

ICカード履歴データの分析期間とCOVID-19が公共交通利用者数に及ぼすインパクトの関係性分析

宮崎大学 学生会員 中島 湧希 正会員 嶋本 寛

1. 背景と目的

COVID-19 感染拡大に伴い人々の移動自粛が促され、公共交通事業者は甚大なダメージを受け、パンデミックが公共交通利用者数に及ぼす影響を把握することは重要である。先行研究¹⁾では、バス利用者数をベイズ構造時系列モデルに適用することにより短期・中期的影響を評価している。本研究では、より長期のデータを収集し、分析期間とパンデミックの影響を表す指標の関係性を分析することを目的とする。さらにカード種別を用いることで年齢層による影響の違いを比較する。

2. 使用するデータ・評価手法の概要

(1) データの概要

本研究では、宮崎交通（株）より提供を受けたもので、全国で利用可能なICカード「nimoca」のデータを使用した。対象データは宮崎市内の停留所を起終点のいずれかに含むトリップであり、カード種別、乗車・降車停留所名、降車・乗車時刻に加え、ランダムに変換されたカードIDが含まれている。分析対象期間は、2016年4月1日から2022年3月31日までの7年間で、データ数は44,347,927トリップであった。なお、先行研究の分析対象期間が2019年4月1日から2021年3月31日である。

(2) 評価手法の概要

先行研究¹⁾と同様に状態空間モデルの1種であり多様な成分を分解可能なベイズ構造時系列モデル (BSTS)²⁾を用いて評価する。ベイズ構造時系列モデルは、式(1)に示す観測方程式と式(2)に示す状態方程式により定式化される。

$$y_t = Z_t^T \alpha_t + \epsilon_t, \epsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (1)$$

$$\alpha_{t+1} = T_t \alpha_t + R_t \eta_t, \eta_t \sim N(0, \omega_t^2) \quad (2)$$

ここに、 y_t 、 α_t はそれぞれ時点 t における観測変数、潜在変数、 Z_t は観測値と潜在変数の関係を表すマトリクス、 T_t は潜在変数の推移を表すマトリクス、 R_t は制御マトリクスである。紙面の都合上詳細は省略するが、カルマンフィルタの適用により、観測変数 y_t はローカル線形トレンド成分、周期成分、回帰成分等に分解可能である。

なお、先行研究¹⁾と同様に利用者数を標準化した上で、COVID-19 感染拡大がバス利用者数に及ぼす影響を後述する属性ごとに短期的と長期的にわけて分析する。短期的影響はBSTSから算出される利用者数の予測値と実測値の経時データから算出される指標である「相対インパクト」により評価し、長期的影響はローカル線形トレンド成分の時系列推移により評価する。

以下の分析では、先行研究と同様に2020年3月1日以降をCOVID-19感染拡大の影響を受けた期間とする。

3. 全利用者に対する短期的影響評価

(1) モデルの頑強性検証による予測日数の延長

先行研究¹⁾では、2019年度、2021年度の2年間で分析対象期間でありパンデミック前の期間が1年であったため、BSTSの予測精度を鑑みて2020年3月1日から31日までを短期的影響の分析期間とした。本研究の分析対象期間は2016年度から2022年度に拡張されたため、BSTSの予測期間を延ばしても先行研究と同等の予測精度となることが期待される。そこで、パンデミック前の2020年1月31日までのデータを用いて、予測期間を変化させながらモデルの頑強性評価を行った。

表-2に結果を示す。予測期間と平均絶対パーセント誤差(MAPE)の間に明確な関係が見られないものの、予測期間を49日としてもMAPE³⁾は先行研究とほぼ同等であるため、本研究における短期的影響分析の分析期間を49日間(2020年3月1日から4月18日まで)とする。なお、短期的影響分析期間の大部分は、全国で発令された緊急事態宣言期間(4月16日から5月25日)より前である。

表-1 予測精度の期間ごとの比較

予測期間 (日)	29日*1	29日	35日	42日
MAPE(%)	8.68	4.51	8.93	5.34
R ²	0.9772	0.9510	0.9704	0.9678
予測期間 (日)	49日	56日	63日	70日
MAPE(%)	5.24	20.66	15.65	24.66
R ²	0.9675	0.9580	0.9147	0.9330

*1: 先行研究の予測精度

(2) 短期的影響分析

パンデミック前の2020年2月29日を学習データとしてモデルに適用し、成分分解した残差(ローカル線形トレンド成分、月変動、週変動、休日ダミー以外の成分)を図-1に示す。予測期間である2020年3月以降は負値であり、パンデミック後の乗客数を過大推計していることが読み取れる。表-2に相対インパクトを示す。COVID-19感染拡大初期の49日間で宮崎市において、40.1%程度の利用者数が減少したと推計される。31日間で対象期間とした先行研究¹⁾では、パンデミックによる減少が26.1%と推計されており、短期的影響分析の対象期間を拡大することにより相対インパクトが大きく推計される結果となった。

表-2 相対インパクトの比較

平均	5%tile	50%tile	95%tile
-0.401	-0.516	-0.414	-0.236

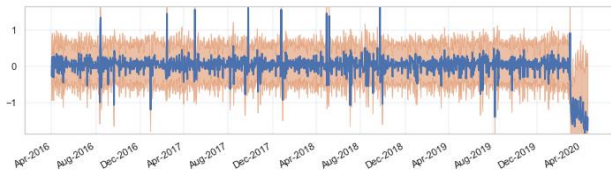


図-1 全利用者の残差

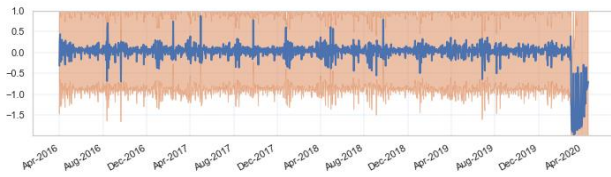


図-2 学生の残差

4. 属性ごとの影響の比較分析

(1) 属性の定義

本研究では、先行研究¹⁾と同様に、パンデミック前の期間中に1日1回利用に相当する1,430回以上の利用者である「高頻度利用者」、パンデミック前に利用者数の多いバス停ペアの利用者である「多利用バス停ペア利用者」を、それぞれミクロ的、マクロ的な視点の属性として定義する。さらに、ICカードに記録されているカード種別より、「通勤利用者」、「学生」、「高齢者」の3属性も分析対象とする。

(2) 短期的影響の比較

「全利用者」と「多利用バス停ペア利用者」は、全体的に似た指標を示すが「高頻度利用者」はそれらよりも小さい値を示すことから、「高頻度利用者」は短期的な影響は小さいと推察される。「学生」に着目すると平均で75.1%減少と「高齢者」、「通勤者」と比べると短期的な影響は大きいと推察される。これは、期間中に実施された一斉休校が一因であると考えられる。しかし、相対インパクトのばらつきが大きい、これはパンデミック前の長期休校期間を考慮していないためであることが考えられ、図-2に示す学生に残差を見ても残差幅が大きいことから成分分解の検討が必要である。それに対して「通勤者」は、平均をみても減少率は5.4%とほかの属性と比べると特に小さい値を示しており、短期的な影響は小さいと推察される。

(3) 長期的影響の比較

a) 利用頻度に着目した影響の比較

図-3に利用頻度別ローカル線系トレンド成分(以下ト

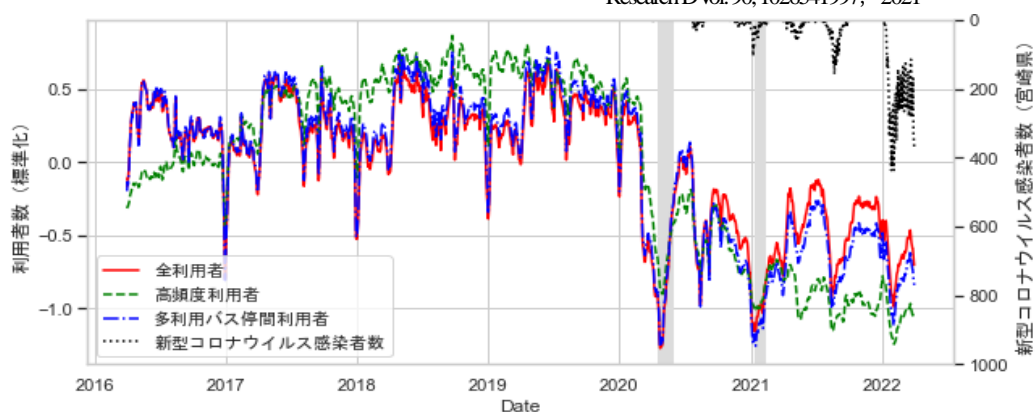


図-3 利用頻度別ローカル線系トレンド成分の時系列推移

表-4 属性別相対インパクトの比較

	平均	5%tile	50%tile	95%tile
全利用者	-0.401	-0.516	-0.414	-0.236
高頻度利用者	-0.311	-0.401	-0.317	-0.200
多利用バス停ペア利用者	-0.399	-0.520	-0.423	-0.266
高齢者	-0.343	-0.424	-0.347	-0.251
学生	-0.751	-1.329	-0.773	0.210
通勤者	-0.054	-0.239	-0.064	0.230

レンド成分とする)の時系列推移を示す。「高頻度利用者」に関しては、パンデミック後に着目すると減少傾向にあることがわかる。2021年1月の緊急事態宣言解除後のトレンド成分は回復することなく減少しており、他の属性と比べて異なる推移を示した。それに対して「多利用バス停ペア利用者」は、「全利用者」とほぼ同様の推移を示すが、2021年1月の宣言解除後は回復の程度は小さく、その後も小さい値で推移していることが読み取れる。なお、パンデミック前の「高頻度利用者」の時系列推移も全利用者と異なる傾向を示しているが、分析対象期間の途中から利用を開始した利用者のデータも含まれている可能性が考えられる。「高頻度利用者」の抽出方法は今後の課題としたい。

なお、カード種別に関しても同様に分析を行っているが、紙面の都合上講演時に結果を報告する予定である。

5. おわりに

本研究では、先行研究¹⁾で構築した方法論に対して分析対象期間を延長し、分析期間と公共交通利用者数に及ぼす影響を表す指標の関係を分析した。その結果、分析期間を延長することにより、影響が大きく推計されることが確認された。さらに、影響は属性によっても異なることが確認された。

<参考文献>

- 1) 嶋本寛, 楠原諒: ICカード履歴データを用いたCOVID-19が公共交通利用者数に及ぼす短期・中期影響分析, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2022
- 2) Hu, S., and Chen, P.: Who left riding transit? Examining socioeconomic disparities in the impact of COVID-19 on ridership, Transportation Research D Vol. 90, 1026541997, 2021