

# 車両側面カメラの映像からホーム上の安全確認を支援する



**合田 航**  
Wataru Goda  
情報通信技術研究部  
画像解析研究室  
研究員



**向嶋 宏記**  
Hiroki Mukojima  
情報通信技術研究部  
画像解析研究室  
研究員



**長峯 望**  
Nozomi Nagamine  
情報通信技術研究部  
画像解析研究室長

## はじめに

現在、ワンマン運転を実施している列車では、旅客の安全確認はプラットホーム上に設置されているホームミラーなどを使用した運転士の目視によって行なわれています。さらに、近年では運転士の安全確認の新たな方式として、車両側面カメラを搭載した車両の運用が一部ワンマン運転区間で始まっています。このような区間では、車両側面カメラにより得られた映像を運転台に表示し、乗務員はこの映像を見ることでホーム上の安全確認を行っています。

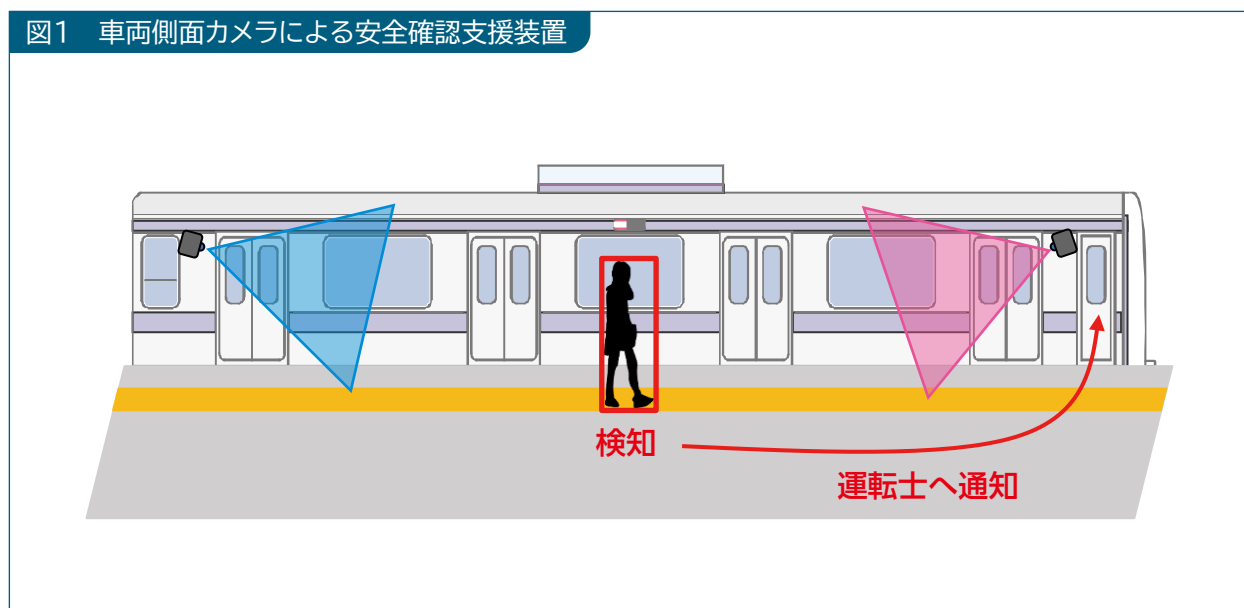
車両側面カメラを活用したさらなる安全性の向上を目的として、カメラ映像からホーム上の

旅客の接近をAI<sup>①</sup>などの画像処理技術によりリアルタイムで検知し、乗務員へ通知(図1)することで安全確認を支援する装置を開発しています。これにより、ドア開閉時の安全確認の負担が軽減されるだけでなく、ホーム進入時や出発時などの運転士がカメラの映像のみを注視する

## ① AI

Artificial Intelligenceの略で日本語では人工知能とよばれます。人工的に作られた人間のような知能、ないしは知的な振る舞いをさせようという取り組みやその技術です。近年では、人間の脳神経回路を模したディープラーニング(深層学習)とよばれる手法を指すことが多く、今回紹介している人物検知AIもディープラーニングによるものです。

図1 車両側面カメラによる安全確認支援装置



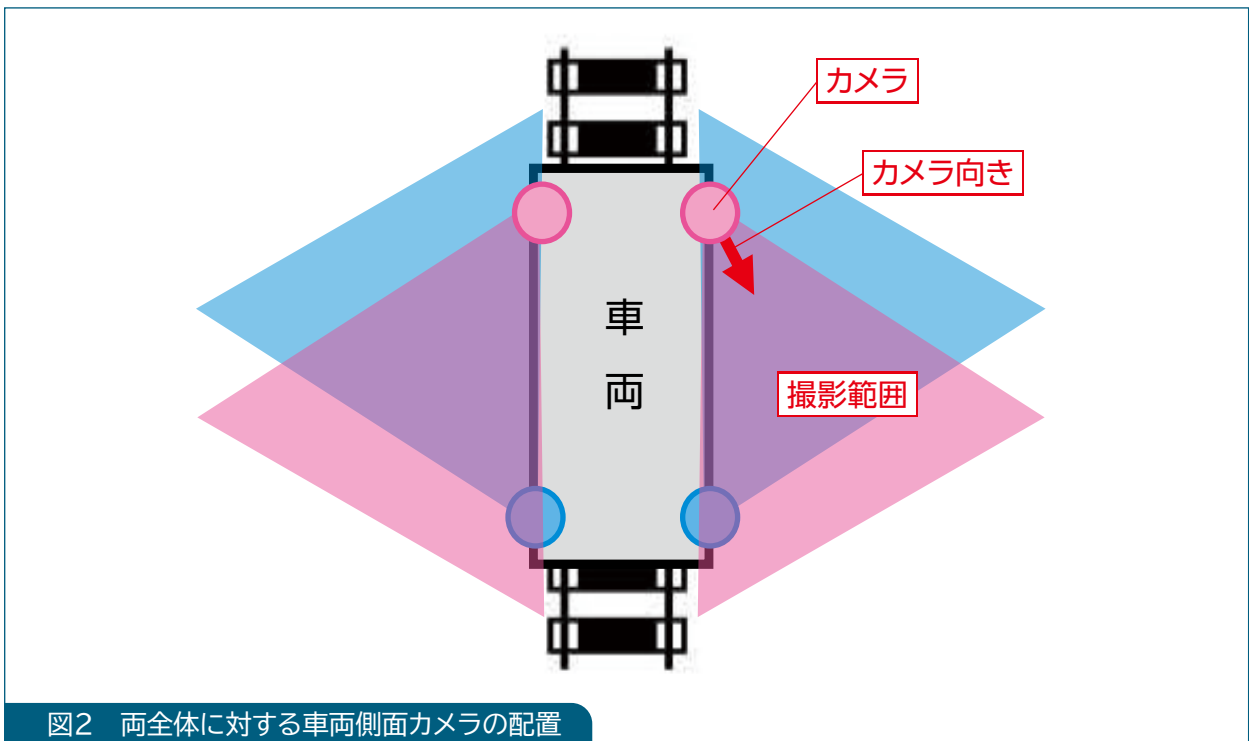


図2 両全体に対する車両側面カメラの配置

ことが難しいタイミングでも安全確認の支援が可能となります。ここでは、これまでに開発した安全確認支援手法<sup>1)</sup>について紹介します。

### 車両側面カメラの概要

すでに導入されている車両側面カメラは、車両の前後左右の4箇所に設置されており、車両進行方向に対して、車両の後方から前方を監視するカメラ（左右）と、車両の前方から後方を監視するカメラ（左右）があります。車両を真上から俯瞰した図を図2に示します。丸のシンボルがそれぞれ車両側面カメラを表しており、三角はカメラが監視している領域を示しています。それぞれのカメラの設置条件は、車両ドアの高さ程度に設置されており、斜め下に向けてプラットフォーム全体を監視できるような俯瞰角、画角で設置されています。また、車両が駅に進入～進出している間、カメラ映像が表示され、それ以外では表示がオフとなります。運転台にはドアが開閉された側（ホーム側）のカメラの映像が表示されるようになっています。

## 安全確認支援手法

### (1) 人物検知

安全確認支援手法の処理を手順ごとに説明します。まずはじめにカメラ映像中のどこに人物がいるかを特定する人物検知について説明します。車両側面カメラにより取得される映像の中の人物の位置を知るためには、人物検知AIを使用します。人物検知AIは事前に用意した数百～数万枚規模の人物の位置が付与された画像データを学習させることで、人物の特徴をとらえることが可能となり、画像上で人物が存在する部分を自動で特定することができます。画像処理では、このような処理を物体検知 (Object Detection) とよび、近年、AIの進化により急速に精度が上がっています。このような人物検知AIによる実際の検知の様子を示したものが図3です。これを見ると、人物同士がやや重なっていても検知できている様子がわかります。このような処理によって、検知された人物を四角形で囲み、図3の例では四角形の底辺中心を人物の立っている足元の座標として算出します。



図3 人物検知



図4 ホーム俯瞰画像の生成

## (2) 座標変換

人物が検知された映像に対して、座標変換に関する画像処理手法の1つである射影変換<sup>射影変換</sup>を用いて、実距離と対応したホームを上から見たような俯瞰の画像を作成します。ホーム俯瞰画像中の足元座標が人物の位置となり、車両と人物との接近距離の算出が可能です。射影変換後の画像を実距離と対応させるためには、サイズが決まっている視覚障害者誘導用ブロック（以下、点字ブロック）数個分の四角形を基準として変換式を作成します。この変換式がカメラ映像中の位置と実際のホーム上の位置の対応関係を示します。

これを各カメラで一度計算すれば、カメラの設置位置が変わらず、駅のホーム高さが一定の

基準で保たれている限り、駅ごとに設定を変更する必要はありません。実際に射影変換を行うと図4のように画像が上から見たように俯瞰されます。

## (3) 2カメラの連携処理

2台のカメラを使って、1車両の長さである約20mの範囲の安全確認を行うため、カメラの連携処理を行います。2台のカメラの検知領域を図5のように車両の半分より少し長い範囲を設定します。これは、カメラに対して人物が遠いほど画像中の人物が小さくなり人物検知AIによる検知精度が低下し、それにともない位置算出精度も低下することから、それぞれのカメラに対して近い領域側を検知領域としています。

### 射影変換

画像の座標変換の一種であり、鳥瞰変換<sup>ちようかん</sup>、視点変換などとよばれることもあります。身近な例では、自動車の駐車時などに表示される上空から撮影されたような360度モニターに使用されている技術です。

また、2台のカメラの両方の検知領域となる図5中斜線部分が車両の中央付近に存在するように設定し、境界付近で検知漏れが発生することを防ぎます。このとき、両方の検知領域が重なる部分について、同じ人物を二重で検知する可能性があります。実際より多く人物を検知する分には、安全上の問題はありません。

#### (4) 接近判定

一般的には、点字ブロックの内側は安全、点字ブロック上は注意、点字ブロックの外側は危険といった考え方があります。しかし、本システムでは、点字ブロックの内外ではなく、車両と人物の接近距離を算出しています。したがって、通常の点字ブロックによる基準と合うように、車両から100cm（車両とホームの隙間20cm+ホーム端から点字ブロックまでの距離80cmと想定）までを危険、100cm～140cm（内方線付き点字ブロックの幅40cmを想定）を注意、それ以外を安全とする判定基準を暫定的に採用しています。この判定基準は任意に変更可能であり、点字ブロックの設置位置が駅ごとに異なる場合や点字ブロックが設置されていない場合でも、統一した接近距離という基準で安全性を判定できるというメリットがあります。この検知から判定までを0.1秒ごとに実行し、運転士に対して通知することで、リアルタイムで安全確認の支援が可能となります。

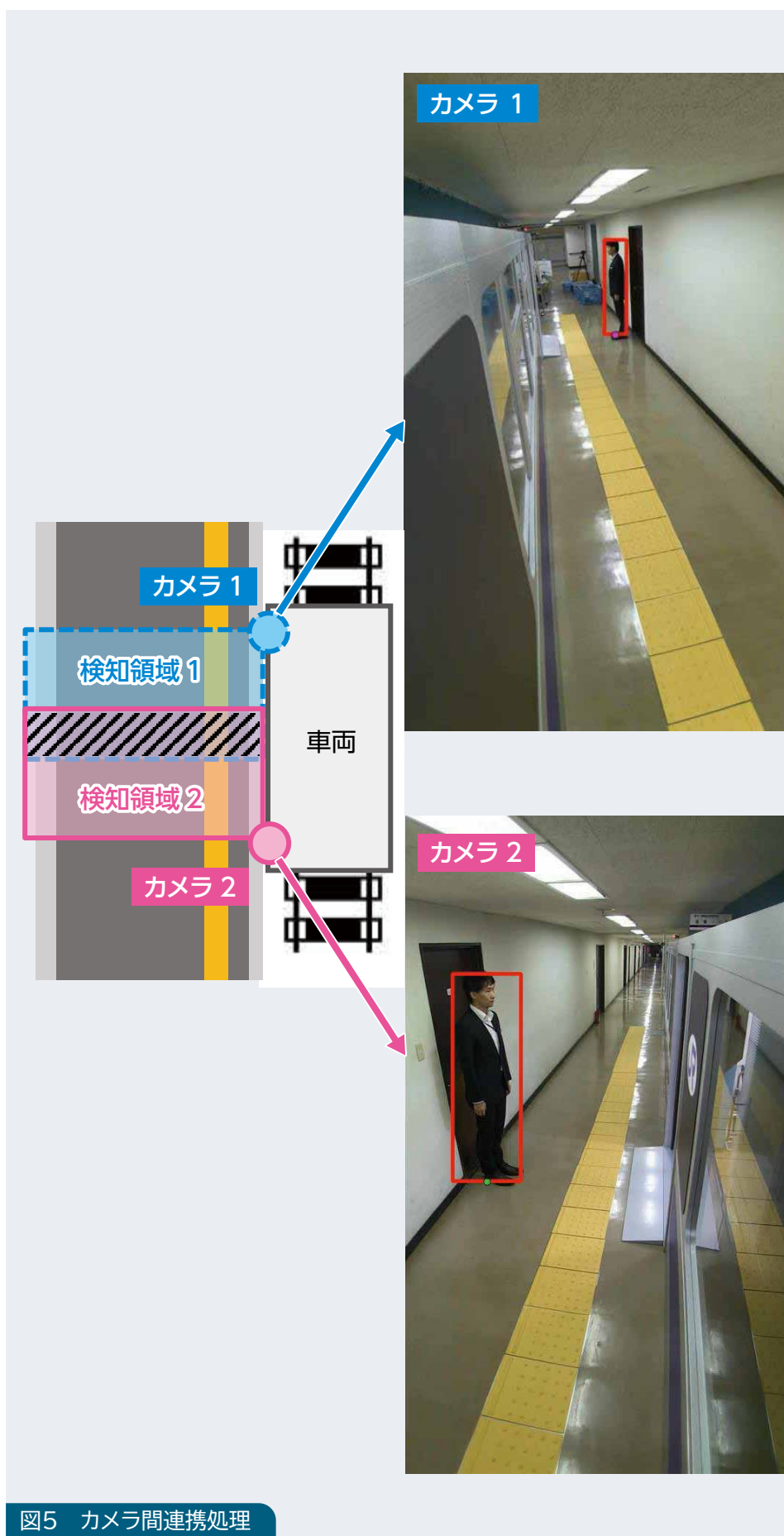


図5 カメラ間連携処理

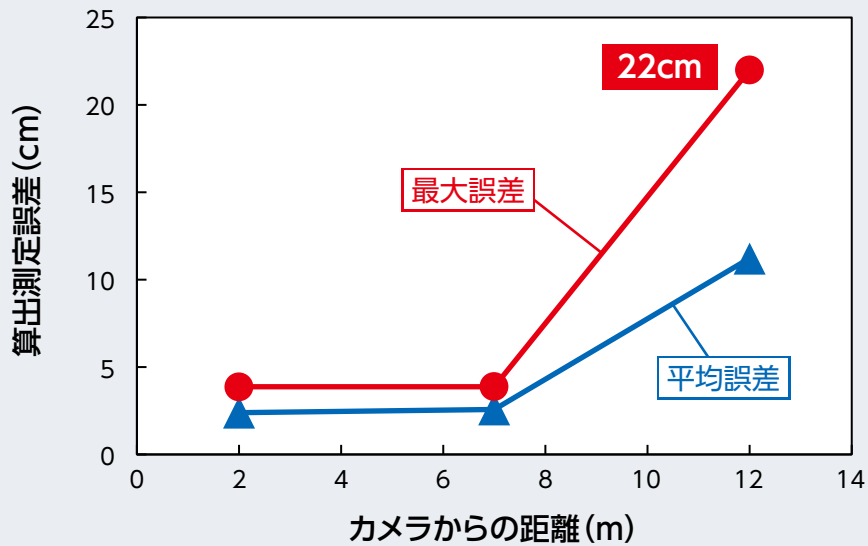


図6 車両との接近距離の算出誤差

### 手法の精度評価

手法の精度評価を行うため、1台のカメラを実際の車両側面カメラを模擬して設置し、屋内での実験を行いました。カメラに対しての距離、2.0m、7.0m、12.0mの3段階に分け、各段階の計測点でそれぞれ接近距離の平均誤差と

最大誤差を計測した結果が図6です。この結果から、カメラから人物が離れるほど精度が低下し、車両の長さの半分である10mより少し遠い12mまでを検知範囲と仮定すると、最大で22cmの誤差が生じることとなります。内方線付き点字ブロックが幅40cmであるので、最大

図7 最大算出誤差に対する人物の接近状態

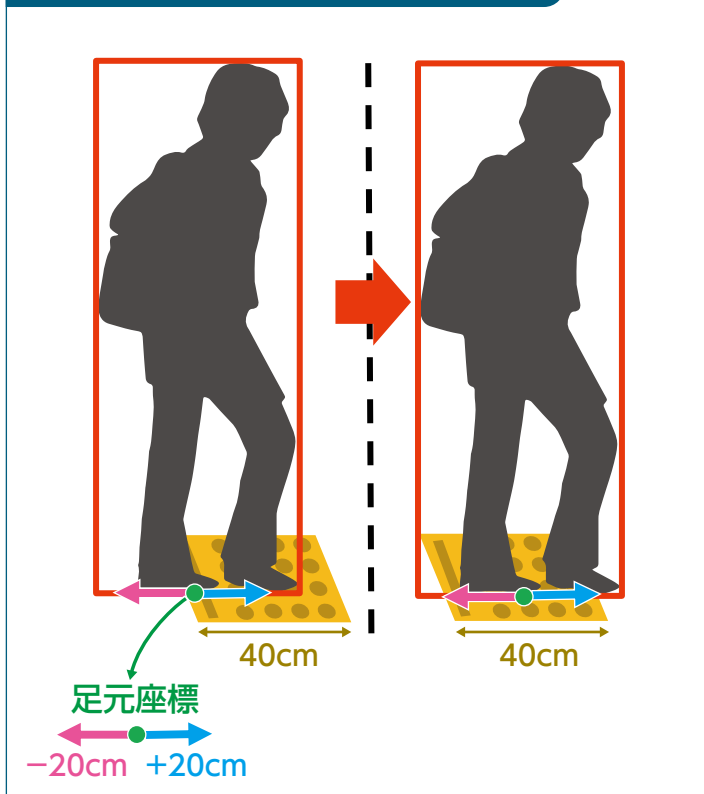
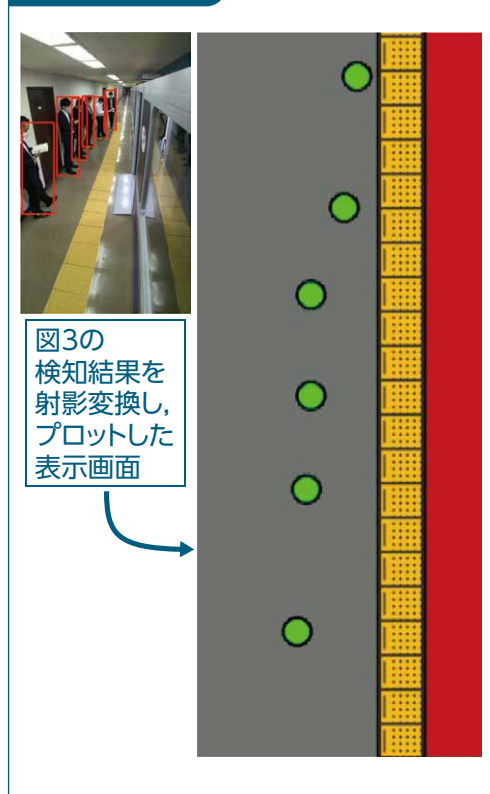


図8 表示画面



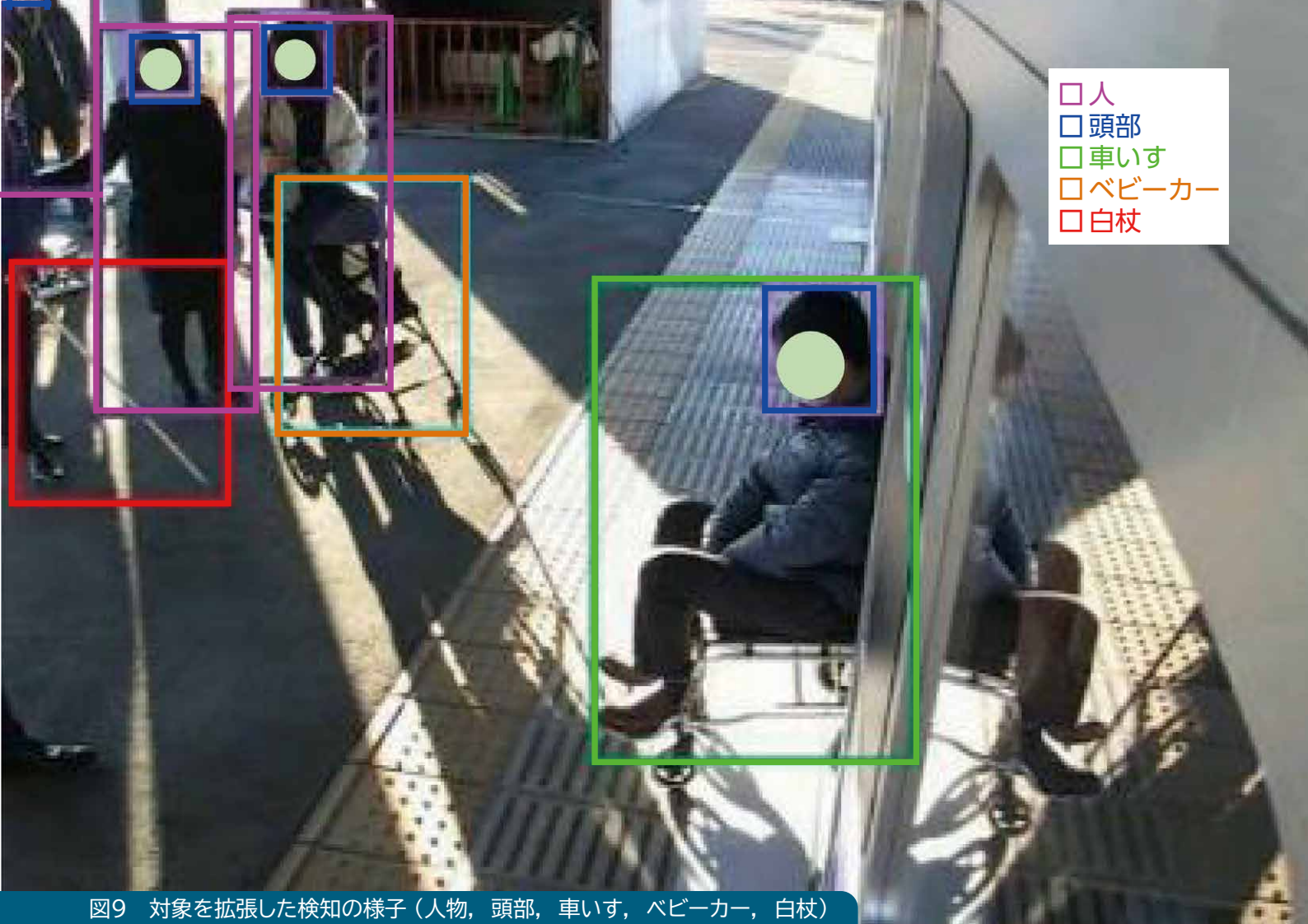


図9 対象を拡張した検知の様子（人物，頭部，車いす，ベビーカー，白杖）

誤差はその半分の20cm程度です。これは、点字ブロックを基準としたとき、誤差が最大時でも点字ブロックの半分程度まで進入すれば少なくとも点字ブロック上に人物がいると検知できることを示しています（図7）。すなわち、点字ブロックと車両の間に進入する前までには検知が可能であり、点字ブロックを超えて車両に近づいた人物を見逃さない精度となります。実際に、図3の検知結果を射影変換し、プロットした表示画面を図8に示します。この結果からも人物の位置が概ね正しく変換されている様子が確認できます。

## おわりに

ワンマン運転において車両側面カメラの映像からAIなどの画像処理技術を活用すること

でホーム上の安全確認を支援する手法について紹介しました。現在は、安全確認の支援として、人物の接近を検知可能ですが、今後は車いすやベビーカー、白杖などの対象物や人物の全身が混雑で映らず映像上は頭部しか映らない状況にも対応したいと考えています。現在、図9に示すような検知の対象の拡張を進めており、このような状況にも対応することで、安全確認支援の高度化をめざします。

また、今回紹介した安全確認支援手法を実装した車両に搭載可能な装置も開発中であり、早期の実用化をめざしています。RRR

## 文献

- 1) 合田航，長峯望，向嶋宏記：車両側面カメラを用いた安全確認手法，鉄道総研報告，Vol.35，No.10，pp.23-28，2021