

鉄道事業における設備投資額の節減方策 —ホーム転落事故対策を中心に—

Measures to Reduce Equipment Investment in Railway Business
—Focusing on the Prevention of Accidents Caused by Platform Downfall—

横井祐一

YOKOI Yuichi

ビジネス企画学科

yokoi@alice.asahi-u.ac.jp

抄録： 鉄道駅のプラットホームからの転落によるトラブルが注目されている。事故防止対策は、鉄道事業者の永遠の課題でもある。鉄道事業者は、多様な類型のリスクの低減のため、毎年多額の設備投資を続けている。ホーム転落対策は、可動式ホーム柵の設置義務づけへの動きが行政でみられるが、その設備投資額が莫大であり、企業経営の体力を超えて健全経営の継続が危ぶまれることについて指摘した。

さらに、鉄道向けに専用に開発・製造されたものではない汎用の既製品を組み合わせた転落検知システムを提案し、既存のものに比較して低廉なシステムでも転落の検知が可能であるか否かを調べる実験を行い、設備投資額の節減方策について考察した。

Key Words：ホーム転落、ホームドア、可動式ホーム柵、映像認識、設備投資

1. 緒言

2001年1月26日JR山手線新大久保駅で、線路内立ち入り者2名が列車と衝突、死亡する事故が発生し、大きく報道されて以後、鉄道のホーム転落トラブルに注目が集まった。線路内立ち入り者を救出しようとして、さらに線路内へ立ち入る事例も相次いだ。マスメディア各社は、ホームからの転落を、挙って記事にした。転落者を救助しようと線路へ立ち入る人が増加し、マスメディアの報道の中には彼らの行動を称賛するものもみられた。

いかなる理由によっても、電車が進入する可能性がある線路内へ人が立ち入ることは、危険な行為である。鉄道の駅係員でも、転落者を発見した時は、列車を停止させる等の手配を行うこととなっており、列車が接近しているときに自ら線路上へ降りることは禁止されている。

鉄道のホームにおいては、旅客は白線（現在では、黄色の点字警告ブロック）の内側で待機または通行することが列車到着時のアナウンスでも繰り返され、これがルールであることは周知である。このルールを守っていれば、転落することはほとんどない。なお、自殺も列車運行を乱す原因ではあるが、人間の故意による行為を防ぐ効果的な方法は現在のところないので、本論文では検討の対象から外している。

酒酔いや、携帯電話の通話やメール操作等に気を取られることによって、ホームから転落するケースがある。第三者行為によって、転落させられるケースもある。鉄道利用者には、これらの転落の原因を作出しないように、鉄道を利用する責任があることは論を待たない。しかし、マスコミに大きく報道される事象を、軽視して鉄道会社の側も何らの対策を打たないということではできない。鉄道事業者は、公益的性格が強く、事業の永続性

も地域社会から強く期待されている。

鉄道各社は、行政からの要請に基づき、転落事故防止のため、主要な駅における非常通報ボタンの設置という応急対策を行った。しかし、今後、本格的な対策を求められるようになると、従来とは比較にならないほどの莫大な投資が必要になることが見込まれる。莫大な追加投資が予測される転落事故対策を企業の収益性との関係の中で、いかに取り扱っていくべきかについては、検討を要する課題である。

本論文では、まず、既存の転落防止対策の設備を概観し、コストの視点から課題を指摘し、その解決の一方途として、鉄道専用を開発・製造されたものではない汎用の既製品を中心に機器を組み合わせた転落検知システムを提案し、駅ホームでの転落検知実験を行った。事故防止対策設備の効果及び設備投資額の節減の可能性について考察した。

2. 既存の保安設備および先行研究

鉄道駅のプラットホームから利用者が転落し、事故を引き起こすことを防ぐには、2通りの方法が考えられる。

まず、ホームからの人の転落を防ぐ方法である。もうひとつは、ホームから人が転落した場合に、列車に危急を知らせ、人と列車との衝突または接触を防ぐ方法である。

既に開発または研究されている設備としては、前者にはホーム柵があり、後者には非常停止ボタン、転落検知マット及びステレオカメラ方式映像検知システムがある。

2.1 ホーム柵

ホームからの転落そのものを物理的に防止するために、ホームに柵を設け(図1)、転落事故防止対策としている駅がある。ホーム柵には、電車が停車するときの扉あたりの部分を避けて柵を設置する「固定ホーム柵」、ホーム上屋まで達する高さの扉を、車両の扉の開閉と合わせて開閉するいわゆる「ホームドア」、腰辺りまでの高さの柵を開閉

させる「可動式ホーム柵」の3種類が主なものである。

2.1.1 固定ホーム柵

固定ホーム柵は、ホーム全長を完全に遮断していないため、効果は部分的であるが、設置費用は、ホームドア及び可動式ホーム柵に比較すれば低廉である。

車両の長さや扉位置が統一されていない場合、固定柵を設置できる部分はほとんどなくなり、設置が困難であることも特徴である。



図1 固定ホーム柵の設置例
出所) 国土交通省 [1]

2.1.2 ホームドア

エレベーターのように、車両側とホーム側との双方に扉を設置し、概ね同じタイミングで開閉するものである(図2)。列車がホームにいない状態での転落は、ほぼ完全に防止できる。

設置費用は3種のホーム柵の中で最も高い。転落事故は防止できるが、無理な乗降によって扉に身体や手荷物が挟まってトラブルが発生する頻度が高い。



図2 ホームドアの設置例
出所) 国土交通省 [1]

2.1.3 可動式ホーム柵

ホームドアに比較して、柵および可動部分の高さが低いものである(図3)。設置費用はホームド

アよりも若干安い。また、扉に挟まれによるトラブルもやや少ない。

既設の鉄道路線の駅に設置する場合、最近はこの可動式ホーム柵が主流となっている。しかし、このための設備投資額は莫大となっており、東京メトロは丸ノ内線で100億円の費用を投入して25駅に可動式ホーム柵を設置した。〔1〕 JR東日本では山手線29駅への設置を計画しているが、費用総額は、概算で約550億円である。〔2〕

可動式ホーム柵本体工事の他、ホーム改良工事、定位置停止装置、車両取替工事を必要としている。



図3 可動式ホーム柵の設置例
出所) 国土交通省〔1〕

2.2 転落検知マット

乗降時に旅客が、列車とホームの隙間から下に転落した場合に、ブザーの鳴動及び表示装置により列車の乗務員に異常を知らせるものである。

検知マットを、ホーム下端より線路側にマット状のセンサーを帯状に敷き詰める(図4)。

列車が駅に停止中に、ホームと車両との隙間に誤って転落した場合の事故防止を主な目的としているが、現在、地面まで落下するほどの隙間がある駅は各社とも多くなく、対策がほぼ完了している。

また、列車進入前に転落を検知し、列車を停止させる目的で利用している会社もある。



図4 転落検知マットの設置例
出所) 名古屋鉄道株式会社
『2008安全報告書』

転落検知マットの設置費用は1線路4両分で概ね1,000万円以上である。可動式ホーム柵やホームドアと比較すれば約10分の1であるが、それでもかなりの高額である。

2.3 非常通報ボタン

非常通報ボタンは、駅ホーム上に押しボタンを設置し、転落等の危険を発見した旅客がボタンを押下したときに列車に危急を報知するものである(図5)。最も低廉で、設置にあたっての制約もほとんどない。

旅客による目撃及び協力がなければ、機能しないという点で、偶然性に依存するため、事故防止の効果はあまり期待すべきではない。また、危険の発生から報知までに、時間を要することも、列車が接近している等の切迫した場面では、警報発出が間に合わない等、事故防止の効果を低下させる要因である。



図5 非常通報ボタンの設置例

2.4 ステレオカメラ方式映像検知システム

JR東日本がステレオカメラ方式で画像処理方式転落検知システムを開発している [3]。2台1組のカメラを固定設置し、線路上の物体の距離を測定しながら、人物のみを選択して検出し、列車係員へ異常を報知する仕組みである。人物以外の検知を除外し、誤検知を極力低減する試みを行っている。期待される事故防止効果は、高いものと考えられる。

鉄道の駅ホームは、長大であるため、ホーム柵や転落検知マットを設置する場合は、対象エリア全体に設置しなければならないのに対し、映像処理によって対策を行うことができるならば、ポイントごとにカメラを設置すればよく、設置は大幅に容易になり、コスト低減が期待できるが、具体的なコスト面の課題については触れられていない。

同社の独自開発のため、他社への水平展開はあまり見込めない。

3. 鉄道事業者の設備投資

3.1 設備投資額の水準

鉄道事業は、公益性に寄与するため多額の投資を続けている。他産業の売上高に対する設備投資額の比率を表1に、大手民鉄16社の鉄軌道部門における売上高に相当する同部門営業収益に対する同部門の設備投資額の比率を表2に示す。

全産業の平均は、1.8%、製造業の平均は3.6%、非製造業の平均は1.1%である。また、業種別にみると、非製造業では電気業の10.4%、情報通信業の7.3%の順で、製造業では鉄鋼業の5.0%、化学の4.8%の順で高い比率となっている。

これに対し、大手民鉄各社の鉄軌道部門における営業収益に対する設備投資額の比率をみると、

表1 業種別の売上高及び設備投資額の状況 (2008年度)

	売上高 (億円)	設備投資額 (億円)	売上高 設備投資額 比率
全産業計	15,082,072	275,024	1.8%
製造業計	4,450,526	160,049	3.6%
食料品	513,002	11,029	2.1%
化学	405,947	19,581	4.8%
石油・石炭	207,639	3,729	1.8%
鉄鋼業	225,248	11,276	5.0%
金属製品	221,707	7,830	3.5%
一般機械	375,735	15,183	4.0%
電気機械	408,002	17,241	4.2%
情報通信機械	343,995	11,735	3.4%
輸送用機械	637,743	27,005	4.2%
非製造業計	10,631,546	114,975	1.1%
建設業	1,262,776	15,086	1.2%
卸売・小売業	5,622,885	46,524	0.8%
不動産業	386,671	20,118	5.2%
情報通信業	574,943	41,997	7.3%
運輸業	621,825	31,723	5.1%
電気業	188,485	19,569	10.4%
サービス業	1,607,365	-81,246	-5.1%

出所) 財務省「法人企業統計調査」(平成20年度版)[4]
を基に著者が作成

表2 大手民鉄16社の鉄軌道部門の営業収益
及び設備投資の状況 (2008年度)

	営業収益 (億円)	設備投資額 (億円)	営業利益 設備投資額 比率
東武	1,608	336	20.9%
西武	1,022	262	25.6%
京成	546	115	21.1%
京王	838	549	65.5%
小田急	1,176	328	27.9%
東急	1,459	665	45.6%
京急	788	315	40.0%
東京メトロ	3,302	745	22.6%
相鉄	341	104	30.5%
名鉄	875	187	21.4%
近鉄	1,685	184	10.9%
南海	590	89	15.1%
京阪	546	131	24.0%
阪急	1,015	120	11.8%
阪神	271	131	48.3%
西鉄	230	64	27.8%
16社計	16,292	4,325	26.5%

出所) 民鉄協「大手民鉄鉄道事業データブック—大手民鉄の素顔」[5]を基に著者が作成

最も低い近鉄でも10.9%で、他業種で最も高比率の電気業よりも高い。最も比率の高い京王では65.5%に達する。

他産業の売上高に対する設備投資額の比率と比較すると、他のすべての産業区分のいずれの数値よりも、大手民鉄16社の全社の数値とも高い。

つまり、大手民鉄16社の設備投資比率の数値は、その全数が、他業種で最も高数値の電気業(10.4%)よりも高く、大手民鉄の全社が、顕著に多額の設備投資を行っているのが現状である。

確かに、鉄道業は、線路、車両、駅、電力供給、運行システム等、大きな投資が必要な装置型産業の一形態であり、設備投資額が大きくなりがちである。しかし、フローよりもストックに最も依存する典型的な事業形態である不動産業の平均は5.1%である。また、サービスの提供にかかる原材料をほとんど必要としない事業形態の典型である情報通信業の平均は7.3%に止まる。したがって、単に装置型産業の一種であるからといって、鉄道業のみが高水準の設備投資を継続することの説明とはならない。

なお、大手民鉄16社の平均値は26.5%であり、全産業平均の1.8%に比較して、24.7ポイント高い。もし、現状、他業種に比較して鉄道事業者が多額となっている設備投資を節減することができれば、その分、収益を改善できることが見込まれる。

3.2 社会的要請および行政的規制による設備投資の増大

設備投資の金額を節減することは、鉄道事業経営の重要な課題の一つであるといえる。

ところが、現在でも、社会的要請に基づいて設備投資の必要性に迫られている課題は、ホーム転落事故対策以外にも山積している。JR福知山線脱線事故を契機とする速度照査型ATS(列車自動停止装置)の設置、交通渋滞の解消及び踏切事故減少のための踏切の解消(立体化)及び障害物検知装置、踏切遮断機の設置、バリアフリー対策等である。

いずれも、対象箇所が多数であり、各設備の設

置費用も高額である。

例えば、バリアフリー対策のエレベーターの設置は、設置費用について行政による費用補助があるが、設置以後は、鉄道事業者に保守・点検費用が上積みされる。バリアフリー高度化等の福祉対策としての設備投資は、売上を増加させるものではないから、収益性が低められることになる。

現状以上に設備投資の必要要素がさらに上乘せされれば、鉄道事業者の経営は、健全性を維持することは困難となることが予想される。鉄道事業者は、このような収益性の低下要因に対して、鉄道やバスの赤字路線廃止によって対応しているのが実態であるが、鉄道事業者の収益性が改善されない限り、路線縮減が続き公共交通体系は機能が低下することになる。

行政が設置義務化を検討している可動式ホーム柵への設備投資は、各社の年間設備投資額の100%~1,000%超の新規投資が必要になると考えられる。行政による補助を行ったとしても、鉄道事業者の収益性低下の深刻な要因になることは自明である。

4. 鉄道保安設備の高信頼性追求によるコストアップ

鉄道の運行システムは全ての各要素が一体となり、全てが完全に正常に機能することにより、安全輸送が実現されている。各保安設備は、絶対の信頼性を求められる。この信頼性を確保するため、ほとんど全ての機器は、鉄道専用が開発されたものとなっており、汎用の既製品を中心に構成された保安機器はほとんど見られない。鉄道事業者の数は限られるため、継続的な大量生産による低価格化は効きにくい。また、研究開発に携わる組織も限定され、技術革新も遅い。高価であるため設備更新も進め難い。

確かに、機器の故障や誤動作、運行システムに関与する従業者の誤操作等の内因的な不確実性の極小化を目指すことは当然であり、これに関連するATS等の設備投資は、継続する必要がある。

ホーム転落対策としての可動式ホーム柵の設置義務化の方向性は、その設置費用が桁違いに高額であるため、外来的な不確実性に対する設備投資に偏重させ、投資のバランスを崩すことにつながる可能性がある。しかし、公益的性質が高い鉄道事業者が、社会的注目度の高い課題を軽視することは難しい。したがって、今後、より多くの社会的要請に広く対応しつつ収益性を確保していくためには、投資の優先順位や選択だけでなく、個々の設備投資におけるきめ細かなコスト節減方策も求められる。

5. 汎用機製品による保安システム

そこで、可動式ホーム柵のような、完全に転落を防ぐが著しく高額なものではなく、事故の減少に一定の効果が期待できる低廉なシステムがあれば、鉄道事業の経営健全化に貢献することができる。

鉄道専用の機器ではなく、汎用の既製品を組み合わせることで保安システムが構築可能であれば、設備投資額の節減に寄与できる。

鉄道専用に開発されたシステムは、システムとしての信頼性が高いが、その反面、高価であり、また、一部の機器を、最新技術を取り入れた機器に置き換えて、機能向上を図ることは適していない。

鉄道専用品ではなく、汎用既製品を組み合わせることで保安システムが可能となれば、構成される一部の機器ごとに変更が可能であり、技術進歩にしたがって、最新技術をシステムに組み込むことが容易になる。

また、技術進歩や製造技術の向上、量産効果等により、漸次、コストダウンが期待できる。

5.1 動体認識転落検知システムの提案

映像関連の機器類は、近年、急速にコモディティー化が進行している。監視カメラは、以前より高画素のものが1万円前後で購入でき、高性能かつ多用途なものでも数万円で購入可能である。また、録画機器は、1テラバイトの大容量の記憶

装置を備えたものが、10万円以下でも購入可能である。動体検知のシステムは、従来、大変高価であったが、低機能のものは数千円のwebカメラに付属するソフトウェアもある。軍事用技術をもとに製造された高性能なものでも、カメラ1台当たり100万円以下で購入できる。

この種の機器の従来の活用方法としては、立入り禁止エリアへの侵入検知、盗難検知、不審物の置き去り検知などがある。鉄道の事故防止対策への応用は新しい用途であり、検証が必要である。

また、検知機器の小型化も急速に進んでおり、設置場所についても制限が少ないという利点もある。

これらの汎用の既製品を組み合わせることで、ホーム転落を検知する「動体認識転落検知システム」を考案した。システムの概念図を図6-1に、今回実験を行った装置の概要図を図6-2にそれぞれ示す。

6. 実験方法

6.1 実験の概要

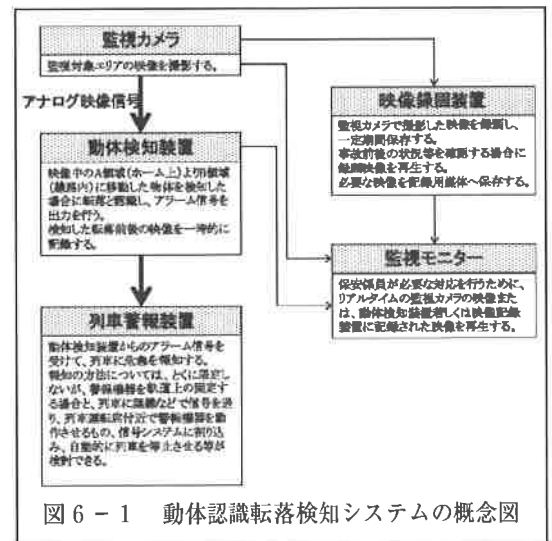
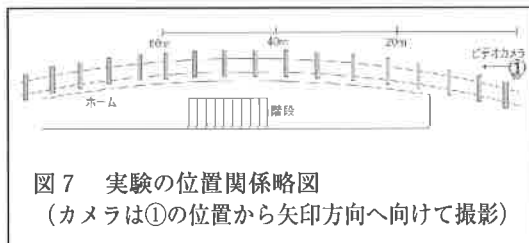
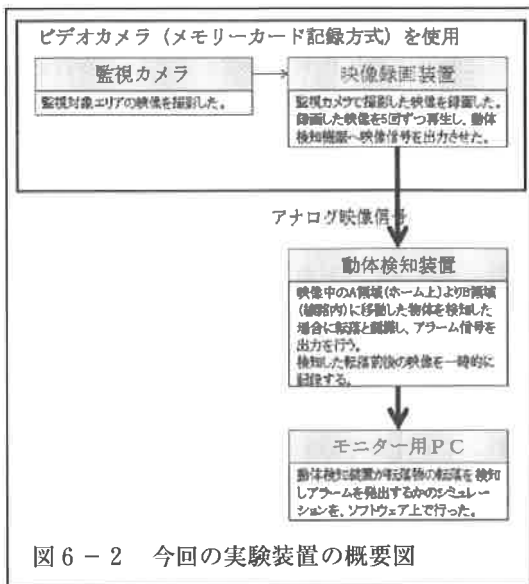


図6-1 動体認識転落検知システムの概念図



駅プラットホームで物体転落と人間の線路内立ち入りの映像を録画し、その映像から転落検知を行う実験を行った。



図8 実験を行ったホーム全景

今回の実験が想定するシステムは、ミサイル誘導システムの技術を組み込んだ映像検知機器製品を組み入れ、駅プラットホーム上から線路面へ進入した物体または人体を検知するものである。この製品は、現在、日本で購入可能な動体映像検知機器としては、最も高性能なもののひとつである。

また、この検知機器1台でカメラ2台分の映像検知処理を同時に行うことができるものである。実験では、カメラ1台で2両分（40メートル）の検知エリアをカバーすることを予定した。

本システムの設置に要する費用は、カメラ1台約5万円、検知用機器1台約100万円、検知用機器管理ソフトウェアのライセンス料約90万円（100台までごとに1個）、録画用機器約10万円、その他工事費である。

鉄道のホームにて、断続して線路側へ物体を転落させ、また人間が線路内へ降りる場面をビデオカメラにて撮影（SDHCメモリーカードへ記録）した。

6.2 実験に使用した主な器材及び設定

6.2.1 ビデオカメラ：日本ビクター GZ-MG330

- 撮影画質：ノーマル（4段階中下位から2番目、720×480ピクセル、4.2 Mbps、VBR）
- 手ぶれ補正：切
- 映像検知機器との接続方法：アナログビデオ出入口（コンポジット・ケーブル）
- カメラ設置位置：

電柱に設置ホーム端より約20m地点の電柱に地上高約320cmに設置（図7、8、9、10）



図9 カメラ設置位置（遠景）



図10 カメラ設置位置(近景)

6.2.2 映像検知機器：MATE Trigger 2 (図11)



図11 実験に使用した映像検知機器 (Trigger 2)

6.2.3 仮想転落物体

模擬転落実験に用いた物体は次のとおりである。
円筒形に巻かれた無色の気泡緩衝シート（無色のビニールで全体を覆ったもの）(図12)

- Ⓐ (高さ122cm、直径38cm)
- Ⓜ (高さ61cm、直径30cm)
- Ⓛ (高さ31cm、直径30cm)

図12 転落実験に使用した気泡緩衝シートⒶ
ⓂⓁ

なお、Ⓐは小学生の7歳児（7歳児の日本人男子平均身長122.5cm）相当、Ⓜは乳児（0歳3カ月の日本人男子平均身長61.4cm）相当、Ⓛは人

間より小さい物体に相当する。対象の物体が大きいほど映像上のピクセルの数が大きいため判定に用いられる要素が多く検知が容易であるのに対して、小さい物ほど検知は難しい。

6.2.4 実験転落位置

カメラ1台で電車2両分（1両20m×2=40m）を検知カバー範囲と想定し、カメラ設置地点より20m、40m、60mを基準として各物体の転落場面（図13）を撮影した。

60m地点は、想定カバー範囲の最遠地点であるため、この地点での転落は複数回（Ⓐ3回、Ⓜ2回、Ⓛ3回）、20m及び40m地点では各1回撮影した。

また、人間の転落については、2両目の中間地点に相当する50m地点で3回転落を行った。

6.2.5 映像検知の方法

撮影した映像を映像検知機器「Trigger 2」へ入力し、検知を試みた（図14）。アナログ映像信号（NTSC信号）の入力によるため検知結果にばらつきが生じるので、1転落場面ごとにそれぞれ5回ずつ映像入力し検知を行った。直前の場面から検知されたターゲットがロックオンされた状態が継続していると、検知のアラームを発出しないため、その場合に限り、再度当該場面のみを再入力し、その検知結果を用いた。



図13 物体を転落させる様子

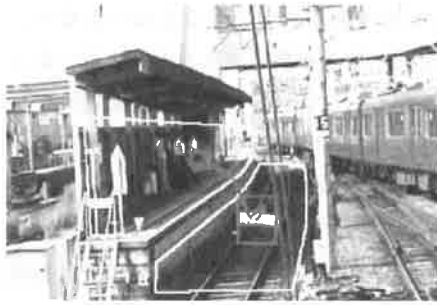


図14 転落を検知した場面の一例

6.2.6 気象条件

実験当日の天候は晴天であったが、風が強く吹いていたためカメラが揺れ、撮影された映像にはブレがあり、検知実験としては、厳しい条件であった。

7. 実験結果

7.1 物体の転落検知実験

撮影の映像の品質はやや低めに設定し、さらに映像のブレと検知エリア内の近景に電線が掛かっているため、厳しい条件としたが、Ⓐ及びⓐの転落では、20mから60m地点まで100%検知できた。ⓑの転落では、20m及び40mでは検知率100%であったが、60m地点のみ検知率が40%であった(図15-1~3)。

以上の結果から、検知条件の設定を適切に調整した場合、車両2両分に相当する20m乃至60m地点では、人間に見立てたⒶ及びⓐは今回の実験では有効性を確認できた。

人間よりもさらに小さい物体または小動物に相当する物体ⓑでは、20m乃至40mで検知し、60mではばらつきが生じた。しかし、人間以外の物体を検知して列車を停止させても安全側への処置となるため、問題は生じない。例えば、旅客が手荷物を落下させたような場合が想定されるが、落下した手荷物を拾おうとして線路内へ侵入することも想定され、その場合に列車を緊急停止させることも無駄とは言えない。一方、検知しなかったとしても、事故発生の確率は高くないので、問題ではない。

7.2 人間の転落検知

また、人間の転落は、50m地点で3回行ったが、全て検知できた。

7.3 転落対象物以外の検知について

プラットフォーム上の転落対象物以外の移動物を転落物と独立して検知することは、今回の実験では無かった。

また、ホーム域から人の手足等の逸脱による検知判断は、今回の実験では無かったが、旅客の身体の一部または手荷物の逸脱は、侵入列車との接

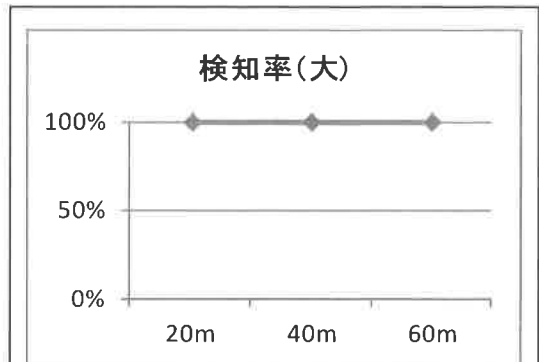


図15-1 物体Ⓐの転落検知結果

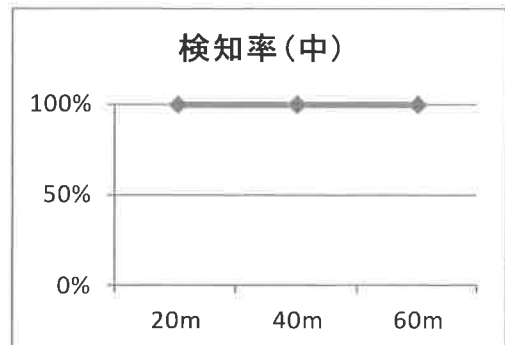


図15-2 物体ⓐの転落検知結果

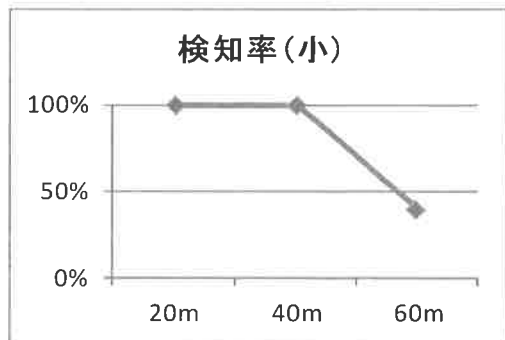


図15-3 物体ⓑの転落検知結果

触の危険が考えられるため、検知動作をしたとしても保安上、有効であると見做すことができる。

7.4 本システムの検知率についての評価

車両2両分(20m~60m)をカメラ1台で担当することが可能であることが確認できた。

検知エリア侵入後、アラーム発出までに要する時間は概ね1秒以内であり、転落物の着地と同時または着地前にアラームを発出できることが分かった。

しかし、実際の転落では様々な落下状態となるため、今回の実験結果だけによって本システムに

より100%の事故が防止できるとはいえない。完全な事故防止効果が要求される用途に用いることは難しいかもしれない。しかし、従来対策がなされていないか、非常通報ボタンのような既存システムの事故防止の有効性が低いものを、より効果の高いものへ切り替えるケースでは、転落の検知率と事故回避率とは比例関係であることは自明であるため、例えば検知率を50%引き上げられるシステムであれば事故発生件数が理論上は半減することとなり、活用が可能であるといえる。

7.5 設備投資コストについて

表3 ホーム転落事故対策設備の比較

	動体認識システム	可動式ホーム柵	転落検知マット	非常停止ボタン
転落防止効果	無し	極めて高い	無し	無し
転落後の事故回避効果	高い 転落を検知する確率は転落検知マットと同程度。検知エリアは線路面全体をカバーできる。	無し	中程度 転落を検知する確率は高い。検知エリアは狭い(一般的にはホーム下端と手前側レールとの間)。線路面全体をカバーすることは可能であるが、その場合には、数倍の設置費用が必要となる。	低い 転落の発見とボタンの押下操作は、他の旅客の偶然の目撃と善意の協力という偶然に頼るため、事故回避効果は極めて限定的である。
概算設置費用(8両×2線)	約800万円 (非常停止ボタン設置駅に付加するケース)	約4億円	約4,000万円(非常停止ボタン設置駅に付加するケース)	極めて廉価
設置後の機能改善自由度	ソフトウェア改良による機能向上が可能。映像検知機器または監視カメラのみなど、システムを構成する個々の機材ごとの交換による機能向上が可能。	自由度は低い。	自由度は低い。	他のシステムを追加し機能向上を図ることが容易である。
留意点	■ 今後の本格実用化に向けての実証実験が必要。	■ ホーム上での長期工事が必要。 ■ ホームの補強が必要な場合あり。 ■ 列車の新造、改造が必要な場合あり。 ■ 列車制御システムの変更が必要な場合あり。	■ 線路内での工事が必要。	特になし。

8両分のホームではカメラ4台、映像検知機器2台、映像検知機器管理ソフトウェア1ライセンスの最小構成で動体認識転落検知システムを構築できる。また、本システム導入の候補となる駅では、既に非常停止ボタンが設置済みであり、本システムを容易に割り込ませることができる。設置工事等の付帯費用を加えても、1面2線の駅なら800万円程度以下で設置ができるものと見込まれる。

この金額は、東京メトロ丸ノ内線（6両）で可動式ホーム柵を設置したケースで、総費用100億円を25駅で除した1駅当たりの金額である約4億円に対して50分の1に相当する。つまり、可動式ホーム柵1駅分のコストで、動体認識転落検知システムなら50駅分の設備ができる。

また、転落検知マット4両分約1,000万円から換算した4,000万円の5分の1に相当する。転落検知マットは、ホーム下の狭い帯状の部分着地したものだけしか検知することはできないが、動体認識転落検知システムは線路面全幅を検知対象エリアとすることができる点で有利である。また、転落検知マットは、ON・OFFの信号しか出力しないが、動体認識転落検知システムは、記録映像により、リアルタイムの状態確認や事後の映像再生による検証が可能な点においても優れている。

7.6 設置後の機能向上

動体認識転落検知システムは、市販されている汎用機器を中心に構成されたシステムで、特別なハードウェア、ソフトウェアの開発、設計を必要としないため、設備投資額の節減が期待できることが予測される。また、技術進歩にしたがって、機能、性能の向上が可能となった場合には、随時アップグレードが容易となるメリットもある。

なお、ホーム転落事故対策設備の比較を表3に示した。

8. 考察

8.1 目的による設備投資の整理

鉄道事業者の設備投資を、以下(a)~(d)の4つの

目的別に分類を試みる。

(a) 内部的要因からのシステムの安全確保

鉄道の運行システムに内在する要因による事故防止対策では、絶対の信頼性を確立することが望ましい。例えば、信号システムの誤動作による列車衝突や、通常走行で列車が脱線するような線路などは、受容できるものではないので、このような事故発生の確率は、限りなくゼロに近づけなければならない。

この目的に該当する設備投資としては、信号システム、ATS、車両の制御・制動装置、線路・電路設備、急曲線箇所への護輪軌条追加等が挙げられる。

これらは、費用対効果が比較的低いものであっても、信頼性の高いシステムを選択し、必要十分な投資を行う必要がある。

(b) 外部的要因からの防衛

第三者行為や大規模自然災害など、外部からの様々な要因によって、企業は脅威にさらされる。外部的要因は、完全には自社でコントロールできない。これを完全にコントロールし、または完全に防御しようとするれば、莫大な投資が必要である。特に人為的な侵害の場合には、いかなる防御も無効化される可能性があり [6]、莫大な投資を行ったとしても、100%防御することは期待できない。

鉄道事業は、工場などの閉鎖的な作業場と異なり、多数の旅客が利用する。そして、利用客が自ら安全かつ適切に行動することが期待されている。しかし、実際には、鉄道施設内で不安全な行動をとる利用客も絶えない。

大手民鉄では、毎日百万人単位の利用客があり、その全ての行動を統制することは、不可能であり、利用客の無秩序、不安全な行動の責任を負うことは現実的ではない。

このような場合の責任には、事故を完全に防ぐ責任と、事故が発生した場合に、その損害を負担する責任とがある。いずれにしても、自社によるコントロールが困難で、かつ防衛手段も限定される場合には、この責任を鉄道

事業者を負わせることは、事故防止の目的としては効果が期待できない。一方、利用者がこの責任を負うならば、一人ひとりが、利用マナーを守り、適切に行動すれば、事故は発生しない。鉄道利用者は、鉄道会社と運送契約を締結していることになるが、運賃を支払う義務とともに、ルール、マナーを守って、安全適切に鉄道を利用するという責務を負っているため、費用は、追加発生しない。

この目的に該当する設備投資としては、道路との立体交差化、踏切障害物検知装置、戸閉保安装置、排障器、防護柵等が挙げられる。

鉄道は、本来、低廉な運賃で大量輸送を行えることが最大の強みである。このメリットを享受する鉄道利用者が、メリットを減殺する行動をとれば、鉄道の存在価値も低下する。企業経営としては、収益率が低下し、企業の存続に脅威を与える。そして、公共交通体系の維持が難しくなる。

したがって、外部要因からの防衛ための設備投資は、鉄道の強みを減殺しない程度で、費用対効果の高いものに的を絞って行うことが望ましく、優先順位をつけて順次対応すべきである。また、若干でも効果が期待できる対策があるのであれば、事故防止効果が100%未満のものであっても、他の方策に比べて低廉で、一定の効果が期待できるものであれば、選択すべき余地は十分にある。

(c) サービス向上（収益増減と関連）

企業の成長を期待するのであれば、投資額を上回る収益への貢献が見込める場合、投資を行うことは合理的である。

この目的に該当する設備投資としては、スピード向上方策、駅及び電車内装の質感向上、利用者への情報提供システム、ICカード対応化、駅構内店舗の充実等が挙げられる。

必要な投資費用と収益増減との比較を行い、投資効果の高いものを、財務的余力の範囲内で実施すべきである。

(d) 福祉的目的

近年はバリアフリー化設備への要求が高まっており、多額の投資が必要となっている。これらの設備工事には、行政からの補助金も出されているが、設備を維持管理するための費用も発生しており、設備投資が新たな費用増加の要因となっている。

この目的に該当する設備投資としては、エレベーター・エスカレーター、段差解消スロープ、点字ブロック等が挙げられる。

原則的には、慈善事業ではない営利企業は利益の追求を第一義としている。バリアフリー対策や、障害者に限定的な事故への対策等の福祉的な投資は、企業の財務状況に影響を与えない範囲内で行われるべきである。

このような福祉的目的の設備投資によって、企業の健全な経営を圧迫するような状況となれば、企業の存続は危うくなる。健常者のみならず、福祉の支援を必要としている人にとっても、社会内を移動する手段の一つを失うことにつながりかねず、本末転倒である。

(a)と(c)は鉄道事業者だけでなく、他業種にも共通するものであるが、(b)と(d)は公益性質の強くない業種の民間企業では比較的重要視されない。

鉄道事業者には、普通鉄道構造規則の他、ガイドライン等により、各種設備の新增設に迫られる。行政が強制的に設備を義務づけようとするとき、(a)の目的のものについては、義務づけることも適切である。一方、(c)と(d)は、本来、事業者が主体的に判断、選択し、投資を行うべきものである。(d)については財産権の保護観点から、行政による強制は最小限度に止めるべきであることは当然である。なお、(b)については、地域社会の中で、如何に解決していくことが最も合理的であるか、比較検討し、リスクとコストとのバランスを図ることが効果的である。したがって、多角的に問題を分析し、いかなる方策が最も効果的であるか評価し、選択すべきことが望ましい。

8.2 ホーム転落事故対策の選択

ホーム転落事故対策としては可動式ホーム柵の義務化が検討されているが、社会的関心の高い問

題であるために、鉄道事業者がこれを一方的に拒否するだけでは、地域社会が否定的な反応を示す可能性がある。したがって、鉄道事業者は何らかの対案を示すことが有効である。

ホーム転落事故対策は、(b)の外部的要因からの防衛または(d)の福祉的な設備投資に分類できる。鉄道利用者は自ら列車に乗降するものであり、鉄道システムは利用者の自主的かつ安全な利用を前提として成り立っている。鉄道利用客が、適切な利用方法を遵守すれば、転落事故発生は抑制できる。

もし、可動式ホーム柵の設置を義務化されるとすれば、その設備投資を上回る収益の確保が見込める大都市の乗車密度の高く収益性の高い路線のみしか存続できなくなる可能性があり、そのような高コスト体質が長く続けば、日本の鉄道ネットワークの維持も危機に曝されるかもしれない。

また、ホーム転落事故対策は、その目的に照らせば100%の信頼性を追求する必要はない。今後、ホーム転落対策として可動式ホーム柵を設置する必要に迫られた場合、鉄道各社には、収益規模に対して非常に大きな設備投資負担が生ずる。その規模は、年間設備投資額を上回り、車両の全面的な代替と運行システムの変更等が必要になる会社の場合、年間設備投資額の10倍以上にもなることが予想される。義務化の補償として補助金を与えるにしても、鉄道事業者の負担がゼロになるということも想定は難しい。課題に対してどの方策を選択すべきかは、各社の方針により主体的に決定すべきである。鉄道事業が公益的資質を有するとはいえ、営利企業である以上、費用及び設備投資を節減し、利益率の向上を目指すことが合理的であることは論を待たない。

したがって、設備投資の目的によつて的確に整理し、個別に投資の仕分けを細かに行うことによつて、鉄道事業者の収益性を高めることが可能となる。

そもそも、ホーム転落事故は、鉄道利用者の利用方法が主要因である。ホーム転落事故を完全に防止する責務を、主要因である利用者ではなく鉄

道事業者に負わせても、問題解決のための効用は低い。本来は、事業者だけでなく、利用者や地域社会の協力と責任の分担によつて、一企業の視点のみならず、地域社会全体の経済合理性によつて、最適化を目指すことが望ましいといえるかもしれない。

しかし、直面する課題に対応するための投資に関して、現実的な節減を達成するために、設備の目的によつては、絶対の信頼性を達成するために高価となる鉄道専用品を用いるだけではなく、専用品に比べて効果は劣るが大幅に廉価な汎用品を用いた設備の活用を選択するなど、きめ細かな選択によつて、設備投資の節減を図ることが効果的である。

9. 結言

鉄道事業の健全経営に必要な適切な設備投資について、社会的に注目が高いホーム転落対策をひとつのモデルとして考察を行った。

理想的には、物理的に完全に転落を防ぐことができる可動式ホーム柵の完備が期待されるところであるが、それには莫大な投資の上積みが必要となる。現状でも、大手民鉄各社は、他産業に比較して、著しく多額の設備投資を続けている。企業経営の現実に鑑みれば、さらなる追加投資は、永続的な健全経営を脅かす要因である。

本来、鉄道利用者が各自の利用ルールを守っていればほとんど発生しないホーム転落による事故から防衛する目的としては、100%の事故防止効果及び信頼性までは必要とされるものではない。

絶対の信頼性を求められるものと、そうでないものとを、目的に応じて的確に分類、整理し、その特性に合わせて、設置すべき保安設備を選択することが鉄事業経営の健全性を維持することに寄与できるのである。

今回、実験を行った動体認識転落検知システムについては、実際の列車運行時の実証的な実験を行い、システムの実用化へ向けて、より多角的かつ実際のデータ収集を行う所存である。

さらに、公共交通の存続が危ぶまれている現下において、鉄道事業者の設備投資水準がどのような条件によって影響を受けているかについて分析し、その背後にある要因を見出し、健全な経営を長期に継続する方策について検討を行うことも今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 国土交通省「交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会技術・安全小委員会議事概要（第1回）資料4 先行して取り組むべき課題」, <http://www.mlit.go.jp/common/000019059.pdf>,2007
- [2] 東日本旅客鉄道株式会社「山手線への可動式ホーム構の導入について」, <http://www.jreast.co.jp/press/2008/20080603.pdf>,2008
- [3] 佐々木雄一&樋浦昇「画像処理式転落検知システムの開発」, JR EAST Technical Review No.3, pp.61-66,2003
- [4] 財務省「法人企業統計調査結果（平成20年度版）」<http://www.mof.go.jp/ssc/h20.pdf>,2009
- [5] 財団法人日本民営鉄道協会「大手民鉄鉄道事業データブック-大手民鉄の素顔」, http://www.mintetsu.or.jp/databook/pdf/08databook_full.pdf,2008
- [6] ジェームズ リーズン著, 塩見弘監訳「組織事故一起こるべくして起こる事故からの脱出」, 日科技連出版社, 1999

謝辞

本実験研究にご協力いただいた名古屋鉄道株式会社鉄道事業本部の関係者各位に対し深く感謝の意を表する次第である。