

東北地方太平洋沖地震における 首都圏の帰宅困難者の行動分析

杉山 茂樹¹・高田 和幸²・藤生 慎³

¹東京電機大学大学院理工学研究科デザイン工学専攻修士課程
(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail:11rmk22@ms.dendai.ac.jp

²東京電機大学理工学部理工学科准教授 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail:takada@g.dendai.ac.jp

³東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻博士課程 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

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

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、鉄道やバスなどの各輸送機関が麻痺し、外出先からの帰宅に困難を強いられたり、断念を余儀なくされたりした市民が多数発生した。そこで本研究では、東日本大震災による帰宅困難者を対象としたWebアンケート調査を行い、自宅への帰宅を希望した外出者の帰宅の成否（帰宅率）について個人属性や、利用交通手段が、帰宅率とどのような関係にあるかを考察した。また震災発生後に移動せずにその場に留まるか否かを説明するモデルと、徒歩を試みた者が帰宅できたか否かを説明するモデルを推定した。その結果、徒歩による帰宅行動では性別や子供の有無が帰宅率に影響を与えることが分かった。

Key Words : *travellers who have difficulty returning home, evacuation space choice model, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake*

1. 研究の背景と目的

2011年3月11日14時46分頃に発生した東北地方太平洋沖地震は東北地方を中心として、広い地域に甚大な被害をもたらした。首都圏でも5弱から5強の揺れに見舞われた。その結果、鉄道やバスなど各輸送機関の運行が麻痺し、多くの帰宅困難者が発生し、長距離を徒歩で移動し帰宅に困難が伴うケースや、都内で解放された臨時避難所などで公共交通機関の運行再開を待つ莫大な数の帰宅困難者が発生した。第10回大都市交通センサスによると、首都圏における日常的な鉄道利用者（通勤・通学者定期利用者）の数は約950万人¹⁾でありその数は、我々の想像をはるかに超える数であった。

これまでに、下原ら²⁾や大佛ら³⁾は、帰宅困難者の帰宅行動をモデル化しているが、大地震を想定したシミュレーションによるものであり、実行動を分析したものではない。大規模地震時の帰宅を含めた避難誘導の在り方を検討する上で、東北地方太平洋沖地震発生時に発生した帰宅困難者の実行動データを用いて、帰宅行動の特性を明らかにすることは、

今後の防災対策を検討する上で大変意義があると考えられる。このような分析事例として、廣井ら⁴⁾を挙げることができる。廣井らは、帰宅困難者に対するアンケート調査を実施して帰宅困難者の基礎的な行動分析を行っている。さらに「被災地内で滞在」か「帰宅」かを選択肢とする選択モデルを推定している。さらに平成20年度パーソントリップ調査の結果を用いて帰宅困難者のシミュレーション分析を行っている。しかし、帰宅困難者の被災地内での行動を「滞在」と「帰宅」（それぞれ通勤と私用）に限定している点や、「滞在」を選択した場合の被災地内の滞在場所選択行動、さらには「帰宅」を選択した帰宅困難者が帰宅を達成することができたか否かに関しては分析が行われていない。

そこで本研究では、東北地方太平洋沖地震により発生した首都圏の帰宅困難者を対象にWebアンケート調査を行った。その結果を用いて、震災発生後の行動特性について分析した。地震発生当日の鉄道運行状況と避難所の設置状況の把握を行った。また被災者の帰宅希望場所に関する基礎的考察と、自宅希望者の帰宅成功率についての基礎分析を行った。最

表-2 標本抽出結果

最終滞在现场	無作為抽出 標本数	シェア	層(滞在地) 別標本数	層別抽出率 (S/N)	拡大係数 (N/S)
	(N)		(S)		
自宅	21049	64.4%	1246	5.9%	16.9
就業場所	8158	25.0%	1320	16.2%	6.2
知人(家族・親戚・友人など)宅	1511	4.6%	1117	73.9%	1.4
宿泊施設(ホテル、旅館など)	592	1.8%	406	68.6%	1.5
緊急設置避難場所(高校、大学、公共施設など)	435	1.3%	358	82.3%	1.2
商店・飲食店(ネットカフェ、カラオケ、飲食店など)	412	1.3%	302	73.3%	1.4
建物内(駅構内、コンビニなど)、その他	526	1.6%	303	57.6%	1.7
計	32683	100.0%	5052		

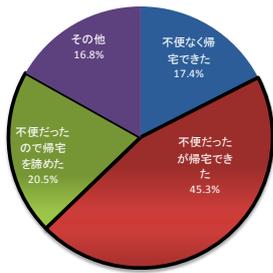


図-1 当日の帰宅状況 (N=60000)

表-1 調査概要

調査手法	インターネット調査	
調査対象者	<ul style="list-style-type: none"> 通勤で週に1日以上鉄道を利用している人 地震当日に「不便だったが帰宅できた」もしくは「不便だったので帰宅を諦めた」人(帰宅困難者) 地震当日の夜、最終的に過ごした場所が、自宅、家族・親戚・友人・知人宅、就業場所、宿泊施設、緊急避難所、商店・飲食店、建物内/その他であった人 	
質問項目	調査対象者	<ul style="list-style-type: none"> 地震発生時の場所 地震発生日の夜の滞在现场住所 宿泊意思 帰宅/移動経路 帰宅困難意識
	質問内容	<ul style="list-style-type: none"> 性別 婚姻の有無 居住地 年齢 子供の有無 職業

後に、地震発生後に被災地内での行動として、被災地内に留まる、もしくは帰宅を試みるのか否かを表現した2肢選択モデル(以下、目的地選択モデル)と自宅への移動を試みた場合に帰宅に成行するか否かを表すモデル(以下、帰宅成功可否モデル)を構築した。以上の分析結果を踏まえて、今後30年以内にM7クラスが70%以上の確率で発生する可能性のある首都直下地震に対する施策・対策について考察することを目的とする。

2. 分析データ

(1) 調査概要

民間調査会社のモニターを活用したアンケート調査を実施した。調査概要を表-1に示す。なお、本調査にあたってはスクリーニング調査を行い、当日の滞在现场の割合を算定した。

スクリーニングに用意した質問は、日常の鉄道の利用頻度、3月11日の帰宅行動、および震災発生当日の滞在现场の3項目である。

図-1に示す通り、「不便なく帰宅できた人(17.4%)」と「不便だったが帰宅できた人(45.3%)」とを併せると、およそ63%の人が帰宅できたという結果となった。また「帰宅を諦めた人」は21%、「その他の行動をとった人」は17%を占めていた。なお「その他の行動をとった人」の割合が大きいのは、行政、交通事業社、教育機関などの勤務者など震災当日に支援活動に従事した者が多数いること、および自身の判断ではなく勤務先からの指示に従って社屋に滞在した者が多くいたためと考えられる。

次に、週に1日以上鉄道を利用している人で、かつ当日「不便だったが帰宅できた」または「不便だったので帰宅を諦めた」と回答した人に、当日の滞在现场について質問をした。その結果、表-2に示す通り、自宅(64.3%)、勤務先(25.0%)、知人宅(4.6%)、宿泊施設(1.8%)、建物内(1.6%)と続き、緊急設置避難場所については、1.3%ほどの利用率であった。

上記の通り、スクリーニング調査の結果から、「知人宅」「建物内」「緊急避難所」に滞在した人の割合が小さいことが判明した。そこで滞在现场ご

との特性比較ができるよう、本調査実施に際しては、滞在现场に基づく層別標本抽出を行うこととした。

なお本調査の被検対象者は以下の通りである。

- ・1都3県(東京、千葉、埼玉、神奈川)の居住者
 - ・週に1日以上鉄道を利用して通勤している者
 - ・震災当日、帰宅に不便を強いられた者
- 標本抽出の結果を表-2に示す。以後、集計分析を行った際に、最終滞在现场のシェアが満たされるように、滞在现场ごとに拡大係数を算出した。表-1の最右列に拡大係数の値を記した。

(2) 移動経路データ

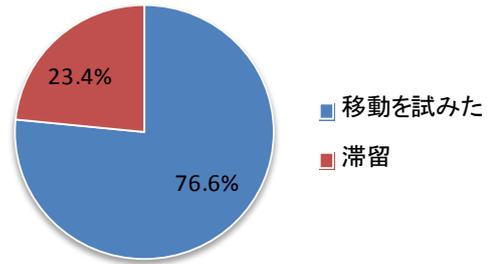
地震当日の実移動経路はアンケート内で聞いた「移動開始場所の住所」と「滞在した場所の住所」をGoogleルート・乗換案内より検索し、「移動中に目印としたもの」を途中通過点として加え再現した。この際、「移動開始場所」が「会社」といったように住所の特定ができない場合には、アンケート内で聞いた「通勤・通学に利用している駅名」から会社の最寄り駅を特定し、移動の開始場所として採用した。また、自宅までの直線距離データは、上記と同様の手順で自宅の最寄り駅を自宅到着地点として採用した。

3. 震災当日の行動特性について

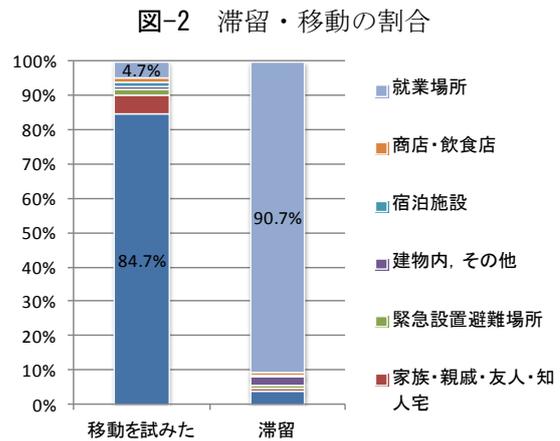
震災当日の行動の特性について分析した。分析には、移動開始場所と最終滞在现场がいずれも1都3

県（東京，千葉，埼玉，神奈川）内にあるデータを使用した。発災時の行動特性を把握するため，移動の有無，最終滞り場所について調べた。

図-2は，地震発生後の被災地内からの移動の実行の有無を示す。震災時に滞りした人，移動を試みた人は，それぞれ全体の23.4%，76.6%であった。



この結果から，首都圏では，莫大な数の帰宅困難者が移動し，駅への滞りや深夜時間帯の長距離移動が発生した。図-3は，被災地内の帰宅困難者の移動形態別の目的地の割合を示す。「移動を試みた」と回答した帰宅困難者の84.7%が自宅を目的としている一方，滞りすると回答した帰宅困難者の90.7%が就業場所と回答している。このことから，帰宅困難者は，帰宅を希望する者と就業場所に滞りする者に分けられる。前者は，安否情報，自宅の快適性のために自宅を目指していると考えられる一方，後者は，長距離の徒歩や快適性を損なわれるのであれば就業場所で安全に過ごそうと考えていると推察される。



以上の結果から，あまりにも多くの帰宅困難者が帰宅行動を実施していることが明らかとなった。今回のアンケート調査で帰宅を希望する者が，帰宅行動を達成することができたか否か，さらにどのような状況で帰宅の意思決定を行ったのかなど分析を行う必要がある。

4. 滞り希望場所に関する分析

(1) 滞り希望場所に関する基礎特性

本章では，被災者の帰宅希望場所に関する基礎的考察を行う。なお，本研究では，当初の滞り希望場所を「自宅」「自宅以外」「滞り」の3種に区分した。図-4は，自宅までの直線距離と希望滞り場所との関係を示した図である。自宅までの距離が遠くなるにつれて，自宅を滞り場所として希望する割合が低下し，滞りを希望する割合が高まる結果となった。一方，自宅から相当離れていても40%ほどの人は，自宅に戻ることを望んでいた結果となった。しかし，大規模地震災害時に30kmを徒歩で移動することは，相当な困難が伴うことが予想される。一般的に帰宅困難者は被災地内に留まることが原則とされていることから，帰宅可能性の高い近距離圏の帰宅困難者も含めた対策を講じる必要がある。

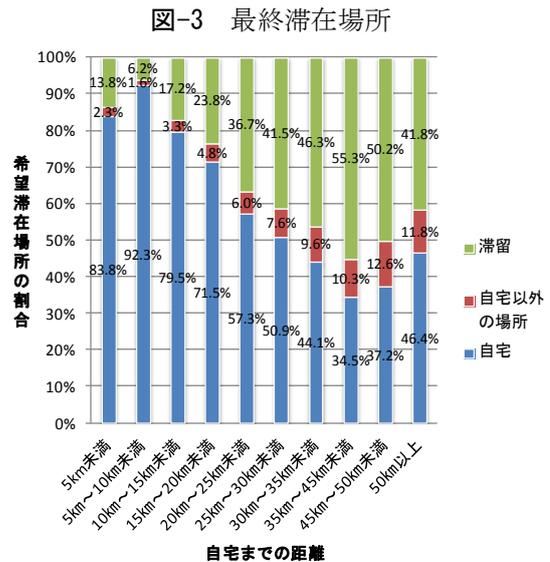


図-4 希望滞り場所（自宅までの距離別）

表-3 滞り選択モデルの推定結果

説明変数	係数	t値
定数項	-1.91	-14.13
自宅までの距離	0.06	19.85
性別(男性:1, 女性:0)	-0.29	-3.178
子供の有無(なし:1, あり:0)	-0.26	-3.041
食べものがない(困った:1, 困らなかった:0)	0.71	8.562
連絡がとれない(困った:1, 困らなかった:0)	-0.45	-4.844
ρ 2値	0.312	
的中率	67.0%	

(2) 滞り選択モデルの推定

地震発生後の滞り選択要因を明らかにすることは，次回の有事の時に，市民の安全を確保する際の施策を検討する上で重要であると考えられる。

そこで，本研究では，地震発生後に被災地内での行動として，被災地内に留まる，もしくは帰宅を試みるのか否かを表現した2肢選択モデルを構築した。

基礎分析の結果を踏まえて，モデルの説明変数には，性別，子供の有無といった「個人属性」「自宅

までの直線距離」「帰宅時に困ったこと」などで構成した。

なお、本研究では、層別標本抽出を行っているため、WESMLを適用した。

推定結果を表-3に示す。表で示すモデルは滞留選択モデルであり、パラメータが正であれば、滞留の選択確率を高めることを表わす。

推定値のt値は全て2.58以上であり、99%有意であることが確認された。

「自宅までの距離」のパラメータが正の値を示しており、距離が長くなるにつれて、滞留を選択する確率が高まっていることがわかる。性別や子供の有無に関するパラメータは負であることから、女性より男性の方が、また子供がいる人よりも子供がいない人のほうが移動を選択する確率が高まることを示している。

帰宅困難時に困ったことに関する変数については、「食べ物が無い」は、滞留を選択する確率が高まっていることがわかる。一方、「連絡がとれない」は、移動を選択する確率が高まる要因であることを示している。

5. 帰宅成功率に関する分析

(1) 帰宅成功率の基礎特性

3章の分析結果を踏まえ、自宅希望者の帰宅率について分析した。ここでは主に個人属性や、利用交通手段が、帰宅率とどのような関係にあるかを考察する。

(i) 性別と帰宅率との関係

性別と帰宅率の関係を図-5に示す。図の横軸は、自宅までの最短距離を表している。その結果、男性は女性に比べて帰宅率が高くなる傾向が見られた。また自宅までの距離が長くなるにつれて男女間の帰宅率の差は拡大することが読み取れる。これは、性別による体力差が帰宅率に影響を及ぼしているためと考えられる。

(ii) 年代と帰宅率との関係

年代と帰宅率との関係を図-6に示す。その結果、若い世代の人ほど、帰宅率が低下しているという傾向がみられた。特に20代が、他に比べ低いことから、帰宅を諦めて会社に戻ったり、知人宅や、商業施設に目的地を変更していると考えられる。

(iii) 子供有無と帰宅率との関係

子どもの有無と帰宅率の関係を図-7に示す。その結果、全体的な傾向として子供がいる人の方が帰宅率が高いことが見てとれる。これは家族の安否に対する不安が帰宅率に影響を及ぼしているためと考えられる。

(iv) 利用交通手段と帰宅率との関係

利用交通手段と帰宅率の関係を図-8に示す。その結果、電車や車、バス・タクシーによる帰宅については利用交通手段による帰宅率の違いはほとんど

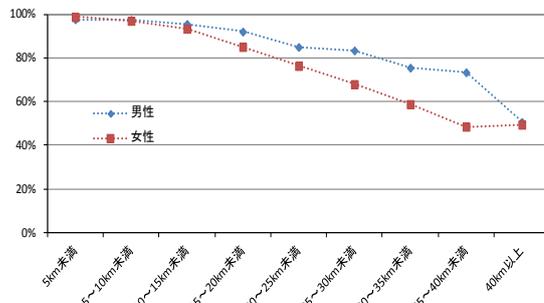


図-5 性別と帰宅率との関係

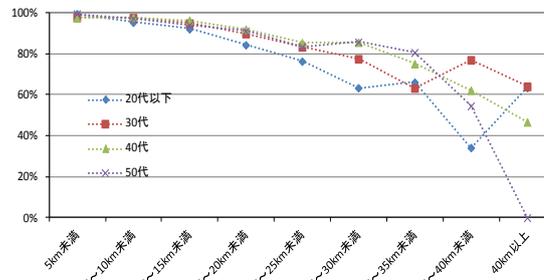


図-6 年代と帰宅率との関係

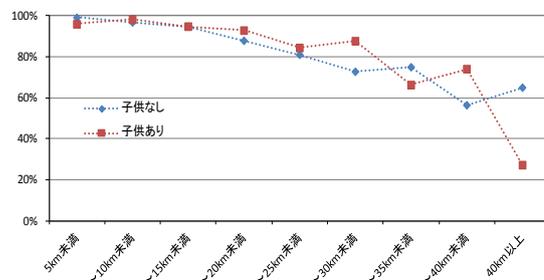


図-7 子供有無と帰宅率との関係

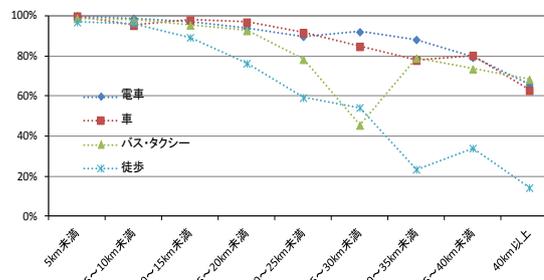


図-8 利用手段と帰宅率との関係

見られなかった。一方、徒歩による帰宅は他の交通手段に比べて、自宅までの距離が長くなるにつれて、帰宅成功率が大きく減少する結果となった。

(2) 帰宅成功率モデルの推定

移動開始後の帰宅の成功可否要因を明らかにすることは、次の有事の時に、市民の安全を確保する際の施策を検討する上で重要であると考えられる。ここでは、自宅への移動を試みた場合に帰宅に成行するか否かを表す2肢選択モデルを構築した。

基礎分析の結果を踏まえて、モデルの説明変数には、性別、子供の有無といった「個人属性」「自宅までの直線距離」「帰宅時に困ったこと」などで構成した。

表-4 帰宅成功率モデルの推定結果

説明変数	係数	t値
定数項	3.20	12.21
自宅までの距離	-0.10	-12.55
徒歩帰宅ダミー (徒歩のみ:1, それ以外:0)	-1.53	-7.937
性別(男性:1, 女性:0)	0.63	3.107
子供の有無(なし:1, あり:0)	0.17	0.914
移動経路に関する情報がない (困った:1, 困らなかった:0)	-0.92	-5.057
ρ 2値	0.640	
的中率	73.6%	

推定結果を表-4に示す。表で示すモデルは帰宅成功可否モデルであり、パラメータが正であれば、移動の選択確率を高めることを表わす。

推定値のt値は子供の有無以外は、2.58以上であり、99%有意であることが確認された。

性別に関するパラメータは正であることから、女性より男性の方が、帰宅に成功する確率が高まることを示している。「自宅までの距離」のパラメータや徒歩帰宅ダミーに関しては負の値を示しており、自宅までの距離が長くなるほど、また徒歩のみで移動を試みると帰宅に失敗する確率が高めていることがわかる。

「移動経路に関する情報がないこと」のパラメータは負の値を示している。これは「移動経路に関する情報に困った」は帰宅失敗の確率を高める要因であることを示している。

7. まとめと今後の展望

本研究では、東日本大震災により発生した帰宅困難者を対象に Web アンケート調査を行い、当日の行動を分析した。そして、地震発生時に居た場所に留まるか否かを表すモデルと、自宅への移動を試みた際に、その試みが成功するか否かを表すモデルを推定した。その結果、移動を促す要因には、「性別」「家族や知人などと連絡がとれないこと」などがあり、また、移動開始後に帰宅を断念する要因として「自宅までの距離」「性別」「徒歩以外の移動手段

がないこと」「移動経路の情報がないこと」などがあることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 国土交通省：大都市交通センサス首都圏報告書，2007.
- 2) 下原祥平，渡邊泰史，島崎敏一，金子雄一郎：地震発生時における東京都内滞在者の帰宅行動モデル，社会技術研究論文集，Vol.7, pp. 45-53, 2010.
- 3) 大佛敏奏：大地震時における都市内滞留者の帰宅意思と帰宅行動，日本建築学会計画系論文集，第73巻 第634号, pp. 2679-2687, 2008.
- 4) 廣井悠：東日本大震災における首都圏の帰宅困難者について，2011.

Analysis of travel behavior of the commuters suffered from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

In Japan, several big earthquakes are expected to occur in the Tokyo Metropolitan Area in the near future. It is expected that many commuters will have difficulties in returning to his/her home from damaged area. Moreover, it is required to prepare enormous needs for evacuation center, iron ration, toilet and so on. Therefore, it is necessary to develop the methods for completing return to his/her home from damaged area. In this research, travel behavior of the commuters suffered from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake is analyzed using data which is collected by web based questionnaire survey. As a result of data analysis, the travel behavior is influenced by some factors.