

大阪市の消防力調査研究に用いた 延焼速度式について

大阪市消防局警防部計画課

1. はじめに

昭和62年6月消防庁から「地域防災計画の見直しの推進について」通達され、そのなかでコミュニティレベルで地域の災害危険性を把握することが挙げられている。

災害の素因として種々考えられるが、このうち火災時の延焼危険に関して、消防機関で把握しえるデータをもとに、地域の延焼危険を科学的に把握する一手法として大阪市の消防力調査研究に用いた延焼速度式について紹介する。

この分析は、火災統計、消防活動統計及び都市等級調査結果をもとに統計的手法により分析したものである。

2. 延焼速度式の解析手法

延焼速度式については、従来より浜田式、堀内式のほか建設省総プロ式等が示されている。

これらはいずれも焼損面積を時間の関数としてとらえているが、ここでは簡便に地域の延焼速度式を求めるため、これらがべき乗関数で表せるものとして

$$s = \alpha t^\beta \quad \dots \dots \dots \text{式1}$$

s : 延焼面積 (m²)

t : 出火からの時間 (分)

α, β : 燃焼係数

により、過去の火災データを用いた回帰分析から求める。

図1 ポンプ、タンク車の放水作業隊数と焼損面積散布図

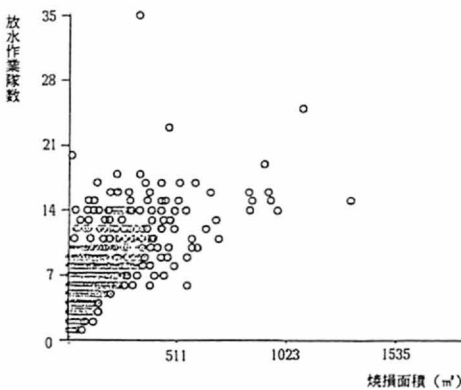
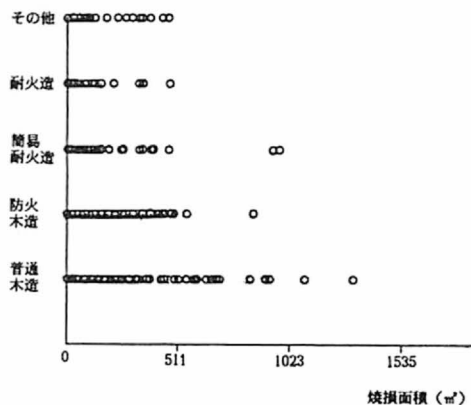


図2 火元建物構造別焼損面積の分布状況



延焼速度式を求めるために活用できるデータは、火災の鎮圧時間（出火時刻から鎮圧時刻）鎮圧時焼損面積、消火活動隊数である。

次に解析手順を説明する。

式1をtについて微分して延焼面積速度

$$ds/dt = \alpha \beta t^{(\beta-1)} \dots \text{式2}$$

を得る。これは火災の延焼力を表し、鎮圧時における火災の延焼力と消防隊の消火力の関係は、

$$ds/dt \leq nr \dots \text{式3}$$

r：消防隊1隊当りの消火力

n：鎮圧時消火活動隊数

である。また、式1から、

$$t = (s/\alpha)^{(1/\beta)} \dots \text{式4}$$

式3に式2、式4両式を代入して、両辺の対数を取り整理すると

$$A + B \log(S) \leq \log(n) \quad \text{式5}$$

$$A = (1/\beta) \log(\alpha)$$

$$+ \log(\beta) - \log(r)$$

$$B = (\beta - 1) / \beta$$

となり、消火活動隊数と鎮圧時焼損面積の間には、図1の様な関係があり、消防隊1隊当りの消火力rには上限があって焼損面積ごとの最大消火活動隊数には一定の法則があるように考えられることから、式5を回帰式としてA、Bと α 、 β を求めるものである。

3. 建物構造の分類

図2は、昭和56年から59年の建物火災4,774件について、火元建物構造と全焼損面積の関係のみたものである。全焼損面積には類焼建物の焼損面積も含まれている。1棟当りの建物規模では、耐火造建物の方が大きい。木造建物の方に全焼損面積の大きな火災が多いことが注目される。耐火造建物の防火

区画、内装材等の影響が火災性状にでているものと考えられる。

木造建物については、大阪市都市等級調査の地区の任意の1棟で起こった火災は、この地区の範囲では1つの延焼速度式に従って延焼して行くものとして扱う。

簡易耐火造建物については、火災性状や規模が木造建物に近いものが多いので、木造建物と見なして取り扱う。

耐火造建物については、個々の建物の個性や規模が火災の性状に影響することが多く、棟ごとにとらえるのが適当であると考えられる。

以上のことから木造建物、耐火造建物の2つに分け、耐火造建物については、さらに個々の建物の火災危険を消防法施行令別表第1の用途分類を用いて検討した。

4. 木造建物火災のグルーピング

木造建物火災は、木造家屋が連続的に燃えて行くことを想定しており、地区ごとの延焼速度式を求めることとしている。延焼危険に関連の深い因子を抽出するために、それぞれの地区の火災データの焼損面積を外的基準とした因子分析を使うことも考えられるが、地区ごとの焼損面積の出た火災の発生が少なくまた、その不規則性のため、統計値としての信頼性を得るのに十分でない。

そこで、木造市街地の火災の延焼に関係の大きいと考えられる因子を用い、地区をいくつかのグループにわけて類型化し、グループごとの火災実績から延焼速度式を求めた。

グルーピングに用いる因子としては、市街地火災の延焼速度式である浜田、堀内式に関連した因子のほかに耐火造建物の存在に関連

する因子、木造建物と見なすこととした簡易耐火造建物のうち、特異な空間構成の工場の影響に関連した因子などについて主成分分析を行った結果、次の6個の因子に要約した。

- ア 木造建物棟数割合（木造建物棟数／全建物棟数：％）
- イ 1km²当り建物棟数（全建物棟数／地区面積）
- ウ 木造建物建ぺい率（％）
- エ 木造建物平均規模（木造建物延べ床面積／木造建物棟数：m²）
- オ 工場等割合（工場等棟数／全建物棟数：％）
- カ 住宅等割合（住宅等棟数／全建物棟数：％）

以上6因子により683地区をクラスター分析した結果、大阪市を9グループにグルーピングできた。

5. 耐火造建物火災のグルーピング

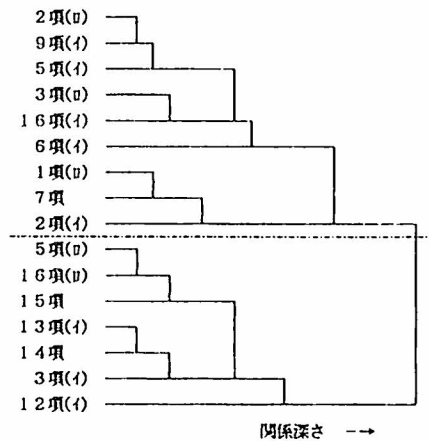
耐火造建物は、そのほとんどが消防法で言う防火対象物で、消防法施行令別表第1に掲げる用途に分類される。この分類は、個々の建物の火災危険の特徴をよく表しているのをこれを用いて検討した。

耐火造建物の火災のうち焼損面積を出した事例が少ないため、上記用途についても数グループにグルーピングして、グループごとに延焼速度式を求めることとした。分類には、大阪市消防局の高層建物等警防計画作成基準の対象物状況判定チェックリスト（表1 参照）を用いて、5階建以上の耐火造建物のなかから各用途10棟程度を無作為に抽出、各項目の評価を行った。評価値のうち「初期消火」「消火避難」「避難行動」「人命危険」「救助

難易」の5項目を、延焼危険及び消火活動に関連の深い因子として取り上げた。各用途ごとの各項目の評価値の平均値を説明変数、各用途ごとの火災1件当りの平均焼損面積を被説明変数として回帰分析を行ったところ高い相関がみられたことから評価値で用途ごとの延焼危険を比較的良好に表していることが判った。

これら5項目の、各用途ごとの評価値の平均値で、用途のクラスター分析を行った結果図3のような関係があり、概ね消防法で言う特定防火対象物と非特定防火対象物に分かれる。ただし、5項(ロ)（共同住宅等）は火災件数も特に多く単独でも統計的意味があり、防火区画に特徴があることから、別グループとし、合計3グループにグルーピングすることとした。

図3 火災危険に関する各用途間の関係



耐火造建物延焼危険用途グループ

特定グループ	非特定グループ	共同住宅等
1項ロ 6項イ	2項イ	5項ロ
2項イ 7項	12項イ	
2項ロ 9項イ	13項イ	
3項ロ 16項イ	14項 15項	
5項イ	16項ロ	

表1 対象物状況判定チェックリスト

1 火災の発生危険

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
使用時間	16時間以上	8時間以上 16時間未満	8時間未満	対象物の使用延時間	
使用時間	夜		昼	主な使用時間の昼夜別	
利用者	特定者 25%未満	特定者 25%以上 75%未満	特定者 75%以上	滞在者に対する特定人の割合	
火気使用	火気 多	火気 普通	火気 少	火気使用設備の多少	
飲酒滞在	多		少	飲酒滞在者の多少	
可燃物	多	普 通	少	家具、商品等の可燃物の多少	
管理体制	無	普 通	充 実	火災予防の管理体制	
計				(合計)	(判定)

2 火災の早期発見体制

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
使用時間	8時間未満	8時間以上 16時間未満	16時間以上	1に同じ	
使用時間	夜		昼	1に同じ	
利用者	特定者 25%未満	特定者 25%以上 75%未満	特定者 75%以上	1に同じ	
利用者	不 在		在	使用時間以外の状況	
収容人員	100人未満	100人以上 1000人未満	1000人以上		

使用形態	秩序 無	秩序 普 通	秩序 有	間仕切り、テナント等ビルの使用形態が規則だったものか	
総合訓練	無		有		
計				(合計)	(判定)

3 燃焼危険

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
初期火災荷重	可 燃	難 燃	不 燃	建物内収容物の状況	
内装種別	可 燃	難 燃	不 燃	建物内の内装状況	
感知器	無		有	自動火災報知設備の有無 (煙感含む)	
空間容積	大		小	天井、壁等と可燃物との空間	
計				(合計)	(判定)

4 初期消火実施の可能性

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
使用時間	8時間未満	8時間以上 16時間未満	16時間以上	1に同じ	
使用時間	夜		昼	1に同じ	
利用者	不 在		在	2に同じ	
使用形態	秩序 無	秩序 普 通	秩序 有	2に同じ	
内装可燃物	多	普 通	少	内装・内在物の可燃物の量	
計				(合計)	(判定)

5 消火活動の難易

危険等級 性格	1	2	3	備 考
構 造	簡易耐火		耐 火	主要構造部の状況
規 模	1500㎡以上	1500㎡未満 300㎡以上	300㎡未満	1フロアの床面積
火災荷重	大	普 通	小	収容可燃物の量
防火区画	1500㎡以上	1500㎡未満 300㎡以上	300㎡未満	最大防火区画の面積
防火区画	無		有	
排煙設備	無		有	
消火設備	手 動		自 動	スプリンクラーへ自動屋内消 火栓へ手動
空調設備	中央ダクト 方式		中央ダクト 方式外	
堅穴区画	否		良	
内 装	可 燃	難 燃	不 燃	3に同じ
開口率	大	普 通	小	
階 段 数	少	普 通	多	
連結送水管	無		有	
梯子架梯	不 能	1～3台	4台以上	12mを1台とする
階 数	15階以上	10～14階	9階以下	
隣接建物	進入不可		進 入 可	隣接からの進入可否

問 仕 切	多	普 通	少	問仕切量の多少	
計				(合計)	(判定)

6 避難行動の難易

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
使用時間	夜		昼	1に同じ	
利用 者	不 能	困 難	可 能	建物内滞在者の自力行動力	
利用 者	特定者 25%未満	特定者 25%～75% 未満	特定者 75%以上	1に同じ	
収容人員	1000人以上	1000人未満 100人以上	100人未満	2に同じ	
使用形態	秩 序 無	秩 序 普 通	秩 序 有	2に同じ	
使用形態	寝		起	使用形態でホテルのように就 寝かどうか	
避難訓練	少	普 通	多	訓練の実施状況	
計				(合計)	(判定)

7 救助事案発生危険

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
利用 者	自力歩行不 能	自力歩行困 難	そ の 他	6に同じ	
収容人員	1000人以上	1000人未満 100人以上	100人未満		
避難訓練	少	普 通	多	訓練の実施状況	
計				(合計)	(判定)

8 救助活動の難易

危険等級 性格	1	2	3	備 考	
安全区画	無		有	一時避難場所の有無	
防火区画	1500㎡以上	1500㎡未満 300㎡以上	300㎡未満	5に同じ	
梯子架梯	不 能	1～3台	4台以上	5に同じ	
開口率	小	普 通	大	5に同じ	
避難設備	不 備		完 備		
排煙設備	無		有		
消火設備	手 動		自 動	5に同じ	
堅穴区画	否		良		
階 段	直 通	特 避	屋 外		
階 段 数	少	普 通	多	5に同じ	
階 段 配 置	集 中	普 通	分 散		
階 数	15階以上	10～14階	9階以下	5に同じ	
隣接建物	進入不可		進 入 可		
計				(合計)	(判定)
備考					
1 中間的要素のものは危険等級2に該当する。					
2 使用形態欄は対象物調査票7番及び9番によって秩序の有、普通、無を判定する。					

3 階段数多少欄は、次により判定する。

階 段 数	2 以 下	3	4 以 上
判定チェック	少	普 通	多

4 昼夜別欄は、18時～翌前9時を夜とし、昼夜にわたるときは夜とする。

5 利用者欄は、 $\frac{\text{特定者数}}{\text{収容者数}} \times 100$ で算定する。

6 火気使用欄の普通は、各フロアが大規模飲食店舗で占められているとき等とする。

7 使用形態寝起欄は、ホテル、共同住宅、病院等就寝者があるときは寝にチェックする。

8 管理体制欄は、対象物調査票32番から34番までの内容から総合判断する。

最大防火区画面積	㎡
----------	---

図4 グループ別延焼速度グラフ

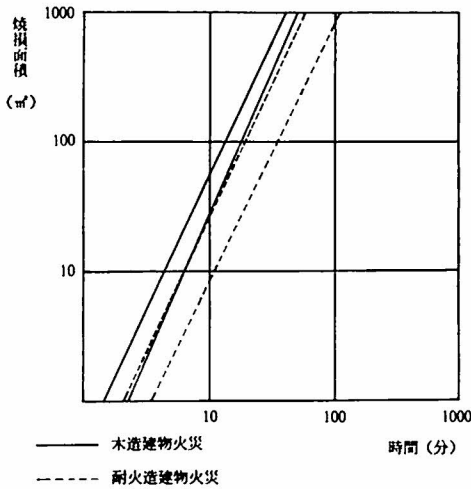


表2 グループ別延焼速度式
木造建物火災燃焼係数

地区グループ	α	β
第1グループ	0.5177	1.927
第2グループ	0.2456	2.312
第3グループ	0.2288	2.295
第4グループ	0.1736	2.275
第5グループ	0.3389	2.181
第6グループ	0.4561	2.124
第7グループ	0.2061	2.288
第8グループ	0.0015	3.684
第9グループ	0.8341	1.272

耐火建物火災燃焼係数

用途グループ	α	β
特定用途建物	0.0309	2.647
非特定用途建物	0.2262	2.100
共同住宅等	0.5651	1.454

$s = \alpha t^\beta$
 s : 延焼面積 (㎡)
 t : 出火からの時間 (分)

6. 延焼速度式

前述の解析手法を用いて、木造建物火災地区グループ：9グループと耐火建物火災：3グループについて延焼速度式を求めたところ図4及び表2のとおりである。

7. 延焼速度式の応用

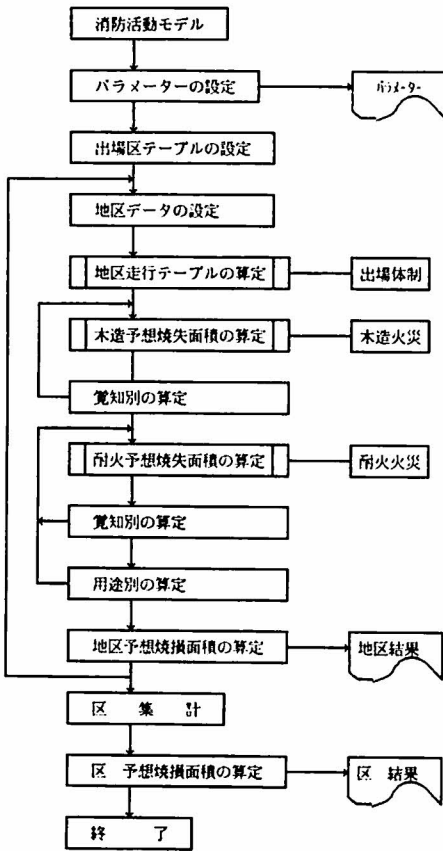
この式は、はじめにも述べたとおり大阪市における消防力を検討するため研究されたものであり、通常時における延焼危険を対象としている。したがって、大規模火災などの場合には、延焼の因子として当然風速等が加わるものと考えられるし、通常時においても地域属性が各市町村によって異なることから考慮が必要である。

次に火災危険に対する消防力を検討する場合は、図5のモデルフローに示すように地区ごとに、木造建物火災と耐火建物火災を想定し、その地区の状況と建物状況により仮想火点をコンピューター上で再現し、実際の火災と同じように消防活動を想定することにより、予想焼損面積を求める。

予想焼損面積が最少となるように消防体制（消防力）を変化させシミュレーションすることにより最適な防災体制を検討することができるし、また、消防力を一定にしてシミュレーションすることにより地区別の危険度を評価することができる。

なお、モデルフローの中の各パラメータについては、本誌で紹介することができなかったが、消しの要因である消防力については、現状の消防活動実態（消防活動困難要因を含む。）から木造建物火災は、消防車1台当たり $6 \text{ m}^2/\text{min}$ 、耐火建物火災では、 $2 \text{ m}^2/\text{min}$ として算定している。

図5 消防活動モデル 算定フロー



8. おわりに

火災危険度予測方法のうち、延焼危険の予測式について大阪市の事例として述べたが、分析過程において、消防活動の複雑さを痛感した次第である。

今後、都市構造の高層化、深層化などによって、災害の複雑多様化が予想されるなかで消防機関として地域の災害危険性を的確に把握していくことは、重要な課題であろうと考える。

その意味において、消防機関で把握し得る各種データをもとに災害実態を簡潔に分析し火災危険度予測等に利用し得る方法として参考になれば幸せである。

なお、本研究にあたって、種々のご指導を賜った各先生方に対して深く感謝の意を表します。

