

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月27日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04032

研究課題名(和文) 震災時の避難行動モデルに基づくビッグデータ解析技術の構築

研究課題名(英文) Development of Big Data Analysis Techniques based on an Evacuation Model during Earthquake Disasters

研究代表者

秦 康範 (HADA, Yasunori)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：70360849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、震災時の人間行動とビッグデータとの関係を分析し、震災行動を量的・質的に解釈可能なビッグデータ解析技術を開発することを目的として、下記の3つについて検討した。第1に、2016年4月に発生した熊本地震を対象に、地震災害時における広域避難の実態を明らかにし、震災時の市町村を越える広域避難行動モデルを構築した。第2に、質的調査であるアンケートデータと量的調査であるビッグデータを構造化し、震災時における大都市避難シミュレーションによる検証を行った。第3に、災害<Disaster>の描写の試みの困難さについて、社会現象の描写と心理現象の描写に絞って論じた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

震災時の人間行動は極めて多様であり、これをリアルタイムで把握することができれば、きめ細かい被災者支援活動を戦略的に行う事が可能となる。また、将来発生する震災を想定し、事前にシミュレーションを行う事により、適切な事前計画の検討が可能となる。本研究では、こうした課題を解決するためにビッグデータに着目し、震災時の市町村界を超える広域避難行動の実態を明らかにするとともに、質的調査と量的調査を有機的に構造化する手法を構築し、その有効性を示した点に学術的、社会的意義がある。また、災害<Disaster>の描写の試みの困難さについて、社会現象の描写と心理現象の描写に絞って論じた学術的研究はほとんどない。

研究成果の概要(英文)：In this study, we analyzed the relationship between human behavior and big data in earthquake disasters, and we developed the big data analysis techniques that can interpret the evacuation behavior quantitatively and qualitatively.

First, we surveyed 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. Secondly, the questionnaire data as a qualitative survey and the big data as a quantitative survey are structured and verified by evacuation simulation in megacities in earthquake disasters. Third, the difficulty of the depiction of disasters is discussed focused on the depiction of social phenomena and the depiction of psychological phenomena.

研究分野：災害情報

キーワード：ビッグデータ 防災 減災 避難 地震 震災

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

東日本大震災を経て、ビッグデータの重要性は喧伝されているものの、救助・支援などに、どのような活用が可能かについては検討が進んでいない。また、震災後には Google などの主導でおこなわれた「東日本大震災ビッグデータワークショップ」など、ある程度時間が経過してから震災に関連するビッグデータを活用したデータの分析は進められているものの、これらは多くが現象の説明に終始したものであり、新たな価値の創出という視点や、リアルタイムなビッグデータの利活用の方策の検討は進んでいない。ビッグデータを災害時に効果的に利活用するためには、ビッグデータの解釈や可視化手法の開発だけでなく、災害時の人間行動科学との有機的な連携が不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究では、震災時の人間行動とビッグデータとの関係を分析し、震災行動を量的・質的に解釈可能なビッグデータ解析技術を開発することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 概要

本研究は、大別して3つの部分から構成される。第1に、地震時における市町村を越える広域避難行動モデルの構築である。2016年4月に発生した熊本地震を対象に、地震災害時における広域避難の実態を明らかにする。第2に、ビッグデータの有機的構造化手法の構築である。質的調査であるアンケートデータと量的調査であるビッグデータを構造化し、地震災害時における大都市避難シミュレーションによる検証を行う。第3に、災害の社会と心理の描写の困難に関する検討である。人間社会が受ける被害や混乱としての災害<Disaster>の描写の試みの困難さについて、社会現象の描写と心理現象の描写に絞って論じる。

#### (2) 地震災害時の市町村界を越える広域避難行動モデル

ビッグデータを使って地震災害時の市町村界を越える広域避難行動モデルを構築する。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。

#### (3) ビッグデータの有機的構造化手法

「ビッグデータの有機的構造化手法」すなわちアンケートデータとビッグデータを構造化した上で、双方を用いることで新たな知見を得ようとする手法を実行する。具体的には約2000人を対象としたアンケート調査結果およびプローブデータを用いて、作成した市内移動(帰宅困難者の移動)を記述する大都市避難シミュレーションの検証を行う。

#### (4) 災害の社会と心理の描写の困難に関する検討

災害の社会と心理の描写の困難に関する検討である。人間社会が受ける被害や混乱としての災害<Disaster>の描写の試みとして、災害を捉えようと様々な報道、ドキュメンタリー、フィクションにおける災害の描写についての困難さが存在すること、社会現象の描写と心理現象の描写に絞って論じる。

### 4. 研究成果

#### (1) 地震時における市町村界を越える広域避難行動モデル

モバイル空間統計を使って市町村を越える広域避難行動について考察を行った。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した。下記では、益城町居住者を対象に広域避難の実像を示す。

図1は、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1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、町内人口はなだらかに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。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37百人、そのうちの約1割は県外に疎開していることがわかる。

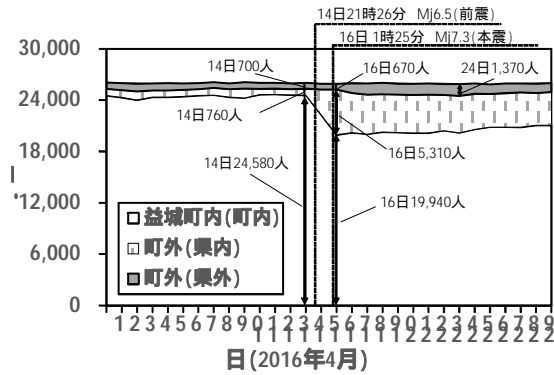


図1 2016年熊本地震前後における益城町居住者の町内・外(県内・外)別の人口の推移  
(2016年4月1日~30日, 4時~5時)

図2は、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、県外について示したものである。図2(i)から前震直前の14日においては、県外は福岡県14人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2(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。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。

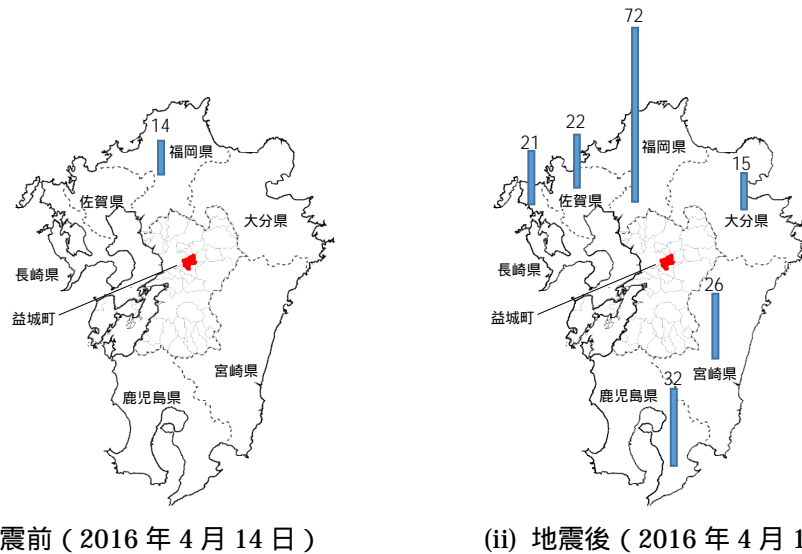


図2 地震前後における益城町居住者の町外人口(県外)(30代、女性)の人口(4時~5時)

## (2)ビッグデータの有機的構造化手法

本研究で検証する大都市避難シミュレーションは首都圏の自動車と徒歩移動者を両方考慮したもので、帰宅意思モデルに基づいて帰宅困難者が自宅へ様々な交通手段で移動することによって、歩行者空間で6人/m<sup>2</sup>を超えるような過剰な密集状態がいつどこで発生するか、また災害対応が著しく遅れる重度の交通渋滞がどのような条件で発生するかを検証し、帰宅困難者対策の政策評価や局地的な避難シミュレーションの基礎資料に用いることを目的としたものである。ここで用いた道路はDRMデータ(平成26年)の一般都道府県道以上及び平成22年度道路交通センサス対象道路(ただしここでは高速道路は除外しており、またセンサス調査対象外の細街路も考慮していない)であり、歩道幅はセンサスの歩道幅データを使用、道路交通センサス対象外の歩道幅については片側1m×両側とし、このもとで自動車と徒歩移動者が移動を行うマルチエージェント型シミュレーションを構築している。

ここでは歩行者と車両はそれぞれ別の広域移動ネットワーク(車道と歩道)上を移動するものとし、それぞれの混雑状況(密集度)によって速度が低下する密度流モデルを採用しており、歩行者の横断やみ出し等による自動車交通阻害は考慮していない。徒歩の移動速度は中央防災会議を参考に、徒歩移動の場合は混雑度が1.5人/m<sup>2</sup>で時速4km/h、混雑度が1.5人/m<sup>2</sup>以上6人/m<sup>2</sup>未満では時速4km/hから時速0.4km/hまで直線的に低減し、混雑度6人/m<sup>2</sup>以上は0(つまりそれ以上入らない)ものとした。他方で自動車の移動速度は道路交通センサスの非混雑時旅行速度を基本としたが、帰宅車両による混雑状況に応じた速度制限を与えている。混雑状況

による速度制限値は平成 22 年度道路交通センサ調査結果から集計した東京 23 区内の全ての一般道路における混雑状況と旅行速度の関係を参考に、車両密度を(台/km)、移動速度を(km/h)としたとき、車両密度に対する最大限度の旅行速度を想定して式(1)のように設定した。また歩道の混雑度が 0.5 人/m<sup>2</sup>以上の場合には歩行者による車両交通への影響を考え、東京 23 区内の道路構造と平常時の交通状況での平均的な旅行速度を想定し車両密度に(2)式を適用した(対数曲線近似、決定係数 0.41)。さらに車両密度 100 台/km 以上では極度の渋滞状態であるとして速度を 1km/h に制限し、車両密度上限を 150 台/km としてそれ以上の車両進入は制限することで渋滞の伝播を表現した。なお、ここでの車両密度は帰宅車両の通行台数に道路交通センサの 14 時台の交通量を加えたものとした。

これにより、帰宅行動に伴う車両交通が集中し歩行帰宅者も多くなる道路区間では直後の車両移動速度が通常時よりもシミュレーション内では低下しやすくなる。ここで構築したシミュレーションを東日本大震災時のアンケートデータおよびプローブデータと比較する。図 3 は東日本大震災時に帰宅した人の帰宅所要時間(横軸)と、その人のシミュレーションで計算された帰宅所要時間(縦軸)を比較したものである。アンケートデータは 1 時間単位かつ休憩など立ち寄り時間も含むため、回帰式の傾きは 0.84、R<sup>2</sup> = 0.48 となった。また同じく車道についても、道路混雑と移動速度の関係を検証した。車道については緊急車両の走行障害を想定して移動速度での検証を行うこととし、東日本大震災発生時の携帯端末による経路探索サイト(株式会社ナビタイムジャパン)利用者のプローブデータ(東京 23 区内、トリップ移動距離 1km 以上、震災直後から 6 時間後までの移動で抽出: サンプル数 81 区間)をもとに、シミュレーションケース 1 の区間別移動速度の比較検証を行った。プローブデータと計算結果の区間別移動速度の関係は線形近似の傾き 0.89(計算結果のほうがやや遅い)で相関係数 0.52 という結果となり(図 4) 検証したサンプルは少ないながらもおおむねシミュレーション結果は東日本大震災の実態を表しているものと解釈できた。

$$\rho_{car} = 1000V_{car}^{-1.0} \dots (1)$$

$$\rho'_{car} = 750V_{car}^{-1.3} \dots (2)$$

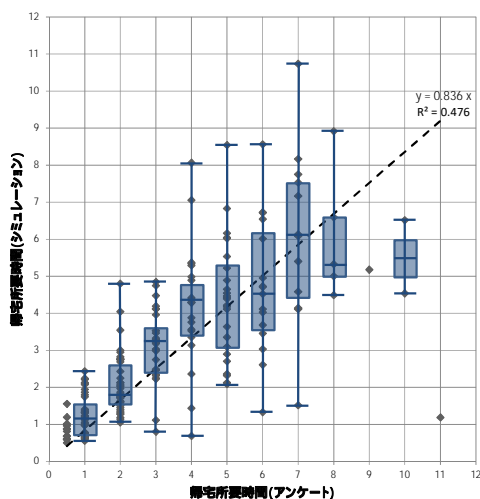


図 3 帰宅所要時間の比較(N=444)

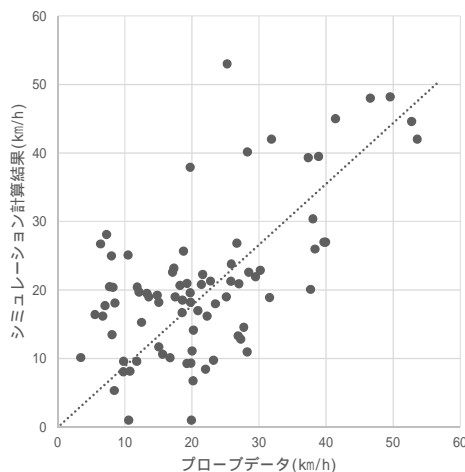


図 4 区間別移動速度の比較(N=81)

### (3)災害の社会と心理の描写の困難

東日本大震災後に、多用されるようになった災害の映像表現がある。人の動きを匿名化し、点と線によって、災害の全体像を把握しようというものである。震災から一年半後の 2012 年 9 月から 10 月にかけて、Google、TwitterJapan、NHK などの呼びかけによって「東日本大震災ビッグデータワークショップ」が開催された。震災発生から一週間の間に生成された様々なデータを、研究者などを中心に提供し、分析してもらうことで、今後の災害にどのようなことができるかを議論し、サービスを開発することを目的に行われたものである(東日本大震災ビッグデータワークショップ、2012 年)。その後、ほぼ同時期、総務省でも「緊急時等における位置情報の取扱いに関する検討会」が開催されるなど(総務省、2012)、政府や多くの事業者はこの震災をビッグデータ利用・開発の足掛かりにしようとした。そして、これらビッグデータ活用の実践の基本的なコンセプトは可視化である。

災害時の情報提供は人命を救い、困難に直面している人々の助けになるという使命がある。また防災対応に携わる人々が、災害の全体像を把握したいというのにも隠れた目的の一つである。災害被害の全体像を表現することは、実務的には極めて意味があり、東日本大震災は、その試みが始まった最初の災害でもあり得る。

ビッグデータによる震災時の避難行動について映像による可視化を試みたものとして、NHK の『巨大津波』(2011 年 9 月 11 日)による避難行動の可視化と、同じく NHK の『いのちの記録』を未来へ 『震災ビッグデータ』(2013 年 3 月 11 日)で用いられた携帯電話の基地局測位に基

づく震災の行動記録の可視化を取りあげる。前者は、アンケート、ヒアリングという調査から得られたデータであり、後者は携帯電話の位置情報データを基にしており、方法論的には大きく異なるが、主眼は避難行動の可視化にあるという点で共通している。

だが、報道やドキュメンタリーにおいては、ビッグデータの可視化は映像を構成する表現形式の一つにすぎない。社会現象の俯瞰的、網羅的な描写ではあるが、それだけでは、報道やドキュメンタリーとはならない。その可視化から見出された社会現象のある一部に視座を限定して、そこにいる人々のエピソードなどを加えたり、専門家に解説させたり、その特徴的な部分を先鋭化して何かを読み解くことで、はじめて映像表現として成立する。ビッグデータだけで災害が伝わるわけではないことに留意する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計3件)

秦康範, 関谷直也, 廣井悠, 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, 災害情報, 15-2, 2017, 235-266 (査読有)

関谷直也, 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教訓 (特集 東日本大震災と原発事故(シリーズ28)原発再稼働問題), 環境と公害 47(2), 2017, 39-44 (査読有)

廣井悠, 大森高樹, 新海仁, 大都市避難シミュレーションの構築と混雑危険度の提案, 日本地震工学会論文集, 16(5), 2016, 111-126 (査読有)

### 〔学会発表〕(計2件)

本山洸矢, 秦康範, GPS情報を用いた平成29年7月九州北部豪雨における住民の行動の可視化, 日本災害情報学会, 第20回研究発表大会予稿集, 2018, 32-33

秦康範, 関谷直也, 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, 73-76

### 〔図書〕(計1件)

関谷直也 他, 東京大学出版, 第13章「映像ならざるもの」の映像表現 災害を表現すること, スクリーン・スタディーズ, 2019, 287-308

### 〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年:  
国内外の別:

### 〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~yhada/>

<http://disaster-info.jp/>

<http://www.u-hiroi.net/>

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 関谷 直也

ローマ字氏名: (SEKIYA, naoya)

所属研究機関名：東京大学  
部局名：大学院情報学環・学際情報学府  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：30422405

研究分担者氏名：廣井 悠  
ローマ字氏名：(HIROI, u)  
所属研究機関名：東京大学  
部局名：大学院工学系研究科（工学部）  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：50456141

(2)研究協力者  
該当なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。