

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# AIと数理モデルにより駅における人の流れを推定する

鉄道の利便性を高めるためには、人の流れが円滑になるように駅施設が設計されていることも重要なポイントです。そのためには、駅における人の流れを調査し、駅施設の改良などを適切に計画する必要があります。しかし、人の流れの調査は人海戦術によるものが主体で、高コストであるにもかかわらず、特定の日時のデータしか取得できないのが現状です。ここでは、駅における人の流れの常時モニタリングの実現を目指して開発を進めている、AIや数理モデルを活用して駅における人の流れを推定する手法を紹介します。



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



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



**対馬 銀河**  
Ginga Tsushima  
構造物技術研究部  
建築研究室  
研究員

## 人の流れの調査に基づく駅施設計画

駅は、旅客が鉄道を利用する際に必ず通過する施設であり、旅客と鉄道サービスの接点となる重要な場所です。そのため、鉄道の利便性を高めるためには、駅施設が人の流れに対して十分なキャパシティーをもち、適切なサー

ビスを提供できる場であることも重要な要素となります。

「どこからどこへ何人の人が移動しているのか?」という人の流れは「分布交通量(図1, 参照)」とよばれ、駅施設の改良などを計画する際の基礎データとなっています。例えば、図2のような駅において黄色の箇所の混雑

### 分布交通量 (Trip Distribution)

分布交通量とは、ある地点からある地点の間を移動する人の人数のことです。図1の例では、地点1(北口)出発して地点3(A線ホーム)に到着する人数が24人であることを示しています。

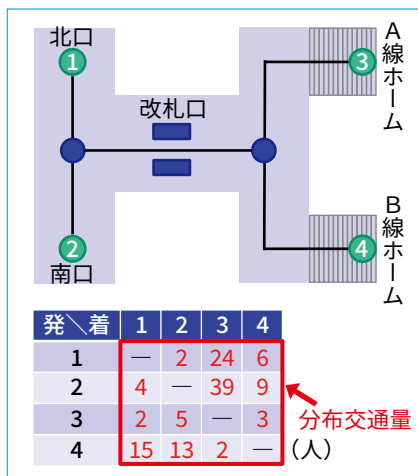


図1 分布交通量のイメージ

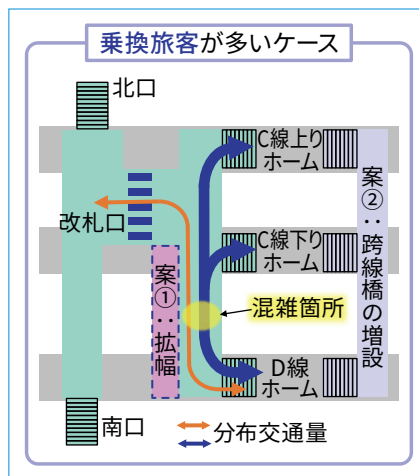


図2 分布交通量に基づく駅改良計画のイメージ

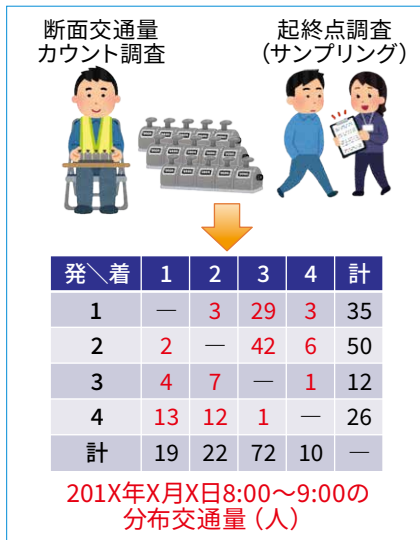


図3 従来型の分布交通量調査

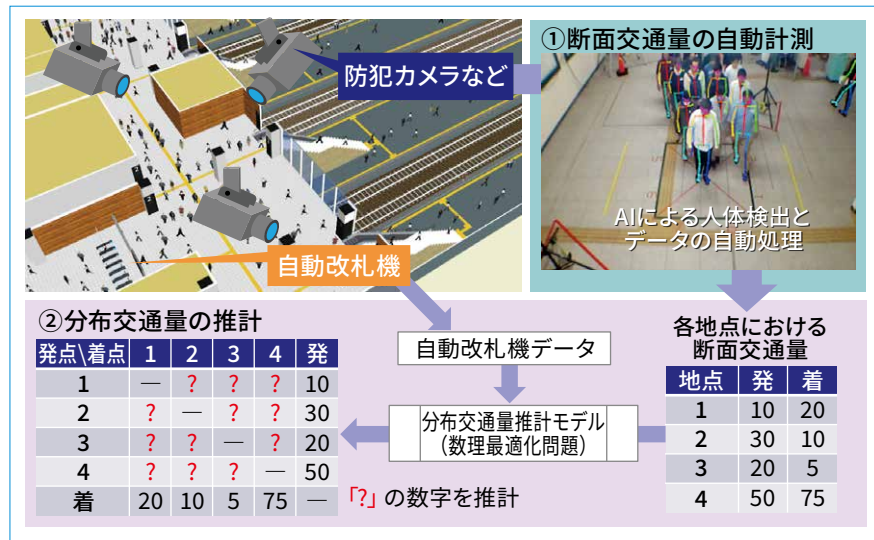


図5 駅構内における分布交通量の自動推計手法

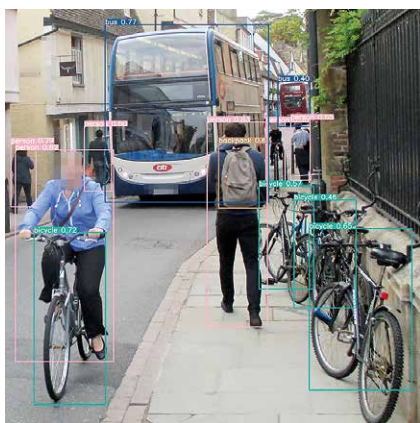


図4 YOLO<sup>1)</sup>による人体などの検出

を解消したいという課題があったとします。ここで、分布交通量が把握できていれば、その駅で乗降する旅客とC線⇄D線の乗換旅客の内訳を知ることができます。もし、乗換旅客が多くを占めるのであれば、通路幅の拡幅(案①)に加えて跨線橋の増設(案②)により乗換旅客の新たな動線を確認して混雑箇所の解消を図ることも改良案の選択肢と考えられます。

### 分布交通量調査のデジタル化へ

通常、分布交通量は、複数の箇所における往來する人の数(以下、「断面交通量」とよびます。)のカウント調査と、サンプリングした個人に対して「どこからどこへ向かうのか?」を調査す

ることにより推計されます(図3)。このようにおもに人海戦術に頼る従来の調査はコストが高く、朝夕のピーク時間帯など、限定した調査日時を対象として実施されるのが現状です。

一方、近年の画像・動画解析などのデジタル技術の進歩は著しく、Artificial Intelligence(人工知能、以下「AI」とよびます。)によるさまざまな人体検出技術が開発されています。例えば、AIにより画像に写っている物体の種類を自動的に判別する技術であるYOLO<sup>1)</sup>で画像を解析することで、人、自転車、バスなどの位置座標を検出できます(図4)。このような人体検出技術などを駆使して、分布交通量の調査をデジタル化できれば、調査コストの大幅な削減が期待できます。また将来的には、駅における人の流れのリアルタイムモニタリングを実現できる可能性があると考えられます。

### 駅における分布交通量の自動推計手法

鉄道総研では、AIや数理モデルを活用した駅構内における分布交通量の自動推計手法を提案し、研究・開発を進めています(図5)<sup>2)</sup>。提案手法は、防犯カメラなどから得られる動画に

AIによる動画解析を適用し、自動的に処理することにより断面交通量を計測する「①断面交通量の自動計測」と、①で計測された各地点における断面交通量や自動改札機の通過人数データなどから分布交通量を推計する「②分布交通量の推計」で構成されます。本手法は、既設の防犯カメラの活用を前提としたものとなっており、将来的には、本手法を駅に導入して、分布交通量の調査を自動化することで、継続的に分布交通量データを取得できると考えられます。さらには、人の流れをリアルタイムにモニタリングするシステムの基盤技術としての活用も期待できます。

### AIによる断面交通量の自動計測

提案手法では、まず、AIによる人体骨格検出技術であるOpen Pose<sup>3)</sup>を活用して断面交通量を自動計測します。動画は複数枚の一連の静止画で構成されており、これをフレームといいます。断面交通量の自動計測では、動画の各フレームにおいてOpen Poseにより人体骨格の部位の位置座標データを取得します。そして、各フレームの位置座標データから同一人物の位置座標を推定し、同一人物とみなされた位置座標をつなぎ合わせたものを歩行軌跡とし

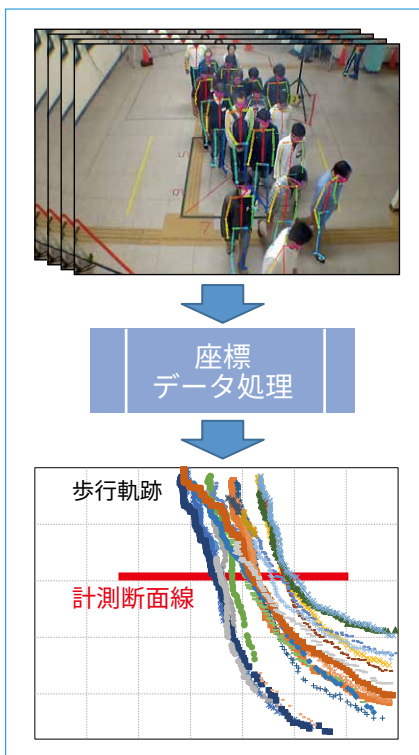


図6 断面交通量の自動計測

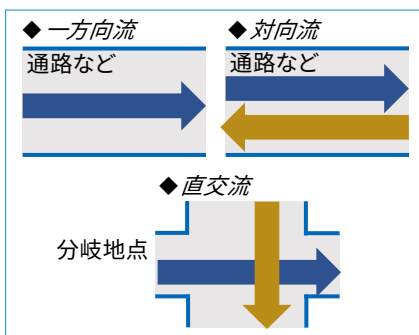


図8 一方向流, 対向流, 直交流

てデータ化します。この歩行軌跡データと計測断面線との交差点をカウントして断面交通量を計測します(図6)。

鉄道総研内にある、駅シミュレーター(模擬駅舎)において、断面交通量の計測精度を検証する実験を行いました。実験では、取り付け角度などを変えて設置した複数台の模擬防犯カメラを用いて、最大48人の被験者により駅構内で想定される複数パターンの旅客流動を再現して、撮影を行いました(図7)。このようにして得られた数多くのパターンの動画データにより検証した結果、駅構内の階段、エスカレーターの昇降口付近などにおいてもっとも多く発生すると考えられる一方向流、

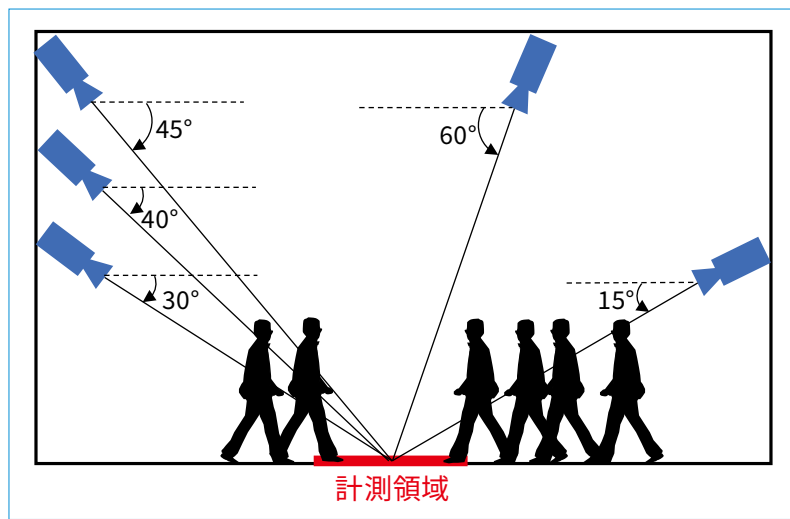


図7 駅シミュレーターでの計測実験

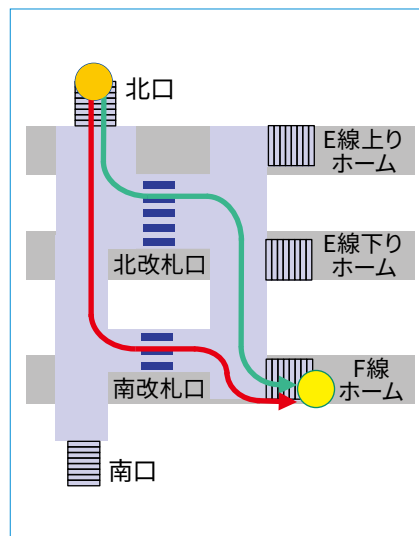


図9 1つの発着点間に2つのルートが存在する駅の例

対向流、直交流(図8)に対して、おおむね±10%の誤差の範囲で断面交通量が計測できることや、その計測誤差は正規分布に近似できることがわかりました。

### 数理モデルによる分布交通量の推計

次に、計測した断面交通量から数理モデルにより分布交通量を推計します。ここで、都市圏の駅においては、1つの発着点間に複数のルートが存在するケースがあります。例えば、図9の駅では、北口からF線ホームに向かう場合に、北改札口を通るルートと南改札口を通るルートがありますが、駅が大

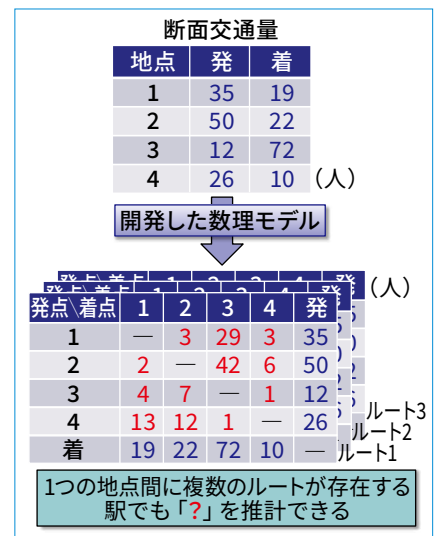


図10 開発した推計モデルのイメージ

規模になれば、さらにルートが増えることもあります。そこで、大規模な駅へも適用できるように、1つの発着点間に複数のルートが存在する場合には、ルートごとの交通量を推計するモデルを開発しました(図10)<sup>2)</sup>。

### 提案手法の実駅への適用性

ここでは、大都市圏のG駅(乗降旅客数: 約34,000人/日, 図11)を対象に提案手法全体の実駅への適用性を検証した例を示します。検証にあたっては、G駅の自動改札機で実際に取得された時間帯別・方向別の通過人数データなどから作成した検証用の分布交通量データを用いています。ま

た、断面交通量の計測精度を検証する実験で得られた計測誤差分布を加味しています。検証の結果、駅施設計画にとって重要となる分布交通量の最大値（ピーク値）を終日にわたっておおむね良好な精度で推計できること（図12）や、分布交通量全体についても終日にわたり相関係数R=0.9以上の精度で推計できることがわかりました。

とくに、自動改札機データではとらえられず、人海戦術に頼る従来型の調査で把握する必要があった、改札内の乗換旅客（例えば、図11で⑥から④に向かう人数）や自由通路の通行人数（例えば、図11で①から②に向かう人数）を推計することも開発したモデルの特長です。

### おわりに

鉄道総研で開発を進めている、AIや数理モデルを活用して駅構内の分布交通量を自動的に推計する手法を紹介しました。提案手法によって駅における分布交通量調査をデジタル化する効果は、調査コストの削減だけに留まりません。日々、継続的に分布交通量を推計しビッグデータとして蓄積すれば、これまでの特定日の朝夕ピーク時の調査だけではみえてこなかった混雑箇所を特定することが可能となり、駅の施設計画を適正化できると考えられます。さらに、将来的には、断面交通量をリアルタイムにモニタリングし、逐次、分布交通量を推計することで、個人を適切なルートに誘導するナビゲーション（図13）を実現できる可能性もあると考えられます。

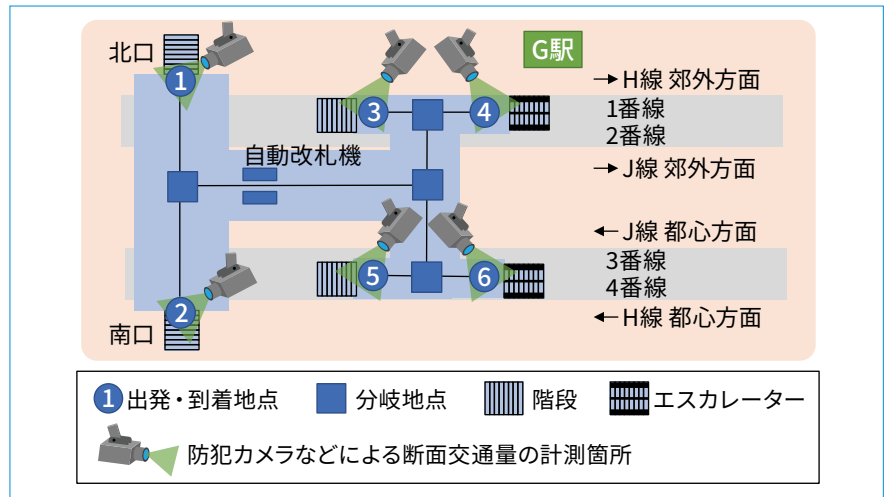


図11 検証対象駅において想定した歩行者ネットワーク（駅舎などは概略）

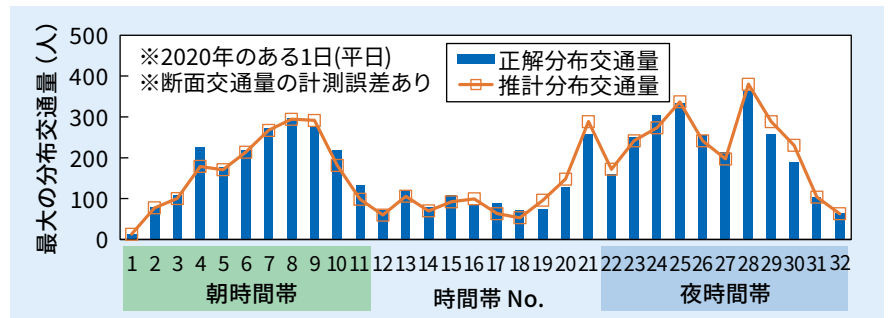


図12 分布交通量が最大の出発地点・到着地点間における推計精度（G駅）

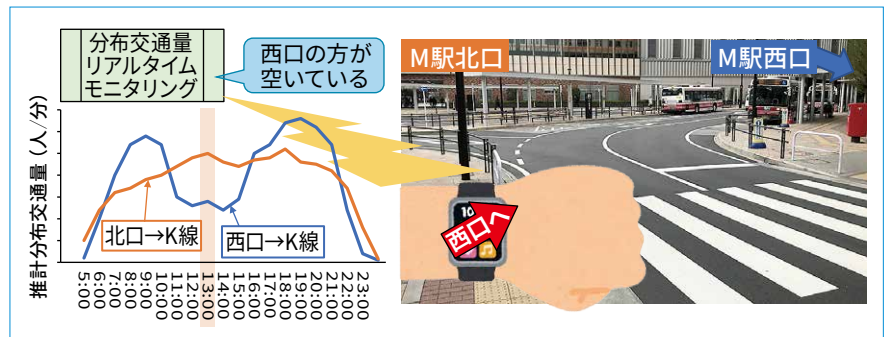


図13 人流のリアルタイムモニタリングによるナビゲーション（イメージ）

ン（図13）を実現できる可能性もあると考えられます。

このように、デジタル化された分布交通量調査技術は将来の駅施設計画や駅サービスに資する基盤技術です。そ

の実現に向けて、引き続き、実駅で取得したデータによるモデルのブラッシュアップや、実駅へ導入可能な分布交通量推計システムの開発を推進します。[RRR]

### 文献

- 1) Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi : You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.779-788, 2016
- 2) 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.47-52, 2021
- 3) Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh : Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields, 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1302-1310, 2017