

## 画像認識による旅客接近検知装置の検証について



安藤 良太\*<sup>1</sup>



朝日 隆裕\*<sup>1</sup>



榎原 俊太\*<sup>1</sup>



武田 祐一\*<sup>2</sup>

### Verification of Passenger Proximity Detection System by Image Recognition

Ryota ANDO\*<sup>1</sup>, Takahiro ASAHI\*<sup>1</sup>, Syunta ENOHARA\*<sup>1</sup>, and Yuichi TAKEDA\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Researcher, Safety Research Institution, Research and Development Center of JR EAST Group

\*<sup>2</sup> Senior Researcher, Safety Research Institution, Research and Development Center of JR East Group

#### Abstract

This research is aimed at the practical application of an "image recognition-based passenger proximity detection system" as a safety measure on platforms where passengers are likely to stay and approach trains. The main contents of the study included verification of optimal camera placement, the effect of seasonal changes on detection accuracy, and the detection accuracy of long, thin objects such as umbrellas and white walking sticks held by passengers. In each of the three cases, the detection accuracy was confirmed to be high.

●**Keywords:** Safety measures on station platforms, Passenger retention, Image recognition

\*<sup>1</sup>JR東日本研究開発センター 安全研究所 研究員  
\*<sup>2</sup>JR東日本研究開発センター 安全研究所 上席研究員

## 1. 本研究の背景と目的

2010年6月の山手線恵比寿駅を皮切りに、首都圏路線で多くの旅客のご利用が見込まれる駅での鉄道人身障害事故防止を目的にホームドアの配置を推進してきた。一方で、ご利用数がホームドア配置基準に満たないものの、旅客滞留が顕著で列車への接近が懸念されるホーム上の安全対策が求められている。

この一環として、これまで3Dセンサ方式による旅客接近検知装置の検討を行ってきたが、同方式では列車運行安定性やメンテナンス性の課題が判明した。そこで、新たに画像認識方式による旅客接近検知装置（以下、画像認識方式）の実用化について検討を行うこととし、主に、最適なカメラ配置の検証、季節変化による検知精度への影響、さらに、旅客が持つ傘・白杖などの細長い物体に関する検知精度についての検証を行った。

## 2. 八高線北八王子駅での検証

本研究に着手した2019年時点において、近年の輸送量増加に伴い、ホーム上の旅客滞留が顕著であった八高線北八王子駅にカメラを配置し、撮影画像を用いたオフライン検証を進めることとした。検証に先立ち、北八王子駅の現状を把握するため、2019年11月に旅客の混雑が激しい時間帯を中心にホーム上の撮影を行った結果、旅客滞留は8時台に多く見受けられることや改札階へ上がる階段付近の狭隘部において顕著であることが確認された（図1）。なお、2020年12月に階段付近へ臨時改札口が開設されて以降、旅客滞留は大幅に解消されている。



図1 列車発車時の旅客滞留状況（北八王子駅）

### 3. 装置の概要

#### 3・1 装置の動作と学習モデル

「1280×960」、5fps (1フレーム=0.2秒の画像) で撮影されたJPEG画像を用いた旅客接近検知および列車動作の発車判定を行うアルゴリズムを構築し、画像上において、列車発車後、車両が画面上から見えなくなるまでの間に、列車側に接近する旅客を検知させることとした(図2、図3)。なお、今回は1台のカメラで撮影した画像を用いるだけで、すべての動きを解析可能とし、ホームの構造や列車の両数に合わせて、最小限の機器数で構成できるものとした。

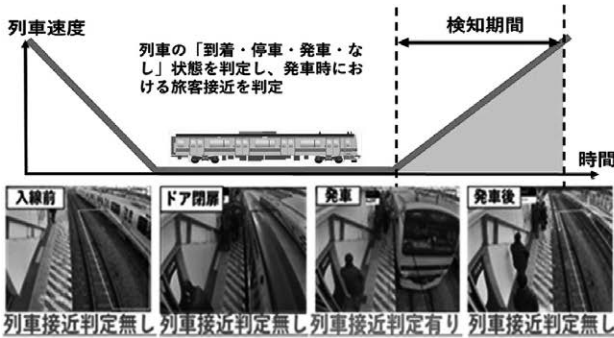


図2 装置動作



図3 接近検知ラインと検知エリア

その上で、旅客接近の学習モデルは、まず、1人の人物の「あり・なし」の状態を学習させ、続いて「あり」の状態で、人物の体の一部が接近検知ラインを「超えた・超えていない」を学習させた。その後、複数の人物でも、同様に体の一部が接近検知ラインを「超えた・超えていない」を学習させることにより、人物同士の重なりや隠蔽が発生する混雑状況下でも接近検知が可能となった(図4)。

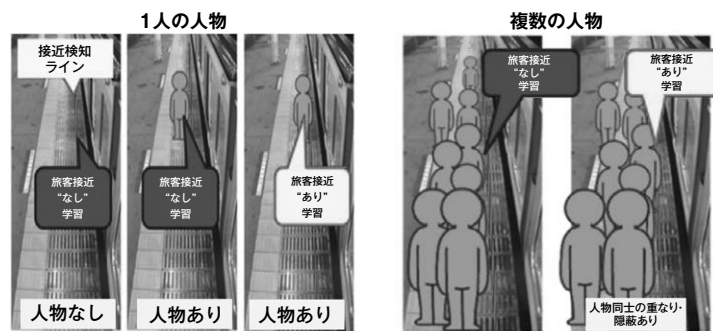


図4 学習モデル

#### 3・2 カメラの配置

今回の検証では、接近検知ラインをホーム端から25cmとし、約10m間隔で計9台のカメラを配置した(図5)。このうち7台は、メンテナンス時のき電停止が不要となるホーム端から40cmとし、残る2台については、列車発車時の旅客滞留が非常に顕著であった階段付近狭隘部で、枕木方向の配置の違いによる検知精度を検証するため、ホーム端から25cmと10cmの位置に並列に配置した(以下、並列カメラ)(図6)。

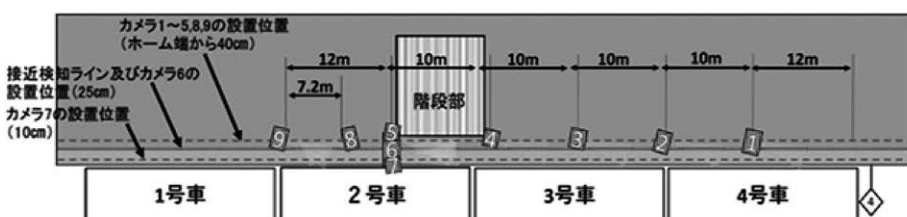


図5 カメラの配置



図6 並列カメラ

## 4. 検知精度の検証

### 4・1 並列カメラの比較

最初に、目視により旅客が接近検知ラインを「超えた(画面上1pixel(約1cm)以上)・超えない」を判定し、その結果と画像解析装置の判定結果を比較し、正しい検知は「正検知」、誤った検知は「誤検知」、検知できなかった場合は「未検知」と定義した。

そして、この基準を用いて最適なカメラ位置を検証するため、最混雑時間帯における旅客滞留の画像を用いて、並列カメラのうち接近検知ライン上のカメラ6に正解を付与し、それに対するカメラ5および7の自動判定結果を照合した。その結果、カメラ6の正解に対して、カメラ5は誤検知が増加し、カメラ7では未検知が増加した(図7、表1)。今後は、特にカメラ5とカメラ7の検知精度が、実運用上における許容範囲と定めることができるかについて課題としていく。

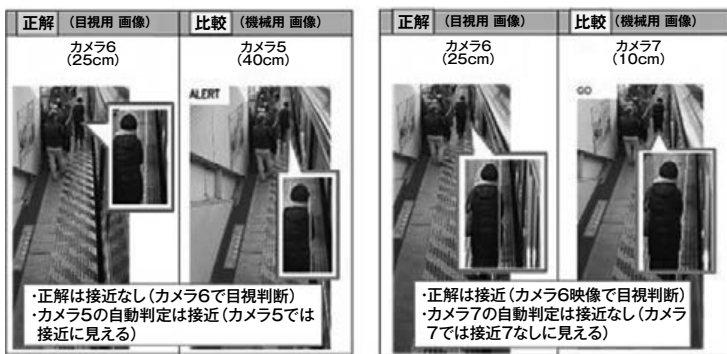


図7 並列カメラの検証

表1 並列カメラの検知精度比較

カック内はホーム端からの距離	正解率	適合率	再現率	カメラ6と比較して
カメラ5(40cm)	96%	95%	100%	列車寄りに映り、誤検知増
カメラ6(25cm)	99%	99%	100%	-
カメラ7(10cm)	98%	100%	98%	階段寄りに映り、未検知増

### 4・2 検知精度の定量評価

検知精度に関して、正解の多さを示す「正解率」、誤検知の少なさを示す「適合率」、未検知の少なさを示す「再現率」を定義し、2020年12月から2021年1月の10日間に撮影した計68シーンから、カメラ1~4,6,8~9の各値を求めたところ、「正解率=98.8%」「適合率=99.6%」「再現率=94.9%」となり、概ね正しく検知できる精度を有することが判明した(表2)。

表2 検知精度の評価指標

		画像解析結果	
		旅客接近あり	旅客接近なし
目視判定	旅客接近あり 接近ライン 1pixel 越える	① 正検知 	③ 未検知 
	旅客接近なし 接近ライン 1pixel 越えない ※ライン上も含む	② 誤検知 	④ 正検知 

$$\frac{(1) + (4)}{(1) + (2) + (3) + (4)} = \text{正解率}98.8\%$$

正検知の多さの指標

$$\frac{(1)}{(1) + (2)} = \text{適合率}99.6\%$$

誤検知の少なさの指標

$$\frac{(1)}{(1) + (3)} = \text{再現率}94.9\%$$

未検知の少なさの指標

### 4・3 季節変化に対する検知精度の検証

2021年度は、夏季・冬季など季節変化による検知精度の検証も実施したが、いずれの期間においても検知に対する影響がないことも判明した。なお、各検証期間中の誤検知発生例として、衣服の外郭や輪郭、手荷物、日照による影などで見られた(ワーストケースは、接近検知ラインから約1pixel程度離れていたものであった)(図8)。なお、各期間中の適合率は平均で99%以上であり、誤検知の発生は非常に少ない結果となった(表3)。

また、未検知発生例は、カメラから最も離れた位置やカメラ真下の人物(いずれも別の位置のカメラで検知)、手荷物などで発生した(ワーストケースは、カメラから比較的離れた位置の人物の肩が接近検知ラインから約12cmはみ出たケースで、この場合はホーム端まで約13cm、車両限界まではそれ以上の余裕があるため安全性の問題はないと考える)。

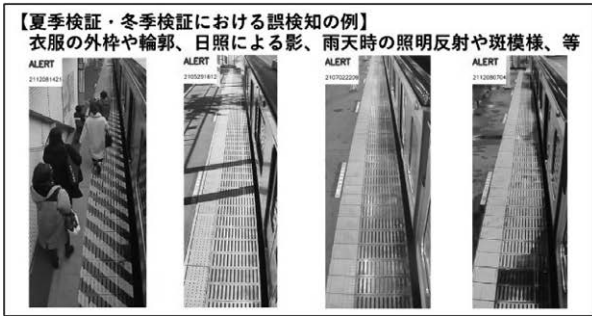


図8 夏季検証・冬季検証の誤検知例

表3 夏季検証・冬季検証の適合率(平均)

	5/23~29	6/19~24	7/27~8/2		10/10~16	10/22,31~11/5	12/5~11
各月の適合率	99.2%	99.8%	99.3%	各月の適合率	99.7%	99.1%	99.7%
夏季検証の適合率	99.4%			冬季検証の適合率	99.5%		

#### 4・4 傘・白杖に対する検知精度の検証

続いて、傘・白杖を持った旅客が列車に近づいたことを想定し、手に持ったそれら細長い物体に対する検知精度の検証も行った。検証にあたっては、夏季・冬季に分けて計12シーンを解析することとし、回送列車や試運転列車の運行時に模擬旅客による演技を行った画像を用いて、正解率や再現率に加え、傘・白杖のみが接近検知ラインを超えた際の検知精度を確認した(図9)。

その結果、正解率や再現率が90%以上の高い値を示したことから、傘・白杖を持った旅客の手や体の一部が接近検知ラインを超えてしまった場合は、正しく検知できることが確認できた。なお、季節変化による大きな違いはなかった。

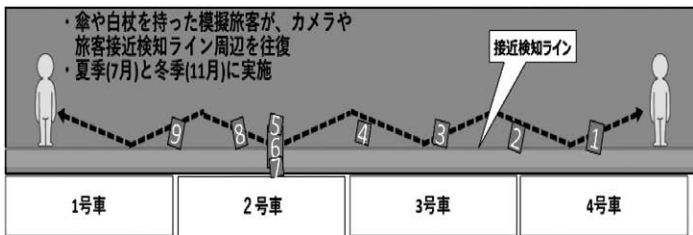


図9 傘・白杖の検証(模擬演技)

#### 4・5 多数決判定方式による誤検知抑制

今回行ったいずれの検証期間中に発生した誤検知は、日照による影などを除くと、その多くが1フレーム分(0.2秒)の接近検知であった。そこで、画像解析において、仮に接近検知を2フレームの連続検知の多数決判定方式とした場合、2021年度の結果を用いて、どの程度誤検知が抑制されるか検証した(図10)。その結果、同方式を採用すると、「誤検知発生的前後2フレームが正検知」の場合で、誤検知が約80%抑制されることが判明した。これにより、列車運行安定性を向上できるものと想定される(表4)。

##### 例:連続2フレームで接近検知とする



図10 多数決判定方式

表4 多数決判定方式の検証結果

検証期間	通常の接近検知		多数判定方式採用	
	誤検知数	1日平均	誤検知数	1日平均
夏季21日間	22	1.1	4	0.2
冬季21日間	35	1.7	8	0.4
総計	57	1.4	12	0.3

多数決判定方式で  
約80%誤検知抑制

## 5. 3Dセンサ方式との比較

2018年に同じ北八王子駅において、3Dセンサ方式の検証が行われた。この検証では、列車動作を検知するセンサ(1台)とお客さま滞留を検知するセンサ(2台)を設置し、階段周辺の狭隘部におけるお客さま滞留に対する検知精度の確認するため約4か月間のデータが収集された(図11)。今回、画像認識方式との検知精度の違いを検証するため、当時の検知センサと設置条件に近いカメラ6のデータとの比較を行った。

その結果、画像認識方式では1日あたりの接近検知数(平均)が、3Dセンサ方式に対して約15%減少し、列車運行安定性が高くなることが判明した(表5)。

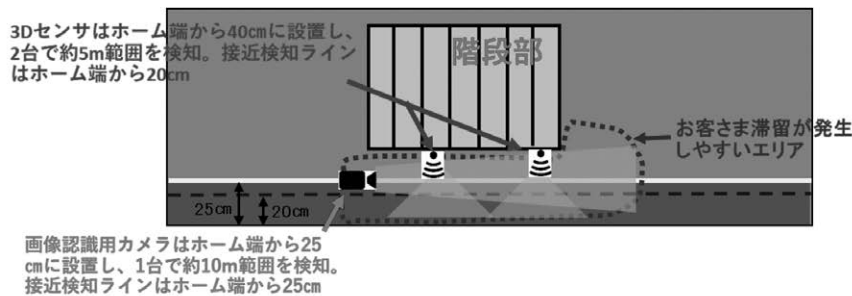


図11 3Dセンサ方式との機器設置条件比較

表5 3Dセンサ方式と画像認識方式の検知精度比較

	検証期間	列車発車時の検知数	1日当たりの検知数(平均)	備考
3Dセンサ方式	95日間	43件	0.45件/日	正検知及び誤検知の合計数
画像認識方式	42日間	16件	0.38件/日	内訳：正検知13件、誤検知3件

※2020年12月の臨時改札口設置後にお客さま流動が変化したため、いずれも8~9時の最混雑時間帯を除いて比較

## 6. 結論

今回、初めて画像認識方式による旅客接近検知装置に関する検証を行った。全体のシステム構成として、1台のカメラのみで列車動作と旅客接近を同時に検知するアルゴリズムを構築したことで、ホーム上に配置する機器を最小限とすることが可能となった。一方で、カメラの配置は、メンテナンス時、き電停止を不要となるホーム端から40cmを基本としつつも、接近検知ライン上にカメラを配置することが最も検知精度が高いことが判明したことから、今後はカメラのメンテナンス方法や頻度と配置の整合性について引き続き検証を行う必要がある。

旅客接近検知については、体の一部が接近検知ラインを超えただけで判定可能としたことで、旅客滞留がいかなる状態でも容易に接近検知することが可能で、混雑が激しいホームにおいても、その機能を発揮できると予想される。さらに、得られた正解率や適合率、再現率などの指標から、季節変化の影響は見受けられず、高い検知精度を有することも確認することができた。また、多数決判定方式を採用すれば誤検知の大幅抑制も見込まれ、列車運行安定性の確保が可能である。

加えて、傘・白杖を持った旅客の接近を想定した検証を行ったところ、「傘・白杖のみ(細長い物体)」の検知精度は低かったものの、それらを持った人物の検知は高い精度を維持できることを確認できた。これにより、「傘・白杖がドアに挟まれ旅客が引きずられてしまう」事象の防止に繋がると考えられる。

以上より、今回検証を行った画像認識方式による旅客接近検知装置は、「ホーム上の鉄道人身障害事故」の削減に大きく寄与できるものであると結論付けたい。