

安全・快適な移動に貢献するため、 駅構内の人の流れをさぐる



対馬 銀河
Ginga Tsushima
構造物技術研究部
建築研究室
副主任研究員



石突 光隆
Mitsutaka Ishizuki
構造物技術研究部
建築研究室
主任研究員



柴田 宗典
Munenori Shibata
構造物技術研究部
建築研究室
主任研究員



山本 昌和
Masakazu Yamamoto
構造物技術研究部
建築研究室長

はじめに

駅では、通勤ラッシュなどに多くの旅客が集中することから、十分な通路幅員の確保など、旅客流動に合わせた駅の設計をする必要があります。これらが十分に考慮されていないと、長時間の滞留の発生や、群集密度の増加などにより利便性や安全性を損なうおそれがあります。特に、駅空間が複雑なターミナル駅などの設計時には、「[歩行者シミュレーション](#)」^①などを活用することで、適切な設計をすることができます。

このような設計の際、既存駅では実際の旅客流動状況を計測できることから、駅構内のどこからどこに何人の人が移動しているかを示す「[OD交通量](#)」^②を把握するため、断面交通量(各通路や階段などの通過人数)の計測や、移動経路に関する経路追跡調査を行う必要があります。これらの計測や調査では、目視やアンケートなどによる分析になり、多くの手間やコストがか

かっています。そのため、長期間や常時の計測には対応できず、周辺開発の影響を受けやすい駅計画や、動線を頻繁に切り替える駅の工事計画へ活用する際の課題となっています。

そこで筆者らは、従来のような人手に頼るOD交通量の推計に代わる手法として、既設の防犯カメラに対する画像解析と、数理モデルによる分析を活用して自動的にOD交通量を推計する手法を提案しています¹⁾。ここでは、提案手法に基づいて構築したシステムの概要と、実際の駅構内の映像で検証した例を紹介します。

駅構内の人の流れの把握手法

駅構内の人の流れを把握するシステムの概要を[図1](#)に示します。本システムではまず、防犯カメラなどから得られる動画にAIによる画像解析を適用して、断面交通量を計測します。次に、防犯カメラの配置から経路ネットワークを

① 歩行者シミュレーション

混雑時の歩行速度の低下や、障害物に対する回避行動など、対象範囲にいる歩行者の移動をコンピューター上でシミュレーションすることで、歩行者の流れを再現するものです。このシミュレーションを行うことで、どの地点で、いつ、どれくらいの混雑が発生するのかを可視化することができます。

② OD交通量

ODとは、出発地(Origin)と到着地(Destination)の略で、OD交通量は出発地から到着地までの移動人数を意味します。また、各出発地から各到着地までのすべての組み合わせをマトリックス形式で表し、移動人数を集計したものをOD表といいます。駅構内のOD交通量では、各出口や各番線などの各地点間の移動人数を扱います。

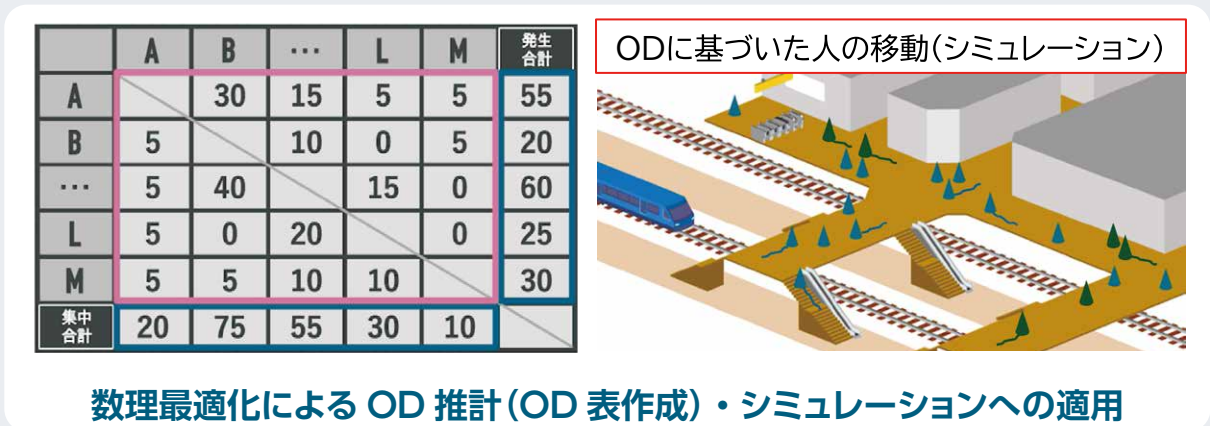
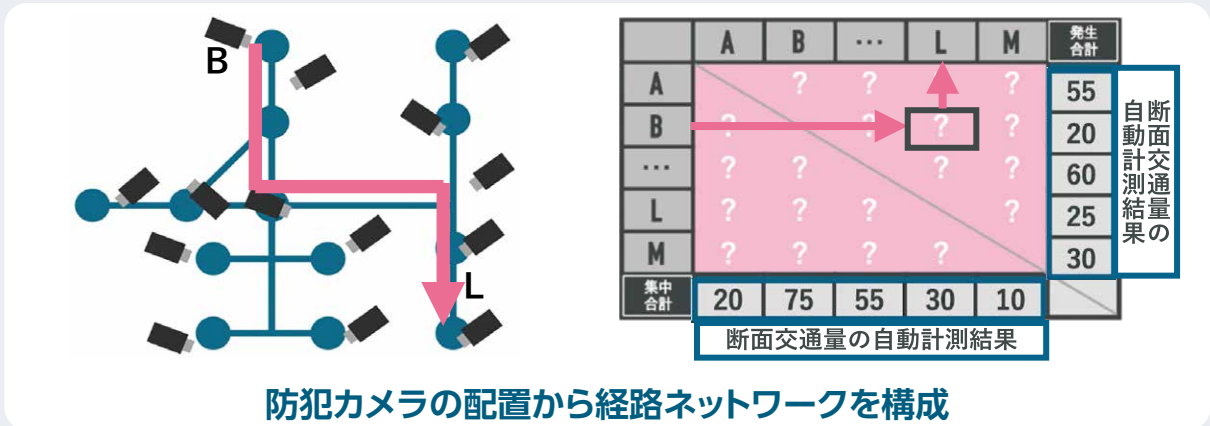
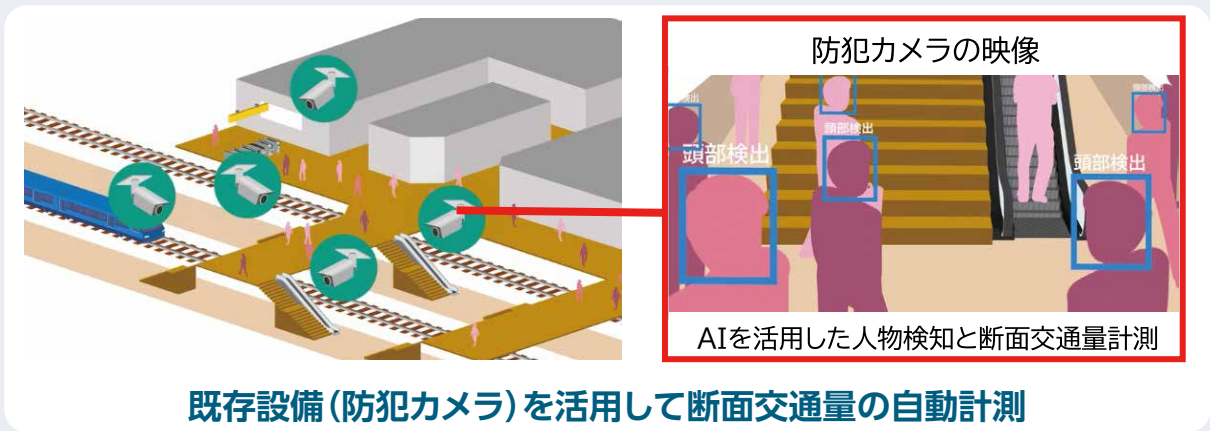


図1 システムの概要

構成し、各地点で計測された断面交通量や自動改札機の通過人員データなどから、数理最適化手法によりOD交通量を推計します。最後に、推計されたOD交通量を基に、歩行者シミュレーションを実行することで、駅構内の人の流れを可視化しています。

実駅への適用例

システムの検証に用いるカメラ映像

図2に示すA, Bの2駅において、防犯カメラと同位置にビデオカメラを仮設して検証を実施しました。A駅は都心部の駅で、ホーム間の乗り換えがほとんどない駅です。B駅は郊外の駅で、ホーム間の乗り換えが多い駅です。

一般的に、防犯カメラのレコーダーを通してモニターに映される映像は、画素数が640×480px、10fps程度であることが多いですが、本システムではレコーダーより手前の映像（一般的にはHD画質1280×720px以上の画質が期待される）を直接分析することを前提としているため、高い解像度（本事例では画素数1440×1080px、30fpsの映像）のビデオカメラの映像を用いて検証しました。

断面交通量の計測

断面交通量の計測では、オープンソースのAIであるYOLOX²⁾を用いた人物検知を行い、同じくオープンソースのAIであるByteTrack³⁾を用いて、検知された人物をフレーム間で同一人物として追跡し、各断面の通過人数を自動計測しています（図3）。人物検知では、混んでいる際に身体の部分が重なって見えなくなることが多いため、身体全体を検知するモデルでは精度が低くなることから、頭部を検知するモデルを利用しています。

図4、図5にAIを活用した断面交通量の自動計測結果と、撮影した映像から目視で計測した

結果の比較を示します。目視での計測結果を正解値とした場合の自動計測の誤差は、おおむね1割以内であることがわかります。

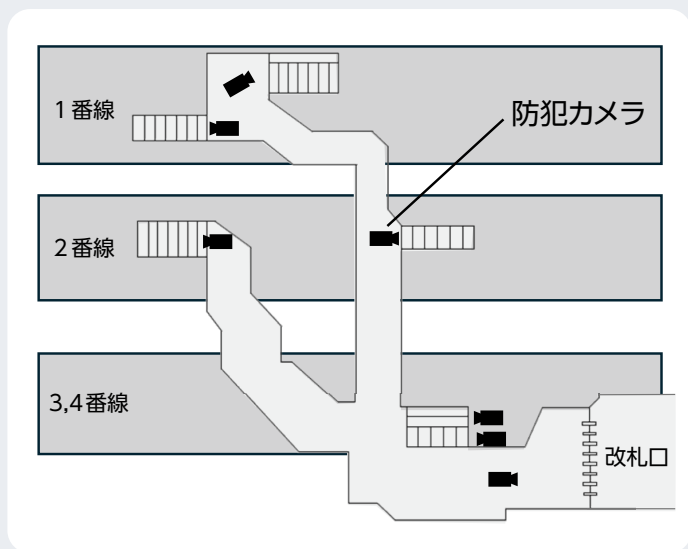
自動計測の一部では、映像が暗く、エスカレーターの黒色と人影が同化してしまっている箇所などで、AIによる人物検知の精度が下がってしまうケースが見られたものの、カメラの角度が天井面との俯角で30°～50°程度であれば、断面交通量の自動計測が可能であることが確認できました。

OD交通量の推計

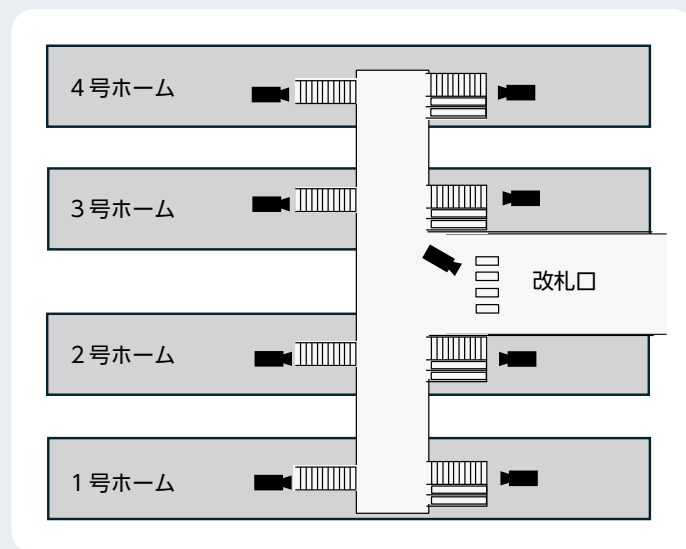
本システムでは、駅構内の防犯カメラの配置を基に、カメラ間の移動経路を想定し、各カメラ間の移動人数を数理最適化手法を用いてOD交通量を推計しています。

推計結果を検証するためのOD交通量の正解値として、乗換旅客の少ないA駅では、一般的な交通量調査と同程度の10%のサンプリング率で8:00～9:00に計測した旅客のODの抽出調査を実施し、これを同1時間の全観測数に拡大することで正解値を作成しました。乗換旅客の多いB駅では、正解値の推計精度を上げるた

図2 検証駅の概要



A 駅



B 駅

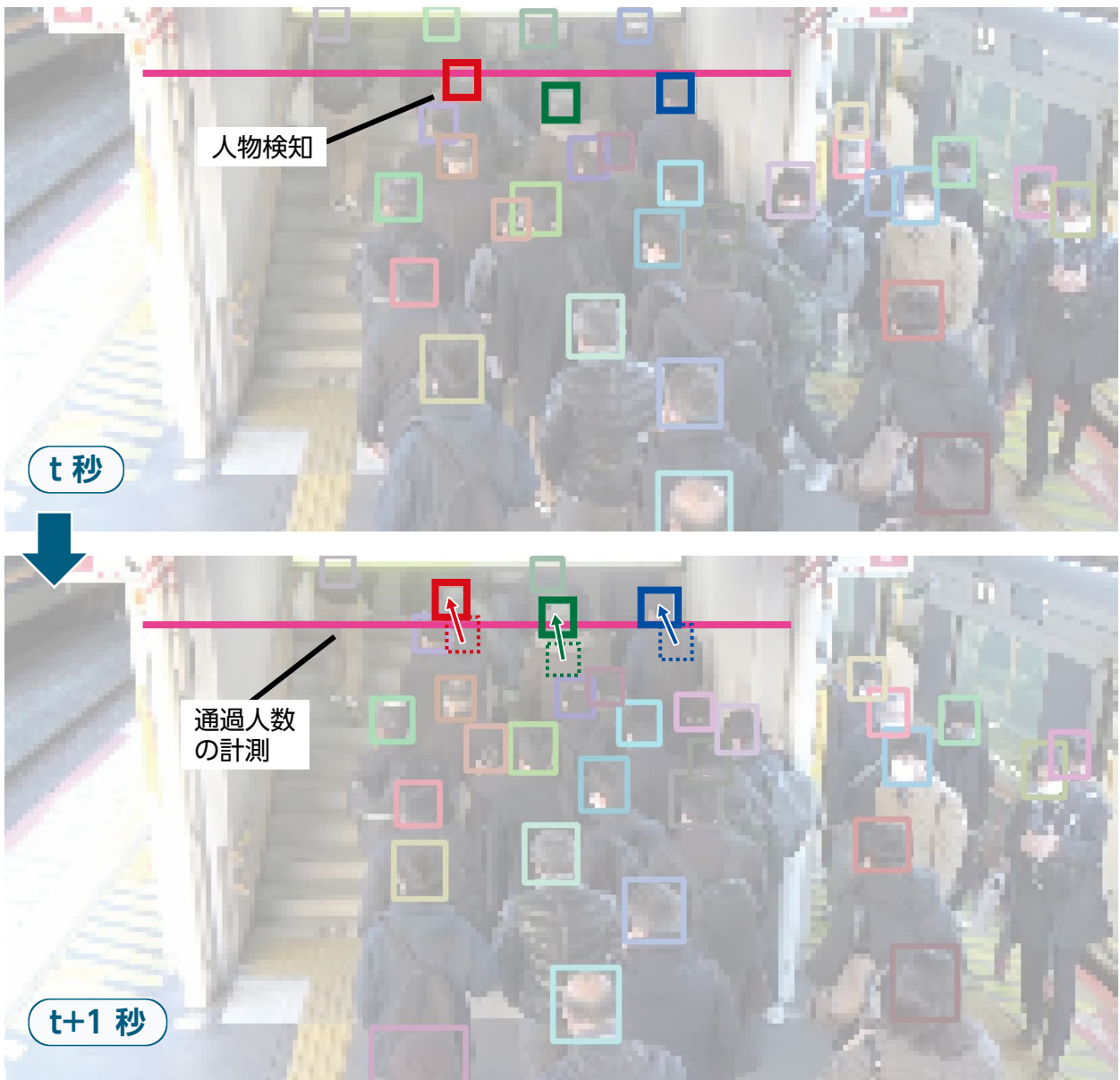


図3 断面交通量の自動計測

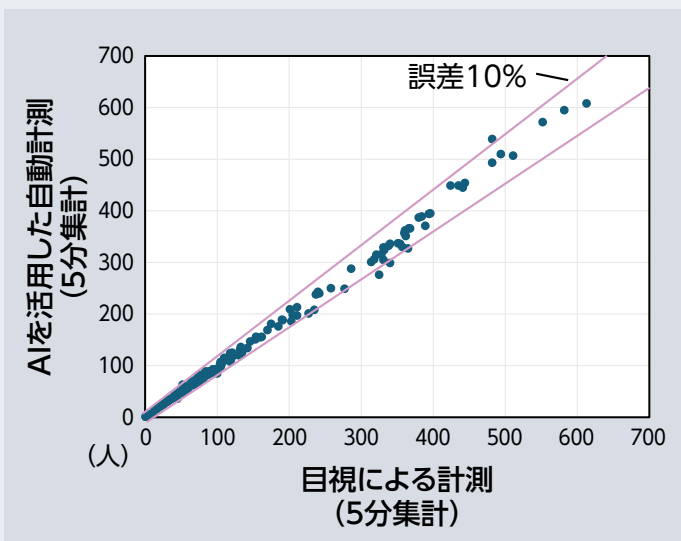


図4 自動計測と目視計測の比較 (A駅 7:00~9:00)

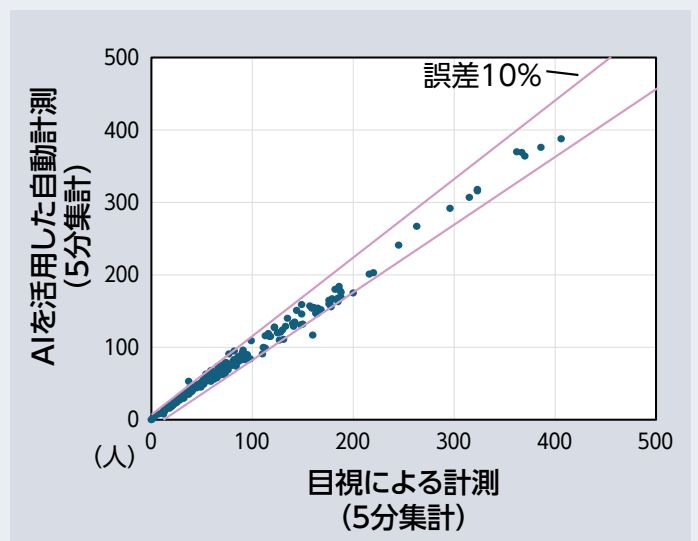


図5 自動計測と目視計測の比較 (B駅 7:00~9:00)

め、最ピーク時間帯7:51～7:56に計測時間を限定し、サンプリング率72.5%の旅客のODの抽出調査から正解値を作成しました。

図6、図7にサンプリング調査によって得られた正解値とOD推計モデルによる推計値の比較を示します。いずれの駅においても正解値と推計値の相関は0.97以上と高い値となっており、本推計モデルを用いることで、OD交通量の傾向を捉えられることが確認できました。また、B駅については、特徴である乗換旅客のOD交通量が正解値に近い値で推計できており、従来手法と同様に大小関係をおおむね捉えられることが確認できました。

シミュレーションによる可視化

本システムでは、現状の駅構内における人の流れを把握するため、事前に計測したOD交通量と、各防犯カメラの断面交通量をリアルタイムに解析した結果を用いて、駅の混雑状況を可視化しています(図8)。

一般的に、駅ではセキュリティー対策の一環として、防犯カメラの映像を防災センターや駅事務室でモニタリングしていますが、設置され

ている防犯カメラの台数が多くなると、全ての映像から状況を把握することは困難になります。特に、駅構内の人の流れのように、列車の発着に合わせて断続的に広い範囲で発生する現象については、各カメラから得られる情報を統合し、駅構内の状況を俯瞰し瞬時に把握できる機能が必要であると考えられます。

本システムでは、OD交通量の推計結果を利用して歩行者シミュレーションを行うことで、旅客の分布状況を可視化しています。具体的には、事前に推計したOD交通量から各移動経路の比率を求めておき、この比率と実際に防犯カメラの映像からリアルタイムで計測された人数を基に、シミュレーション上で旅客の分布状況を再現しています。混雑状況の可視化表現については、さまざまな表現手法が考えられますが、本システムでは、対象となる駅の平面を格子状に分割し、各格子内の旅客密度に応じて粒子を発生させ、OD別に色を変えることで、旅客の多寡と移動方向を表現しています。これにより、乗車方向の旅客が多いのか、降車方向の旅客が多いのかなどが色別で瞬時に把握でき、その

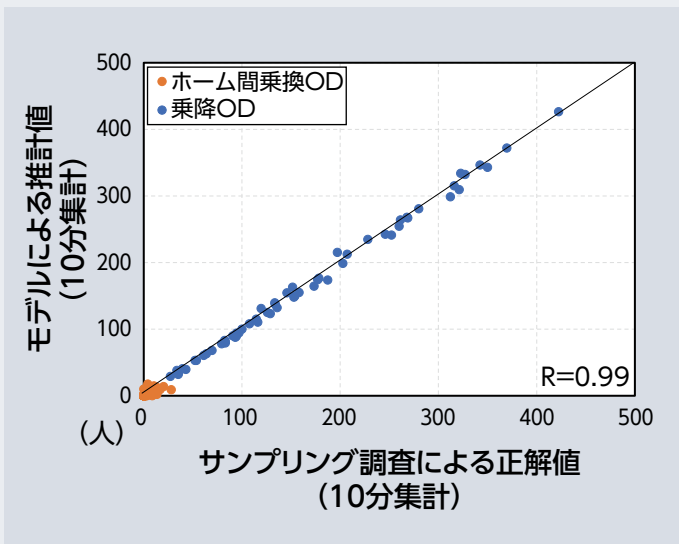


図6 正解ODと推計結果の比較(A駅 8:00～9:00)

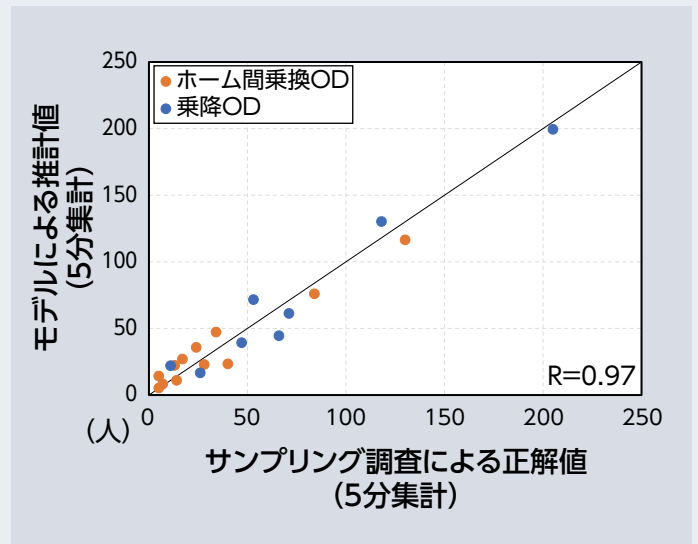


図7 正解ODと推計結果の比較(B駅 7:51～7:56)



駅全体の混雑状況を可視化した情報(動画)を追加

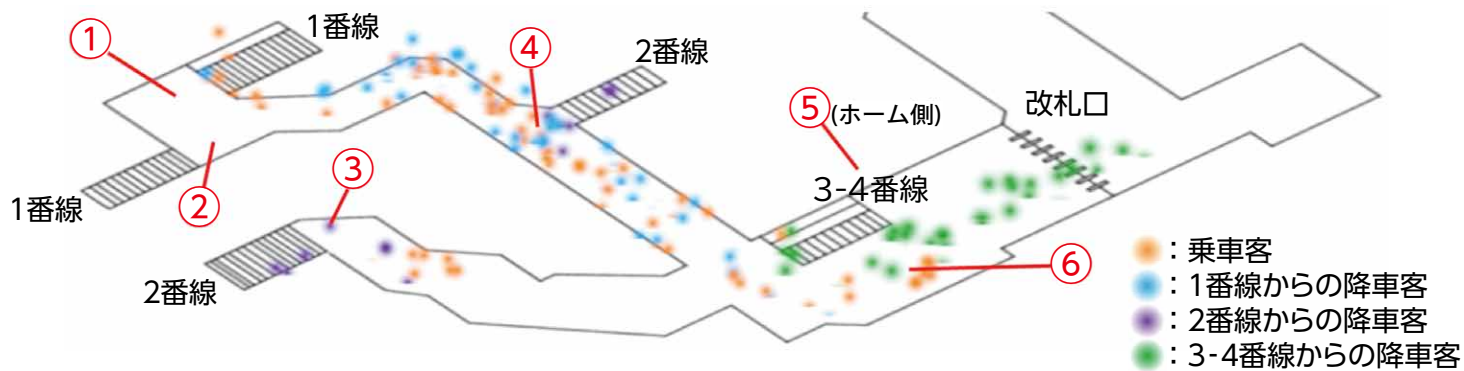


図8 駅の防犯カメラを活用した旅客流動の可視化

時々の流動状況にあった情報提供が可能になります。

おわりに

本記事では、既存の防犯カメラを活用した駅構内の人の流れの把握手法を紹介しました。実駅における検証の結果、従来のような目視による調査などを新たに実施することなく、従来手法と同等の精度でOD交通量の推計が可能であることを確認しました。また、駅のセキュリティー対策としての防犯カメラのモニタリングに加えて、推計したOD交通量を基にして駅の人流れを可視化することで、駅構内の混雑状況を一目で把握できることも示しました。

今後は、防犯カメラが少ないホーム上の人流れを推計する手法の開発や、防犯カメラ以外

のセンサーの活用についても取り組み、駅構内全体の人の流れをリアルタイムに把握できる手法の確立を目指します。さらに、鉄道事業者だけでなく、鉄道利用者への情報提供方法についても検討するなど、円滑で快適な交通サービスの実現に向けた研究を進めていきます。[RRR]

文献

- 1) 柴田宗典,石突光隆,対馬銀河: 駅改良のための構内における旅客の分布交通量推計手法, 鉄道総研報告, Vol.35, No.7, pp.47-53, 2021
- 2) Zheng Ge, Songtao Liu, Feng Wang, Zeming Li, Jian Sun, YOLOX: Exceeding YOLO Series in 2021, arXiv:2107.08430, 2021
- 3) Yifu Zhang, Peize Sun, Yi Jiang, Dongdong Yu, Fucheng Weng, Zehuan Yuan, Ping Luo, Wenyu Liu, Xinggang Wang, ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box, arXiv 2110.06864, 2021
- 4) 青木俊幸, 大戸廣道: 旅客流動シミュレーションを用いた駅計画, 鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, J-RAIL'95, pp.469-472, 1995