

阪神・淡路大震災における延焼火災による人的被害

森 俊洋

阪神・淡路大震災における延焼火災による人的被害

森 俊洋

Human damage in the fires followed Great Hansin-Awaji Earthquake

Toshihiro MORI

On January 17, 1995 Great Hansin-Awaji Earthquake occurred. Just after the earthquake a lot of fires arise here and there in Kobe city. Some of them became large-scale spread of fire, and many person were killed by that. In this research human damage due to the large-scale spread of fire that burned more than 1000 m² area in Great Hanshin-Awaji Earthquake is featured. An analysis was done about the relations between conditions which the deceased by the fire appears on and the city area attribute.

目次

序章 はじめに

2章 阪神・淡路大震災における火災被害の概要

2-1.地震火災による被害概要

2-2.地震火災による人的被害

3章 大規模延焼火災地区における人的被害

3-1.大規模延焼火災地区における死亡率

3-2.大規模延焼火災地区における焼死者発生状況

4章 大規模延焼火災による人的被害と市街地属性

4-1.Kobe'90及び市街地属性データ

4-2.大規模延焼火災地区における人的被害と市街地属性

5章 焼死者数の統計と実際

5-1.検案による統計上の焼死者数の問題点

5-2.既往の研究による実際の焼死者数の推定

5-3.重回帰分析による実際の焼死者数の推定方法の提案

終章 おわりに

謝辞・あとがき

参考文献

序章

はじめに

1995年1月17日午前5時46分兵庫県南部一帯を直下型地震が襲った。

この地震による犠牲者はその後の震災関連死と認定された方を含めると6千人を超え、戦後最大の災害となった。

その犠牲者の多くは地震による家屋の倒壊や、家具の転倒に起因する圧死や窒息死であった。

しかし、ヘリコプターからの中継映像で神戸市の至る所から黒煙が立ち昇っていたのが印象に残っているように、地震直後に各地から出火し、延焼火災が発生しており、火災による犠牲者も少なくない。

火災による被害として、戦後の都市大火の例としては酒田大火が挙げられる。この火災では戦後最大の都市大火であったにもかかわらず、犠牲者は出ていない。

また、一般の延焼火災では火元になった建物での犠牲者は発生しても、火元に隣接し延焼した建物では避難するためそこでの犠牲者はほとんどない。

従って、阪神淡路大震災における地震後の延焼火災により犠牲者が発生した要因としては、家屋の倒壊、家具の転倒等から生き埋め、閉じ込め等、避難が困難であったことが第一に挙げられる。

このことから地震後の火災の面からも震災による犠牲者を減ずるためには建物の耐震性の強化・向上が最も有効であると考えられる。

しかし、既存不適格建築物などの脆弱な建物すべてを補強・建替えるにはコストと時間がかかりすぎ、現実的には早急に効果を得ることはできない。

地震後の火災においても出火元での犠牲者の救出は難しいものの、地震後の延焼火災による犠牲者は、緊急対応いかんでは生き埋めや閉じ込められたまま延焼に巻き込まれる前に救出する、もしくは消火・延焼の防止によりその人数を減ずる可能性がある。

それゆえ、地震後の延焼火災による犠牲者の発生状況を分析検討し、その可能性を高めるうる知見を得ることが求められる。

しかし、人的被害全体についての研究はいくつか行われているものの、地震後の火災による人的被害を対象とした研究は少ない。その中で、北後¹⁰⁾が地震後の延焼火災地区におけるアンケート調査に基づく分析を行っており、そこで、延焼地区内外の住宅損壊の程度が同程度であることを前提に、地震後の火災による犠牲者の推定を行っている。中平ら¹¹⁾は一部の延焼地区においてその地区での死亡率・焼死率の比較し、また焼死者の経時的な発生状況を明らかにしている。

本研究では、各種のデータから地震後の延焼火災による犠牲者の発生状況や、市街地の特性と犠牲者の発生との関係について、特に大規模に延焼した火災を中心に分析し、地震後の延焼火災による犠牲者を減ずる可能性を高めるうる知見を得ることを目的とする。

2章 阪神・淡路大震災における火災被害の概要

2-1. 地震火災による被害概要

表 2-1¹⁾は神戸市内における 1 月 17 日～19 日の時間別火災発生状況を示したものである。

表 2-1 地震発生から 3 日間に発生した火災件数

	1月17日 ～6:00	～7:00	～8:00	～9:00	～24:00	1月17日 合計	1月18日 合計	1月19日 合計	3日間 合計
東灘区	10	1	2	1	3	17	2	4	23
灘区	13	0	1	1	2	17	2	0	19
中央区	8	4	2	1	5	20	3	3	26
兵庫区	11	0	2	1	3	17	4	3	24
長田区	13	1	0	0	3	17	1	4	22
須磨区	4	4	0	4	1	13	2	1	16
垂水区	0	0	0	0	6	6	0	0	6
北区	0	0	0	0	1	1	0	0	1
西区	1	0	0	0	0	1	0	0	1
神戸市合計	60	10	7	8	24	109	14	15	138

神戸市では震災当日に 109 件の火災が発生した。翌 2 日間は 14 件、15 件であったが、それ以降は一桁台と徐々に減少し、地震後 10 日間の出火件数は計 175 件となっている。しかし、1 万㎡を超える大規模火災は全て 17 日中に発生しており、また地震直後 6 時までの間に 60 件の火災が発生するという地震後同時多発火災の様相を呈した。

表 2-2 は神戸市内における区別の延焼規模別に見た火災発生状況を示したものである。

これをみると、東灘区から須磨区にかけての震度 7 に相当する被害を受けた一帯では 3 日間の出火件数は 20 件前後とほぼ同じであるが、焼損面積 10,000 ㎡以上の大規模火災は須磨区、長田区、兵庫区に集中していることがわかる。

表 2-2 延焼規模別の火災件数と割合

	延焼面積 1万㎡以上	延焼面積 1千～1万㎡	延焼面積 1千㎡未満	単体火災	火災件数 合計	総焼損棟数 (棟)	総焼損面積 (㎡)	1件当り 平均焼損棟数
東灘区	0	7	3	13	23	377	32,811	16.4
灘区	1	8	6	4	19	562	65,234	29.6
中央区	0	4	3	15	22	106	14,426	4.8
兵庫区	2	6	5	9	22	1,073	129,558	48.8
長田区	8	7	2	5	22	3,156	302,732	143.5
須磨区	3	3	5	7	18	1,027	90,079	57.1
垂水区	0	0	0	6	6	6	59	1.0
北区	0	0	1	1	2	3	54	1.5
西区	0	0	0	2	2	2	77	1.0
神戸市合計	14	35	25	62	136	6,312	635,030	46.4

2-2. 地震火災による人的被害

本研究での死亡者のデータは神戸大学医学部より頂いた神戸市死体検案データを用いる。

神戸市死体検案データ²⁾とは兵庫県監察医が神戸市内で検案を行った 2,416 体と、兵庫県警の依頼で臨床医が検案を行った 1,235 体、合わせて 3,651 体の年齢、性別、死亡場所、死亡推定時刻及び死因等を記載した検案書をもとに集計されたものである。

3,651 体の検案結果を死因別に集計すると（表 2-3）窒息死が 53.9%（1,967 人）と最も多く、ついで圧死が 12.5%（452 人）、焼死が 12.2%（444 人）と続く。

全体の死亡者の年齢層別分布（図 2-1）と焼死者の年齢層別分布（図 2-2）を比較すると、いずれも 50 歳以上で死亡者数が顕著に増加している。しかし、焼死者分布では全体で見られる 20 代のピークはそれほど強く現れておらず、高齢者の占める割合が高い。これから体力的に倒壊家屋等から脱出、避難の困難であった高齢者が火災による犠牲者となりやすかったことがうかがわれる。

表 2-3 死因分布

窒息	1,967	53.9%
圧死	452	12.4%
外傷性ショック	82	2.2%
頭部損傷	124	3.4%
内臓損傷	55	1.5%
頸部損傷	63	1.7%
焼死・全身火傷	444	12.2%
臓器不全	15	0.4%
衰弱・凍死	7	0.2%
打撲・挫滅傷	300	8.2%
不祥・不明	116	3.2%
その他	26	0.7%
	3,651	

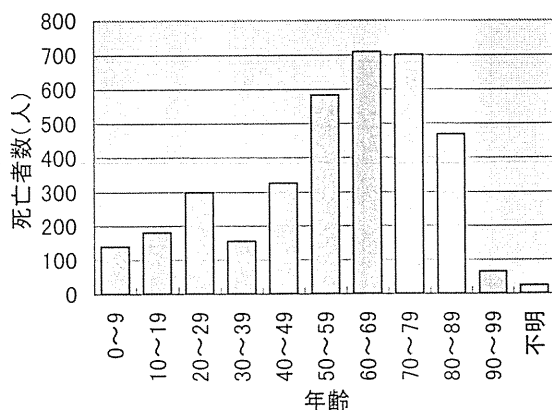


図 2-1 年齢層別死亡者数

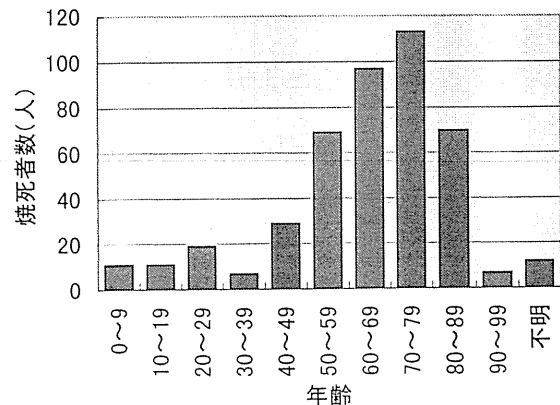


図 2-2 年齢層別焼死者数

3章 大規模延焼火災地区における人的被害

3.1. 大規模延焼火災地区における死亡率

ここでは、地震当日に出火した延焼火災の中でも焼失面積が 10,000 m²を超える大規模な延焼火災となった火災を取り上げ、それぞれの延焼地区での死亡率を分析する。

3.1.1. 大規模延焼火災地区（延焼地区1～9）

分析対象とする延焼地区は、東京消防庁による延焼動態調査報告書³⁾より選定した9地区であり、詳細を表3-1に示す。

9地区中7地区が長田区における火災であり、残り2地区はそれぞれ兵庫区、灘区における火災である。また、延焼地区4以外はほぼ地震直後に出火した火災である。

表3-1 分析対象地区

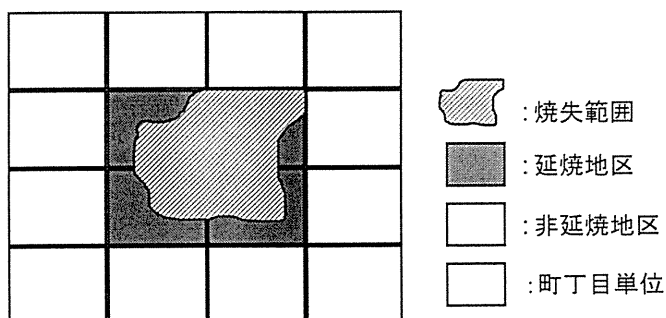
	区	町	丁目	出火時刻	焼死者数	焼失面積(m ²)	
延焼地区1	長田区	御屋敷通	6丁目	5:47	46	113,140	
			水笠通				5, 6丁目
	須磨区	寺田町	3, 4丁目				
			1, 2丁目				
			大池町				1, 2丁目
			千歳町				1～4丁目
			常盤町				1～4丁目
延焼地区2	長田区	戸崎町	3丁目	5:47	21	36,830	
			西崎町				4丁目
	須磨区	戎町	1丁目				
			大田町				1, 2丁目
延焼地区3	長田区	日吉町	5, 6丁目	5:47	70	58,372	
			若松町				10, 11丁目
			海運町				2, 3丁目
			大橋町				10丁目
			本庄町				2丁目
延焼地区4	長田区	腕塚町	5, 6丁目	9:30	4	30,681	
			久保町				5, 6丁目
			二葉町				5, 6丁目
延焼地区5	長田区	若松町	3, 4丁目	5:47	9	39,200	
			大橋町				3, 4丁目
延焼地区6	長田区	菅原町	2～4丁目	5:47	83	69,005	
			御蔵通				3～6丁目
延焼地区7	兵庫区	上沢通	3, 6, 7丁目	5:52	37	94,889	
			松本通				3～7丁目
			会下山				2丁目
			大井通				2, 3丁目
延焼地区8	長田区	御船通	2～4丁目	5:52	8	17,188	
			大道通				2, 3丁目
延焼地区9	灘区	六甲町	1, 2丁目	5:50	25	29,160	

3.1.2. 大規模延焼火災地区の死亡率

本節では各延焼地区の死亡率及び焼死率を算出し、比較・分析する。

各延焼地区の死亡率及び焼死率の算出は、以下の方法によった。まず、延焼地区を延焼範囲を含む町丁目の集合範囲と定義して、モデル図に示すように延焼地区の算出範囲を選定し、この範囲の神戸市死体検案データの死亡者数及び焼死者数を、人口動態統計³⁾の町丁目別人口で除した値を当該地区の死亡率及び焼死率をした。

算出結果を図 3-1 に示す。



モデル図：延焼地区と周辺非延焼地区

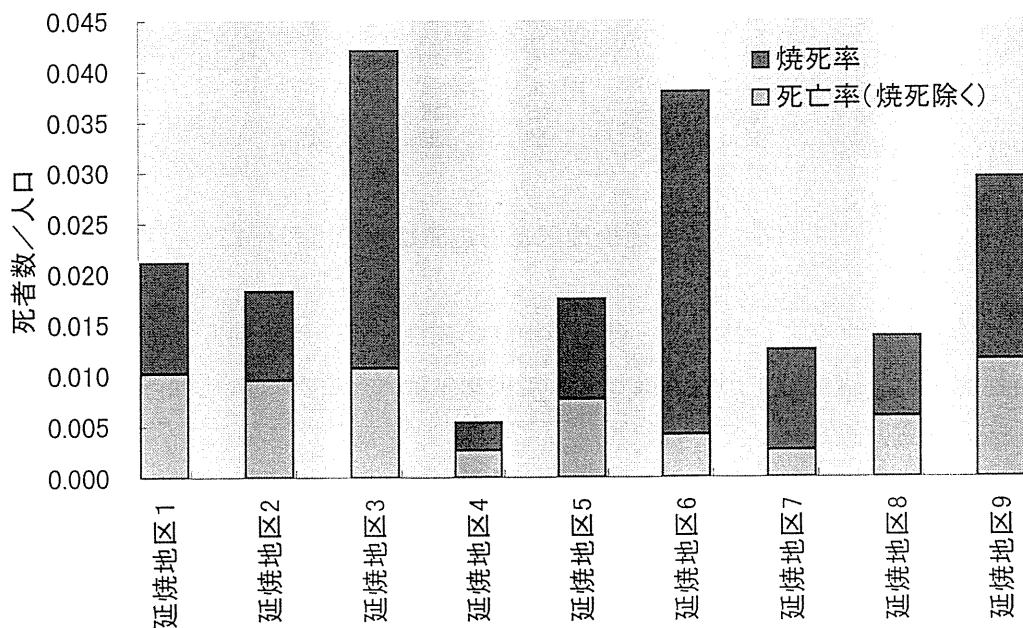


図 3-1 各延焼地区の死亡率と焼死率

延焼地区 3 と 6（ともに長田区）において焼死率が高く、そのため死亡率が高い値を示している。一方、延焼地区 4 も長田区の火災であるが、その焼死率は他の地区より著しく低い。

延焼地区 1,2,3 はほぼ隣接した火災であり、これらの地区における焼死を除いた死亡率は約 1%でほぼ等しいが、延焼地区 3 での焼死率は他の 2 地区より著しく高い値を示している。

3.1.3. 大規模延焼火災地区と周辺地区の死亡率

各延焼地区周辺の非延焼地区の死亡率を算出し、各延焼地区とその周辺の非延焼地区の死亡率を比較・分析する。

各延焼地区周辺非延焼地区の死亡率の算出は以下の方法によった。まず、周辺非延焼地区を3.1.2.で定義した延焼地区に隣接する町丁目の集合範囲を定義して、モデル図に示すように周辺非延焼地区の算出範囲を選定し、3.1.2.と同じデータを用いて当該地区の死亡率を算出した。算出結果を図3-2に示す。

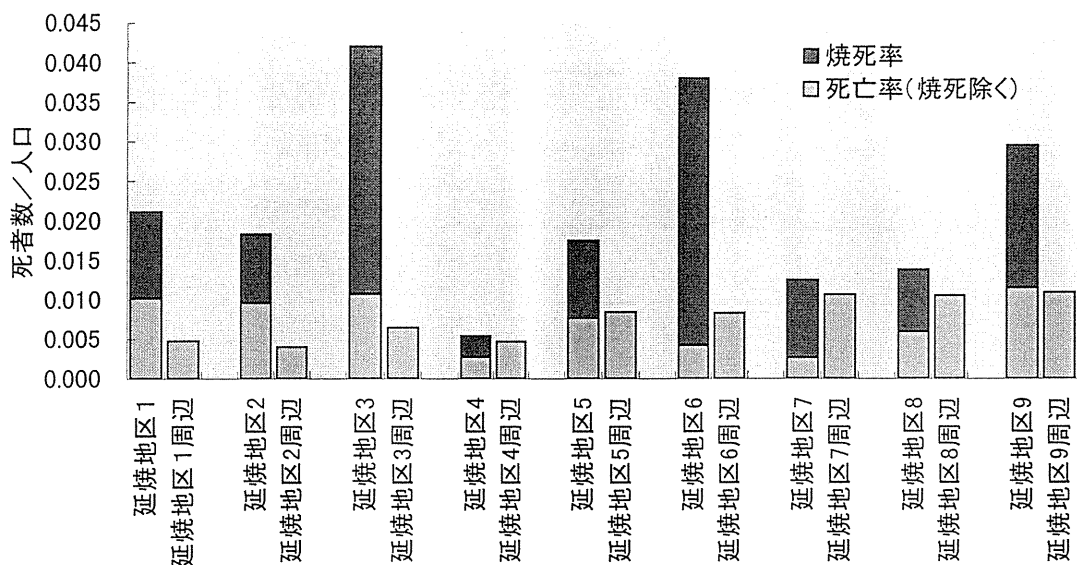


図3-2 各延焼地区と周辺非延焼地区の死亡率

焼死を除いた死亡率で比較すると各延焼地区の死亡率は、延焼地区4～9では周辺非延焼地区と同程度か低い値を示すが、隣接して大規模な延焼火災となった延焼地区1～3では周辺非延焼地区より高い値を示している。

3.1.4. 考察

延焼地区4における焼死率の低さは、出火時刻が9:30と地震直後でなく、延焼が広がる前に避難や救出が可能であったためと考えられる。

延焼地区1～3は焼死率を除いても周辺より高い死亡率を示しており、周辺よりも危険度の高い地区であったと考えられる。また、延焼地区3,6において焼死率が高い。これらの地区で危険度や焼死率が高くなる要因が何であるかが重要なことであり、検討の余地がある。

延焼地区4～9において焼死を除いた死亡率が周辺の死亡率より低くなるのは、焼死者の中に家屋の倒壊等で死亡した後に焼かれ、検案で焼死とされたものが含まれているためと考えられるが、ここまでの分析だけではこの人数がどれだけ含まれるかは分からない。

3.2. 大規模延焼火災地区における焼死者発生状況

ここでは、3.1 で取り上げたそれぞれの延焼火災地区の延焼拡大状況と、その火災による犠牲者の発生状況を時間軸で分析する。

3.2.1. 各延焼地区における時間経過の累積焼死者数

各延焼地区における焼死者の死亡推定時刻を求め、時間経過の累積焼死者数により、それぞれの火災による犠牲者の発生状況を比較・分析する。

焼死者の死亡推定時刻と累積焼死者数の算出は以下の方法によった。まず、神戸市死体検案データより得られた各地区での焼死者の死亡場所を住宅地図⁴⁾上で特定する。延焼動態調査報告書の延焼動態図では延焼拡大の様子が地図の等高線のように延焼等時線で示されている。住宅地図上で特定した焼死者の死亡場所は、延焼動態図上で2本の延焼等時線に挟まれる。この2本の等時線のうち遅い方の時刻をその特定された地点の焼死者の死亡時刻とし、これよりある時刻の累積焼死者数を求める。この累積焼死者数の算出方法のモデルを図3-3に示す。

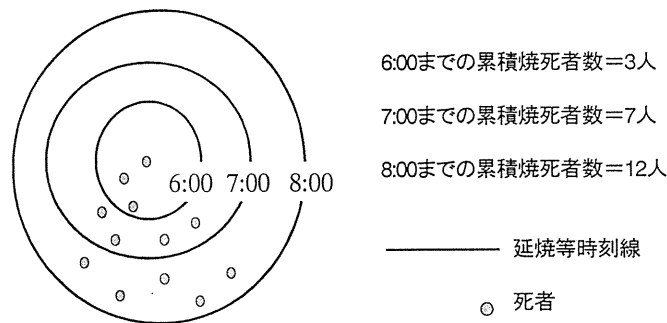


図 3-3 死亡推定時刻と累積焼死者数の算出モデル

算出結果を表3-2、図3-4に示す。

ただし、延焼地区7及び8については延焼時刻が十分に把握されていないため、ややデータの信頼性の乏しい結果である。

表 3-2 各延焼地区の時間経過の累積焼死者数

延焼地区1	延焼地区2	延焼地区3	延焼地区4	延焼地区5	延焼地区6	延焼地区7	延焼地区8	延焼地区9
時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積	時刻 累積
10:45 4	7:00 9	6:30 21	11:45 2	6:10 3	6:30 5	14:10 11	8:00 4	9:00 11
12:00 9	9:00 10	8:00 34	13:00 4	7:30 7	7:00 9		12:00 5	11:00 17
13:00 25	10:00 13	8:20 43		8:30 8	8:00 22		14:16 6	16:00 20
14:00 29	13:00 15	9:00 50			8:30 26		15:30 8	
15:10 35	14:45 18	10:00 53			9:00 63			
17:30 36		10:15 54			10:00 65			
18:30 37		10:30 63			10:10 70			
19:05 42		17:00 70			10:40 71			
21:30 44					11:00 72			
22:00 45					11:30 74			
不明 1	不明 3	不明 0	不明 1	不明 1	不明 9	不明 26	不明 0	不明 5
計 46	計 21	計 70	計 5	計 9	計 83	計 37	計 8	計 25

焼死率の高かった延焼地区 3 と 6 では早い時間に急激に焼死者が発生しており、正午までにほぼ累積焼死者数が総焼死者数にいたっている。

他の延焼地区は比較的ゆるやかな焼死者数の発生状況である。

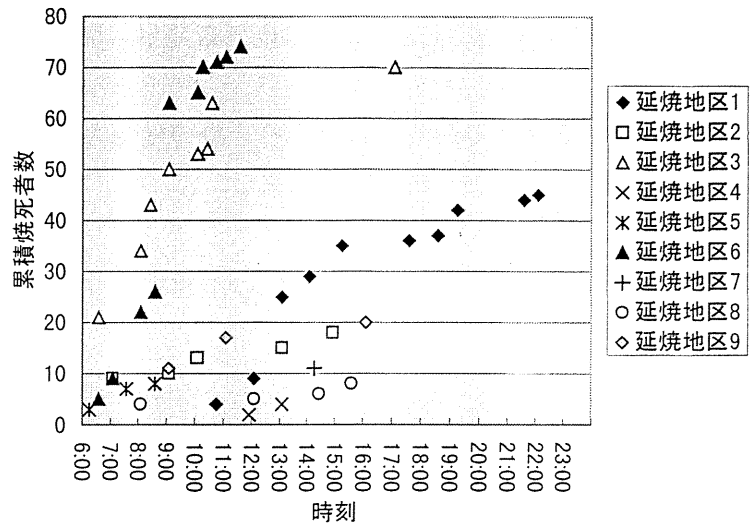


図 3-4 各延焼地区の時間経過の累積焼死者数

3.2.2. 各延焼地区における時間経過の累積延焼面積

各延焼地区における時間経過の累積延焼面積を求め、時間経過の延焼拡大状況を比較・分析する。

累積延焼面積は調査地区 1 及び 3 については東京消防庁が行った延焼シミュレーションのデータを用い、それ以外の調査地区については延焼動態調査報告書にある各地区の延焼動態図より延焼等時線毎にその内側の面積を求め算出した。ただし、調査地区 7 及び 8 については延焼時刻が十分に把握されていないため、算出できていない。

以上より求めた各延焼地区の時間経過の累積延焼面積を図 3-5 に示す。

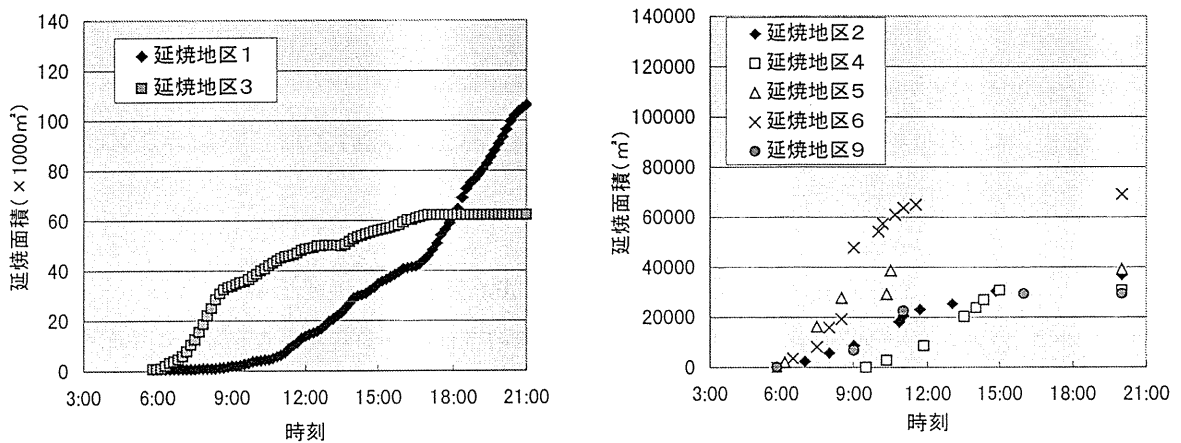


図 3-5 各延焼地区の延焼拡大状況

延焼地区 3,5,6 での延焼拡大状況は出火後早い時間に延焼が拡大している。一方、その他の延焼地区は比較的緩やかに延焼が拡大している。

3.2.3. 累積焼死者数と累積延焼面積の関係

3.2.1と 3.2.2の結果より、焼死者の累積が単に延焼面積の拡大する様子を示しているだけなのかを検討するために、累積延焼面積と累積焼死者数の比較を行なう。

各延焼地区における累積焼死者数と累積延焼面積について図 3-6、3-7 に示す。

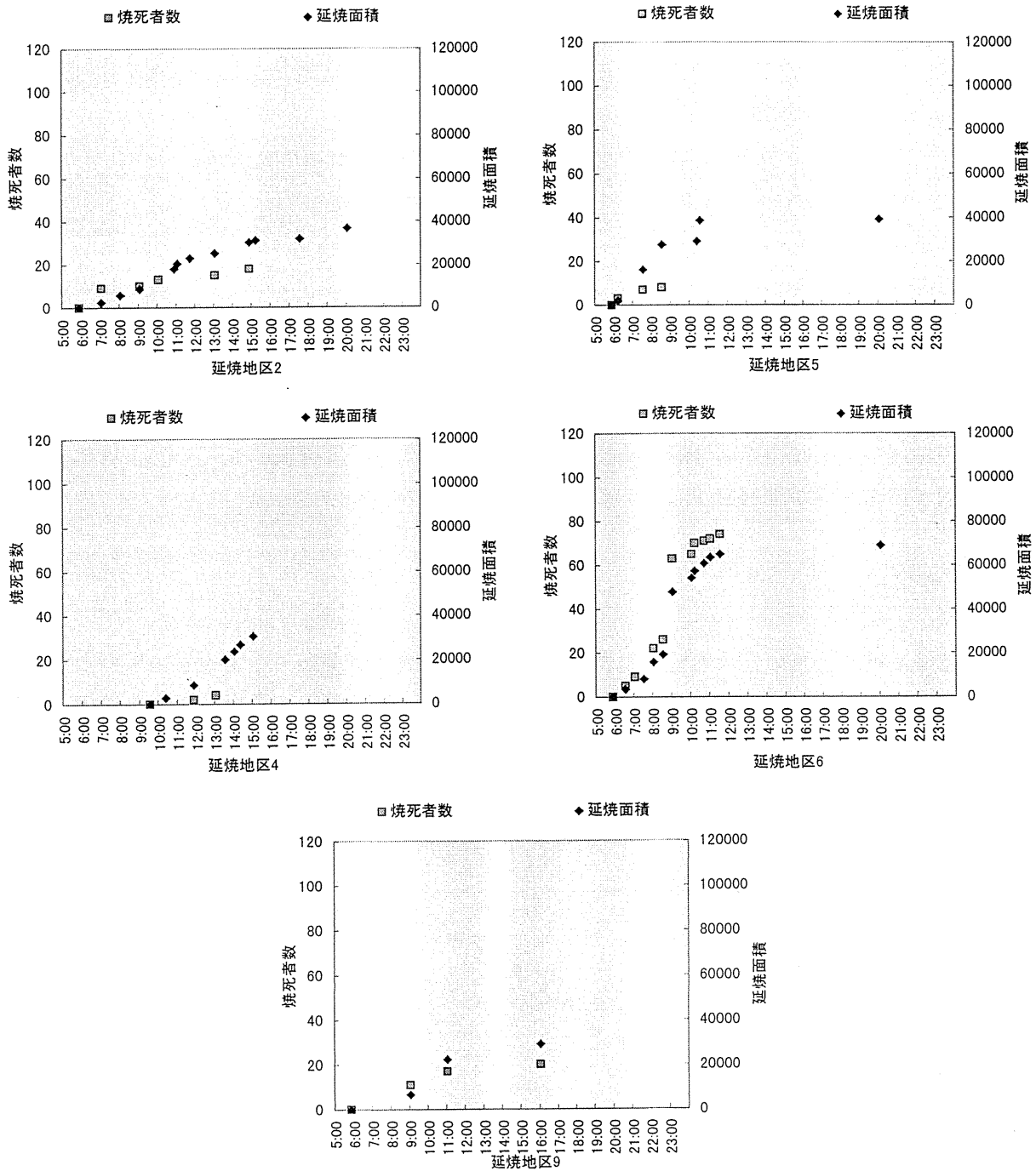


図 3-6 延焼地区 2,4,5,6,9 の累積延焼面積と累積焼死者数

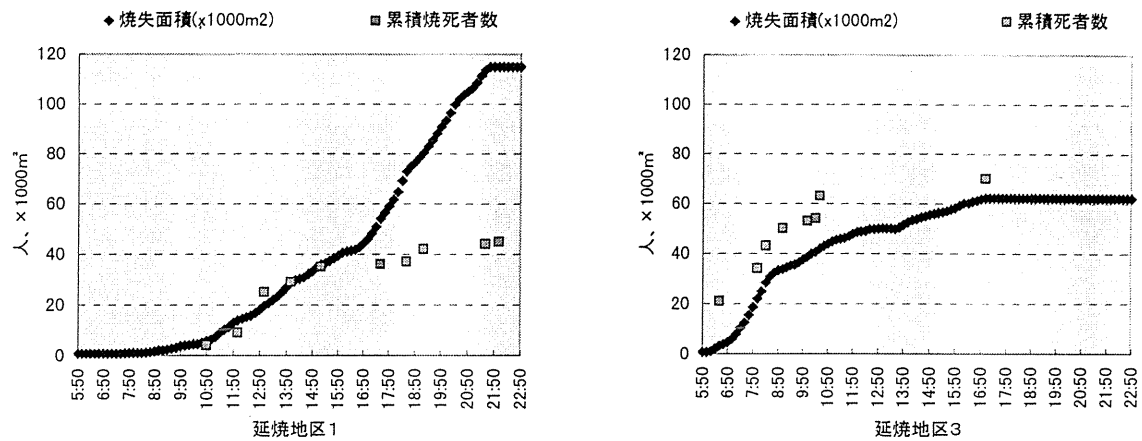


図 3-7 延焼地区 1,3 の累積延焼面積と累積焼死者数

延焼地区 3,6 においては焼死者の累積と延焼面積の累積は良く似通った傾向を示しており、延焼の拡大が焼死者の増加につながっている。一方、延焼地区 1 においては 16:30 頃より延焼の拡大速度が急激に上がっているが、16:30 以降の焼死者数の増加率は低くなっている。延焼地区 2,9 においても時間が経つにつれ焼死者数の増加率は延焼面積の増加率より小さくなる傾向が見られる。

延焼地区 4,5 においては延焼面積に対し焼死者が少ない。延焼地区 4 において焼死者が少ない要因は出火時刻が地震直後でないことであると考えられる、

3.2.4. 考察

地震後直後に延焼の拡大が速かった地区においては焼死者が多く、焼死者の累積と延焼面積の累積は良く似通った傾向を示す。しかし、延焼地区 5 は延焼の拡大が速かったものの焼死者が少ない。この差異が何に起因するのかが重要なことであり、検討の余地がある。

一方、地震発生から時間が経つにつれ焼死者数の増加率が延焼面積の増加率より小さくなる要因は、延焼から炎に囲まれる前に避難・救出活動が行われたためと考えられる。

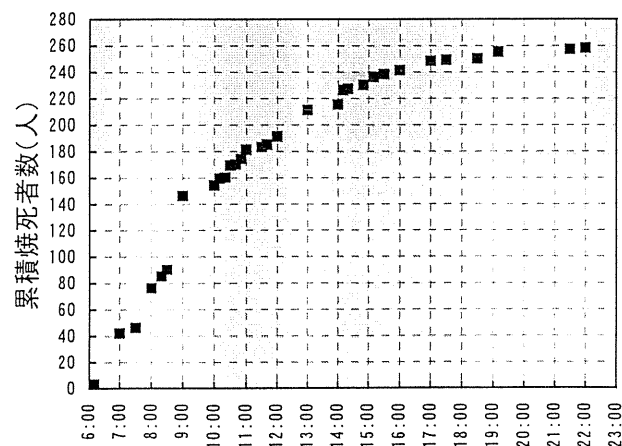


図 3-8 総累積焼死者数

図 3-8 は 9 地区全ての延焼地区において求めた焼死者の死亡推定時刻より、時刻と焼死者の累積の関係を示したものである。

ここで、全焼死者数とある時刻の累積焼死者数の差が、消火・救助活動等何らかの緊急対応によってその時刻に救出されれば助かった可能性のあった人数であり、今回の調査対象地区で死亡時刻を判定できた焼死者数は 258 人。従って、図より 8:00 の時点で消火か救助活動が行なわれていれば 182 人（全焼死者の約 7 割）を救助できたが、9:00 の時点でこの値は 112 人（約 4 割）に減じていることになる。大規模な延焼火災による焼死者数を減ずるには、やはり地震発生後の迅速な対応によるところが大きいと思われる。

しかし、阪神・淡路大震災では地震直後に 60 件近くの出火が発生している。これらすべてに対応することは既存の消防機関の能力を優に越えており不可能なことである。従って、被害を軽減するには近隣自治体の消防機関との密接な支援体制また、被災した市民自身の自助努力が必要不可欠であると考えられる。

4 章 大規模延焼火災による人的被害と市街地属性

前章において大規模延焼火災地区における焼死率や焼死者の発生状況を明らかにできた。

この章では、建設省建築研究所が Kobe'90 よりまとめた市街地の特性を示す町丁目単位のデータ⁸⁾⁹⁾等を用いて、前章に挙げた大規模な延焼火災となった地区の市街地としての属性と死亡者及び焼死者の発生を分析する。

4.1. Kobe'90 及び市街地属性データ

Kobe'90 とは神戸市が国勢調査を中心に関連データを町丁目単位の集計し、データベースとして整備したものである。

建築研究所ではこの Kobe'90 より、固定資産税台帳から町丁目を単位として集計した建物に関するデータを作成しており、その内容としては次のようなものがある。

- 1) 町丁目別・建築用途別・構造別建築件数
- 2) 町丁目別・建築用途別・建築延べ床面積別建築棟数
- 3) 町丁目別・建築用途別・建築年次別延べ床面積
- 4) 町丁目別・建築用途別・構造別延べ床面積
- 5) 町丁目別・宅地利用状況分類別・宅地規模別件数及び面積
- 6) 町丁目別・市街化区域／調整区域別・土地地目別件数及び面積
- 7) 用途地区分類別宅地面積
- 8) その他

なお、Kobe'90 は一般には公開されておらず、建築研究所が作成した市街地属性データも一部分を除き、一般には公開されていない。

4.2. 大規模延焼火災地区における人的被害と市街地属性

4.2.1. 大規模延焼火災地区内の人的被害と市街地属性

3 章で挙げた各延焼地区の死亡率及び焼死率と各種の市街地属性データとの関係を各延焼地区内の町丁目単位で算出し分析を行う。

震災時の死亡率及び焼死率に影響を与えると考えられる市街地属性を選出するにあたり、住宅の耐火性能、住宅の広さ、住宅の新しさ、また高齢者の犠牲者が多かったことを考慮し、以下の 10 種の要素を選出した。

木造率 = 木造建築件数 / 総建築件数

防火造率 = 防火造建築件数 / 総建築件数

耐火造率 = 耐火造建築件数 / 総建築件数

戦前住宅率 = 戦前住宅延べ床面積 / 総延べ床面積

宅地密度＝宅地面積／町丁目面積

65歳以上人口比率＝65歳以上人口／総人口

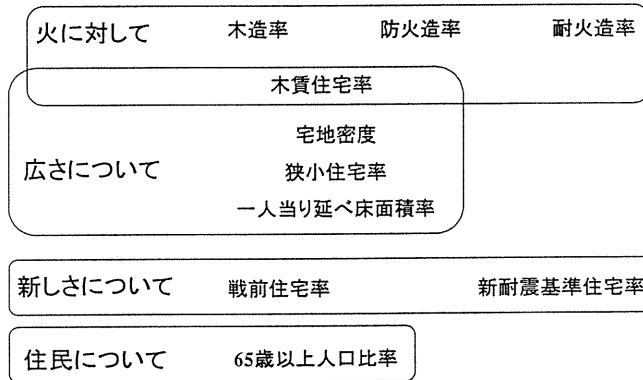
木賃住宅率＝木賃住宅延べ床面積／総延べ床面積

新耐震基準住宅率＝昭和56年以降住宅延べ床面積／総延べ床面積

狭小住宅率＝50㎡未満宅地面積／総宅地面積

一人当り延べ床面積率＝総住宅延べ床面積／総人口

市街地属性



各市街地属性と死亡率および焼死率の関係をプロットした。いくつかを図4-1に示す。

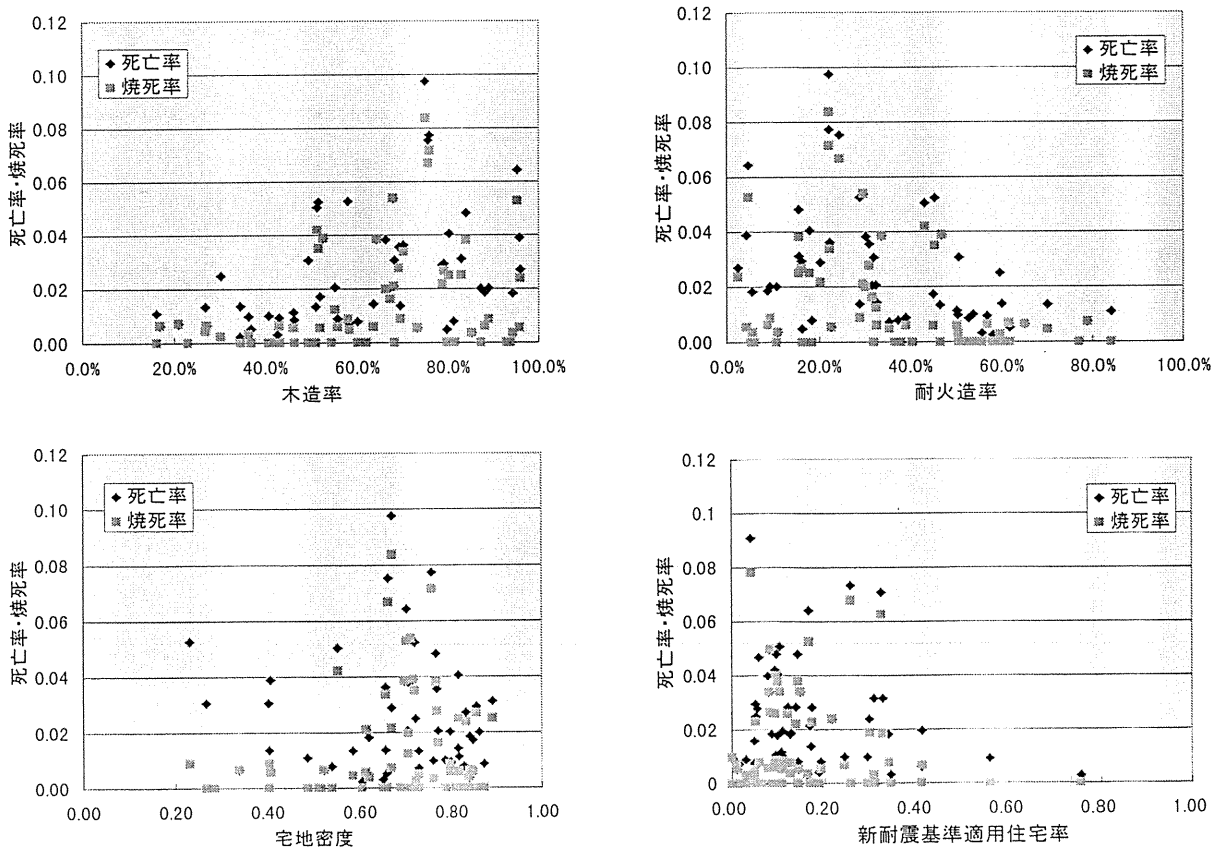


図4-1 各市街地属性と死亡率及び焼死率

いずれもばらつきがあり相関は低いものの、死亡率・焼死率と市街地属性との関係にはある程度の傾向が見られる。特に木造率，耐火造率，宅地密度，では約 50%。新耐震基準住宅率では約 40%を境に焼死率が高くなる傾向が見られる。

4.2.2. 大規模延焼火災地区と周辺地区の人的被害と市街地属性

3章で挙げた各延焼地区と周辺非延焼地区の死亡率及び焼死率と市街地属性データとの関係を各地区単位で算出し分析を行う。

選出した市街地属性の要素は戦前住宅率，65歳以上人口比率，木賃住宅率，新耐震基準住宅率，狭小住宅率，一人当たり延べ床面積率。

いくつかの各市街地属性と各地区の死亡率の関係を図 4-2 に示す。

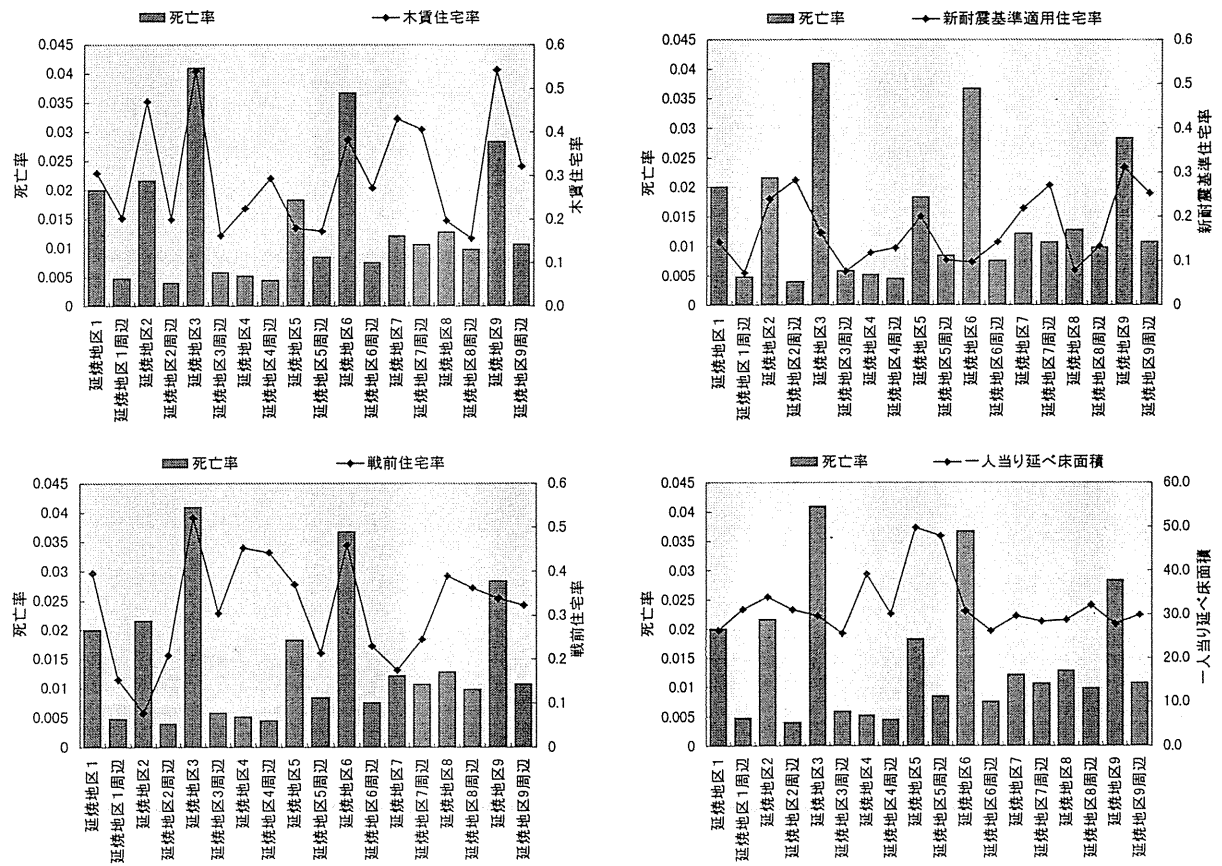


図 4-2 各市街地属性と各地区の死亡率

木賃住宅率，戦前住宅率において延焼地区がその周辺地区より大きな値を示す地区では延焼地区の死亡率が高くなる傾向を示している。

しかし，他の市街地属性と死亡率にはそれほど顕著な傾向は見られない。

4.2.3. 考察

木造率，耐火造率，宅地密度では 50%，新耐震基準住宅率では 40%を境に焼死率の高い町丁目が現れ，焼死率に対して閾値のようなものが見られる。都市の市街地属性を把握していれば，この値を参考に，今後の震災において地震後の延焼火災による犠牲者を減ずる有効な消防救急戦術が立て得ると考えられる。

3章において延焼地区 3, 5, 6 は出火後早い時刻に延焼が大きく拡大したことが示されたが，延焼地区 5 では，延焼地区 3, 6 に比べ焼死者が少なかった。これは延焼地区 5 では延焼地区 3, 6 に比べ木賃住宅率が低く，一人当り延べ床面積では高い値を示していることが影響していると考えられる。この結果から見ると，延焼地区 5 では戸建て住宅の比率が高く，居室のスペースにゆとりのある住宅が多かったため，地震動により転倒した家具等で閉じ込められることなく，比較的容易に避難が可能であったため，延焼による焼死者がそれほど発生しなかったと考えられる。

また 3章において延焼地区 1, 2, 3 は周辺地区よりも危険度の高い地区であると考えられたが，本研究であげた市街地属性では説明し得るにいたらなかった。

5章 焼死者数の統計と実際

5.1. 検案による統計上の焼死者数の問題点

これまで神戸市死体検案データを用いて焼死数や焼死率を分析してきた。しかし、検案での焼死者の中に実際には家屋の倒壊等により焼死以外の死因で死亡した後に、延焼に巻き込まれ遺体の損傷が激しく、検案で焼死とされた遺体が少なからず含まれていると考えられる。しかし、この犠牲者数の特定は行われておらず、どれだけ含まれるかは把握されていない。

この実際の焼死者数の把握により、より正確な焼死者発生の状況把握が可能となり、今後の震災対策にもより有効な知見を得ることができる。従って、この章では、焼死以外の死因で死亡した後に延焼に巻き込まれ検案で焼死とされた死亡者を除いた、実際の焼死者数を推定することを試みる。

5.2. 既往の研究による実際の焼死者数の推定

既往の研究として、アンケート調査から実際の焼死者数の推定が試みられている。

北後は日本火災学会兵庫県南部地震災害調査委員会市民行動調査WGが実施したアンケート調査を基に阪神・淡路大震災において焼失した地域における人的被害の実態とその原因を分析している。¹⁰⁾

その中で、焼失地域の低層住宅における死者発生状況が分析されている。

アンケート延焼火災となった地区とその周辺において行われており、その結果は1, 2階建ての家屋に地震発生時に在宅していた2,225ケース、そのうち焼失範囲内1,764ケース、焼失範囲周辺461ケースである。アンケート対象世帯における死者発生状況は表5-1に示される。

表5-1 地震時の在宅人数別世帯数と死者発生状況

各世帯の在宅者数	世帯数	在宅者数	死者が出た世帯数	死者1名	死者2名	死者3名	死者4名	火災による死者数	倒壊による死者数	原因不明の死者数	死者数計	家族が生埋めで火災
1名	418	418	1	1						1	1	2
2名	708	1416	29	29				3	19	7	29	17
3名	429	1287	28	25	3			13	17	1	31	17
4名	312	1248	20	15	4	1		8	16	2	26	10
5名	144	720	8	7	1				8	1	9	4
6名	57	342	9	6	2		1	3	10	1	14	6
7名	20	140	1		1					2	2	
8名	5	40	2	2						2	2	2
不明	132		6	5	1			2	3	2	7	4
合計	2225	5611	104	90	24	3	4	29	73	19	121	62

これから火災による死者は19名、焼失範囲内の世帯当たりで0.016人/戸となるが、死因不明の19名と死者の有無・死者数の無回答に焼死者が含まれると推測されるため、実際にはこれより多いと考えられる。

次に焼失範囲内外での死者発生状況の比較を行っている。

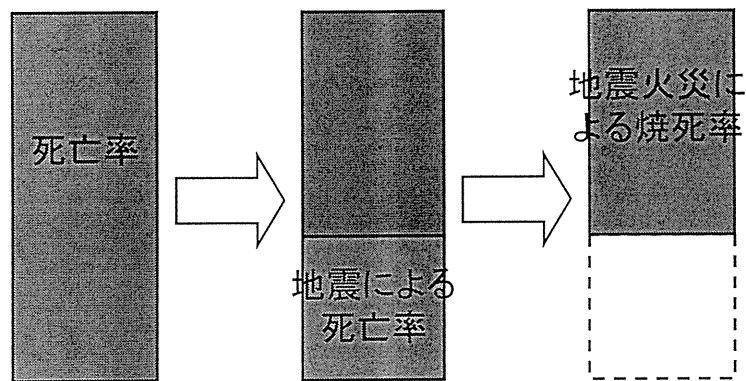
2,225戸で発生した死者121名のうち、焼失範囲内の死者数は107名、焼失範囲周辺では14

名である。世帯当たりではそれぞれ 0.061 人／戸，0.030 人／戸となる。焼失範囲内とその周辺で家屋の損壊状態が同程度であったとすれば，焼失範囲内の死者数の約半数に相当する 0.031 人／戸は火災によって発生したと考えられるとしている。

5.3. 重回帰分析による実際の焼死者数の推定方法の提案

北後の研究では焼失範囲内とその周辺で家屋の損壊状態が同程度である事を条件としているように，損壊程度が違えば推定は成り立たない。また，損壊程度だけではなく住宅や住民の分布状況も死亡率に影響すると考えられる。

しかし，北後の示すように焼失範囲内の地震による死亡率が分かれば，火災による死亡率の推定が可能となる。



従って，実際の焼死者数を推定するには延焼範囲内の地震による死亡者数を損壊程度だけでなく市街地属性も含めた条件でより正確に推定する事が必要である。

損壊程度だけでなく市街地属性も含めた条件で焼死者数を推定するために，重回帰分析による推定を試みる。

その手法としては非延焼地区において地震による建物倒壊等からの即時的な死亡率（以降圧死亡率）の推定式を重回帰分析により導き，この推定式から延焼地区における圧死率を求め，地震火災による焼死率を推定する事を試みる。

5.3.1. 全壊率と死亡率の関係

住宅の損壊程度と死亡者数の関係として，住宅全壊率と死亡率の関係に相関があることは良く知られている。¹³⁾

阪神・淡路大震災において被害の顕著であった神戸市6区の町単位でその関係を分析すると，高い相関が見られる（相関係数 0.72）。しかし，焼損棟数が2棟以上の延焼火災を市街地火災と定義し，町内での市街地火災の有無で2グループに分けそれぞれの相関係数を求めると（図5-1），

市街地火災なし：0.77 市街地火災あり：0.55

となり，町内に市街地火災地域のある町では全壊率の死亡率への説明量は減じている。

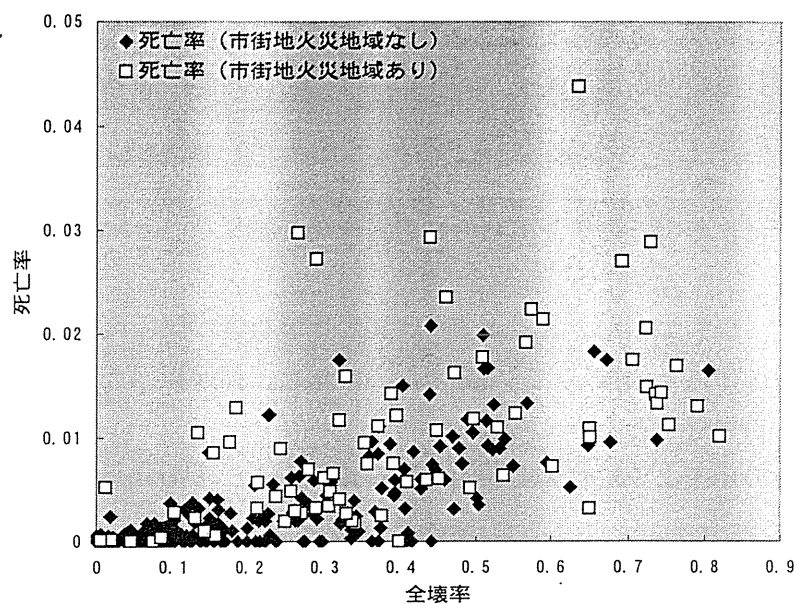


図 5-1 全壊率と死亡率

5.3.2. 重回帰分析による圧死率の推定の試行

被説明変数を圧死率とし，重回帰分析を行なう。被説明変数は全壊率と市街地属性の要素であり，全壊率以外の市街地属性の要素として，既往の研究を参考に以下の 6 つを選択した。

全壊率	= 全壊または大破棟数 / 全棟数
65 歳以上人口比率	= 65 才以上人口 / 人口
狭小住宅宅地専用面積率	= 50 m ² 以下住宅専用宅地総面積 / 住宅専用宅地総面積
新耐震基準適用住宅率	= 昭和 55 年以降建築住宅総延床面積 / 住宅総延べ床面積
戦前住宅率	= 昭和 20 年以前建築住宅総延床面積 / 住宅総延べ床面積
木質住宅率	= 木質住宅総延べ床面積 / 住宅総延べ床面積
一人当たり住宅延床面積	= 住宅総延べ床面積 / 人口

分析の単位は町丁目とし，分析の範囲は被災地のうちでも被害が甚大であった神戸市沿岸の 6 区（東灘区，灘区，中央区，兵庫区，長田区，須磨区）の火災の発生しなかった町丁目とする。

結果を表 5-2 に示す。

重相関係数が 0.59 となり相関は見られるものの，推定式として使用するには値しない結果となった。

仮にこの式を用いて延焼地区 1 及び 2 周辺の非延焼地区の圧死率を求めると次のようになる。

	延焼地区1周辺	延焼地区2周辺
推定圧死率	1.15	1.27
統計圧死率	0.69	0.42

表 5-2 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 R	0.589069001
重決定 R ²	0.347002288
補正 R ²	0.343414389
標準誤差	0.00696459
観測数	1282

分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	7	0.032838342	0.004691192	96.71460607	2.783E-113
残差	1274	0.061796025	4.85055E-05		
合計	1281	0.094634367			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	-0.000682121	0.000724857	-0.941042706	0.346861369	-0.002104164	0.000739921
全壊率	0.021141038	0.000826386	25.58251555	7.8757E-117	0.019519813	0.022762264
65歳以上人口比	0.007043918	0.003683311	1.912387394	0.056050569	-0.000182096	0.014269931
狭小住宅地専用面積率	-0.00047248	0.001207375	-0.391328363	0.695619975	-0.002841139	0.001896179
新耐震基準適用住宅率	-0.001093536	0.001232793	-0.887039428	0.375225091	-0.003512061	0.001324989
戦前住宅率	-0.002816567	0.001151782	-2.445400184	0.014603767	-0.005076162	-0.000556972
木賃住宅率	2.48582E-05	3.17824E-05	0.782137234	0.434279265	-3.74933E-05	8.72097E-05
一人当り延べ床面積	-1.46582E-05	6.28075E-06	-2.333825793	0.019759695	-2.69799E-05	-2.33644E-06

5.3.3. 考察

重回帰分析を用いて地震による死亡者数を求め、それにより焼死者数を推定する方法を試みたが、残念ながらこれまでに入手し得たデータでは良い結果は得られなかった。

しかし、この試行からは全壊率、戦前住宅物率、65歳以上人口比などの要因が、圧死率を説明する変数として比較的有効であると考えられる。

終章 おわりに

本研究では阪神・淡路大震災における多くの火災のうち、焼損面積が1万㎡を越える大規模な延焼火災による人的被害について、その発生状況と延焼した地区の市街地としての属性との関係について分析を行った。

3章では

延焼地区の延焼拡大状況の特徴と焼死者の発生状況から

- ・地震直後からの延焼の拡大が速い延焼地区では、焼死率が高く、延焼面積と累積焼死者数は似通った傾向で増加する。

- ・延焼速度の緩やかな延焼地区では、地震発生から時間が経つにつれ焼死者数の増加率が延焼面積の増加率より小さくなる。

ことが確認された。

これらから、延焼速度の緩やかな延焼地区では、家具による閉じ込めや家屋倒壊による生埋めがあっても、延焼から炎に囲まれる前に避難・救出活動が行われたと考えられる。

また、調査対象地区全体の焼死者の発生状況において、258名の焼死者の死亡時刻を推定し得た。その結果から、消火・救助活動等何らかの緊急対応によって救出されれば助かった可能性のあった人は

地震発生後約2時間の8時の時点で182名。(死亡時刻を推定し得た焼死者の約7割)

地震発生後約3時間の9時の時点で112名。(死亡時刻を推定し得た焼死者の約4割)

となり、地震後の延焼火災による焼死者数を減ずるには、やはり地震発生後の迅速な対応によるところが大きいと考えられる。

しかし、阪神・淡路大震災では地震直後に神戸市内で60件近くの火災が発生しており、すべてに対応することは既存の消防機関の能力を優に越えており不可能なことである。従って、被害を軽減するには近隣自治体の消防機関による支援また、被災した地域住民自らの自助努力が必要不可欠であると考えられる。

4章では

市街地属性と死亡率・焼死率の関係からは延焼地区内の町丁目において、その市街地属性の木造率、耐火造率、宅地密度では50%、新耐震基準住宅率では40%を境に焼死率の高い町丁目が現れるように、いくつかの市街地属性において焼死率に対して閾値のようなものが見られる。各消防機関においても、木造率や宅地密度の高い地域は危険な地域として認識されているであろうが、地域の市街地属性を把握していれば、これらの値を参考に地震後の火災による焼死の危険度の高い地域を再確認し、今後の震災時に有効な消防戦術が立てうると考えられる。

戦前住宅率、木賃住宅率、一人当たり延べ床面積などが延焼地区と非延焼地区での死亡率、焼死率の違いに影響を与えているようである。

これらの市街地属性から危険とされる地域には地域住民の地震後の火災に対する意識を喚起するためにも、行政等による警告、啓蒙活動が必要であると考えられる。

5章では

死亡率・焼死率には地震動による家屋の被災度だけでなく、様々な市街地の属性も影響していると思われたので市街地属性データを用いて重回帰分析により地震による死亡率の推定式を求め、実際の焼死率の推定を試みたが、残念ながら良い結果は得られなかった。

謝辞

大学 4 年次より建設省建築研究所に移られるまでご指導頂いた辻本誠博士，ならびに修士 2 年次より専門外であるにもかかわらず，快く指導教官を引き受けて頂きご指導頂いた河野守助教授に深く感謝いたします。

神戸市死体検案データをご提供頂いた愛知工業大学建部健治助教授，市街地属性データをご提供頂いた建設省建築研究所の北後明彦氏，糸魚川栄一氏に感謝の意を表します。

また，公私にわたり御助言をいただいた永井久也助手に感謝申し上げますと共に，地圏安全工学講座の仲間に感謝します。

あとがき

震災より 3 年が過ぎた現在に至っても，まだ多くの方が仮設住宅に身を寄せていらっしゃいます。阪神地区の 1 日も早い復興と阪神・淡路大震災で亡くなられた方々のご冥福をお祈りいたします。

参考文献

- 1) 消防庁：阪神・淡路大震災の記録，1996.
- 2) 西村明儒，井尻巖，上野易弘，小川裕美，龍野嘉紹，種子島章男，羽竹勝彦，菱田繁，福永龍繁，藤原敏，溝井泰彦，山本健二：被災死亡者の死体検案結果，外科治療，Vol.73，No5，1995.
- 3) 東京消防庁：兵庫県南部地震に伴う市街地大火の延焼動態調査報告書，1995.
- 4) 株式会社ゼンリン：ゼンリン住宅地図スターマップ神戸市，1994.
- 5) 厚生省：人口動態統計，1995.
- 6) 神戸市企画調整局企画部総合計画課：平成2年国勢調査結果，1991.
- 7) 総務庁統計局：平成5年住宅統計調査報告（その28兵庫県），1995.
- 8) 建設省建築研究所：平成7年兵庫県南部地震被害調査中間報告書，1995.
- 9) 建設省建築研究所：平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書，1996.
- 10) 北後明彦：焼失した地域における人的被害，火災，Vol.47，No3，1997.
- 11) 中平和孝，森俊洋，辻本誠，建部健治，上野易弘：阪神・淡路大震災における火災被害に関する研究（市街火災地域の人的被害について），火災学会，1997.
- 12) 神戸市消防局：阪神・淡路大震災における消防活動の記録，1995.
- 13) 日本火災学会：1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書，1996.
- 14) 森俊洋，大平久司，建部健治，辻本誠，上野易弘：地震時の緊急対応に関する研究（その3 阪神・淡路大震災による火災被害に関する分析），日本建築学会東海支部，1997.
- 15) 森俊洋，中平和孝，辻本誠，建部健治：阪神・淡路大震災における人的被害に関する研究（全壊率と死亡率の関係），日本建築学会，1997.

