

# 経路検索数と地域特性の関連性分析

中井 健太郎<sup>1</sup>・細江 美欧<sup>2</sup>・桑野 将司<sup>3</sup>・森山 卓<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 鳥取大学 工学部社会システム土木系学科 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南四丁目101)  
E-mail: b17t4065b@edu.tottori-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 鳥取大学 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南四丁目101)  
E-mail: d19t4003b@edu.tottori-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 鳥取大学教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南四丁目101)  
E-mail: kuwano@tottori-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 鳥取大学助教 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南四丁目101)  
E-mail: moriyama@tottori-u.ac.jp

本研究では経路検索システムを用いた交通機関の検索数の推移と地域特性の関係を明らかにすることを目的とする。そして、検索者の移動目的推測のための示唆を得る。検索履歴データとしては、2018年1月からの2年間において、経路検索システム「パスネット」を用いて鳥取県内のバス路線を対象とされたものを用いる。本研究では、まず非階層クラスター分析を用いて分析期間において検索数の推移が類似する路線をグループにまとめる。そして、得られた各グループの検索傾向と地域特性の関係を決定木分析を用いて明らかにする。地域特性に関するデータとしては、路線周辺の人口分布と施設立地数を用いる。路線ごとの検索数の推移傾向と決定木分析の結果を考察すると、検索者像やその移動目的を推測できる可能性が示された。

**Key Words :** route-search system, non-hierarchical cluster analysis, decision tree analysis, user travel profile

## 1. 序論

IT 技術の向上により、交通系 IC カードの乗降履歴データやGPSによる位置情報データなどのさまざまな交通ビッグデータが収集、蓄積できるようになった。交通ビッグデータには人の移動軌跡に関する詳細な情報が記録されている。そのため、従来の紙面調査では拾いきれなかった交通行動が捉えられると期待されており、研究が進んでいる。

目下<sup>1)</sup>によると、これまでに交通分野で行われてきたデータ研究は、ニーズ先行型、シーズ先行型、データ先行型の3つに類型化され、交通ビッグデータを活用した研究はデータ先行型とされる。データ先行型はデータの取得が先行しているため、必ずしも分析者の意図した目的でデータが収集されているとは限らない。例えば、交通系 IC カードデータは元々料金収受を目的としており、PT 調査で収集されるような移動目的の項目は含んでいない。その他、移動軌跡が記録された交通ビッグデータに代表されるGPSデータも移動目的に関する情報を

収集できない。

一方で、交通需要の多くは派生的需要であるため、移動目的を把握することが交通メカニズムの解明や交通需要の予測において必須である。そこで、既往研究<sup>2)3)</sup>では交通系 IC カードデータ、GPS データといった交通ビッグデータと、さまざまなデータを組み合わせて、移動目的を推測するための分析方法が提案されてきた。

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 カードデータが入手できない地域が多い。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。そのため、地方部では行動データの蓄積が不十分なために、移動目的を推測する研究が進んでいない。

そこで、本研究では新たな行動データとして、経路検索システムに蓄積される検索履歴データに着目する。経路検索システムとは、目的地や出発地、利用希望日や希望時間帯を入力すると、最適な経路や運賃、所要時間などが提示される Web サービスである。その検索履歴デ

ータには検索者が「いつ、どこから、どこへ移動したいのか」という移動希望が記録されていることから、検索履歴データを分析することによって、潜在的な移動需要を推測できると期待されている。

太田ら<sup>9)</sup>は NAVITIME の検索履歴データから、終電を指定した終夜バスの検索、北陸新幹線開通後の金沢・富山着の検索、訪日外国人向けのシステムの検索、人気観光施設を目的地に設定した検索をそれぞれ集計分析した。そして、検索履歴データからわかる移動需要について考察している。見生ら<sup>6)</sup>は鳥取県に導入されているバスネットの検索履歴データから、検索者が、いつ、どこから、どこへ移動する予定であったのかを曜日や時間帯ごとに集計し、利用者の移動について分析している。香川ら<sup>7)</sup>は見生らと同様にバスネットの検索履歴データを用いて、地方都市の交通行動の特徴を明らかにしている。具体的には検索履歴データの起終点情報を検索者の潜在的移動需要と定義した上で、主成分分析を適用することによって、組合せの多い起終点情報をいくつかの特徴的な検索パターンとして集約した。さらに、算出された主成分得点を時系列データと見なし、各検索パターンの月変動および曜日変動を求めることで対象地域の移動需要の特性を解明した。

このように経路検索システムの検索履歴データに基づく移動需要の分析に関する研究の蓄積は進んでいる。その一方で、移動需要がどのような人のどのような目的によるものであったのかについては定量的に明らかにできていない。これは交通系 IC カードデータなどと同様に検索者の属性や移動目的に関する項目が検索履歴データにおいても記録されないからである。そのため、既往研究では検索回数から検索者像を特徴付けることや<sup>9)</sup>、起終点周辺における特定の施設の有無などから移動目的を恣意的に推測するに留まっている<sup>9)</sup>。

そこで、本研究では経路検索システムを用いて、検索された交通機関の検索傾向と地域特性の関係を明らかにすることを目的とする。そして、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。具体的には、山陰両県に導入される地域版の経路検索システム「バスネット」を用いて検索された鳥取県内のバス路線を非階層クラスター分析によって、検索傾向が類似するグループにまとめる。さらに、路線グループの検索傾向と路線周辺の地域特性との関係を決定木分析を用いて分析する。地域特性に関する情報は、メッシュ統計地図データと建物統計データからバス停周辺の人口分布と施設立地数で表現する。そして、検索傾向に影響を及ぼす要因を明らかにすることで、検索者の人物像と移動目的を推察する。

## 2. バスネットと使用データの概要

### (1) バスネットの概要

バスネットは鳥取県と島根県の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<sup>10)</sup>。

バスネットは2006年4月から鳥取県東部地域での運用が開始され、2015年11月には運用対象地域が島根県にも広がり、現在では山陰両県のバスと鉄道情報を網羅している。図-1にバスネットの経路検索機能を用いた Web 上での経路探索画面と探索結果画面の例を示す。図-1左側の経路探索画面に示すように、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探索結果(図-1右側)が返される。

### (2) バスネットの検索履歴データの概要と基礎集計

#### a) 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に蓄積される検索履歴データを用いる。表-1に検索履歴データに記録される情報を示す。起終点の情報に着目すると、バス停名や施設名などの地点名とは別に、地点の緯度経度情報が記録されている。これはバスネット上での起終点の指定方法に、あらかじめバスネット内に登録されているバス停名や駅名、施設名などの地点名から選択する「ランドマーク検索」と、検索者が地図上で任意に指定した地点を起終点に設定する「緯度経度検索」の2つが存在するためである。日時の情報は、検索者がバスネットにアクセスした日時と検索者が探索画面上で指定した公共交通の利用日時についてそれぞれ記録されている。その他に、検索者が指定した経路の探索条件や交通機関に関する情報が記録されている。さらに、経路探索結果に関する情報として、探索



図-1 経路探索画面(左)と探索結果画面(右)

表-1 検索履歴データに記録される情報

項目	備考
起終点	バス停名, 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

結果画面上で提案された経路の発着時刻や所要時間, 運賃についても記録されている。

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。データの収集期間は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つの条件を設定した。さらに, 本研究では鳥取県内のバス路線(全218本)を分析対象とする。

前述したように, バスネットの起終点の指定方法にはランドマーク検索と緯度経度検索があるため, 記録された起終点情報にはバス停名以外に, 駅名や施設名, 緯度経度がある。本研究ではバス停以外で指定された起終点を最寄りのバス停名の情報に変換する。具体的には, ランドマーク検索のうち, 起終点に駅名または施設名を指定した場合は, その場所から最短直線距離に位置するバス停名を最寄りバス停とする。緯度経度検索も同様に, 指定された緯度経度の点から直線距離が最短のバス停名の情報に変換した。

そして, バス停名から判定されたバス路線の情報から, 鳥取県内を対象した検索を抽出する。ただし, 県内移動であっても乗換えを行う場合は除外する。その結果抽出されたデータは518,315件であった。このうち, ランドマーク検索は470,866件, 緯度経度検索は47,449件であった。データに占める緯度経度検索の割合は約10%であり, 検索の多くはランドマーク指定とわかった。

**b) 基礎集計**

分析期間内における月別総検索件数の推移を図-2に示す。1ヶ月あたりの平均検索件数は約21,596件であった。図-2より, 2018年1月から2019年5月までの月別総検索

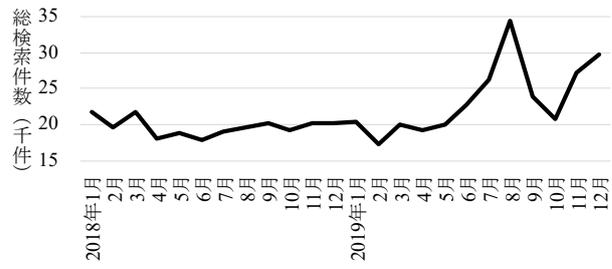


図-2 月別総検索件数の推移

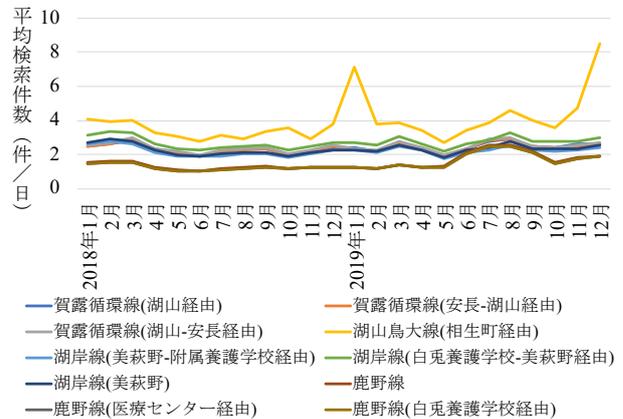


図-3 上位10路線の月別平均検索件数の推移

件数はやや増減はあるものの横ばい状態にある。しかし, 2019年6月から8月にかけて急激に増加している。その後, 総検索件数は減少するが, 2019年11月から再び増加している。これらの総検索件数の増減について原因がわかっていない。

図-3に分析期間における総検索件数上位10路線の月別平均検索件数を示す。ただし, ここでの平均検索件数は1バス停あたりの日平均検索件数とする。図-3より, 多くの路線の平均検索件数は期間を通して安定しているといえる。しかし, 湖山鳥大線(相生町経由)は2019年1月と12月に平均検索件数が急激に増加している。さらに, 鹿野線(白兎養護学校経由)は2019年6月から8月にかけて平均検索件数が増加しており, これは図-2の総検索件数の推移傾向と類似する。このように, 多くの路線は類似した検索傾向を持つものの, 他の路線とは異なる検索傾向を有する路線の存在が示唆された。

**(3) 地域特性に関するデータの概要**

本研究では地域特性に関するデータとして鳥取県内に位置する各バス停周辺の人口および施設情報を用いる。バス停周辺の定義としては, 既往研究<sup>1)</sup>を参考にバス停を中心に半径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年の人口と施設に関するデータを集計した。人口に関するデータとして, 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

表-2 施設一覧

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)	

歳以上人口の17種類を用いる。施設に関するデータとして、ゼンリン住宅地図に基づいて集計されたマンションや事業所の建物件数や飲食や量販店の入居者件数などの34種類の施設情報を用いる。表-2に施設の一覧を示す。

### 3. 経路検索パターンの抽出

2. (2) b)の図-3で示したように分析期間における検索傾向は路線によって異なる場合がある。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、山間部を走る路線とそれ以外の地域を走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は十分想定される。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。よって、本研究では異質性を持つ路線ごとにグループ化する。

本研究では1バス停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路線は除外し、209路線を対象とする。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異があるため、路線ごとに日平均検索件数を標準化する。本研究では非階層クラスタ分析の代表的な手法であるk-means法を用いてクラスタリングを行う。グループ間の違いがある程度解釈できるように、クラスタ数は6とした。

図-4 (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。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

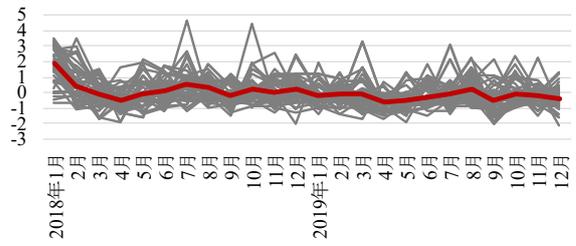


図-4 (a) C1 : 安定傾向 (N=52)

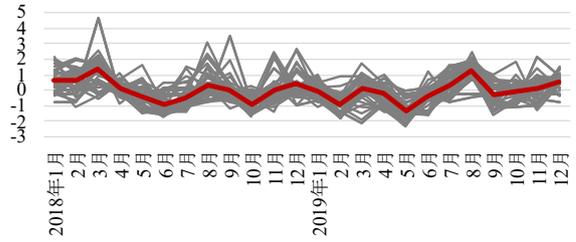


図-4 (b) C2 : 長期休暇に増加傾向 (N=48)

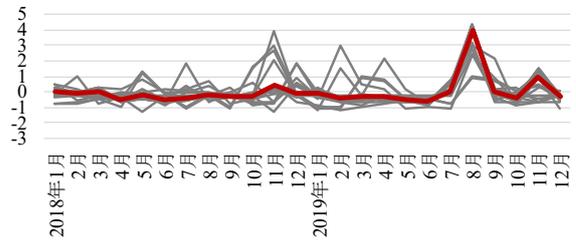


図-4 (c) C3 : 2019年8月にピーク (N=43)

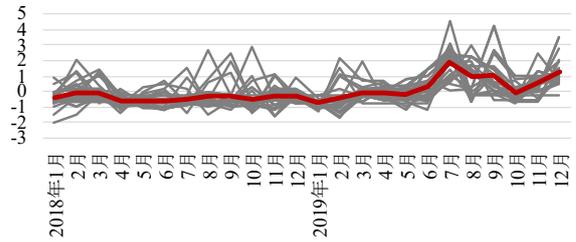


図-4 (d) C4 : 上昇傾向 (N=27)

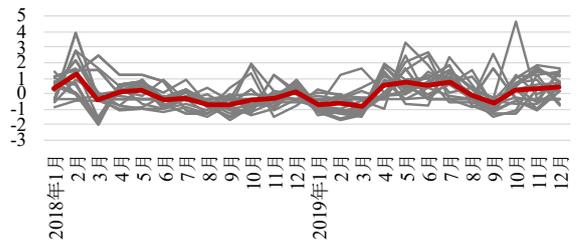


図-4 (e) C5 : 年によって不安定 (N=23)

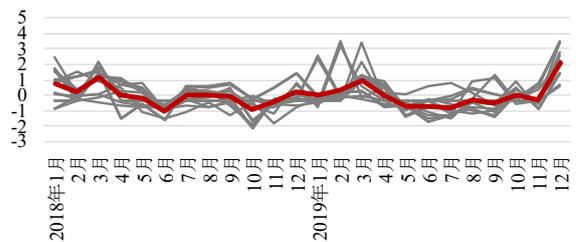


図-4 (f) C6 : 冬から早春に増加傾向 (N=16)

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地域特性の関連性

前章で分類した6つの路線グループと地域特性の関係を決定木分析を用いて分析する。分析のアルゴリズムとしては、カイ二乗に基づくCHAID、エントロピー情報量基準に基づくC5.0、ふしの不均一性測度に基づくCARTなどが代表的である。このうち、本研究ではCARTアルゴリズムを採用する<sup>12)</sup>。サンプルは209路線とし、目的変数には6つのグループ（C1：安定傾向、C2：長期休暇に増加傾向、C3：2019年8月にピーク、C4：上昇傾向、C5：年によって不安定、C6：冬から早春に増加傾向）、説明変数には表-2に示した計51種類の人口および施設数のデータを用いる。ただし、この説明変数は分析期間の2年間における各路線の1バス停あたりの平均値とする。

図-5に決定木分析の結果、構成された樹木を示す。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-5より、終結ノードとして8個のノードが検出されたことがわかる。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述べる。

ノード6に着目すると、路線の1バス停あたりの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。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バス停あたりの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、バス路線沿いに前期高齢者があまり住んでいなく、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、バス停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バス停あたりの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。鳥取県では2007年から子育て家庭を支援する目的で「とっとり子育て応援パスポート」を発行している。さらに、2019年2月にはパスポートが改定された。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

経路検索システムの検索履歴データには検索者の潜在的な移動需要が含まれると考えられている。しかし、検索者の個人属性や移動目的に関する情報が無い。そのため、交通行動分析においてこれまで検索履歴データが十分に活用しきれなかった。本研究では分析対象交通機関を対象とした検索傾向と地域特性との関連性を明らかにすることを研究の目的とした。そして、検索者の移動目的の推察を試みた。

分析に際して、経路検索システム「バスネット」を用いて検索された鳥取県内のバス路線を対象とした。本研究では、まずバスネットの検索履歴データから、路線ごとの月別日平均検索件数を算出し、k-means法を用いて209路線を1バス停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分類した。本研究では、グループ間の違いがある程度解釈できるように、クラスター数は6とし分析を行った。その結果、グループごとで全く異なる特徴が確認され、各路線の検索傾向には異質性が存在す

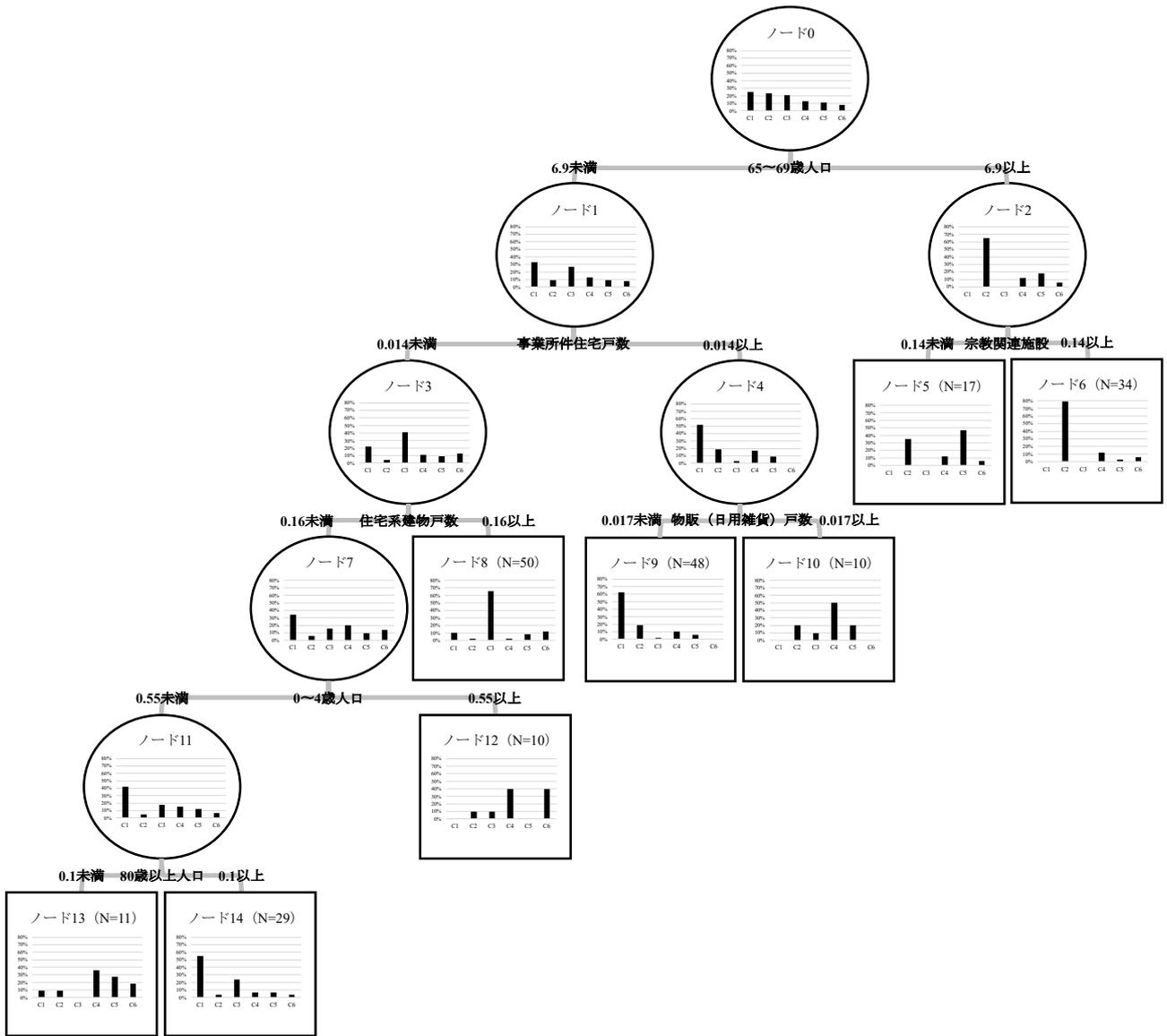


図-5 樹木図

ることが示された。

次に、分類した6つの路線グループの検索傾向と路線周辺の地域特性との関連性を把握するために決定木分析を用いて分析を行った。地域特性に関する変数として、各バス停を中心として半径500m圏内に分布する年齢層別人口や立地する施設数を用いた。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、検索者の人物像と移動目的が推察できることが示された。つまり、経路検索システムの検索履歴データと地域特性の関連性を分析することで、システムの利用者がどのような人で、どのような移動目的により検索するのか推測できることが示唆された。

しかし、本分析結果では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ため、投入する説明変数を増やすなどのモデルの精度の向上を今後の課題とする。

参考文献

- 1) 日下部貴彦：データオリエンテッド交通研究，土木論文集 D3（土木計画学），Vol. 71, No. 5, pp. I\_21-I\_31, 2015.
- 2) 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.
- 3) 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, CD-ROM, 7 pages, 2014.
- 4) 松島敏和，橋本浩良，高宮進：スマホ PP 調査の高度化に向けた移動目的判別手法の開発，土木計画学研究・講演集，Vol. 51, CD-ROM, 6 pages, 2015.
- 5) 太田恒平，野津直樹：経路検索条件データを用いた交

- 通・観光行動分析～移動需要ビッグデータでわかること～, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 52, CD-ROM, 8 pages, 2015.
- 6) 見生元気, 伊藤昌毅, 川村尚生, 菅原一孔: 公共交通乗換案内サービスを用いた利用者行動解析, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.21, CD-ROM, 4 pages, 2012.
  - 7) 香川喬之, 桑野将司, 福山敬, 谷本圭志, 川村尚生: バス経路検索履歴データを用いた移動特性の分析, 交通工学論文集, Vol. 2, No. 2, pp. A\_115-A\_124, 2016.
  - 8) 寺部慎太郎, 重里光佑, 内山久雄: 鉄道経路探索 web サイトに関する利用実態の特徴分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 26, No. 3, pp. 569-574, 2009.
  - 9) 轟朝幸, 谷口滋一, 高宮則夫: 公共交通乗り換え検索ログの特徴分析と活用可能性について, 土木計画学研究・講演集, Vol. 31, CD-ROM, 4 pages, 2005.
  - 10) バスネット, バスネットについて, <https://www.ikisaki.jp/home/about>.
  - 11) 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.
  - 12) 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.

## ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ROUTE-SEARCH RECORDS AND REGIONAL CHARACTERISTICS

Kentaro NAKAI, Mio HOSOE, Masashi KUWANO and Taku MORIYAMA