

首都圏鉄道運行停止時の帰宅行動 に関する分析

杉山 茂樹¹・高田 和幸²

¹学生会員 学士（工学） 東京電機大学大学院 理工学研究科（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）

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

²正会員 博士（工学） 東京電機大学 理工学部（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）

(E-mail:takada@g.dendai.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の麻痺により外出先からの帰宅に困難を強いられるケースや断念を余儀なくされるケースが多数発生した。そこで本研究では、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、自宅への帰宅を希望した者の帰宅の成否（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。また生存分析を用いて、徒歩帰宅者の帰宅確率を推定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 : 帰宅困難者, 帰宅率, 徒歩帰宅者, 生存時間分析

1. 研究の背景と目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災は東北・北関東地方をはじめとする多くの地域に甚大な被害をもたらした。一方、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⁾といわれており、また東京首都圏では、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るや断念を余儀なくされるケースが多数発生した。

本研究では、帰宅断念者および徒歩帰宅者の両者に焦点を当て、これらを「帰宅困難者」と定義し、帰宅困難者の行動特性について分析した。

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。

次の有事の際の帰宅を含めた避難誘導の在り方を検討する上で、今回の震災発生時のデータを用いて、帰宅行動の特性を明らかにすることは、有意義であると考えられる。

そこで本研究では、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、主に自宅への帰宅を希望した者の帰宅の成否（帰宅率）について分析した。

はじめに被災者の帰宅希望場所に関する基礎的考察を行い、次に自宅希望者の帰宅率についての基礎

分析を行う。最後に、徒歩により帰宅を試みた人の帰宅の確率（以下、帰宅率）を推定するモデル（以下、帰宅率モデル）の構築を行う。これらの結果を踏まえ、今後30年以内に高確率で発生するといわれている首都直下型地震に対しての施策を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、当日の滞在場所の割合を算定した。

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場所の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%)」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あり、か

表1 アンケート調査概要

調査手法	インターネット調査	
調査対象者	・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、緊急避難場所、商店・飲食店、建物内/その他であった人	
質問内容	質問項目	・地震発生時の場所 ・地震発生日の夜の滞在場所 ・宿泊意思 ・帰宅/移動経路 ・帰宅困難意識
	個人属性	・性別 ・年齢 ・婚姻の有無 ・子供の有無 ・居住地 ・職業 ・年収

つ当日「不便だったが帰宅できた」「不便だったので帰宅を諦めた」と回答した人に、当日の滞在場所を質問した。

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。そこで滞在場所ごとの特性比較ができるよう、本調査実施に際しては、滞り場所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、最終滞在場所のシェアが満たされるように、滞り場所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「滞りした場所の住所」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

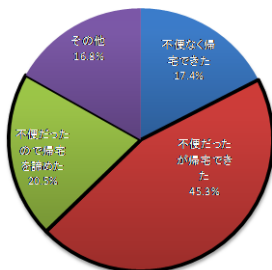


図1 当日の帰宅状況 (N=60000)

表2 標本抽出結果

最終滞り場所	無作為抽出標本数 (N)	シェア	層(滞在地)別標本数 (S)	層別抽出率 (S/N)	拡大係数 (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		

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. 距離と滞り希望場所との関係

分析には、移動開始場所と滞り希望場所がいずれも1都3県(東京、千葉、埼玉、神奈川)内にあるデータのみを使用した。ここでは、当初の滞り希望地を「自宅」、「自宅以外」、「勤務先滞り」の3種に区分した。図2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ものである。このグラフから、自宅までの距離が遠くなるにつれて自宅希望者の割合が低下して、滞りを希望する割合が高まること、また自宅からかなり遠く離れていても、40%ほどの人は自宅での滞りを希望していたということが見てとれる。

図3は自宅までの直線距離別の希望滞り場所までの累積シェアを表したものである。このグラフから自宅希望者は自宅以外希望者や滞り者に比べて、距離が短い段階での累積シェアの増加が大きい。また滞り希望場所別に自宅までの平均距離を見てみると、自宅希望者が18.1km、自宅以外望者が24, 7km、滞り希望者が23.3kmとなっており、このことから自宅希望者の自宅までの距離は他に比べて短いということが明らかとなった。

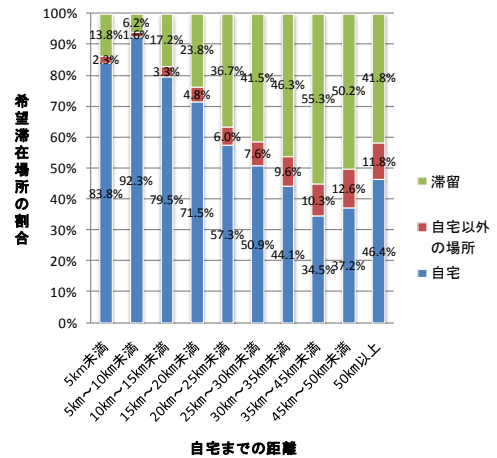


図2. 自宅までの距離と希望滞り場所との関係

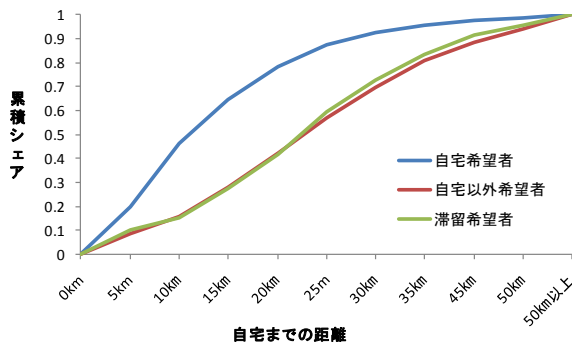


図3 距離別の希望滞在所までの累積シェア

4. 帰宅率に関する基礎分析

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する。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した。

(1) 性別による比較

性別と帰宅率の関係を図4に示す。図の横軸は、自宅までの最短距離を表している。この図から、男性は女性に比べて帰宅率が高い傾向が見られた。また自宅までの距離が離れていく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も影響を及ぼしているためと考えられる。

(2) 年代による比較

年代と帰宅率との関係を図5に示す。なお、10代及び60代については標本数が少なかったため、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。

(3) 子どもの有無による比較

子どもの有無と帰宅率の関係を図6に示す。図の横軸は自宅までの最短距離である。全体的な傾向として若干ながら子供がいる人の方が帰宅率が高いことが見てとれる。

(4) 未既婚による比較

未既婚と帰宅率の関係を図7に示す。図の横軸は自宅までの最短距離である。既婚者、未婚者の帰宅率に明確な相違は見受けられなかった。

(5) 利用交通手段による比較

複数の交通手段を利用した人については、最も長い時間を移動した交通手段を利用するものとした。また、自転車・バイクについては、データ数が少なかったため分析対象外とした。

図8は、交通手段毎の帰宅自宅までの徒歩における最短距離ベースでみた主な利用別の帰宅率を示している。ここで、徒歩による帰宅者は、他の利用交通手段に比べ、自宅までの距離が長くなるにつれて帰宅率の減少度合いが大きい。

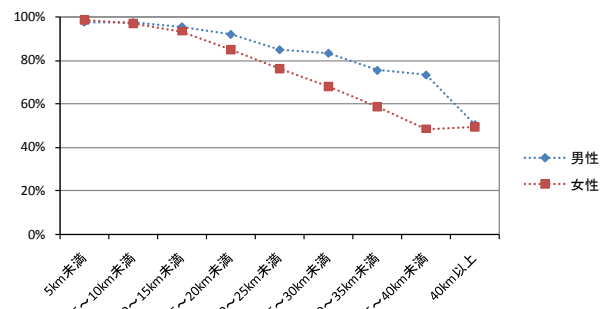


図4 性別と帰宅率の関係

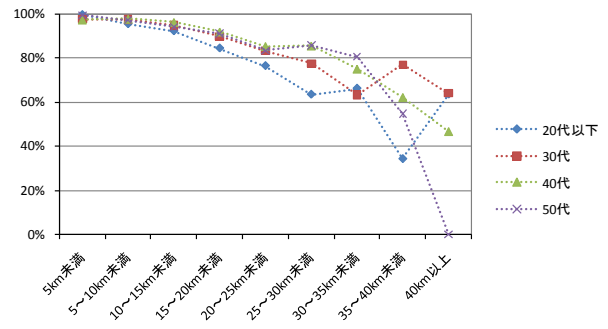


図5 年代と帰宅率の関係

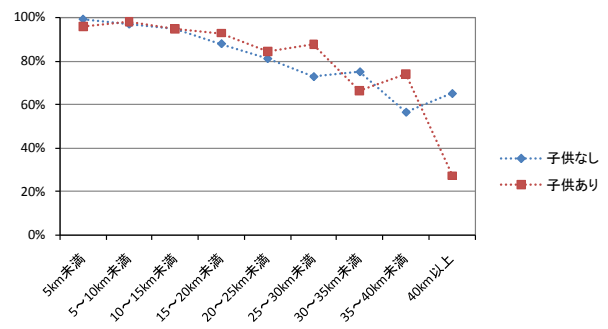


図6 子供の有無と帰宅率の関係

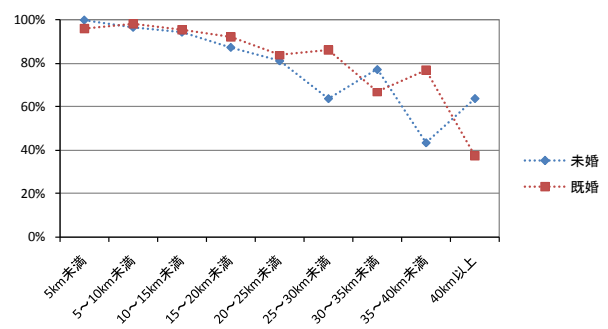


図7 未既婚と帰宅率の関係

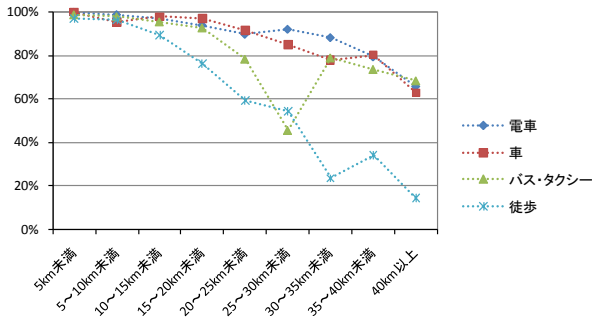


図8 利用交通手段と帰宅率の関係

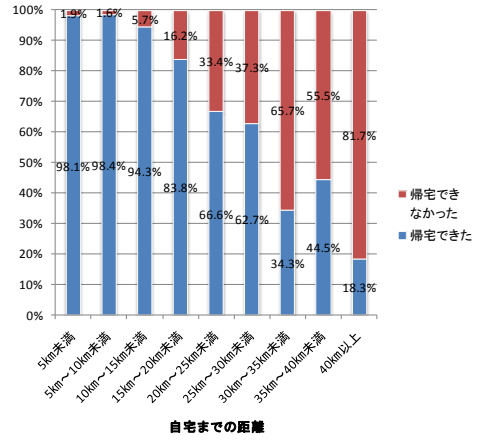


図10 自宅までの距離と帰宅の可否

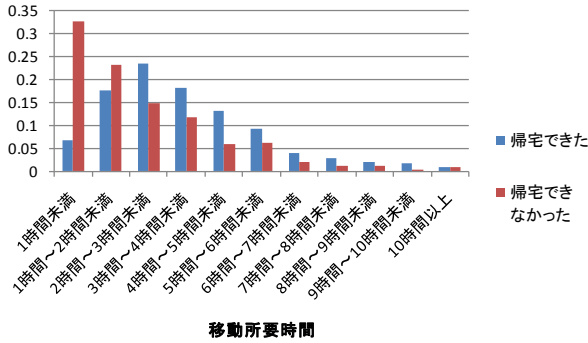


図9 帰宅の可否別帰宅所要時間

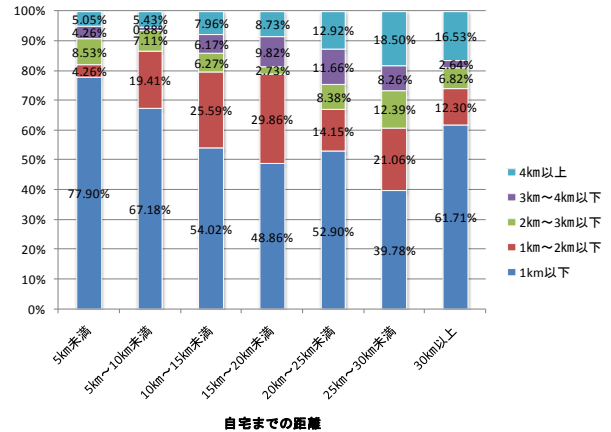


図11 自宅までの距離と迂回距離の関係

5. 徒歩帰宅者に関する分析

4章の分析結果を踏まえ、徒歩帰宅者の行動について分析する。ここで、徒歩帰宅者とは、移動を開始してから最終滞在場所にたどり着くまでに徒歩以外の交通手段を利用していない人にとした。

(1) 所要時間について

図9は最終滞在場所までの所要時間のヒストグラムである。図から帰宅できた人の方が帰宅できなかった人に比べ所要時間が長くなっていることが見てとれる。移動時間は2~3時間が約25%で最も多い。帰宅できなかった人の移動時間は1時間未満で約32%で最も多い。

(2) 自宅までの最短距離について

図10は自宅までの最短距離ベースでみた帰宅の可否を示している。全体的な傾向として距離が長くなるにつれて、帰宅できた人の割合は減少している。帰宅できた人の割合は距離が5km以下の場合には98.1%でほとんどの人が帰宅できている。一方、40km以上と長距離であっても13.3%の人が帰宅したという結果であった。

(3) 迂回距離について

迂回距離とは、自宅までの最短距離と、実際に移動した距離との差を算出した。図11は迂回距離と自宅までの距離の関係を示している。自宅までの距離が長くなるにつれて、迂回距離も長くなるという傾向が見てとれる。

(4) 帰宅成功率について

本研究では、ある事象が生じ終了するまでの時間を解析の対象とする生存分析を用いて帰宅確率モデルの推定を行った。また、本研究では、ワイブル分布を仮定した比例ハザードモデルを用いて分析を行った。ハザード関数は式(1)で示される。

$$h(t) = \gamma \lambda t^{\gamma-1} \exp\left(\sum_{i=1}^m \beta_i x_i\right) \quad (1)$$

λ : 形状パラメータ,

γ : スケールパラメータ,

β : 共変量のパラメータ

このとき、帰宅率を表わす関数は式(2)であらわされる。

$$S(t) = \exp(-\lambda t^\gamma \exp(\beta x_i)) \quad (2)$$

推定結果を表3に示す。共変量の係数の符号について説明する。符号がマイナスの場合は、共変量の増加に伴い、帰宅確率も増加することを表わしている。係数を見てみると、性別については男性のほうが帰宅率が高くなり、また子供の有無については子供がいる人ほど帰宅率が高くなるという結果が得られた。性別、子供の

有無に関してはt値が2.58以上であり、99%有意であることが確認された。また図12は、個人属性ごとの徒歩による帰宅率を表したものである。個人属性については、性別と子供の有無で考慮した。図に示す通り、個人属性の違いによって帰宅率に大きな差が生じた。このことは、今後の有事の際の避難行動を検討する際にも考慮が必要と考えられる。

6. 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、主に自宅への帰宅を希望した者の帰宅の成否(帰宅率)について分析した。分析の結果、自宅希望者の帰宅率については、性別や年代、子供の有無、利用交通手段などが影響要因であることが確認できた。この結果をもとに、生存分析を用いて徒歩帰宅者の帰宅成功確率モデルの構築を行った。その結果、帰宅成功確率を表現することができた。今後の課題としては、帰宅成功確率モデルに個人ごとの歩行速度や自宅までの到達度合い、帰宅経路や鉄道の運行状況に関する認知度などを導入し、モデルの精緻化を図る。

表3パラメータの推定結果

共変量		係数	t値	
x1	性別	1:男性, 0:女性	-0.317	-3.60
x2	子供の有無	1:子供無, 0:子供有	0.241	2.59
x3	年齢	才	0.00532	1.09
x4	迂回距離	(km)	-0.000543	-0.03
γ	スケールパラメータ	-	1.573	22.49
λ	シェイプパラメータ	-	0.03921	15.62

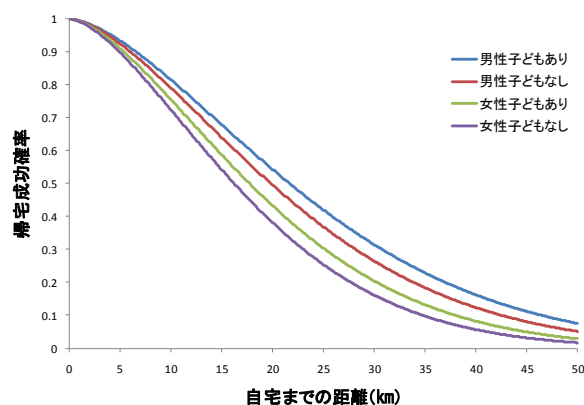


図12自宅までの距離別の徒歩帰宅成功率

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，渡邊奏史，島崎敏一，金子雄一郎：社会技術研究論文集：地震発生時における東京都内滞在者の帰宅行動モデル，Vol.7,45-53，2010
- 3) 大佛敏奏：日本建築学会計画系論文集 第73巻 第634号，2679-2687，2008年12月
- 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-社会調査と分析-