

大規模延焼シミュレーションに基づく消防隊行動支援方法の提案

廣川典昭・大佛俊泰

Application of Large-Scale Fire-Spread Simulation for Supporting Fire Fighters

Noriaki HIROKAWA and Toshihiro OSARAGI

Abstract: It is important to discuss the expected seriousness of each fire in case that multiple fires break out simultaneously after a large earthquake. In this paper, we attempt to apply a fire-spread index (Fire-spread potential) for supporting decision making of fire fighters. Next, we discuss the influence of imprecise information on the location of fires, and propose a method that indicates which fire should be extinguished, by using the average fire-spread potential around a reported location of fire.

Keywords: 大地震 (large earthquake), 延焼シミュレーション (fire-spread simulation), 同時多発火災 (multiple simultaneous fires), 消防隊 (fire fighter), 焼失棟数 (number of burnt-down buildings)

1. はじめに

同時多発火災時の焼失被害を低減するためには、火災現場の位置や建物属性を正確に把握し、大規模延焼が予想される火災から優先的に消火することが重要となる。そこで筆者らは、東京都23区を対象とした延焼シミュレーションシステムを構築し、建物単位の延焼危険性指標（延焼ポテンシャル）を提案した。さらに、延焼ポテンシャルを消防隊の出場先決定に応用した際の焼失棟数低減効果を、シミュレーション実験により検証した（廣川・大佛、2015；Hirokawa and Osaragi, 2016）。

本稿では、延焼シミュレーションシステムに改良を加え、東京都全域の延焼危険性について分析を行う。さらに、出火していると通報された建物と実際の出火建物の位置にずれがある場合の影響についても分析を行い、効果的な出場先決定方法について検討する。

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

2. 延焼シミュレーションシステムの改良

2.1 延焼シミュレーションシステムの概要

着火した建物から直接延焼する可能性のある建物群を、延焼限界距離と近傍探索の手法を用いて抽出する。延焼限界距離には、風向や風速、複数棟からの受熱が考慮されていないため、本稿では、延焼限界距離を1.5倍した値を用いることで、焼失棟数が過小推定される可能性を回避する（図-1）。次に、東京消防庁（2001）による延焼速度式を用いて延焼の判定を行う。これにより、延焼限界距離以内に存在する建物であっても、風向等の影響により隣棟に延焼しない場合を表現できる。

2.2 延焼ポテンシャルの概要

延焼ポテンシャルを、あるひとつの建物 B_i が出火し、放任火災となった際の、最終的な焼

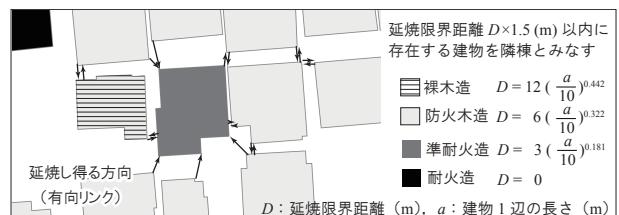


図-1 延焼限界距離による隣棟の定義

失棟数と定義する。すなわち、ある建物 B_i の延焼ポテンシャルは、延焼シミュレーションにおいて建物 B_i から出火させ、延焼したすべての建物の数をカウントすることで推定できる。ただし、分析を容易にするため、ここでは建物の圧壊が延焼に及ぼす影響は考慮していない。

3. 消防隊の出場先決定への応用

3.1 シミュレーションの想定

東京都（2012）を参考に、出火時刻は、出火件数が最も多いとされる冬の夕刻とし、風向・風速は北風 8m/sec とする。また、地盤特性や市街地性状の影響をわかりやすくするために、特定の震源ではなく、工学的基盤に一律 30cm/sec の地震波が到来することを想定する（東京都、2013）。これは、各建物の直下で大地震が発生する状況を想定したものであり、焼失被害の上限と考えることができる。

3.2 延焼ポテンシャルに基づく出場先決定

東京都内の全建物（2,784,123 棟^{注1)}）を対象に、延焼ポテンシャルを推定し、図-2 に示してある。限られた消防力を最大限に活用するため、延焼ポテンシャルに基づく出場先決定方法について検討する。まずは、出場先決定の違いによる影響を把握することを目的とし、すべての出火建物の情報が、発災後、逐次入手されることを仮定する。消防隊は、自身の所属する管轄内の出火建物 1 棟のみに出場するものとし、出場可能隊数はポンプ車台数とする。ここでは、通報順に出場した場合（case1）と、延焼ポテンシャルの高い建物から順に出場した場合（case2）について、各々 1000 種類の異なる出火建物パターンを想定したシミュレーション実験を行い、最終的な焼失棟数を比較分析する。

3.3 焼失棟数の低減効果

通報順に出場した場合（case1）、全体の 50% の管轄（41 管轄）で、平均焼失棟数が 900 棟以上となるのに対し、延焼ポテンシャルの高

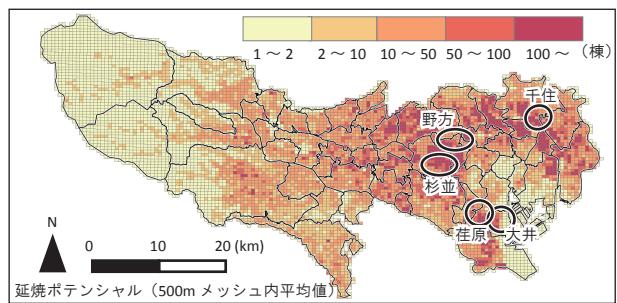


図-2 延焼ポテンシャルの空間分布

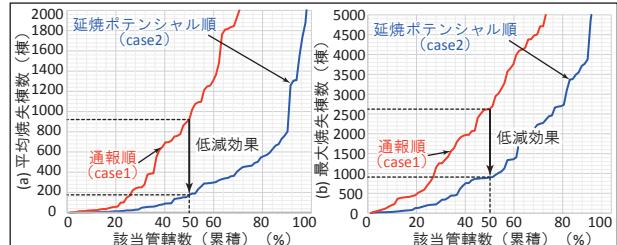
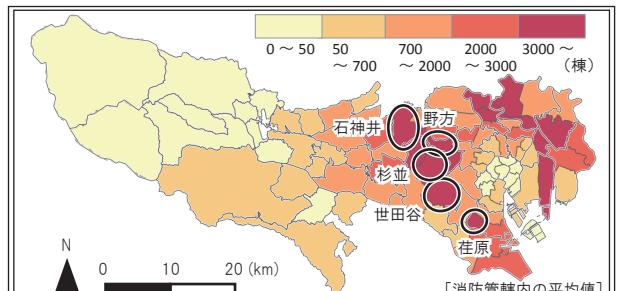
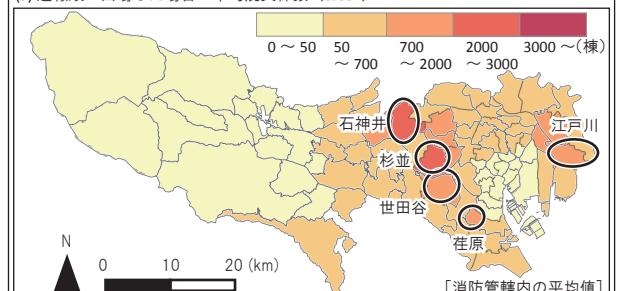


図-3 延焼ポテンシャルの焼失棟数低減効果



(a) 通報順に出場した場合の平均焼失棟数 (case1)



(b) 延焼ポテンシャルの高い建物から順に出場した場合の平均焼失棟数 (case2)

図-4 消防隊の出場先決定への応用

い建物から順に出場した場合（case2）は、200 棟程度にまで低減できる（図-3(a)）。最大焼失棟数についても、case1 では、全体の 50% の管轄（41 管轄）で 2600 棟以上焼失するのに対し、case2 では、これを 1000 棟程度に低減できる（図-3(b)）。この結果は、出場が遅れるとしても、情報収集等により出火建物を正確に把握した上で出場先を決定する方が、最終的な被害を大きく低減できる可能性を示唆している。一方、延焼ポテンシャルに基づき出場した場合であって

も、23区西部では、平均2000棟以上焼失する可能性がある（図-4）。こうした地域では、消防力強化や、担当管轄の見直し、不燃化推進等が必要であるといえる。

4. 位置情報誤差を伴う場合の出場先決定方法

4.1 位置情報誤差が焼失棟数へ及ぼす影響

大地震時の混乱した状況下では、入手した情報がすべて正確とは限らない。そこで、実際の出火建物と通報された建物（通報建物）の位置がずれていた場合（case3）の影響について検討する（図-5）。

出火建物と通報建物の間の位置情報のずれ幅（位置情報誤差）が10m^{注2)}の場合、区部では、平均焼失棟数が200棟以上増加する地域があるのに対し、市部では、ほぼすべての地域で20棟以下の増加となっている（図-6(a)）。これは、建物密度（単位面積当たりの建物数）の差異によると考えられる。すなわち、1棟あたりの建築面積が大きく、空地率も高い市部では、位置情報が10m程度ずれることの影響は無視できるほどに小さい。一方、狭い範囲に防火構造の異なる建物が乱立している区部では、平均焼失棟数に500棟以上の差が生じるような管轄も存在する。また、出火建物の位置情報誤差が65mの場合には、位置情報誤差がない場合（case2）と比較して、1000棟以上平均焼失棟数が増加する可能性のある管轄も見受けられる（図-6(b)）。このように、位置情報誤差の影響の大きい区部では、入手した位置情報に、いつも注意を払う必要がある。

4.2 平均延焼ポテンシャルの利用

通報建物の位置情報に誤差を伴う場合への対策として、通報建物を中心に半径75m^{注3)}以内に存在する建物の平均延焼ポテンシャル（平均延焼ポテンシャル）に基づき出場先を決定した場合（case4）の、焼失棟数低減効果の空間分布（位置情報誤差：10mおよび65mの例）を



図-5 位置情報誤差を考慮した出場先決定

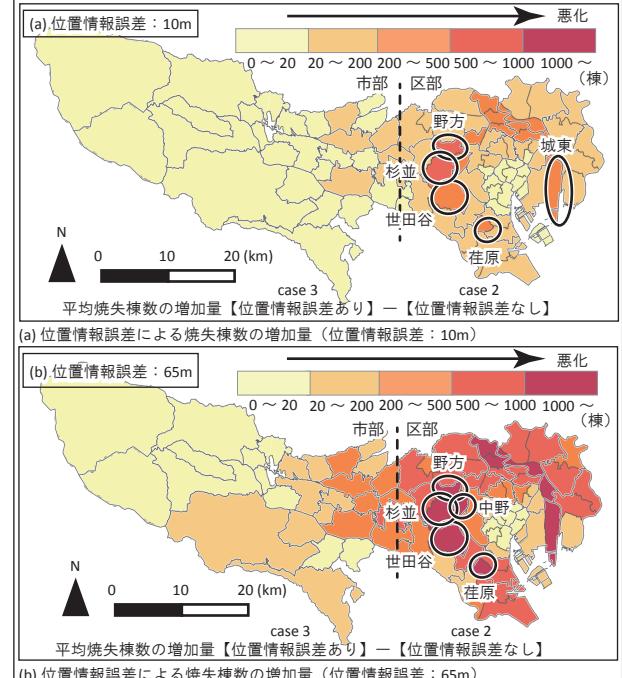


図-6 位置情報誤差と平均焼失棟数

図-7に示してある。位置情報誤差が10m程度の場合は、平均延焼ポテンシャルではなく、建物単体の延焼ポテンシャルに基づき出場先を決定した方が、ほとんどの管轄で最終的な焼失棟数を低減できる可能性がある。図-8(a)によると、位置情報誤差が20m程度までであれば、建物単体の延焼ポテンシャルに基づき行動した場合（case3）の方が焼失棟数を低減できている。つまり、出火建物の位置情報が住所等で正確に把握可能な状況では、建物単体の延焼ポテンシャルに基づき出場先を決定した方が、焼失棟数を低減できる可能性が高い。しかし、位置情報誤差が65m程度になると、平均延焼ポテンシャルに基づき出場先を決定した方が、すべての管轄で焼失棟数が少なく（図-7）、case3

で特に焼失棟数の増加が大きかった23区西部でも、500棟以上の低減効果が期待できる。さらに、case3では全体の約20%の管轄（17管轄）で1300棟以上焼失するのに対し、平均延焼ポテンシャルに基づき出場すると、1000棟程度にまで低減できる（図-8(b)）。また、100m程度の位置情報誤差があったとしても、平均延焼ポテンシャルに基づき出場先を決定した場合は、焼失棟数の増加が小さく、建物単体の延焼ポテンシャルを用いる場合の半分程度に抑えられている。このことから、通報建物の位置情報精度が低い場合は、平均延焼ポテンシャルに基づき出場した方が、焼失棟数を低減できる可能性が高い。

5. まとめ

東京都全域の延焼ポテンシャルを推定し、消防隊の出場先決定へ応用した。延焼ポテンシャルの高い建物から順に出場すると、全体の約50%の管轄で平均焼失棟数を200棟以下に抑えられる可能性がある。しかし、通報された建物と実際の出火建物の位置が65m程度ずれていた場合には、1000棟以上平均焼失棟数が増加する可能性もある。すなわち、通報建物が住所等で特定可能な場合は、建物単体の延焼ポテンシャルに基づき出場し、それ以外の場合は、平均延焼ポテンシャルに基づき出場することが、焼失棟数の低減に有効である。

謝辞 本研究を行うにあたり、東京理科大学 関澤教授より貴重なコメントを頂戴いたしました。また、東京消防庁の関係者各位より、データ提供や貴重なコメントを頂戴いたしました。そして、執筆にあたり、東京工業大学 大佛研究室 沖助教に、貴重なコメントを頂戴いたしました。ここに記して謝意を表します。

注)

- 注1) 東京都による平成23年度土地利用現況調査に基づく建物GISデータを用いた。
- 注2) 丹羽ほか(2015)の情報収集に関する実証実験では、スマートフォンを用いて投稿された災害情報のうち、誤情報と判定された情報における位置のズレは、平均で10m、最大でも65m程度であったことから、位置情

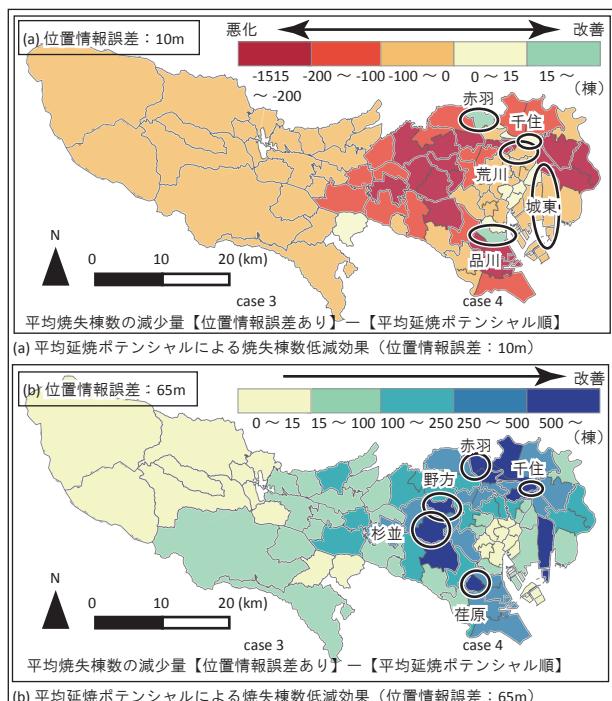


図-7 平均延焼ポテンシャルの効果

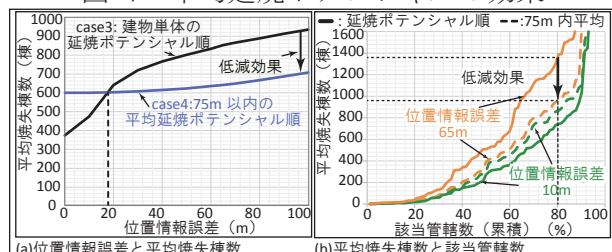


図-8 位置情報誤差と出場先決定方法

誤差は100m以上にはならないものとした。

注3) 集計範囲を25m, 50m, 75mと変化させ、最も位置情報誤差の影響の少なかった75mを採用した。

参考文献

- 廣川典昭・大佛俊泰 (2015)：延焼危険性指標の提案と消防隊行動支援への応用、地理情報システム学会研究発表大会講演論文集, 24
- Hirokawa, N. and Osaragi, T., 2016. Earthquake Disaster Simulation System: Integration of Models for Building Collapse, Road Blockage, and Fire Spread, *Journal of Disaster Research*, 11, 2, 175-187
- 東京消防庁 (2001)：地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策、火災予防審議会答申
- 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)
- 東京都 (2013)：地震に関する地域危険度測定調査（第7回）、http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_6/home.htm (2016.3.20 参照)
- 丹羽一輝・大佛俊泰・廣川典昭 (2015)：地域住民参加型実証実験による災害情報共有・活用システムの有用性の検証、地理情報システム学会研究発表大会講演論文集, 24