

GPS データを用いた東日本大震災時の帰宅経路の選択に関する行動分析

若生凌・関本義秀・金杉洋・柴崎亮介

Analysis of People's Route and Destination Choice in Evacuation Using GPS Log Data

Ryo WAKO, Yoshihide SEKIMOTO,
Hiroshi KANASUGI, Ryosuke SHIBASAKI

Abstract: Tohoku Earthquake resulted in the failure of public transportation system which increases the risk of secondary disaster. Therefore, clarifying the properties of evacuation behaviors after the disaster is important for the mitigation natural disaster. In this research, GPS records from mobile devices of 500,000 people for one year are used as the data for the analysis of route choice in the situation of a disaster.

Keywords: 避難行動分析 (evacuation behavior analysis), 大規模 GPS データ (large-scale GPS data), 経路選択行動 (route choice)

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の直後、首都圏における多くの公共交通機関が運行停止したために、500 万人以上が駅で足止めされ、帰宅困難者となった。このように、震災当日は、交通機関の障害のため、日常とは異なる行動を取ることを余儀なくされた。

帰宅困難者の発生は、二次災害発生のリスクを上昇させる。例えば、大量の歩行者や滞留者による、公共施設の混雑は、余震発生時の危険度が増大する一因や、また、救助活動や緊急輸送の障害となり得る。また、余震や火災などの二次災害によって更なる被害が生じた場合、情報の収集ができず、適切な支援物資の分配供給が実現不可能となってしまう。

以上の理由により、防災の観点から、大規模地

若生凌 〒241-0816 神奈川県横浜市旭区笹野台
1-7-25-301

東京大学大学院 工学系研究科

Phone: 03-5452-6412

E-mail: rwako@iis.u-tokyo.ac.jp

震発生後の帰宅困難者を含めた被災者がとる行動を予め想定しておく事が不可欠である。この事は、最適な備蓄食料の分配や、最適な人々の誘導方法の検討を可能にする。

人々の災害時の行動予測を行った研究としては、物的被害の状況や人々の属性を組み込んだ避難行動シミュレーションモデルを開発した大佛ら (2011)や、大規模地震発生後の帰宅困難者の行動シミュレーションを行った内閣府 (2008)、大規模地震発生後の人々の通勤可能性を推定する事で「帰宅困難率」に関する考察を行った大佛ら (2013)が挙げられる。これらの研究では、大規模地震発生時の行動に関する意識調査を基にモデルが推定されているが、意識調査の結果と、実際の大規模地震発生時の行動の間には乖離が生じ得る。従って、より適切な行動予測を実現するためには、実際の大規模地震発生時の行動データの詳細な分析が必要である。

近年では、情報通信技術の発達により、GPS 機能を用いた人々の位置情報データの取得が可能

となっている。関本ら (2012)は、携帯デバイスの GPS 記録から取得した人々の位置情報を用いて東日本大震災直後の人々の行動分析を行った。しかし、人々の経路選択行動のような、詳細な行動分析は行われていない。

以上の背景の下、本研究では、東日本大震災以前震災までの半年以上に渡る GPS データを用いて、震災時における人々の行動を、移動経路選択に焦点を当てて分析する。具体的には、長期の GPS データから、家や職場の位置を推定し、道路ネットワークデータを用いて、平常時の職場から家への帰宅経路の選択状況を推定する。同時に、震災時に帰宅した人々が利用した経路の推定を行う。推定された経路から、震災時に利用された帰宅経路の特性に関して分析を行う。帰宅経路に焦点を絞ったのは、地震発生は平日の午後であり、多くの人々が就業中であったため、その後の帰宅時の行動が地震によって何らかの影響を受けたものであると考えられるからである。

2. 利用した GPS データ

2.1 GPS データの概要

本研究では、ゼンリンデータコム社の協力の下、利用者の承諾を得た上で蓄積された GPS データを基に、個人が特定されないように秘匿処理された非集計データを用いた。経路の分析という本研究の特性上、GPS データのような、人々の詳細な行動を記述するデータが必要不可欠である。なお、関本ら (2012)においても同一のデータが用いられている。

今回の分析においては、1 都 3 県（神奈川・埼玉・千葉）のオート GPS 機能利用者約 50 万人分についての、2010 年 8 月 1 日～2011 年 7 月 31 日の 1 年間に渡る GPS データを利用した。

2.2 データの処理

分析の準備として、1 年間に渡る GPS データを

用いて、滞留点の抽出、家と職場の位置（以下、home/office データとする）の推定、トリップを表す点列の抽出、各トリップについての交通モードの推定を行った。以上の処理は Apichon et al. (2013) の手法を用いた。

分析対象は、震災直後～翌日朝 6 時までの間に GPS データが 5 点以上存在する者のみとした。なぜなら、東日本大震災発生直後から翌朝にかけては、通信の輻輳の影響で、データ量が平常時の 5 分の 1 程度と少ないためである（関本ら、2013）。

更に、本研究では、簡略化のために道路ネットワークデータを用いて経路の推定を行うため、平常時の通勤に鉄道を利用している者を分析対象から除いた。具体的には、鉄道利用トリップの数を全日数で割った、鉄道利用頻度が 0.3 以下となった者を、非鉄道利用者として、分析に用いた。

以上の処理によって約 8,000 人分の GPS データが得られた。ここから、経路推定時の計算時間短縮のため、ランダムサンプリングによって抽出した 3,210 人分のデータを分析に用いた。

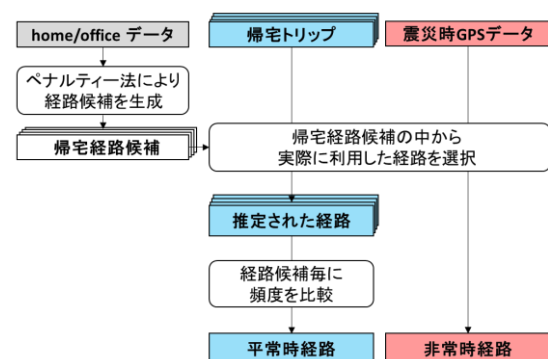


図-1 帰宅経路推定手法の概略

3. 地震発生時の帰宅経路に関する分析

3.1 帰宅経路の推定手法

(1) 入力データ

帰宅経路推定手法の概略図を図 1 に示す。入力するデータは、震災以前までの帰宅トリップデ

ータの集合、震災直後から翌朝までのGPSデータ、各人のhome/officeデータである(図2左)。帰宅トリップデータとは、震災直前までの約7か月間について、各人のGPSデータから帰宅経路を表すデータのみを抽出したものを指す。具体的には、office付近(300m以内)からhome付近(300m以内)へ向かうGPSデータ列を指す。ただし、大きく寄り道をしている場合や、GPSデータが何らかの理由により不足している場合を除くため、出発時間と到着時間の時間間隔が12時間以上となる場合は帰宅行動とみなさず、帰宅トリップには含めなかった。

震災当日に関しては、帰宅トリップを表すデータに絞らず、元のGPSデータを用いた。これは、先に述べたように震災直後はデータ量が少ないため、帰宅したにもかかわらず、homeまたはoffice付近での観測が行われず、帰宅トリップとみなされない事を防ぐためである。



図-2 入力データ(左)と経路推定の例(右)

(2) 経路の推定

帰宅経路の推定は、予め経路候補を生成し、入力データを基に最も適切な経路を選択する事で実現する。計算時間の関係から経路候補は5通りに制限した。複数の経路候補の生成は、ダイクストラ法を繰り返し行いながら、リンクに対し順次ペナルティを与える方法(De la Barra et al., 1993)を用いて行った。

座標列で表された経路候補から最も適切な経路を推定する方法は、以下の手順に基づく。

- ① 帰宅トリップデータを構成する全ての点について、それぞれの経路候補を構成する点のうち最も近くに存在する点を求める。
- ② ①で求めた点との物理的な距離が30m以下となる点の割合を経路候補の点数とする。
- ③ 点数が最も高い経路をその帰宅トリップで利用された経路として選択する。

officeからhome程の距離では、経路候補は複雑になり、全範囲でデータと一致する経路候補が生成されることは稀だと考え、経路の部分一致に重みを置く上記の手法を用いた。なお、30mという閾値は経験的に得られたものである。

経路候補のうち、帰宅トリップから得られた推定結果として選択された頻度が最も高かった経路を、「平常時経路」とした。

一方、「震災時経路」、すなわち震災直後から翌朝にかけて帰宅経路として利用された経路は、先に述べたように、震災直後から翌朝にかけてのGPSデータを用いて上の①～③の方法で推定した(図2右)。

3.2 分析

まず、経路の不一致率、すなわち、平常時経路と震災時経路が異なる人々の割合に関して分析を行った。経路推定の結果、不一致率は0.33という結果が得られた。通勤に鉄道を利用していないため、公共交通機関の影響を受けていない人が多いと考えられるが、3割が震災時には非

日常的な行動をとっていた事がわかる。

また、平常時経路の利用頻度によって利用者を分けると、図3のような傾向が見られた。つまり、平常時経路が固定されており、寄り道目的等で経路を変えない者は、震災時も普段と同じ経路を利用したという事が言える。非鉄道利用者でも、震災時に非日常的な経路選択を行うことがあるが、各人の嗜好や状態に由来するため、大震災の持つ人々の経路選択行動に対する影響力はあまり強くない事が推察可能である。

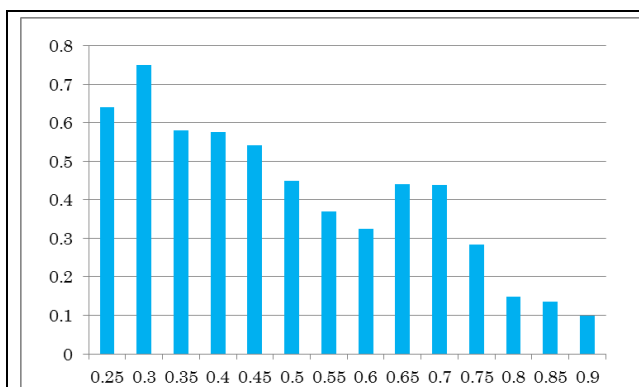


図-3 平常時経路の利用頻度別不一致率
(縦軸は不一致率、横軸は区間の下限値を表す。)

しかし、関連して、各人についてのそれぞれの交通モード（徒歩・車・自転車・鉄道）の頻度と不一致率の間についても分析を行ったが、相関は見られなかった。

次に、利用経路そのものについて分析を行った。全ての分析対象者の平常時経路と震災時経路をそれぞれ視覚化したが、例えば震災時経路は幹線道路や線路の付近に集中するといった傾向は見られなかった。経路選択の推定を行う際に、震災時の一人一人のデータが少ない事が影響している事や、計算時間短縮のために分析対象とした利用者数が少なかった事が原因と考えられる。道路種別の利用割合など、定量的な評価を行うことと併せ、今後の課題としたい。

4. おわりに

本研究では、東日本大震災直後の人々の帰宅経路の選択行動に関する分析を行った。非鉄道

利用者に対しては、震災による経路選択行動への影響が弱いことが確認された。本研究では目立った成果は得られなかったものの、詳細な行動分析の実現に向けて今後の課題を確認する事が出来た。今後は、鉄道ネットワークも含めた経路選択行動分析や、目的地選択行動分析を行うことを考えている。

謝辞

株式会社ゼンリンデータコムの皆様には分析用データを提供等、多大なる支援を頂いた。ここに深謝の意を表します。

参考文献

- 関本・中村・増田・金杉（2012）：大規模な GPS 情報をもとにした東京都市圏における震災時の行動分析，土木計画学研究・講演集，45，249.
- 大佛・守澤（2011）：都市内滞留者・移動者の多様な状態と属性を考慮した大地震時における広域避難行動シミュレーションモデル，日本建築学会計画系論文集，76，660，389-396
- 内閣府（2008）：帰宅行動シミュレーション結果について。
- 大佛・玉野（2013）：大地震発生後における通勤困難者について，日本建築学会計画系論文集，78，683，107-114.
- W. Apichon, R. Shibasaki, 2013. A Study on Human Activity Analysis with Large Scale GPS Data of Mobile Phone Using Cloud Computing Platform.
- De la Barra, T., B. Perez, and J. Anez, 1993. Multidimensional Path Search and Assignment. Proceedings of the 21st PTRC Summer Meeting, 307-319.