

携帯電話網の運用データに基づく 人口統計を用いた熊本地震における避難者 およびボランティアの行動に関する考察

池田 大造¹・渋谷 大介²・今井 龍一³・
太田 勝也⁴・金井 翔哉⁴・新階 寛恭⁵・円山 琢也⁶

¹非会員 株式会社NTTドコモ 先進技術研究所 (〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘3-6)
E-mail:ikedad@nttdocomo.com

²非会員 株式会社ドコモ・インサイトマーケティング (〒104-005 東京都港区新橋2-5-5)
E-mail: daisuke.shibuya.kb@dcm-im.com

³正会員 東京都市大学 工学部 都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)
E-mail:imair@tcu.ac.jp

⁴学生会員 東京都市大学大学院 工学研究科 都市工学専攻 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)
E-mail:g1681704@tcu.ac.jp, g1781704@tcu.ac.jp

⁵正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1)
E-mail: shingai-h86ax@mlit.go.jp

⁶正会員 熊本大学 政策創造研究教育センター (〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1)
E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

2016年4月に発生した熊本地震では多くの家屋が倒壊し、被災者の多くが避難所での生活を余儀なくされた。多くのボランティアによる支援活動が行われた中、これまで被災者およびボランティアの行動実態は十分に把握されていない。

本研究では、今後の防災・減災対策に資するよう、熊本地震が発生したエリアを中心に、避難者およびボランティアの行動実態を明らかにすることを目的に、携帯電話網の運用データから生成された人口統計データを用いて、地震発生前と発生後の滞留人口の分析を行った。その結果、住民の多くが家屋などの被害状況の確認などを目的として被災エリアに戻っていたことが示唆された。また、60代~70代の多くは若年層と比較し、即時の避難行動に至っておらず、居住地に留まっていたことがわかった。益城町民に着目すると、地震発生直後には指定された避難所に押し寄せ、1ヶ月後にかけて避難所に滞在していたことが推察される。また、九州以外を居住地とする数百名規模のボランティアが益城町、西原村にて支援活動をしていたことが確認された。ボランティア活動は地震発生から1ヶ月後にかけて行われ、その多くは昼間に被災エリアに入り、夜間には被災エリアから離れていたことが明らかになった。

Key Words: Kumamoto earthquake, mobile spatial statistics, evacuees, volunteers

1. はじめに

2016年4月14日21時に熊本県・大分県を中心として発生した地震(以降、前震と呼ぶ)はマグニチュード6.5、益城町では震度7を観測した。4月16日午前1時にはマグニチュード7.3の地震(以降、本震と呼ぶ)が発生し、益城町と西原村で震度7を観測した。これらの地震によって、益城町、熊本市東区、西原村、南阿蘇村(以降、被災エリアと呼ぶ)に所在する多くの家屋が倒壊し、多

くの住民が避難所に溢れる状況となり、仮設住宅での生活を余儀なくなれた。熊本市が指定した避難所の収容力をこえて避難者が発生したことから、公的に指定されていない避難所が設置される状況が生まれることとなった。また、倒壊した家屋の復旧に見通しがたらず、熊本県内にとどまらず熊本県外に避難する住民が発生する事態となった。一方、復旧支援を目的に多くのボランティアが被災地を訪れ、市役所などを拠点に支援活動に参画する姿もみられた。

市町村において避難所の整備，仮設住宅の運用，ボランティア支援活動の助成を進めるためには，被災地での避難者およびボランティアの行動実態を把握することが重要であり，これまでアンケート調査および携帯電話GPSデータなどから取得された「交通関連ビッグデータ」を用いた研究が進められてきた¹⁾²⁾。その結果，地震発生後の行動実態が徐々に明らかにされてきた。

既往研究では，避難実態という観点で分析が行われているものの，被害が大きかった市町村の住民ごとの避難状況，滞在先エリアに着目した分析は筆者らが把握する限り存在していない。また，ボランティア活動の実態に関する研究はこれまで十分にされていなかった。このような背景から，本研究では住民およびボランティアの分析を可能とするため，携帯電話網の運用データを元に生成される人口統計データに着眼する。その代表例であるモバイル空間統計³⁾⁴⁾は，携帯電話網の約7,000万人の運用データ（法人名義のデータなどを除去）を元にした人口統計であり，我が国最大の交通関連ビッグデータである。これまで，まちづくり⁵⁾⁶⁾，防災⁷⁾⁸⁾等の分野での活用が試行されており，公共施策への活用可能性が高いことが示されてきた。このような人口統計データにより，24時間365日の全国の人々の行動特性を性年代別，居住地別に捉えることが可能である。

本研究は，熊本地震の被災エリアにおいて，熊本県民およびボランティアの行動実態を明らかにすることを目的とする。具体的には，熊本地震発生前後における滞留人口の推移，被災エリア住民の滞在先，熊本県外からの流入人口を用いて，避難実態，住民の戻り状況，ボランティアの行動実態を考察する。

2. モバイル空間統計の概要

モバイル空間統計は，携帯電話利用者の個人情報およびプライバシーを保護する3段階処理を用いて生成される。具体的には，人口統計に不要な個人識別性を運用データから除去する非識別化処理，ある日時における人口を推計する集計処理，推計された人口のうち少ない人口を除去する秘匿処理を経て，人口統計情報が生成される。このような手順を踏むことで，集団の人数をあらわす統計となるため，モバイル空間統計から個人を特定することはできない。集計可能な人口分布は，ある日時における人口の地理的な分布を示し，地域による特性の違いや時間の経過に伴う人口の変動を把握することができる。人口構成は，ある日時・エリアにおける性別・年齢別・居住地別の人口を示し，エリアの特性を分析することができる（図-1）。携帯電話ネットワークのサービスエリアは全国市区町村庁舎を100%カバーしており，これら

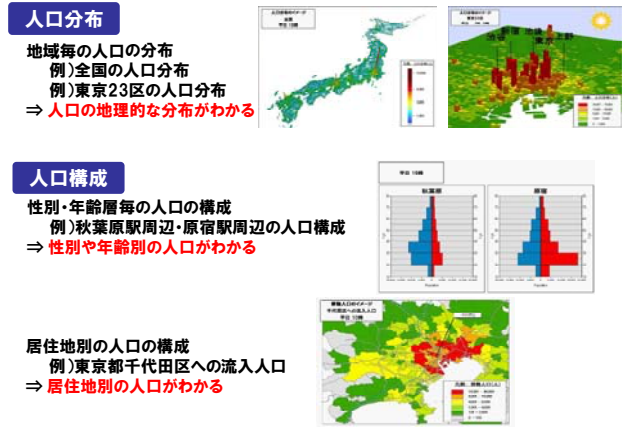


図-1 モバイル空間統計の概要

のエリアにおける人口分布を推計することが可能である。モバイル空間統計の推計対象となる年齢は15歳～79歳で，携帯電話の普及率が低い80歳以上および携帯電話サービスの契約を行えない14歳以下は対象外である。

3. 分析内容

(1) 地震発生前後の滞留人口推移

熊本地震による被害が大きかった益城町，熊本市東区，西原村および南阿蘇村を含む被災エリアを対象に熊本地震発生前後の滞留人口を分析する（図-2）。とくに人口の推移に着目し，熊本県民の避難状況および熊本県外からのボランティアの行動実態を考察することを目的に，表-1の集計条件に基づき生成されたモバイル空間統計（人口分布）データを用いて分析する。具体的には，2次メッシュの属性なしデータを用いて被災エリア全体の実態をおおまかに捉えることとし，避難状況の考察では500mメッシュの性年代別，居住地別人口分布データを用いる。



【地図の出典】 Google Map

図-2 分析対象エリア（2次メッシュ）

表-1 モバイル空間統計の集計条件（滞留人口推移分析）

項目	内容	備考
調査日	2016年4月9日～2016年4月30日	
空間解像度	2次メッシュ 4次メッシュ (500mメッシュ)	
時間解像度	1時間	
属性	属性なし (総数) 性年代別 居住地別	居住地は都道府県単位

(2) 避難所周辺の滞留人口

被災エリアにおける避難実態を明らかにすることを目的に、表-2 に示す集計条件により生成されたモバイル空間統計を用いて、メッシュ内の避難所の有無に着眼して分析する。避難所データとして、国土数値情報の平成 24 年度避難施設データ (1,949 件) および熊本市オープンデータ (2016 年 6 月 16 日更新) に含まれる広域避難所 (6 件) と緊急避難所 (266 件) を用いる。本研究の分析対象エリアに含まれる避難施設を抽出したところ、584 件となった。このようにして作成した避難所データを用いて、分析対象とする 500m メッシュそれぞれにおいて避難所の有無を判定した上で、避難者の行動実態の分析を試みる。

(3) 益城町民の避難状況

避難状況は、とくに地震による被害が大きかった益城町民を対象に分析する。避難所データは、益城町の資料を基に、筆者らが作成したものであり、益城町が指定した避難所 16 件、指定されていない避難所 17 件、仮設住宅 18 件が含まれる。表-3 に示す集計条件により生成されたモバイル空間統計を用いて、避難所および仮設住宅があるエリアにおける益城町民の行動実態を考察する。

(4) 益城町民の滞在先エリア

滞在先エリアは、表-4 の集計条件に基づき生成された居住地別人口を用いて益城町民を抽出し、益城町民が本震直後にどこに滞在していたかを考察する。

(5) 被災エリア住民の滞在率

被災エリアに含まれる益城町、熊本市東区、西原村、南阿蘇村の住民が本震後に自宅のある市町村にどれくらい戻っていたかを分析するため、滞在率の算出を試みる。表-5 に示す集計条件により生成された居住地別人口を用いて、前述した 4 市町村それぞれを居住地とする全人口を集計した上で、午前 2 時の時点で居住地に滞留していた割合を算出する (式 1)。

$$P_{i,t} = \frac{population_{i,k=i}}{\sum_k population_{i,k,t}} \quad (1)$$

ここで、 P は滞在率、 $population$ は滞留人口、 i は居住地の市区町村コード、 k は滞在先エリアの市区町村コード、 t は調査対象日時を示す。本震直後、1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後にかけて滞在率の推移をみることで、住民の戻り状況を考察する。

(6) 熊本県外からの流入人口

震災後の熊本県外居住者の滞留エリアを分析することで、ボランティアの行動実態の考察を試みる。表-6 の集計条件により生成された居住地別人口を用いて、熊本県以外の九州 6 県からの流入人口、九州以外からの流入人口を算出し、地震発生前の状況と比較することでボランティアの行動実態を推察する。

表-2 モバイル空間統計の集計条件 (避難所エリア分析)

項目	内容	備考
調査日	2016年4月9日～2016年4月30日	
空間解像度	4次メッシュ (500mメッシュ)	
時間解像度	1時間	
属性	居住地別	市区町村単位

表-3 モバイル空間統計の集計条件 (益城町民の避難状況分析)

項目	内容	備考
調査日	2016年3月19日 2016年4月16日 2016年4月17日 2016年5月14日 2016年6月18日 2016年7月16日	本震 (4月16日) の1ヶ月前 (28日前)、翌日、1ヶ月後 (28日後)、3ヶ月後 (94日後) を選定
調査時間帯	午前2時	夜間として定義
空間解像度	3次メッシュ (1kmメッシュ)	
時間解像度	1時間	
属性	居住地別	益城町を居住地とする人口のみ抽出

表-4 モバイル空間統計の集計条件 (益城町民の滞在先エリア分析)

項目	内容	備考
調査日	2016年3月19日 2016年4月16日 2016年4月17日 2016年5月14日 2016年7月16日	本震 (4月16日) の1ヶ月前 (28日前)、翌日、1ヶ月後 (28日後)、3ヶ月後 (94日後) を選定
調査時間帯	午前2時 午後2時	夜間として定義 昼間として定義
空間解像度	市区町村 (九州) 都道府県 (九州以外)	
時間解像度	1時間	
属性	居住地別	益城町を居住地とする人口のみを抽出

表-5 モバイル空間統計の集計条件（滞在率分析）

項目	内容	備考
調査日	2016年3月19日 2016年4月16日 2016年4月17日 2016年4月18日 2016年4月23日 2016年4月30日 2016年5月14日 2016年6月18日 2016年7月16日 2016年10月15日	本震（4月16日）の1ヶ月前（28日前）、翌日、翌々日、1週間後（7日後）、2週間後（14日後）、1ヶ月後（28日後）、3ヶ月後（94日後）、6ヶ月後（188日後）を選定
調査時間帯	午前2時	夜間として定義
空間解像度	市区町村	
時間解像度	1時間	
属性	居住地別	益城町、熊本市東区、西原村、南阿蘇村を居住地とする人口のみ抽出

表-6 モバイル空間統計の集計条件（熊本県外からの流入人口）

項目	内容	備考
調査日	2016年3月 2016年5月 2016年6月 2016年7月 2016年10月	本震（4月16日）の1ヶ月前（28日前）、1ヶ月後（28日後）、3ヶ月後（94日後）を選定
空間解像度	市区町村	
時間解像度	1時間	1ヶ月あたりの平均
属性	居住地別	熊本県以外の九州6県、九州以外で区分け

4. 分析結果

(1) 地震発生前後の滞留人口分推移分析

被災エリアの滞留人口推移より、4月14日21時に発生した前震直後は、前日までと比較して滞留人口が少なく、周辺エリアもしくは県外に避難していたことがうかがえる（図-3）。4月16日1時に発生した本震直後から翌日にかけて、地震発生前と比較して1割程度滞留人口が減っていることから、多くの被災エリアの住民が避難したと考えられる。本震の翌々日（4月17日）以降は住民が徐々に戻ってきていることがわかる。つぎに、500mメッシュごとの滞留人口に着目し、地震発生前の4月14日に対する本震発生後の4月17日午前0時の滞留人口の差分を算出した（図-4）。熊本駅周辺の滞留人口が減少している一方、宇土市役所、西原村役場、南阿蘇村役場が含まれるエリアの滞留人口が増加したことが確認された。要因として、避難者がこれらのエリアに滞在していた可能性が考えられる。熊本県民に着目すると、4月14日の前震後および4月16日の本震後から翌日の昼間にかけて人口がやや増加傾向にあることから、家屋などの被害状況の確認などを目的として被災エリアに戻っていた可能性が考えられる（図-5）。夜間は多くのエリアで滞留人口が減少しており、周辺エリアに避難している様子うかがえる（図-6）。

一方、熊本県外居住者は4月14日の前震後の翌日、さらには4月16日の本震後に大きく増加している。たとえば、4月14日の昼間人口に対して、10日後の4月24日の昼間人口は140%にも達している（図-7）。本震後に夜間の滞留人口が微増しているに過ぎないことから、昼間に被災エリアに入り、夜間には被災エリアから離れた可能性が高く、ボランティアと推察される（図-8）。

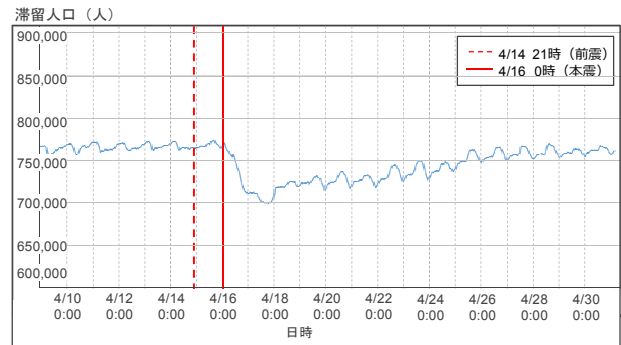


図-3 被災エリアの滞留人口総数推移（全数）

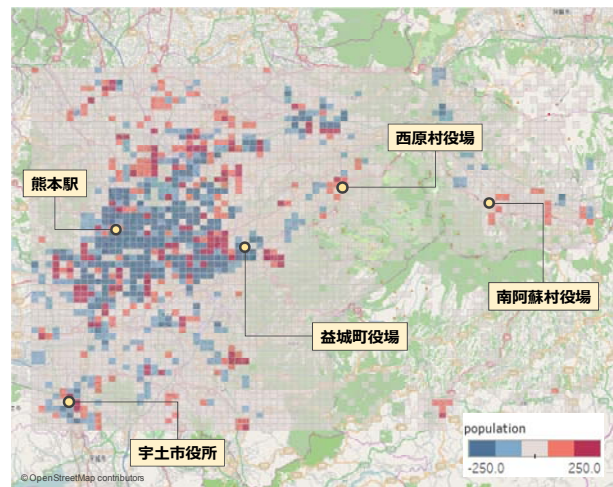


図-4 被災エリアの500mメッシュ滞留人口（4/14午前0時に対する4/17午前0時の差分）

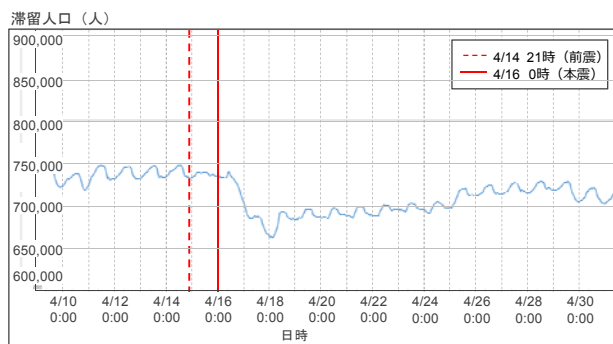


図-5 被災エリアの滞留人口総数推移（熊本県民）

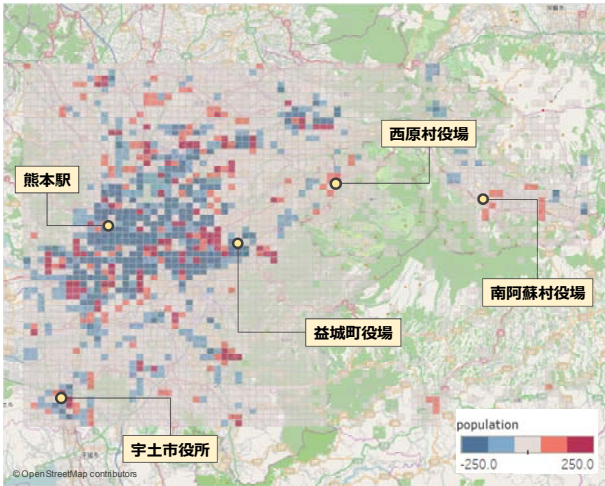


図-6 被災エリアの 500m メッシュ滞留人口（熊本県民）
（4/14 午前 0 時に対する 4/17 午前 0 時の差分）

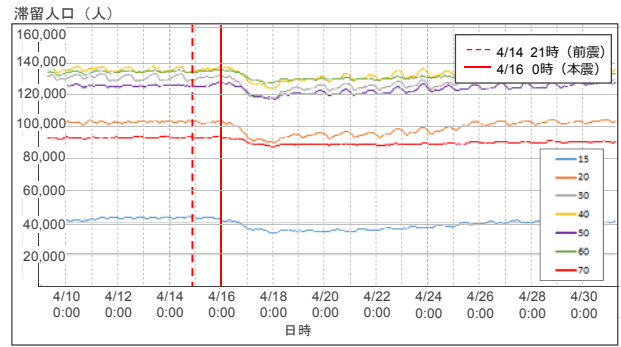


図-9 被災エリアの性年代別滞留人口総数推移

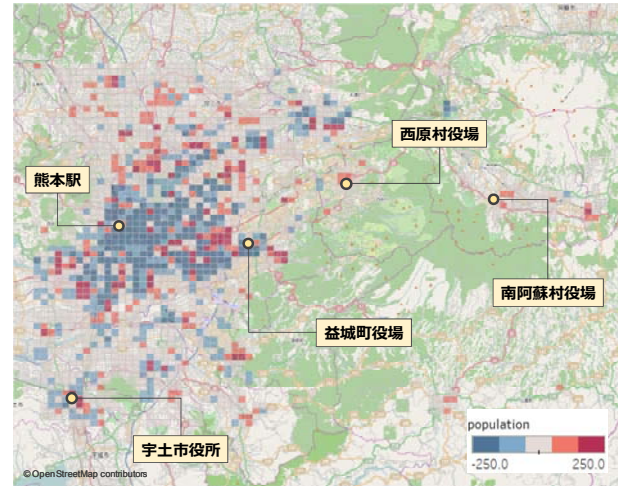


図-10 被災エリアの 500m メッシュ滞留人口（15～59 歳）
（4/14 午前 0 時に対する 4/17 午前 0 時の差分）

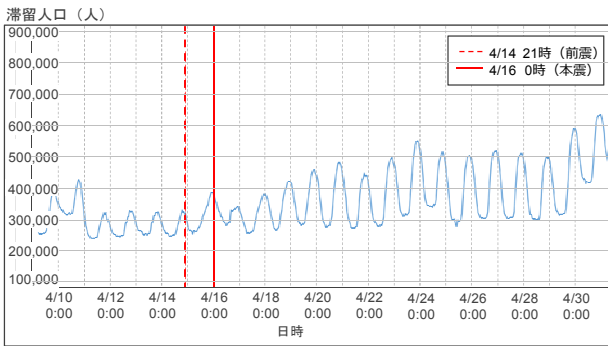


図-7 被災エリアの滞留人口総数推移（熊本県外居住者）

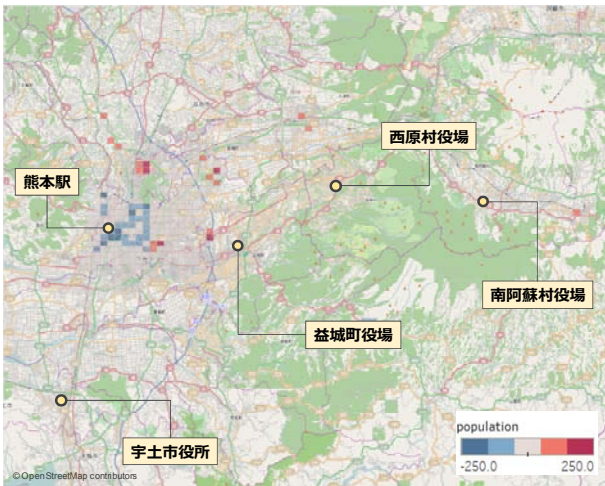


図-8 被災エリアの 500m メッシュ滞留人口（熊本県外居住者）
（4/14 午前 0 時に対する 4/17 午前 0 時の差分）

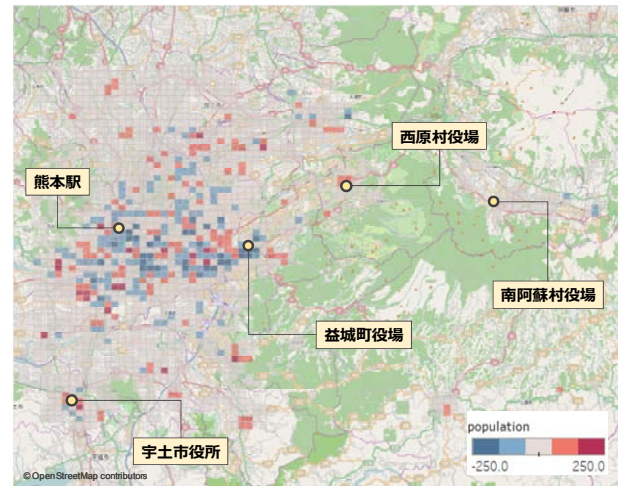


図-11 被災エリアの 500m メッシュ滞留人口（60 歳以上）
（4/14 午前 0 時に対する 4/17 午前 0 時の差分）

性年代別滞留人口推移をみると、4 月 16 日の本震後、10～50 代は翌々日にかけて減っていることから、周辺エリアに避難していたことが推察される（図-9）。一方、60 代～70 代は本震後にやや減っているものの、若年層と比較して緩やかな推移となっていることから、迅速な

迅速な避難行動に至っていない可能性がある実態が明らかになった。500m メッシュの分析結果からも、60 代以上の多くは若年層に比較し、居住地に留まっていたことを示唆する結果を得た（図-10、図-11）。

(2) 避難所周辺の滞留人口分析

3章で述べた避難所データを用いて、避難所が含まれる500mメッシュの滞留人口と、避難所が含まれない500mメッシュの滞留人口とを比較分析した。ここでは、モバイル空間統計は居住地別人口データを用いて滞留人口の総数を算出した(図-12)。本震直後(4月16日午前1時の)に着目すると、避難所が含まれないメッシュは地震発生前に比べて大幅に減少していることがわかる。一方、避難所が含まれるメッシュでは本震直後の1時には人口が急増しており、住民が避難所に押し寄せた様子がうかがえる。メッシュごとの滞留人口から、本震直後の午前1時時点で避難所が含まれるメッシュに多くの滞留人口を確認することができた(図-13)。

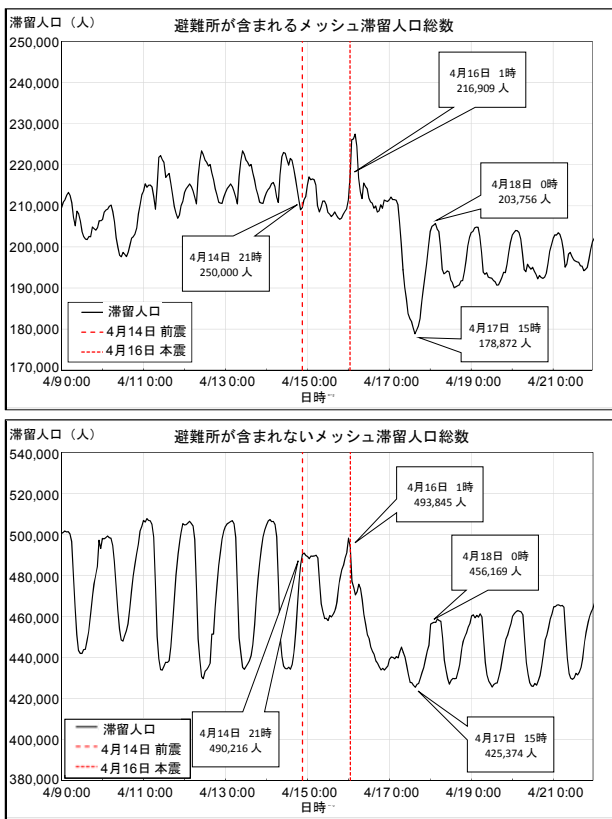


図-12 500mメッシュ滞留人口総数推移

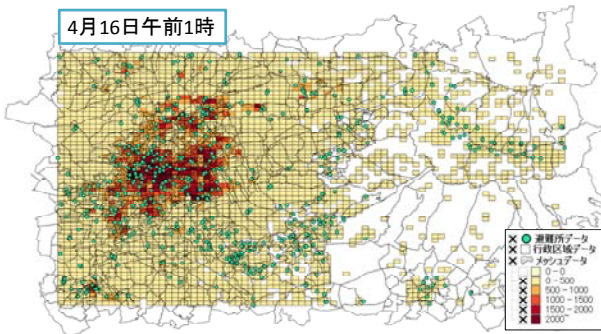


図-13 500mメッシュ滞留人口

(3) 益城町民の避難状況分析

避難状況を分析するため、とくに被害が大きかった益城町の住民に着目し、本震の4週間前に該当する3月19日に対する滞留人口の増減を算出した。本震直後の4月16日および4月17日は、益城町の中心部で滞留人口が減少している一方、一部のメッシュで増加していることが確認された(図-14)。これらのメッシュには益城町が指定した避難所が含まれることから、益城町民がこれらの施設に避難していた可能性が考えられる。

本震発生から1ヶ月後の5月14日には、避難所が含まれる複数のメッシュで、地震発生前に比べて滞留人口が増加していることが確認された。

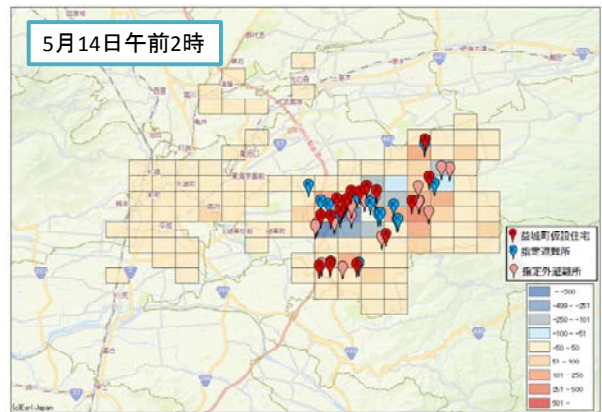
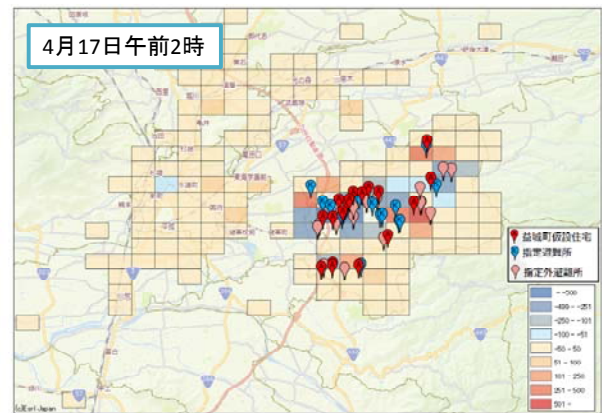
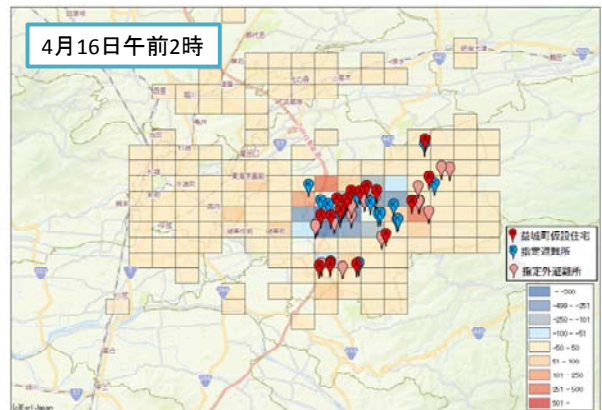


図-14 益城町民の分布状況 (3/19午前2時に対する差分)

これらの結果から益城町民が避難所に滞在していたことが推察される。指定外避難所の実態と人口統計データとの整合性を確認することができれば、これまで課題となっていた指定避難所以外における住民の避難行動を比較的速やかに把握できる可能性が示唆される。

(4) 益城町民の滞在先エリア分析

益城町民が熊本地震直後にどこに避難していたかを考察するため、熊本県内および全国の都道府県における益城町民の人口分布データを作成した。熊本県内では本震直後は隣接するエリアに避難している様子がうかがえる(図-15)。その状況は本震の翌日である4月17日にお

いても確認することができ、熊本市東区、南区、北区に多くの益城町民が観測された。本震発生から3ヶ月後には、熊本市中央区を除き地震発生前の状況に戻りつつあることから、益城町に戻っていることが推察される。熊本県外では、多くの益城町民が福岡県に避難していたことがわかる(図-16)。この状況は本震発生から3ヶ月後にわたり観測された。また、昼間において、地震発生前は多くの益城町民が昼間に鹿児島県に滞在していたが、本震の発生から2ヶ月後にかけては、鹿児島県を訪れる益城町民は大きく減少している。ところが、本震発生から3ヶ月後には、前震発生前と同じ水準まで回復したことがわかる。

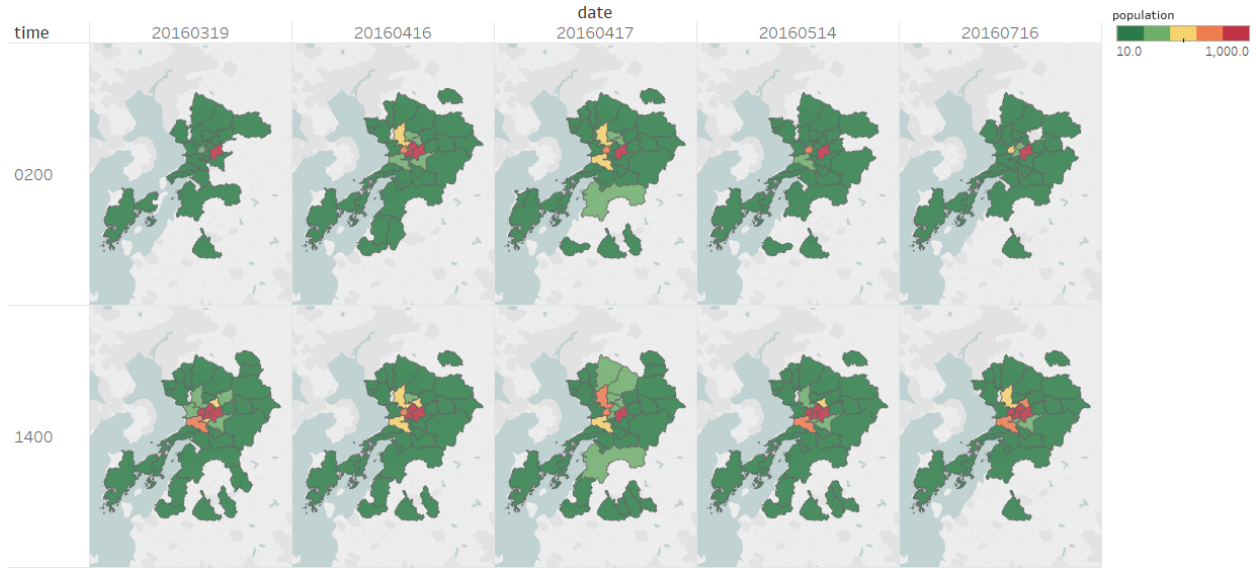


図-15 益城町民の滞在先エリア (熊本県内：市区町村単位)

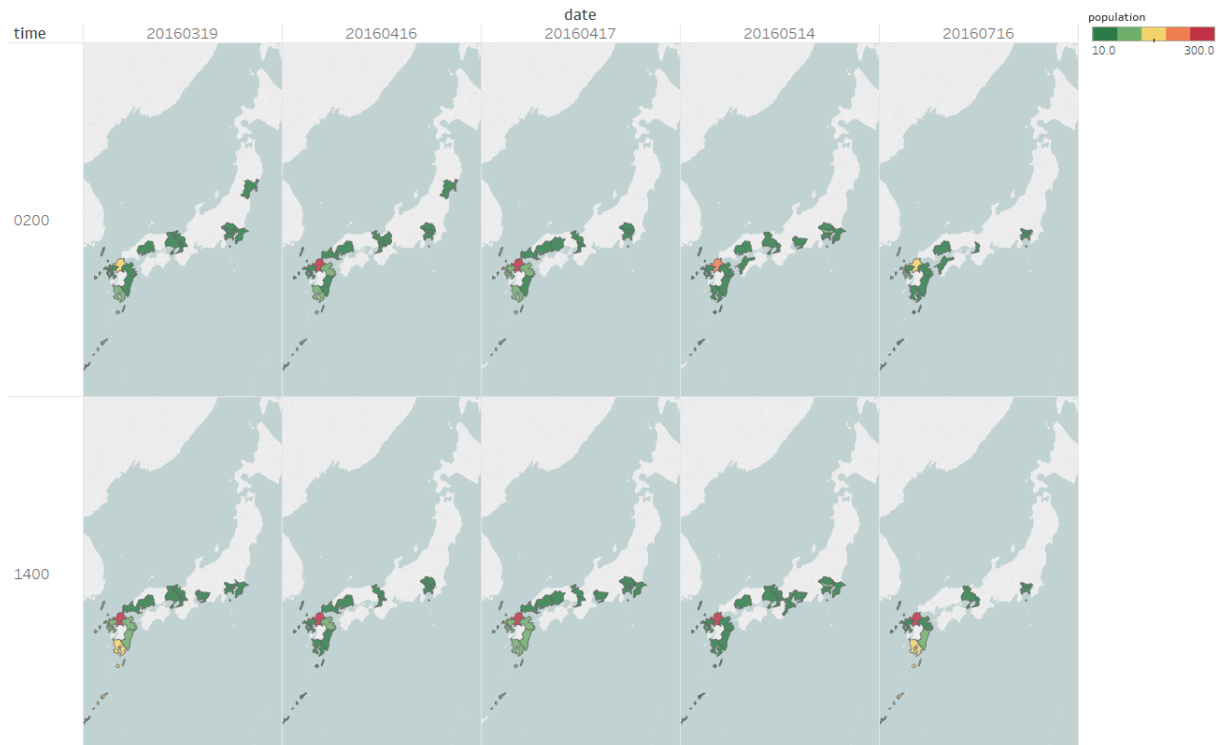


図-16 益城町民の滞在先エリア (全国：都道府県単位)

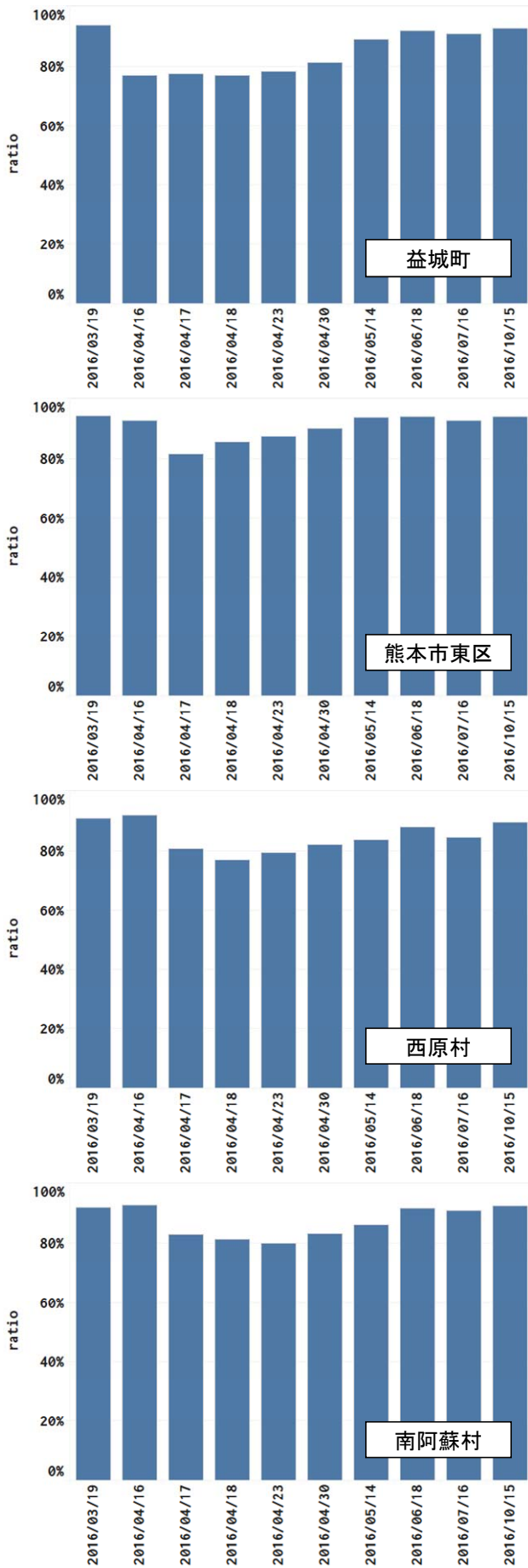


図-17 被災エリア住民の滞在率推移

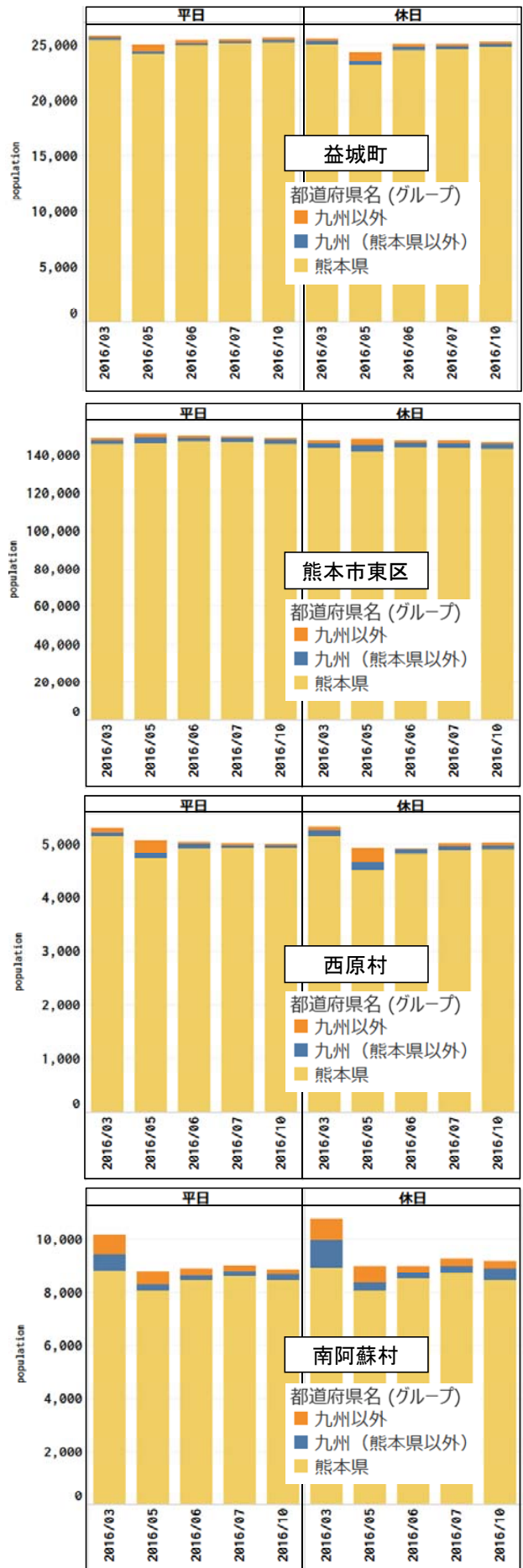


図-18 熊本県外からの流入人口

(5) 被災エリア住民の滞在率分析

益城町、熊本市東区、西原村、南阿蘇村を対象に、住民が自宅のある市区町村にどれくらい戻っていたかを分析するため、3章で示した式 1 に基づき、居住地（市区町村単位）の滞在率を算出した（図-17）。熊本東区では本震発生から1ヶ月後には地震前の滞在率に近い値を示していることから、他の市区町村と比較して早期に自宅のある市区町村に戻っていたことがうかがえる。一方、益城町および西原村では、自宅のある市区町村に戻っていない住民が存在しており、本震発生から6ヶ月後になっても地震前の水準に戻っていないことが確認された。

(6) 熊本県外からの流入人口分析

被災エリアである益城町、熊本市東区、西原村、南阿蘇村における熊本県外からの流入人口から、本震発生から1ヶ月後の5月には熊本県外からの流入人口が大きく増えていることがわかる（図-18）。とくに益城町および西原村では、九州以外の都道府県からの流入人口が大きく、休日にその傾向が顕著にみられることから、被災エリアでのボランティア活動であった可能性が高い。これらのエリアでは数百名規模のボランティアが活動されていたことが推察される。熊本県社会福祉協議会が公開するボランティア活動者数⁹⁾と比較結果を表-7に示す。益城町および西原村は地震による被害が大きく、観光目的による来訪者は限られていると考えることができるため、モバイル空間統計の県外からの流入人口にボランティア活動者が含まれている可能性が高い。

また、本震発生から2~3ヶ月後には九州以外の流入人口が減少しており、ボランティア活動が震災発生から1ヶ月後に行われていたことが推察される。

表-7 益城町・西原村ボランティア活動者数

市区町村	データ	5月平日 (月平均)	5月休日 (月平均)
益城町	モバイル空間統計 県外からの流入人口	586	215
	ボランティア情報 ⁹⁾	356	151
西原村	モバイル空間統計 県外からの流入人口	1062	391
	ボランティア情報 ⁹⁾	502	278

(データ) 熊本県社会福祉協議会「ボランティア情報」⁹⁾の市区町村ごとのボランティア活動者数より作成

6. まとめ

本研究は、熊本地震が発生したエリアを中心に、避難者およびボランティアの行動実態を明らかにすることを目的に、携帯電話網の運用データから作成された人口統計データを用いて、地震発生前と発生後の滞留人口を分

した。その結果、以下の知見が得られた。

- ・4月14日の前震後、および4月16日の本震後の翌日の昼間にかけて、熊本県民が家屋などの被害状況の確認などを目的として被災エリアに戻っていた。
- ・60代~70代の多くは、若年層と比較して迅速な避難行動に至っておらず、居住地に留まっていた可能性が高い。
- ・益城町民は、本震直後の1時には指定された避難所に押し寄せ、本震発生から1ヶ月後にかけて避難所に滞在していたことが推察される。
- ・益城町民の多くは、本震直後は熊本市東区、南区、北区に避難していたが、本震発生から3ヶ月後には、熊本市中央区を除き地震前の状況に戻りつつある。一方、福岡県に避難した益城町民はそのまま滞在していた可能性が高い。
- ・熊本東区民は早期に自宅のある市区町村での生活を再開している。一方、益城町および西原村では、本震発生から6ヶ月が経過しても自宅のある市町村に戻っていない住民の存在が確認された。
- ・九州以外を居住地とする数百名規模のボランティアが益城町、西原村にて支援活動をしていたことが示唆された。
- ・ボランティア活動は、地震発生から1ヶ月後に行われており、その多くは昼間に被災エリアに入り、夜間には被災エリアから離れていたと推察される。

これらの熊本地震の分析結果は、今後発生しうる大規模災害時の施策検討の参考となるべく示唆を与えると考える。熊本地震発生後の住民の避難実態およびボランティアによる支援活動の実態を把握することは、防災計画策定時において、避難所を通じた支援活動、仮設住宅の整備の計画・運用を検討する上での方向性を与えるものとする。また、熊本地震におけるボランティアの行動実態の調査結果は、円滑な支援活動を進めるための情報提供、宿泊施設の整備などに活用できる可能性が高い。さらには、避難所の滞留人口と県外からのボランティア数との対応関係を継続的に捉えることで、避難所へのボランティア配置計画に活用できる可能性がある。

今後は、アンケートなどの調査結果と照らし合わせることで、本研究で示した定量的な調査結果の裏付けを行い、避難行動およびボランティア活動の全容が明らかになることが期待される。

謝辞：本研究の遂行にあたり、(株)NTTドコモの福手 亜弥氏、(株)ドコモ・インサイトマーケティングの白川洋司氏、小田原亨氏には、人口統計データの分析作業、資料収集にて、多大なる協力を賜った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 桑原雅夫, 原祐輔, 三谷卓摩, 川崎洋輔, 竹ノ内篤, 井料隆雅, 浦田淳司: 熊本地震における都市内交通, 避難の実態と課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, 土木学会, 2016
- 2) 山口裕通, 奥村誠, 金田穂高, 土生恭祐: 携帯電話 GPS 情報から分かる熊本地震による行動パターンの被災・回復過程, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, 土木学会, 2016
- 3) 岡島一郎, 田中聡, 寺田雅之, 池田大造, 永田智大: 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—, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vo.20, No.3, pp.6-10, 2012
- 4) 小田原亨, 永田智大: 社会動態推定技術—モバイル空間統計の推計技術と応用—, 電子情報通信学会誌, Vo.97, No.9, pp.806-811, 2014
- 5) 清家剛, 三牧浩也, 原裕介, 小田原亨, 永田智大, 寺田雅之: まちづくり分野におけるモバイル空間統計の活用可能性に係る研究, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.451-456, 日本都市計画学会, 2011
- 6) 小田原亨, 川上博: モバイル空間統計のまちづくり分野への活用, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vo.20, No.3, pp.30-33, 2012
- 7) 鈴木俊博, 山下仁, 寺田雅之: モバイル空間統計の防災計画分野への活用, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vo.20, No.3, pp.34-40, 2012
- 8) 村上正浩, 岡島一郎, 鈴木俊博, 山下仁: 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, 日本建築学会梗概集, F-1 分冊, p.893-894, 2011
- 9) 熊本県社会福祉協議会: ボランティア情報, <http://www.fukushi-kumamoto.or.jp/list_html/pub/detail.asp?c_id=56&cmst=0&type=&id=7&sub_id=9>, (入手 2017.4)

(2017.4.28 受付)

CONSIDERATION ON THE BEHAVIOR OF EVACUEES AND VOLUNTEERS
IN THE 2016 KUMAMOTO EARTHQUAKE AREAS BASED
ON MOBILE SPATIAL STATISTICS

Daizo IKEDA, Daisuke SHIBUYA, Ryuichi IMAI, Katsuya Ohta,
Shoya Kanai, Hiroyasu SHINGAI and Takuya MARUYAMA