

2016年熊本地震における市町村を超える避難行動 —人口統計データからの考察—

秦康範¹・関谷直也²・廣井悠³

¹山梨大学准教授 地域防災・マネジメント研究センター
(〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

²東京大学大学院特任准教授 情報学環総合防災情報研究センター
(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1)

³東京大学大学院准教授 工学系研究科都市工学専攻
(〒113--8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

和文要約

2016年熊本地震においては、2度にわたる震度7を記録するとともに、活発な余震活動のために、大量の避難者が発生した。特に、指定避難所以外の場所への避難者の把握は困難で大きな課題となった。本研究では、地震災害時における広域避難の実態を把握することを目的として、2016年熊本地震を対象に、人口統計を使って市町村を超える避難行動について考察を行った。具体的には、NTTドコモ社提供のモバイル空間統計を活用し、人口統計が持っている時間、場所、人数に加えて、居住地、年代、性別といった属性情報を加味した検討を行うことにより、広域避難の実態を明らかにすることを試みた。

本震、前震の前後を含めた2016年4月1日から30日の一ヶ月間を対象期間として分析を行った結果、熊本県内居住者の人口は前震直前の4月14日を基準として、本震翌日の17日78千人減少していること、益城町内の益城町居住者の人口は、4月14日を基準として、前震後の15日2,250人減少、本震後の16日に4,640人と大きく減少していることが示された。

本研究で示したのは、地震前後の人口変動の傾向である。実際に市町村外へ避難した延べ避難者数はさらに多いと考えられる。今まで把握されていなかった震災時の広域避難の実像に初めて迫る成果が得られた。

キーワード：2016年熊本地震、避難行動、広域避難、モバイル空間統計

1. はじめに

2016年熊本地震においては、2度にわたる震度7を記録するとともに、活発な余震活動のために、大量の避難者が発生した。特に、指定避難所以外の場所への避難者の把握は困難で大きな課題となった(内閣府2016)。

そこで、本研究では、地震災害時における広域避難の実態を把握することを目的として、2016年熊本地震を対象に、市町村を超える避難行動について人口統計を使って考察を行う。具体的には、NTTドコモ社提供のモバイル空間統計を活用し、人口統計が持っている時間、場所、人数に加えて、居住地、年代、性別といった属性情報を加味した検討を行うことにより、広域避難の実態を明ら

かにすることを試みる。

従来、広域の避難者の行動について把握するためには、避難者への質問紙調査やインタビュー調査が実施されてきた。阪神・淡路大震災における青野ら(1998)の西宮市被災者の対応行動を調査した研究では、被災者の時間と行動距離の変化を自宅型、市内転居型、市外転居型の3パターンに分類している。延べ60時間以上かけて実施され、大変労力をかけた調査であるが、サンプル数は32世帯と極めて小さい。

東日本大震災における原発事故における避難活動においては、直後の大規模緊急避難に関しては、生活復興を含めたものとして丹波(2012)、山下・開沼(2012)、自

主避難を中心として扱ったものとして、関西学院大学災害復興制度研究所・福島子どもたちを守る法律家ネットワーク・東日本大震災支援全国ネットワーク（2015）などの研究がある。移動の実態に関する量的な実証研究としては、国会事故調における調査の中で部分的に行われた他（東京電力福島原子力発電所事故調査委員会、2012）、原子力損害賠償紛争解決センター（2012）、吉井ら（2016）などがある。吉井ら（2016）は、東京電力・福島第一原子力発電所の事故に伴う避難区域を含む 12 市町村およびそれらに隣接する 10 市町村の計 22 市町村を対象に、2014 年 1 月 31 日の時点で居所に戻っていない世帯代表者を対象に調査を行っている（配布数 60,348、有効回答数 19,535、有効回答率 32.4%）。

また、近年では GPS 情報（携帯電話やスマートフォンのアプリやプローブデータ等）の活用（グーグルが行った東日本大震災ビッグデータワークショップ、阿部（2014）、若生ら（2014）など）が、東日本大震災以降行われるようになった。GPS 情報を利用することにより、人の移動を精度高く把握することが可能となっている。

以上のように、質問紙調査やインタビュー調査では被験者の属性や行動意図を調査できる利点はあるが、大規模な調査を行う必要があり、サンプリングや調査自体のコストの問題、調査結果が判明するまで時間がかかる等の課題がある。また、GPS 情報は、空間精度の高い位置情報による詳細な行動特性を把握できる特長がある。しかし、質問紙・インタビュー調査と同様にサンプル数の問題やデータの属性（年齢や地域など）の偏りが存在するため、被災者の広域な避難行動の全体像を把握するには限界がある。

そこで、本研究では新しい人口統計であるモバイル空間統計に着目する。モバイル空間統計（一般には、2013 年 9 月以降のデータについて利用可能）は、既に観光や都市計画、防災等、様々な分野に活用されている。防災分野では、鈴木ら（2012）や村上（2013）の行った帰宅困難者の推計がある。昼間人口と夜間人口の差異が非常に大きい、大都市における帰宅困難者対策の推進に活用されている。

しかしながら、データが利用可能な 2013 年 9 月以降に大きな地震災害は熊本地震の他にはないため、モバイル空間統計を活用した震災時における広域の避難行動の把握を行った研究は、本研究が最初であると考えられる。統計人口は個人を識別する事ができないため、人口の変動がそのまま避難者の行動とはならないが、人口が有する属性情報（地域、日時、居住地（契約住所）、年齢、性別）を加味することにより、地震後にどの地域でどういった人口が増加しているのかを時空間的に把握することができ、これにより地震後の広域避難の実像を明らかにすることは大変重要であると考えた。

本研究の対象である 2016 年熊本地震における先行研究として、サーベイリサーチ（2016）は、避難所におけ

る質問紙調査を行い、被災者の被災と避難の状況、避難場所での生活ニーズ等を明らかにしている。しかし、避難所に避難している被災者への調査であり、避難所に避難していない被災者の被災や避難の状況を調査したものではない。また、ヤファー（2016）や舩越・畑山（2016）は、指定避難所以外の避難所の推計を行っている。これらは、平常時の混雑状況を地図上で提供している混雑度マップ（ゼンリンデータコム 2010）やヤファー（2015）の混雑レーダーと同様の考え方に基いており、平常時の状況の平均と標準偏差を求めて、それらと比較することにより、人が集まっている場所を推計するものである。従って、市町村を越える広域の避難者の実態を把握することを目的とする本研究とは異なっており、筆者の知る限り熊本地震における広域の避難行動の実像を把握する研究は存在しない。

2. 研究方法

（1）モバイル空間統計の特徴

本研究で使用するモバイル空間統計は、NTT ドコモ社の携帯電話ネットワークの運用データから生成される、日本全国の人口統計情報である（寺田ら 2012）。対象エリアは、NTT ドコモ社のサービスエリアとなっており、全国市区町村役場を 100%カバーしている。NTT ドコモ社の契約端末数は約 7000 万台、携帯キャリア別シェア 45.5%（2016 年 3 月末現在）ともっとも高く^①、サンプル数としては非常に大きく統計情報としての信頼性も高い。なお、人口統計を生成する段階では、法人契約や通信のみの契約端末は除外されている。

全国 1 時間毎に継続的に統計情報が整備されており、従来のパーソントリップ調査等の質問紙を中心とした調査とは、データの母数が決定的に異なる。国勢調査は全数調査であるため信頼性は高いものの、調査頻度が低いことや（5 年に 1 回）、基本的にそこに定住している人の静的な人口統計であるため、時々刻々と変化する人の移動を把握するものではない。また、携帯電話やスマートフォンのアプリを使用した GPS データも存在しているが、ポイントデータであるため個々の位置情報の精度は非常に高いものの、アプリ利用者の数が限定されており、利用者の属性や地域的な偏りがある等から、全国的に安定した統計情報として利用するには課題が少なくない。

防災対策を検討する上では、「いつ、どこに、どのような、どれだけの人が存在するのか」を知ることが大変重要である。その意味では、モバイル空間統計は、現状で整備されている人口統計ではもっとも有用であると考えられる。

モバイル空間統計^②は、携帯電話の契約に基づいてデータが生成されているため、十分なサンプルが確保できないことから 15 歳未満、80 歳以上は対象外となっている。従って、モバイル空間統計の値をそのまま使用すると、15 歳以上 79 歳以下を対象とした人口統計であるた

め、実際にその地域に存在する人口よりも過小評価することになる点に留意する必要がある。本研究では、モバイル空間統計の値をそのまま使用し、特に補正⁹⁾等の処理は行わないこととする。

(2) 方法

本研究では、前震と本震の前後の人口統計を使って、地域別の人口の変動を見ることにより、市町村を超える移動者の実態把握を行う。そのため、熊本県内の市町村別の居住者（携帯電話の契約住所の情報であり、その市町村に居住しているとは限らない）について、時間別、熊本県内は市町村別、県外は都道府県別に集計された推計人口を使用する。また、居住者の属性である年齢（15歳以上79歳未満、20代、30代、40代、50代、60代、70代の7区分）と性別（男女の2区分）を使用する。

(3) 対象期間

2016年熊本地震においては、2016年4月14日21時26分M6.5の地震が発生し（以下、前震と呼称）、同日16日1時25分M7.3の地震が発生し（以下、本震と呼称）、2度にわたって震度7を記録するとともに、余震域外での地震活動が活発になる等、地震活動の影響が長期化した（気象庁2016）。そこで、前震と本震の前後でどのように人口特性が変化したのかを分析するため、対象期間は2016年4月1日～30日の1ヶ月とする。

また、一時的な移動ではなく、移動先で就寝を伴うような行動かどうかを把握するため、就寝している時間帯と考えられる4時～5時の人口統計を用いる。

(4) 国勢調査とモバイル空間統計の比較

本研究で使用するモバイル空間統計のデータの信頼性を確認するため、益城町人口の年齢（15歳以上79歳未満、20代、30代、40代、50代、60代、70代の7区分）と性別（男女の2区分）について、国勢調査をとりあげてモバイル空間統計との比較を行った（表-1）。国勢調査は2015年の調査結果、モバイル空間統計は熊本地震前の2016年4月14日（木）4時～5時の人口統計、をそれぞれ使用した。

表-1 益城町人口の国勢調査とモバイル空間統計の比較

年齢	国勢調査 (2015)		モバイル空間 統計(2016.4.14)		比率	
	男 [a]	女 [b]	男 [c]	女 [d]	[c]/[a]	[d]/[b]
15-19	772	745	631	610	0.82	0.82
20代	1,372	1,479	1,291	1,252	0.94	0.85
30代	2,112	2,135	1,784	1,790	0.84	0.84
40代	1,953	2,049	1,624	1,780	0.83	0.87
50代	1,954	2,213	1,771	2,009	0.91	0.91
60代	2,519	2,596	2,338	2,339	0.93	0.90
70代	1,562	1,882	1,435	1,667	0.92	0.89

その結果、すべての年代でモバイル空間統計が国勢調査の人口を下回ったが、その比率は9%～18%程度であっ

た。災害時の広域の人の移動を把握するために使用するデータとしては、十分な信頼性を有していると考えられる。なお、モバイル空間統計そのもののデータの信頼性については、先行研究（例えば、大藪ら（2012）など）を参照されたい。

3. 熊本県内・県外の人口の推移

(1) 熊本県内・県外の人口の推移

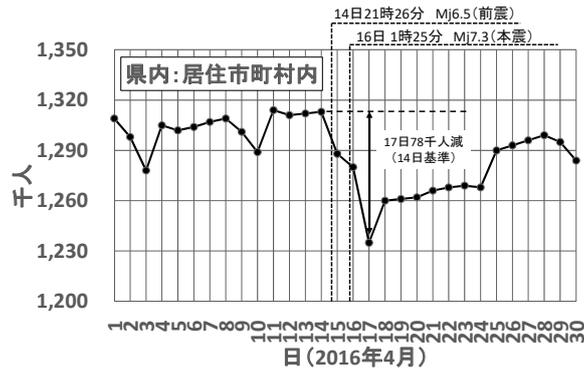
熊本地震により影響を受けた熊本県内市町村の居住者の広域避難の状況を分析する。まず、全体の傾向を把握するため、熊本県内居住者の県外への避難状況について分析を行う。

図-1は、熊本県内の市町村居住者（携帯電話の契約住所）の、2016年4月1日から30日における朝4時～5時の時間帯の人口推移を示している。図-1(i)は、熊本県内の居住者が、居住市町村内に居る人口である。例えば、益城町で生活をしている人が、当該日時に同町に居る人が対象である。前震直前の14日を基準（14日、1,313千人）とすると、15日（前震の翌朝4時～5時）に23千人減少し、本震翌日の17日に78千人（約8万人）減少していることがわかる。17日以降は徐々に回復しているが、地震前の水準よりも16千人少ない。

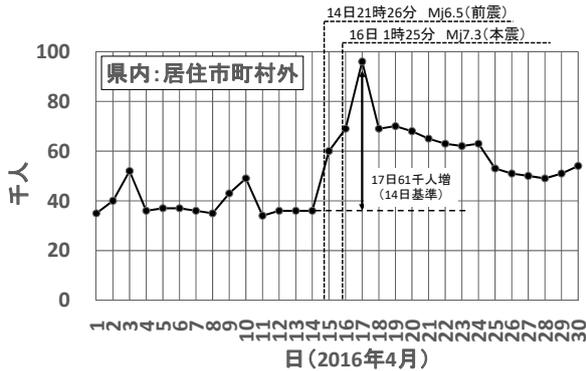
図-1(ii)は、熊本県内の居住者が、熊本県内の居住市町村外に居る人口である。例えば、益城町で生活をしている人が、当該日時に熊本市東区内に居る場合の人口である。前震直前の14日を基準（36千人）とすると、15日に24千人増加し、17日に61千人増加していることがわかる。17日の翌日に急激に減少し、その後はゆるやかに減少傾向となるが、前震から約2週間後の29日においても16千人多い。

図-1(iii)は、熊本県内の居住者が、熊本県外に居る人口である。例えば、益城町に住居登録し、当該日に福岡県に居る人が対象である。前震直前の14日を基準（14日、41千人）とすると、15日から16日にかけて1千人減少で横ばいとなるが、本震翌日の17日に17千人増加し、18日に最大の19千人増加していることがわかる。17日以降24日まではほぼ横ばいとなるが、25日以降急激に減少し、27日には以前の水準に回復する。4月末に再び増加し始めるが、これは連休で県外への旅行者が増加したためと考えられる。

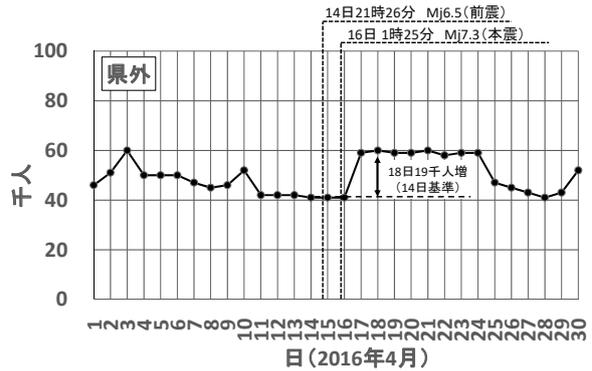
上述の数字は、当該時間帯における人口であるため、人の移動を集計したものではないことに留意する必要がある。すなわち、実際には、3者の間でそれぞれで移動が発生しているはずであり、それらが相殺された結果である。つまり、実際に移動した人数は差分の値よりも大きいと考えられる。県外では15日から16日にかけて1千人減少しているが、これは地震後に熊本県外に移動した人数と、県外に居る人が地震を受けて熊本県内に移動した人数とを差し引きした数だということに、留意する必



(i) 居住市町村内に居る人口



(ii) 県内の居住市町村外に居る人口



(iii) 県外に居る人口

図-1 2016年熊本地震前後における熊本県内居住者の人口の推移 (2016年4月1日～30日, 4時～5時)

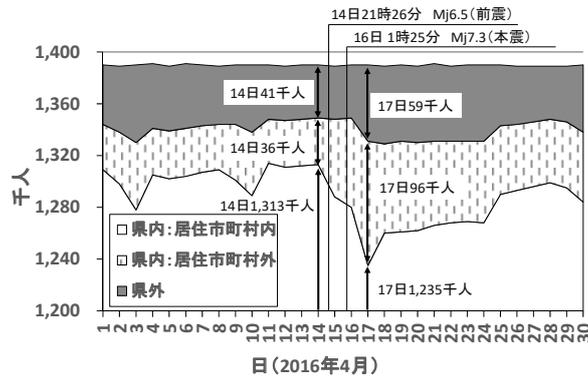


図-2 2016年熊本地震前後における熊本県内居住者の県内(居住市町村内・外)・県外別の人口の推移 (2016年4月1日～30日, 4時～5時)

要がある。

図-2は、図-1の3グラフを1つに集約し、熊本県内居住者の県内(居住市町村内・外)・県外別の人口の推移を示したものである。前震直前の14日は、県内(居住市町村内)1,313千人、県内(居住市町村外)36千人、県外41千人であり、本震翌日の17日は、県内(居住市町村内)1,235千人に減少し、県内(居住市町村外)96千人、県外59千人にそれぞれ増加していることがわかる。

図-1と図-2からは、前震を受けてまず熊本県内を中心とした移動が行われたこと、次に本震を受けて、より遠方の地域への移動が行われたと考えられる。

(2) 熊本県外の人口の推移

熊本県外の地域を、九州地方の各県(沖縄県を除く)、中国地方、九州・中国地方を除く地域として分類し、熊本県内居住者の人口の推移を分析する。

図-3は、2016年熊本地震前後における熊本県内居住者の県外における人口の推移を、地域別に示している。まず、前震直前の14日を基準として、九州地方の各県の動きをみている。前震後の15日を見ると、増加しているのは福岡県(25千人増)(図-3(i))、鹿児島県(7.0千人増)(図-3(vi))、佐賀県(4.0千人増)(図-3(ii))、の3県、逆に減少しているのは、長崎県(16千人減)(図-3(iii))、

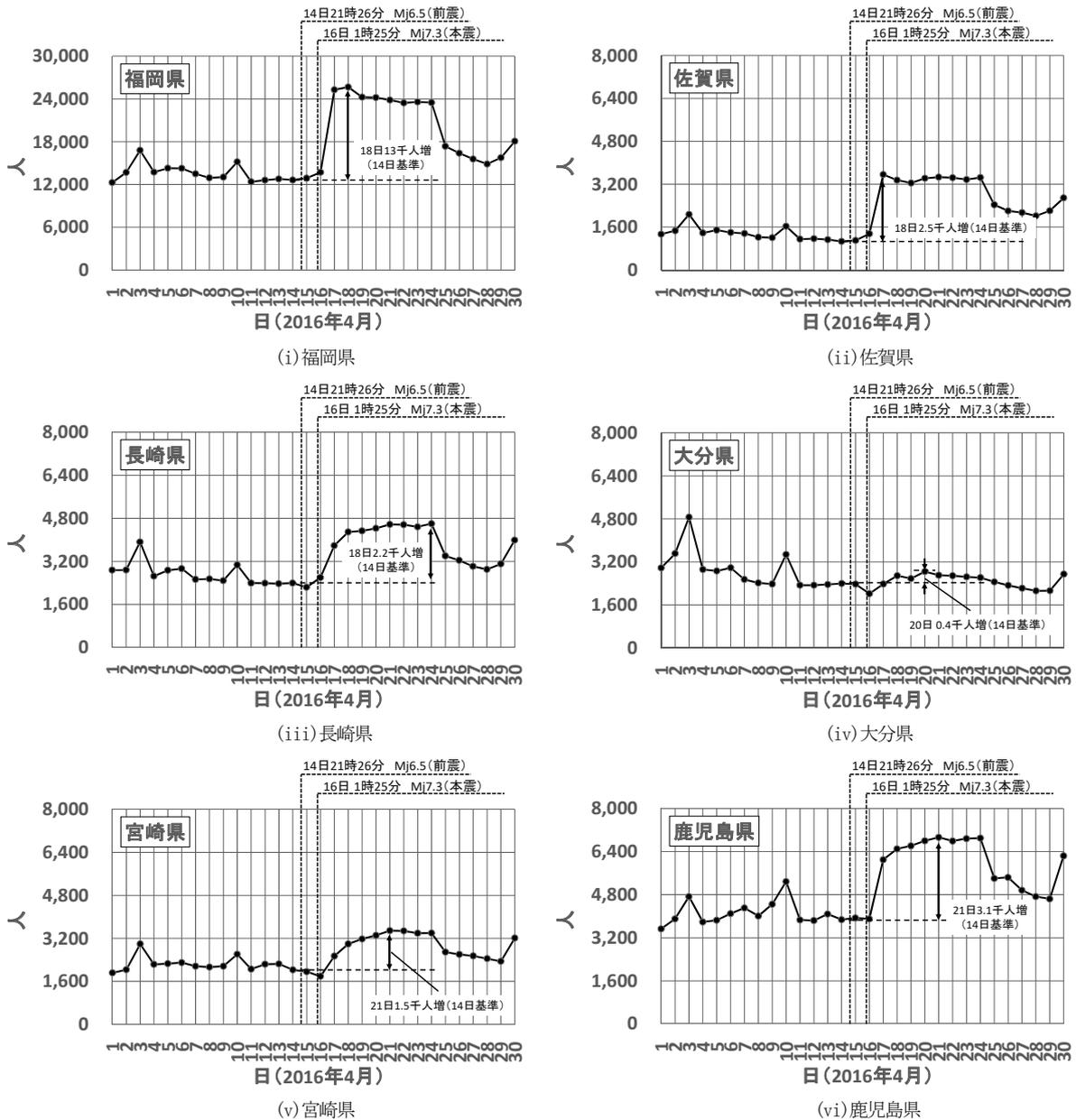


図-3 2016年熊本地震前後における熊本県内居住者の県外における人口の推移
(2016年4月1日～30日, 4時～5時)

宮崎県 (7.0 千人減) (図-3(v))、大分県 (3.0 千人減) (図-3(iv)) である。

本震後は、全ての県で増加しているが、特に本震直後の17日、18日に大きく増加している。17日は福岡県12.6千人増、佐賀県2.5千人増、鹿児島県2.2千人増、とそれぞれ増加している。一方、少し距離のある長崎県や山越えを伴う宮崎県は少し遅れて増加している。地震活動が活発であった大分県の増加は、九州地方ではもっとも少ない。

これらの結果からは、前震後に県外から熊本県への移動が行われる一方で、福岡県、鹿児島、佐賀県の3県はそれを上回る熊本県内からの避難者が移動したと考えられる。前震と本震により、JR九州新幹線と在来線はとも

に運休しており⁽⁴⁾、他に手段もないことから、地震後、県外に移動したこれらほとんどの住民は、自動車を利用して県外へ移動したと推定される。3県は高速道路⁽⁵⁾で結ばれており、マイカーを使って住民自身が自主的に広域に避難したことが窺える。少し遅れて長崎県や宮崎県なども増加していることから、近隣県の親戚等を頼って避難したとの解釈も可能であろう。

なお、図-3のすべてで、29日から30日にかけて増加しているが、これは29日(金)は祝日であり、ここから大型連休が始まるため、県外への旅行者の増加が影響していると考えられる。

4. 益城町の人口の推移

(1) 総計

図-4は、益城町居住者（携帯電話の契約住所が益城町である人）の2016年4月1日から30日の間における人口の推移を示している。図-4(i)は、益城町の居住者が益城町に居る人口である。前震直前の14日を基準（24,575人）とすると、前震後の15日2,250人減、16日4,640百人減と大きく減少していることがわかる。17日以降はほぼ横ばいであるが、25日以降徐々に回復しはじめる。

図-4(ii)は、熊本県内の益城町外に居る人口である。

前震直前の14日を基準（760人）とすると、地震後の15日2,160人増、16日4,550人増と大きく増加していることがわかる。益城町内の人口減少分とほぼ同数となっており、町民の多くが地震を受けて近隣の市町村に避難したと考えられる。17日以降は徐々に減少し始めるが、前震から2週間後28日においても、14日以前の水準と比して、33百人ほど増加している。

図-4(iii)は、熊本県外に居る人口である。前震直前の14日を基準（700人）とすると、地震後の15日10人減、16日30人減と少し減少するが、17日450人増、18日

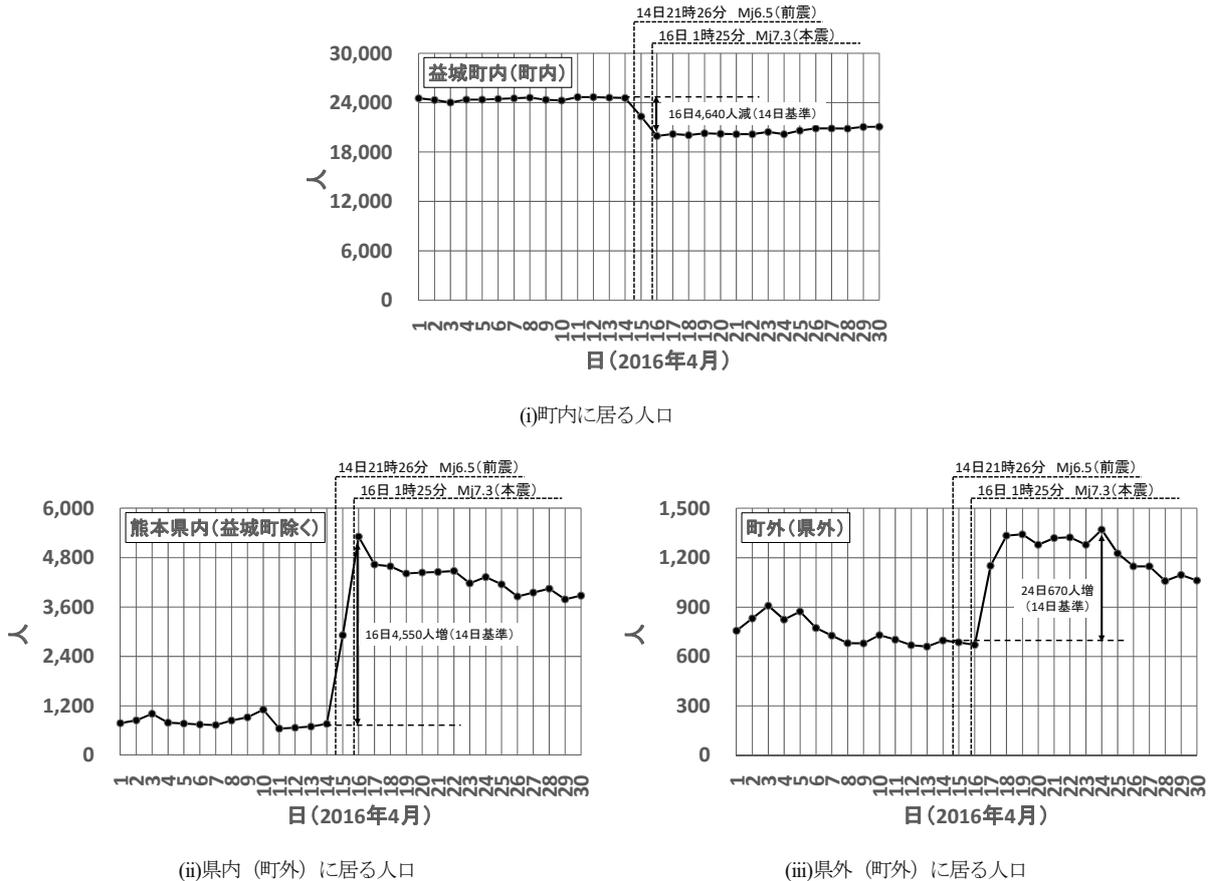


図-4 2016年熊本地震前後における益城町居住者の町内・外（県内・外）別の人口の推移
(2016年4月1日～30日、4時～5時)

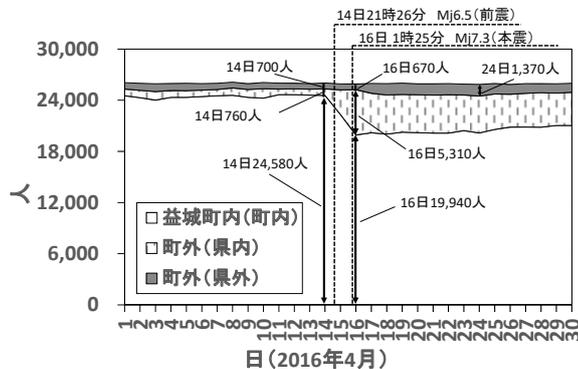


図-5 2016年熊本地震前後における益城町居住者の町内・外（県内・外）別の人口の推移
(2016年4月1日～30日、4時～5時)

640人増と大きく増加し、24日に最大の670人増となる。

図-5は、図-4の3グラフを1つに集約し、益城町居住者の町内・外（県内・外）別の人口の推移をしたものである。図-5からは、前震、本震を受けて町外への移動者が増加し、16日に少なくとも町外への移動者数は4,640人に達したことがわかる。その後は、町内人口はただから回復傾向を示している。一方、町外（県内）人口は、16日5,310人を最大として、緩やかな減少傾向となる。町外（県外）は、16日以降は増加傾向により転じ、24日に1,370人に達し、地震前の14日のほぼ倍の人数に達していることがわかる。

本震後の16日に益城町の住民の4,640人の住民が、少なくとも町外に移動したことがわかる。3（1）において指摘したように、町外から益城町に向かう人口も一定数存在していることから、実際に町外に移動した人はさらに多いと考えられる。

また、前震から2週間が経過した4月28日時点で、14日を基準とすると、益城町の町内人口は3,720人減の減少している。内訳は、町外（県内）3,280人増、町外（県外）360人増となっており、少なくとも町外移動者は370人、そのうちの約1割は県外に疎開していることがわかる。

（2）県内の町外への移動者

図-6は、益城町居住者の熊本県内の町外の人口の推移（図-4(ii)）について、地震前震直前の14日を基準として、前震翌日の15日、本震当日の16日、本震から一週間後の23日の状況を、それぞれ上位10区市町を地図上で示している。図-4(ii)から、ピークは16日の4,640人であり、15日は2,250人、23日は3,420人である。

図-6(i)は、15日、前震（14日21時26分）から約7時間後の町外の人口の増加である。もっとも多いのは隣接する熊本市東区930人であり、以下中央区290人、北区160人、南区130人、菊陽町110人、大津町90人、御船町80人、合志市60人、高森町50人、菊池市40人となっている。熊本市内に町外移動者の過半数が移動している。夜間の地震の後に、自動車で近隣の市町村に移動したと考えられる

図-6(ii)は、16日、本震（16日1時25分）から約3時間後の町外の人口の増加である。もっとも多いのは、隣接する熊本市東区1240人増であり、以下中央区600人増、北区370人増、南区280人増、合志市260人増、菊陽町260人増、御船町220人増、菊池市110人増、八代市110人増、嘉島町100人増となっている。熊本市内に町外移動者の過半数が移動していることをはじめ、人口が増加した地域の傾向は似ている。また、交通の寸断があった阿蘇地方（15日は高森町が入っている）は入っておらず、町からやや離れた八代市（図-6の南・範囲外に位置し、役場間の直線距離で40km弱）が代わりに入っている。

16日の移動者の総数は15日の約2倍であるが、増加率を見てみると、東区1.3倍、中央区2.1倍、北区2.3倍、南区2.2倍となっており、さらに町から数十kmほど離れた八代市が入っているなど、地震と余震への恐怖から町から少しでも遠くに離れようとしたと考えられる⁶⁾。

図-6(iii)は、本震から一週間後の町外の人口の増加である。もっとも多いのは、熊本市中央区630人増であり、以下北区470人増、南区390人増、合志市350人増、菊池市170人増、山鹿市140人増、西区130人増、八代市130人増、甲佐町130人増、山都町110人増となっている。15日や16日とは大きく異なり、一番多かった熊本市東区をはじめ町に隣接する区市町村が1つも入っておらず、その外側に移動していることがわかる。熊本地震では、余震活動が非常に活発だったことから、地震から1週間後においても、夜間はできるだけ被害が軽微な地域に移動したと考えられる。

なお、熊本地震では大型駐車場を有した特定の施設に自動車による自主避難が発生した。その1つであるグランメッセ熊本は、益城町の住民も多数避難したと考えられるが、町内に位置しているため、ここではこうした町内での移動は数としてカウントされていない。

（3）町外避難者の年齢・性別の傾向

図-7は、益城町居住者の熊本県外の人口の推移について、2016年4月1日から30日における朝4時～5時の時間帯の人口推移を年齢（20代～70代）・性別に示して

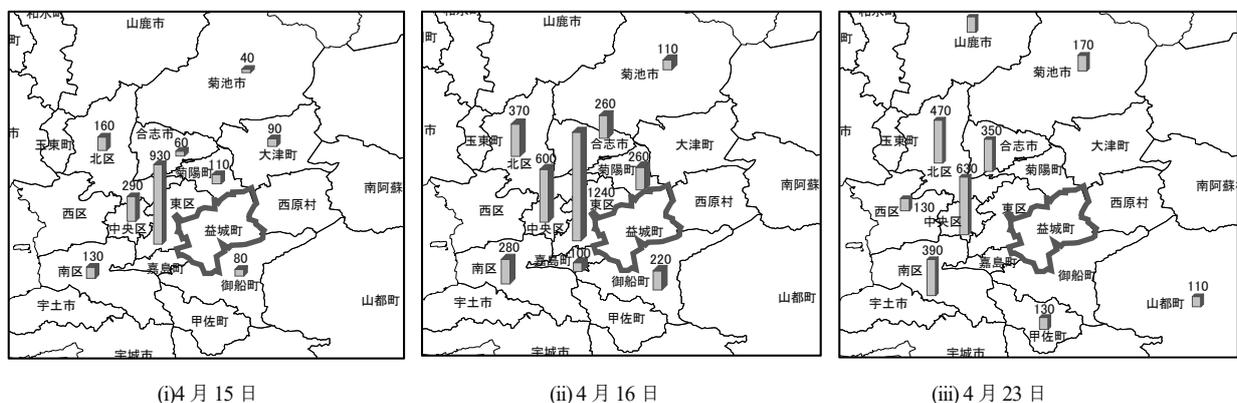


図-6 益城町居住者の熊本県内の町外人口増加上位10区市町（2016年4月14日との差、4時～5時）

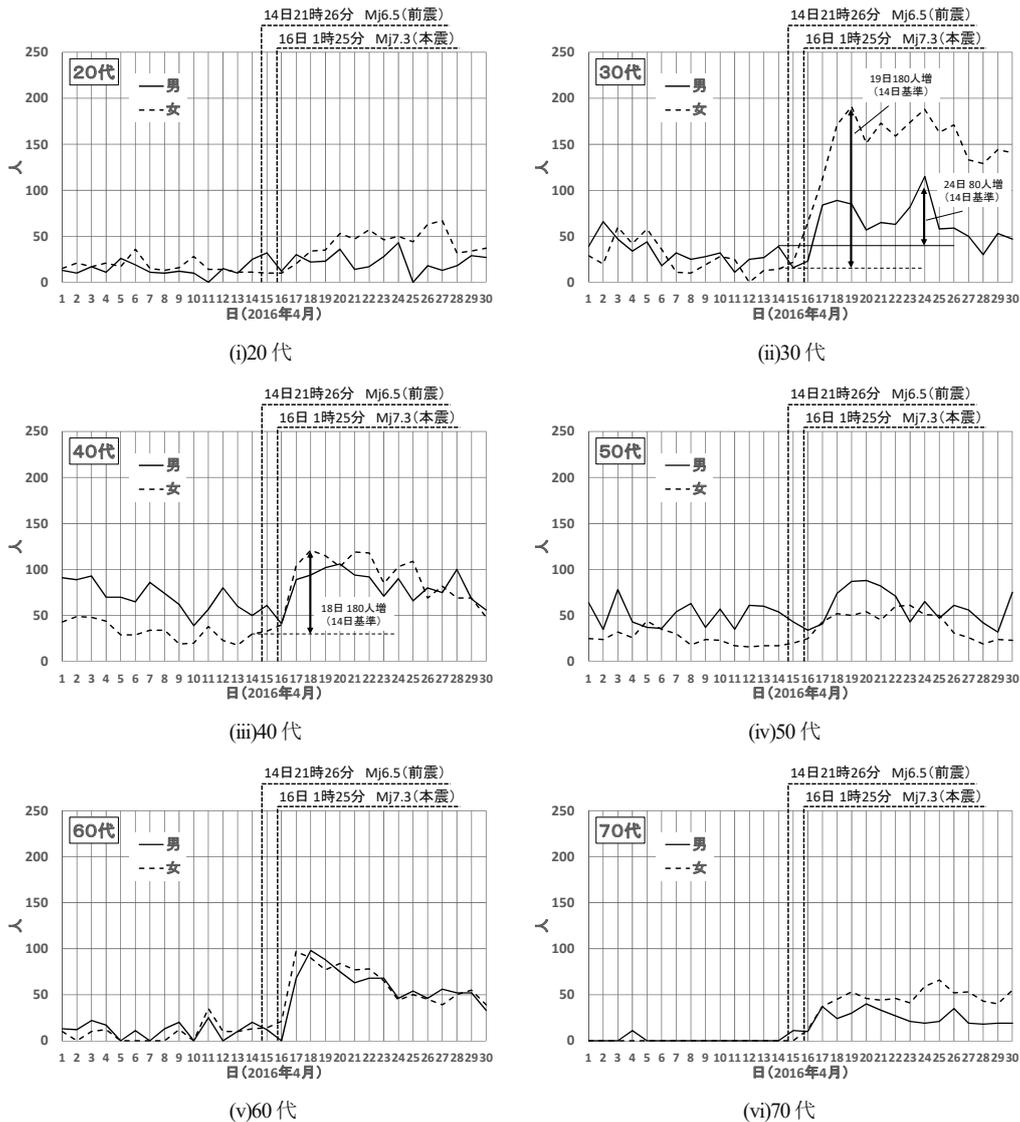


図-7 益城町居住者の年齢・性別の県外人口の推移 (2016年4月1日～30日、4時～5時)

いる。なお、15歳以上19歳以下の年代は、週末や祝日を除いてデータなしだったのため、ここでは省略している。

まず各年代の地震前後の特徴について、14日を基準として、最大でどれくらい的人数が増加しているか見てみる。20代(図-7(i))は14日(男性25人、女性11人)を基準とすると、最大で男性で18人、女性で56人増加している。同様に、30代(図-7(ii))は14日(男性39人、女性14人)、最大で男性76人、女性177人、40代(図-7(iii))は14日(男性50人、女性30人)を基準とすると、最大で男性56人、女性91人、50代(図-7(iv))は14日(男性54人、女性17人)を基準とすると、最大で男性34人、女性44人、60代(図-7(v))は14日(男性20人、女性13人)を基準とすると、最大で男性78人、女性84人、70代(図-7(vi))は14日(男性0人、女性0人)を基準とすると、最大で男性40人、女性66人、

それぞれ増加している。

全体的な傾向としては、1点目は人口の大小は多少あるものの、地震前後で人口が増えていることである。これは、地震の影響から県外に疎開している人が増加したためと考えられる。2点目は30代の女性の数が同年代の男性に比べて顕著に多いことである。

この年代は、乳幼児や就学児童生徒を抱えているいわゆる子育て世代であり、子どもと一緒に母親が県外に疎開しているためと考えれば、他の世代との違いも説明できるのではないだろうか。なお、地震前において40代は他世代と比べ県外人口は男性が女性よりも多い。これは単身赴任が原因であることを示している。

また、20代と30代は、23日と24日に男性の数字が顕著に増加している。どちらも週末であることから、平日は県内で仕事をしている男性が、週末は県外に疎開している妻子と一緒に過ごしているためと解釈できるだろう。

図-8は図-9は、先述した益城町居住者の30代女性が町外のどこに移動したのかを、県外と県内別を示したものである。図-8(i)と図-9(i)から前震直前の14日においては、県外は福岡県14人、県内は熊本市40人(中央区14、南区14、東区12)居ることを示している。それが、本震3日後の19日に、県外(図-8(ii))は、福岡県72人をはじめ鹿児島県32人、佐賀県22人、宮崎県22人、長崎県21人、大分県15人と九州各地で増加していることがわかる。ちなみに、地震前後ともに九州を除く他県にはデータなしであった。

また、県内(図-9(ii))は県外と同様に、熊本市263人(南区79人、中央区68人、北区53人、東区41人、西

区22人)をはじめ、西原村33人、合志市32人、山鹿市26人、山都町23人と益城町周辺の市町村において増加していることがわかる。

以上のように、被災者の地震後の人口移動について、居住地、年齢、性別等の属性を踏まえた地震前後の傾向を時空間的かつ定量的に把握できることが示された。

5. おわりに

本論文では、モバイル空間統計を活用し、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を行った。本研究の成果を以下にまとめる。

- ・ 熊本県内居住者について、居住市町村内、居住市町

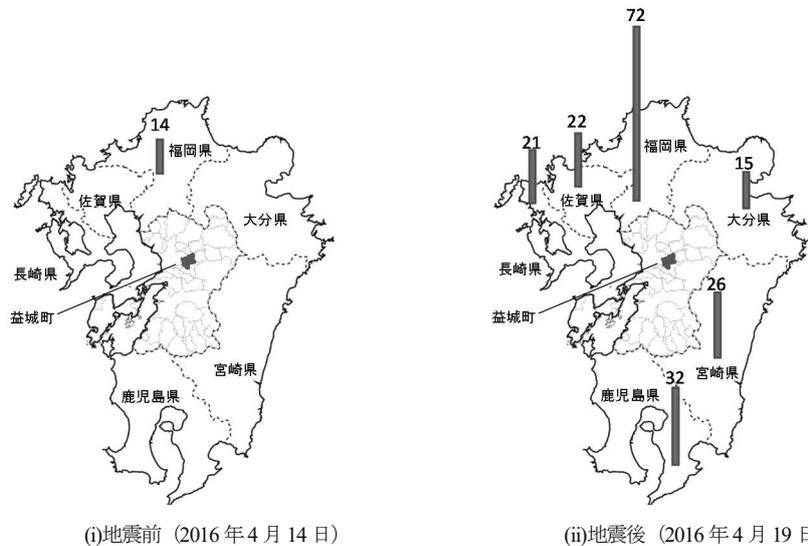


図-8 地震前後における益城町居住者の町外人口(県外)(30代、女性)の人口(4時~5時)

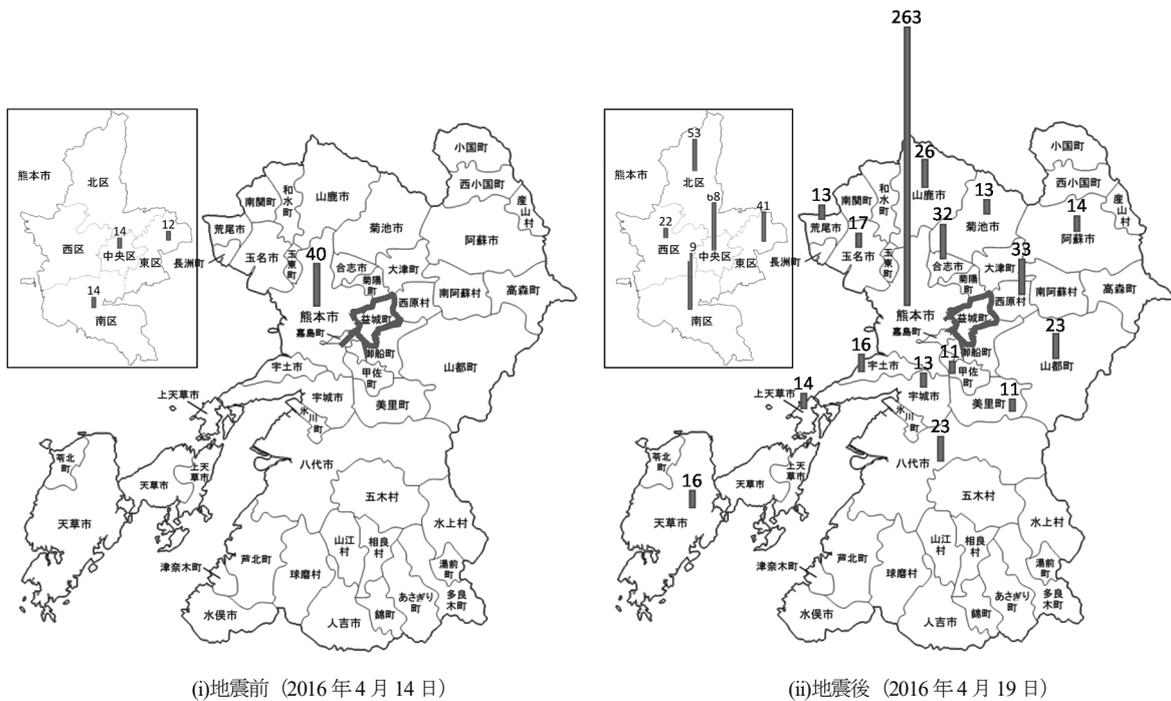


図-9 地震前後における益城町居住者の町外人口(県内)(30代、女性)の人口(4時~5時)

村外（県内・県外）について、2016年4月1日～30日について人口の推移を示した。その結果、熊本県内の県内居住者の人口は、前震直前の14日（1,313千人）を基準として本震翌日の17日に78千人減少していることが示された。

- 熊本県内居住者の県外における人口の推移を分析した結果、本震後は、九州の全ての県で増加していることが示された。特に本震直後の17日、18日に大きく増加し、前震直前の14日を基準として17日は福岡県12.6千人増、佐賀県2.5千人増、鹿児島県2.2千人増であった。少し距離のある長崎県や山越えを伴う宮崎県は少し遅れて増加し、地震活動が活発であった大分県の増加は、九州地方ではもっとも少ないことが示された。
- 益城町内の益城町居住者の人口は、14日（24,580人）を基準として、前震後の15日2,250人減少、本震後の16日に4,640人（14日を基準として19%に相当）と大きく減少していることが示された。
- 益城町居住者の熊本県内の町外への移動者について、15日、16日、23日についての状況（図-6）から、前震と本震後は、隣接する東区を中心に熊本市内に町外避難者の過半数が避難していること、周辺の市町村に移動していることが示された。
- 益城町居住者の熊本県外の人口の推移について、年齢（20代～70代）・性別に示した。その結果、年齢と性別で傾向が異なること、特に子育て世代の30代の女性の県外人口が大きく増加していることが示された。また、30代女性をとりあげて、町外のどこに移動したのか県外と県内別に分析を行った。県外では福岡県72人をはじめ九州全県に移動していること、県内では熊本市263人をはじめ近隣の市町村に移動していることが示された。

本研究で示したのは、地域別の当該市町村居住者^⑧の地震前後の人口変動（当該市町村内から外に移動した人数と当該市町村外から内に移動した人数の差）であることから、実際に市町村外へ避難した延べ避難者数はさらに多いと考えられるが、大まかにその傾向を示すことができたといえよう。これは先行研究ではサンプリングの問題から今まで把握されていなかった災害時の広域避難の実態に初めて迫るものであり、極めて意味があるものである。

以上から、新しい人口統計であるモバイル空間統計を活用して、2016年熊本地震における市町村を越える避難行動を明らかにすることができた。特に、避難者の数を定量的に把握可能であること、居住地、年齢、性別等の属性情報を加味することにより、より詳細な避難行動の実態が把握可能であることが示されたと考える。

本研究で示されている地震前後の人口変動から、いまままで観察されなかった短期的な移動の実態を明らかに

できたことに本研究の意義がある。ただ、本論文3章や4章で人が移動した理由について推論や解釈を加えたものの、当然のことながら移動データからだけで、その移動の理由や手段を確定することは不可能である。今後、短期的な広域避難の実態を分析するために、これら移動データの分析の精緻化に加え、理由や手段を理解するためのアンケート調査の実施を組み合わせるような手法の開発などを進めていく予定である。

謝辞：本研究はJSPS 科研費15H04032の助成を受けたものです。

補注

- (1) 一般社団法人電気通信事業者協会による携帯電話の事業者別契約数とシェア率は、下記の通りである。地域毎にシェア率に違いがあるが、北陸を除いてドコモは一貫してシェアが最も高い。九州地方のシェアは、50.6%と半数に達している。

表 事業者別携帯電話契約数とシェア率（2016年3月末）

	ドコモ	au	ソフトバンク
北海道	2,373,100 (45.0%)	1,841,100 (34.9%)	1,055,300 (20.0%)
東北	4,013,900 (47.9%)	2,701,000 (32.3%)	1,657,600 (19.8%)
関東・甲信越	35,143,400 (46.3%)	19,654,700 (25.9%)	21,091,800 (27.8%)
東海	6,249,500 (51.5%)	5,238,600 (43.2%)	645,800 (5.32%)
北陸	1,375,700 (20.2%)	884,500 (13.0%)	4,536,700 (66.7%)
関西	9,365,900 (41.2%)	7,750,900 (34.4%)	5,435,900 (24.1%)
中国	3,555,200 (47.6%)	2,348,900 (31.5%)	1,563,600 (20.9%)
四国	2,006,200 (53.5%)	1,096,600 (29.3%)	643,900 (17.1%)
九州	6,880,800 (50.6%)	3,750,200 (27.6%)	2,977,100 (21.9%)
総数	70,963,700 (45.5%)	45,266,500 (29.0%)	39,607,700 (25.4%)

- (2) 日本における携帯電話の通信サービスを提供しているのは、NTT ドコモの他に au やソフトバンクモバイル等がある。携帯基地局で把握している携帯電話台数からエリア内人口を推計し、人口統計としてデータ提供を行っているのは、2016年12月現在、NTT ドコモのみである。また、モバイル空間統計では、基地局エリア内の携帯電話の台数とドコモの普及率等を加味することにより、人口を推計している。従って、NTT ドコモ以外の携帯キャリアのユーザーも含めた形での人口統計となっている。
- (3) 2010年国勢調査の年齢別人口比率では、15歳以上79歳以下の割合は、全体の0.80である。従って、モバイル空間統計の値を0.80で除すことにより、全人口をおおよそ推計することができる。ただし、実際には地域性（都市部や過疎地域における年齢構成の違い）や時間帯等に加えて、災害時

の避難行動の特性が、年齢層で異なる可能性もあることから、単純に年齢構成に応じた比率で除せば良いかは議論が必要であろう。

- (4) JR九州の新幹線と在来線（鹿児島線）の運転休止と運転再開は、以下の通りである。

路名	運転休止区間	運転休止		運転再開	
新幹線	博多～熊本	4/14	21:26	4/23	11:51
新幹線	熊本～新水俣	4/14	21:26	4/27	14:36
鹿児島線	熊本～八代	4/14	21:26	4/21	13:00
鹿児島線	荒尾～熊本	4/16	始発	4/18	13:20

※国土交通省（2016）をもとに筆者作成

- (5) 九州自動車道は、古賀 IC（福岡県古賀市）～植木 IC（熊本県熊本市北区）は4月16日6:30、八代 IC（熊本県八代市）～えびの IC（宮崎県えびの市）は4月16日16:00に、それぞれ本震当日中に規制解除され、一般車両も通行可能であった。なお、嘉島 JCT（熊本県嘉島町）～八代 ICは4月26日15:00に、植木 IC～嘉島 JCTは4月29日9:00に、それぞれ規制解除され、九州自動車道は全線開放された。
- (6) 気象庁（2016）に示されるように、熊本地震は近年の内陸及び沿岸で発生した地震の中では、最も地震活動が活発であった。そのため、地震への恐怖のために屋内に入りたがらないことやプライバシーの確保等により、避難所に身を寄せず車中泊する被災者が多く見られた（内閣府 2016）。
- (7) データなしは、0人であることを必ずしも意味しない。個人を特定しない秘匿処理のため、少人数（10未満）については、データなしとされるためである。
- (8) 本研究では、携帯電話の契約住所から当該市町村居住者と定義している。

参考文献

青野文江・田中聡・林春男・重川希志依・宮野道雄（1998）、阪神・淡路大震災における被災者の対応行動に関する研究-西宮市を事例として-、地域安全学会論文報告集、8、36-39

阿部博史（2014）、震災ビッグデータ〈3・11の真実〉（復興の鍵）〈次世代防災〉、NHK 出版

大藪勇輝・寺田雅之・山口高康・岩澤俊弥・萩原淳一郎・小泉大輔（2012）、モバイル空間統計の信頼性評価、NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル、Vol.20, No.3, pp.17-23

関西学院大学災害復興制度研究所・福島の子どもたちを守る法律家ネットワーク・東日本大震災支援全国ネットワーク（編）（2015）、原発避難白書、人文書院

気象庁（2016）、内陸及び沿岸で発生した主な地震の地震回数比較

国土交通省（2016）、熊本県熊本地方を震源とする地震について（参照 2016 年 12 月 9 日）
http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_160416.html

サーベイリサーチセンター（2016）、熊本地震被災地における避難状況およびニーズ調査（参照 2016 年 12 月 9 日）
<http://www.surece.co.jp/src/research/area/20160517.html>

鈴木俊博・山下仁・寺田雅之（2012）、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、Vol.20, No.3, pp.34-40

ゼンリンデータコム（2010）、混雑度マップ
<http://lab.its-mo.com/densitymap/>

丹波史紀（2012）、福島第一原子力発電所事故と避難者の実態-双葉 8 町村調査を通して-、環境と公害 41（4）、pp.39-45

寺田雅之・永田智大・小林基成（2012）、モバイル空間統計における人口推計技術、NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル、Vol.20, No.3, pp.11-16

東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（2012）、国会事故調査委員会 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 報告書、徳間書房、592p
http://www.mhmjapan.com/content/files/00001736/naic_honpen2_0.pdf

東日本大震災ビッグデータワークショップ 運営委員会（2012）、東日本大震災ビッグデータワークショップ - Project 311 -（参照 2016 年 12 月 9 日）
<https://sites.google.com/site/prj311/>

内閣府（2016）、平成 28 年熊本地震に係る初動対応の検証レポート（参照 2016 年 12 月 9 日）
<http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/h28kumamoto/shodot aio.html>

船越康希・畑山満則（2016）、熊本地震における避難所の変遷過程に関する考察、地理情報システム学会、第 25 回研究発表大会梗概集

村上正浩（2013）、帰宅困難者数の推計へのモバイル空間統計の活用、都市計画、62(6)、pp.64-67

ヤフー（2015）、Yahoo!地図の新機能『混雑レーダー』でどこが混雑しているかすぐわかる！

ヤフー（2016）、ビッグデータで隠れ避難所をいち早く把握する（参照 2016 年 12 月 9 日）
<http://docs.yahoo.co.jp/info/bigdata/special/2016/04/>

山下祐介・開沼博（2012）、「原発避難」論—避難の実像からセカンドタウン、故郷再生まで、明石書房

吉井博明・長有紀枝・田中淳・丹波史紀・関谷直也・小室広佐子（2016）、東京電力福島第一原子力発電所事故における緊急避難の課題—内閣官房東日本大震災総括対応室調査より—、東京大学大学院情報学環 情報学研究調査研究編 No.32（年 3 月）、pp.25-81。
http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/dspace/bitstream/2261/60917/1/32_2.pdf

若生凌・関本義秀・金杉洋・柴崎亮介（2014）、GPS データを用いた東日本大震災における人々の経路選択行動分析、土木学会論文集 D3（土木計画学）、70(5)、I_681-I_688

(2016. 12. 31 受付)

Evacuation Behaviors in Wide Area beyond the Area of Municipalities in the 2016 Kumamoto Earthquake

Yasunori HADA¹ · Naoya SEKIYA² · U HIROI³

¹Disaster and Environmental Sustainable Research Center, University of Yamanashi
(〒400-8511 4-3-11 Takeda Kofu-City Yamanashi, Japan)

²Center for Integrated Information Research, Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo
(〒113-0033 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku Tokyo, Japan)

³Department of Urban Engineering, The University of Tokyo
(〒113-8656 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku Tokyo, Japan)

ABSTRACT

In the 2016 Kumamoto earthquake, seismic intensity 7 was recorded twice and a lot of affected residents were evacuated due to not only structural damages to their houses but also active seismic activity. Refugees are not being in the designated shelters such as stay in a vehicle has become one of big problems. We survey the change of the trend before and after the foreshock and main shock using mobile special statistics to grasp evacuation behaviors in wide area beyond the area of municipalities in the 2016 Kumamoto earthquake.

At the result, number of refugees who evacuated beyond the area of single municipality is shown at least around 78 thousand on 4AM to 5AM, 17th April, next day of the occurrence of the main shock. Number of refugees who lives in Mashiki town which recorded seismic intensity 7 twice and had severe damage, and evacuated beyond the town, is shown at least 4.6 thousand on 4AM to 5AM, 16th April, the day of the occurrence of the main shock.

Keywords : *The 2016 Kumamoto Earthquake, Evacuation Behavior in Wide Area, Mobile Special Statistics, Population Statistics*