

低層戸建の地震被害率特性の検討 (その1)

地震防災 兵庫県南部地震 低層戸建  
被害率 イベントツリー

正会員 大井 昌弘\* 同 水谷 守\*\*  
同 諏訪 仁\*\*\* 同 野畑 有秀\*\*\*  
同 山田 守\*\*\* 同 藤原 広行\*

1. はじめに

防災科学技術研究所では、特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」において「震災被害予測手法に関する研究」を行い、そこで構造物の地震損傷度評価手法を検討している。地震防災を目的とする地震被害推定においては、建物をその耐震性能で区分した建物群を設定し、地震動強さと建物群の平均被害率の関係を被害率曲線として評価し、建物被害を算定することが一般的である。また、被害の程度については、小破、中破、大破といったように段階的に区分して表現している。

地方自治体等で行われている地震被害想定の大数においても、上記のように建物被害が評価および算定されているが、そこで用いられている被害率曲線は様々である。多くの場合、過去の震災データを参照したとしているが、被害率曲線の作成に関して統計的方法は示されていない。

本稿では、兵庫県南部地震に対して建築研究所が作成した建築物被災度集計結果データ<sup>1)</sup>を利用し、低層戸建建物の被害率曲線に関して統計的検討を行う。

2. 地震被害率曲線の統計的推定に関わる不確定性

被害率曲線の推定では、地震による建物被害のデータと対象地点での地震動推定データの両者が用いられる。

建物被害データは、多数の人員による踏査結果を町丁目毎にまとめたものであり、このデータ自体には、当然、判定に関する不確定性が存在する。また、地震動推定データには推定精度に関する不確定性が存在する。建物被害データから町丁目毎に被害率を算定して推定地震動と関連づけるが、本来町丁目内で地震動は一定ではなく、また、建物群の構成内容も一様ではない。存在建物数が少ない場合、得られた被害率には大きな統計的不確定性が存在する。本稿では、地震動推定に関わる不確定性を排除するため、地震動に変えて被害率を地震動強度の指標として用いる。また、被害率の算出に当たっては、評価地点における存在建物数が50棟以上となるようデータを選択し、統計誤差の標準偏差を0.07以下に抑えることとした。

3. 統計分析および考察

存在建物数が50棟以上である町丁目(総地点数:1384)を対象に、軽微な損傷以上の被害率を地震動指標に設定した場合の軽微な損傷以上の被害率と中程度の損傷以上の被害率の関係を図1に示す。この図より、軽微な損傷以上の被害率に対する中程度の損傷以上の被害率のばらつきはかなり大きいことがわかる。そこで、中程度の損傷以上の建物数に対す

る統計的不確定性を減らすため、5地点の移動平均被害率を求めると図2となる。ただし、ここでの移動平均被害率は(1)式により定義した。

$$r_n = \frac{(m_{n-2} + m_{n-1} + m_n + m_{n+1} + m_{n+2})}{(M_{n-2} + M_{n-1} + M_n + M_{n+1} + M_{n+2})} \quad (1)$$

ここで、 $M_{n-2} \sim M_{n+2}$  は各々の町丁目での存在建物数を、同様に  $m_{n-2} \sim m_{n+2}$  は被害建物数を示している。図2では単調増加

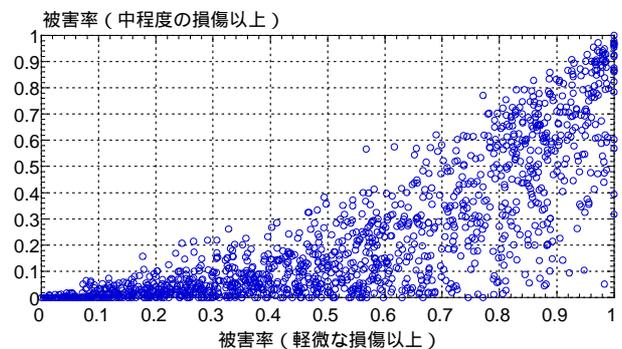


図1 被害率(軽微な損傷以上)と被害率(中程度の損傷以上)の関係

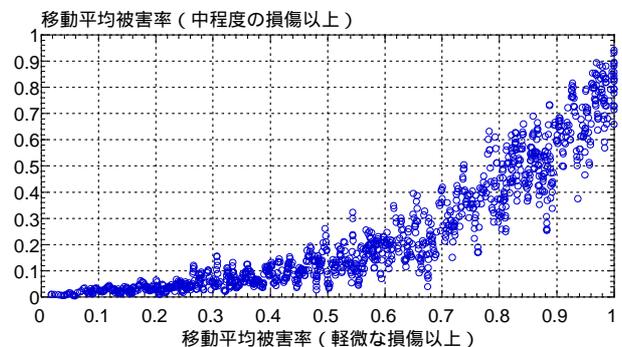


図2 移動平均被害率(軽微な損傷以上)と移動平均被害率(中程度の損傷以上)の関係

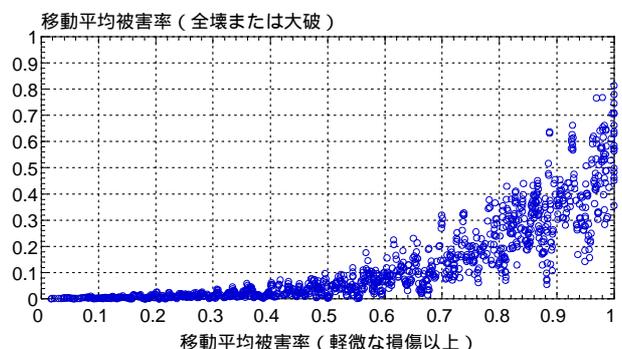


図3 移動平均被害率(中程度の損傷以上)と移動平均被害率(全壊または大破)の関係

の様子が明確化するがばらつきが存在する。同様に、軽微な損傷以上の移動平均被害率と全壊または大破の移動平均被害率の関係性を求めると図3となる。この関係も図2と同様に上昇傾向が見られるもののばらつきが大きい結果となっている。従って、軽微な損傷以上の被害率のみでは中程度の損傷や全壊または大破の被害率を十分には説明できないといえる。すなわち、中程度の損傷以上や全壊または大破の被害を表現する地震動指標として、必ずしも軽微な損傷以上の被害率が適切ではないことを示している。

そこで、建物の段階的被害を、イベントツリーを用いて表現すると、図4のようになる。図中、 $E_1$ は軽微な損傷以上が発生する事象、 $E_2$ は中程度の損傷以上が発生する事象、 $E_3$ は全壊または大破が発生する事象を、またSIは各々の被災度で採用した地震動指標を示している。従って、分岐確率として、軽微な損傷以上の被害率  $P[E_1(SI)]$ 、軽微な損傷以上に対する中程度の損傷以上の条件付き被害率  $P[E_2(SI)|E_1]$ 、中程度の損傷以上に対する全壊または大破の被害率  $P[E_3(SI)|E_1 \cap E_2]$  を定義することで、エンドブランチに軽微な損傷の被害率、中程度の損傷の被害率、全壊または大破の被害率を求めることができる。条件付き被害率を用いると、各々の被害率曲線を同一の地震動指標で表現する必要がなくなる。

図5は、軽微な損傷以上の被害率と軽微な損傷以上に対する中程度の損傷以上の条件付き被害率の関係性を示したものであり、軽微な損傷以上の棟数が50以上となるように調整し、上記と同様に移動平均を取ったものである。ここでも単調増加の傾向は見られるが、比較的大きなばらつきが存在している。図6は、軽微な損傷以上の被害率を基準に、中程度の損傷以上に対する全壊または大破の条件付き被害率を示したものであり、ここでも大きなばらつきが見られる。一方、図7は中程度の損傷以上の棟数が50棟以上ある町丁目を対象に、移動平均被害率を示したものである。ここでは、明確な単調増加の関係がみられ、さらにばらつきが減少している。

以上の検討により、軽微な損傷以上の被害率を地震動強さに替わる指標とすると、条件付きの中程度の損傷以上の被害率や全壊または大破の被害率に統計的不確定性を上回るばらつきが生じていることが判明した。また、図5と図6の比較から、条件付き被害率を用いることで、軽微な損傷以上の被害率よりもさらに有用な指標が存在することが示唆された。

#### 4.まとめ

地震による建物群の被害率を表現する被害率曲線について、地震動推定にかかわる不確定性を排除し、また、統計的不確定性を減少させて、軽微な損傷以上、中程度の損傷以上、全壊または大破の被害率の関係について統計的に検討した。その結果、上記の二つ以外の不確定要因の作用からもばらつきが生じていることが明らかとなった。また、軽微以上の被害率によって地震動の作用を代表させることにも問題があることが判明し、被害程度の異なる被害率曲線を同じ地震動指標を用いて評価することが不確定性を増加させる可能性があることが示唆された。

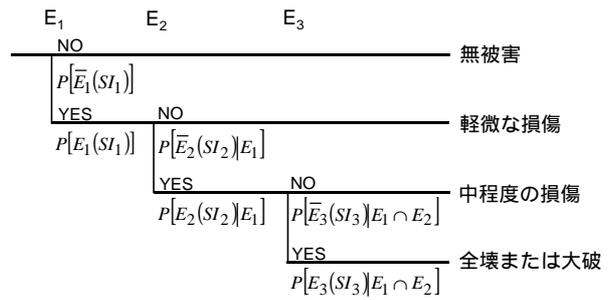


図4 イベントツリーの考え方

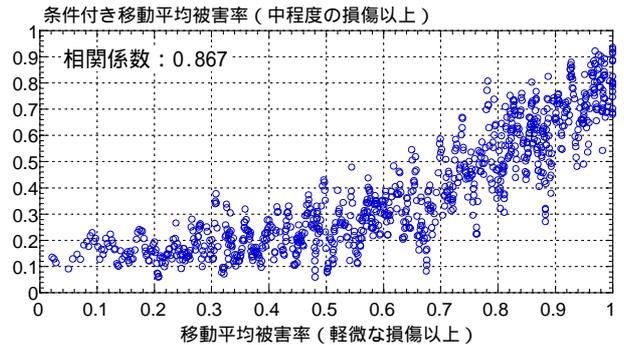


図5 移動平均被害率（軽微な損傷以上）と条件付き移動平均被害率（中程度の損傷以上）の関係

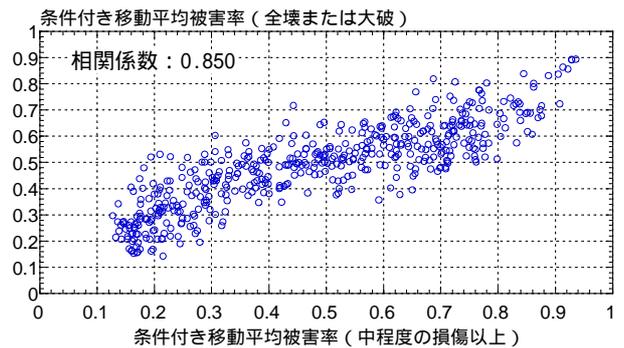


図6 条件付き移動平均被害率（中程度の損傷以上）と条件付き移動平均被害率（全壊または大破）の関係

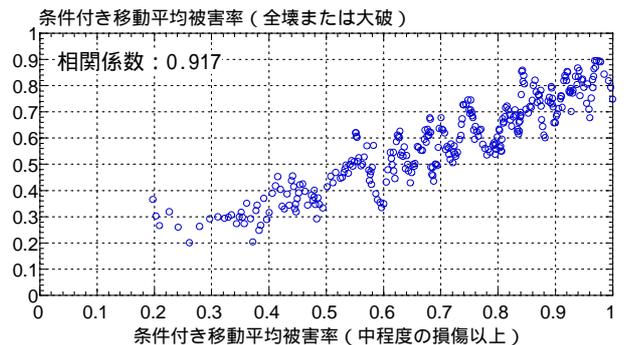


図7 条件付き移動平均被害率（中程度の損傷以上）と条件付き移動平均被害率（全壊または大破）の関係（町丁目における中程度の損傷以上の棟数が50棟以上）

#### 【参考文献】

- 1) 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 編中間報告書以降の調査分析結果,1996

\* 独立行政法人 防災科学技術研究所

\*\* 独立行政法人 防災科学技術研究所 客員研究員

\*\*\* (株)大林組 技術研究所

\* National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

\*\* National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

\*\*\*Obayashi Corporation Technical Research Institute