

IV-60

市街地建物火災における延焼速度の予測に関する基礎的研究

近畿大学工学部 正員 保野健治郎
 同上 正員 難波 義郎
 近畿大学大学院 学生員 西谷 忠彦
 日本上下水道設計 正員 松岡 秀男

1. はじめに

延焼速度を示すものとしては過去の大火の資料を基礎にした調査結果や速度式が種々提案されているが、浜田、堀内、室崎、藤田、東京消防庁、建設省総プロモデル、浸透モデル（橘、神、青木）、保野、保野・難波、糸井川等の式¹⁾がある。ここでは、延焼速度式に関する理論的な考察を行った。

2. 従来の研究について

関東大震災の調査結果をまとめた「東京消防庁研究会（今村明恒）」の資料および戦後の大火の資料を用いた川越による調査結果を、図1、図2に示す。いずれも各地の大火の際の記録により、出火点から風下へ向かって焼け止り点まで測った距離をその間の時間で除した平均速度（m/hr）を用い、なるべく付近の測候所などの観測値による風速（m/sec）との関係を示したものである。図からも明らかなように、風速が増加にしたがい延焼速度の2次曲線的に急激に増加する傾向が示されている。これらの結果は、ある程度大規模な火災に発展した時期以降のたいたいの延焼速度を推定するのに適した資料といえることができる。

堀内は、浜田の式を基にして、任意の時間（x）における各方向別の延焼距離は、式（1）で表わしている¹⁾。

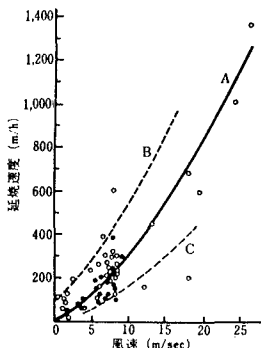


図1 大火災における木造市街地野風下への延焼速度と風速の関係

$$\text{風下側 } K = (a/2 + d) + (x - T_0) \times (1/T_1) \times (a + d) \quad (1)$$

ただし、 $x \leq T_0$ のときは $K = (a/2 + d) \times x / T_0$

$$\text{風上側 } K' = (a/2 + d) + (x - T') \times (1/T'') \times (a + d)$$

ただし、 $x \leq T'$ のときは $K' = (a/2 + d) \times x / T'$

$$\text{風横側 } K'' = (a/2 + d) + (x - T'') \times (1/T''') \times (a + d)$$

ただし、 $x \leq T''$ のときは $K'' = (a/2 + d) \times x / T''$

ここに、 K, K', K'' : x分後における風下側、風上側および風横側の延焼距離（m）、 T_0, T_1, T', T'' : 浜田の式における t_0, t, t', t'' および堀内の式における $\tau_0, \tau, \tau', \tau''$ を用いて求められた木造と防火の木造の混在地域における着火時間（min）。風下側の延焼速度 $V(\text{m/hr})$ は、式(1)から、 $V(x) = K/60$ となる。

3. 本研究について

焼損面積（A：m²）と建築面積（G：m²）および時間（x：min）との関係は、 λ を比例定数とし

$$dA/dx = \lambda (G - A) \cdot A \quad (2)$$

と表示し、この式を積分して、 $\lambda \cdot G = a_1$ とおき、焼け止りの時間 x_3 （min）とすれば、（ $x=0$ のとき $A=0$ ）および（ $x=x_3$ のとき $A=G$ ）となるように境界条件を満足させたものが式(3)である。

$$A = \frac{G + n \cdot \varepsilon}{1 + \exp\{-a_1 \cdot (x - c_1)\}} - \frac{G + n \cdot \varepsilon}{1 + \exp(a_1 \cdot c_1)} \quad (3)$$

$$\varepsilon = G / (1 + \exp(a_1 \cdot c_1)) \quad (3-a)$$

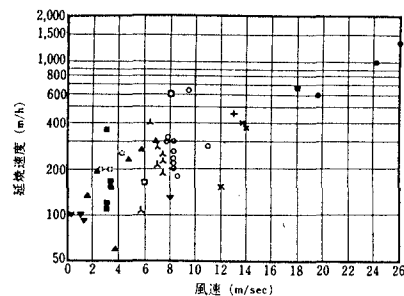


図2 大火災時の木造密集市街地の風下への延焼速度と風速

ここに、 A ：焼損面積(m^2)、 x ：出火からの経過時間(min)、 G ：1棟の建築面積(あるいは延焼危険のある建築群の建築面積 [m^2])、ただし、 $A \leq G$ 、 n ：修正係数($1 \leq n < 3$ として使用する。一般には $1.3 < n < 2$ 程度)、 a_1 および c_1 ：定数。

このように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木造系建物の延焼速度式は、一般的にS字状の曲線となり、式(3-a)等を式(3)に代入したもので表われる。式(3)を図示したものが図3である。

$$A(c_1) = \frac{G + n \cdot \varepsilon}{2} - \frac{G + n \cdot \varepsilon}{1 + \exp(a_1 \cdot c_1)} \quad (4)$$

$\varepsilon = (G + n \cdot \varepsilon) / (1 + \exp(a_1 \cdot c_1))$ 、 $n \div 1.3$ となる。一般に $G \gg n \cdot \varepsilon$ 、 $G \gg (G + \varepsilon) / (1 + \exp(a_1 c_1))$ であるから

$$A(c_1) \div G/2 \quad (5)$$

である。一方、式(2)は、

$$dA/dx = \lambda G A - A^2 \quad (6)$$

であるから、図4のようになり、 $A = G/2$ の時

$$dA/dx = \lambda(G - G/2)G/2 = \lambda G^2/4 = a_1 G/4, \quad (\because a_1 = \lambda G) \quad (7)$$

は最大となることがわかる。

したがって、延焼する建物の品質（火災荷重： kg/m^2 ）がほぼ均等であり、風速（ v ： m/s ）が延焼中ほぼ一定で変化しないものとすれば、式(2)、式(3)および図3は、 $x = c_1$ において、最大の延焼面積速度（ dA/dx ）および最大の延焼速度（ V ： m/hr ）を示すことになる。

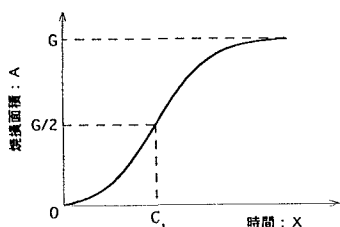


図3 焼損面積Aと時間xの関係

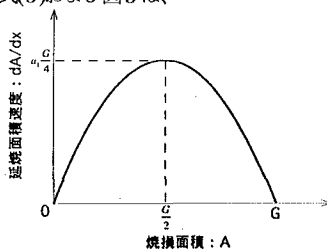


図4 図3における焼損面積Aと延焼面積速度 dA/dx の関係

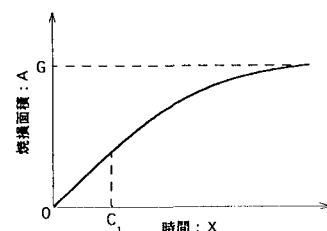


図6 焼損面積Aと時間xの関係

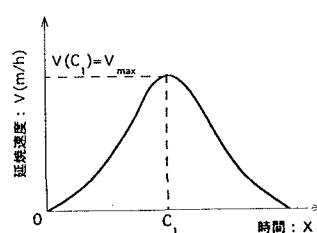


図5 図3における時間xと延焼速度Vの関係

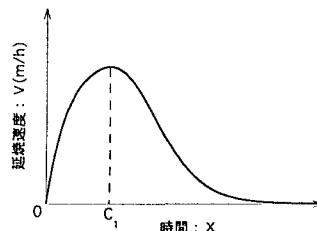


図7 図6における時間xと延焼速度Vの関係

$$\left(\frac{dA}{dx}\right)_{x=c_1} = \lambda \frac{G^2}{4} = \left(\frac{dA}{dx}\right)_{\max}, \quad V(c_1) = V_{\max} \quad (8)$$

これを図示すれば、図5のようになる。また、図3において、 $c_1 \rightarrow 0$ となるような図6の場合は、延焼速度(v)は図7のようになる。図3および図5は酒田の大火、兵庫県南部地震の建物火災など、図6および図7は兵庫県南部地震の建物火災などにも現われている。

このように、延焼速度(V ： m/hr)は、図5のように時間(x)、風速(v)、 $(G - A)(A)$ とともに変化するものであり、図1のように風速(v)のみで変化するものではない。従来から図1のように図示していたのは、風速(v)の影響を検討したからであろう。

4. 結論

1) 延焼速度(V)は図5に示すように時間(x)、風速(v)、および $(G - A)A$ (G ：建築面積、 A ：焼損面積)とともに変化する。

2) 延焼速度(V ： m/hr)は建物の品質（火災荷重： kg/m^2 ）がほぼ均等で風速(v ： m/sec)が延焼中ほぼ一定であれば、 $x = c_1$ （変曲点）の近くで、最大の延焼速度(dA/dx)および最大の延焼速度(V ： m/hr)を示す。

3) $x = c_1$ （変曲点）における延焼面積速度(dA/dx)は $(dA/dx)_{x=c_1} = \lambda G^2/4$ となる。

参考文献 1) 堀内三郎ほか：新版建築防火、朝倉書店、P183、1994

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No.311、P137～143、1982