

大規模災害時における自動車の 利用可能性を考慮した帰宅断念者数の推計

石川 瞬¹・山本 俊行²・金森 亮³

¹学生会員 名古屋大学大学院修士1年 環境学研究科 (〒464- 8603 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail:ishikawa.shun@b.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院教授 エコトピア科学研究所 (〒464- 8603 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail:yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

³正会員 名古屋工業大学特任准教授 しくみ領域 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: kanamori.ryo@nitech.ac.jp

要旨

中京都市圏で東海・東南海・南海地震等の大規模災害が発生した際の、帰宅者の行動を交通シミュレーションにより分析した。現在、国の定める防災マニュアルでは、東京都と同様に、徒歩による帰宅を促している。しかし、東京都市圏と同様に、遠距離のため徒歩で帰宅できない者が多数発生することが予想される。東京都市圏に比べ自動車の分担率が高い中京都市圏では、自動車利用による影響をより慎重に考慮する必要がある。本研究は、帰宅手段に自動車利用を認めた場合の交通状況をシミュレーションすることにより、自動車利用がどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とする。分析の結果、自動車利用により帰宅断念者数を大幅に減らす一方、大渋滞により救援活動に支障をきたす可能性が示された。

Key Words : 大規模災害, 帰宅断念者, 自動車利用, 交通シミュレーション, 相乗り

1. 序論

(1) 研究の背景と目的

日本の国土は、その地理的な要因から地震が大きな問題となっている。2011年3月には東日本全域に及ぶ大災害が発生した。この地震では津波による被害や原子力発電所の爆発事故が注目されたが、交通面でも被害が出た。東京都市圏では公共交通機関が運休停止し、多数の帰宅困難者が発生した。国の定める防災マニュアル¹⁾では、原則として徒歩による帰宅行動を促している。しかし、実際は都心に取り残された帰宅者を迎えに来る自動車で大渋滞が発生した。また、中京都市圏でも東海・東南海・南海地震が懸念されている。特に東京都市圏に比べて自動車の分担率が高い中京都市圏では、自動車利用の及ぼす影響を考慮せざるを得ない。本研究は、中京都市圏で東海・東南海・南海地震を想定した帰宅行動を対象として、自動車利用による影響を明らかにすることを目的とする。

(2) 論文の構成

本論文は、5章から構成される。2章では、災害時の

状況や帰宅者の行動の設定について仮定し、3章では使用するシミュレーションモデルの概要について述べる。4章で推定結果を考察し、最後に5章で本研究の成果と今後の課題について述べる。

2. 条件設定

(1) 災害発生時の状況設定

地震発生時刻は都心に人口が集中する平日の正午とし、発災直後は公共交通機関はすべて運休するものとする。また、津波や火災、建物倒壊等による道路状況の影響は考慮しない。また、高速道路は使用できず、車両は車道を徒歩帰宅者は歩道を通行するものとする。

(2) 帰宅者の行動設定

発災直後、直ちに全員が帰宅行動を開始するものとし、全ての帰宅者が最短経路で帰宅することとする。徒歩による帰宅の場合は、年齢、性別等の個人属性によらず、移動距離が10kmまでは全員が帰宅できるものとし、10kmから1km距離が延びるごとに10%、帰宅を断念す

る者が増加し、20kmで全員が帰宅を断念するとする。

48.9万人に過ぎないことが分かる。

(3) シミュレーションケースの設定

次に、帰宅時に利用する交通手段の違いや実施する交通施策の影響を評価するために5つのケースを設定する。

表-1 シミュレーションケース設定

ケース	自動車 ※1	緊急輸 送道路※2	相乗り
全徒歩	×	-	-
徒歩車	○	○	×
車道制限	○	×	×
自動車制限	△	×	×
相乗り徒歩 (車両台数)	○	×	○※3
相乗り車 (車両台数)	○	×	○※4

※1…帰宅手段として自動車を利用できる全ての帰宅者が自動車で帰宅する場合は○、自動車を利用できる帰宅者も全て徒歩のみで帰宅する場合は×、帰宅断念可能性がある帰宅者で、自動車を利用できる場合のみ、自動車を利用し、それ以外は徒歩で帰宅する場合を△とする。

※2…図-1に示す、第一、第二、第三次緊急輸送道路に定められている車道を通行できる場合は○、通行できない場合は×とする。ただし、シミュレーション上は、緊急輸送道路を完全に通行止めにするとは帰宅できない車両が出てくるため、緊急輸送道路のリンクコストに大きな負荷をかけ、なるべく使用しないという方法をとる。

※3…自動車利用者と同発着ゾーンを持つ徒歩帰宅者がいる場合、自動車1台につき、一人まで相乗りさせることができるものとする。

※4…自動車利用者同士が同発着ゾーンを持つ場合、自動車1台につき、一人相乗りできるものとする。

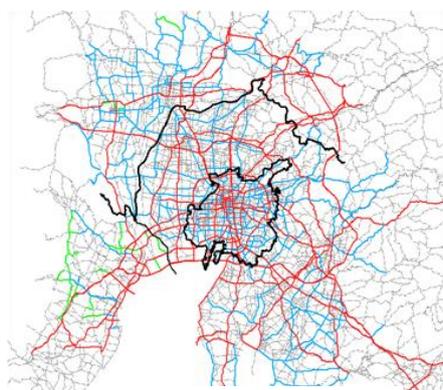


図-1 緊急輸送道路網

また、表-2に各ケースの帰宅者数を示す。表より、全徒歩の場合の帰宅対象者は331万人であり、そのうち、自動車を利用可能なのは206万人であることが分かる。ただし、206万人のうち、徒歩で帰宅が不可能な人数は、

表-2 各ケースの帰宅者数

	徒歩帰宅者 (万人)	車帰宅者 (万人)
全徒歩	331.1	0.0
徒歩車	125.1	206.0
車道制限	125.1	206.0
自動車制限	282.2	48.9
相乗り徒歩 (車両台数)	77.3	253.8 (206.0)
相乗り車 (車両台数)	125.1	206.0 (103.0)

3. シミュレーションモデルの概要

本研究では、道路ネットワーク上を車両および人間が移動し、全帰宅者が帰宅、あるいは、帰宅を断念するまでの過程を再現するシミュレーションプログラムを作成した。シミュレーションでは、1分毎にリンク情報を更新し、近視眼的な最短経路選択を仮定した。また、車両(あるいは人間)は約10台(人)で一つの PACKET として取り扱い、待ち行列は渋滞の延伸を考慮しない point-queue を用いた。以下で、シミュレーションモデルの詳細を説明する。

(1) 使用データ

本研究では、ODデータとして第4回(2001年)中京都市圏パーソントリップ調査データのうち、12時に外出している人(豊橋市を除く)を対象とした。この際、名古屋市内は小ゾーンで、それ以外を基本ゾーンで分割し、ゾーン内に存在するノードに均等にODを配分した。

(2) 経路選択方法

経路選択は、最短経路探索 Dijkstra 法を使用する。このアルゴリズムは、起点ノードに、より近いノードから順に全方向に向かって、最短経路と最小交通費用を同時に求める方法である。

(3) 進行速度モデル

a) 歩行者の速度モデル

本研究では、内閣府²⁾で用いられた歩行者速度モデルを用いる。内閣府では、歩道の混雑状況が歩行速度に及ぼす影響を式(1)で表している。ここでは、混雑状況を表す指標として、同一リンク上の歩行者密度を用いる。

$$v(m/時) = \begin{cases} 4,000 & d < 1.5 \\ (-800 \times d + 5,200) & 1.5 \leq d < 6 \\ 400 \times 6 / d & d \geq 6 \end{cases} \quad (1)$$

d : 歩道密度(人/ m^2)

b) 車両の速度モデル

車両速度も同様に道路の混雑状況によって異なるものとし、以下の式を用いる。

$$v_a = v_f \exp\left\{-\alpha\left(\frac{k}{C}\right)^{l-1}\right\} \quad (2)$$

自由走行速度 v_f を自由走行速度, k を交通密度, C を交通容量とし、表-2に示す三輪ら³⁾の推定したパラメータを用いて速度を設定した。

表-2 車両速度のパラメータ値

車線数	v_f (km/min)	α	l
4~	0.922	0.443	1.941
2	0.801	0.22	1.972

(4) リンクの流入条件

発災直後、全ての帰宅者が一斉に帰宅行動を開始することから、道路が混雑し、車両等が建物にいる場合、外に出ようにも出られない状態に陥る可能性がある。そこで、出発地から帰宅行動を開始するとき、リンクの流入条件を設定する必要がある。

- 歩道のリンク流入条件...流入しようとしている歩道の密度が6人/ m^2 未満である
- 車道のリンク流入条件...流入しようとしている車道の密度が可能交通容量の1.5倍未満である

ここで、リンクの流入条件を満たさず、出発できない帰宅者を帰宅待機者と定義し、リンクに流入できるまで、その場で待機することとする。

4. シミュレーションの結果と考察

経過時間に伴う帰宅率の変化を図-2に示す。図より、全徒歩ケースに比べて、自動車を利用出来る他のケースは、最終的に帰宅率が約15%高くなる結果となった。帰宅時間からみると、全徒歩ケースが他のケースに比べて早い段階で収束し、全ての人が帰宅を完了、あるいは断念していることがわかる。このことから、全帰宅者が徒歩で帰宅しても歩道の混雑により帰宅時間が遅れるということがあまり起こらないと考えられる。また、車道制限ケースと相乗り徒歩ケースでは、自動車利用が最大で、かつ、緊急輸送道路が利用できないことから最も交通渋滞が激しくなり、帰宅完了により多くの時間がかか

ることが分かる。

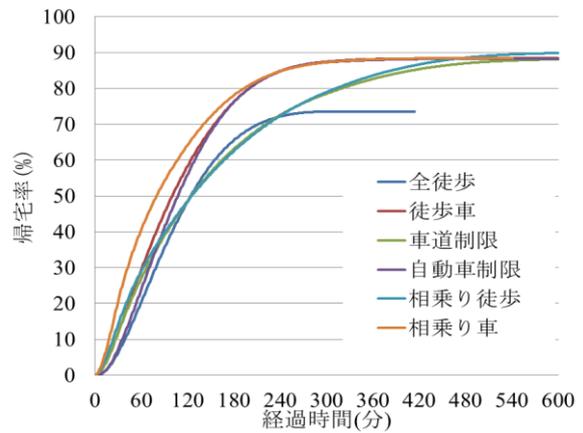


図-2 各ケースの帰宅率

次に全徒歩ケースの発災直後歩道密度について見ていく。発災直後で最も混雑するのにもかかわらず、中京都市圏全体でみると、ほとんどの歩道密度が1.5人/ m^2 未満となった。図-3より、名古屋市内の全徒歩ケースの発災直後歩道密度をみると、都心部である栄・名駅付近で大きくなっている。平日の昼間ということもあり、都心勤務地に人口が集中するため、当然の結果であるといえる。また、混雑箇所が狭い範囲にかたまっているため、会社員などはオフィス内に待機をすることもでき、食料などの問題も対策が取りやすいことが示された。

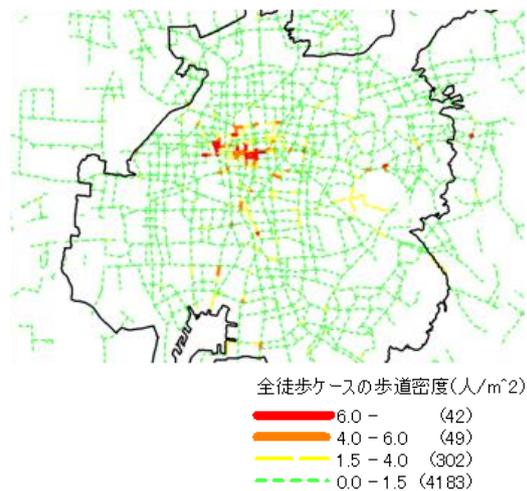


図-3 全徒歩ケースの発災直後歩道密度(人/ m^2)

次に自動車が利用可能なケースについて考察していく。徒歩車ケースと緊急輸送道路が使えない車道制限ケースを比較すると、車道制限ケースで大幅に帰宅時間が遅れる結果となり、緊急輸送道路が使えない状況でのシミュレーションが不可欠であることが示された。また、車道制限ケースと相乗り徒歩ケースを比較すると、相乗りし

た人数の割に帰宅率が向上しないことが分かった。表-3より、相乗り徒歩ケースでは徒歩帰宅者の帰宅率が10%以上減少していることがわかる。これは帰宅断念者となる可能性がある徒歩帰宅者と同発着ゾーンを持つ自動車利用可能者が少ないためであると考えられる。すなわち、相乗りによる帰宅支援はあまり効果がないことが示された。ここで、図4より、全徒歩ケースの帰宅断念者の出発地分布をみると、名古屋市を中心に多くなっていることがわかる。よって、これらの地域にバスを配備するなどの施策が効果的であると考えられる。

相乗り徒歩ケースとは異なり、相乗り車ケースでは、帰宅率こそ車道制限ケースと変わらないが、車両数が約半分になるため、帰宅完了するペースが格段に早くなった。

表-3 車道制限ケースと相乗り徒歩ケースの帰宅率

	帰宅手段	サンプル数 (万人)	帰宅率 (%)
車道制限 ケース	徒歩	125.1	69.4
	自動車	206	100
相乗り徒歩 ケース	徒歩	77.2	58.2
	自動車	253.8	100

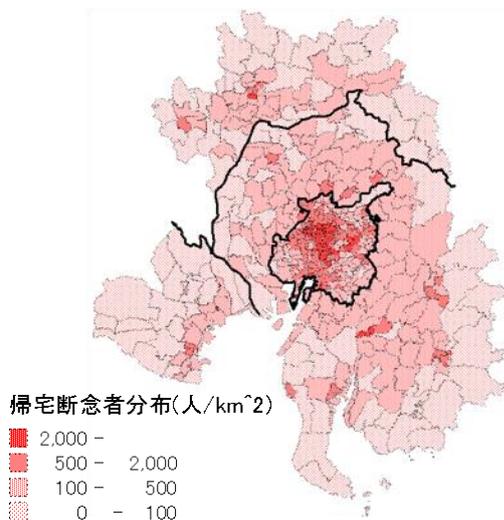


図-4 全徒歩ケースの帰宅断念者の出発地分布

また、図5より、各ケースの自動車による帰宅待機者数をみると、どのケースも全ての車両が出発できるのに3時間以上要することが示された。しかし、車道制限ケースに比べ、相乗り車ケースが非常に小さくなっていることがわかる。これは、単純に車両数が減っているためであり、この事が帰宅時間の短縮にもつながっていると考えられる。以上より、車同士の相乗りは施策として効

果があるといえる。

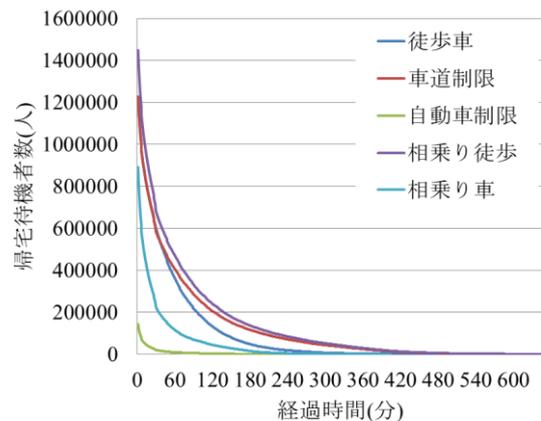


図-5 各ケースの自動車による帰宅待機者数

5. 本研究の成果と今後の課題

(1) 本研究の成果

今回のシミュレーション結果からは、歩道上は車道に比べて混雑が起こりにくく、混雑個所も名古屋駅や栄に集中しているということもあり、対策が取りやすいことが示された。主な対策として、会社員の会社待機や、バスの配備が有効であると考えられる。バスの配備については、歩行者混雑を減少するだけでなく、徒歩による帰宅断念者の帰宅手段の提供という意味からも重要と考えられる。一方、徒歩帰宅者を自動車利用者に相乗りさせた場合、自動車のODと帰宅断念者のODが一致しないケースが多いため、帰宅断念者の減少にはそれほどの効果が得られない結果となった。また、車同士の相乗りは、帰宅断念者数を減らすことにはつながらないが、帰宅時間、帰宅待機者数を減らすのに効果が期待できる。

(2) 今後の課題

本研究では、発災後、直ちにすべての人が帰宅する、地震による道路の寸断等はないと仮定している。しかし、実際は帰宅行動の意思決定は個人属性や情報の有無等に大きく影響されると考えられる⁴⁾。また、道路が寸断された場合、更なる渋滞が発生することが予測される。また、シミュレーションでは、リンクの構成にpoint-queueを用いたため、渋滞の延伸が考慮されていない。これらの点を改善することでより現実に近いシミュレーションの実行が必要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、名古屋大学森川高行教授、三輪富生准教授、佐藤仁美特任助教には多くの貴重なアドバイスをいただきました。ここに深く感謝の意を表し

ます。

参考文献

- 1) 中央防災会議：東南海・南海地震対策大綱，
<http://www.bousai.go.jp/chubou/9/>， 2003.
- 2) 内閣府（防災担当）：帰宅行動シミュレーション結果について，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutohinan/>， 2008.
- 3) 三輪富生，山本俊行，竹下知範，森川高行：ブローブ

カーの速度情報を用いた動的 OD 交通量の推定可能性に関する研究，土木計画学研究・論文集.v.64,n.2,2008,p.252-265，2007.

- 4) 大佛俊泰：大地震時における都市内滞留者の帰宅意志と帰宅行動，日本建築学会計画系論文集 第 73 巻 第 634 号，pp.2679-2687，2008.

(2011.8.5 受付)

ESTIMATION OF NUMBER OF COMMUTERS UNABLE TO GET HOME CONSIDERING CAR AVAILABILITY AT DISASTER

Shun ISHIKAWA, Toshiyuki YAMAMOTO and Ryo KANAMORI

Commuters' returning home behavior at disaster in Chukyo metropolitan area is investigated by using traffic simulation. Disaster prevention manual by the Government suggests to return home on foot, but it is expected that many people are unable to walk home because of long distance to home as in Tokyo metropolitan area. Car share in Chukyo area is higher than that in Tokyo area, so the effect of car use should be more carefully considered in the former area. The objective of this study is to explore the effect of the car use by simulating the traffic conditions when the car use is allowed at the disaster. The estimation results suggest that more people can return home if the car use is allowed but it causes a severe traffic jam potentially preventing rescue traffic.