

バス経路検索履歴システムのログデータを用いた鳥取市の交通特性分析

木下 礼央¹・桑野 将司²・福山 敬³・谷本 圭志⁴・
川村 尚生⁵・菅原 一孔⁶・香川 喬之⁷

¹学生会員 鳥取大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101)
E-mail: m15t7007k@edu.tottori-u.ac.jp

²正会員 鳥取大学大学院准教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail: kuwano@sse.tottori-u.ac.jp

³正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail: fukuyama@sse.tottori-u.ac.jp

⁴正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail: tanimoto@sse.tottori-u.ac.jp

⁵正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科情報エレクトロニクス専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail: kawamura@ike.tottori-u.ac.jp

⁶正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科情報エレクトロニクス専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)
E-mail: sugahara@ike.tottori-u.ac.jp

⁷正会員 株式会社修成建設コンサルタント 技術2部 (〒530-0055大阪府大阪市北区野崎町7-8)
E-mail: kagawa@shusei.co.jp

鳥取県では、鳥取大学で開発された経路検索サービスであるバスネットが導入されている。バスネットには、ログデータとして、利用者の検索した出発地や目的地、指定時刻等が蓄積されている。本研究では、経路検索システムに蓄積された利用者の起終点情報を移動希望と定義し、主成分分析を用いることで組み合わせ数が多い起終点情報をいくつかの特徴ある移動希望に集約する。そして、季節調整法、構造変化点検出、時系列分析を用いて各移動希望の曜日変動、月変動、構造変化点、特異日の要因を求めることで、鳥取市の交通特性を把握することを目的とする。分析の結果、積雪や路面凍結がある冬季の通勤・通学者の移動希望や、空港や駅と有名観光地を往来する旅行者の移動希望などの鳥取市の特徴ある交通特性が検出された。

Key Words: *Origin-Destination Information, Trip Desire, Principal Component Analysis, Cycle Variation, Time Series Analysis*

1. はじめに

これまでバス利用者特性を把握するために、アンケート調査や IC カードの利用実績データが用いられてきた。アンケート調査を用いた利用者特性の分析では、個人属性と交通行動の関係を詳細に分析できるが、調査は代表的な 1 日に限定されることが多く長期的かつ継続的なバス利用者行動を把握できない。一方、IC カードでは長期的かつ継続的なデータ収集が可能であるが、地方都市では、IC カードが導入されていない地域も多い。そのためこのような地域において、季節によって変化するバス需要や観光客のバス需要などを把握することは難しい。

本研究では、交通に関するデータが不足している地方都市において、アンケート調査や IC カードの利用実績データに変わるデータとして、経路検索サービスのログデータに着目する。経路検索サービスとは、刻々と変化するリアルタイムの公共交通の運行情報と時刻表などの固定情報を組み合わせることで、最適な交通機関の経路選択を携帯電話やパソコンを通じて支援するシステムである。現在では、「ジョルダン」や「NAVITIME」、 「駅探」など、バスや鉄道を利用して移動する場合に、移動予定の出発地と目的地、日時の情報を指定すると、その条件にあった最適な経路が案内されるウェブコンテンツが公共交通利用者に広く利用されている。経路検索

システムには、利用者が入力した出発地や目的地、指定した時間などの検索行動に関する情報がログデータとして刻々と記録されている。近年、経路検索システムのログデータを用いて交通特性を把握する試みが始まっている^{1) 2)}が、研究蓄積は非常に少ない。また、ログデータを活用した分析の多くは、目的地や出発地を独立に扱い、それぞれの検索件数を分析するものであり^{2) 3) 4)}、対象地域の交通特性を把握する上で最も重要と考えられる目的地と出発地を同時に考慮した起終点情報を分析した研究はない。

本研究では、経路検索システムに蓄積されている起終点情報を用いて、対象地域の交通特性を把握するための分析方法構築を目的とする。具体的には、鳥取大学で開発され、鳥取県内で実運用されている経路検索サービスであるバスネット⁵⁾のログデータを用いて、鳥取市の交通特性を明らかにする。ここで、経路検索サービスのログデータはあくまで検索行動を表現したものであり、実際にバスを利用したか否かを把握することはできない。しかし、検索行動には、利用者のある場所からある場所へ行きたいという希望、あるいは移動予定が含まれている。本研究では、本システムのログデータを、検索者の移動希望と定義する。

2. バスネットと使用データの概要

(1) バスネットの概要

本研究では、鳥取県、島根県に導入されているバスネット⁵⁾のログデータを用いる。バスネットはバスや鉄道のデータをもとに徒歩移動を考慮した乗換案内を行う経路検索機能と、バス停間の時刻表を表示する時刻表検索機能を提供する Web アプリケーションである。バスネットのウェブ画面の例を図-1 に示す。利用者は、移動予定の出発地、および目的地情報として駅名やバス停名、ランドマーク（目印となる建物、場所）名を入力し、出発もしくは到着予定時刻を設定することで、乗車時間最小、徒歩時間最小、乗り換え回数最小など複数の項目で最適な経路が得られる。バスネットは、パソコンだけでなく、スマートフォンや携帯電話からのアクセス、行政施設や病院、交通結節点などに設置された固定端末からのアクセスにも対応している。

バスネットは、鳥取大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻計算機工学および研究室によって開発され、現在、日本トリップ有限責任事業組合が運営を行っている。バスネットのログデータには、検索時に設定した目的地や出発地、日時、提示されたルート、検索者の IP アドレスなど様々な情報が含まれている。本研究では、このうち、出発地と目的地を組み合わせた起終点情

報と、利用者が指定した移動日情報のみを分析に用いる。

(2) 使用データの概要

分析対象は 2011 年 1 月 1 日から 2013 年 12 月 31 日までの 3 年間の鳥取市内を対象に検索されたログデータとする。図-2 に 1 日あたりの検索件数の推移を、図-3 に分析対象期間の曜日別平均検索件数を示す。1 日平均検索件数は 187 件であり、検索が最も多かった日は 2011 年 12 月 26 日で 598 件、最も少なかった日は 2011 年 6 月 13 日で 61 件であった。曜日別にみると金曜日が平均 210 件と最も多く、日曜日が 149 件と最も少ない。

(3) 検索の起終点情報

バスネットの検索システムの特徴の 1 つは、出発地、目的地にバス停や JR 駅など公共交通機関の乗り場や主要な施設を入力できるだけでなく、住所の直接入力や、表示される地図上でカーソルを動かし位置を設定することが可能な点である。言い換えると、検索履歴として保存されている出発地、目的地の地点は無数にあり、何らかの方法で出発地と目的地の情報を集約しなければ分析



図-1 バスネットの条件入力画面と経路案内画面

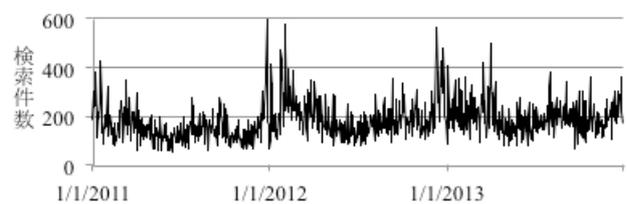


図-2 検索件数の推移

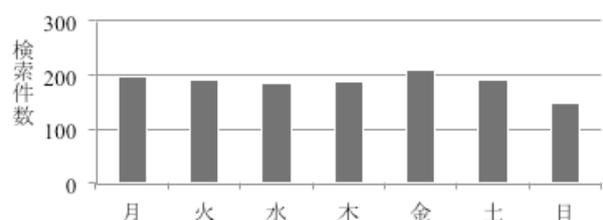


図-3 曜日別 1 日平均検索件数

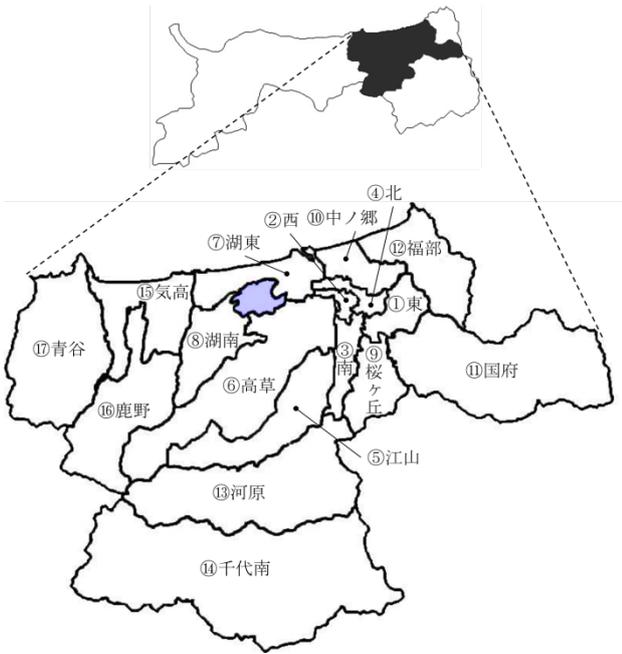


図4 鳥取市の中学校区

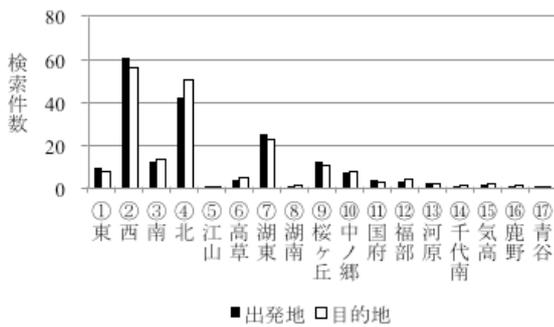


図5 出発地または目的地として検索された日平均件数

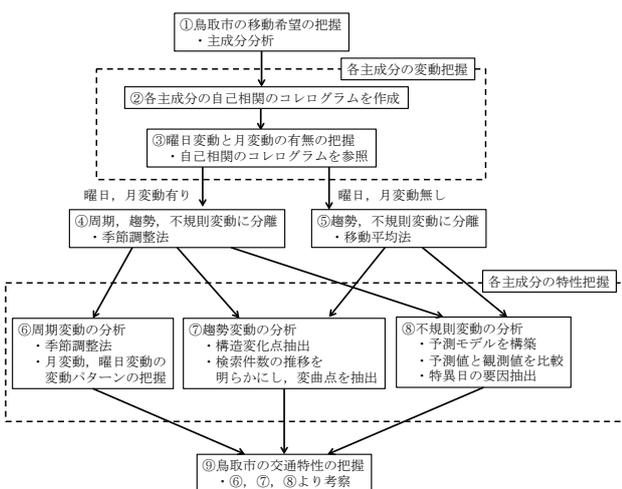


図6 分析手順のフローチャート

が複雑になる。そこで本研究では、日常生活圏域を中学校区と仮定し、生活圏域内外の移動を分析するために、鳥取市を 17 地区に分割する。図-4 に鳥取市を中学校区

別に分割した地図を示す。

図-5 に地区別の「出発地」または「目的地」として検索された 1 日あたりの平均件数を示す。図-5 より、②西地区、④北地区が出発地、目的地として検索される回数が多いことがわかる。②西地区は JR 鳥取駅があり、鳥取市内でも住宅が密集している地区である。④北地区には鳥取県庁や鳥取市役所、地域の中核医療機関の 1 つである鳥取赤十字病院、観光地である仁風閣や鳥取城跡、県立博物館などの施設が含まれる地区である。

3. 分析手順と分析手法概要

本研究の分析のフローを図-6 に示す。本研究では、起終点情報を含めた移動希望の特性把握を目的とする。ただし、本研究では、鳥取市を 17 地区に分割したため、起終点の組み合わせは $17^2=289$ 通りある。そのため、全ての起終点の組み合わせについて分析することは繁雑であり、現実的ではない。そこで、①起終点別の交通特性の情報量を縮約するために主成分分析を適用し、いくつかの特徴ある移動希望の抽出を行う。

次に、主成分ごとに算出される主成分得点を時系列データとみなし、②自己相関係数⁶⁾を計算し、③曜日変動と月変動の有無の把握を行う。曜日変動、月変動を有していると判断された場合は、④季節調整法⁶⁾を用いて、時系列データを周期的な変動(曜日変動、月変動)、趨勢変動、不規則変動の 3 つの要素に分離し、⑥周期的な変動パターンの特徴を把握する。一方、曜日変動、月変動を有していない場合は、⑤移動平均法⁶⁾で主成分得点の変動を、趨勢変動と不規則変動の 2 つに分離する。

⑦趨勢変動に対しては構造変化点検出アルゴリズムの 1 つである Change Finder⁷⁾を用いて変化点の抽出を行う。さらに、⑧周期的な変動を除いた主成分得点に対して、ARIMA モデル⁶⁾を用いて予測モデルを構築し、予測値と観測値の乖離度に影響をおよぼす要因を決定木分析⁸⁾によって明らかにすることで、特異日の特徴を把握する。⑨最後に、以上の結果をまとめ、主成分ごとにその特徴の考察を行う。

4. 主成分分析の分析結果

本研究では、起終点別検索件数を変数値、年月日をサンプルとした主成分分析を適用した結果、固有値が 1 以上の主成分が 40 成分検出された。図-7 に固有値が 1 以上となった主成分 40 までの累積寄与率を示す。図-7 より主成分 1 の寄与率は 5.6%、主成分 2 の寄与率は 2.3% と低く、データの約 60%を説明するためには、40 まで

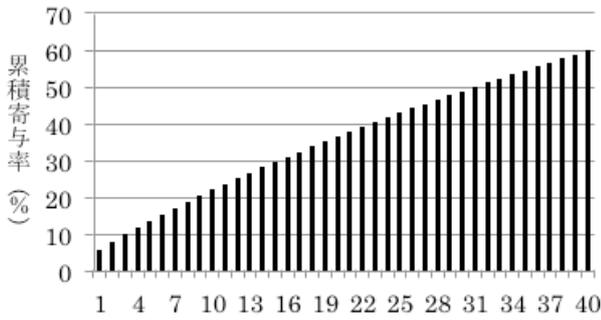


図-7 固有値が1以上の主成分40までの累積寄与率

表-1 主成分1の因子負荷量

因子負荷量	正		負	
	出発地	目的地	出発地	目的地
0.580	⑦湖東	④北		
0.555	④北	⑦湖東		
0.544	④北	④北		
0.503	②西	④北		
0.500	②西	①東		
0.459	①東	②西		
0.456	④北	②西		
0.434	②西	③南		
0.419	⑩中ノ郷	④北		
0.417	③南	②西		
0.400	④北	①東		
0.395	⑦湖東	②西		
0.375	④北	⑩中ノ郷		
0.368	⑩中ノ郷	②西		
0.367	③南	①東		

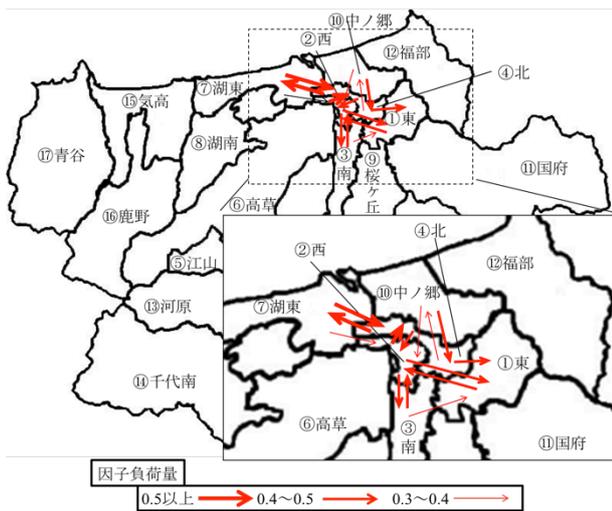


図-8 主成分1の移動方向特性

の主成分が必要であることがわかる。各成分の寄与率が低いことから結果の信頼性については一部留保しつつ、以降では主成分1から3まで(累積寄与率は10%)の考察を行う。データ加工方法の見直しなどによって1成

分あたりの寄与率を高めることは今後の重要な課題である。

5. 主成分1の分析結果と考察

(1) 主成分1の移動方向特性

表-1に主成分1の因子負荷量を示す。なお、表-1は289通りある組み合わせの起終点のうち、因子負荷量の絶対値を降順に並び替え、上位15についての起終点を示している。図-8に表-1の情報を基にした主成分1の移動希望を示す。表-1の主成分1の因子負荷量に着目すると、全ての因子負荷量が正、つまり主成分1の全ての固有ベクトルが正である。図-8の主成分1の移動希望に着目すると、主成分1は鳥取市中心部(②西、④北)とそれ自身及び比較的人口密度が高い地区(①東、③南、⑦湖東、⑩中ノ郷)間の移動に特化した主成分であると考えられる。

(2) 主成分1の周期変動の分析結果

主成分1の主成分得点に対して、自己相関分析を用いて曜日変動、月変動の有無を把握する。図-9に主成分1の日ごとの、図-10に月ごとの自己相関のコレログラムを示す。図-9の日ごとのコレログラムより、1次に強い自己相関を有しているが、7次、14次、21次においても比較的強い自己相関を有している。図-10の月ごとのコレログラムより、1次、12次に正の相関を有し、6次、18次に負の相関を有しており、曜日変動と月変動が存在すると判断した。

主成分1の自己相関の結果、曜日変動と月変動が存在すると判断したので季節調整法を用いて周期変動、趨勢変動、不規則変動の3要素に分離し、周期変動の変動値を明らかにする。図-11に主成分1の曜日変動、図-12に主成分1の月変動を示す。図-11の主成分1の曜日変動に着目すると、平日においては正、土日には負の値を示している。図-12に着目すると、気温が低い12月、1月、2月に正の値となり、5月~8月、11月に負の値となった。

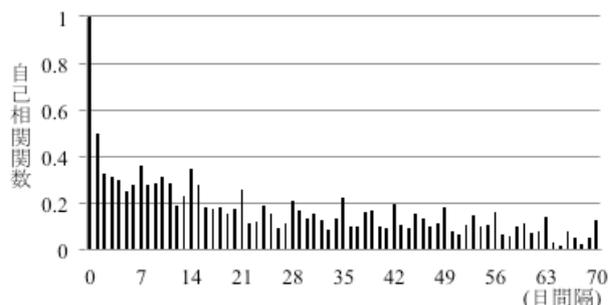


図-9 主成分1の日ごとの自己相関係数

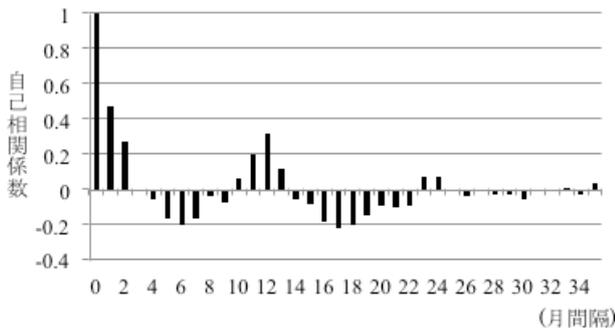


図-10 主成分1の月ごとの自己相関係数

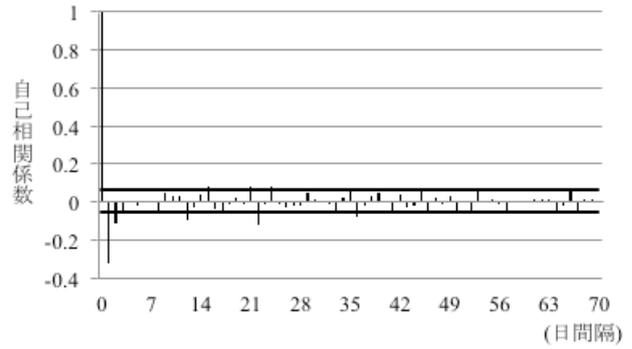


図-14 主成分1の差分系列の自己相関係数

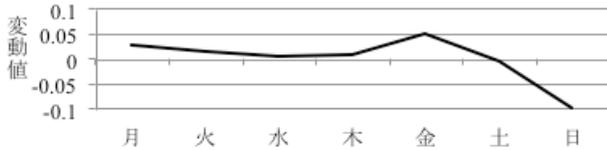


図-11 主成分1の曜日変動

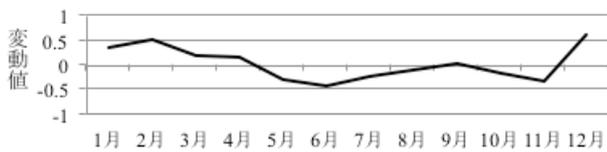


図-12 主成分1の月変動

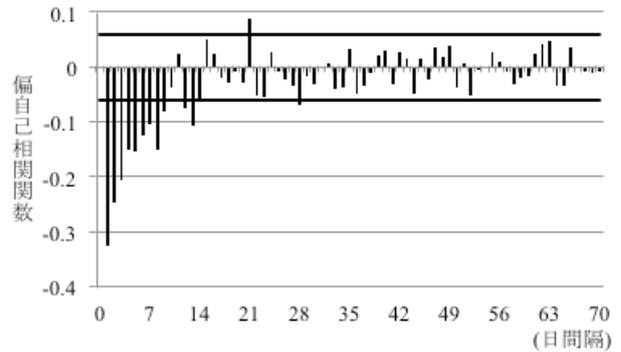


図-15 主成分1の差分系列の偏自己相関係数



図-13 主成分1の趨勢変動値および構造変化点検出結果

(3) 主成分1の趨勢変動の分析結果

季節調整法で分離した主成分1の趨勢変動に対して、Change Finder⁷⁾を用いて変化点の抽出を行う。図-13に主成分1の趨勢変動値および構造変化点検出結果を示す。主成分1に関しては、2つの変化点が検出され、第1変化点は2012年12月13日、第2変化点は2011年12月19日であった。

(4) 主成分1の不規則変動の分析結果

周期変動を除去した主成分1の主成分得点に対して、ARIMAによる予測モデルを構築する。まず、周期変動を除いた主成分得点に対して、単位根検定を用いて定常性の確認を行う。単位根検定の結果、「単位根あり」と

判定された。すなわち周期変動を除いた主成分1の主成分得点は定常でないことが明らかとなった。次に、定常でないことが明らかとなったので、1回差分をとり再度、単位根検定を行った結果、「単位根なし」と判定された。これより、時系列モデルの階差の次数は1と判断する。

図-14に周期変動を除いた主成分1の主成分得点の差分系列の自己相関係数のコログラムを、図-15に偏自己相関係数の差分系列のコログラムを示す。図-14、図-15の破線の内側の領域は(偏)自己相関の値がゼロであるという検定の95%棄却域を示している。ARIMAモデルの次数 p, q に関して、図-14より移動平均項の次数のとりうる範囲は $0 \leq q \leq 2$ と、図-15より自己回帰項の次数のとりうる範囲は $0 \leq p \leq 8$ と判断する。

以上の結果を踏まえ、27通りの p, q についてのパラメータ値を推定し、AICが最も小さいモデルを選択する。その結果、ARIMA(1,1,1)が選択された。表-2に選択されたARIMA(1,1,1)によるパラメータ推定結果を示す。表-2より自己回帰項、移動平均項ともにパラメータは99%有意水準で統計的に有意であると推定された。自己回帰項の係数の絶対値は0.265となり、1未満であり、定常性の条件を満たしている。選択されたモデルが予測に耐えうるものかどうかを診断するため、選択されたモデルによる残差系列の自己相関がゼロであるかを99%棄却域を用いて検証した結果、残差の定常性からモデルの妥当性を確認できた。得られたARIMAモデルを用いて、主成分1の2011年の主成分得点から2012年、2013年を

表-2 ARIMA(1,1,1)によるパラメータ推定結果

パラメータ	係数	t値
AR1	0.265	7.41**
MA1	-0.900	52.83**
AIC	-805.56	

**1%有意

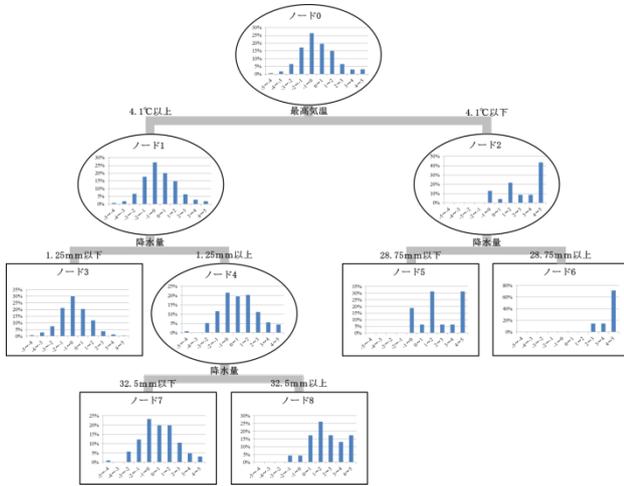


図-16 主成分1の決定木分析結果

予測し、目的変数を「観測値ー予測値」とした決定木分析を行う。

説明変数群には、カレンダー情報として曜日ダミー、月ダミー、休日ダミー、休日情報として連休初日ダミー、連休最終日ダミー、連休前日ダミー、連休明けダミー、天候情報として、当日とその前後2日間の平均気温(°C)、最高気温(°C)、最低気温(°C)、降水量(mm)、降雪量(mm)、最深積雪量(cm)、平均風速(m/s)、最大風速(m/s)を用いる。

図-16に決定木分析の結果、構成された樹木を示す。各ノードには残差の分布を示している。丸枠で囲われているノードは分岐前のノードを表し、四角枠で囲まれているノードはそれ以上分岐しない終結ノードを示している。図-16より有意な変数として最高気温、降水量が検出された。また、終結ノードとして4つのノードが検出された。分岐に用いられた最高気温に着目すると、ノード2(最高気温が4.1°C以下)の方が、ノード1(最高気温が4.1°C以上)に比べ残差の値が大きいことがわかる。降水量に着目すると、ノード6(降水量28.75mm以上)の方が、ノード5(降水量28.75mm以下)に比べ残差の値が大きいことがわかる。また、ノード3(降水量1.25mm以下)、ノード7(降水量1.25mm~32.5mm)、ノード8(降水量32.5mm以上)をみるとノード8の残差の値が最も高く、次いでノード7となっている。以上の結果より、最高気温が低く、降水量が多くなるとバス利用者が多くなることが明らかとなった。

(5) 主成分1に関する結果のまとめ

主成分1の因子負荷量から、主成分1は教育施設や買物施設、医療施設、勤務地などの生活関連施設と住宅地が集まる鳥取市中心部周辺の移動を表現していると考えられる。また、周期変動の平日に多く日曜日に少ない結果から、通勤や通学、買物や通院など日常交通を目的とした需要であると推察できる。

構造変化点の分析からは、2011年12月19日と2012年12月13日が検出された。2011年、2012年の初雪は共に12月9日に観測されており、2011年は初雪の10日後、2012年は初雪の4日後が変化点として検出されている。これより、主成分1は雪が降り出すような本格的な寒さが始まった時期に構造変化が起きたと言える。さらに、決定木分析による特異日の要因分析より、最高気温が低く、降水量が多くなると検出件数が増えることが明らかとなった。一般に季節風のもとで起こる日本海側の降水は、2~3°C以下で雪、2~3°C以上で雨となると言われている。必ずしも気温だけが雨と雪を分ける要因ではないが、本分析で得られた降水量が多く最高気温が4°C以下のときに、有意に検出件数が増える結果は、降雪が交通行動に変化をもたらすことを示唆している。

鳥取市では12月から2月にかけて積雪や路面凍結があり、普段は自動車や自転車、徒歩で移動する人も冬季はバスを利用することが多い。分析結果を総合すると、主成分1は積雪や路面凍結がある冬季のみ公共交通を利用する通勤・通学者の移動希望を表していると考えられる。

6. 主成分2, 3の分析結果と考察

主成分1と同様、主成分2、主成分3についても図-6の分析フローに従い、主成分ごとの移動方向特性および自己相関係数の算出、周期変動と趨勢変動、不規則変動の分離、構造変化点の検出、特異日に影響をあたえる要因分析を行い、主成分の特徴把握を行った。以降では、冗長性を避けるため、詳細な分析結果は省略して重要な分析結果のみを示し、それらから得られた考察を示す。

(1) 主成分2の分析結果と考察

a) 主成分2の分析結果

表-3に主成分2の因子負荷量を示す。表-1と同様、表-3でも、因子負荷量の絶対値を降順に並び替え、上位15についての起終点の因子負荷量を示している。図-17に、表-3の情報を基にした主成分2の移動方向特性を示す。表-3より、上位4つの起終点の因子負荷量が高く、図-17より、主成分2は②西地区と⑫福部地区間の移動、⑦湖東地区と⑫福部地区間の移動に特化した主成

表-3 主成分2の因子負荷量

因子負荷量	正		負	
	出発地	目的地	出発地	目的地
0.600	⑫福部	②西		
0.588	②西	⑫福部		
0.469	⑫福部	⑦湖東		
0.423	⑦湖東	⑫福部		
-0.287			⑦湖東	⑩中ノ郷
0.283	⑧湖南	②西		
-0.254			④北	⑩中ノ郷
0.198	④北	⑫福部		
0.196	⑬河原	④北		
-0.188			③南	①東
0.181	⑪国府	①東		
0.178	②西	⑧湖南		
0.177	⑪国府	⑦湖東		
0.173	⑥高草	⑦湖東		
-0.171			④北	①東

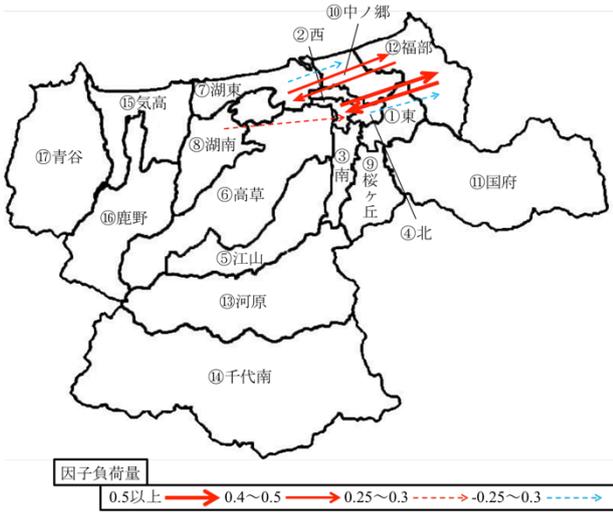


図-17 主成分2の移動希望

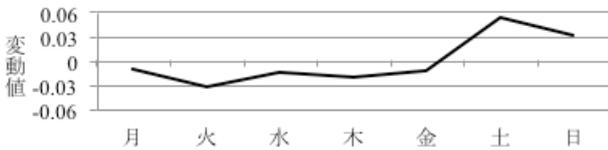


図-18 主成分2の曜日変動

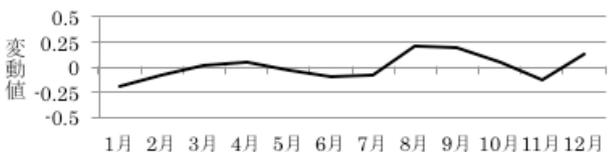


図-19 主成分2の月変動

分であると考えられる。②西地区は鳥取駅の北に位置し、この地区を中心に鉄道が東西南に向けて伸び、バス路線

は放射状に広がっている。⑫福部地区は鳥取を代表する観光地である鳥取砂丘と砂の美術館、また、砂丘海水浴場がある地区であり、⑦湖東地区は鳥取空港、教育機関である鳥取大学、大型ショッピングセンターのイオン鳥取北があり人口密度が 17 地区の中で 4 番目に高い地区である。

主成分2の主成分得点に対して、自己相関分析を用いて曜日変動、月変動の有無を分析した結果、曜日変動と月変動が存在することが明らかとなった。図-18に主成分2の曜日変動、図-19に主成分2の月変動を示す。図-18の曜日変動に着目すると、土曜日と日曜日の休日においては正の値を示している。また、図-19の月変動に着目すると、8月、9月、12月に大きな正の値となっている。

主成分2の趨勢変動に対して、Change Finderによる変化点の抽出を行った結果を図-20に示す。図-20より、第1変化点は2011年12月23日、第2変化点は2013年2月27日、第3変化点は2012年7月28日であることがわかった。これらはいずれも冬休み、春休み、夏休みなど学生の長期休暇が始まった直後であることがわかる。

周期変動を除去した主成分得点に対して、ARIMAモデルによる予測モデルを推定した結果、ARIMA(3,1,1)が選択され、表-4に示すパラメータ推定結果を得た。得られた予測モデルを用いて、主成分2の2011年の主成分得点から2012年、2013年を予測し、目的変数を「観測値-予測値」とした決定木分析を行った結果、構成された樹木図を図-21に示す。図-21より有意な変数として降水量のみが検出され、終結ノードとして2つのノードが検出された。分岐に用いられた降水量に着目すると、ノード2(降水量3.75mm以下)の方が、ノード1(降水量3.75mm以上)に比べ残差の値が大きいことがわかる。これより、降水量が少なくなると検出件数が多くなることが明らかとなった。

b) 主成分2に関する結果のまとめ

主成分2の因子負荷量から②西地区と⑫福部地区間の移動、⑦湖東地区と⑫福部地区間の移動に特化した主成分であることがわかった。⑦湖東地区には鳥取砂丘コナン空港、②西地区にはJR鳥取駅があり、⑫福部地区には鳥取を代表する観光地である鳥取砂丘や砂の美術館、砂丘海水浴場がある。また、周期変動の結果から、週末および8月9月、12月に検出件数が多くなることが明らかとなった。8月と9月は鳥取砂丘や砂丘海水浴場に訪れる人が多く、12月は鳥取砂丘でイルミネーションのイベントがあり訪問者が増える。さらに、変化点が長期休暇に入った直後に検出されていることから、主成分2は、観光目的で鳥取市に訪れる人の移動希望を表していると推察できる。さらに、特異日の要因分析から得ら

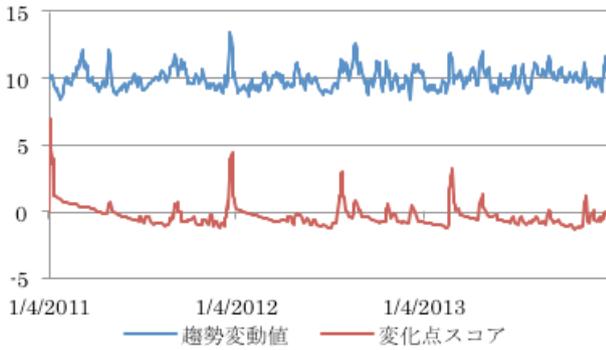


図-20 主成分2 趨勢変動値および構造変化点検出結果

表-4 ARIMA(3,1,1)によるパラメータ推定結果

パラメータ	係数	t値
AR1	0.162	5.37**
AR2	0.117	3.86**
AR3	0.087	2.70**
MA1	-1.000	-201.76**
AIC	-1356.02	

**1%有意

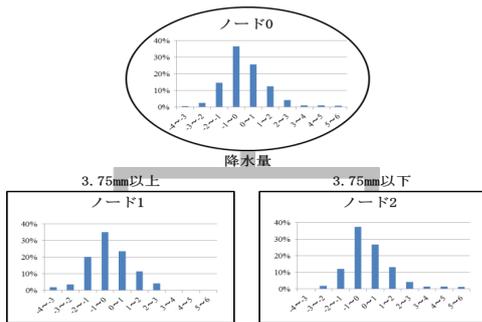


図-21 主成分2の決定木分析結果

れた雨が降ると検索件数が減少するという結果についても、主成分2が観光行動を表していると考え、晴れの場合は公共交通で、雨の日は自動車以外出するという観光行動の特徴を表現しており、直感に即した結果であるといえる。

(2) 主成分3の分析結果と考察

a) 主成分3の分析結果

表-5に主成分3の因子負荷量を、図-22に、表-5の情報を基にした主成分3の移動方向特性を示す。図-22の移動希望に着目すると②西地区と⑪国府地区、②西地区と⑬河原地区間の移動に特化した主成分であることがわかる。主成分1と比較すると、主成分3は鳥取市中心部と比較的人口が高い地区よりさらに離れた地区(⑪国府、⑬河原)の行き来を表していることがわかる。すなわち、主成分3は鳥取市中心部と郊外間の移動希望を表していると考えられる。主成分3の主成分得点に対して、自己相関を用いて曜日変動、月変動の有無を分析した結果、

表-5 主成分3の因子負荷量

因子負荷量	正		負	
	出発地	目的地	出発地	目的地
0.437	⑪国府	②西		
0.354	②西	⑬河原		
0.33	⑬河原	②西		
0.327	②西	⑪国府		
-0.277			⑦湖東	⑩中ノ郷
-0.271			③南	⑨桜ヶ丘
0.254	⑪国府	③南		
0.238	③南	⑪国府		
0.238	⑪国府	⑪国府		
0.236	⑥高草	②西		
-0.232			④北	⑩中ノ郷
0.212	③南	②西		
-0.211			⑦湖東	⑦湖東
0.209	⑦湖東	⑪国府		
-2.09			⑦湖東	⑫福部

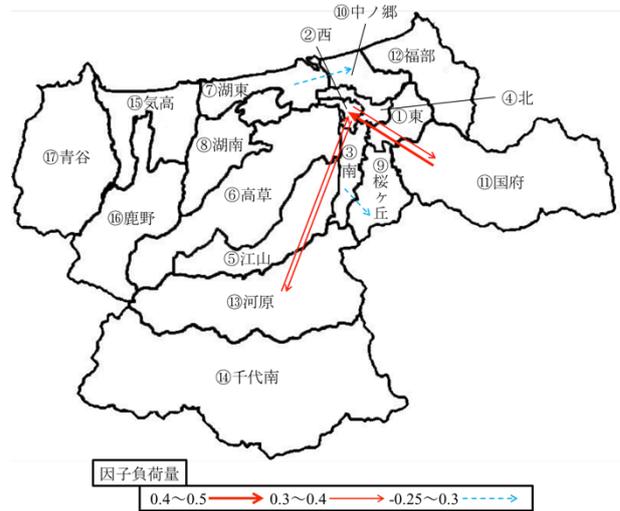


図-22 主成分3の移動希望

主成分3は曜日変動と月変動が存在しないことが明らかとなった。

移動平均法を用いて趨勢変動、不規則変動の2要素に分離し、趨勢変動に対して、Change Finderを用いて変化点を抽出した結果、2012年10月4日が検出された。

ARIMAモデルを構築した後、予測値を算出し、観測値との乖離度を目的変数とした決定木分析を行った結果を図-23に示す。図-23より有意な変数として最高気温のみが検出された。また、終結ノードとして2つのノードが検出された。分岐に用いられた最高気温に着目すると、ノード1(最高気温 5.1℃以上)の方が、ノード2(最高気温 5.1℃以下)に比べ残差の値が大きいことがわかる。

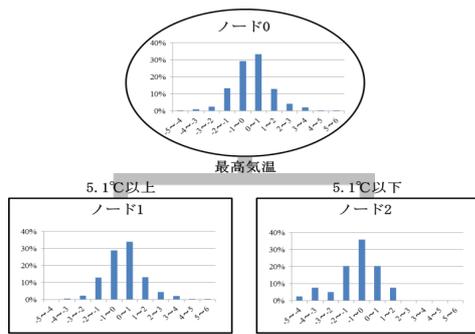


図-23 主成分3の決定木分析結果

b) 主成分3に関する結果のまとめ

主成分3の因子負荷量から②西地区と⑪国府地区間の移動、②西地区と⑬河原地区間の移動に特化した主成分であり、この移動希望には曜日変動や月変動が存在しないことが明らかとなった。さらに、2012年10月4日が構造変化点として検出された。これは、2012年10月から2014年3月まで「バスの南部地域実証運行」⁹⁾として、鳥取市中心部(②西地区)と⑬河原地区、⑭千代南地区を結ぶバス路線の再編社会実験が開始された時期と一致している。この社会実験は、当該地区のバス路線のうち、幹線となる国道53号線を運行するバスは増便や快速便運行を行い、各乗継拠点からの支線ではデマンドバスや乗合タクシーなどを活用するものである。社会実験の結果、おもに鳥取市中心部と河原地区の間の幹線バス利用者が増加したことが報告されている⁹⁾。

一方、構造変化点として検出されなかったが、主成分3の因子負荷量が高い値となった鳥取市中心部(②西地区)と⑪国府地区間においては、2013年4月に鳥取駅と万葉歴史館(国府地区内に立地)を結ぶバスが5往復から2往復に減便された。鳥取市中心部から見て国府地区よりも遠方まで運行されているバス路線があるため、単純に全バス本数が40%に減少したのではないが、国府地区住民にとってはバス便数の減少となった。

これらを結果を総合すると、主成分3は鳥取市中心部と郊外地区を結ぶバス路線の中でも、対象期間中にバスサービス水準が大きく変化した地区であるといえる。

9. おわりに

本研究では、経路検索システムに蓄積されている利用者の検索履歴データのうち、出発地と目的地、移動日の情報を用いて、移動希望の特性を分析する方法を提案した。具体的には、出発地と目的地の情報をそのまま用いると組み合わせが多く、分析が繁雑となるため、主成分分析を適用することによって情報を縮約し、さらに季節調整法、構造変化点検出、時系列分析、決定木分析を用

いることで対象地域のバス利用者の特性を把握するものである。本提案手法を、鳥取県で運用されている経路検索サービスであるバスネットのログデータに適用した結果、鳥取市中心部と比較的人口密度が高い地区間の冬季の移動希望、空港や駅と有名観光地を往来する旅行者の移動希望、バスサービス水準が大きく変化した地区の移動希望など、特徴ある交通特性が検出された。鳥取県では交通特性に関するデータが十分であるとはいえず、本分析結果の妥当性を実際の利用者数と比較し検証することができない。しかし、本提案手法で検出された交通特性は、直感的ではあるが鳥取市のバス利用実態と即しており、妥当な結果であると考えられる。

今後は、バス利用者数の実績値が観測されている地域において、本提案手法を適用することによって、移動希望と実際の利用者数の関係を明らかにし、本提案手法の有効性を検証する必要がある。さらに、それら検証を踏まえ、移動希望のみで利用者数を予測できる分析システムを構築することが今後の重要な課題である。

参考文献

- 1) 石村怜美, 太田恒平, 富井規雄: 経路探索サービスの実績データに基づく近未来の突発的移動需要の検出, 土木計画学研究・講演集, Vol47, CD-ROM, 2013.
- 2) 石村怜美, 梶原康至, 太田恒平: 乗換検索サービスの経路選択データを用いた公共交通の経路選択行動分析, 土木計画学研究・講演集, Vol49, CD-ROM, 2014.
- 3) 運輸政策機構: 都市部における公共交通の経路選択支援システムの構築実証実験, 運輸政策研究, Vol.7, No.4, pp.99-101, 2005.
- 4) 伊藤昌毅, 見生元気, 川村尚生, 菅原一孔: 乗換案内サービスの利用履歴から探る公共交通利用状況, 第9回電子情報通信学会ヒューマンプロブ研究会, CD-ROM, 2013.
- 5) バスネット, <http://www.ikisaki.jp/>(2015年4月20日確認).
- 6) 刈屋武昭, 前川功一, 矢島美寛, 福地純一郎, 川崎能典: 経済時系列分析ハンドブック, 朝倉書店, 2012.
- 7) 山西健司: データマイニングによる異常検知, 共立出版, 2009.
- 8) 大滝厚, 堀江宥治, Steinberg, D.: CARTによる応用2進木解析法, 日科技連出版社, 1998.
- 9) 鳥取市: 南部地域新総合公共交通実証運行の評価・検証報告書, 2014年 (<http://www.city.tottori.lg.jp/www/contents/1348144793220/activesqr/common/other/53323188002.pdf>).

(2016.4.22 受付)

AN ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF TRIP DESIRE USING BUS ROUTE SEARCH RECORD IN TOTTORI CITY

Reo KINOSHITA, Masashi KUWANO, Kei FUKUYAMA, Keishi TANIMOTO,
Takao KAWAMURA, Kazunori SUGAHARA and Takayuki KAGAWA

Bus-Net, the public transit navigation system developed by Tottori University, has been introduced in Tottori prefecture in Japan. The system has log data that show the users' future trip plans including departure time and arrival time. This study defines users' origin-destination information stored in the path finding system as their trip desire. The purpose of this study is to grasp the traffic characteristics of Tottori city by using the origin-destination search information in the log data. This study objectively summarizes the origin-destination information with the statistical techniques of principal component analysis since the origin-destination information has a large number of possible combinations of origins and destinations. Moreover, this study finds the day variation, the month variation, the structural change point, and specificity data of each trip desire, by using seasonal adjustment, structural change point detection, and time series analysis. As a result, it is detected the traffic characteristics of Tottori city such as the trip desire of commuters in winter when snowing and freezing, the trip desire of tourists who travel among famous tourist spots and transportation hubs (such as airport and station), and the trip desire of the area where the level of bus service changed significantly during a target period.