

多重ロジスティックモデルを用いた兵庫県南部地震における木造家屋被害の要因分析

金沢大学大学院 ○和佐田真悟

金沢大学工学部 正会員 池本 敏和

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. はじめに

本報告では兵庫県南部地震における木造家屋被害の要因分析を、多変量解析手法の一つである多重ロジスティックモデルを用いて行った。この手法は、複数のリスク要因の複合的な影響を評価するために開発されたものであり、様々な要因が絡み合う木造家屋被害への適用に有効であると考えられる。対象地域は日本建築学会による初動調査¹⁾が行われた東灘区の一地域とした。対象とした建物総数は2,300棟である。

2. 多重ロジスティックモデル^{2), 3)}

多重ロジスティックモデルは、好ましくない事象の生起に対する様々なリスク要因の寄与の程度を解析する手法であり、パラメータを次式のような非線形のモデルと仮定している。

$$\log \frac{P(E|\mathbf{x})}{1-P(E|\mathbf{x})} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_p x_p = \mathbf{x}\boldsymbol{\beta} \quad (1)$$

ここに、 $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)$ はこのモデルのパラメータであり、 $\mathbf{x} = (1, x_1, x_2, \dots, x_p)'$ は説明変量ベクトル、 $P(E|\mathbf{x})$ は事象 E が生起する条件付き確率である。

式(1)を $P(E|\mathbf{x})$ について解くと、以下のような多重ロジスティック関数が導かれる。

$$P(E|\mathbf{x}) = \frac{1}{1 + \exp(-\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})} = \frac{\exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})}{1 + \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})} \quad (2)$$

これより事象 E の生起確率を求めることができる。

実際の問題では、観測された各要因をリスク要因として説明変量ベクトル $\mathbf{x}$ とおき、事象生起の有無を基準変数としてパラメータ $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)$ を決定する。決定したパラメータ $\boldsymbol{\beta}$ は、属性変量各々の事象 E に対する寄与の程度を示すことになる。

3. 木造家屋被害の要因分析

対象地域を図-1に示す。この地域は震度7と判定された地域に含まれており、全壊率(倒壊・大破棟数+中破棟数×0.5)/全棟数×100は67.3%である。モデルへの適用に当たっては、地形、地質、古土地利用、一棟毎の建築年代をリスク要因(説明変量ベクトル $\mathbf{x}$)、被害の有無を基準変数(1 or 0)として行う。解析に用いた要因を表-1に示す。今回は対象地域が少なかったため、地盤条件の要因をあまり多く考慮することができなかった。解析においては1ケースごとに用いるデータ数を1,150個とし、結果の信頼性を高めるためデータの組み合わせを変えて4ケース行った。また各アイテム毎の基準を昭和60年以降、沖積層、扇状地、水田とし、結果におけるパラメータ $\boldsymbol{\beta}$ がそれぞれの基準に対する相対的な寄与の程度を示すようにデータを設定した。

表-2に解析結果を示す。 β_0 は定数である。表-2中の C 値により、パラメータ $\boldsymbol{\beta}$ の有意性を検定することができる。これによると地質、地形、古土地利用といった地盤条件よりも一棟毎の建築年代の有意性がいずれのケースでも高いことがわかる。またアイテム毎にみると、建築年代においては年代が古くなるほど有意性が高くなり、地質においては C 値が正であることから沖積層に比べて低位段丘の有意性が、地形においては扇状地に比べて緩扇状地の有意性が高くなっていることがわかる。これは他の研究機関が指摘する木造家屋の被害傾向と一致している。なお古土地利用については有意な差が認められなかった。

さらに、表-2中の平均推定値がパラメータ $\boldsymbol{\beta}$ の値となる。これより今回対象とした地域における木造家屋被害の

生起確率は式(2)中の $x\beta$ を次式のようにおいて求めることができる。

$$x\beta = -1.30 + 2.45x_1 + 2.28x_2 + 1.99x_3 + 1.18x_4 + 0.32x_5 + 0.68x_6 - 0.50x_7 + 0.15x_8 \quad (3)$$

上式が木造家屋被害に対して各要因が寄与する程度を示した関係式となる。

4. まとめ

兵庫県南部地震における木造家屋被害の要因を探るため、非線形の変量解析手法である多重ロジスティックモデルを用いて解析を行った。その結果、地表面加速度や地盤状態が似たような条件ならば木造家屋の被害には建築年代が最も影響していることが明らかとなった。また、今回対象とした東灘区の一地域における木造家屋被害の生起確率を求める関係式を導くことができた。今後は兵庫県南部地震における木造家屋被害の全体像をつかむため、さらに対象地域の拡大、考慮する要因の追加を行う必要がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会近畿支部：1995年兵庫県南部地震—木造建物の被害—、pp.49～72、1995.9.
- 2) 柳井晴夫・高木廣文編著：多変量解析ハンドブック、現代数学社、pp.160～163、1986.
- 3) 松川晃之：1995年兵庫県南部地震における木造家屋被害の要因分析と金沢市における震害予測、金沢大学大学院修士論文、1996.

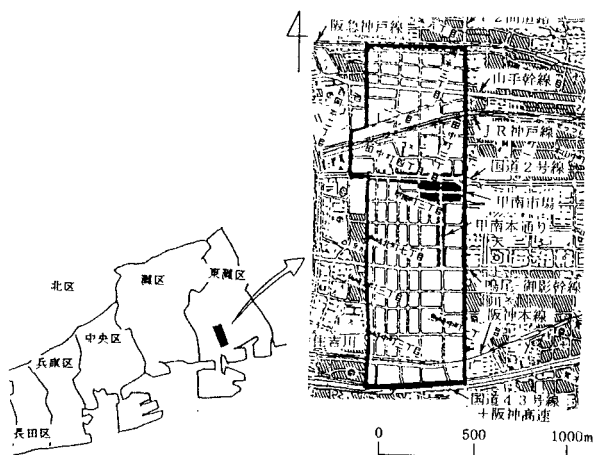


図-1 解析対象地域

表-1 解析に用いた要因

アイテム	カテゴリー
建築年代	昭和23年以前(x_1)
	昭和24～36年(x_2)
	昭和37～49年(x_3)
	昭和50～60年(x_4)
	昭和60年以降
地質	低位段丘(x_5)
地形	沖積層
	緩扇状地(x_6)
	扇状地
古土地利用	低地(x_7)
	市街地(x_8) 水田

表-2 解析結果

Case	アイテム カテゴリー	建築年代				地質	地形		古土地利用	
		昭和23年以前	昭和24～36年	昭和37～49年	昭和50～60年	低位段丘	緩扇状地	低地	市街地	定数
Case1	推定値 β (A)	2.55	2.27	1.75	1.00	0.37	0.36	-0.77	0.00	-0.96
	標準誤差(B)	0.29	0.27	0.23	0.24	0.17	0.29	0.45	0.25	0.36
	C=A/B	8.76	8.39	7.58	4.16	2.10	1.26	-1.71	-0.01	-2.67
Case2	推定値 β (A)	2.36	2.30	2.23	1.38	0.28	0.97	-0.26	0.30	-1.63
	標準誤差(B)	0.28	0.27	0.25	0.26	0.18	0.27	0.43	0.29	0.36
	C=A/B	8.52	8.63	8.89	5.36	1.56	3.54	-0.62	1.02	-4.46
Case3	推定値 β (A)	2.50	2.35	1.95	1.10	0.42	0.96	-0.37	0.34	-1.57
	標準誤差(B)	0.29	0.27	0.25	0.25	0.18	0.28	0.44	0.29	0.36
	C=A/B	8.57	8.62	7.95	4.37	2.34	3.44	-0.86	1.17	-4.32
Case4	推定値 β (A)	2.38	2.20	2.03	1.25	0.23	0.41	-0.61	-0.03	-1.04
	標準誤差(B)	0.27	0.26	0.24	0.24	0.18	0.28	0.44	0.25	0.36
	C=A/B	8.69	8.38	8.58	5.10	1.29	1.45	-1.38	-0.12	-2.90
平均推定値 β		2.45	2.28	1.99	1.18	0.32	0.68	-0.50	0.15	-1.30
平均C値		8.63	8.51	8.25	4.75	1.82	2.43	-1.14	0.52	-3.59