

第IV部門 バス IC カードデータを用いたベイジアンネットワークによる停留所別降車人数推計に関する研究

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○渡邊 悠介
京都大学経営管理大学院 正会員 宇野 伸宏

京都大学大学院工学研究科 正会員 中村 俊之
京都大学大学院工学研究科 正会員 Jan-Dirk Schmöcker

1. はじめに

交通事業者にとって、新たな路線計画策定や利用者ニーズに沿ったダイヤ改正等のサービスを展開するにあたっては、利用者の移動実態、特に OD を把握することが重要である。バス交通に着目すると、こうした利用者の移動実態は、乗り込み調査やPT調査により把握が行われてきた。前者は、全路線に対して実施することは厳しく、後者は抽出された対象者のみの回答となるなどの問題を抱えている。

そうした中で、近年普及している IC カードデータを利用することで、利用実態の把握を可能とすることが期待される。しかし、均一料金制度を採る区間では、乗車時、降車時のいずれかにカードをタッチすることから、結局のところ、利用者の OD について把握ができない状況である。本研究では、将来的な OD 把握の事前段階として、IC カードデータを用いた停留所別降車人数推計を行い、その精度について検証する。

2. 研究手法

本研究では均一料金制度を採る区間を仮定し、IC カードからは事前に乗車人数が既に把握できているものとする。なお、停留所別降車人数推計にあたり、推定手法の精度検証を行うことから、実際は乗車、降車ともに IC カードから得られているデータを用いる。

停留所別降車人数推計の手順として、まず、停留所別降車人数に影響を与えられ考えられる変数を抽出する。次に、抽出した変数に関する基礎分析を行い、各独立変数が従属変数に与え得る影響を確認する。そして、これまでに抽出した各変数を用いて、ベイジアンネットワークを活用し、停留所別降車人数推計を行う。

ベイジアンネットワーク¹⁾とは、複数の変数間の定性的な依存関係をグラフ構造によって表し、個々の変数間の定量的な関係を条件付確率で表したモデルであ

る。本研究での適用にあたっては、乗車人数規模に応じて、停留所特性は異なると想定し、乗車人数別のカテゴリを設定し、乗車人数と降車人数の比（降車人数を乗車人数で除した値、以下乗降比と呼ぶ）を従属変数として設定する。

3. 分析対象地域及びデータ概要

本研究では、静岡県静岡市を分析対象地域とする。対象地域では、しずてつジャストライン株式会社によって路線バスが運行されており、分析にはしずてつグループが導入している IC カード「LuLuCa (ルルカ)」により収集されるデータを利用する。データ期間は 2013 年 9 月 1 日から 2014 年 8 月 31 日の 1 年間で、データ項目はカード ID、カード利用日、乗車時刻、乗車停留所、降車時刻、降車停留所、利用金額である。なお、本研究で利用するデータには、カード保有者の住所や氏名、年齢等の個人情報に関する事項は含まれていない。

4. 利用変数及び基礎分析

推計に用いる独立変数として、乗車人数、朝時間帯利用割合、夕時間帯利用割合、低頻度利用者割合、高頻度利用者割合、平日利用割合、片道利用者割合、路線重複数、一方向停車ダミー、最近隣停留所間距離、位置ダミー（駅、商業施設、学校、住宅地、レジャー施設、役所）を抽出し、利用することとする。

抽出した変数を用いて従属変数（乗降比カテゴリ）とのクロス集計による結果を示す。図 1 は乗車人数との結果であり、乗車人数が少ないほど乗降比は 1 から離れた値をとり、一方、乗車人数が多いほど乗降比は 1 に近い値をとる傾向が確認できる。図 2 は高頻度利用者割合の結果であり、高頻度利用者割合が小さいほど乗降比は 1 から離れた値をとる傾向となる。

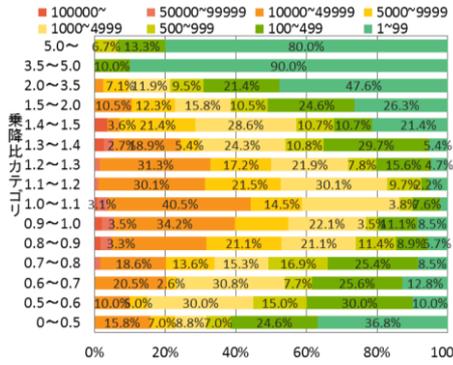


図 1 乗降比カテゴリ別の乗車人数カテゴリ構成比

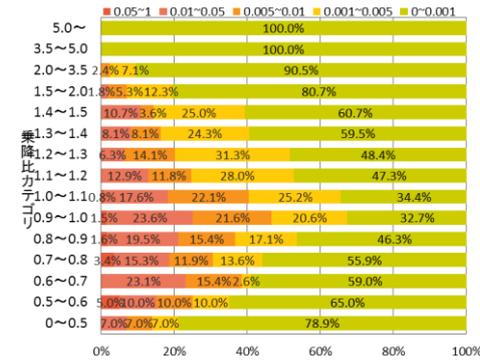


図 2 乗降比カテゴリ別の
高頻度利用者割合カテゴリ構成比

5. ベイジアンネットワークの適用

推計結果は、前述のように乗車人数が大きく影響を与えているとの認識から、全ての利用が同一停留所間での往復利用であると仮定した、乗降車数一致のケースと、ベイジアンネットワークにより推定された結果を比較検証する。比較検証の際には、乗車人数規模別に 4 つのカテゴリに分け、モデルを構築した。今回、年間乗車人数が 6 万人以上となる停留所は、地域内の中心駅に存在する停留所であり、サンプル数が少なく、推計ができないために対象外としている。具体的なモデル構造は、相関分析によって従属変数との有意な相関が見られた変数を少なくとも親に持つとし、K2 アルゴリズムにより決定した。

各乗車人数規模での推計結果を表 1 に示す。これより、乗車人数規模 1~99 人での平均誤差率を除き、ベイジアンネットワークモデルによる推計値の方が良好な結果が得られている。図 3 は乗車人数規模 100~999 人での推計結果の分布図である。ベイジアンネットワークモデルでの推計値は、降車人数が 1,000 人を超える場合にも改善されており、より 45 度線に近い推計値も多くなっていることが確認できる。また、図 4 は乗車人数規模 1,000~9,999 人での推計結果の分布図である。

表 1 各乗車人数規模での推計結果

		平均差	平均誤差率	RMSE	
乗車人数規模	1~99	乗降車数一致	195.5	78.0%	1,291.5
		ベイジアン	183.6	79.2%	1,261.9
100~999	乗降車数一致	220.0	59.0%	620.3	
		ベイジアン	195.5	37.9%	506.4
1,000~9,999	乗降車数一致	975.1	28.5%	1,806.2	
		ベイジアン	710.0	17.8%	1,628.6
10,000~59,999	乗降車数一致	3,121.7	18.2%	4,848.7	
		ベイジアン	2,627.7	15.2%	4,796.9

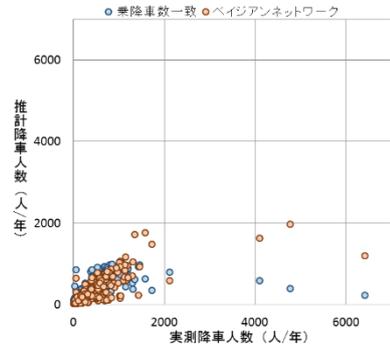


図 3 推計結果分布図（乗車人数 100~999 人）

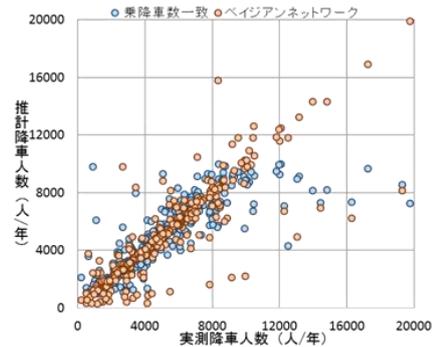


図 4 推計結果分布図（乗車人数規模 1,000~9,999 人）

図 3 と同様の傾向が確認できる一方で、45 度線から大きく外れた値も多く存在していることが確認できる。推計乗降比が実測値から外れた際の影響が、規模の大きい停留所ほど顕在化しているためと考えられる。

6. おわりに

本研究では、料金均一制度を採る区間での乗降車数を把握するために、停留所別降車人数の推計に関する研究を行った。比較検証結果として、乗降車数一致のケースよりも推計精度は改善されることを示した。研究課題としては、乗車人数規模を理論的な根拠に基づいてカテゴリ化すること等が挙げられる。

参考文献

- 1) 木村陽一,岩崎弘利著：ベイジアンネットワーク技術,東京電気大学出版局,2006