

携帯電話から取得される GPS データを用いた平成 28 年熊本地震における避難行動の分析

矢部貴大・坪内孝太・須藤明人・関本義秀

Analysis of Evacuation Behavior in 2016 Kumamoto Earthquake using Mobile Phone GPS Data

Takahiro YABE, Kota TSUBOUCHI, Akihito SUDO, Yoshihide SEKIMOTO

Abstract: 2016 年 4 月に発生した熊本地震では、建物等への甚大な被害により 10 万人以上の人々が避難を行った。想定以上の避難者が発生したことにより避難所はあふれ、混乱が発生した。今後発生する災害での人々の避難行動のシミュレーションを行い、避難者数の推計を事前に行うためには避難行動の実施要因を定量的に調べることが重要であるが、現行のアンケートを中心とした災害調査では困難である。本研究では携帯電話から取得される長期間の GPS 情報と多様な地理空間情報を用い、避難行動の実施に影響する様々な要素との関係性を定量的にモデル化した。

Keywords: 避難行動 (evacuation activities), GPS 位置情報 (GPS location data), 熊本地震 (Kumamoto earthquake)

1. はじめに

2016 年 4 月 14 日・16 日に発生した熊本地震では 10 万人以上の避難者が発生した。現場では人数の予測が困難であったため、避難所が人であふれかえる事態が発生した。結果として、円滑な避難先の確保・食料の分配・救急の派遣などの活動に重大な支障が生じた。

今後の災害においてこのような事態を未然に防ぐためには、人々の避難行動のシミュレーションを行い、地域ごとの避難者数を推計する必要がある。そのためには、実データを用いて人々の避難行動を定量的に分析し、避難率をモデル化することが有用である。

現在、人々の避難行動の把握に用いられている

アンケート型調査では、被災者の心情などミクロレベルの状態を把握できる一方で、行動の把握を行うためには調査の時空間的解像度が低く、回答バイアスが生じやすい。

そんな中、近年携帯電話の位置情報が災害時の行動把握に関する研究でも使われ始めている。Lu et al (2012) は、ハイチ大地震の人々の位置情報を用いて避難先を推定した。また、Taylor et al (2011) は、ハリケーンサンディーにおける人々の行動の異常性を明らかにした。しかしながら、人々が避難行動をするか否かということについて分析をした研究はこれまでにない。

本研究では、熊本地震の際に取得された携帯電話の位置情報を用い、人々の災害時の避難率の分析とモデル化を行う。本研究の結果は、より精緻な行動パラメータを用いた災害行動シミュレーションの構築と避難者数の推計に貢献できる。

矢部貴大 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学工学系研究科社会基盤学専攻修士課程

Email: yabe0505@iis.u-tokyo.ac.jp

2. 手法

本研究で用いる手法は、本章で説明する 3 つのステップから構成される。

2.1 自宅の推定

位置情報が与えられている各 ID について、それぞれの自宅の位置を推定する。本研究では、夜間（午後 8 時～午後 12 時）に取得されたログを、K-means 法を用いてクラスタリングを行うことで推定する手法を用いる（Jiang et al, 2013）。

2.2 避難行動の判定

各 ID についてそれぞれの日において最後に観測された点を、その ID がその日泊まった場所であるとする。各 ID について、災害発生後の毎の夜、滞在した場所の位置情報を抽出する。もし、泊まった位置が自宅から 100 メートル以上離れていたら、その日、その ID は避難先で滞在していたと判定する。

2.3 各指標の算出方法

本研究では避難率を定量化する特徴量として、自宅から最寄りの避難所までの距離、震源から自宅までの距離、自宅周辺の道路密度、平常時の行動特性の 4 つを用いた。自宅－避難所間距離や震源－自宅間距離は道路ネットワークを考慮した最短距離を用いた。道路密度については国土数値情報のメッシュ集計道路密度を用いた。平常時の行動特性を表す指標としては、Gonzalez et al. などで提唱されている Radius of Gyration (R_g) を用いた。 R_g は式(1)によって求められる。

$$R_g(i) = \sqrt{\frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} (r_k - \bar{r})^2} \quad (1)$$

ここで、 N_i は個人 i の観測点数、 r_k は k 番目の観測点、 \bar{r} は個人 i の観測点の中心点である。

3. 使用したデータ

3.1 携帯電話から取得される GPS データ

本研究で使用した GPS データは、Yahoo! JAPAN 防災アプリをインストールし、位置情報の研究利

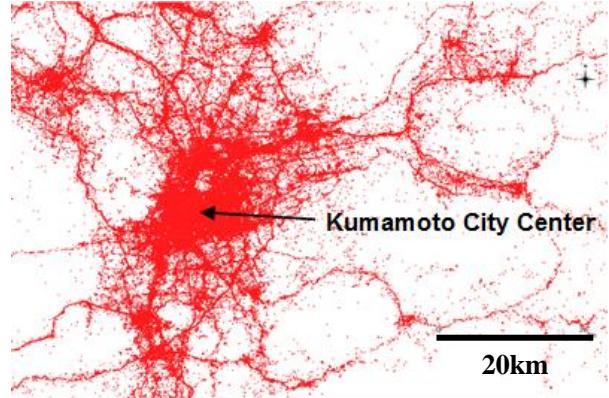


図-1 熊本市付近の一日分の GPS 情報

用を許諾しているユーザのスマートフォンの位置情報である。熊本地震発生前後 2 ヶ月間（2016 年 3 月 14 日～5 月 15 日）の、熊本県付近の人々 12000 人のデータを使用した。サンプル率は約 1.2% であるが、一人当たり一日平均 15 点を取得しており、図 1 の示すとおり、1 日分のデータを地図にプロットするだけで道路ネットワークが浮き上がるほど密なデータセットである。

3.2 国土数値情報

国土数値情報で提供されているデータセットのうち、避難所の位置データとメッシュごとの道路密度データを用いた。

4. 熊本地震における実証実験

4.1. 被災後の人々の滞在先

熊本市周辺に住居のある人々の位置情報から日々の個々人の宿泊場所を計算し、自宅・避難所・その他の場所で宿泊した割合を日ごとに算出した。日ごとの各滞在場所割合をプロットしたのが図-2 である。灰色が自宅、黄色が避難所、緑がその他の場所に滞在した割合を示しており、赤点線は 2 つの大きな揺れが計測された日時を示している。マグニチュード 7.3 が計測された二つ目の大きな揺れ（本震、4 月 16 日午前 1 時 25 分）の後に最も多くの人々（61.8%）が自宅から避難していることが判り、全体の 23.3% の人々が避難所で宿泊したことが判った。その後、被災から徐々に帰宅が進んでいるものの、一か月後の 5 月 15 日

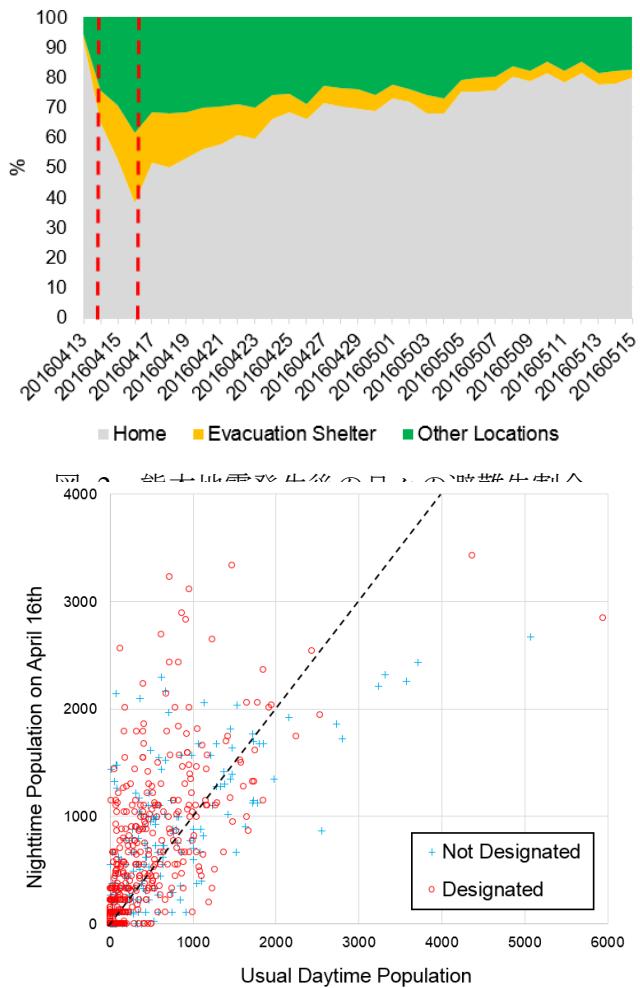


図-3 全避難所における平時の昼間人口と災害後の夜間人口の比較

においても 20.1% の人々が自宅へ帰っていないことが明らかになった。

また、実際に熊本市によって避難所として認知された又は認知されていないが利用された避難所の合計 902 か所の平時の昼間滞在人口と、最も避難行動が活発に行われた 4 月 16 日の夜間滞在人口をプロットしたのが図-3 である。黒の点線は $y = x$ を示しており、この直線上にある避難所では平時の昼間と同等の人口が災害後観測されたことを示している。また、自治体による避難所の指定の有無によって赤丸・青十字で色分けを行った。全体的に平時の昼間の平均滞在人口より多くの人々が災害後に集まっており、特に指定避難所ではその傾向が顕著である。

4.2. 避難率と影響要因の定量的な関係性

本節では、熊本地震における避難行動の実施率（以下、避難率）と様々な特徴量の関係性を定量的に解析する。

図4 左上より、避難率は震源からの距離に対して指数的に遞減する。特に、10km を超えると避難率は急激に低下することが判明した。30km において高い避難率を示す地域が見られるが、これは地震による被害に加えて土砂崩れによる被害が大きかった阿蘇地方における避難率を反映している。純粹に地震による被害のみを考慮すると、高い精度で指数曲線に近似することができる。図-4 左下は、避難率と避難所までの距離に関係性があることを示している。しかし明確な変曲点は見つからず、距離が大きくなることによって緩やかに避難率が遞減することが判る。図-4 右上は、人々の平時の行動範囲の広さと避難率の傾向を示している。図からは、普段の半径が 10km 以上になると避難率が急激に増加していることが判る。高齢者や子供など、移動量が少ない人にとっては避難所までの移動が負担になりうる。災害が発生する前に高齢者や子供分布を把握し、避難しやすい環境を整備することが重要である。図-4 右下は、個々人の自宅周辺の道路密度の避難率との関係性を示している。道路総延長が 10000m になると、急激に避難率が増加することが判る。自宅周辺の道路の密度は避難先へのアクセスの良さに影響する重要な要素であることが示された。

表-1 は各要素の関係性を指數曲線 $y = \alpha e^{\beta x}$ に近似した際のモデルの係数と決定係数を示している。 R^2 の値から、いずれの要素も高い決定係数でフィッティングができていることが判る。

5. まとめと今後の展望

本論文では、携帯電話の位置情報を用いて熊本地震の際の人々の避難先を解析し、避難率に影響した客観的な要素を定量的に評価した。避難率と震源からの距離、避難所からの距離、平時の行動

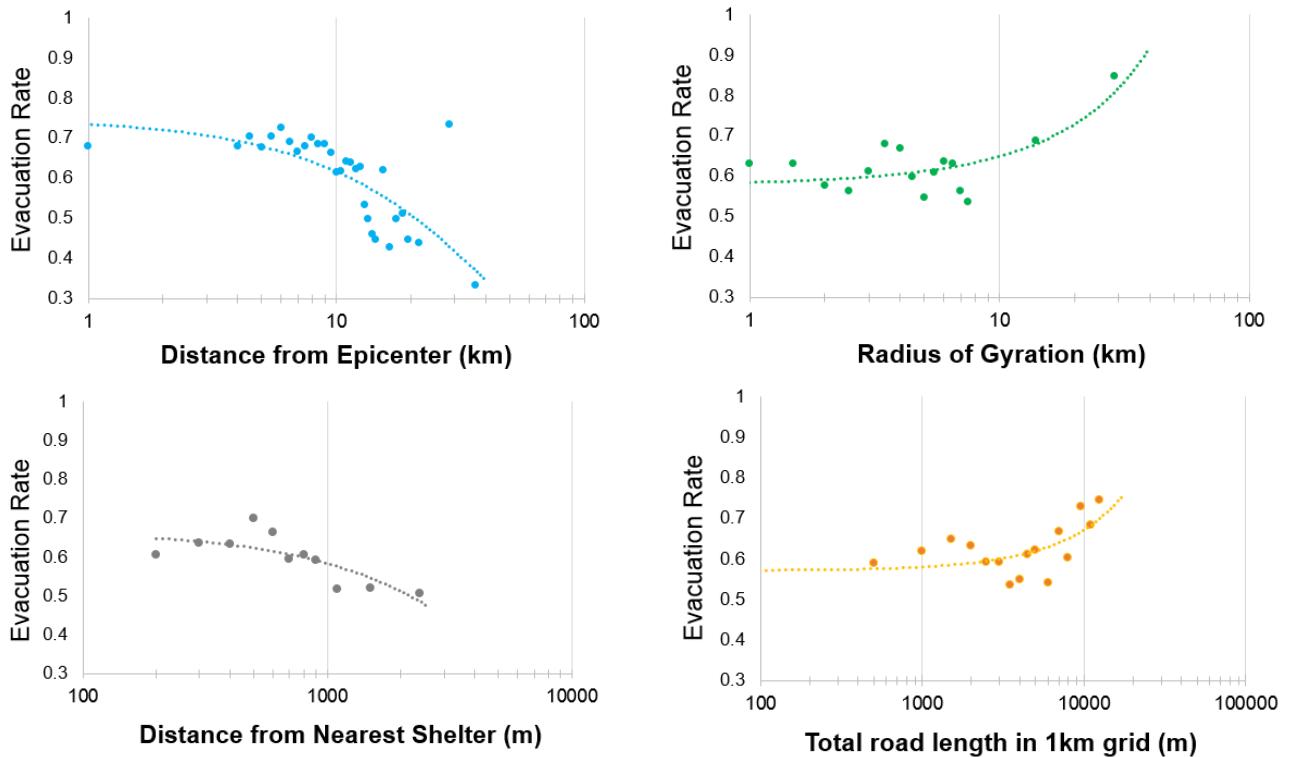


図-4 熊本地震における避難率と様々な要素との関係性

表-1 各要素についてのモデルの係数と決定係数

避難率に影響する要素	α	β	決定係数 R^2
震源からの距離	0.75	-0.019	0.509
最寄り避難所からの距離	0.67	-0.132	0.633
平時の行動特性 (R_g)	0.58	0.012	0.498
自宅周辺の道路密度	0.57	0.016	0.373

特性、自宅周辺の道路密度の4つの要素の関係性は指数曲線で表現できることを明らかにした。

今後は熊本地震だけでなく、様々な規模や種類の災害における人々の行動を定量的にモデル化し、様々な災害の際の行動シミュレーションを行い、避難者数を高精度で推計する手法の提案を行いたい。

参考文献

Lu, X., et al. (2012). Predictability of population displacement after the 2010 Haiti earthquake. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(29), 11576-11581.

Wang, Q., et al. (2014). Quantifying human mobility perturbation and resilience in Hurricane Sandy. PLoS one, 9(11), e112608.

JIANG, Shan, et al. A review of urban computing for mobile phone traces: current methods, challenges and opportunities. In: Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD international workshop on Urban Computing. ACM, 2013. p. 2.

Gonzalez, M. C., et al. (2008). Understanding individual human mobility patterns. Nature, 453(7196), 779-782.