

# 連休効果を考慮した 都市間旅行需要の時系列モデル

山口 裕通<sup>1</sup>・大村 暁子<sup>2</sup>・奥村 誠<sup>3</sup>・中山 晶一郎<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 金沢大学 特任助教 自然科学研究科 (〒 920-1192 金沢市 角間町)  
E-mail: hyamaguchi@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 金沢大学 理工学域 環境デザイン学類 (〒 920-1192 金沢市 角間町)  
E-mail: lazaoz9@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒 980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 S-502W)  
E-mail: mokmr@m.tohoku.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 金沢大学 理工学域 地球社会基盤学系 (〒 920-1192 金沢市 角間町)  
E-mail: nakayama@se.kanazawa-u.ac.jp

都市間旅行パターンの特徴として、日変動が大きいという特徴がある。まず、12月-1月の年末年始や8月のお盆といった期間に旅行量が集中する、強い季節的な変動がある。その他にも、カレンダー上の平日と休日の組み合わせによる、連休の長さによっても、そのパターンはサービスの設計にあたって無視できないほど大きく異なることが想像される。近年は携帯電話位置情報データによって、国内の長距離移動 OD 流動量について、上述のような時間変動を長期間かつ高精度で得ることができるようになったものの、都市間旅行需要の時系列変動を扱うためのモデルまだ十分に検討されていない状態である。そこで、本研究では季節変動と連休効果に着目した時系列変動モデルを提案し、モバイル空間統計データから得られた、915日分の都道府県間旅行量の時間変動に適用した。その結果、連休の長さに応じた、我が国の国内都市間旅行パターンの基本的特徴を抽出することに成功した。

**Key Words:** mobile phone location data, time-series analysis, holiday model, long distance travel

## 1. はじめに

都市間旅客交通は、国全体や地域の安定と経済発展につながる重要な要素の一つである。広域の長距離旅行が容易であり、人と人の交流がしやすい環境は、広範囲なビジネス活動や国内観光量の増加につながり、大規模災害が発生したときの被災地への物資流動や支援にもつながる。そこで、都市間旅客交通に通常時の利便性向上や災害時の接続性を確保するためには、複数の交通機関をつなぐ効率的なネットワーク設計と余分な設備投資を防ぐための正確な需要予測が必須となる。

都市間旅客交通に関する既往研究では、行動・需要予測に関するもの、施設整備の評価やサービスの収益や管理に関する研究など、様々な観点から追及されている。本研究では、人々の行動に関する分析に着目していく。我が国の人の移動行動に関する人流データとしては、全国幹線旅客純流動調査が代表的であり、既往研究の多くでこの調査結果が利用されている。しかし、この調査は5年に1度という低頻度の調査であり、季節変動などを把握・理解することは不可能である。一方で、都市間移動のような人の長距離旅行行動には、季節変動や日変動が大きいという時間変動の特徴があり、

行動把握・需要予測にそれらを組み込むことは非常に重要と推測される。それにもかかわらず、都市間交通を日変動という細かい時間粒度で分析している研究は少ない。その都市間交通の日変動分析をしている数少ない研究においても、分析する交通機関が1つで、範囲も少数の限定された路線に限られているものばかりである。つまり、都市間旅客交通需要を日単位などの細かい時間粒度で、交通機関を限定せずに、我が国全体の需要を俯瞰的分析し理解しようとする研究はされてこなかった。

本研究は、様々な旅行目的を組み込んだ長距離旅行者変動の時系列モデル(時系列混合ガウスモデル)を作成し、実データに適用することで、長距離旅行の時間変動を理解し予測できるモデルを構築することを目的とする。この目的を果たすためには、高頻度かつ広範囲で、大サンプルの人の移動行動が必要であり、近年はこのような情報を携帯電話位置情報データから得ることができる。そこで、本研究では、ドコモインサイトマーケティング社が販売する「モバイル空間統計」を利用して我が国の長距離旅行行動の日変動を分析していく。このデータは、各基地局のエリア毎に所在するドコモの携帯電話を周期的に把握した「運用データ」

を統計処理し、推計した人口統計である。本研究では、2014年3月1日から2016年8月31日までの915日間、13時の居住地（都道府県別）一滞在地（都道府県別）の人口分布表を利用する。

本研究で提案する、長距離旅行者変動の時系列モデルでは、時系列変動を通常変動と異常変動に分離して理解していく。ここで、通常変動では季節変動、平日と休日間での違いをモデル化しており、異常変動としては通常変動とその誤差で説明できないような、災害時の特殊な変動などを対象としている。通常変動モデルは、毎年起きているだろう人の移動行動の変動（季節変動）を365日間周期として、三角関数を複数組み合わせた形で近似した周期的な項（季節変動項）と、平日と休日での人の移動パターンの違いを連休の日数に応じて表現する項（休日連休効果項）、休みと休みに挟まれた場合の平日の人の移動パターンの変化分を表現する項（挟まれ平日項）、の3つの項から成り立つとする。そして、異常変動と通常変動の組み合わせ方として混合ガウスモデルを用いる。本研究で提案する時系列混合ガウスモデルは、通常時は分散が小さく平均が上述のモデルで時間変動するような正規分布に従い、異常時は分散の大きな正規分布に従うと考え、観測結果はこれらの混合分布から得られたものと考えられる。そして、時系列混合ガウスモデルの尤度を最大化する各パラメータを、EMアルゴリズムで推定し、我が国の（異常変動を除外した）長距離旅行行動の時系列変動について連休における性質を確認していく。

本稿の構成は、以下のとおりである。まず2.では、本研究で提案する長距離旅行量の時系列変動モデルを提案し、モデルの作成方法や分析方法について説明する。3.では、休日効果に着目してその特徴を確認していく。具体的には、日本全体のゾーン別発生量・集中量の時系列データを用いて、休日の人の移動行動を分析し、それによる効果を考察していく。4.は本論文の結論である。

## 2. 長距離旅行の時系列変動モデル

### (1) 長距離旅行量の日変動要素とモデルの考え方

本研究では、都道府県境を超えるような人の移動行動、つまり長距離旅行の時間変動について詳しく分析する。分析するうえで、この長距離旅行の日変動パターンは大きく2つに分けられると考えてモデルを構築していく。

1つ目の日変動要素は、人の長距離移動パターンとして通常時で起きる可能性が非常に高い、または頻繁に起こっていると推測できる変動、つまり「通常変動」である。

本研究では、通常変動は季節変動、休日効果の2つの和で表現できると考え、パラメータベクトル  $\boldsymbol{x}$  の線形結合となる  $\boldsymbol{M}_d \boldsymbol{x}$  のように定式化する。このモデルの詳細な定式化は(2)、(3)で説明していく。通常変動の要素の一つである季節変動とは、一年を周期として、季節単位の増減を示す要素である。例えば、お盆やお正月には帰省行動が増えることや、冬季のウィンタースポーツのための旅行、業務出張が年度末に多いといった時間変動が、この季節変動に相当する。

次に休日効果は、平日と休日の旅行量の違いを示すものである。例えば、土曜日と日曜日は平日よりも県外への観光旅行量が増えることや、平日はビジネス流動が主体であることが、この効果に相当する。さらに、この休日の旅行量は、連休の日数によって大きく異なる。例えば、月曜日が祝日であり、3連休になる場合には、普段の土曜日・日曜日休みの2連休での旅行量よりもはるかに多くの旅行量が発生している。本研究では、このような特徴を踏まえた休日効果モデルを提案し、長距離旅行の時間変動の特徴を把握・予測する方法論の確立を目指す。

2つ目の、「通常変動」以外の日変動要素は、人の移動パターンとして通常時で起きる可能性が非常に低い変動、つまり「異常変動」である。例えば、大規模な災害が発生すると、避難や支援のために、普段とは異なる人の移動パターンが起きることなどが挙げられる。本研究では、混合ガウスモデルをベースとした方法論によって、「各日が異常時であるか」を判断しながら、携帯電話位置情報による時間変動の観測データを分析していく。(4)では、この異常時を考慮するよう発展させたモデルを定義していく。

### (2) 季節変動項の定式化

本研究では、季節変動を、お盆・正月の帰省行動や、春先の入社や入学などの新生活による居住地の変化、冬季のウィンタースポーツ、年度末の出張による旅行量増加など、毎年同じ時期に起こる長距離旅行の時系列変化として定義する。これは、つまり365日間周期の変動に相当する。この季節変動を表現した季節変動項を式(1)のように定式化する。

$$\begin{aligned} \boldsymbol{M}_{d, \text{season}} \boldsymbol{x}_{\text{season}} &= \sum_{n=1}^{50} x_n \sin\left(\frac{d}{365} 2\pi n\right) + \sum_{n=1}^{50} x'_n \cos\left(\frac{d}{365} 2\pi n\right) \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)で示すように、ここでは365日間の周期変動を  $\sin, \cos$  関数の周期関数で近似することにより、滑らかな季節変動をモデルに組み込む。

なお、お盆・お正月などの時期・期間をより正確に表現するために、365を1~50の自然数で割った50種

表-1 国民の休日一覧

日付が決まっている祝日	
元日	1/1
建国記念日	2/11
昭和の日	4/29
憲法記念日	5/3
みどりの日	5/4
こどもの日	5/5
文化の日	11/3
勤労感謝の日	11/23
天皇誕生日	12/23
曜日が決まっている祝日	
成人の日	1月第2月曜
海の日	7月第3月曜
敬老の日	9月第3月曜
体育の日	10月第2月曜

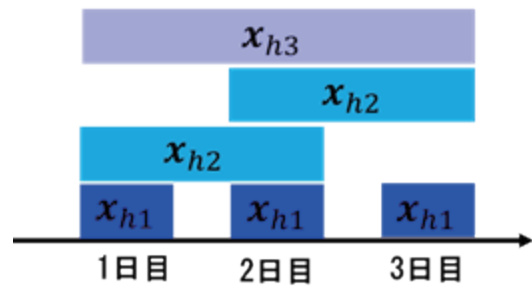


図-1 連休項の考え方

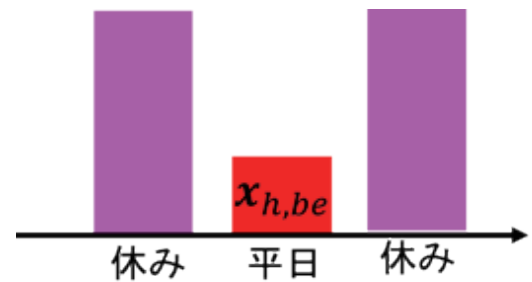


図-2 挟まれ平日項の考え方

類の周期をもつ sin 関数・cos 関数（合計 100 個の周期関数）の和として表現する．また，うるう年のみにある 2016 年 2 月 29 日は，前日（2 月 28 日）と翌日（3 月 1 日）の平均を季節変動項として適用した．上述のような多数の周期関数を合成したモデルを適用することによって，3 章で示されているようにお盆・お正月を含む季節変動のほとんどをかなり精度よく表現することに成功している．

### (3) 休日効果項の定式化

本節では，連休の長さによる影響の差異も考慮した，休日効果モデルを定式化・説明する．ここでの休日とは，土曜日・日曜日に加えて，祝日とお盆（8 月 13 日から 16 日までの 4 日間）・年末年始（12 月 31 日から 1 月 3 日までの 4 日間）とする．そして，休日効果モデルでは，これ以外の日（平日）を基準とした，休日であることに起因する変化分を連休の長さから推測していく．

ここでの祝日は，1948 年に制定された「国民の祝日に関する法律」で定められており，国民の祝日は表-1 のようにまとめられる．表-1 には表記していない，春分の日，秋分の日は，国立天文台が算出した春分日と秋分日が記載された「歴要項」に基づいて，閣議により定められ，毎年 2 月 1 日発行の官報で日にちが発表されるため，日付も曜日も決まっていない祝日となる．国民の祝日以外にも，日曜日やほかの祝日に重複した場合に，次の平日が代わりに休みになる振替休日，国民の休日がある．国民の休日とは 2015 年 9 月の大型連休，通称シルバーウィークと言われた 9 月 22 日（火）が代

表的である．

本研究では，休日効果モデルを  $M_{d,holiday}x_h$  と線形モデルとして定式化し，連休の長さに応じた連休項と挟まれ平日項を足し合わせたものであると定義する．連休項，挟まれ平日項の考え方をそれぞれ図-1，図-2 で表す．

まず，図-1 から連休項の考え方について説明する．ここでは例として 3 連休を挙げる．3 連休での人の旅行行動として考えられる行動は，3 連休のうちの 1 日休んで旅行する（日帰り旅行），うち 2 日間で旅行する（一泊二日旅行），3 日間すべてで旅行する（二泊三日旅行）の 3 パターンである．可能となったときに期待される各日の日帰り旅行量を  $x_{h,1}$ ，同様に実行可能な組み合わせごとの一泊二日旅行量を  $x_{h,2}$ ，二泊三日旅行量を  $x_{h,3}$ ，とする．さらに，3 パターンの旅行行動は日程の選択ができることを加味していく．つまり，日帰り旅行は，3 連休での 1 日目に行く，2 日目に行く，3 日目に行くという三つの選択ができ，一泊二日旅行は 3 連休のうちで 1 日目から 2 日目にかけて行く，2 日目から 3 日目にかけて行くという二つの選択ができ，二泊三日旅行は 3 連休すべてを利用して旅行するという一つの選択しかない，ということでありそれぞれで同量の旅行が行われると考えていく．この場合に，休日であることにより増加すると考えられる旅行量  $x_h$  と旅行日の選択を組み合わせると，3 連休内の 1 日目，2 日目，3 日目それぞれの旅行量の増加量を定式化することができる．1 日目から 3 日目の増加量を計算すると，1 日目



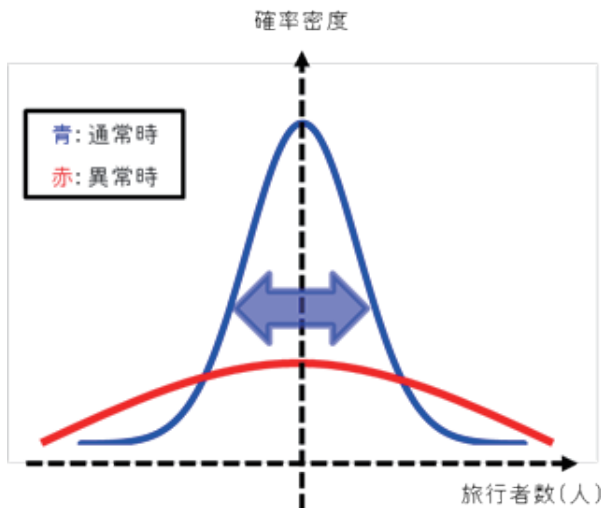


図-3 時系列混合ガウスモデルの考え方

は  $x_{h,1} + x_{h,2} + x_{h,3}$  (人), 2 日目は  $x_{h,1} + 2x_{h,2} + x_{h,3}$  (人), 3 日目は  $x_{h,1} + x_{h,2} + x_{h,3}$  (人) となる. 中日の 2 日目は一泊二日旅行の選択が二つあることから, 1 日目と 3 日目の増加量よりも  $x_{h,2}$  (人) だけ大きい増加量になっていることがわかる. 本研究では, この 3 連休での旅行量増加の考え方を, 期間内に存在する 1 日休みから 5 連休までに拡張して, 期間中のすべての日について連休項を定式化していく. さらに, 毎週末の土曜日・日曜日の旅行量の増加は, 本節で説明した休日効果モデルでの 2 連休における旅行量増加と一致する.

次に, 図-2 で示した, 挟まれ平日項の考え方について説明する. 休みと休みの間に挟まれた平日では, 有給休暇などを利用して休みとし, 旅行する人々がいることが想定される. つまり, 休日に挟まれた平日は普通の平日よりも旅行量  $x_{h-be}$  だけ増えると考えて, 休日効果モデルに組み込み, 他のパラメータと同様に推定していく.

#### (4) 時系列混合ガウスモデル

本研究では, 時系列混合ガウスモデルを用いて, (2), (3) で説明した通常時の時系列変動に従わない, 災害や異常気象などに起因する異常変動を考慮する. このモデルの考え方を図-3 に示す

本研究で提案する, 時系列混合ガウスモデルでは, 携帯電話位置情報データによる観測旅行者数は, 二つの正規分布が混合した分布から得られると考える. 通常時の長距離旅行パターンは図-3 の分散の小さな青色の正規分布に従うとし, この分布の平均値が 2.2 節で示したモデルに従い日付によって変化すると考える. つ

まり, 青色の通常時分布の平均は  $\mu_n = M_d x$  で分散が  $\sigma_n^2$  の正規分布と考えて,  $x$  と  $\sigma_n^2$  をパラメータとしてデータから推定する.

そして, 災害や異常気象などの異常事態時には, 交通機能の混乱や麻痺の影響によって, 人々の長距離旅行行動が大きく変化し, 通常時の分布から考えにくいような旅行人数が観測されることが想定される. そのため, 異常時の長距離旅行人数が従う分布をモデルに組み込んでいく. このような場合の旅行量は, 確率は非常に小さいものの, 様々な値をとりうるために, 図-3 の赤色の分布のように結果的に分散が大きい分布となると考える. この異常時に旅行量が従う正規分布の平均値は全時点共通として  $\mu_e$  (通常時分布の平均のように時間変動はしないと仮定), そして分散値を  $\sigma_e^2$  としてそれぞれをパラメータとして推定する.

#### (5) パラメータ推定法

以上で説明してきた, 通常時の時系列変動と異常時の時系列変動の 2 要素から成る, 本研究で提案する時系列混合ガウスモデルの確率密度関数は, 日付  $d$  においては式 (2) のように定式化できる.

$$p(y_d | \mathbf{x}, \mu_e, \sigma, \alpha) = \alpha_1 \frac{1}{2\pi\sigma_n^2} \exp\left(-\frac{y_d - M_d \mathbf{x}}{\sigma_n^2}\right) + \alpha_2 \frac{1}{2\pi\sigma_e^2} \exp\left(-\frac{y_d - \mu_x}{\sigma_e^2}\right) \quad (2)$$

このとき, 尤度関数は以下ようになる:

$$L = \prod_{d=1}^{915} p(y_d | \mathbf{x}, \mu_e, \sigma, \alpha) \quad (3)$$

この尤度 (式 2-3) を最大化するような  $\mathbf{x}, \mu_e, \sigma, \alpha$  を, 各時系列データ (発地・着地) ごとに推定していく. しかし, この関数は和と積が混合しているため, この尤度関数を対数化しても, 解析的に微分することができない. そこで, 本研究では, 混合ガウスモデルを紹介する教科書<sup>1),2)</sup>に従い EM アルゴリズムで尤度を最大化するようなパラメータを推定する.

### 3. 休日効果モデルの推定結果

#### (1) パラメータ推定結果

全国の長距離旅行生成量から推定した休日効果項のパラメータの推定結果を表-2 に, そして熊本県の発生量で推定した結果を表-3 に示す. 表-2, 表-3 の結果の p-値をみると, 本モデルで導入したパラメータはほとんど 0 からの有意さが確認できる. ここで 5 日旅行つまり, 5 連休以上で増えると予測される旅行量の要素が負の値となっている. これは, 4 日旅行での要素の値を打ち消すためと考えられる. 本モデルでは, 4 連

表-2 休日効果項推定結果（全国）

	Est.	S.E.	p-value
1 日旅行	199,875.0	8,681.5	0.00
2 日旅行	603,532.6	7,388.7	0.00
3 日旅行	540,645.5	10,168.0	0.00
4 日旅行	1,442,063.9	14,887.5	0.00
5 日旅行	-1,432,393.0	28,057.0	0.00
挟まれ平日	117,027.2	44,067.6	0.00

表-3 休日効果項推定結果（熊本発生）

	Est.	S.E.	p-value
1 日旅行	3,360.8	154.4	0.00
2 日旅行	9,243.8	131.3	0.00
3 日旅行	7,270.0	180.8	0.00
4 日旅行	15,487.3	264.7	0.00
5 日旅行	-21,800.2	468.9	0.00
挟まれ平日	-889.5	783.6	0.13

休では4日旅行量の係数は $1 \times 4$ 日分であるが、5連休になると同係数は $1+2+2+2+1$ 日分となる。つまり4日旅行量の組み合わせが増加することによって、4日旅行量が2倍に増加すると仮定している。しかし、4連休と5連休の1日当たりの旅行量には大差がないため、その分を、5日旅行量を負にすることで調整していると推察できる。この内容については、(2)以降でさらに詳細に分析・考察していく。

つぎに、表-3から熊本県の発生量における挟まれ平日項のp値をみると、この頃、一般的な有意水準に用いられる基準である0.05より大きいことが分かる。これは、熊本県では「挟まれ平日と普通の平日の旅行量」については有意な差が見られなかったことを意味している。一方で、表-2の全国の発生量における挟まれ平日項ではp値は0.05以下であり、全国的には休みと休みに挟まれた平日に旅行量が増加するが、熊本県居住者に限ってデータを見ると、休みと休みの間の平日に特に旅行量が増加することはないことが考察できる。

## (2) 熊本県発生量の休日連休効果

長距離旅行者変動の時系列混合ガウスモデルから得られる熊本県発生量の連休項の推定結果（表-3）から、熊本県から全国への発生量の連休の長さ毎の増加量を図-4に示す。なお、ここでの連休の長さ毎の旅行発生量増加は、表-4の式から算出することができる。

図-4を見ると、4連休までは、休みの日数が長くなるごとに旅行者が約10000人ずつと段階的に増えてお

表-4 1日当たり休日効果の推定方法

1 連休	$\frac{x_{h,1}}{1}$
2 連休	$\frac{2x_{h,1}+2x_{h,2}}{2}$
3 連休	$\frac{3x_{h,1}+4x_{h,2}+3x_{h,3}}{3}$
4 連休	$\frac{4x_{h,1}+6x_{h,2}+6x_{h,3}+4x_{h,4}}{4}$
5 連休	$\frac{5x_{h,1}+8x_{h,2}+9x_{h,3}+8x_{h,4}+5x_{h,5}}{5}$

り、5連休での旅行者発生量は4連休の旅行者発生量よりもすこし少ないことが分かる。旅行者発生量は連休の長さに応じて比例して増加していくのではなく、連休効果は4連休までであり、5連休以上での旅行者発生量増加は期待できないと考察できる。次節からは、休日連休効果の特徴の空間的な違いを確認すべく、発生量・集中量における連休効果の差異をゾーン（都道府県）の間で比較していく。

## (3) ゾーン別発生量の推定結果

連休効果による全国旅行者生成量をゾーン別に示したものを図-5に示す。横軸は都道府県を取り、縦軸は2連休から5連休までの旅行者発生量を平日1日当たりの平均旅行者発生量で割った値を取る（旅行者発生増加率）。図-5から、連休の長さにより、平日に比べ、何倍の旅行量となるのかを、都道府県別に比較できる。

図-5から全国的にみて、旅行者増加率は、2連休による増加量は平均的に平日の1.3倍であり、3連休による増加率は2連休による増加率よりも少し多く、平均的に平日の1.5倍である。4連休・5連休は2連休・3連休による旅行者増加率よりもはるかに大きく、旅行者量が増えていることが考察できるが、4連休による旅行者増加率と5連休による旅行者増加率は相違がないことが分かる。このことから、(2)で述べたように、全国旅行者生成量についても、連休による旅行者増加の期待は4連休までであると考察できる。

4連休による旅行量発生増加の効果が、5連休による効果よりも大きいことから、国内旅行においては4連休がその効果を最大にもたらし、5連休以上の休みでは国内旅行の需要よりも海外旅行の需要が大きく、このような結果になっているのではないかと考える。この考察を受けて、2019年の天皇陛下退位による10連休発生の可能性が議論されているが、10連休を一つ作るよりも連休を分散させ、4連休を複数作るような政策をするほうが、国内旅行が増え、観光産業活性化の観点ではいい可能性がある、と考察できる。

さらに、図-5を詳細に見ていくと、4連休・5連休の旅行者増加率の値が2連休・3連休での値とあまり変わらないゾーン（図-5：黒丸部分）がある。このゾー

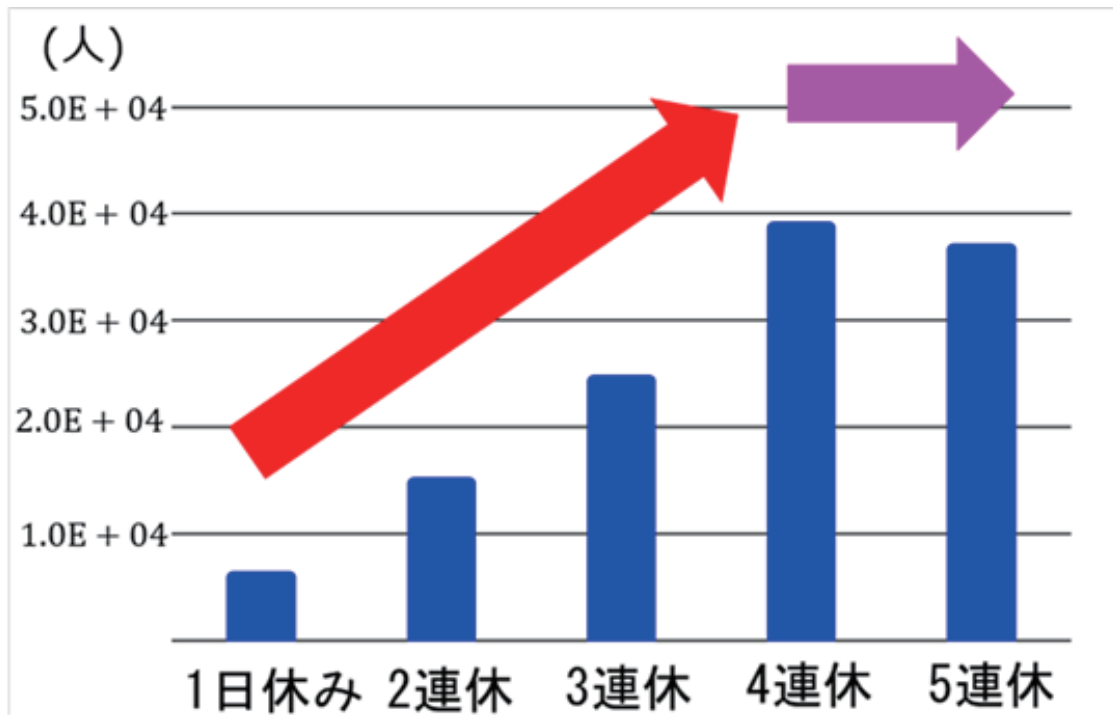


図-4 連休効果による熊本県から全国への旅行者発生量

ンは茨城県や滋賀県、佐賀県などである。これらの県は東京や大阪や福岡（博多）などの都市に近接する県であり、通勤を含む平日の都市への移動が多くなり、連休であっても移動行動があまり変わらず、変動が出ないことが考察できる。

#### (4) ゾーン別発生量の推定結果

つぎに、長距離旅行の集中量の時間変動を、上述の全国旅行者生成量の方法と同様に、時系列混合ガウスモデルに適用し、連休効果による全国の旅行者集中量をゾーン別に示したものを図-6に示す。図-6の横軸は都道府県を取り、縦軸は連休から5連休までの旅行者集中量を平日1日当たりの平均旅行者集中量で割った値を取る（旅行者集中増加率）。

図-6の旅行者集中量は、全国的に見て、2連休による増加率が1~1.5倍、3連休による増加率が1.3~2倍であり、4連休・5連休による増加率は、2連休・3連休による増加率よりもはるかに大きい。4連休による増加率と5連休による増加率から、旅行者集中量においても連休による滞在者増加の効果は4連休までであり、5連休での増加の効果はあまり期待できないことが分かる。

さらに、図-6を詳細に見ると特徴が2点挙げられる。特徴の1点目は、4連休・5連休の滞在者増加率の値が2連休・3連休での滞在者増加率の値とあまり変わ

らない部分（図-6：黒丸部分）があることであり、特徴の2点目は、4連休による滞在者増加率の値が2.5倍近くや2.5倍を超えるような、他の県と比べてはるかに増加率が高い県があることである（図-6：黒破線丸部分）。

1点目の特徴（図-6：黒丸部分）が見られるところは、東京、大阪、名古屋、福岡など、三大都市や政令指定都市に定められている県のほか、埼玉県など関東圏内、京都府や兵庫県などの関西圏内であり、都市部や都市部周辺では、普段からの移動行動があるため、連休効果による旅行量集中の増加はあまりなく、変動に違いがないことが考察できる。逆に、それ以外の地方部では4連休以上になると、集中量が多く場所での平日の集中量の2倍以上になる。地方部では、都市部や他県とのコネクションが時間や経路数的にも限られており、2連休や3連休では十分に旅行を楽しめないことが考えられ、十分に時間を取れる4連休・5連休での旅行行動が増加すると考えられ、都市部や都市部周辺の県よりも休日/平日比が増加している、と考察できる。2点目の特徴（図-6：黒破線丸部分）が見られるところは、秋田県、山形県、福井県、高知県、大分県などの地方部である。このような地方部では観光名所が県内全体に分布しており、2連休や3連休の短期間の休みでは、その県での旅行を堪能できないことが考えられる。そのため、その県全体を楽しむような旅行形態にするた

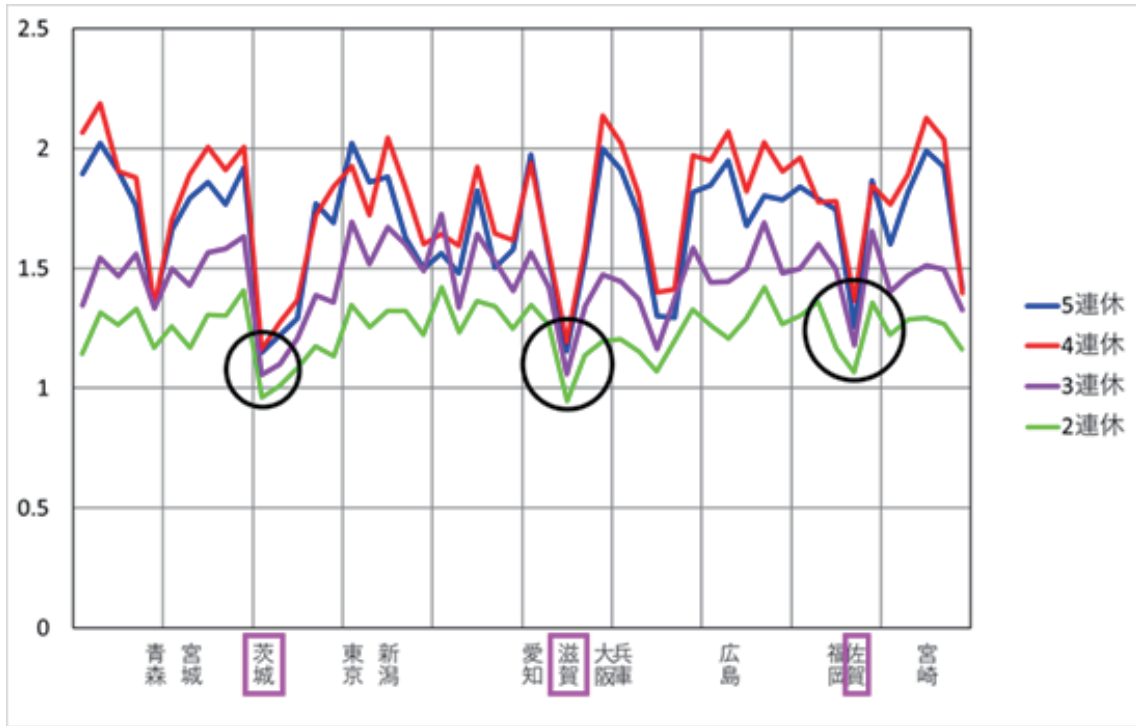


図-5 ゾーン別の旅行発生量の休日/平日比

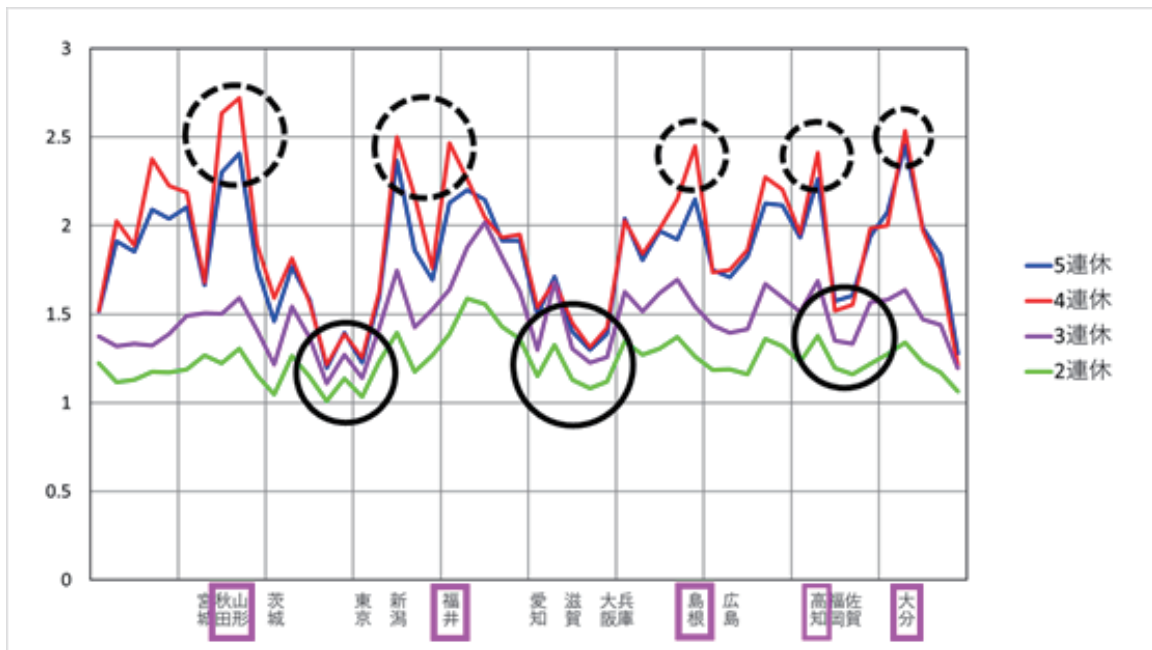


図-6 ゾーン別の旅行者集中増加率

めに、4 連休の長期休みを利用して旅行している人が多いのではないかと考察できる。

#### 4. おわりに

本研究では、長距離旅行行動の季節変動、休日連休効果、異常変動を考慮した時系列モデルを提案した。この時系列モデルを携帯電話位置情報による「モバイル空間統計データ」に適用することで、長距離旅行行動

の時間変動を理解し予測できる時系列モデルを構築できた。

休日や連休における旅行量変動の特徴として、連休の長さが長ければ長いほど、長距離旅行をする人々は増えることが確認されたが、連休の長さに応じて長距離旅行量が増加するのは 4 連休までであり、5 連休による長距離旅行増加率は 4 連休による長距離旅行増加率とほぼ変わらない、または 4 連休による長距離旅行増加率よりも小さいということが分かった。このことから、連休の長さを 5 連休以上に伸ばしても国内旅行者生成量は増加せず、国内旅行量に対してはあまり効果が出ないということが分かった。さらに、ゾーン別の集中量から、4 連休では普段よりも 2 倍以上の旅行量が地方部に集中することが分かった。つまり、4 連休をできるだけ確保することは、観光面における地方の経済発展に大きく寄与することが期待できる。この連休効果を含むモデルは、連休の長さによる長距離旅行パターンの差異が組み込まれており、国民の休日などを工夫して導入することで効率的な地方への観光促進につながる施策を導出することを可能とするなど、国内の観光政策を検討するための需要予測モデルに有効である。

謝辞： 本研究は、科学研究費補助金・若手研究 (B) (代表：山口裕通，課題番号：17K14736)，ならびに、東北大学災害科学国際研究所リソースを活用した共同

研究助成からの支援を受けて行われた。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 中井悦司: IT エンジニアのための機械学習理論入門, 技術評論社, 2016.
- 2) Trevor Hastie · Robert Tibshirani · Jerome Friedman: 統計的学習の基礎 データマイニング・推論・予測, 共立出版, 2014.

(April 27, 2018 受付)

### Time series model for inter-regional travel demand considering the effect of long holidays

Hiromichi YAMAGUCHI, Akiko OMURA, Makoto OKUMURA and Shoichiro NAKAYAMA