

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-

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻
助教 廣井悠
(hiroii@fse.t.u-tokyo.ac.jp)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は東北地方を中心に多大な被害をもたらしたが、関東地方においても帰宅困難や電力の供給不足による計画停電など様々な問題が顕在化した広域災害であった。著者らはこの一連の災害について、特に首都圏を中心とした社会調査によって地震後の二次的な社会問題の実情を探っている。

本稿で対象とする現象は、首都圏における帰宅困難者問題である。一般に大都市においては、周辺のベッドタウンなどから鉄道を用いて日中に大量の人口が集中することが知られている。第10回大都市交通センサス¹⁾によると、首都圏における1日の鉄道利用者数は約4,000万人とみられており、近畿圏の約1,300万人、中京圏の約300万人と比べてもその量は圧倒的に多い。また、首都圏における日常的な鉄道利用者(通勤・通学定期利用者)の数は約950万人であるが¹⁾、千葉県・埼玉県・神奈川県を出発地とする通勤・通学者の約半数が東京23区を目的地としている。なお、その平均所要時間は約68分を数えるなど(図1)²⁾移動の多くは鉄道に依存しており、また朝夕に集中しており、どのような理由であれ日中にひとたび鉄道が停止すれば大量の帰宅困難者が発生することは避けられそうにない状況といえる。

本稿で議論する帰宅困難者の、主な定義を以下に3つ挙げる。ひとつは中林(1992)³⁾によるもので、ここでは帰宅困難者を「15歳以上の就業就学者のうち帰宅距離が長く、通常の交通手段が破損したときに徒歩による帰宅が著しく困難となる人」と記述されている。また東京都の東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(1997)³⁾では帰宅困難者を「自宅が遠隔なため、帰宅をあきらめる人々や、一旦徒歩で帰宅を開始したものの途中で帰宅が困難となり、保護が必要になる人々」と定義している。もうひとつは中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」⁴⁾によるもので、ここでは地震発生時外出している者のうち、近距離徒歩帰宅者(近距離を徒歩で帰宅する人)を除いた帰宅断念者(自宅が遠距離にあること等により帰宅できない人)と遠距離徒歩帰宅者(遠距離を徒歩で帰宅する人)を帰宅困難者として定義している。後者については、遠距離徒歩帰宅者を明示的に帰宅困難者として扱う点に特徴がある。

ところで、このような災害時における帰宅困難者対策については、東日本大震災の発生以前にも積極的な議論が行われてきた。主要な学術研究として中林(1992)を挙げることができる。ここでは宮城県沖地震など各種避難・帰宅行動データなどから「帰宅距離10kmまでは



写真1 当日(11日 22:59)の状況
(廣井が東京大学工学部14号館(本郷キャンパス)より撮影、夜遅いので歩行者は既に疎らとなっている)

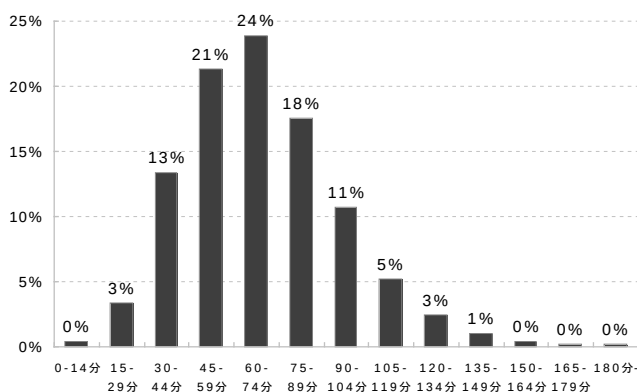


図1 首都圏における通勤・通学所要時間分布(平常時)

100%帰宅でき、それ以降は 1km 増すごとに帰宅可能率が 10%減り、20km ですべての人が帰宅困難になる」という帰宅限界距離を論じており、これは多くの自治体で被害想定における帰宅割合の根拠として頻繁に用いられている。これに加え、首都圏では中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」が帰宅困難者の推計と帰宅行動シミュレーションの試算を行っており、これにあわせてトイレ需要の試算や各種訓練⁽³⁾、災害時帰宅支援ステーションや災害時サポートステーション⁽⁴⁾などが検討されている。特にその数の推計については、PT 調査等を用いて居住地域外への外出者数を算出したのち⁽⁵⁾、震度 5 強の場合に鉄道などほとんどの交通機関が停止・運休すると仮定したうえで、東京都で約 390 万人、首都圏で約 650 万人が帰宅困難になることが想定されている。

2. 首都圏における帰宅困難者の発生状況

このような状況のもとで、2011 年 3 月 11 日(金)に東日本大震災が発生した。これにより首都圏の鉄道は地震直後から、そのほとんどが運転を見合わせることとなった。一般に、地震が発生すると鉄道事業者は揺れの大きさに応じて速度規制や運転見合わせを行うことが定められているが、今回は安全確認が求められる揺れの大きさであった⁽⁶⁾。一方、路線バスは早期の復旧を可能としているものの、そもそもの輸送力の違いに加え、各ターミナル駅周辺で長蛇の列と渋滞が発生し、鉄道交通の代替となることはできなかった。また、JR 東日本は 18 時半前後に首都圏と東北地方の終日運休を決定している。これは「点検する路線が長く範囲も広い。今回の地震は広い範囲で大きな揺れが起きた初めての事態。安全確認ができない限り運転再開はしないと決めた」、「社内の対策本部で被害情報を集めた上で復旧が難しいと判断し、11 日には再開しないと決めた」「運転再開を期待して駅に乗客が集まり、結局再開できなくなれば余計混乱を招く」(以上全て JR 東日本)との理由からであったという⁽⁷⁾。他方で 20 時半前後、銀座線と半蔵門線の一部区間が運行を再開するが、あまりにも多くの利用者が押し寄せたため、再度運転見合わせを行っている。その後、午後 9 時前より夜半にかけて一部私鉄や地下鉄が順次運転再開をし、東京メトロと都営地下鉄は終夜運転を行った。翌日、JR 東日本が運転を開始し、12 時には東京駅 30km 圏内における全路線の 90%が運転を再開している(ただし営業キロベースでの再開率、詳細は図 2)。その後、4 月 20 日に国土交通省は首都圏の鉄道事業者をメンバーとする協議会を設置し「今後、各事業者と今回の対応を検証するなどして、大地震が発生した際の鉄道の運転再開方法について、一定のルール作りを目指す」方針であるという⁽⁸⁾。またその際、鉄道事業者の声として、「想定を超える混乱の中で、まず自社路線を少しでも再開することで精いっぱいだった」などの意見が寄せられている⁽⁹⁾。

図 3 は、3 月 11 日 23 時 45 分時点における鉄道の再開・見合わせの状況である⁽⁸⁾。ここで再開した路線は、東京メトロで半蔵門線(全線)、有楽町線(池袋-新木場間)、南北線(全線)、千代田線(北千住-表参道間)、銀座線(全線)、丸ノ内線(全線)、東西線(高田馬場-妙典間)、日比谷線(上野-中目黒間)、都営地下鉄で浅草線(西馬込-浅草橋間)、三田線(三田-西高島平間)、大江戸線(全線)、新宿線(新宿-本八幡間)、都電荒川線(全線)、京王電鉄(全線、各

駅停車のみ)、西武鉄道(山口線など一部除く)、東京急行電鉄(全線)である。このように東京都内はともかく、他県、特に埼玉県や千葉県への鉄道による帰宅がこの時点ではいまだ限定的であったことが示唆される。

このような状況のもと、行政は当日 17 時半ごろに枝野官房長官が無理な帰宅は控えるよう会見を行った。それとともに、九都県市は災害時帰宅支援ステーションに水道水やトイレや情報の提供を要請している。また都や区市町は一時避難場所として 1,000 か所の避難場所を用意し、例えば東京都は都庁舎をはじめとした公的施設を開放しているほか、民間施設、国の施設、教育機関も順次受け入れを開始している⁽⁷⁾。しかし当日夕方より主要幹線道路には歩行者があふれ道路は車で渋滞が続くなど、結果的に首都圏において多くの帰宅困難者が発生した。

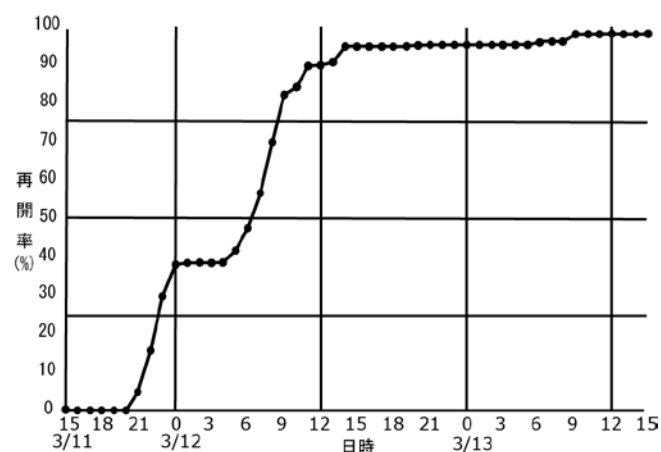


図2 当時の東京駅 30km 圏内における鉄道再開率(%) (国土交通省(2011)⁹をもとに筆者が作成)



図3 3月11日23時45分の状況(黒：運行、灰：運休)

3. アンケート調査の概要

以上のように、わが国においてここまで多くの帰宅困難者が発生したケースは初めてであることを考えると、この実態を正確に把握するための基礎資料を収集し、帰宅行動の意思決定の如何と今後の帰宅困難者対策に向けた方針を模索することは意義ある試みといえる。そこで、当日の帰宅状況を詳細に探るため、著者らは社会調査を行うこととした。この概要は表 1 の如くなる。当日の帰

宅行動は、鉄道の復旧や道路等の状況によって大きく変わるものと考えられる。したがってなるべくサンプルに偏りがないよう、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、の居住者のうち、地震時に外出していた回答者を調査対象とすることとした。そこで上記のような対象者の回答を集めるため、本調査の前にスクリーニング調査を実施し、登録モニター10,000人のなかから、地震発生時に外出中であったサンプル2026人を抽出し、本調査を実施している^⑧。このもとで、当日の帰宅状況や帰宅の判断材料、安否確認の有無、当日のトリップなどを尋ねた。特に後者は、地震発生時の帰宅状況を出発時刻と出発の場所、立ち寄り時刻と立ち寄りの場所、帰宅時刻と帰宅の場所、そしてそれらの交通手段をそれぞれのサンプルに尋ねており、これは人間の記憶の曖昧さを考慮すると、地震発生から約2週間後という調査期間でこそ成し得る貴重なデータといえよう。この他、別サンプルを対象として同じ調査期間で計画停電・買い物行動についても同時にアンケートを実施したが本稿では省略する。

表1 アンケート調査の概要

調査エリア	東京都(507名), 神奈川県(506名), 埼玉県(505名), 千葉県(508名)
調査期間	2011年3月25日～2011年3月28日
調査実施方法	インターネット調査
調査主体	東京大学, 東洋大学, サーベイリサーチセンター
回収状況	回収数2026サンプル

(1) 当日の帰宅状況

はじめに、当日の帰宅状況について述べる。図4のように、調査対象者のうち地震当日に自宅に帰れた人は80.1%に留まった。他方で自宅に帰らず会社に泊まった人は11.6%、自宅に帰らず会社以外の場所に泊まった人は6.3%であった。さらに自宅に帰ろうとしたが途中で諦めた人は2.0%いたこともわかった。

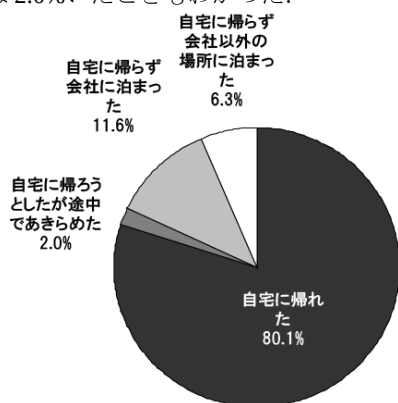


図4 地震当日の帰宅状況(1都3県, N=2026)

また、地震発生時の滞在場所別に帰宅状況をみると、大きな地域性を読み取ることができる。地震当日に自宅に帰れた人は東京都にいた人で67.8%、神奈川県にいた人で87.8%、千葉県で89.6%、埼玉県で93.5%であった^⑨。特に東京都では、自宅に帰らず会社に泊まった人が19.9%、自宅に帰らず会社以外の場所に泊まった人が8.8%、自宅に帰ろうとしたが途中で諦めた人が3.5%と帰宅できなかった人が首都圏全体の中でも特に多かった(図5)。

他方で居住地区別にみると、地震当日に自宅に帰れた人は東京都で84.8%、神奈川県で81.8%、千葉県で

76.4%、埼玉県で77.4%である。図6は地震発生時の居場所と居住地のペアを図示したものである。これによると、サンプル数の関係もあり値がばらつくものの、おおむね地震発生時に居住地とは別の都府県にいる外出者の帰宅率がきわめて低いことが明らかになった。

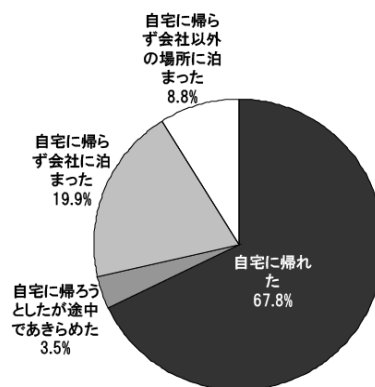


図5 地震当日の帰宅状況(東京都のみ, N=910)

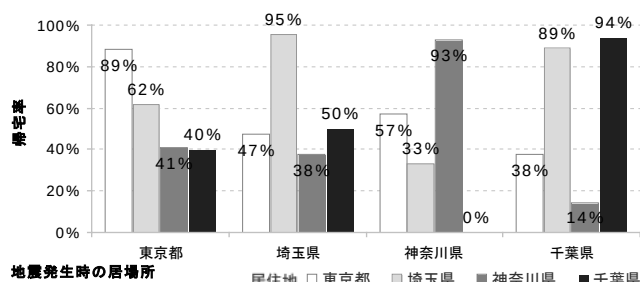


図6 地震発生時の場所と居住地別の帰宅率(N=2026)

次に、帰宅状況と平常時の通勤・通学時間の関係について述べる。自宅に帰れた人のうち、通勤・通学時間の平均は40.6分であり、そのうち68.6%が通勤・通学時間が1時間未満であった。このことから、当日は80%近く(東京では約68%)が帰宅したとはいえ、帰宅者は自宅が近い人が相対的に多い。なお、通勤・通学時間が1時間半以上で自宅に帰った人はわずか47.1%であった(車通勤者など含む)。一方、自宅に帰ろうとしたが途中で諦めた人、自宅に帰らず会社に泊まった人、自宅に帰らず会社以外の場所に泊まった人の通勤・通学時間平均はそれぞれ70.6分、74.7分、66.5分であった(図7)。このことから、無理に帰宅を試みたケースもあったとはいえ、自宅の遠い人は会社に泊まるなどして都内に滞留した人がかなりいたことが判明した。

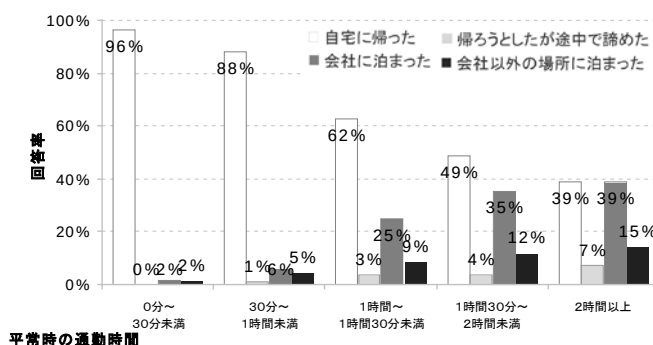


図7 帰宅の有無と通勤・通学時間の関係(N=2026)

帰宅を試みた外出者1663名に、帰宅する際にどのような困難があったかを尋ねた。その概要を図8に示す。多い順に、携帯電話が通じなかった(31.2%)、屋外に長時

問いたため体が冷えた(12.8%), ひとりだったので不安だった(11.3%)と続く。特にないと答えた人は 41.6%であるため、首都直下地震発生時に比べ被害が軽微であったとしても、やはり 6 割以上の回答者が何らかの困難性を認知していたことがわかった。なお、自宅に帰ろうとしたが途中で諦めた人では、屋外に長時間いたため体が冷えたが 47.5%であり最も多いほか、特にないと答えた人は 10.0%であり、多くが困難性を感じている。さらに、今回の地震で何が困ったかについては、全体では携帯電話がかかりにくかったが 71.1%で一番多く、次いで鉄道等の公共交通機関がストップした(46.4%), 家族との連絡が取れなかった(37.5%), 固定電話が通じなかった(35.2%), 携帯メールが通じなかった(32.9%)となっているが、なかでも地震当日自宅に帰れなかった人たちについては、帰宅できなかった、携帯電話がかかりにくかったという回答が目立った。特に自宅に帰ろうとしたが途中で諦めた人たちの多くは家族と連絡できなかった、携帯メールが使えなかったと回答しており、携帯メールの頑強性や安否の有無が無理な帰宅を留めるためのキーポイントになるであろうことが予想される。

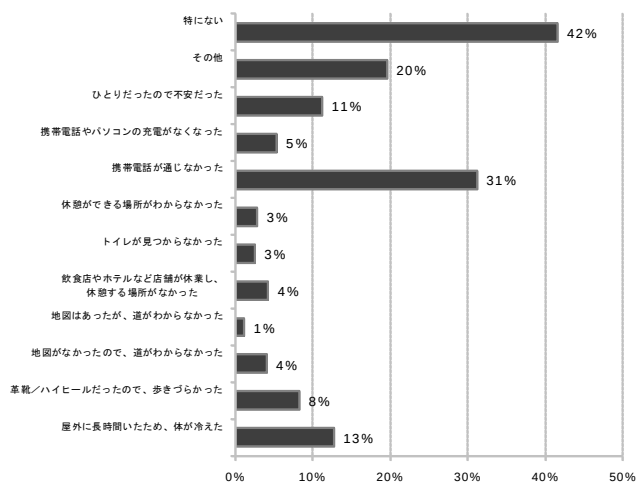


図 8 帰宅時の困難(帰宅者のみ, N=1663)

市街地火災に巻き込まれる、緊急車両の通行を阻害するなど一斉帰宅者の存在が 2 次被害に繋がりをうる可能性も無視できず、より一層の対策が今後必要とされる。

(2) 求められた情報や帰宅行動の根拠

次に、今回求められた情報や帰宅行動の判断に用いられた情報についての概要を記す。図 10 は、地震直後に知りたかった情報を示したものである。一番多かった回答は、今回の地震についての震源地や規模等の情報(79.2%)であり、ついで家族の安否や居所(66.5%), 自分の住む地域にどのような被害が起こっているかについての情報(58.9%), 余震の可能性やその規模(47.2%)が続いた。なお自分の住む地域にどのような被害が起こっているかについての情報については、千葉県において特に高くなっていった(67%)。これは地震当日から広がった「石油火災によって有害物質の混じった雨が降る」などのチェーンメールが流れたことに何らかの影響があるものとも推察される⁽¹⁰⁾。このことより、自分の住んでいる地域に関する情報のニーズは極めて大きく、場合によっては一斉帰宅の抑制に際して、災害用伝言ダイヤル(171)のような個人単位の安否情報だけではなく、地域の被害情報を何らかの形で集約して流すことも検討すべきと考えられる。

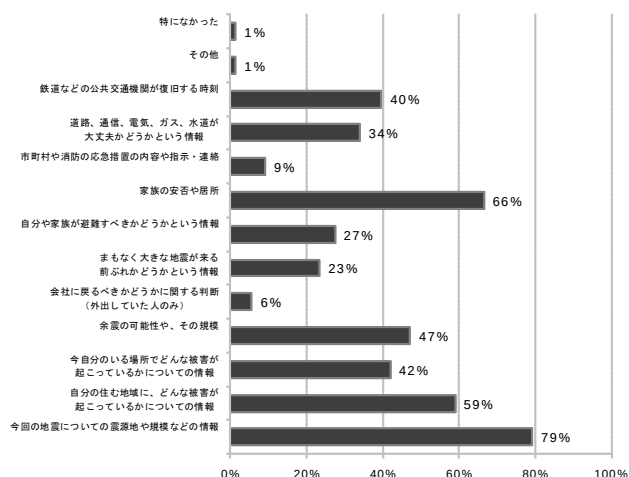


図 10 地震直後知りたかったこと(N=206)

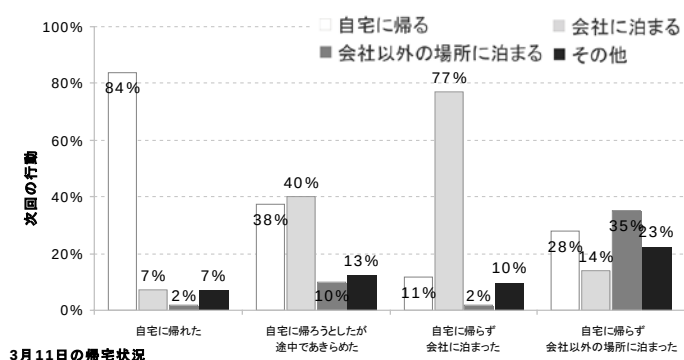


図 9 今後このような状況になったら(N=206)

今後このような状況になったらどうするかという質問の回答を図 9 に示す。これより、自宅に帰れた人と自宅に帰らず会社に泊まった人は、一部を除いておおむね今回と同じ行動をとるであろうことが予想される。もし近い将来、首都直下地震などによって再度大量の帰宅困難者が発生した場合、被害の様相が異なるにもかかわらず今回の経験をよりどころにして同じ行動をとるとすれば、

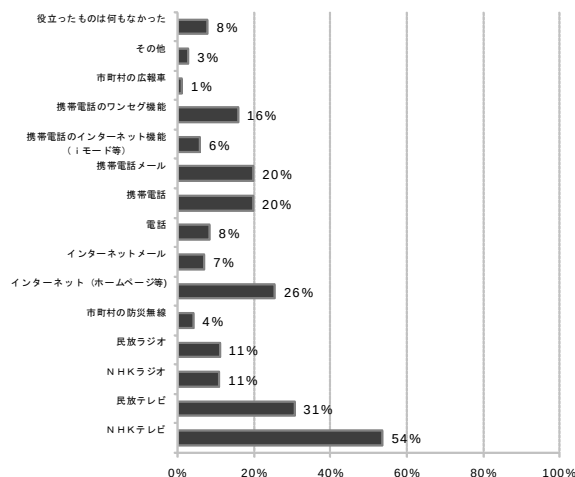


図 11 情報を得るために役立ったもの(N=206)

さらに、情報を得るのに役立ったものを尋ねた。その結果が図 11 である。多くの回答者がテレビ、それもNHK(53.7%)を役だった情報源として挙げており、次いで民放テレビ(30.6%)、インターネット(25.5%)、携帯電話メール(19.9%)、携帯電話(19.8%)、携帯電話のワンセグ機能(15.8%)を挙げている。当日、インターネットは首都圏ではほぼ通常通りに機能したとはいえ、情報の集約に多少の煩雑さが伴うためか、総じて役だったと答えた回答者は少ない。なお、年齢が若いほどインターネットや携帯電話を役だったとする人が多く、逆に年をとるほど NHK テレビを役だったとする人が多かった。また後にも示すが、学校施設関連の情報は多くがテレビやラジオによって取得されていた(69.1%)。

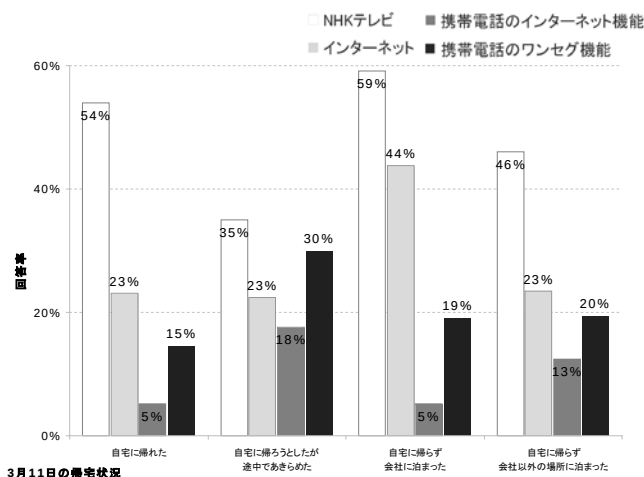


図 12 情報を得るために役立ったもの (帰宅状況別、抜粋、N=2026)

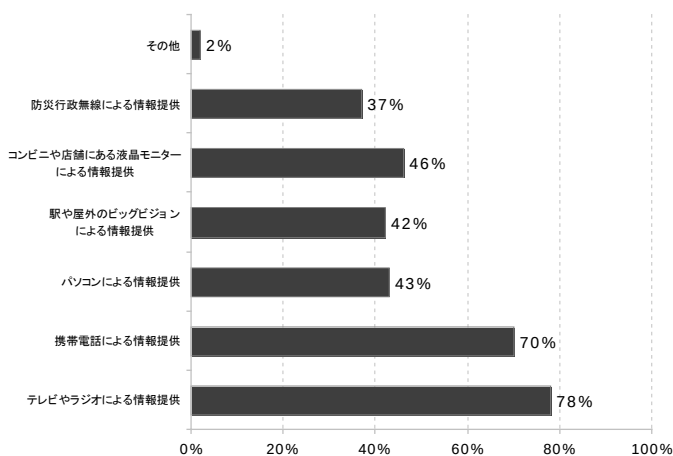
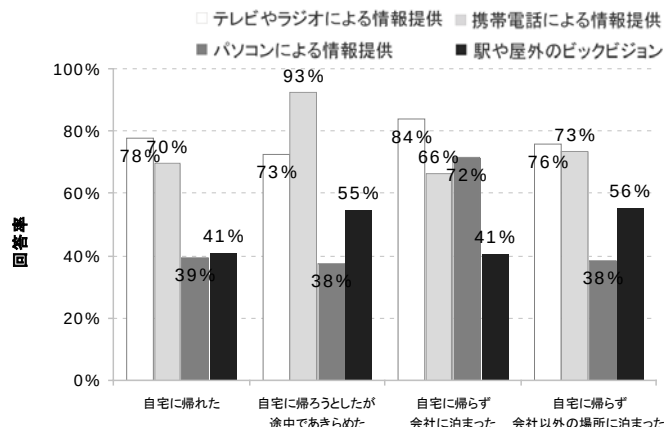


図 13 今後どのような情報提供を望むか (N=2026)

ところで、今後このような状況時にどんな情報入手手段がよいかを尋ねた結果、役だった手段と同様、テレビやラジオによる情報提供(78.1%)が多いが、それに次いで携帯電話による情報提供(70.1%)が多いことがわかった(図 13)。特に後者については、自宅に帰ろうとしたが途中で諦めた人の実に 92.5%が携帯電話による情報提供を望んでいる。これは、いったん帰宅行動を開始しはじめるとテレビなどによる情報提供は十分に望めず、移動中でも情報を取得できる携帯電話のメリットが大きく働くものと推察される。事実、その他これらの人たちは駅

や屋外のビッグビジョンによる情報提供やコンビニや店頭にある液晶モニターによる情報提供のニーズも高く、屋外にいてテレビによる情報収集が困難な人たちに対する情報の提供については課題が残ることも示唆された。



3月11日の帰宅状況

図 14 今後どのような情報提供を望むか (帰宅状況別、抜粋、N=2026)

表 2 は家族や知人との連絡手段を尋ねた結果である。今回は携帯メールが多少使用できたこともあってか(図 15)、災害用伝言ダイヤルを利用しようとした人はわずかに 6.4%であり、携帯電話の災害用伝言サービス(9.8%)よりも少なかった。これは利用の仕方が分からなかったという回答(18.8%)や、災害用伝言ダイヤルを利用しようとした人の約半数が繋がりにくかったと回答している点も含めて、今後に大きな課題を残したと言えよう。

表 2 家族や知人との連絡手段 (N=2026)

調査数	固定電話			携帯電話			携帯電話のメール			パソコンのメール		
	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった
2026	1272	745	9	1823	200	3	1708	306	12	609	1388	29
100.0	62.8	36.8	0.4	90.0	9.9	0.1	84.3	15.1	0.6	30.1	68.5	1.4

調査数	災害用伝言ダイヤル (171)			災害用伝言サービス (携帯)			災害用伝言サービス (PC)		
	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった	利用しようとした	た利用しようとしなかった	か利用しようとしなかった
2026	130	1515	381	199	1435	392	82	1557	387
100.0	6.4	74.8	18.8	9.8	70.8	19.3	4.0	76.9	19.1

上段：件数/下段：%

次に、帰宅できた人の帰宅判断の理由を示す。これについては、自宅までの距離から徒歩でも帰れそうだったからが 42.4%と一番多く、次いで交通機関を利用して帰れそうだったから(19.7%)、自宅に帰ってやるべきことがあったから(16.3%)となっている。ここで、家族と連絡が取れなく心配だったからは 11.7%であり、家族と連絡は取れたが心配だったからは 12.1%となっている。つまり、帰宅の意志については家族の安否のみならず、前出のように自宅の近辺にどのような被害があるか、および余震の懸念などが強く影響を与えるものと考えられる。他方、前者については、結果的に自宅に帰れた回答者と

帰れなかった回答者で違いがある。自宅に帰れた回答者は、自宅までの距離から徒歩でも帰れそうだったからが43.3%である反面、交通機関を利用して帰れそうだったからは19.2%であった。ところが帰れなかった回答者は、自宅までの距離から徒歩でも帰れそうだったからが7.5%であり、交通機関を利用して帰れそうだったからが40%となっている。

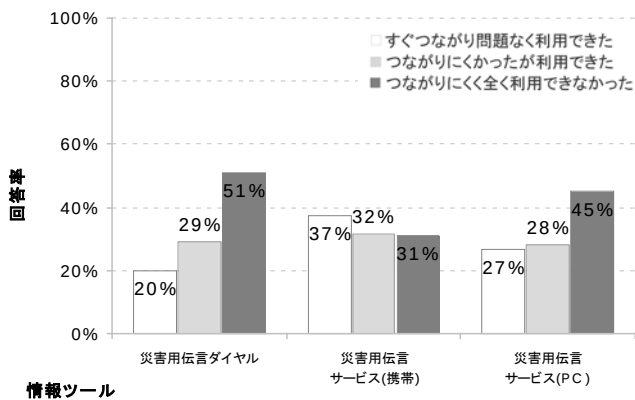
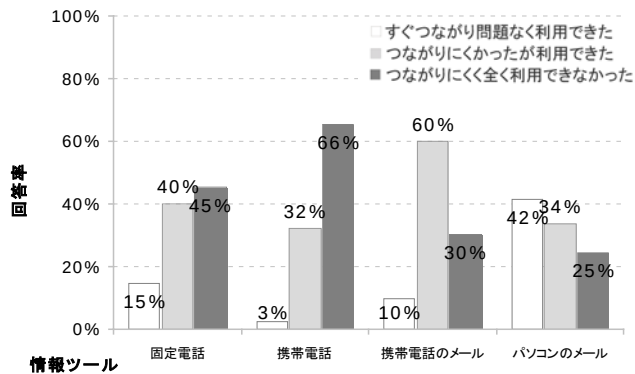


図15 当日の繋がり具合
(それぞれの情報ツールを利用しようとした人のみ)

帰宅しないことを判断した理由については、交通機関の復旧の目途が立たなかったからが一番多く77.2%であり、次いで徒歩で自宅まで帰るのは難しいから(48.9%)、職場や家族と連絡が取れたから(20.8%)、食糧や飲料水、就寝場所等を確保できたから(18.4%)と続く。前者については交通機関が運休などを決定し、その情報を早めに流すことで、外出者を早期に職場などへとどめることを可能にすることが示唆されるほか、自宅に帰らず会社に泊まった人の24.3%は職場や家族と連絡できたからと答えているなど(自宅に帰ろうと試みた人はその回答率が7.5%であった)、家族の安否確認が帰宅意志に大きな影響を及ぼすであろうことが予想される。

本調査では、帰宅困難者に関する支援や情報の認知度も尋ねている。これによると、学校施設の開放を知っていた人は56.8%であり、その多くはテレビやラジオの報道でその情報を入手していた(69.1%、ちなみにインターネットや人づてによる情報入手はそれぞれ10%程度)。実際に学校施設を使用した人は開放を知っていた人の3.7%であったが⁽¹⁰⁾、その情報を知らなかった人は55.4%が「もし知っていたら利用すると思う」と回答している。他方、ガソリンスタンドやコンビニにおける帰宅困難支援を知っていた人は38.3%にとどまった。実際に利用した人は支援を知っていた人の13.3%であったが、その情報を知らなかった人は83.4%が「もし知っていたら利用

すると思う」と回答している。

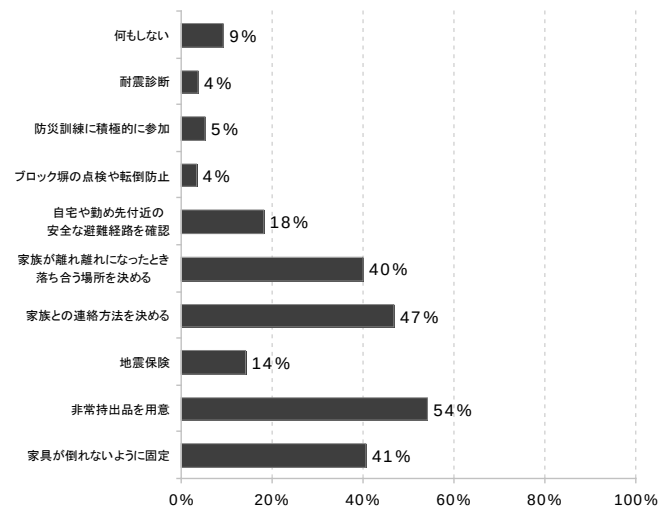


図16 今後の対策の意向 (N=2026)

今回の地震を教訓に、今後の地震災害にどのような対策を取ろうと思うかという設問の回答を図16に示す。これによると、非常用持ち出し袋や家具の固定、家族との連絡方法の決定など、余震対策として即時に行うことのできる対策の意向が高いことが見てとれる。反対に、耐震診断やブロック塀の転倒防止、地震保険等はおおむね低い値に留まっており、今回の震災で抜本的に防災意識が向上したとはこの設問から読み取ることはできなかった。

4. トリップデータの分析

続いて、アンケート調査によって得られた当日のトリップデータの分析を行う。トリップについては、分析に耐えるデータのみを使用することとし、データのスクリーニングを行った結果、1926サンプルが残った。そのため、以下はこの1926サンプルについての結果を示す。当日のトリップを全てGISデータに落とし、集計したものが図17、図18、図19、図20である。

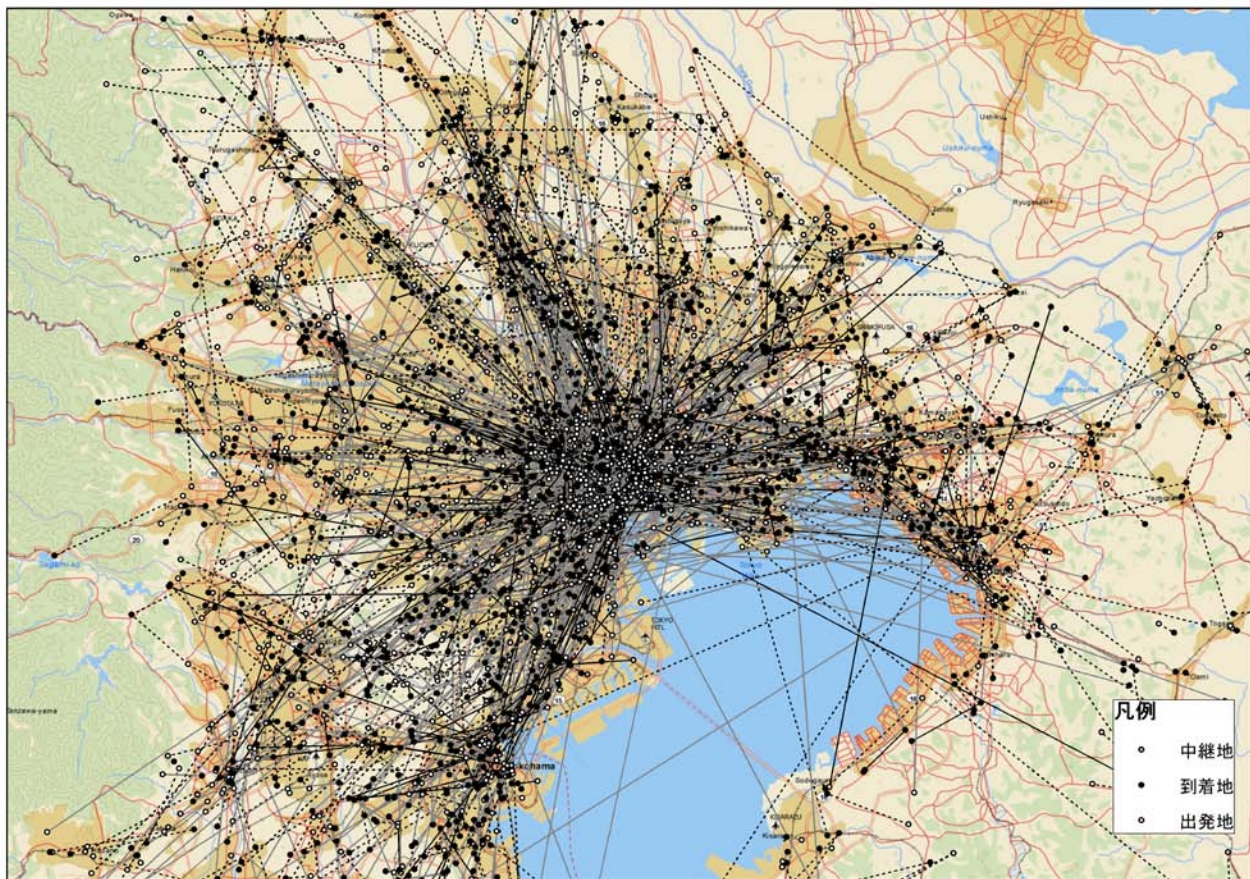


図 17 本研究で用いるトリップデータ(点線：自動車，実線：徒歩，灰線：その他，N=1926)

(1) トリップデータを用いた集計分析

図 21 は当日の主な交通手段を，図 22 は調査対象者の帰宅所要時間を示したものである(ただし，それぞれが帰宅行動を開始した時点からの計測であるため，時間軸はそれぞれによって異なり，また途中で休憩した回答者についてはその休憩時間も考慮している). 主な交通手段は徒歩(36.3%)，自動車(自分の運転する車が 23.6%，送迎が 7.0%)，鉄道・地下鉄(14.8%)，自転車(10.5%)の順で多く，また帰宅所要時間は1時間以上が 91%，2時間以上が 53%，6時間以上が 17%であり，図 1 と比較すると多くの人たちが長時間かけて帰宅したことが改めて明らかになった.

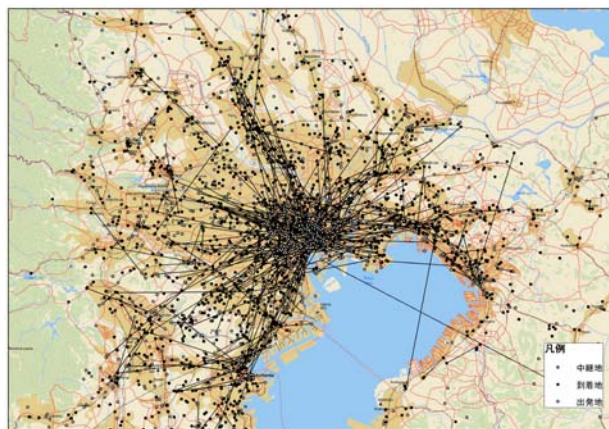


図 20 地震発生当日の帰宅トリップ(徒歩帰宅者のみ)

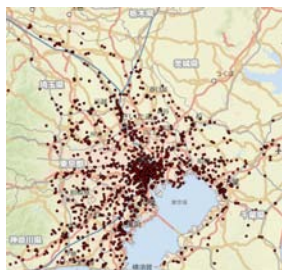


図 18 当日の出発地分布



図 19 当日の到着地分布

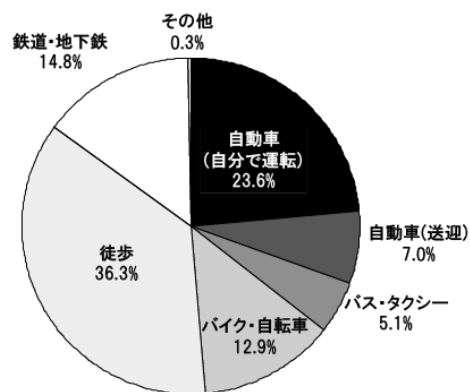


図 21 主な帰宅手段(N=1926)

図 23, 図 24 は東京都を出発とする回答者が平均何時間かかって到着地にたどり着いたかを主な交通手段、到着地別に整理したものである。図 23 は途中で立ち寄りを行わなかった回答者のみを示したものであり、図 24 は途中でどこかに立ち寄った人も含め算出している。立ち寄りを考慮しない場合、徒歩帰宅者は埼玉県で 5.5 時間、神奈川県で 4.8 時間、千葉県で 6.4 時間かかっており、復旧した鉄道路線が少なかった東京都から千葉県への徒歩移動はおおむね帰宅所要時間が長かったことがわかる。また鉄道利用者及び他県への移動者については一度中継地点に立ち寄って帰宅した人も多いことが分かる。

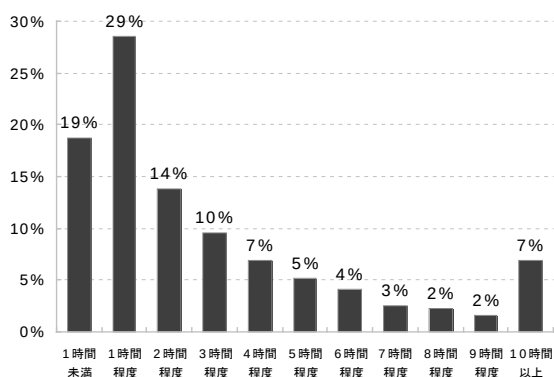


図 22 当日の平均帰宅所要時間 (N=1926)

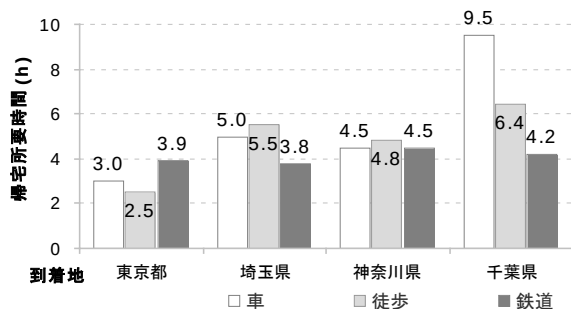


図 23 当日の東京都からの平均帰宅所要時間 (N=781)

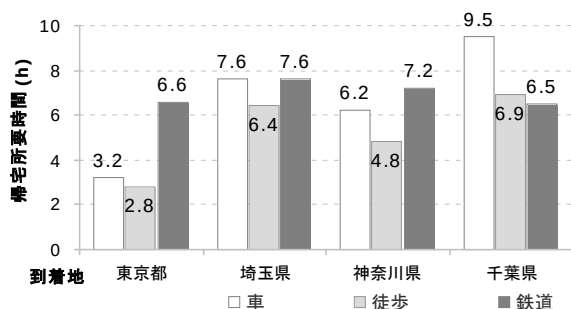


図 24 当日の東京都からの平均帰宅所要時間 (N=880)

図 25 は地震発生時東京都にいた人のなかで、12 日午前 5 時以降に帰宅行動を開始した割合であり、図 26 は同じく地震発生時東京都にいた人のなかで、12 日午前 5 時以降に帰宅した人の割合である。鉄道を利用して帰った人の多くが 12 日午前 5 時以降に帰宅しているほか、徒歩で帰宅した人でも翌日朝まで帰宅できなかった人が多いことがわかる。

GIS データに落としたトリップデータの出发点、立ち

寄り点、到着点のポイントデータを用いて、これらの距離を計測し、まとめたものが図 27, 28 である。図 27 は距離別の帰宅率を表わすものであり、図 28 は距離別の徒歩帰宅率を示したものである。

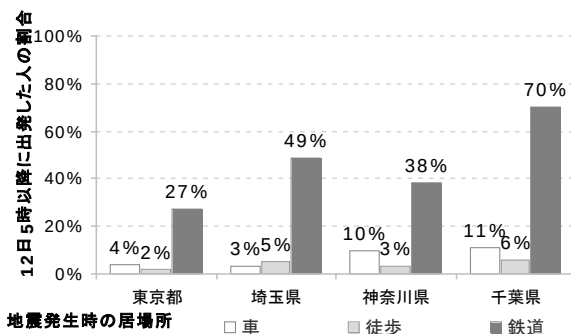


図 25 12 日 5 時以降に帰宅行動を始めた人の割合 (地震発生時東京都にいた人のみ、N=880)

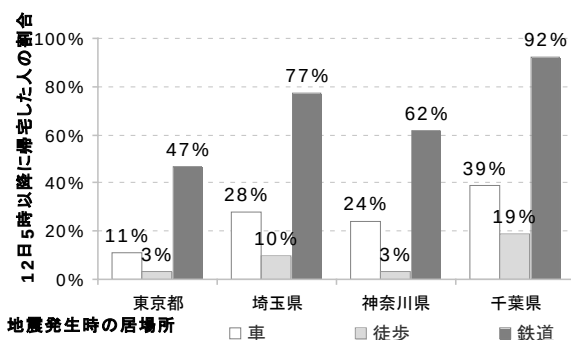


図 26 12 日 5 時以降に帰宅した人の割合 (地震発生時東京都にいた人のみ、N=880)

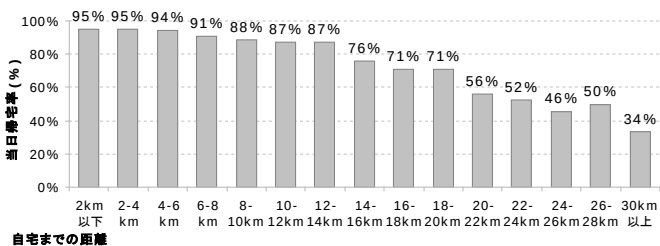


図 27 距離別の当日帰宅率 (N=1926)

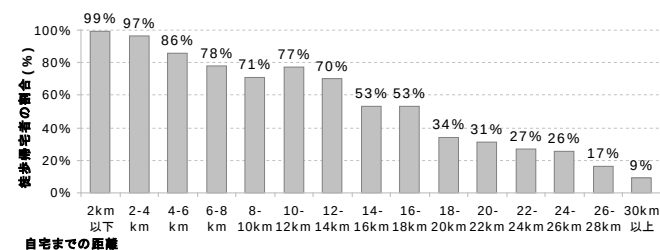


図 28 距離別徒歩帰宅率 (N=974)

ただし、後者については車利用者や自転車利用者などを考慮し、徒歩帰宅率を「徒歩帰宅者数/(徒歩帰宅者数+鉄道利用者数)」で定義した。先述のように、これまでの想定では「帰宅距離 10km までは 100%帰宅でき、それ以降は 1km 増すごとに帰宅可能率が 10%減り、20km

ですべての人が帰宅困難になる」としているが、今回は徒歩帰宅者数、徒歩帰宅率ともに想定以上の長距離移動が確認されている。

(2) トリップデータを用いた非集計分析

次にこのデータを用いて、帰宅意志に関する非集計分析を行うとともに、パーソントリップ調査(以下 PT 調査と呼ぶ)のデータと照らし合わせ、状況別シミュレーションを行う。推定精度を向上させるため、トリップデータとして 1.主な交通手段として自分の車・バイク・自転車を用いたサンプル、2.立ち寄りを行ったサンプル、のいずれかにあてはまるものは対象外とした。ここで、帰宅意志の決定にランダム効用理論(多項ロジットモデル)をあてはめ、効関数の確定項を帰宅距離(km)、安否確認ができなくて困ったかどうか(困ったら 1)、勤務中であつたか私用であつたか(勤務中なら 1)、65 歳以上かどうか(65 歳以上なら 1)、及び定数項で定義した後に(帰宅距離と定数項以外はダミー変数)、主な帰宅行動として以下の 3 パターンを用意した。

1. 車で迎えに来てもらう
2. 徒歩帰宅を試みる
3. (鉄道復旧待ちも含めて)その場に滞留する

推定する係数は実際の選択結果によって得られるパラメータ δ_{jk} を用い、(1)式で示される尤度関数を最大とする最尤推定法で求まる(ただし p_{jk} は個人 k が j という選択肢を選択した確率を示しており、それぞれの集合を K, J で表わす)。なお、 L^* の最大化は L の最大化と等価であることより実際の計算には(2)式を用いた。

$$L^* = \prod_{k \in K} \prod_{j \in J} p_{jk}^{\delta_{jk}} \quad \cdots(1)$$

$$L = \ln L^* = \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \delta_{jk} \cdot \ln p_{jk} \quad \cdots(2)$$

これに先述のトリップデータをあてはめ、係数とその Hessian 行列を求めることで係数の有意確率およびモデル全体の自由度調整済尤度比を求めた。使用した言語は、Mathematica6.0 であり、ニュートン・ラプソン法を用いてプログラムを作成している。その結果が表 3 である。安否確認ダミーと高齢者ダミーの係数は有意とならなかったが、それ以外の係数は 1% 有意であった。なお自由度調整済尤度比は 0.362 であり、あてはまりはよい。

表 3 各係数と自由度調整済尤度比(**は 1% 有意)

	その場に滞留	徒歩帰宅
帰宅距離	0.0797 **	-0.0761 **
安否確認できず 困ったかどうか	0.3030	0.3617
勤務中かどうか	0.8238 **	-0.1762 **
高齢者かどうか	0.0178	0.3208
定数項	-1.3960 **	2.3340 **
自由度調整済尤度比	0.362	

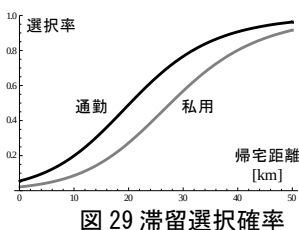


図 29 滞留選択確率

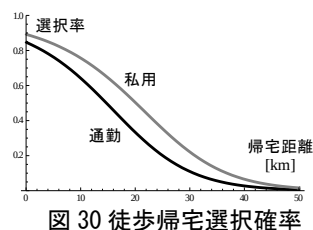


図 30 徒歩帰宅選択確率

有意であった係数のみ符号を解釈すると、帰宅距離に

ついては、距離が長ければ長いほど滞留もしくは送迎してもらい傾向にあり、また勤務中であるほど滞留しやすいことがわかる(逆にいえば、私用の外出の場合は滞留の拠点を見つけにくいいため、徒歩帰宅や車で送迎という選択肢を採用し易いとも言える)。これをもとに、通勤外出者、私用外出者ごとの滞留選択確率及び徒歩帰宅選択確率を距離別に示したグラフが図 29、図 30 である。

最後に、平成 20 年度 PT 調査の結果も援用して、今回の帰宅行動を再現し、さらにもし今回が休日であった場合の帰宅行動の状況をシミュレーションで検討する。むろん、後者は先に示したランダム効用理論に基づく帰宅行動モデルを用いて推定するものである。

計算の概要を示す。はじめに簡単のため東京都のみを対象とし、それぞれの発生集中トリップ(アンケートで得られたトリップデータ)を PT 調査の大ゾーンにしたがって行列でまとめる。ここでトリップの数のみならず、落とした GIS データによって計算した当日の移動距離についてもそれぞれ準備する。その後、PT 調査のゾーン別目的種別発生時間帯別発生集中量のデータを用いて各ゾーンにおける 14 時から 24 時までの帰宅トリップ数の合計をもとめ、それにゾーン別目的種別代表交通手段別発生集中量を用いて、各ゾーンにおける自動車、自転車、二輪車、その他、不明の交通手段によるトリップを取り除く。このようにすることで、平日 14 時から 24 時の各ゾーンごとの帰宅トリップ数のうち鉄道利用、徒歩のトリップ数の抽出を試みた。その後、これらに先ほど行列でまとめた発生集中トリップの行列データ(トリップ数のみならず、移動距離や勤務中かどうかのデータも入っている)から求めた帰宅意志モデルの結果(つまり上図の滞留選択率や徒歩帰宅選択率)をそれぞれのゾーンごとに掛け合わせ、当日の各ゾーンにおける滞留人口、徒歩帰宅人口が得られる(図 31,32)。これは実際の選択結果であるアンケートデータで検証することが可能であり、検証の結果、おおむね正しい推定と考えられる。

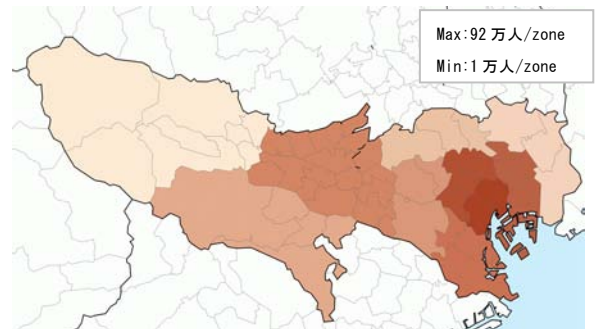


図 31 当日の滞留人口推定

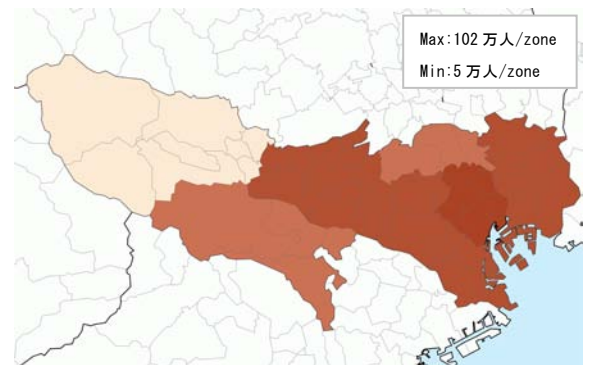


図 32 当日の徒歩帰宅人口推定

また、ここでもし今回の地震が休日に起こっていたらどうだったかを知るため、第4回京阪神都市圏PT調査¹⁰⁾で得られている通勤・通学・業務トリップ及び自由トリップの休日/平日の比率を掛け合わせ、それぞれ上記の帰宅意志モデルを用いて休日だった場合の滞留人口、徒歩帰宅人口を求めた(図33,34)。予想されているように休日は平日ほど滞留人口は少ないものの、私用で外出している人の多くは滞留をせずすぐに徒歩帰宅を試みる傾向にあるため、徒歩帰宅者人口は平日と大きく変わらない地区もある。そして、安全な滞留場所の確保も含めて、会社に留まることのできる人に比べ、彼ら私用外出者の帰宅行動を抑制させることはことさら困難と考えられる。これに対して誰がどのように対応すべきかは、今後の検討課題となろう。いずれにせよ、このようにゾーン別・発災状況別に滞留人口や徒歩帰宅人口などを推定することで、必要な物資・備蓄の数などを前もって知ることができる点が本稿で試みた非集計分析の利点である。

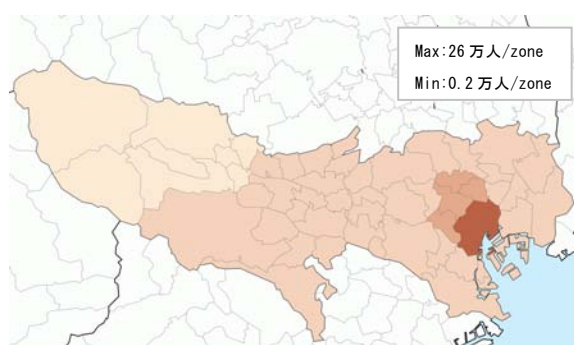


図33 当日が休日だった場合の滞留人口推定

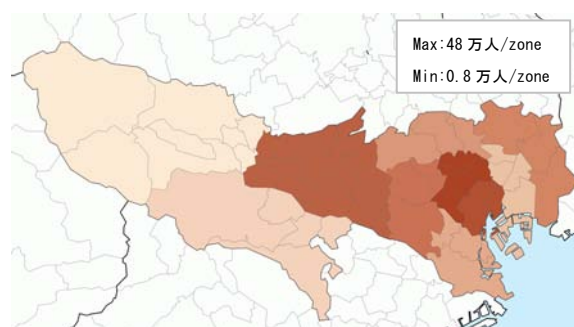


図34 当日が休日だった場合の徒歩帰宅人口推定

5. おわりに

本稿は、東日本大震災に伴う首都圏地域における帰宅困難者現象について、その実情を把握するため社会調査を行い、その結果を分析したものである。この結果、今後の帰宅困難者対策や帰宅の意思決定を模索する基礎資料としての意義はもとより、本稿で示した分析のみに限っても様々な実態が明らかとなった。ここでは特に首都圏の外出者を対象とした回答者の19.9%が当日自宅に帰ることができず、特に東京では32.2%が帰宅できていないということも判明し、被害想定において東京都の外出者が約1100万人と想定されている事を考えると、多くの帰宅困難者が発生したことが改めて示唆される結果となった。また本稿より、大多数の人たちの情報入手手段はテレビが多かったものの、徒歩帰宅を試みている回答者は携帯電話による情報入手のニーズが極めて大きかったこと、また家族の安否のみならず、自分の住んでいる

地域の情報を必要とし帰宅意志の原因となっている人が多いことがわかった。さらに、家族と安否が取れても心配で帰宅を試みる人が多いことも判明しており、家族など個人間の安否確認のみでは無理な帰宅を抑制するための十分条件とはなりえないことも知ることができた。

今回の震災で首都圏で大きな2次被害はあまり発生しなかったが、首都直下地震の発生時などには緊急車両の渋滞や大規模な火災、余震などによる沿道建物の落下、集団転倒なども十分に考えられる。それゆえ今回自宅に帰れた人の83.6%が次回も同じ行動を取ると答えている点は今後の対策の必要性を強く示唆するものである。特に今回よりも強い地震が首都圏を襲った場合は被害情報の把握や救急・救助・消火・緊急輸送が行政その他の主な直後対応となり、帰宅困難者対策としては十分な行政対応を望めないことも想定される。それゆえ帰宅困難者支援はあくまで副次的な策であり、それよりも「一斉帰宅の抑制・帰宅の分散化」が帰宅困難者対策の主力となるべきであり、中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」なども言及しているように、「一度に帰宅させない」ための事前対策はとりわけ重要である。

他方でももちろん、今回扱った帰宅困難者問題の実態は、平日(金曜日)の昼間という時刻に発生したひとつの例に過ぎないことも忘れてはならない。例えば今回顕在化することのなかった潜在的課題として、(休日に地震が発生した場合など)滞留するための拠点を持たない膨大な(私用の)外出者の存在⁽¹²⁾や道路の寸断や緊急輸送路の確保の必要性、鉄道の復旧が不可能な場合の時差帰宅方針の確立などが考えられ、今後検討すべき事項は多い。そしてなにより、一斉帰宅を抑えるためには安全な滞留場所の確保と十分な物資の備蓄や配分が必要不可欠である。もちろん本稿で示唆されたように、素早い鉄道運休情報の伝達や地域の情報を含めた確実な安否確認は極めて重要である。本研究はこの点を大きく重視し、ランダム効用理論に基づいた帰宅行動モデルを構築し、そのパラメータを今回の実態に合わせ推定することで、休日だった場合などを含めた、あらゆる状況における帰宅状況を再現する準備を整えた。紙面の都合もあり本稿で紹介した例はごく少数に留まったが、今後はいくつかのケーススタディを検討し、今回顕在化しなかった課題の探索に努め、それらの解決を図ることが重要となろう。さらにいえば、これらの多様な課題は行政・個人・企業・鉄道事業者で適切な役割分担のもと行われるのが望ましい。これらは本稿で示した研究成果を前提としたうえで、ごく近い将来における課題としたい。

補注

- (1) その39.3%がJR(東日本・東海)を、15.2%が東京メトロを、7.1%が東急を利用しており、首都圏のバス・路面電車定期利用者約42万人と比較してもこれら鉄道による通勤・通学人口は圧倒的な人数となる。
- (2) 所要時間1時間以上の通勤・通学者は約62%にものぼる。
- (3) 例えば東京駅渋谷駅などのターミナル駅は、帰宅困難者対策協議会を設置し、地域連携による帰宅困難者対策の計画を策定し、また訓練の実施も行っていた。
- (4) 災害時帰宅支援ステーションは災害時の徒歩帰宅者を支援するため水道水やトイレ、道路情報などの情報を提供するコンビニやファミリーレストランなどである。また災害時サポートステーションはガソリンスタンドが被害状況や支援情報の提供、住民の安否確認、帰宅困難者へ

のサービスルームの開放等の対応を約束するものである。

- (5) 居住地域は、東京都は東京都 PT 調査の基本計画ゾーン(約 160 ゾーン。例えば文京区は 4 つのゾーンに分割される)、その他は市区町村で定義している。
- (6) 一般に鉄道事業者は gal を揺れの規制値として用いるが、JR 東日本では 2003 年から kine を在来線で採用しており、沿線に設置する地震計で 12kine 以上を計測した場合は運転を中止し、徒歩で全区間を点検するとしている¹¹⁾。
- (7) 例えば渋谷区の帰宅困難者受け入れ施設として、青山学院大学(収容可能人数 10,000 人)、國學院大學(収容可能人数 400 人)、国立代々木競技場(収容可能人数 13,000 人)、都立第一商業高校(収容可能人数 400 人)、都立広尾高校(収容可能人数 400 人)、都立青山高校(収容可能人数 400 人)、東京体育館(収容可能人数 5,000 人)、東京消防庁西原消防学校(収容可能人数 400 人)、JICA 東京が開放されている。
- (8) 本調査はインターネット調査を用いており、その調査協力の見返りとしてポイントを回答者が得る仕組みになっている。また本稿は帰宅困難者という一般的な通勤者・通学者を対象としたものである。そのため、従来より指摘されているインターネット利用率や興味・関心による回答者の偏りなどは小さいものとみることができる。
- (9) トリップデータの解析により、埼玉県などでは自動車による移動が多く、当日もそれを主な手段とした帰宅が多かったことが分かった。したがって今回は道路被害が少なかったため、自動車を用いて帰ることができたことが東京都以外の場所における帰宅率の高さに表れているものと推定される。
- (10) もちろん、不安解消行動として流言などが拡散する場合はこれまでにも多かったことを考えると、この両者の因果関係はどちらが原因でどちらが結果であるかについて現段階は明言できるものではない。
- (11) ちなみに、これら学校施設の利用者において、50.0%が水や食料が配布された、50.0%が毛布や使い捨てカイロが配

布された、40.5%が暖房がついており温かった、40.5%がテレビやラジオがあり情報が入手できた、11.9%が携帯電話や人の話し声がうるさかったと回答している。

- (12) 今回の調査では、回答者のうち私用で外出していた人は全体の 34.3%であり、多くは滞留のための拠点を持つ(と考えられる)通勤者であった。

参考文献

- 1) 国土交通省(2007)：「大都市交通センサス首都圏報告書」
- 2) 中林一樹(1992)：「地震災害に起因する帰宅困難者の想定手法の検討」，総合都市研究，第 47 号，pp.35-75.
- 3) 東京都(1997)：「東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書」
- 4) 中央防災会議(2008)：「首都直下地震避難対策等専門調査会報告」
- 5) 日本経済新聞(2011)：「JR 東、首都圏など 11 日の再開せず安全確認に時間」，3 月 11 日(Web 版)。
- 6) 読売新聞(2011)：「震災の帰宅困難者対策、首都圏鉄道事業者が協議」，4 月 21 日。
- 7) 朝日新聞(2011)：「震災直後の鉄道運転再開，どう判断 国土交通省、首都圏調査」，4 月 23 日。
- 8) 日本経済新聞(2011)：「交通機関の再開・運休一覧」，3 月 11 日(Web 版)。
- 9) 国土交通省(2011)：「大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会の結果について」，平成 23 年 4 月 20 日報道発表資料。
- 10) 京阪神都市圏交通計画協議会(2000)：「第 4 回京阪神都市圏パーソントリップ調査」
- 11) 森敬芳，島村誠，露木寿(2002)：「地震時運転規制の発令基準改定を対象とした防災投資の定量的評価に関する研究」，土木学会第 57 回年次学術講演会，pp.931-932.

(2011.5.27)