

熊本地震を事例とした避難所の同定及び市町村をまたぐ広域避難に関する研究

船越康希^{†1} 畑山満則^{†2}

概要：2016年4月14日、16日に発生した熊本地震では、想定されていた以上の避難者が避難所に殺到し、指定避難所だけでは避難者を収容できなくなった。その結果、指定の避難所以外にも指定外の箇所でも多数の避難所が形成された。この指定外の避難所は、場所が認知されていないため、発災初期に支援の手が届かないという問題をもたらした。そこで本研究では、そのような行政から認知されないような避難所を同定する手段として、携帯電話の位置情報を主計したデータを用いて、避難所を推定する手法を提示し、合わせて発生過程や広域避難の実態を明らかにする。

キーワード：熊本地震、避難所、広域避難、携帯 GPS データ

1. はじめに

2011年の東日本大震災では、切迫した災害の危険から逃れるための避難場所と、避難生活を送るための避難所が必ずしも明確に区別されておらず、避難者が避難すべき場所を混同してしまったことが被害拡大の一因ともなった。これを受けて、2013年に災害対策基本法が改正され、切迫した災害の危険から逃れるための緊急避難場所と、一定期間滞在し、避難者の生活環境を確保するための避難所が明確に区別された。加えて、災害の発生時における被災者の滞在先となるべき適切な施設の確保を図るため、市町村長による指定避難所の指定制度が設けられた。従来から指定避難所は見られたが、法律による区分けはなされてはなかった。しかしこの法律改正をきっかけに、明確に避難所が「指定」されたため、「指定避難所」でない避難場所(本稿では「指定外避難所」と呼ぶ)の存在が注目されることとなった。

2016年4月14日、16日に発生した熊本地震では、熊本県・大分県を中心に多大なる被害が生じ、多数の避難者が一時避難や避難生活を強いられることとなった。指定避難所のキャパシティを超える人々が避難行動をとったため、事前に指定されていない場所に多数の避難者が集まり、避難生活を送ることになった。発災初期において、このような指定外避難所は、その場所が分からないために支援の手が届かないという問題をもたらした。指定避難所との間の支援格差が多くメディアに取りざたされた。

被災者に対する公的支援の単位である市町村では、これらの指定外避難場所に対して地域コミュニティとの連携を図ることなどで対処していたが、市町村を跨いで避難した避難者を把握できていないなどの問題が残った。民間支援として、様々な支援団体による支援もなされたが、被災地内を丁寧に周回・聞き取りするか、ソーシャルメディアを

用いて支援を求める人々を探索する手法でしか支援を求める人のいる場所を探し出すことは難しく、隔たりのない支援を行うことはできなかった。

これらの問題は事前の対策で解決を図るのは難しく、問題を解消するためには、発災後に即時にかつ網羅的に指定外を含めた避難所を把握することが求められる。そこでこれらの避難所を同定する方法の一つとして携帯電話からの位置データを用いた同定手法が提案されている。本研究では、熊本地震を事例として、携帯電話の位置データを用いて、避難所の同定の可能性を示し、広域避難の実態を明らかにすることを目的とする。

2. 熊本地震における課題

本章では、熊本地震の想定と実際の被害を整理することで、熊本地震がどのような地震であったのかを明らかにし、また行政や自治体の災害対応について概観することで、この地震において避難所ではどのような問題が生じたのかをまとめる。

2.1 熊本地震の概要

下の図1は熊本地震の震度マップを示したものである。熊本地震はこの図の中に見られる布田川断層、日奈久断層の二つの断層による連動型地震であり、14日の地震ではMj6.5、16日の地震ではMj7.3を記録した。この二つの地震により、熊本市、益城町、阿蘇市を中心として大規模な被害が発生した。ここで熊本市における被害を見てみると、災害関連死を含めた死者が36名、全壊戸数が2,438棟、半壊が14,384棟、一部損壊84,491棟であった。また、避難者数は最大で108,266名(4月17日9時30分時点)にのぼった。一方で熊本市の地域防災計画書(2016)では、布田川・日奈久断層帯(中部単独型)の地震による死者を87人、全壊戸数を1,482戸、半壊を4,504戸、避難生活者数を44,600名と想定している。両者(表1)を比較すると、地震の規模と死者数に関しては想定内であると言えるが、被害戸数と避難

^{†1} 京都大学 情報学研究科 社会情報学専攻
Graduate School of Informatics Kyoto University

^{†2} 京都大学 防災研究所
Disaster Prevention Research Institute Kyoto University

者は大きくかけ離れたものとなっている。連動型地震を想定していなかったとは言え、両者の隔たりは大きいと言わざるを得ない。この想定以上の避難者の発生により、指定避難所だけでは避難者を収容しきれなくなり、自治体が指定されていない場所に、暫定的な避難所が各地に形成されることとなったと考えられる。

	当初の想定(熊本市)	実際の被害(熊本市)
震度	日奈久・布田川断層帯 Mj: 7.2, 7.6	日奈久断層帯(14日) Mj: 6.5 布田川断層帯(16日) Mj: 7.3
死者	87人	36人
全壊戸数	1482棟	2438棟
半壊戸数	4504棟	14384棟

表1 熊本市における被害想定と実際の被害の比較

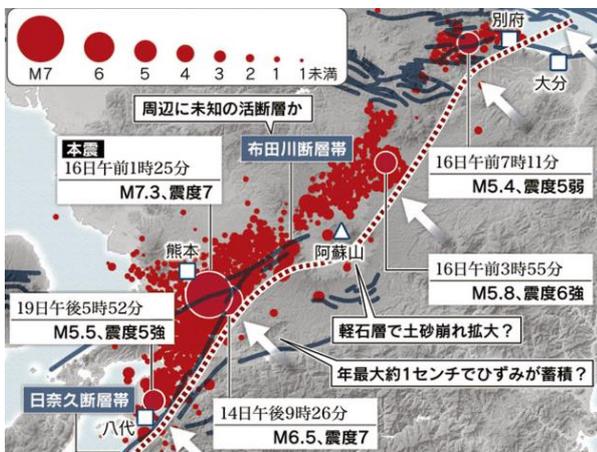


図1 注1 熊本地震の概要図

2.2 熊本地震における熊本市、支援団体の対応

このような指定外避難所に関して、熊本市にインタビュー調査を行なったところ(2016年10月12日実施)、熊本市では自治会をはじめとした地域コミュニティからの情報連絡をもとに場所を特定していったという。そして4月の下旬頃には指定外を含めた避難所を把握し、物資をはじめとした支援を行い、指定外の避難所に関しては避難者を別の指定避難所に移して、統合を進めていた。

また自治体以外にも、様々な支援団体が活動しており、避難所運営支援や物資配送、炊き出しなど様々な形の支援が見られた。

2.3 熊本地震の対応の課題

しかしこれらの活動の一方で、次のような点が問題として残る。

1つは市外に避難した避難者への対応である。熊本市へのインタビュー調査(10月12日実施)では、熊本市は市内の避難所の把握、支援は行っていた一方で、市外に避難した避難者が形成した指定外の避難所に対しては対応できていなかったという。

また事後的に発生する避難所への対応にも問題が考えられる。熊本市では4月下旬に指定外を含めた避難所の位置把握を行い、避難所の収束に勤めたとのことだが、この避難所統合の過程の中で、避難者が指定避難所での避難生活をやめて指定外の箇所でも自主的に避難することが考えられる。しかし、熊本市ではそのような避難者に対する対応ができていなかったという。

また自治体以外の支援団体による支援に関しては、様々な自治体による支援がなされたが、どこに指定外の避難所があるのかがわからないために、SNSで情報を集めたり、地道に探し周ったりすることでしか指定外避難所位置を特定できなかったという。見つけた場所を支援するという形態では、支援が隔たったものになってしまう傾向が強いと考えられる。4月28日までにボランティアネットワークの取りまとめを行う団体であるJVOADによって確認されたボランティア団体の活動状況(図2)を見てみると、益城町や熊本市内に支援の手が集中しており、宇城市や宇土市などの震源地から外れた地域や合志市など被害の少ない地域においてはあまり支援団体の活動が活発でないことが伺える(熊本県全域を活動範囲としている34の団体に関してはここでは集計外としている)。

以上のことをまとめると熊本地震の対応に関して、1)支援が局所的なものになってしまう恐れがあり、多大な時間を要する、2)広域的な避難者には対応できていない、3)事後的に発生している避難所に対応できていないなどの課題が考えられる。

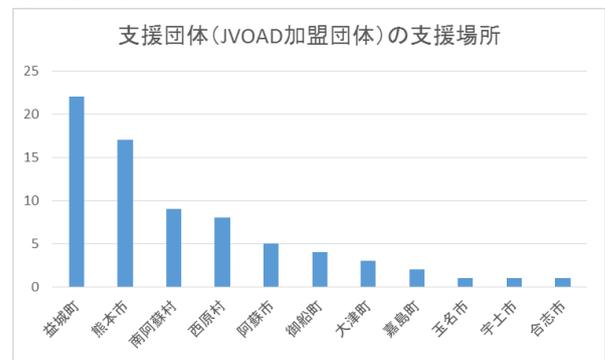


図2 JVOAD加盟団体による支援場所

3. 研究の位置付け

3.1 研究の目的

今回の熊本地震では想定以上の避難者が発生し、指定外の避難場所が形成されてしまった。このような事態は今後到来が予測されている首都直下地震や東南海地震においても十分に考えられる。想定以上の避難者が発生する場合の対策として、「南海トラフ巨大地震対策について(最終報告)」を見てみると、避難者トリアージを行うものとする記載されている。これは想定以上に避難者が発生した場合には、避難者トリアージを行い、被害の軽い被災者には自宅帰宅

を促すことを意味している。しかし今回の熊本地震では、被害があまりない被災者でも、余震を恐れて避難を行っていた事例が多数報告されているため、有効な対策とは考えにくい。

そのため、地震発生後に事後的に、避難所がどこにあるのかを突き止められるようにすることが有効であると考えられる。本研究では、携帯電話の位置データを集計したNTTドコモのモバイル空間統計を用いて、避難場所を同定する手法を提示し、避難所の位置を特定すること、行政区画をまたいだ避難者を推計し、その避難者の避難先を同定することを目的とする。

3.2 モバイル空間統計について

モバイル空間統計とは、携帯電話ネットワークの運用データを用いて、NTTドコモによって作成される人口統計のことを指す。基地局から得られる携帯電話の情報を周期的にキャッチすることで、一定地域ごとのNTTドコモの携帯電話台数を集計し、普及率を加味した上で人口を推計している。具体的には運用データを非識別化処理(個人識別性の除去)、集計処理(ドコモの携帯電話の普及率を加味して人口推計)、秘匿処理(少人数の除去)することでデータ化を行っている(図3)。

集計処理はさらに、(1)在圏数推計処理、(2)拡大推計処理、(3)エリア変換処理の3つの処理に分けられ、それらのプロセスを経て、人口の推計がなされる。

在圏数推計処理では、非識別化された運用データに基づき運用データのばらつきなどを考慮しつつ、基地局エリアごとの携帯電話の在件数を推計する。拡大推計処理では、在圏数推計処理の結果である基地局エリアごとの携帯電話の在圏数に基づき、ドコモ携帯電話の普及率の偏りや携帯電話の電源断の影響などを考慮しつつ、基地局エリアごとの人口へと拡大推計する。エリア変換処理では、拡大推計処理の結果である基地局ごとの人口に基づき、基地局エリア単位に推計された人口をメッシュや行政区画単位など、応用しやすい集計単位へと変換する。

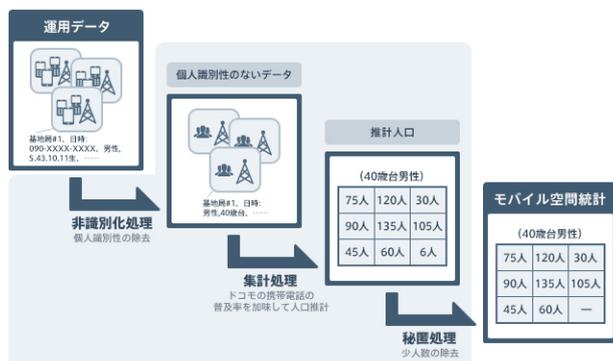


図3 モバイル空間統計の作成までの手順

また集計にあたって、14歳から79歳までの年齢層が対象となっており、携帯電話の契約ができない14歳以下の人

間と、携帯電話の所有人口が少ない80歳以上のユーザーはこのデータでは含まれない。

3.3 先行研究事例

避難所の同定についての研究は、今回の熊本地震を契機に幾つかの事例が報告されている。瀬戸・榎山・関本(2016)は、ゼンリンの混雑統計データを用いて、熊本地震前後の人口密度の差から、平常時よりも混雑しているメッシュを抽出し、その抽出結果をもとにして避難所を推定する手法を提示している。Yahoo株式会社もまた、関本研究室と共同でメッシュの混雑から避難所を推定する方法を提示している。これらの研究では、携帯アプリから得られたGPSデータをもとに、熊本地震時のGPSデータから発災時の熊本県各地の混雑度を求め、それらの結果から、「かくれ避難所」(本稿では指定外避難所と呼ぶ箇所)を抽出し、かくれ避難所の候補と考えられる地物を明らかにし、その避難所での滞在人数を推計している。ただこれらの研究は、避難所の位置を同定することを目的としたものであり、指定・非指定の避難所の類型や、広域避難の問題点を踏まえた分析は不十分なものと言え、かつ推定した結果が正しいのかどうかを実証できていない。

モバイル空間統計を利用した研究については、観光動向の分析や花火などのイベント開催時の顧客動向の分析など幅広い分野で活用されている。中でも防災の分野では、災害時の被害想定シミュレーションをより的確に行うべく、村上らが、圏外の観光者などを考慮した東京都の発災時の滞留者・帰宅困難者の推計を行っている。

また秦らがモバイル空間統計を用いて、熊本地震時ほどの程度の広域避難者が発生し、被害の大きい地域であった益城町の居住者が、どこにどのタイミングで避難しているのかを明らかにしている。

このようにモバイル空間統計が防災に活用されている事例がすでに報告されている、しかし前者の帰宅困難者の推計は被災前に行われるものであって、災害時のリアルタイムに活用できる可能性について論じているものはない。モバイル空間統計の効果的な活用方法を考える上で、災害発生後にリアルタイムで活用出来る方法について検討を加える必要がある。また後者の広域避難者の推計に関する研究では、広域避難者に焦点を当てており、避難者がどこにいたのかなどの分析が見られない。

3.4 同定までの方法

本研究で、利用したモバイル空間統計は、熊本県全域を500mに分割した人口メッシュデータである。期間は地震発生を含む2016年3月1日から5月31日までであり、サンプリングは、就寝時間帯として午前4時とした。

矢部らの研究の枠組みを利用し、地震以前の人口の平均値 μ と分散値 σ の合計($\mu+3\sigma$)を基準値として、地震後に

基準値を上回った地域を抽出することで推定を行う。また熊本市より提供いただいた避難所データ(災害発生以前からの指定避難所に加えて、発生後に確認された指定外避難所を含む)を用いて、避難所が位置するメッシュと推定結果との整合性を検討する。

4. 避難所の同定結果

ここでは矢部らの推定方法を用いて、熊本市内において避難所の推定を行い、合わせて、熊本市から提供いただいた避難所のデータを突き合わせることで、どの程度避難所を推定できるのかを調べた。

その後、推定によって同定できた避難所が位置するメッシュ、できなかった避難所が位置するメッシュ、また推定したものの避難所が確認できなかったメッシュを取り上げ、それぞれその人口推移を調べ、検討を加えた。

4.1 避難所の推定結果

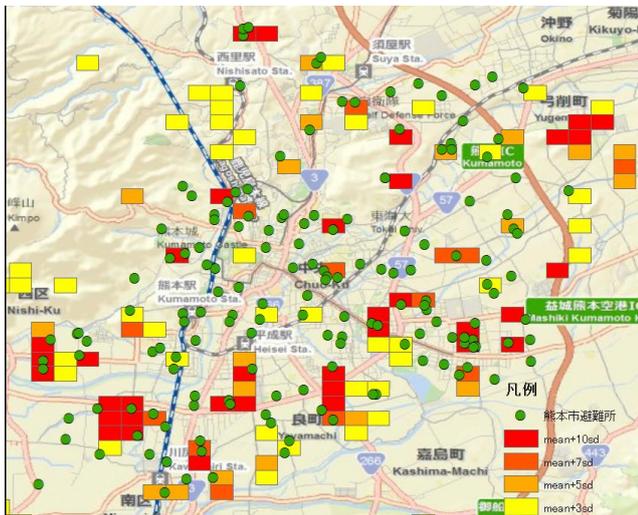


図 4 熊本市中央区周辺の避難所推定メッシュと実際の避難所地点

この図 4 は熊本地震直後の 4 月 17 日における、避難所推定メッシュと、熊本市が確認していた避難所の地点を示したものである。この図を見ると、推定メッシュと避難所地点が重なる部分が見られる。

	$\mu + 3\sigma$	$\mu + 5\sigma$	$\mu + 7\sigma$	$\mu + 10\sigma$
ヒットする避難所数の割合	83/200	64/200	53/200	36/200
避難所と重なるメッシュ数	67	49	41	30
全体の推定メッシュ数	158	86	62	45

表 2 基準値ごとの推定メッシュの捕捉率の割合

上の表 2 は混雑の基準値を変更したときに、どの程度の

メッシュが推定でき、どの程度の避難所を補足できるかをまとめたものである。この表を見ると、基準値を $\mu + 3\sigma$ と設定した場合、推定メッシュ 158 箇所中で実際の避難所が存在したメッシュは 67 箇所であり、一方で、避難所 200 箇所中で推定メッシュ内に含まれる避難所は 83 箇所と、半分にも満たないことが分かる。また混雑の指標を変化させても、推定メッシュのうちで避難所が存在した割合は高まるものの、依然として補足できる避難所の数は減少している。

これは、避難所が確認される地点の中にも現状の推定だけでは推定できない避難所があること、先の推定方法で推定したメッシュの中にも、実際に避難所が確認されていない地点があること、分散値と平均値の合計を指標とする従来の方法では特定できる避難所が限られていることを指す。そこで、今回の推定で同定できた避難所、同定できなかった避難所、推定が外れた箇所についてそれぞれ検討する。

4.2 推定し同定できた避難所のメッシュについて

推定した結果と避難所の位置が明確な地点についてみると次の図のようになる。図 5 には人口が増加したメッシュを集出することで同定した避難所の一例であり、ここでは桜木東中学校(熊本市東区桜木 6 丁目 10-1)を中心とした 500m メッシュの人口推移を示している。この図を見ると、メッシュ内の推計人口が地震直後に急増し、その後も平均値を大きく超える値で人口が推移している。このことからこの避難所は地震後しばらく避難所として利用されていたことが伺える。一方で熊本市から提供いただいた避難所人口のデータを見ると、下の図 6 のようになる。

両者を突き合わせて見ると、地震直後の 17 日には桜木東小学校では 1300 人の避難者が確認されており、17 日時点でのメッシュ人口とおおよそ一致する。また平常時のメッシュでの平均人口が 988 人と、避難所人口が平均値を上回っていることから、この桜木東小学校には、メッシュ内だけでなくメッシュ外からも避難者が押し寄せていたことが分かる。なお地震直後以降の避難所人口と推計人口が合致しないのは、小学校近隣に住む避難者が小学校への避難をやめてメッシュ内の自宅に帰宅したためと考えられる。

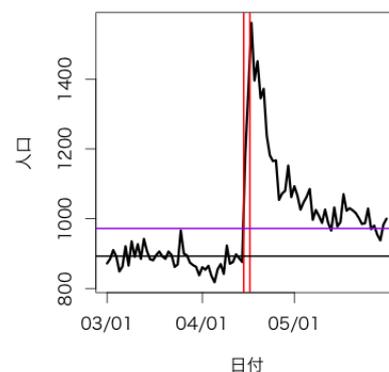


図 5 避難所が位置するメッシュの人口推移

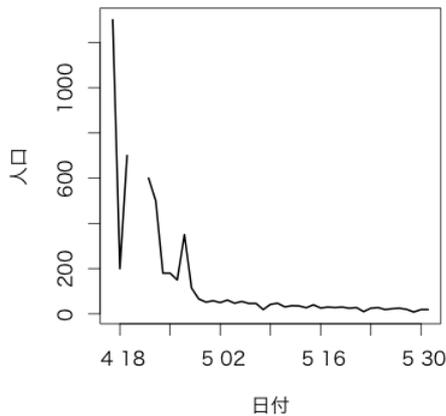


図 6 桜木東小学校における人口推移

4.3 推定できない避難所のメッシュについて

推定できない避難所に関して、その人口推移をみてみると、次の図7のようになる。

図7(左側)では平常時の人口推移の変動が激しいため、地震前後の人口変動からは避難所を推定することができなかったと考えられる。

図7(真ん中)では、地震後に人口が急激に減少していることが伺える。そのため平均値と分散値の合計を基準とした推計では推定箇所として該当しなかったと考えられる。一方で人口を見てみると、本震直後でも600人以上の人口が推計されている。このことから、この避難所が位置するメッシュでは、メッシュ内の人口のうち、避難所に避難する者が一定数いた一方で、メッシュ外の避難所へ避難する者がいたため、メッシュ内の合計値としての人口急激が減少したものと考えられる。

避難所の中には図7(右側)のように人が集まるまでに若干のタイムラグが確認される避難所がある。この避難所では発災直後ではなく、発災後数日を経て人口が増加しており、発災直後は別の避難所に避難していた避難者が集まってきたと考えられる。発災からしばらくして、指定避難所から

別の避難所へと移る避難者がいることも十分に考えられることから、このような人口推移を示すメッシュでは後発的に発生した避難所があると考えられる。このような避難所を発見するためにも、発災後だけでなく避難所が収束していく復興期にも推定を行う必要がある。

4.4 推定が外れた避難所について

また推定が外れている箇所についても見てみると、次の図7(右側)のような人口推移をたどることがわかる。

この図7(右側)を見てみると、4月16日時点での人口が突出して高い一方で、それ以降は急激に人口が減少し、平常時と同じ推移を示していることがわかる。以上のことから、このような推定箇所に出てきたメッシュは一時避難場所になっていたのではないかと考えられる。すなわち地震直後には人が一時的に集まっていたものの、熊本市が避難所を捜索している時にはすでに解消されていたと考えられる。

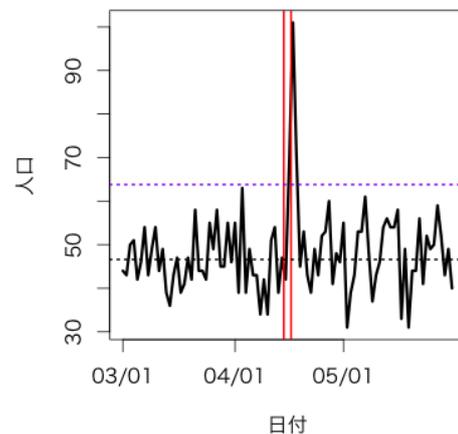


図 8 推定結果が外れた箇所のメッシュ

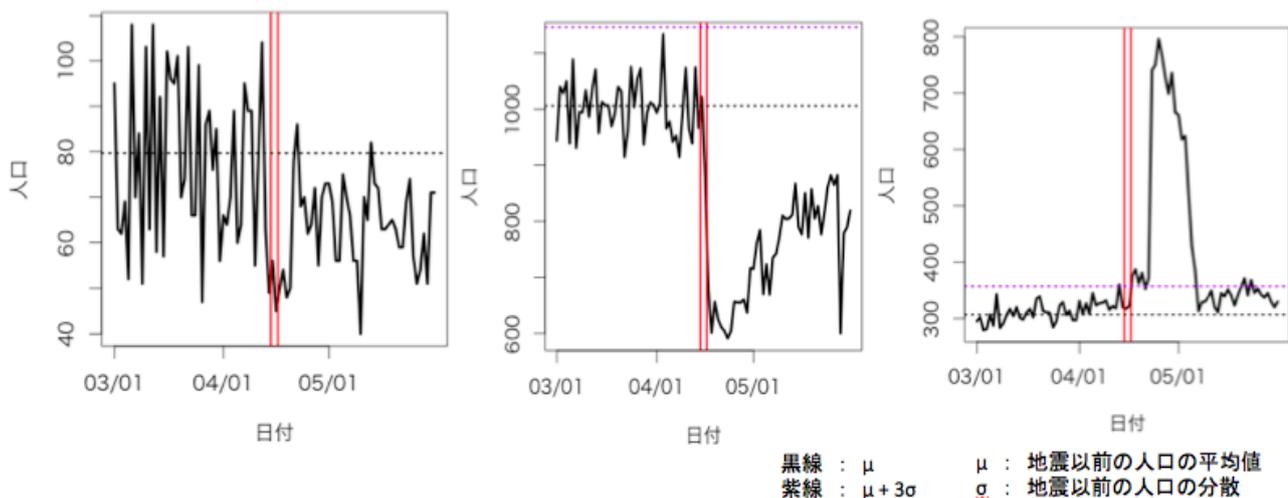


図 7 推定できない避難所のメッシュの人口推移

4.5 推定結果についてのまとめ

以上のように従来の避難所推計方法を当てはめることで同定可能な避難所があることが確認できる。一方で、同定ができない避難所があることが確認できる。これはモバイル空間統計で推計している人口が厳密に人の移動を追ったものではないことが起因していると考えられる。すなわち、メッシュ内の住民がメッシュ内の避難所に避難する場合には従来の推定では見つけることができないし、メッシュ外からメッシュ内への避難者がいる一方で、それ以上にメッシュ内からメッシュ外へ避難するものがある場合も同様に見つけることができない。

また図7(左側)のように平常時から人口の変動が激しい地域も同様に従来の推定では見つけることができない。

5. 広域避難に関する分析

ここでは、広域避難を行政区域外に居住者が避難することととらえて、地震の被害の大きかった地域において、居住者(ここでは熊本市を契約住所としている者とする)がどのような行動をとったのか、どこに避難したのかについて把握する。今回の対象は、地震の被害の大きかった熊本市とする。

まず熊本市全域における居住者の動向について把握する。下の図8は、熊本市内における熊本市居住者の人口推移を示している。この図では本震をきっかけに熊本市の居住者が大幅に減少していることが分かる、このことから、熊本市居住者が地震をきっかけとして、市外の安全な地域に避難していると推察される。

また一方で、熊本市外で熊本市居住者がどのような推移を示しているかを見てみる。図9は熊本市を除く熊本県全域における熊本市居住者の人口推移を示している。この図を見ると、本震以降に熊本市の居住者が大幅に増加していること、その後減少傾向にあるものの、5月を過ぎてもなお、平均以上の人口が推計されていることが伺える。

以上の、地震を契機に、熊本市内において熊本市居住者が急激に減少し、一方で、熊本市外で急激に増加している

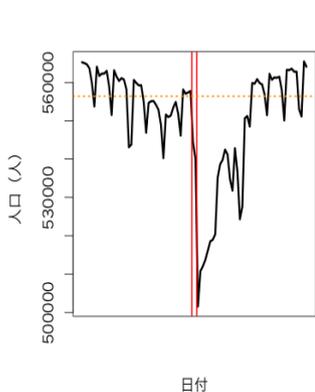


図9 熊本市における熊本市居住者の人口推移

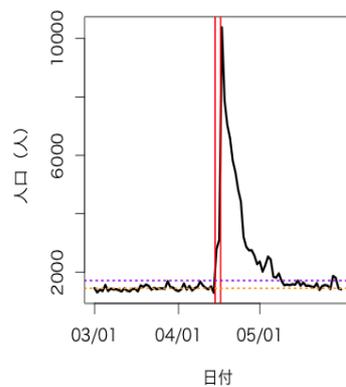


図10 熊本市外における熊本市居住者の人口推移

ことから、熊本地震後に熊本市内の居住者の多数が熊本市外へと避難していることが分かる。

そこで本震以降に熊本市居住者が1週間以上にわたって滞在していた箇所を抽出し、合わせて熊本市と同様の推定方法によって、避難所を推定し、両者の結果を重ね合わせた。その結果として熊本市居住者が1週間にわたって、午前4時に滞在していたと考えられるメッシュが79箇所確認され、なおかつ人口が基準値を超えるメッシュも確認できた。図11はそれらのメッシュの一例を示したものである。居住先として、熊本市東区と隣接している合志市や菊池郡菊陽町が滞在先の中心となっているほか、山鹿市、宇城市、宇土市、上益城郡嘉島町、玉名市、八代市など熊本市から比較的距離が離れているような箇所でも熊本市居住者がいたことが確認できた。



図11 熊本市外における熊本市居住者が確認された箇所の例

次に先ほどの推定を用いて抽出したメッシュを個別に取り上げ、そのメッシュにおける熊本市居住者の人口推移を見る。本稿では一例として合志市の妙泉寺体育館(熊本県合志市須屋1957)を取り上げる。この避難所が位置するメッシュの人口推移及び熊本市居住者の人口推移は下の通りである(図12)。

これらの図は発災後に基準値を超えた人口を示しており、地震以前はごく少数であった熊本市居住者の人数が地震を契機に急激に上昇し、最大で数十人単位の熊本市居住者がいたこと、熊本市居住者がおよそ5月上旬まで滞在していたことが伺える。以上のことからこのメッシュ

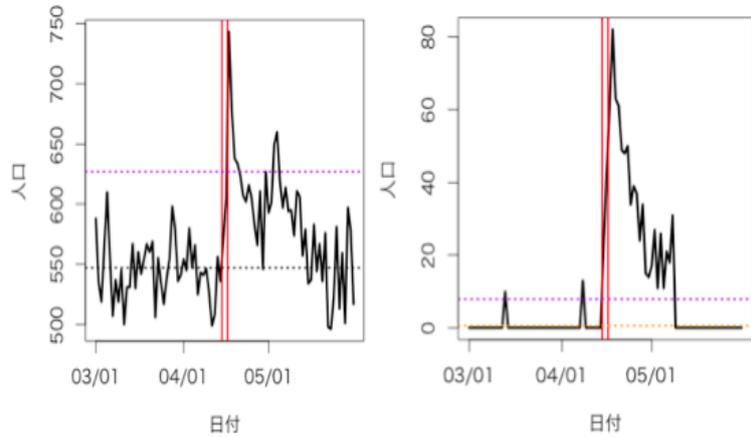


図 12 合志市の避難所(妙泉寺体育館)における避難者および熊本市居住者の人口推移

ユでは、熊本市居住者による広域避難がなされた箇所であると言える。

また1週間以上にわたって熊本市居住者が滞在していたメッシュに関して、これらの居住者の数を市町村ごとに集計した結果を次の表に示す。これらのグラフからいずれの地域でも発災直後に急激に人口が増加していることが分かる。そしてその居住者に関して、合志市や菊陽町など隣接する市町村に多数確認される一方で、玉名市や宇土市、宇城市など比較的距離が離れた箇所においても数百人規模で

の居住者の増加が確認でき、これらの地域に広域避難がなされていることが分かった。

また熊本市へのインタビュー調査によると、熊本市では市外で熊本市の居住者が形成した避難所については認知していなかったという。

一般に行政区外にこのような避難所ができた場合には、災害協定に基づいて、他市から来る避難者のために避難所を設置するなどの避難者の受け入れを行うことになる。また避難者が安全な場所を求めて、被害の少ない行政区外に避難することは十分に考えられる。しかし避難先の避難所が指定外避難所であり、避難先の災害対策本部が避難所の捜索を行っていない場合には、災害協定が機能なくなり、その避難先の避難所は自治体から認知されずに、取り残されてしまう恐れがある。このような避難所を発見することができるという点において、本分析は有効であると言える。

以上のことから、空間モバイル統計を用いることで、熊本市外に避難していた人たちの滞在先を把握し、そのおおよその数を推計することができた。一方でこれらの推計した人数が本当に正しいのかどうかは今後検証する必要がある。

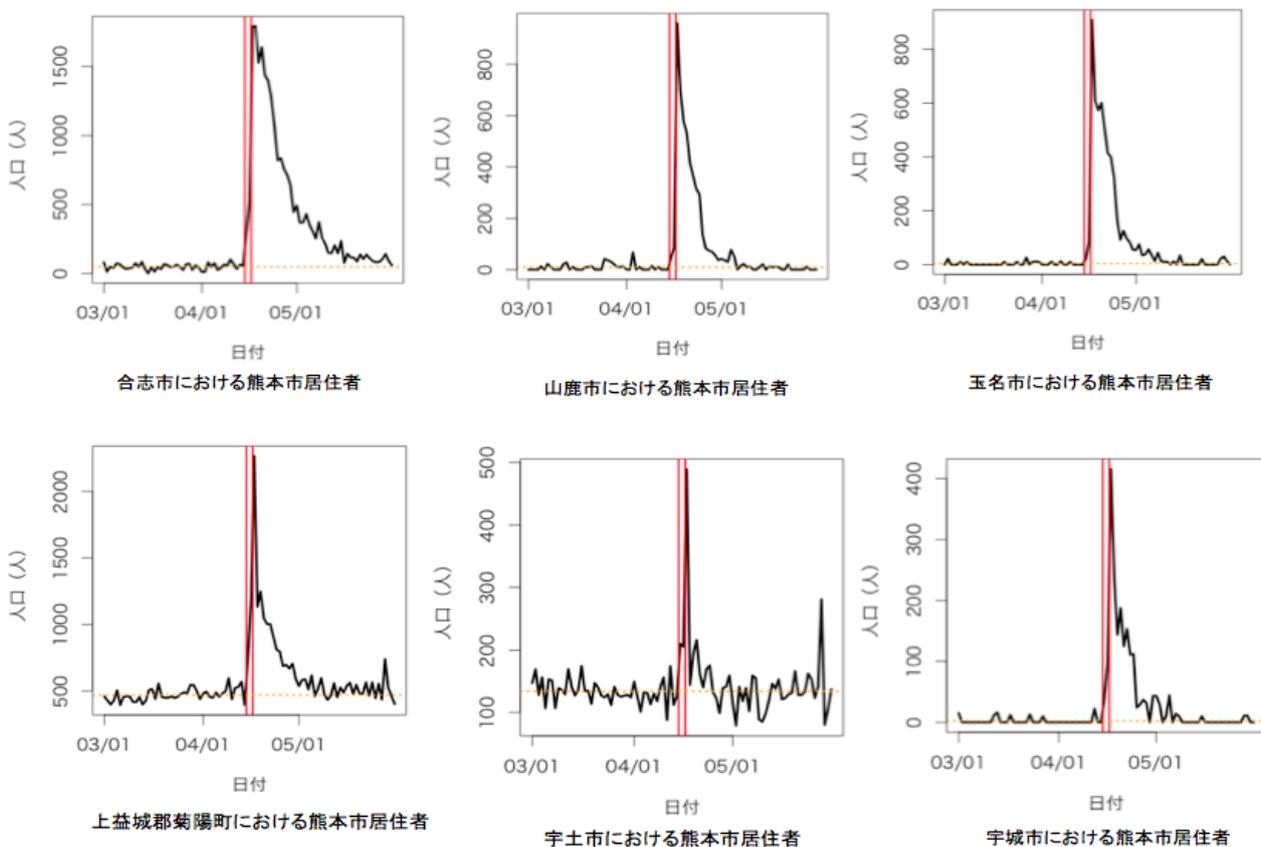


図 13 市町村別における熊本市居住者の人口推移

6. おわりに

以上、本稿ではNTTドコモのマイクロジオデータを用いて、地震前後の人口の差をもとにして、避難所となっていると考えられるメッシュを抽出し、熊本市から提供を受けた避難所データと突き合わせることで、本推定がどの程度避難所を推定できるのかを確認し、本推定では抽出できないような避難所があることを明らかにした。また各避難所の人口推移を調査し、後発的に発生する避難所が存在している可能性について指摘した。加えて被害の大きい熊本市内から他の行政区画へと避難した広域避難者の存在を明らかにし、避難先の候補の選定を行なった。

しかし本稿で指摘した、後発的に発生した可能性がある避難所や熊本市からの広域避難者が滞在していた避難所などは、推測に留まっており、実際にそのような避難所が確認されたのかについては未だ実証できていない。今後はこの点を、現地調査を通じて明らかにしたい。

また現状の推定方法だけでは網羅的に避難所を探し当てることは難しいことは示したものの、その推定方法をどのように改善すべきかを示していない。そのためデータの正規化やスムージングを行う一方で、より高精度な推定を行うことができる方法を考える必要がある。またリアルタイムでの避難所の同定に関しても本稿では言及できていない。そのため避難所を同定するプロセスについて再度整理し、マニュアルでの作業が必要な点を洗い出し、どの程度リアルタイムで分析ができるのかについても今後検討したい。

最後に本研究での問題点についても言及しておきたい。本研究ではメッシュの人口から避難所の避難者の人口をどのように推計するかという問題が残る。避難所ごとの推計人口と実際の避難者とを比較して、どの程度乖離しているのかを明らかにすることはできない。また同一メッシュ内に避難所が複数存在する場合には、純粋な形での推計が難しいという問題が残る。そのため現在使用している500mメッシュをさらに細かく分割することが求められる。一方で空間モバイル統計は仕様上250m以上に詳細に分割することはできないため、これらの問題点を解消することは難しい。

謝辞

データの提供をいただきました熊本市、また調査にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

[1] 熊本市：熊本市地域防災計画書(平成28年)，熊本市ホームページ(オンライン)，入手先
<https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.a>

[spx?c_id=5&id=1368&sub_id=7&flid=75100](#)>, (2016)(最終確認 2016-9-12)

[2] 熊本県：避難所運営ガイドライン(平成25年3月)，熊本県ホームページ(オンライン)，入手先
http://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=236&sub_id=1&flid=1&dan_id=1，(2013)(最終確認 2016-9-12)

[3] 熊本県：熊本地震等に係る被害状況について(平成28年8月29日)，熊本県ホームページ(オンライン)，入手先
http://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=15459&sub_id=169&flid=79022，(2016)(最終確認 2016-9-12)

[4] 国土地理院：熊本地震に関する情報(平成28年)，国土地理院ホームページ(オンライン)，入手先
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>(最終確認 2016-9-12)

[5] NTTドコモ：モバイル空間統計に関する情報，NTTドコモホームページ(オンライン)，入手先
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/，(最終確認 2016-9-12)

[6] 寺田雅之，永田智大，and 小林基成。“モバイル空間統計における人口推計技術(社会・産業の発展を支える「モバイル空間統計」：モバイルネットワークの統計情報に基づく人口推計技術とその活用).” *NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル* 20.3 (2012): 11-16.

[7] ヤフー株式会社，ビッグデータで隠れ避難所をいち早く把握する，Yahoo! JAPAN ビッグデータレポート(オンライン)，入手先
<http://docs.yahoo.co.jp/info/bigdata/special/2016/04/>，(2016)(最終確認 2016-8-29)

[8] 国土交通省国土政策局国土情報課，国土数値情報 避難施設データ，ホームページ(オンライン)，入手先
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P20.html>，(最終確認 2016-1-23)

[9] 村上正浩，and 岡島一郎。“モバイル空間統計を活用した滞留者・帰宅困難者数の推定と具体的対策の検討.” *日本建築学会大会学術講演梗概集* (2011): 893-894.

[10] 中央防災会議：南海トラフ巨大地震対策について(最終報告)，内閣府ホームページ(オンライン)，入手先
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf#search=%E9%81%BF%E9%9B%A3%E8%80%85%E3%83%88%E3%83%AA%E3%82%A2%E3%83%BC%E3%82%B8+%E5%8D%97%E6%B5%B7%E3%83%88%E3%83%A9%E3%83%95%E5%9C%B0%E9%9C%87

[11] 秦康範，関谷直也，and 廣井悠。“2016年熊本地震における市町村を超える避難行動の実態把握に関する基礎的検討”．*地域安全学会梗概集* 39 (2016)．