

避難場所の火災リスク評価に関するシステム論的研究

SYSTEMS APPROACH TO RISK ASSESSMENT OF FIRE SPREADING
AT EVACUATION SITES

木俣 昇*・二神 透**

By Noboru KIMATA and Toru FUTAGAMI

It is said that some evacuation places in urban areas are threatened by fire spreading. In this paper, first four systems (1, 2, 3, and 4) are drawn up as alternatives of the risk assessment system based on several fundamental models. Then, a verification test of them is done using two experimental criteria, and System 2 and 4 are selected as promising ones. Next, comparative simulation analyses are done and the following is shown :

- i) System 2 places a greater estimate on risk than does System 4.
- ii) System 2 is sensitive to "velocity of wind", while System 4 is sensitive to "size of fire".

Finally, application studies are carried out and the zone of about 50 or 70 m from flare is assessed to be at danger in the case by either system.

Keywords : risk assessment, system analysis, evacuation, fire spreading

1. ま え が き

都市火災は、木造市街地を数多く有するわが国では、最も危険な災害の1つである。特に、地震時や強風時には、多大な人命の損失をも引き起こす可能性のある災害といえよう。その対策として、各自治体では都市の耐火構造化に努めているが、その進行には限度がある。避難計画はこの耐火化策の遅れを補完する役割をもつ。しかし、その中核をなす避難場所は、多くは市街地のグラウンドなどが避難計画人数に見合う形で指定されているのが現状である。

当然、その中には木造建物と隣接している場所もある。したがって、その火災延焼に伴うリスクを十分に評価しておくことが、避難計画、特に避難場所の指定に関しては必須の条件となる。火災延焼に伴うリスクに関しては未解明な問題も多く、しかも、その評価が人命に直接影響することを考えれば、慎重な取扱いが必要となる。そこで、本論文では、都市火災からの熱リスクの評価に目的を限定し、計画支援情報システム論的アプローチを試みた。

すなわち、避難が必要となるほどの大火では、火災は、建物の上方に立ち上がる山形の炎が多数林立する形状となるとされる。このような火災が、伸長しつつ避難場所へと押し寄せ、やがて近接する。このとき、避難場所は最大の火災熱リスクを受けることになる。火災熱リスクの評価は、山形の炎が多数林立する火面を矩形で近似できるとすれば、この輻射面からの受熱量算定がその基礎となる。

この算定には、形態係数を用いたモデル理論式が得られている^{1),2)}。また、人体の5分以上の受熱限度は、2050 kcal/m²hと推定されている³⁾。しかし、この式を都市火災に適用するためには、矩形面を決定するための火災の長さ L 、火災幅 B 、および火災の傾き α を、都市火災に合致する形で設定する必要がある。これらに関しては、P. H. Thomasの火災実験⁴⁾、浜田の火災実験⁵⁾、あるいは延焼シミュレーション^{6),7)}などが利用できる。これらを組み合わせ利用するとすれば、いくつかの輻射受熱量算定システムの代替案が考えられる。本論文では、まず、これらの基本データ群をもとに、代替案システムを作成し、それらの代替案を、輻射受熱量計測のある2つの火災実験結果⁸⁾と比較し、適合性を有する代替案システムを選定する。次に、このようにして抽出された代替案について、システム挙動特性の分析と、実験計画法

* 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部基礎工学教室
(〒920 金沢市小立野 2-40-20)

** 学生会員 工修 金沢大学大学院博士課程(同上)

によるシステム規定要因分析を行い、それらの避難場所の火災熱リスク評価システムとしての基本特性を明らかにする。そして、最後に、それらの分析結果を踏まえた適用実験を行い、避難場所の指定に関する若干の提言を試みる。

2. 火災熱リスク評価システムの代替案

(1) 輻射受熱量算定システムの基本構造

都市火災は、山形の炎が多数林立する形状を呈するとされる。火災の同時炎上奥行を D (m) として、この火面を矩形で近似すれば、都市火災は、図-1のようにモデル化される。ここで、 α は火災の傾き、 L は火災の長さ (m)、 H は火災の高さ (m)、 B は火災幅 (m) である。また、 W は風速 (m/s) である。

図-1に示すような、傾き α の矩形の輻射面 ($L \times B$) に対して、風下側の距離 Z (m) にある地点の地表面での受熱量 $E(Z)$ は、次式で求められる：

$$E(Z) = R \cdot e \cdot F(L, \alpha, B, Z) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 R ：輻射能 (kcal/m²h)、 e ：輝面率 (完全黒体 $e=1$)、 F ：形態係数である。この F の関数形が、輻射面が矩形の場合には、arctan を用いた形で、次のように求められている^{1),2)}。

$$F = 2 \{ f(X, Y_0, Z') - f(X, Y_1, Z') \} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

$$f(X, Y_0, Z') = (k_1 \sin \alpha - k_2 \cos \alpha) \pi / 2$$

$$k_1 = \frac{Y_i}{\sqrt{Y_i^2 + Z'^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{Y_i^2 + Z'^2}} + \frac{X}{\sqrt{X^2 + Z'^2}} \tan^{-1} \frac{Y_i}{\sqrt{X^2 + Z'^2}}$$

$$k_2 = \frac{Z'}{\sqrt{Y_i^2 + Z'^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{Y_i^2 + Z'^2}} - \tan^{-1} \frac{X}{Z'}$$

$$Z' = Z \sin \alpha, \quad Y_0 = Z \cos \alpha,$$

$$Y_1 = Y_0 - L, \quad X = B/2$$

問題は、都市火災において、この算定システムの基本パラメーターである火災の長さ L 、火災幅 B 、および火災の傾き α をどのように設定するかである。この図では、風速 W 、同時炎上奥行 D が少なくとも影響するとしているが、他の要因も影響する。次項では、これら

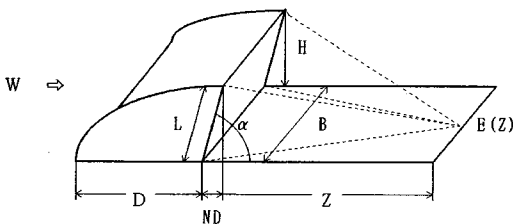


図-1 都市火災のモデル化

の設定の基礎となるモデルについて説明する。

(2) パラメーターの設定モデル

まず、図-1の火災幅 B や同時炎上奥行 D は、都市火災の延焼状況によって定まる。それは、当然、火災発生の気象条件や当該都市の建物構成によって異なる。これについては、著者らは火災延焼シミュレーション・システムを作成し、2つの実火災に対してその再現性の検証を試み、一応の成果を得ている^{6),7)}。 B, D については、このシステムで想定できる。これらに対する要求精度については、4.の規定要因分析の項で考察する。

次に、火災の長さ L と火災の傾き α については、ここでは2つのモデルを考える。

1つは、P.H. Thomas の風洞におけるクリブの燃焼実験に基づく式である。彼は、火災の長さ L と火災の高さ H について、風速 W (m/s) と同時炎上奥行 D (m) を変量とする次のような式を提案している⁴⁾：

$$L = 70 \cdot D (mf / g \rho^2 D)^{0.43} (W^2 / g D)^{-0.11} \dots\dots\dots (3)$$

$$H = 56 \cdot D (mf^2 / \rho W) (W^2 / g D)^{0.13} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 g ：重力加速度、 ρ ：気体密度、 mf ：重量燃焼速度である。 mf は燃える対象物によって異なる。これについては、後述する。

その2は、浜田の火災の傾き α に関する実験式である。火災の傾き α については、風速 W のみをパラメーターとする推定式²⁾もあるが、浜田は、家屋模型の燃焼実験に基づき、 W と D をパラメーターとする次のような実験式を提案している⁵⁾：

$$\tan \alpha_1 = 4 \cdot D / W^2 \dots\dots\dots (5)$$

以上を基本データ群として、次項では、火災熱リスク評価システムの代替案について考察する。

(3) 火災熱リスク評価システムの代替案

受熱量算定の基本パラメーターは、前述したように L, α, B である。これらを上述の基本データ群から想定することを考える。

まず、火災幅 B については、上述したようにシミュレーションによる想定案が考えられる。次に、火災の長さ L については、P.H. Thomas の式 (3) による想定がまず考えられる。一方、火災の傾き α については、浜田の式 (5) の α_1 の使用のほか、P.H. Thomas の式 (3) と式 (4) を用いて、

$$\sin \alpha_2 = H / L \dots\dots\dots (6)$$

という関係より想定される α_2 を使用することも考えられる。

また、P.H. Thomas の式 (4) の火災の高さ H の方を重視して、火災の傾きは浜田の式 (5) の α_1 として、火災の長さ L を、

$$L' = H / \sin \alpha_1 \dots\dots\dots (7)$$

という関係式で想定することも可能である。

いま、火災幅 B を所与とした場合、上の説明よりわかるように、火災熱リスク評価システムとしては、その基本パラメーターを、

- I) 式 (3) の L と式 (5) の α_1 ,
- II) 同上の L と式 (6) の α_2 ,
- III) 式 (7) の L' と同上の α_2 ,

で設定する3種類の代替案システムが考えられることになる。さらに、「火災便覧」には、輻射面は垂直として、まず、その高さを P.H. Thomas の式 (4) の火災の高さ H で与え、次に、その位置を浜田の式 (5) の α_1 を使用して、修正距離 $ND = H / \tan \alpha_1$ だけ前面に存在するとして受熱量算定を行うシステム¹⁾が提案されている。そこで、本論文では、このシステムを含む表一に示す4つの代替案システムを取り上げ考察することにする。

3. 代替案システムの火災実験結果との対応性比較

(1) 火災実験の概要

われわれは、火災便覧のシステムを含め、4つの代替案システムが考えられるとした。本節では、これらのシステムが火災実験の観測結果に対して、どの程度の対応性を有するのかを検討する。

使用する火災実験は、文献8)における2つの火災実験である。その建物構成と配置図、および輻射受熱量の観測点を図一2に示す。火災実験(1)では、風速は3 m/s、北風時で、実験北側の3か所の集積木材に一齐に点火され、点火5分後に中心線上の40 m離れた観測点で、輻射受熱量3600 kcal/m²hが記録された。そのときの炎の傾き α は、45度と記録されている。

火災実験(2)では、風速6.5 m/sの北風であったが、途中で西へ17°偏向している。点火用オイルパンを用い、北側の3か所の集積木材に点火され、点火9分30秒後に中心線上の20 m離れた観測点で、最大の輻射受熱量8500 kcal/m²hが記録された。そのときの炎の傾き α は、40度と記録されている。

(2) 代替案システムによる算定結果の比較

火災の長さ L 、火災の傾き α 、の決定には、式(3)~(5)よりわかるように、同時炎上奥行 D が必要とな

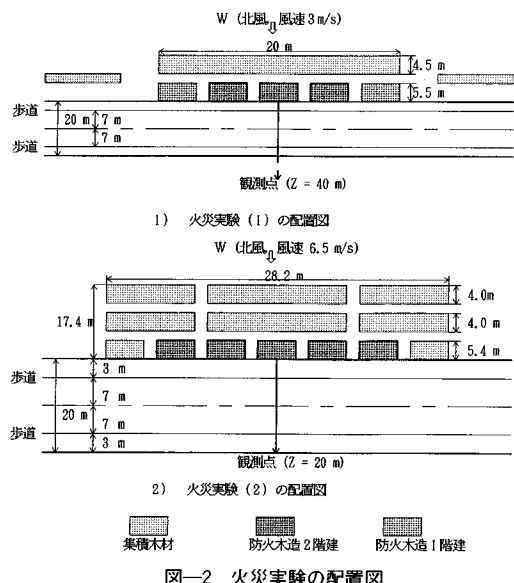
る。 L については、さらに重量燃焼速度 mf の推定が必要となる。市街地火災における mf (kg/m²・s) は、燃え落ち時間 TS (min)、建べい率 R_1 、火災荷重 MF 、平均建物階数 EF 、防火木造比率 RB をパラメーターとする式で推定される。それらは、 B 、 D を設定し、そのうちの建物構成を調べることにより算定される。

まず、火災幅 B については、実験の規模、配置図より明らかである。一方、同時炎上奥行 D についてはこれらの実験では明示されていない。そこで、図一2よりいくつか想定することにした。

具体的には、実験(1)では実験規模が小さく、建物と集積木材の位置関係の数値的なデータが未知である点と、集積木材は点火のための補助的役割であると考えられるため、 B については前面の5棟の建物幅を、 D については建物奥行を採用した。実験(2)では、実験の物理的規模が大きい点と、集積木材の可燃物の割合が高いため、 B については、前面の集積木材を含めた幅を想定し、 D のパターンとしては、次の2つの場合が考えられるとして想定した：

- ケース(1)：最大の物理的規模(3列までの奥行)
 - ケース(2)：中間的な物理規模(2列までの奥行)
- その結果が、表一2の B 、 D の欄である。残りのパラメーターは、これらの値で設定される領域を対象に算定したものである。

表一2のパラメーターを用いて、各代替案システムによる観測地点での受熱量の算定を行った。また、式(5)、(6)による火災の傾き α の算定も行った。その結果を表一3、表一4に示す。これより、まず、システム1、3は、実験(1)に関しては過小評価となり、火



表一1 代替案システム一覧

システム	パラメータ	火災の長さ L	火災の傾き α
システム1		P.H. Thomas	浜田
システム2		P.H. Thomas	$\sin^{-1}(H/L)$
システム3		$H / \sin \alpha_1$	浜田
システム4		火災便覧	

図一2 火災実験の配置図

表-2 パラメーターの設定

所ノケ	D(m)	B(m)	R _i (%)	RB	EF	MF
実験(1)	5.5	20.0	90.0	100.0	1.7	123
実験(2)	17.4	28.2	70.0	28.6	1.3	143
	11.4	〃	74.0	40.8	1.4	135

表-3 代替案システムによる算定結果

システム No.	実験(1)	実験(2)	
		ケース1	ケース2
システム1	3,177	13,109	12,905
システム2	3,831	11,219	11,159
システム3	2,665	12,866	12,559
システム4	6,068	19,291	19,362
観測データ	3,600	8,500 (Kcal/m ² h)	

表-4 火災の傾きの比較

モデル	実験(1)	実験(2)	
		ケース1	ケース2
浜田 P.H. Thomas	68°	59°	47°
	50°	39°	36°
観測データ	45°	40°	

災熱リスク評価システムとして採用するには危険であることがわかった。一方、システム2, 4は、ともに実験(1), 実験(2)のケース(1), (2)に対しても過小評価とはならないことが判明した。次に、火災の傾き α に関しては、式(6)の方が小さく、また、観測値に若干近いという結果になった。

この2つの実験は、大火時の避難場所の火災熱リスク評価システムを直接検証できるための火災規模、観測地点等の要件を備えているものではない。また、直接検証できる要件を備えた火災データも目下のところない。ここでの検証は、システムが満たさなければならない要件の1つの検証ということになる。そこで、次節では、システム2, 4を対象として、システムモデルの特性である操作性を活用し、それらの火災熱リスク評価システムとしての基本特性分析を試みる。

4. 代替案システムの基本特性分析

(1) システム挙動特性分析

2つの火災実験結果に対して安全側の評価結果を示すシステムとして、システム2と4が選定された。しかし、これらの実験では、3600や8500 kcal/m²hといった熱量の地点での話であった。避難場所の評価では、前述したように、人体の受熱限度2050 kcal/m²hといった熱量地点が問題となる。そこで、本項では、2つの代替案システムのこのような地点での挙動特性分析を行う。

ここでも、火災幅 B は所与とし、同時炎上奥行 D と

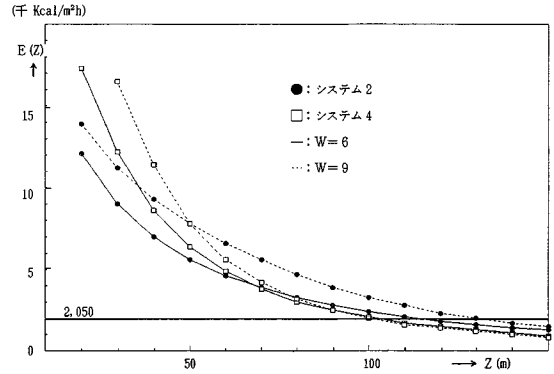


図-3 システムの挙動特性グラフ (D=40 m)

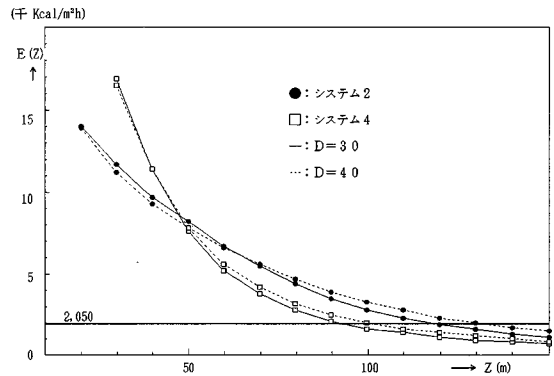


図-4 システムの挙動特性グラフ (W=9 m/s)

風速 W をパラメーターとして、 $E_i(Z|D, W)$ を算定する。ここで、 i はシステム番号である。具体的には $B=28.2$ mとし、 $D=30, 40$ m、 $W=3, 6, 9$ m/sとして、 Z を変化させ受熱量計算を行った。図-3、図-4に計算結果の一部を示す。

まず、図-3、図-4の両方で、火災面より近い距離では、システム4の方がシステム2より大きな受熱量を示し、遠距離では逆になることがわかる。また、図-3より、システム2では、常に風速が大きい場合の方が受熱量が大きくなるという関係が保たれているが、システム4では、その関係は近距離では成立するが、2050 kcal/m²hの地点では僅少ながら逆になることがわかる。一方、図-4より、いずれのシステムでも、遠距離では同時炎上奥行 D が大きいほど、すなわち火災規模が大きいほど受熱量が大きいという関係が成立するが、近距離ではこれが逆になるという特性があることがわかる。

避難場所の火災熱リスク評価では、上述してきたように、火災面よりの放射受熱量が2050 kcal/m²hとなる距離を求め、それだけの距離がとれるかどうかで議論となる。そこで、次に、 D, W をパラメーターとして、こ

の距離 $Z(D, W)$ の値を求め、特性比較を行った。図-5 がその結果である。この図より、

- 1) システム 2 の方が大きな距離を要求する。
- 2) システム 4 では、風速差ではなく同時炎上奥行差が距離差に反映される。
- 3) システム 2 では、風速差が距離差に反映される。同時炎上奥行差は風速が小さい場合には影響しないが、大きな場合には反映される。

ことがわかる。

(2) システム規定要因の分析

前項では、同時炎上奥行 D と、風速 W との関係で両代替案システムの挙動特性比較を行った。その他にもシステムの出力に影響する要因がある。本項では、実験計画法を用いて、これら代替案システムの規定要因の定量的分析を行う。

a) 要因と水準

まず、直接影響を及ぼす要因として、火炎幅 B 、同時炎上奥行 D 、平均建べい率 R_1 、風速 W 、重量燃焼速度 MF の 5 個を取り上げ、各要因に対して表-5 に示す水準を設定する。

火炎幅 B 、 D については、大火を想定していること、シミュレーションでの想定を考えていることより、メッシュの基本長 13 m の整数倍であることと、過去の大火のデータを考慮して設定した。平均建べい率は、60 % を中心に、 $\pm 20 %$ の 3 水準を想定した。風速については、10, 8, 6 (m/s) とし、重量燃焼速度については変動誤差として標準値 160 kg/m² を中心に、 $\pm 5 %$ で設定した。

b) 実験計画と分散分析結果

実験計画は、上述の要因を直交表 $L_{27}(3^5)$ を用いて割り付け、おのおの水準を変えた 13 個のケースの計算実施として作成した。特性値としては、人体への許容放射受熱量を 2050 kcal/m²h とし、受熱量がこの値となる距離 Z を採用した。そして、その値は、各代替案システムを用いて、 $|E(Z) - 2050| \leq 10$ となる Z を収束

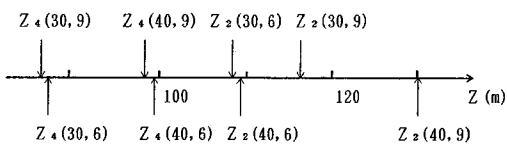


図-5 2050 kcal/m²h 地点での比較

表-5 要因とその水準値

要因	水準		
	1	2	3
B 火炎幅	3.9	5.2	6.5
D 同時炎上奥行	2.6	3.9	5.2
R ₁ 平均建べい率	40 %	60 %	80 %
W 風速	10	8	6
MF 重量燃焼速度	152	160	168

表-6 分散分析表 (システム 2)

要因	ss	df	ms	F	判定	ρ (%)
B	651.0	2	325.5	81.3	**	11.5
D	2776.1	2	1388.1	347.0	**	49.1
R ₁	373.3	2	186.7	46.7	**	6.7
W	1736.8	2	868.4	217.1	**	30.8
MF	105.4	2	52.7	13.2	**	1.9
e	63.4	16	4.0	—	—	0.0
T	5706.0	26	—	—	—	100.0

表-7 分散分析表 (システム 4)

要因	ss	df	ms	F	判定	ρ (%)
B	1213.0	2	615.5	171.0	**	29.8
D	1950.1	2	975.1	270.9	**	47.0
R ₁	423.0	2	211.5	58.8	**	10.2
W	404.9	2	202.5	56.3	**	9.8
MF	134.5	2	67.3	18.7	**	3.2
e	58.3	16	3.6	—	—	0.0
T	4183.8	26	—	—	—	100.0

計算で算出することによって求めることとした。

表-6 にシステム 2 の、表-7 にシステム 4 の分散分析表を示す。交互作用については、平均 2 乗値 (ms) が小さく有意差が認められなかったため、誤差にプーリングを行い、主効果のみについて検定を行った。これらの表より、

- ① 交互作用の影響はほとんどなく、各要因は互いに独立であり、要因の設定の妥当性が認められた。
- ② システムの第 1 規定要因は、いずれのシステムでも同時炎上奥行 D であり、その寄与率は 47% 以上となっている。
- ③ 第 2 要因は、システム 2 では風速 W で、その寄与率は 30.8% であるのに対して、システム 4 では火炎幅 B であり、その寄与率は 29.8% となり、両システムの特性に違いがあることがわかる。
- ④ 平均建べい率 R_1 は、7~10% 程度の寄与率をもち、いずれのシステムにおいても第 3 位の要因である。重量燃焼速度 MF は、2~3% の寄与率を占める程度の要因にすぎない。全要因は、棄却率 1% で有意である。

ということが判明した。

以上より、これらのシステムの使用に際しては、同時炎上奥行 D の精度に最も注意を払わなければならないこと、また、システム 2 では次には風速、システム 4 では火炎幅の精度に注意を払わなければならないことがわかった。

5. 適用事例と考察

(1) 火災熱リスク評価システムの構成

4.(2) のシステム規定要因の分析より、放射熱量の算定には、いずれのシステムにおいても、同時炎上奥行 D 、火炎幅 B 、風速 W が大きく影響してくることが判

明した。D, B は、都市構造、出火点の位置、風向、風速によって異なる。また、時間とともにダイナミックに変化する。著者らは、その表現手段として、これらの要素を考慮したメッシュ型の火災の延焼シミュレーション・システムの開発を行っている^{6),7)}。そこで、D, B の決定については、この火災延焼シミュレーション・システムを支援システムとする図-6 に示すような避難場所の火災熱リスク評価システムを提案する⁹⁾。

本システムの基本フローは、火災延焼シミュレーション・システムと、放射熱量算定システムを主要とするものである。前者は、避難場所周辺の火災延焼危険を想定するものであり、後者のパラメーターを決定する。後者の内容は、上で議論してきたシステム2、あるいはシステム4である。このシステムでは、もう一点遮蔽面の効果を考えているが、その内容は、システム2や4の計算方式と基本的には同じものである。すなわち、火災面に対して遮蔽面が存在する場合、それらの放射面に対する投影面からの受熱量 $E_n(Z)$ を算定し、その和を減じて

$$E_i(Z) = E(Z) - \sum_{n=1}^N E_n(Z) \dots \dots \dots (8)$$

とし受熱量を算定することになる。

(2) システムの適用事例

適用地域は、金沢市の避難場所に指定されている金沢大学工学部グラウンドである。この地域は、グラウンドの東部、南部に木造密集市街地を抱えている。さらに、この地域の卓越風は東風であり、この方面から火災が発生した場合には、避難場所周辺はかなりの大火となり、避難場所の火災熱リスク評価が必要となる。

まず、シミュレーションの基本単位となるメッシュ長を、平均住宅規模を13m四方として、これに合わせて13mとした。そして、この地域の航空写真に単位長13

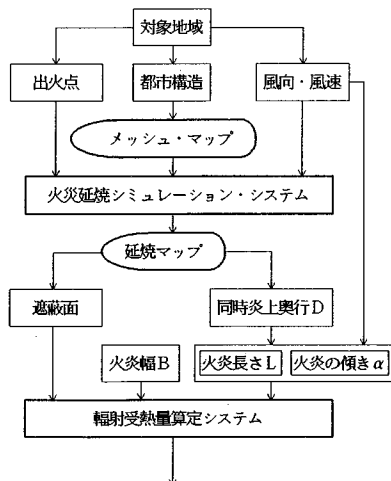


図-6 避難場所の火災熱リスク評価システム

m の (40×40) のメッシュを掛け、各メッシュ内の木造建物、防火木造建物、耐火造建物、道路・空地のデータをドットカウンター法により採取し、メッシュ・マップを作成した。

次に、シミュレーションは、風速を10 m/sとし、風向は卓越風である東風を設定し、単位時間を1分とし、出火点をグラウンドの風上側の2点として実行した。図-7 は、33分後の延焼マップである。上方の空白部分が工学部グラウンドである。また、“A” は可燃メッシュ、“B” は不燃メッシュ、空白は、道路・空地メッシュである。

濃い網掛けのあるメッシュは、同時炎上中のメッシュである。薄い網掛け部分は、延焼後鎮火したメッシュを示している。この図は、避難場所に火災が最接近し、火災熱リスクが最も高い状態のものである。そこで、図-7の延焼マップをもとに、図-8に示すような3つの矩形の火災面を想定し、それぞれに対して同時炎上奥行 D_j と火災幅 B_j を、メッシュ長×炎上メッシュ数によって設定した。そして、システム2とシステム4によって避難場所での放射受熱量を算定し、それが2050 kcal/

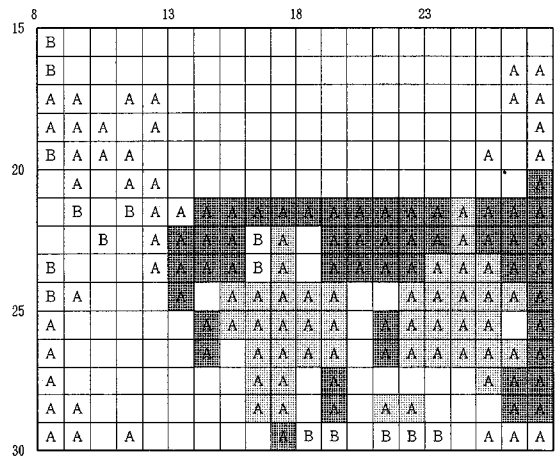


図-7 延焼マップ (出火後33分)

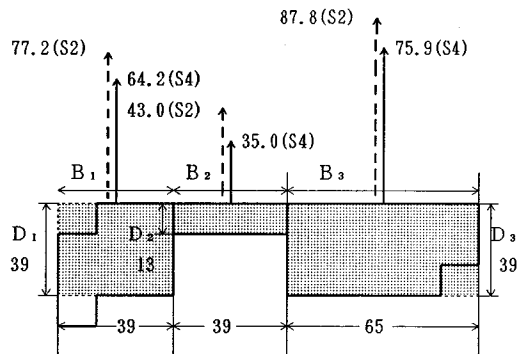


図-8 システムによる算定結果

m^2h となる距離 Z_i を求めた。図-8の実線がシステム2によるその値であり、破線がシステム4による値である。

システムの基本特性分析結果よりも推測されたように、システム2の方が大きな距離を要求し、システム4とでは、約10mの差がある。しかし、いずれのシステムを使用するにしても、グラウンド端より50~70m程度の位置でも、人体の受熱限度、 $2050 \text{ kcal}/m^2h$ 以上の輻射熱があり、危険となることがわかる。市街地のグラウンドでは、このような距離がとれるところは少ない。したがって、それらを避難場所として指定するとすれば、不燃建物や防火樹木による遮蔽物の配列に工夫する必要があるだろう。

6. あとがき

本論文では、避難場所の火災熱リスク評価を対象として、代替案システムを整理し、2つの火災実験との適合性比較の結果、まず、火災の長さ L を P.H. Thomas の式で、火災の傾き α を、Thomas の L と H を用いて逆算で設定するシステム2と、Thomas の H と浜田の α を用い、修正距離を使用する「火災便覧」のシステム4の2つの代替案システムを選定した。

そして、この2つのシステムの挙動特性とシステム規定要因の分析を行い、それらの火災熱リスク評価システムとしての基本特性を明らかにした。すなわち、

- 1) システム2は、システム4より大きな距離を、すなわち、リスクを過大評価する。
- 2) システム2は風速に、システム4は同時炎上奥行に、より敏感である。
- 3) システム2の使用に際しては、同時炎上奥行の精度に最も注意し、次に風速に注意する必要がある。
- 4) システム4の使用に際しては、同時炎上奥行の精度に最も注意し、次には火炎幅に注意する必要がある。

ことを定量的に示した。

また、これらの分析結果を受けて、同時炎上奥行、火炎幅を火災延焼シミュレーション・システムによって想定する評価システムの基本フローを示し、その適用を行った。そして、システム2あるいは4のいずれを使用するにしても、50~70m程度の距離の地点でも、人体の受熱限度である $2050 \text{ kcal}/m^2h$ 以上となることを示

した。市街地のほとんどのグラウンドでは、このような余裕距離をとることは困難であり、グラウンドを避難場所として指定することにはリスクが伴うことを指摘した。

本研究では、対象とした代替案群にも、使用した火災データ群にも制約があり、今後これらの面での充実化がさらに必要になる。前者については、システムの方法を採用しているため、同様の手続きで充実化が可能であり、専門家のご教示をお願いしたい。後者については、本研究では計画支援情報システムとしての特性分析によってその補完を行ったが、データの充実化が望まれる。この面でのご教示もお願いしたいと考えている。

最後に、防災計画に情報システムを使用する場合のリスクに触れておきたい。たとえば、安全側をとることになれば、今回の場合システム2が使用されることになるが、その場合には、市内の避難場所は相対的に少なくなり、市民には郊外の遠隔の地に避難しなければならないというリスクが新たに発生することになることに注意しなければならない。すなわち、できるだけ総合的な視野でリスクを考察することが要求される。その意味では、代替案の追加や、検証のためのデータの充実化に加えて、不燃建物や防火樹木による遮蔽面の工夫といった対策面の研究や、火災旋風や飛び火という他のリスクの評価研究等との総合化も今後の大きな課題であるといえよう。

参考文献

- 1) 日本火災学会編：火災便覧、共立出版、1984。
- 2) 岩河信文：都市における樹木の防火機能に関する研究、建築研究報告、No.105、1984。
- 3) 長谷見雄二・重川希志依：火災時における人間の耐放射限界について、日本火災学会論文集、31、pp.7~14、1983。
- 4) 同上1)、p.152。
- 5) 同上1)、p.150。
- 6) 木俣 昇：大震時避難計画のための火災延焼シミュレーション・システムに関する研究、土木計画学・研究論文集、2、pp.125~132、1985。
- 7) 木俣 昇：大震時避難計画のためのメッシュ型火災延焼シミュレーション・システムに関する検証、JORSJ、30-1、1987。
- 8) 松川 渉：大震時における路上自動車群の延焼について(2)、火災、31、pp.11~18、1981。
- 9) 木俣 昇・二神 透：火災延焼シミュレーションモデルによる避難場所の有効面積算定システムに関する基礎的研究、金大工学部紀要、19-2、pp.52~62、1986。

(1989.1.14・受付)