

博士(工学)論文概要

空間構成を考慮した
市街地難燃化整備計画に関する基礎的研究

システム情報工学研究科 社会システム工学専攻

阿部 英樹

2005年3月

わが国の都市には、歴史的に、十分な都市基盤整備が行われていないなどにより、現在も多くの木造密集市街地が存在している。こうした市街地は、出火した火災が延焼し、また延焼が拡大する危険性をはらんでいる。こうした木造密集市街地における都市計画的な防火対策の手法として、すべてを燃えない建物に建て替える不燃化整備、および、既存の木造建物の一部の建て替えならびに道路、空地などの整備を行う難燃化整備がある。

本論文は、このうちの難燃化整備について、不燃建物、建物間に存在する空地・緑地および延焼遮断帯の配置パターンなどの空間構成と市街地防火性能との関係を明らかにすること、ならびに空間構成を考慮した市街地難燃化整備の手法の基礎理論を構築することを目的としている。

第2章では、市街地の防火性能の評価に関する既存研究、市街地火災の延焼に関する既存研究、および市街地の物的環境に関する既存研究のうち、本論文と関わりが深い研究について整理している。そして、既存研究を踏まえて、本論文における分析の枠組みを示している。

加藤によれば、市街地の防火性能は、建物の棟数密度、延焼限界距離、可燃建物率および建物の配置パターンの4つの市街地属性により表すことができる(文献[1])。

市街地の防火性能の評価については、建設省が示した不燃領域率(文献[2])、加藤らが示した CVF (文献[1, 3, 4, 5]) など、市街地のマクロな評価指標が示されている。不燃領域率は、実際の不燃化・難燃化整備において、目標とすべき整備水準を表す指標として用いられている。

市街地の防火性能を表す指標としては、加藤が平均焼失棟数ならびに最大被害率を示している(文献[1, 3])。

建物間において連続延焼が起こらない最小限の隣棟間隔である延焼限界距離については、国土交通省の研究において、建物の構造と大きさによって一般化して扱っている(文献[6])。

本論文では、これらのことを踏まえて、難燃化整備計画の問題における諸条件を与えることとした。

第3章では、市街地に関するマクロ指標と市街地防火性能との関係について考察している。実際の市街地データを用いて、町域ごとに CVF を計測することにより、 CVF がある臨界値より大きい場合、防火性能を明確に表さない場合があることを示した。この場合に、市街地全体の防火性能に影響を与える要素として、空地、建物等の配置パターンなどの空間構成が考えられることを述べた。

このことを踏まえて、市街地難燃化整備において整備すべき建物、および整備の優先順位を求める手法を構築する。

本論文では、空間構成の観点から市街地における延焼被害を捉える手法として、建物間の延焼経路をネットワークとして表現する方法を提案している。この延焼経路ネットワークは、市街地の建物に頂点を与え、2棟間の距離が延焼限界距離より小さくなっている建物の組を枝で結んだネットワークである。

第4章では、整備すべき建物および整備の優先順位を求める問題を数理計画の問題として記述し、仮想市街地において、市街地の空間構成と防火性能との関係について分析を行った。

まず、既往研究で提案されている市街地防火性能を表す指標のひとつである平均焼失棟数が、ネットワークにおける路が存在する2頂点の組み合わせの数として表されることを示した。これにより、難燃化整備計画の問題を、整備すべき建物および整備の優先順位を求める問題である、 J 棟最適化問題として記述できることを示した。

次に、1次元の市街地モデルにおいて、不燃建物の棟数と市街地防火性能との関係を分析した。この分析により、市街地の防火性能を効果的に向上させるためには、可燃建物が密集する区画を棟数が均等になるように分割することが必要であることを示した。

また、格子点の市街地モデルにおいて、可燃建物の配置の違いによる市街地防火性能の差異をみると、可燃建物の棟数が等しくとも、その配置パターンが異なれば、防火性能に違いがみられることが明らかになった。このことは、具体的な市街地難燃化整備計画を立案するにあたって、空間構成の観点から市街地における延焼被害を検討することが必要となることを意味している。

第5章では、実際の市街地建物データを用いて延焼経路のネットワークを生成し、実際の不燃化事業の制度との比較を行った。東京都墨田区が実施している「主要生活道路沿道不燃化推進助成金交付制度」の評価を試みた結果、生活道路沿道の建物のみを整備する場合、生活道路を越える延焼経路が残存する可能性があることを示した。その上で、ネットワークを用いることにより、実際の事業だけでは充分に対応することができない建物を抽出し、実際の制度を補完し得ることを明らかにした。

第6章では、難燃化整備計画の問題を解くことの困難性について説明している。 J 棟最適化問題が、組み合わせ最適化問題のなかでも、特に解くことが難しいとされる、クラス NP -困難に属することを示した。このことは、 J 棟最適化問題に対して厳密な最適解を示すことが難しいことを意味している。このことから、 J 棟最適化問題では、整備すべき建物と整備の優先順位を導出するための近似解法が必要であることを述べている。

J 棟最適化問題における近似解法として、延焼経路ネットワークの頂点切断集合を求める方法、およびネットワークの最短経路を用いる方法を示している。

第7章では、延焼経路ネットワークの頂点切断集合を用いて、 J 棟最適化問題における建物の整備優先順位を導出する手法について説明している。この手法は、延焼経路を確実に遮断する建物の組み合わせを求めることができる。また、整備する棟数が延焼経路ネットワーク G の点連結度 $\kappa(G)$ と等しい場合には、 G の $\kappa(G)$ 点切断集合をすべて列挙することにより、平均焼失棟数を最小とする整備建物を得ることができる。しかし、町域の縁辺部の建物ほど優先順位が高くなる傾向がみられた。こうしたことから、頂点切断集合に含まれる建物の多くが町域の縁辺部に存在するときには、必ずしも効果的に防火性能を向上させない場合があることがいえる。

第8章では、延焼経路ネットワークの最短経路を用いて、 J 棟最適化問題における建物の整備優先順位を導出する手法について説明している。この手法は、延焼経路を遮断しない場合が多くなるものの、町

域の中心に近い建物ほど優先順位が高くなる傾向がみられた。しかしながら、この方法では、連結成分を均等に分割する優先順位が得られることがある。この場合に、頂点数最小の頂点切断集合より効果的に防火性能を向上させる整備優先順位が得られる可能性がある。

第9章では、延焼経路ネットワークにおいて J 棟最適化問題の最適解と考えられる整備建物を目測によって与え、近似解法により得られた整備建物と比較を行っている。この比較では、目測によって与えられる整備建物が、頂点切断集合を用いて整備優先順位を導出する手法によっても得られることを示した。これにより、頂点切断集合を用いて整備優先順位を導出する手法では、整備する棟数が延焼経路ネットワーク G の点連結度 $\kappa(G)$ より大きい場合であっても、平均焼失棟数を最小とする整備建物が得られる可能性があることを示した。

本論文の主要な結論として、線的空地、建物等の配置パターンなどの空間構成が、市街地防火性能に影響を与えている可能性があり、延焼被害を空間構成の面から検討する必要があることが挙げられる。しかしながら、実際の難燃化整備に対して本論文が示した手法を適用するためには、接道条件などの都市計画上の条件を考慮することが必要であり、このことが今後の課題である。

参考文献

- [1] 加藤孝明: 延焼危険からみた市街地の防災性能の評価理論に関する基礎研究, 東京大学 博士論文, 1998.
- [2] 建設省: 建設省総合技術開発プロジェクト 都市防火対策手法の開発 報告書, 1982.
- [3] 加藤孝明, 小出治: 市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察—不燃領域率による性能基準の一般化—, 日本建築学会計画系論文集, 516, 185–191, 1999.
- [4] 加藤孝明, 久貝壽之, 小出治, 南部世紀夫, 出原至道: 市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察(その2)—有限領域への展開—, 日本建築学会計画系論文集, 525, 241–248, 1999.
- [5] 加藤孝明, 久貝壽之, 小出治, 南部世紀夫: 市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察(その3)—建物配置の現実化『逐次充填間引き分布』についての考察—, 日本建築学会計画系論文集, 534, 163–170, 2000.
- [6] 国土交通省: 防災まちづくりにおける防災性能評価手法の基本フレームと防災対策推進方策に関する調査報告書, 2001.