

# イベント効果に着目した 流入人口の時系列解析

示野 慈朋<sup>1</sup>・山口 裕通<sup>2</sup>・中山 晶一朗<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 金沢大学 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:yoshitomo@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</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@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 金沢大学教授 融合研究域融合科学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

災害やお祭りを含む「イベント」は、規則的なパターンとは異なる人の長距離旅行行動を促し、都市に大幅な流入人口の変化をもたらす。それでは、多くの都市において、イベントによる大幅な流入人口の変化はいつ、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、対象とするイベントを限定せずに、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から「イベント効果」を検出する、混合ガウスモデルを応用した手法を開発した。そして、金沢市・草津市・長崎市の3都市でイベント効果の検出を試みた結果、流入人口の異常な変化はそれぞれの都市において5年間で25日・39日・37日みられたことを明らかにした。

**Key Words** : Long-distance travel, Time-series analysis, Event effects, Mobile Spatial Statistics

## 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。観光立国推進基本法に関連して、国土交通省は「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について、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など、

季節によって異なる特徴がある。したがって、これらの長距離旅行行動の量は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行動も多く存在する。例えば、地域の祭りやアーティストによるコンサート、大規模なグルメフェアなどの開催による長距離旅行行動の発生がある。また、大規模な交通事故や地震や台風、大雪などの自然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。これらはある特定の地点と日時でのみ起こる非日常的な事象である。本研究では、ある地点のある日時でしか起こらない非日常的な事象を「イベント」と呼び、主な研究対象として扱う。そして、「イベント」によって起こる都道府県外からの流入人口の突発的な変化を「イベント効果」と定義し、この「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。ただし、「観光イベント」は利益をもたらすだけではなく、不利益をもたらす場合もある。例えば、「イベント」によってもたらされる利益としては、イベントによる長距離旅行行動の増加に起因する経済効果の発生が挙げられる。一方で、「イベント」によりもたらされる不利益としては、イベントによる長距離旅行行動の増加に起因する公共交通のキャパシティオーバーが挙げられる。このように、「イベント」によって利益と不利益の両者がもたらされるのが想定されるが、利益を高めつつ、不利益を抑えるためには、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、それが「いつ・どこへ・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、観光イベントだけでなく、地震や台風、大雪などの「災害イベント」も多発してきた。これらの「災害イベント」が発生した際には都市への交通手段が断たれるため流入人口が減少する、あるいは支援者が訪れるためにかえって流入人口が増加するという可能性も考えられる。それでは災害イベントが起きた際の流入人口は実際どう変化するだろうか?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を形成するときや円滑な物資供給・支援活動を行うときに非常に重要になる。

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、「周期的な変動」を理解したうえで、規則的ではない変動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) 9)</sup>、上述の特徴を持った流入人口データが存在しなかったため、十分な分析がされてこなかった。一方で、近年は携帯電話や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を利用した人口流入データが扱えるようになってきた。本研究では、その一つであるモバイル空間統計<sup>10)</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、滋賀県草津市、長崎県長崎市の3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った異なる特徴を持つ。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。

そこで、本研究では時系列データから「イベント効果」を検出する手法を開発したうえで、これらすべての都市について日単位の時間変動の分析を行う。そして、流入人口パターンの特徴を理解しつつ、それぞれの都市において抽出される「イベント効果」の特徴を考察していく。

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・草津市・長崎市においてそれぞれ、25日・39日・37日であった。(2) 2018年の北陸豪雪の際に、いくつかの負のイベント効果が検出され、そのイベント効果量は-13,000~-10,000人であった。(3) 検出された負のイベント効果のうち、説明可能なイベントのほとんどは大雨や大雪、台風など自然災害によるものであった。(4) 検出されたイベント効果について、要因が説明できるものの割合は金沢市・草津市・長崎市においてそれぞれ84%、56%、76%であった。

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「周期的な変動」と「残差」に分解する手法を説明する。そして、3.と4.において、提案したモデルを用いた分析結果を示す。5.は本論文の結論である。

## 2. モデルの提案

### (1) モデルの概要

本研究では、モバイル空間統計データによる都道府県外からの流入人口の時系列変動を詳しく分析する。この時系列変動を「周期的な変動」と「残差」に分離できるモデルを構築することでイベント効果の検出を行う。モデルの構築においては、大村ら (2018) <sup>11)</sup> や大塚ら (2020) <sup>12)</sup> による時系列混合ガウスモデルを参考に構築を行っていく。

### (2) 時系列混合ガウスモデル

$d$  日の流入人口  $y_d$  は 2 つの正規分布が混合した分布  $p(y_d)$  から得られると考える。一方はイベント効果が見られない日、すなわち非イベント時に流入人口が従う正

規分布である。もう一方はイベント効果が見られる日、すなわちイベント時に流入人口が従う分布である。

$$p(y_d) = \alpha p_{\text{gaussian}}(y_d | \mu_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{normal}}) + (1 - \alpha) p_{\text{gaussian}}(y_d | 0, \sigma_{\text{error}}) \quad (1)$$

$\mu_{\text{normal},d}$ ,  $\sigma_{\text{normal}}$  は周期的な変動の平均値, 標準偏差,  $\sigma_{\text{error}}$  は残差の標準偏差,  $\alpha$  は混合比である。また,  $p_{\text{gaussian}}(y_d | \mu, \sigma)$  は平均  $\mu$ , 標準偏差  $\sigma$  の正規分布の確率密度関数である。  $d$  日の流入人口が  $y_d$  であるとき,

$$p_{\text{gaussian}}(y_d | \mu_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{normal},d}) < p_{\text{gaussian}}(y_d | 0, \sigma_{\text{error},d}) \quad (2)$$

となった場合,  $d$  日にイベント効果がみられたと判断する。

### (3) 通常変動モデル

本研究では, 周期的な変動  $\mu_{\text{normal},d}$  は季節変動  $\mu_{\text{season},d}$ , 曜日変動  $\mu_{\text{week},d}$ , 地域特有の変動  $\mu_{\text{HSR},d}$ , 休日効果  $\mu_{\text{cont},d}$  の 4 つで構成されると仮定する。ここで,  $d$  は「ある日にち」である。

$$\mu_{\text{normal},d} = \mu_{\text{season},d} + \mu_{\text{week},d} + \mu_{\text{HSR},d} + \mu_{\text{cont},d} \quad (3)$$

#### a) 季節変動 $\mu_{\text{season},d}$

季節変動をお盆・正月における帰省行動や新生活が始まる春期の移動などの毎年起こる長距離移動行動の時系列変動と定義する。これは 365 日周期の変動に相当する。

$$\mu_{\text{season},d} = \sum_{n=1}^N \beta_{\text{season},n} \sin\left(\frac{d}{365} \times 2\pi \times n\right) + \sum_{n=1}^N \beta'_{\text{season},n} \cos\left(\frac{d}{365} \times 2\pi \times n\right) \quad (4)$$

ここで,  $\beta_{\text{season},n}$ ,  $\beta'_{\text{season},n}$ ,  $N$  が未知パラメータである。

#### b) 曜日変動 $\mu_{\text{week},d}$

曜日変動を平日の通勤・通学行動や土曜日・日曜日に多く見られる観光行動などの各曜日で異なる特徴が見られる長距離移動行動の時系列変動と定義する。これは 7 日周期の変動に相当する。

$$\mu_{\text{week},d} = \sum_{w=1}^7 \beta_{\text{week},w} \delta_{\text{week},w,d} \quad (5)$$

$$\delta_{\text{week},w,d} = \begin{cases} 0 & (f(d) \neq w) \\ 1 & (f(d) = w) \end{cases}$$

ここで,  $\beta_{\text{week},w}$  はパラメータ,  $f(d)$  は  $d$  日の曜日,  $w$  は各曜日と表-1 のように対応している。

#### c) 地域特有の変動 $\mu_{\text{HSR},d}$

地域特有の事象によってその後継続的に起こる長距離移動行動の時系列変動と定義する。例えば, 金沢市では地域特有の事象として北陸新幹線の開業が例に挙げられる。

$$\mu_{\text{HSR},d} = \sum_{w=1}^7 \beta_{\text{HSR},w} \delta_{\text{HSR},w} \delta_{\text{week},w,d} \quad (6)$$

$$\delta_{\text{HSR},w} = \begin{cases} 0 & (2014,3,1 \leq d \leq 2015,3,13) \\ 1 & (2015,3,14 \leq d \leq 2019,2,28) \end{cases}$$

ここで,  $\beta_{\text{HSR},w}$  はパラメータである。

#### d) 休日効果 $\mu_{\text{cont},d}$

連休の長さによる流入人口の差異を休日効果と定義する。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~16日の4日間), 年末年始(12月29日~翌年1月3日の6日間)として, これらの休日が連続したものを「連休」とする。

$$\mu_{\text{cont},d} = \sum_{m=1}^M \beta_{\text{cont},m} \delta_{\text{cont},m,l(d),k(d)} \quad (7)$$

ただし  $d$  日が休日でない時,  $l(d) = k(d) = 0$

ここで,  $\beta_{\text{cont},m}$  はパラメータ,  $l(d)$  は  $d$  日の連休中における位置,  $k(d)$  は  $d$  日が含まれる連休の連休日数,  $M$  は最大連休日数である。

図-1 に休日効果モデルの考え方を示す。ここで,  $\beta_{\text{cont},1}$ ,  $\beta_{\text{cont},2}$ ,  $\beta_{\text{cont},3}$  はそれぞれ 3 連休中の日帰り旅行者数, 一泊二日旅行者数, 二泊三日旅行者数である。例として, 3 連休の場合,  $d_1$  日,  $d_2$  日,  $d_3$  日の休日効果はそれぞれ

$$\mu_{\text{cont},d_1} = \beta_{\text{cont},1} + \beta_{\text{cont},2} + \beta_{\text{cont},3} \quad (8)$$

$$\mu_{\text{cont},d_2} = \beta_{\text{cont},1} + 2\beta_{\text{cont},2} + \beta_{\text{cont},3} \quad (9)$$

$$\mu_{\text{cont},d_3} = \beta_{\text{cont},1} + \beta_{\text{cont},2} + \beta_{\text{cont},3} \quad (10)$$

となる。すなわち

$$\delta_{\text{cont},1,1,3} = 1, \delta_{\text{cont},1,2,3} = 1, \delta_{\text{cont},1,3,3} = 1 \quad (11)$$

$$\delta_{\text{cont},2,1,3} = 1, \delta_{\text{cont},2,2,3} = 2, \delta_{\text{cont},2,3,3} = 1 \quad (12)$$

$$\delta_{\text{cont},3,1,3} = 1, \delta_{\text{cont},3,2,3} = 1, \delta_{\text{cont},3,3,3} = 1 \quad (13)$$

となる。3 連休の場合, 連休中日の  $d_2$  日は  $d_1$  日から  $d_2$  日にかけて一泊二日で旅行をする人と  $d_2$  日から  $d_3$  日にかけて一泊二日で旅行をする人が同時に同数存在する。し

表-1 w と各曜日の対応関係

w	1	2	3	4	5	6	7
曜日	月	火	水	木	金	土	日

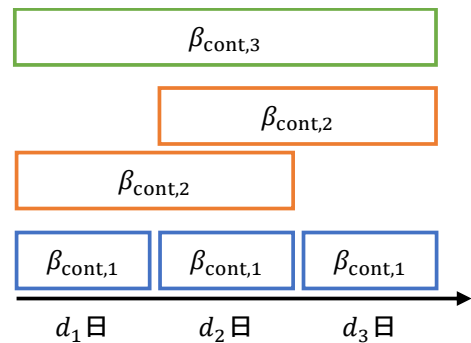


図-1 休日効果のモデルの考え方

たがって  $\delta_{\text{cont},1,2,3} = 2$  となる。本研究では、この休日効果を 2014 年 3 月 1 日から 2019 年 2 月 28 日までに存在する休日すべてに適用する。

**(4) パラメータ数の設定**

分析を行う前に  $N, M$  を最適な値に設定する必要がある。決定に際して、被説明変数をモバイル空間統計データによる都道府県外からの流入人口、説明変数を通常変動モデルで表現した周期的な変動として回帰分析を行い、自由度調整済み決定係数が最大となる  $N, M$  を採用した。

**(5) パラメータの推定**

本研究で用いる時系列混合ガウスモデルの確率密度関数を

$$p(y_d | \alpha, \mu_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{error},d}, \beta_{\text{season}}, \beta_{\text{week}}, \beta_{\text{HSR}}, \beta_{\text{cont}}) \quad (14)$$

とする。ここで、 $\beta_{\text{season}}, \beta_{\text{week}}, \beta_{\text{HSR}}, \beta_{\text{cont}}$  はそれぞれの要素を含むベクトルとする。このときの尤度関数は

$$\prod_{d=1}^{1826} p(y_d | \alpha, \mu_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{error},d}, \beta_{\text{season}}, \beta_{\text{week}}, \beta_{\text{HSR}}, \beta_{\text{cont}}) \quad (15)$$

となる。これを最大にするパラメータ  $\alpha, \mu_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{normal},d}, \sigma_{\text{error},d}, \beta_{\text{season}}, \beta_{\text{week}}, \beta_{\text{HSR}}, \beta_{\text{cont}}$  を最尤推定していく。しかし、この尤度関数は和と積が混合しているため、尤度方程式を解析的に解くのは困難である。そこで、EM アルゴリズムを用いて最尤推定を行う。

**3. 金沢市における県外からの流入人口変動の分解結果**

本章では、金沢市における県外からの流入人口の時系列変動の分解結果を示す。図-2 は 2014/3/1～2019/2/28 の各日午後 1 時における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変動である。これを時系列混合ガウスモデルを用いて周期的な変動と残差に、さらに周期的な変動を季節変動、地域特有の変動および曜日・休日効果に分解した。分解した周期的な変動、季節変動、地域特有の変動、曜日・休日効果および残差をそれぞれ図-3 から図-7 に示す。

季節変動について、図-4 から 4 月下旬から 5 月上旬、8 月中旬、12 月下旬から 1 月上旬にピークが見られることがわかる。これらはそれぞれ GW、お盆、年末年始に対応しており、これらの期間に観光行動や帰省行動が非常に多く行われていると推測できる。

曜日変動・休日効果について、図-5 から平日と比べ 2 連休は 6,000 人程度、3 連休は 15,000 人程度の流入人口の増加が見られる。

地域特有の変動について、北陸新幹線が開業した 2014

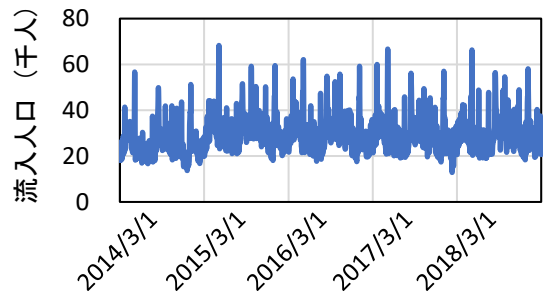


図-2 観測流入人口 (金沢市)

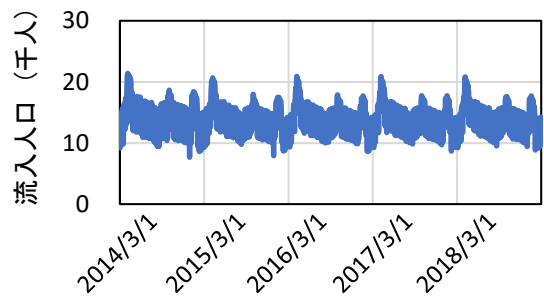


図-3 周期的な変動 (金沢市)

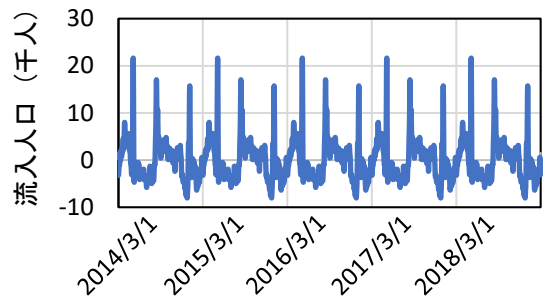


図-4 季節変動 (金沢市)

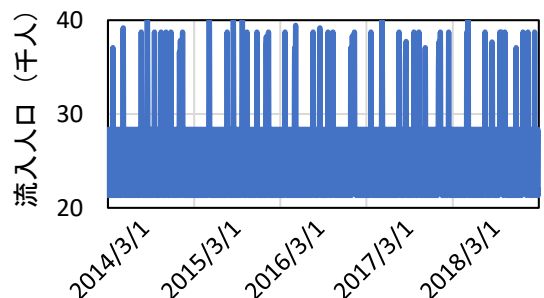


図-5 曜日変動と休日効果 (金沢市)

年 3 月 14 日以降はそれ以前と比べて約 4000～6000 人程度の流入人口の増加が見られる。

そのうえで、図-7 をみると、金沢市において日常的な

残差よりはるかに大きい「イベント効果」が分析対象期間において複数回発生したことが確認できる。

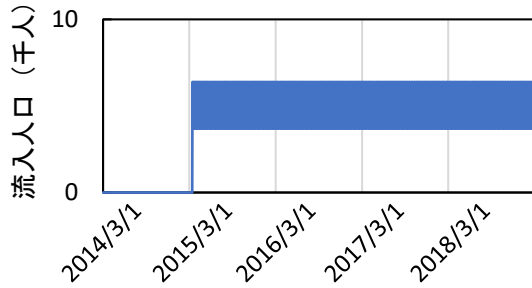


図-8 地域特有の変動 (金沢市)

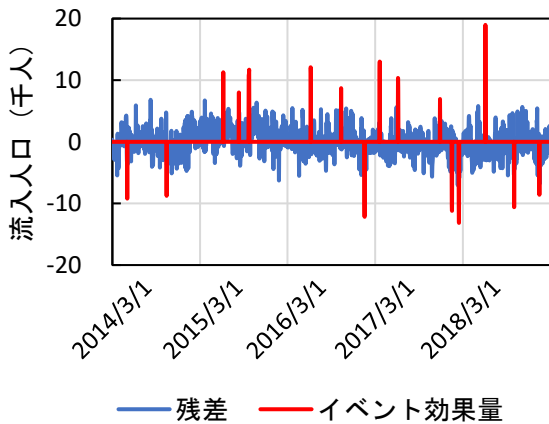


図-9 残差とイベント効果量

#### 4. イベント効果の分析結果

##### (1) 金沢市

金沢市に見られたイベント効果日、イベント効果量をそれぞれ図-8、図-9に、イベント効果日数と内訳を表-2に示す。

分析の結果、金沢市では正の効果が15日、負の効果が10日、計25日検出された。

図-8、図-9から、イベント効果が検出された時期について、金沢市では、2015～2018年の4年間、毎年6月頭に平均12,000人程度の正のイベント効果が検出されていることがわかる。この正のイベント効果を引き起こした要因を調査したところ、「金沢百万石まつり」、「百万石音楽祭」がイベント効果検出日に開催されていることがわかった。「金沢百万石まつり」は毎年6月の第1土曜日を中心とした3日間で行われる金沢市伝統のお祭りであり、1日で42万人以上来場する大規模なものである。また、

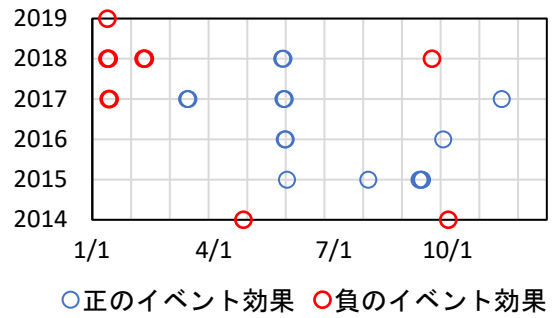


図-6 イベント効果日 (金沢市)

表-2 イベント効果日数と内訳(金沢)

	総数(日)	正(日)	負(日)
金沢市	25	15	10

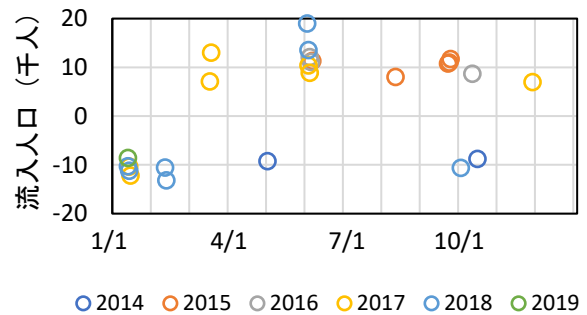


図-7 イベント効果量 (金沢市)

「百万石音楽祭」は観客動員数4万人を超える北陸最大級の室内大型ロックフェスティバルである。これより、「金沢百万石まつり」と「百万石音楽祭」の開催によって、非イベント時と比べて流入人口が平均12,000人程度増えると考えられる。しかし、「金沢百万石まつり」と「百万石音楽祭」によるイベント効果を個別に抽出することは本モデルでは不可能であるため、それぞれが単体で開催された場合、非イベント時と比べて流入人口がどの程度増えるかは不明である。

また、2017～2019年の3年間、毎年1月中旬に平均11,000人程度の負のイベント効果が検出されていることがわかる。この負のイベント効果を引き起こした要因を調査したところ、「降雪」が要因として考えられる。負のイベント効果が見られた2018年1月13日、14日において、金沢市では7年ぶりに積雪量が50cmを超える記録的な大雪となっていた。さらに、負のイベント効果が見られた2018年2月11日、13日について、降雪は無かったものの、2018年2月9日に積雪量が80cmを超えていた。したがって、2017年、2018年頭に検出された負のイベント効果は「降雪」によるものであると思われる。2019年の1

月中旬に見られた負のイベント効果については、その要因を明らかにすることはできなかった。

その他の検出された負のイベント効果について、2018年9月30日に10,000人程度の負のイベント効果が見られた。この負のイベント効果を引き起こした要因を調査したところ、「台風」が要因として考えられる。2018年9月末には、台風第24号が日本列島に上陸しており、金沢市は強風や大雨に見舞われていた。

## (2) 草津市

草津市に見られたイベント効果日、イベント効果量を図-10、図-11に、イベント効果日数と内訳を表-3に示す。

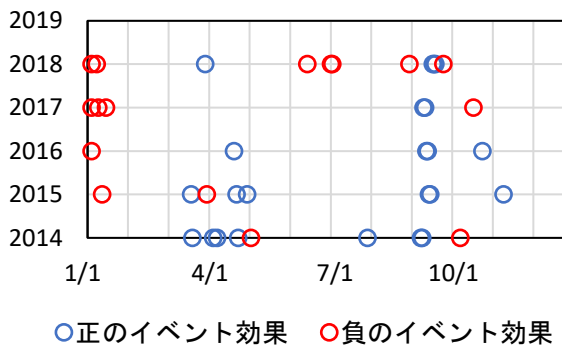


図-10 イベント効果日 (草津市)

表-3 イベント効果日数と内訳 (草津市)

	総数(日)	正(日)	負(日)
草津市	39	23	16

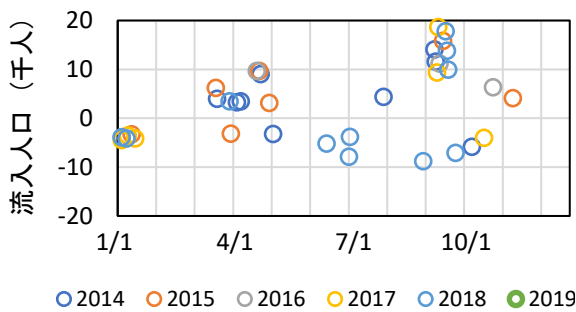


図-11 イベント効果量 (草津市)

分析の結果、草津市では正の効果が23日、負の効果が16日、計39日検出された。図-10、図-11から、イベント効果が検出された時期について、金沢市では、2014～2018年の5年間、毎年9月中旬に平均15,000人程度の正のイベント効果が検出されていることがわかる。これらの正のイベント効果を引き起こした要因を調査したところ、

「イナズマロックフェス」がイベント効果検出日に開催されていることがわかった。これより、「イナズマロックフェス」の開催によって、非イベント時と比べて流入人口が平均15,000人程度増えると考えられる。

また、2015～2018年の4年間、毎年頭に平均4,000人程度の負のイベント効果が検出されていることがわかる。この負のイベント効果を引き起こした要因を調査した結果、尤もらしい要因を特定することはできなかった。

また、検出された負のイベントについて、各年で6月以降に見られた7日分のものについては台風や地震、大雨などの自然災害が要因であると考えられる。

## (3) 長崎市

長崎市に見られたイベント効果日、イベント効果量を図-12、図-13に、イベント効果日数と内訳を表-4に示す。

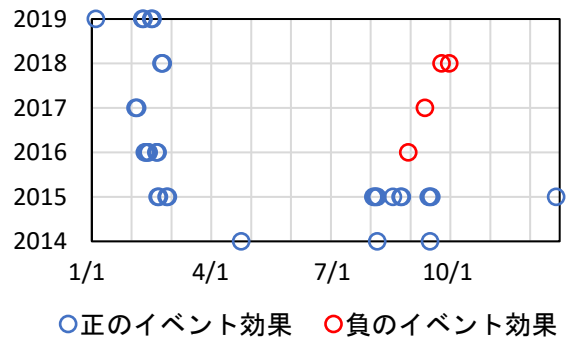


図-12 イベント効果日 (長崎市)

表-4 イベント効果日数と内訳 (長崎市)

	総数(日)	正(日)	負(日)
長崎市	37	33	4

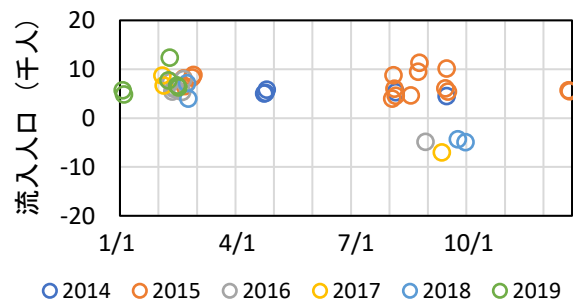


図-13 イベント効果量 (長崎市)

分析の結果、長崎市では正の効果が33日、負の効果が4日、計37日検出された。分析結果から、長崎市に見られたイベント効果の特徴として、正のイベント効果の割

合が他の2都市と比べて高い点が挙げられる。長崎市で検出されたイベント効果検出日数に対する正のイベント効果日数の割合は89%となっており、金沢市の60%、草津市の59%と比べて約30%も高い。

イベント効果が検出された時期について、図-12、図-13から、長崎市では、2015～2019年の5年間、毎年2月～3月にかけて平均7,000人程度の正のイベント効果が検出されていることがわかる。これらの正のイベント効果を引き起こした要因を調査したところ、「長崎ランタンフェスティバル」が毎年2～3月に開催されていることがわかった。これより、「長崎ランタンフェスティバル」の開催によって、非イベント時と比べて流入人口が平均7,000人程度増えると考えられる。また、2015年8月に多くの正のイベント効果が検出されていることがわかる。これらの正のイベント効果を引き起こした要因を調査したところ、2015年8月8日、9日に「連合2015平和ナガサキ集会」、2015年8月9日に「被爆70周年ナガサキ原爆犠牲者慰霊平和祈念式典」が、2015年8月29日、30日に「福山☆夏の大創業祭 2015 稲佐山」と「長崎☆夏の『やっぱり、じげもん！よかもん！大祭』」が開催されていたことがわかった。これより、イベント効果が検出された2015年8月8日～11日に検出されたイベント効果に関しては、被爆70周年イベントが要因であると考えられ、2015年8月29日、30日に検出されたイベント効果に関しては、「福山☆夏の大創業祭 2015 稲佐山」と「長崎☆夏の『やっぱり、じげもん！よかもん！大祭』」が要因であると考えられる。

また、負のイベント効果について、平均5,000人程度の負のイベント効果が4日分見られている。これらについて要因を調査したところ、台風が要因であると考えられる。

#### (4) 検出されたイベントの特徴

本章では、提案したモデルの妥当性について述べる。妥当性の評価については、3都市における検出されたイベント効果日数に対する説明可能なイベント効果日数の割合を用いて評価することとする。表-5に3都市のイベント効果日数、説明可能なイベント効果日数、およびその割合を示す。

表-5 イベント効果日数、説明可能なイベント効果日数、およびその割合

	総数(日)	説明可(日)	割合(%)
金沢市	25	21	84
草津市	39	22	56
長崎市	37	28	76

表-5から、検出されたイベント効果日数に対する説明可能なイベント効果日数の割合にはばらつきがあるものの、最小値は56%であることがわかる。したがって、検出されたイベント効果のうち半数以上は説明可能であると言える。つまり、分析対象とした都市には複数回の「イベント効果」が見られており、そのうちの過半数はおおよそ想定された説明可能なイベント効果であったことが明らかになった。その一方で、原因を容易には特定できないような「イベント効果」も一定数あったことがわかる。

#### 5. おわりに

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イベント効果の数、頻度、大きさを把握するために、流入人口の時系列変動を分解し、イベント効果を検出するモデルの構築を行った。

このモデルを用いてイベント効果の検出を行った結果、金沢市で25日、草津市で39日、長崎市で37日のイベント効果が検出され、それぞれ正の効果と負の効果に分類した。また、検出された負のイベント効果は説明可能なイベントについてはほとんどが大雨や大雪、台風などの自然災害によるものであることを明らかにした。例えば、金沢では2018年の北陸豪雪の際にいくつかの負のイベント効果が検出され、そのイベント効果量は約-13,000人～-10,000人であった。

今後の課題としては、事前情報無しで地域特有の変動を表現することが挙げられる。本研究では、地域特有の変動を周期的な変動の要素として組み込んだが、現モデルではこれを事前情報無しで組み込むことができない。解決案としては、変化点検知の手法やARモデルの導入が考えられる。したがって、これらの導入について検討を重ねていく必要がある。

**謝辞：**本研究は、科学研究費補助金 20H02267, 20H02270, 21H01455、文部科学省卓越研究員事業の支援を受けた研究活動による成果の一部です。

#### 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 2022-03-04)
- 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 2022-03-04)

- 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) 日比野直彦・佐藤真理子・森地茂：イベント空間における人の移動軌跡収集とその解析，土木計画学研究・論文集 第30巻(特集)，Vol. 69, No.5, pp. I\_533-I\_543, 2013
- 10) NTTdocomo：「モバイル空間統計とは」  
<https://mobaku.jp/about/> (参照 2022-03-04)
- 11) 大村暁子：時系列混合ガウスモデルを用いた長距離旅行者量の日変動分解，金沢大学平成29年度学士学位論文
- 12) 大塚直路：イベント効果に着目した流入人口の時系列変動分析，金沢大学令和元年度学士学位論文

②