

バス路線の経路検索数と停留所周辺環境の関係性の分析

鳥取大学 学生会員 ○中井 健太郎
 鳥取大学 学生会員 細江 美欧
 鳥取大学 正会員 桑野 将司
 鳥取大学 正会員 森山 卓
 鳥取大学 非会員 菅原 一孔

1. 序論

交通ビッグデータの多くは分析者の意図に沿った目的で収集されておらず、PT 調査で取得されるような移動目的に関する情報は含んでいない。しかし、交通行動の多くは派生的需要によって発生するものであり、移動目的を知ることは交通メカニズムの解明や交通需要予測などにおいて必須である。既往研究^{1),2)}では交通系 IC カードデータや GPS データなどの移動軌跡は含まれるが移動目的が未記録なデータに対して、PT 調査データやコンテキストデータなどと組み合わせることで、移動目的を推測するための方法論が提案されている。

しかし、交通系 IC カードシステムは全国どの地域においても導入されているわけではなく、特に地方部では未導入なために、交通系 IC カードデータを入手できない地域は多い。また、GPS データは人口が少ない地方部では秘匿とされることが多く、簡単に入手できない。

そこで、本研究では経路検索システムの検索履歴データ（以降、経路検索データ）に着目する。経路検索システムとは、目的地や出発地、利用希望日時を入力すると、最適な経路や運賃、所要時間などが提示される Web サービスであり、近年地方部への導入が加速的に進んでいる。経路検索データには検索者の移動意向に関する情報が記録されているが、他の交通ビッグデータと同様に、検索者の属性や移動目的は未記録である。

本研究では経路検索システム「バスネット」を用いたバス路線の経路検索数と停留所周辺環境の関係を明らかにし、両者の関係から検索者の人物像と移動目的の推測のための示唆を得ることを目的とする。

2. バスネットと使用データの概要

バスネットは山陰両県に導入されている経路検索システムで、徒歩移動を考慮したバスや鉄道などの乗換

表-1 経路検索データに記録される情報

項目	備考
起終点	停留所名、駅名、施設名、緯度経度
日時	検索実施日時、公共交通指定利用日時
時間指定方法	検索実施時刻から何分後に出発、特定の時刻指定、始発時刻、終発時刻
発着指定	出発指定、到着指定
指定交通機関	鉄道を含む、バスのみ
指定バス会社	日の丸自動車、日本交通、コミュニティバス、一畑バス
アクセス端末	携帯電話、スマートフォン、パソコン、タブレット端末、アンドロイドアプリ、インテリジェントバス停
経路探索結果	出発地、目的地、経由地、利用公共交通の発着時間所要時間、待ち時間、利用公共交通機関の路線

え案内を行う「経路検索」、バス停や駅間の時刻表を表示する「時刻表検索」、運行中のバスの現在位置情報を提供する「バスロケーションシステム」の3つの機能を有する Web アプリケーションである³⁾。バスネットでは出発地や目的地、希望する移動日時や交通機関などを入力および選択することで、検索者の希望に応じた経路検索結果が返される。

b) バスネットの検索履歴データの概要

本研究ではバスネットを用いて検索された鳥取県内のバス路線218路線に関する経路検索データを用いる。表-1に経路検索データに記録される情報を示す。蓄積された情報のうち、本研究では起終点および日時の情報を使用する。分析期間は2018年1月1日から2019年12月31日までの2年間で、この期間に蓄積されたデータは776,160件である。このうち、有効データの条件として、1)起終点が正しく記録されていること、2)利用指定日時が検索実施日時以前の検索でないこと、3)利用指定日時が上記2年以内であることの3つを設定し

キーワード 経路検索システム、非階層クラスター分析、決定木分析、移動目的

連絡先 〒680-8550 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部情報システム研究室

TEL 0857-31-5313

表-2 施設立地データの項目一覧

施設名		
(建物件数)		
戸建	住宅系建物	事業所兼住宅
団地	アパート	事業所
寮, 社宅	マンション	
(入居者件数 (戸数))		
飲食	不動産	物販 (日用雑貨)
量販店	医療, 福祉	サービス (冠婚葬祭)
娯楽	運輸	サービス (生活関連)
金融, 保険	インフラ	サービス (レンタル)
専門職	協同組合	サービス (自動車)
公共	自動車関連	ホテル, 旅館
教育	一般業	スポーツ施設
建設, 設備	物販 (衣料)	宅配, 引越, 郵便
宗教関連	物販 (食品)	

た。ただし、鳥取県内の移動であっても乗換えを行う場合は除外している。その結果、518,315 件の経路検索データが抽出された。

c) 停留所周辺環境に関するデータの概要

停留所周辺環境に関するデータとして各停留所周辺の人口および施設立地情報を用いる。停留所周辺の定義としては、既往研究⁴⁾を参考に停留所を中心に半径500m 圏内とする。

本研究では株式会社ゼンリンが提供するメッシュ統計地図データと建物統計データを用いて、2018年および2019年の人口と施設立地に関するデータを集計した。人口に関するデータには、5歳階級別住民基本台帳人口に基づく0～4歳人口、5～9歳人口、…、75～79歳人口、80歳以上人口の17種類を用いる。施設立地に関するデータには、ゼンリン住宅地図に基づいて集計された34種類の施設立地情報を用いる。表-2に施設立地データの項目一覧を示す。

3. 経路検索パターンの抽出

地域版の経路検索システムであるバスネットはコミュニティバスのような地域特有のバス路線も網羅しているため、来訪者だけでなく地域住民の利用も多いと考えられる。また、市街部を運行する路線、山間部を運行する路線というように路線によって路線周辺の環境が異なるため、検索傾向に違いが生じることが想定される。検索傾向が異なる路線に対して、同質性を仮定し分析を行うと、適切に現象を表現できず、誤った解釈を招く可能性がある。そのため、同質な検索傾向を持つ路線をグループ化する。

本研究では、分析対象期間において路線ごとの1停留所あたりの日平均検索件数の月変動が類似するグループに各バス路線を分類する。ただし、分析期間において

1度も検索されなかった9路線を除外し、209路線を分析対象とする。さらに、路線によって月別日平均検索件数のオーダーに差があるため、路線ごとに日平均検索件数を標準化し、非階層クラスター分析の代表的手法であるk-means法をグループ化に用いる。なお、クラスター数の設定は、恣意的ではあるがグループ間の違いが最も顕著に表れた6とした。

図-1 (a)～(f)に各クラスターに分類された路線の月別標準化日平均検索件数の推移を示す。また、各クラスターに分類された路線の標準化日平均検索件数の月別標準化日平均検索件数の推移を示す。各図中には各クラスターに分類された路線の標準化日平均検索件数の月別平均値の推移も示している。この平均値の推移傾向をもとに各クラスターを考察する。なお、分類された路線数が多い順に各クラスターをC1～C6とする。

C1は2018年1月の平均値が高いものの、それ以降は横ばい状態にあり、比較的検索傾向が安定した路線のグループといえる。C2は2018年3月、8月、12月、2019年3月、8月、12月に平均値が上昇する傾向にあることから、春季、夏季、冬季の長期休暇との関連が示唆される路線グループと考えられる。C3は2019年8月に大きなピークがあるグループである。C4は2018年においては平均値の推移に大きな変化はないが、2019年になると平均値が徐々に上昇している傾向が見られる。2019年10月に平均値が一度下がっているものの、再び上昇していることからC4に属する路線の検索は上昇傾向にあるといえる。C5は2018年と2019年の月別平均値の推移に違いがある。例えば、2018年1月から2月は平均値が上昇して

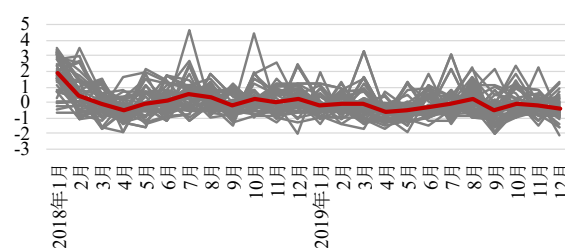


図-1 (a) C1 : 安定傾向 (N=52)

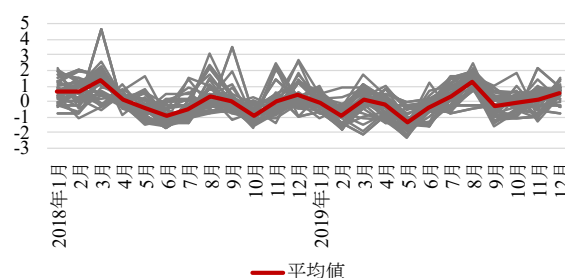


図-1 (b) C2 : 長期休暇に増加傾向 (N=48)

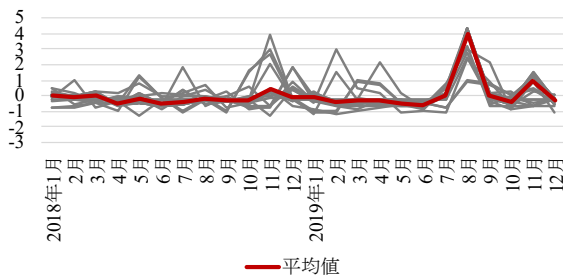


図-1 (c) C3 : 2019年8月にピーク (N=43)

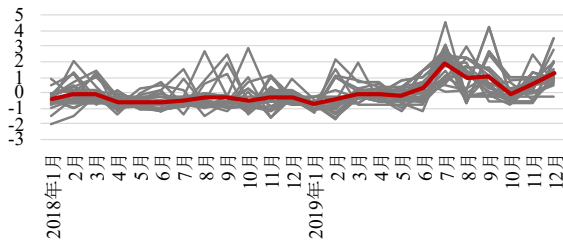


図-1 (d) C4 : 上昇傾向 (N=27)

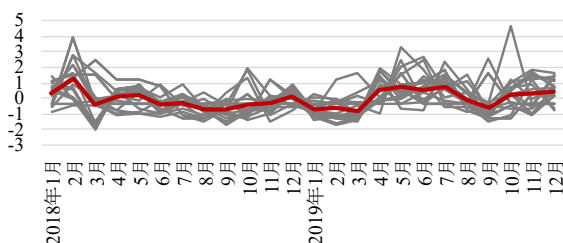


図-1 (e) C5 : 年によって不安定 (N=23)

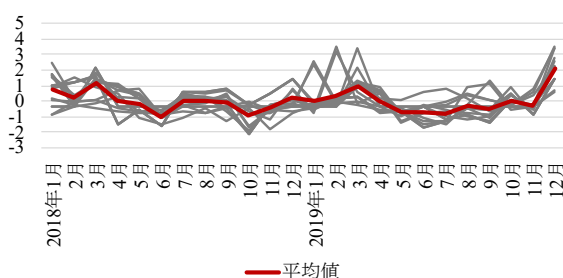


図-1 (f) C6 : 冬から早春に増加傾向 (N=16)

いるが、2019 年では変化していない。このことから、C5 は年によって検索傾向が変わる路線グループと推察される。C6 は各年において1月から3月、12月の平均値が他の月と比較して高いことから、冬季から早春の時期に検索数が増加するグループと考えられる。

4. 経路検索パターンと停留所周辺環境の関係性

前章で分類した6つの路線グループと停留所周辺環境の関係を決定木分析によって分析する。決定木分析のアルゴリズムはいくつかあるが、本研究ではCARTアルゴリズムを採用する⁹⁾。サンプルは209路線とし、目的変数には6つのグループ (C1～C6)、説明変数の候補には計51種類の人口データおよび施設立地データを用いる。ただし、分析期間の2年間に於ける各路線の1バス停留所あたりの平均値を説明変数に用いる。

図-2に決定木分析の結果、構成された樹木図を示す。

丸枠で囲まれているノードは分岐前を表し、四角枠で囲まれているノードはそれ以上分析しない終結ノードを示している。図-2より、終結ノードとして8個のノードが検出された。各グループの検索傾向に影響を及ぼす有意な変数として「65～69歳人口」、「事業所兼自宅」、「宗教関連」、「物販 (日用雑貨)」、「住宅系建物」、「0～4歳人口」、「80歳以上人口」の7変数が抽出された。以降、特徴が現れたノードのみについて考察を述べる。

ノード 6 に着目すると、路線の 1 停留所あたりの 65～69 歳人口の平均が 6.9 人以上かつ宗教関連施設数の平均が 0.14 件以上ある路線は C2 (長期休暇に増加傾向) に分類される割合が高いことがわかる。C2 に属する路線の検索数は長期休暇中に増加傾向にあり、初詣やお盆などでお寺や神社といった宗教関連施設の利用との関連が考えられる。つまり、前期高齢者に含まれる 65～69 歳の人が宗教行事に際して経路検索システムを利用している可能性がある。

ノード 9 に着目すると、路線の 1 停留所あたりの 65～69 歳人口の平均が 6.9 人未満、事業所兼住宅件数が 0.014 件以上かつ物販 (日用雑貨) 戸数が 0.017 件未満の路線は C1 (安定傾向) に分類される割合が高い。したがって、バス路線沿いに居住する前期高齢者が少なく、商業施設が少ないバス路線では経路検索システムの利用数が安定しているといえる。加えて、停留所周辺の事業所兼住宅の存在は路線の検索数の安定性と関連することがわかった。つまり、住宅の一部が仕事場となっている建物の居住者あるいは訪問者がいるような場所を検索対象として、経路検索システムを日常的に利用する人が一定数存在すると考えられる。

ノード 12 に着目すると、路線の 1 停留所あたりの 65～69 歳人口の平均が 6.9 人未満、事業所兼住宅件数が 0.014 件未満、住宅系建物が 0.16 件未満かつ 0～4 歳人口の平均が 0.55 人以上の路線は C4 (上昇傾向) に分類される割合が高いことがわかる。子育て家庭を支援する目的で発行されている「とっとり子育て応援パスポート」が 2019 年 2 月に改定された。鳥取市では中心市街地内を運行する循環バス「くる梨」の乗車時にこのパスポートを所有していると、乗車料金が無料になる。0～4 歳人口は子育て世代の存在を示唆し、この世代のバス利用が近年増えていると考えられる。

5. 結論

本研究では分析対象交通機関の検索傾向と停留所

周辺環境との関連性を決定木分析を用いてモデル化し、抽出された変数を考察することで、検索者の人物像と移動目的の推察を試みた。

分析の結果、各路線グループの検索傾向に影響を及ぼす要因としては65~69歳人口、85歳以上人口、事業所兼住宅件数、住宅系建物件数、宗教関連施設数、日用雑貨店件数が挙げられた。これらの変数と各グループの検索傾向の関係から、路線周辺に居住する高齢者や子育て世代と関連があり、通勤や宗教関連施設への移動を目的にバスを利用することが示唆された。従って、検索傾向と停留所周辺環境の関連性を分析することで、検索者の人物像と移動目的が推察できる可能性があることが示された。

全国版の経路検索システム「NAVITIME」の検索履歴データを用いて検索者の移動目的を推察した研究⁹⁾によると、買い物や通院を目的とした住民、および観光を目的とした来訪者との関連が示されており、本研究の推察結果とは異なる。このことから、経路検索システムは全国版と地域版によって利用のされ方に違いがある可能性がある。地域版の経路検索システムであるバスネットは、住民の生活行動に根付い

たシステムであり、日常的な行動である通勤の際も利用されると考えられる。

本研究では51個の説明変数をモデル構築に用いたが、検索者の人物像や移動目的を全ての路線グループに対して推察するには情報が十分とはいえない。そのため、投入する説明変数を増やすなどのモデル精度の向上を図る必要がある。

参考文献

- 1) Kusakabe, T. and Asakura, Y.: Behavioural data mining of transit smart card data: A data fusion approach, Transportation Research Part C, Vol.46, pp.179-191, 2014.
- 2) 塚本健太郎, 佐藤仁美, 森川高行: GPS やコンテキストデータを活用した行動目的の推定手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.50, 7 pages, 2014.
- 3) バスネット, バスネットについて, <https://www.ikisaki.jp/home/about>.
- 4) 長尾基哉, 中川大, 松中亮治, 大庭哲治, 望月明彦: 地方都市における鉄道・軌道の運行頻度に着目した駅周辺人口分布の経年変化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 27, No. 2, pp.399-407, 2010.
- 5) 大滝厚, 堀江宥治, Steinberg, D: 応用2進木解析法, 日科技連出版社, pp. 1-53, 1998.
- 6) 細江美欧, 桑野将司, 森山卓: 経路検索に現れる移動需要と駅周辺環境の関連性分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.61, CD-ROM, 8 pages, 2020

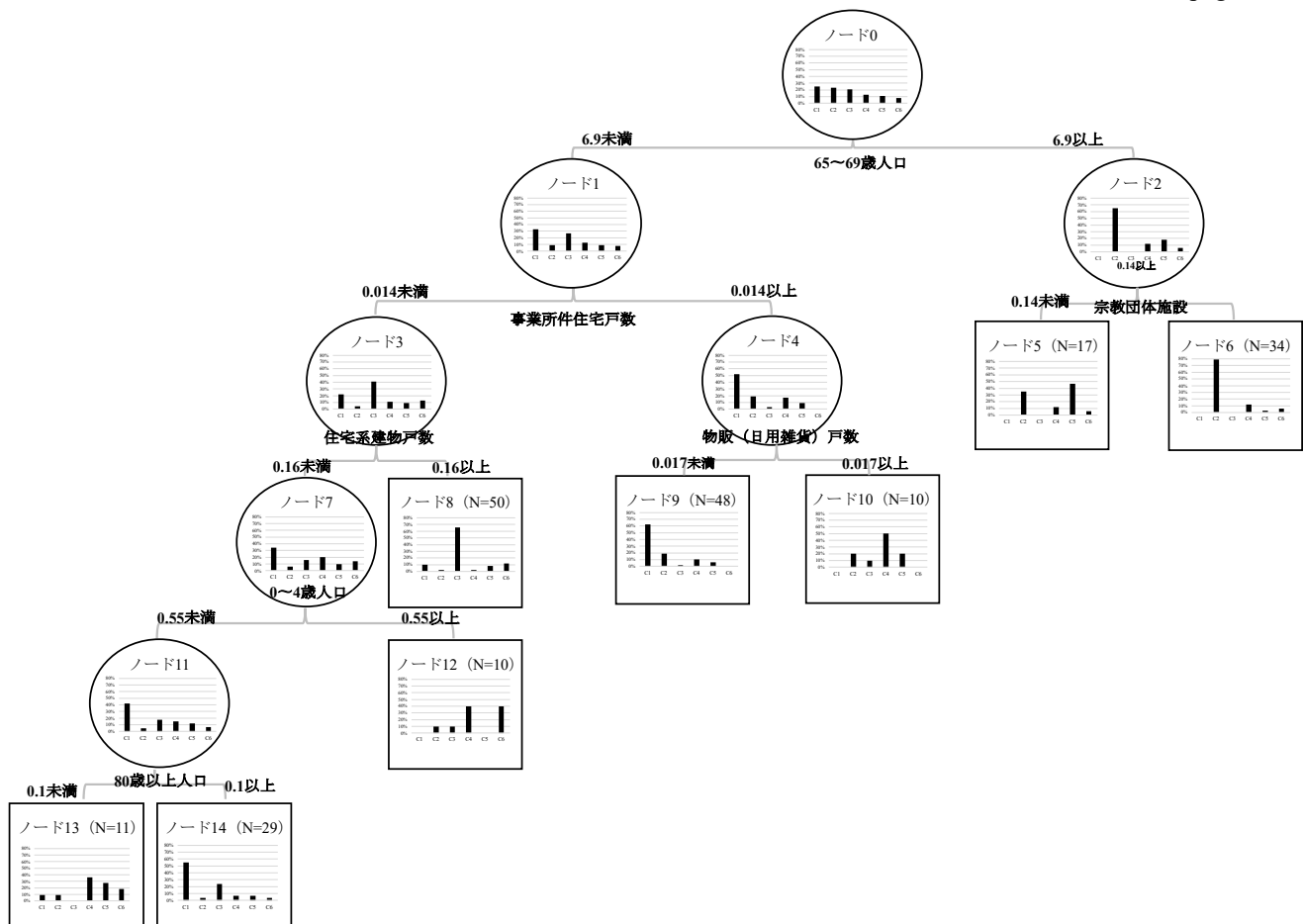


図-2 樹木図