

鉄道を利用するお客さまの流動実態推定に関する研究 ～自動改札データに基づく号車単位乗降者数推定～



小西 勇介*¹



山本 航介*²



曾田 雄平*³



川崎 健志*⁴



坂入 整*⁵

Research on estimating actual flow of railway passengers ～ Estimation of number of passengers getting in and out per car unit ~

Yusuke KONISHI*¹, Kosuke YAMAMOTO*², Yuhei SODA*³, Takeshi KAWASAKI*⁴, and Sei SAKAIRI*⁵

*¹ Chief Researcher, *² Assistant Chief Researcher, *³ Researcher, *⁴ Assistant Chief Researcher, *⁵ Principal Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

Railway operators are involved in transportation service and various services using railway network. The operation of these services continues to generate an enormous amount of data on a daily basis, and it is expected that accumulation, analysis, and utilization of such data will lead to more reliable transportation services and more convenient services. Specifically, it is expected to improve transportation quality as well as optimize various businesses such as retail, food and beverage, and advertising on railway network. This paper focuses on passenger flow data, one of the most important fundamental data for railway operators, and introduces an example about estimating the passenger flow data.

●**Keywords:** Passenger flow, Passenger activity model, OD data, Data analysis, Data utilization

*¹JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 主幹研究員
*²JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 副主幹研究員
*³JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 研究員
*⁴JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 副主幹研究員(現:電気SIO プロジェクト推進部)
*⁵JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 上席研究員

1. はじめに

鉄道事業者は、鉄道ネットワークを利用した各種サービスの実施を通じて多くのお客さまの移動と生活に関わっている。近年では、ICTの発達によって、日々生まれ続ける膨大な量の実績データの蓄積・分析・活用が可能となり、より信頼性の高い輸送サービスやより便利なサービスが実現できると期待されている。このような実績データの中でもお客さまの鉄道利用の実態を表す旅客流動データは、安全・安定な輸送、需要に見合った輸送計画・運用、輸送障害へのロバスト性改善などを通じた輸送品質向上や、鉄道ネットワークの特性を生かした駅・駅周辺・列車内における小売・飲食・広告などの各種サービス事業の最適化などで、活用が期待されている。また、COVID-19の世界的な流行によって、移動を含む生活全体に関するお客さまの価値観やニーズは大きく変化し、お客さまの鉄道利用の実態と将来傾向を正確にとらえることの重要性はますます増している。そこで、本稿では、鉄道事業者にとって最も重要なデータの一つであるお客さまの流動実態を推定する技術に関する研究開発の取り組みと、その一例として、自動改札データに基づいて、現地調査の必要なしに、号車単位での乗降者数を推定可能とする技術を紹介する。

2. お客さまの流動実態推定に関する研究の全体像

JR東日本は、お客さまの幅広い移動ニーズに応じて東京首都圏を中心に鉄道網を構成し、駅改札を出ることなく多方面に伸びる路線を乗り換え可能とすると共に複数の路線を直通する列車を設定することで、移動の利便性を高めている。一方で、このような複雑な鉄道網におけるお客さまの移動実態については、運賃収受のために駅に設置された自動改札機で取得できるOD (Origin to Destination) データ(入場駅・入場時刻・出場駅・出場時刻の組として自動改札で得られるデータであり、自動改札を通過しない乗換駅では取得できない)や、各列車に取り付けられた重量センサで取得できる乗車人数データなどの断片的なデータだけでは、詳細な把握が難しい。具体的には、駅改札内での乗り換えや直通列車の利用状況などの詳細は、自動改札

で得られるこれらのデータからは直接把握できない。そこで我々は、図1に示すように、お客さまの行動モデル（移動に関する行動選択モデル）に基づいて、お客さまの移動に関して取得できる断片的なデータから、お客さまの移動実態を推定する技術を開発している。

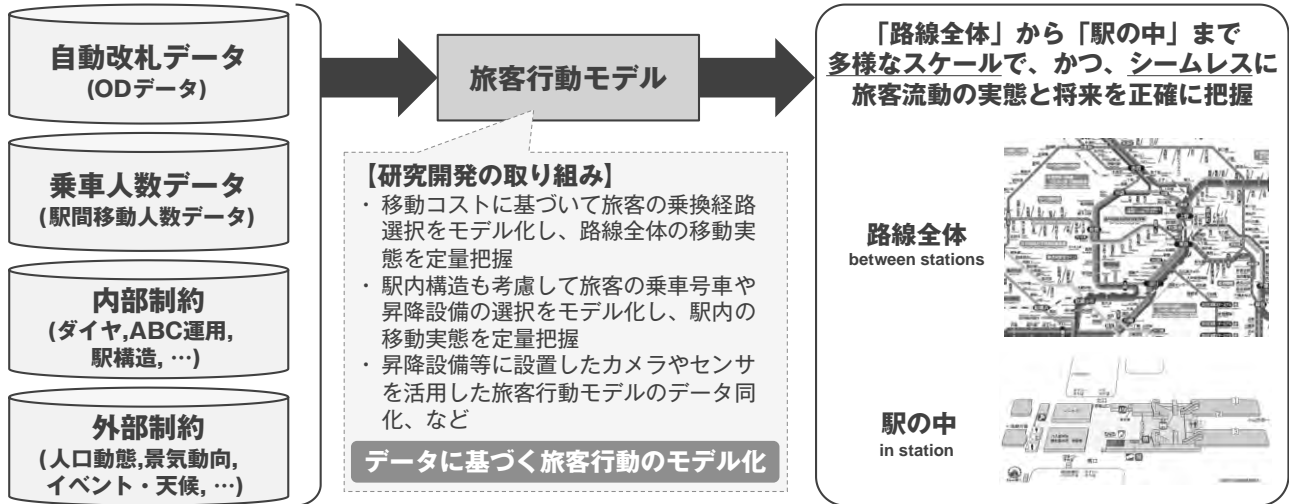


図1 お客さまの流動実態推定に関する研究

本稿では、このようなお客さまの流動実態推定に関する研究の一例として、自動改札データに基づいて、現地調査の必要なしに、号車単位での乗降者数を推定可能とする技術を紹介する。

3. 自動改札データに基づく号車単位乗降者数推定

3・1 自動改札データに基づく号車単位乗降者数推定方式の概要

本方式では、移動経路毎の乗車時間・乗換回数・駅構内移動距離・混雑度などに基づく移動コストを考慮して、お客さまの乗換経路、駅構内移動経路、列車乗車位置（号車や扉）などに関する行動選択をモデル化する¹⁾。また、このような旅客行動モデルを用いて、図2に示すように、24時間365日取得し蓄積し続けられる自動改札データ（ODデータ）を、入場駅・出場駅間を路線単位に分解するStep1の処理と、入場駅・出場駅間を号車単位に分解するStep2の処理により、号車単位の乗換実態データを推定する。

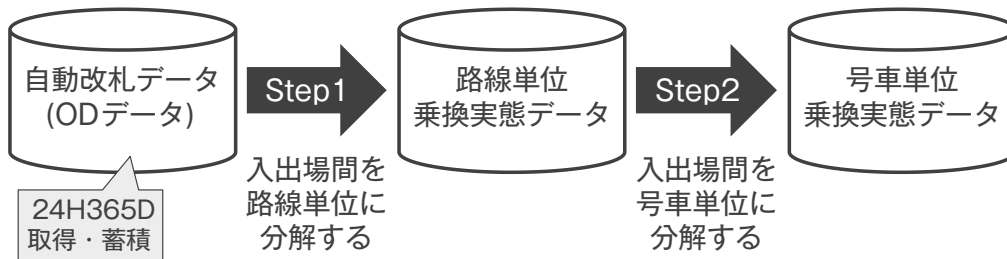


図2 自動改札データに基づく号車単位乗降者数推定の処理概要

3・1・2 Step1：ODデータの路線単位への分解

自動改札では、お客さまの移動全体のうち、入場駅と出場駅の両端点における正確な移動実態データが取得できるものの、乗換駅などに関する入場駅・出場駅間の詳細な移動実態を取得することはできない。そこで、本方式では、入場駅・出場駅間の乗換経路候補（図3）を乗換経路検索エンジンで生成し、乗車時間や乗換回数に基づいて算出できる乗換経路候補毎の選択確率で旅客ODを集計することでODデータを路線単位に分解する²⁾。

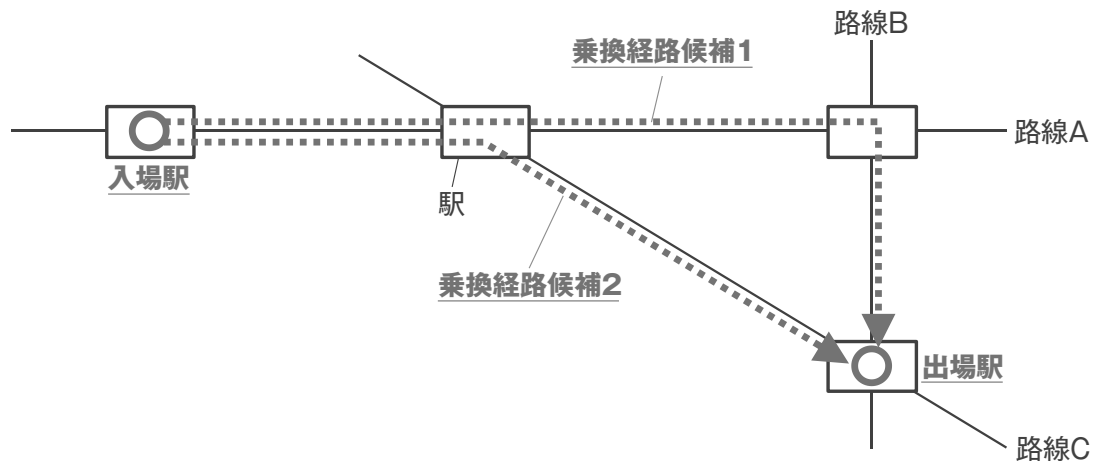


図3 乗換経路候補の例

3・1・3 Step2：ODデータの号車単位への分解

Step1で路線単位に分解したODデータにより、お客さまの移動全体のうち、入場駅と出場駅に加えて、乗換駅に関する移動実態が把握できる。さらに本方式では、図4に示すようなお客さまの号車選択を、駅構内における移動コスト(物理的な移動距離や昇降設備の種別などによる移動負荷を定量化したもの)や列車混雑度などに基づいてモデル化し、算出される選択確率で旅客ODを集計することでODデータを号車単位に分解する。ここで、駅構内における移動コストは、入場駅での各改札口から乗車列車の各号車への移動コスト、乗換駅での降車列車の各号車から乗車列車の各号車への移動コスト、および、出場駅での降車列車の各号車から各改札口への移動コストの和として定量化できるものとし、お客さまの号車選択モデルに反映させた。

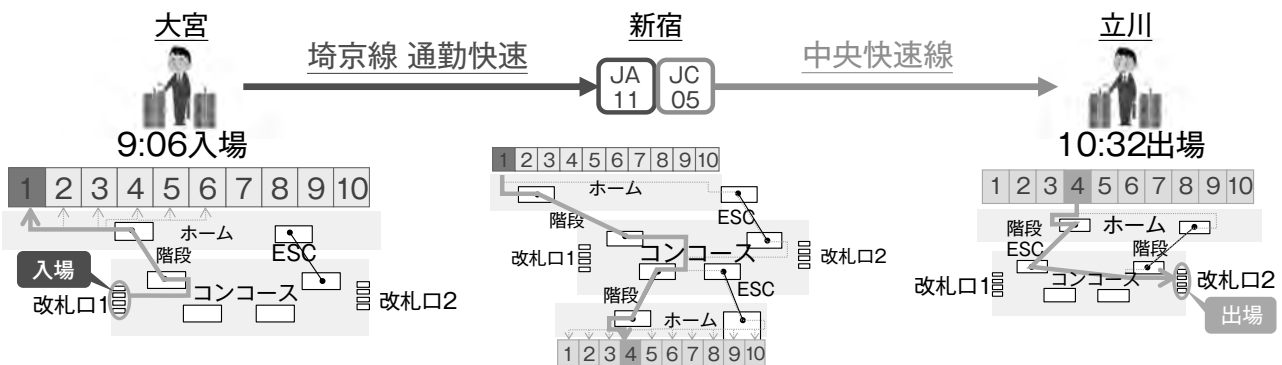


図4 乗換駅における号車選択の例

3・2 自動改札データに基づく号車単位乗降者数推定方式の評価

提案方式の妥当性を直接検証するためには、号車単位乗降者数を直接計測する必要がある。一方で、路線全体の複数の駅における号車単位乗降者数を長期間にわたって計測するには大規模な現地調査が必要となるため、現実的には号車単位乗降者数の直接計測は難しい。そこで本研究では、列車上のシステムに蓄積されている号車毎の乗車人数データを活用することで、提案方式の妥当性を間接的に検証することとした。具体的には、埼京線を対象に、自動改札で得られるODデータに基づいて推定した号車単位乗降者数と、列車上のシステムに蓄積されている号車毎の乗車人数データを、各号車への乗車人数分担率(=各号車の乗車人数/全号車の合計乗車人数)で比較評価を行った。図5に示した通り、提案した自動改札データに基づく号車単位乗降者数推定方式によって、現地調査の必要なしに、号車単位でのお客さまの移動実態の傾向を捉えることができることを確認した。

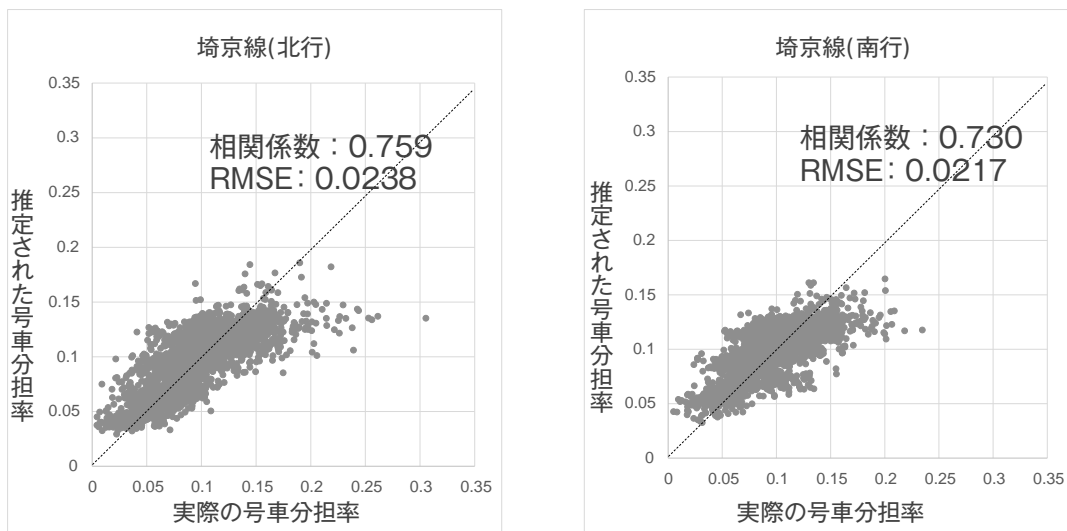


図5 旅客流動実態を推定・予測する技術の開発

4. おわりに

本稿では、お客さまの流動実態推定に関する研究として、自動改札データに基づいて、現地調査の必要なしに、号車単位での乗降者数を推定可能とする技術を紹介した。

このようなお客さまの流動実態データは、鉄道事業における様々な意思決定に関わる重要な基盤データである。我々は、以下に示す3つの活用領域で、流動実態データに基づく意思決定支援の検討を進めている。

- ・旅客輸送業務における運行計画／運行オペレーションでの活用
お客さまの移動需要や社会的要請を考慮したダイヤと車両・乗務員運用の計画や、突発的な輸送障害の際にお客さまへの影響を最小限にとどめるための運行オペレーションの最適化
- ・駅設備改良や駅周辺開発の計画での活用
駅構内の安全性や快適性を確保するための駅構内各種設備（通路や昇降設備など）の規模や配置の設計最適化や、駅周辺の商業施設開発計画などのための、当該駅の利用実態や将来傾向の調査効率化
- ・エキナカでのサービス事業や広告事業での活用
駅構内を活用した小売・飲食・広告などの各種サービス事業における、収益最適化（機会損失や廃棄ロスの削減など）のための需要予測や、広告効果の定量評価・最適化

他方、日々変化するお客さまの流動実態をリアルタイムに近い頻度で把握し、将来の傾向を予測するためには、断片的なデータに基づくさらに高度な推定・予測技術や、生み出される膨大なデータを蓄積し活用可能にするためのデータ基盤の整備が必要である。今後も、このような推定・予測技術やデータ基盤の整備を進めながら、鉄道関連サービス全体での意思決定支援に取り組んでいく。

参考文献

- 1) Fosgerau, M., Frejinger, E., Karlstrom, A., A link based network route choice model with unrestricted choice set, Transportation Research Part B 56, pp.70-80, 2013
- 2) Tsunoda, F., Yamashiro, M., Otsuka, R., Kato, M., Sukeda, H., Ozeki, K., Customer-Oriented Evaluation Method of Railway Performance, 6th International Conference on Railway Operations Modeling and Analysis, RailTokyo, 2015