

簡易なオープンデータを用いた鉄道路線内の移動需要推定手法

根本 晃輔* 長谷部 浩二† 阿部 洋丈† 加藤 和彦†

* 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻 博士前期課程

† 筑波大学大学院 システム情報系 情報工学科

1 背景と目的

交通システム各駅の近隣地で展開される多様な商業サービスにおいては、より効率の良い運営を行えるよう、各時間の需要の変化を予測し、それに合わせた人員の配置や商品の入荷などを行っている。そのためには、交通システムの事業者から公開されているデータを基に、交通需要として表される都市間・主要駅間における時間帯ごとの移動者数を推定し、駅や地域・路線ごとの需要の集中度、および複数の路線における需要の比率を算出する必要がある。

既存の交通需要推定に関する手法の多くは、事業者が保有する非公開データを利用して、オープンなデータを活用するものでも、「大都市交通センサス」[1]などの緻密なデータを非公開データと併用するものが多く、交通需要の推定の手法は一般に複雑となる。

実際の交通需要を反映している、より簡易かつオープンなデータとして、既存の交通システムにおける運行の時刻表や、各交通システムの運行会社が公開している乗降人数などのデータが存在する。これらのデータは、誰でも容易に参照が可能で、情報総量も少ない。また、例えば時刻表であれば運行本数がその時間帯の交通需要に対応していることは、一般に広く知られている。

そこで、それらの簡易かつオープンなデータから交通需要を推定することが可能になれば、交通システム近隣地の商業サービスにおける高効率な運営を推進することができ、より利便性の高いサービスを構築することが可能になると考えられる。

本研究は、時刻表上における単位時間当たりの列車の運行密度と、各駅ごとの一日単位の乗降人数から、時間帯ごとの各駅間における乗車人数および乗車率を推定し、各時間帯における交通需要の変化を求めめるものである。本研究の手法を用いて得られた推測値については、公開されている範囲における乗車率などの情報と比較し、提案手法の有用性を検証する。

2 先行研究

本研究の先行研究には、交通システム内の混雑予測に関するもの、交通システムの運行が必要に見合っているかをシミュレーションにより評価するものが存在する。

交通システムの混雑予測については、岡野ら[2]により、「大都市交通センサス」の移動需要データを事業者の保有する「乗換案内の検索データ」と併用して電車の各停車駅ごとの混雑度を推定し、可視化する手法が提案されている。岡野らの手法は、国交省発表の混雑率データと概ね同等の結果を算出可能であり、算出された混雑度は実際の乗り換え案内サービスなどに活用されている。本研究は、先行研究よりも少ないデータのみで交通需要の推定を可能にする手法を提案するものとなる。

また、交通システムの運行スケジュールが、実際の移動需要にどれほど合致しているかを評価する手法は、松本[3]により提案されている。この手法は、「大都市交通センサス」の移動需要データを活用した移動シミュレーションを行い、算出された列車ごとの混雑度から、交通システムの運行スケジュールと移動需要の差異を評価するものである。

3 公共交通機関のオープンデータ

公共交通機関における、路線や運行状況などについてのデータは、旅客の利便性を高めるために、簡易な形で一般に公開されている。

公共交通機関における最も簡易なオープンデータとして、交通システムの時刻表と、交通システムの路線図が存在する。

時刻表は、列車が交通システム内の駅を発着する時刻、およびそれぞれの列車における「快速」や「各駅停車」などの種別、行先を表にしたものである。時刻表は交通システムに関連するオープンデータの中でも特に容易に参照が可能であり、情報総量も少ないといえる。交通システムの性質上、運行本数はその時間帯の需要に対応している場合が多いことが知られている。

路線図は、それぞれの路線の駅をグラフ構造で表したものである。路線図には、他路線との接続や、種別ごとの停車駅の情報が含まれる場合がある。

また、一部の鉄道路線においては、駅ごとの1日単位の乗降人数が公開されており、それぞれの事業者のWebページなどから参照することができる。

更に、公共交通機関の車両については、座席と吊り革の数からなる定員が設定されている。なお、ここで用いる「定員」という語は、その列車に設けられている座席と吊り革の数の和であり、その列車に物理的に収容することのできる上限の人数を指すものではない。そのため、実際の乗車率が100%を超える場合が存在する。この定員は、同一規格の車両を用いた交通機関であればおよそ共通している値をとる。その定員の数に対し、ある時点で乗車している乗客の割合は乗車率と呼ばれ、各種報道における混雑度の指標に用いられている。

4 提案手法

本研究の提案する手法は、交通システム内の各駅における時刻表と、各駅における1日あたりの乗降人数から、各時間帯・各駅間ごとの乗客数・乗車率を計算するものである。以下に、本手法の詳細について記述する。

4.1 用語の定義と前提の導入

なお、本手法の議論にあたり、下記の用語を定義する。

- 交通システムの駅を順に一次元配列として表したものを、交通システムの路線と定義する。
- 列車が発車する時刻について、駅、時間帯ごとの順として表した二次元配列を、時刻表と定義する。

An Estimation Method of Passengers Movement Demand in Railway Using Simple and Public Data

*Kousuke Nemoto, Department of Computer Science, Graduate School of SIE, University of Tsukuba.

†Koji Hasebe, Hirotake Abe, Kazuhiko Kato, University of Tsukuba, Faculty of Engineering, Information and Systems, Division of Information Engineering

- ある時間帯のある駅において、運行密度を、単位時間ごとに運行される列車の本数と定義する。乗車人数を、その駅で新規に列車に乗る人数の総和と定義する。降車人数を、その駅で列車から降りる人数の総和と定義する。また、移動人数を、ある時間帯のある駅における、列車の乗客の人数の総和と定義する。

更に、本手法の議論にあたり、下記の前提を導入する。ある時間帯について計算された運行密度に対して、その駅におけるその時間帯の列車1本あたりの乗客数を乗じることで、その時間帯にその駅を経由あるいは通過する旅客の総数を求めることができる。各駅ごとに運行密度が最大となる時間帯にのみ新規の乗車人数が最大になるものとし、各時間ごとの列車1本あたりの新規の乗車人数は、1日あたりのその駅における乗車人数を、各時間の運行密度に応じ比例配分した値とする。本手法について議論する上では、各駅において乗車した旅客は、乗車した駅の次の駅から終点までの駅のそれぞれについて、1日あたりの各駅の乗降客数と等しい比率で下車することを仮定する。このことは、路線内の交通需要が1日の乗車人数に基づき均等に分布していることを前提とするものである。

なお、実際の交通システムの運行に当たっては、需要によらず一定数の運行が保証される時間帯が存在する。例えば、一定の時間ごとに列車が運行されている日中の時間帯においては、朝夕のラッシュ時間帯に近づくにつれて需要が増加していくが、一方で正午付近の時間帯においては、需要が減少していることが知られている。そのため、より正確な移動需要を推定するには、このような時間帯における交通需要を一定程度減じて評価する必要がある。具体的には、算出された全ての運行密度のそれぞれから時間ごとに異なる調整値 $adj(1 \leq adj \leq 2)$ を減じ、その差を再度運行密度に代入する。

4.2 各駅における移動人数の推定

本研究の提案する手法は、交通システムにおける駅の配列 S 、および交通システムの時刻表 T が与えられたときに、それぞれの駅における単位時間ごとの移動人数 tp を計算するものである。

交通システムの駅 S 内の $m(1 \leq m < n)$ 番目の駅 s_m について、 p 番目の時間帯にあたる $\langle p\Delta t : (p+1)\Delta t \rangle$ における新規の乗車人数 $np(m, p)$ は、前提を用いて

$$np(m, p) = pass(m) \times \frac{dens(p, m)^2}{\sum_{i=1}^n dens(i, m)^2} \quad (1)$$

と計算することができる。

次に、同様の駅 s_m について、 t_m のうち p 番目の時間帯にあたる $\langle p\Delta t : (p+1)\Delta t \rangle$ における降車人数 $dp(m, p)$ は、前提を用いて

$$dp(m, p) = \sum_{i=1}^{m-1} \left\{ np(i, p) \times \frac{pass(m)}{\sum_{j=i+1}^n pass(j)} \right\} \quad (2)$$

と計算することができる。

以上より、交通システムの駅 S 内の $m(1 \leq m < n)$ 番目の駅 s_m について、 t_m のうち p 番目の時間帯にあたる $\langle p\Delta t : (p+1)\Delta t \rangle$ における移動人数 $tp(m, p)$ は、乗車人数、降車人数、移動人数の定義より

$$tp(m, p) = \sum_{i=1}^{m-1} \{ np(i, p) - dp(i, p) \} \quad (3)$$

と計算することができ、このように得られた $tp(m, p)$ の値が出力となる。

5 シミュレーション

提案手法に基づき、つくばエクスプレス上り路線の各時間帯・各駅ごとの全ての列車の乗車人数の合計を算出し、公表されている乗車率と比較するために、列車ごとの定員を用いて列車ごとの乗車率を推定した。乗車率に基づくヒートマップを図2に示す。ヒートマップにおいては、色の濃い部分の数値が大きく、色の薄い部分の数値は小さい。なお、各図の左右は駅を示し、左端が秋葉原駅、右端がつくば駅である。上下は時間帯を示し、上端は5時、下端は24時である。

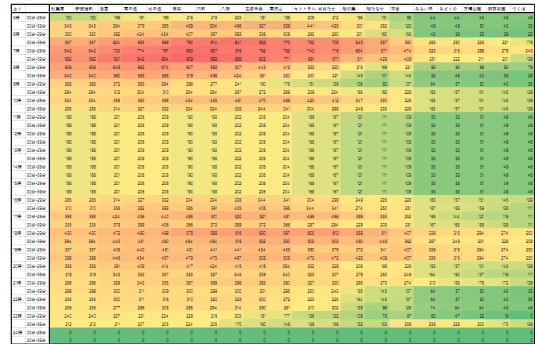


図 1: 上り路線における乗車率ヒートマップ

時間帯ごとの乗車人数が最大の区間は、7時台後半の青井駅～北千住駅間で、乗車人数の合計は8183人、列車ごとの乗車人数は909人と求められた。公表値では、最も混雑している区間・時間帯は、平日午前7時台後半～8時台前半の北千住-青井間であり、その乗車率は150%ほどである。提案手法は、実際の乗車率が最も高くなる時間帯・区間を正しく反映したが、その混雑率について25%ほどの誤差を生じた。

6 結論と今後の課題

本研究を通して、交通システムの時刻表および各駅の1日の乗車人数から、各時間帯の乗客数・乗車率を推定する手法を提案した。つくばエクスプレス上り路線を対象とした検証では、提案手法から最混雑区間・時間帯、およびその混雑率を、誤差25%以内の精度で推定した。なお、各時間帯の移動需要については公表値がないため、最混雑時間帯以外の検証は行っていない。

現在の提案手法では、運行密度が高くない終電付近の時間帯の混雑を表現できないことが挙げられる。そこで、今後の研究においては、他の鉄道路線や他種の交通システムなど、一般的な状況下で適用できることを検証するとともに、実質運行本数の削減手法を見直し、始発付近の実質運行本数を低減させる代わりに終電付近の実質運行本数を増加させることで、より実情に近いモデルを策定する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 第12回大都市交通センサス 平成28年度調査(集計) — 利用時刻別にみた鉄道利用者数の推計. 国土交通省, 2016
- [2] 岡野 宙輝, 太田 恒平, 廣田 正之, 今岡 将大 電車混雑予測～各列車・停車駅ごとの混雑推定情報が乗換検索にもたらすインパクト～. J-RAIL2016, 2016.
- [3] 松本 徹朗 首都圏鉄道における旅客流動の再現と運行スケジュールの評価. 中央大学卒業研究論文, 2011.