

地震マグニチュードと震度曝露面積の関係について

岐阜大学大学院工学研究科

○廣瀬 正憲

岐阜大学工学部 正会員 能島 暢呂

岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 杉戸 真太

1. はじめに

将来の発生が予想される地震について、ハザードだけでなく被害レベルやリスク等を定量的に評価していくことが防災対策上有効であると考えられる。これに関する検討として、能島ら¹⁾はマクロ的な震災ポテンシャル指標として震度分布とその面積を考慮した震度曝露面積 AEX と、さらにこれに人口分布を重ね合わせた震度曝露人口 PEX を提案した。さらに能島ら²⁾は、2000～2004年に震度6弱以上を記録した地震を対象に気象庁マグニチュード M_j と AEX の関係式を算出した。本研究ではこれにその他の期間に発生した地震のデータを追加し、地震の規模と AEX の関係を調べ直した。また、村松³⁾による旧震度階と所定の震度以上となる面積の関係式との比較を行った。

2. 震度曝露面積の評価方法

本検討で対象としたのは、1997年から2007年11月までに震度6弱以上を記録した21地震である。これは前報²⁾で対象とされた13地震(2000年鳥取県西部地震、2001年芸予地震、2003年三陸南地震、2003年宮城県北部地震、2003年十勝沖地震、2004年新潟県中越地震およびそれらの前震・余震群)に、8地震(1997年鹿児島県北西部地震(第一)、1997年鹿児島県北西部地震(第二)、1998年岩手県内陸北部地震、2005年福岡県西方沖地震、2005年宮城県沖地震、2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震の本震および余震)を加えたものである。本検討で用いた震度データは、気象庁による計測震度と、K-NET, KiK-net, 広島市地震情報ネットワークの加速度記録に基づく計測震度を統合したものである。面積の集計については2000年国勢調査の時点での市区町村単位的数据を用いて、市区町村ごとの集計を基本とした。同一市区町村で複数の震度が得

られている場合には、その地点数に応じて面積を等配分した。また、集計は計測震度0.1刻みで行ったが、以下では震度階ごとでまとめた結果を示す。

3. 震度曝露面積と地震規模の関係

(1) 全地震を対象とした検討

21地震のモーメントマグニチュード M_w と AEX および気象庁マグニチュード M_j と AEX の関係を図1、図2に示す。ただし、震度6強以上および震度7はデータが少ないため、以下では検討の対象外とした。また、これらの特に高い震度階は非常に狭い範囲で観測されることが多いため、ここで用いた集計方法では過大評価となる可能性も考えられる。

両図ともばらつきは比較的大きいが正の相関関係が見られ、 R^2 値から5弱以上では M_w の方が相関が強く、5強以上ではほぼ同程度、6弱以上では M_j の方がやや相関が強いという結果になった。ばらつきが大きい要因は、陸域の地震に比べて海域の地震は高震度領域の AEX が小さくなることによると考えられる。震度階が高くなるにつれてばらつきが大きくなるのは、観測地点数が必然的に少なくなるため、市区町村ごとの面積の違いやその他の不確定要因の影響が顕著になるためと考えられる。

(2) 陸域の地震を対象とした検討

陸域の面的な震度分布を考えるため、海域で発生した5地震(十勝沖地震の本震・余震、福岡県西方沖地震、宮城県沖地震、能登半島地震)を除いて検討を行う。また、陸域の地震でも局所的に高震度を記録した岩手県内陸北部地震と、 M_w (6.6) と M_j (7.3) が大きくかけ離れた鳥取県西部地震は除き、その他14地震のみを対象とする。この場合の M_w と AEX および M_j と AEX の関係を図3、図4に示す。(1)と比べ相関が強くなって

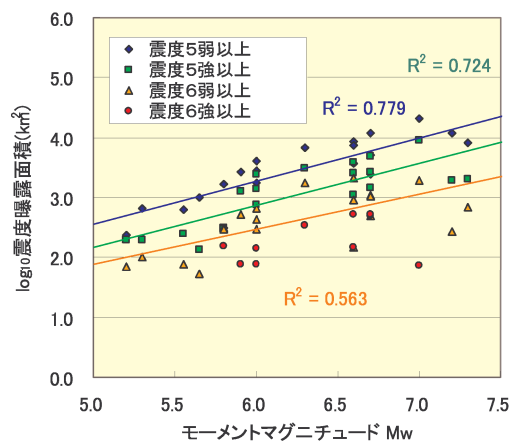


図1 21地震の AEX と M_w の関係

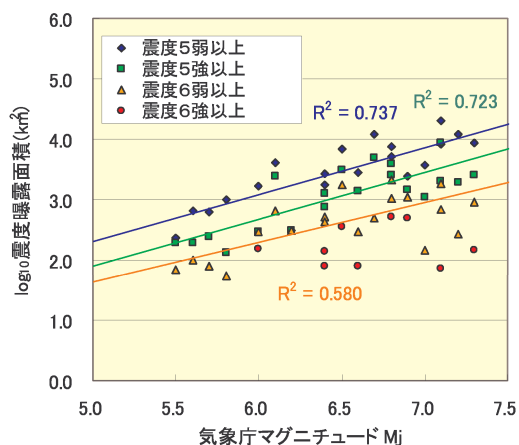


図2 21地震の AEX と M_j の関係

いることがわかる。また、 R^2 値から震度 6 弱以上では M_j の方が相関が強いが、震度 5 弱以上および震度 5 強以上では M_w の方が相関が強いことがわかる。このことから、本検討においては M_w の方が地震の規模と AEX の関係をよりよく説明できると考えられる。

(3) 旧震度階を用いた既往の研究

村松³⁾は1923年関東地震から1995年兵庫県南部地震までの陸の浅い地震17個を対象に、 M_j と震度5以上、震度6以上、震度7となる面積の関係を調べて推定式(1)(3)(5)を算出した。これは旧震度階に基づくため文献³⁾では震度5, 6および S_5 , S_6 , S_7 と表記されているが、本検討では現行の震度階に合わせて震度5弱, 6弱および $S_{4.5}$, $S_{5.0}$, $S_{5.5}$ と表記した。

$$\text{震度5弱以上} \quad \log_{10} S_{4.5} = 1.10M_j - 3.80 \quad (1)$$

$$\text{震度5強以上} \quad \log_{10} S_{5.0} = 1.18M_j - 4.84 \quad (2)$$

$$\text{震度6弱以上} \quad \log_{10} S_{5.5} = 1.25M_j - 5.87 \quad (3)$$

$$\text{震度6強以上} \quad \log_{10} S_{6.0} = 1.25M_j - 6.38 \quad (4)$$

$$\text{震度7以上} \quad \log_{10} S_{6.5} = 1.25M_j - 6.88 \quad (5)$$

なお式(2)および式(4)は、式(1)と(3)および式(3)と(5)の補間から求められたものである²⁾。この検討との比較のために、前節で対象とした14地震から M_j と AEX の関係式を算出した。回帰分析の結果を式(6)～(8)に示す。

$$\text{震度5弱以上} \quad \log_{10} AEX_{4.5} = 0.99M_j - 2.81 \quad (6)$$

$$\text{震度5強以上} \quad \log_{10} AEX_{5.0} = 1.10M_j - 3.89 \quad (7)$$

$$\text{震度6弱以上} \quad \log_{10} AEX_{5.5} = 0.94M_j - 3.33 \quad (8)$$

現行の震度階による震度5強以上の面積 $AEX_{5.0}$ の推定式(7)と旧震度階による震度5弱以上の面積 $S_{4.5}$ の推定式(1)は非常に接近している。また現行の震度階による震度6弱以上の面積 $AEX_{5.5}$ の推定式(8)と旧震度階の震度5強以上の面積 $S_{5.0}$ の推定式(2)が交差している。このことから、計測震度と旧震度階では約0.5の差

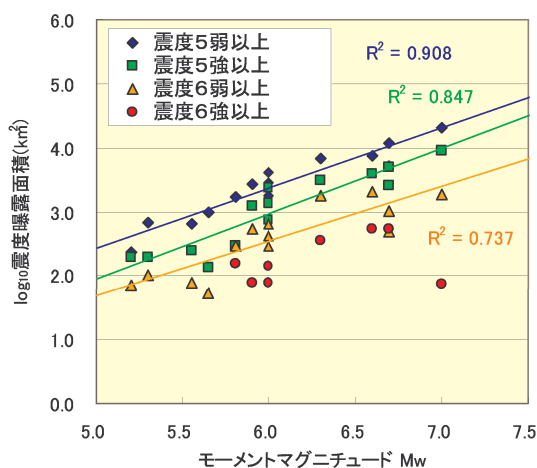


図3 14地震の AEX と M_w の関係

があり、現行の震度階の方が高い震度がより観測されやすくなっていることがわかる。

前報²⁾ではここで対象とした14地震のうち、2000～2004年に発生した10地震を対象に同様の関係式を算出している。ここではその関係式は省略するが、全体的に面積がわずかに小さくなる(回帰直線がやや下にシフトする)傾向が見られたものの、結果として大きな変化はなかった。また、表1に前検討と本検討の R^2 値を示す。各震度階とも本検討の方が R^2 値が小さくなり相関傾向は相対的に低くなった。ばらつきはやや大きくなったものの回帰直線に大きな変化はないことから、概ねこの誤差の範囲内で M_j と AEX の関係を表すことができるといえる。

表1 R^2 値の比較

	震度5弱以上	震度5強以上	震度6弱以上
前報 ²⁾	0.891	0.864	0.819
本検討	0.850	0.836	0.764

4. まとめ

本検討では、前報²⁾のデータセットをさらに充実させ、 M_j と AEX の関係を再評価した。この結果、計測震度と旧震度階には約0.5の差があり、震度5弱以上の高震度領域においては現行の震度階レベルで1レベル程度のずれが生じるという前報²⁾と同様の結果が得られた。また、今回は M_j を用いたが、 M_w の方が相関が強い傾向も認められることから、今後の地震被害のデータも追加してそれらの傾向を捉えていくことが重要である。

参考文献

- 1) 能島暢呂・杉戸真太・久世益充・鈴木康夫：震災ポテンシャル評価のための震度曝露人口指標の提案，第21回日本自然災害学会学術講演会，2002.9，pp.61-62.
- 2) 能島暢呂・久世益充・杉戸真太・三好将斗：計測震度と旧震度階の整合性に関する一考察，土木学会中部支部平成16年度研究発表会講演概要集，2005.3，I-9，pp.17-18.
- 3) 村松郁栄：震度分布と震源の関係，地震Ⅱ，第53巻3号，2001，pp.269-272.

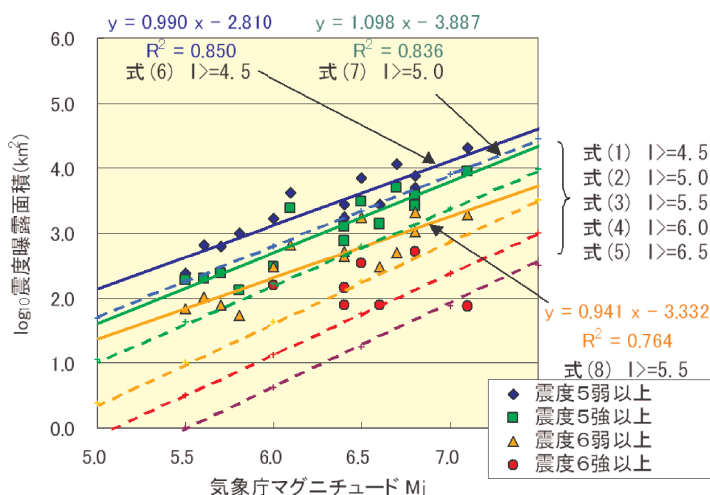


図4 14地震の AEX と M_j の関係