

阪神・淡路大震災における西宮市の人的被害発生実態に関する研究

A Study on the Occurrence Mechanism of Human Casualty in Nishinomiya City due to the 1995 Great Hanshin-Awaji Earthquake

呂 恒僉¹, 小檜山雅之¹, 牧 紀男¹, 林 春男¹, 田中 聡², 西村明儒³

Hengjian LU¹, Masayuki KOHIYAMA¹, Norio MAKI¹, Haruo HAYASHI¹,
Satoshi TANAKA² and Akiyoshi NISHIMURA³

¹ 理化学研究所地震防災フロンティア研究センター

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, RIKEN

² 京都大学防災研究所

DPRI, Kyoto University

³ 滋賀県立医科大学

Shiga University of Medical Science

In order to reduce human casualties and to set up a correct estimation of death caused by earthquake, it is important to make clear the related factors effecting human casualty. This study focused on Nishinomiya City, which was one of the most heavily damaged city in the 1995 Hanshin-Awaji Earthquake Disaster and a construction of age and sex of the dead is investigated. The investigations prompted two conclusions: (1) The distribution of the earthquake mortality rate of the under-50-year-old age group exhibits a constant occurrence pattern of Weibull distribution, and that of the over-50-year-old age group exhibits an increasing occurrence pattern. (2) The high ratio of the aged living in relatively old houses is one of the reasons resulting in the higher mortality rate of the aged than that of the young.

Key Words : human casualty, 1995 Hanshin-Awaji Earthquake Disaster, Nishinomiya City, age, sex, Weibull analysis

1. はじめに

阪神・淡路大震災において発生した死者は、高齢ほど死亡率が高い傾向にある。同様な傾向は他の地震にもみられる¹⁾。その原因としては、高齢者の方が持久力・体力の衰えに加えて、老朽木造住宅に居住する割合が高いことが影響すると指摘されている²⁾。一方、統計調査³⁾によれば、老朽化住宅に住んでいる居住者の平均65歳以上の高齢居住者の比率が全世帯に比べてかなり高い。

一般に地震時の人的被害の発生は、建物の倒壊や火災など外力の強さ(ハザード)によるものの他、個人属性や居住している住宅の老朽化など個人の防災力の高さ(バルナラビリティー)にも影響される。地震災害では発災時のわずかな時間における人の意識状態や行動能力が被害の発生に大きく影響を与えることが考えられる。また、避難行動を制約する要因は、ゆれの強さや、環境など様々あるが、マクロ的に身体的能力からみれば、体力や機敏性に関連する性別と年齢があげられる。つまり地震時の人的被害の発生危険性は、主にハザードの面とバルナラビリティーの面に規定されるものと考えられる。

これまでの地震による人的被害に関する検討では、主に建物被害との関係について行っており、バルナラビリティーの面からの検討は必ずしも十分に行っておらず、個人属性による影響は必ずしも解明されていない。また、

老朽化住宅の居住率が高いことが高齢者の死亡率が高くなる一因であるという指摘についても、高齢者の老朽化住宅に居住している比率が高い統計結果³⁾の引用にとどまり、地震時の年齢層別の死者発生と老朽化住宅の関係について具体的な検証は見当たらない。

このような背景から本研究では、地震時の人的被害の予測、及び人的被害発生のシミュレーションに関する基礎資料を見出すために、地震による死者の発生に対する年齢と性別の影響に着目し、阪神・淡路大震災における死者発生の危険性と年齢、性別との関係について考察し、また、死者の年齢と死者が発生した建物の建築年数との関係について検討を行った。

2. 西宮市Built Environmentデータベースの作成

本研究で検討の対象地域としたのは、阪神・淡路大震災の最も大きな被害を受けた被災地の一つであり、また比較的詳細なデータが得られた西宮市である。検討に用いたデータは、主に①震災前の市全域における建物、構造物などを含む市街地デジタルマップデータ、②兵庫県の検視結果による死者データ、③建設省建築研究所の建物被害調査データ、④固定資産税台帳、及び⑤建物写真この5つのデータである。筆者らは、まず、1棟の建物

を単位として以上の5つのデータを1棟ごとにリンクし、リレーショナル化した Built Environment データベースを作成した。このデータベースの内訳及び作成手法については、文献4) においてまとめられている。

西宮市で発生した死者は、関連死を含めて1,108人(平成8年3月28日現在)に上っているが⁵⁾、本研究では、関連死が含まれていない兵庫県検視結果のデータを用いた。その内、性別、年齢が判明した死者数は、表1に示す981人である。

表1 性別、年齢別死者数

年齢	男性	女性	計
5才未満	13	10	23
5~9	19	16	35
10~14	15	18	33
15~19	11	13	24
20~24	30	37	67
25~29	10	23	33
30~34	10	11	21
35~39	14	16	30
40~44	12	22	34
45~49	14	31	45
50~54	24	46	70
55~59	37	36	73
60~64	40	46	86
65~69	36	62	98
70~74	32	57	89
75~79	19	50	69
80~84	28	61	89
85~89	17	26	43
90~94	2	11	13
95才以上	2	0	2
不明	0	4	4
合計	385	596	981

3. 死者発生と性別、年齢の関係

(1) 検討手法

本研究では、個人の身体的なバクナラビリティを推定するために、ワイブル解析により阪神・淡路大震災における西宮市の死者発生の危険性と性別、年齢の関係について考察を行う。それと平常時との比較を行った。

ワイブル解析は、信頼性工学において材料の破壊や機器故障の発生などの分布状況、材料や機械などの脆弱性に対して分析できる手法の一つである⁶⁾。

ワイブル分布の故障分布関数は次式で与えられる。

$$F(t) = 1 - \exp\left[-(t - \gamma)^m / \eta\right] \quad (t \geq \gamma, m > 0, \eta > 0) \quad [1]$$

ここに、 m ：形状パラメータ

η ：尺度パラメータ

γ ：位置パラメータ

上式において t は故障発生の時点であり、 $F(t)$ を累積故障率関数とした場合に、位置パラメータ γ は、故障が発生し得る開始時点の値を示す。すなわち、 γ は同一分布パターンを示す最初の時点となる。尺度パラメータ η は、分布の尺度の単位を規定するものである。したがって、形状パラメータ m がその分布形に本質的な意味を有

するものであり、 m の値に応じて、故障発生の危険性と時間との関係は以下の3つに分類される。

$m < 1$ ：初期故障型→故障減少型

$m = 1$ ：偶発故障型→故障一定型

$m > 1$ ：摩耗故障型→故障増加型

人間の死亡に関してもワイブル関数が適応されることが知られている。式[1]において t 、 $F(t)$ をそれぞれ死者の年齢、累積死亡率関数と置き換えた場合には、 γ と η はそれぞれ同一分布パターンを示す年齢層の最初の年齢値と、年齢階級の尺度の単位を規定するものである。 m は死者発生の危険性と年齢層との関係を規定するものとなり、 m の値によりそれぞれ死亡率減少型 ($m < 1$)、死亡率一定型 ($m = 1$)、死亡率増加型 ($m > 1$) のような3つのパターンがある。本研究では形状パラメータ m に注目し、 m 値により各年齢層の死者発生の確率の形態の判別を試みる。また、 m 値の変化により年齢に伴う死者発生のメカニズムの変化を明らかにすることが可能であると考えた。

(2) 年齢別の死亡率に対する地震時と平常時の比較

図1は各年齢の平常時死亡率と地震時死亡率のワイブル分布である。

平常時の死者発生の年齢分布について検討を行うのに際しては、1994年における日本全国の各年齢の平均死亡率⁷⁾を平常時の死亡率として用いた。1994年には日本において大きな人的被害をもたらした自然災害、あるいは偶発事件が発生しなかったため、この年の平均死亡率は、阪神・淡路大震災発生と同時期の平常時の死亡率を代表し、その解析結果は自然状態における死者発生に関する各年齢のバクナラビリティを反映するものであると考えられる。

ワイブル解析にあたっては、まず、死亡率の分布傾向が変化する年齢(以下転換点という)を以下のように求めた。

- ①ワイブル確率紙にあわせて横軸の年齢 t を $\tau = \ln(t)$ 、縦軸の累積死亡率 R を $\rho = \ln \ln(1/(1-R))$ に換算し、線形軸グラフの上にプロットする。
- ②線形軸グラフ上のプロット点 (τ, ρ) について各年齢ごとに、その年齢以下の年齢層とそれ以上の年齢層とに分けてそれぞれ線形回帰分析を行い、決定係数を求める。
- ③決定係数の和が最大となる年齢を転換点として決定する。

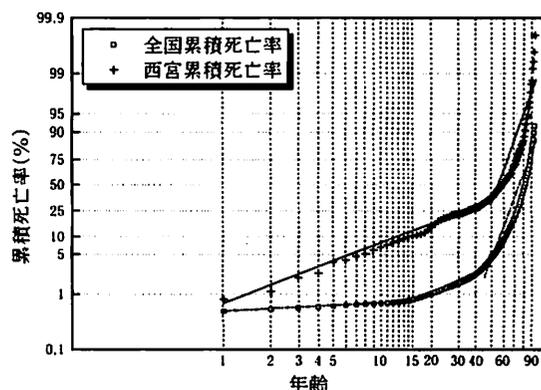


図1 平常時と地震時の死亡率ワイブル分布

表2 平常時の死亡率に対するワイブル解析結果

年齢層	m	η	γ
15歳以下	0.16	4.23×10^{14}	1
15~45歳	1.22	894.3	15
45歳以上	6.25	85.4	45

平常時の死亡率と年齢の関係では予想された通り3つ分布パターンが表れている。15歳以下の年齢層では、 m 値(0.16)が1よりかなり小さいため、この年齢層では成長に伴って死亡率が低下していく死亡率減少型の分布を示している。15歳から45歳の年齢層では、 m 値が1.22であるため、ほぼ死亡率一定型、つまりこの年齢層における死者発生の確率はほぼ同程度であるとみることができる。45歳以上の年齢層では、 m 値が6.25になり、15歳から45歳の年齢層よりかなり大きくなっている。すなわち、平常時の場合には、45歳以上になると、自然老化などの原因に伴い死亡率が急激に高くなる。

以上まとめると、1994年のわが国の死亡データは15歳、45歳をそれぞれ分布の転換点とするワイブル分布に従う傾向がはっきりとみてとれる。

表3 地震時の死亡率に対するワイブル解析結果

年齢層	m	η	γ
50歳以下	1.09	110.7	1
50歳以上	4.13	64.5	50
15歳以下	1.00	146.2	1
15~45歳	1.17	100.3	15
45歳以上	3.80	63.6	45

地震時と平常時の死亡率の相違を比較するため、地震時の死亡率に対して平常時と同様な解析を行った。その結果、地震時の死亡率と年齢の関係については50歳を転換点とする2つの分布パターンしか見出せなかった。50歳以下の年齢層では m 値が1.09と1にかなり近く、死亡率一定型に属し、この年齢層にある人はほぼ同程度の被災確率を有するものとみなすことができる。50歳以上になると、 m 値が4.13になった。すなわち、50歳以上の年齢層では、分布パターンが死亡率増加型に転換し、加齢に伴って死亡率が増加する傾向を示している。

地震時と平常時の死亡率の相違については、15歳以下の年齢層では、平常時の死亡率減少型に対し、地震時には死亡率一定型に変わっている。15歳から45歳の年齢層では、平常時と地震時の m 値がそれぞれ1.22と1.17、2つの分布とも概ね死亡率一定型になっている。45歳以上の年齢層では、平常時と地震時とも死亡率増加型になっている。しかし、年齢の増加に伴う死亡率の増加は、地震時($m=3.80$)よりも平常時($m=6.25$)の方がより大きい。

以上の比較から、15歳以下の年齢層では、他の年齢層に比べて地震時と平常時の分布パターンの差異が最も大きく、すなわち、平常時に成長につれて死亡率が低下するこの年齢層の死亡率は、地震時の死亡率一定型に変化し他の年齢層に比べて地震により最も大きく影響を受けている。15歳から45歳の年齢層では、平常時と地震時とも死亡率一定型になっており、ほぼ同様な分布パターンを示している。45歳以下の地震時の死者は主に建物倒壊などの偶発要因によるものが見られる。

これに対して45歳以上の年齢層における死者発生の確率は、地震時に比べて平常時の方がより高い傾向を示

している。このことについては、平常時の死亡率分布は自然老化を強く反映するのに対し、地震による死者は建物倒壊などの偶発要因が大きいため、偶発故障型の死亡率一定型に近いものと考えられるが、老化につれて体力、機敏性などの身体機能の低下、また老朽化住宅に居住している比率が高いなどの原因により、分布パターンが死亡率増加型になっていると考えられる。

(3) 地震時の死者発生と性別、年齢の関係

地震時の男女別死亡率のワイブル分布が図2である。ワイブル解析にあたっては、前述した方法により転換点を求めた。求められた転換点は、男女とも50歳であった。ワイブル解析の結果を表4に示す。

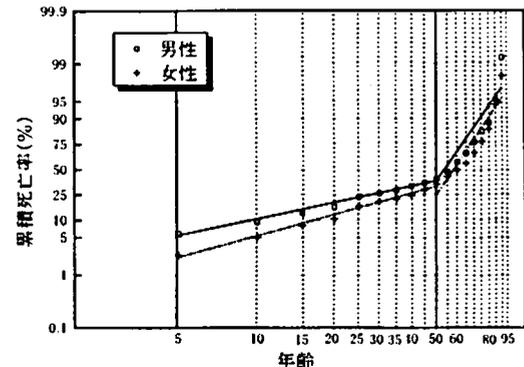


図2 男女別の死亡率ワイブル分布

表4 男女別の死亡率ワイブル解析結果

性別・年齢層	m	η	γ	
男性	50以下	0.96	106.8	5
	50以上	4.69	62.2	50
女性	50以下	1.24	105.9	5
	50以上	4.91	64.7	50

図2に示されるように、男女とも50歳以下と50歳以上の2つの異なる分布パターンが現れている。男性の場合、50歳以下の年齢層では、 m 値(0.96)がほぼ1に等しいため、死亡率一定型の分布パターンに属する。すなわち、この年齢層における各年齢の死者は、ほぼ同程度の被災確率を有するとみることができる。しかし、50歳以上になると、 m 値が4.69になって死亡率増加型に転換し、年齢の増加に伴って死亡発生の確率が高くなる傾向を示している。女性の場合も、50歳以下の年齢層では、 m 値が1.24で、死亡率一定型の分布パターンに近い。50歳以上の年齢層では、 m 値が4.91まで大きくなり、男性の場合と同様に死亡率増加型に転換し、年齢の増加につれて被災確率が大きくなる傾向を示している。

男女間の分布を比較すると、50歳が分布パターン変化の転換点となることと、50歳以上の年齢層で死亡率がより高くなることは、男性と女性の共通点である。 m 値の比較により、男性と女性の分布はほぼ同様なパターンであるが、地震による死者発生の確率は、各年齢層とも男性より女性の方が若干大きい。

4. 死者の年齢と死者発生の地域分布の関係

高齢の死者の発生は建物の倒壊などによるほかに、心

筋梗塞やショックなどの原因があるため、若い年齢層の死者に比べて被災原因がより複雑多様と思われる。このことから死者発生の地域分布に関して、若い年齢層の死者は建物被害率の高い地域に集中し、高齢死者はより広域的に分布するという仮説が考えられる。そこで、前章の検討結果に基づき、男女別に50歳以下とそれ以上の死者を分けて、各グループの死者発生の地域分布に対して考察し、上述した仮説の検証を試みた。

西宮市の市街地分布状況については、図3の建物分布状況に示すように、山陽新幹線以北の地域は六甲山系に属する山間部であり、建物が少ない。また、南部の臨海地域も建物が比較的少なく、市街地と人口は阪神電気鉄道と山陽新幹線の間の比較的狭い地域に密集している。

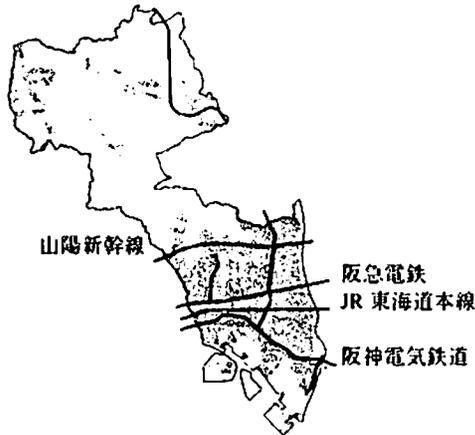


図3 西宮市の建物分布状況

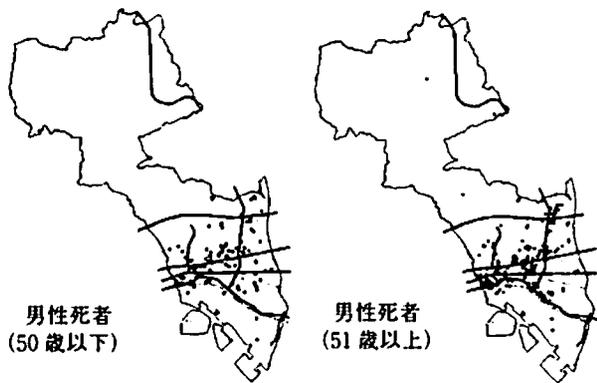


図4 年齢層別の男性死者の発生地域分布

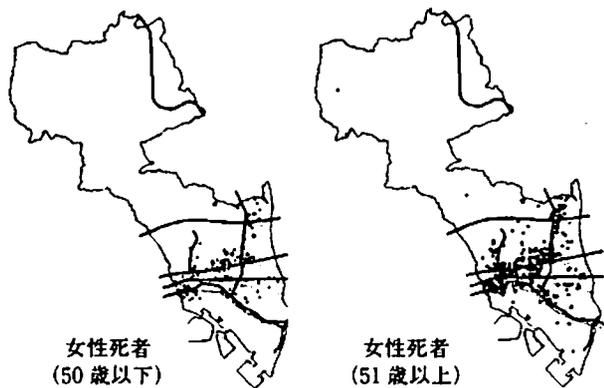


図5 年齢層別の女性死者の発生地域分布

死者発生の地域分布について、各性別、年齢別グループの死者発生の地域分布をそれぞれ図4と図5に示す。各グループの死者数及び被災地点数を表5に示す。図4と図5から、西宮市の死者発生は、各グループともほぼ市街地の全域にわたって分布していることが分かる。したがって、死者発生の地域分布については年齢層に関して明瞭な差異がみられない。

次に、西宮市における死者の被災原因、建物の被害分布状況などを加えて検討を行った。

図6⁸⁾に示されるように、西宮市における建物被害は市街地に集中している。市街地ではほぼ全域にわたって全壊率10%以上に上り、阪神西宮駅からJR西宮駅を経て阪急西宮北口駅の市街地中心部では建物全壊率が50%を超えている。

表5 性別・年齢層別の死者数と被災地点数

性別	50歳以下		51歳以上	
	死者数	地点数	死者数	地点数
男性	146	123	235	233
女性	197	157	395	374

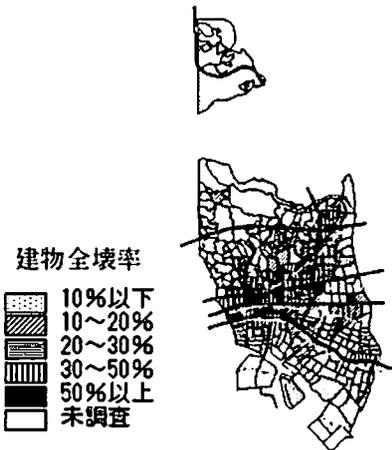


図6 建物被害分布状況⁸⁾

そこで、地域の建物被害レベルと死亡率のワイブル分布の関係を明らかにするために、町丁目の全壊率50%以上の地域と50%未満の地域における死亡率の分布について比較を行った。全壊率50%以上の地域とそれ以外の地域における年齢別の死者数を表6に示す。これに対するワイブル解析の結果を表7に示し、累積死亡率と年齢の関係を図7に示す。

表6 全壊率50%以上とそれ未満の地域の死者数

年齢	全壊率50%以上	全壊率50%未満	合計
0~10	13	45	58
11~20	11	46	57
21~30	12	87	99
31~40	11	38	49
41~50	14	65	79
51~60	20	124	144
61~70	36	145	181
70以上	57	245	302
不明	0	4	4
合計	174	799	973

表7 建物被害レベル別のワイブル解析結果

建物全壊率	年齢層	m	η	γ
50%以上	50歳以下	0.92	140.50	5
	50歳以上	4.62	64.42	50
50%未満	50歳以下	1.14	103.78	5
	50歳以上	4.40	63.84	50

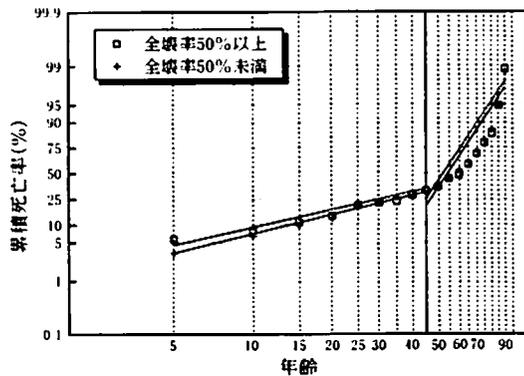


図7 被害レベル別の死亡率ワイブル分布

ワイブル解析の結果は、建物被害レベルによる死亡率分布の差がほとんどなく、ほぼ同様なパターンで分布している。

また、死者の被災原因については、西宮市における死者の死因は以下の5つに大別される。

- ① 圧死、圧迫死、圧迫による臓器損傷
- ② 圧迫による窒息死、窒息
- ③ 圧挫、挫傷、打撲、骨折
- ④ 焼死、火焰による窒息、圧死及び焼死
- ⑤ 心不全、肺炎、ショック、凍死

各死因別の性別、年齢層別の死者数を表8に示す。死因⑤の死者数は他の死因による死者数に比べて極端に少ない。死因④による焼死者数も、西宮市で大規模延焼火災が発生しなかったため、比較的少ない。一方、死因①、死因②、死因③のような直接物理的な打撃による死者数は全体の96%以上に上っている。

以上より、西宮市では市街地と人口が比較的狭い地域に集中しており、その市街地のほぼ全域にわたって高い建物全壊率が発生し、主に直接物理的な打撃によって死者が発生したため、死者発生の地域分布について年齢層に関して明瞭な差異が生じなかったものと思われる。

ただし、以上の検討には西宮市において発生した100

人以上の関連死が含まれていないため、死者の年齢層と地域分布との関連性が存在しないという結論はまだ出せない。今後、関連死に関するデータを含めるほか、対象地域を拡大するなどによりさらに検討する必要がある。

5. 死者発生と建物建築年数の関係

老朽化住宅に住んでいる居住者の中では、全世帯に比べて高齢居住者の比率が高いことが統計調査³¹⁾により明らかになっている。村上・宮野¹⁾、村上²⁾は多くの高齢者の老朽化住宅への居住が地震時の高齢者の死亡率が高い原因の一つであると指摘している。しかし、この関係について具体的なデータにより実証した例は見当たらない。そこで、西宮市のデータを用い、死者の年齢と死者の発生した建物の建築年数との関係について検証を行う。

西宮市における死者について、973人の死者が711棟の建物で発生したことが Built Environment データベースから確認された。また、この711棟の建物のうち、454棟(死者数625人)の建物の建築年数が固定資産税台帳より判明した。死者発生と建物建築年数の関係について、この454棟の建物とそこで発生した625人の死者のデータを用いて検討を行う。

一般的に建物老朽化の程度をマクロ的に評価する指標の一つとして、建築年数が多く用いられている。文献9)では神戸市の一部の地域の建物の建築年数と被害程度の関係について、建築年数が短いほど無被害率が高く、逆に建築年数が長いほど全壊率が高くなり、建築年数と建物被害程度の間高い相関関係を有することが明らかになっている。西宮市の場合について建築年数別の建物被害率を調べた結果を図8に示す。建築年数が長くなるほど全壊率が高くなり、神戸市と一致した結果が得られた。これより、検討の際には建築年数を建物老朽化程度の評価指標とした。

一方、地震による建物の被害は、建物の老朽化が進むほど被害発生率が高くなるため、老朽化した建物に住む人の死者発生の確率も高くなることが考えられる。図9で示されるように、建築年数が判明した454棟の建物と625人の死者の関係については、建築年数35年~45年の建物は棟数が少ないため死者数も少なかったが、全体的な傾向としては建築年数が長いほど死者が多発している。

また、死者の年齢と建物の建築年数の関係については、図10に示されるように、建築年数50年以上の建物で発生した死者は、50歳以下の死者が少なく、51歳以上の死者がかなり多いことが分かる。

表8 死因別の死者数

死因	男性		女性			合計 (人)	比率* (%)
	50歳以下	51歳以上	50歳以下	51歳以上	年齢不明		
①圧死、圧迫死、圧迫による臓器損傷	93	129	126	243	2	593	62.55
②圧迫による窒息死、窒息	28	53	47	87	1	216	22.78
③圧挫、挫傷、打撲、骨折	19	32	20	32	1	104	10.97
④焼死、火焰による窒息、圧死及び焼死	6	4	4	9	0	23	2.43
⑤心不全、肺炎、ショック、凍死	1	5	0	6	0	12	1.27
記載なし	5	10	5	13	0	33	
合計	152	233	202	390	4	981	100

*：記載なしを除いた比率

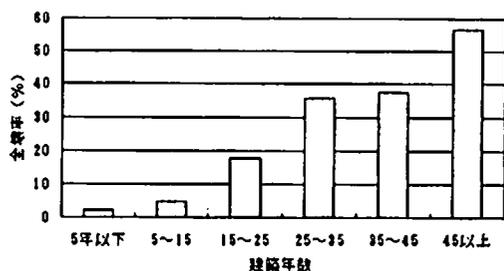


図8 建築年数別の建物全壊率

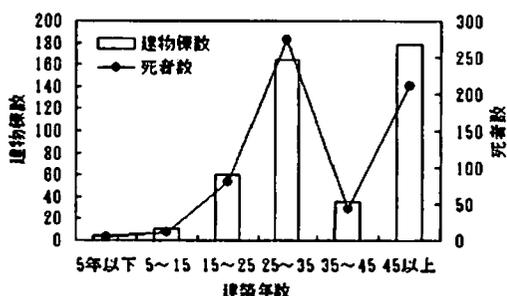


図9 建物建築年数と死者数

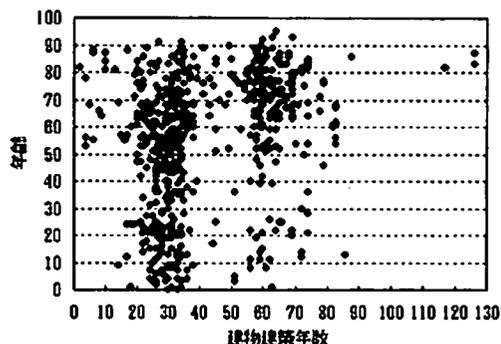


図10 死者年齢と建物建築年数の関係

次に、年齢層別の死者が住んでいた建物の平均建築年数について、統計上の有意差検定により比較を行う。

年齢層の分け方については、3章のワイブル解析結果に基づき、死者を50歳以下と51歳以上の2つの年齢層に分けた。各年齢層に対する平均建築年数、標準偏差値を表9に示す。51歳以上の年齢層における建物の平均建築年数は、50歳以下の年齢層より約9年も古い。

表9 年齢層別の死者数と平均建築年数

年齢層	死者数	平均建築年数	標準偏差
50歳以下	221	35.26	14.22
51歳以上	404	44.03	19.96

また、各年齢層について、建築年数が表9に示される平均、標準偏差を持つ正規分布に従うと仮定し、2つの年齢層に対する平均建築年数の差を検定したところ、危険率0.1%で有意差を生じている ($t(623)=6.36$, 両側検定)。

以上の検討結果より、少なくとも西宮市では、51歳以上の死者が比較的古い建物に居住していた比率が高く、50歳以下の年齢層に比べて51歳以上の年齢層の死亡率がより高い一因となっていると考えられる。

6. まとめ

本研究では、阪神・淡路大震災に際して西宮市で発生した死者の規定因として、性別、年齢などの個人属性、及び老朽化住宅が死者の発生に与える影響について検討を行った。得られた結果は次のようにまとめられる。

- ①地震時の年齢層別の死亡率の分布状況をワイブル解析により平常時と比較し、次の点を明らかにした。平常時には、15歳以下の年齢層では、死亡率減少型となり、15歳から45歳の年齢層では、死亡率一定型、45歳以上の年齢層では、死亡率増加型の分布をしている。一方地震時では、50歳以下で死亡率一定型、50歳以上で死亡率増加型の傾向を示した。50歳以下の年齢の死亡が強力な外力による偶発的なものであることが示唆される。一方、50歳以上では加齢に伴う死亡率の増加傾向が示された。しかし、平常時の死者発生の確率に比べて地震時の確率がより低い傾向を示していることは着目すべき点である。
- ②地震による死亡率は、男女ともおよそ50歳が転換点となり、50歳以下の年齢層では死亡率一定型、50歳以上の年齢層では、死亡率増加型の分布をしている。また、50歳以下、50歳以上の年齢層とも男性より女性の方の死者発生の確率が若干大きいことが明らかとなった。
- ③関連死を除く死者発生の地域分布について、年齢層間には明瞭な差異が見られなかった。
- ④死者の年齢と建物の建築年数の関係については、古い建物で死者が多発していること、高齢者が古い建物に住んでいた比率が高いことから、老朽化住宅への居住が高齢者の死亡率が高くしている一因であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 村上ひとみ・宮野道雄：1995年兵庫県南部地震の人的被害分布、被害統計にみる特徴、日本建築学会学術講演梗概集、pp.95-96、1995。
- 2) 村上ひとみ：1995年阪神・淡路大震災における構造物倒壊と人的被害の要因分析、平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証、平成7年度文部省科学研究費(総合研究A)研究成果報告書(課題番号07300005) pp.5-52-5-59、1996。
- 3) 建設省住宅局住宅政策課：図説日本の住宅事情、改訂版、ぎょうせい、p.254、1993。
- 4) 牧紀男・呂恒俊・田中聡・橋寺晋・西村明儒・林春男：阪神・淡路大震災の建物被害データベース構築に関する研究、1998年地域安全学会論文報告集、No.8、pp.78-83、1998。
- 5) 兵庫県(財)21世紀ひょうご創造協会：阪神・淡路大震災復興誌【第一巻】、p.59、1997。
- 6) 眞壁 肇：信頼性工学入門、日本規格協会、pp.97-124、1998。
- 7) 厚生省大臣官房統計情報部：平成6年簡易生命表、pp.14-17、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最終報告書、第1編、中間報告書以降の調査分析結果、1996。
- 9) 阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告書、建築編-4、木造建築物・建築基礎構造、3.5、灘区、pp.41-53、1998。

(原稿受付 1999.6.25)