

2 延焼危険評価方法の構築

2.1 用語の定義

まず本研究で用いる用語の定義を行う。

- 延焼限界距離：隣棟間で延焼する最大の距離。隣棟がこの距離以上離れていれば、延焼しないと定義される距離。単位はm。対象の建物の規模や構造によって変わる。
- クラスタ：隣棟間の距離が延焼限界距離以下の連坦する建物群。クラスタを構成する建物の焼失確率は、クラスタ内で出火する確率と等しい。つまり、クラスタを構成する建物は、クラスタ内で出火すれば、すべて燃える建物であり、「運命共同体」である。

2.2 本研究の評価手法の概要

2.2.1 本評価手法の考え方

本評価手法は、市街地のデジタルマップから得られる建物ポリゴンデータを評価の基礎データとするものである。全国の建物ポリゴンデータは、約 6,000 万個存在し、相当の計算量が必要とされることから、延焼過程については、一般のシミュレーション手法と比べ、相対的に簡便に捉えることによって、計算時間の縮減を図っている。

延焼過程については、「防災まちづくり」総プロのマクロ評価方法に基づく考え方を基本とし、これを発展させたものである。「防災まちづくり」総プロのマクロ評価手法では、隣棟間延焼する最大距離である「延焼限界距離」を定義し、延焼限界距離内で連坦する建物群（クラスタ）はすべて延焼するという考え方に基づいている。本研究もこの考え方に基づいて評価手法を構築している。本研究では、総プロの「延焼限界距離」をベースに、風向・風速を反映する新たな「延焼限界距離 d^* 」を定義する。

本手法では、新たに定義された「延焼限界距離 d^* 」によって生成されるクラスタ内で出火する確率が、クラスタ内の建物の焼失確率に一致するという事を利用し、出火と延焼のプロセスを統合している。本手法では、各建物に焼失確率が評価値として与えられるので、メッシュ、町丁目、行政界など、任意の集計単位で各建物の焼失確率を集計すれば、集計単位毎に焼失棟数の期待値を求めることができる。

2.2.2 評価フロー

評価の全体フローを図 2-1 に示す。まず、デジタルマップから得られる建物に関する属性を元に、各建物に延焼危険の評価で不可欠な情報である、構造属性を割り当てる。次に、延焼に影響するパラメーターである風向、風速を各建物に割り当てる。こうして構造と風向・風速を属性値として持つ建物ポリゴンデータを作成する。

次に各建物について隣棟間距離の計算を行い、本研究で定義される風向風速別・構造別延焼限界距離との比較を行う。延焼限界距離は、この距離以上、隣棟間が離れていれば延焼しないとされる距離である。すべての建物ポリゴンデータに対して両者の比較を行い、延焼限界距離以内の建物で形成される建物群（クラスター）を作成する。このクラスターは、内部で出火すればすべて延焼し、焼失する、いわば「運命共同体」と言えるものである。最後に各建物の出火確率よりクラスター内で1件以上、出火する確率を計算する。クラスター内の建物が焼失する確率はクラスター内での出火確率と同じであることを利用し、各建物の焼失確率を求める。最後に各建物の焼失確率を任意のポリゴンで集計することによって、集計単位毎の焼失棟数の算定を行う。本研究では、その例として、地域標準メッシュ（第3次地域区画）を用いた。

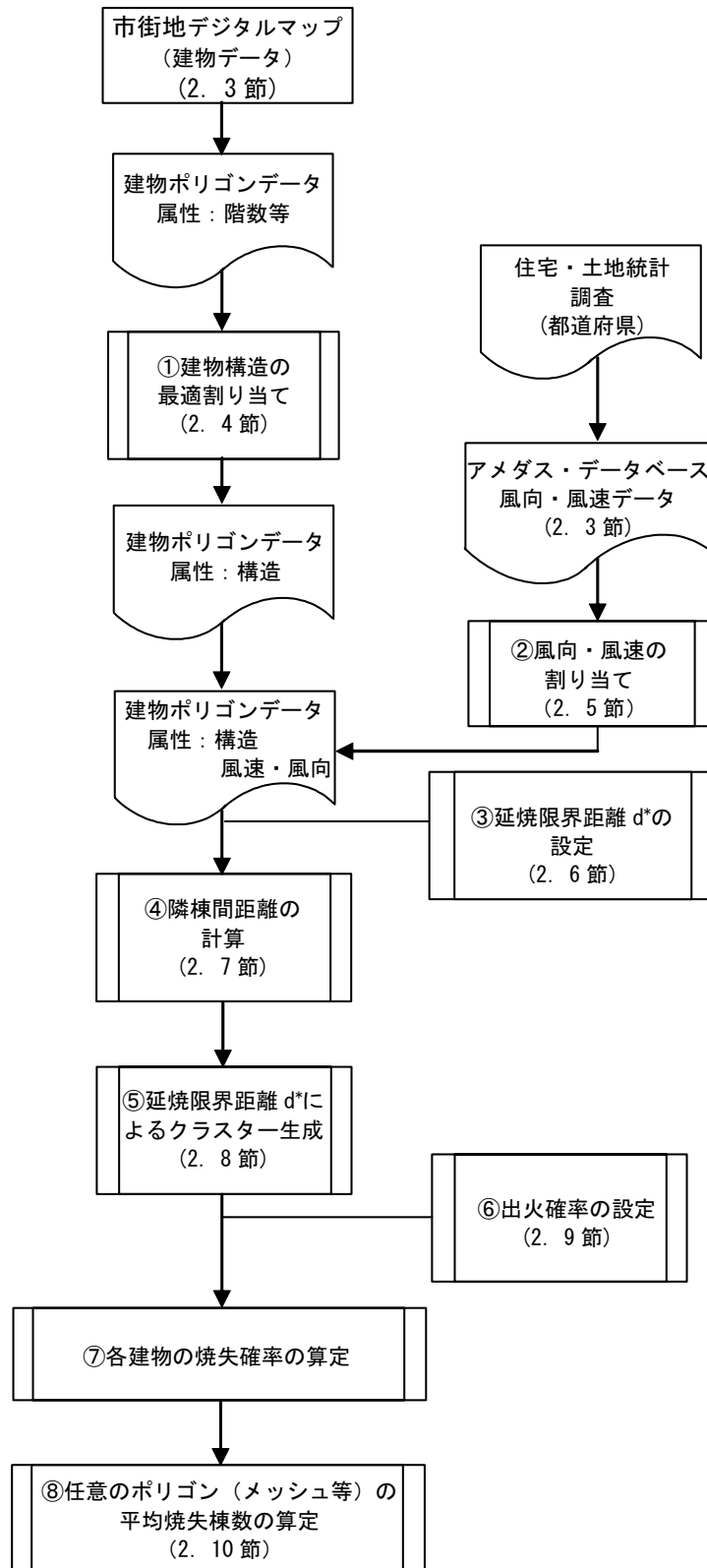


図 2-1 本研究の評価フロー

2.3 使用データ


2.3.1 建物データ

本研究では、全国的に整備されている市街地デジタルマップを用いることとした。現在、全国的に整備されている市街地デジタルマップとしては、国土地理院の数値地図、民間企業6社^注のものがある。このうち以下の項目を必須条件とし、選定を行った。

- ・ 建物がポリゴンであること
- ・ 建物の防火構造を推定するために使い得る属性が多いこと
- ・ 整備されている範囲がほぼ全国であること

さらに、データ変換の容易性、操作性等を総合的に勘案し、比較検討を行った結果、ダイケイ社の Telemap を用いることとなった。このデータは、平成 15 年 7 月現在で全国の 3,204 市町村のうち 3,052 市町村をカバーしており、面積カバー率 95.7%と、ほぼ全国をカバーしている。整備されていない市町村は、人口密度が低い町村に限られていることから、市街地延焼の恐れのない区域と推測される。このことからカバーされていない区域が評価に与える誤差は小さいと判断される。表 2-1 に使用した建物データの概要を示す。

表 2-1 使用建物データの概要

整備範囲	属性	出力図サンプル
町村数カバー率：95.3% 面積カバー率：95.7%	建物種別：ビル・アパート、戸建建物、事務所 階数情報：3階以上の建物の階数 建物名称 住所コード	

2.3.2 気象データ

本研究では、気候を考慮することによって地域特性を評価に反映させることとした。風向・風速データとして、「気象情報データベース・アメダス」（（財）気象情報支援センター）を利用することとした。このデータベースは、過去 25 年間（1976-2000）の気象情報がほぼ生データの状態でデータベース化されており、気象台、及び、アメダスの観測点毎に任意の気象条件を取り出すことができる。なお、観測点の総数は、2000 年度で合計 1,330 箇所である（図 2-2）。風に関するデータとしては、1 日平均風向、1 日平均風速、1 日最大風速を得ることができる。

^注 ゼンリン Zmap-TOWN II, 北海道地図 GISMAP2500V, ダイケイ Telemap, NTT-ME ME MAP, 昭文社 MAPPLE2500, 国際航業 PAREA-GeoNet



図 2-2 「気象情報データベース・アメダス」(財)気象情報支援センターの観測点

2.4 建物構造の最適割り当て

Telemap では、属性として、建物種別（ビル・アパート、戸建建物、事務所）と階数（3階以上の建物について階数）が与えられている。構造の割り当ては、この二つの属性を用いて、以下のステップで行った（図 2-3）。なお、ここでは、木造はすべて防火造とみなすこととした。

- ① 4階以上は耐火建物とする。
- ② 3階の戸建は、防火造 0%、準耐火造 80%、耐火造 20%とする。
- ③ 3階の非戸建・非不明は、防火造 0%、準耐火造 60%、耐火造 40%とする。
- ④ 3階の不明は、防火造 0%、準耐火造 70%、耐火造 30%とする。
- ⑤ 2階以下の戸建については、表 2-2 に示す建築面積別耐火・準耐火の棟数比（耐火造 q_{1i} 、準耐火造 q_{2i} とする）を標準的な値と仮定する。

デジタルマップから得られる建築面積別棟数 n_i を求め、住宅・土地統計調査の都道府県データ¹⁾の戸建住宅の戸数（3階以上を含む）の非木造比率 Q に適合するように地域係数 k を求める。定義は以下のとおりである。

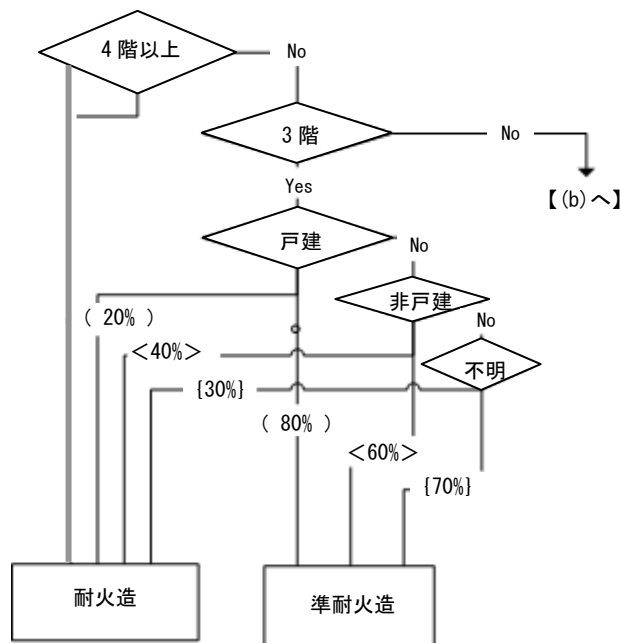
$$\text{地域係数 } k = \frac{(\sum n_i)Q}{\sum n_i(q_{1i} + q_{2i})} \quad \text{---(1)}$$

地域係数 k は、地域による耐火造率、準耐火造率の違いを都道府県全体の非木造比率 Q を用いて補正する係数である。補正後の建築面積別耐火造率、準耐火造率は、地域係数 k を用いて kq_{1i} 、 kq_{2i} となる。ここで求められた建築面積別構造比率に応じて、コンピュータで発生させた乱数により、ランダムに構造を割り当てた。

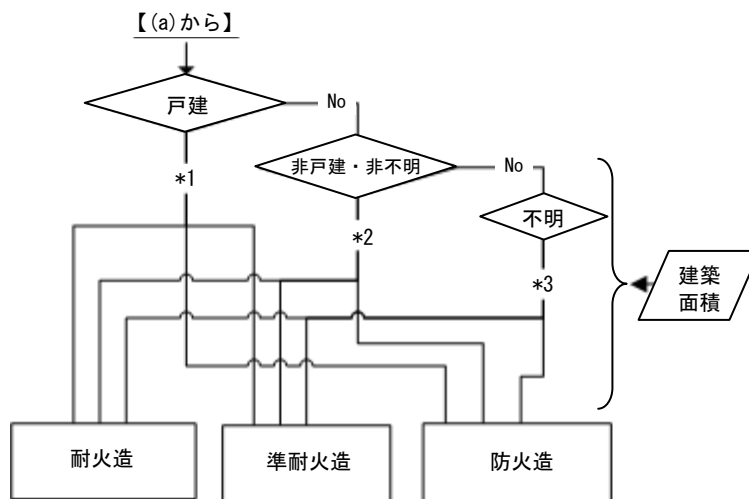
なお、ここでの建築面積別構造比の仮定は、構造が分かっている都市計画 GIS データの分析を行った文献²⁾のものを利用し得られた値を標準値としたものである。

- ⑥ 2階以下の非戸建・非不明は、⑤で定められた2階以下の戸建ての建築面積別の比率に表 2-2、表 2-3 の係数をかけたものとする。

- ⑦ 2階以下の不明建物は，戸建てと非戸建ての平均の比率とし，⑤と同様の方法を用いる。
- ⑧ 2階以下の不明については，データ分析より，2階以下の戸建と2階以下の非戸建・非不明の多くの点で中間的な性質を持っていることから，建築面積別構造比率を両者の平均と仮定する。



(a) 3階以上の構造割り当て



※ *1, *2, *3 は建築面積別の比率を用いて振り分ける

(b) 2階以下の構造割り当て

図 2-3 構造割り当てフロー

表 2-2 2階以下の戸建住宅の構造割り当てのための構造比の仮定（文献 2）より）

建築面積 [m ²]	耐火造	準耐火造
-75	$q_{11} = 2.0$	$q_{21} = 10.0$
75-100	$q_{12} = 2.0$	$q_{22} = 15.0$
100-200	$q_{13} = 3.0$	$q_{23} = 20.0$
200 -	$q_{14} = 3.0$	$q_{24} = 20.0$

表 2-3 2階以下の非戸建住宅・非不明の構造割り当てのための構造比の仮定（文献 2）より）

建築面積 [m ²]	耐火造	準耐火造
-75	$q_{11} = 4.0$	$q_{21} = 20.0$
75-100	$q_{12} = 4.0$	$q_{22} = 30.0$
100-200	$q_{13} = 6.0$	$q_{23} = 40.0$
200 -	$q_{14} = 12.0$	$q_{24} = 50.0$

2.5 風向・風速の割り当て

「気象情報データベース・アメダス」（（財）気象情報支援センター）を利用した。このデータベースには、過去 25 年間に観測されたすべての気象データが蓄積されている。すでに廃止された観測台も含め合計 1,330 箇所の観測台のデータを含んでいるが、ここでは、データの安定性を考慮し、過半のデータである過去 13 年以上のデータが揃っている 832 箇所の観測台を使用することとした。

風向・風速データとして、年間の最頻風向の平均風速を用いることとした。また、地上からの高さによって風速が異なることから、本研究では、すべて地上 10m の風速に補正して利用した。文献 3)~5)に基づき、観測点の標高より、以下の式を用いて地上 10m の風速に補正して用いた。

$$\frac{V_h}{V_{h_0}} = \left(\frac{h}{h_0} \right)^p \quad \text{---(2)}$$

V_h, V_{h_0} : 地上からの高さ h , h_0 [m]における風速, [m/s]

$h_0 = 10$ [m]

p : 定数（市街地の場合, 1/7 程度）

2.6 延焼限界距離 d^* の設定

2.6.1 延焼限界距離に関する既往研究

(1) 延焼速度式浜田式系列における「延焼限界距離 D 」

古典的な延焼速度式である浜田式系列は構造別に3つの式がある。木造、防火造、簡易耐火造に対して各々同じ構造のモデル式が与えられている。各々、浜田式⁶⁾、堀内式⁶⁾、室崎式⁶⁾が対応する。延焼限界距離は、浜田式の延焼限界距離を1とすると、堀内式では1/2、室崎式では1/4となっている。延焼限界距離は、風向に対する方向別に設定されている。以下に浜田式の延焼限界距離 D を表 2-4 に示す。

表 2-4 延焼速度式浜田式系列における「延焼限界距離 D 」

風下方向		風上方向	風側方向
$D_0 = 1.15(5 + 0.5v)$			
v : 風速 (m/s)			
$D = \beta D_0$		$D = 1.15(5 + 0.2v)$	$D = 1.15(5 + 0.25v)$
出火から 10 分まで	$\beta = 1.0$		
10 分～30 分まで	$\beta = 1.5$		
30 分～60 分まで	$\beta = 3.0$		
60 分以降	$\beta = 5.0$		

(2) 「防災まちづくり」総プロ (2003) のマクロ評価モデル⁷⁾の「延焼限界距離 d 」

マクロ評価モデルは市街地全体の延焼危険評価を行い、危険な区域を抽出することを目的に開発されたものである。この研究では、このマクロ評価モデルに対して、ミクロ評価モデルと呼ばれる詳細な延焼シミュレーションモデルも提案されている。マクロ評価モデルは、ミクロ評価モデルと明確な役割分担を行っており、マクロ評価モデルによって抽出された市街地に対してミクロ評価モデルを適用し精度の高い評価を行うという手順を提案している。

マクロ評価モデルでは、構造別に延焼限界距離を設定し、延焼限界距離内にある建物が連坦してできる建物群に着目し、その大きさをもって延焼危険としている。本研究の先行研究と位置づけられるものである。

ここで示された延焼限界距離は、

- ① 建築基準法の延焼のおそれのある部分の設定根拠となった火災温度4級曲線より、木造の延焼限界距離を12mとし、
- ② 浜田式、堀内式、室崎式の各延焼限界距離の比より、防火造、準耐火造の延焼限界距離を6m、3mとし、
- ③ 一辺長10mを標準家屋とし、炎上建物の立面を炎と仮定し、家屋面積が異なるときには隣棟2階軒下の受熱点の鉛直面における炎の形態係数が一致する距離を求めることによって家屋面積が異なる建物に拡張する。

というものである。

こうして定義された「延焼限界距離 d 」は、以下の式で表される。

$$d = kA^r \quad \text{—(3)}$$

ただし、 A ：建物の一辺長（建築面積の平方根で近似）。係数 k 、乗数 r は、構造別に与えられる（表 2-5、図 2-4）。

表 2-5 「防災まちづくり」総プロ・マクロ評価手法における延焼限界距離の係数・乗数

	係数 k	乗数 r
木造	4.34	0.442
防火造	2.86	0.322
耐火造	1.98	0.181

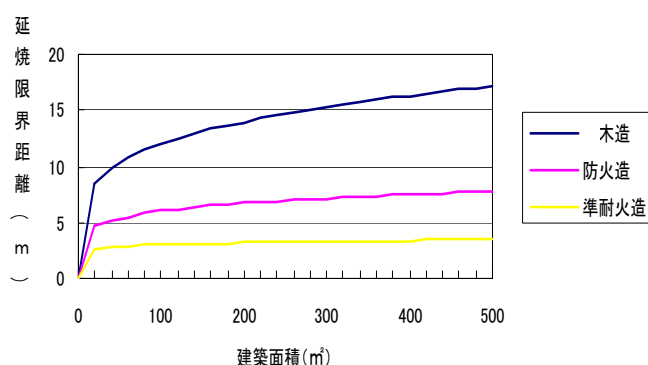


図 2-4 「防災まちづくり」総プロ・マクロ評価モデルにおける延焼限界距離 d

2.6.2 本研究における「延焼限界距離 d^* 」の設定

本研究では、「防災まちづくり」総プロのマクロ評価モデルで定義された延焼限界距離 d を基本としつつ、新たな延焼限界距離 d^* を定義する。総プロの延焼限界距離との違いは、

- ・地域特性として気候を考慮する。そのために、延焼限界距離に風速を組み込んだこと。
- ・集団火災時の延焼特性を反映するために、複数棟火災を考慮したこと。

2点目については、「防災まちづくり」総プロのマクロ評価モデルでは、1棟対1棟の延焼を基本としていたが、本研究では、単体火災から複数棟火災に至った状況の延焼プロセスを評価に組み込むため、炎上建物とそれに隣接建物に着火した状況を想定し、この状況における延焼限界距離を最終的に使うこととした。「延焼限界距離 d^* 」の構築ステップは以下のとおりである。

- ① 炎の想定と輻射熱の受熱点の設定
- ② 建物幅、炎の傾きを考慮した延焼限界距離 d^* の設定
- ③ 複数棟火災を想定した延焼限界距離 d^* の補正

2.6.3 炎の想定と輻射熱の受熱点の設定

炎の設定に先立ち、建物の階高を一律3mと仮定する。炎は、壁面上端部のさらに上方2mまで上がると想定する。2階建てであれば、8mとなる。火災初期では、開口部から炎が噴出するが、その後、屋根が燃えぬけ、建物全体が炎に覆われ炎上することから、この設定はこの2つの燃烧状況の平均的な炎の高さとみなせる。

受熱点は「防災まちづくり」総プロのマクロ評価モデルと同様、2階軒裏、高さ6mとする。炎の想定と輻射熱の受熱点の設定を図2-5に示す。

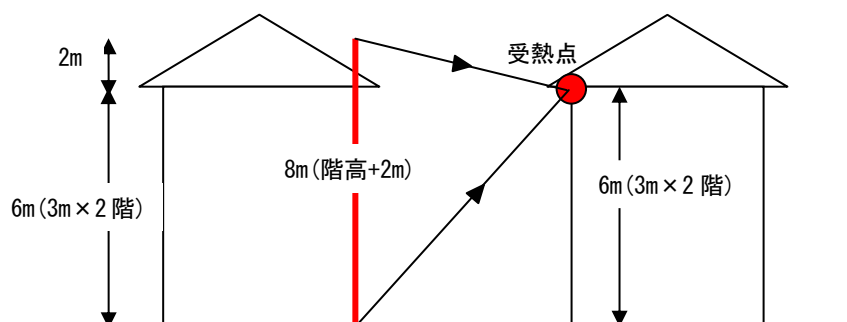


図 2-5 炎の想定と輻射熱の受熱点の設定

延焼限界距離 d^* の考え方は、「防災まちづくり」総プロのマクロ評価モデルと同じ考え方とする。ただし、上述したとおり、炎の高さをプラス2mとする。すなわち、

- ① 浜田式、堀内式、室崎式の各延焼限界距離の比より、防火造、準耐火造の延焼限界距離を6m、3mとし、
- ② 一辺長10mを標準家屋とし、炎を炎上建物の立面+2mと仮定し、家屋面積が異なるときには隣棟2階軒下における炎の形態係数が一致する距離を求めることによって家屋面積が異なる建物に拡張する。

となる。

次に、風速を考慮する。一般に風が吹くと延焼限界距離は大きくなる。これは、図2-6に示すように、風下方向に炎が傾くためである。風速を考慮するためには、風速と炎の傾きとの関係を定めればよい。風速と炎の傾きについては、文献8)をはじめとして数多くの研究がある。ここでは、簡便性より、炎の長さを一定とする文献8)のものを採用する。文献8)では、風速 v と炎の傾き θ (炎が地面となす角度。単位：ラジアン) との関係は以下の式で与えられている。風速と炎の角度の関係は図2-7のようになる。本手法では、この式を採用する。

$$\sin \theta = \begin{cases} 1 & 0 \leq v < 2 \\ (2/v)^{0.2} & 2 \leq v \end{cases} \quad \text{---(4)}$$

なお、風による炎への影響は、風下のみとし、風側、風上については、炎は直立するものとする。

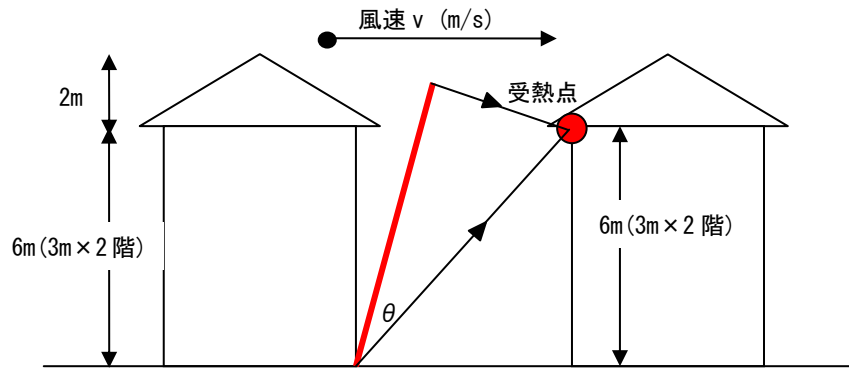


図 2-6 風速を考慮した場合，炎の設定

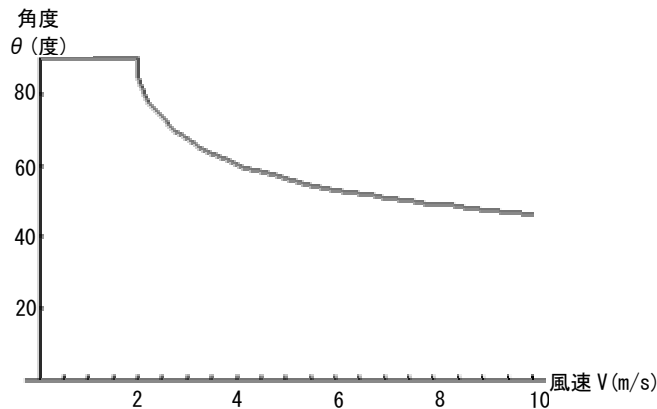


図 2-7 風速と炎の傾きの関係

2.6.4 構造別の限界形態係数，及び，延焼限界距離の算定

受熱点に対して図 2-8(a)に示すような長方形平面がある場合，長方形平面の形態係数 $F(b, len, r)$ は，以下の式で求めることができる．なお，ここでいう形態係数とは，受熱点を中心とする単位球の表面に，長方形平面を投影させ，さらにそれを鉛直面の単位円に投影させたときの単位円の面積に対する投影面積の割合を意味する．

$$F(b, len, r) = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{b \operatorname{Arc} \tan \left(\frac{len}{\sqrt{b^2 + r^2}} \right)}{\sqrt{b^2 + r^2}} + \frac{len \cdot \operatorname{Arc} \tan \left(\frac{b}{\sqrt{len^2 + r^2}} \right)}{\sqrt{len^2 + r^2}} \right) \quad (5)$$

これより，図 2-8(b)に示すように，距離 d にある隣棟の軒裏の受熱点の鉛直方向の建物幅 a ，高さ 8m の炎の形態係数は，上式を使って以下の式で求められる．

$$2 \cdot F(a/2, 6, d) + 2 \cdot F(a/2, 2, d) \quad (6)$$

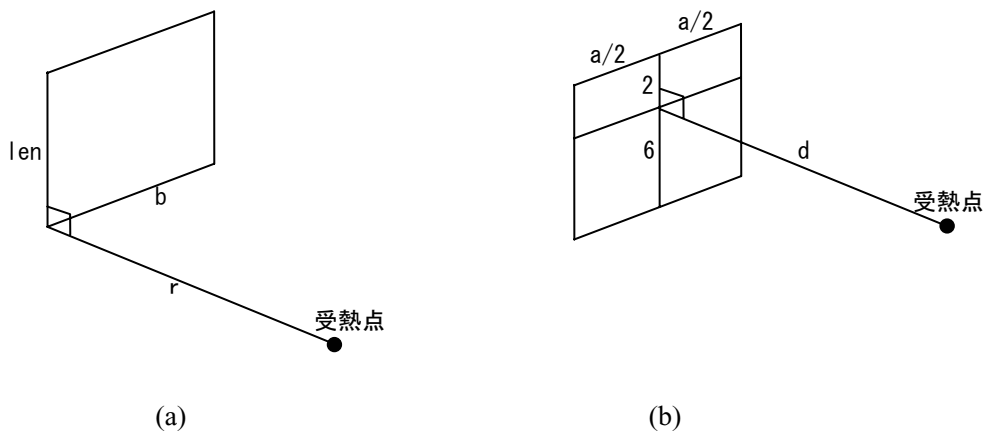


図 2-8 受熱点に対して直立する長方形

各構造について「防災まちづくり」総プロのマクロ評価で定義された延焼限界距離に対応する形態係数（これを限界形態係数と呼ぶ）に一致する隣棟間距離を求めれば、これから延焼限界距離 d^* を求めることができる。ここでは、建物幅 a を 4 m から 50cm 刻みで、23.5m まで設定し、方程式を数値的に解くことによって求めた。得られた結果を「防災まちづくり」総プロのマクロモデルと同形の関数 $d = kA^r$ で表すこととした。計算の結果、表 2-6 のようにパラメーターが決定された。図 2-9 に構造別の延焼限界距離と建物幅の関係を示す。

表 2-6 構造別延焼限界距離の係数・乗数等

	火災温度 4 級曲線	限界形態係数	係数 k	乗数 r
木造	12m	0.1428	3.79	0.495
防火造	6m	0.3718	2.03	0.458
準耐火造	3m	0.6579	1.28	0.350
耐火造	—	∞	0	—

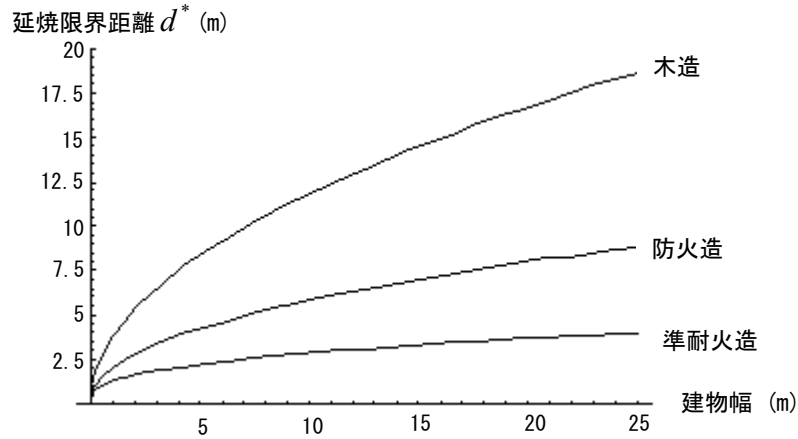


図 2-9 建物幅と延焼限界距離 d^* の関係：建物幅が大きいと延焼限界距離は大きくなる。
 ※本研究においては、木造の値は参考である。本研究においては木造は全て防火造としている。

2.6.5 延焼限界距離への風速の組み込み

炎の傾きを上記の式に組み込むことによって風速を考慮する。ここでは、代表建物幅を 10m として計算を行い、炎の傾きと本定義の「延焼限界距離 d^* 」の定性的な関係を把握し、限界形態係数に一致する距離を求めればよい。求めたデータに以下の式による近似を行った。なお、いろいろな式を試してみたが、以下の式との一致が最も高かった。

$$d^* = k_1 + k_2\theta + k_3\theta^2 \quad \text{ただし、} \theta \text{ [度]} \quad \text{—(7)}$$

構造別に求められた係数は、表 2-7 のとおりである。図 2-10 は、式(7)をグラフにしたものである。炎の角度 $\theta = 90$ 度は、炎が直立している場合である。防火造、準耐火造では、炎の傾きが強くなる（グラフ左側方向）と、延焼限界距離は大きくなる。参考までに、木造では、65 度程度までは、延焼限界距離は大きくなるが、それ以上傾くと延焼限界距離は低減することがわかる。

表 2-7 炎の傾きを考慮した延焼限界距離算定式（式(7)）の構造別係数

	k_1	k_2	k_3
木造	4.056	0.2501	-0.001802
防火造	0.954	0.2041	-0.001649
準耐火造	2.417	0.1258	-0.001325

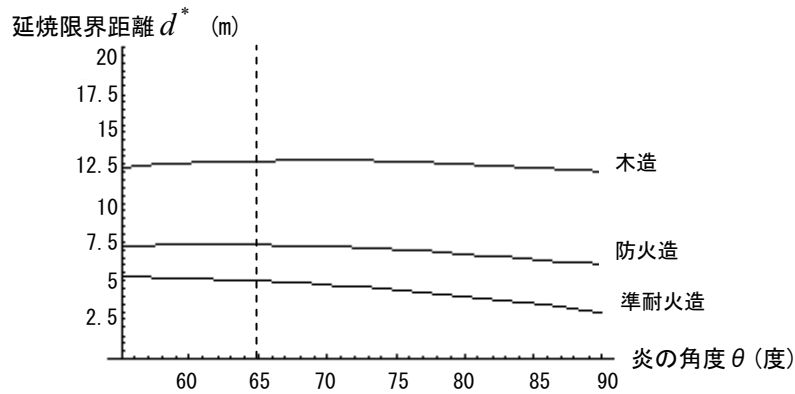


図 2-10 炎の角度 θ と延焼限界距離 d^* との関係 ※木造は参考

2.6.6 延焼限界距離への建物幅，炎の傾きの組み込み

さらに建物幅と炎の傾きの両方を考慮し，式(3)と同形の式 $d = kA^r$ で表した．各係数は，表 2-8 のとおりである．

表 2-8 建物幅別・炎の傾き別延焼限界距離の係数（※木造は参考）

角度 θ (度)	木造		防火造		準耐火造	
	k	r	k	r	k	r
90	3.79	0.49	2.03	0.46	1.28	0.35
85	4.06	0.48	2.43	0.41	1.82	0.27
80	4.30	0.46	2.84	0.36	2.38	0.21
75	4.54	0.44	3.25	0.32	2.95	0.16
70	4.77	0.42	3.67	0.32	3.52	0.12
65	4.98	0.41	4.11	0.29	4.09	0.08
60	5.14	0.39	4.60	0.24	4.63	0.05
55	5.24	0.37	5.08	0.14	5.07	0.02

2.6.7 複数棟火災へ対応するための延焼限界距離の補正

図 2-11 に示すような正方格子状に，受熱建物の正面を中心に奇数棟が立ち並ぶ市街地を想定する．受熱建物に面する建物が一列分，炎上しているものとする．受熱建物に対面する建物棟数を $2N+1$ 棟とする．

ここで，建蔽率を $m\%$ とし， N を変えて，受熱建物に延焼しない最小の隣棟間距離，すなわち延焼限界距離を求めてみる．なお，建物幅は，住宅・土地統計調査¹⁾より得られた住宅の平均建築面積 83 m^2 の平方根とした．結果を図 2-12 に示す．グラフの縦軸は，前項で求めた単体火災に対応する「延焼限界距離 d^* 」に対する比率である．横軸は，受熱建物に対面する炎上建物列の棟数 $2N+1$ の N である．例えば，横軸が 3，縦軸が 2.0 の場合，

受熱建物に對面する建物列の棟数が7 ($=2 \times 3 + 1$) 棟を意味し、この時の延焼限界距離は、對面する炎上建物が1棟のときに対して2倍となることを意味する。図 2-12 中の4本のグラフは、下から順に建蔽率 50%、60%、70%、80%のものを表す。

このグラフをみると、受熱建物正面近くの炎上建物の影響は大きい、正面から離れるにつれ、炎上建物の影響は、小さくなることが読み取れる。これは、正面から離れるに従い、受熱建物への輻射熱が急減するためである。概ね、4列目（横軸 $N = 4$ ）以上では、単体火災に対する延焼限界距離の比率は、ほとんど増加せず、ほぼ同じ値をとる。建蔽率、構造によって延焼限界距離の比率は異なっており、木造、防火造、準耐火造、それぞれ、1.5~2.2, 1.2~1.5, 1.1~1.2 程度である。

本来ならば、評価の際に、個々の評価対象建物の近傍の建蔽率、炎上建物の構造を精査すべきであるが、計算時間の制約から実際にこれを行うことはできない。ここでは、一律に補正することとし、防火造、準耐火造の構造比率を仮定し、構造比率で重み付けをした平均値を算出することとした。構造比率については、全国的に整備された確固たる統計データが存在しない。そこで、ここでは防火構造が調査されている東京都土地利用現況調査（平成8年）を参考に構造比率を仮定した。これをみると、木造、防火造・準耐火造の比率は、表 2-9 のようになった。これより、ここでは、防火造（木造+防火造）、準耐火造の構造比率を 85%、15%と仮定することにした。

図 2-12 に示された各構造の単体火災に対する「延焼限界距離 d^* 」の比率より、ここで仮定した構造比率によって重み付け平均を求めた。結果は、各建蔽率で表 2-10 のようになった。建蔽率の違いにより若干幅があるが、ここでは、安全側のみで、複数棟火災に対する延焼限界距離を $1.5d^*$ と定めることにした。

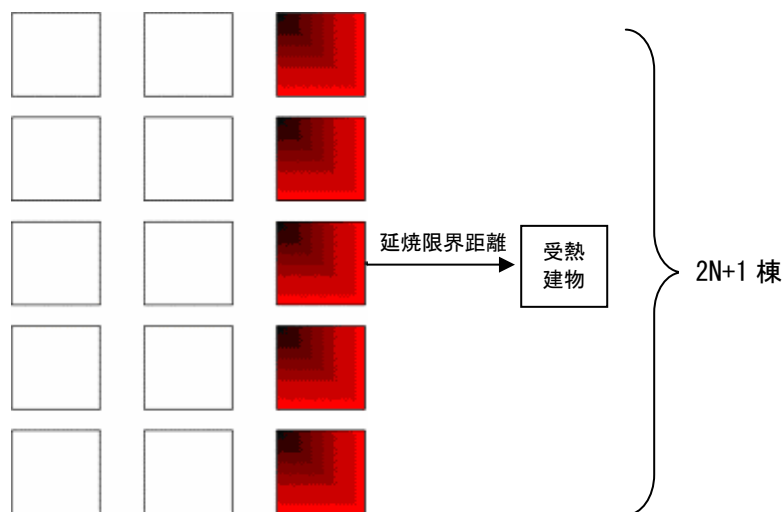
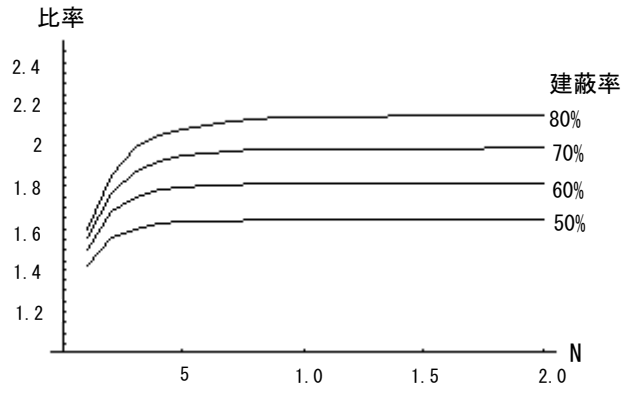
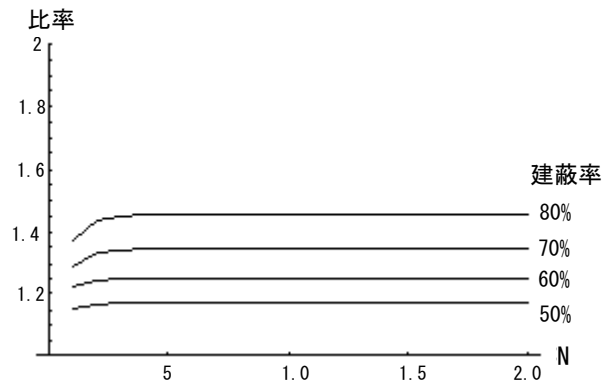


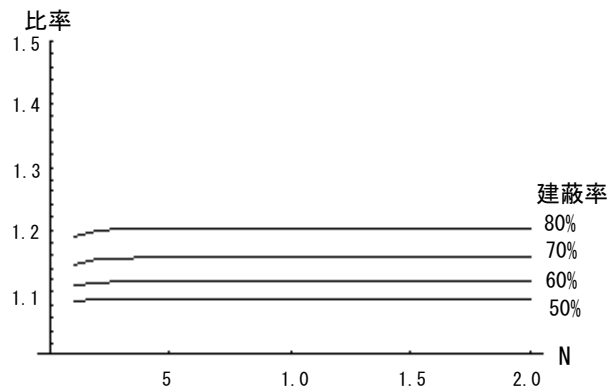
図 2-11 市街地の想定



(a) 木造



(b) 防火造



(c) 準耐火造

図 2-12 複数棟火災の延焼限界距離の延焼限界距離 d^* に対する比率：横軸は N ，縦軸は $N=1$ に対する延焼限界距離の比率。グラフは、下から順に建蔽率 50%，60%，70%，80%
 ※木造は参考

表 2-9 東京都土地利用現況調査（平成 8 年）による構造比率

	木造	防火造	準耐火造
棟数	197,065	957,949	210,717
構成比	15.4%	70.1%	14.4%

表 2-10 複数棟火災の延焼限界距離の「延焼限界距離 d^* 」に対する比率の構造比率による重みつき平均

受熱建物に 対面する 建物数 (2N+1) の N	建蔽率			
	50%	60%	70%	80%
N=5	1.23	1.31	1.41	1.51
N=10	1.23	1.32	1.41	1.52
N=20	1.23	1.31	1.41	1.52

2.7 隣棟間距離の計算

前節で定義された「延焼限界距離 d^* 」を用いてクラスターを作成するためには、隣棟建物を選定し、それが同じクラスターになるかどうかを判定していく必要がある。つまり、その建物との距離が延焼限界距離 d^* 以下かどうかを判定する必要がある。ここでは、延焼限界距離が風下方向と風上・風側方向とでは異なるため、隣棟の方向に対応して判定する必要がある。

こうした判定を行っていくためには、隣棟建物の選定、隣棟間の距離・方向の測定が必要である。隣棟間の検索では、計算時間と精度のバランスを考慮して^注次のような方法をとることとした。

Step1-1：隣棟候補建物を検索する。建物ポリゴンの重心から半径 100m 以内^注に重心が含まれる建物を隣棟候補建物とする。

Step1-2：隣棟建物か否かを判断する。対象建物と隣棟候補建物の中で、建物ポリゴンの頂点間に線を描き、いずれかの線が途中で別の建物の辺により遮られない場合、隣棟建物とする。

Step2-1：隣棟の方向を測定する。対象建物と隣棟建物の中で、建物ポリゴンの重心間の線を描き、その方向を隣棟間の方向とする。

Step2-2：隣棟間距離を計算する。対象建物と隣棟建物の距離を厳密に測定する。相互の位置関係により、頂点間の最短距離、或いは、頂点-辺間の最短距離となる

Step1-1, 1-2 を図 2-13 に、**Step2-1, 2-2** を図 2-14 に示す。なお、計算時間は、約 6,000 万棟の建物に対してのべ約 12 時間を要した。

^注 この距離が小さいと隣棟の取りこぼしが多くなる。一方、大きいと計算時間が膨大になる。この両者のデメリットを実際に距離を変えて試算し、100m 程度が最も効率的であるとの結論を得た。


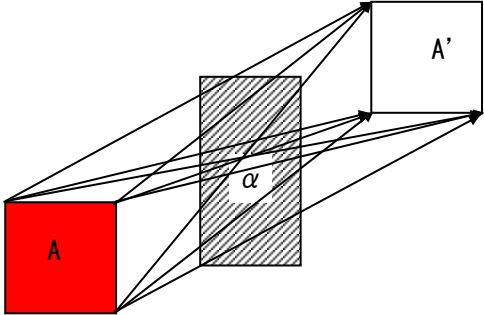
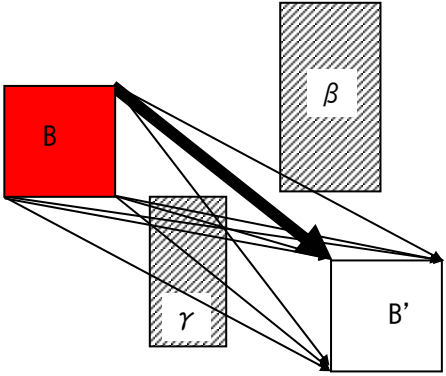
Step1-1 : 隣棟候補建物の抽出	Step1-2 : 隣棟の判定
 <p>100m の円内の建物が隣棟候補建物</p>	<p>隣棟の判断方法 : 対象建物と隣棟候補建物のすべての頂点間で線を引き, 別の建物に遮られない線が存在すれば, 隣棟と判断する.</p>  <p>隣棟でないと判定されるパターン : 建物 A, 建物 A'は隣棟でない. 建物 A-A'間のすべての直線が建物 α (斜線建物) に遮られる.</p>  <p>隣棟であると判定されるパターン : 建物 B, 建物 B'は隣棟である. 建物 B-B'間の直線のうち, 建物 β, γ に遮られない線(太線)が存在する.</p>

図 2-13 隣棟間距離の計算モデル Step1 : 隣棟建物の選定

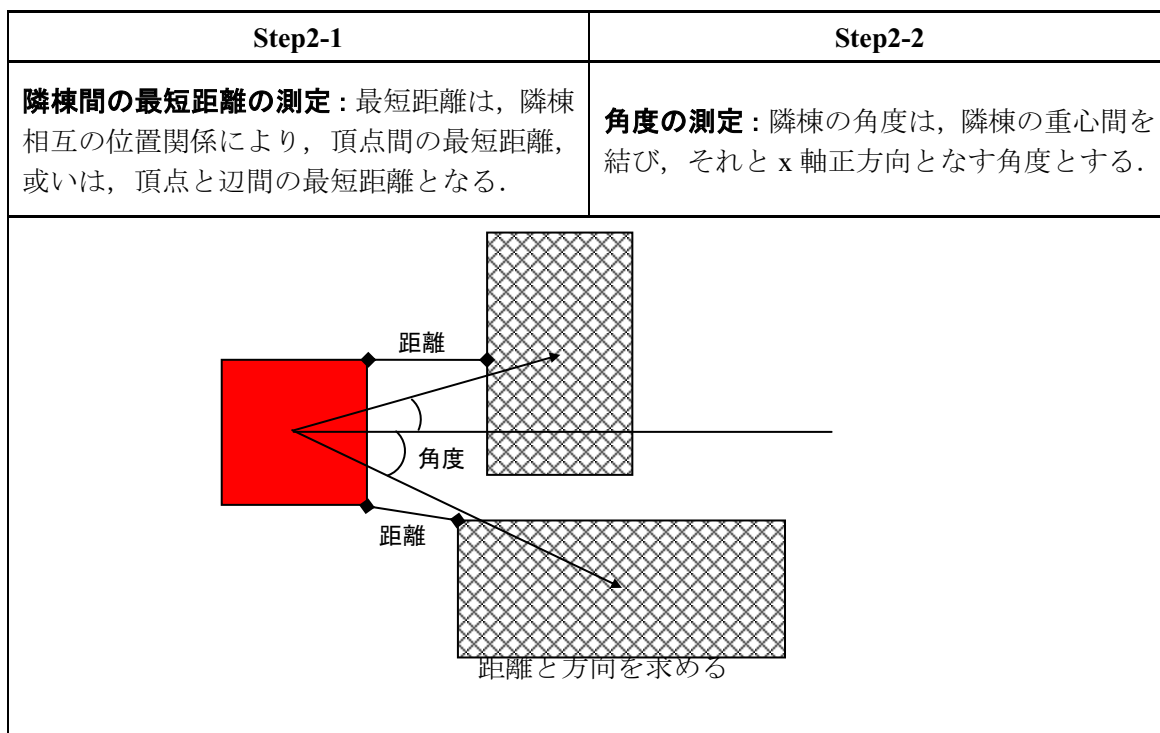


図 2-14 隣棟間距離の計算モデル Step2：隣棟建物距離と方向の測定

2.8 延焼限界距離 d^* によるクラスターの生成

隣棟間距離と延焼限界距離 d^* とを比較し，隣棟間距離が延焼限界距離 d^* 以下であれば，同じクラスターに属するとする（図 2-15）．なお，隣棟間で構造が異なる場合，両者の延焼限界距離の平均値とすることとする．

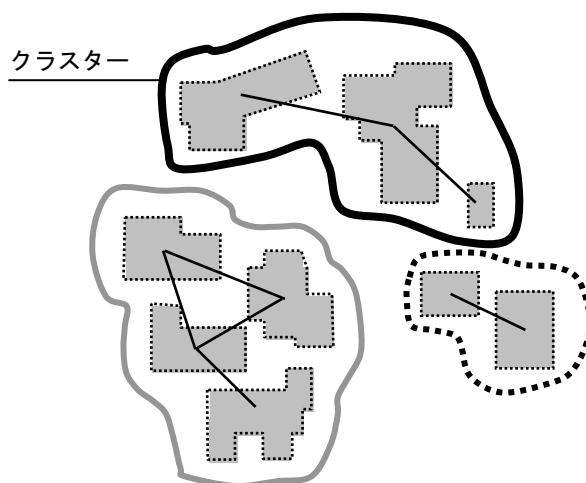


図 2-15 クラスターの生成：隣棟間が延焼限界距離 d^* 以内の建物は同じクラスター

2.9 出火確率の割り当て

出火確率の割り当ては、個々の建物に出火確率を与える方法としている。出火確率の評価手法としては様々なものがあり、多様な出力単位で出力される。本研究の場合、最終的には個々の建物の出火確率が与えられればよいので、任意の出力単位に対応することができる。例えば、地域標準メッシュ（第3次地域区画）で出火件数が出力された場合、メッシュ内の建物の出火確率は一様と仮定し、メッシュ内の建物の建物数の総数で出火件数を除することによって、各建物の出火確率を求めることができる。

2.10 焼失棟数の算定

n 棟の建物で構成されるクラスターに着目する。このクラスターに属する建物 i の出火確率を p_i とする。ここで、このクラスターに属する建物の焼失確率 P を考える。クラスターの定義より、クラスター内で1棟でも出火すれば、クラスター内のすべての建物は延焼することから、このクラスターに属する建物の焼失確率 P は、クラスター内から1件以上出火する確率に等しい。すなわち、

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad \text{---(8)}$$

が成り立つ。ここで、計算時間の縮減を図るために近似を行う。

$$P = 1 - \exp(-n \bar{p}) \quad \text{---(9)}$$

近似の精度を以下の条件で建物の焼失確率 P を検証した。

1 クラスターに4つの異なる出火確率が与えられている場合を想定し、出火確率 p_i を 0.00001~0.0001 の区間で、棟数を 1~1000 の区間で各々ランダムに与える。

10,000 回の計算結果を

図 2-16 に示す。近似値と厳密解はおおむね良好な一致をみた。すべてのクラスターについて同様の計算を行えば、すべての建物の焼失確率が求められる。

任意の集計単位における焼失棟数 χ は、集計単位に含まれる建物の焼失確率の総和に等しくなる。すなわち、

$$\chi = \sum P(N \geq 1) \quad \text{---(10)}$$

である。

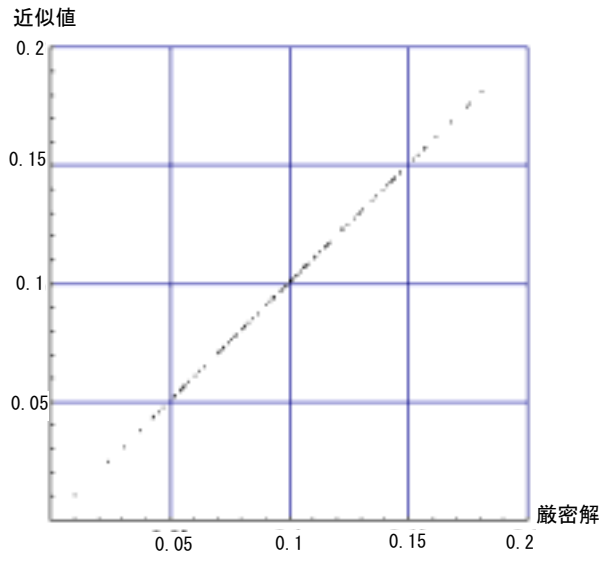


図 2-16 焼失確率の近似精度の検証：横軸は厳密値，縦軸は近似値である。

参考文献

- 1) 総務省総務局：平成 10 年住宅・土地統計調査, <http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/>
- 2) 加藤孝明：都市計画 GIS データによる建物の防火構造の推定に関する資料，東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻小出研究室，2003.
- 3) 気象ハンドブック編集委員会：気象ハンドブック，1979.
- 4) 気象庁観測技術資料：日本各地の年最大風速，日本気象協会第 34 号，1971.
- 5) 日本建築学会：建築荷重指針・同解説，日本建築学会，1983.
- 6) 日本火災学会：火災便覧第 3 版，1997.
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所：総合技術開発プロジェクト「防災まちづくりにおける評価技術・対策技術の開発」，2003.
- 8) 建設省：「都市防火対策手法の開発」，1982.