

阪神・淡路大震災の神戸市内におけるアンケート震度および社会的脆弱性が建物被害や直接死者数に及ぼす影響に関する確認的研究

Confirmatory Study on Association of Death Toll with Building Damage, Social vulnerability, and Seismic Intensity in 1995 Kobe Earthquake

松本 亜沙香¹, 立木茂雄²
Asaka MATSUMOTO¹ and Shigeo TATSUKI²

¹同志社大学大学院社会学研究科

Graduate School of Sociology, Doshisha University

²同志社大学 社会学部

Department of Sociology, Doshisha University

This paper shows analysis of causal model that put mortality as dependent variable and put age, household income, and total collapse percentage of houses as explaining variable in Higashinada-ward, Nada-ward, Hyogo-ward, Nagata-ward, and Suma-ward in the 1995 Kobe Earthquake. As a result, we notice the causes of accrual of death toll are different in each wards. For example, in Higashinada-ward, household income under 2 million yen and over 10 million yen affect the death.

Keywords: death toll, the 1995 Great Hanshin-Awaji Earthquake, social vulnerability, seismic intensity

1. はじめに

本稿では、阪神・淡路大震災における家屋被害や人的被害（死者）に、脆弱性やハザードがどのように影響を与えていたのかを計量的に明らかにする。

西村ら（1995）によれば、震災の直接死者は、そのほとんどが家屋倒壊による圧死や窒息死で、震災の発生から約15分以内に死亡していると推定されており、すなわち即死であったと考えられる¹⁾。

震災の直接死者に関する先行研究では、年齢や性別といった基本的な属性には着目してきたものの、所得や経済階層との関連性についてはほとんど研究されていない。

碓井（1997）は、区によって年齢別死者分布が異なることを述べた。特に長田区では高齢死者数比率が高く、東灘区では高齢死者比率が低く若年層死者比率が高いという東西差が見られることを指摘している。また、長田区には建築年の古い狭小な長屋や低層集合住宅が密集しており、東灘区には比較的建築面積の広い住宅が立地しているゆえに居住者が年齢別に際立って集中居住していなかった等の区の特徴が、死者の年齢比率に関与していると考えられると述べている²⁾。

1995年に行われた藤江らによる一部遺族へのアンケート調査では、低所得者層に犠牲者が多いとは必ずしも言えず、東灘区・灘区・須磨区では、他区に比べて相対的に高所得層の犠牲者が多いといったことを記述している³⁾。

熊谷ら（1996）は、市区によって死亡者の年齢・性別・居住建物構成比や死因等の特徴を記述している。例えば、東灘区では建物の倒壊による窒息・圧死が約87%と圧倒的に多く、長田区では焼死・熱傷が約33%と他区に比べて多いことを指摘している。灘区においては、低

層建物の集合住宅（長屋、文化住宅など）において、多くの犠牲者が出ていることを述べた。また、町通を分析単位とし、建物の全壊棟数率・火災被害棟数率・65歳以上人口比率・狭小住宅地専用面積率・新耐震基準適用住宅率・戦前住宅率・木質住宅率・1人当り住宅延べ床面積を死亡者発生率の要因として、相関を分析した。その上で、死亡率を従属変数、前述の要因を説明変数として重回帰分析等を行った。その結果、建物被害と死亡者発生には強い関連があることや、狭小住宅は住宅同士が支えあって圧壊しにくく、死亡者発生率を低下させる傾向にあること等が分かった。しかし、社会的脆弱性や外力は分析に含まれておらず、神戸市全体についての分析しか行っていないため、区による要因は分からない⁴⁾。

以上から、現在までのところ、死者数に及ぼす社会的脆弱性およびハザード要因の関連性を実証的に明らかにした研究は存在していない。

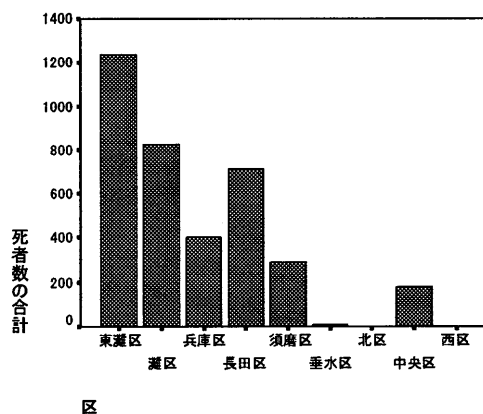


図1 神戸市における区別の死者数

そこで、本研究では、1995年の阪神・淡路大震災における神戸市内の町通単位の死亡率を従属変数とし、東灘区、灘区、兵庫区、長田区、須磨区の6区について、年齢、世帯収入、住宅全壊率、ハザード等を説明変数とする町通単位の因果モデル分析を行い、地震における死者発生に及ぼす社会的脆弱性やハザード要因の関連性を実証していく。

なお、図1は震災における区別の直接死者数を示したものである。垂水区、北区、西区の3区は極めて死者数が少なく、分析を行うことが困難であったため、本研究の分析から除外した。

2. 研究方法

(1) 使用したデータ

本研究では、①阪神・淡路大震災による直接死者数（西村明儒・宮野道雄らによる¹⁵⁾）を国勢調査の町通単位の人口総数で割ることで求めた死亡率を従属変数とし、②収入階級別指数データ（平成2年国勢調査⁶⁾と平成5年住宅統計調査⁷⁾から算出）、③年齢別比率・民営借家率（平成2年度国勢調査結果による）、④町通単位の住宅全壊率、火災損傷率の統計、⑤アンケート震度（神戸大学兵庫県南部地震アンケート調査分析グループによる）を小山・太田（1998）の略算変換式によって変換したものを⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾を説明変数として用い、要因間の因果関係を構造方程式モデルを用いて検討する。

(2) 分析の単位

分析の空間的単位として、町丁目が最も細分化し得るものであったが、熊谷ら（1996）は、それぞれの町丁目特有の市街地条件等の社会的要因や事象に引きずられる等のおそれがあったため、町通を分析対象の空間的単位とした。本研究も、熊谷らの方法に準拠し、町通を分析の単位とした。

(3) 住宅全壊率・火災損傷率

本研究では、建設省建築研究所と神戸大学の協力によって作られた「平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書¹¹⁾」に記載されている町丁目単位の住宅の全壊率や火災損傷率を、町通単位に修正して分析に用いた。

(4) 脆弱性と外力指標

災害は、「脆弱性」と「外力（ハザード）」の関数として定義される（Wisner, Blaikie, Cannon, Davis, 2005, p.10）¹²⁾。

脆弱性とは、「外力によって傷つけられる可能性の高さ」を示す。高齢者の多い世帯や、低所得層の世帯は老朽化した住宅に住んでおり、老朽化した建物は外力に弱く人的被害が出やすい。また、民営借家（集合住宅）で被害が出れば戸建住宅よりもより多くの人的被害が出る。このような仮定のもとに、本研究ではその指標として収入階級別世帯指数（次項で説明する）や年齢別人口比率、民営借家率を用いた。

外力とは、本研究の場合、「地震による揺れ」であり、その指標として神戸大学兵庫県南部地震アンケート調査分析グループ（1996）による「アンケート震度」を用いた。アンケート震度とは、地震動強さの推定手法であり、質問紙による地震動強さの評価手法である。データは当

該の町通単位に集約された結果を用いている。アンケートによる震度調査の基本的な概念の一つとして、1票のアンケートでは信頼できなくても、一定以上の票数が集まり、かつ、それらが一定の値に集中してくるようであれば信頼できるようになるという考えがある。建物の倒壊率を従属変数とし、アンケート震度を説明変数とした、町丁目単位の回帰分析結果と町通単位の結果を比べると、町丁目単位の調整済み決定係数が.304（ $p<.001$ ）であるのに対し、町通単位の調整済み決定係数は.356（ $p<.001$ ）であり、町通単位に集約した方が信頼性が高いものと考えられる。

(5) 収入階級別世帯指数

収入階級別世帯指数は、平成5年住宅統計調査結果において市区町村単位で公開されている収入階級区分を町通単位に比例按分したものである。以下、東灘区を実例として、町通単位の年間収入階級別世帯指数の求め方について説明していく。

表1 東灘区の世帯の年間収入階級（7区分）×住宅（5区分）別世帯数

世帯の年間収入階級(7区分)	世帯総数	持ち家	公営・公団・公社の借家	民営借家	給与住宅	同居世帯・住宅以外の建物に居住する世帯
総数	74340	32700	5260	27830	5370	230
200万円未満	10160	2590	780	6700	60	20
200～300万円	7850	2560	890	4110	200	90
300～400万円	8500	3150	1040	3930	350	10
400～500万円	8180	3120	830	3480	730	20
500～700万円	11770	5650	980	3910	1210	30
700～1000万円	10490	6910	430	2170	930	50
1000万円以上	9910	8020	50	1000	820	20

表2 東灘区の世帯の年間収入階級（7区分）、住宅（5区分）別世帯の割合（%）

世帯の年間収入階級(7区分)	世帯総数	持ち家	公営・公団・公社の借家	民営借家	給与住宅	同居世帯・住宅以外の建物に居住する世帯
計	100.00	43.99	7.08	37.44	7.22	0.31
200万円未満	13.67	3.48	1.05	9.01	0.08	0.03
200～300万円	10.56	3.44	1.20	5.53	0.27	0.12
300～400万円	11.43	4.24	1.40	5.29	0.47	0.01
400～500万円	11.00	4.20	1.12	4.68	0.98	0.03
500～700万円	15.83	7.60	1.32	5.26	1.63	0.04
700～1000万円	14.11	9.30	0.58	2.92	1.25	0.07
1000万円以上	13.33	10.79	0.07	1.35	1.10	0.03

表1は東灘区における年間収入階級7区分と住宅種類5区分のクロス集計から求められた世帯数である。

表2は東灘区の世帯の年間収入階級7区分と住宅の種類5区分のクロス集計結果を割合で表示したものである。年間収入階級7区分と住宅の種類5区分からなる35の各セルについて当該の世帯割合 P_{ij} を求めたものが表2である。 P_{ij} の算出は式(1)の通りである。

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{b} \quad (i=1\cdots 5, j=1\cdots 7) \quad \cdots (1)$$

a_{ij} : 区単位の、収入階級と住宅別の世帯数（住宅統計調査のデータ）

i : 1=持ち家

2=公営・公団・公社の借家

3=民営借家

4=給与住宅

5=同居世帯・住宅以外の建物に居住する世帯

j : 1=200万円未満世帯

2=200～300 万円世帯

3=300～400 万円世帯

4=400～500 万円世帯

5=500～700 万円世帯

6=700～1000 万円世帯

7=1000 万円以上世帯

b: 区単位の世界総数 (住宅統計調査のデータ)

表 3 東灘区と東灘区魚崎北町の住宅別世帯数

区・町通	総数	持ち家	公営・公団・ 公社の借家	民営借家	給与住宅	同居世帯・ 住宅以外の 建物に居住 する世帯
東灘区	72625	34189	5131	24136	4826	4343
魚崎北町	2254	1258	0	816	86	94

表 4 東灘区と東灘区魚崎北町の住宅別世帯の割合

区・町通	計	持ち家	公営・公団・ 公社の借家	民営借家	給与住宅	同居世帯・ 住宅以外の 建物に居住 する世帯
東灘区	1	0.47	0.07	0.33	0.06	0.06
魚崎北町	1	0.56	0.00	0.36	0.04	0.04

表 3 は、平成 2 年国勢調査の東灘区と東灘区内の一部町通の住宅別世帯数である。ここでは、魚崎北町を例にとりあげていく。

表 4 は国勢調査をもとに町通単位で住宅の種類別に世帯割合を求めたものである。表 4 の各セルには式(2)に示す Q_i の値が入る。

$$Q_i = \frac{c_i}{d} \quad (i=1\cdots 5) \quad \cdots (2)$$

c_i : 町通単位の、住宅別に区分された世帯数 (国勢調査のデータ)

i : 式(1)に同じ

d : 町通単位の世帯総数 (国勢調査のデータ)

魚崎北町の場合、 c_i には住宅の種類別の世帯数を代入し、 d の値には魚崎北町の世帯総数 2254 を代入する。

表 5 東灘区内の一部町通と東灘区を比べた場合の指数

町通	持ち家	公営・公団・ 公社の借家	民営借家	給与住宅	同居世帯・ 住宅以外の 建物に居住 する世帯
魚崎北町	1.19	0.00	1.09	0.06	0.07

表 5 は魚崎北町と東灘区の住宅の種類別世帯の按分比 (R_i) を示している。この按分比は、どの住宅が区全体と比べて、その町通内にどれだけ集中しているかを示すものである。

e_i には魚崎北町における住宅の種類別の世帯割合を代入し、 f_i には東灘区の住宅の種類別の世帯割合を代入することで、各セルを求める。

$$R_i = \frac{e_i}{f_i} \quad (i=1\cdots 5) \quad \cdots (3)$$

e_i : 町通単位の、住宅の種類別の世帯割合

f_i : 区単位の、住宅の種類別の世帯割合

i : 式(1)に同じ

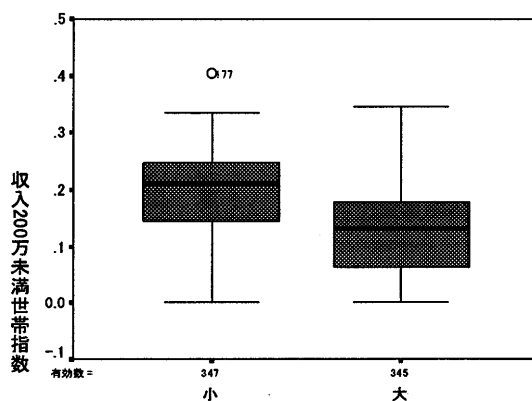
以上をまとめると、 P_{ij} は平成 5 年住宅統計調査から求めた区単位の年間収入階級別・住宅の種類別の世帯割合、 Q_i は平成 2 年国勢調査から求めた町通単位の住宅の種類別の世帯割合、 R_i は同じく国勢調査から求めた区と町通単位の按分比であり、一つの種類の住宅がその区においてどれだけ集中しているかを示す。

以上の値を用いて、収入階級別世帯指数は、式(4)で求める。

$$F(\alpha_j) = \sum_{i=1}^5 (P_{ij} \times Q_i \times R_i) \quad (i=1\cdots 5, j=1\cdots 7) \quad \cdots (4)$$

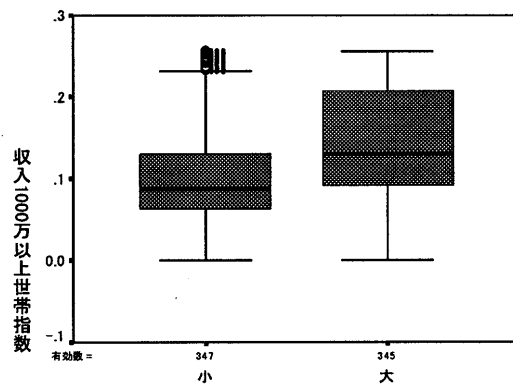
i : 式(1)に同じ

j : 式(1)に同じ



総延べ床面積

図 2 収入 200 万円未満世帯指数と総延べ床面積の箱ひげ図



総延べ床面積

図 3 収入 1000 万円以上世帯指数と総延べ床面積の箱ひげ図

これらの指数の妥当性は、以下の通りに説明される。高所得の世帯ほど広い敷地に住み、低所得の世帯ほど狭い敷地に住むと仮定する。

図 2 は総延べ面積の大小と 200 万未満世帯指数の関係を示しており、図 3 は 1000 万以上世帯指数との関係を示している。

当該の町通で、総延べ面積の大きい場合、収入 1000 万

世帯指数は高く、逆に総延べ面積の小さい場合、収入 1000 万世帯指数は低いという関係は統計的に有意であることが、確認された ($F_{1,690}=67.385, p<.001$)。同様に、総延べ面積の小さい場合、収入 200 万未満世帯指数は高く、総延べ面積の大きい場合、収入 200 万円未満世帯指数は低いという関係も統計的に有意であることが確認された ($F_{1,690}=98.155, p<.001$)。すなわち、低所得の世帯ほど狭い敷地に住むという仮定が成り立ち、収入階級別世帯指数は妥当性のあるものと考えられる。

3. 結果と考察

構造方程式モデル分析を行った結果、①東灘区モデル、②灘区モデル、③長田区・兵庫区・須磨区モデル、④中央区モデルの 4 つの因果モデルのパターンが確認できた。以下、それぞれのパターンについて詳細に述べる。

(1) 東灘区（低所得・高所得階層→全壊率型）モデル

図 4 は、東灘区において現行で最も適合度の高かったモデルのパス図である。モデルの適合度については、自由度 7 に対しカイ二乗値が.661 であり、有意確率が.154 なので「構成されたモデルは正しい」という帰無仮説は棄却されない。また、RMSEA 値は.102 と若干高くなっているが、CFI 値は.95 より高いので適合度は高いものとする。変数間の係数は、収入 1000 万円以上世帯指数から死亡率へのパスが 10% で傾向ありとなったのを除くと、5% 水準で有意な結果となった。なお、図中の e1 や d1 などは残差変数を示している。以下、モデルの構造について検討していく。

全体的な流れとして、脆弱性指標である収入階級別指数と外力の指標であるアンケート震度が住宅全壊率を規定しており、住宅全壊率が死亡率を決定していた。

住宅全壊率は、潜在変数(因子)であり、集合住宅全壊率と戸建て全壊率から測定されると想定している。住宅全壊率に対し、アンケート震度は正の効果を与えている。つまり、揺れの激しい場所では住宅の全壊率が有意に高かったということである。

脆弱性の指標である収入 200 万円未満世帯指数は、住宅全壊率に対して正の効果があった。この結果から、低所得の世帯ほど、揺れに弱く、倒壊しやすい住宅に住んでいることが推測できる。また、収入 1000 万円以上世帯指数は住宅全壊率に対して負の効果があったことから、高所得の世帯ほど、地震が発災しても倒壊しにくい住宅に住んでいると推測できる。住宅全壊率は死亡率に高い正の効果があり、住宅の倒壊による圧死や窒息死が多かったことを示している。また、収入 200 万円未満世帯指数からの効果も考えると、低所得層が壊れやすい住宅に住んでおり、その住宅が倒壊したせいで死亡者が発生したという構図がモデル化されたと言える。

しかし、収入 1000 万円以上世帯指数は死亡率に対し 10% 水準で正の直接効果があった。つまり、「高所得世帯ほど死亡者が発生しやすい」という、前述の「低所得層ほど壊れやすい住宅に住んでおり、そのことが死亡者発生要因となる」という論理と矛盾した結果が得られた。図 5 は東灘区の収入 200 万円未満世帯指数と死亡率の分布であり、図 6 は収入 1000 万円以上世帯指数と死亡率の分布である。いずれの場合も、JR より南側に指数、死亡率が共に高い場所が分布している。また、図 6 にお

いて阪急電鉄よりも北側に 1000 万円以上世帯指数が高く死亡率の極めて低い場所が分布していることが分かる。これらが、収入 200 万円未満世帯指数から住宅全壊率へ正の効果(パス係数.48)となり、住宅全壊率から死亡率へ正の効果(パス係数.90)を示し、収入 1000 万円以上世帯指数から死亡率へ正の効果(パス係数.15)を与えたと同時に、収入 1000 万円以上世帯指数から住宅全壊率へ負の効果(パス係数-.28)を与えた一因になったものと考えられる。これは、東灘区は他区に比べて相対的に高所得者の犠牲者が多かったという藤江のアンケート調査結果と符合する。

model14(東灘区)
カイ二乗=10.661, DF=7, p=.154
CFI=.973 RMSEA=.102, AIC=50.661

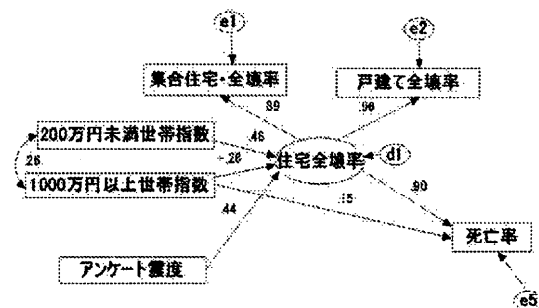


図4 東灘区（低所得・高所得階層→全壊率型）モデル

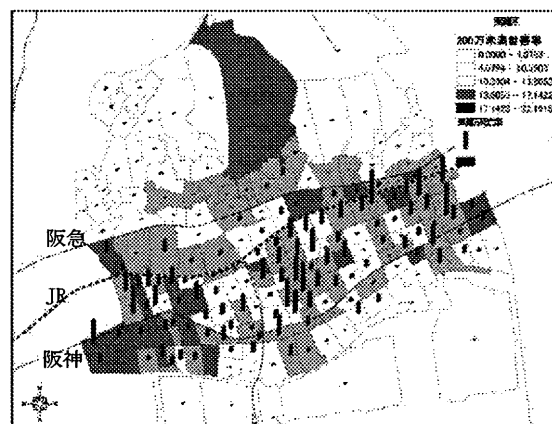


図5 東灘区の死亡率と収入 200 万円未満世帯率の分布

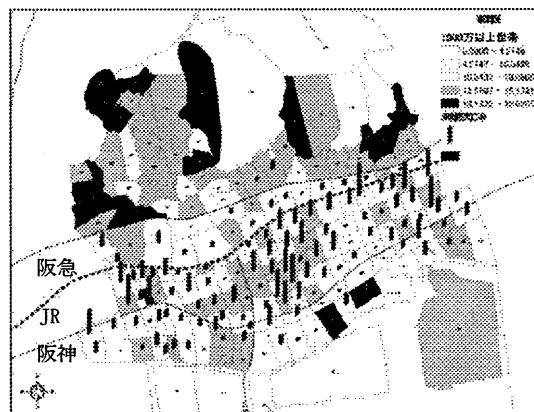


図6 東灘区の死亡率と収入 1000 万円以上世帯指数の分布

(2) 灘区(若年層→全壊率型)モデル

図7は、灘区の現行で最も適合度の高かったモデルのパス図である。モデルの適合度については、カイ二乗値は41.183で自由度が24であるが、有意確率は.016なので、5%水準でモデルは棄却されてしまう。しかし、CFI値が.964、RMSEA値が.090であり、あてはまりは悪くないものと判断する。

モデルの全体的な構造は、脆弱性指標と外力指標が住宅全壊率を規定し、住宅全壊率と住宅火災損傷率が死亡率を規定していることを示している。

アンケート震度から住宅火災損傷率へのパスが7%で傾向ありとなったのを除くと、観測変数と潜在変数とのパスは5%水準で有意な結果となり、正の効果があつた。

住宅全壊率は東灘区と同じ潜在変数であり、住宅火災損傷率は集合住宅火災損傷率と戸建て火災損傷率から測定されると想定する潜在変数であり、脆弱性は収入200万円未満世帯指数と65歳以上人口率と20～24歳人口率から測定されると想定する潜在変数である。脆弱性について、収入200万円未満世帯と年齢20～24歳人口率は有意に正である。65歳以上人口率は係数が負として測定されているが、有意確率は7%なので、5%水準では有意にならない。したがって、この脆弱性は学生など若年の低所得層を示している。

住宅全壊率は、脆弱性と外力であるアンケート震度から正の効果を受けており、死亡率に対して正の効果を示している。この結果から、若年の低所得層の住宅が倒壊し、それが直接的な死因となっていると推測できる。熊谷によると、灘区では低層建物の集合住宅において多くの犠牲者が出ていた。それは、学生などが集合住宅に住んでいたことで説明できる。

また、住宅火災損傷率も死亡率に正の効果を与えており、揺れが火災を招く傾向が確認された。

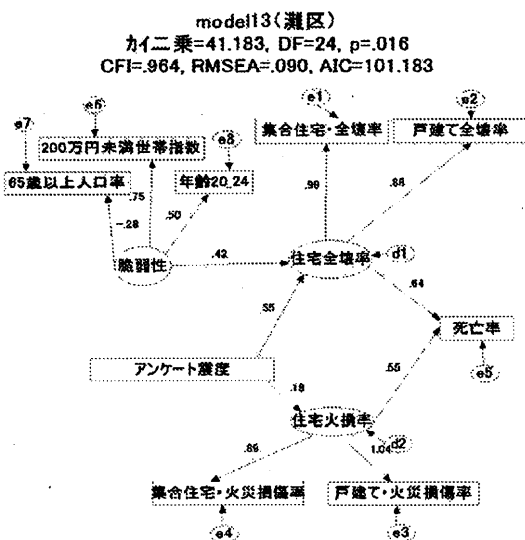


図7 灘区(若年層→全壊率型)モデル

(3) 長田区・兵庫区・須磨区(火災・低所得層全壊型)モデル

図8, 9, 10は長田区, 兵庫区, 須磨区それぞれについて、現行で最も適合度の高かったモデルのパス図である。

それぞれの区のモデル適合度について、図8の長田区モデルは、CFI値が.929であり、RMSEA値が.127とあて

はまりはあまり良くない。しかし、現行ではこれが最も適合度が高かったので、図8を採択した。図9の兵庫区モデルは、CFI値が.985であり、RMSEA値が.056なので、適合度は高いものと判断する。図10の須磨区モデルは、RMSEA値は.112と高めではあるものの、CFI値は.953で当てはまりはいいものと判断する。

モデル全体の構造について、住宅全壊率は脆弱性指標と外力によって規定され、長田区の場合のみ住宅火災損傷率が外力によって規定され、双方が死亡率を規定している。

図8, 9, 10のパスは全て5%水準で有意になっている。長田区と須磨区の脆弱性は収入200万円未満世帯指数と65歳以上人口率と民間借家率から測定されると想定した潜在変数である。つまり、借家に住んでおり、年金などで生活している低所得層の高齢者世帯のことを表している。兵庫区の脆弱性は、200万円未満世帯指数と民間借家率から測定されたと想定する潜在変数なので、民間借家に住んでいる低所得層を示す。住宅全壊率と住宅火災損傷率は東灘区や灘区と同じものである。

潜在変数と観測変数間のパスについて、脆弱性から住宅全壊率へのパスと住宅全壊率から死亡率へのパスが正の効果を与えていることから、長田区と須磨区では年金などで生活する低所得層の高齢者世帯の集合住宅が倒壊したことによって死者が発生するということが考えられる。これは、神戸市の高齢者の死者率が長田区で65%と最も多く、須磨区が58%で二番目に高いという確井の記述や、長田区は65歳以上の高齢者ほど火災による死亡者の割合が高いという熊谷の記述を説明している。

アンケート震度から住宅火災損傷率へは長田区のみが正の効果を与えている。表6は震災発生時の午前5時46分から午前6時までの出火件数と延焼面積、その火災による死者数の署別のデータである。件数はどの署も同じようなものだが、延焼面積、死者数共に長田署が突出している。延焼面積が住宅火災損傷率に直結していることから、この結果は、長田区では、揺れが直接火災発生へと繋がっていることを示しており、他の区では揺れが直接火災を発生させたとは、必ずしも言えない。住宅火災損傷率がいずれの区のモデルでも正の効果を与えていることから、火災による焼死・熱傷は死亡率に大きな影響を与えるものと考えられる。

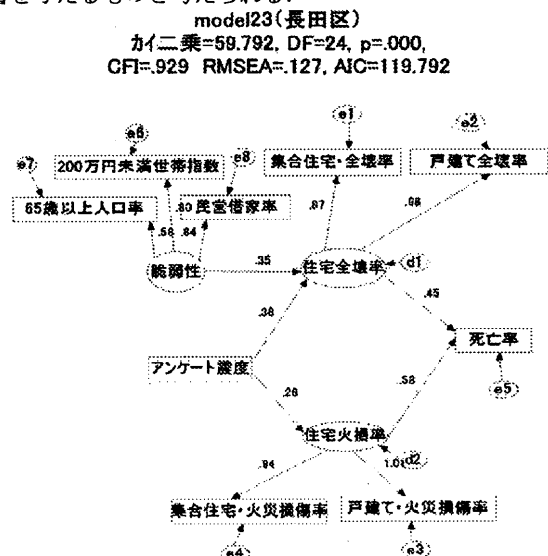


図8 長田区(火災・低所得層全壊型)モデル

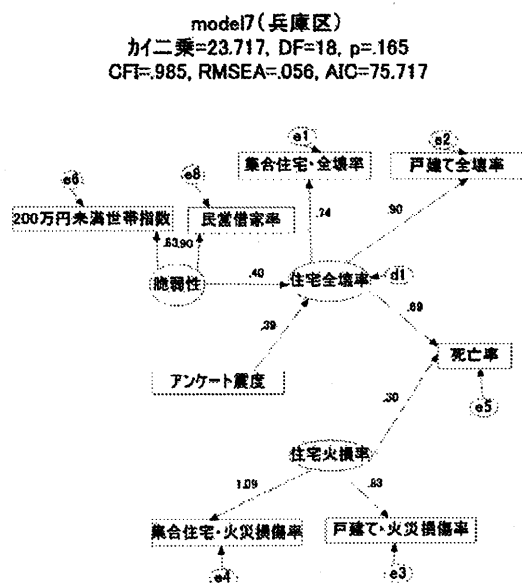


図9 兵庫区（火災・低所得層全壊型）モデル

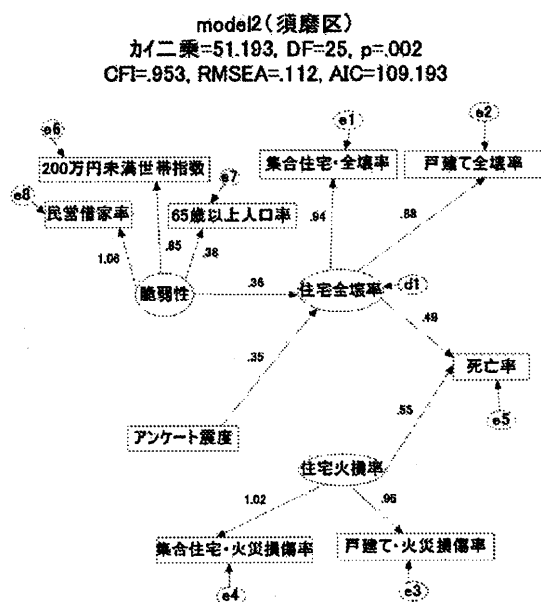


図10 須磨区（火災・低所得層全壊型）モデル

表6 発災から午前6時までの出火データ

消防署	件数	延焼面積(m ²)	死亡者数(人)
東灘	10	23,956	42
灘	13	51,219	65
兵庫	11	120,818	97
長田	12	318,140	213
須磨	3	7,065	5

(『1995 年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書』¹³⁾ pp.33-39 より作成)

(4) 中央区（集合住宅型）モデル

図11は中央区の現行で最も適合度の高かったモデルのパス図である。モデル適合度について、自由度2に対しカイ二乗値は2.069であり、有意確率が5%以上であるため、モデルは正しいものと考えられる。また、CFI値は.998でRMSEA値が.021であるため、モデルの適合度は非常に高い。

全体的な流れとして、外力が集合住宅の全壊率に加味

し、集合住宅の全壊率と火災損傷率が死亡率を規定している。

変数間の係数は、アンケート震度から集合住宅火災損傷率へのパス以外は5%水準で有意となった。

モデルの構造について、アンケート震度から集合住宅全壊率、集合住宅全壊率から死亡率へのパスが正の効果を与えているため、揺れの激しい場所では集合住宅が倒壊し、住宅の倒壊が死者へ直接影響しているものと考えられる。また、火災損傷率から死亡率へのパスが正の効果を与えているため、集合住宅の火災は死因に影響を与えていると言える。戸建て住宅の全壊や火災損傷率については有意な結果を得られなかったことから、集合住宅が揺れに対して、より脆弱であり、死亡率に影響することが分かる。

model6(中央区)
 カイ二乗=2.069, DF=2, p=.355
 CFI=.998, RMSEA=.021, AIC=26.069

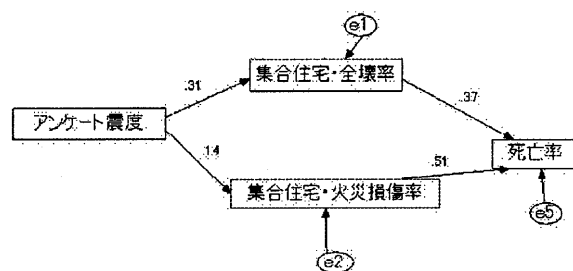


図11 中央区（集合住宅型）モデル

4. 被災者の体力と人的被害に関する考察

前節では、脆弱性から建物被害、建物被害から死亡率への影響についてのモデルを構築した。しかし、先行研究の中には、死者の発生と、死者の年齢や性別、すなわち、行動能力や持久力などの、いわゆる「体力」の関心に注目し、建物被害をハザード（二次的なハザード）と位置づけ、被災者の「体力」を「脆弱性」とみた研究が行われている。このように考えるのであれば、因果構造は、「建物被害が発生し、被災者の『体力』を媒介して人的被害が発生する」というものになるのが妥当である。以下、それらの構造について検証していく。なお、本研究で扱う変数において、「体力」を示す変数は「年齢」のみである。したがって、前節において「年齢」が有意な結果と出た灘区、長田区、須磨区のみを検証する。

図12, 13, 14はそれぞれ灘区、長田区、須磨区の代替モデルである。全て、住宅全壊率から年齢別人口率（体力）を通して死亡率に繋げたモデルであるが、これらのモデルの適合度は、CFI値、RMSEA値、AIC値共に図7, 8, 10に劣っており、妥当であるとは必ずしも言えない。

この結果の要因として、以下のことが考えられる。

西村ら（1995）によれば、兵庫県監察医および日本法医学会派遣医師によって検案された2,416例の96.3%が

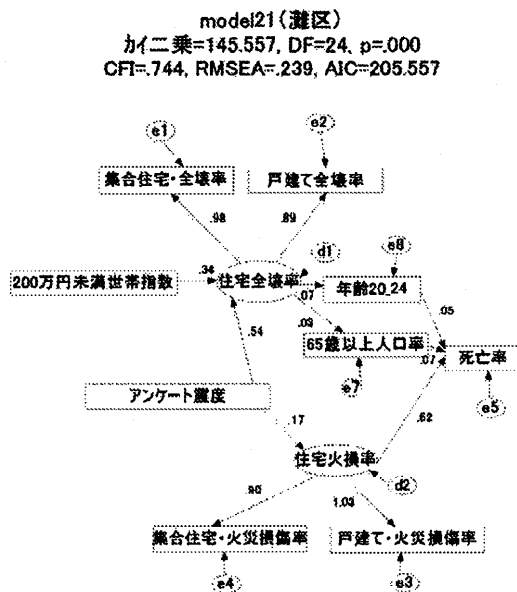


図 12 灘区代替モデル

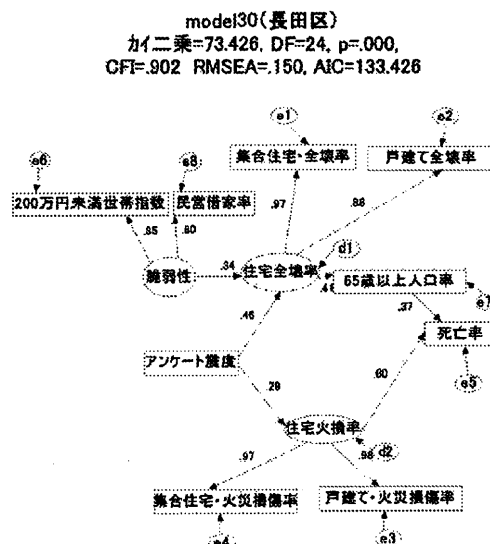


図 13 長田区代替モデル

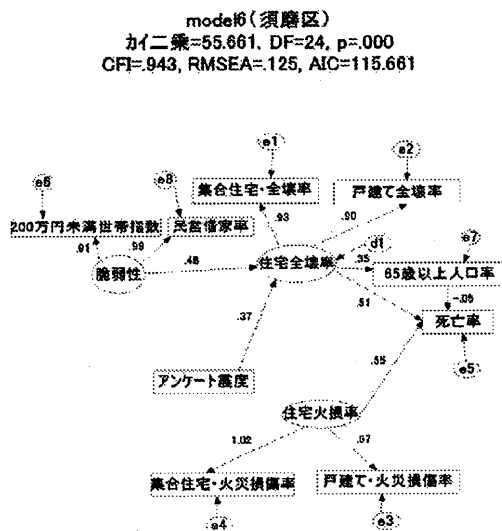


図 14 須磨区代替モデル

震災発生の午前 5 時 46 分から午前 6 時までの約 15 分間で死亡したものと推定されている。つまり、建物の倒壊による死亡者は、ほぼ即死の状態であった。また、5 歳毎の年齢層別の死者数分布は、20～24 歳および 65～74 歳にピークが認められる 2 峰性の分布が見られると記述していることから、一概に年齢に伴う体力によって死亡の確率が高まるとは言えない。

林・村上(2003)は、震災の死亡者の年齢分布をワイブル関数にあてはめてみると、若年者の死亡率は、期待値より高く、つまり若年者が多く亡くなっていたと述べている。また、50 歳まで死亡者の年齢分布の傾きが一定であり、つまり体力などの個人に起因する以外の要因によって死亡していた。言い換えるならば、「どんな家に住んでいたかで、5 歳の子どもも 15 歳の子どもも 20 歳の若者も、30 歳、40 歳の人、ほぼ一様に偶発的に亡くなって」(林・村上, 2003, p.106)いるということである¹⁴⁾。

これらのことから、個人の体力を媒介したモデルは適合しないものと考えられる。

5. 結論

阪神・淡路大震災における神戸市内の死者数に及ぼす建物被害・社会経済および地理空間要因の関連性について町通別の死亡率、収入階級別世帯指数、年齢別人口比率、住宅の種類別世帯率、住宅全壊率、住宅火災損傷率、用い、因果構造方程式モデルを用いて計量的に分析してきた。その結果、①外力を示すアンケート震度が住宅全壊率に直接影響すること、②低所得層の住宅が住宅全壊率に正の効果を与えること、③モデルは 4 つのパターンに分類されることが確認できた。

4 つのモデルのパターンのうち、1 つ目のパターンは東灘区の「低所得・高所得階層→全壊率型」であり、これは低所得層の住んでいる頑強でない建物が倒壊しやすく、その倒壊率が死亡率に強く影響すること、高所得層の多くは倒壊しにくい建物に住んでいるが、それと同時に死亡率に影響を与える傾向にあることを示したパターンである。2 つ目のパターンは、灘区の「若年層→全壊率型」であり、これは学生などの低所得の若年層が揺れに弱い建物に住んでいることが住宅全壊率に影響を与え、死亡率に影響を与えることを示す。3 つ目は長田区・兵庫区・須磨区の「火災・低所得層全壊型」であり、高齢の低所得層が民営借家などの集合住宅に住んでおり、その住宅は揺れに対して弱く、火災や倒壊によって死亡したことを示す。特に、長田区においては外力が住宅の火災発生に強く影響した。4 つ目は中央区の「集合住宅型」であり、外力が集合住宅の全壊率に影響し、その倒壊や火災が死亡率に影響を与えたことを示す。

これまでの先行研究では、「どの年齢層がどれだけ死亡したか、どの建物に住んでいた人達が死亡したのか」等について述べられたものが多かったが、本研究で「若年層や高齢層が低所得であるがゆえに、家賃などが安く壊れやすい住宅に住み、震災の揺れにより住宅の火災が発生または倒壊し、死者が発生した」、すなわち、「脆弱性、外力によって住宅の倒壊・火災が発生し、死亡者発生に至る」という今までにない因果構造をモデル化できた。

今後の研究では、更に土地建物に関する変数を加えることで、脆弱性や外力、建物の被災が死者発生に及ぼす

関連性の分析の精度を高めていくこと等が課題となる。

謝辞

本研究では、阪神・淡路大震災死者については兵庫県常勤監察医（当時）西村明儒博士が報告した死者統計データを利用して頂いた。アンケート震度については、神戸大学兵庫県南部地震アンケート調査分析グループ（代表 高田至郎）がまとめた統計データを利用して頂いた。ここに記し、著作権者である西村明儒徳島大学教授、高田至郎神戸大学名誉教授に御礼申し上げます。なお、町丁目単位に再集計した阪神・淡路大震災死者データは、宮野道雄大阪市立大学教授から、町通単位に再集計したアンケート震度データは木村玲欧富士常葉大学准教授からご提供頂いた。あわせてここに記し、感謝申し上げます。

本研究は、①文部科学省科学研究費基盤研究（A）「福祉防災学の構築」（研究代表者：立木茂雄 同志社大学）、②首都直下地震防災・減災特別プロジェクト「3.広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究（研究代表者：林春男 京都大学）」によるものである。

参考文献

- 1) 西村明儒・泉陽子・山本光昭・上野易弘・龍野嘉紹：わが国の災害医療対策の新たな構築に向けての法医学的検討—阪神・淡路大震災における死体検案結果を中心に（災害医療<特集>）、厚生指針、第42巻第13号、pp.30-36, 1995
- 2) 碓井照子：震災直後における死者の分布と地域特性、阪神・淡路大震災の社会学第1巻——被災と救援の社会学、昭和堂、pp.34-48, 1999
- 3) 藤江徹・阪東美智子・寺川政司・塩崎賢明：阪神・淡路大震災における人的被害に関する研究—その1—その4、学術講演梗概集、F-1、都市計画、建築経済・住宅問題、pp.1159-1166, 1996
- 4) 熊谷良雄・糸井川栄一・金賢珠・福田裕恵・雨谷和弘：阪神・淡路大震災：神戸市における死亡者発生要因分析、総合都市研究、第61号、pp.123-143, 1996
- 5) 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
- 6) 総務庁統計局：平成2年国勢調査 基本単位区別集計—その1 第1次基本集計に係る分—、CD-ROM、（財）統計情報研究開発センター、1990
- 7) 総務庁統計局：平成5年住宅統計調査結果、総務庁統計局、1993
- 8) 神戸大学兵庫県南部地震アンケート調査分析グループ（代表 高田至郎）：兵庫県南部地震に関するアンケート調査—集計結果報告書—、神戸大学工学部建設学科土木系教室耐震工学研究室、1996
- 9) 小山真紀・太田裕：アンケート震度の気象庁震度への略算変換式、自然災害化学、第17号3巻、pp.245-247, 1998
- 10) 太田裕他：アンケートによる地震時の震度の算定、北海道大学工学部研究報告、第92号、pp.117-128, 1979
- 11) 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、CD-ROM、建設省建築研究所、1996

- 12) Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, L.: At Risk, New York, Routledge, 2005
- 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、日本火災学会、1996
- 14) 林春男・村上陽一郎：社会の安全学、安全学の現在、青土社、pp.89-132, 2003

(原稿受付 2009.5.30)

(登載決定 2009.9.12)