

# 密集市街地の避難危険度評価

沖 拓弥・大佛 俊泰

## Evacuation Risk in Densely Built-up Area

Takuya OKI and Toshihiro OSARAGI

**Abstract :** In the field of disaster prevention planning, it is highly important to take the evacuation risk into consideration. In order to evaluate evacuation risk dealing with any possible damages from large-scale earthquakes and priority of urban redevelopment, we construct a simulation model, which describes physical damages (such as house-collapse, urban-fire, and road-blockage) and evacuation behavior in terms of difficulty in wide-area evacuation. Additionally, we extract critical roads to be considered in the redevelopment from the viewpoint of the number of refugees, which varies according to the patterns of road-blockage.

**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 (rate of difficulty in evacuation), 避難危険度 (evacuation risk)

### 1. はじめに

地域防災計画の策定に際しては、広域避難時の安全性について検討することが必要である。避難場所までの距離や道路幅員の観点から安全とされている地域においても、大地震時には建物倒壊による道路閉塞や市街地延焼の影響により、円滑な避難が困難となる危険性がある。

そこで本研究では、まず、大地震による物的被害と避難行動に関してシミュレーションを実行し、以下で定義する避難困難率という指標を用いて、密集市街地における避難危険度の評価を試みる。次に、避難困難率を、密集市街地とそうでない地域との間で比較することにより、不燃化・耐

震化状況が市街地の避難安全性に与える影響について考察する。さらに、物的被害の状況に応じて、道路リンクを通行する避難者数やその空間分布が変化することに着目し、地域防災計画において重要な道路の抽出を試みる。

### 2. シミュレーションの概要

#### 2.1 物的被害のモデル化

物的被害のモデル化の概要を図1に示してある。倒壊した建物の高さや隣棟間距離・道路境界線までの距離、および、延焼建物からの距離と道路幅員から、道路が閉塞するかどうかの判定を行い、閉塞した道路リンクは通行不能とした(図1(b))。また、建物の出火・延焼は、避難者の経路選択に影響を及ぼすと考えられることから、着火建物からの距離と延焼建物から受ける抵抗をモデル化し、その値に応じて道路リンクに抵抗を与えた(図2(b))。

---

沖：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学大学院 情報理工学研究所

情報環境学専攻 大佛研究室

E-mail: oki.t.ab@m.titech.ac.jp

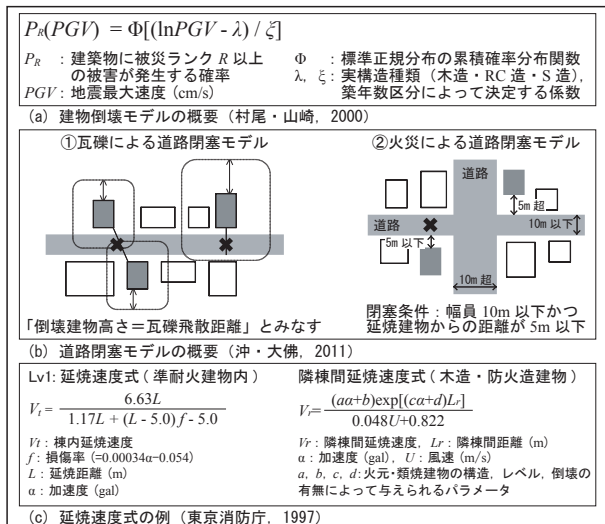


図1 物的被害のモデル化の概要

## 2.2 避難者行動のモデル化

図2(a)に示すタイミングで避難を開始した後、施設内滞留者は一時避難場所に、施設外歩行者は広域避難場所に向かってそれぞれ避難するものとした。閉塞している道路リンクに遭遇した場合は、その都度、避難場所までの経路を再探索する。通過した交差点に接続する道路リンクの閉塞状況を避難者に記憶させることで、閉塞箇所を避けながら経路を選択し、避難する様子をモデル化した。

ここでは、シミュレーション終了時に避難場所に滞在している人を「避難完了者」、道路が閉塞している等の理由で避難場所まで到達できなかった人を「避難困難者」と定義する(図3)。また、全避難者に占める避難困難者の割合を「避難困難率」と呼ぶ。本研究では、避難困難率を市街地の避難危険度を示す一つの指標として用いる。

## 2.3 対象地域とシミュレーション方法

東京都世田谷区内の各広域避難場所からのネットワーク距離に基づく等距離線をもとに、世田谷区を20の地域に分割した。その中から、不燃化率と木造密度の観点でみたとき、危険度が高い地域を多く含む「国土館大学一帯(以下、国土館)」、および、危険度が低い地域を多く含む「砧公園・大蔵運動公園一帯(以下、砧・大蔵)」をここでの分析対象とした(図4)。

想定地震は東京湾北部地震とし、次の状況を想

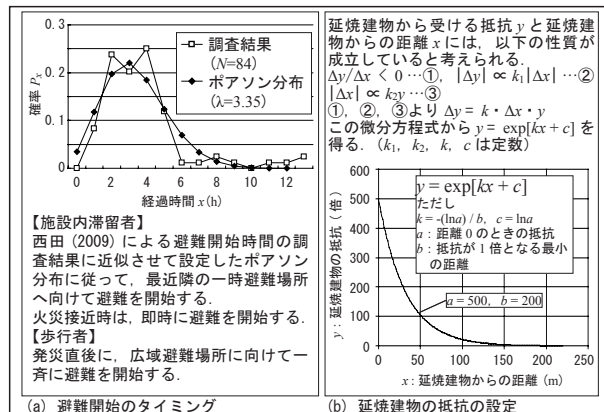


図2 避難者の行動モデル

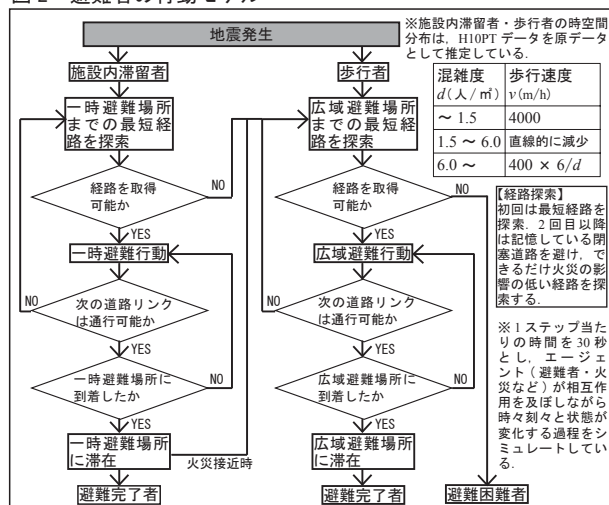


図3 避難者の行動の定義

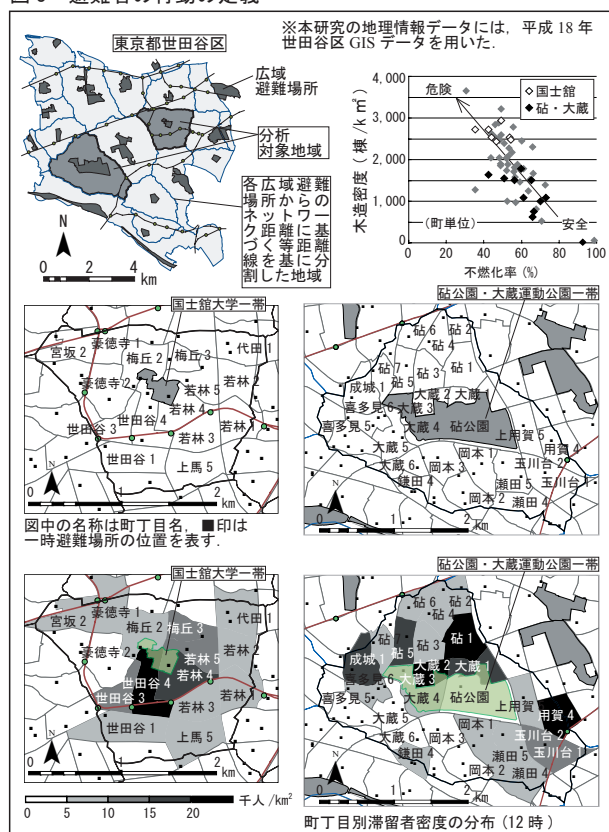


図4 シミュレーション対象地域の概要



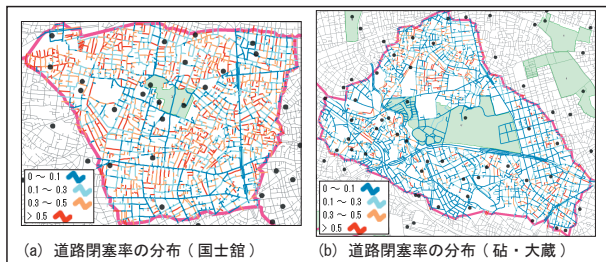


図5 道路閉塞率（50回平均）の分布

定した[季節：冬，地震動の最大速度：60cm/s，加速度：1000gal，風速：北風 15m/s]。また，避難者の人数・属性・空間分布は時刻により異なるので，本稿では，発災時刻を12時に設定し，発災から12時間後までの避難シミュレーションを，物的被害パターンの異なる50回について実行した。

### 3. シミュレーション結果

#### 3.1 避難危険度の評価

50回実行したときの平均道路閉塞率の分布をみると，国士館内の道路は砧・大蔵内の道路に比べて，全体的に道路閉塞率が高くなっている（図5(a)，図5(b)）。また，このときの平均道路閉塞率と平均避難困難率との関係を町丁目ごとにプロットすると，図6(a)の町丁目の位置関係は，図4に示す不燃化率・木造密度のグラフにおける町の位置関係とよく整合している。このことから，建物の不燃化と耐震化の促進の度合いが，町丁目単位での避難安全性に大きく影響しているといえる。

ここで，東京都（2003）による避難危険度の分布（図6(c)，図6(d)）とシミュレーションによる建物別の避難困難率の分布（図6(e)，図6(f)）を比較する。東京都によれば，若林3丁目や梅丘3丁目は，広域避難場所に近いことから避難危険度の低い地域とされているが，シミュレーション結果によれば，いずれも避難困難率が30%を超える建物が多く，避難危険度の高い地域であることがわかる。また，図6(b)は，避難困難率10%ごとの建物の割合を，東京都による避難危険度のランク別に示したものである。避難困難率の高い建物の割合は，避難危険度のランク3よりもランク2に

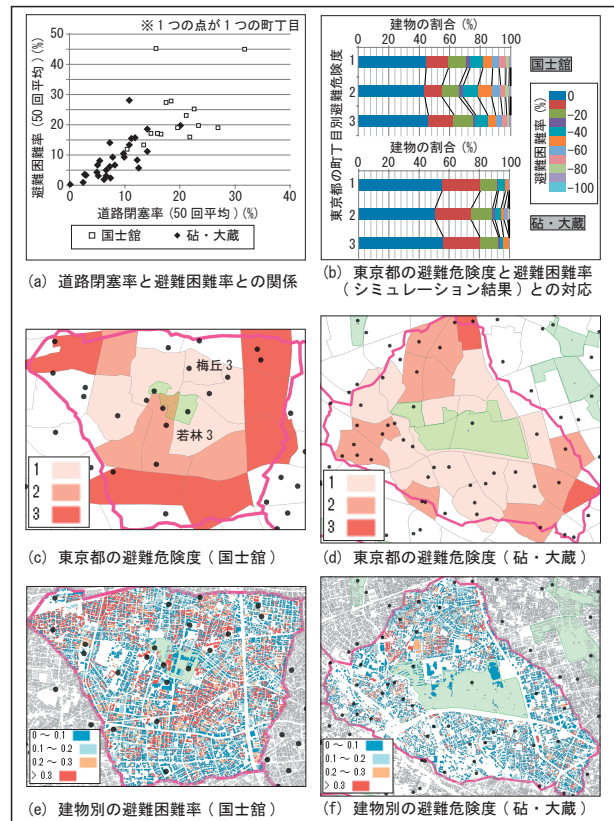


図6 避難危険度と避難困難率（50回平均）

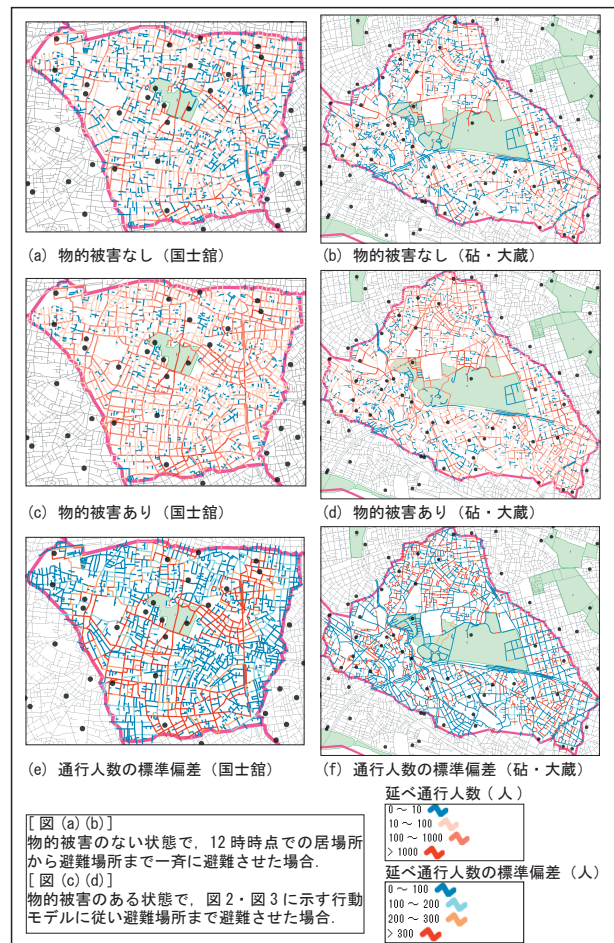


図7 道路リンクの延べ歩行人数（12時間の合計）

おいて大きくなっている。

### 3.2 道路リンクの通行人数

シミュレーション時間（12 時間）内の、道路リンクの延べ通行人数の空間分布（50 回の平均値）を図 7 に示してある。物的被害のない状況下（図 7(a), 図 7(b)）では、最短経路で移動するため特定の道路に通行が集中し、混雑する可能性があり危険である。一方、物的被害のある状況下（図 7(c), 図 7(d)）では、道路閉塞を避けて避難することで通行人数は分散するが、避難経路として想定されていない道路で混雑や混乱が生じるおそれがあり、やはり危険であるといえる。

物的被害のある状況下で両地域を比較すると、国士舘は行き止まり道路を除いて全体的に避難者が通行するようになり、その量も多いのに対し、砧・大蔵では各道路の通行人数はさほど変化しないことがわかる。このことは、国士舘は道路閉塞のパターンに応じて避難経路が変わりやすく、逆に砧・大蔵は地域全体の道路閉塞率が低いため、避難経路が変わりにくいことを意味している。また、地域によらず、道路閉塞率の低い道路では、延べ通行人数の標準偏差は大きくなる傾向がみられる（図 7(e), 図 7(f)）ことから、大地震発生時には、想定されていない経路を通行する避難者が多数発生することがわかる。

### 3.3 重要道路の抽出

図 8 のグラフ A, D は、両地域内の各道路の通行人数が物的被害の有無でどのように変化するかを、道路閉塞率に応じて色分けして表したものである。それぞれの図の右下に位置している道路は、物的被害を考慮すると通行量が減少する道路であり、特に閉塞率の高いものは閉塞を防ぐべき重要な道路といえる。一方、図の左上に位置する道路は迂回路となる道路であり、閉塞率の高いものは同様に、閉塞させてはならない重要道路と考えられる。

グラフ A, D をもとに、重要度の高いと思われる道路（45 度線からの乖離が大きく、道路閉塞率が 30% 以上の道路）を、45 度線の上下それぞれから 50 本ずつ抽出した（グラフ B, E）。抽出

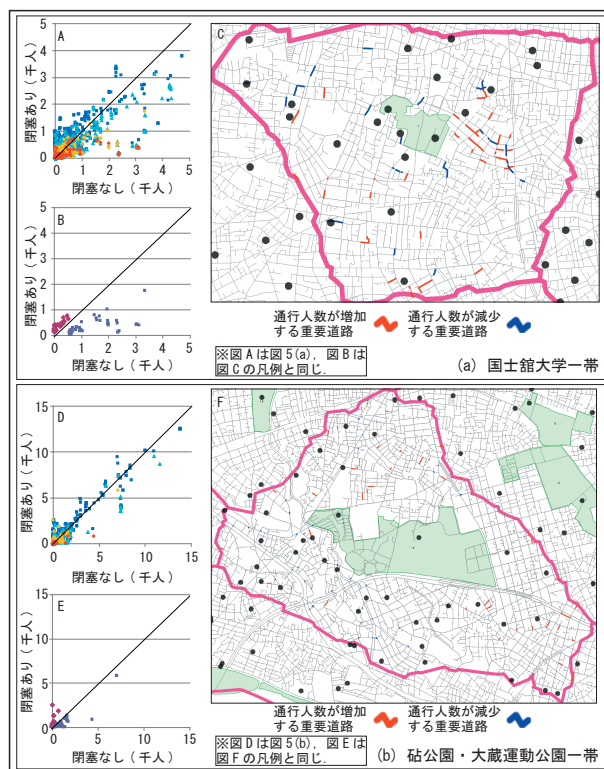


図 8 延べ通行人数の変化と重要道路の分布

した道路の分布を図 C と図 F に示してある。これらの道路の沿道建物の不燃化・耐震化を優先的に推進すれば、より効果的かつ効率的に避難安全性を向上させることが可能であると考えられる。具体的な効果の検証については今後の課題である。

## 4. まとめ

大地震による物的被害と避難行動をモデル化し、避難シミュレーションを実行することで、避難危険度を避難困難率の観点から評価した。また、不燃化・耐震化状況の異なる 2 地域を比較するとともに、物的被害の有無による道路通行人数の変化に着目し、重要道路の抽出を試みた。

## 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

- 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.
- 沖拓弥・大佛俊泰 (2011): 密集市街地における大地震時の避難危険度, 「日本建築学会大会学術講演梗概集 (F-1)」, 12, 863-864.
- 東京消防庁 (1997): 直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策, 「火災予防審議会答申」.
- 西田幸夫 (2009): 関東大震災における火災延焼と避難について, 「歴史地震」, 24, 166.
- 東京都都市整備局 (2003): 地震に関する地域危険度測定調査 (第 5 回).