

## 震度予測精度の検証 [増幅倍率・1926以降の実測震度]

2010年09月10日 株式会社ANET発行

緊急地震速報を用いて予測された震度値の精度について検証した。ここでは、増幅倍率に着目して検証した。

- 1926年以降の実測震度・体感震度から、“逆算”増幅倍率を算出
- 逆算増幅倍率の安定性を検証
- 当社予測手法で使用している気象庁増幅倍率の妥当性を検証

01. 予測震度算出の概要
02. 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値による検証にあたって
03. 都内震度計震度2・3・4の場合の逆算増幅倍率の推移、および増幅倍率妥当性
04. 全国震度計震度4以上の場合の逆算増幅倍率の推移、および増幅倍率妥当性
05. まとめ 増幅倍率の利用にあたって

### 01. 予測震度算出の概要

[高度利用者向け] 緊急地震速報の電文にて配信される情報に含まれる情報：

地震規模マグニチュード ・ 震央位置 ・ 震源深さ ・ 発生時刻

により、任意地点での震度・主要動（≒S波）到達時刻が予測できる。ここで、震度・到達時刻（あるいは主要動到達までの猶予時分）を算出する場合、その手法について気象庁の許可を得る必要がある。当社のように受信装置・ソフトを製作する事業者は、気象庁に手法を提示し、許可をうけている。当社ANETは、許可番号第101号である。気象庁に予報業務の許可を受けた事業者は、気象庁HP内に発表されている。

[http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/minkan\\_jishin.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/minkan_jishin.html)

#### 付記

- 緊急地震速報による震度及び猶予時分の標準的な予測手法は、「気象業務法施行規則第十条の二第一号ロ」：平成19年11月の気象庁告示第十一号に定められている。その内容は気象庁HP内：<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/techmeeting6/shiryo2-2.pdf>（【資料2-2 予報業務許可の技術基準について】で検索してください）に詳しい。この手法は、気象庁が予測計算に用いる手法である。なお、当社が気象庁から許可を受けた手法も、上記とほとんど同じである。
- 緊急地震速報の受信装置・ソフトのなかには、予測計算に関する部分を許可事業者が担当している場合もある。ANETの配信および㈱パトライト様製の受信端末をご利用の場合、予測計算の部分はANETが責任をもってお届けしている。

震度予測手法のあらまはは以下のとおりである。

- ①緊急地震速報による震央位置情報から、震央—予測したい地点間の距離：**震央距離**を計算する。
- ②緊急地震速報による地震規模・震源深さ情報を、地震の速度の距離減衰式に適用する。これにより予測したい地点の**“基盤”での最大速度**を求める。
- ③予測したい地点の**表層での増幅倍率**を、**“基盤”での最大速度**に乘じ、**地表面での最大速度**を求める。
- ④**地表面での最大速度**を震度値に換算する。
- ⑤震度値を震度階に読み替える。

※なお、緊急地震速報による地震発生時刻情報・震源深さ情報と震央距離から、予測したい地点にS波が到達する時刻さらには猶予時分が推定される。

上記③・④を式で示すと、以下のようになる。

$$\text{【震度値】} = 2.68 + 1.72 \times \log (\text{【表層最大速度】})$$

$$\text{【表層最大速度】} = \text{表層増幅倍率} \times \text{基盤最大速度}$$

#### 付記

- ②で用いる距離減衰式では、S波速度（以下、 $V_s$ ）600m/sの地層の上面（この面以下では $V_s < 600\text{m/s}$ ）での速度を求める。地震規模、震央距離、震源深さの関数である。ここで使用される式は司・翠川式というものであり、地震被害想定の際に使われることもある式である。ただし、緊急地震速報で用いる際には、震源距離のところで地震規模による補正（地震規模が大きい場合、司・翠川式に適用する震源距離として、震央距離・震源深さから求まる値より小さい値とする）がなされる。  
なお、基本的に震源は“点”として扱われる。上記補正は、点震源からの距離よりも震源域からの距離が短くなるようにした工夫といえる。
- いわゆる“基盤”というとき、その示す内容はまちまちである。ここでは、 $V_s=600\text{m/s}$ となる地層上面までを基盤と称している。千葉・横浜・成田での大深度ボーリングによると、これは地下-300m程度を意味する。一般に言われる“基盤”のイメージよりは深い。
- 震度値は、小数点以下2位以下を切り捨てて扱う。そして、以下のように震度階に換算する。  
震度値2.5～3.4 → 震度3      震度値3.5～4.4 → 震度4  
震度値4.5～4.9 → 震度5弱      震度値5.0～5.4 → 震度5強      ほか略  
例えば、震度値が2.49と計算された場合は、切り捨てて2.4、震度階としては2、となる。

距離減衰式、またそもそも基盤速度×表層増幅倍率＝表層速度か、震度が最大速度で済むのか、などの問題点は考えられるが、本資料では触れない。次項以降では、この（表層）増幅倍率について調べる。

増幅倍率としては様々なものを使用されている。本資料では、気象庁が使用している増幅倍率（1kmメッシュ）について検証する。なお、この増幅倍率それ自体は非公表である。また $V_s=700\text{m/s}$ 相当層上面を基盤とする倍率であるため、実際距離減衰式に適用する際には定数0.9で乗じたものを $V_s=600\text{m/s}$ 相当層上面を基盤とする場合として使用している。本資料で増幅倍率値を示す際には、この0.9で乗じた値を使用する。

## 02. 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値による検証にあたって

増幅倍率の妥当性を検証するため、実測の震度と予測震度とを比較する。具体的には、気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算増幅倍率の値の時間変化を調べる。

逆算増幅倍率は、以下の手順によって求める。

- ① 気象庁観測による地震諸元（震央位置・震源深さ・地震規模）を用い、緊急地震速報で予測震度を求める手法と同じように計算して、（計算）基盤速度を求める。
- ② この（計算）基盤速度に気象庁増幅倍率を乗じて換算すると予測震度が求まる。ここでは、実測震度階と（計算）基盤速度から増幅倍率を逆算する。

震度階は2・3・4・5弱・・・といった値である。ここでは、それぞれの中央値（震度2なら震度値1.5～2.4なので、中央値2.0）によみかえる。

- ③ 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値を求める。

震度階に最大約1.0（震度4以下）または約0.5（震度5・6強弱）の幅があるので、気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値には3.8～0.26（実測震度4以下）または1.95～0.51（実測震度5・6強弱）なる誤差範囲がある。

そして、気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値が1以上＝気象庁増幅倍率が実際の倍率より大きめ＝予測震度がやや大きめに出ることを示す。値が2なら、震度に換算すると気象庁増幅倍率に基づく予測（計算）震度は、（逆算倍率のもととなった）実測震度より0.52大きいことになる。

気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率	0.300	0.700	1.000	2.000	3.000
＝					
気象庁増幅倍率による予測震度値－実測震度値（過大分）	-0.90	-0.27	0.00	0.52	0.82

ここで、いくつかの問題点がある。以下に問題点および本資料内での考え方を示す。

- 比較すべき実測震度の問題。体感震度、計測震度の差異。大きな震度の事例が少ない。

→ 震度2・3・4（以上）、体感震度時代・計測震度時代、にそれぞれ区分して扱う。

### 付記

- 体感震度の時代には、震度の観測地点が少ない。各県1箇所しかないところもある。当然、大きな震度を示したであろう地点での震度が把握しきれていない。
- また、体感震度と計測震度とは、成り立ちが全く異なる。もちろん計測震度の値が体感震度の値とそうずれないように工夫されたが、それでもこの差異については現在議論がある。
- 当時の地震観測網が貧弱であることから、地震諸元の精度というものが時期によって同じではない。しかし検証も不可能である。

●実測震度観測地点の問題。移設、設置状態。

- とりあえず現在（あるいは最終状態）での増幅倍率を使用する。
- 逆算倍率推移のなかで異常な挙動があれば、着目する。

付記

- 体感震度を定めた気象官署、また地震計・震度計の位置が変更されている場合がある。公表情報をみる限り不明なものもある。また、最近の震度計移設の問題もある。
- 岩手宮城内陸地震の後、一部震度計での震度値に疑問が持たれたことをきっかけに、震度計の設置状態が調査され、多くの震度計が移設・改修された。移設といっても同一敷地内（例えば、町役場の敷地内）の移設も多い。
- 気象庁増幅倍率は、約1km四方の地域ごとに適用される値である。同一敷地内での微妙な違い（設置不良も含む）までは当然考慮されない。
- 通常、移設といっても同一施設内が多い。その場合増幅倍率に影響が及ぶことは稀である。一方、大きく移設される場合は、廃止・新設扱いとなる。

●実測震度階を中央値で代表させることの問題。

- 今資料では、とりあえず中央値＝平均値と仮定して整理した。

付記

- 震度値2.5～3.4→ 震度3 中央値3.00 震度値3.5～4.4→ 震度4 中央値4.00  
震度値4.5～4.9→ 震度5弱 中央値4.75 震度値5.0～5.4→ 震度5強 中央値5.25  
ほか略
- 例えば震度階3＝震度値2.5～3.4であり、この範囲の震度値が均等に発生するのなら、中央値即ち平均値である。しかし、実際には震度値2.9と3.1とでは2.9のほうが多い、2.5が一番多い、と推測できる。震度階3の場合の震度値の平均は3.0より小さいと思われる。
- 体感震度の場合、震度値という考え方自体がそぐわない。
- 最近、震度5弱以上を観測した地震の一部で震度値が発表されている。また、中越地震などについては防災科学技術研究所による計測震度（K-NET、参考値。現在公表終了）も公表されていた。これらによる検証は別途【震度予測精度の検証 [最近の主な地震の緊急地震速報・1926以降確定報]】にて述べる。

●地震規模・震度などによる影響の問題。距離減衰式、震度分布指向性、地震深さ。

- 震度2・3・4（以上）、体感震度時代・計測震度時代、にそれぞれ区分して扱う。  
距離減衰式、またそもそも基盤速度×表層増幅倍率＝表層速度か、震度が最大速度でできるのか、などの問題点については、ここでは触れないものとする。

●期間は1926年4月1日または1996年10月1日～2010年3月31日までとした。

また、深発地震、あるいは地震規模M等が確定されなかったもの、および島嶼部の震度データについては対象外とした。

03. 都内震度計震度2・3・4の場合の逆算増幅倍率の推移、および増幅倍率妥当性

～震度の大小による影響の確認～

03. 1 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の推移の例 震度2・3・4 大手町震度計1926～2009

まず、千代田区大手町の震度計での実測震度から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度2・3・4それぞれの場合について調べる。

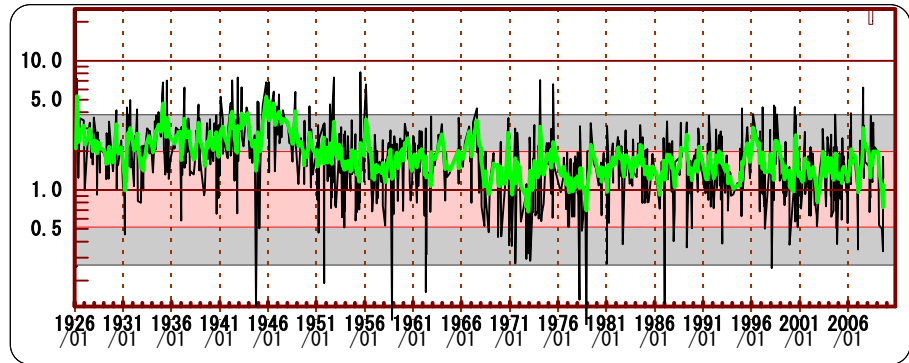


図03-01 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 千代田区大手町 震度2 1926～2009

—— 気象庁増幅倍率／逆算倍率の推移 M2以上・実測震度2以上  
 ——— 同 スムージング

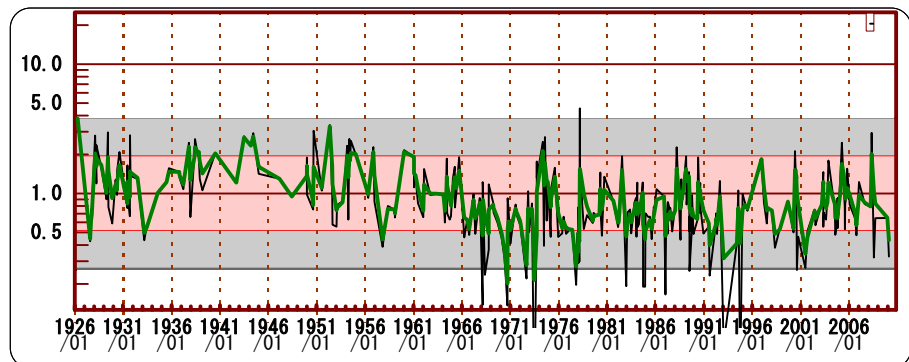


図03-02 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 千代田区大手町 震度3 1926～2009

—— 気象庁増幅倍率／逆算倍率の推移 M2以上・実測震度3以上  
 ——— 同 スムージング

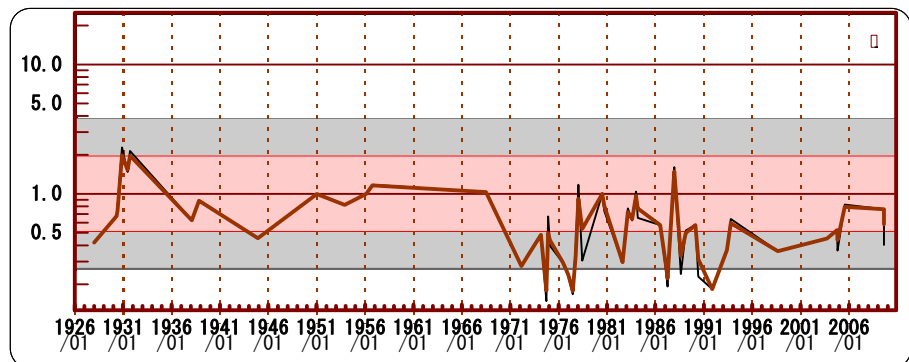


図03-03 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 千代田区大手町 震度4 1926～2009

—— 気象庁増幅倍率／逆算倍率の推移 M2以上・実測震度4以上  
 ——— 同 スムージング

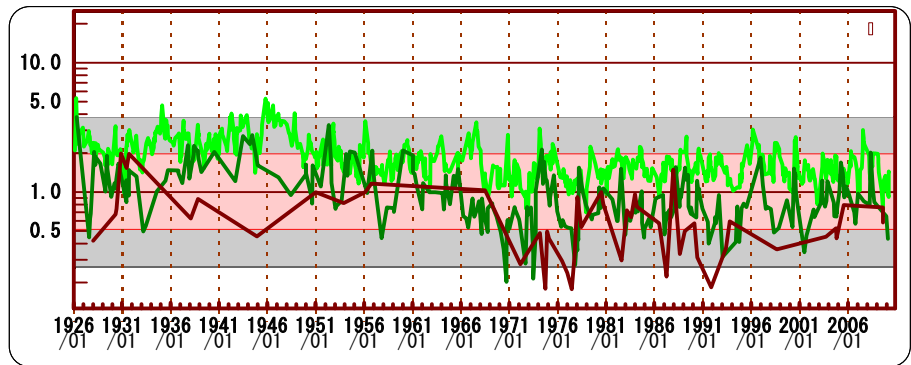


図03-04 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 千代田区大手町 震度2・3・4 1926～2009

スムージング

- 【東京千代田区大手町】 気象庁倍率／逆算倍率の推移 M2以上震度 2
- 【東京千代田区大手町】 気象庁倍率／逆算倍率の推移 M2以上震度 3
- 【東京千代田区大手町】 気象庁倍率／逆算倍率の推移 M2以上震度 4

※ 震度階に最大約1.0（震度4以下）または約0.5（震度5・6強弱）の幅があるので、気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値には3.8～0.26（実測震度4以下）または1.95～0.51（実測震度5・6強弱）なる誤差範囲がある。  
 ※ 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値が1以上＝気象庁増幅倍率が実際の倍率より大きめ＝予測震度がやや大きめに出ることを示す。

気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均・およびσ値を示す。

【千代田区大手町1926～2009】

震度 2		震度 3		震度 4	
件数	942	件数	294	件数	52
平均	1.870	平均	1.015	平均	0.674
σ	1.173	σ	0.686	σ	0.460
増幅倍率Vs600	2.2914	増幅倍率Vs600	2.2914	増幅倍率Vs600	2.2914

千代田区大手町震度計での気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、以下の傾向にあるといえる。

- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、実測震度2の場合大きく、4の場合小さい。  
 → 実測震度2の場合、予測（計算）震度がやや過大基調、実測震度4の場合は予測（計算）震度がやや過小基調で推移する。
- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、1960年以前ではそれ以降より一様に大きい。  
 → 1960年以前の場合、予測（計算）震度が大きく、すなわち実測震度が小さくなっている。1960年以降に体感震度の評価が“安全側”になった：従来震度2だったものを震度3ということも増えた可能性がある。

※千代田区大手町の震度計で震度2以上となった回数

	1293 回	(M未確定のものを除く)
震度 2	942 回	
震度 3	294 回	
震度 4	52 回	
震度 5 (弱・強)	5 回	

03. 2 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の推移の例 震度2・3

都内気象庁・科技研地震計 1996～2009 (震度2以上を10回検知した箇所)

都内の震度計での実測震度から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度2・3それぞれの場合について調べる。実測震度2以上を10回以上検知した箇所のうち、まず気象庁・科技研の地震計（島嶼部除く）11箇所について扱う。

所在地	機関	回数
東京千代田区大手町	気象庁	1293
東京江戸川区中央	気象庁	185
国分寺市戸倉	気象庁	116
八王子市大横町	気象庁	57
東京杉並区阿佐谷	気象庁	49
八王子市堀之内	防災科研	37
東京新宿区上落合	防災科研	36
町田市忠生	防災科研	33
東京国際空港	気象庁	32
小金井市本町	防災科研	29
青梅市東青梅	気象庁	26

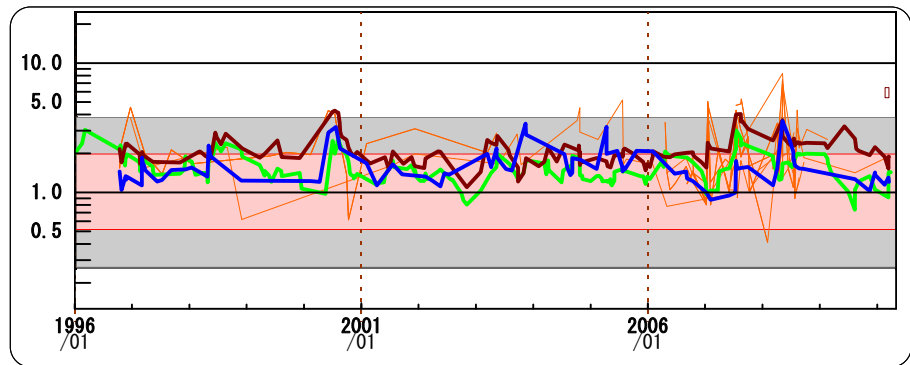


図03-05 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 千代田区大手町ほか 震度2 1996～2009

- その他都内気象庁・科技研地震計 気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2  
スムージング
- 【東京千代田区大手町】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2
- 【東京江戸川区中央】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2
- 【国分寺市戸倉】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2

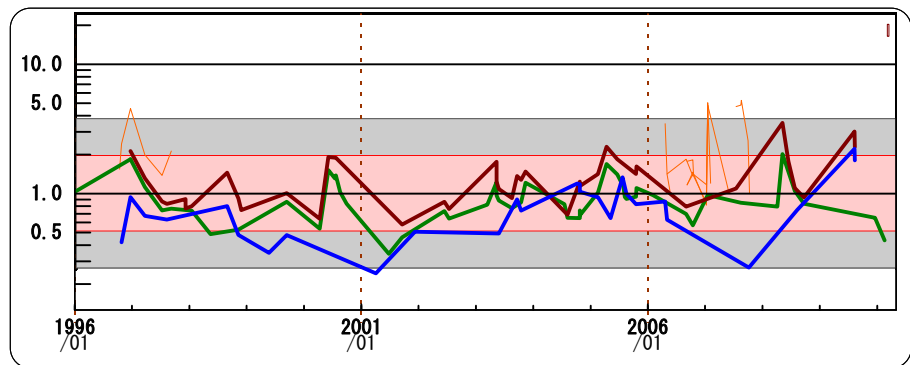


図03-06 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 千代田区大手町ほか 震度3 1996～2009

- その他都内気象庁・科技研地震計 気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度3  
スムージング
- 【東京千代田区大手町】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度3
- 【東京江戸川区中央】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度3
- 【国分寺市戸倉】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度3

※ 震度階に最大約1.0（震度4以下）または約0.5（震度5・6強弱）の幅があるので、気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値には3.8～0.26（実測震度4以下）または1.95～0.51（実測震度5・6強弱）なる誤差範囲がある。

※ 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値が1以上＝気象庁増幅倍率が実際の倍率より大きめ＝予測震度がやや大きめに出ることを示す。

気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率	0.300	0.700	1.000	2.000	3.000
=					
気象庁増幅倍率による予測震度値 - 実測震度値（過大分）	-0.90	-0.27	0.00	0.52	0.82

気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均・およびσ値を示す。

【東京都内気象庁・科技研地震計 1996～2009 震度2以上を10回以上観測した箇所】

実測震度2

千代田区大手町	東京江戸川区中央	国分寺市戸倉	その他計8箇所
件数	209	141	89
平均	1.550	2.092	1.618
σ	0.914	1.079	1.097
増幅倍率Vs600	2.2914	2.5407	1.7073
件数			231
平均			2.232
σ			1.961

実測震度3

千代田区大手町	東京江戸川区中央	国分寺市戸倉	その他計8箇所
件数	51	41	27
平均	0.922	1.273	0.777
σ	0.566	0.783	0.475
増幅倍率Vs600	2.2914	2.5407	1.7073
件数			33
平均			2.323
σ			2.147

都内の気象庁・科技研地震計での気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、以下の傾向にあるといえる。

- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、実測震度2の場合大きい。実測震度3の場合は相対的に小さい。
  - 実測震度2の場合、予測（計算）震度がやや過大基調となる。気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値が2程度なら、震度値0.5程度予測（計算）のほうが過大ということになる。
- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、【江戸川区中央】・【千代田区大手町】（前項）・【国分寺市戸倉】の順に小さくなる。
  - 地域性はあるようである。

※	江戸川区中央 震度計	国分寺市戸倉 震度計	その他都内気象庁・ 科技研震度計 合計
震度2以上となった回数	185 回	116 回	305 回
震度2	141 回	89 回	236 回
震度3	41 回	27 回	34 回
震度4	3 回	0 回	1 回
震度5（弱・強）	0 回	0 回	0 回

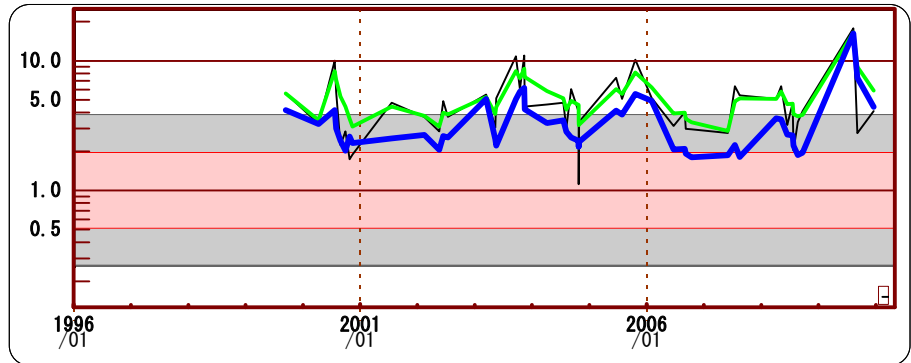


**03. 3 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の推移の例 震度2・3**

**都内全震度計 1996～2009 (震度2以上を10回検知した箇所)**

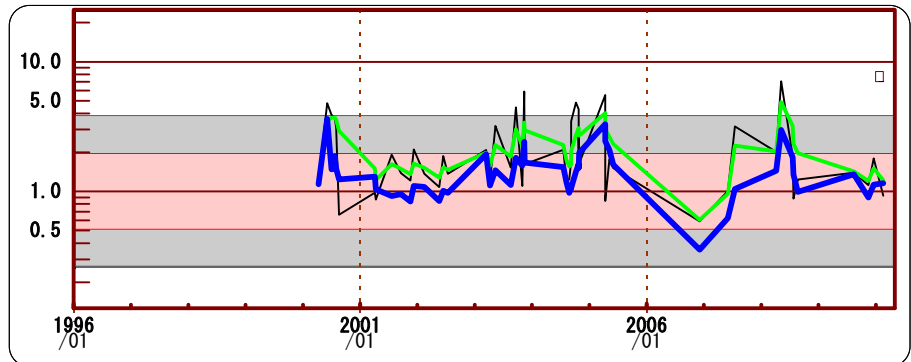
都内の震度計での実測震度から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度2・3それぞれの場合について調べる。実測震度2以上を10回以上検知した箇所すべてについて傾向を調べ、その分布にも着目する。

対象とした震度計： 97箇所



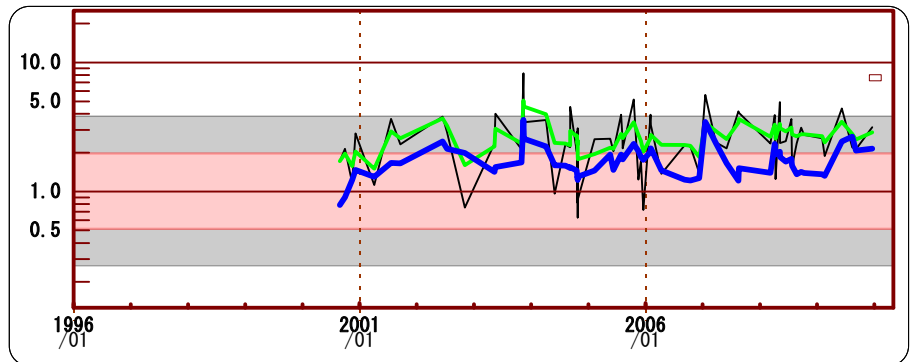
**図03-07 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 墨田区吾妻橋 震度2 1996～2009**

図化番号47 【東京墨田区吾妻橋】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2 同 スムージング 東京千代田区大手町 との比



**図03-08 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 稲城市東長沼 震度2 1996～2009**

図化番号44 【稲城市東長沼】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2 同 スムージング 東京千代田区大手町 との比



**図03-09 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 墨田区東向島 震度2 1996～2009**

図化番号22 【東京墨田区東向島】気象庁倍率/逆算倍率の推移 M2以上震度2 同 スムージング 東京千代田区大手町 との比

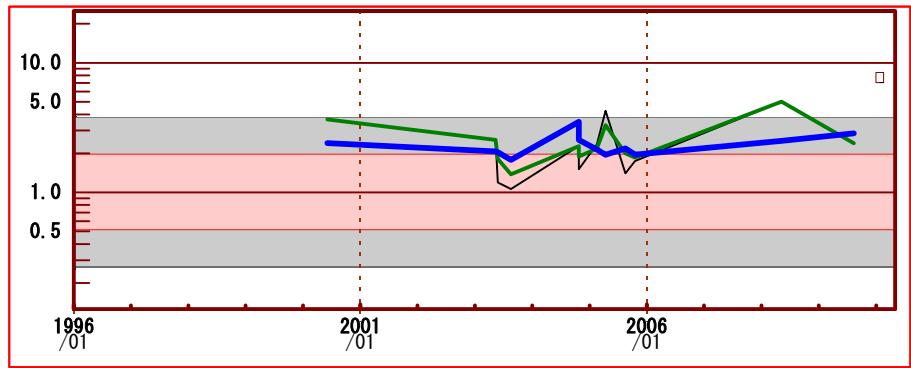


図03-10 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 墨田区吾妻橋 震度3 1996～2009

図化番号47 【東京墨田区吾妻橋】気象庁倍率／逆算倍率の推移 M2以上震度3  
 同 スムージング  
 東京千代田区大手町 との比

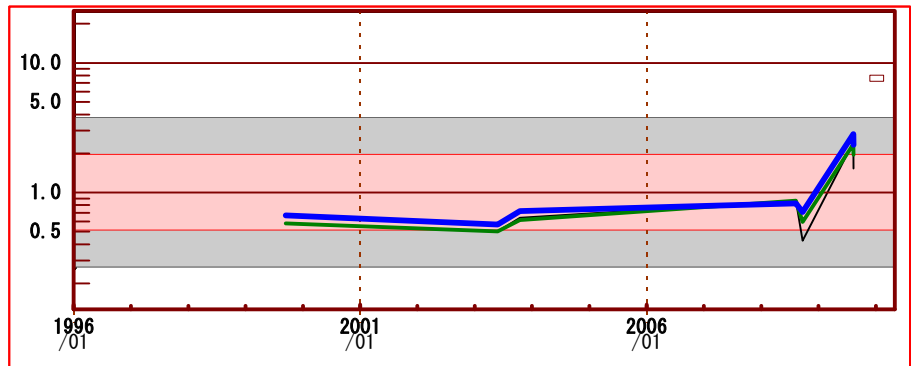


図03-11 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 稲城市東長沼 震度3 1996～2009

図化番号44 【稲城市東長沼】気象庁倍率／逆算倍率の推移 M2以上震度3  
 同 スムージング  
 東京千代田区大手町 との比

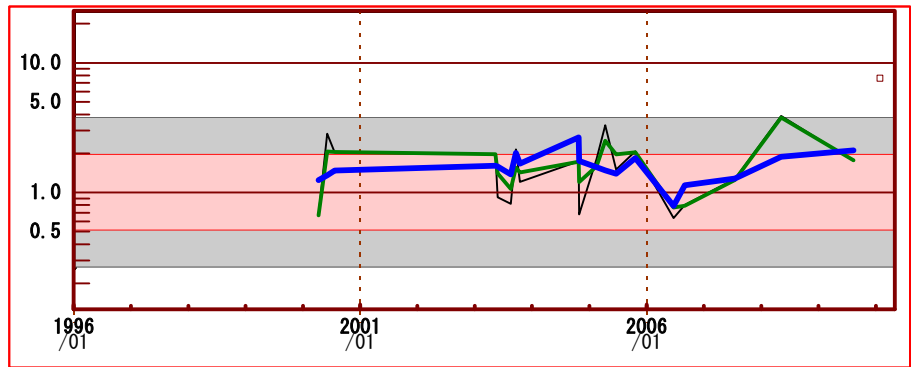


図03-12 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 墨田区東向島 震度3 1996～2009

図化番号22 【東京墨田区東向島】気象庁倍率／逆算倍率の推移 M2以上震度3  
 同 スムージング  
 東京千代田区大手町 との比

気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均・およびσ値を示す。

【東京都内震度計の例 1996～2009 震度2以上を10回以上観測した箇所】

実測震度2

千代田区大手町		東京墨田区吾妻橋		稲城市東長沼		東京墨田区東向島	
件数	209	件数	50	件数	51	件数	68
平均	1.550	平均	4.803	平均	2.244	平均	2.593
σ	0.914	σ	2.893	σ	1.490	σ	1.342
増幅倍率Vs600	2.2914	増幅倍率Vs600	3.7386	増幅倍率Vs600	1.8063	増幅倍率Vs600	2.8359

実測震度3

千代田区大手町		東京墨田区吾妻橋		稲城市東長沼		東京墨田区東向島	
件数	51	件数	12	件数	7	件数	19
平均	0.922	平均	2.450	平均	0.999	平均	1.690
σ	0.566	σ	1.204	σ	0.685	σ	0.892
増幅倍率Vs600	2.2914	増幅倍率Vs600	3.7386	増幅倍率Vs600	1.8063	増幅倍率Vs600	2.8359

次に、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値と気象庁増幅倍率および平均標高との関係を調べた。

図03-13 実測震度2の場合の  
気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値  
と気象庁増幅倍率  
および平均標高

◆：気象庁増幅倍率  
□：標高

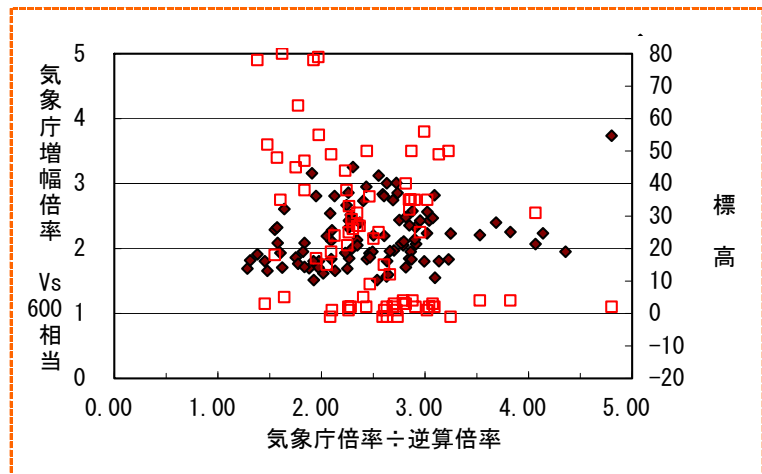
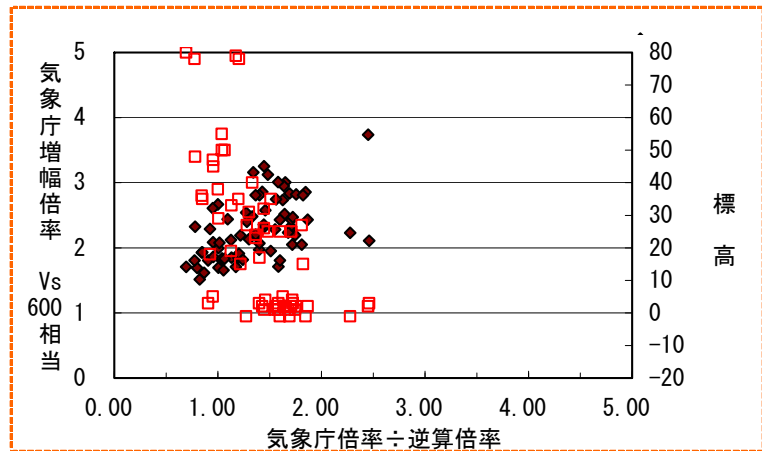


図03-14 実測震度3の場合の  
気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値  
と気象庁増幅倍率  
および平均標高

◆：気象庁増幅倍率  
□：標高



ばらつきが大きいものの、低地に設置された震度計位置⇨気象庁増幅倍率の値そのものが大きい震度計位置にて、気象庁増幅倍率が逆算よりも過大であるといえる。

図03-15～18に、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の分布などを示す。

※ 震度階に最大約1.0（震度4以下）または約0.5（震度5・6強弱）の幅があるので、気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値には3.8～0.26（実測震度4以下）または1.95～0.51（実測震度5・6強弱）なる誤差範囲がある。

※ 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値が1以上＝気象庁増幅倍率が実際の倍率より大きめ＝予測震度がやや大きめに出ることを示す。

気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率	0.300	0.700	1.000	2.000	3.000
＝					
気象庁増幅倍率による予測震度値－実測震度値（過大分）	-0.90	-0.27	0.00	0.52	0.82

都内の震度計での気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、以下の傾向にあるといえる。

- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、実測震度2の場合大きい。実測震度3の場合は相対的に小さい。
- 実測震度が2または3程度の場合、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、低地に設置された震度計位置÷気象庁増幅倍率の値そのものが大きい震度計位置ほど大きい。
  - 実測震度2・3程度の場合は予測（計算）震度が過大になりがちであるが、低地に設置された震度計についてはさらに過大になりがちである。
  - 増幅倍率の値が大きいところでは、実測震度2・3程度の場合増幅倍率が過大である。結局距離減衰式に問題があるといえる。当面は予測震度3以下は過大と承知するしかない。

図03-15 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率の傾向 実測震度2 1996～2009

都内全震度計のうち震度2以上を10回以上観測した地点について

図03-15A 平均値

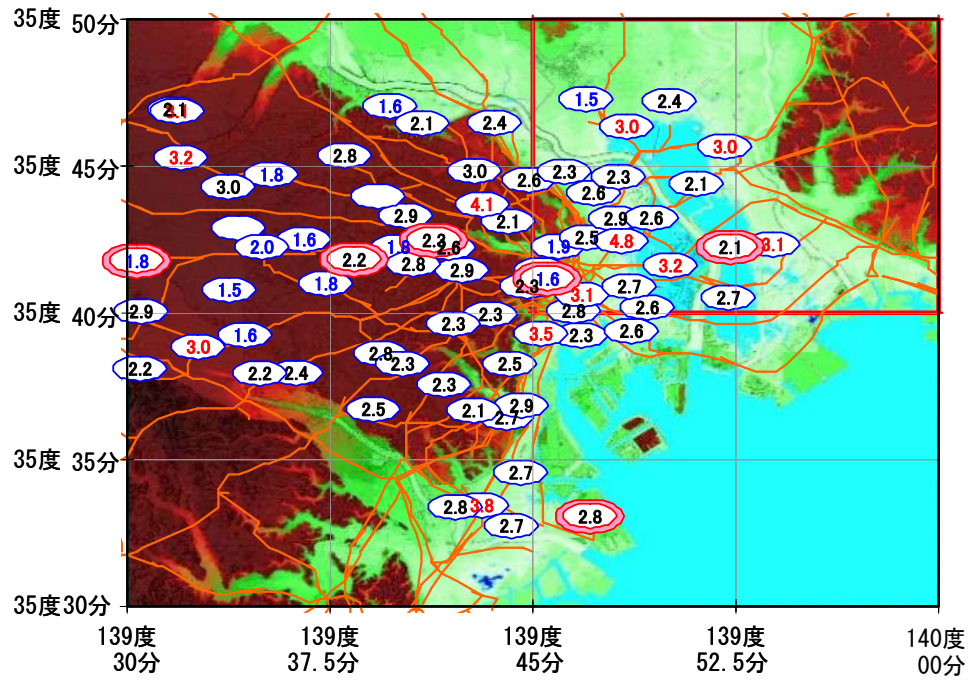
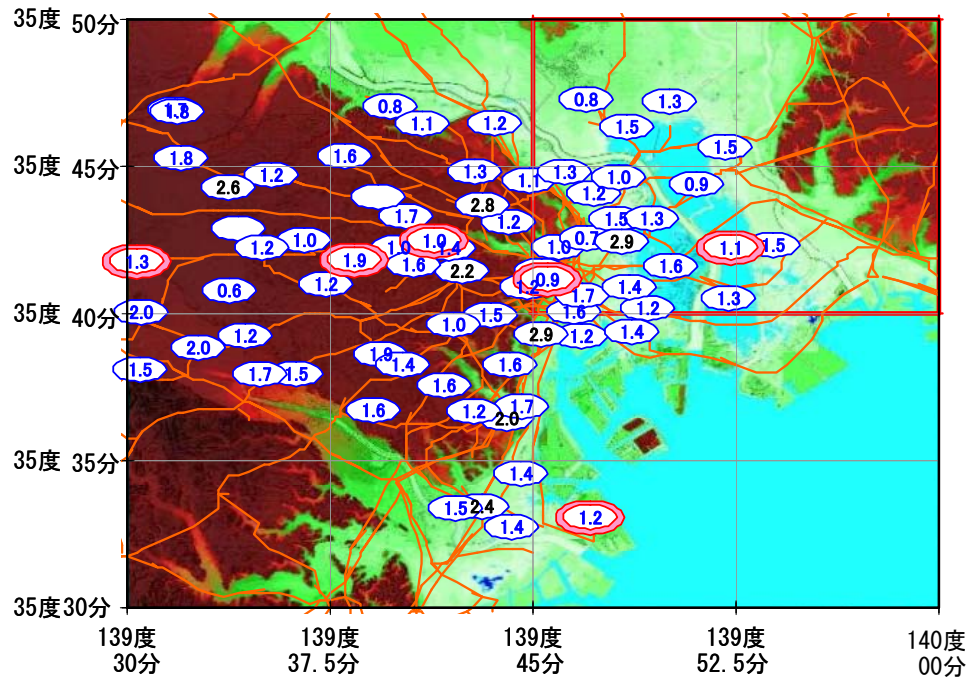


図03-15B 標準偏差



※3.8～0.26倍（4以下）または1.95～0.51倍（5弱以上）の幅は誤差範囲

気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率	2.000	3.000	4.000	5.000
=				
気象庁増幅倍率による予測震度値 - 実測震度値（過大分）	0.52	0.82	1.04	1.20



図03-16 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率の傾向 実測震度3 1996～2009

都内全震度計のうち震度2以上を10回以上観測した地点について

図03-16A 平均値

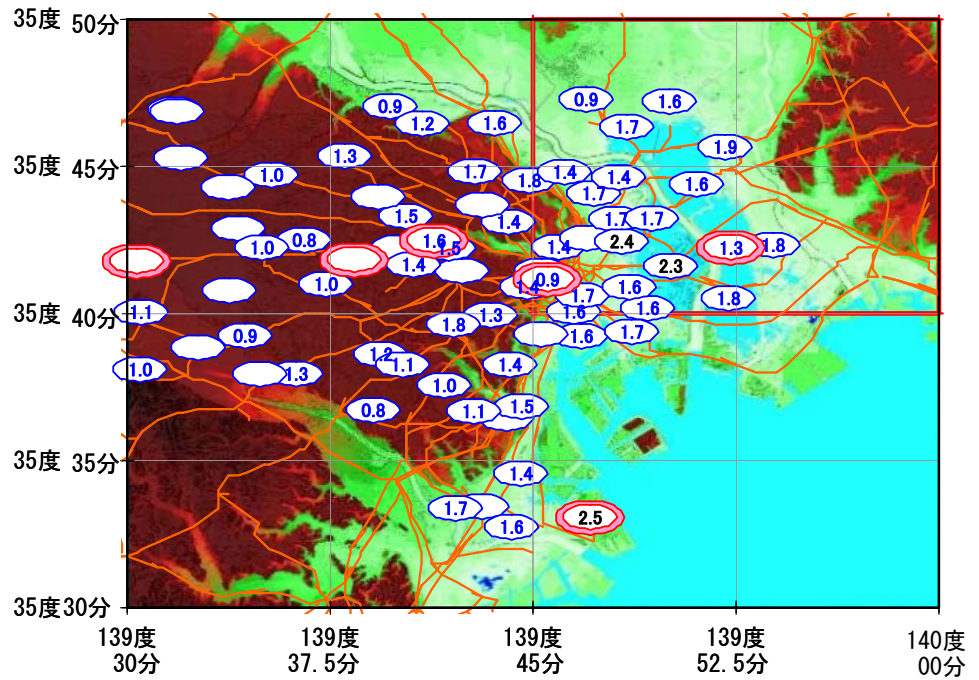
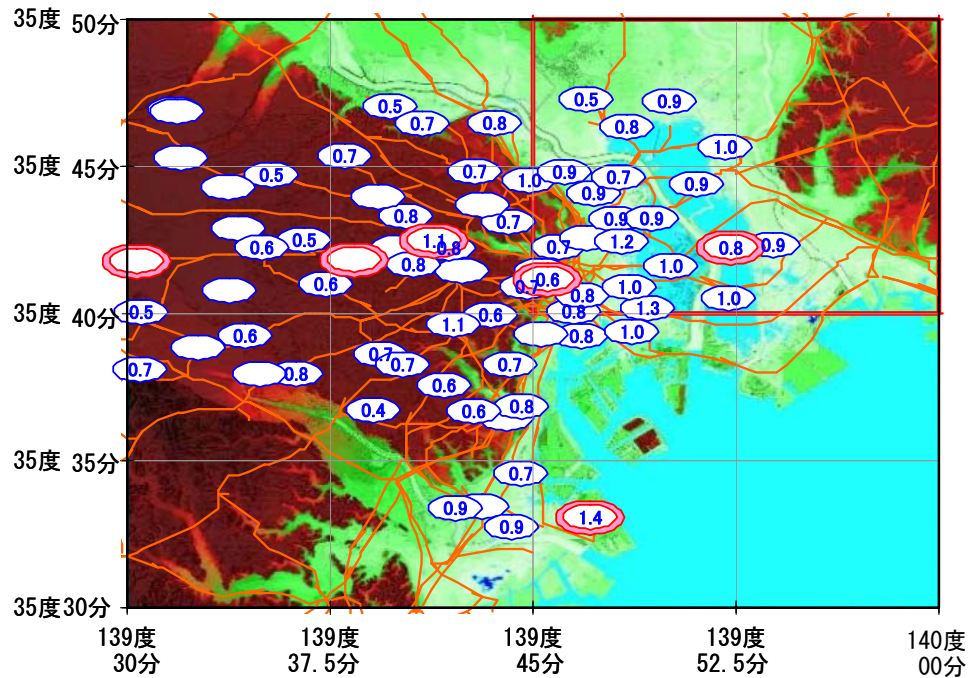


図03-16B 標準偏差



※3.8～0.26倍（4以下）または1.95～0.51倍（5弱以上）の幅は誤差範囲

気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率	2.000	3.000	4.000	5.000
=				
気象庁増幅倍率による予測震度値 - 実測震度値（過大分）	0.52	0.82	1.04	1.20

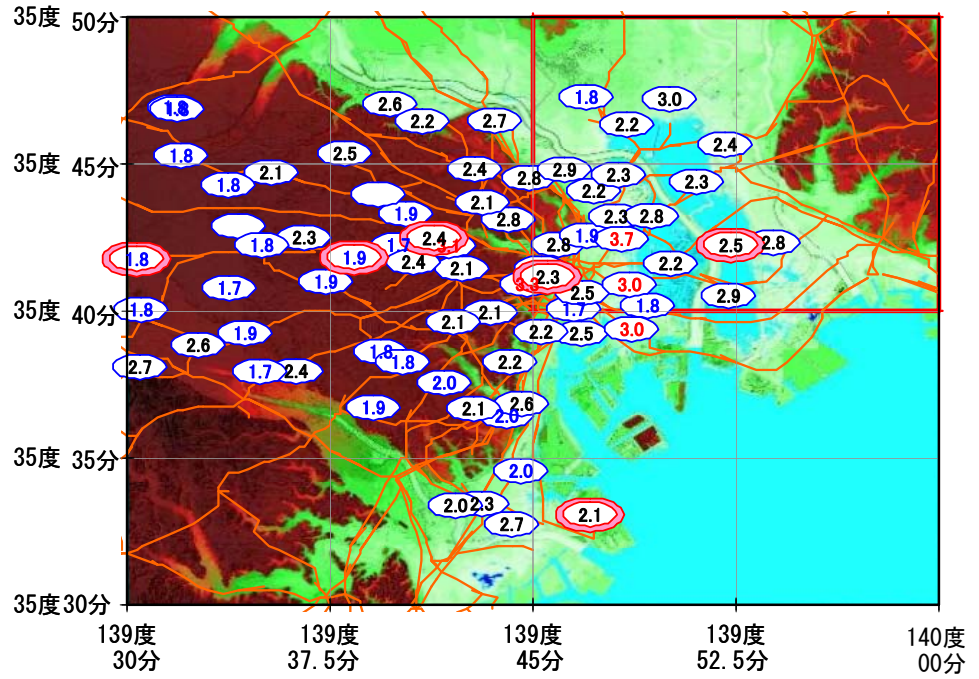


図03-17 気象庁増幅倍率 都内全震度計のうち震度2以上を10回以上観測した地点について  
 気象庁増幅倍率 Vs600m/s基盤～地表

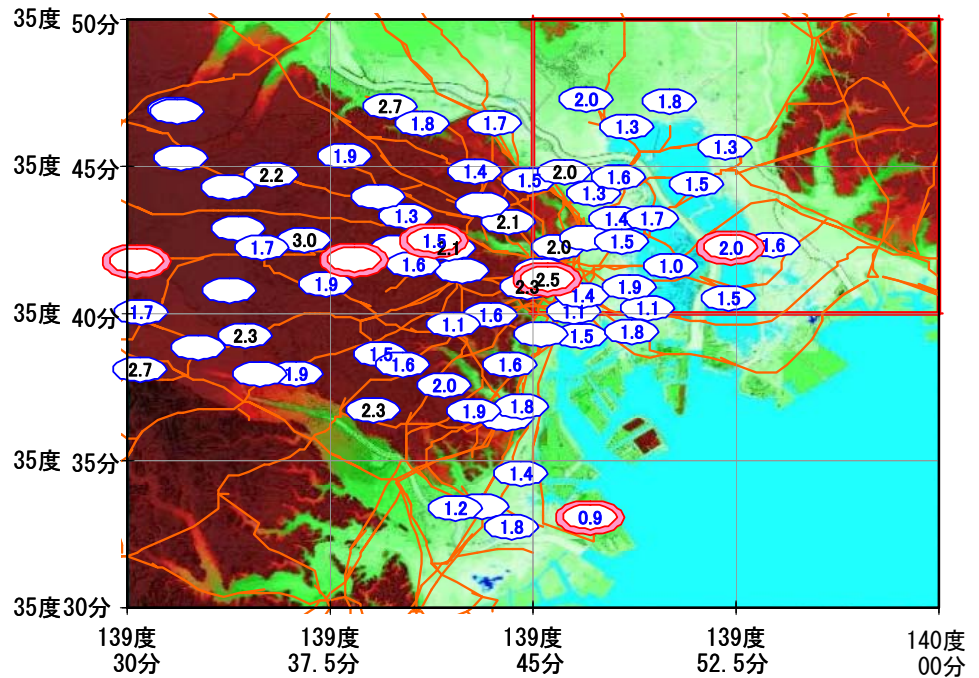


図03-18 (実測震度に基づく) 逆算倍率 実測震度3 1996～2009  
 都内全震度計のうち震度2以上を10回以上観測した地点について Vs600m/s基盤～地表

気象庁増幅倍率 ÷ (実測震度に基づく) 逆算倍率	2.000	3.000	4.000	5.000
=				
気象庁増幅倍率による予測震度値 - 実測震度値 (過大分)	0.52	0.82	1.04	1.20

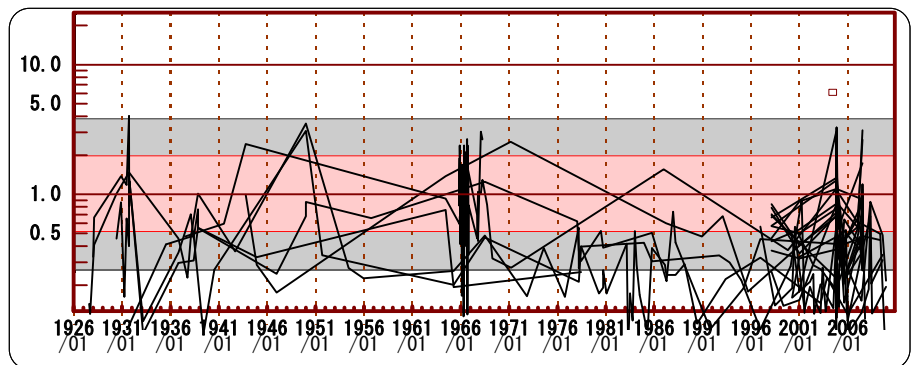
**04. 全国震度計震度4以上の場合の逆算増幅倍率の推移、および増幅倍率妥当性  
～震度の大小による影響の確認～**

**04. 1 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の推移の例 震度4以上**

**全震度計 1926～2009 (震度4以上を12回検知した箇所)**

全震度計での実測震度から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度4以上の場合について調べる。実測震度4以上を12回以上検知した148箇所（島嶼部除く）すべてについて傾向を調べる。

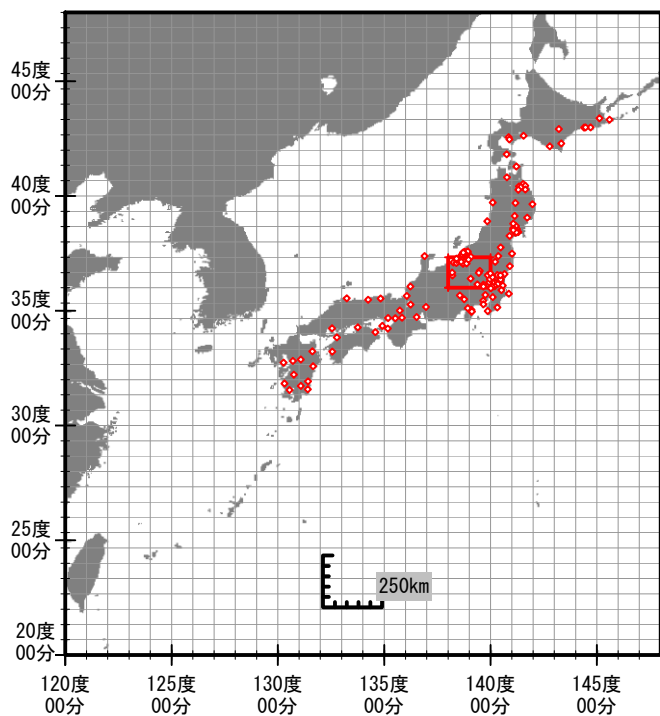
なお、深発地震および地震諸元未確定の地震についても対象外とした。



**図04-01 気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率 震度4以上**

—— 東経138度北緯36.00度を南西隅とする経度2・緯度4/3ブロック  
範囲内震度計における気象庁倍率／逆算倍率の推移  
M2以上 震度4以上

**図4-02 図4-01対象範囲  
と対象148箇所の位置**



地域性は特にない。



●気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率が特に過大・過小な地点 および原因

		増幅倍率Vs600 平均・σ			震度値換算	備考・主因
予測震度が平均して過大	平均の大なるほうから10地点					
01	鳥取市吉方	2.8071	2.339	1.892	0.63±0.44	43年M5.9鳥取沖の地震 予測5.60実測4 場所問題 被害地震総覧では5と推定
02	豊岡市桜町	2.8071	1.775	1.614	0.43±0.48	43年鳥取地震 予測5.28実測4
03	大阪中央区大手前	1.7010	1.639	1.751	0.37±0.54	阪神大震災 予測5.40実測4
04	魚沼市小出島	1.8063	1.632	0.672	0.37±0.26	中越地震 予測5.97実測5弱
05	延岡市天神小路	2.8206	1.624	1.243	0.36±0.42	84年8月M7.1地震 予測5.33実測4
06	三島市東本町	2.3400	1.612	1.149	0.36±0.40	78年伊豆東方沖地震 予測5.11実測4 場所問題しかし直後小地震と実測震度同じ
07	伊東市大原	1.6245	1.478	1.435	0.29±0.51	98年M5.9地震 予測5.35実測4
08	福井市豊島	2.8071	1.478	1.624	0.29±0.55	61年8月M7.0北美濃地震 予測5.40実測4
09	和歌山市男野芝丁	2.0268	1.471	1.688	0.29±0.57	阪神大震災 予測5.59実測4
10	徳島市大和町	2.5776	1.432	1.379	0.27±0.50	阪神大震災 予測5.18実測4 移設

		平均の小なるほうから10地点			震度値換算	備考・主因
予測震度が平均して過小	平均の小なるほうから10地点					
01	杜智町杜智温泉	1.9062	0.245	0.139	-1.05±0.34	00年3月火山性地震 予測2～3実測4多数
02	栃木二宮町石島	1.7910	0.248	0.174	-1.04±0.40	06年M4.3地震 予測2.16実測4
03	筑波山測候所	1.0449	0.256	0.117	-1.02±0.28	72年M7.0大島近海深い地震 予測2.22実測4
04	高根沢町石末	1.5606	0.287	0.180	-0.93±0.36	05年M4.8地震 予測2.32実測4
05	常陸大宮市野口	1.6245	0.328	0.239	-0.83±0.41	00年M4.8地震 予測2.45実測4
06	筑西市舟生	1.9728	0.342	0.185	-0.80±0.32	98年M4.7地震 予測2.52実測4
07	階上町道仏	1.5921	0.348	0.322	-0.79±0.49	04年M4.6地震 予測1.96実測4
08	郡山通報所	1.9494	0.358	0.452	-0.77±0.61	40年M4.7地震 予測1.52実測4
09	益子町益子	2.1204	0.359	0.270	-0.77±0.42	98年M4.6地震 予測2.39実測4
10	上越市安塚区安塚	1.4436	0.365	0.184	-0.75±0.31	中越地震余震 予測4.20実6弱

※気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 データの多い地点での平均  
震度4以上が原則12回以上の地点（島嶼部を除く）  
148 地点 計 3322 件 平均 0.776 震度値換算 - 0.19

※気象庁増幅倍率÷逆算倍率の平均について、震度値のかたちで頻度を調べると以下のようになる。**予測震度が実測震度に比して小であるほうが多い。**

~-1.00	-1.00~-0.75	-0.75~-0.50	-0.50~-0.25	-0.25~0.00	0.00~0.25	0.25~0.50	0.50~
3	7	29	33	44	21	10	1

← 小 気象庁増幅倍率÷逆算倍率 大 →  
←予測震度が実測震度に比して小 予測震度が実測震度に比して大→

※（平均+標準偏差）÷（平均）について、震度値のかたちで頻度を調べると以下のようになる。（=σ分の震度値増減）

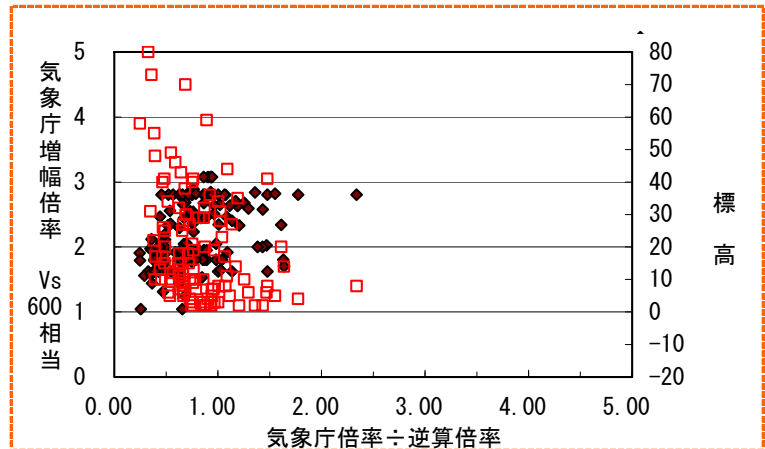
~0.30	0.30~0.35	0.35~0.40	0.40~0.45	0.45~0.50	0.50~0.55	0.55~0.60	0.60~
16	33	33	25	25	9	3	4

←小 ばらつき 大 →

※気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値と気象庁増幅倍率および平均標高との関係を調べると以下のようになる。東京の震度2・3のときと同様の傾向はあるようである。

図04-03 実測震度4以上の  
場合の  
気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値  
と気象庁増幅倍率  
および平均標高

◆ : 気象庁増幅倍率  
□ : 標高



震度値換算でコンスタントに予測（計算）震度が0.3も過大になる地点では、予測（計算）では震度5強程度になるような地震で、実測震度が4どまりだったことがあることが影響している。

（そのために統計上のばらつきが生じたり、値を大きく押し上げたりしている）

よくみると、たいていは比較的大きい・やや遠い地震（M7級）で予測（計算）震度が過大だったことの影響である。

**大規模地震での距離減衰の評価にはまだまだ問題があり、結果過大な予測震度をもたらす場合があるといえる。もっとも、安全側の予測であるともいえる。**

例として、【鳥取市吉方】【和歌山市男野芝丁】での推移を示す。

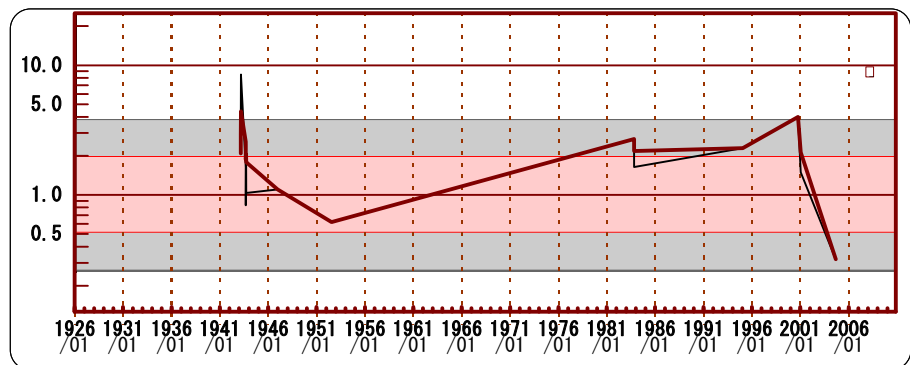


図04-04 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 鳥取市吉方 震度4以上

— 図化番号84 【鳥取市吉方】気象庁倍率／逆算倍率の推移 震度4以上  
— 同 スムージング

件数	16	震度値換算
平均	2.339	+ 0.63
σ	1.892	± 0.44
増幅倍率Vs600	2.8071	

これは鳥取气象台での値の推移である。鳥取では1943年の鳥取地震が有名であるが、气象台の位置はその後数度？の移転を経て現位置：市街地東端の合同庁舎に移転したと思われる。（筆者記憶では30年前に市南部に移転。その後現位置に再移転？）

現在位置での気象庁増幅倍率と旧位置での逆算倍率との比較をしていることから、ある程度の誤差はある。しかし、1943年にみられるばらつき：

1943年3月の鳥取沖の地震・・・計算震度5.60 実測体感震度 4

1943年9月の「鳥取地震」・・・計算震度6.37 実測体感震度 6

また近年のばらつきを考えると、少々問題がある可能性もある。

鳥取市街は東からくる流速の遅い川（袋川）と南から来る大きな川（千代川：せんだいがわ）の合流点近くに形成されている。千代川は河口部に鳥取砂丘を形成したほど、中国山地から花崗岩質の砂を大量に供給する川である。別に市街付近で天井川などになっているわけではないが、一般論として地盤は良くないところである。少なくとも万葉の時代まで現鳥取市街があまり利用されなかったことは、因幡国の国府（国司として赴任した大伴家持が万葉集最後の歌を詠んだことで有名）が鳥取市街からかなり東に外れた広い谷のなかにあることでも推測できる。

地震規模の推定や体感震度の判定に問題がある可能性もあるが、近年についてもばらつきがある以上、特異な震度分布または観測値をもたらす地質構造である可能性も考えられる。

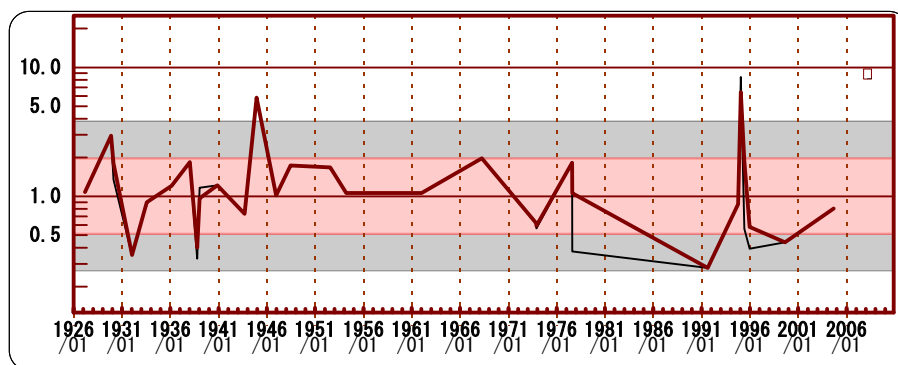


図04-05 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 和歌山市男野芝丁 震度4以上

— 図化番号33 【和歌山市男野芝丁】気象庁倍率／逆算倍率の推移 震度4以上  
 — 同 スムージング

件数	29	震度値換算
平均	1.471	+ 0.29
σ	1.688	± 0.57
増幅倍率Vs600	2.0268	

阪神大震災についての予測（計算）震度が実測震度より過大であるケースは、【大阪中央区大手前】【徳島市大和町】でも同様である。そして、これらの箇所では1944年の東南海地震についても予測（計算）震度が実測震度より過大、しかし1946年の南海地震については予測（計算）震度が実測震度と合致（もしくは差がごく僅か）である。

一方、震度値換算でコンスタントに予測（計算）震度が0.7も過小になる地点では、予測（計算）では震度2程度になるような近い地震で、実測震度が4だったことがある。

小規模地震でも震源近くでは震度が大きいことが、現距離減衰式で評価不十分といえる。

例として、【筑波山測候所】での推移を示す。

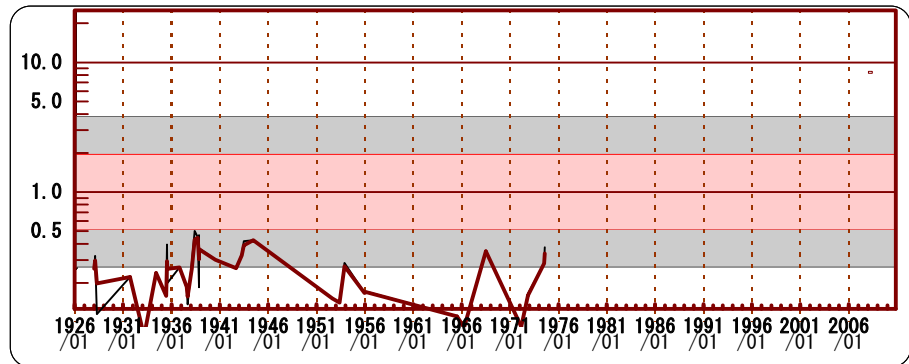


図04-06 気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 筑波山測候所 震度4以上

— 図化番号23 【筑波山測候所】気象庁倍率／逆算倍率の推移 震度4以上  
 — 同 スムージング

件数	35	震度値換算
平均	0.256	- 1.02
σ	0.117	± 0.28
増幅倍率Vs600	1.0449	

筑波山測候所の場合、基本的に地震の影響が小さいといえる。地震多発地帯に近いために震度3の回数は少なくはない。しかし震源からの距離が近いわりには震度が小さいことが多かったものと考えられる。

気象庁増幅倍率では、測候所位置は基盤と同じという扱いである。実際そうであろうと思われる。また、この場合の基盤が普通いところの“基盤”よりもさらにしっかりしている岩：花崗岩の岩盤であることも影響している可能性がある。

※ 震度階に最大約1.0（震度4以下）または約0.5（震度5・6強弱）の幅があるので、気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値には3.8～0.26（実測震度4以下）または1.95～0.51（実測震度5・6強弱）なる誤差範囲がある。

※ 気象庁増幅倍率÷逆算増幅倍率の値が1以上＝気象庁増幅倍率が実際の倍率より大きめ＝予測震度がやや大きめに出ることを示す。

気象庁増幅倍率÷ （実測震度に基づく）逆算倍率	0.300	0.700	2.000	3.000
=				
気象庁増幅倍率による予測震度値 － 実測震度値（過大分）	-0.90	-0.27	0.52	0.82

全国の震度計での気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、以下の傾向にあるといえる。

- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、実測震度 4 以上の場合は小さい。
  - 実測震度 4 以上の場合、予測（計算）震度がやや過小基調となる。
- 実測震度が 4 以上の場合も、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、低地に設置された震度計位置≒気象庁増幅倍率の値そのものが大きい震度計位置ほど大きい。
  - 実測震度 4 以上の場合は予測（計算）震度が過小になりがちであるが、低地に設置された震度計については妥当になる。
  - 増幅倍率の値が大きいところでは、実測震度 4 異常の場合増幅倍率が妥当になるといえる。結局距離減衰式に問題があるのを低地・実測震度大の場合に限り増幅倍でうまく相殺しているものといえる。
- 大規模地震での距離減衰の評価にはまだまだ問題があり、結果過大な予測震度をもたらす場合があるといえる。もともと、安全側の予測であるともいえる。
  - また、小規模地震でも震源近くでは震度が大きいことが、現距離減衰式で評価不十分である。
  - 現増幅倍率を生かす場合、距離減衰式の変更（規模・距離の影響を鋭敏にする）が必要である。
  - 全震度データで検証すると、（震度 2 以下が多いため）現式、さらには科技研倍率が統計上良となる可能性もある。
  - 実測震度 4 以上での検証こそ重要である。

**04. 2 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の推移の例 震度 4 以上**

**全震度計 1926～2009**

参考として、全ての実測震度 4 の事例についての統計結果などを示す。

気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均・およびσ値

【全国 1926～2009】

	1926/01/01～ ～1951/03/31 全国震度計	1951/04/01～ ～1996/03/31 全国震度計	1996/04/01～	
			全国震度計	都内震度計
実測震度 5弱以上	150件 0.700 ±0.961	162件 0.736 ±0.807	1361件 0.860 ±0.947	3件 0.303± 0.132
実測震度 4	651件 1.017 ± 1.540	1634件 0.851 ± 0.929	7076件 0.874 ±0.848	111件 0.597 ±0.285

### 04. 3 気象庁倍率と科技研倍率

気象庁増幅倍率と科技研増幅倍率 傾向

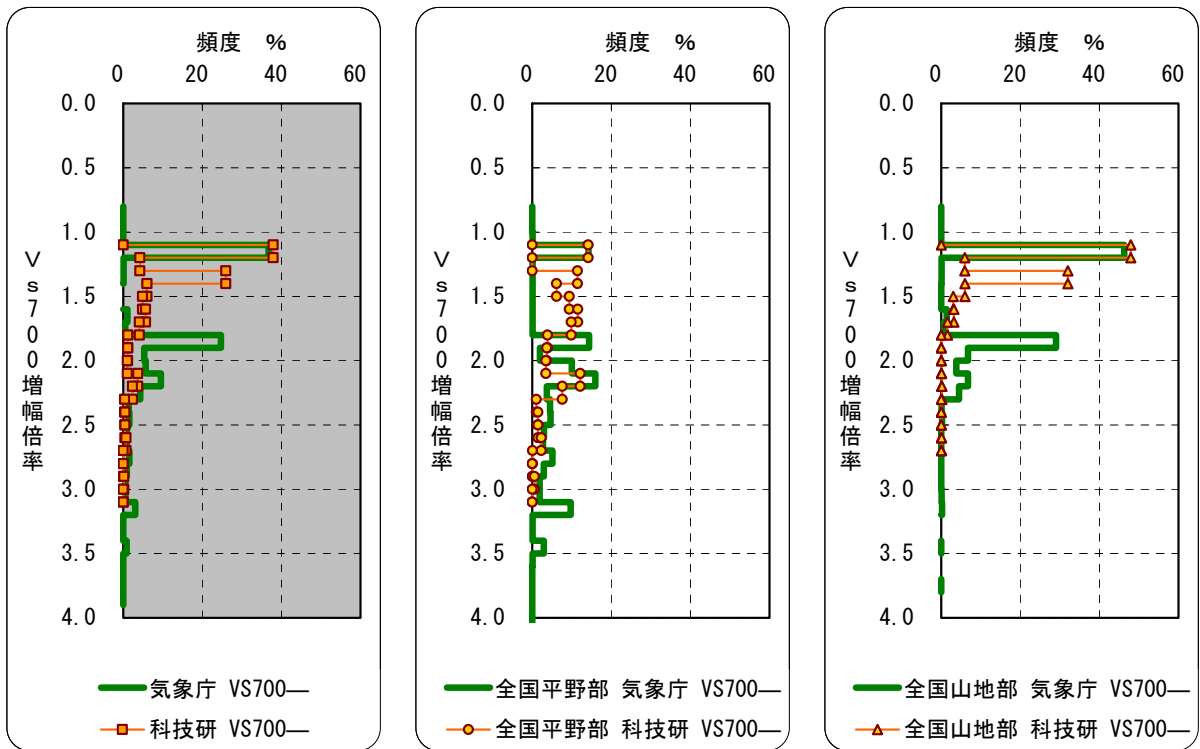
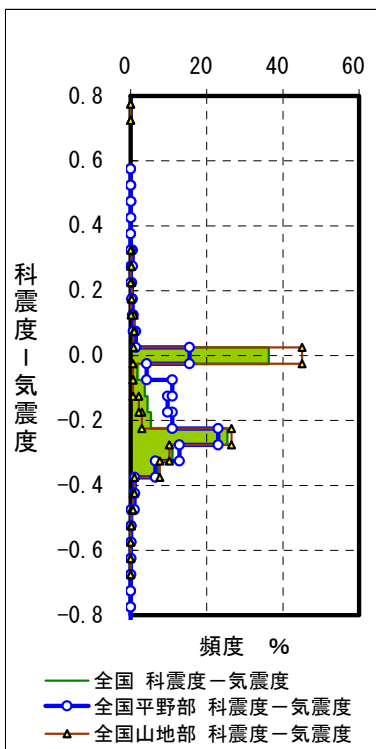


図04-06 気象庁増幅倍率と科技研増幅倍率 全国的傾向 Vs700m/s基盤相当換算値



	全 気象庁	全 科技研	平地 気象庁	平地 科技研	山地 気象庁	山地 科技研
平均	1.76	1.41	2.21	1.73	1.57	1.28
+σ	2.33	1.74	2.83	2.14	1.98	1.43
-σ	1.20	1.09	1.59	1.32	1.17	1.13
個数	385350	385348	114039	114037	271311	271311

全 気-科	平地 気-科	山地 気-科
-0.14	-0.17	-0.13
0.00	-0.04	0.01
-0.29	-0.31	-0.28
385348	114037	271311

科震度 - 気震度：科技研倍率による予測震度 - 気象庁倍率による予測震度。科技研倍率による予測震度が気象庁倍率による予測震度 (= 気象庁による予測震度) よりどのくらい大きいかを示す。

(震度5弱内で偏りなしと仮定した場合) 気象庁が震度5弱と予測する場合 (※震度5弱の予想は統計的に正しい場合が多い)、科技研倍率では3回に1回以上で震度4と予測する。

気象庁予測震度5弱が  
科技研予測震度4になる率：  
全 平地 山地  
30.6% 35.9% 28.4%

図04-07 気象庁倍率と  
科技研倍率の相違：震度換算

05. まとめ 増幅倍率の利用にあたって

A 都内震度計震度2・3・4の場合の逆算増幅倍率の推移、および増幅倍率妥当性

～震度の大小による影響の確認～

まず、千代田区大手町の震度計での実測震度（1926～2009）から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度2・3・4それぞれの場合について調べた。

次に、都内の全震度計での実測震度（1996～2009 島嶼部除く）から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度2・3それぞれの場合について調べた。そして、実測震度2以上を10回以上検知した箇所すべてについて傾向を調べ、その分布にも着目した。

●気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均・およびσ値

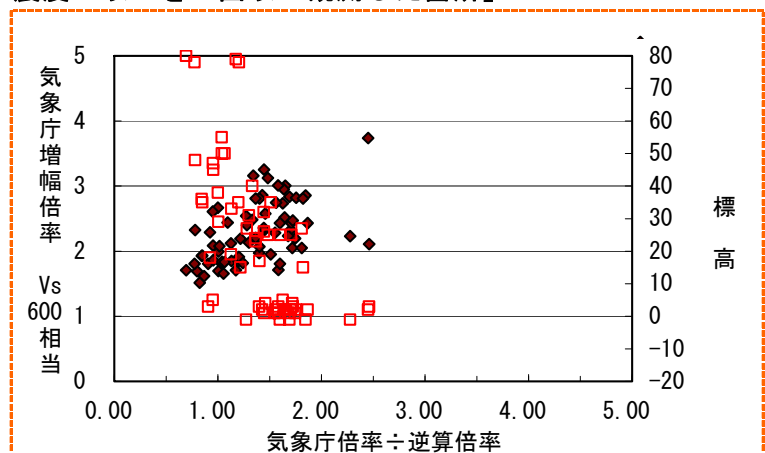
【東京都内気象庁・科技研地震計 震度2以上を10回以上観測した箇所】

		1996～2009		1996～2009		1996～2009		1996～2009		1996～2009	
		東京千代田区大手町		東京千代田区大手町		東京江戸川区中央		国分寺市戸倉		その他計8箇所	
増幅倍率Vs600		2.2914		2.2914		2.5407		1.7073			
実測震度2	件数	942		209		141		89		231	
	平均	1.870		1.550		2.092		1.618		2.232	
	σ	1.173		0.914		1.079		1.097		1.961	
実測震度3	件数	294		51		41		27		33	
	平均	1.015		0.922		1.273		0.777		2.323	
	σ	0.686		0.566		0.783		0.475		2.147	
実測震度4	件数	52									
	平均	0.674									
	σ	0.460									

●実測震度3の場合の気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値と気象庁増幅倍率および平均標高

【東京都内震度計 1996～2009 震度2以上を10回以上観測した箇所】

- ◆：気象庁増幅倍率
- ：標高



ばらつきが大きいものの、低地に設置された震度計位置⇨気象庁増幅倍率の値そのものが大きい震度計位置にて、気象庁増幅倍率が逆算よりも過大であるといえる。

気象庁増幅倍率÷(実測震度に基づく)逆算倍率	0.300	0.700	1.000	2.000	3.000
=					
気象庁増幅倍率による予測震度値 - 実測震度値 (過大分)	-0.90	-0.27	0.00	0.52	0.82



都内の震度計での気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、以下の傾向にある。

- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、実測震度2の場合大きい。実測震度3・4の場合は相対的に小さい。
  - 実測震度2の場合、予測（計算）震度がやや過大基調、実測震度4の場合は予測（計算）震度がやや過小基調で推移する。
- 実測震度が2または3程度の場合、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、低地に設置された震度計位置≒気象庁増幅倍率の値そのものが大きい震度計位置ほど大きい。
  - 実測震度2・3程度の場合は予測（計算）震度が過大になりがちであるが、低地に設置された震度計についてはさらに過大になりがちである。
  - 増幅倍率の値が大きいところでは、実測震度2・3程度の場合増幅倍率が過大である。結局距離減衰式に問題があるといえる。当面は予測震度3以下は過大と承知するしかない。
- 大手町震度計については、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、1960年以前ではそれ以降より一様に大きい。
  - 1960年以前の場合、予測（計算）震度が大きく、すなわち実測震度が小さくなっている。1960年以降に体感震度の評価が“安全側”になった：従来震度2だったものを震度3ということも増えた可能性がある。

**B 全国震度計震度4以上の場合の逆算増幅倍率の推移、および増幅倍率妥当性**

～震度の大小による影響の確認～

全震度計での実測震度から増幅倍率を逆算し、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の推移を震度4以上の場合について調べた。実測震度4以上を12回以上検知した箇所（1926～2009 島嶼部除く）すべてについて傾向を調べた。

**●実測震度4以上 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均**  
**【全震度計 1926～2009 震度4以上を12回以上観測した箇所】**

※気象庁増幅倍率÷（実測震度に基づく）逆算倍率 データの多い地点での平均  
 震度4以上が原則12回以上の地点（島嶼部を除く）  
 148 地点 計 3322 件 平均 0.776 震度値換算 - 0.19

※気象庁増幅倍率÷逆算倍率の平均について、震度値のかたちで頻度を調べると以下のようになる。**予測震度が実測震度に比して小であるほうが多い。**

～-1.00	-1.00～-0.75	-0.75～-0.50	-0.50～-0.25	-0.25～0.00	0.00～0.25	0.25～0.50	0.50～
3	7	29	33	44	21	10	1

← 小 気象庁増幅倍率÷逆算倍率 大 →  
 ←予測震度が実測震度に比して小 予測震度が実測震度に比して大→



全国の震度計での気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、以下の傾向にある。

- 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、実測震度4以上の場合は小さい。
  - 実測震度4以上の場合、予測（計算）震度がやや過小基調となる。
- 実測震度が4以上の場合も、気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値は、低地に設置された震度計位置≒気象庁増幅倍率の値そのものが大きい震度計位置ほど大きい。
  - 実測震度4以上の場合は予測（計算）震度が過小になりがちであるが、低地に設置された震度計については妥当になる。
  - 増幅倍率の値が大きいところでは、実測震度4異常の場合増幅倍率が妥当になるといえる。結局距離減衰式に問題があるのを低地・実測震度大の場合に限り増幅倍でうまく相殺しているものといえる。
- 大規模地震での距離減衰の評価にはまだまだ問題があり、結果過大な予測震度をもたらす場合があるといえる。もっとも、安全側の予測であるともいえる。
  - また、小規模地震でも震源近くでは震度が大きいことが、現距離減衰式で評価不十分である。
  - 現増幅倍率を生かす場合、距離減衰式の変更（規模・距離の影響を鋭敏にする）が必要である。
  - 全震度データで検証すると、（震度2以下が多いため）現式、さらには科技研倍率が統計上良となる可能性もある。
  - 実測震度4以上での検証こそ重要である。

**●実測震度4以上 気象庁増幅倍率÷逆算倍率の値の件数・平均**  
**【全震度計 1926～2009】**

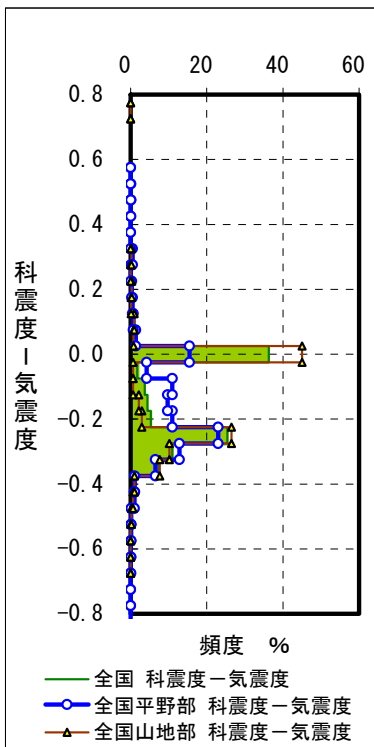
参考として、全ての実測震度4の事例についての統計結果などを示す。

**【全国 1926～2009】**

	1926/01/01～ ～1951/03/31 全国震度計	1951/04/01～ ～1996/03/31 全国震度計	1996/04/01～ 全国震度計	都内震度計
実測5弱以上 震度値換算	0.700 - 0.27	0.736 - 0.23	0.860 - 0.11	0.303 - 0.89
実測4 震度値換算	1.017 + 0.01	0.851 - 0.12	0.874 - 0.10	0.597 - 0.39

### C 気象庁倍率と科技研倍率

気象庁増幅倍率と科技研増幅倍率 傾向



科震度－気震度：科技研倍率による予測震度－気象庁倍率による予測震度。科技研倍率による予測震度が気象庁倍率による予測震度（＝気象庁による予測震度）よりどのくらい大きいかわを示す。

（震度5弱内で偏りなしと仮定した場合）気象庁が震度5弱と予測する場合（※震度5弱の予想は統計的に正しい場合が多い）、科技研倍率では3回に1回以上で震度4と予測する。

気象庁予測震度5弱が		
科技研予測震度4になる率：		
全	平地	山地
30.6%	35.9%	28.4%

#### 気象庁倍率と

科技研倍率の相違：震度換算

### D まとめ および 増幅倍率の利用にあたって

実測震度が小さい場合は、予測震度が大きく出ることが多い。また、実測震度が大きい場合は、予測震度が小さく出ることが多い。しかし、同じ実測震度で予測震度をみると、ばらつきはあるもののある程度の安定性はみられる。また、Mが大きい地震、近い地震におけるばらつき具合から、増幅倍率の多様化よりも基盤速度の予測精度の向上のほうが効果的と考えられる。

現行予測手法を大きく変えない前提とすれば、以下のような対処が考えられる。

- 予測震度4未满是、ばらつきも大きいので閾値等に使用しない。
- 加速度閾値に換算する際は、実測震度－加速度 の関係式のかわりに予測（計算）震度－加速度 の関係式を作成し、地盤の考慮と距離減衰の妥当化の両立を図る。さらに精度を向上させるためには、以下のような対処が考えられる。
- Mが大きい場合・および震源が近い場合の基盤速度について修正する。現在は、Mについてはごく簡略化した $M_w$  ( $M-0.171$ なので、本来の $M_w$ とは異なる。単なる補正定数)、震源距離については $M_w$ で求めたあとに震源断層長（断層長の式を使用）の半分、で補正するようになっているが、半理論的アプローチをやめて単なる統計処理により精度のほうを求めべきと考える。震度予測に用いる式中のM ( $M_w$ )、ある意味実効の“M”をもう少し複雑な式で導くことで、補正過程を簡略化する（ことにより回帰計算の自由度を確保する）。

以上