

帰宅困難者対策施設の混雑度推計と民間施設協力による低減効果

中曾根 翼・大佛 俊泰・沖 拓弥

Cooperation of Private Institutions for Reducing Congestion of Supporting Facilities for People with Difficulty in Returning Home Tsubasa NAKASONE, Toshihiro OSARAGI, and Takuya OKI

Abstract : When a major earthquake occurs, there is a high possibility that many people will have difficulty in returning home. However, it has been not sufficiently considered whether supporting facilities have enough capacities for those people. In this paper, we construct a simulation model, which describes people's behavior such as returning home or going to other facilities after the event. Using the model, we estimate the congestion of facilities which varies according to weekdays or holidays, and demonstrate the effective reduction of congestion by cooperating private institutions.

Keywords : 帰宅困難者 (people with difficulty in returning home), 一時滞在施設 (facility for temporary staying), 災害時帰宅支援ステーション (facility for people returning home on foot), パーソントリップ調査 (person trip survey)

1. はじめに

東日本大震災（2011年3月11日）発生時には、首都圏では物的被害は軽微であったものの、交通機関が麻痺したことにより、多数の帰宅困難者が発生した。これを受け、東京都は帰宅困難者対策条例（2013年4月施行）を定め、他の自治体でも帰宅困難者対策施設を設定するなど、切迫する首都直下地震に備えて対策を取り始めている。

筆者らは、首都直下地震を想定した徒步移動シミュレーションを実行することで、帰宅困難者対策施設の混雑度を推計し、混雑度を低減するための民間施設の協力効果について考察した（中曾根ほか, 2014）。本稿では、大地震発生後、目的地までの移動中に得る情報が人々の行動に及ぼす影響を新たに考慮し、推計モデルの精緻化を行う。また、民間施設の選定方法について検討するとともに、民間施設の混雑度についても評価する。

中曾根 翼 〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

情報環境学専攻 大佛研究室

E-mail: nakasone.t.aa@m.titech.ac.jp

2. 徒歩移動シミュレーションの概要

2.1 シミュレーション対象者と対象地域の設定

表-1に、シミュレーションの対象者と対象道路の概要を示してある。本稿では、多数の人々が滞留し、多くの帰宅困難者が発生する可能性の高い、都心（皇居）から20km以内の地域を通過す

表-1 シミュレーションの対象者と対象道路

人々が使用する道路ネットワーク	東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部の国道、県道、市道を対象とした（高速道路は除外）。
シミュレーション対象者	本稿では、人々の発災時の滞留地点と自宅位置を、平成20年東京都市圏パーソントリップ調査のデータに基づき交差点単位で推定した上で、2地点間の最短経路が、皇居から20km以内の交差点を一度でも通過する者を対象とする。休日のデータは大佛・島田（2009）の手法を用いて作成した。

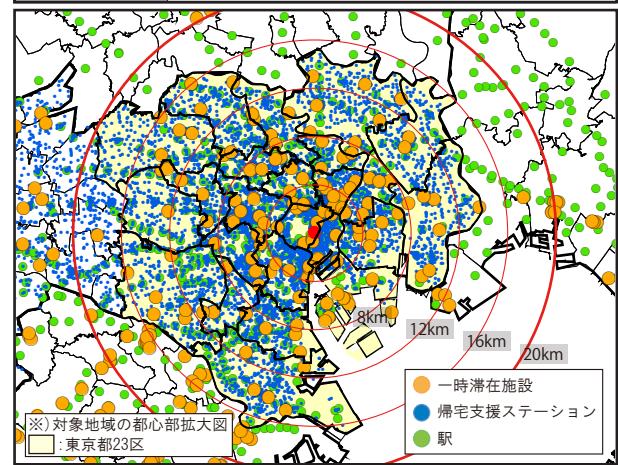


図-1 シミュレーション対象の地域と施設の分布

る人々を対象にシミュレーションを行う。

2.2 シミュレーション対象施設の設定

図-1にシミュレーションで扱う施設の分布を示してある。本稿では、中曾根ほか(2014)に倣い、表-2に示す施設を帰宅困難者対策施設と定義する。なお、鉄道駅と公立小・中学校は災害時帰宅支援ステーションと同様に扱うものとした。また、JR 東日本が一時滞在場所として指定している駅には、一時滞在施設に向かう前に長時間(60分～120分)滞在可能であると想定した。

3. 徒歩移動モデルの構築

3.1 用語の定義

シミュレーション対象者(表-1)のうち、発災後に徒歩で移動する人を徒歩移動者と呼ぶ。また、徒歩移動者のうち、途中で移動を諦めた人を移動断念者、目的地に到達できた人を移動完了者と定義する。

3.2 徒歩移動モデルの概要

図-2に、徒歩移動モデルの概要を示してある。行動開始のタイミングは、東日本大震災時の調査結果(廣井, 2011)等に基づいて設定し、行動開始時(発災直後)に滞留場所で入手できる情報は、図2-(a)に示す確率に従い設定する。次に、属性別・発災時刻別・滞留場所別の行動意思率モデル(濱田, 2014)に基づき、各人の詳細な目的地(自宅、通勤・通学先、その他の場所のいずれか)を推定する(図-2(b))。行動開始後は、帰宅支援ステーションに立ち寄り、情報(図-2(c))を入手・更新しながら、目的地に向かって歩く。体力の限界に達した人は移動断念者となり、入手している情報や施設との距離に応じた行動を取るものとした(図-2(d))。

4. 徒歩移動シミュレーションの実行結果

4.1 一時滞在施設の混雑度

平日・休日それぞれの9時・14時・18時発災を想定したシミュレーションを、発災から720分

表-2 シミュレーション対象施設の概要

施設種類※1)	滞在可能人数(人)	トイレ器具数	訪れた人の行動
帰宅困難者対策施設	一時滞在施設(439) 災害時帰宅支援ステーション(9785)	220～650 (自治体ごとに、受け入れ目標人数と施設数により設定)	設定しない※3)
	都立高校	300	20
	コンビニ	25	1
	飲食店	50	2
	給油所	30	2
	一時滞在場所(210) その他(1347)	滞在可能人数は推定困難なため、設定しない(混雑度は滞在人数で評価する)	※4)
公立小・中学校(6155)※2)	生徒数+100	16	・一時滞在(駅のみ)(仕方なく翌朝以降まで滞在する)

※1) () 内は施設数

※2) 公立小・中学校の利用可能確率は50%(中曾根ほか(2014))

※3) トイレ利用の目的として訪れることがないと想定している

※4) いくつかの主要な駅において実際に計測したトイレ器具数と、平日8時(ピーク時)における推定駅内滞留者数から求めた関係式:

$$y = 0.0085x + 4.12 \quad (\text{ただし}, y: \text{トイレ器具数(基), } x: \text{ピーク時の推定駅内滞留者数(人)})$$

※5) 一時滞在場所の駅では60～120分間、他の駅では10～30分間滞在

発災時の滞留場所	屋内				鉄道乗車中※3)	屋外
	通勤・通学先		駅	その他		
帰宅意願あり	帰宅意願なし	一時滞在場所	その他	の施設		
行動開始時刻のピーク※1)	発災から3時間後	通勤・通学先先に留まる	発災から3時間後	発災から40分後	発災から3時間後	発災直後
位置情報入手確率(%)※2)	100	シミュレーション対象外※4)	100	50	100	0
混雑度情報入手確率(%)※2)	0	100	0	100	0	

※1) 行動開始時刻は、それぞれのピークを平均値にとるボアソン分布に従い、ランダムに設定

※2) 行動開始時点での情報(図-2(c))を入手できる確率

※3) 行動開始時刻については、列車から降車して、最寄り駅まで線路上を徒歩で移動することを考慮した。情報については、駅到着後に入手すると想定している。

※4) 比較的安全であり、他の施設の混雑度への影響も少ないと考えられるため。

(a) 行動開始時刻と発災時情報入手確率の設定

行動意思推定結果 発災時の滞留場所	自宅へ向かう	通勤・通学先へ向かう		その他の場所へ向かう	
		通勤・通学先		通勤・通学先に留まる	
		通勤	通学	最寄りの一時滞在施設※)	まずは最寄り駅に向かい、滞在後に一時滞在施設に向かう※)
通勤・通学先					
駅・鉄道乗車中					
その他の施設					
屋外					

※) 駅出発時に満員でない最寄りの一時滞在施設に向かう。ただし、満員でない施設が半径3km以内になければ、出発せず翌朝以降まで駅に滞在する。

(b) 目的地の設定

情報の種類	位置情報		混雑度情報
	設定	一度入手すれば、全ての一時滞在施設の位置を知っている状態になる。入手するたびに更新される。	
行動開始後に情報を入手できる状況	・帰宅支援ステーション※1) や駅を訪れたとき ・訪れた一時滞在施設が満員だったとき※2)		

※1) 混雑度情報の入手確率は50%

※2) 別の施設に向かうための情報が提供されると想定

(c) 入手可能な情報の種類

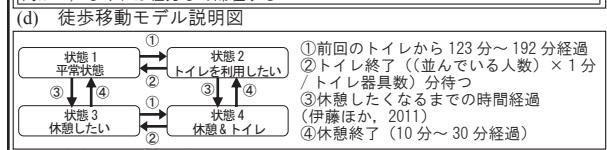


⑦帰宅支援ステーションや駅に接続している道を通るたびに、状態2～4(図-2(e))であれば立ち寄る。立ち寄る場合、状態2～4であればトイレに並ぶ、状態3であれば休憩する。状態1になると道に戻り移動を再開する。

⑧累積歩行距離が属性ごとの体力限界距離(大佛, 2008)～3kmを超えた者は移動断念する。移動断念した者はその地点から半径3km以内にある最寄りの一時滞在施設に向かう。ただし、混雑度情報入手後は、入手時点で満員の施設に向かわない。満員でない一時滞在施設がない場合は、代わりに半径3km以内の駅に向かう。駅もない場合は道路上に滞留するものとする(道路滞留者)。

⑨一時滞在施設に到着後、満員でなければ滞在する。満員の場合は、累積歩行距離が体力限界距離を越えない範囲に、満員でない別の一時滞在施設があれば向かい、なければ仕方なく滞在する。

(d) 徒歩移動モデル説明図



①前回のトイレから123分～192分経過
②トイレ終了((並んでいる人数) × 1分 / トイレ器具数) 分待つ
③休憩したくなるまでの時間経過
(伊藤ほか, 2011)
④休憩終了(10分～30分経過)

(e) 徒歩移動中の状態遷移

図-2 徒歩移動モデルの概要

後まで各 20 回実行した。

一時滞在施設は、都心部の滞留者が多い 14 時に発災した場合の混雑度が高い（図 -3(a)）。特に、休日は通勤・通学先以外で被災する人が多く、行動の開始が早いことから混雑度は早く上昇し始める。また、最初から一時滞在施設を目的地として移動する人が多いため、混雑度の値も高くなる。空間分布を見ると、副都心（特に新宿駅、渋谷駅周辺）において高く、都心から離れるにつれて低くなる傾向にあるが、23 区南西部や荒川を越えた辺りで再度、値は上昇する（図 -4(a), 図 -5(a)）。

4.2 帰宅支援ステーションの混雑度

トイレの混雑度は発災直後に急増する。平日は通勤・通学先にいる人が分散して帰宅するため、休日に比べ減少は緩やかである（図 -3(c)）。また、都心から 16km 付近で混雑度は高いが（図 -4(c)），これは主要道路に近接する帰宅支援ステーションの数が不足する距離帯であることによる。空間分布を見ると、都心から郊外へ向かう主要幹線道路沿いに混雑度の高い施設が連携している様子を見てとれる（図 -5(c)）。

一方、人々はある程度歩いた後に休憩を取るために、休憩中の人々による混雑度は、発災からある程度経過した時刻に、都心から離れた距離帯で高くなる（図 -3(d), 図 -4(d)）。また、平日は都心部（通勤・通学先）から郊外まで徒歩で帰宅する人が多いため、郊外へ向かう主要幹線道路上に、混雑度の非常に高い施設が点在している（図 -5(d)）。

4.3 駅の滞留者数

駅には、平日の 9 時・18 時に発災すると非常に多くの人々が滞留するものの、時間経過とともに徐々に駅から次の目的地に移動するため滞留者数は減少する（図 -3(b)）。距離帯別に見ると、新宿駅や渋谷駅のある副都心（都心から 6km 付近）で高く（図 -4(b)），14 時においてはこれらの駅の滞留者数は休日の方が多くなる（図 -5(b)）。

4.4 休日における施設利用可能性の影響

以上では帰宅困難者対策施設の全てが利用でき

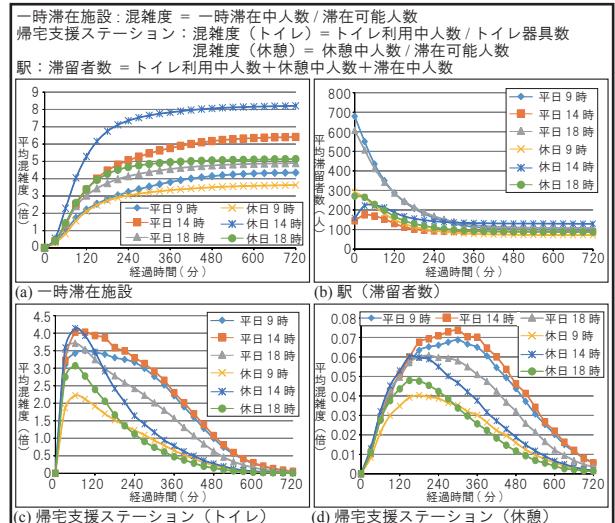


図 -3 全施設の平均混雑度（滞留者数）の推移

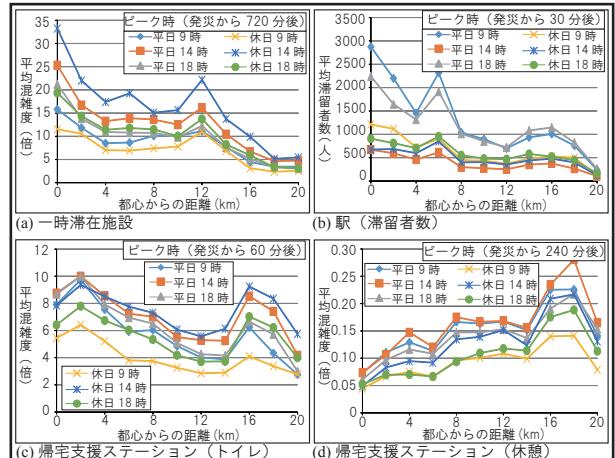


図 -4 距離帯別の平均混雑度（滞留者数）

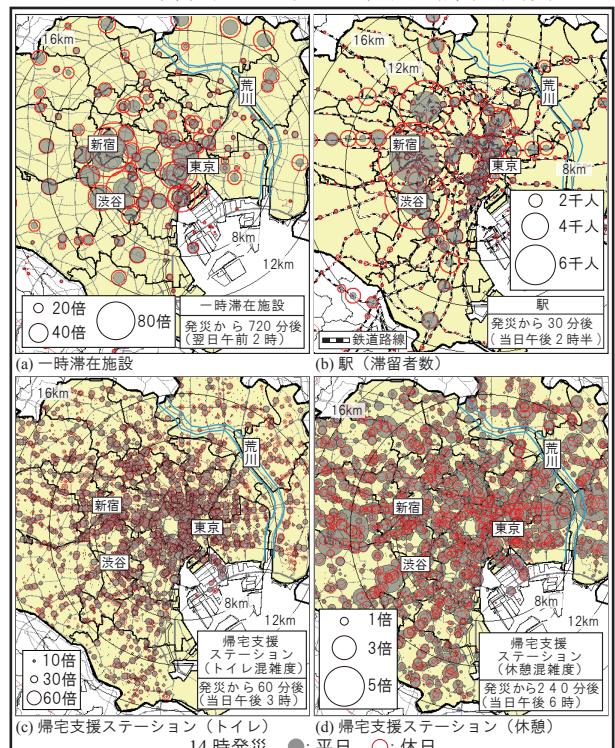


図 -5 施設の混雑度（滞留者数）の空間分布

ることを想定したが、休日に発災した場合、一部の施設は利用できない可能性がある。そこで、一部の施設に利用可能確率（図-6(a)）を設定し、休日の9時・14時・18時発災を想定したシミュレーションを各20回実行した。

利用可能施設数が減少することで、混雑度が大きく上昇する距離帯があることがわかる（図-6(b), 図-6(c)）。すなわち、休日には徒歩移動者への支援力が低下する地域が局的に発生する可能性を示唆している。

4.5 民間施設の協力による混雑度低減効果

東日本大震災では、一時滞在施設として指定されていない民間施設も多く同様の機能を果たした。特に、宿泊施設や大型商業施設、スポーツ施設が多く帰宅困難者を受け入れた。そこで、前節の状況に、東京都23区内の民間施設（図-7(a)）が一定の割合で協力する場合を想定し、その効果を検証した。施設の選定方法は①任意、②優先、③逐次の3種類を想定し（図-7(b)）、それぞれシミュレーションを実行した。

協力前に混雑度の高い新宿駅、渋谷駅周辺においては、方法①より②、③の方が混雑度の低減が大きい（図-7(c)）。方法②と③を比較すると、協力した民間施設も含めた全施設平均混雑度は③の方が低く（図-7(d)）、満員でない施設に滞在することが困難な人の数も③の方が少ない（図-7(e)）。すなわち、帰宅困難者を効率的かつ効果的に受け入れるために、施設の選定方法は③（逐次）が優れていることを示している。

5.まとめ

首都直下地震を想定した徒歩移動シミュレーションを実行することで、帰宅困難者対策施設の混雑度は、主に平日よりも休日に深刻であることが判明した。また、協力を依頼する民間施設の選定方法について検討し、混雑度の高い地域から逐次的に民間施設を選定すれば、帰宅困難者を効果的に受け入れ可能であることを示した。

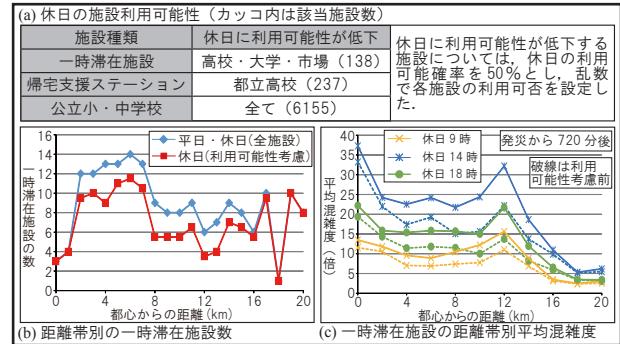


図-6 施設の利用可能性の影響

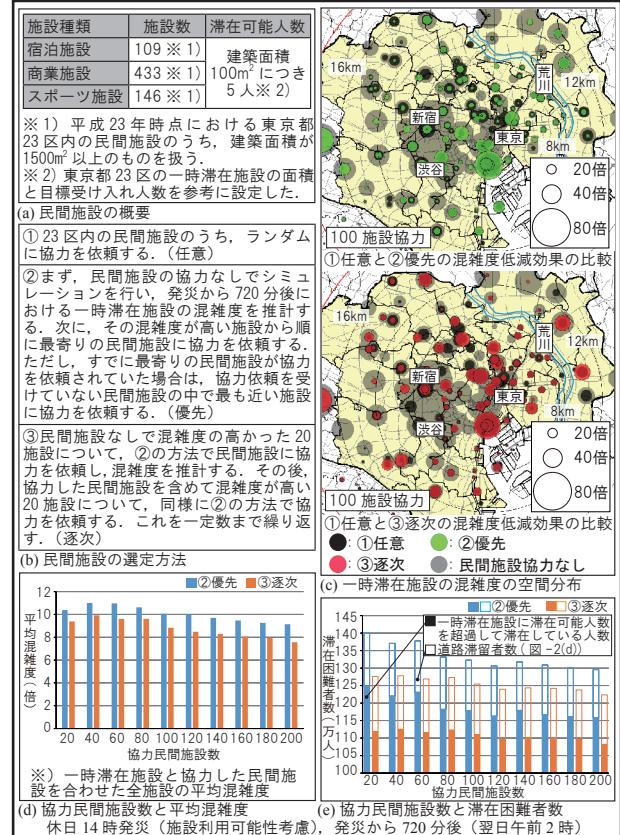


図-7 民間施設の混雑度低減効果

参考文献

- 中曾根翼・大佛俊泰・沖拓弥（2014）：大地震における帰宅困難者対策施設の混雑度について、日本建築学会学術講演梗概集（CD-ROM），7484, 1055-1056
- 大佛俊泰・島田廉（2009）：平日と休日における都市内滞留者の時空間分布推定と地震被害想定への応用、日本建築学会計画系論文集, Vol.74, No.635, 145-152
- 廣井悠（2011）：東日本大震災における首都圏の帰宅困難者に関する社会調査、地域安全学会論文集, No15, 343-353
- 濱田時彦（2014）：東京都帰宅困難者対策条例を考慮した大地震発生後の徒歩帰宅者の推定、東京工業大学修士論文
- 大佛俊泰（2008）：大地震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, Vol.73, No.634, 2679-2687
- 伊藤香織・大森宜暁・青野貞康・丹羽由佳里（2011）：日記形式webアンケート調査による地震被災時帰宅行動の実証分析、平成23年度国土政策関係研究支援事業研究成果報告書