

密集市街地の空間性状と大地震時の避難困難率

沖拓弥・大佛俊泰

Characteristics of Densely Built-up Area and Difficulty of Evacuation after a Major Earthquake Takuya OKI and Toshihiro OSARAGI

Abstract : In the field of disaster prevention planning, it is highly important to discuss the possibilities of wide-area evacuation. In order to evaluate the past improvements decreasing the difficulty of wide-area evacuation in a densely built-up area, we created a simulation model, which described physical damages and people's evacuation behavior. The results of simulation focused on small area demonstrated some new findings: (1) while many wooden houses have been reconstructed to incombustible and earthquake-proof state, the ratio of road-blockage has hardly changed, (2) people's wide-area evacuation is likely to be obstructed on roads whose length between two intersections are too long or located near a railroad crossing.

Keywords : 広域避難 (wide-area evacuation), 道路閉塞 (road-blockage), 市街地火災 (urban-fire), 避難困難率 (difficulty of evacuation), 時空間分布 (spatiotemporal distribution)

1. はじめに

わが国においては、近い将来発生するといわれている巨大地震を想定した具体的な地域防災計画の立案が急務とされている。特に、道路網が狭隘で複雑に入り組み、老朽化した木造家屋が高密度に建ち並ぶ木造密集市街地においては、市街地火災の危険性がかねてから指摘されており、早急に整備を行うことが必要である。

筆者らは、広域避難の観点から密集市街地の空間性状を評価・検討することを目的として、大地震による物的被害と都市内滞留者の避難行動に関するシミュレーションモデルを構築した (沖・大佛, 2011 ; 沖・大佛, 2012)。そこでは、多くの通勤・通学者が居住しており、大地震発生時に建物倒壊や市街地火災の危険性が高い木造密集地域を有する東京都世田谷区を分析対象地域とし (図 1(a)), シミュレーション分析を試みた。その結果、

滞留地点から近隣の安全な街区へ避難できるか否かという「局所的な避難安全性」が、ひいては「広域的な避難安全性」の基礎となることが明らかとなった。

そこで本稿では、従来よりさらにミクロな空間単位 (約 700 m × 約 770 m) に着目し、都市内滞留者の広域避難時の挙動をより詳細に分析することを試みる。具体的には、市街地の防災性能を反映していると考えられる様々な指標の経年変化と避難困難率の変化との関係に着目し、これまで行われてきた市街地整備を評価するとともに、密集市街地の避難困難率を左右しうる重要な要因について考察する。

2. 広域避難シミュレーションの構築

2.1 モデルの概要

本シミュレーションでは、(i) 大地震時に発生する建物倒壊、市街地延焼、道路閉塞といった物的被害を記述するモデルを構築し、(ii) 平成 10 年東京都市圏パーソントリップ調査のデータ (以下、PT データ) から施設内滞留者と歩行者の時空間分布を推定した上で、(iii) 人々が発災時の居

沖拓弥 〒 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: oki.t.ab@m.titech.ac.jp

場所から避難場所に向かうまでの避難行動をモデル化している。このとき、マルチエージェントシミュレーション(MAS)の枠組みに従い、エージェント(避難者・火災・道路状況)が相互作用を及ぼしながら時々刻々と状態が変化する過程を表現している(図2)。

2.2 シミュレーションの概要

分析対象地域は東京都世田谷区の若林三丁目・若林四丁目とする(図1(c))。この地域は広域避難場所「国士舘大学一帯」の南東に位置し、東京都の木造住宅密集地域整備事業(以下、木密事業)実施地区として、昭和63年から現在に至るまで事業が行われてきた地域である。

シミュレーションでの想定状況を表1に示してある。本稿では、木密事業による市街地の避難安全性改善効果を定量的に把握するとともに、局所的な避難安全性に影響を及ぼし得る要因を抽出することを目的として、平成3年(以下、H3)と平成18年(以下、H18)当時の市街地を分析対象として広域避難シミュレーション結果を比較する(主に100回のシミュレーションの平均値をもとに考察する)。

3. シミュレーションの実行結果

3.1 市街地の空間性状の変化

防火構造別に分類した建物の空間分布を図3(a)に示してある。H3には広幅員道路沿いに耐火造・準耐火造の建物が点在しているだけであったが、H18までに一定幅員以上の道路沿いで建物の不燃化・耐震化が進んでいる様子が見てとれる。また、H3には裸木造・防火造の建物がほとんどを占めていた対象地域中心部においても、耐火造や準耐火造の建物が増えている。耐火造・準耐火造の構成率を見ても、H3時点では約19%であったが、H18には約35%まで増加している(図3(b))。この結果、不燃化率の値は若林三丁目・若林四丁目ともに上昇しており、地域内の不燃化が着実に進行していると評価することができる(図3(c))。

3.2 建物倒壊率・建物焼失率・道路閉塞率

建物の実構造(木造・RC造・S造等)と建築

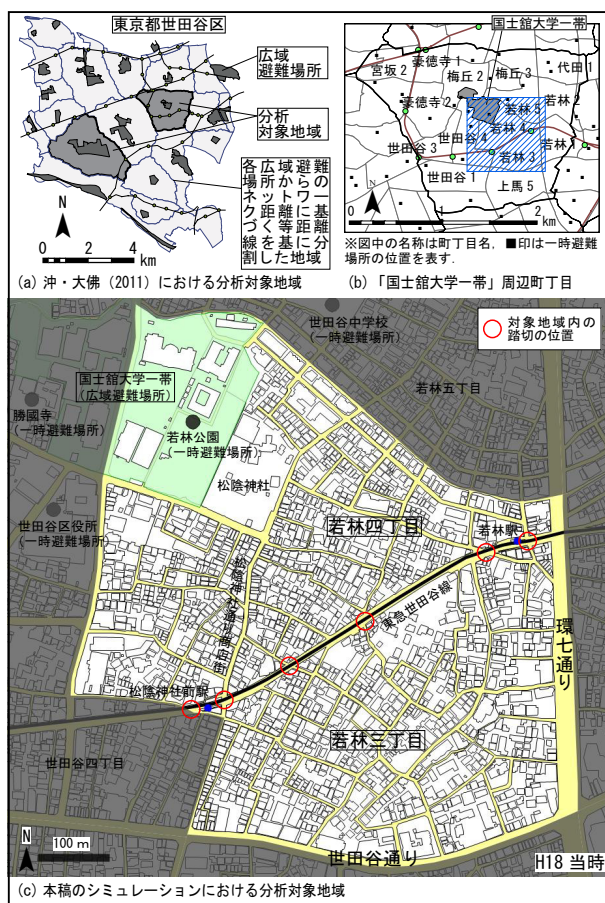


図-1 シミュレーション対象地域

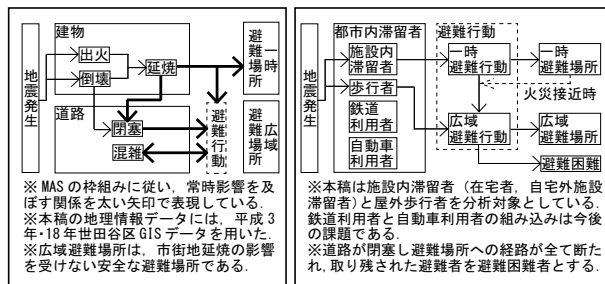


図-2 モデルの概要(左:物的被害, 右:避難行動)

表-1 本稿のシミュレーションでの想定状況

想定地震	東京湾北部地震 ・マグニチュード7.3 ・地震動の最大速度120cm/s ・代表加速度1000gal (震度6強を想定)	※「首都直下地震等による東京の被害想定」(東京都防災会議, 2012)を参考にしている。 ※地震動の最大速度と代表加速度は、世田谷区の想定震度6強から、翠川ら(1999)による経験式を用いて求めた。
季節・風速	冬・北風8m/s	
出火件数	世田谷区内で85件	
発災時刻	18時	
試行回数	乱数に基づいて決定した100通りの物的被害パターンそれぞれについて、1回の避難シミュレーションを実行	※出火件数は、想定される地震規模における出火シミュレーションを1000回行った結果の平均値を用いた。

年次の関数である倒壊確率(村尾・山崎, 2000)を用いて、建物倒壊シミュレーションを行った結果を図4に示してある。地域全体で見ると、倒壊率の高い建物が少なくなっており(図4(a))、地域全体で倒壊した建物の割合を見ても、H3からH18の15年間で5.4%から3.7%に減少している

(図 4(b)). 図 5 は, 延焼シミュレーションを行うことで得られる, 地域全体で焼失した建物の割合を示している. 市街地の空間性状の変化による影響だけを見るために, 地震発生直後の出火点や季節・時刻・気象条件等の条件は H3 と H18 の各パターンごとに統一しているにもかかわらず, 焼失建物の割合は H3 から H18 の 15 年間で 13.4% から 6.6% に減少している. 以上の結果より, 木密事業が市街地の不燃化・耐震化に効果を挙げていることを定量的に確認することができる.

一方, 建物倒壊シミュレーションの結果に基づく道路閉塞(沖・大佛, 2011)の結果を見ると(図 6(a)), 道路閉塞率は H18 においても依然として高いことがわかる. 地域全体の道路総延長に占める閉塞道路長さの割合を見ても, H3 の値とほとんど変わらず(図 6(b)), 閉塞箇所の数で比較しても同様の傾向が表れている(図 6(c)). 建物が不燃化・耐震化される際に規模(高さ・面積)も大きくなることで, 建物 1 棟だけで閉塞する道路の数が増加するためと推察される.

3.3 避難困難率・避難時間

図 7 は, H3 と H18 の避難困難率を比較したものである. 先に見たように, 道路閉塞率はほとんど変化していないにもかかわらず, 地域全体の避難困難率の平均値は 2% 程度減少し(図 7(d)), 避難場所に到達するまでに要する時間も減少している(図 8). このことは, 避難経路として有効に機能しうる道路の整備が進んだ可能性を示唆している.

H3 と H18 の両方で避難困難率の高かった地域として, 特に対象地域の中心付近と南西側が挙げられる. これらの箇所の空間性状をより詳細に分析すると, 道路幅員が狭いだけでなく, 他の箇所と比較して交差点間の距離が長いという特徴が見られる. こうした交差点間距離の長い道路では, その分, 道路に面する建物の数が多くなる. このことは, 複数箇所で閉塞が発生する可能性が高いことを意味しており, 結果的に閉塞区間に挟まれた住民が避難困難となる. さらに, 見通しが悪い道路では, 閉塞の存在を知らずに進入してしま

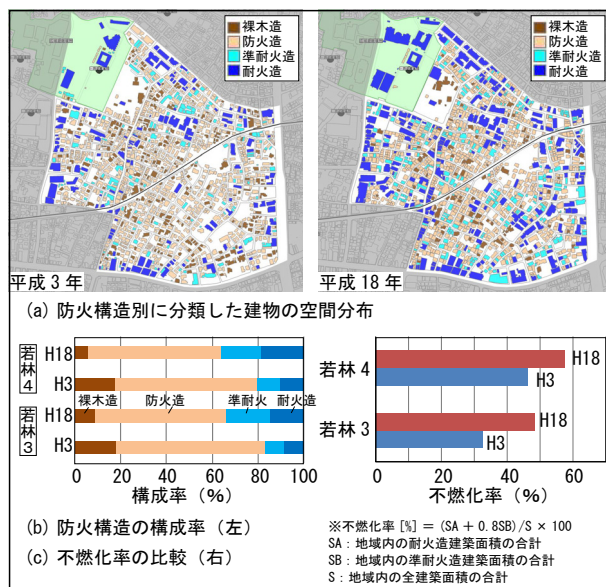


図-3 建物の防火構造

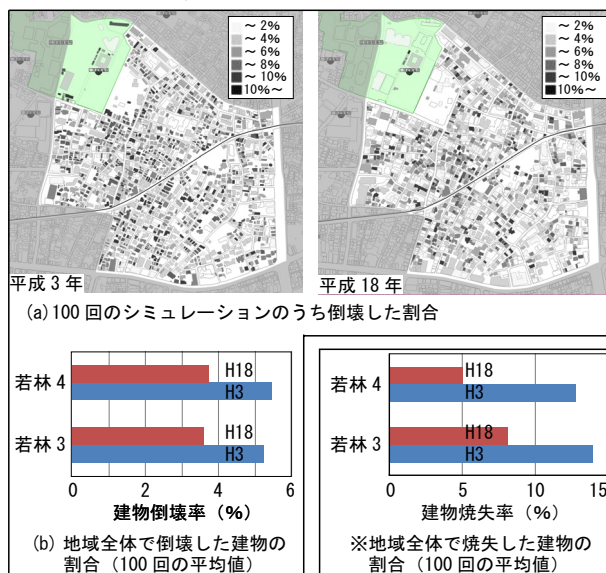


図-4 建物倒壊率の分布

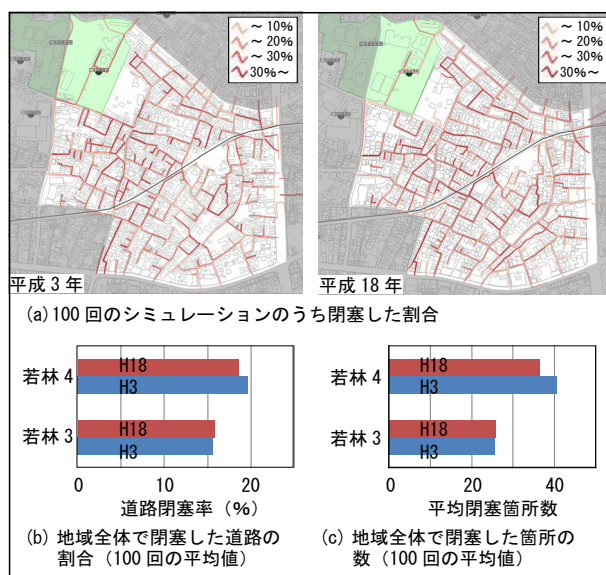


図-5 建物焼失率の比較

図-6 道路閉塞状況の比較

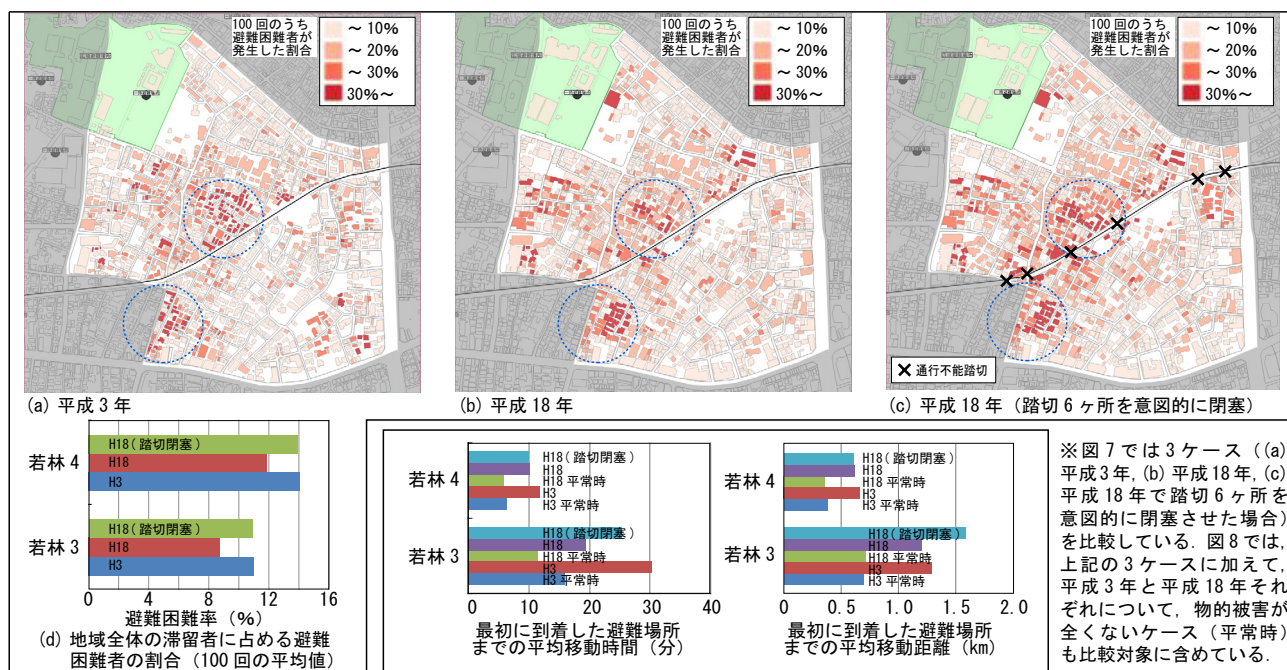


図-7 避難困難率の比較

図-8 避難場所までの移動時間・距離の比較

うと、引き返す人との交錯や閉じ込めが発生する危険性もある。以上のような危険性の高い道路では、沿道建物の耐震化や道路幅員の拡幅を図ると同時に、交差点間の距離が短くなるような道路整備が必要である。例えば、道路拡幅よりも、現在行き止まりとなっている道路を延長して通り抜けを可能とする方が、関係する建物や地権者の数が少なく、短期間で効果的かつ効率的に避難困難率を低下させられる可能性もある。

潜在的な危険性を有する箇所として、本対象地域では踏切の存在が挙げられる。線路は延焼遮断帯としての役割を担っているだけでなく、踏切を避難経路として想定している住民も多い。そこで、若林三丁目と若林四丁目をつなぐ踏切6ヶ所を意図的に閉塞した状況を想定してシミュレーションを実行した。その結果、特に踏切周辺の避難困難率が高くなり（図7(c)）、避難場所まで到達出来たとしても大きな迂回を余儀なくされ、避難場所までの移動時間・距離は大きく増加する（図8）。このことから、この地域では踏切が重要な避難経路に含まれていることがわかる。地域全体の避難困難率を低く抑えるためには、こうしたいわゆるボトルネックとなるような箇所を閉塞させないことも重要となる。

4. まとめ

本稿では、現実の市街地に関する空間データとPTデータから得られる都市内滞留者の時空間分布を用いて、物的被害モデルと避難者行動モデルを統合した避難行動シミュレーションをH3とH18の2時点について行った。その結果、木密事業は市街地の不燃化・耐震化に効果を挙げているものの、道路閉塞率はほとんど変化していないことが判明した。地域全体でみると避難困難率は低下しているが、交差点間の距離が長い道路や踏切の周辺等、危険性の高い道路は依然として多く存在しており、こうしたミクロな空間性状が避難困難率を極端に高めてしまう可能性がある。

謝辞

本研究は平成23年度科学研究費補助金・基礎研究(B) (課題番号21310105)の助成を受けて行った研究の一部である。

参考文献

- 沖拓弥・大佛俊泰(2011): 密集市街地の避難危険度評価, 地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM), 20, B-4-4. pdf.
- 沖拓弥・大佛俊泰(2012): 避難安全性からみた密集市街地性状に関する一考察, 「日本建築学会大会学術講演梗概集(F)」, 927-928.
- 翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄(1999): 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 「地域安全学会論文集」, 1, 51-56.
- 村尾修・山崎文雄(2000): 自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数, 「日本建築学会構造系論文集」, 527, 189-196.