

延焼経路ネットワークを用いた市街地整備計画における建物の整備優先順位の導出

02005020 筑波大学 *阿部 英樹 ABE Hideki
01014580 筑波大学 糸井川 栄一 ITOIGAWA Eiichi

1 はじめに

わが国においては、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、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ははらんでいる。しかしながら、敷地が狭い、あるいは居住者が高齢化しているなどの理由により、市街地整備が進みにくい状況となっている地域もある。こうした状況から、市街地の難燃化によって効果的に防火性能を向上させるためには、不燃領域率を上げることだけではなく、延焼経路を効果的に遮断し得る建物を優先的に整備することも重要であると考えられる。

本稿では、難燃化を効果的に進める観点からみた場合の、市街地整備計画における建物の整備優先順位を示す方法を論ずる。

2 延焼経路ネットワークの利用

2.1 延焼経路ネットワークの作成

本稿では、整備優先順位を示すために、延焼経路ネットワーク [1] を用いる。延焼経路ネットワークは、建物から出火があった場合に、延焼が拡大する危険がある範囲を表したグラフであり、以下の手順によって得ることができる。

- i) 市街地のすべての建物に頂点を1点ずつ与える。
- ii) あらゆる2棟の組み合わせについて、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を辺で結ぶ。

2.2 問題の記述

ネットワークを用いることにより、建物の整備優先順位を示す問題は、延焼経路ネットワーク $G = (V, E)$ において、次の条件を満たす頂点集合 $V(G)$ の分割を得る問題として表すことができる。

$$V(G) = \{V_1, \dots, V_k, \{c_1\}, \dots, \{c_n\}\} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \forall i, j \in \{1, \dots, k\}, i \neq j; \\ \{(v_i, v_j) | \forall v_i \in V_i, \forall v_j \in V_j\} = \phi \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 V_i : 未整備建物のみによる連結成分の頂点集合

c_j : 整備対象建物

k : 連結成分の個数

n : 整備対象建物の棟数

2.3 延焼の条件

延焼限界距離は、連続延焼が起こらない最小の隣棟間隔である。本稿では、議論を簡潔にするため、2棟間の延焼について、以下の条件を与える。

- 2棟の未整備建物間の延焼限界距離を、立地点によらず一定の値 d とする。
- 整備済み建物を含む2棟の建物間では延焼は起こらない。
- V_i の1棟から出火したとき、 V_i の建物すべてが焼失する。
- c_j から出火したとき、 c_j のみが焼失する。

2.4 市街地防火性能を表す指標

市街地防火性能を表す指標として、平均焼失率 $\chi/|V|$ を用いる。2.3より、対象市街地内の1棟から出火することを前提とした平均焼失棟数 $\chi[2]$ は、

$$\chi = \frac{\sum_{i=1}^k |V_i|^2 + n}{|V|} \quad (3)$$

と表される。平均焼失率は、市街地の全棟数に占める χ の割合として、以下のように表される。

$$\frac{\chi}{|V|} = \frac{\sum_{i=1}^k |V_i|^2 + n}{|V|^2} \quad (4)$$

2.5 整備優先度指標

建物の整備優先度指標として、頂点からの最短経路フロー流出量を定義する。頂点のフロー流出量は、市街地のあらゆる建物から出火して最も速く延焼拡大が起こる場合に、それぞれの建物が延焼経路となり得る頻度を表すと考えられる。最短経路フロー流出量を求める手順を以下に示す。

- i) 延焼経路ネットワーク G のあらゆる2頂点間の最短経路を求め、この最短経路に含まれる辺に単位量のフローを与える。
- ii) それぞれの建物における流出するフローの総和を、その建物の最短経路フロー流出量とする。

3 整備優先順位の導出

以下では、仮想の市街地モデルに生成した延焼経路ネットワークを用いて、整備優先順位の導出を試みる。

3.1 市街地モデルの仮定

計算例を示すための延焼経路ネットワークを作成するにあたり、次のような市街地モデルを仮定する。

- 1) 領域を、一辺の長さが1の正方形とする。
- 2) 建物の配置棟数を $|V|$ 、最小隣棟間隔を $a\sqrt{|V|}$ とする。

3.2 整備優先順位の導出手順

整備優先順位を導出する手順を以下に示す。

step1 与えられた建物配置に対し、延焼経路ネットワーク G を作成する。

step2 G 上で、2.5の方法により建物の最短経路フロー流出量を求め、大きい順に m 棟を整備対象建物とする。

step3 整備対象建物のすべてを整備建物に置き換え、 $\chi/|V|$ を求める。 $\chi/|V| < 0.10$ ならば、計算を終了する。さもなければ、 G を更新し、step2に戻る。

3.3 整備優先順位の違いと市街地防火性能の変化

計算例として用いる延焼経路ネットワークを、頂点の数 $|V| = 500$ 、最小隣棟間隔 $a\sqrt{|V|} = 0.80$ で与えた建物配置に対し、延焼限界距離 $d\sqrt{|V|} = 1.50$ として作成した(図1)。以下に、計算終了時における計算結果を示す。

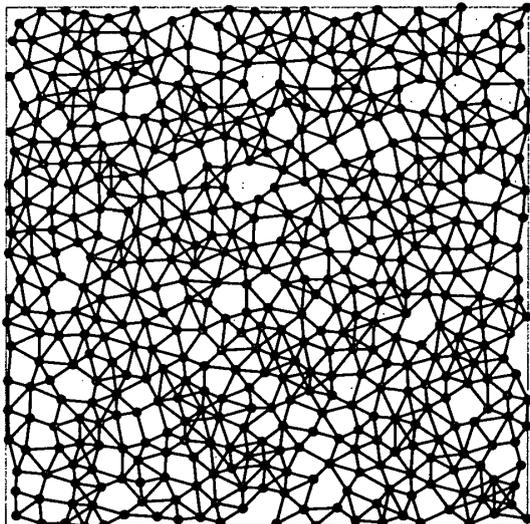
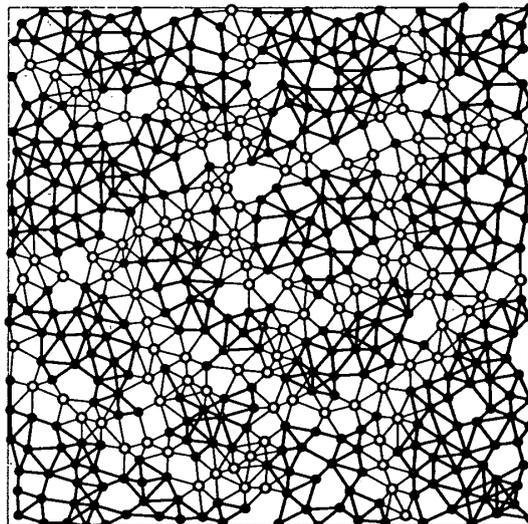


図 1: 計算例に用いた延焼経路ネットワーク



$m = 1$ のとき

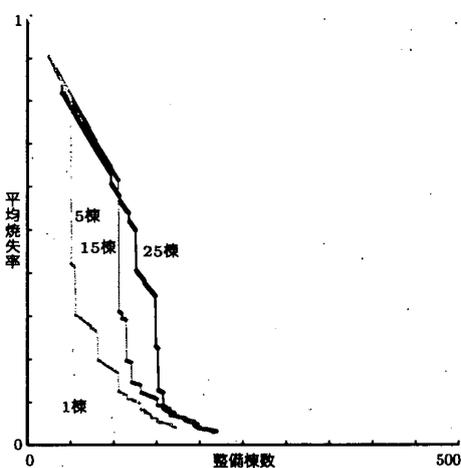


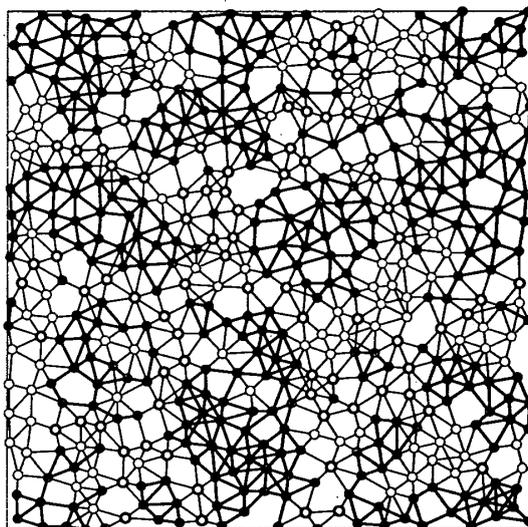
図 2: 累積整備棟数ごとの平均焼失率の変化

表 1: 計算終了時における整備対象建物の棟数

m	整備対象棟数	整備必要棟数
1	102	102
5	172	89
15	216	82
25	219	86

決定する整備建物棟数 m を 1 棟, 5 棟 (1%), 15 棟 (3%) および 25 棟 (5%) としたときの, 平均焼失率の変化の違いを図 2 に示す. $\chi/|V|$ の低下は, m が小さい場合ほど, 累積整備棟数が少ない段階でみられることから, m が小さい場合ほど, 棟数あたりの防火性能向上の効果が大きいと考えられる.

次にそれぞれの整備対象建物の整備必要性について検討する. 表 1 に, m が異なる 4 通りの整備パターンにおける, 複数の連結成分に接続している (異なる連結成分間での延焼を阻止するために必ず整備しなければならない) 対象建物の棟数を示す. $m = 1$ のとき, すべての対象建物を整備する必要があり, m が大きくなるにしたがって, 対象棟数にしろる必要棟数の割合が低くなると考えられる. $m = 1$ および $m = 5$ のときに得られた整備優先順位 (図 3) をみると, $m = 1$ の場合に, 整備対象建物が効果的に選ばれていることがわかる.



○ 整備が必要な対象建物 ○ その他の対象建物
● 未整備建物 太線: 連結成分に含まれる辺

$m = 5$ のとき

図 3: 整備優先順位の比較

4 おわりに

本稿では, 市街地整備による防火対策を提示する方法のひとつとして, 建物の整備優先順位の導出を試みた. この方法が, 市街地の可燃建物の隣接状況に基づいて戦略的に市街地の安全化を進めるための手法のひとつとなる可能性があるといえよう.

参考文献

- [1] 阿部英樹, 糸井川栄一: 延焼経路ネットワークを用いた都市防火対策の評価について, 2002 年日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集 144-145, 2002.
- [2] 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.