

## 首都直下地震時の 帰宅行動シミュレーション結果について

池内 幸司

内閣府参事官（地震・火山対策担当）

### 1 はじめに

中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」は、首都直下地震発災後に発生する帰宅困難者等による道路の混雑状況やそれに対する対策の効果について、シミュレーションした結果をとりまとめた。本稿では、このシミュレーション結果の概要について紹介する。

### 2 帰宅行動シミュレーションの目的

大規模地震による公共交通機関の運行停止等により、膨大な数の帰宅困難者等の発生が予測されている。帰宅困難者等が自宅等に向けて一斉に帰宅を開始した場合、路上では大混雑が発生し、路上の転倒・落下物の存在や火災・停電等の発生とあいまって死傷者が生じたり、救助・救急活動等の応急対策活動が妨げられたりするなど、混乱が生じるおそれがある。また、トイレや休憩場所が不足するなど困難な状況の発生も見込まれる。

帰宅困難者等に係る対策を的確に行うためには、大規模地震発生後に人々がどのような行動をとるのか、また、それによって混雑がどのように引き起こされるのかということを明らかにする必要がある。しかし、このような、膨大な帰宅困難者等の発生とそれが引き起こす混乱は、これまで我が国では経験したことのないものであり、これらの人の行動による影響を過去の経験や類似の事例から把握することは困難である。

このため、大地震発生後の人々の帰宅に関する選好を把握し、これを基に首都地域の道路ネットワーク上を人々が徒歩で帰宅する際の状況のシミュレーションを行い、どこでどのような事態（問題）が発生しそうであるのかということを推定するとともに、どのような対策がどの程度その問題解決に有効であるのかということ等について検討を行った。

### 3 帰宅行動シミュレーションの概要

シミュレーションでは、「会社等に滞在する」「徒歩帰宅する」「避難所等で休憩する」「歩き続ける」等の各行動に関する効用関数を求め、より高い期待効用をもたらす行動を選択するという考え方をベースとした行動選択の基本モデル（ランダム効用モデル）を用いた。このモデルでは、天候や混雑状況等の諸条件も踏まえて効用関数が変化するものとした。効用関数の設定に当たっては、200名の被験者に対して約24,500問のアンケートを行った。

帰宅行動シミュレーションで対象とする人の属性は、①一般業務従事者（会社員等）、②買い物客、③学生、④防災業務従事者とした。

徒歩帰宅者の移動に関しては、道路幅員等の道路属性を考慮した道路ネットワークモデルを用いた。対象とする道路ネットワークは、基本的に一般国道と主要地方道（都県道・指定市市道）及び一般都県道とし、主要河川の橋梁については道路種別に関係なく全てを含めた。一連の道路の一部区間のみがこの基準に該当しない場合には、当該区間を対象道路ネットワークに加えた。さらに、第7回専門調査会時点のシミュレーション（迂回基本ケース）で最も混雑していた時間帯（14時）の結果において、混雑（歩行速度4 km/h未満）が認められる区間（東京都23区及びその周辺）に並行している道路、または、バイパスとなる道路のうち幅員が2車線以上あり一定の連続性を有している道路も含めた。

歩行速度は、混雑度が1.5人/m<sup>2</sup>以下の場合には時速4,000m、混雑度1.5人/m<sup>2</sup>以上6人/m<sup>2</sup>未満の場合には混雑度の増加に伴い速度が時速4,000mから時速400mに直線的に低下、混雑度が6人/m<sup>2</sup>以上の場合には単位時間あたりに流入する人の数（交通容量）が一定となるものとした。

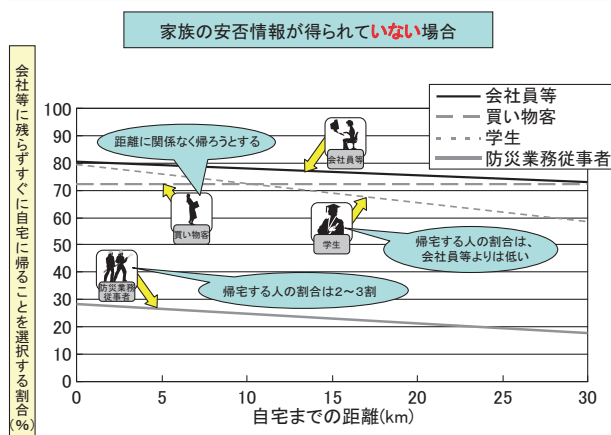
## 4 得られた効用関数の特徴について

効用関数の例を図1、図2に示す。また、効用関数の各属性別の特徴を以下に述べる。なお、会社員や防災業務従事者については、回答の前提条件として「会社からは、特に行動についての指示等はでていないものとします」という条件も併せて示している。

### 4-1 会社員等

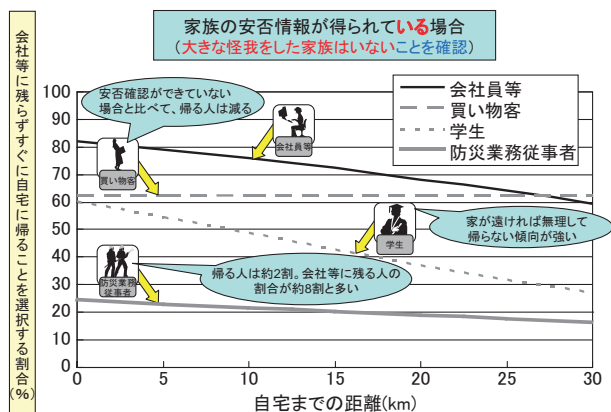
会社員等は、家族の安否確認がとれないと約7～8割

図1 すぐに自宅に帰ることを選択する割合（家族の安否情報が得られていない場合）



条件 (天候：晴れ、昼夜別：昼※、帰宅途中の夜の時間：0時間※、移動可能速度：2 km/時、食糧：なし※、発災からの時間：0時間※)  
 ※この項目は、一部の主体（会社員等、学生その他の区分）のみで効用関数の説明因子として選ばれているものである。

図2 すぐに自宅に帰ることを選択する割合（家族の安否情報が得られている場合）



条件 (天候：晴れ※、昼夜別：昼、移動可能速度：2 km/時、食糧：なし※、自宅の状況：室内散乱なし※)  
 ※この項目は、一部の主体（会社員等、学生その他の区分）のみで効用関数の説明因子として選ばれているものである。

の人が帰宅しようとする。家族の安全が確認できると、帰宅しようとする人の割合は、自宅が遠い人については6割程度に落ちる（近い人はあまり変わらない）。

### 4-2 買い物客

買い物客は、自宅までの距離に関係なく、家族の安否が確認できないと約7割、家族の安全が確認できると約6割の人がすぐに帰ろうとする。逆に言えば、約3～4割の買い物客は、すぐには帰宅しない。

### 4-3 学生

学生は、家族の安否確認がとれないと、自宅が近い人の約8割、遠い人の約6割が帰宅しようとする。家族の安全が確認できると、帰宅しようとする人の割合は、自宅が近い人では約6割、遠い人では3割未満に減る。

### 4-4 防災業務従事者

防災業務従事者は、家族の安否が確認できなくても、自宅に帰ろうとする人の割合は約2～3割にとどまる。家族の安全が確認できれば、自宅に帰ろうとする人の割合は2割前後にとどまる。

## 5 シミュレーション結果の概要

### 5-1 基本ケース

建物倒壊、火災発生等の影響を見込み、特段の対策を実施しなかったと仮定した「基本ケース」の場合、都心部や火災延焼部を中心に、あちこちの道路が満員電車状態（混雑度6人/m<sup>2</sup>以上）となる（図3、図4）。そのような状態に3時間以上巻き込まれる人が、全域で約200万人にのぼる。都区内にいる人の約3割、都心（千代田・中央・港区）にいる人の約4割が満員電車状態に3時間以上巻き込まれる（図5）。

帰宅地別にみると、例えば、都心の丸の内から川越街道方面の埼玉県和光市まで、平時は約5時間のところ、火災等の影響を受けて約15時間かかる。丸の内から横浜市までの場合、平時は約8時間のところ、国道1号等における混雑の影響を受けて約15時間かかる（図6）。

図3 混雑度のランクと混雑状況

混雑度 ランク	混雑状況 [[ ( ) 内は混雑度 (人/m <sup>2</sup> ) ]]	混雑度 (人/m <sup>2</sup> )	歩行速度 (km/h)
A	群集なだれが引き起こされる (7.2) *1	6~	~0.4
	ラッシュアワーの満員電車の状態 (6.0-6.5) *3		
	ラッシュアワーの駅の改札口付近 (6.0-6.5) *3		
B	ラッシュアワーの駅の階段周辺 (5.5-6.0) *3	5.25~6	0.4~1
	危険性を伴う群集の圧力と心理的ストレスが大きくなり始める (5.4) *2		
C	駅の連絡路のラッシュ時で極めて混雑した状態 (4.5-5.0) *3	4~5.25	1~2
	エレベータ内の満員状態 (4.0-4.5) *3		
D	劇場での満員状態 (3.5-4.0) *3	2.75~4	2~3
ラッシュ時のオフィス街路 (2.5-3.0) *3			
E	街路等で普通の歩行ができる (1.5-2.0) *3	1.5~2.75	3~4
街路で前の人を追い越せる状態 (1.0-1.5) *3			
F	街路で普通に混雑せずに歩ける (0.5-1.0) *3	~1.5	4



混雑度 6人/m<sup>2</sup>のイメージ

出典 \*1 : 原文 (\*2) では、「個人個人の意志による行動が不可能となる。力のバランスの変化が群衆の中を増幅し伝わって、群衆 [の重み] による破壊的な力を解放する急激で制御できない [圧力の] サージ (急激な高まり) を引き起こすといった現象が生じる」と記述されている。  
 \*2 : 「Crowd Dynamics and Auditorium Management (群衆行動と集客施設管理)」Dr. John, J. Fruin  
 \*3 : 「雑踏警備業務の手引き」社団法人全国警備業協会

図4 地震発生後3時間後の混雑状況 (基本ケース)

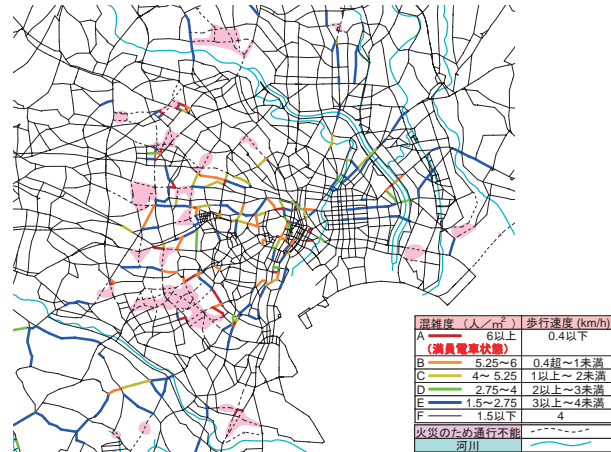
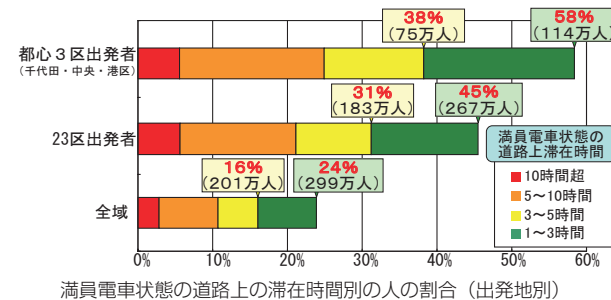


図 歩行者速度 (15時00分)

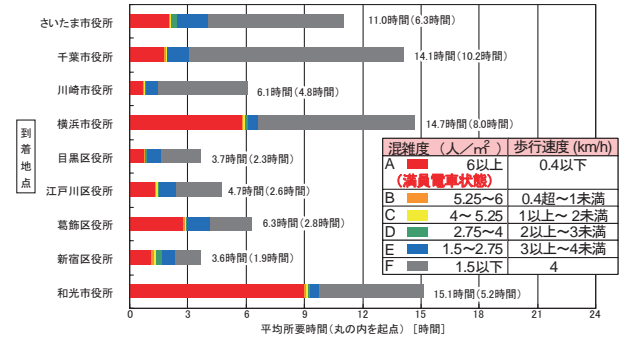
ケース① (12時発災、天候：晴れ、幹線以外一部利用、全橋梁通行可、建物倒壊考慮：有、火災考慮：有、帰宅経路混雑情報利用不可、安否情報提供改善：無)

図5 出発地の範囲の差による混雑状況比較



満員電車状態の道路上の滞在時間別の人の割合 (出発地別)

図6 都心から各方面への帰宅時間と混雑状況 (基本ケース)



※図中の ( ) 内の数値は、平常時に時速4 km/h で歩行した場合の所要時間  
 ※到着地点は、各市役所を含むゾーンの重心メッシュを意味する。  
 ※特定地点間の所要時間等について精度の高い分析を行うためには、より多くのシード (乱数の初期値) で検討を行う必要があるが、今回は3パターンのみのシードによる計算結果の平均値を用いている。得られた結果の解釈に際しては、この点について十分留意されたい。

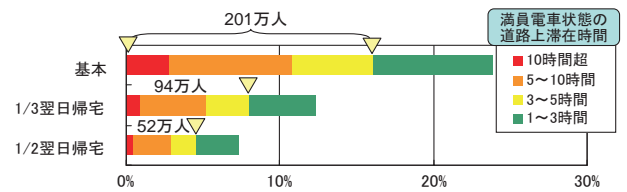
## 5-2 翌日帰宅ケース

一定の割合 (1/3、1/2) の人が、会社の要請等により、翌日に帰宅すると仮定したケースである。

満員電車状態の道路を3時間以上歩く人数は、1/3の人の翌日への帰宅分散で約半分に減少し、半分の人の翌日への帰宅分散で約1/4に減少する (図7)。

帰宅者を発災翌日に分散させる施策の効果は非常に大きいことがわかる。

図7 翌日帰宅ケース



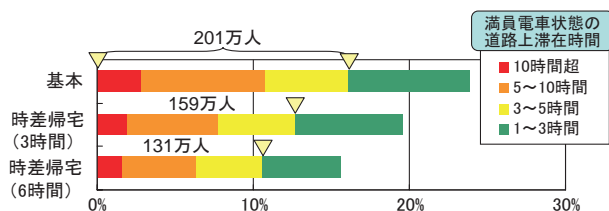
## 5-3 時差帰宅ケース

会社の要請等により、一定の時間 (3時間、6時間) の範囲で徐々に帰宅する時差帰宅を実施したと仮定したケースである (基本ケースの場合には、発災後すぐの段階で帰宅する決意を固めた人は、片付けや身支度にかかる時間を考慮し、1時間以内に帰宅を開始するものと想定している)。

満員電車状態の道路を3時間以上歩く人数は、3時間の時差の中で分散して帰宅すれば約2割減少し、6時間の時差の中で分散して帰宅すれば約1/3減少する (図

8)。時差帰宅も効果的であることが分かる。

図8 時差帰宅ケース



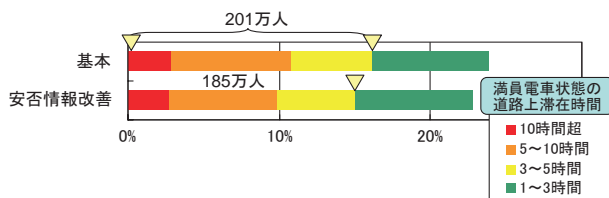
## 5-4 安否情報改善ケース

帰宅者全員が家族の安否確認ができるまでの時間を6時間に短縮できたとした場合のケースである。なお、基本ケースの場合には、その時間は24時間と想定している。

満員電車状態の道路を3時間以上歩く人数は、安否確認がとれる時間の短縮により約1割減少する(図9)。

安否確認がとれる時間の短縮の効果は直接的には限定的ではあるが、安否確認がとれることは翌日帰宅や時差帰宅の大前提であることを考えればやはり施策の重要性は大きいと考えられる。

図9 安否情報改善ケース



(注)基本ケースでは、発災後24時間かけ、時間に比例して安否確認が進み100%に至ると仮定。安否情報改善ケースでは、この時間が6時間に短縮されると仮定。

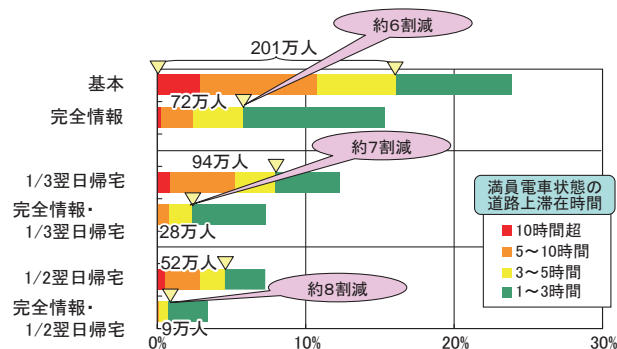
## 5-5 完全情報ケース

帰宅経路やその代替路の混雑状況を完全に把握できると仮定し、さらに安否確認ができるまでの時間が24時間から6時間に短縮された場合を想定したケースである。

「完全情報」以外のケースでは、直近の道路の混雑度を手がかりに行動を判断するようにモデルを設定している。

満員電車状態の道路を3時間以上歩く人数は、帰宅経路の混雑状況等が完全に把握できれば約6割減少、他の対策と複合すれば、さらに大きく減少する(図10)。帰宅経路の混雑状況等が適切に把握できることの効果は大きいことが分かる。

図10 完全情報ケース (帰宅経路やその代替路の混雑状況を完全に把握できるケース)

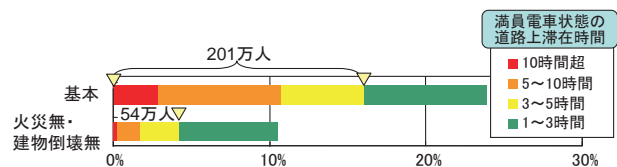


## 5-6 火災無・建物倒壊無ケース

火災も建物倒壊も無いと仮定したケースである。

満員電車状態の道路を3時間以上歩く人数は、火災や建物倒壊が発生しないときには約7割減少する(図11)。火災や建物倒壊が発生しなければ混雑は大幅に減少することが分かる。

図11 火災無・建物倒壊無ケース

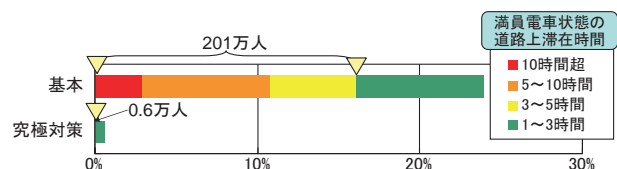


## 5-7 究極対策ケース

「完全情報」、1/2の人の「翌日帰宅」、「火災無・建物倒壊無」を複合させたケースである。

満員電車状態の道路を3時間以上歩く人数は、各種の対策(1/2翌日帰宅、帰宅経路混雑情報提供、安否情報改善、建物の耐震化・不燃化等)を複合的に実施すれば激減する(201万人→0.6万人)(図12)。

図12 究極対策ケース (各種対策を総合的に行ったケース)



## 6 おわりに

本検討では、地震発生後の状況下で、「会社等に滞在する」、「徒歩帰宅する」、「避難所等で休憩する」、「歩き続ける」等の行動選択に関して、2万問以上のアンケートを通じて、どのような条件なら、どの程度の割合の人がどのような行動を選ぶのかということを明らかにした行動選択モデルを構築し、この行動選択モデルに基づいて、帰宅者が、それぞれの考えに応じた徒歩帰宅行動をとる様子をシミュレートし、想定される帰宅困難者等に係る問題の実態を定量的に明らかにした。

今後は、シミュレーションで明らかになった困難な状況を緩和・解消するために、

- ①翌日帰宅・時差帰宅の促進等による一斉帰宅の抑制と、そのために必要な安否確認の改善や企業や学校での一時収容対策の促進
- ②経路情報等の提供
- ③帰宅経路における支援策
- ④都心部等の滞留者対策
- ⑤主要駅周辺での混乱防止策

等の具体的な検討をさらに進め、今年度内を目途に帰宅困難者等に係る対策をとりまとめる予定である。

### <参考文献>

- (1) 内閣府（防災担当）2008.4：首都直下地震時の帰宅行動シミュレーション結果の公表について
- (2) 内閣府（防災担当）2008.4：中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」（第11回）資料1、帰宅行動シミュレーション結果について（概要）
- (3) 内閣府（防災担当）2008.4：中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」（第11回）資料2、帰宅行動シミュレーション結果について
- (4) 内閣府（防災担当）2008.4：中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」（第11回）参考資料2、帰宅行動シミュレーションに係る参考資料（効用関数の設定）
- (5) <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutohinan/index.html>