

モバイル空間統計を用いた避難情報の高度化に関する考察

伊藤達彦¹ 畑山満則²

概要: 豪雨災害時の避難行動については、これまで多くの調査が行われているが、これらを災害対応時に生かす試みは十分に行われていない。本研究では、近年活用が盛んになってきた人流データの一つであるモバイル空間統計を活用し、災害リスクが高まった時点での避難情報の高度化に関して令和2年7月豪雨と令和2年台風10号を事例として考察を行った。さらに、これらの考察結果から今後の災害対応に有効な情報処理について検討した。

キーワード: モバイル空間統計, 避難行動, 令和2年7月豪雨, 令和2年台風10号

A Study on an Advancement of Evacuation Information using Mobile Spatial Statistics

TATSUHIKO ITO^{†1} MICHINORI HATAYAMA^{†2}

Abstract: Although many studies have been conducted on evacuation behaviors during heavy rainfall disasters, not enough attempts have been made to apply these studies to disaster response. In this study, we use mobile spatial statistics, which is a type of human flow data that has been increasingly utilized in recent years, to examine the sophistication of evacuation information when disaster risk increases, using the case studies of the heavy rains in July 2020 and Typhoon No. 10 in 2020. Furthermore, based on the results of these studies, effective information processing for future disaster response is discussed.

Keywords: Mobile Spatial Statistics, Evacuation Behavior, Heavy Rains in July 2020, Typhoon No. 10 in 2020

1. はじめに

近年、毎年のように豪雨災害による多大な被害を広範囲で受けている。豪雨災害では、住民による早期の避難行動が行われることにより人的被害が減少するため、避難行動について調査をすることは非常に重要なことである。豪雨災害時の避難行動については、これまでに多くの調査が行われている。柿本らは、状況認識の失敗を考慮した自然主義的意思決定モデルを援用し、平成24年7月の九州北部豪雨時の熊本市内で浸水被害を受けた龍田地区の住民による豪雨時の避難行動の意思決定過程のモデルを構築した [1]。安本らは、平成30年7月豪雨の愛媛県西与市野村町野村地区における住民の避難の行動意図に7つの認知フレームが寄与すると仮定したモデルを構築した [2]。

しかし、既往研究ではアンケート調査をもとにモデルを作成しており、作成時に使用したアンケート調査以外のデータによる評価がされていない。これまでは評価に用いることができる客観的なデータがなかったため、作成されたモデル自体の評価をすることが難しかった。

本研究では、災害時の人流データを活用した豪雨災害時の避難行動モデルの評価手法の開発を目的としている。本稿では、評価手法の開発を目指し、近年活用が盛んになってきた株式会社 NTT ドコモが提供するモバイル空間統計

[3]を活用し、令和2年7月豪雨と令和2年台風10号を事例として、熊本県人吉市の球磨川周辺地域の避難行動に関する分析を行なった。分析の際に、緊急事態宣言期間中かつ飲食店の休業要請期間内のモバイル空間統計の夜間人口を利用することで、直近の居住人口を推定した。また、災害リスクが高まった時点での避難情報の高度化に関する考察し、これらの考察結果から今後の災害対応に有効な情報処理について検討した。

2. 対象災害と対象地域について

本研究では、日本全国に多大な被害を与えた令和2年7月豪雨とその豪雨の直後に発生した台風10号を対象にして分析を行なった。

2.1 令和2年7月豪雨

令和2年7月豪雨は、7月3日から31日にかけて、日本付近に停滞した前線の影響で、暖かく湿った空気が継続して流れ込み、各地で大雨となり、人的被害や物的被害が多く発生した豪雨災害である。4日から7日は九州で、13日から14日にかけては中国地方、26日から29日にかけては東北地方を中心に大雨となっており、全国に渡った豪雨災害である [4]。熊本県南部では、豪雨による球磨川の氾濫により人吉市市街地の広域と球磨郡球磨村が浸水した。人吉

1 京都大学 情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kyoto University.
2 京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University.

市と球磨郡球磨村では、死者・行方不明者は合わせて47人、全壊1237棟、床上浸水266棟の被害が生じた [5]。(令和3年7月2日時点)

表1は熊本県人吉市の令和2年7月豪雨時の警報・避難情報の発表・発令状況である [6][7]。表1をみると、避難勧告発令から避難指示発令までの間がわずか1時間程であった。避難指示から球磨川の氾濫発生情報発令までもわずか40分程であり、早急な避難行動が必要とされた災害であった。

表1 令和2年7月豪雨時の警報・避難情報の発表・発令状況(熊本県人吉市) [6][7]

日時	警報・避難情報
07/03 21:39	大雨警報
07/03 22:52	洪水警報
07/04 3:35	球磨川 氾濫危険情報
07/04 4:00	避難勧告, 避難所の開設
07/04 4:50	大雨特別警報
07/04 5:00	避難所の開設
07/04 5:15	避難指示
07/04 5:55	球磨川 氾濫発生情報

2.2 令和2年台風10号

令和2年台風10号は、9月5日から7日にかけて大型で非常に強い勢力で南西諸島と九州に接近した。早い段階から、河川の増水や氾濫に警戒し、早期の避難行動を促すように注意喚起などがされた [8]。熊本県人吉市では、TwitterやFacebook上で市役所が広域避難の呼びかけを行うなどの早期避難を意識した対応がなされていた(図1)。人吉市では人的被害は0人、住家の一部破損が4棟の被害が生じた。(令和2年9月14日14:00時点) [8]

表2は熊本県人吉市の台風10号時の警報・避難情報の発表・発令状況である [9]。これを見ると、台風10号時は避難勧告の発令までであり、避難指示は発令されていない。



図1 人吉市公式 Twitter アカウントによる広域避難の呼びかけ [10]

表2 令和2年台風10号時の警報・避難情報の発表・発令状況(熊本県人吉市) [9]

日時	警報・避難情報
09/05 17:00	避難準備・高齢者等避難開始
09/06 9:00	避難勧告
09/07 10:00	避難勧告解除

2.3 分析対象地域について

対象地域は、令和2年7月豪雨で多大な被害を受けた熊本県人吉市の球磨川流域の41メッシュとした(図2)。図2の赤い格子は500mメッシュを表しており、青い部分は国土地理院が提供する浸水推定範囲である [11]。×は堤防が決壊した場所であり、●は越水等が発生した場所である [12]。

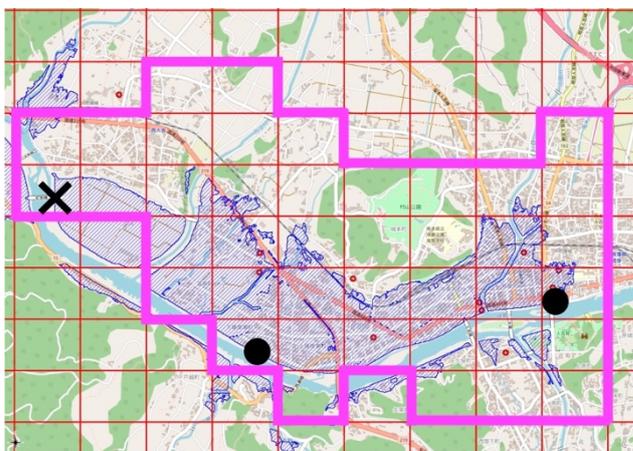


図2 人吉市の球磨川流域の41メッシュ [11][12]

3. 分析手法について

3.1 分析の主な流れ

本研究では株式会社NTTドコモが提供するモバイル空間統計を使用した。使用したモバイル空間統計は500mメッシュ単位の1時間ごとの人口統計情報である [3]。

表3に使用したモバイル空間統計の期間とデータ種別を示す。

表3 モバイル空間統計の使用期間とデータ種別

	期間	データ種別
a	4/22 - 5/6	推定夜間人口
b	5/15 - 7/2	平常時の人口推移(令和2年7月豪雨)
c	7/3 - 5	令和2年7月豪雨時の人口推移
d	5/15 - 9/5	平常時の人口推移(令和2年台風10号)
e	9/6 - 7	令和2年台風10号時の人口推移

分析の主な流れは以下の通りである。

(1). 緊急事態宣言期間中かつ飲食店の休業要請期間内である期間aのモバイル空間統計をもとに、そのメッシュの夜間人口を推定する。

(2). 緊急事態宣言終了後から災害直前までの期間 (期間 b または期間 d) のモバイル空間統計をもとに、災害時との比較用として災害期間 (期間 c または期間 e) の平常時人口推移の予測を行った。

(3). (2) で予測した平常時の人口推移と実際の災害時の人口推移、(1) で求めた推定夜間人口とを比較する。この操作を各メッシュに対して行なった。

3.2 夜間人口の推定について

緊急事態宣言中かつ休業要請期間中の人口推移データを使用して夜間人口の推定を行なった。この期間中は大半の人が自宅待機をすると考えられるため、この期間の夜間人口はそのメッシュに居住している人口にとっても近いと考えた。ここでは、早朝 3、4 時の平均人口を推定夜間人口とした。

3.3 平常時の人口推移推定について

平常時の人口推移データを使用して豪雨災害が起こった期間において、災害が起こらなかった場合にどのような人口推移をするのかを予測した。ここでは、ARIMA モデルに季節的な周期成分を加えた SARIMA (Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average) モデルを用いた。

平常時の人口推移推定では、学習用データである緊急事態宣言終了後から災害直前までの人口推移データを時刻ごとに切り出して (例えば、早朝 4 時だけを取り出す)、そのデータに対して SARIMA モデルをメッシュごとに適用した。時刻ごとに切り出した理由は、そのままデータを扱うよりも時刻ごとに切り出した方がより定常的なデータになり、SARIMA モデルの適用がより上手くいくと考えたからである。SARIMA モデルのパラメータは、メッシュと時刻ごとに AIC と Ljung-Box 検定により決定した。

3.4 分析における観点

ここでは、分析において注目した観点について述べる。

- 平常時の人口推移の形状
- 避難勧告・避難指示前の人口推移と平常時との比較
- 避難勧告・避難指示後の人口推移と平常時との比較
- 災害後の夜間人口
- 居住地別の人口推移

以上の 5 点を比較しながら分析をした。

4. 分析結果について

ここでは、以上の手法を用いて分析をした結果について述べる。

4.1 令和 2 年 7 月豪雨について

(1). 平常時の人口推移の分類

簡単に平常時の人口推移でメッシュの分類を行った。図

3 は平常時の人口推移を分類したものである。昼間人口より夜間人口の方が多いいメッシュは西側に集まっており、昼間人口が夜間人口よりも多いいメッシュは東側に集まっている。人吉市居住者以外の人口増加があるメッシュは東側の昼間人口が夜間人口よりも多いいメッシュに集中していた。人吉市居住者以外の人口は昼に増加し、夜間はほぼ 0 であった。また、求めた推定夜間人口と災害直前夜間人口を比較したが、大きな違いが見られたメッシュはほとんど存在せず、推定夜間人口をそのまま夜間人口として使用できるメッシュが多かった。

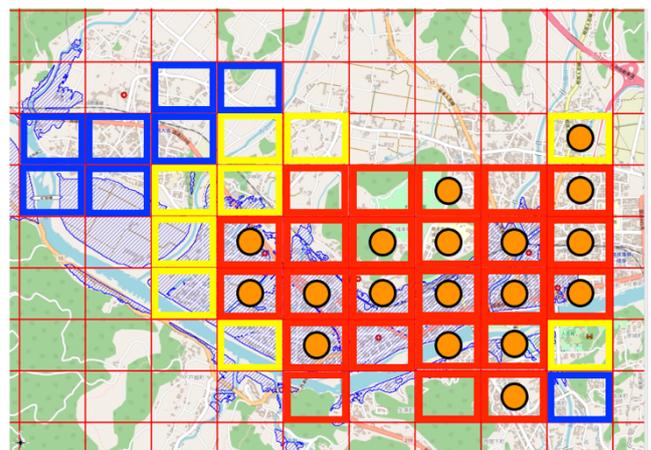


図 3 令和 2 年 7 月豪雨以前の平常時の人口推移の分類 (赤枠: 昼間人口 > 夜間人口, 青枠: 昼間人口 < 夜間人口, 黄枠: 昼間人口と夜間人口がほとんど等しい, オレンジ円: 人吉市居住者以外の人口増加がある)

令和 2 年 7 月豪雨では、避難勧告・避難指示が早朝に発令されていた (表 1)。

(2). 避難勧告・指示前の人口推移について

大半のメッシュでは平常時の人口推移をしていた。図 4 はその中でも特徴的な人口変化をしたメッシュを示している。

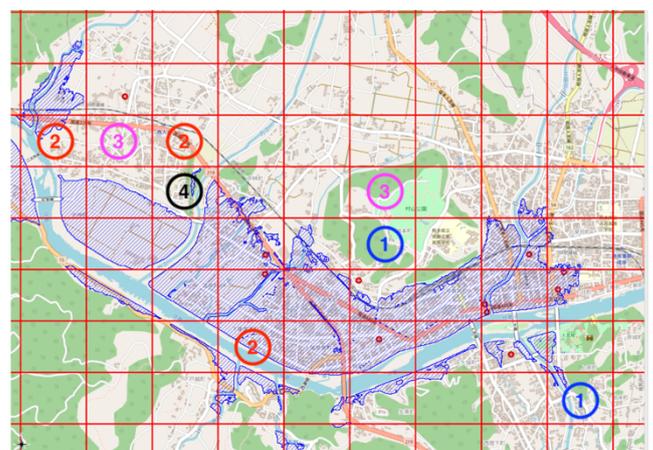


図 4 令和 2 年 7 月豪雨時の避難勧告・指示前の人口推移
① 人口減少のタイミングが早くなった

- ② 平常時では人口停滞傾向があるが人口増加していた
- ③ 平常時でも人口増加傾向があり人口増加していた
- ④ 平常時では人口停滞傾向があるが人口減少していた

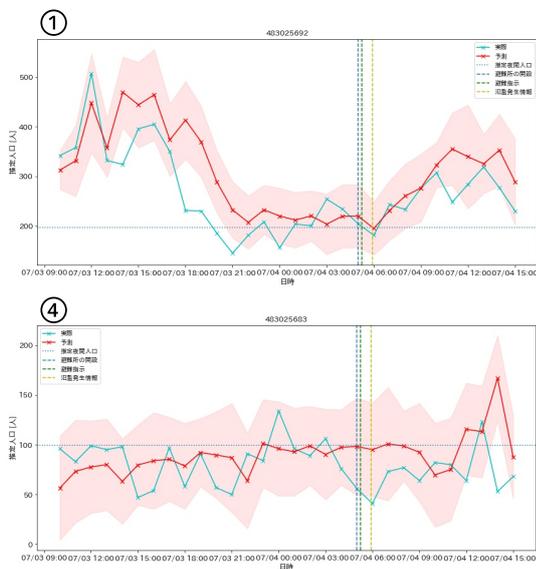


図 5 避難勧告・指示前のモバイル空間統計例 (①, ④)
 (薄赤色の範囲は区間推定範囲である)

- ① 中央のメッシュは学校のあるメッシュであり、平常時の人口減少タイミングよりも2,3時間ほど早いタイミングで人口減少が起こっており、生徒の早期帰宅だと考えられる。右下のメッシュは0時を過ぎたタイミングで人口減少が起こっていた。このメッシュは夜間人口よりも昼間人口の方が少ないメッシュであり、平常時なら朝3-6時のタイミングで人口が減少して昼間人口に至るが、7月豪雨時は避難勧告前(1-4時)に昼間人口まで減少していた。
- ② これらのメッシュは深夜に人口増加しており、人口変動が起こりづらい深夜に平常時と異なる動きをしているため、何かしらの意味があると考えられる。
- ③ 中央のメッシュでは、平常時の人口増加よりも大きく人口増加していたため、避難勧告前から避難をしてきた人がいたと推測できる。左側のメッシュは平常時と同じような人口増加をしていたが、平常時とは異なり避難勧告・指示後も人口増加していた。そのため、避難勧告・指示前の人口変化も平常時と同じ性質を持っていない可能性があると考えられる。
- ④ このメッシュでは、避難勧告直前で人口減少が起こっていた。北側のメッシュでは人口増加が起こったメッシュが多いため、北側に避難をした可能性があると考えられる。

上記のメッシュ以外は、浸水したメッシュでも平常時の人口推移をしており、避難勧告前に避難をするといった動きは見られなかった。西側の球磨川が決壊した場所付近では、

比較的人の動きがあった。

(3). 避難勧告・指示後の人口推移について

避難勧告・指示後の人口推移については、避難勧告・指示直後の人口推移と昼前後の人口推移で分けて分析を行った。

① 避難勧告・指示直後の人口推移について

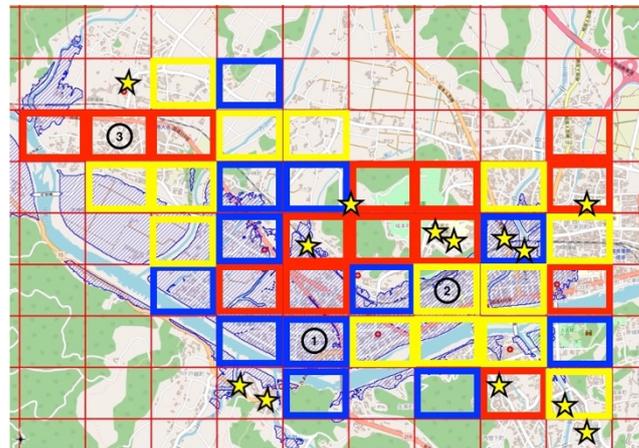


図 6 令和2年7月豪雨時の避難勧告・指示直後の人口推移の分類 (赤枠: 人口増加, 青枠: 人口減少, 黄枠: 人口停滞, 星印: 避難所)

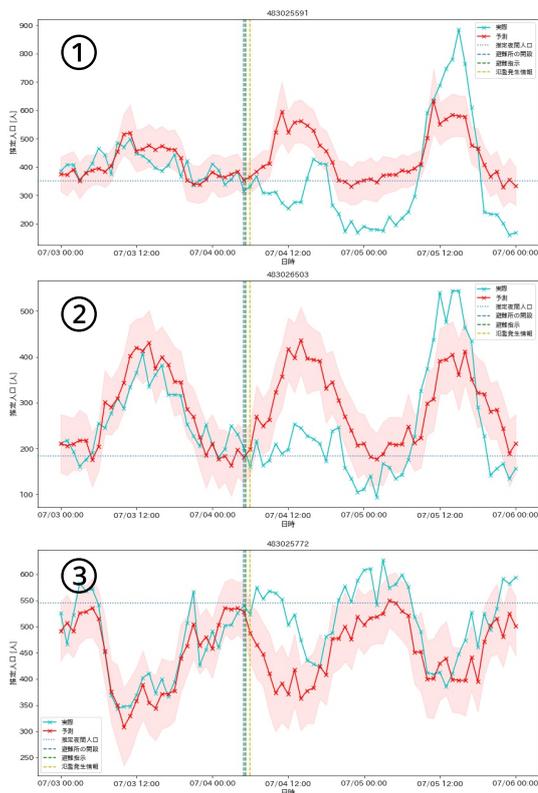


図 7 特徴的なメッシュのモバイル空間統計の例 (図中の①, ②, ③は図6中の①, ②, ③と対応している) (薄赤色の範囲は区間推定範囲である)

図 6 は避難勧告・指示直後の人口推移を分類したもので

ある。浸水したメッシュはほとんど人口減少、人口停滞していた。避難所があるメッシュは基本的に人口増加していたが、浸水範囲内に避難所があるメッシュは人口減少していた。浸水したメッシュの人口減少の起こったタイミングを見てみると、大体 7-8 時で人口減少が起こっており、遅くとも 9-10 時で人口減少が起こっていた。人口停滞していたメッシュでは、人口が 3 日の夜間人口付近を停滞しており、避難がほとんどできていなかった様子が見られた。浸水したメッシュの人口増加の起こったタイミングを見てみると、避難勧告発令（5 時付近から）と 6-7 時のタイミングが多かった。これらメッシュの人口増加は人吉市居住者以外の人口増加ではなく、人吉市居住者の人口増加であった。

② 昼前後の人口推移について

図 8 は 4 日の昼前後の人口推移を分類したものである。浸水したメッシュは人口増加している傾向が高かった。逆に、避難勧告・指示直後に人口増加していた避難所や避難所付近のメッシュでは人口減少している傾向が高かった。大半のメッシュでは、昼過ぎに 3 日の夜間人口付近になっていた。

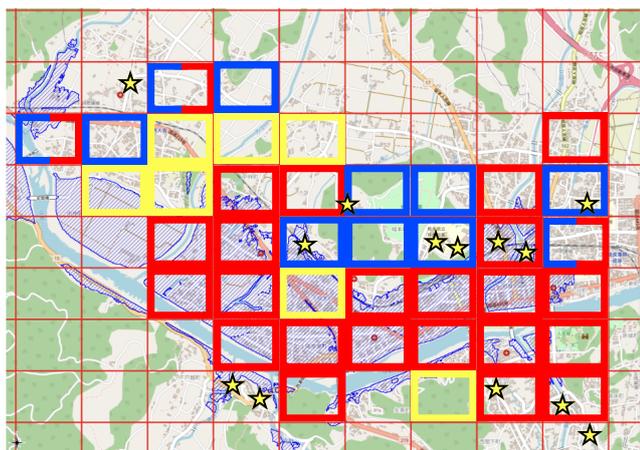


図 8 令和 2 年 7 月豪雨時の昼前後の人口推移の分類
 (赤枠: 人口増加, 青枠: 人口減少, 黄枠: 人口停滞,
 青-赤枠: 人口減少の後に人口増加, 星印: 避難所)

(4) 夜間人口について

4 日の夜間人口と推定夜間人口とを比較することで、実際に住家被害があったのが推測できるのではないかと考えた。推定夜間人口と 4 日の夜間人口の差（減少量）は、豪雨災害によって住家に被害を受けて、避難生活をしなければならなくなった最小人数だと考えることができ、この際少人数は最低限避難をするべき人数と考えることができる。この減少量と避難勧告・指示直後の人口減少量とを比較すれば、避難勧告・指示後に最低限避難をするべき人数が避難できていたのかどうかを見ることができると考えた。

図 9 は 4 日の夜間人口についての分類である。4 日の夜

間人口が推定夜間人口よりも少ないメッシュは浸水したメッシュが多く、避難所があるメッシュでも推定夜間人口よりも少ないメッシュは存在した。4 日の夜間人口が推定夜間人口よりも多いメッシュは、浸水したメッシュ付近で避難所、避難所周りのメッシュであり、基本的に、4 日の夜間人口が推定夜間人口よりも少ないメッシュよりも球磨川から離れたメッシュであった。

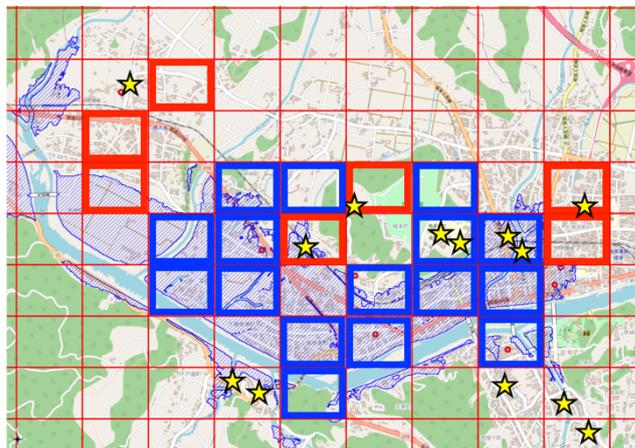


図 9 令和 2 年 7 月豪雨時の 4 日の夜間人口と推定夜間人口との比較
 (赤枠: 4 日の夜間人口が推定夜間人口よりも多い, 青枠: 4 日の夜間人口が推定夜間人口よりも少ない, 星印: 避難所)

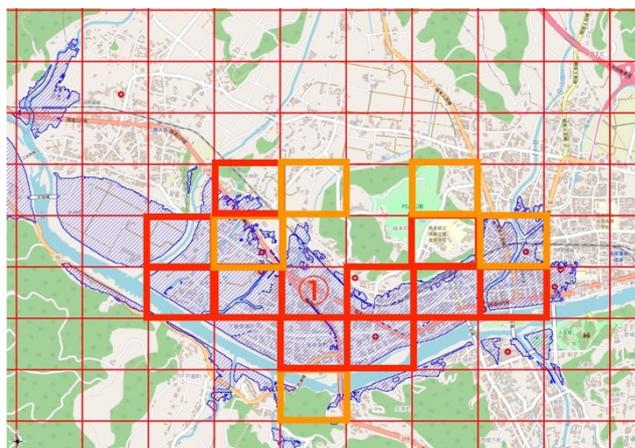


図 10 令和 2 年 7 月豪雨時の 4 日の夜間人口減少量と避難勧告・指示後の人口減少量の比較
 (赤枠: 4 日の夜間人口減少量の方が避難勧告・指示後の人口減少量よりも多い,
 オレンジ枠: 4 日の夜間人口減少量と避難勧告・指示後の人口減少量が同じくらい)

図 10 は、夜間人口が推定夜間人口よりも減少しているメッシュの分類である。球磨川に近いほど最低限避難するべき人数が避難できていない可能性がある傾向が高い。球磨川から離れると避難勧告・指示後の人口と夜間人口が同じくらいとなっており、最低限避難をするべき人数は避難をすることができたと推測することができる。図 10 の①

のメッシュは、人吉市居住者の人口だけを見ると夜間人口が避難勧告・指示後の人口よりも減少しており、最低限避難をするべき人が避難できていない可能性がある」と推測できる。

夜間人口の減少量と避難勧告・指示後の減少量が同じと判断される場合は、最低限避難するべき人数が避難できたと推測できる。しかし、夜間人口の減少量よりも避難勧告・指示後の減少量の方が少ない場合は、モバイル空間統計の流入人口と流出人口の区別ができないという特徴から、最低限避難するべき人数が避難できていない「可能性がある」という推測となる。

4.2 令和2年台風10号について

人吉市は2ヶ月前に令和2年7月豪雨の被害を受けており、台風10号で豪雨時の被災経験を生かしているかどうかという部分に注目する。

(1) 平常時の人口推移の分類

まず、令和2年7月豪雨によって被害を受けたため、平常時の人口推移が令和2年7月豪雨以前と変化しているメッシュが存在する。

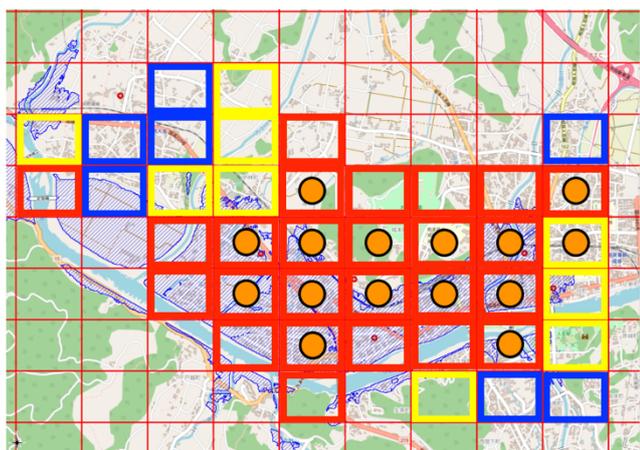


図 11 令和2年台風10号以前の平常時の人口推移の分類
 (赤枠: 昼間人口 > 夜間人口, 青枠: 昼間人口 < 夜間人口, 黄枠: 昼間人口と夜間人口がほとんど等しい, オレンジ円: 人吉市居住者以外の人口増加がある)

図 11 は平常時の人口推移を分類したものである。図 3 と比較すると大半同じであった。

図 12 は、推定夜間人口と直近夜間人口を比較したものである。令和2年7月豪雨の浸水範囲内のメッシュでは直近夜間人口が推定夜間人口よりも少ないものが多かった。令和2年台風10号では、避難勧告が朝9時に発令されていた(表2)。6日の夜間に最も人吉市に接近した。

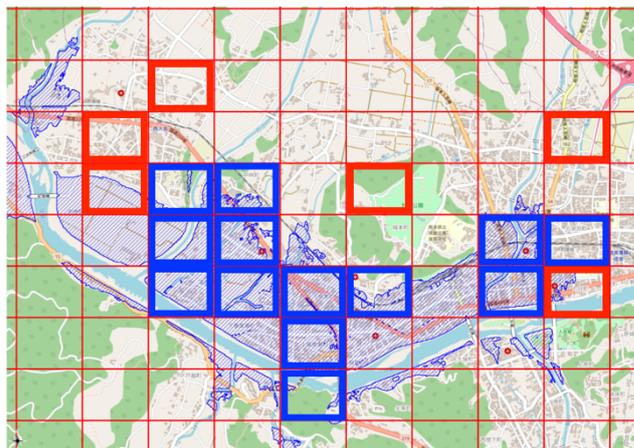


図 12 令和2年台風10号以前の推定夜間人口と直近夜間人口の比較

(赤枠: 推定夜間人口より直近夜間人口の方が多し、青枠: 推定夜間人口より直近夜間人口の方が少ない)

(2) 避難勧告前の人口推移について

令和2年7月豪雨と同様に台風10号でも大半のメッシュでは平常時の人口推移をしていた。図13はその中でも特徴的な人口変化をしたメッシュを示している。

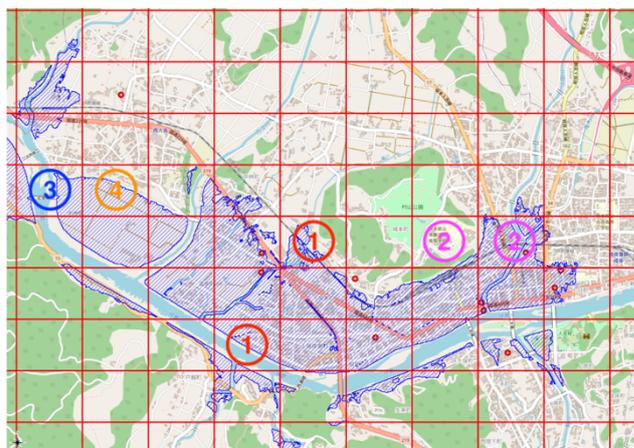


図 13 令和2年台風10号時の避難勧告前の人口推移

- ① 人口増加するタイミングが早くなった
 - ② 平常時は人口増加傾向があるが人口停滞していた
 - ③ 平常時は人口増加傾向があるが人口減少していた
 - ④ 平常時は人口減少傾向があるが人口増加していた
- ① 平常時でも人口増加するが、その人口増加タイミングが2,3時間程早くなっていた。人口増加量は増えてはいなかった。
 - ② 左のメッシュは学校があるメッシュであり、平常時は人吉市居住者以外の人口増加があるが、それがほとんどなかった。また、右のメッシュでは人吉市居住者の人口増加量が減少していた。
 - ③ このメッシュは令和2年7月豪雨時に球磨川が決壊

した場所を含んでいる。平常時では人口が増加するタイミングで人口減少していた。

- ④ 平常時は人口減少して推定夜間人口よりも少なくなるが、推定夜間人口付近に留まっていた。

(3). 避難勧告後の人口推移について

図 14 は台風 10 号時の避難勧告後の人口推移を分類したものである。避難勧告直後の人口推移を見ると、7 月豪雨の浸水範囲内では人口減少したものが多く、人口停滞したものもあった。球磨川から離れると人口増加したメッシュが多くなった。また、人口増加したメッシュでもすぐに人口減少するといった人口変化が見られた。また、人吉市居住者以外の人口増加数は減少したが、令和 2 年 7 月豪雨のようにほとんど 0 になったわけではなかった。

人口減少や人口増加したメッシュは、その日の夕方には夜間人口付近になっており、早い段階で自宅や避難所に留まった人が多かったと考えられる。

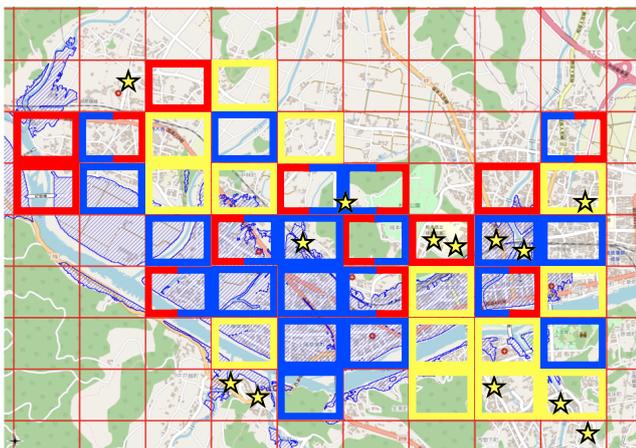


図 14 令和 2 年台風 10 号時の避難勧告直後の人口推移の分類（赤枠: 人口増加, 青枠: 人口減少, 黄枠: 人口停滞, 赤-青枠: 人口増加の後に人口減少, 青-赤枠: 人口減少の後に人口増加, 星印: 避難所）

(4). 夜間人口について

台風 10 号では令和 2 年 7 月豪雨のように住家被害が多く起こった訳ではないので、避難勧告後に減少した人数と夜間人口の比較はしない。

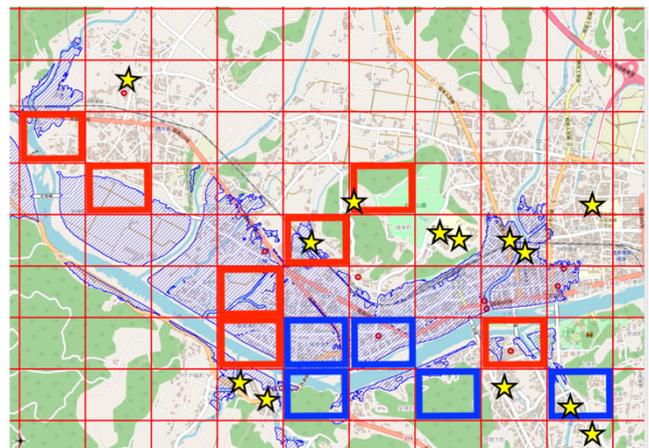


図 15 令和 2 年台風 10 号時の夜間人口の分類（赤枠: 人口増加, 青枠: 人口減少, 星印: 避難所）

図 15 は 6 日の夜間人口の分類である。台風 10 号ではこの夜間で最も接近しており、令和 2 年 7 月豪雨と比較すると、夜間人口が減少したメッシュ数は大幅に減ったが、夜間人口増加したメッシュ数は減少していなかった。避難所があるメッシュでの夜間人口の増加は確認できたが、全ての避難所で夜間人口が増加したわけではなかった。

4.3 考察

令和 2 年 7 月豪雨については、避難勧告・指示前の避難行動は見られず、避難勧告・指示直後に避難したと思われる人が多くいたが、避難勧告・指示から浸水するまでの時間が短かったため逃げ遅れた人も多くいたと考えられる。夜間人口の減少量と避難勧告・指示後の人口減少量を比較することで、浸水範囲内のメッシュでは最低限避難をするべき人数の避難が行われていなかった可能性があること、球磨川から離れると、最低限避難をするべき人数の避難が行われていたことが推測できた。

台風 10 号では、被害が少ない割には避難勧告後に住民が反応して、早期の帰宅や避難所への避難などの様子が見ることができた。これは 7 月豪雨による被災経験によるものである可能性がある。

一方で、モバイル空間統計を利用した分析では、人口変化に意味を持たせようとすると流入人口と流出人口の区別ができないことや避難のための移動以外の人口変化も含まれる可能性がある。このような特性を考慮した活用を考慮する必要がある。

5. 災害対応で有効な情報処理の検討

今回の分析では、「球磨川付近では 4 日の夜間人口の平常時からの人口減少量の方が避難勧告・指示後の人口減少量よりも多い傾向があり、離れると等しい傾向がある」ということが推測できた。つまり、緊急事態宣言期間中の夜

間人口を使用して直近の居住人口を推定し、SARIMA による平常時人口推移予測を用いると、避難勧告・指示後の浸水地域内外での避難者の人数をある程度把握することができた。避難者の人数を把握することができるのであれば、アンケート調査から作成した避難行動モデルと比較をして、そのモデルの定量的な評価をすることができる可能性がある。モバイル空間統計を用いて評価された避難行動モデルがあれば、平常時のデータや浸水深などのデータとリアルタイムのモバイル空間統計を用いて、あるメッシュで水平避難をする人がどのくらいいるのかなどを予測することができる。これにより、避難者の行動予測ができるため、避難情報の内容や救助態勢などの災害対応をより細かく迅速にすることが可能になるのではないかと考えている。

避難行動モデルの評価手法を確立するためには、多くの地域について分析を行い、今回得た知見と同様の知見が得られるかを確認する必要がある。多くの地域に適用するには地域性や災害規模の違いなども考慮できるようにしていく必要がある。

6. おわりに

本研究では、株式会社 NTT ドコモが提供するモバイル空間統計を用いて、令和2年7月豪雨と令和2年台風10号を事例に避難行動の分析を行なった。モバイル空間統計は、1時間ごとの人口分布を把握することが可能である点や、人々が能動的に調査に協力する必要がない点などを考えると、5年ごとに行われる国勢調査では把握できない短期間での人口分布の変化を把握でき、災害のような特別な状況下での詳細な人口分布を把握することが可能である。災害時の人口分布は、国勢調査や災害時のアンケート調査では得ることができないため、災害時の客観的な視点での情報として非常に有用であると考えた。分析では、緊急事態宣言期間中の夜間人口から直近の居住者人口を推定し、SARIMA による平常時人口推移予測と実際の人口推移の比較を行なった。結果、令和2年7月豪雨では夜間人口と避難勧告・指示の比較で最低限避難をするべき人数が避難したかどうかの推測ができ、令和2年台風10号では避難勧告後の住民の早期帰宅や避難を見ることができた。

今後は、これらの分析結果を用いてモバイル空間統計による避難行動モデルの評価方法を検討する。また、モバイル空間統計は過去の1時間ごとの人口分布の提供だけでなく、リアルタイム化がなされており、直近で約1時間前の人口統計情報を取得できるようになった。このリアルタイム化された情報を使用することで、より高度化された避難情報を出すことができると考えている。つまり、避難すべきであると判断される場所にいる人に対して、その場所は危険だから避難をしてくださいといったことをメッシュ単位で出すことが可能になるのではないかと考えている。

また救助の観点では、救助すべきメッシュ（完全に浸水しているメッシュなど）に人がいるのかどうかを把握することができ、救助活動において大きな意味をもたらすと考えており、このような活用についても検討が必要であると考えている。

謝辞

本研究で活用したモバイル空間統計は、株式会社ドコモ・インサイトマーケティングより提供いただいたものである。ここに感謝の意を示します。

参考文献

- [1] 柿本竜治, 吉田護. 豪雨時の状況認識を考慮した避難意思決定過程のモデル化. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2019, vol. 75, no. 6, p. 1_37-1_42.
- [2] 安本真也, 横田崇, 牛山素行, 石黒聡士, 関谷直也. 平成30年7月豪雨における西予市での住民の避難行動と避難の意思決定構造. 自然災害科学, 2020-2021, vol. 39, no. S07, p. 71-85.
- [3] 株式会社 NTT ドコモ. “携帯電話ネットワークからの統計情報を活用した社会・産業の発展支援-モバイル空間統計の概要-”.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol20_3/vol20_3_006jp.pdf, (参照 2021-08-06).
- [4] 気象庁. “気象庁 | 令和2年7月豪雨”.
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/20200811.html>, (参照 2021-08-05)
- [5] 熊本県危機管理防災課. “令和2年7月豪雨_令和3年7月2日_公表資料 (PDF ファイル: 451KB)”.
https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/life/74612_164350_misc.pdf, (参照 2021-08-05)
- [6] 内閣府 (防災担当). “令和2年7月豪雨の概要 (PDF 形式: 2.46MB)”.
<http://www.bousai.go.jp/fusuigai/subtyphoonworking/pdf/dai3kai/siryo4.pdf>, (参照 2021-08-05)
- [7] 松岡隼人. “資料2_人吉市の防災対応における気象情報の活用について+”.
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kentoukai/tsutaekata/art8/tsutaekata8_shiryu_2.pdf, (参照 2021-08-05)
- [8] 内閣府. “令和2年台風第10号に係る被害状況等について (9月14日14:00現在) (PDF形式529.0KB)”.
http://www.bousai.go.jp/updates/r2typhoon10/pdf/r2_typhoon10_08.pdf, (参照 2021-08-05)
- [9] “避難情報 - Yahoo!天気・災害”.
<https://crisis.yahoo.co.jp/evacuation/>.
- [10] 人吉市公式 Twitter.
<https://twitter.com/hitoyoshishi/status/1302235420655140864>, (参照 2021-08-05)
- [11] 国土地理院. “令和2年7月豪雨に関する情報 | 国土地理院”.
https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R2_kyusyu_heavyrain_jul.html, (参照 2021-08-05)
- [12] 国土交通省. “参考資料2 令和2年7月豪雨による被害等 (PDF:5.55MB)”.
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hazard_risk/dai05kai/dai05kai_sankosiryu02.pdf, (参照 2021-08-05)