

道路閉塞情報の緊急車両到着時間短縮効果とその地域特性

廣川 典昭・大佛 俊泰・沖 拓弥

Information Collection on Street-Blockage for Improving Accessibility of Fire Fighters in a Major Earthquake

Noriaki HIROKAWA, Toshihiro OSARAGI, and Takuya OKI

Abstract: The previous studies presume that the use of emergency vehicles will be obstructed by collapsed buildings in a major earthquake. In this paper, we investigate a method for assisting fire fighters for their effective and efficient access to the locations of fires. More specifically, we construct a simulation model that describes the movement of fire engines. Next, using the model, we attempt to evaluate the effects of street-blockage information collected by residents. Finally, based on the result, we demonstrate the spatial characteristics of the access time to fires, which can be effectively reduced by using the street-blockage information.

Keywords: 大地震 (major earthquake), 道路閉塞 (street-blockage), 消防隊 (fire fighters), 災害情報収集 (disaster information collection)

1. はじめに

東京湾北部地震 (M7.3) 発生時には、800 棟以上の建物から出火して 20 万棟以上の建物が焼失し、火災による死傷者は 2 万人以上にのぼるとされている (東京都, 2012)。被害低減のためには、地域住民による初期消火と、公設消防による迅速な消火活動が重要であるが、木造住宅密集地域においては建物倒壊により細街路が閉塞し、消防活動に支障をきたす可能性が高い。首都直下地震発生の切迫性を考えると、耐震化や不燃化の推進と並行して、道路閉塞の発生を前提とした消防活動戦略について検討しておく必要がある。

筆者らは、東京都世田谷区を例に、道路閉塞が消防隊の到着時間に及ぼす影響を定量的に分析し、道路閉塞情報の収集が有効な解決策となり得る可能性を示した (廣川ほか, 2013, 廣川典昭 〒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

Email:hirokawa.n.aa@m.titech.ac.jp

2014)。本稿では、東京都 23 区全域を対象に、物的被害と消防隊行動のシミュレーションを実行し、災害情報収集による消防隊の到着時間短縮効果の地域特性を分析する。

2. 建物属性情報 (実構造・建築年代) の推定

本稿で用いた平成 23 年土地利用現況調査に基づく建物 GIS データ (東京都) には、建物倒壊シミュレーションに必要な実構造 (木造・RC 造・鉄骨造) と、建築年代の情報が備わっていない。そこで、住宅は平成 20 年住宅土地統計調査、非住宅は平成 20 年法人建物調査のデータを用いて推定を行い (図 -1(a)(b))、実構造・建築年代ともに実測データを有する平成 18 年世田谷区の土地利用現況調査に基づく GIS データを用いて、推定精度を検証した (図 -2(a))。木造と非木造の判別精度は、木造が約 90%、非木造が 60% 以上と高いが、鉄骨造の判別、及び、建築年代の推定精度は高くない。モデルの精度向上は今後の課題である。

3. 物的被害状況・消防隊のモデル化

図-2(b)の手順により物的被害推定を行った。建物・道路単位での推定結果を250mメッシュごとに集計し、図-3に示してある。消防隊は、火災発生の通報を受けた後、消防水利まで消防車両で向かい、消防水利からは消防隊員がホースを持って火災建物へ向かうものとした(図-4)。ここで、閉塞情報を有していないケース(閉塞情報なし)では、すべての道路が通行可能として経路探索を行う。ただし、目的地へ向かう途中で閉塞道路に遭遇した場合には、その位置から再度経路探索を行う(このとき、遭遇した閉塞道路を記憶する)。また、出動前に道路閉塞情報を入手できるケースでは、最初から閉塞道路を避けた経路探索を行うものとした。

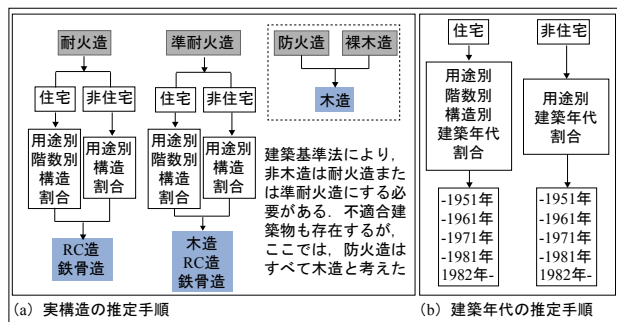


図-1 実構造・建築年代の推定手順

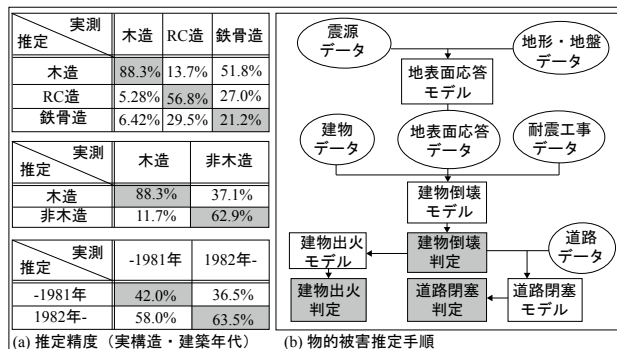


図-2 推定精度検証と物的被害の推定手順

4. 道路閉塞が消防隊の到着時間に与える影響

4.1 シミュレーション条件

東京湾北部地震(M7.3)の発生を想定し、消防隊移動シミュレーションを100回実行した。各試行では、異なる物的被害パターンを作成し、その各々について、表-1に示した4つのケース(a)~(d)を想定し、消防隊が火災建物に到着する

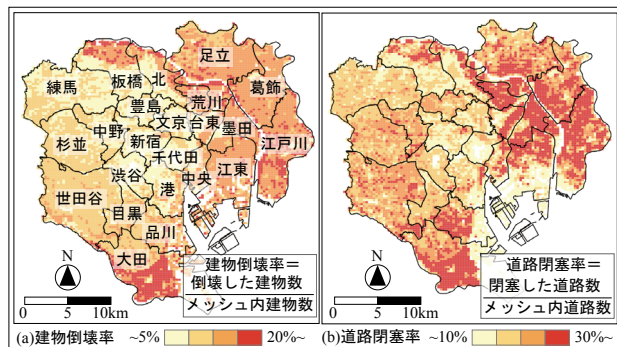


図-3 建物倒壊率・道路閉塞率(250mメッシュ)

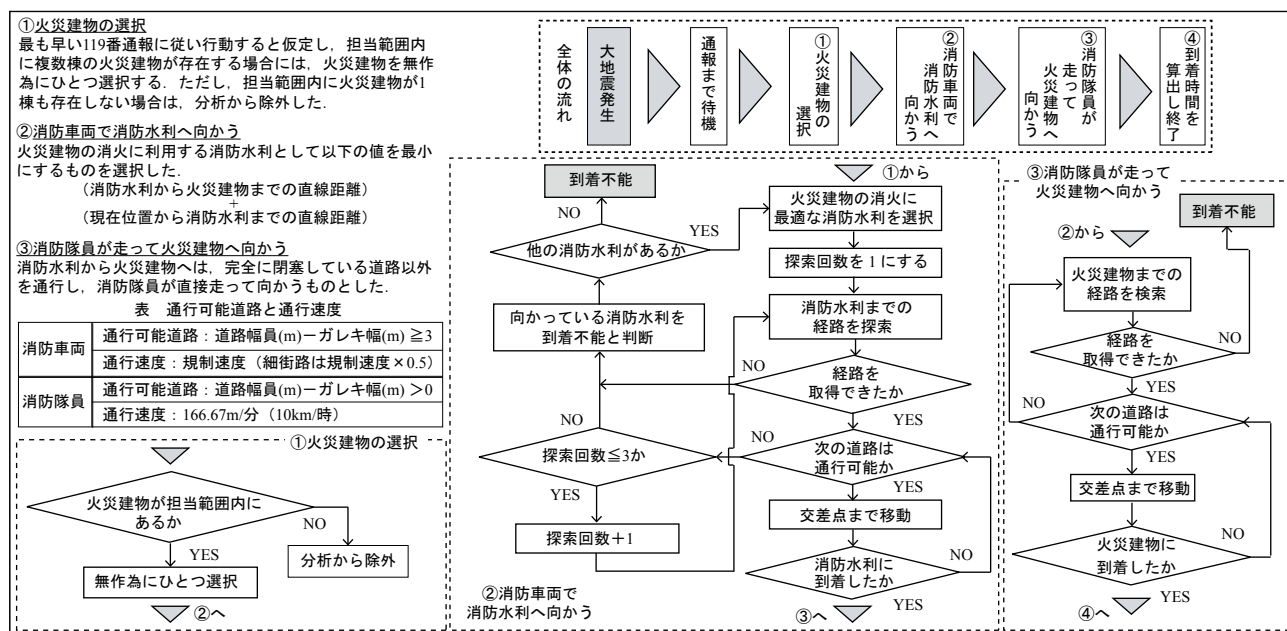


図-4 消防隊モデル

までの時間を推定した。このとき、比較を容易にするため、物的被害パターンは各ケース間で統一した。また到着時間が非常に長くなる（60分以上）試行については除外することとした。

4.2 道路閉塞による到着時間の遅延

「閉塞情報なし」の場合、「閉塞なし」と比較して、到着時間増加率は全管轄平均で 269% となり、道路閉塞が到着時間に及ぼす影響は大きいといえる（図 -5(a)）。

4.3 緊急輸送道路沿道建築物の耐震化の効果

「緊急輸送道路閉塞なし」による到着時間短縮効果を図 -5(b) に示してある。都心部の緊急輸送道路が高密な管轄で、50%以上の短縮効果があることがわかる。しかし、緊急輸送道路を利用した移動可能距離の違いから、短縮効果には地域差が存在する。

4.4 道路閉塞情報の活用による到着時間の短縮

閉塞道路の位置が事前にすべて把握できるケース（全閉塞把握）を想定し、シミュレーションを実行した結果を図 -6 に示してある。「緊急輸送道路閉塞なし」とは異なり、地域に大きく依存せず、到着時間減少率は全管轄平均で、約 55% にもなっている。さらに、どの管轄においても「閉塞なし」と同水準の到着時間となっている。すなわち、道路閉塞に関する情報を活用すれば、地域によらず、消防隊の到着時間を効果的に短縮できる可能性がある。

5. 災害情報収集の効果（情報収集あり）

5.1 地域住民による情報収集のモデル化

地域住民の情報収集行動について、2 種類のモデル（参集型収集、無作為型収集）を想定した（図 -7）。情報収集する地域住民の数は、対象地域全域の人口の約 0.1%（9128 人）と仮定し、発災時の位置は、一様乱数により 23 区内の交差点上にランダムに割り振った。参集型収集は、最も近い消防施設（消防署・出張所）までは移動しながら閉塞情報を収集・投稿するが、消防施設に到着し

表 -1 シミュレーション条件

条件	道路閉塞による 通行不能道路	緊急輸送道路 沿道建築物耐震化	道路閉塞 情報把握	東京湾北部地震 震源位置 35.3200°, 140.1400° マグニチュード 7.3 季節・発災時刻 冬季 18:00 地震タイプ プレート間
閉塞なし	なし	なし	なし	
閉塞情報なし	あり	なし	なし	
緊急輸送道路 閉塞なし	あり	あり	なし	
全閉塞把握	あり	なし	あり	

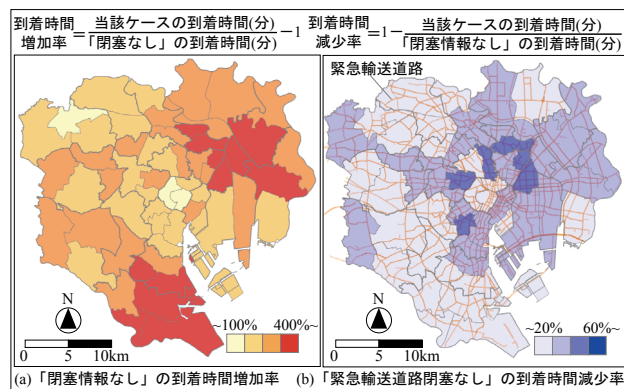


図 -5 道路閉塞と緊急輸送道路の影響

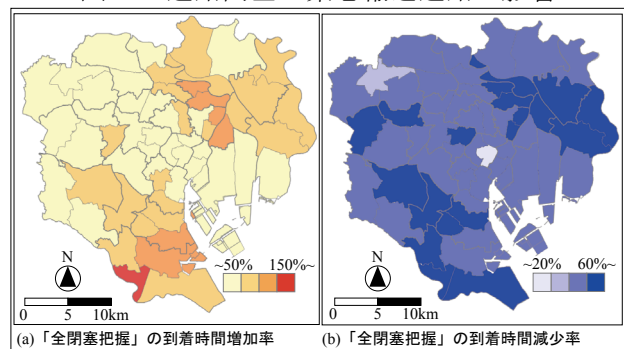


図 -6 道路閉塞情報の到着時間短縮効果

た後は、情報収集は行わない。一方、無作為型収集は、発災時の居場所周辺を一定時間（10 分間）無作為に探索し、閉塞情報を収集・投稿する。ただし、一度通行した道路は、他の選択肢（道路）がある限り通らないものとした。さらに上述の両者を半分ずつ混合したものを混合型収集と呼ぶ。

5.2 道路閉塞情報の収集による効果と地域特性

参集型収集は、消防施設付近での情報が重複することや、消防施設に到着した後は情報収集を行わないため、発災後 10 分間の閉塞把握率は 25% 程度に留まる（図 -8 左）。無作為型収集は、40% 以上の閉塞把握率を示しており、参集型収集よりも情報収集能力は高い。しかし、情報収集後の消防隊の到着時間の観点からは、参集型収集の方が閉塞把握率に対する短縮効率がよく、参集型で収

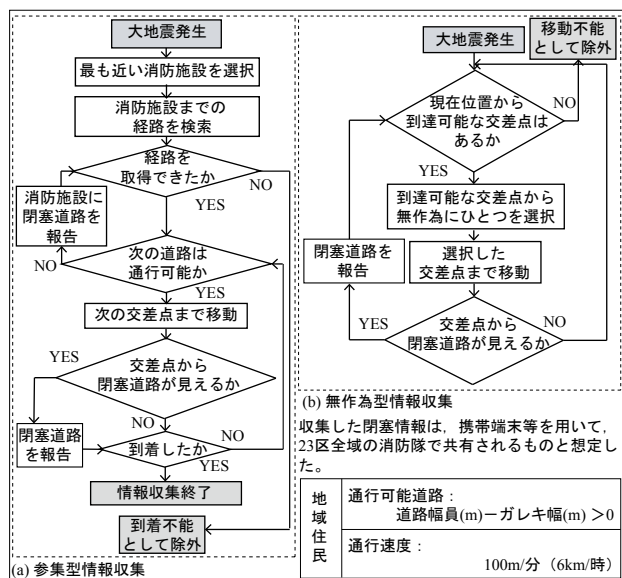


図-7 地域住民による情報収集モデル

集される情報が重要であることを示唆している（図-8 右）。無作為型収集で得られる通行可能経路は不連続になる傾向があるが、参集型収集では、消防施設から放射状に連続した通行可能経路が得られるため、効率的な移動が可能になることや、消防施設付近の閉塞状況が入手できることも影響している可能性がある。一方、混合型収集では、参集型収集と無作為型収集が相互に欠点を補い、利点を活かし、安定的に高い効果が得られる（図-9）。また、地域住民は一様に分布するものと仮定しているが、「全閉塞把握」とは異なり、「情報収集あり」の到着時間には地域差が存在する（図-10）。すなわち、限られた人数で情報を収集する際には、道路閉塞率等の地域特性に基づき、情報収集する地域住民を分布させる必要がある。

6. まとめ

東京都23区を対象に、大地震時の物的被害状況下での消防隊到着時間を分析した。道路閉塞時には消防隊の到着時間は約270%も増加するが、事前に道路閉塞情報を入手できれば、最大で平常時と同様の水準になることを示した。実構造・建築年代の推定精度向上や、情報収集する地域住民の最適配置等が今後の課題である。

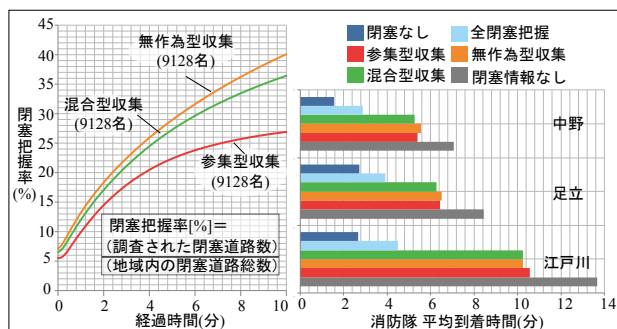


図-8 閉塞情報の収集効果

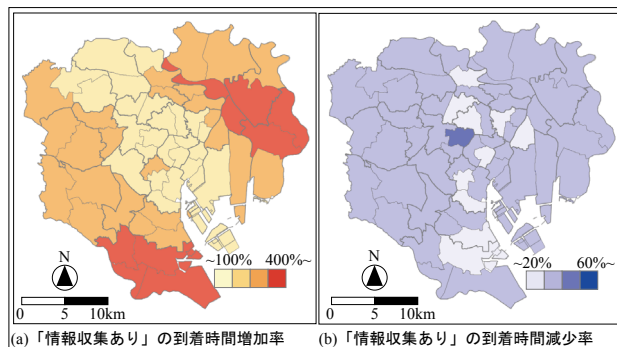


図-9 情報収集の有効性（混合型収集）

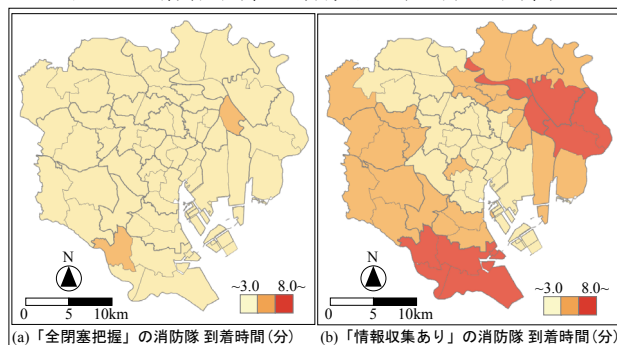


図-10 情報収集の地域特性（混合型収集）

謝辞

本研究を行うにあたり、東京消防庁の関係者各位より消防水利及び道路網等のデータ提供と貴重なコメントを頂戴した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 東京都(2012)：首都直下地震等による東京の被害想定，<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/assumption.html> (2014.3.23 参照)
- 廣川典昭・大佛俊泰・沖拓弥 (2013)：大地震時における道路閉塞情報の獲得が緊急車両到着時間短縮に及ぼす影響，地理情報システム学会研究発表大会講演論文集，22，CD-ROM
- 廣川典昭・大佛俊泰・沖拓弥 (2013)：大地震時の道路閉塞が緊急車両到着時間に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集 (CD-ROM)，7061，121-122
- 廣川典昭・大佛俊泰・沖拓弥 (2014)：緊急車両到着時間短縮における大地震時道路閉塞情報収集の効果，日本建築学会大会学術講演梗概集 (CD-ROM)，7041，81-82