

延焼と避難のシミュレーションによる地区の災害特性の把握

矢代嘉郎

今尾泰二
(計算センター)山内光治
(計算センター)

§ 1. はじめに

本報は、都市防災計画を具体化するに当って、地域・地区の市街地の性格に適合した防災計画とすることが重要と考え、市街地の地区レベルの災害特性を把握する手法として、延焼と避難のシミュレーションプログラムを提案するものである。

現状の都市は関東大震災当時に比べ、過密状況の拡大や、都市交通・エネルギー供給等の都市機能施設の発達や、大規模複雑化した建築の出現等から、大地震による災害の大規模化の恐れがあり、都市防災計画とその施策が社会的問題となっている。こうした中で、都市における住宅団地等の再開発でも、地域・地区の防災からの検討を加えた計画が必要とされてきている。現在の防災計画が、都市全域を対象とする都市防災と、建築内に限られる建築防災を主としていることに対し、日常生活圏程度の範囲を対象とした防災計画は未だないのが実情である。その日常生活圏、あるいは1避難地域内を対象とする地区防災では、市街地の道路や施設等の状況や生活行動が防災に密接に関係があると考えられる。しかし、現状は地域・地区の状況に即した防災計画となっていないため、避難計画に各地区間の整合性がとれていないことや、都市防災の施策の果す役割りが把握されていない等の問題がある。また、日常的建設活動を防災に役立てることができず、都市防災計画の施策が具体化し難いという問題がある。

こうした実状に対し地区防災計画では、日常の生活と非常時の災害状況との間の対応をつけることが重要であり、次の検討が必要と考える。第一には、まず、日常の建設活動の集積である地域・地区における市街地の防災上の性格(災害特性)を把握することである。第二には、人の行動の面からみると、災害の拡大に関わるダイナミックな性格把握が必要である。そして第三に、これらの地区の特性から、防災計画上の課題を抽出し計画方針を策定することである。こうした地域・地区の実状にあっ

た避難計画等の防災計画をたて、地区の防災上の機能を定め、日常的開発を防災に位置づけていく考え方が必要であろう。

交通施設利用による都市生活領域の拡大等、都市空間と人の対応が質的に変革している現在、大地震に伴う災害としては、都市機能の障害の連鎖拡大により、過去の災害と異なる様相を呈する可能性がある¹⁾。しかし、都市中心部に残る木造密集地や、昭和51年の酒田大火を見ても、関東大震災のような同時多発型の大火は依然として今日の課題であろう。つまり、地域・地区の防災計画では市街地の構成の、地震大火における災害特性を把握し、地域の特性から、防災計画の方針をたてることが当面の課題である。

本報は、以上の考え方にに基づき、地域・地区の市街地の形状や用途などによる大震災におけるダイナミックな災害特性を把握することを目的とし、その手法として延焼と避難のシミュレーションプログラムを紹介するものである。そして後段では、その適用事例から災害時の地区の状況と、市街地の構成との関わりの一般的傾向を把握するケーススタディとして、一例を示したものである。

§ 2. プログラム開発目標

シミュレーションは、災害に関わる各種の要素が計画対象地の各点で異なる場合の災害状況の想定には有用である。しかし、災害ではシミュレーションモデルの妥当性の検証ができ難いことから、計画段階においては、安全性を評価する使い方でなく、大よその傾向を把握し計画方針策定に利用するという使い方をすべきであろう。したがって、地域の延焼、避難シミュレーションも、適用対象の範囲や目的によりモデルも異なる。既存の研究、開発によるシミュレーションとしては、①広域の延焼、避難をマクロに扱う250ないし500mメッシュの

もの²⁾、②家屋の大きさ程度のメッシュで延焼、避難を扱うもので、ダイナミックな特性を入れた都市防災計画としようとするもの³⁾、③焼け止まりのみを問題として延焼確率でシミュレーションするもの⁴⁾、以上の3種が提案されている。

本報の目的である地区のダイナミックな災害特性の把握という点からは、①は地区の生活に関わり合う施設等の実態の影響が出ず、②はインプットデータが細かく、1避難地域程度の範囲の場合データ作成が容易でない、③は経時的な性状が扱えられない、という問題がある。そこで、市街地再開発計画に当て地区の災害特性を把握、防災についての計画の条件設定に適用できるものとして、次の要件をプログラム開発および適用の考え方とした。

④地震火災の状況は一般的に、「(倒壊)出火」「延焼」「避難」「避難地滞留」の4段階に分けられている。このうち、市街地の構成(道路、建物、地形、用途等)に関わるものは延焼と避難であるため、この2状況のシミュレーションとする。

⑤適用対象地域は、一つの避難地の受け持つ地域とその周辺を含む約4km四方とする。空地や道路や大規模な施設等、地区を特徴づけるものによる防災効果を見る。基本的には1/2500の地図から、対象地の状況をデータ化できるものとする。

⑥災害特性とは、地区の市街地の構成や建物や地形による延焼状況と避難状況に示す影響とする。すなわち、地区ごとの延焼速度、延焼拡大性と避難滞留時間、避難路の利用状況でみるものとする。

⑦出火点は、出火率として地域ごとの大よその傾向はつかめているものの、位置は不確定である。そのため、延焼と避難についても、地域・地区ごとの傾向として扱っておくことが必要である。地区の災害特性としては、延焼拡大性の面から対象地をゾーニングし、市街地の状況と、そのゾーニングとその災害特性との関わりを把握することとする。

⑧市街地再開発や地区防災に当て、これらの生活圏相互の災害特性から計画条件を設定するものとする。

§ 3. 延焼・避難の扱え方

3.1 延焼の性状

延焼は、火炎が建物に接する場合、火炎からの輻射熱による場合、火の粉による場合、そしてこれらの複合により起る場合がある。これらに関わる要素には図-1のごとく、風や雨という自然的要素、可燃物としての建物と空地や不燃建築という空間的要素、そして消火活動という人為的要素があげられる。ここで防災対策としては「火災抑制の要因」になる街路等の空地や不燃建築や緑地等の空間的要素により、延焼の拡大を防止するか、または避難に支障のないようにすることである。

延焼性状は、昭和10年、20年代の都市大火事例から、図-1の主要要素を使って、延焼速度と飛び越し限界距離を経験則としてまとめたのが浜田の延焼速度式⁵⁾であり、現在の都市大火対策の基本式とされている。都市の様相が変わった現在に対する適用可能性の問題がある⁶⁾。しかし、大火の経時的特性は解明されていないので、まず浜田の延焼速度式をシミュレーションの原式とし、計画への適用可能性をみることにした。

注) 昭和51年10月酒田火災においては、計算値は実態に対して、風速の変化に伴う延焼速度の変化の傾向は合うが、値は約3倍となる。

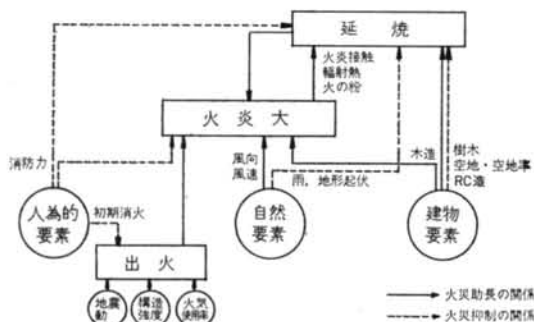


図-1 延焼の要素関連図

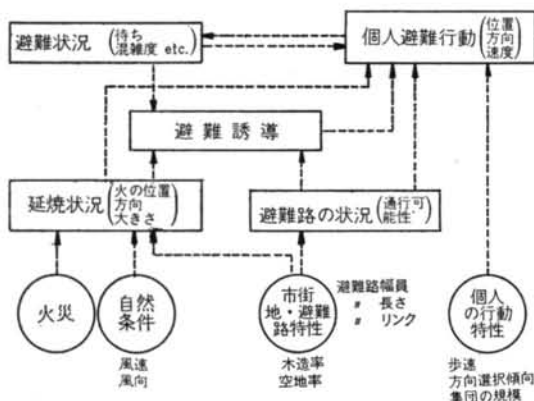


図-2 避難行動の要素関連図

延焼性状：

火面形……風下側に長い卵形をなす。

延焼速度式

$$\text{風下 } Vf = n \times Kf \times \frac{t+14}{t+25} \quad \dots\dots(1)$$

$$Kf = \frac{1.6(a+d)(1+0.1m+0.007m^2)}{3 + \frac{8}{3}a + \frac{13.91d}{10+m}}$$

$$n = (\alpha + \beta)(1 - \gamma) / (\alpha + \beta / 0.6)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1$$

$$\text{風側 } Vs = n \times \frac{(a+d)(1+0.005m^2)}{3 + \frac{8}{3}a + \frac{27.83d}{20+m}} \quad \dots\dots(2)$$

$$\text{風上 } Va = n \times \frac{(a+d)(1+0.002m^2)}{3 + \frac{8}{3}a + \frac{34.78d}{25+m}} \quad \dots\dots(3)$$

- a : 延焼方向の家屋長 (m)
- d : 延焼方向の隣棟間隔(m)
- w : 風速(m/sec)
- n : 延焼速度比
- α : 木造家屋率
- β : 防火造家屋率
- γ : 耐火造家屋率
- m : 建蔽率

経過時間(分)	風 下 Df (m)	風 側 Ds (m)	風 上 Da (m)
0 ~ 10	$Df_1 = 1.15(5 + 0.5w)$	$Ds = 1.15(5 + 0.25w)$	$Da = 1.15(5 + 0.2w)$
11 ~ 30	$Df_2 = 1.5Df_1$		
31 ~ 60	$Df_3 = 3.0Df_1$		
61 ~	$Df_4 = 5.0Df_1$		

表-1 延焼限界距離 (浜田^{5),6)}

3.2 避難行動の性状

避難は大きく分けて、個人の意志決定で動く自由避難と、避難指令や誘導に従う誘導避難に分けられる。基本となるのは前者である。避難行動の要素の関連は、図-2のように想定される。すなわち、危険要因である火災の状況、避難路等の空間特性、避難速度等の個人の行動特性、そして避難者個々の行動の集積としての避難状況により避難行動が決る。誘導避難の場合は、これらの避難者がグループになって同一行動をとるものとみなされる。パニックは、避難中に火災からの危険がせまったり、選択的行動のできないまま長時間滞留する状況を呈する場合、何らかのきっかけで発生すると考えられる。こうした状況にならないよう、避難路の整備や避難誘導等が避難計画上の主な課題となる。

これらの要素が関わる避難行動は、ある時点の現在地と避難速度と避難方向により表わせる¹⁾。現在地は対象地の表わし方により決る。避難速度については個人の行動特性としての歩速と、空間特性としての流動係数と、現在地の避難状況としての避難者密度から、戸川の式が実用式として一般に使われている。ただし、逆流や異方

向の合流については今後の課題である。

$$U = N/\rho \quad \dots\dots(4)$$

- 平常時、平面で $N=1.5$ U : 群集避難速度
- N : 流動係数(人/m・sec)
- ρ : 避難者密度(人/m²)

避難方向決定には以下の要素があげられるが、方向決定の論理は扱われていない。これらの要素に基づいた避難想定から計画することが必要であろう。

- 避難状況要素：道路の避難者密度
- 火災状況要素：火炎までの距離、火炎のスピード
- 空間特性：避難地までの距離、道路の整備状況
- 個人の避難行動特性：避難地までの習熟度
- 誘導：避難計画

§ 4. シミュレーションモデル

4.1 シミュレーションモデルの方式

シミュレーションモデルは、計画へのフィードバックの容易さと、計画内容に応じた各種のアウトプットを出

すことの容易さから、シミュレーション対象の系を具体的に表現できるトランザクション (transaction) を個々に追跡するシミュレータであるGPSSにより、延焼と避難の系をモデル化した。すなわち、火および人をトランザクションとして発生させ、シミュレーションを進める単位時間毎に制御条件に従ってトランザクションを動かす、それらの集積として、ある時点の延焼と避難の状況を表わすことになる。

4.2 延焼シミュレーション

4.2.1 対象地のモデル化

建物や空地や道路等を表わすため、メッシュモデルとした。その一辺の大きさは、対象地の大きさ、施設の大きさ等、地図からのデータ作りの容易さを勘案し、50mとした。データは式(1)~(3)の要素に対応して、建蔽率、メッシュ内建物構造種別比と、1メッシュ長より小さい空地や街路はその大きさをインプットする。

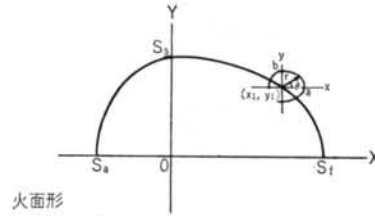
4.2.2 延焼速度式のモデル化

火面形は卵形になることと、3方向の延焼速度式を図-3のように2つの楕円形で近似し、火面の各点で微小火面をもち、この包絡線が Δt 後の火面形とするというモデル化により、任意の方向の延焼速度が求められる。ここでは、ある時点のシミュレーション単位時間内に進む3方向の延焼距離による微小楕円形を火面各点とも同形とし、任意の方向の延焼速度を求め、逐次原点を更新して面的にシミュレーションする方式とした。

空地は10m以上とし、その場合の飛び越し延焼は延焼限界距離式を図-4に示す関係に置きかえ、飛び越し時間とした。すなわち、焼け落ち時間以上は延焼しないと、その限界を1時間と仮定した。風下では最短時間(a)と最長時間(b)を空地距離に比例するものとし、風側・風下では空地距離に比例して飛び越し時間を求める方式を仮定した。なお、火の粉による延焼と、地形、樹木、雨、消火活動の影響は考慮していない。

4.2.3 プログラム構成

火をトランザクションとして、図-5のブロックチャートでシミュレートする。まず、出火点として地域ごとの出火率からメッシュにトランザクションを発生させ、隣接のメッシュが延焼済みかどうかを判定し、焼けていない場合は、空地かどうかにより延焼時間算定の方式を変え、延焼するメッシュにトランザクションを分離して、その時刻をストアする。空地で飛び越し時間が1時間以上かかる場合は焼け止まる。また、周辺が延焼済みの場合は、その方向への延焼はストップする。この操作を各出火点についてチェックし、さらに分離した各トラ



火面形

$$\begin{cases} \frac{X^2}{S_1^2} + \frac{Y^2}{S_2^2} = 1 & (X \geq 0) \\ \frac{X^2}{S_2^2} + \frac{Y^2}{S_1^2} = 1 & (X < 0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{X^2}{S_1^2} + \frac{Y^2}{S_2^2} = 1 & (X \geq 0) \\ \frac{X^2}{S_2^2} + \frac{Y^2}{S_1^2} = 1 & (X < 0) \end{cases}$$

$$S_1 = \int_0^{t_1} nk_i \frac{t+14}{t+25} dt$$

$$= nk_i \left(t_1 + 11 \ln \frac{25}{t_1 + 25} \right)$$

$$S_2 = nk_i t_1$$

$$S_3 = nk_i t_1$$

速度：ある時刻 t_1 の速度は、各点とも次の同一微小火面形をもつとした。

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 & (X \geq 0) \\ \begin{cases} a = v_x(t) \cdot \Delta t, & b = v_y \Delta t \\ y = \tan \theta \cdot x \end{cases} \end{cases}$$

t_1 における θ 方向の速度 $v_\theta(t)$ は、

$$v_\theta(t) = \frac{r}{\Delta t} = v_x(t) \cdot v_y \sqrt{\frac{1 + \tan^2 \theta}{v_x^2 + v_y^2 \tan^2 \theta}}$$

図-3 火面形の楕円モデル

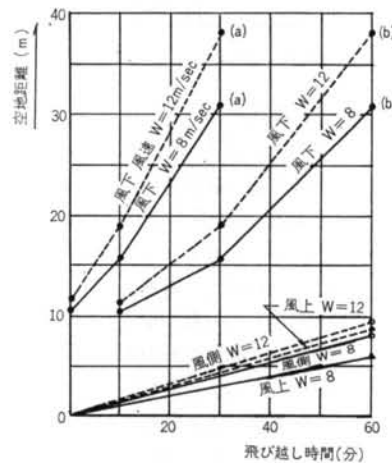


図-4 空地飛び越し延焼時間

ンザクションについて同様に繰り返す。

インプットはFORTRANにより汎用化し、次のデータをインプットする。

- ・各メッシュの空間特性データ (4.2.1 参照)
- ・時刻別風向・風速
- ・地域・地区の出火率

アウトプットは各メッシュ延焼時刻データをFORTRANにリンクさせ、図-6のように図形処理を行なっ

ている。等時線のアウトプットは、曲線間の間隔から焼け止まり効果が分り易い。

このプログラムにより、地域・地区の火災の拡がり方

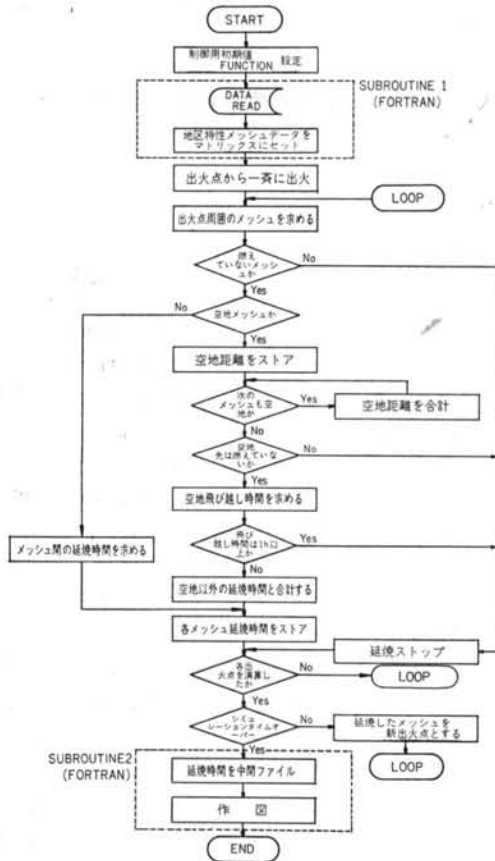


図-5 延焼シミュレーションブロックチャート

					267	251	252	213	173	141	175	141	153
		216	211	195	179	195	211	190	158	192	158	156	
		228	190	147	131	115	131	147	195	175	209	175	173
		244	203	164	121	74	58	74	121	169	192	226	192
	262	221	180	139	95	48	☆	48	95	143	192		
			99	52	20	52	99	146	194				
		228	187	146	103	71	39	71	103	150	197		
		230	189	118	83	57	83	118	150	193			
			129	100	74	100	129	162	195				
			114	88	114	143		207	240	283			
				102	120	157			252	285			
						171		293	267	297			
							185	220	272	284			
							269	228	199	234	275		
							271	242	213	248	289		
							265	256		262			

延焼時刻図：時刻別延焼状況が把握易い

から、空地・道路・不燃建築の延焼に及ぼす影響がみられる。なお、この延焼モデルは延焼の機構を把えたものでない経験則をベースにしていること、現状の都市での検証をしていないこと、そして主要要素による延焼性状の傾向は現状でも合うことから、あくまで地域・地区の延焼の傾向を把握する使い方と、危険性を地区相互に比較する使い方に留まる。

4.3 避難

4.3.1 対象地のモデル化

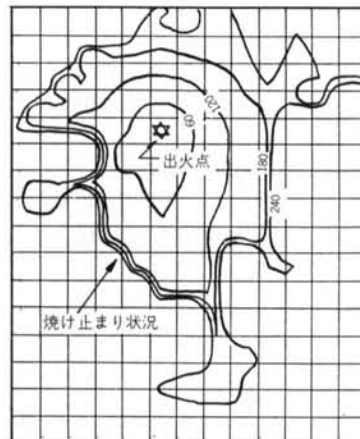
避難路が限定される広域避難では、ノードとリンクで表わすグラフモデルと、面的な拡がりを持たせる方式(例えばメッシュモデル)がある。GPSSは後者である。したがって、ここでは道路の交差点と交差点間道路を各々の大きさを持つ空間単位として避難路網を表わした。ただし、交差点間が長い場合は地区の特性の及ぼす影響が1単位内で異なる場合があるので、分割する必要がある。

各空間単位のデータとして、各々のリンク先、道路幅、道路長さ、勾配をインプットする。

4.3.2 避難行動のモデル化

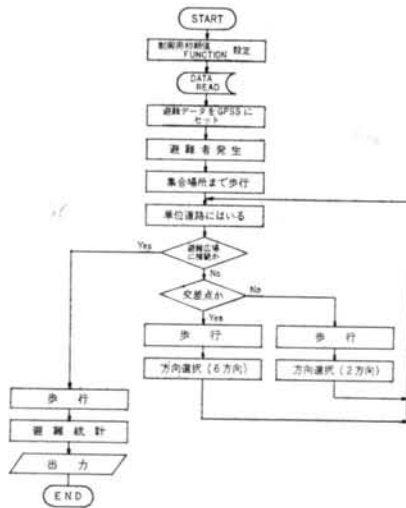
家族や教世帯ごとまとまった集団避難を想定し、避難者は10~30人を1トランザクションとし、状況に応じて個々に分離して個別の行動をとるものとした。避難方式は、避難地近辺は自由避難とし、他は一次避難所までは自由避難で、その後は指定避難路を通るという経路とした。行動決定の諸要素(3.2)は、下記の要素のみとし、火災からの安全距離等の要素はモデルに含めていない。

- ・歩行速度：群集歩速式(4)式。流動係数は荷物運搬を考え、事務所等の場合の3/4とし、 $N=4050人/m \cdot h$



延焼等時線：焼け止まり効果が分り易い

図-6 延焼シミュレーション・アウトプット例



図一七 避難シミュレーションブロックチャート

標準とする。逆流も同歩速とする。

- ・合流 : 各方向とも同率とする(早く到着した方が先に移る)
- ・方向選択: 避難までの最短距離の経路を第一優先とし、満員の時は次の最短経路をとる。

4.3.3 プログラム構成

避難者を示すトランザクションを避難区分された地区ごとに、地区の大きさから時刻の範囲を決め、その間をランダムな時刻で一次避難所に発生させる。そして、現時点の各空間単位の避難状況の統計を引き出し、方向選択と歩行速度を決め、空間単位間を動かす。個々のトランザクションの示すこの行動の集積で、ある時点の避難状況が示される。

インプットはFORTRANにより次のデータを入力する。

- ・避難者 : 各地区ごとの避難者数, 1つの避難集団の人数。
- ・避難路等: 避難路の区分と, リンク状況, 各避難路の幅員, 長さ。
- ・制御方式: 避難者発生方式, 自由避難の範囲。

アウトプットは, トランザクション別, 空間単位別, 時刻別の避難状況を示す各種のデータを取り出しうる。標準として次の統計量を出す。

- ・時刻別避難終了人数・累計
- ・時刻別・避難ゲート別避難終了人数
- ・時刻別各道路の滞在人数・密度
- ・時刻別・避難地区別避難終了人数・累計
- ・時刻別・避難路別通過人数・累計
- ・時刻別・避難路別待ち人数

このプログラムは避難路の使われ方の比較や避難地区

区分や経路の検討に使い、地区ごとの特性把握や、避難計画案相互の比較を行なうものである。延焼と避難は連動していない。

§ 5. 地区の災害特性把握のケーススタディ

5.1 ケーススタディの概要

シミュレーションの適用事例は、ある都市における指定避難地内の住区計画に際して、大震災火災時の避難地の機能を保つよう住棟配置しようとするものである。そのため、市街地の現況に基づいた延焼性状・避難性状を把握することと、避難受持ち地域内の災害特性を把握することが目的であった。ここでは、市街地の形態や用途や町丁割り等の市街地の構成と、延焼・避難の性状との関わりから地区の災害特性を検討した。

指定避難地を中心とする対象地は、第2種住居専用地域、住居地域の約250人/haの地域を中心に、第1種住居専用地域、区画整理された商業地域、4車線の幹線道路添いの近隣商業地域からなる4km四方とした。対象地の地形は高低差20~30mの丘陵があり、幹線道路の路線形状や用途地域区分の1要因となっている。避難地の受持ち地域は直線距離で最遠1.1km、人口58,000人である。

地区の災害特性は、次の(a)と(b)の関わりから、防災計画上の地区区分とその特性として考察した。

- (a)延焼状況………風向, 風速による延焼拡大性の影響
 焼け止まり, または延焼遅延による延焼遮断効果
 避難状況………避難区分別の避難所要時間
- (b)市街地の構成………地形,
 街路構成,
 用途地域,
 生活圏として町丁割り, 小学校圏

5.2 延焼からみた地区特性

当地域の気象データから、年間最も多い風向風速の場合と悪条件の場合を想定し、表一2の6ケースを行なった。出火点は都市防災計画で想定している出火点データ(計57個)を用い、各ケースとも同一とした。図一8は延焼時間プロットのアウトプットの一例である(出火後4時間までの延焼状況)。

5.2.1 延焼拡大状況

各ケースにおける延焼メッシュ数を1時間単位で集計したのが図一9である。風向の違いでは、各風速とも北風の場合が東風の場合より約1割多く延焼している。ま

ケース 1 : 東風 4.2m/sec	ケース 2 : 北風 4.2m/sec
ケース 3 : 東風 8 m/sec	ケース 4 : 北風 8 m/sec
ケース 5 : 東風 12m/sec	ケース 6 : 北風 12m/sec

表-2 ケーススタディ風向風速条件

た、各風速とも北風の場合が早く延焼最盛期に達している。商業地域内の街路が東北東・西南西に平行に4通りあるため、風側の場合に飛び越しに時間がかかること、避難地等大規模な空地が東西に長いことなどの影響であらう。すなわち、当地では冬の北風の場合が危険と考え

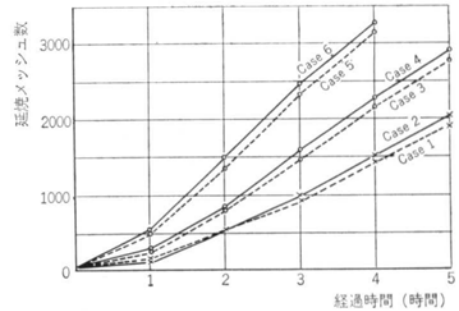


図-9 風向・風速別延焼メッシュ数

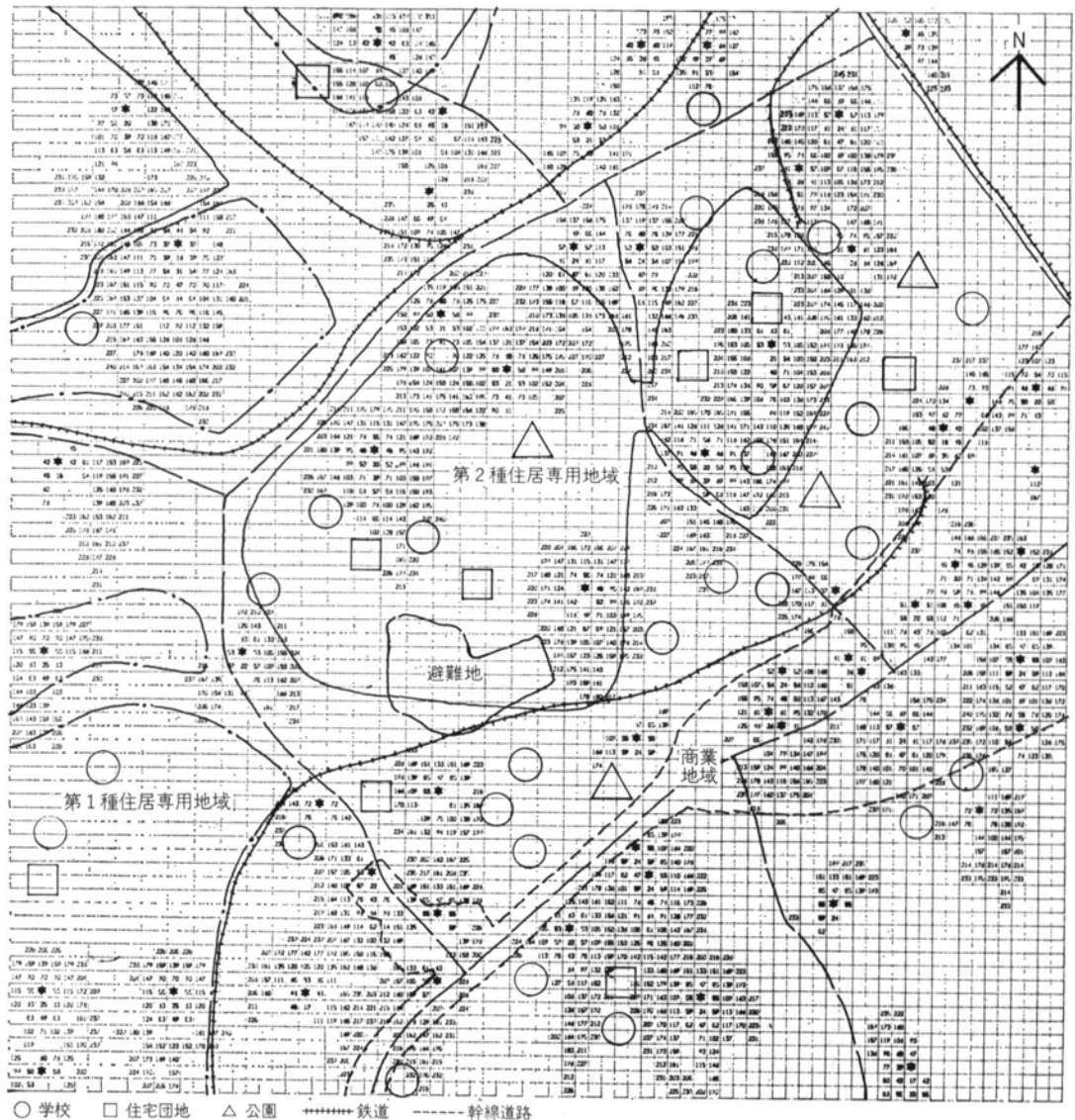


図-8 延焼シミュレーション (風速: 8.0m/sec, 風向: 北, 出火後4時間まで)

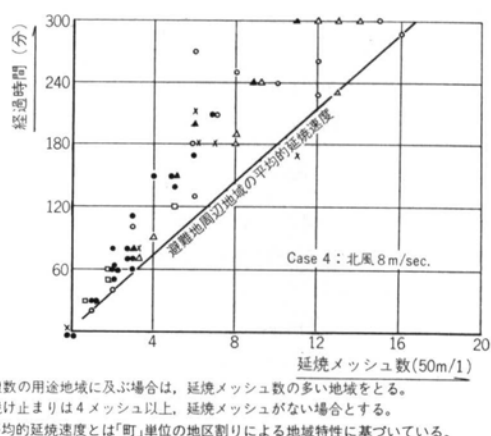
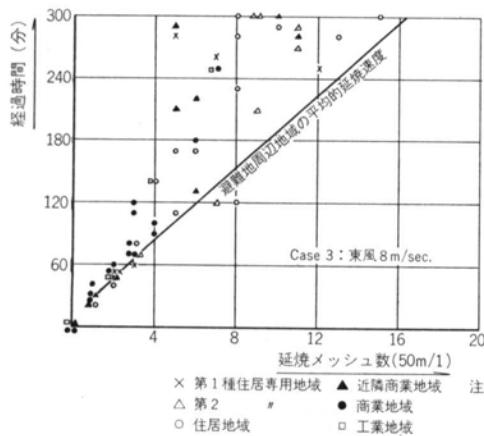


図-10 用途地域別出火点風下延焼メッシュ数

られる。

図-10はケース3と4について、用途地域別に出火点から風下への延焼メッシュ数と所要時間をプロットしたものである。当地の平均的住宅地の延焼速度に対し、延焼は遅く、空地やRC造建築等をインプットする地区レベルを対象とする特徴が出ている。

用途地域別に見ると、住居地域、第2種住居専用地域と商業地域では、延焼拡大性が異なる。前者が延焼拡大性が速くまた大きいことに対し、後者は街路構成やRC造のため焼け止まるか延焼が遅れる傾向が出ている。また、第1種住居専用地域と近隣商業地域では、東風の場合が北風の場合より焼け止まりか、または延焼が遅れる結果が出ている。地形の影響と、街路に対する出火点位置の影響であろう。

図-8の全体の状況の例にも傾向は認められるが、一様に延焼する地区、焼け残りメッシュを有しつつ拡大する地区、出火点は多いが拡大しない地区が見られる。各ケースとも第2種住居専用地域で一様に延焼していること、商業地域では拡大しないこと、この2点が特徴として認められ、均質な住宅地と、道路率が高くRC造が多い地区、という市街地の構成の影響が出ている。また、第1種住居専用地域内の特徴としては、空地斜面を含む遅い延焼速度の地区と、一様に早く延焼する地区の両方がある。

これらから、当地域においては、マクロに見た地区の延焼拡大計算値より、地区レベルでのシミュレーションでは延焼拡大が遅れることと、市街地の地形や街路や施設の構成で風向別に延焼拡大性が異なることと、現状の用途地域指定は地形や道路の形態や建物構造種別と関わりがあるので、延焼状況からの地域区分とはほぼ対応関係があること等が分る。

注：複数の用途地域に及ぶ場合は、延焼メッシュ数の多い地域をとる。焼け止まりは4メッシュ以上、延焼メッシュがない場合とする。平均的延焼速度とは「町」単位の地区割りによる地域特性に基づいている。

ケース	要因					
	施設	道路(線路)	空地・河川	施設道路	空地道路	施設空地
ケース3	6	4	10	3	2	7
ケース4	8	3	4	2	3	3

施設……学校、住宅団地、公園、RC造密度高、工場
 道路……道路、線路
 空地……斜面緑地、空地、河川

表-3 焼け止まり要因

5.2.2 焼け止まり

ケース3、4の延焼図から4メッシュ(200m)以上の幅の焼け止まり(延焼方向に対し3メッシュ以上焼け残っている所とする)となった部分は表-3であった。空地部分も含む学校や住宅団地や公園という施設の効果と、地形からくる空地の効果が大きく、街路は幅員が小のため遅延効果はあっても焼け止まりに至っていない傾向がある。しかし、完全な焼け止まりは空地や線路や不燃建築の集積効果のある商業地域に限られる。

地域的には同じ延焼性状を示しても、避難からみると1時間近くの延焼遅延効果は防災上の役割りを担い得るとみることができよう。団地等の施設や道路や空地は、その延焼遅延効果から地域を区分する要因になる。典型的には、第2種住居専用地域内の公園・学校・空地と連続する所と、道路と施設の複合効果がでる近隣商業地域があげられる。都市防災レベルでは表われないこれらの施設と道路とのつながりで地区を把握しておくことは、防災上の区分として意味があろう。

5.3 避難からみた地区特性

現在の都市防災計画で定められている避難計画で、同一避難区域内で特性を比較するため、避難路等の諸条件

は都市防災計画のものをそのまま用いた。

- ・避難者：夜間人口58,000人を対象とする。30人を1避難単位とする。
- ・歩速等：1.5人/m²を最大密度とする。歩速は一定とし、0.75m/secとする。
- ・方向選択：交差点で最短経路を選ぶ。満員の時は次に短い経路を選ぶ。各方向とも満員の時は待つ。ただし、逆方向も避難地への経路があり、満員でない場合は逆戻りする。

図-11は、避難開始後90分の避難路の利用密度の表示である。一部の避難路のみが長時間に渡り混雑する。この地域は住居地域であり、延焼拡大性も図-9のように大きいことから危険性も高い。避難路の整備が必要である。指定地域内でも避難条件がかなり異なる部分が見られる。避難計画の施策に当っては、この地域・地区レベルの検討が必要であることが分る。

図-12は、避難地区区分ごとに全員の避難終了時間と距離との関係をプロットしたものである。避難距離により避難時間が長くなる傾向はあるが、むしろ経路と人数が待ち時間を長くし、避難時間を長くする要因となっている。こうした地区の市街地の状況は次の点である。

- ・住宅地域で密度が高い。
- ・川や丘により地形的に区分され、動線的に経路が限られている地区。
- ・避難地への道路が狭いため、その前の幹線道路で待ち時間が長くなることから、幹線道路に接続する地区。

幹線道路沿いは密度も高く、また地形的に区分される所は道路も限られ、そして町丁割単位の避難区分も大となるという、市街地の一般的性格に基づく避難特性である。

5.4 防災からの地区の区分と性格

シミュレーションの結果から、当対象地においては、空地や道路等により北風の場合に若干延焼が拡大しやすいが顕著な差は見られない。しかし街路構成に規則性のある商業地域など、地区によっては風向による拡大状況の違いが見られる。また、顕著な差としては第2種住居専用地域や一部の第1種住居専用地域のように一様に住宅が広がる地域が、延焼速度も速く、拡がりも速い。対照的に商業地域は延焼が進まない。当地の避難地は、こうした第2種住居専用地区が北側に接しており、避難路の整備等が必要であることが分る。避難については避難地南部の避難路が渋滞し、一部の地区の避難が遅れる。また避難地に入る避難路は全て幅員が小のため、設定した標準歩速による避難時間の倍程度の所要時間となる。滞

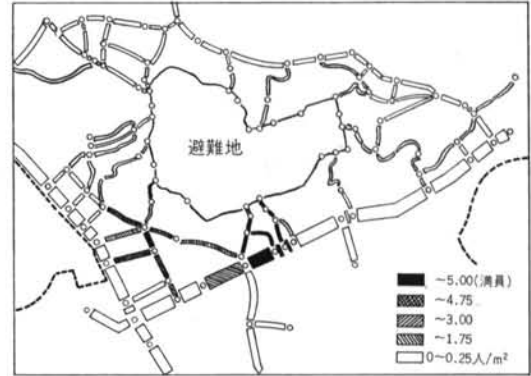


図-11 避難路使用状況(1.5時間後)

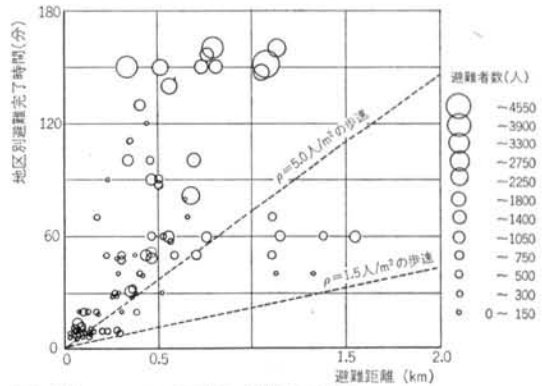


図-12 地区別避難距離・避難完了時間

留時間が長く、パニックにつながる恐れもあることから、避難路の重点的に整備すべき部分も大よそ把握できる。こうしたシミュレーションの結果から、避難対象地の住棟計画において、輻射熱を出す火面の状況と避難者の流れから防災上の住棟配置の条件が出される。また、地域の防災計画として、避難路整備計画や不燃建築帯建設を促進すべき場所を把握できる。

当対象地については、建築の状況や街路パターンや地形に関わりのある用途地域指定の地域区分が、延焼特性からの区分と相関する傾向がある（しかし、住居地域や近隣商業地域は顕著な特徴は見られない）。同一延焼特性の地域内でも、斜面等の空地や都市施設等のつながりにより区分される。また避難では河川や地形の起伏により避難経路が限定されることから、地区区分される。これらから、当地では地形（河川・起伏のための空地）と用途地域が、地域の区分と災害特性の諸要因を代表している。

避難時間でみると1時間以内に終了する地区が多いことから、延焼遅延効果も避難上の役割りとして位置づけられ、幅員の大きい道路や住宅団地や学校等の施設や空地

延焼状況	一	様	焼け残り部分含む	焼け止まる
延焼拡大性				
大	第2種住居専用地域 〔学校、公園、団地等の施設、道路〕	住居地域 (第1種住居専用地域) 〔学校等の施設、地形上の空地〕		—
中	(近隣商業地域) 〔幹線道路〕	近隣商業地域 第1種住居専用地域 〔道路、RC造建物、地形上の空地〕		—
小	—	—		商業地域 工業地域 〔道路、RCの集積効果、工場内空地〕

・〔 〕は地区区分の主な要因

・地域相互の区分は、地形、線路、道路とRCの集積、施設と空地の複合による

表一4 防災地区区分とその性格(ケーススタディ対象地)

がこれに当る。これらは街路パターンと建物、施設と空地、道路とのつながり等、市街地の構成による区分をつくっている。しかし、災害特性は必ずしも明確ではない。

現状の避難区分の町丁割りは、街路や公共施設等の位置に規則性がない。延焼からみると、避難単位を街路や施設を町丁の境界とすると、1次避難所の利用や延焼対策上有利となる。日常的に建設される施設も、他の施設や道路との関わり方によって、防災的役割りを担うことができよう。

表一4は、以上の地域・地区区分の要因と、防災上の地域・地区の関わりと、災害性状の傾向を記したものである。こうした市街地の構成の一般的性格を捉えれば、日常の生活にねざした延焼対策と避難計画の方針がたられよう。

§ 6. おわりに

地域・地区の災害特性把握の手法として、大震災火災時の延焼と避難シミュレーションプログラムを開発した。地区の道路や施設や空地等の市街地の実状をインプットすると、避難行動の側面からは意味のある延焼状況を呈する。都市防災計画を地区の実態に即したものとすると

当って、災害特性を把握することに有用であろう。しかし、モデルの検証がされていない等の問題を有しているため、仮定に基づいた大よその傾向をつかみ、防災計画方針策定段階での使い方に留まるものである。

防災上の地域・地区の区分とその性格について、ケーススタディでは、市街地の形態や建物状況に関わりのある用途地域指定と、同一災害特性を示す地域との間に関わりが見られる。また、道路率の高い所、一様な住宅地、学校等の施設や空地のある所、などが延焼状況の特徴を示す要因となっている。このような市街地の構成で日常生活圏程度の防災上の地区のまとまりができる。したがって、他地域にも適用することによって、日常の機能等に基づいた開発の集積である市街地の構成と災害特性の関係を典型的に捉え得る可能性がある。

しかし、防災上の地域差は表われても、地区の特性は明確ではないという結果にあるように、シミュレーションプログラムを、より細かい単位の防災効果を見れるものとする必要がある。それにはまず、最近の市街地火災に適用し、延焼速度式と飛び越し時間の検証が必要である。また、総合的な地区特性把握のためには延焼と避難を連動させるのも課題である(単位避難路ごとの安全距離内に延焼した時刻を、各単位避難路に対応づけなければならない)。

<参考文献>

- 1) 矢代嘉郎他：“避難シミュレーションと設計過程におけるその役割” 清水建設研究所報 Vol.27 (昭和51年10月)
- 2) 諸井陽児：“メッシュによる広域避難活動シミュレーション” 日本建築学会大会梗概集(昭和48年度)
- 3) 藤田隆史：“大震災火災時における住民避難の最適化” 計測自動制御学会論文集 Vol.11, No.5 (1975)
- 4) 佐々木弘明：“都市における延焼確率とその地域適用性について” 日本火災学会学術講演梗概集 (1974)
- 5) 浜田 稔他：“大震災火災時の焼失範囲の推計に関する調査研究” 東京都防災会議 (昭和48年)

6) “建築防火論(建築学大系21巻)”

7) BCS都市防災委員会：“地震と都市防災(都市防災状況の記述)” 昭和51年6月

