の隙間から4.6m下の1階に転落した。	重体 幼児
3	平成12年9月	展示場	2階から3階への上りエスカレーター付近で、近くにいた通行人がドーンという衝撃音を聞きつけ、警備員が駆けつけたところ、上りエスカレーター降り口付近に成人がうつぶせに倒れていた。	死亡 成人
4	平成14年6月	店舗	少年が1階から上りエスカレーターのハンドレールに外側からぶら下がり、2階付近から約7m下の1階に転落した。	重傷 少年
5	平成16年6月	複合商業施設	幼児が4階の下りエスカレーター側面の吹き抜け部分から約10m下の2階に転落した。	死亡 幼児
6	平成17年7月	店舗	少年が下りエスカレーターのハンドレールに腰掛けて滑り降りていたところ、バランスを崩して約6m下の2階に転落した。	重体 少年
7	平成17年8月	スーパー	幼児が上りエスカレーターのハンドレールにまたがってしがみつiki、2階へ向かう途中でアクリル板にぶつかり、約4m下の1階に転落した。	重体 幼児
8	平成20年4月	店舗	少年が、上りエスカレーターのハンドレールに外側からぶら下がり、約5mのところから床に転落した。	重傷 少年
9	平成20年7月	(不明)	1階から2階への上りエスカレーターにおいて、幼児がハンドレールからエスカレーターの外側に上体を乗り出していたため、三角コーナーの挟まり防止板に当たり、はずみで1階に転落した。	軽傷 幼児
10	平成21年4月	複合ビル	本件事故。	死亡 成人
11	平成22年1月	複合ビル	成人が店舗で飲酒后、4階から3階への下りエスカレーターから転落した。	死亡 成人
12	平成22年3月	(不明)	少年がエスカレーター付近で遊んでいたところ、上りエスカレーターのハンドレールに体が乗り上げ、その後、エスカレーターと柱の約10cmの隙間に転落した。	軽傷 少年
13	平成25年4月	商業施設	少年が2階から1階への下りエスカレーターのハンドレールに、腹這いで乗った直後に、隣の上りエスカレーターの階段上に転落した。	重体 少年

* 表中の番号1～8の事例は、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国土技術政策総合研究所」という。）が調査したプロジェクト研究報告⁴³から抽出したものであり、番号9、11、12の事例は国土交通省の公表資料⁴⁴、番号13の事例は消費者庁に寄せられた情報から収集したものである。また、本表における幼児、少年の区分は児童福祉法（昭和22年法律第164号）の呼称方法による。

⁴³ 「建築空間におけるユーザー生活行動の安全確保のための評価・対策技術に関する研究（その2）」国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告第37号（平成24年2月）

⁴⁴ 番号9は国土交通省第12回建築物等事故・災害対策部会配付資料、番号11及び12は「東京都内エスカレーター事故調査報告書 平成26年10月 社会資本整備審議会」（国土交通省）から抽出。

収集した事故事例の建物の用途は、用途不明の2件を除けば、オフィス等ビジネスを主体とした施設ではなく、子供や高齢者も含め年齢・身体条件等が異なる人々が様々な態様で利用する商業施設や複合ビル等で発生していることが分かる。また、エスカレーター側面からの転落の多くは重大な事故に至っており、成人の事故に比べて幼児・少年の事故が多いことが確認された。

(2) ハンドレールに乗り上げた幼児がエスカレーター側面から転落した事例

表8に示した事故事例の中から、エスカレーターの乗降口周辺部にいた幼児が、体をハンドレールに乗り上げて、吹き抜け下の床に転落した事例について現場確認等を行った(表9)。

表9 本件事故と類似の事故事例に対する現場確認結果

発生施設の状況	複合商業施設
事故の発生状況	幼児が4階の下りエスカレーター側面の吹き抜け部分から約10m下の2階に転落した。
調査時点(平成25年12月27日)で確認された現場の状況	<ul style="list-style-type: none"> 該当するエスカレーターは、施設の商業区域における2階から4階までの高さの吹き抜けに、4階から3階への下降運転で、吹き抜け側に面して設置されていた。 調査時点における当該エスカレーターの側面には、転落防止板(又は落下物防止板)が設置されていた。 調査時点におけるエスカレーター乗降口周辺部には、多くの注意警告表示が目立つ位置に表示されていた。
特定行政庁の対応	<p>【事故の報告・受付等】(市)</p> <ul style="list-style-type: none"> 事故の翌日、国土交通省から同事故の報道による照会を受けて、事故調査を行った。 施設管理者から事故報告書を受理し、県、国土交通省に報告。 <p>【その後の対応】(市)</p> <ul style="list-style-type: none"> 事故後速やかに、本件施設以外の市内のエスカレーターを設置している施設へ立入調査を実施。 (管内立入調査実施結果) 立入施設：51施設 213基 内訳：商業施設 38施設、他の施設 13施設 (内吹き抜け構造 11施設) 平成16年7月6日に安全改修案を受理し、改修後に状態を確認した。 <p>【市の対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> 市内の施設管理者及び所有者に、転落事故防止に対する安全管理の強化を依頼。
その他	転落防止板の具体的な設計強度、当時の技術的な検討経緯について関係者に照会したが、回答は得られなかった。

4.3.2 事業者の認識

重大な事故に直接つながるエスカレーター側面からの転落の可能性について、本件施設関係者と関連事業者に対して聴取り調査を行い、各社の認識等を次のとおり確認した。

聴取り調査は、4.2.4 事業者の認識と同様に、本件施設関係者を含む関連事業者の合計 11 社に対して実施した⁴⁵。

(1) 本件施設関係者を含む関連事業者の回答

本件施設関係者を含む関連事業者に、エスカレーター側面からの転落の可能性に対する認識について確認した結果を要約するとおおむね次のとおりであった。

- ① 聴取り調査を行った各社の多くが、過去に発生したエスカレーター側面からの転落事故は、利用者がエスカレーターを通常の使用状態から逸脱した方法で利用したため発生したものであると捉えていることが認められた。
- ② 聴取り調査を行ったエスカレーター製造会社全 6 社が、エスカレーター周辺部の安全対策の設置及び施工の決定は、エスカレーター製造会社ではなく、主に建築設計事務所に主導権があり、それらの施工は原則として建築会社が実施すると回答した。
- ③ 聴取り調査を行った全 11 社のうち、不動産会社 1 社及び建築設計事務所 2 社が、人の転落防止を目的に、エスカレーター側面に設置する柵の高さ・強度を自社ガイドライン又は設計者の手引として定めていると回答した。
- ④ 上記③で述べた 3 社以外の各社では、エスカレーター側面に設置する安全対策は、JEAS に規定されたとおり落下物防止網・落下物防止柵・落下物防止板の 3 者から選択していると回答した。また、近年では利用者の、より確実な安全確保を期待して、落下物防止板を選択する傾向があると回答した。

⁴⁵ 各社への質問内容及び回答の詳細については、参考資料 2 事業者等への聴取り結果に示す。

- ⑤ 聴取り調査を行ったエスカレーター製造会社のうち1社は、エスカレーターからの利用者の転落防止対策として、建設当初からエスカレーターの側面に十分な強度を確保した転落防止板等を設置する場合には、エスカレーター本体の基本構造全体を補強すると回答した。また、エスカレーター本体の設計強度が不足するため、エスカレーター側面に転落防止板等を設置することは不可能であると回答したエスカレーター製造会社はなかった。
- ⑥ 聴取り調査を行った各社とも、既設のエスカレーターの本体側面に、落下物防止板又は人の転落防止板を設置することは、強度の確保、施工期間及び施工方法の問題から困難であり、その施工費用も設計当初に設置するより高額になると回答した。

(2) 本件施設関係者の回答

上記に加え、本件施設におけるエスカレーター側面からの転落の危険性に対する本件施設関係者の認識を確認した結果は次のとおりであった。

・不動産会社G社

エスカレーター利用者が通常想定される利用をする限りは、エスカレーターからの転落・落下のリスクは極めて低いと考える。しかし、本件事故のように、利用者が通常予期しない行動に出る可能性があることを踏まえると、今後は利用者の危険性を軽減する観点から、吹き抜けに設置されたエスカレーターから転落・落下の危険性について配慮が必要であるとも考えている。

通常の使用状態とは、エスカレーターは「可動する階段」であり、利用方法によっては危険のあることを認識した上で、進行方向を向いてステップに乗り込み、ハンドレールを持つなどして身を乗り出さずに、利用者が注意しながら（歩行しないで）利用する状態と考える。

・建築設計事務所J社

（エスカレーターが）設置される状況により、転落・落下に対する配慮は必要と考えるが、通常使用を超えてどこまで配慮すべきかは議論があると思われる。

高所の吹き抜け等に設置されたエスカレーターを計画する場合、転落防止対策等を考慮する場合、現状では、（エスカレーターが）設置される状況により、落下防止板等の設置を行っている。落下防止板等の共通した仕様は特になく、

状況に合わせて個別に設定している。

- ・エスカレーター製造会社D社

エスカレーターの側面に関する転落防止対策は、ハンドレールにまたがって乗るようなことを想定していないので、そのような異常な利用がない限りは必要ないと考えている。エスカレーターのハンドレールの 92cm の高さは、エスカレーター本体から転落する対策として、基本的にエスカレーターのステップの幅 1 m を考慮すれば高さ 92cm でも十分と考える。通常の使用状態とは、基本的には、ハンドレールにつかまって、ステップの黄色い線の内側に立っていることが前提なので、ハンドレールにつかまって、走ったり歩いたりしない、狭角部に挟まれるのでハンドレールから体を乗り出さないとか、2人乗り用のエスカレーターでは一つのステップに3人で乗らないとか、ハンドレールには乗らない、裸足で乗らない、タバコを吸わない、物を運ばない、反対方向に乗らない、デッキカバーに乗らないなど。

4.4 本件事故後に事故発生場所に設置された安全対策等の検証

4.4.1 ハンドレールへの接触予防対策としての固定式誘導手すりの有効性

エスカレーターのハンドレールへの接触には、一定の条件下で体勢を不安定にし、場合によっては人体が持ち上がる可能性が存在することが確認された。また、本件施設の管理者は、事故後に設置した固定式誘導手すりの役割について、利用者の動線整理以外に、ハンドレールへの接触予防対策としても考慮していることが認められた。

当該誘導手すりの、本件施設の管理者が意図するハンドレールへの接触予防対策としての有効性についてコンピューターシミュレーションを用いて次のとおり検証した。

(1) 特定体型モデルを用いたシミュレーション分析

図 22 は、調査時点の環境モデルにおいて、本件エスカレーターのハンドレールの中心（一点鎖線）に、特定体型モデルの中心を一致させる配置を行った検証図である。図 22 に示したとおり、本件事故後に設置された固定式誘導手すりが、特定体型モデルの左腕と重なることが分かる。

図 22 特定体型モデルを用いた固定式誘導手すりの有効性検証図

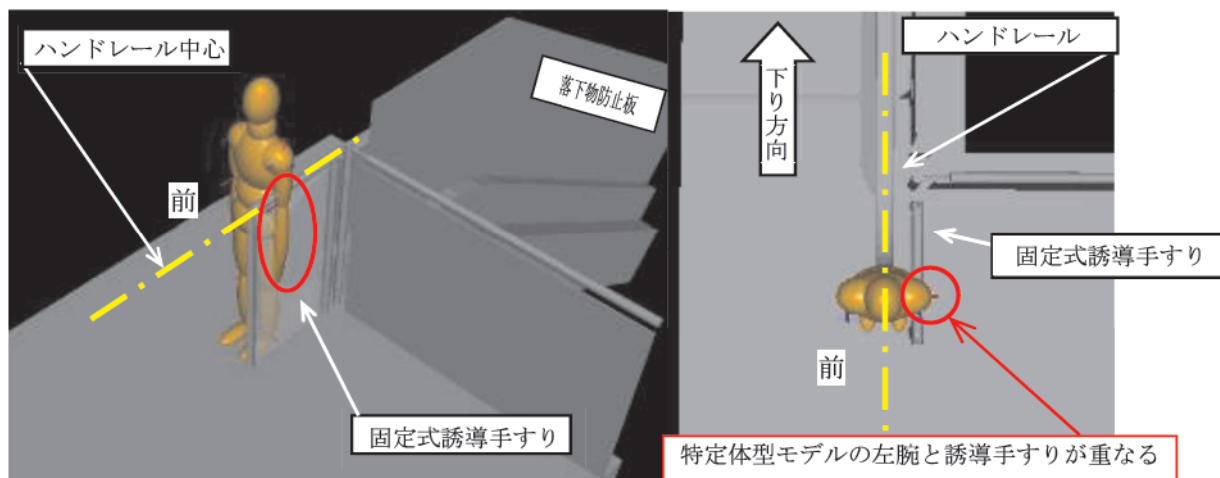


図 22 に示す特定体型モデルの中心が、ハンドレールの中心よりエスカレーターの外側にずれてハンドレールに接近する場合には（図 22 において左腕方向）、特定体型モデルと固定式誘導手すりは更に重なるため、ハンドレールへの接触は物理的に阻止される。

一方、特定体型モデルの中心が、ハンドレールの中心よりエスカレーターの内側にずれてハンドレールに接近する場合には（図 22 において特定体型モデルの右腕方向）、特定体型モデルは固定式誘導手すりによって阻止されることなくハンドレールに接触する可能性がある。しかし、その場合には特定体型モデルの重心がエスカレーターの内側にあるため、ハンドレールによって同体型モデルが持ち上げられたとしても、エスカレーターの内側に落下する可能性が高く、吹き抜け下に転落する危険性は低いものと考えられる。

したがって、本件事故後に設置された固定式誘導手すりは本件事故のハンドレールへの接触予防対策として有効であると考えられる。

（2）幼児等の体型モデルを用いたシミュレーション分析

次に、上記（1）の分析で用いた体型モデルより小柄な日本人成人男性 5 パーセンタイルの体型モデル⁴⁶と日本人 3 歳児の体型モデル⁴⁷を使用して同様の検証を行った。

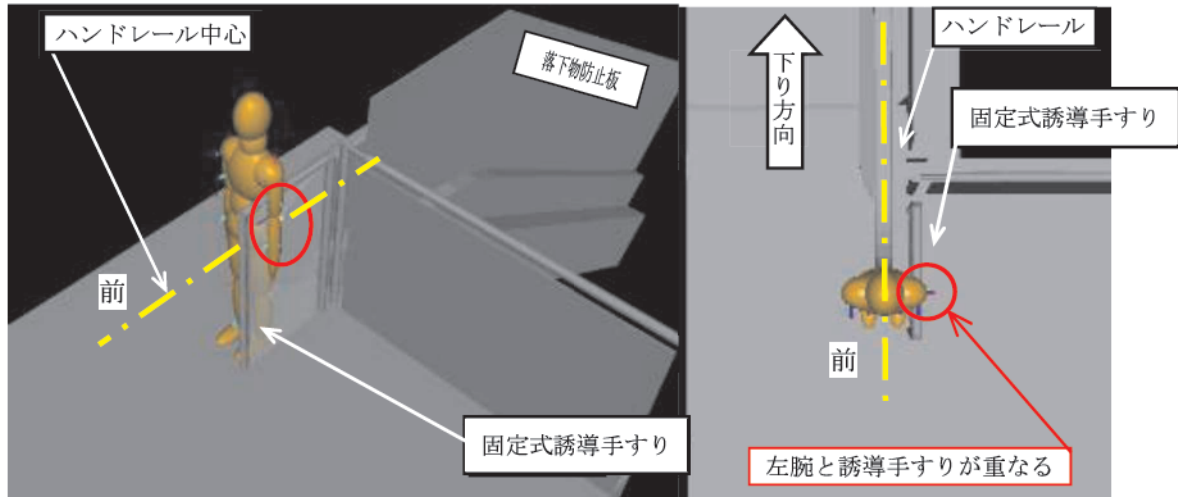
図 23 は、日本人成人男性 5 パーセンタイルの体型三次元モデルを用い、その

⁴⁶ 日本人成人男性の体型を小さい方から順番に並べて 5%目に相当する体型。本分析で採用した具体的な数値は、身長 157.8cm、体重 45.3kg。出典は、国立研究開発法人産業技術総合研究所「AIST 人体形状・寸法データベース」。

⁴⁷ 文献データを基に 3 歳児の平均身長 95.9cm、平均体重 14.6kg を採用。参考にした文献は「製品安全協会：乳幼児身体計測報告書」（財団法人製品安全協会、1973）及び「通商産業省工業技術院、日本規格協会、JIS 衣料サイズ推進協議会：日本人の体格調査報告書— 既製衣料の寸法基準作成のための—（1978 年から 1981 年）」（日本規格協会、1984）。

他の条件は変更せずに行ったシミュレーションの結果を示したものである。特定体型モデルを使用した場合と同様に、固定式誘導手すりが体型モデルの左腕と重なることが確認された。

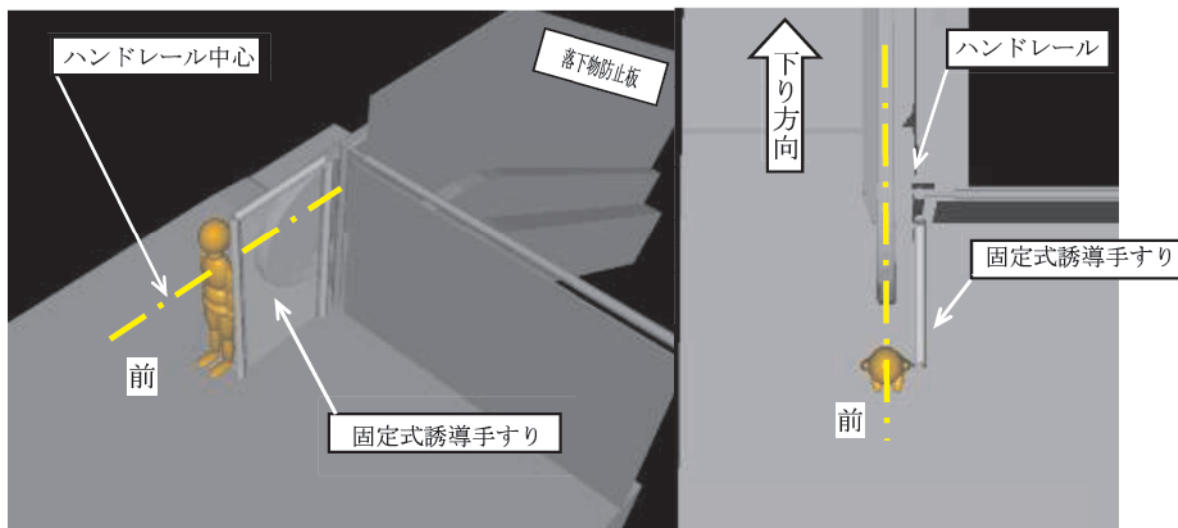
図 23 成人男性 5 パーセントイル体型を用いた固定式誘導手すりの有効性検証
図



したがって、当該誘導手すりはハンドレールへの接触予防対策として、コンピューターシミュレーションで利用した体型モデルのみならず一般的な成人に対しても有効であるものと推定される。

一方、3歳児の体型モデルを使用した場合には、ハンドレールの中心に対し体型モデルが直進して接近したときに、誘導手すりとは重ならず接触することが可能であるため（図 24）、ハンドレールへの接触予防対策としての有効性は確認できなかった。しかしながら、誘導手すりの設置により、ハンドレールに接触するまでの進入範囲が限定されるため、注意・警告としての効果は有するものと考えられる。

図 24 3 歳児の体型を用いた固定式誘導手すりの有効性検証図



(3) 誘導手すりの設置により生じる挟まれの危険性について

他方で、JEAS は幼児が誘導手すりとエスカレーターのハンドレールの間に挟まれることを防止する目的で、両者の間に 140mm～200mm の隙間を確保するよう定めている⁴⁸。

当該誘導手すりに関する仕様は、「狭すぎて利用者の身体等が挟まれることなきよう」⁴⁹考慮して隙間の確保を求めているものであり、ハンドレールへの接触予防対策として固定式誘導手すりを設置する場合には、幼児の挟まれ事故の防止のための隙間の確保についても考慮する必要があるものと考えられる。

4.4.2 エスカレーター側面からの転落防止対策としての落下物防止板の有効性

本件施設の管理者は、事故後に本件エスカレーターの側面に設置した落下物防止板^{ぼん}について、再発防止策ではなく、物の落下を防止するための対策であると述べている。

調査委員会では、当該落下物防止板による人の転落防止の可能性に着目し、その有効性について次のとおり検証を行った。

なお、人の体型モデルが落下物防止板^{ぼん}に寄り掛かった際の転落判定には、力学的観点から物理的に検証するために、体型モデルの挙動を時々刻々と計算する手法を採用した⁵⁰。

⁴⁸ 「エスカレーター乗降口の誘導手すりに関する標準」(JEAS-524 標 06-02)。

⁴⁹ 「エスカレーター及び動く歩道の周辺部の安全対策と管理に関する標準」(JEAS-422 標 13-02)。

⁵⁰ 人体動的挙動解析ソフトウェア MADYMO ver7.0 (TASS JAPAN) を用いた。

また、エスカレーター側面に利用者に対する転落防止対策を実施している事業者に対し、現場確認と聴取り調査を行った。

(1) シミュレーション分析

図 25 は、調査時点の環境モデルを使用して、当該落下物防止板^{ぼん}に対し、人に対する転落防止効果が最小となる条件として、長身体型モデルが、ハンドレールに直に腰掛け、そのまま両手を挙げた姿勢でハンドレール上を移動中に、落下物防止板^{ぼん}に寄り掛かって体重をかける条件⁵¹を新たに設定した検証図である。

なお、当該落下物防止板^{ぼん}は、本件エスカレーター乗降口において、ハンドレールの高さより約 30cm 高く、また中心から外側まで約 12cm 離して設置されていた。

図 25 検証モデル

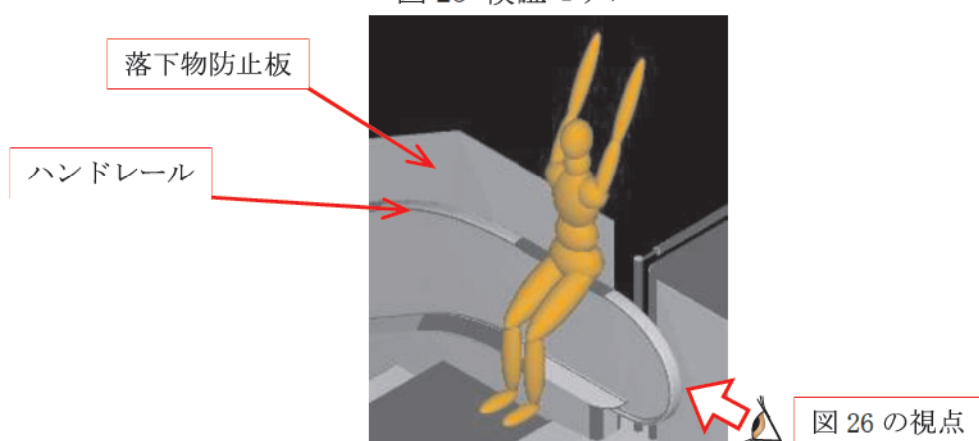
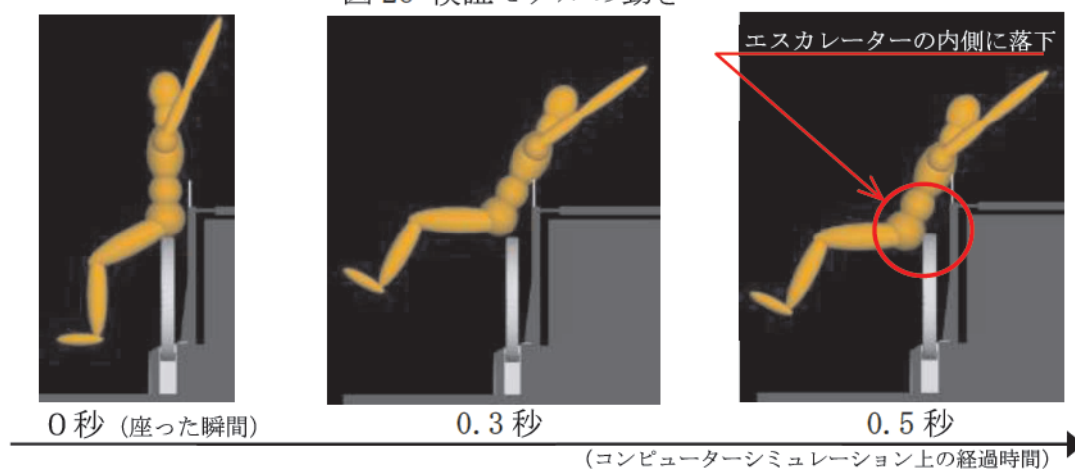


図 26 検証モデルの動き



⁵¹ 表 8 に示した過去の事故事例を参考に設定した。したがって、本検証は極端に大きな体型や、意図的に強く落下物防止板を押して板を破壊する、ハンドレールを越えて意図的に飛び降りる等の更に高い危険性がある状況を想定したものではない。

その結果、図 26 に示すように、長身体型モデルはエスカレーターの内側に落下し、当該落下物防止板は、その形状として、成人男性 95 パーセントイル以下の体型を有する成人から幼児までの利用者が、エスカレーターの外側に転落することを阻止する効果を有することが確認された。

したがって、当該落下物防止板は、十分な強度がある場合には、多くの利用者に対して、エスカレーター側面からの転落防止対策として有効であると推定される。

また、当該落下物防止板は、十分な強度がない場合であっても、少なくとも利用者に対する注意・警告としての効果は有するものと考えられる。

(2) 転落防止板の設置事例

施設の計画・設計時から、エスカレーターの利用者に対する転落防止板等を検討し、設置したことが確認された百貨店に対し、その設置の経緯等について次のとおり聴取り調査を行った（表 10）。

表 10 ある百貨店のエスカレーターの転落防止板設置事例

No.	質問項目	回答
1	転落防止板を計画した経緯は。	当該エスカレーター側面における転落防止板の設置は、計画していた当該店舗には高所の吹き抜けが多く存在するため、平成 6 年頃のエスカレーターからの利用者の転落事故を踏まえ、店舗の計画設計時（平成 6 年から平成 7 年まで）に、転落防止板の設置を前提に仕様を検討し、開業時（平成 8 年）に合わせて設置した。
2	どのように転落防止板の規格を決定したか。	当該店舗は、計画設計時からハートビル法（当時）の申請を目指しており、社内で転落防止の安全柵を含めて吹き抜けに設置するエスカレーター周辺部の安全対策を検討した。その結果、吹き抜け床の柵の高さを 1400mm として強化ガラス製（エスカレーターのステップからフェンス上端までの高さ 1400mm、フェンスは飛散防止フィルムを貼った厚さ 6mm の強化ガラス製、フェンス支柱はアルミキャスト製）で計画し、それに合わせて転落防止板も施工している。強化ガラス製を採用したこともあり、比較的（アクリル製に比べ）高価格であったものと思われる。 柵の高さ 1400mm は、社内で検討を行い、お客様が子供を抱いている高さを意図して、抱かれた子供がその高さから転落しないような高さにした。 上記の仕様は、当社グループ内で統一した規格ではなく、店舗ごとに仕様を決定している。他店舗の手すりにはもっと高い仕様もある。
3	組織としてエスカレーターの事故情報の収集活用を行っているか。	大きな事故や災害時には百貨店協会などの業界団体から情報提供がある。しかし、同協会も含め、特にエスカレーターの事故情報の収集を行う体制はとっていない。社内情報及び報道などを通じて事故情報を知ることが多い。
4	開業以降に転落事故はあったか。	当該店舗では、過去にエスカレーターでの転倒事故はあるが、転落事故は発生していない。エレベーターが整備されておりエレベーターの利用が多いこと、家族などの周りの監視があるからではないかと推定している。

なお、同百貨店において転落防止板が施工された時期は、本件施設の建築計画（初回建築計画確認済証日付は平成12年5月29日）以前の平成6年から平成8年までの期間であり、設置された転落防止板の設計・施工は、本件エスカレーターの製造会社であるD社であった。エスカレーター製造会社D社（当該転落防止対策をD社が受注した際の名称は落下防止フェンス）は、当該設備の施工に当たって、エスカレーターの基本構造に特別な補強等を行っていないと回答した。

その他、関連事業者等への聴取り調査等により、ショッピングモールなどの大規模な商業施設に対して、エスカレーター側面からの人の転落に対して、自主的に社内ガイドラインを作成し、転落防止対策を講じている事業者がいることが確認された。

5 結論

本件事故は、被災者が本件エスカレーターのハンドレールに後ろ向きに接触し、体が持ち上がった結果、エスカレーター側面から吹き抜け下に転落した事故である。

事故発生場所に設置されていた監視カメラには、被災者の体がハンドレールに持ち上がる瞬間は記録されておらず、また、被災者が死亡しているため、ハンドレールに接触するまでの一連の行動に対する被災者の意図を確認することはできなかった。しかしながら、監視カメラの記録映像から被災者はハンドレールに持ち上がった後に体勢を立て直すことができないまま転落したと認められることから、被災者は少なくともハンドレールへの接触により人体が持ち上がることは想定していなかったものと考えられる。

調査委員会では、本件事故と同種又は類似の事故の再発を防止する観点から、本件事故発生の要因の一つと考えられるハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性とエスカレーター側面からの転落の可能性について調査を行った。

ハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性については、人がハンドレールに飛び乗る、ハンドレール上に座るなどの意図的・能動的な行動ではなく、ハンドレールに後ろ向きに不意に接触した場合に人体が持ち上がる可能性について、一定の条件を設定したコンピューターシミュレーションを用いて検証を行った。その結果、エスカレーターのハンドレールへの接触は、体勢を不安定にさせ、場合によっては人体が持ち上がる可能性が存在していることが確認された。

また、エスカレーター側面からの転落事故事例を調査した結果、転落事故は主として商業施設や複合ビル等で発生しており、重大な事故に至る可能性が高く、かつ成人の事故と比べて幼児・少年の事故が多いことが確認された。

本件エスカレーターは、本件事故当時、建築基準法関係法令等及び JEAS に規定された安全対策が行われていたことが認められたが、本件事故のようなエスカレーター側面からの転落を防止する対策は講じられていなかった。その背景的要因として、関係行政機関及び関連事業者等の多くが、エスカレーター側面からの転落事故をエスカレーター本体や周辺部の構造に起因するものではないと判断しているものと考えられる。

6 再発防止策

5 結論に示したとおり、本件事故が発生した背景的要因として、関係行政機関及び関連事業者等の多くが、エスカレーター側面からの転落事故をエスカレーター本体や周辺部の構造に起因するものではないと判断しているものと考えられる。エスカレーター側面からの転落が重大な事故に至る可能性が高いこと、また、幼児・少年の事故が繰り返し発生している状況を踏まえれば、関係行政機関及び関連事業者等は、機械安全の考え方に従ってエスカレーターの設置環境や周辺環境を踏まえた様々な人の行動を想定し、事故の発生をより広くかつ確実に予防する適切な安全対策を整備することが重要である。

また、エスカレーターは、設置後に任意で運転方向の変更が可能であることから、安全対策はエスカレーターの運転方向にかかわらず考慮する必要がある。

6.1 今後必要とされる再発防止策

6.1.1 ハンドレールへの接触の予防対策

エスカレーターのハンドレールは、本来利用者の安全確保が目的で設置されているものである。しかしながら、エスカレーターのハンドレールへの人体の不意な接触は、エスカレーター側面からの転落などの重大事故に至るきっかけとなり得る問題となる。

4.4.1 ハンドレールへの接触予防対策としての固定式誘導手すりの有効性に示したとおり、本件事故後に設置された固定式誘導手すりは、ハンドレールへの接触による人体の持ち上がりに対する再発防止策として有効であることが確認された。しかしながら、固定式誘導手すりは、寸法や設置場所等によって、幼児がエスカレーターとの間に挟まれる等の新たな危険性が生じる可能性がある。そのため、エスカレーターの接触予防対策を検討・整備するに当たっては、関連事業者等は設置環境等を施設ごとに総合的に勘案し、固定式誘導手すりのみならず、仮設方式の誘導手すりや監視の強化等も含めた適切な対策を講じる必要がある。

具体的な接触予防対策については、重大事故の発生を予防する観点から、JEASにおいてハンドレールへの接触予防対策を規定することが有効と考えられる。

6.1.2 エスカレーター側面からの転落の防止対策

エスカレーター側面からの転落事故は、エスカレーターの設置環境や利用状況等を踏まえると、人が日常的に使用する施設において起こり得る事故として、機械安全の考え方に従って適切な安全対策を整備していく必要があると考えられる。そのため、利用者の転落を防止するために必要な強度や高さ等を有した転落防止板の設置等、転落防止対策を確実に整備することが必要である。

4.4.2 エスカレーター側面からの転落防止対策としての落下物防止板の有効性に示したとおり、事故後に本件施設に設置された落下物防止板^{ばん}は、十分な強度があることを前提に、エスカレーター側面からの転落に対する再発防止策として有効であることが確認された。

転落防止板の必要な強度の検討においては、一般社団法人日本建築学会等が、屋上等に設置する手すり等について、人の転落防止対策としての必要な強度等をガイドラインとして定めており、本調査で記述したエスカレーターの転落防止板の安全対策として必要な強度の検討の技術的な参考となるものと考えられる⁵²。

具体的な転落防止対策については、エスカレーターの設置環境や建築物の構造等により施設ごとの設置環境等に応じた適切な対策を検討することが必要となる。また、エスカレーター側面を含む周辺部の安全対策は、建築設計事務所や施主、所有者等の意向が働くことから、転落防止対策が確実に実施されるには、関係行政機関によるガイドラインの策定と関連事業者への遵守の徹底を図る必要がある。

あわせて、関連事業者等が転落防止板等の強度・高さ等を規定するなどにより、統一的に転落防止対策を採用できるよう JEAS において業界標準化を図る必要がある。

なお、法的整備と業界標準化により安全対策を講じた事例としては、エスカレーターと天井等との交差部に利用者が挟まれる又は衝突する事故が挙げられ、現在では多くのエスカレーターに固定保護板（図2：①）と可動警告板（図2：②）が設置されている。固定保護板は、建築基準法施行令第129条の12第1項第1号の規定に基づく設置義務がある安全対策であり、可動警告板は、より安全性を高めるために利用者に対して固定保護板への接触・衝突を事前に警告することを目的として JEAS に定められた任意の安全対策である。

⁵² なお、一般社団法人日本建築学会等が屋上等に設置する手すり等について、人の転落防止対策として必要な強度等を定めたガイドライン等の詳細は、巻末の参考資料3墜落防止手すり等の強度に示す。

6.1.3 既設のエスカレーターへのリスク対策の重要性の周知と整備の推進

前述のとおり、エスカレーターには、側面からの転落が重大な事故へと至る可能性があるため、機械側でまず十分な安全対策を講じる必要がある。

既設のエスカレーターにおいては、構造・スペース、意匠、費用等の問題など様々な課題が存在するが、施設の所有者・管理者は、施設ごとの具体的な設置環境等に照らして、積極的な安全対策を検討・措置すべきである。

あわせて、関係行政機関等はハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性及びエスカレーター側面からの転落の可能性について、業界関係者間で認識を共有させるために施設の所有者等に具体例を挙げて説明するなど、安全対策の重要性の周知にも取り組むべきである。

6.2 消費者への情報提供と注意喚起

6.2.1 エレベーター協会及び国土技術政策総合研究所の取組

エレベーター協会はエスカレーターの安全な利用を図るための啓発活動を継続的に実施している。また、国土技術政策総合研究所は人々の日常生活の中で発生するエスカレーターを含めた建物及びその周辺に関連する事故を予防するため、事故事例を収集・分析して、それらの結果を具体的な事例としてデータベースに公開⁵³し、一般の人々への注意・啓発を行っている。

6.2.2 エスカレーター固有のリスク管理と安全対策後も残留するリスク

本報告書で述べているハンドレールへの接触による人体の持ち上がりの可能性及びエスカレーター側面からの転落の可能性等を含め、機械としてのエスカレーター側で十分な安全対策を講じたとしても、エスカレーターの構造上、壁などによって利用者を動く機械部分（ステップやハンドレール）から保護することができないなど、リスクを完全になくすことはできない。

エスカレーターは不特定多数の人の利用を前提とした設備でありながら、例えば、固定保護板及び可動警告板によって利用者に注意を促すなど、残留するリスクに対して利用者の理解と積極的な行動を求める点が、エスカレーターに固有の安全対策の特徴であると考えられる。その一方で利用者の履物や衣服がス

⁵³ 国土技術政策総合研究所 建物事故予防ナレッジベース。 <http://www.tatemonojikoyobo.nilim.go.jp/kjkb/index.php>

テップ等に巻き込まれるなど、エスカレーターの事故は継続して発生している⁵⁴。

より安全なエスカレーターの利用を実現するために、関連事業者等は、リスクの更なる低減を図るべく継続的に安全対策の改善を行うとともに、利用者に対して十分な安全対策を講じた後にも残留しているリスクを明らかにし、安全な利用方法、緊急時の対処方法及び禁止事項等について、様々な手段を用いて情報提供を行うべきである。

⁵⁴ 先の国土技術政策総合研究所の研究報告（脚注 43 P 44）より、平成 7 年から平成 21 年までにおける死亡以外のエスカレーター事故の部位・事象別集計全 140 件中、階段・ハンドレール入込口・天井三角部への挟まれ事故は 45% を占める。

7 意見

エスカレーターは、子供や高齢者も含め年齢・身体条件等が異なる人々が様々な態様で利用する商業施設や複合ビルなどの日常の生活空間に多く設置されている。

このような環境下では、利用者がハンドレールに不意に接触することや、エスカレーター側面から転落し、重篤な事態に至る可能性がある。また、通路空間に設置されているニュアル部には、エスカレーターの利用者に限らず、施設を利用しているあらゆる人に接触する可能性がある。エスカレーターは動力を持つ機械であることから、まずは機械安全の考え方⁵⁵に従って、エスカレーターの設置環境や周辺環境を踏まえた様々な人の行動を想定し、事故の発生をより広くかつ確実に予防する適切な安全対策を講じることが必要である。

他方で、エスカレーターは、その構造上、安全対策の整備後にも一定のリスクが残留する。したがって、事故の発生を防止するためには、利用者自らもリスクを認識し利用することが重要である。

これらのことを踏まえ、国土交通省及び消費者庁は、エスカレーターの安全性を高めるための施策を進めるべきであり、調査委員会は、消費者安全法第33条の規定に基づき次のとおり意見を述べる。

7.1 国土交通大臣への意見

(1) 制度面の見直し

① エスカレーター側面からの転落防止対策について

- ・ エスカレーター側面からの転落を防止するため、高所に設置されるなど転落事故が発生した場合に重大な事故に至る可能性が高いエスカレーターについて、国土交通省は、施設ごとの設置環境に応じたガイドラインを策定するとともに、関連事業者による遵守を徹底させること。

また、その効果について検証し、十分な実効性が確保されない場合には、法的整備も含めた更なる対策を検討すること。

- ・ エレベーター協会に対し、転落防止のための具体的な方策と技術的な仕様等の統一的な基準の整備を促すこと。

⁵⁵ 脚注8 (P3) 参照。

② エスカレーターの手ドレールへの接触予防対策について

- ・ エスカレーターの手ドレールへの接触は人体が持ち上がる危険性があることから、エレベーター協会に対し、手ドレールへの接触予防対策について、その標準化に向けた検討を促すこと。

(2) 事業者への指導

① 関連事業者に対し、人がエスカレーターの手ドレールに接触し、持ち上がり、転落する危険性について周知徹底すること。

既設のエスカレーターを含め、各施設の所有者・管理者に対し、その設置環境に応じて、人のエスカレーター側面からの転落防止対策及び手ドレールへの接触予防対策を積極的に講じるよう促すこと。

② 施設の管理者・エスカレーター製造会社等に対し、エスカレーターはその構造上、適切な安全対策を実施した後にも一定のリスクが残ることについて、利用者に向けて具体例を挙げ、継続的に注意・啓発するよう促すこと。

7.2 国土交通大臣及び消費者庁長官への意見

関連事業者等と連携・協力し、利用者に対してエスカレーターには適切な安全対策を講じた後にも依然として事故につながるリスクが残留していること、そのためエスカレーターの安全な利用方法を守ることが重要であること等について、具体例を挙げながら必要な情報提供を行うこと。