

# イベント効果に着目した 流入人口の時系列変動分析

山口 裕通<sup>1</sup>・大塚 直路<sup>2</sup>・中山 晶一郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 金沢大学助教 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: hyamaguchi@sc.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 金沢大学理工学域 環境デザイン学類

<sup>3</sup>正会員 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

長距離旅行行動には、通常時の規則的なパターン（曜日変動、季節変動、連休時の旅行量増加）とは大きく異なる、大幅な流入人口増加・減少が起こる。多くの場合、この増加・減少はある地域・時点における特殊な事象（祭り、ライブ、災害）の効果であろうと推測される。それでは、この「イベント効果」はいつ、どこで、どの程度生じているのだろうか？この疑問に答えるために、本研究では、携帯電話位置情報データから推計された人口分布情報データを用いて取り組んだ。流入人口の時系列変動を分解する方法として混合ガウスモデルを適用し、金沢市・福井市・富山市・小樽市・松山市・鹿児島市・中津川市の7都市イベント効果を解析した。その結果、流入人口の異常な増加・減少はそれぞれの都市における5年間で36日・46日・51日・53日・66日・74日・140日みられることが分かり、その基本的な特徴が明らかになった。

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

## 1. はじめに

長距離旅行行動は、我が国の経済発展につながる重要な要素の一つである。この長距離旅行行動のうちで重要な要素の一つに「観光」がある。国土交通省はホームページ上で「観光は、我が国の力強い経済を取り戻すための極めて重要な成長分野」「広く観光客を呼び込み活気にあふれた地域社会を気付いていくことが観光立国には必要不可欠<sup>1)</sup>」と主張している。つまり、日本経済をさらに発展させる主要な産業として観光を政府が重要視していることが分かる。その他の長距離旅行行動をとるものには、物品運搬や出張など、業務上の移動行動や、帰省行動、年度末年度始まりの居住地の移転、冬期のスノースポーツ・夏季のマリンスポーツに向かう行動など様々なものがある。これらの長距離旅行行動の量は、平日は業務行動が、休日は観光行動が多い特徴があり、さらにGW（ゴールデンウィーク）には特に観光行動が多い、お盆・年末年始には帰省行動が多い、季節それぞれに異なる行動があるといったように時間的に規則的に変

動していると考えられる。

一方で、規則的なパターンとは大きく異なる発生の仕方をする長距離旅行パターンも多く存在する。例えば地域に根付いた古き良き祭りや、アイドルによるライブ、大規模な野外ロックフェスなどの人為的な催しがある。また、大規模な事故や、地震・台風などの災害は長距離旅行行動の規則性に大きな影響をもたらす。本研究では、長距離旅行行動を促す要因のうち、規則的なパターンとは大きく異なる行動をもたらす要因を「イベント」と呼び、主な研究対象として扱い、これによる効果「イベント効果」の抽出に取り組む。

ここで挙げる「イベント」の中で代表的なものは「観光イベント」であり、これは旅行意欲を促す要因として重要である。この点について、「観光イベント」が都市にもたらす効果について杉本（2017）<sup>2)</sup>は「イベント（本研究でいう観光イベント）を体験することによって得られる心理的充足感には、将来の再訪意向を高める可能性があり、イベントは地域や訪問者に一時的・短期的

または継続的・長期的な効果をもたらす起爆剤としての役割をもつ」と主張している。「観光イベント」はその都市に大きな経済効果が期待されるわけである。この「観光イベント」が長距離旅行行動にもたらす効果には、ポジティブな効果と、ネガティブな効果がある。例えば、「イベント」により、長距離旅行者を多く獲得することで、消費行動が増加し、利益が生まれるというポジティブな点と、長距離旅行者を多く獲得したは良いものの、供給が需要に追いつかず、交通面などに支障が生じてしまう点が考えられる。このように、観光イベントには、ポジティブ、ネガティブどちらの効果も想定されるが、ポジティブな効果を最大化しつつネガティブな効果を最小限に抑えるためには、事前に長距離旅行行動の突発的な変化のメカニズムを理解し、「いつ・突発的にある都市へ・どれくらいの流入人口あったか？」という過去の経験・データを知る必要がある。

我が国では、「イベント」として、人為的な観光イベントだけでなく、地震・台風などの「災害イベント」も多発してきた。このような緊急時には、都市への交通手段が断たれるため流入人口が減少している、あるいは支援者が訪れるため、かえって流入人口が増加するという可能性もある。それでは、「災害イベントが起きた際の流入人口は実際どのようになっているのだろうか？」。これを把握することは、災害時を念頭に置いた物流ネットワークの形成、物資供給・支援活動を円滑にするといった点で非常に重要になる。

以上のように、過去の「イベント」による変化を把握するためには、人の長距離旅行行動を捉えた着目区域への流入人口データから、規則的なパターンである「通常変動」を理解したうえで、「通常変動」では説明できない、規則的ではないパターンを抽出する必要がある。しかし、この分析を行うには「細かい時間流動を把握することができる」・「長期間にわたる」・「着目区域への広範囲からの」人口流入データを扱うことが望まれる。人の移動行動を扱う調査・研究は多くあるが<sup>3)・4)</sup>、本研究で欲する人口流入データはあまりなかったことも一因で、分析がされてこなかった。一方で、近年は、携帯電話、スマートフォンなどが全国的に普及しており、携帯端末の位置情報データが利用可能となっている。本研究では、その一つであるモバイル空間統計<sup>9)</sup>を用いて、長距離交通における「イベント効果」を分析していく。このデータを利用することで、広範囲を対象とした時間的に詳細な人の移動行動を分析することができる。

本研究では、2014年3月1日から2018年2月28日までの5年間(1826日間)、午後1時台(午後1時から午後2時の間)に対象都市に滞在している各道県外を居住地とするモバイル空間統計による推計人口を扱う。対象とした都市は石川県金沢市、福井県福井市、富山県富山市、北海

道小樽市、愛媛県松山市、鹿児島県鹿児島市、岐阜県中津川市の7都市である。これらの都市は、各都道府県主要都市、同種の観光イベントが開催される都市、本州からは離れた都市という特徴がある。そのため、主要都市にみられるイベント効果の特徴、特定の観光イベントがもたらすイベント効果、交通の便がイベント効果に与える影響を分析できることが期待される。これらすべての都市について日単位という時間的に詳細な分析を行うことで、流入人口の特徴を理解し、それぞれの都市における「イベント効果」を抽出した。その結果、以下の4点を明らかにした。(1) イベント効果が検出された日の数は金沢市・福井市・富山市・小樽市・松山市・鹿児島市・中津川市においてそれぞれ、36日・46日・51日・53日・66日・74日・140日であった。(2) 中津川市では5年間で140日ものイベント効果が検出されたが、その内6割以上は9月から11月の「秋」という季節に含まれていた。(3) 観光イベントの中でも地域に強く根付いたイベント、音楽イベントが開催される日には金沢市において例年イベント効果が検出され、特に音楽イベントについては、4つの都市すべてで、イベント効果が確認された。(4) 北海道胆振東部地震発生後、小樽市では13日間負のイベント効果が続いており、期間中流入人口が減少していた。

本論文の構成は、以下のとおりである。まず2.において、流入人口の時系列変動を「通常変動」と「異常変動」に分解する手法を説明する。そして、3.において、提案したモデルを用いた分析結果を示す。4.は本論文の結論である。

## 2. モデルの提案

### (1) 時系列変動パターンの分解・抽出

本研究では、都道府県間をまたぐ人の移動行動、つまりある一定の範囲外から長距離の旅行を実施してきた、複数の都市の「流入人口」の時系列変動について詳しく分析する。分析する上で、この流入人口の時系列変動は大きく2つのパターンに分けられると考え、大村ら(2018)<sup>10)</sup>による時系列混合ガウスモデルを参考に、モデルを構築していく。本研究では、その2つに分解したパターンそれぞれを「通常変動」、「異常変動」と呼ぶこととする。

前者の通常変動は、人の長距離移動の時系列推移のなかで日常的に起こる範囲の変動を示す。本研究では、この通常変動は季節変動、曜日変動、地域特有の変動、休日効果の4つの要素の和で構成されると考える。

季節変動とは、毎年同時期、同日に現れる季節単位の流入人口増加・減少の変動を表現する1年周期の時間変動要素である。例えば、お盆・年末年始の毎年同じ日に多く実施される帰省行動や、春(年度末・年度始まり)に旅行行動が多くなるという時間変動がこの季節変動に

含まれる。

次に、曜日変動とは、曜日による流入人口の違いを表現する、7日周期の時間変動要素である。例えば、観光流入が多い地域においては、土曜日と日曜日は観光行動が増えるために流入人口が多く、さらに休日の前後の曜日である月曜日と金曜日も、他の平日に比べ観光客による流入量が多いといった変動がみられる。曜日変動要素では、このような変動パターンを表現するものとして、通常変動の要素として組み込んだ。

3つ目の要素である、「地域特有の変動」は、人の移動行動に大きくかつ継続的に影響を与えると予測される事象による変動として、ある時点に増加（あるいは減少）してその量が継続的に残るような時間変動を表現する要素である。例えば、金沢市においては、2015年3月14日に北陸新幹線金沢駅が開業したことによって流入人口が大幅に増加し、開業後も継続的に増えた分の人口流入が継続している。このような時間変動パターンを表現するものを、地域特有の変動として通常変動の要素に組み込んだ。

最後に休日効果は、平日と休日の流入人口の違いを表現するものであり、特に連休の長さによる流入人口の変化を表現する時間変動要素である。例えば、月曜日が祝日であり、土曜日・日曜日・月曜日と3日間のあいだ休日が継続する「3連休」になる場合は、普段の土曜日・日曜日休みの2連休の場合よりもはるかに多くの旅行行動がみられる。そして、ゴールデンウィークやシルバーウィークなどの「国民の休日」が集中する時期には、その年のカレンダーによる連休の長さに応じて流入人口が大きく異なることが知られている。本研究では、このような時間変動要素を取り扱うために、連休の日数（長さ）によって異なる流入人口量を少数のパラメータで表現するモデルを作成して、通常変動要素の1つとして組み込む。

上述の4要素からなる「通常変動」の他に、本研究では「異常変動」を扱う。これは、人の長距離移動パターンとして通常変動のような周期的・時間的な規則性がなく、日常的に起きる可能性が非常に低い変動（つまり、突発的に起きる変動）を表現するものである。本研究では、このような異常を起こしている要因を「イベント」と定義し、このイベントにより引き起こされる人口増加・減少を「イベント効果」と呼ぶ。本章で提案する時系列混合ガウスモデルでは、「ある日にイベント効果がみられるか？」つまり「異常変動が観測されたか？」は通常変動分布と異常変動分布の確率分布から判断される。そして、このモデルをモバイル空間統計データによる流入人口の時系列変動分析に適用することで、「イベント効果（異常変動）」を網羅的に検出しその特徴を整理していく。

## (2) 時系列混合ガウスモデル

本研究では、流入人口の時系列変動を、2つのパターン「通常変動」「異常変動」に分離する手法として、時系列混合ガウスモデルを用いていく。これは、大村ら(2018)<sup>10</sup>が日変動分解の手法として提案したモデルに改良を加えたものである。この時系列混合ガウスモデル

$$\begin{aligned} \mu_{\text{season},d} &= \sum_{n=1}^{50} \beta_{\text{season},\sin,n} \sin\left(\frac{d}{365} \times 2\pi \times n\right) \\ &+ \sum_{n=1}^{50} \beta_{\text{season},\cos,n} \cos\left(\frac{d}{365} \times 2\pi \times n\right) \end{aligned} \quad (3)$$

では、モバイル空間統計による滞在人口は、2つの正規分布が混合した分布から得られると考える。2つの正規分布とは、通常変動の下で流入人口が従う確率分布と、突発的に起こる変動である異常変動があった時に従う確率分布である。 $d$ 日の流入人口 $y_d$ となる確率 $P(y_d)$ は、この2パターンから得られる確率を合算したものと定義する。

$$\begin{aligned} P(y_d) &= \alpha P_{\text{gaussian}}(y_d | x_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{normal}}) \\ &+ (1 - \alpha) P_{\text{gaussian}}(y_d | \mu_{\text{error}}, \sigma_{\text{error}}) \end{aligned} \quad (1)$$

$x_{\text{normal},d} \cdot \sigma_{\text{normal}}$ と $\mu_{\text{error}} \cdot \sigma_{\text{error}}$ はそれぞれ通常変動と異常変動の平均値・標準偏差であり、 $P_{\text{gaussian}}(x|\mu, \sigma)$ は平均 $\mu$ ・標準偏差 $\sigma$ の正規分布の確率密度関数を示す。これらのパラメータ( $x_{\text{normal},d}$ ,  $\sigma_{\text{normal}}$ ,  $\mu_{\text{error}}$ ,  $\sigma_{\text{error}}$ )を推定した結果、通常分布の標準偏差( $\sigma_{\text{normal}}$ )は異常分布の標準偏差( $\sigma_{\text{error}}$ )より小さいという関係( $\sigma_{\text{normal}} < \sigma_{\text{error}}$ )にあることが期待される。この期待される関係は、通常変動は日常的に起こる流入人口変動であるため、比較的小さい誤差範囲の中で変動すると推測される一方で、異常変動は「イベント」の規模の分散が大きいことにより、様々な値をとりうるため、分散が大きい正規分布となると期待される。ここで、式(1)の右辺第2項が第1項より大きい場合、つまり、 $d$ 日の観測流入人口 $y_d$ が異常変動分布から得られる確率が、通常変動分布から得られる確率を上回った場合に、 $d$ 日はイベント効果がみられたと判断する。

ここで、本研究で着目したい、突発的に発生するイベント効果をより精度よく抽出するためには、4種類の変動を組み込んだ通常変動の平均値 $x_{\text{normal},d}$ で、周期的、あるいはカレンダーから推測できる通常の流れが十分に再現されている必要がある。通常変動の平均値が、もとの時系列をよく再現できているほど、 $\sigma_{\text{normal}}$ がより小さくなり、その結果として比較的小さいイベント効果で



も、通常時分布では考えにくい変化として検出することが可能となる。(3)では通常変動の平均値 $x_{normal,d}$ の時間変動を表現するモデルについて説明する。

(3) 通常変動モデル

式(2)に示す通常変動を構成する各項について説明していく。

$$x_{normal,d} = \mu_{season,d} + \mu_{week,d} + \mu_{HSR,d} + \mu_{cont,d} \quad (2)$$

①. 季節変動項 $\mu_{season,d}$

本研究では季節変動を、お盆・正月の帰省行動や、新生活が始まる春季の移動など、毎年同時期に起こる長距離移動行動の時系列変化として定義する。これは365日間周期の変動に相当する。このような周期変動を表現した季節変動項が式(3)である。

$$\begin{aligned} \mu_{season,d} = & \sum_{n=1}^{50} \beta_{season,sin,n} \sin\left(\frac{d}{365} \times 2\pi \times n\right) \\ & + \sum_{n=1}^{50} \beta_{season,cos,n} \cos\left(\frac{d}{365} \times 2\pi \times n\right) \end{aligned} \quad (3)$$

ここでは365日周期の変動を、三角関数を用いた周期関数で近似することで、滑らかな季節変動を表現している。この季節変動項では、7日間(1週間)周期より大きい周期で現れることが予測される変動を表現しようとしている。7日間周期は後に述べる曜日変動で表現が可能となるためである。そこで、自然数 $n$ の最大値を50とした。こうすることで、季節変動項中の三角関数の周期である365hの最小値が $365/50=7.3>7$ となる。これにより、1年という時間的に粗い単位で周期的に生じる変動を表現する。また、本研究で扱っている4年間のデータのうち、2016年はうるう年であるため、2016年2月29日はその前日(2月28日)と翌日(3月1日)の平均を適用した。

②. 曜日変動項 $\mu_{week,d}$

曜日変動とは、平日は通勤通学行動が多くみられる、土曜日・日曜日は観光行動が多くみられる等、各曜日で異なる特徴が表れる変動である。これは7日間周期で現れる通常変動の要素であり、各曜日の特徴を捉えるため、式(4)のように表現した。

$$\begin{aligned} \mu_{week,d} = & \sum_{w=1}^7 \beta_{week,w} \delta_{week,w,d} \quad , \delta_{week,w,d} \\ = & \begin{cases} 0 & (f(d) \neq w) \\ 1 & (f(d) = w) \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

$f(d)$ は $d$ 日の曜日であり、 $w$ は1~7の自然数でそれぞれ月曜日~日曜日と対応している。つまり、 $d$ 日の曜日が、曜日と一致する場合は1、それ以外は0としている。

③. 地域特有の変動項 $\mu_{HSR,d}$

ある事象が分析対象地域に起きたことで、その地域の

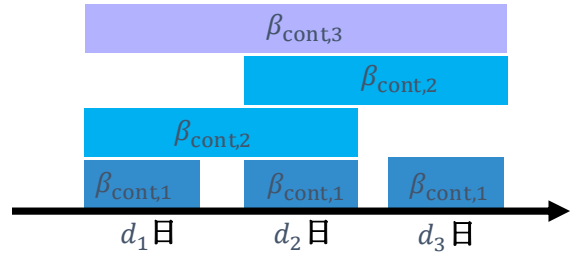


図1 休日効果の考え方

その後の流入人口ベースに大きく影響を与えることがある。例えば、高速道路の開通や、飛行機の便の増加、新幹線駅の開業など交通面での大きな変化が考えられる。この変動を表現するためモデルに組み込んだのが、地域特有の変動である。本研究で分析対象としている金沢市では、2015年3月14日に北陸新幹線金沢駅が開業しており、その前後で大きく流入人口が異なることが想定される。式(5)は、その前後の違いを表現した地域特有の変動項であり、2015年3月14日以降にのみ現れる、7日周期の時間変動パターンが表現されている。

$$\begin{aligned} \mu_{HSR,d} = & \sum_{w=1}^7 \beta_{HSR,w} \delta_{HSR,d} \delta_{week,w,d} \quad , \\ \delta_{HSR,d} = & \begin{cases} 0 & (2014,3,1 \leq d \leq 2015,3,13) \\ 1 & (2015,3,14 \leq d \leq 2018,2,28) \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

④. 休日効果項 $\mu_{cont,d}$

ここでは連休の長さによる流入人口の差異を表現する休日効果モデルを定式化・説明する。本研究では休日を、土曜日・日曜日に加え、祝日・国民の休日とお盆(8月13日から16日までの4日間)、年末年始(12月29日から1月3日までの6日間)として、これらの休日が連続することによる「連休」を扱っていく。

式(6)は休日効果項を $\mu_{cont,d}$ と定式化したものであるが、 $l(d)$ は、 $d$ 日の連休中の位置であり、 $k(d)$ は $d$ 日が含まれる連休の連休日数である。例えば、 $d$ 日が3連休の中日の場合、 $l(d) = 2$ 、 $k(d) = 3$ となる。また、 $N$ は通常変動として考慮する連休最大滞在日数である。

$$\mu_{cont,d} = \sum_{n=1}^N \beta_{cont,n} \delta_{cont,n,l(d),k(d)} \quad (6)$$

ただし $d$ 日が休日でない時、 $l(d) = k(d) = 0$

このモデルの考え方について説明した図が図1である。ここでは例として $k = 3$ 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日休みで旅行する(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。3日間における各日での日帰り旅行量を $\beta_{cont,1}$ 、一泊二日旅行量を $\beta_{cont,2}$ 、二泊三日

旅行量を $\beta_{\text{cont},3}$ 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3パターンの選択ができ、一泊二日旅行は3連休のうち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2パターンの選択ができ、二泊三日は3連休すべてを利用して旅行するという1パターンしかない、ということでありそれぞれで同量の旅行がみられると考えていく。このように場合分けして考えると式3-6中の $\delta_{\text{cont},n,l(d),k(d)}$ は3連休中の1日目、2日目、3日目それぞれにおいて以下ようになる。

$$\delta_{\text{cont},1,1,3} = 1 \cdot \delta_{\text{cont},2,1,3} = 1 \cdot \delta_{\text{cont},3,1,3} = 1 \quad (7)$$

$$\delta_{\text{cont},1,2,3} = 1 \cdot \delta_{\text{cont},2,2,3} = 2 \cdot \delta_{\text{cont},3,2,3} = 1 \quad (8)$$

$$\delta_{\text{cont},1,3,3} = 1 \cdot \delta_{\text{cont},2,3,3} = 1 \cdot \delta_{\text{cont},3,3,3} = 1 \quad (9)$$

これを踏まえ、1日目から3日目の旅行量をそれぞれ計算すると、それぞれ式(10)-(12)となる。

$$\beta_{\text{cont},1} + \beta_{\text{cont},2} + \beta_{\text{cont},3} \quad (\text{人}) \quad (10)$$

$$\beta_{\text{cont},1} + 2\beta_{\text{cont},2} + \beta_{\text{cont},3} \quad (\text{人}) \quad (11)$$

$$\beta_{\text{cont},1} + \beta_{\text{cont},2} + \beta_{\text{cont},3} \quad (\text{人}) \quad (12)$$

図1からも分かるように2日目の旅行量は、一泊二日旅行の選択が2パターンあることから、1日目、3日目よりも $\beta_{\text{cont},2}$  (人) 分だけ多くなっていることが分かる。本研究ではこの3連休での休日効果の考え方を、連休中最大4日間滞在した場合にまで拡張して、期間内(2014年3月1日から2018年2月28日)に存在するすべての休日について休日効果項の定式化を行う。

#### (4) パラメータの推定

ここまで述べてきた、通常変動と異常変動の2つの要素で構成される、時系列混合ガウスモデルの確率密度関数を

$$P\left(y_d \mid \alpha, \mu_{\text{error}}, \sigma_{\text{error}}, \sigma_{\text{normal}}, \beta_{\text{season}}, \beta_{\text{week}}, \beta_{\text{HSR}}, \beta_{\text{cont}}\right) \quad (13)$$

とすると、この尤度関数は式(14)となる。

$$\prod_{d=1}^{1826} P\left(y_d \mid \alpha, \mu_{\text{error}}, \sigma_{\text{error}}, \sigma_{\text{normal}}, \beta_{\text{season}}, \beta_{\text{week}}, \beta_{\text{HSR}}, \beta_{\text{cont}}\right) \quad (14)$$

この尤度を最大化するようなパラメータ $\alpha, \mu_{\text{error}}, \sigma, \beta$ を最尤推定法により推定していく。しかし、この尤度関数は和と積が混合しているため、微分は困難である。そこで、期待値最大化法とも呼ばれるEMアルゴリズムを用いてパラメータ推定を行う。

### 3. 分析結果

#### (1) 金沢市の通常変動

図2は、モバイル空間統計データによる、全期間分(5年,1826日分)の午後1時に、金沢市に滞在している石川県外を居住地とする人の数の観測日間変動である。この時系列変動には、2.までで述べてきた周期的に表れ

る通常変動と、通常ではない異常変動が含まれている。この図を見ると、金沢市の流入人口について、2014年の多くの日は、他の年の同日より少なくなっていることや、5月初旬、8月中旬、年末年始などは著しく増加していることなど、様々な特徴的な点がみられる。

金沢市への石川県外からの流入人口時系列変動(図2)を、本研究で提案する時系列列混合ガウスモデルによって、通常変動と異常変動に分解した。図3はその通常変動グラフである。このグラフは、2.で述べた通常変動を構成する4つ要素から成り立っている。モバイル空間統計データによって得られた観測流入人口変動である図2と、推定した通常変動である図3を比較すると、そのグラフは類似した形状となっており、通常変動で、実際の変動を表現できていることが、一見して分かる。通常変動を構成する各要素を細かく見ていくと、各要素の特徴を通常変動に反映できていることが分かる。2015年3月14日を境に起きている流入人口ベースの増加、3連休以上の休日や、ゴールデンウィーク、お盆等に見られる急激な流入人口の増加、季節による流入人口の違いの起伏が表現できており、これらの特徴は、モバイル空間統計によって実際に得られたデータによる変動に見られる特徴と一致する。

#### (2) 金沢市のイベント効果

モバイル空間統計データによる金沢市への石川県外からの観測流入人口と、通常変動によって推測された流入人口の差をとった残差変動図4に示す。この図より、基本的に観測流入人口と通常変動の差は $\pm 5000$ 人程度のオーダーで変動していることがわかる。この変動は、推定された通常変動の誤差であると考えられるが、所々突発的に流入人口が大きく増加あるいは減少している日があることが分かる。これらを「イベント効果日」としてピックアップしたものが図5である。なお、この図中の横軸の数値は日付の番号であり、表1の数値と対応している。これは通常変動で期待される誤差から大きく乖離する流入人口がみられる日という意味と解釈できる。その結果、金沢市のイベント効果があった日は、5年間で、正の効果は23日、負の効果は13日の計36日検出された。つまり、年間におおよそ7日程度は通常変動で期待される誤差から大きく乖離する事象(イベント)が発生している。図6は流入人口残差変動をイベント効果日のみ示したグラフである。これは、イベント効果日における、モバイル空間統計によって得られた値と通常変動の期待値の差を除いたものであり、以降ではこの人口差を「イベント効果量」と称する。

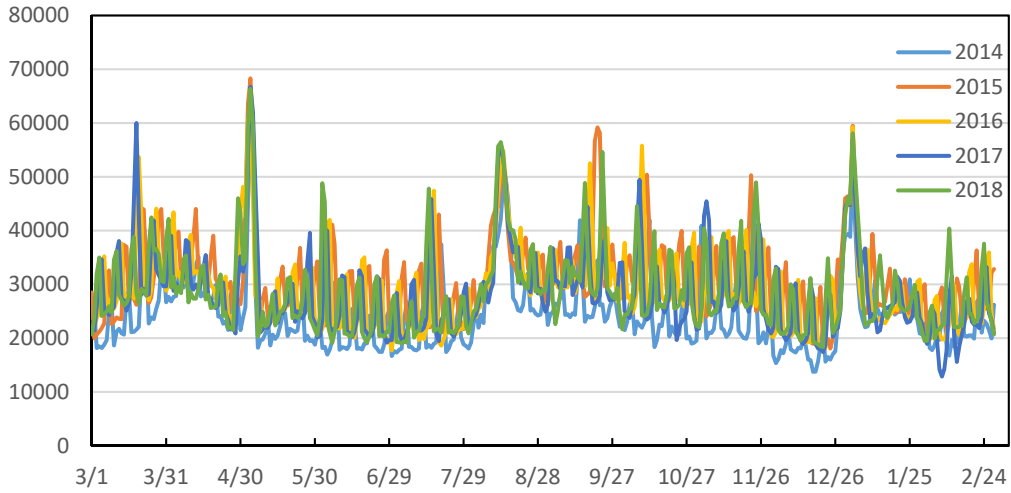


図2 金沢市への石川県外からの観測流入人口

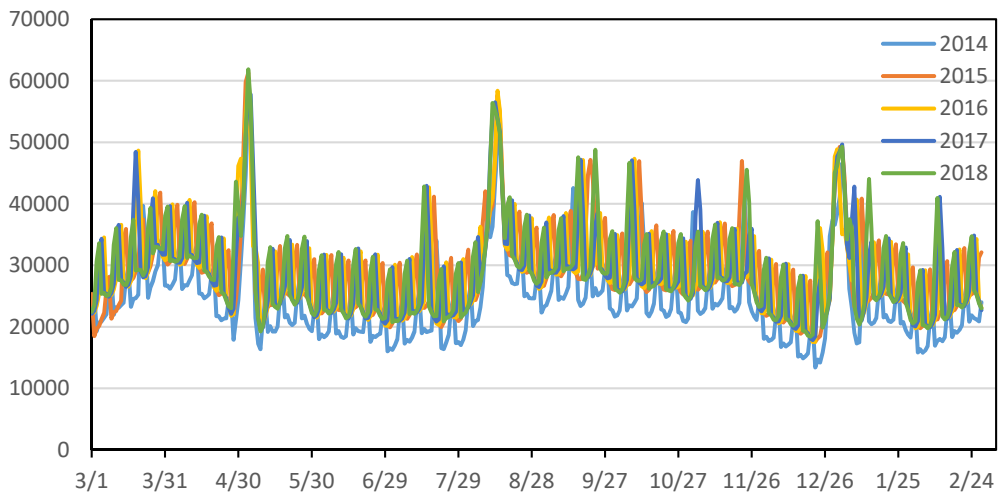


図3 金沢市への石川県外からの観測流入人口

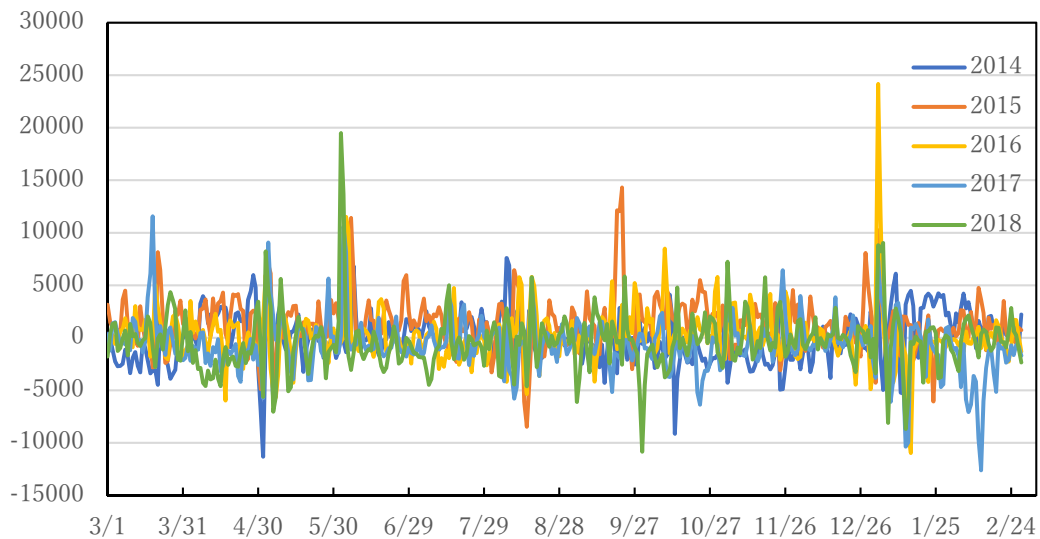


図4 残差変動（金沢市）

金沢市で検出されたイベント効果は、その発生した時期で分類すると、3種類に分類できる。1種類目は、ゴールデンウィーク、年始などの長期にわたる連休の時期

に検出されるイベント効果である。これは、特殊なイベントがあったと考えるよりも、ゴールデンウィークや年末年始の時期特有の特殊な変動（毎年のカレンダーの差

表 1 月ごとの日付番号対応表

3月	1~31	9月	185~214
4月	32~61	10月	215~245
5月	62~92	11月	246~275
6月	93~122	12月	276~306
7月	123~153	1月	307~337
8月	154~184	2月	338~365

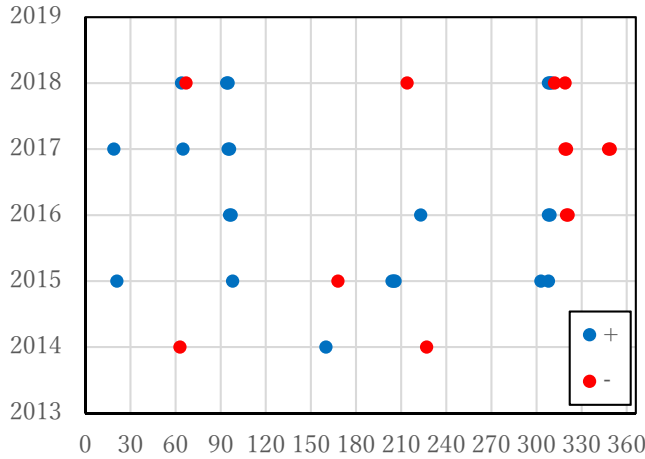


図 5 イベント効果日 (金沢市)

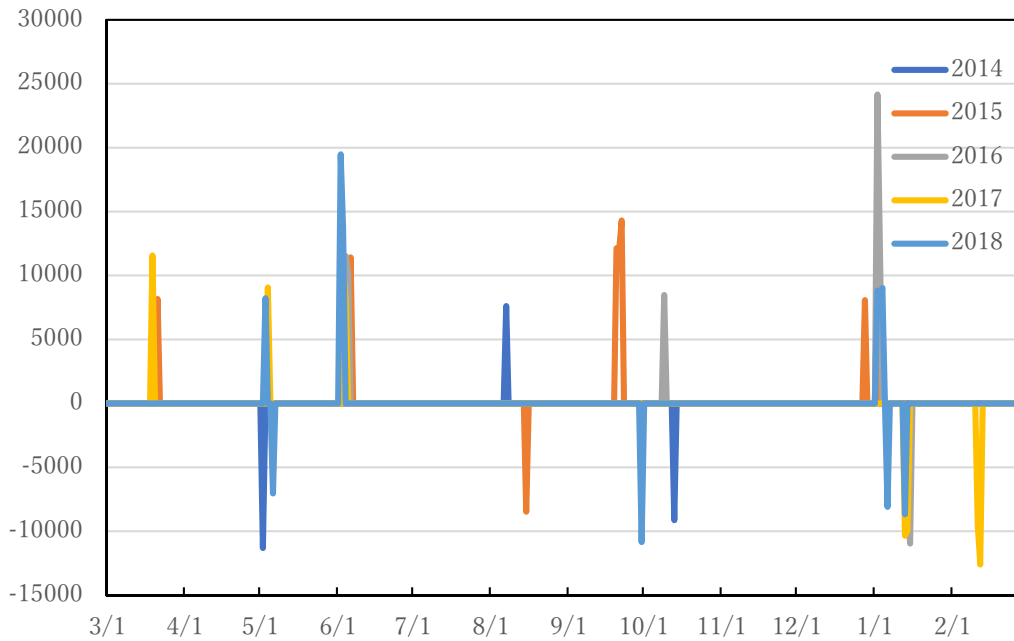


図 6 イベント効果量グラフ (金沢市)

異による違い) を、現時点の通常モデル (休日効果と季節変動) では十分に表現できていないと考えることが妥当であろう。その結果として、ゴールデンウィーク、年始の時期は、通常変動では表現しきれないほどの大きな残差異異常がみられる結果となっている。

2 種類目は、4 年連続で同じ時期に同方向で検出されるイベント効果である。金沢市では、6 月の第一土曜日・日曜日にみられており、この土日においては 2015 年 6 月 7 日 (日曜日) を除く 8 日中 7 日で、異常に大きい人口流入がみられる。このような「第一土曜日・日曜日」は毎年カレンダー上での日付が異なるために、季節変動では表現されずに、本モデルでは「異常変動」として扱われることとなる。この 6 月に見られたイベント効果日は、毎年同じ時期に発生するという点で他のイベント効果とは異なる特徴があることが分かる。

3 種類目は、長期にわたる連休中のイベント効果にも、毎年連続して同じ時期に検出される同方向のイベント効果にも属さない、ある年だけに検出される、あるいは同時期ではあるが逆方向のイベント効果である。3 種類目に属するイベント効果の要因として考えられるものは、ある年限定で生じたイベントである、例えば、災害や大雪が発生し交通機能が停止するという事象が起きれば、長距離旅行者の例にみない減少が生じ、負のイベント効果として検出されることが期待される。しかし、本研究で検出された金沢市における 3 種類目の便と効果に属する日の要因をつきとめることはできなかった。

2 種類目のイベント効果である、6 月第一土曜日・日曜日にあった特殊なイベントを詳しくみていく。このタイミングに、金沢市で毎年発生している人を異常に集める要因を調査したところ、「金沢百万石まつり」と「百



万石音楽祭」が同日に開催されていることが分かった。

これらのような観光イベントには、多くの人の長距離旅行行動を促す効果があると考えられる。「金沢百万石まつり」は、歴史ある由緒正しき催しであり、多くの人を金沢市へ呼びつける効果があることにも頷ける。このような地域に密着した観光イベントはその土地の良さを長距離旅行者に知ってもらうには打って付けである。また、「百万石音楽祭」は 2013 年が初開催にも関わらず、その 2 年後には「金沢百万石まつり」と合わせて、異常なほどの長距離旅行を促していることが明らかになった。つまり、このような音楽イベントには長距離旅行行動を促す絶大な効果がある可能性があるが、ここでは同じ時期に開催されている「金沢百万石まつり」と「百万石音楽祭」による金沢市への来訪者数増加効果を分離して推計することは不可能である。

### (3) 各都市にみられた特徴的なイベント効果

#### ①. 異常日数比較

本研究で対象とした7つの都市すべてで検出された種類ごとのイベント効果日数を表2にまとめた。それぞれの種類のイベント効果の分類方法であるが、1種類目はゴールデンウィーク、お盆、年末年始中で検出されたイベント効果をカウントした。それぞれの期間は、5月1日～8日、8月13日～16日、12月29日～1月3日とした。2種類目は、1種類目を除き5年中4年で同じ時期に検出された同方向（正か負か）のイベント効果をカウントした。3種類目は、1種類目にも2種類目にも含まれないイベント効果をカウントした。

1種類目のイベント効果について、福井市、富山市、松山市では、負の効果が正の効果を上回る結果となり、これらの負の効果はゴールデンウィークという連休期間で、休日と休日の間に挟まれた平日で検出されていた。

このように連休中の休日に挟まれた平日が負のイベント効果として検出される理由であるが、本研究で提案するモデルの通常変動で予測される連休期間の休日には含まれる平日の流入人口の値が、通常変動を構成する要素の1つである「季節変動」により実際より大きすぎる値で予測されていることが考えられる。「季節変動」は365周期で現れる季節ごとの変動を示すものであるが、これにより、「ゴールデンウィーク」という365日周期で現れるカレンダーにみられる特徴的な期間が全体的に大きい流入人口となると予測されていることが原因であると考えられる。そのため、モバイル空間統計で得られた休日に挟まれた平日の実際の値より、異常なほど大きい値が通常変動で表現され、負のイベント効果として多く検出されているものと考察できる。

2種類目の、長期にわたる連休を除き5年中4年で同時期に同方向で検出されるイベント効果について、負の効果はどの都市でも検出されず、正の効果は金沢市と中津川市にのみ検出されていることが分かる。金沢市における2種類目のイベント効果「7日」は「百万石まつり」・「百万石音楽祭」が開催された日であるが、中津川市における「63日」はそのほとんどが9月から11月の3か月中で検出されている、この中津川市のイベント効果9月から11月で重点的に検出された要因について考察していく。中津川市のイベント効果140日中の85日（2種類目のイベント効果でないものも含む）が9月から11月の3か月間に検出され、5年間中の6割以上のイベント効果が密集していた。図5-13に中津川市における9月から11月のイベント効果量を示した。9月から11月に見られたイベント効果は85日中の1日を除き、全て休日（土曜日・日曜日・祝日）に検出されていた。また、イベント効果量は基本的に3000人前後であるが、例年9月下旬は1万人前後の効果量が検出されることが分かった。このように、3か月

表2 5年間で検出された各都市のイベント効果日数

	イベント効果日数			1種類目		2種類目		3種類目	
	+	-	合計	+	-	+	-	+	-
金沢	23	13	36	9	4	7	0	7	9
福井	29	17	46	5	9	0	0	24	8
富山	31	20	51	7	12	0	0	24	8
小樽	32	21	53	11	2	0	0	21	19
松山	38	28	66	7	9	0	0	31	19
鹿児島	44	30	74	19	7	0	0	25	23
中津川	124	16	140	23	6	63	0	38	10



という期間中、休日に長距離旅行者をコンスタントに獲得しているという事実から、この季節限定で長距離旅行行動を促す要因が中津川市にあると考えられる。そこで、中津川市の観光サイト<sup>11)</sup>で調査を行ったところ、中津川市は「栗のまち中津川」というほどに栗が名産であることを観光政策に活用しており、中でも栗を用いた和菓子が有名であると主張していた。さらに、この栗を用いた和菓子は毎年9月から売り出されるということが分かった。本研究のアプローチでは、この中津川市のように季節特有でかつ週末に起こるようなパターンの行動が多い場所では、その季節に「2種類目のイベント効果」が多発するような事象としてこのような行動を検出できることが確認できた。

## ②. 音楽イベント

金沢市、小樽市、鹿児島市、中津川市、で開催されている音楽イベントに着目し、開催日にイベント効果が検出されているか、つまり音楽イベントが開催された日に通常時より統計的に有意なほど多くの来訪者数があったか、を確認していく。表3はそれぞれの都市で着目した音楽イベント「百万石音楽祭」、「rising sun rock festival」、「the great satsumanian festival」、「中津川 the solar budokan」、が開催された際にみられたイベント効果量を示したものである。灰色の項目はイベント効果が検出されていなかった日である。

「百万石音楽祭」は3(2)で示したとおり、例年6月第一土曜日・日曜日に開催される屋内型ロックフェスティバルであり、「金沢百万石まつり」と同時開催のために、その効果と識別することができない特徴がある。このイベント効果については、2015年以降はほぼ毎年「イベン

ト効果」として検出されている。さらに年々イベント効果量が増加傾向を示しており、2014年の8875人(2日間)から4年で、33,165人まで増加している。「rising sun rock festival」は、小樽市で例年8月第2金曜日・土曜日の2日間開催される野外ロックフェスティバルである。初開催は1999年であり、本研究で扱う5年間(2014~2018)では2018年を除く4年で毎年ほぼ共通して、6500人オーダーの正のイベント効果が検出されている。この音楽イベントの開催時期は、お盆という長期連休中であるが、小樽市のお盆期間中に検出されているイベント効果は、この音楽イベントが開催されている日のみに検出されている。このことから、通常変動で「お盆」という季節的な流入人口の特徴は表現できており、その上でイベントによる効果が検出されていることが考えられる。「the great satsumanian festival」は2018年が初開催となる鹿児島市で開催されているロックフェスティバルであり、10月7日、8日の3連休中の2日間で開催された。サンプルは2018年分しかないが、前年の同時期はイベント効果が検出されていないのに対し、初開催の2018年は正のイベント効果が検出されている。このことから、(他に同時開催のイベントがない限り)ほぼ純粋にこのイベントによって、この週末に鹿児島市では、7992人も来訪者数が増加したといえよう。「中津川 the solar budokan」は、中津川市で例年9月第4土曜日・日曜日に開催される野外ロックフェスティバルであり、2013年に初開催された。着目した音楽イベントの中で唯一5年間の開催日すべてで正のイベント効果が検出されている。さらにそのイベント効果量も年々増加傾向にあり、2014年の10357人から4年で23194人まで増加している。

表3にはそれぞれの音楽イベントに見られたイベント

表3 音楽イベントが開催された際のイベント効果量

(※灰色の項目はイベント効果が検出されていない日)

(※鹿児島市2017年は音楽イベントが開催されていないため濃灰色で区別した)

都市	音楽イベント名	イベント効果量 (単位:人)					平均
		2014	2015	2016	2017	2018	
金沢	百万石音楽祭	6831	11417	11521	10591	19479	9983
		2044	5839	10263	8163	13686	
小樽	rising sun rock festival	3067	2644	4253	2777	675	2739
		3205	2219	4646	3413	496	
鹿児島	the great satsumanian festival				975	3412	3841
					-1285	4270	
中津川	中津川 the solar budokan	4224	3825	9321	11606	7697	8455
		6133	6834	6749	12668	15497	

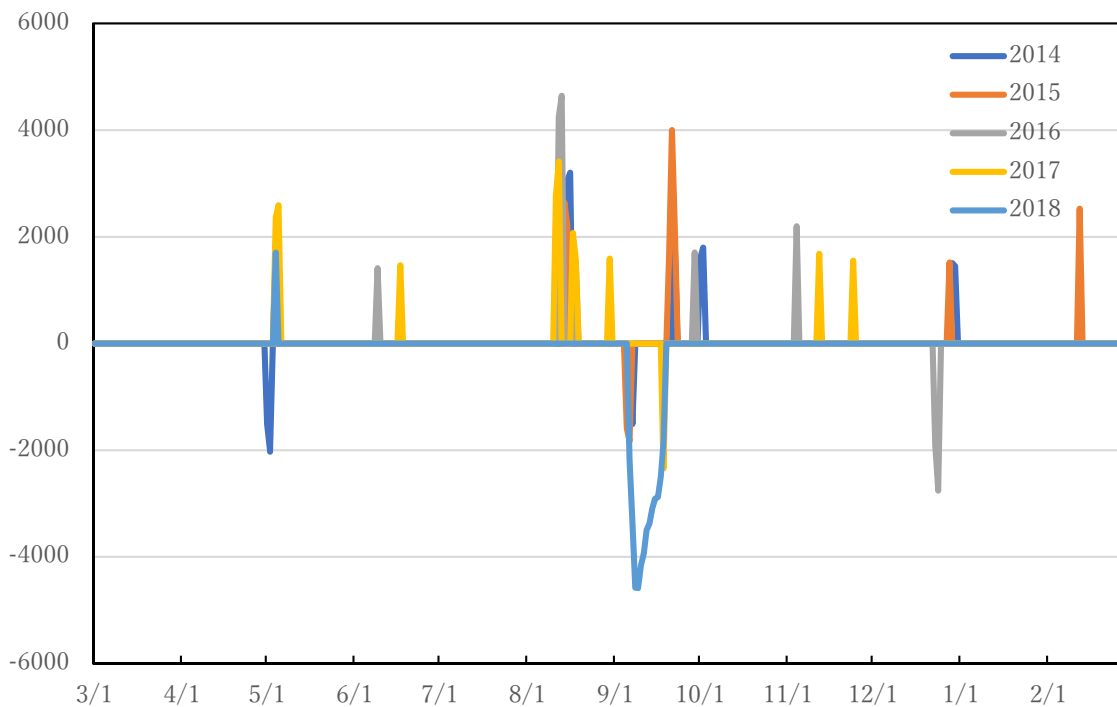


図6 イベント効果量グラフ (小樽市)

効果量の1日あたりの平均値も示したが、その値はイベントごとにばらつきがあるものの、約3000～10000人となった。これだけの通常時に起こる誤差の範囲とは大きく異なる人数を集める効果が音楽イベントにはあることが考えられる。さらに北海道という隣接する県が無い地の都市である小樽市にもイベント効果が多く検出されたことから、音楽イベントには、距離・交通面の利便性には関係なく多くの人の長距離旅行行動を促す効果があることが考えられる。

### ③. 災害イベント

図6に小樽市にみられたイベント効果量を示す。小樽市では、2018年9月6日から13日間連続で負のイベント効果が検出された。この「イベント」であるが、2018年9月6日には、北海道胆振東部地震という震度7の地震が起きており、この影響が小樽市にも及んでいたことが考えられる。このように本研究で提案するモデルでは、災害による長距離移動行動への影響も検出できていることが確認できる。災害発生時には、発生都市だけでなく、周辺都市の流入人口にも大きく影響が生じていることが分かり、周辺都市も流入人口減少への対策を練る必要があると考えられる。

## 4. まとめ

本研究では、「イベント」による流入人口の突発的な増加・減少である「イベント効果」の網羅的な把握を行

うため、長距離旅行行動の、季節変動・曜日変動・地域特有の変動・休日効果の4つの要素で構成される通常変動と、異常変動を考慮した時系列モデルを提案した。時系列混合ガウスモデルを用いて、石川県金沢市、福井県福井市、富山県富山市、北海道小樽市、愛媛県松山市、鹿児島県鹿児島市、岐阜県中津川市の7都市への道県外からの流入人口の時系列変動を分解した結果、5年間でそれぞれ、36日、46日、51日、53日、66日、74日、140日の正負のイベント効果が検出され、それぞれのイベント効果を3種類に分類した。

1種類目は、ゴールデンウィーク、お盆、年末年始といった長期にわたる特別な連休の時期に検出されるイベント効果であるが、特に連休期間中の休日に挟まれた平日での負の効果が目立った。これは、通常変動の要素の一つである「季節変動」により、休日に挟まれる平日の流入人口の値が、モバイル空間統計から得られる値よりも大幅に大きいものとして予測されてしまうためであると考察できる。長期にわたる特別な連休で多くの負の効果を検出されてしまうことは、通常変動モデル中に「休日に挟まれる平日の効果項」を組み込むことで、通常変動として検出することができると推測できる。その点は今後の検討課題である。

2種類目は、長期にわたる特別な連休を除き、毎年同時期に同方向で検出されるイベント効果である。これは、金沢市と中津川市でのみ検出され、このイベント効果が検出されている日には、金沢市では「地域に根付いたお

祭り」, 「音楽イベント」が開催されており, 中津川市では「音楽イベント」が開催され「秋限定の地域の特色」があることが明らかとなった。また, 小樽市では1種類目のイベント効果がお盆期間中に4年連続で検出されているが, この検出されている日はすべて, 小樽市で「音楽イベント」が開催されている日であり, これは2種類目のイベント効果とみなすことができると考えられる。これら, 地域に根付いたお祭りや, 大規模音楽イベント, 季節限定の地域の特色は長距離旅行行動を促す要因となると考察できる。

3種類目は, 年ごとに独立しているあるいは年ごとに同じ時期に生じるが正の効果と負の効果が混在しているイベント効果である。これについては, 全ての都市においてみられるが, 中でも特徴的なイベント効果として小樽市で2018年9月6日以降13日間にわたる負の効果が検出された。この2018年9月6日は, 北海道胆振東部地震が発生しており, 地震という「災害イベント」が小樽市に長期にわたる負の効果をもたらした結果であると考察できる。この大規模災害による影響の具体的な期間・量が明らかになることは, 今後の災害時を念頭に置いた物流ネットワークの形成, 物資供給・支援活動を円滑にするといった点に活かすことができる。このように, 本研究のモデルでは, 「災害イベント」が, 長距離移動行動にもたらした影響の検出も可能となる。3種類目に属するその他のイベント効果には, 鹿児島市で2018年に初開催された「音楽イベント」開催日に検出された効果が含まれているが, その他の要因を明らかにすることはできなかった。しかし, それぞれの都市での正・負のイベント効果が発生した日付とその規模・場所を特定することは可能である。この情報からもしくは今後さらに増加する2018年以降の流入人口情報から原因を特定し, それぞれの都市に継続的に来訪するように固定化する方策を検討することで観測政策に役立てることができるであろう。

謝辞: 本研究の一部は, 国土交通省新道路技術会議において採択され, 国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究により実施したものである。さらに, 科研費

17K14736, 18H01556, 18H01560, 文部科学省卓越研究員事業の支援を受けて実施された。この場を借り, ご協力いただいた皆様に心より感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省観光庁: 「観光庁について 観光立国推進基本法」  
<http://www.mlit.go.jp/kankocho/kankorikkoku/index.htm>  
(参照 2020-2-05)
- 2) 杉本興運: イベント開催時における訪問者の目的地内移動パターン, *Journal of Japan Institute of Tourism Research The Tourism Studies*, Vol. 29, No.1, pp. 17-28, 2017.9.
- 3) 国土交通省: 「総合政策 全国幹線純流動調査」  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku\\_soukou\\_fr\\_000016.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000016.html)  
(参照 2020-2-05)
- 4) 下原祥平・金子雄一郎・島崎敏一: 幹線旅客純流動データを用いた近距離高速バスの特性分析, *土木計画学研究・講演集*, 2008
- 5) 村木康行・高橋清・家田仁: 利用者便益から見た全国幹線交通ネットワークの耐震信頼性評価と耐震性向上による影響分析, *土木計画学研究・論文集*, Vol.16, pp.341-348, 1999.
- 6) 土井勉・白水靖郎・南部浩之・松島敏和: パーソントリップ調査から見た交通行動の変化と交通計画の課題～近畿圏PT調査を題材として～, *土木計画学研究・講演集*, Vol.45, 2012.
- 7) 室永芳久・両角光男: 熊本市における高齢者の外出行動の変化に関する研究, *日本建築学会径角形論文集*, Vol.67, No.553, pp.201-207, 2002.
- 8) 渡邊優太・太田昌克・宮崎敏明: イベント空間における人の移動軌跡収集とその解析, 第76回全国大会講演論文集, Vol. 2014, No.1, pp.215-216, 2014.3.11
- 9) NTTdocomo: 「モバイル空間統計とは」  
<https://mobaku.jp/about/> (参照 2020-2-05)
- 10) 山口裕通・大村暁子・奥村誠・中山晶一朗: 連休効果を考慮した都市間旅行需要の時系列モデル, *土木計画学・研究講演集* Vol.57(CD-ROM). 2018.
- 11) 一般社団法人中津川観光協会: 中津川観光協会公式webサイト「栗のまち中津川」  
<https://nakatsugawa.town/attractive-malon-town/> (参照 2020-2-05)

(2020.3.8 受付)

## ANALYSIS OF EVENT EFFECTS IN LONG-DISTANCE TRAVEL DEMAND

Hiromichi YAMAGUCHI, Naomichi OTSUKA, Shoichiro NAKAYAMA