

鉄道往復利用を活用した時間帯別OD集計人数データの補間手法

○瀧本 友晴 中挾 晃介 [電] 國松 武俊

辰井 大祐 坂口 隆 (鉄道総合技術研究所)

Interpolation Method of OD Data using Passengers' Round Trip Data

○Tomoharu Takimoto, Kosuke Nakabasami, Taketoshi Kunitatsu,
Daisuke Tatsui, Takashi Sakaguchi (Railway Technical Research Institute)

In estimating the number of passengers on a train using the OD data which counted the number of passengers for each time zone accumulated by the automatic ticket gate, it is a problem that the data of passengers who gets off the station managed by another company is missing. On the other hand, in recent years, we can get the entry exit data from the automatic ticket gates and we can grasp the passengers' round-trip use. In this study, we propose a method to interpolate missing OD data from passengers' round-trip data. We interpolate OD data for actual routes by using our proposed method and verify the result.

キーワード : 往復利用, 自動改札機, OD データ, 補間

Key Words : round-trip use, automatic ticket gates, OD data, interpolate

1. はじめに

列車ダイヤを作成する際には、所要時間や乗換に加えて、列車の混雑する時間帯も、適切なダイヤを作成するための重要な要素となる。近年では、自動改札機で収集される時間帯別 OD 集計人数データ（以下、時間帯別 OD データ）を活用して、現行ダイヤやダイヤ改正案に対して乗車率を推定する手法も開発され、実用化されつつある¹⁾。しかし、取得可能な時間帯別 OD データは、自社が管理する駅の自動改札機のみであるため、他社が管理する駅の自動改札機を利用する旅客のデータが欠損するという問題がある。一方、近年では、自動改札機から旅客の入出場に関する詳細なデータが取得可能となりつつあり、そのデータから旅客の往復の鉄道利用が把握できる。本研究では、この往復の鉄道利用データを用いて、欠損している時間帯別 OD データを補間する手法（以下、提案手法）を提案する。これにより、時間帯別 OD データを利用した乗車率推定の精度が向上することが期待される。提案手法を実際の鉄道路線のある駅間に適用し、手法の有効性を確認する。また、時間帯別 OD データを補間する別の手法と結果を比較し、考察する。

2. 時間帯別 OD 集計人数データとその課題

時間帯別 OD データは、旅客が出場駅で自動改札機を通過する際に取得されるデータで、どの駅を入場した旅客が何人というようなデータが、30 分や 1 時間などの粒度の時間帯毎、および券種毎に集計されたデータである。

一方で、時間帯別 OD データは、他社への直通運転等により、他社が管理する駅の自動改札機を利用した旅客のデータが取得できない。このイメージを図 1 に示す。A 駅を

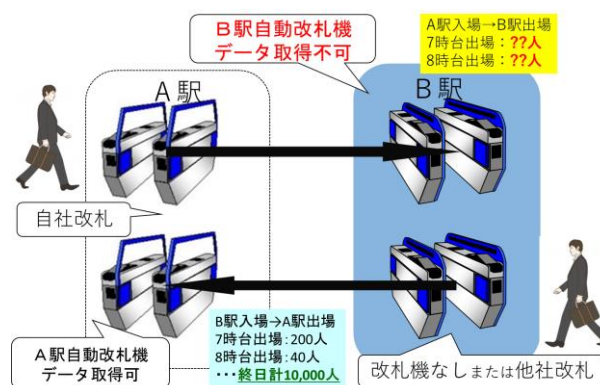


図 1 時間帯別 OD データの欠損

表 1 往復利用時間帯データ

(M→N駅) 出場時間帯	(M→N駅) 出場時間帯									
	5時台	6時台	7時台	8時台	…	18時台	…	25時台		
5時台	0%	1%	2%	2%	…	6%	…	1%		
6時台	0%	2%	3%	3%	…	9%	…	1%		
7時台	0%	0%	2%	3%	…	10%	…	1%		
8時台	0%	0%	0%	1%	…	20%	…	1%		
…	…	…	…	…	…	…	…	…		
18時台	0%	2%	4%	5%	…	1%	…	1%		
…	…	…	…	…	…	…	…	0%		
25時台	0%	0%	1%	2%	…	8%	…	0%		

自社が管理する駅、B 駅を他社が管理する駅とした場合、B 駅の自動改札機から入場した旅客のデータは A 駅の自社が管理する自動改札機を出場することで取得できるものの、A 駅の自動改札機から入場し、B 駅の自動改札機を出場した旅客のデータは、自社だけでは取得できない。

この課題への対処法として、A 駅→B 駅の終日の利用人数は、逆方向である B 駅→A 駅の終日の利用人数と同数となると仮定する方法がある。しかし、A 駅→B 駅の終日の利用人数を、時間帯毎の人数として合理的に割り振ることは出来ず、列車の乗車率推定の目的では、そのまま使用することはできない。

3. 往復利用時間帯データを用いた時間帯別 OD データ補間手法

3.1 往復利用時間帯データ

近年では、自動改札機から旅客の入出場に関する詳細なデータ（以下、旅客入出場時刻データ）が取得可能となりつつある。旅客入出場時刻データには、入場駅、入場時刻、出場駅、出場時刻に加え、旅客番号が含まれている。旅客番号により、旅客の往路利用と復路利用を関連付けることができる。これにより、例えばある特定の旅客が、朝 8 時に M 駅→N 駅に移動し、夕方 18 時に N 駅→M 駅に移動したといった、ある 1 日の中の旅客単位での往復利用を判別できる。このデータを全旅客分集約することで、「往路が 8 時台の旅客の 20%は復路が 18 時台、10%は復路が 19 時台…」といった、旅客の往路、復路の利用時間帯の傾向が把握できる。このデータを、縦軸を往路利用（出場）の時間帯、横軸を復路利用（出場）の時間帯とした表で整理したものを往復利用時間帯データ（表 1）とする。

なお、旅客入出場時刻データは、一部の券種（以下、券種 A）を利用している利用者からしか得られない。そのため、全利用者の傾向を反映することはできない点に注意する必要がある。

3.2 時間帯別 OD データの補間手法

往復利用時間帯別データを利用することで、欠損していない方向の時間帯別 OD データから、欠損している逆方向の時間帯別 OD データを補間する。具体的には、図 1 のように自社管理である A 駅→他社管理である B 駅の時間帯別 OD データを補間する場合、以下の手順（以降「提案手法」と表記）で補間を行う。

①B 駅→A 駅、A 駅→B 駅と利用状況が類似し、かつ旅

表 2 往復利用時間帯データの違いによる
駅間毎の推定値と正解値の誤差

		往復利用時間帯データ を作成する駅間		
		P 駅～Q, R, V, X, Z 駅	P 駅～U, V, W 駅	P 駅～ Q, R 駅
推定 対象 の 駅 間	P 駅→S 駅	10.8	24.1	11.5
	S 駅→P 駅	13.1	27.0	10.1
	P 駅→T 駅	46.1	21.1	60.3
	T 駅→P 駅	29.0	27.3	51.1
	P 駅→Y 駅	7.9	6.8	8.6
	Y 駅→P 駅	6.2	7.5	6.2

客入出場時刻データが取得可能な他の駅間（M 駅→N 駅、N 駅→M 駅、複数駅間でも可）を選定し、選定駅間における往復利用時間帯データ（表 1）を準備する。

②取得できている逆方向の B 駅→A 駅の時間帯別 OD データの各時間帯（例えば 8 時台）の人数に対し、往復利用時間帯データのその行の時間帯（8 時台）に対応する、逆方向（N 駅→M 駅）の時間帯毎の割合（例えば 18 時台が 20%、19 時台が 10%など）をそれぞれ乗じることで、B 駅→A 駅を 8 時台に利用した旅客について、A 駅→B 駅利用時の時間帯毎の人数を算出する。

③②を B 駅→A 駅の全時間帯について実施し、A 駅→B 駅の利用時間帯毎に算出した人数を集計することで、A 駅→B 駅の時間帯別 OD データを作成する。

3.3 往復利用時間帯データ作成における駅間の選定

往復利用時間帯データは、自動改札機を設置している 2 駅間の旅客入出場時刻データから作成できる。ここで、選択される 2 駅によって、往復利用時間帯データは異なる傾向が現れることが想定される。例えば、都心の大規模駅間である 2 駅間の往復利用の傾向と、大規模駅から郊外の小規模駅間の 2 駅の往復利用の傾向は異なることが想定される。そこで本節では、3.2①の使用する往復利用時間帯データの作成の際に、選定すべき駅間の特性に関する事前検討を行う。

具体的には、実際には時間帯別 OD データが欠損なく存在する複数の駅間を対象に、ある一方向の時間帯別 OD データが欠損していると仮定し、別の駅間から作成した往復利用時間帯データを利用して、逆方向の時間帯別 OD データから順方向の時間帯別 OD データを推定する。この推定値と、正解データである順方向の時間帯別 OD データとの誤差を算出することで、別の駅間の選定方法の妥当性を確認する。ここで誤差は、時間帯毎の推定値と正解値の人数の差の全時間帯における平均平方二乗誤差（値は人）とする。

本研究では、都心のある大規模駅である P 駅を中心に、別の大規模駅である Q, R, S 駅の 3 駅、P 駅から近距離にある、P 駅への通勤利用が多いと思われる小規模駅の T, U, V, W 駅の 4 駅、P 駅から遠距離にある X, Y, Z 駅の 3 駅を対象に、表 2 の 2 行目に示した駅間（P 駅～Q, R,

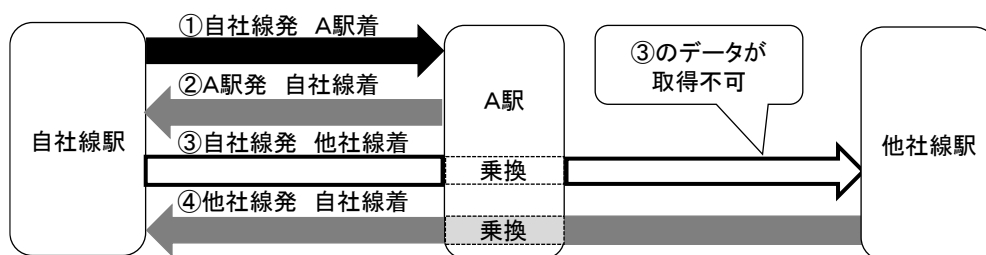


図3 検証対象区間のデータの取得状況

V, X, Z 駅, P 駅～U, V, W 駅, P 駅～Q, R 駅の3種類)の組合せで誤差を算出した。P 駅～Q, R, V, X, Z 駅の往復利用時間帯データは、駅間の規模、距離に関係なく作成したデータであり、P 駅～U, V, W 駅の往復利用時間帯データは、大規模駅と大規模駅から近距離にある小規模駅間のデータであり、P 駅～Q, R 駅の往復利用時間帯データは、大規模駅間のデータである。なお、往復利用時間帯データは1ヶ月分の券種Aの旅客入出場時刻データから作成し、時間帯別ODデータは5日分の券種Aの利用者のデータを用いている。

表2の3行目以降の誤差を示す駅間(P 駅→S 駅, S 駅→P 駅, T 駅→P 駅, P 駅→T 駅, P 駅→Y 駅)に、各往復利用時間帯データで推定した時の正解値との誤差を示す。各推定対象の駅間について、誤差が最小になったものを太字で示している。結果から、S 駅→P 駅, P 駅→T 駅, T 駅→P 駅については、それぞれ同規模の駅間から作成した往復利用時間帯データを使用した方が、そうでないものよりも誤差が小さくなった。また、P 駅→S 駅についても、駅間の規模、距離に関係なく作成した往復利用時間帯データの誤差が最小であったものの、同規模の駅間から作成したデータとほぼ差が無いことが分かった。

以上から、3.2①において往復利用時間帯データを適用する際には、任意の駅間で作成した往復利用時間帯データを使用することは避け、分析対象の駅間と同様の利用傾向の駅間を選定し、その駅間の往復利用時間帯データを作成、使用する必要があるといえる。

4. 実路線駅間を対象とした検証

4.1 検証対象

本検証では、他社線への乗換がある駅(ここではA 駅とする)と、自動改札機が設置されている2 駅(ここではB 駅とC 駅とする)の間を対象に、時間帯別ODデータの補間を行う。これらの駅間におけるデータの取得有無については図3に示す。A 駅は自社線内の駅ではあるものの、自動改札機を通ることなく他社線へ乗り換えることが可能であるため、B 駅あるいはC 駅からA 駅を経由し、他社線へ乗り換えた旅客のデータ(図3の③)は取得できない。

4.2 対象路線への提案手法の適用

欠損している③自社線(B 駅, C 駅)発他社線着の時間帯別ODデータについて、欠損していない①自社線発A 駅着, ②A 駅発自社線着, ④他社線発自社線着の時間帯別ODデータから補間する。具体的には、(自社線)→(A

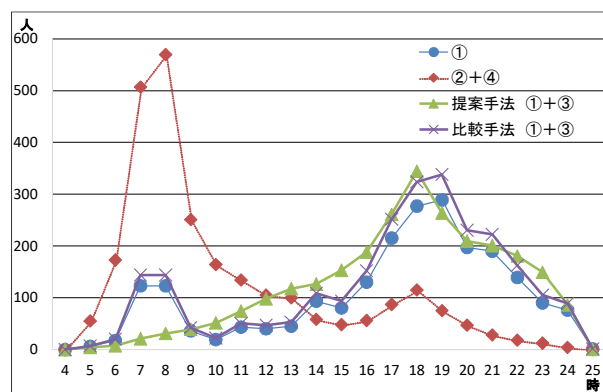


図4 B 駅→A 駅を対象とした①+③の推定

駅及び他社線)と(A 駅及び他社線)→(自社線)の移動旅客数は同数(つまり、①+③=②+④)と仮定し、②+④の時間帯別ODデータから往復利用時間帯データを用いて①+③の時間帯別ODデータを推計する。そして、算出した①+③の時間帯別ODデータから①の時間帯別ODデータを減じることによって、欠損している③の時間帯別ODデータを算出する。なお、往復利用時間帯データについて、3.3節において分類した3種類のうち、B, C 駅からA 駅と所要時間、駅の規模の組合せがほぼ同じ別の駅間を選定し、往復利用時間帯データを作成、使用する。また、時間帯別ODデータは5日分の全券種の利用者のデータを用いている。

4.3 比較対象の時間帯別ODデータの補間手法

提案手法との比較対象として、①の時間帯別ODデータの時間帯毎の人数分布を用いて補間する手法(以下、比較手法)を用いる。

具体的にはまず、提案手法と同様、①+③の終日旅客数は、②+④の終日旅客数と同数であると仮定して求める。次に、欠損している③の終日人数を②+④から①を減じることで求める。最後に、①の時間帯毎の人数分布と③の時間帯毎の人数分布は同じであると仮定し、③の終日人数を①の時間帯毎の人数分布で按分することで、③の時間帯毎の人数を求める。

4.4 B 駅→A 駅を対象とした時間帯別ODデータ補間結果

B 駅→A 駅の推定結果を図4に示す。横軸が時間帯(時台)、縦軸が人数(人)を示している。結果を表す折れ線グラフについて、●は、B 駅→A 駅の時間帯別ODデータ(①)、◇は、A 駅→B 駅の時間帯別ODデータ(②+④)、▲は、提案手法により推定したB 駅→A 駅の時間帯別OD

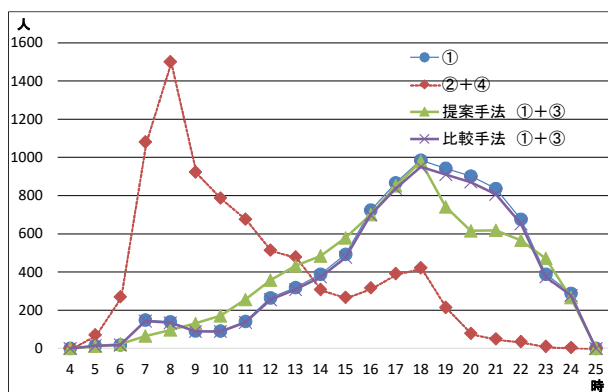


図5 C駅→A駅を対象とした①+③の推定

データ (①+③), ×は, 比較手法により推定した B 駅→A 駅の時間帯別 OD データ (①+③) である。

図4の結果から, 提案手法で推計した値は, 7～8 時台の時間帯を除いて概ね①の値よりも上回っている一方で, 7～8 時台は, 前述の人数が負になっており適切な推定が出来ていない。この原因として, A 駅が乗換駅であるため, 他社線への乗換乗車を含んだ旅客流動など, A 駅特有の事情があり, 一般的な推計表では推定できなかったと考えられる。その他の時間帯は, 提案手法の値よりも①の値が小さくなっているため, 補間する③の人数が正となる観点では, 不自然では無い。一方で, 比較手法で推計した値は, 全体的に①よりも値が少し大きくなっており, 提案手法と比較すると妥当な結果が得られている。しかし一方で, A 駅で出場した旅客の時間帯毎の分布と, A 駅で他社線に乗り換える旅客の時間帯毎の分布が完全に一致するという仮定が妥当かどうかには課題があり, 詳細な検証が必要である。

4.5 C 駅→A 駅を対象とした時間帯別 OD データ補間結果

C 駅→A 駅の推定結果を図5に示す。凡例は図4と同様である。

図5の結果から, 提案手法で推定した値は, 7 時～8 時の時間帯と 19～22 時の時間帯で①を下回っている。特に, 夕通勤時間帯で推定が出来ていない。これも, 当該駅間特有の傾向であり, 推定に用いた往復利用時間帯データでは, その傾向を反映できないためであると思われる。

なお, C 駅→A 駅については, ①の終日旅客数が②+④の終日旅客数よりも上回っているため, そのままでは他社線への乗り換え人数は推定できず, まずは①+③の終日旅客数に対する, 何らかの補正処理が必要となると考えられる。

さらに, 当該駅間以外でも, 同様の傾向がみられる区間が存在する。例えば, 他社線が並行している場合などは, 往路と復路で利用する会社が異なる場合があると考えられる。このように, 順方向と逆方向の旅客数が大きく異なる場合においては, 手法の有効性に課題が残る。

5. おわりに

本研究では, 時間帯別 OD データによる乗車率推定の精度向上を目的に, 他社が管理する駅の自動改札機を利用す

る旅客の時間帯別 OD データが欠損するという問題に対し, 旅客入出場時刻データから作成できる往復利用時間帯データを利用して欠損したデータを補間する手法を提案した。まず, 事前検証により, 往復利用時間帯データの作成に使用する駅間は, 推定対象駅間と類似する利用傾向の駅間を選定する必要があることを確認した。また, 実際に時間帯別 OD データの一部が欠損する実路線を対象とした検証により, 提案手法は, 一部の駅間, 時間帯においては, 有効である可能性が示唆された。

検証の中で, 特に提案手法の前提である, 順方向と逆方向の時間帯別 OD データの終日旅客数が大きく異なる場合もあり, その場合には, 正確な推計が困難であることがわかった。この課題については, 何らかのデータ補正の必要があると考える。これについては, 今後の課題とする。

参 考 文 献

- 1) 國松武俊, 平井力, 富井規雄: マイクロシミュレーションを用いた利用者の視点による列車ダイヤ評価手法, 電気学会論文誌 D (産業応用部門), Vol.130, No.4, p.459-467, 2010.04
- 2) 瀧本友晴, 中挾晃介, 國松武俊, 辰井大祐: 旅客入出場時刻データを用いた鉄道往復利用の分析, 電気学会全国大会論文集, p.454-455, 2019.03