

新しい延焼速度式による火災危険度予測

近畿大学 教授 保野 健治郎
同 助教授 難波 義郎

1. はじめに

神戸市消防局が調査した火災に関する詳細なデータを基礎として、新しい延焼速度式を導き、検証を行なった手法^{1)~8)}を紹介し、火災危険度予測への応用として、都市を領域によって区分した総合火災指標値¹⁾を示し、その適用時に注意すべき事項等について記述する。

2. 新しい延焼速度式と焼損面積の予測

従来の延焼速度式「浜田(堀内)の式」により焼損面積を算出すると、場合によっては数倍~十数倍も多く見積もることがある⁹⁾。そこで、筆者らが約8年前頃から、いろいろな都市の比較的最近の詳細な火災データを集

めて整理し直し、火災延焼現象のモデル化を試みたのが、「ロジスティック曲線による延焼速度式^{2)~8)}」である。この延焼速度式は、焼け止まりを考慮しており建物1棟~数棟の延焼状況を適切に表現できることを、既発表論文^{2)~8)}に記述している。

すなわち、火災の先端が出火箇所から拡がっていく状況(消火活動を伴わない場合の延焼過程)を焼損面積で捉えた場合の延焼速度式は、図1の実線で示すように一般的にS字状の曲線となり、次のような式で表わされる(従来の式は図の一点鎖線に対応し、S字曲線の変曲点までの傾向が無限に続いていく)。

$$A = \frac{G + d}{1 + \exp(f(x))} - \frac{G + d}{1 + \exp(f(0))} \quad (1)$$

ただし、

$$A \leq G$$

であり、

$$f(x) = a_0 + a_1 x \quad (2)$$

または、

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \quad (3)$$

である。ここで、Aは延焼面積(m²)、xは出火からの経過時間(h)、Gは1区画または1棟の建築面積(m²)、a₀、a₁、a₂、a₃、dは係数、f(0)はf(x)においてx=0

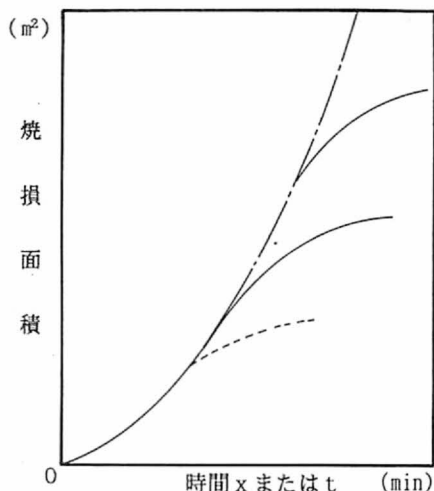


図1 焼損面積と時間の関係

表1 延焼速度式の係数 (dはG=100m²に対応するもの)

構造 \ 係数	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	d
木造系	3.71	-21.03	35.79	-132.51	16.4
簡易耐火	2.97	-21.84	65.01	-137.95	5.8
耐火	4.21	-28.23	72.48	-142.25	2.9

の時の値を示す。

式(1)の各係数は、火災データより求められるが、実際の都市の年間の焼損面積とこの式による予測値を比較することによって、これを検証することができる。K市のデータによって求めた係数による式²⁾⁻⁵⁾によって、大阪市(地区環境を考慮)の年間の焼損面積を予測した結果は、過去の値とよく一致してその妥当性が確かめられている⁸⁾。また、東京消防庁の報告書⁹⁾によれば、「保野の式(神戸モデルより以前の延焼速度式¹⁰⁾ [(図1に示す変曲点までのデータによる)]」が、東京都の最近の延焼火災データと非常によく合うことが示されている。

さて、火災延焼状況は、建物構造の壁体や床材の延焼遮断効果や空気の流通・熱伝播などによって異なると考えられる。そこで、建物内の延焼状況の傾向が明確に把握できた、

神戸市の建物火災61件(昭和49年~59年)のデータを用いて、木造系(裸木造、普通木造および木造モルタルを含む)、簡易耐火および耐火建物の3種類の平均的な延焼速度式[f(x)を式(3)とした場合]の係数を求めた

結果を表1に示す。

図2は、木造系の建築面積と簡易耐火および耐火の区画の面積Gを100m²に換算して焼損面積を比較しやすいように描いたものである。木造系の場合は出火から約11分程度で全面積の半分の50m²に達し、約17分で100m²全部が燃えてしまう。簡易耐火は木造系や耐火よりも起ち上がり大きいが50m²に達するのは耐火とほぼ同じ13分程度で100m²全部が燃えてしまうのは約25分である。耐火の場合は、100m²全部が燃えてしまうのは約29分であり、その後半部分は簡易耐火とよく似ている。図2は、消火活動を行わない場合、平均的に延焼する状況を表示したもので、実際には可燃物の条件などによってこの曲線より起ちがりの早い火災や遅い火災がある。とくに、図2に示される簡易耐火の起ち上がり早いのは、建物内の可燃物の状態や隔壁などの違いによる影響が現われているものと考えられる。しかしながら、いずれにしても出火後約10分位までには消火活動を開始しなければ、火災が建物内にいっきに広がること、さらに隣棟への類焼を引き起こす危険性が増すことを示している。

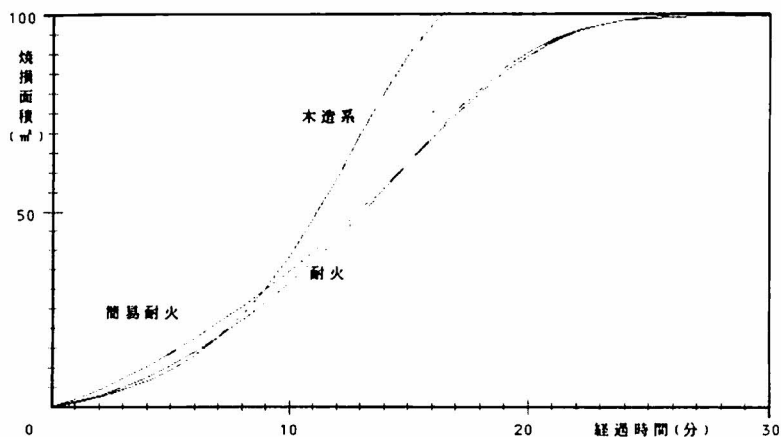


図2 各種建物構造別の延焼状況

一方、ある放水量 Q (m^3/min) のもとでの焼損面積は、以下のように表される。

$$A(t+1) = \{1 + k(t)\} A(t) \quad (4)$$

ここに、

$$k(t) = \frac{q_0 \{A(t-1) - A(t-2)\}}{Q(t-1/2) - q_0 \{A(t-1) - A(t-2)\}} \quad (5)$$

ただし、 t : 放水開始後の経過時間 (min),
 q_0 : 所要消火水量係数 ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$), $k(t)$: t 時刻 (min) の延焼増加割合である。

所要消火水量係数は木造系と耐火構造系で異なり、以下の関係式が得られている。

$$\text{木造系} : q_0 = 0.423 \{A(0)\}^{-0.898} \quad (6)$$

$$\text{耐火構造系} : q_0 = 0.218 \{A(0)\}^{-0.533} \quad (7)$$

ただし、 $A(0)$ は放水開始直前の焼損面積である。

放水量 Q は、放水ポンプ車の台数や集結状況あるいは水利能力などによって異なるが、

第1出動のポンプ車4台分の平均として、神戸市のデータより以下のような近似式が得られている。

$$\text{木造系} : Q(t) = 1.129 t^{0.302} \quad (8)$$

$$\text{耐火構造系} : Q(t) = 0.802 t^{0.433} \quad (9)$$

さて、以上の関係式を用いて各時刻の焼損面積の計算を行なうと、図1の点線のような曲線が得られ、 $A(t+1) = A(t)$ となったときに延焼阻止 (鎮圧) されたことになり、焼損面積を予測することができる。

以上は、焼損面積の平均値を求める手法を説明した。最小値および最大値を予測する手法も研究しているが、ここでは省略する。なお、消防計画における焼損面積の予測値として理論的には最大値を使用すべきであろう。

3. 火災危険度予測

火災危険度は、出火危険、延焼危険、消火

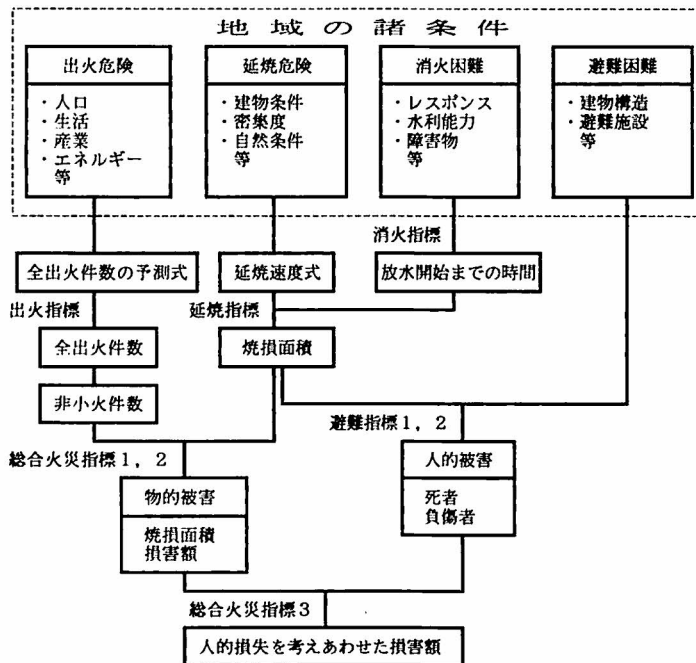


図3 地域の潜在火災指標値の算定フローチャート

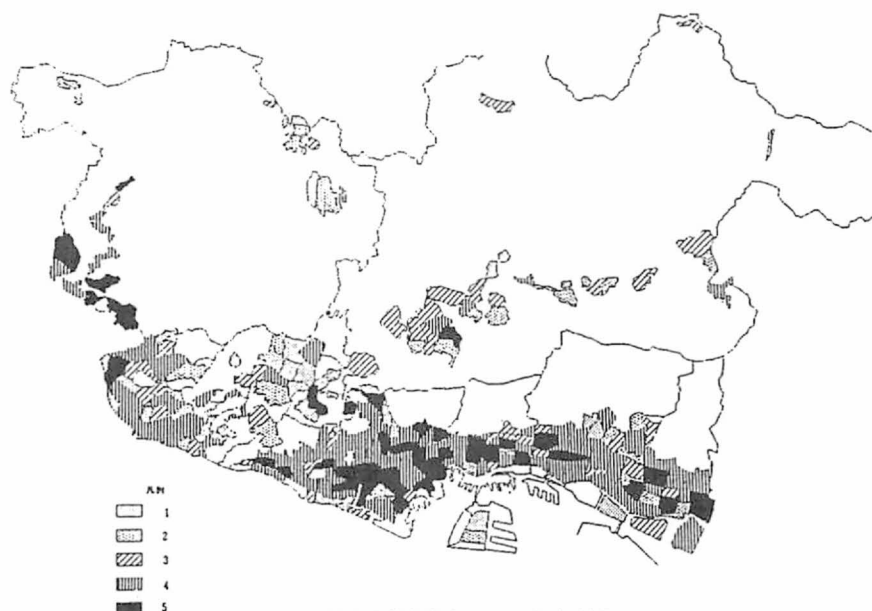


図4 総合火災指標値による評価結果の一例

困難、避難困難等を総合的に捉えられなければならない。そこで、図3のフローチャートに示す算定方法により、各地域の総合的な火災危険度を評価している。

その評価結果を、5段階表示した1例が図4である。総合火災指標値は、焼損面積およびその損害額を予測・評価するようにしている（さらに死傷者の損害として交通事故の損害補償を参考にして金額で評価することを試

みているが詳細は省略する）。

つぎに、出火指標値（平均）、延焼指標値（最小、平均、最大）および総合指標値（焼損面積、最小、平均、最大）の予測値と過去の実際の値を比較したものが表2である。出火指標値（出火件数）および延焼指標値（焼損面積）は、各年で増減している。ここでは延焼指標値（焼損面積）の平均値に対して、最小値と最大値を予測する手法を使っているが、数式等は割愛した。表2によると、出火指標値（出火件数）は過去の値との比が0.998とよく一致している。延焼指標値においても平均値で0.991、最小値で0.715、最大値で1.267とよく一致し、予測値は過去の平均値に対して約30%の上下の幅で予測している。

表2 各火災指標の予測値と過去の値の比較

区分	予測値	過去の値 (昭和49年 ～昭和58年)	予測 ÷ 過去
出火指標 (出火件数、件/10年)	4386.4	4395	0.998
延焼指標 (※小火の火災1件当たりの 焼損面積、mf/件)	平均 133.6 最小 96.4 最大 170.8	134.8	0.991 0.715 1.267
総合火災指標 (※小火の火災の焼損面積の 合計、mf/10年)	平均 145,361 最小 81,628 最大 230,932	137,344	1.058 0.594 1.681

注) 対象地域は、神戸市独自の地区単位（サマリー）により、合計275地区である。

4. おわりに

以上に述べた手法は、分析した都市や比較的良好な地域において適用可能であるが、筆者らの経験によれば、日本の各都市におい

て適用してもそれほど違わないと考えている。ただし、各都市の詳細なデータが整備されておれば、または入手可能であれば、独自のデータにより（以上に述べた手法で）、火災危険度を求めることの方が当然よい。

今後とも都市の変貌や時代に応じた火災危険度を求め、防火の目標水準を高めていく必要があると思われるが、このためには人や産業の営み、社会、都市機能および火災現象等の変化を的確に把握し続ける必要があり、今後とも火災現象や人の動きに応じた精度の各種必要データの収集・蓄積が不可欠である。

参考文献

- 1) 近畿大学工学部、神戸市消防局：神戸市最適消防力調査報告書概要，1985.3
- 2) 保野健治郎ほか：ロジスティック曲線による建物火災の延焼速度式に関する基礎的研究，日本建築学会論文報告集No311，P 137～144，1982.1
- 3) 保野健治郎ほか：建物火災の延焼に関する基礎的研究，日本火災学会論文報告集，Vol.32，No 1，P 23～32，1982.6
- 4) 保野健治郎ほか：建物火災の放水による延焼阻止効果に関する基礎的研究，日本火災学会論文報告集，Vol.32，No2，P 57～65，1982.12
- 5) 保野健治郎ほか：定差図法による建物火災の延焼速度式（ロジスティック曲線）に関する基礎的研究，日本建築学会論文報告集No311，P 155～160，1983.3
- 6) 難波義郎ほか：DECISION THEORETIC APPROACH TO PLANNING OF ASEISMIC FIRE CISTERNNS（決定理論による耐震防火水槽計画），土木学会論文集No353/IV-2，

P 119～129，1985.1

- 7) 難波義郎ほか：A Study on Fire Spread Model of Wooden Buildings in Jpan（日本における木造家屋群の火災延焼モデルに関する研究），国際火災科学学会第1回シンポジウム論文集，P 881～890，1986
- 8) 難波義郎：火災の延焼機構とその都市防災施設および土地利用への適用に関する研究，京都大学学位論文，P 89～91，1983.12
- 9) 東京消防庁：地震時における市街地大火の延焼性状の解明と対策（報告書），P 2-154～P 2-155，1985.3
- 10) 保野健治郎：建物火災の延焼速度と所要消火水量に関する研究，日本火災学会論文集，P 55～63，1971.2

*