

中越・中越沖地震の広域計測震度分布に基づく家屋被害予測

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○中川新地
 長岡技術科学大学 正会員 大塚悟, 磯部公一, 宮木康幸
 日揮プラントイノベーション(株) 非会員 山田健人

1. はじめに

地震大国の日本では、これまで大規模な地震により家屋倒壊など多くの被害を受けてきた。これまでの地震被害の経験から将来の地震被害を最小限に抑えること、すなわち、地震防災技術の向上は急務である。近年では、地震被害データの整備も進められ、地理情報を利用した詳細な分析が可能となった。また、全国の地方自治体では、過去の地震による被害例に基づいた被害予測モデルを発表している。本報告では、中越および中越沖地震の被害地域を対象に、GISを用いて、中山間地及び海岸平野における家屋被害発生の特徴を明らかにするために、計測震度の推移による被災確率を用いた統計分析を実施する。本研究の特徴は、土地条件区分を用いて被害の類似性などを基にグループ化し、グループ毎にフラジリティカーブを算出した点にある。本分析には、両地震による計測震度データおよび家屋被害・無被害データ、微地形データ、土地条件データ、ボーリングデータを使用する。検討要因は、建築年代別被災確率、微地形・土地条件・液状化危険度・10m平均N値による被害の受けやすさ（被災確率）とする。また、これに基づき構築した予測モデルの精度を中越および中越沖地震の実被害や、兵庫県南部地震に基づいた既往モデルによる予測結果と比較し、検証する。

2. 建物特性による統計分析

本分析では、中越地震被災地域である旧長岡市地域全410町丁目単位の建築年代別棟数と罹災証明書データから被災確率を算出した。被災確率は同計測震度であった町丁目単位毎に求めており、半壊以上になる確率を表す。年代別の区分は、建築基準法の改正が行われた年度を基準としてそれぞれ新築年（S57以降）、中築年（S37～56）、旧築年（S36以前）としている。今回得られた被災確率（表-1）と兵庫県南部地震における被害を基に求められた既往の被災確率¹⁾（表-2）を比較すると、町丁目単位では全建築年代において概ね相関が得られていることがわかる。各年代別でみると、建築年代が古いほど被災確率は上昇する合理的な結果となった。しかし、既往の方法で予測を行う（図-6、図-7）と予測件数を過大評価してしまい、精度が低い。

表-1 中越地震における建築年代別被災確率

	計測震度			
	5.0	5.5	6.0	6.5
新築年	0%	7%	26%	51%
中築年	0%	15%	49%	85%
旧築年	0%	20%	57%	96%

表-2 兵庫県南部地震における建築年代別被災確率

	計測震度			
	5.0	5.5	6.0	6.5
新築年	0%	1%	10%	43%
中築年	0%	6%	50%	92%
旧築年	0%	10%	60%	96%

3. 地域特性による統計分析

両地域を対象に、地形などの地域特性による統計分析を行った。土地条件別統計分析では、細分化された土地条件毎に被災確率を算出し、特徴の似た土地グループでグループ化して大別することで、被災確率に対する地形の影響を明確化した（表-3）。分析結果より、傾斜地形、平坦地形、水部地形、人工地形の順で被災確率が高い結果を示した。既往の家屋被害予測では地域特性を地盤増幅率によって評価しており、人工造成地における地震動の影響を危険側として考えている。しかし、本研究では人工地形における地震動の影響はキーワード 新潟県中越地震、建物被害、計測震度、被害関数、地理情報システム

最も少なかったという結果を示しており、既往の被害予測での精度低下の原因であると考えられ、更に検討する必要がある。

N 値別統計分析では、10m 平均 N 値の差異によってそれぞれの地域における被災確率への影響を評価した（表-4）。これによって、N 値の上昇に伴って家屋被害が減少傾向を示すことを明らかにした。

また、N 値区分による被害傾向の差異は最低深さ 10m までの平均 N 値によって明確化できることがわかった。既往の研究では、地盤における軟弱層の厚さによって被害の受けやすさを表現しているが、これに対して更に簡易的な方法で表現できることを示した。

表-3 土地の形状・性質による家屋被害の受けやすさ

地形区分	人工地形	水部地形	平坦地形	傾斜地形
被災確率	13%	20%	23%	55%
地震動の影響	低 ← → 高			

表-4 N 値による家屋被害の受けやすさ

N 値区分	0～10	10.1～20	20.1～30	30.1～
被災確率	25%	23%	17%	15%
地震動の影響	高 ← → 低			

4. N 値と地形グループの複合特性による統計分析

地域特性の複合による統計分析では、表層 10m までの平均 N 値を付与した家屋データを地形グループによって区分することで、それぞれの地形グループにおける N 値別被災確率を算出した。分析結果（図-1）より、地形グループ区分毎に、N 値別の被災確率も差異が生じることがわかった。傾斜地形では、N 値の大きさに寄らずに被災確率が高いのに対し、水部地形および平坦地形では、N 値が増加するにつれて、被災確率が減少している。最終的には人工地形と同程度まで減少した。このように、地形種別により N 値の大きさの影響には差異が見られることから、10mN 値を考慮することは大変意義があると考えられるが、全地域のデータが存在しないため予測モデルに組み込むことは難しい。

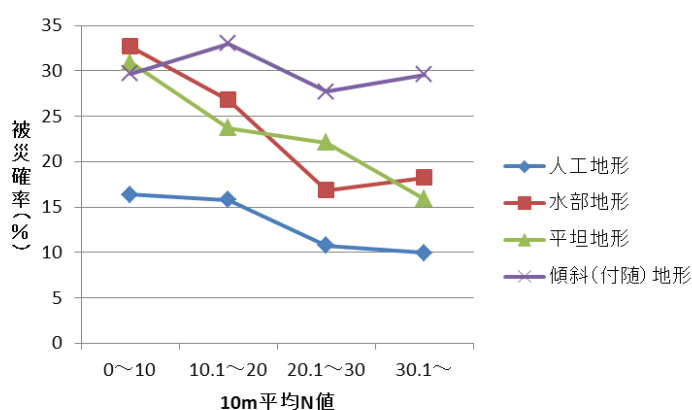


図-1 地形グループ毎の N 値区分別被災確率

5. フラジリティカーブの算出

フラジリティカーブを算出するために、土地条件区分別の被害の分析を行った。分析で考慮したのは、被災確率、被災家屋中の全壊家屋の割合、建築年代別の被災割合である。その結果を基に 2 通りのグループ化を行った。細分化された地形毎で整理するとデータ数に大きなばらつきが生じる。そこで、それぞれの地震において、全建物件数の 0.5% 以上の建物件数のある土地条件のみを抽出し、使用した。1 つ目のグループ化では、地形地質の類似性と建物年代別の被災傾向に顕著な差異が現れるように地形グループを構成した。

表-5 グループ化 1 の内訳

斜面	微高地	堆積地形	低地	人工地形
斜面 山地・丘陵	台地・段丘 (緩)扇状地	山麓堆積地形 被覆砂丘 自然堤防	谷底・氾濫平野 低地 砂丘縁辺部	(高い)盛土地 (新規)人工改変地形 平坦化地

表-6 グループ化 2 の内訳

傾斜地	緩傾斜地	良地盤地	低地
斜面 高い盛土地	台地・段丘 (緩)扇状地 山麓堆積地形 平坦化地	山地・丘陵 被覆砂丘 自然堤防 盛土地 (新規)人工改変地形	谷底・氾濫平野 低地 砂丘縁辺部

表-5 に、その内訳を示す。2 つ目のグループ化では、同程度の全壊割合を示す地形グループを構成し、それぞれの地形グループで同一計測震度に対する被災確率が極端に差異の現れるようにした。表-6 に、グループ化 2 の地形グループにおける内訳を示す。

この2つのグループ化から、それぞれのグループで計測震度の推移による建築年代別被災確率を算出した。また、ロジスティック回帰分析を行い、フラジリティカーブを算出した。ロジスティック回帰分析を用いたのは、既往の研究¹⁾によって、地震による被災確率はS字の曲線を描くことがわかっており、ロジスティック回帰分析による曲線は0~1の範囲で、S字の曲線を描くことができるためである。

グループ化1と2の旧築年と新築年のフラジリティカーブを図-2から図-5に示す。両者のグループ化で共通している特徴は、地形グループによりフラジリティカーブの形状が異なり、たとえ計測震度が同程度でも地形グループによっては大きく被災確率が異なることを表現している点にある。同一計測震度で被災確率が異なることは、揺れ以外の被災要因、例えば地盤変状による被災の可能性を示唆するもので、従来のフラジリティカーブでは考慮されていない。また、地形毎に算定するフラジリティカーブは、地形・地質に偏りや差異がある地域にも適用することができるため、汎用性が高い。

グループ化1の旧築年のフラジリティカーブの挙動は大きく3種類あり、①斜面と堆積地形、②微高地と低地、③人工地形で分けられる。①は、計測震度が5.5を超えると被害が出始める。②は、計測震度6.0を超えると被害が増え始め、計測震度が7.0になると、①と②は被災確率70%前後になる。③は、急な増加は見られず、計測震度が7.0になっても被災確率が約30%と低い数値である。一方、グループ化1の新築年のフラジリティカーブでは、微高地のみ他とは異なる傾向を示し、微高地を除いた地形では計測震度7.0で被災確率25%前後である。しかし、微高地では計測震度7.0で被災確率50%となる。

グループ化2の旧築年のフラジリティカーブの挙動は、3つに分けられる。①傾斜地、②緩傾斜地と低地、③良地盤地である。①では、計測震度5.0でも被害が出ており、計測震度7.0ではほぼ100%の被災確率が出ている。②は、計測震度6.0を超えると被害が増え始め、計測震度7.0で被災確率70%前後になる。③は、緩やかなカーブを描

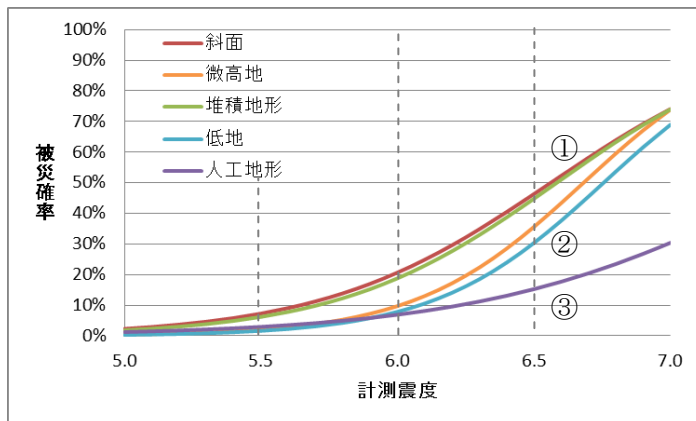


図-2 グループ化1の旧築年フラジリティカーブ

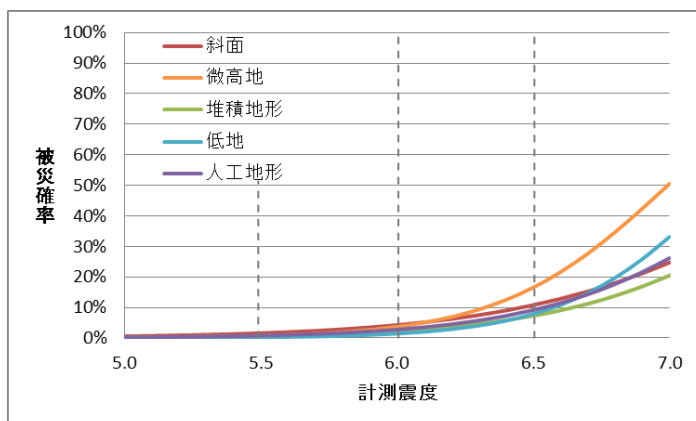


図-3 グループ化1の新築年フラジリティカーブ

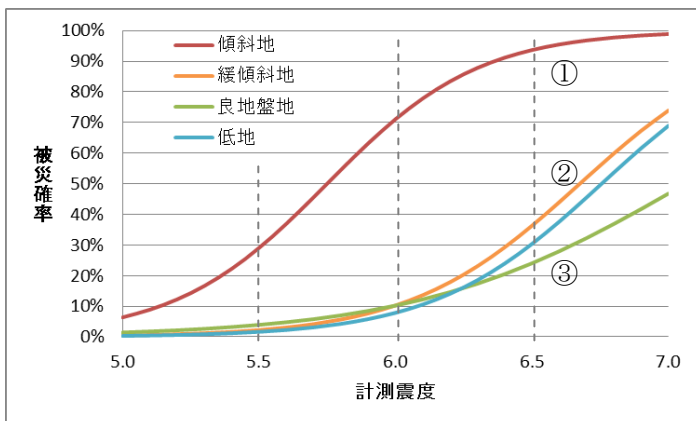


図-4 グループ化2の旧築年フラジリティカーブ

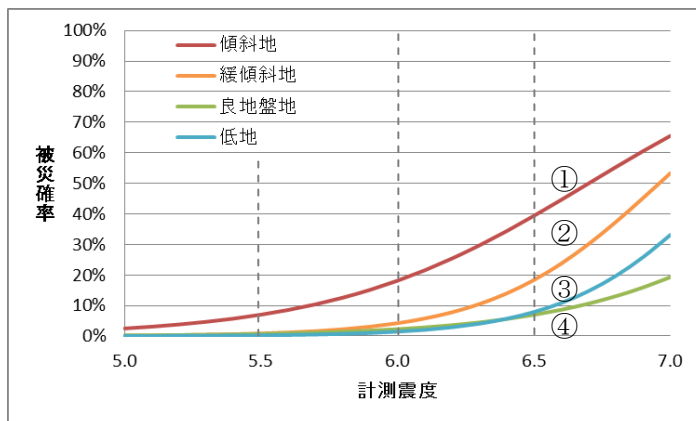


図-5 グループ化2の新築年フラジリティカーブ

き、計測震度 7.0 では、被災確率が約 50%となっている。一方、グループ化 2 の新築年のフラジリティカーブでは、①傾斜地、②緩傾斜地、③低地、④良地盤地の順に被災確率が大きく、被害の増加する計測震度が小さくなっている。①から③はそれぞれ、計測震度 5.5, 6.0, 6.5 で被災確率が増加している。それに対し、④は、緩やかなカーブを描いている。グループ化 1 と異なり、新築年であっても地形ごとに被害の傾向に差異が生じる結果となった。グループ化 2 の特色は、極めて被災確率が高くなる地形グループを抽出したことである。また、被害の出始める計測震度を明確に表している。

6. 被害予測

算出したフラジリティカーブを用いて、被害予測を行った。予測対象は、中越地域である。旧予測は、兵庫県南部地震に基づいた土地条件を考慮していないフラジリティカーブを用いて行った予測である。新予測の 1 と 2 は、それぞれグループ化 1 と 2 で行った予測である。中越および中越沖地震の予測結果を図-6、図-7 に示す。中越地震では、旧予測よりも新予測のほうが実被害に近い結果を示した。また、グループ化 1 よりもグループ化 2 のほうが実被害に近い数値を得た。これは、グループ化 2 はグループ化 1 より被害の大きさに着目したグループ化であるからだと考えられる。また、中越沖地震でも、新予測のほうが実被害に近い結果を示した。この結果から、土地条件を考慮してグループ化を行い算出したフラジリティカーブを用いることで、被害予測の精度を高めることができることを明らかにした。

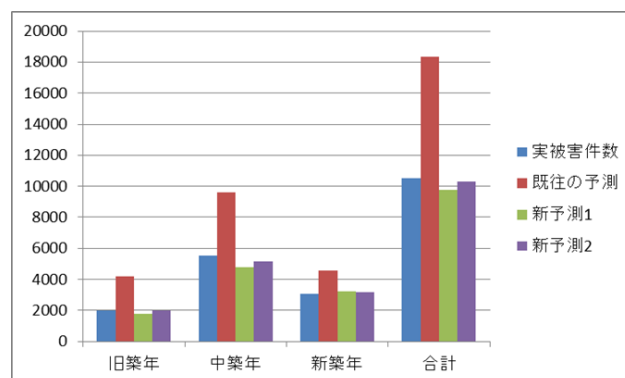


図-6 中越地震の被害予測

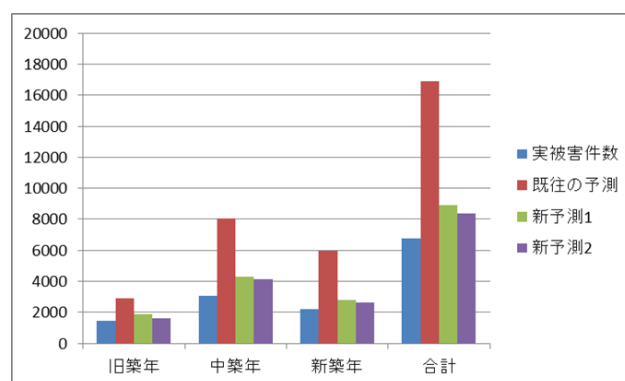


図-7 中越沖地震の被害予測

7. 結論

本研究では、GIS を用いて新潟中越及び中越沖地震を対象に地震による建物被害の予測モデルを構築した。以下に得られた結論についてまとめる。

- (1) 土地分類によって、被害の傾向に大きな違いがあり、被害の増加する計測震度が異なる。
- (2) 新築年の家屋であっても、地形によっては被害が大きくなる場合がある。
- (3) 土地条件を考慮することにより、従来の被害予測手法よりも高い精度の建物被害予測が可能となる。

8. 参考文献

- 1) 東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書，第 3 部被害想定手法，2012.
<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/pdf/assumption.part3.pdf>