

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

○松川 晃之

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

1995年1月17日に都市直下型の兵庫県南部地震（M 7.2）が神戸市を中心とする関西地域を襲った。この地震によって、最近の地震では見られなかった地震動による木造家屋の倒壊という被害が多数発生し、関東大震災以来の5,000人以上の尊い人命が失われた。死因の9割近くが家屋倒壊による圧死であった。倒壊を引き起こした要因として、地盤特性の影響が大きいと考えられる。そこで本研究では、神戸市中央区を対象として、木造家屋の被害と地盤特性との関係について考究するとともに、多重ロジスティックモデルによる分析を行い、木造家屋被害に対する地盤特性の各要因の影響度についても検討した。

2. 中央区における木造家屋被害

中央区における木造家屋の損壊戸数は全壊4,947戸、半壊3,420戸で、神戸市全体の損壊戸数86,732戸の約1割にあたる¹⁾。木造家屋の被害分布を全壊率（（全壊戸数+半壊戸数×1/2）÷世帯数）に注目して見ると（図1）、50%を越える地域はJR三宮駅とJR元町駅の間及び周辺とJR春日野道駅周辺の大きくわけて2カ所に分布している。被害程度は中央区内でも地域によって大きく異なっていた。また南北方向で見ると、北部よりも南部の方が被害程度は大きくなっている傾向がある。

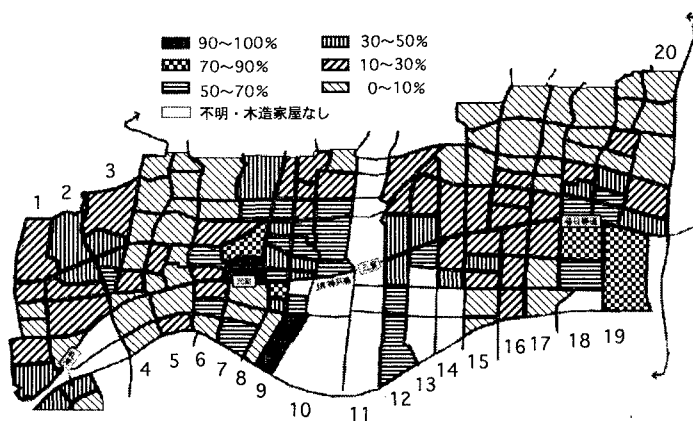


図1 中央区における木造家屋の被害率分布¹⁾

3. 解析方法^{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（説明変数）の寄与の程度を分析する場合に用いられる手法である。

事象 E についての条件付き確率を $P(E|x)$ と表すと、多重ロジスティックモデル式は、次のようになる。

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

ただし、 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ はこのモデルのパラメータ（母数）であり、 $x = (1, x_1, x_2, \dots, x_p)$ は説明変数ベクトルである。

式(1)において、他の変数の値を一定とした場合、説明変数 X の係数 β が正であれば、 X の増加が E の生起確率の増加に寄与し、 β が負であれば、 X の増加が E の生起確率の減少に寄与することを意味している。式(1)を $P(E|x)$ 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。

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

今回、この多重ロジスティックモデルにより解析する事象は木造家屋各戸の被害の有無である。説明変数として用いたのは地質図と地形分類によるデータの2つで、それぞれのカテゴリーを表1のように分けた。また用いたデータは中央区を20地区に分けたうちの3、9、18地区の1戸1戸のデータである。中央区における地質図⁴⁾を図2

に示す。

表1 解析に用いた地盤情報

アイテム	カテゴリー
地質図	1 中位段丘
	2 低位段丘
	3 沖積層
	4 大阪層群
地形分類	1 緩扇状地
	2 扇状地

表2 解析結果

係数	アイテム	推定値(A)	分散共分散	標準誤差(B)	C=A/B
β_0		-2.30	1.10	1.05	-2.20
β_1	地質1	1.57	1.27	1.13	1.39
β_2	地質2	2.05	1.13	1.06	1.93
β_3	地質3	1.05	1.30	1.14	0.92
β_4	分類1	1.95	0.10	0.32	6.13

4. 解析結果・考察

解析結果を表2に示す。表中のC値により、パラメータ β の有意性を検定することができる。これによると地質図よりも地形分類の係数の方が有意性が高い。推定値を見ると地質4に比べ地質1, 2, 3はそれぞれ, 1.57, 2.05, 1.05だけ被害が生じる効果が加わり, 同様に分類2に比べ分類1も1.95だけ効果が加わる。これらから判断すると, 地質図の中では低位段丘の影響が1番大きく, 以後中位段丘, 沖積層, 大阪層群の順である。これは対象とした地区において, 木造家屋被害が低位段丘で多く見られた結果とほぼ一致している。地形分類では緩扇状地の影響が大きいことがわかった。また, 神戸市は北に山, 南に海を有する地形構成になっているため, 東西方向よりも南北方向で地盤特性は大きく変化する。木造家屋被害が東西方向に帯状に分布しているのは, 地盤特性がその一因となっているためと考えられる。

以上のことから, 木造家屋の被害には地盤の影響が関わっていることがわかる。さらに, いくつかの地盤の要因例えば, 切土か盛土かといった要因などが被害の程度を拡大または抑制する効果のあることも考えられ, さらに地盤要因を増やすなどして, 今後解析を行う必要がある。

5. まとめ

多重ロジスティックモデルを用いて解析した結果, 木造家屋被害に対する地盤特性の影響は, 地質図では低位段丘, 地形分類では緩扇状地の影響が最も大きいことがわかった。また, 地質図よりも地形分類の方がパラメータの有意性が高いことから, 被害の有無を説明するには, 地質図よりも地形分類の方が有効であったことがわかった。

参考文献

- 1) 日本建築学会近畿支部：1995年兵庫県南部地震 -木造家屋の被害-, p.42, p.47, 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) 梅村順・林重徳・落合英俊：地すべり災害を対象とした防災ポテンシャルの評価, 土木学会論文集, No.487, pp.11~20, 1994.3.
- 4) 通産省工業技術院地質調査所：地質図, 1982.3

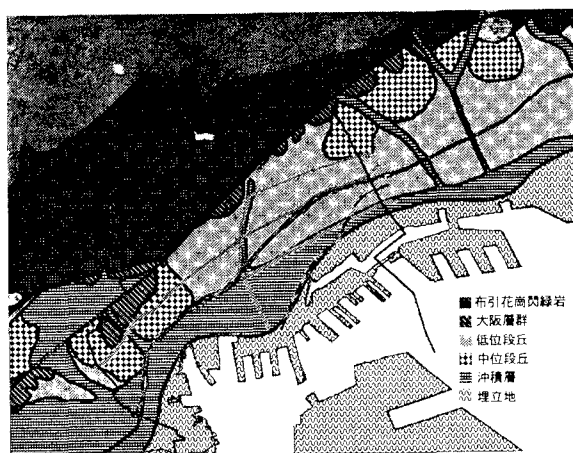


図2 中央区付近の地質図