

第4章 防災に関する調査研究活動

1. 緊急地震速報を用いた震度予測値の精度に関する研究(1)

～震度予測式に関する考察～

正木和明・村瀬浩也・入倉孝次郎

1. 目的

地域防災研究センターでは気象庁の緊急地震速報を用いて企業立地地点での震度予測を行い各企業に配信している。震度予測に関わる因子は、マグニチュード、震源、発震時刻、震度予測式である。本論文では、実測された震度（注1）と予測された震度との比較を行い、震度予測式の精度に関して考察した。

2. 用いる地震データ

地域防災研究センターでは三河地域 30 地点に ETNA 型地震計を設置し、常時観測を実施している。地震記録は PHS 回線を通じて本センターサーバーに回収され、地震波形、震度、最大加速度、応答スペクトル等が算出されている。図1はセンター設置の地震計・端末の位置を示している。ETNA 地震計設置点は図中の逆三角形▼印で示され、おおむね三河地域の 5km ごとに分布するように展開されている。地盤条件は、沖積平野、洪積台地、第三紀丘陵地、山地など種々である。表1は解析に用いた地震である。マグニチュードは 3～5、震源深さは 10～40km である。宮城県沖地震を除けば愛知、中濃の内陸型地震である。

(注1：センター設置の ETNA 地震計は気象庁による認定を得ていないので観測波形から計算された計測震度は正確には震度相当値であって気象庁震度ではない)

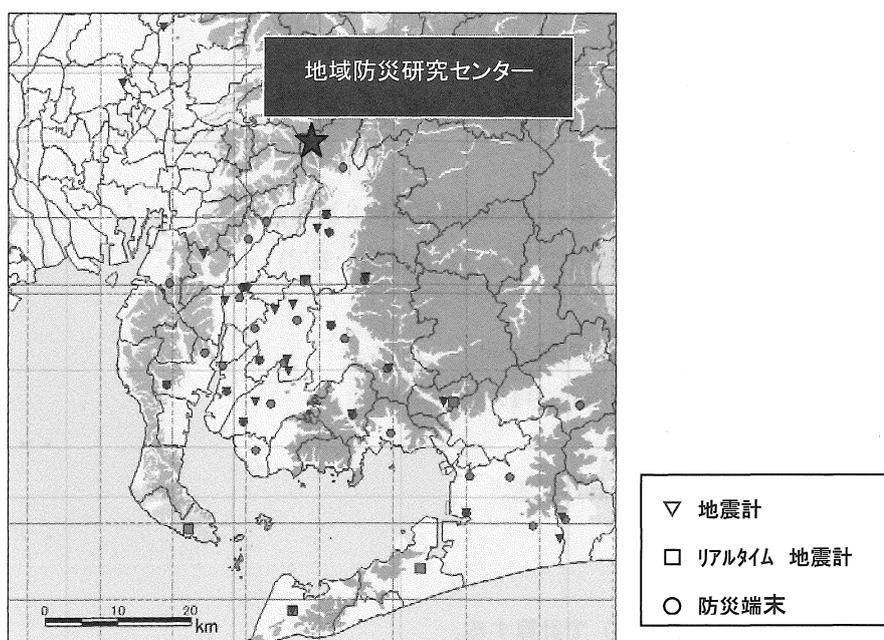


図1 解析に用いた ETNA 地震計設置点 (30 箇所)

表1 解析に用いた地震リスト

発生年月日	震源	M
2005年1月9日	愛知県西部	4.9
2005年1月29日	伊勢湾	3.8
2005年6月20日	岐阜県美濃中西部	4.6
2005年7月11日	愛知県西部	3.1
2005年7月26日	愛知県西部	3.0
2005年8月16日	宮城県沖	7.2
2005年12月24日	愛知県西部	4.8
2005年12月28日	愛知県	3.8
2006年1月9日	愛知県東部	3.9

3. 震度推定方法

予測震度は気象庁から配信される緊急地震速報の震源地、マグニチュードを用いて以下の手順で計算されている。

- 1) 配信された気象庁マグニチュード M_j を武村 (1990) を用いてモーメントマグニチュード M_w に換算する。

$$M_w = 0.78M_j + 1.08 \quad \dots (1)$$

- 2) S 波速度 600m/sec 相当の基準地盤面上での最大速度 PGV_{b600} を司・翠川 (1999) を用いて計算する。

$$\log PGV_{b600} = 0.58M_w + 0.0038D + d - 1.29 - \log(X + 0.0028 \times 10^{0.50M_w}) - 0.002X \quad \dots (2)$$

PGV_{b600} : $V_s=600\text{m/s}$ 相当の地盤上の最大速度 (cm/s)

M_w : モーメントマグニチュード

D : 震源深さ (km)

d : 地震のタイプ別指数

- ・地殻内地震 $d = 0$
- ・プレート間地震 $d = -0.02$
- ・プレート内地震 $d = 0.12$

X : 断層最短距離 (km)

- 3) 地表から地下 30 m までの表層地盤の平均 S 波速度 AVS を松岡・翠川 (1994) で計算する。

$$\log AVS = a + b \log H + c \log D \pm \sigma \quad \dots (3)$$

AVS : 地表から地下 30 m までの推定平均 S 波速度 (m/s)

a, b, c, σ : 係数 (微地形ごとに与えられた係数。表 2)

H : 標高 (m)

D : 主要河川からの距離 (km)

- 4) 表層地盤の地震波増幅度 ARV を松岡・翠川 (1994) で計算する。

$$\log ARV = 1.83 - 0.66 \log AVS \pm 0.16 \quad \dots (4)$$

- 5) 地表における最大速度 PGV を以下の式で計算する。

$$PGV = PGV_{b600} \times ARV \quad \dots (5)$$

- 6) 地表における計測震度 I を翠川他 (1999) で計算する。

$$I = 2.68 + 1.72 \log PGV \quad \dots (6)$$

I : 計測震度

PGV : 地表面の最大速度 (cm/s)

4. 比較検討

以上の計算から得られた予測震度と観測震度との比較を図2に示す。平均で震度1、最大で震度2程度、予測震度の方が大きくなっている。

予測震度が大きくずれる要因は4つの式すなわち、気象庁マグニチュードからモーメントマグニチュードに変換する式(1)、最大速度を推定する距離減衰式(2)、地盤のS波速度推定式(3)、地盤の増幅度を推定する式(4)が挙げられる。そこで式(1)、(3)、(4)について以下の改良を試みた。

A) 変換式(1)は明らかにM_jが4.8以下の場合はM_wが大きくなる。この事は予測震度を大きめに計算する事となる。そこで宇津(1982)を用いる。

$$M_w = M_j - 0.171 \quad (\text{宇津：1982}) \quad \dots (1')$$

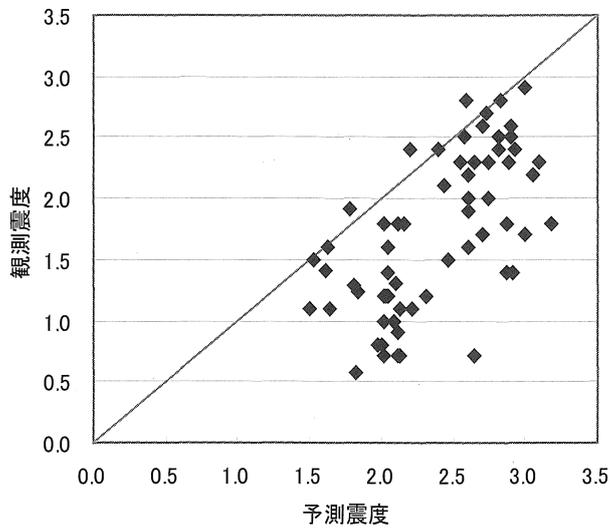


図2 予測震度と実測震度との比較 (30箇所)

B) 平均S波速度推定式(3)に用いる係数(表2)はさらに詳細に分類している藤本・翠川(2003)の表を用いる。表3に係数を示す。増幅度は式(4)を用いる。

C) 地盤増幅度推定式(4)を用いず、地震計設置点の地盤モデルを作成し、応答計算によりS波速度600m/sの基準面および地表におけるリッカー波応答波形から増幅度を計算する。

表2 式(3)における係数(松岡・翠川、1994)

微地形区分	a	b	c	σ
埋立地	2.23	0	0	0.14
人工改変地	2.26	0	0	0.09
三角州・後背湿地 ($D \leq 0.5$)	2.19	0	0	0.12
三角州・後背湿地 ($D > 0.5$)	2.26	0	0.25	0.13
自然堤防	1.94	0.32	0	0.13
谷底平野	2.07	0.15	0	0.12
砂州・砂丘	2.29	0	0	0.13
扇状地	1.83	0.36	0	0.15
ローム大地	2.00	0.28	0	0.11
砂礫台地	1.76	0.36	0	0.12
丘陵	2.64	0	0	0.17
火山等	2.25	0.13	0	0.16
先第三紀	2.87	0	0	0.23

表3 式(3)における係数(藤本・翠川、2003)

微地形区分	a	b	c	σ
山地(先第三系)	2.9	0	0	0
山地(第三系)	2.807	0	0	0
山麓地	2.602	0	0	0
丘陵	2.349	0	0.152	0
火山地	2.708	0	0	0
火山山麓地	2.315	0	0.094	0
火山性丘陵	2.608	0	0	0
岩石台地	2.546	0	0	0
砂礫台地	2.493	0.072	0.027	-0.164
ローム台地	2.206	0.093	0.065	0
谷底平野	2.266	0.144	0.016	-0.113
扇状地	2.35	0.085	0.015	0
自然堤防	2.204	0.1	0	0
後背湿地	2.19	0.038	0	-0.041
旧河道	2.264	0	0	0
三角州・海岸低地	2.317	0	0	-0.103
砂州・砂礫州	2.415	0	0	0
砂丘	2.289	0	0	0
干拓地	2.373	0	0	-0.124
埋立地	2.404	0	0	-0.139

武村 (1990) に代えて宇津 (1982) の式を用い、松岡・翠川 (1999) に代えて藤本・翠川 (2003) の係数表により増幅度を計算した場合、松岡・翠川 (1994) に代えて地震応答による増幅度を計算した場合、それぞれの結果を図3に示す。藤本・翠川 (2003) を用いると予測震度の誤差はかなり小さくなるが、まだ大きめであるのに対し、応答計算で推定した増幅度を用いた場合はほぼ観測震度と一致している。

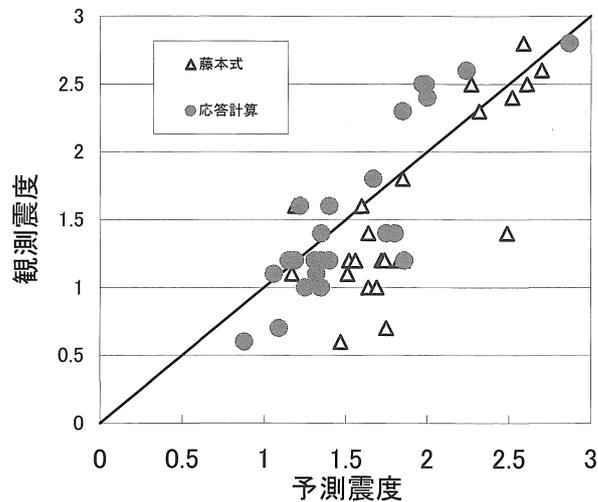


図3 藤本・翠川 (2003) を用いた予測震度、地盤応答解析結果を用いた予測震度との比較

5. まとめ

今回解析を行った地震はマグニチュードが5以下の地震である。また、実測震度は3以下である。現在本センターが配信している予測震度は、この範囲に限れば過大評価となっている。この点を改良すべき方法も明らかになった。しかし、問題は災害が発生するような「マグニチュード7以上、震度5以上」の地震に対しても今回のような改良が適切であるかどうかである。その検証材料は容易には得られないが全国のデータも収集しながら、さらに検討を重ねる必要がある。