

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	大地震時の市街地被害状況下における消防隊の出場支援に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	廣川典昭
Author(English)	Noriaki Hirokawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10672号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:大佛 俊泰,灘岡 和夫,樋口 洋一郎,三上 貴正,鍵 直樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10672号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：情報環境学 専攻
Department of
学生氏名：廣川 典昭
Student's Name

申請学位(専攻分野)：博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)：大佛 俊泰
Academic Advisor(main)
指導教員(副)：
Academic Advisor(sub)

要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

首都直下地震時には、現状の消防力を大きく上回る数の火災が発生すると考えられている。そのため、より深刻な延焼被害の原因となる火災を特定し、優先的に出場することが求められる。加えて、市街地被害状況下では、火災現場への到着が遅れること等により、出場した火災の延焼阻止に失敗する可能性も増加する。

そこで本研究では、大地震時の市街地被害状況下での消防隊の出場(出場先決定と移動)支援に関する検討を行った。まず、通行不能道路(道路閉塞)や消火栓の断水、火災・延焼等の市街地被害を推定するシミュレーションシステムを構築した。次に、相対的な延焼危険性の予測に基づく出場先決定戦略を提案し、従来手法よりも焼失被害を大幅に低減できることを示した。さらに、消防隊の出場先までの移動支援戦略を提案し、その効果を検証した。

【第一章：序論】

第一章では、消防隊の出場先決定と火災現場までの移動に関する既往研究を概説した。次に、同時多発火災時における効果的な消防活動戦略の提案を通して、消防隊の出場を支援することが本研究の目的であると述べた。

【第二章：地表面応答・建物倒壊・道路閉塞モデル】

第二章では、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するために必要な、一連の物的被害モデルについて整理した。具体的には、まず表層地盤特性と震源からの距離に基づき地表面での地震応答を推定した。次に、この地震応答や建物の耐震性能に基づき倒壊する建物の推定を行った。最後に、各道路について倒壊した沿道建物の特性や道路幅員等に基づき、道路閉塞状況を道路単位で推定した。

【第三章：消火栓の断水シミュレーションモデル】

第三章では、大地震時の消火栓の利用可能性について検討するために、消火栓の断水シミュレーションモデルの構築を行った。従来までは、市区町村単位等の集計量に基づき断水率を推定するモデルが用いられてきた。しかし、実際の断水現象は、配水管網上で連続的に発生するものと考えられる。すなわち、給水地点付近の配水管の破損が遠方の地域への配水可能性に影響すると考えられる。そこで本研究では、配水管網上での連続的な断水現象を推定するために、配水管の破損確率モデルと破損した配水管を配水不能とした際の到達可能性解析を組合せ、連続的な断水シミュレーションモデルを構築した。

【第四章：建物出火・市街地延焼モデル】

第四章では、消防活動戦略を評価するうえで重要となる建物出火と市街地延焼の推定を行った。出火建物は、地震応答や建物用途(火気器具の保有率等)に基づき推定した。次に、市街地延焼モデルの代表として、最終的な延焼被害のみを簡易的に推定する延焼クラスモデルと、計算負荷は高いが延焼過程が時系列で推定可能な延焼シミュレーションモデルの比較を行った。消防活動においては、延焼過程の情報や建物単位での延焼危険性の把握が重要であることから、計算アルゴリズムの改良により、これまで計算困難と考えられてきた大規模延焼シミュレーションを実現した。最後に、大規模延焼シミュレーションの成果として、新たに2つの延焼危険性指標と、消火限界となる消防隊の到着時間を建物単位で推定した。

【第五章：消防活動モデル】

第五章では、大地震時の市街地被害状況下での消防活動のモデル化を行った。消防活動モデルは、①多発する火災の中から、どの火災現場へ出場するのかを決定する出場先決定モデルと、②市街地被害状況下での火災現場までの移動過程を記述する消防隊移動モデルから構成される。

【第六章：出場先決定支援と焼失棟数低減効果との関係】

第六章では、出場先決定戦略と非出場（放任）火災による焼失棟数との関係性を分析した。従来までは、深刻な被害をもたらす火災の発生に備えて、15分程度待機する戦略が有力であった。しかし、この手法では、待機後に発生した深刻な火災に対応できない問題がある。そこで本研究では、第四章で構築した延焼危険性指標と出火確率を用いて、発生するであろう全火災中での通報された火災の相対的な延焼危険性を、統計的に予測する手法を構築した。次に、予測した延焼危険性により、危険な火災を特定し、即時出場することを提案した。提案手法では即時出場のみを行うため、待機により延焼が拡大することはない。加えて、全火災集合での危険性順位を予測するため、時間差を持って発生する火災への対応が可能となり、従来手法よりも大幅に焼失棟数を低減できることを示した。

【第七章：消防隊移動支援と延焼阻止との関係】

第七章では、消防隊の移動支援戦略と延焼阻止失敗に起因する焼失棟数について分析した。まず、道路閉塞状況下であっても、道路閉塞を避けた適切な経路を通行できれば、到着時間の遅延が短いことを示した。次に、道路閉塞状況を把握するために、地域住民（自主防災組織等）による早期災害情報収集を提案し、その効果を検証した。さらに、東京都内では断水率が高くない地域が存在することから、断水状況下での消火栓の利用可能性について検討した。断水状況下であっても、水压測定機器の導入等により、断水している消火栓を監視した場合には、ほぼ全ての管轄で焼失棟数を低減でき、大幅に焼失棟数を低減できる管轄が存在することも示した。

【第八章：結論】

第八章では、第七章までの主要な成果をまとめ、本研究の結論や今後の展望について述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 情報環境学 専攻
Department of
学生氏名： 廣川 典昭
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 大佛 俊泰
Academic Advisor(main)
指導教員(副)：
Academic Advisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

A large number of fires tend to break out simultaneously after a large earthquake. Moreover, these fires come with a wide range of risks from burning down the whole city block to relatively little damage as a result of dying down naturally. To reduce seismic damage, fires that have a high propensity to spread widely must be identified and extinguished preferentially. In addition, disaster-stricken streets and fire hydrants make it difficult for firefighters to arrive quickly at fire sites and prevent prompt firefighting.

In this study, we constructed and integrated simulation models that describe urban damage (such as the spread of fires and street blockages) and firefighters' activities (such as decision strategies about whether to dispatch to a fire site and how to travel to the fire site) in order to evaluate firefighting strategies from the viewpoint of the number of burned-out buildings.

In previous studies about decision strategies, an approach wherein firefighters standby for the outbreak of high-risk fires was suggested. However, in this strategy, high-risk fires that break out later may spread widely. Hence, we proposed a plan in which firefighters are immediately dispatched to "relatively dangerous" fires. In our approach, firefighters can be dispatched to almost all serious fires, including future fires, because the "relative fire-spread risk" in all fires that could break out is predicted. Additionally, there is a low probability that firefighters will fail to extinguish these fires, since they can dispatch directly after they receive reports of fire breakouts.

Moreover, we formulated strategies to improve firefighters' access to fire sites. One of the strategies is to support route finding for firefighters based on street-blockage information. Another strategy is to use hydrants, which are densely distributed, even though they come with the possibility of water outages. Furthermore, we evaluated the effects of information about street-blockage collected by local residents and water-outage collected by the extensive water pressure meter system on reducing access time and the number of burned-out buildings caused by the failure to extinguish fires.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).