

阪神・淡路大震災における西宮市内の死者数に及ぼす地震地表最大速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研究

Study on Association of Death Toll in Nishinomiya-city with Building Damage, Socialvulnerability, and Peak Ground Velocity in the Great Hanshin Awaji Earthquake

○松本 亜沙香¹, 堀江 啓², 立木 茂雄³
Asaka MATSUMOTO¹, Kei HORIE², and Shigeo TATSUKI³

¹同志社大学大学院社会学研究科

Graduate School of Sociology, Doshisha University

²(株)インターリスク総研

InterRisk Research Institute & Consulting, Inc.

³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 Nishinomiya-city in the 1995 the Great Hanshin-Awaji Earthquake. As a result, the causal model of Nishinomiya-city resembles Higashinada-word model closely.

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

1. はじめに

本稿では、阪神・淡路大震災における西宮市の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。

松本・立木(2009)¹⁾では、神戸市内における死者発生の因果構造方程式モデルが、4つのパターンに分かれることが実証された。これらのモデルにより、経済階層が脆弱性指標となることが明らかになった。1つ目は東灘区の「低所得・高所得階層→全壊率型」である。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を示す。また、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。

本稿では、1995年の阪神・淡路大震災における西宮市内の町通単位の死亡率を従属変数とし、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、神戸市内のどの因果モデルと類似するのかが示す。

2. 研究方法

(1) 使用したデータ

本研究では、①西宮市建物被害データベースに記載された阪神・淡路大震災による西宮市直接死者数(牧紀男ら(1998)による)²⁾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³⁾と平成5年住宅統計調査⁴⁾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地震地表最大速度(西宮市建物被害データベースによる)²⁾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)⁵⁾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⁶⁾」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) 7).

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、その指標として地震地表最大速度を用いる。

(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。

年間収入階級 7 区分と住宅種類 5 区分の 35 のセルで構成されるクロス集計表で求められた世帯数を世帯総数で割ることによって世帯割合 P_{ij} を求める。 P_{ij} の算出式は式(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} : 市区単位の、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 : 市区単位の世帯総数 (住宅統計調査のデータ)

国勢調査をもとに町通単位で住宅の種類別に世帯割合 Q_i を求める。 Q_i の算出式は式(2)の通りである。

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

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)と同じ

d : 町通単位の世帯総数 (国勢調査のデータ)

次に、各町通と市区の住宅の種類別世帯の按分比 (R_i) を求める。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 には各町通における住宅の種類別の世帯割合を代入し、 f_i には市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 : 市区単位の、住宅の種類別の世帯割合

i : 式(1)と同じ

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市区と町通単位の按分比であり、一つの種類の住宅がその市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)と同じ

j : 式(1)と同じ

3. 結果

構造方程式モデル分析を行った結果、以下のモデルが確認された。図 1 は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 8 に対し、カイ二乗値が 15.106 であり、有意確率が .057 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 .059 であり、.05 より若干高くなっているが、「RMSEA が 0.05 より小さい」という帰無仮説に対する検定 (豊田, 2007, p.243) の p 値は .325 であり、5%水準で棄却されなかった。CFI 値が .95 より高いので適合度は高いものと考えられる。変数間の係数は、すべて 5%水準で有意な結果となった。なお、図中の e1 や d1 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世帯数と公営住宅割合、それに外力の指標である地表最大速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住宅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、地表最大速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 200~300 万円世帯指数は、住宅全壊率に対して正の効果があった。また、同じく脆弱性の指標である公営住宅割合は、住宅全壊率に負の効果を与えている。

この結果から、ある程度所得の低い層は、揺れに弱く、倒壊しやすい住宅に住んでいると推測できる。また、公営住宅は揺れに強く、倒壊しにくいということが推測できる。

図 2 は西宮市の死亡率と収入 200~300 万円世帯指数の分布図であり、図 3 は死亡率と公営住宅率の分布図で

ある。図 2 からは死亡率の高い町通では 200~300 万円指数が高くなっている一方で、図 3 からは死亡率の低い町通で公営住宅率が高くなっているという空間的相関が確認できる。

4. 東灘区との比較

図 4 は松本・立木(2009)¹⁾で得られた東灘区のモデルである。脆弱性指標として 200 万円未満世帯指数と 1000 万円以上世帯指数が住宅全壊率に寄与し、死亡率に効果を与えるというモデルが構図化されている。図 1 の西宮市モデルの脆弱性指標の表れ方は、神戸市内の 4 つのモデルパターンと比較すると、東灘区のモデルが一番似ていることが分かった。以下、東灘区のモデルにより近似させて作成した西宮市のモデルについて検討する。

図 5 は東灘区のモデルにより近似させて作成したモデルである。モデルの適合度については、有意確率が 5% 以上であり、CFI 値が.973, RMSEA 値が.102 である。変数間の係数については、1000 万円以上世帯指数から全壊率、死亡率へのパスの有意確率は共に 5% の水準に満たなかった。

図 6 は東灘区のモデルに変数を完全に一致させて作成

したモデルである。モデルの適合度については、有意確率が 5% 以下であり、「構成されたモデルは正しい」という帰無仮説が棄却されている。200 万円未満世帯指数や 1000 万円以上世帯指数から各変数へのパスの有意確率は 5% 水準に満たなかった。

以上から、西宮市のモデルは東灘区のモデルに完全に一致するには至らなかったわけだが、近似したモデルは作られた。この結果の要因として、以下のことが考えられる。

表 1, 表 2 は西宮市と東灘区における世帯の年間収入階級 (7 区分), 住宅(5 区分)別世帯の割合を示した表である。両者を比較すると、住宅別の収入の分布の仕方似ていることが分かる。

西宮市は震災の際に形成された震度 7 の帯の中でも東部に位置しており、碓井(1999)⁸⁾によれば、死者の年齢構成比も東灘区と類似している。また、両市区の死者のほとんどが建物の倒壊によって発生している。

これらの要因が西宮市の因果モデルと東灘区のモデルを近似させたものと考えられる。

model2_7 西宮
カイ二乗=15.106, DF=8, p=.057, CFI=.980
RMSEA=.059, AIC=53.106

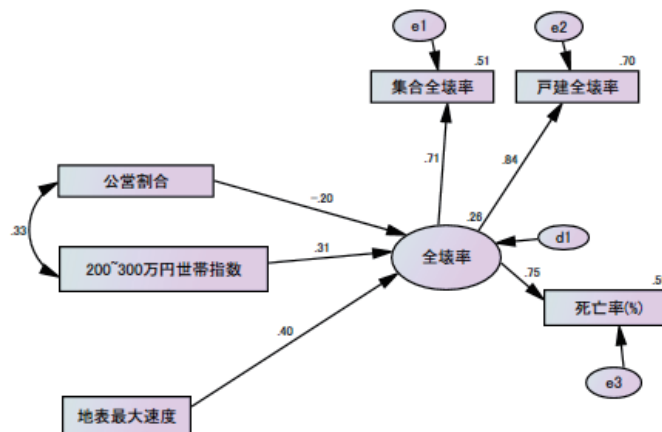


図 1 西宮市モデルその 1

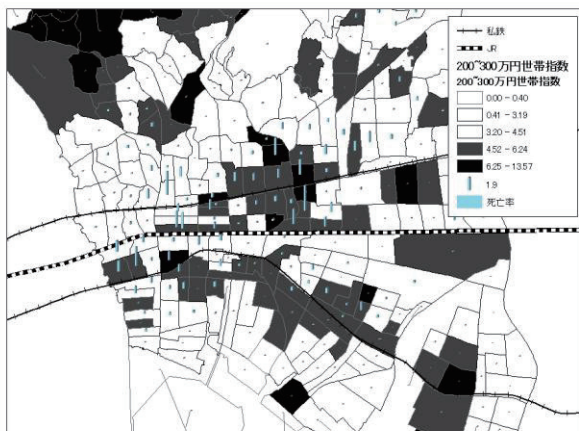


図2 西宮市の死亡率と収入200~300万円世帯指数の分布図



図3 西宮市の死亡率と公営住宅率の分布図

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

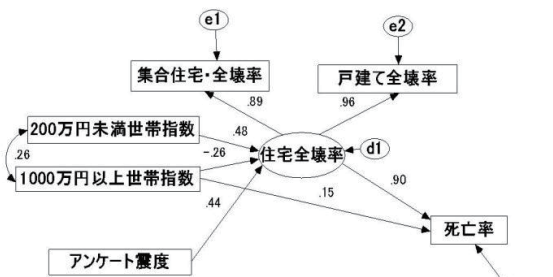


図4 東灘区(低所得・高所得階層→全壊率型)モデル

model2_9 西宮
 カイ二乗=18.696, DF=7, p=.009, CFI=.964
 RMSEA=.081, AIC=58.696

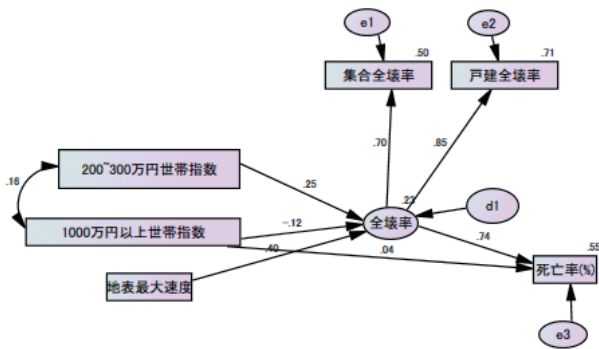


図5 西宮市モデルその2

model2_10 西宮
 カイ二乗=18.898, DF=7, p=.009, CFI=.962
 RMSEA=.081, AIC=58.898

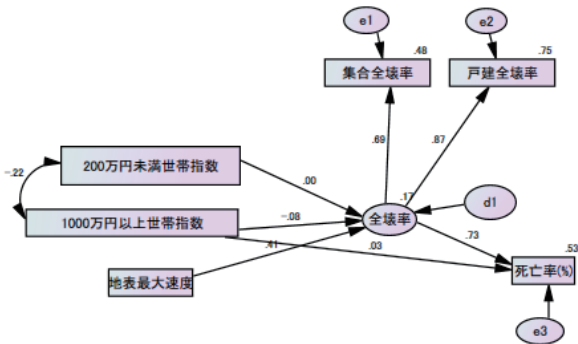


図6 西宮市モデルその3

表1 西宮市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	44.51	12.72	31.99	9.9	0.43
200万円未満	11.67	2.85	2.61	6.06	0.11	0.02
200~300	10	3.12	1.75	4.37	0.42	0.02
300~400	11.08	3.46	2.04	4.52	0.99	0.05
400~500	10.87	3.76	1.83	4.19	1.01	0.06
500~700	18.23	7.97	2.65	5.27	2.24	0.09
700~1000	17.07	10.12	1.16	3.38	2.36	0.03
1000万円以上	16.63	12.03	0.43	1.56	2.51	0.09

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

5. おわりに

本研究では、阪神・淡路大震災における西宮市の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について因果モデル分析を行った。その結果、西宮市と東灘区の因果モデルが近似していることが分かった。今後の研究では、死者発生のプロセスについて更に理解を深めることによって、地震における死者発生の予測に役立てていきたい。

謝辞

本研究は、①文部科学省科学研究費基盤研究「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) 松本亜沙香・立木茂雄:「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」『地域安全学会論文集』第11号, pp.89-96, 2009
- 2) 牧紀男・呂恒俊・田中聡・橋寺晋・西村明儒・林春男:「16. 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」『地域安全学会論文集』第8号, pp.78-83, 1998
- 3) 総務庁統計局:『平成2年国勢調査 基本単位別集計(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
- 4) 総務庁統計局:『平成5年住宅統計調査結果』, 総務庁統計局, 1995
- 5) 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
- 6) 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
- 7) Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I.: At Risk, New York, Routledge, 2005
- 8) 確井照子:「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