

震度に関する検討会
(第 4 回)

計測震度と被害等との関係について

平成 2 1 年 3 月 1 6 日
消防庁・気象庁

目 次

計測震度と被害等との関係について

- 1 はじめに
- 2 計測震度と旧震度（体感震度）との比較
- 3 計測震度と震度の聞き取り調査等の比較
- 4 計測震度と各種指標との比較
- 5 計測震度と罹災証明木造全壊率等との関係について
- 6 建物被害率からみた計測震度と境指標の比較
- 7 まとめ

（参考）

- 建物全壊数と負傷者数との関係
- マグニチュードと被害の関係について
- 震度計の配置について

（巻末資料）

- ① 震度聞き取り調査票(気象庁)
- ② 検討に使用したデータ数値表
- ③ 参考文献

計測震度と被害等との関係について

1 はじめに

平成 20 年(2008 年) 岩手・宮城内陸地震や平成 20 年の岩手県沿岸北部の地震では、震度の大きさに比べて建物被害が少ないなどの事例があった。木造家屋の被害の少なさは、木造家屋に影響を与えるような周期の地震波が少なかったことが考えられるが、計測震度は、そのような場合でも大きな値となる。そのため、計測震度はこのような地震における建物被害の指標としては不十分ではないかとの指摘があった。このようなことから、計測震度と被害の関係について、調査を行うこととした。

調査を行うにあたって、建物被害を表す指標として提案されている境ら(2004)¹による建物被害を表す新たな指標（以下、ここでは境指標と仮称する）、清野ら(1999)²による建物被害を表す新たな指標（以下、ここでは清野指標と仮称する）の検討も合わせて行うこととした。

概要は、次のとおりである。

- 計測震度と旧震度（体感震度）の比較

体感で観測した震度（以下、旧震度（体感震度）とする）と、現在の計測震度の関係を調べた。

- 計測震度と震度の聞き取り調査等の比較

聞き取り調査により推定した震度と計測震度の関係を調べた。また、太田らによるアンケートによる震度算出手法により過去に調査された主な結果をまとめた。

- 計測震度と各種指標との比較

計測震度と境指標、清野指標との比較を行った。

- 計測震度と罹災証明による木造全壊率等との関係

計測震度と罹災証明による木造全壊率の関係をまとめた。

- 建物被害率からみた計測震度と境指標の比較

建物被害率が高い場合について、計測震度、境指標及び清野指標の比較を行った。

調査した結果は次のとおり整理される。

1) 計測震度は旧震度（体感震度）と概ね一致

2) 計測震度と聞き取り調査により「人体感覚から推定した震度」はほぼ対応

3) 計測震度と被害との関係は、次のとおりに整理される。

- ①計測震度は罹災証明による全壊率との相関は比較的良い

* 罹災証明の「全壊」は、住家全部あるいは一部の階が倒壊するものに加え、住家の主要構造物の被害額が住家の時価 50%以上のものを含んでいる。このことから、罹災証明の「全壊」は、「建物が倒れる」ものだけでなく、「建物が傾く」などの被害も含む。

- ②負傷者と全壊数との相関は比較的良い

全壊数は、内閣府による地震の被害推定の際に死者数の算定に用いられるなどしている。また、負傷者数との相関も良いことが分かった。

- ③計測震度は、防災の初動対応の指標として用いることは適切

計測震度は、倒壊などの建物被害との相関でみると計測震度は不十分な面がある

が、全壊率との相関は高く、全壊数が負傷者数、死者数と関係することから、防災の初動対応に用いる指標として、適切な量であると考ええる。

倒壊など重大な建物被害と関係する指標を求めることは重要である。境指標、清野指標など重大な建物被害と対応する指標が提案されているが、まだデータが十分ではない。今後も調査・検討を続ける必要がある。

なお、それまでの間、顕著な地震発生時には、地震の特徴や各地の揺れの特徴を示すためのものとして、気象庁は、報道発表の機会などを活用して地震波の特徴などについても、速やかに社会に示すことが重要である。

2 計測震度と旧震度(体感震度)との比較

計測震度が、旧震度(体感震度)とどのような関係であるかを確かめるため、比較調査を行った。

使用データは、1988年-1994年及び平成7年(1995年)兵庫県南部地震の87型地震計の記録と観測された旧震度(体感震度)である。

(1) 計測震度と旧震度(体感震度)の比較

地震計による観測波形記録から、現在方式による計測震度の算出を行い、観測されている旧震度(体感震度)と比較した。

図2-1に旧震度(体感震度)と計測震度の関係及び旧震度(体感震度)別に計測震度の度数分布を示す。計測震度の平均値は、旧震度(体感震度)よりやや小さい傾向にあるが、標準偏差内(+1 σ)である。

計測震度と旧震度(体感震度)は、やや旧震度(体感震度)が小さいところもあるが、標準偏差の範囲内にあり、概ね一致している(図2-1及び表2-1)。

表2-2に今回の調査で使った旧震度(体感震度)で最大震度VIおよびVの地震名および観測点名一覧表を示した。

最大震度が大きい地震と、最大震度が小さい地震で、傾向に差があるかを調べるため、旧震度(体感震度)の最大震度がVIとVの地震のみでの整理と、最大震度がIV以下の地震のみでの整理を行った。

図2-2には、旧震度(体感震度)の最大震度がVIとVの地震のデータのみで、計測震度と旧震度(体感震度)の関係を示した。この場合は、計測震度の平均値と旧震度(体感震度)はほぼ一致する。

図2-3には、旧震度(体感震度)の最大体感震度がIV、Ⅲ、Ⅱ、Ⅰの地震のデータのみで、計測震度と旧震度(体感震度)の関係を示した。この場合は、旧震度(体感震度)に比べ計測震度の平均値が小さくなっている。

この違いは、大きな地震では周期の長い揺れを含んでいるためと考えられる。

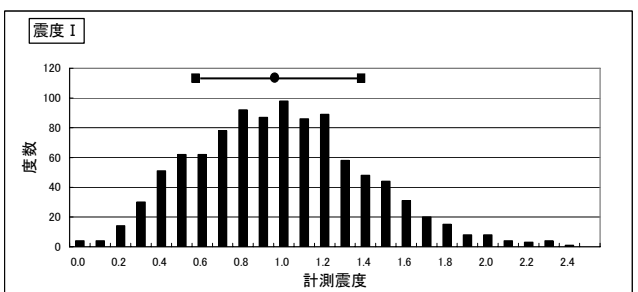
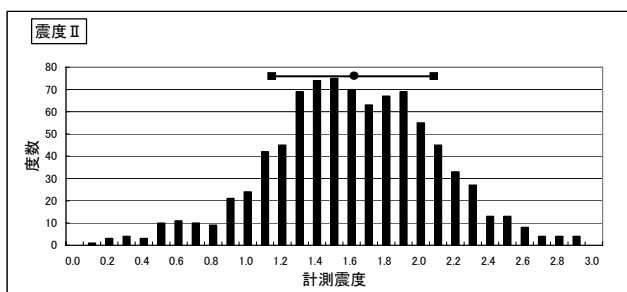
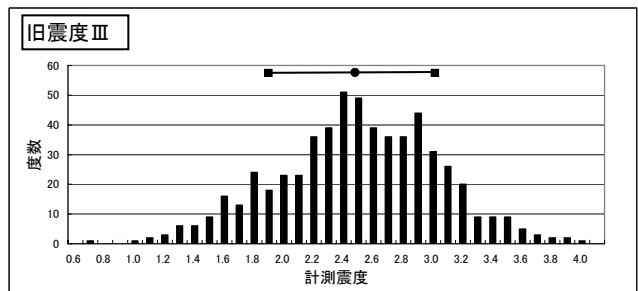
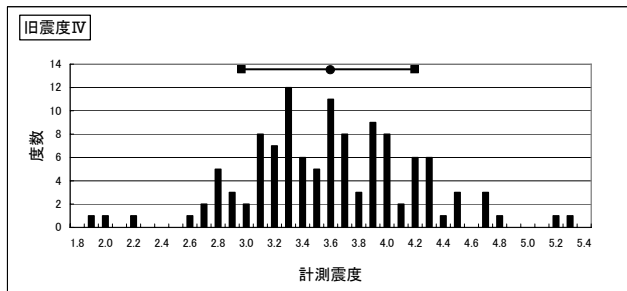
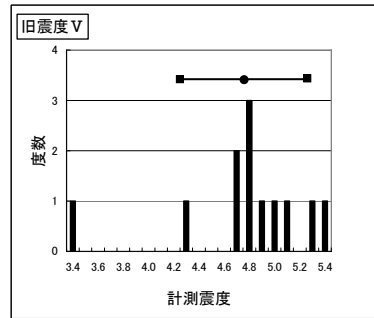
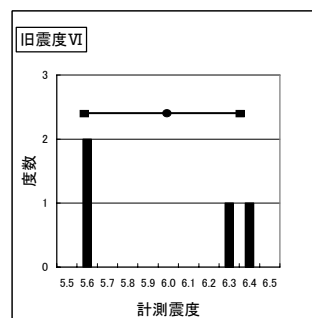
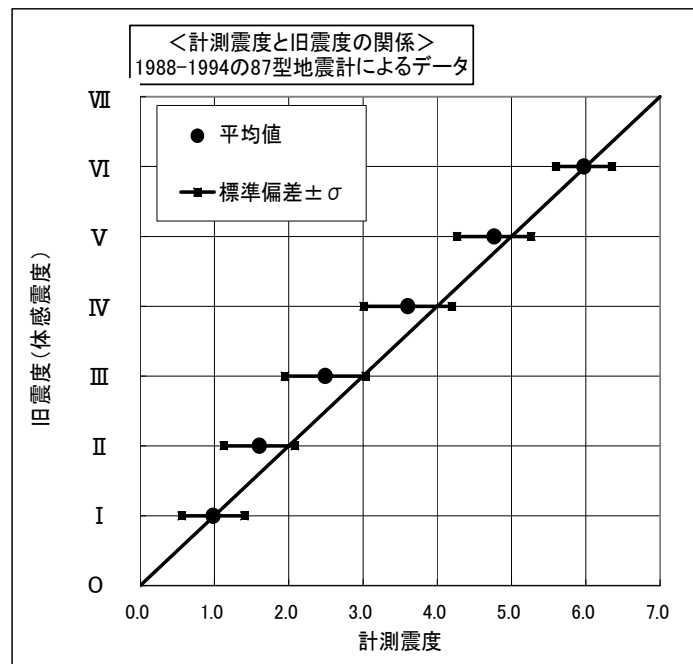


図 2-1 計測震度と旧震度（体感震度）との関係

表 2-1 旧震度（体感震度）別の計測震度の平均値、標準偏差

体感震度	計測震度 平均値	計測震度 標準偏差
震度Ⅵ	5.98	0.38
震度Ⅴ	4.77	0.50
震度Ⅳ	3.60	0.59
震度Ⅲ	2.49	0.54
震度Ⅱ	1.60	0.48
震度Ⅰ	0.98	0.42

表 2-2 旧震度（体感震度）ⅥおよびⅤの記録の地震名および観測点名一覧表

地震名	発生日時	観測点名	体感 震度	計測 震度
平成5年(1993年)釧路沖地震	1993/1/15	北海道釧路市幣舞町(旧)	Ⅵ	6.3
平成6年(1994年)北海道東方沖地震	1994/10/4	北海道釧路市幣舞町(旧)	Ⅵ	5.6
平成6年(1994年)三陸はるか沖地震	1994/12/28	青森県八戸市湊町	Ⅵ	5.6
平成7年(1995年)兵庫県南部地震	1995/1/17	兵庫県神戸市中央区中山手通	Ⅵ	6.4
平成元年の千葉県東方沖の地震	1989/3/6	千葉県銚子市川口町	Ⅴ	3.4
平成4年の東京湾の地震	1992/2/2	東京都千代田区	Ⅴ	4.8
平成5年(1993年)釧路沖地震	1993/1/15	北海道浦河町潮見	Ⅴ	5.3
平成5年(1993年)釧路沖地震	1993/1/15	青森県八戸市湊町	Ⅴ	4.3
平成5年の能登半島沖の地震	1993/2/7	石川県輪島市鳳至町	Ⅴ	5.0
平成5年(1993年)北海道南西沖地震	1993/7/12	北海道寿都町新栄	Ⅴ	4.8
平成6年の北海道根室半島南東沖の地震	1994/8/31	北海道釧路市幣舞町(旧)	Ⅴ	4.7
平成6年(1994年)北海道東方沖地震	1994/10/4	北海道浦河町潮見	Ⅴ	4.7
平成6年(1994年)北海道東方沖地震	1994/10/4	北海道根室市弥栄	Ⅴ	5.4
平成6年(1994年)三陸はるか沖地震	1994/12/28	青森県青森市花園	Ⅴ	5.1
平成6年(1994年)三陸はるか沖地震	1994/12/28	岩手県盛岡市山王町	Ⅴ	4.8
平成7年(1995年)兵庫県南部地震	1995/1/17	滋賀県彦根市城町(旧)	Ⅴ	4.9

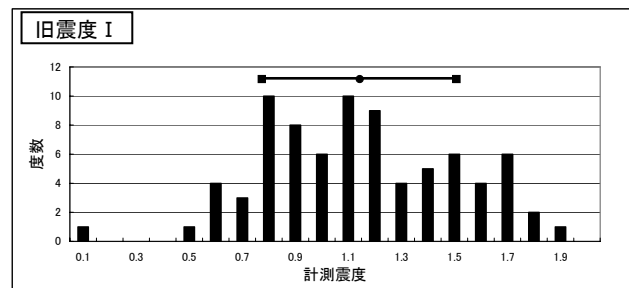
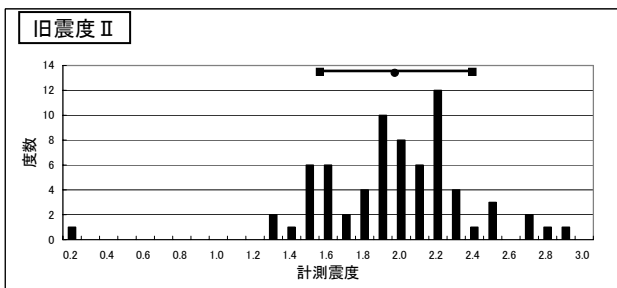
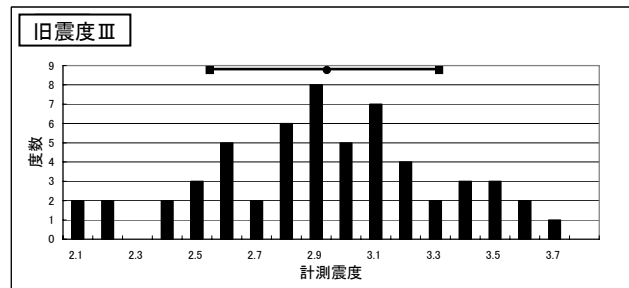
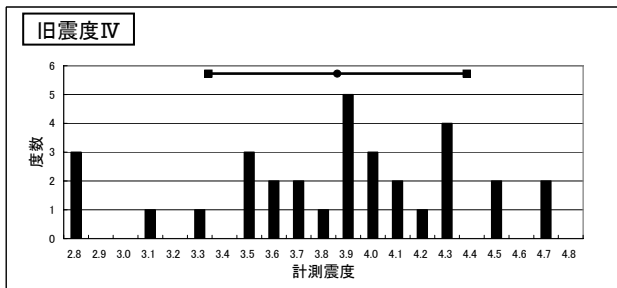
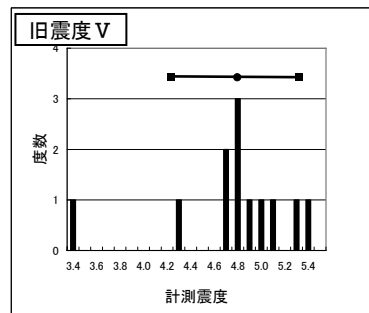
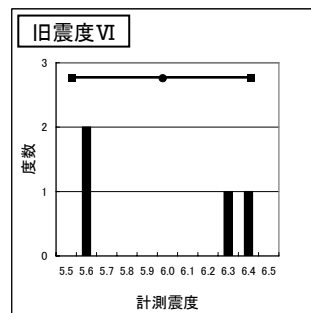
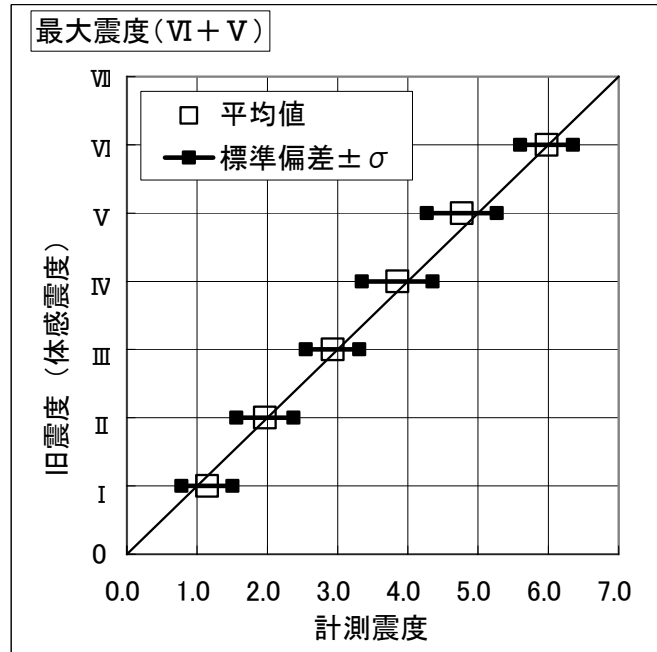


図 2-2 最大震度 (VI+V) ごとの
旧震度 (体感震度) と計測震度の関係

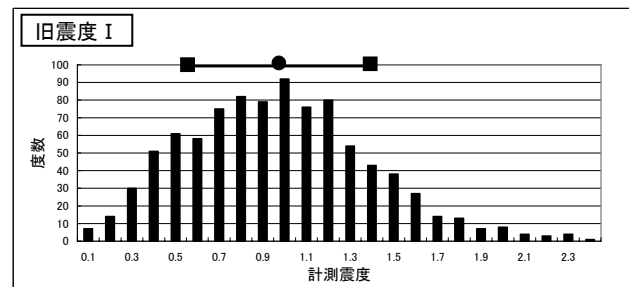
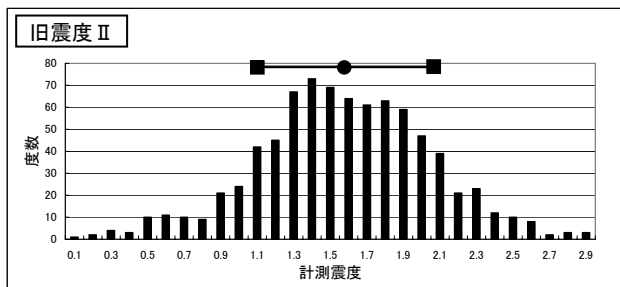
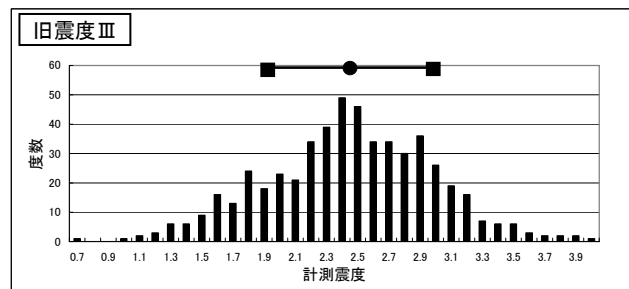
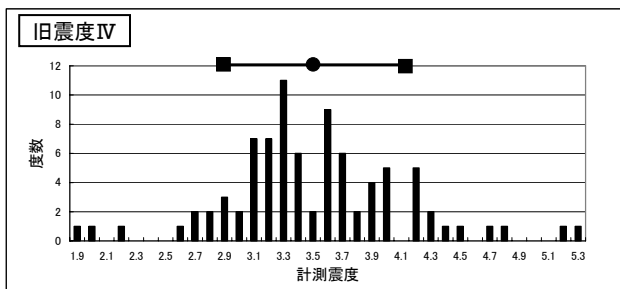
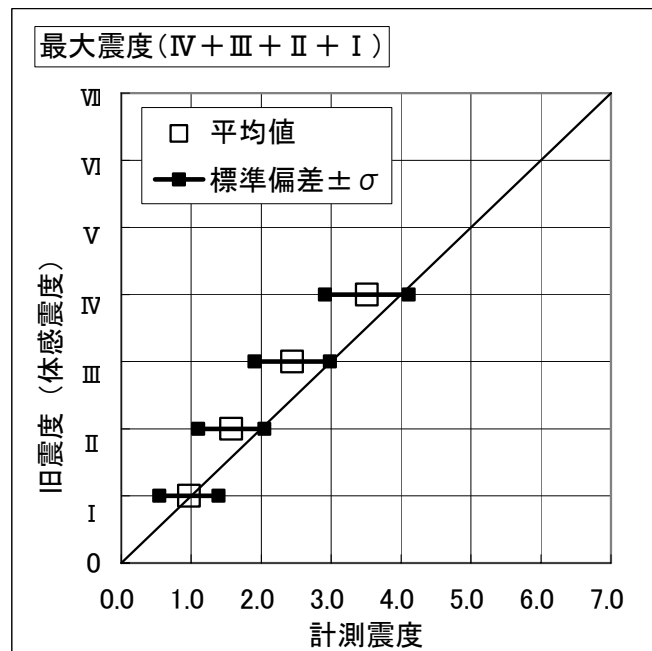


図 2-3 最大震度 (Ⅳ+Ⅲ+Ⅱ+Ⅰ) ごとの
旧震度 (体感震度) と計測震度の関係

(参考)

本調査の対象とした期間に、旧来の型の計測震度計（旧計測震度計）の整備が順次進められていた。体感を主体とした震度観測であるが、旧計測震度計による震度の値を参考にしているとの指摘もあるため、念のため、震度計が整備された以降のデータを除き、比較を行った。

結果を図 2 - 4 に示した。データ除去後も、除去前のものと同じ傾向である。

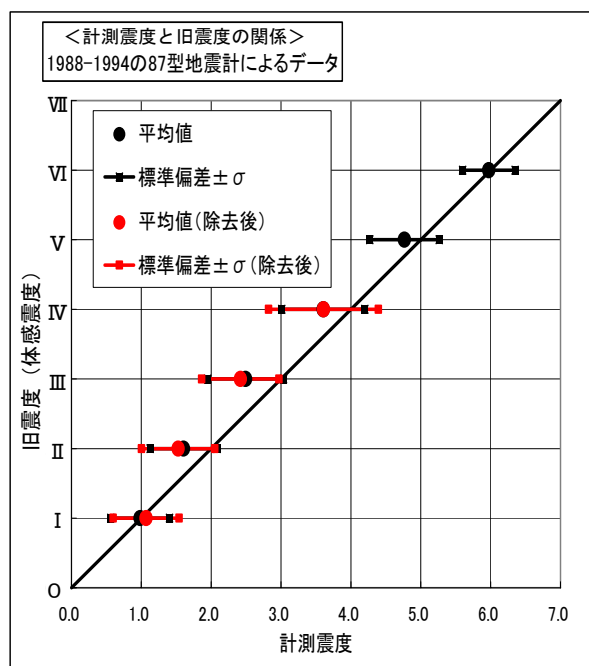


図 2-4 計測震度と旧震度（体感震度）との関係

（旧計測震度計が設置されていた観測データを除去したものと比較）

(2) 最大加速度及び最大速度と旧震度（体感震度）の比較

これまで、最大加速度や最大速度と体感震度に相関があると言われている。参考まで、同じデータを用い、旧震度（体感震度）と最大加速度、旧震度と最大速度の比較を行った。

○最大加速度との比較

図 2-5 に旧震度（体感震度）と最大加速度の関係を示した。図中には、河角(1943)³による体感震度 I の範囲の中央値と最大加速度の関係（式 2-1）も示している。最大加速度の平均値は、河角(1943)の式よりも大きい、標準偏差内(+1σ)である。

$$\log \alpha = \frac{I}{2} - 0.35 \quad \text{-----} \quad (2-1)$$

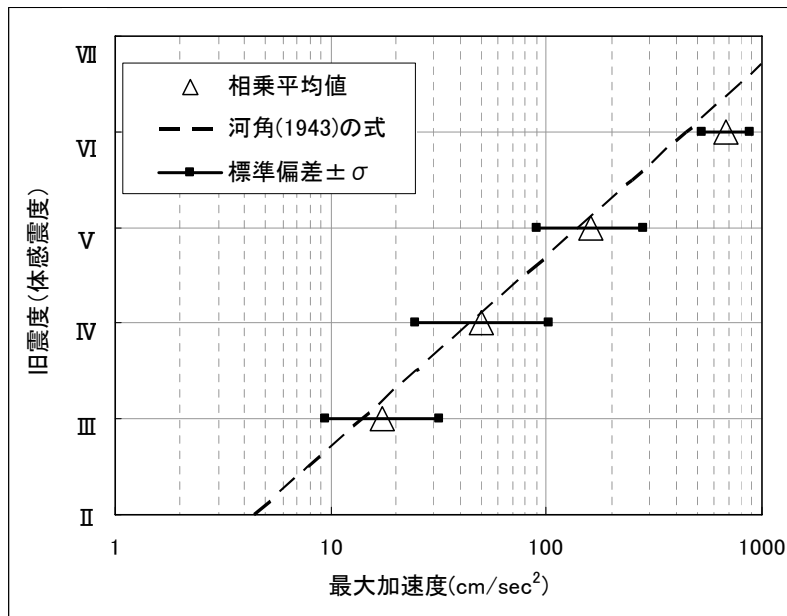
ここで、 α : 最大加速度(cm/sec²)
 I : 体感震度

○最大速度との比較

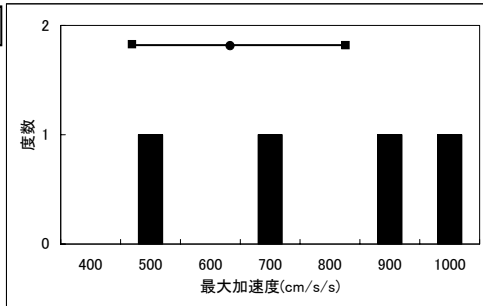
図 2-6 に体感震度と最大速度との関係を示した。図中には、村松(1967)⁴による震度 I と I-1 の境に対応する速度と震度の関係（式 2-2）も示している。最大速度の平均値は、ほぼ村松(1966)の式に対応している。

$$\log v = \frac{I}{2} - 1.4 \quad \text{-----} \quad (2-2)$$

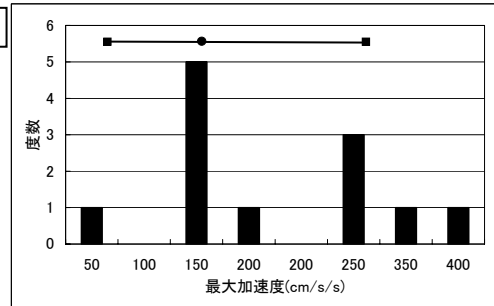
ここで、 v : 最大速度(cm/sec)
 I : 体感震度



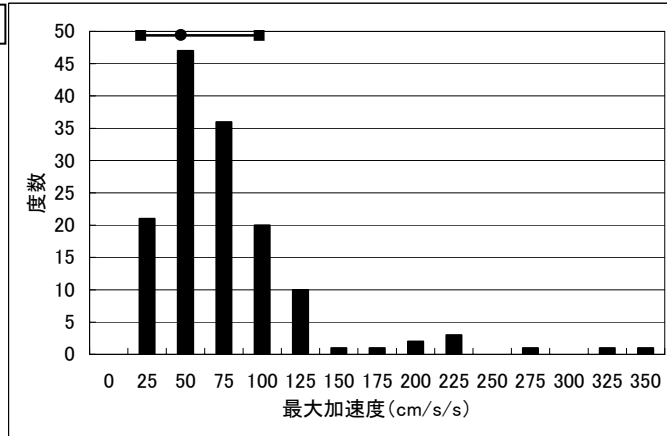
旧震度 VI



旧震度 V



旧震度 IV



旧震度 III

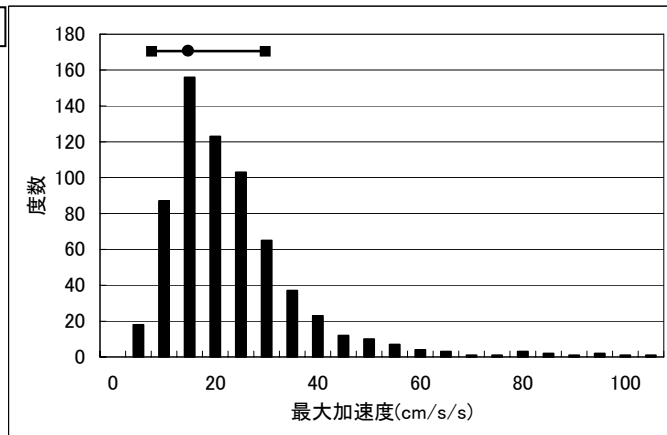
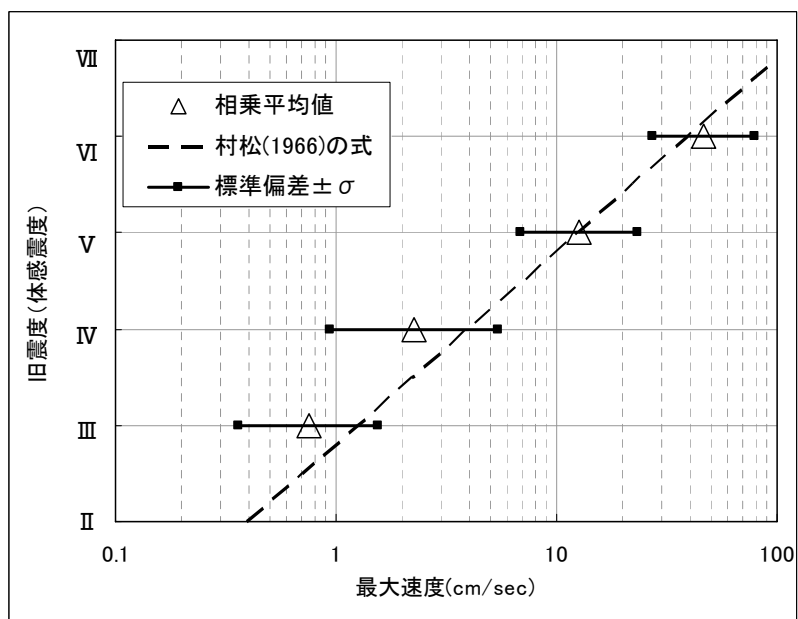
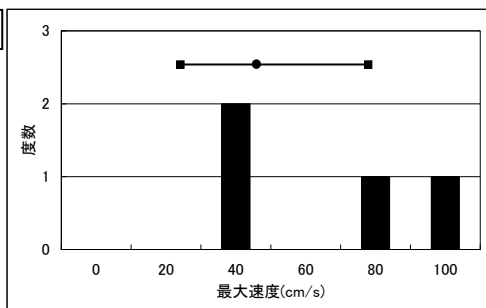


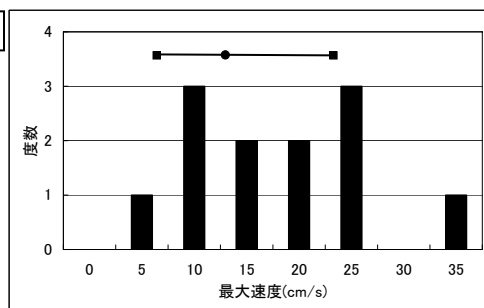
図 2-5 旧震度（体感震度）と最大加速度との関係



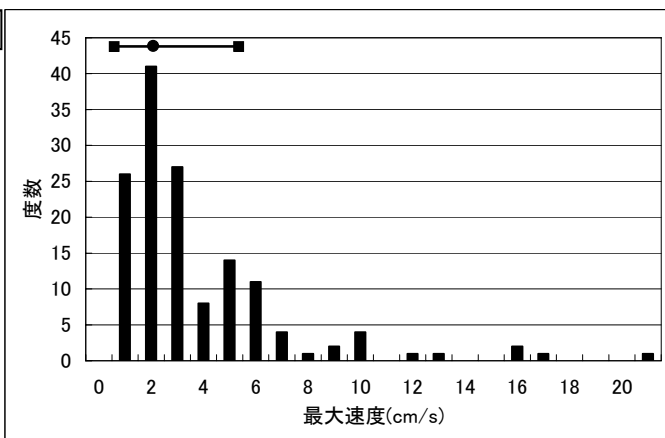
旧震度 VI



旧震度 V



旧震度 IV



旧震度 III

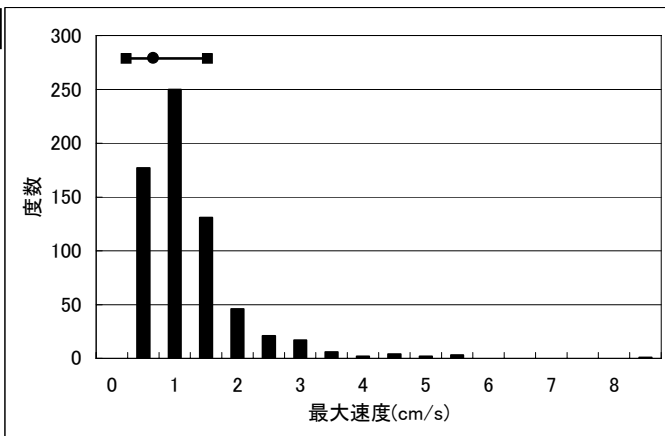


図 2-6 旧震度（体感震度）と最大速度との関係

3 計測震度と震度の聞き取り調査等の比較

(1) 聞き取り調査から推定した震度と計測震度の関係

気象庁は平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震で、聞き取り調査を行い、人体か感覚に着目し震度を推定している（気象庁(2008)⁵）。図 3-1 には、「人体感覚から推定した震度」と計測震度との関係を示した。この図からばらつきはあるが、聞き取り調査から推定した震度と計測震度は、ほぼ対応していることが分かる。

(2) 太田らのアンケートによる震度

太田・後藤・村上(1979)⁶により提唱されたアンケートによる震度（以下、アンケート震度とする）については、面的な震度分布を知る方法として、様々な調査が行われてきた。

太田・小山・中川(1998)⁷により、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震のデータを用い、高い震度階の適用について改定が行われている。具体的には、アンケートの設問ごとに有効震度範囲を設定し、さらに感度の違いを考慮した重み付けを行っている。下記の式(2-1)および式(2-2)は変更していない。図 3-2～図 3-3 にアンケート震度の改訂結果を示した。改定前のアンケート震度では、やや低く見積もられていた高い震度階が、計測震度と比較して概ね良い一致を見られるようになっている。

$$I_Q = \frac{\alpha}{N_e} \cdot \sum_i^{N_e} m_i \cdot \beta_i(m) \quad \text{-----} \quad (3-1)$$

$$I_{JMA} = 2.958 \times (I_Q - 1.456)^{0.547} \quad \text{-----} \quad (3-2)$$

ここで、

I_Q : アンケート震度（回答者ごとの震度） α : 条件係数

N_e : 質問アイテム中の有効回答数

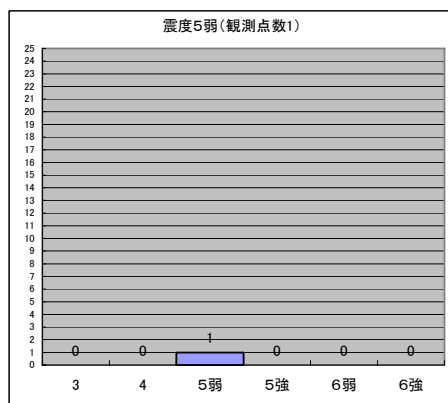
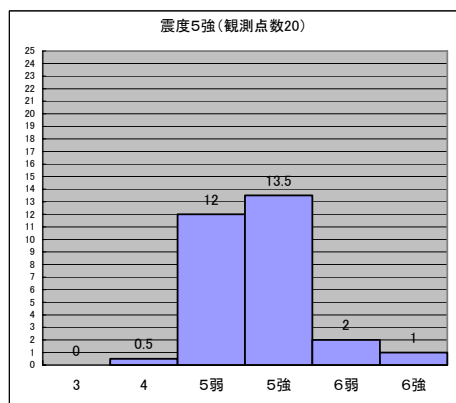
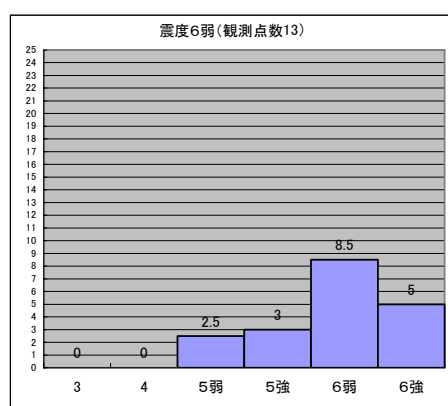
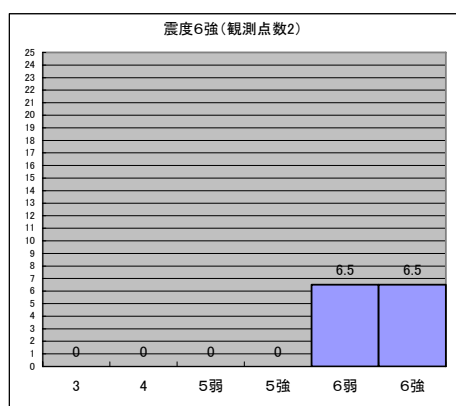
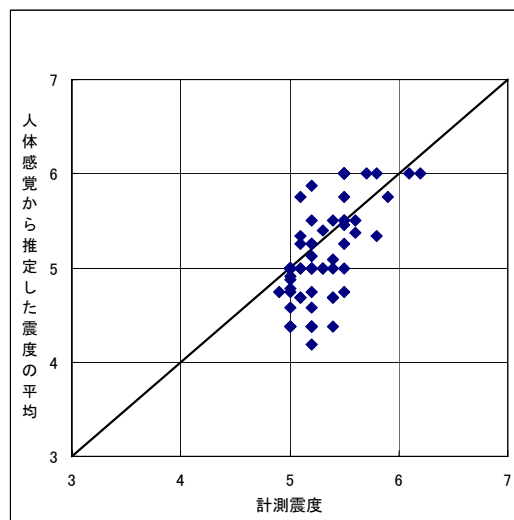
m_i : 質問アイテム i において回答者が反応したカテゴリー番号

$\beta_i(m)$: m_i に対応する震度係数 I_{JMA} : アンケート震度からの気象庁換算震度

この改訂された手法を用いて、種々の地震でアンケートによる震度が求められている。その一例を図 3-4～図 3-5 に示した。計測震度とアンケートから求めた気象庁震度に換算した震度は、計測震度と相関が良いことが示されている。

アンケート震度は、揺れ状況から震度を推定するのに有効である。今後、気象庁においても、顕著な被害地震などの際に実施する現地調査では、アンケート震度を基本にした調査を実施することが望ましい。巻末資料に、アンケート震度を基本とした「地震後に揺れがどの程度であったかを調査する際に用いる調査票の例」を示す。

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震



岩手県沿岸北部

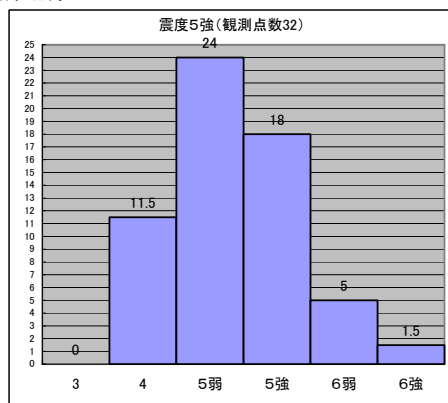
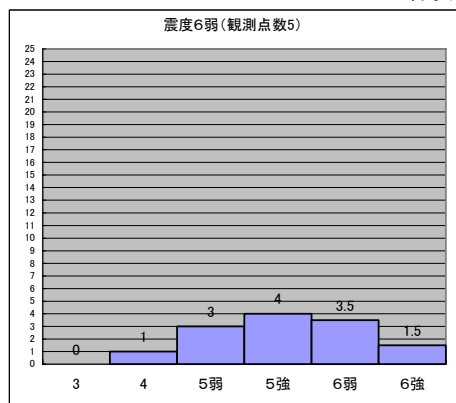
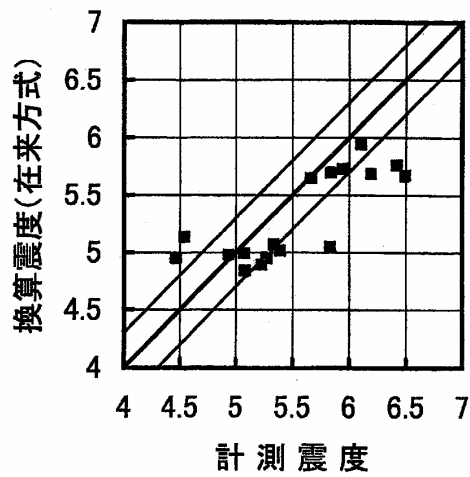
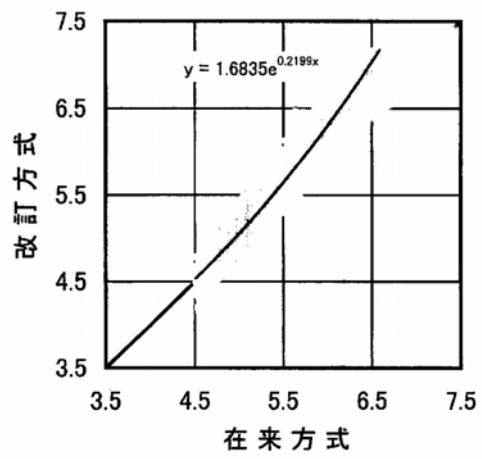


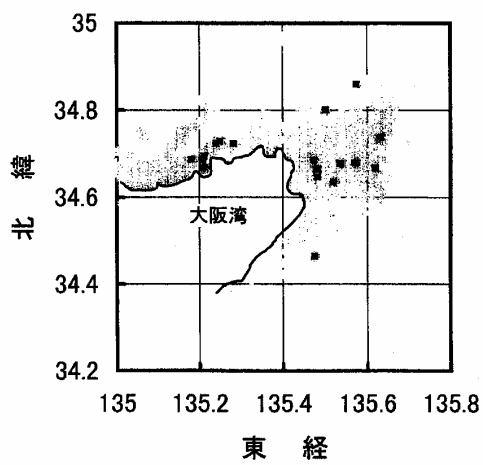
図 3-1 聞き取り調査から推定した震度と計測震度の関係



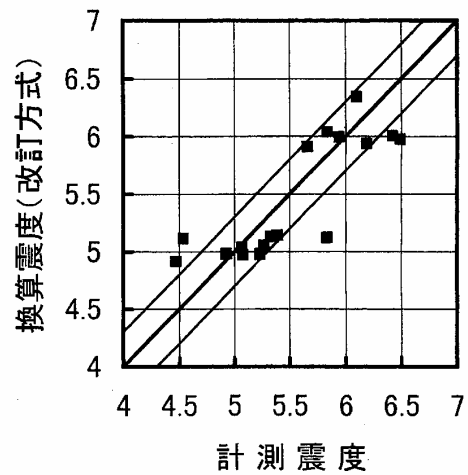
在来法による震度と計測震度との比較.



在来法による震度算定値との比較. 縦・横軸共に気象庁換算震度.

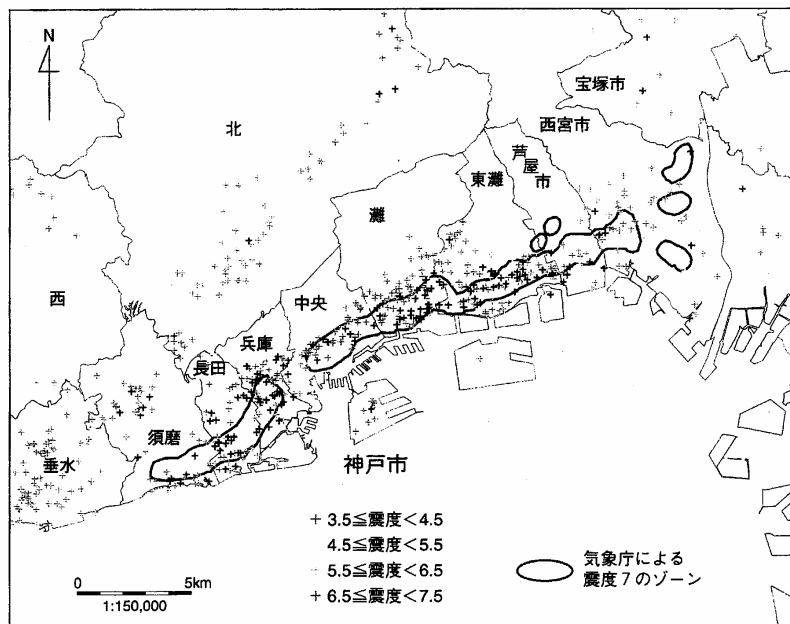


計測震度算定地点(■)とアンケート調査地点(●)分布.



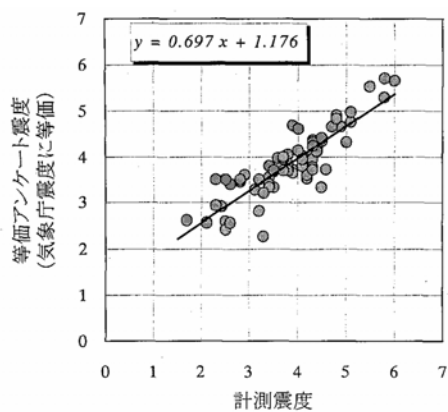
計測震度と改訂計算結果との比較.

図 3-2 太田・小山・中川(1998)によるアンケート震度の改訂

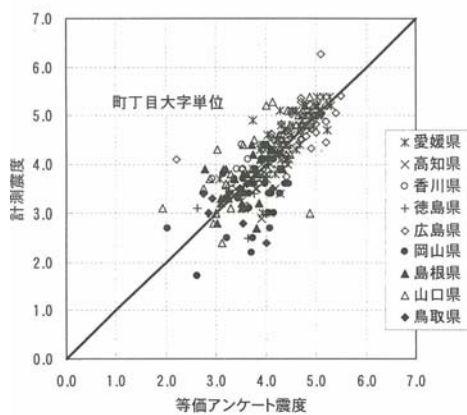


神戸市を中心とする改訂法による震度分布図.

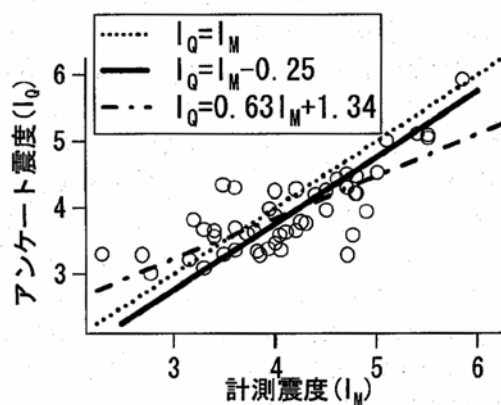
図 3-3 太田・小山・中川(1998)によるアンケート震度の改訂の例示



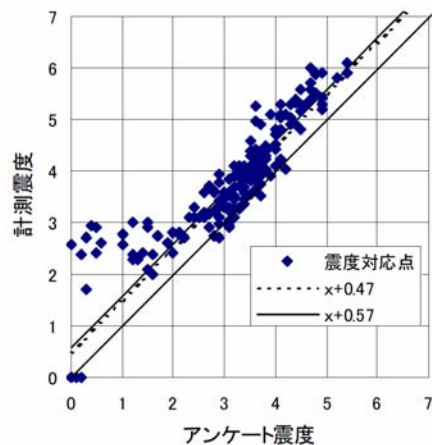
2000 年鳥取県西部地震
(森・圓井⁸ (2001) による)



2001 年芸予地震
(森⁹ (2002) による)

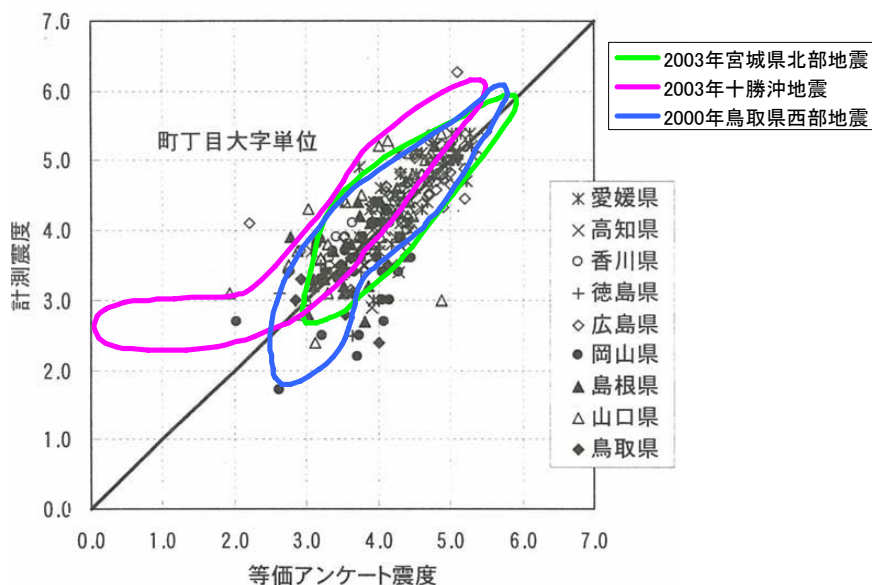


2003 年宮城県北部の地震 (地震計設置地域)
(源栄¹⁰ (2004) による)



2003 年十勝沖地震
(鏡味¹¹ (2004) による)

図 3-4 各種の被害地震におけるアンケート震度と計測震度の関係



注：図 3-4 の 2001 年芸予地震のアンケート震度と計測震度の関係に他の 3 地震の範囲を重ねてプロット

図 3-5 各種の被害地震におけるアンケート震度と計測震度の関係とりまとめ

4 計測震度と各種指標との比較

1988-1994 年及び 1995 年兵庫県南部地震の 87 型地震計の記録を用いて、計測震度と各種提案震度の比較を行った。また、平成 15 年の宮城県北部の地震以降の以下の 7 地震について、計測震度、境指標および清野指標との比較を行った。

- 平成 15 年の宮城県北部の地震
- 平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震
- 平成 17 年の福岡県西方沖の地震
- 平成 19 年（2007 年）能登半島地震
- 平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震
- 平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震
- 平成 20 年の岩手県沿岸北部の地震

1) 境指標と計測震度の比較

境・神野・瀬瀬(2004)¹による提案震度（ここでは境指標と仮称）と計測震度を比較して図 4-1 に示した。図中で、黒丸は 87 型地震計の波形記録から計算したものであり、赤丸は、境ら(2004)の論文中の表 4 のデータである。87 型地震計の記録から算出した境指標と計測震度の関係は、ほぼ 1 対 1 の関係になっており、 $\pm 0.5\sigma$ （y の標準偏差）内に入っている。一方、境ら(2004)の論文中のデータは、 -0.5σ からかなり外れるデータが 3 地点あり、その他のデータでも、境指標の方が計測震度より小さくなっている。この 3 地点の記録名は表 4-1 の通りである。

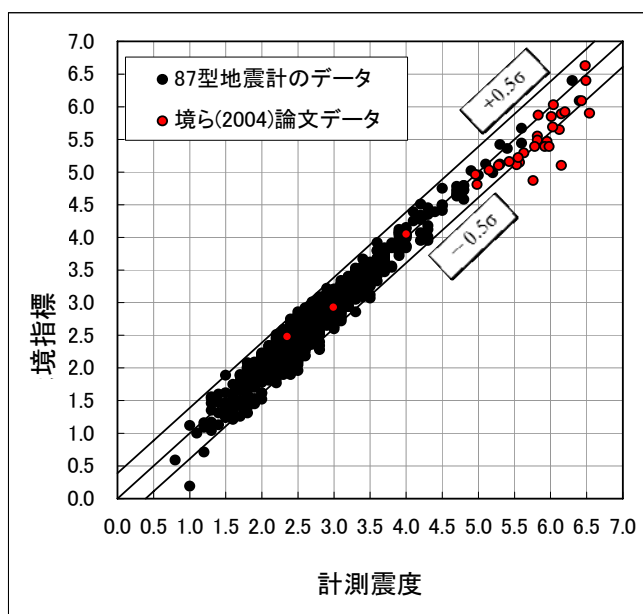


表 4-1 -0.5σ から外れるデータ

x (計測震度)	y (境指標)	地震名	観測地点
6.2	5.10	1993年北海道 南西沖地震	乙部小
5.8	4.87	2000年鳥取県 西部地震	KiK-net伯太
6.5	5.90	1994年Northridge 地震	Tarzana

図 4-1 計測震度と境指標の比較

また、平成15年の宮城県北部の地震以降の7地震について、境指標と計測震度の関係を、図4-2に示した。近年の地震については、 -0.5σ からかなり外れるデータが多くなっている傾向にある。この原因については、今後の検討が必要であるが、それぞれの地震及び観測点で記録された地震動の周波数特性（応答スペクトル特性）が影響していると考えられる。

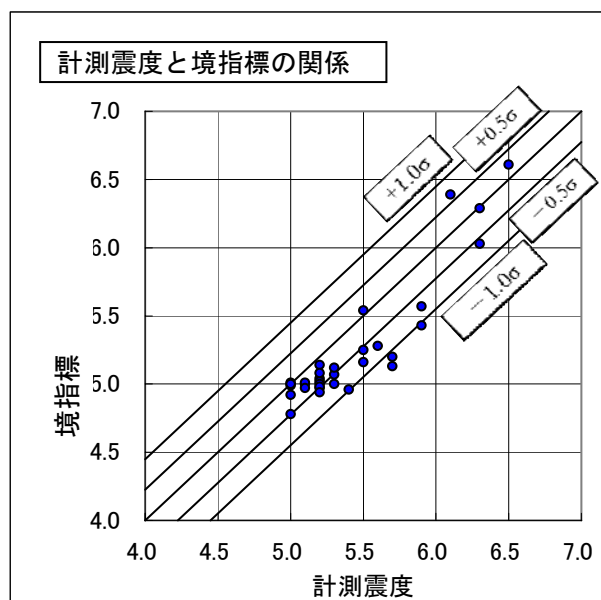


図4-2 最近の7地震での計測震度と境指標の比較

2) 清野指標と計測震度の比較

清野ら(1999)²の組合せ震度（ここでは清野指標と仮称）の中で短周期震度(I_s)は、式(4-1)が定義式であり、計測震度と同じ定義式となるため、両者の比較は行っていない。

$$I_s(\text{短周期震度}) = 2.0\log(a_0) + 0.94 \quad \text{-----} \quad (4-1)$$

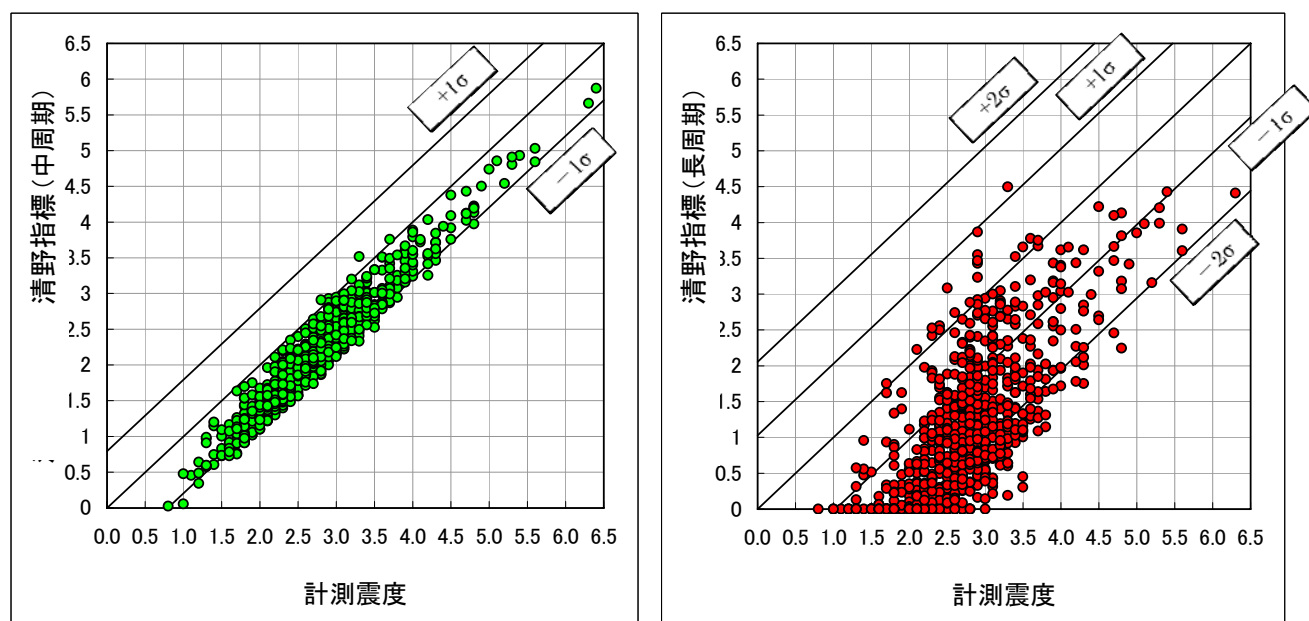


図4-3 計測震度と清野指標の比較

図 4-3 に計測震度と清野指標（中周期(I_m)および長周期(I_l))の比較図を示した。清野指標の中周期(I_m)は、免震建物や高層建物を対象として、0.7 秒～5 秒程度の周期区分で設定されているため、図 4-3 の計測震度と比較すると全体的に小さな値である。

清野指標の長周期(I_l)は、石油タンクのスロッシングや頂戴構造物を対象として、5 秒程度以上の周期区分で設定されているため、計測震度と比較すると、さらに小さな値となっている。図 4-4 に最近の 7 地震での清野指標と計測震度の関係を示したが、同様な傾向である。

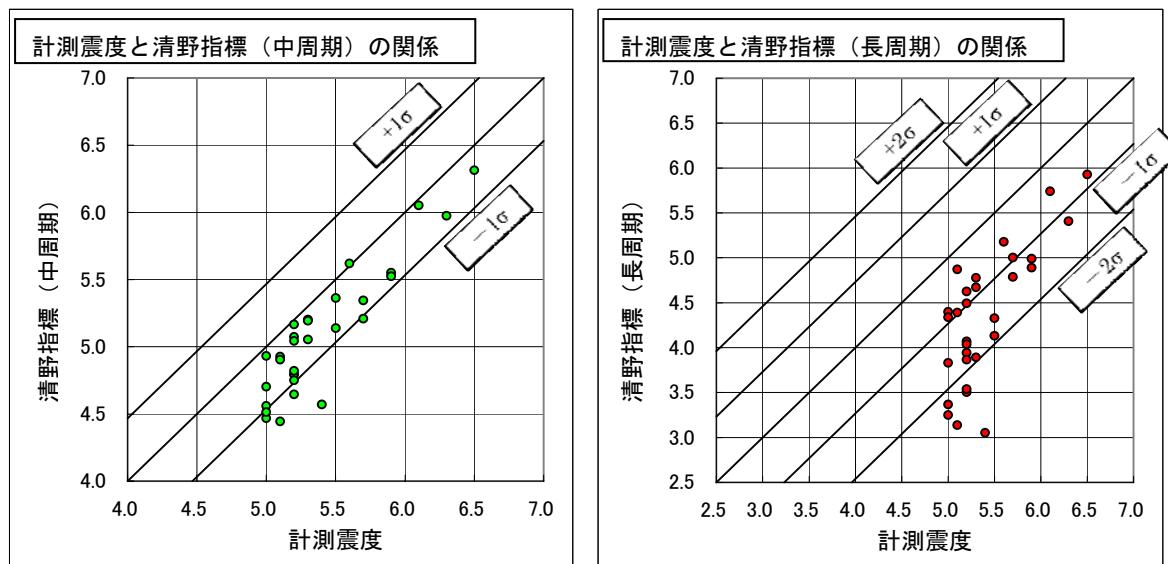


図 4-4 最近の 7 地震での計測震度と清野指標の比較

図 4-5 に計測震度および境指標と最大加速度、最大速度、SI 値との関係を示した。最大加速度との関係は、計測震度、境指標ともばらつきが大きい。計測震度、境指標とも、最大速度、SI 値との関係では、ばらつきが小さい。

図 4-6 に清野指標（中周期および長周期）と最大加速度、最大速度、SI 値との関係を示した。清野指標（中周期）(I_m)は、元々、最大速度を指標としているため、最大速度との関係のばらつきが少なくなっている。

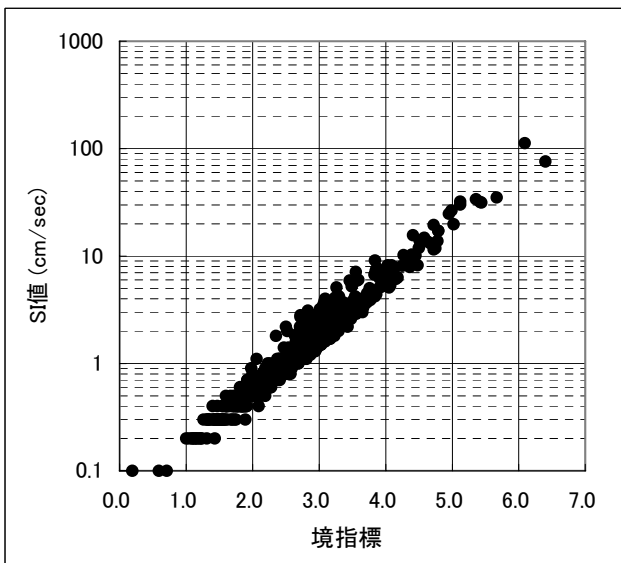
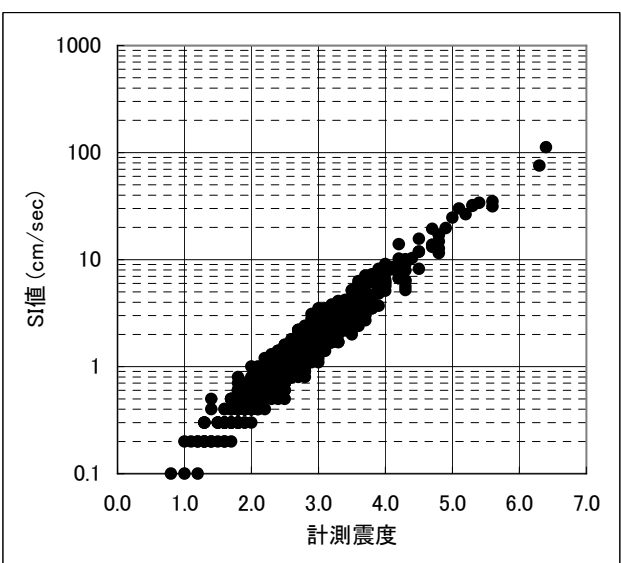
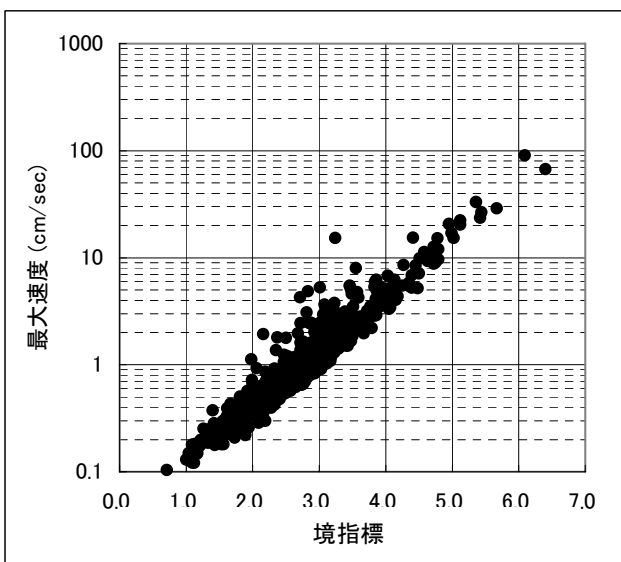
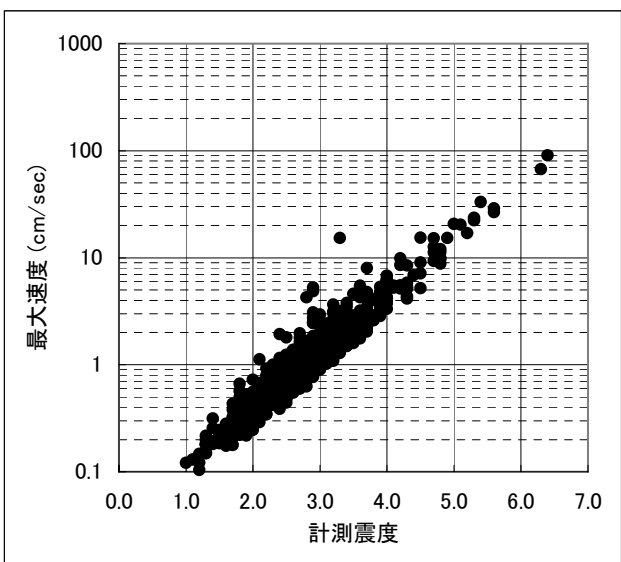
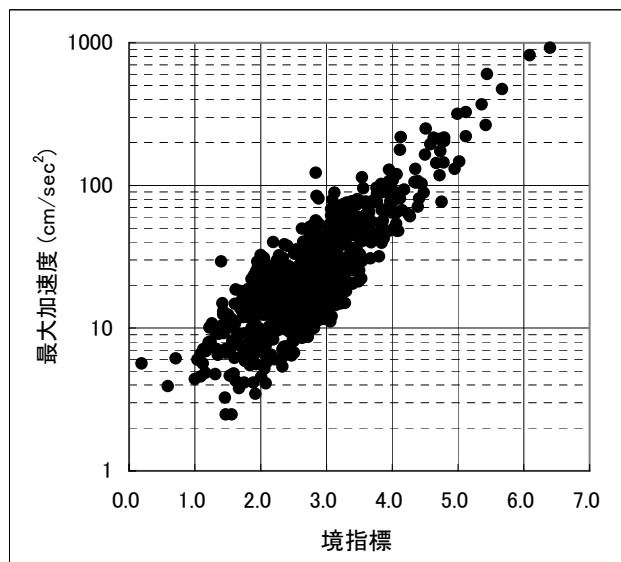
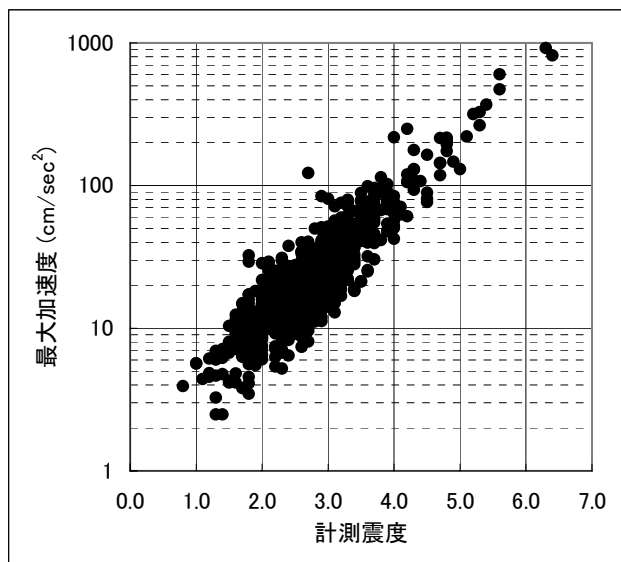


図 4-5 計測震度、境指標と最大加速度、最大速度、SI 値の比較

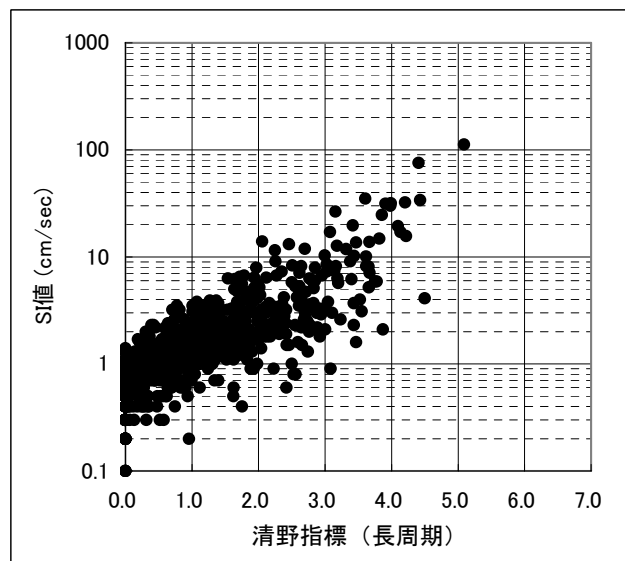
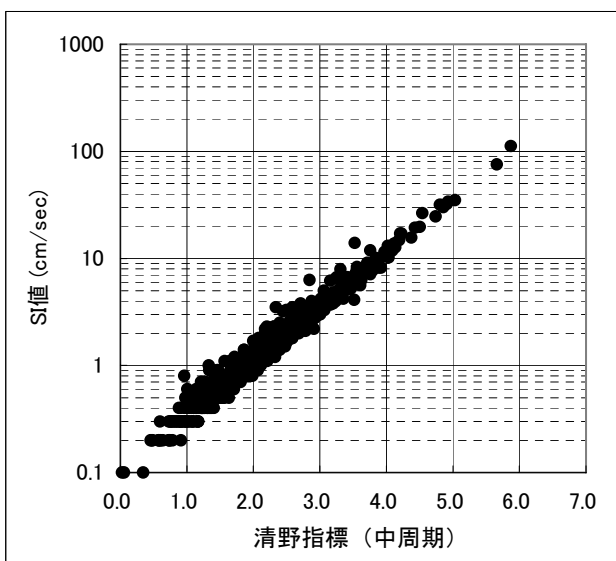
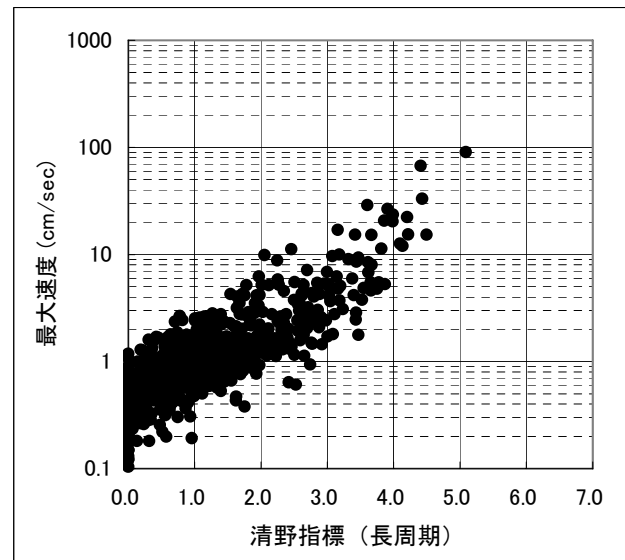
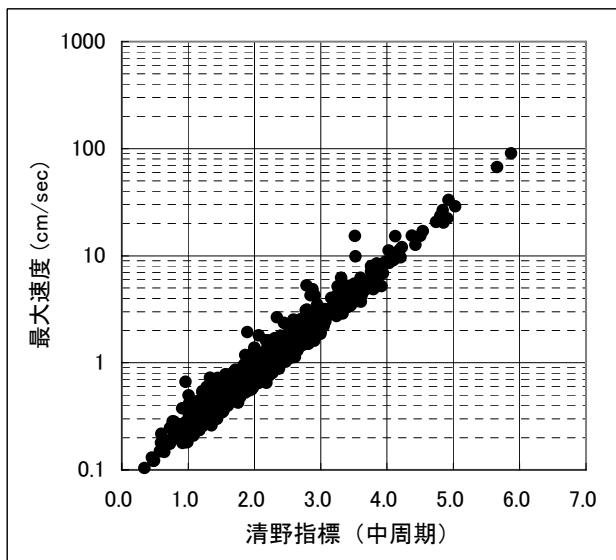
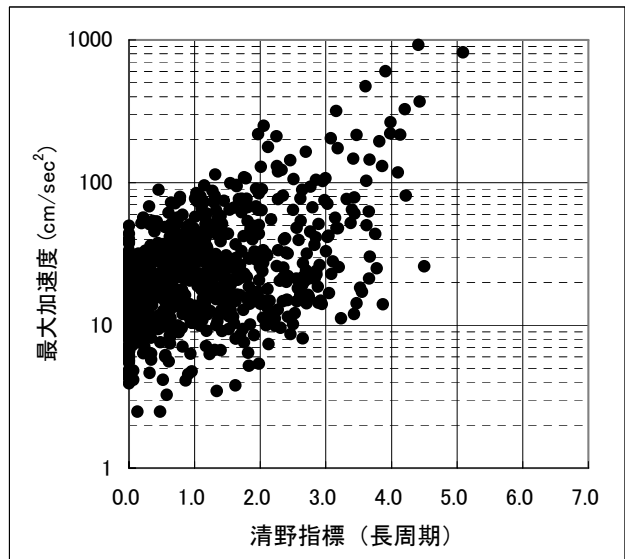
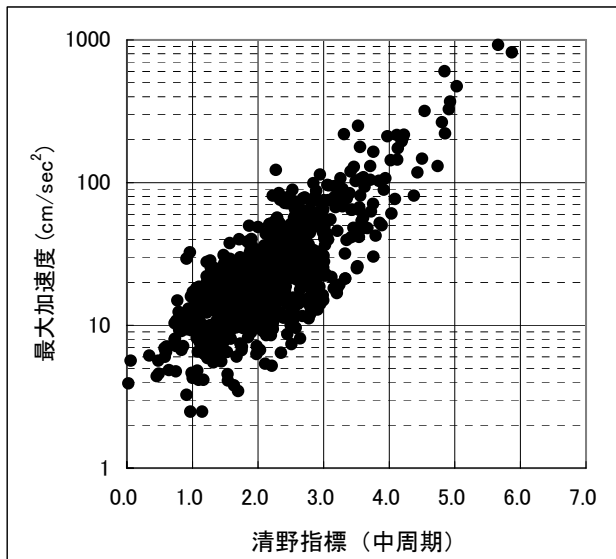


図 4-6 清野指標（中周期・長周期）と最大加速度、最大速度、SI 値の比較

5 計測震度と罹災証明木造全壊率等との関係について

気象庁は、以下の地震について、観測地点を中心に半径 200m の範囲内の罹災証明による木造家屋の全壊率、半壊率および一部損壊率を、昭和 56 年(1981)以前の建物と昭和 57 年(1982 年)以降の建物に分けて調査している。この調査の観測点の計測震度、および波形データのある記録を用いて、計測震度及び境ら(2004)の提案震度を計算し、罹災証明全壊率などとの関係を検討した。

- 平成 15 年の宮城県北部の地震
- 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震
- 平成 17 年の福岡県西方沖の地震
- 平成 19 年(2007 年)能登半島地震
- 平成 19 年(2007 年)新潟県中越沖地震
- 平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震
- 平成 20 年の岩手県沿岸北部の地震

全壊率と計測震度などとの関係の解析・検討は、観測地点を中心として半径 200m 以内の木造家屋棟数が、全年代で 100 棟以上あるものだけを抽出して行った。

各図には、相関をみるため、対数正規分布関数の累積確率を用いた回帰分析結果を示している。この対数正規分布関数は以下のように表せる(村尾・山崎(2000)¹²)。

$$P_R(I) = \Phi((\ln(I) - \lambda) / \xi)$$

ここで、 λ は計測震度の平均値、 ξ は $\ln(\text{計測震度})$ の標準偏差である。

対数正規分布関数は、建物被害率と計測震度または最大速度の関係で様々の文献で用いられているため回帰式として採用している(岡田・鏡味(1991)¹³、宮腰・林(1997)¹⁴、村尾・山崎(2000)など)。また、家屋全壊率、半壊以上率が 0%となるデータは、対数正規分布については建物被害率が 0%の点は理論的には存在しないため除いている。

図 5-1 に、今回気象庁が調査した罹災証明全壊率および半壊以上率と計測震度の関係を示した。また、その中で全壊率と計測震度の関係を、1981 年以前建物と 1982 年以降建物に分けて、1995 年兵庫県南部地震の木造家屋の被害率を併せてプロットした図を、図 5-2 に示した。今回の気象庁調査データについて、前記のように 100 棟以上としたため、プロット数は少ないが、最近の 7 地震の木造家屋全壊率は、1995 年兵庫県南部地震の木造家屋全壊率より低いことが分かる。また、最近の 7 地震では、ほぼ計測震度 6.0 以上から木造家屋全壊が現れることが分かる。

これらの結果をみると、計測震度と罹災証明の木造被害率との相関は良いことがわかる。

なお、(参考 I) に示すように、建物の全壊数の負傷者は、高い相関性がある。

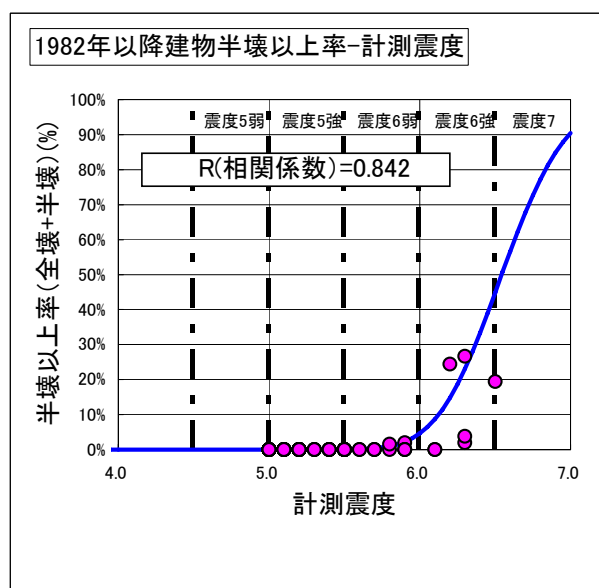
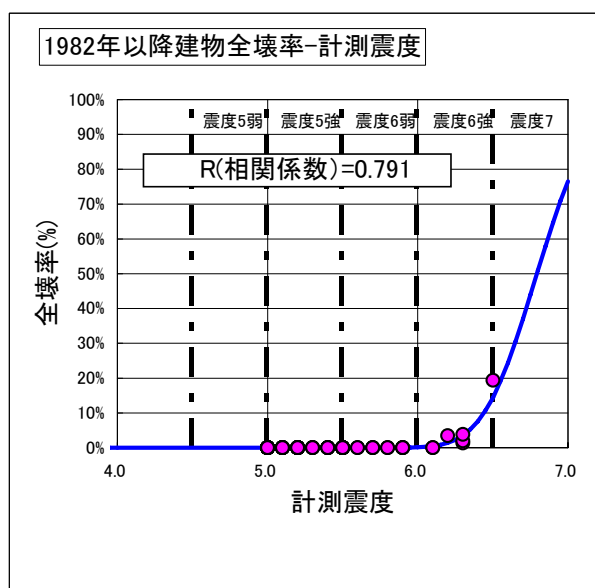
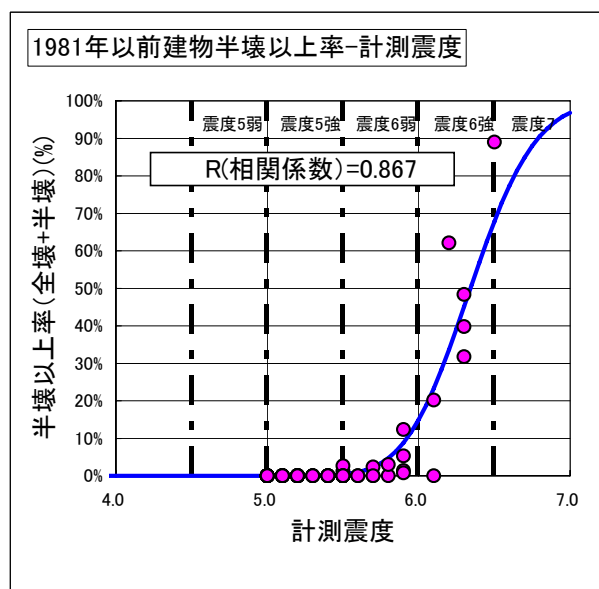
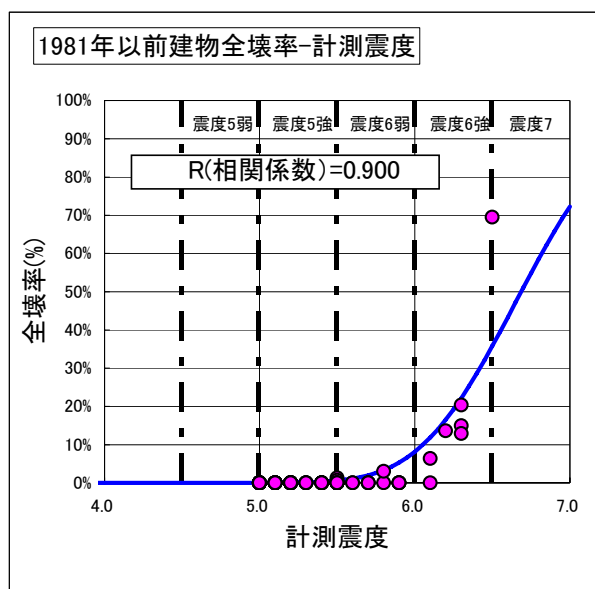
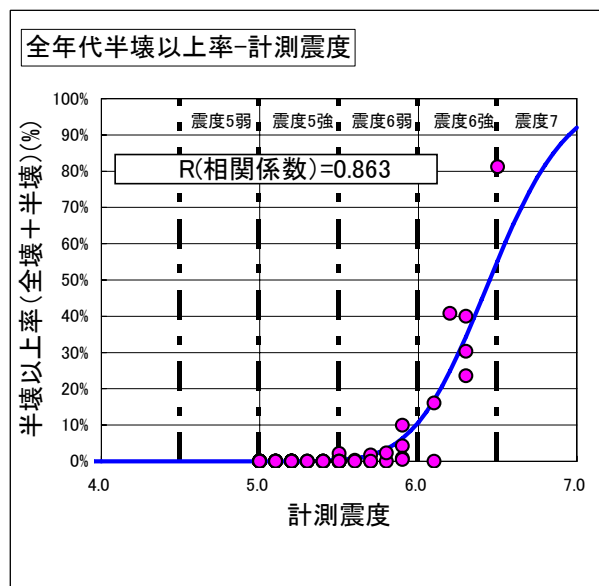
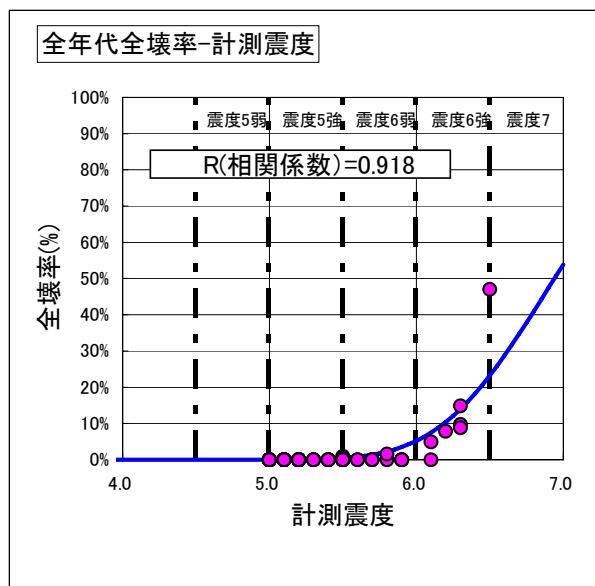


図 5-1 木造被害率(罹災証明データ)と計測震度の関係 (木造 100 棟以上)

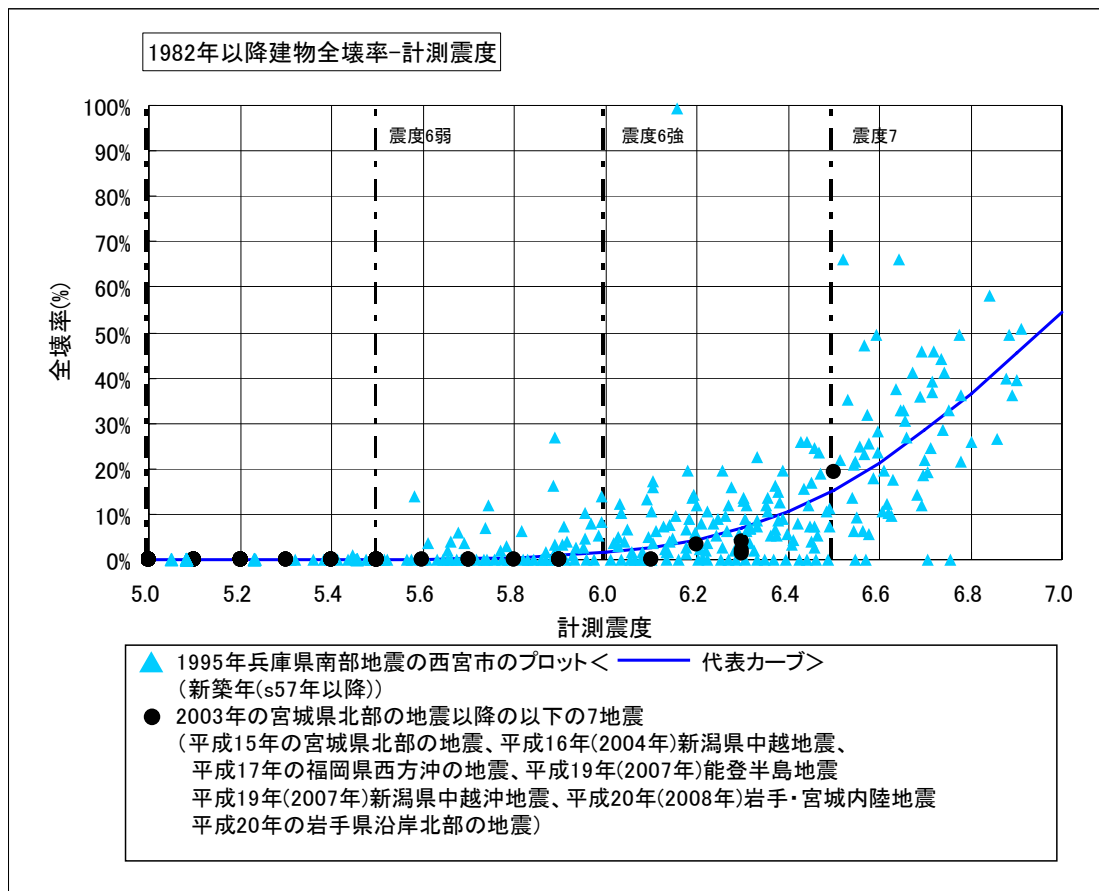
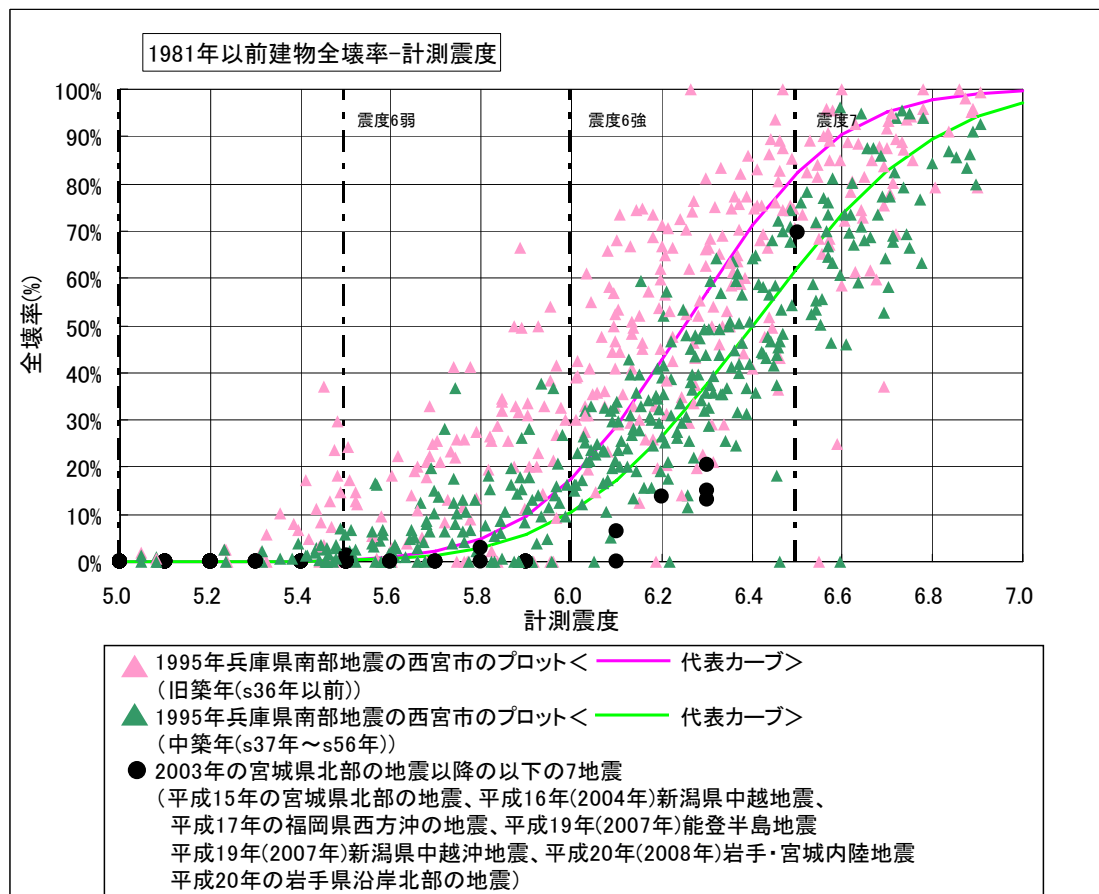


図 5-2 木造全壊率と計測震度の関係 兵庫県南部地震の木造被害との重ね合わせ
(中央防災会議のデータ¹⁵に加筆)

6 建物被害率からみた計測震度と境指標の比較

計測震度は建物の倒壊による被害との相関が必ずしも良くないとの指摘がある。このため、木造建物倒壊率（大破・全壊率）と各種指標の関係について境指標および計測震度の関係を検討した。使用したデータは、境ら(2004)の論文データである。

図 6-1 に木造の構造的にみた場合の大破・全壊率、半壊以上率と計測震度、境指標の関係を示した。この場合、境指標の方が計測震度より相関が高い。

次に、罹災証明による全壊率・半壊以上率と、計測震度、境指標、清野指標の関係をみる。罹災証明による全壊率・半壊以上率は、建築年代を全年代としたものと、1981 年以前建築の建物のみとしたもの、1982 年以降建築の建物のみとしたもので整理した。

結果は、図 6-2(1)～(3)に示した。この結果をみると、計測震度と境指標及び清野指標について明確な差ではないが、計測震度の相関が高い。

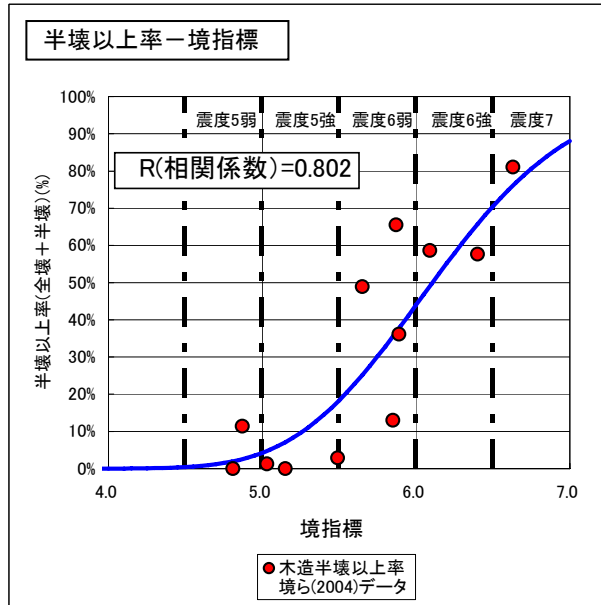
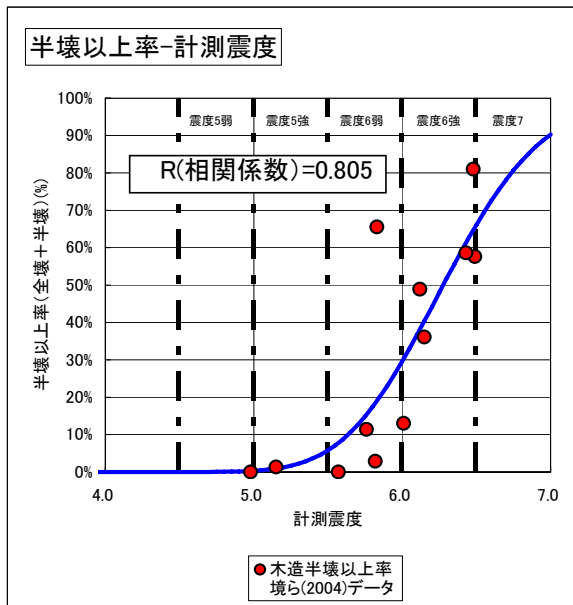
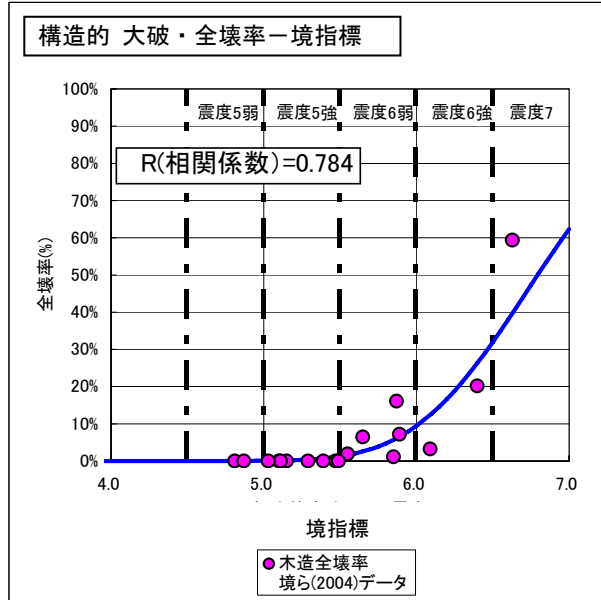
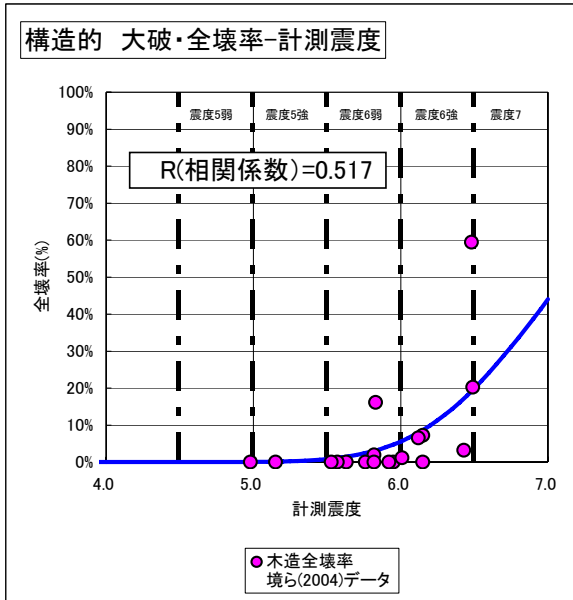
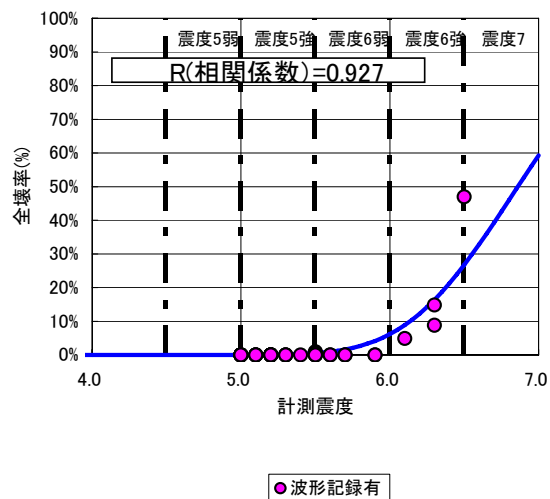


図 6-1 木造構造的 大破・全壊率、木造半壊以上率と計測震度
および境指標の関係(境ら(2004)¹⁾論文内のデータを使用)

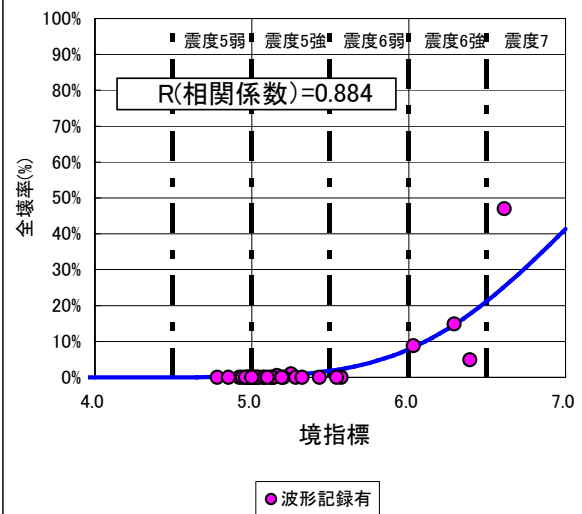
計測震度

境指標

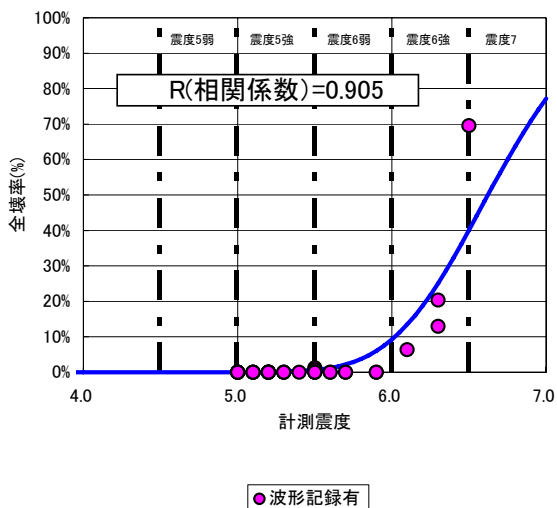
全年代全壊率-計測震度



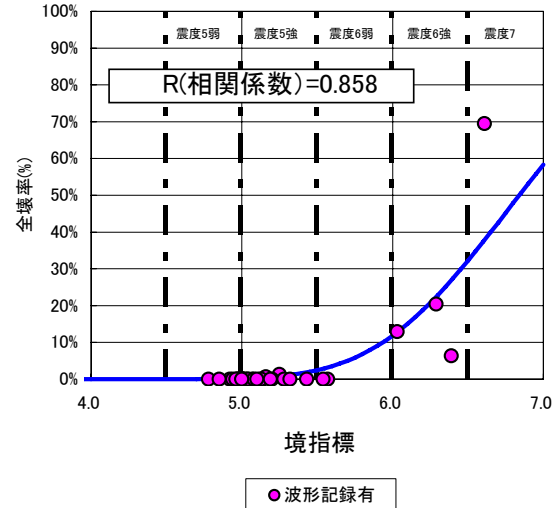
全年代全壊率-境指標



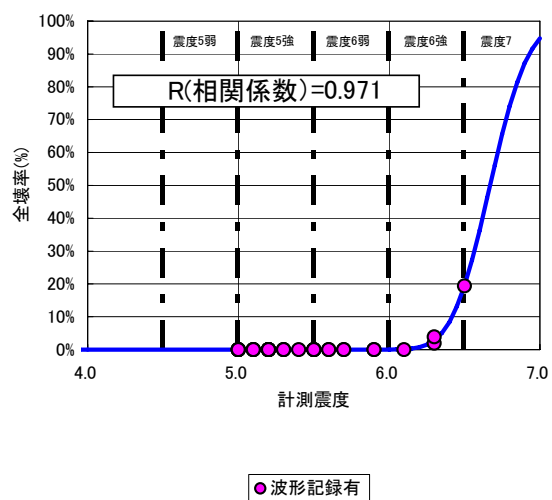
1981年以前建物全壊率-計測震度



1981年以前建物全壊率-境指標



1982年以降建物全壊率-計測震度



1982年以降建物全壊率-境指標

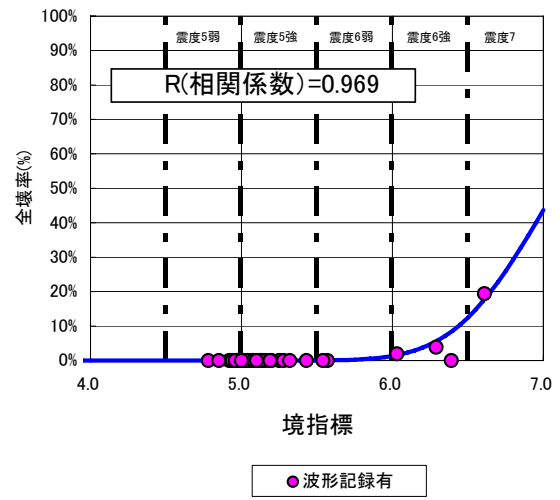
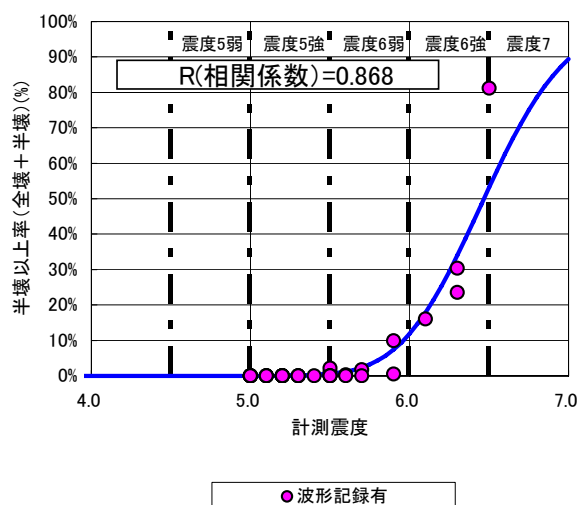


図 6-2(1) 木造全壊率(罹災証明データ)と計測震度、境指標の関係(木造 100 棟以上)

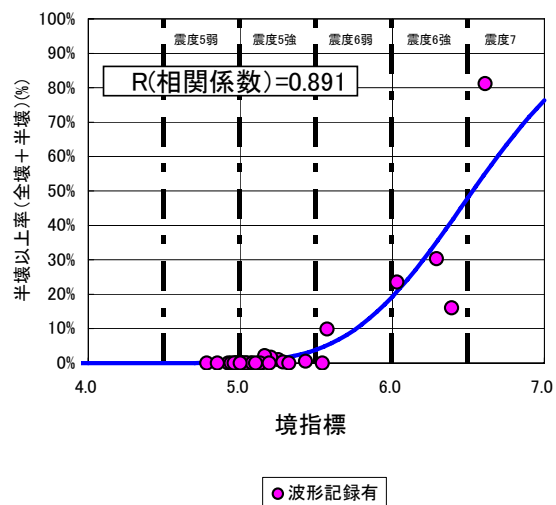
計測震度

全年代半壊以上率-計測震度

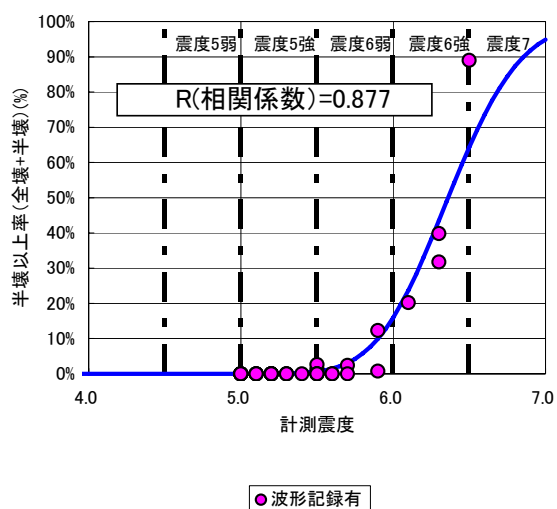


境指標

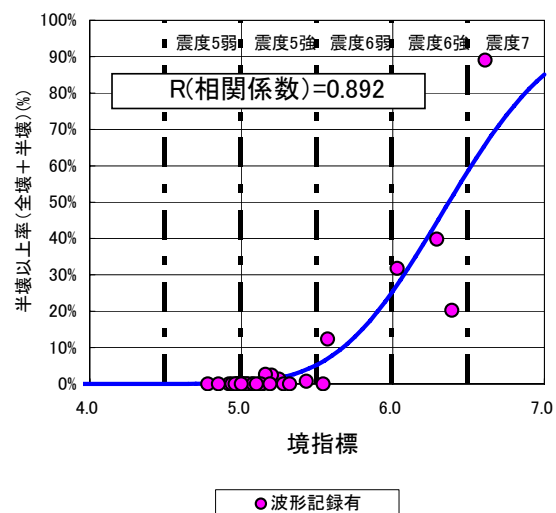
全年代半壊以上率-境指標



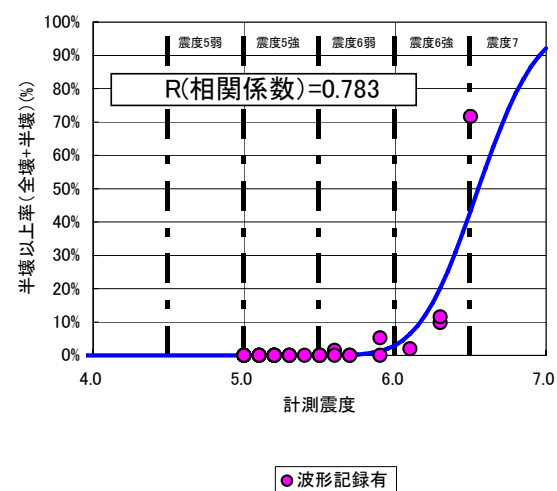
1981年以前建物半壊以上率-計測震度



1981年以前建物半壊以上率-境指標



1982年以降建物半壊以上率-計測震度



1982年以降建物半壊以上率-境指標

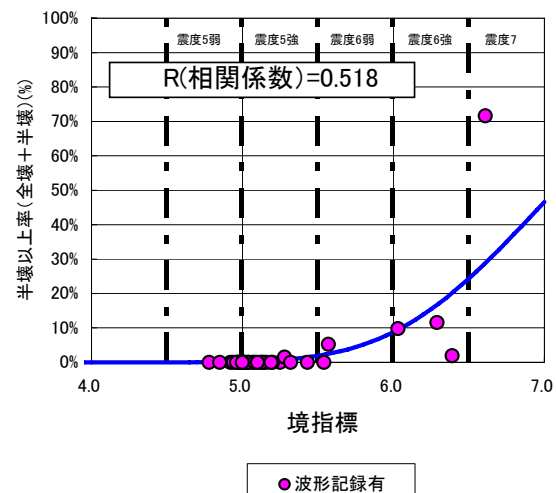


図 6-2(2) 木造半壊以上率(罹災証明データ)と境指標の関係(木造 100 棟以上)

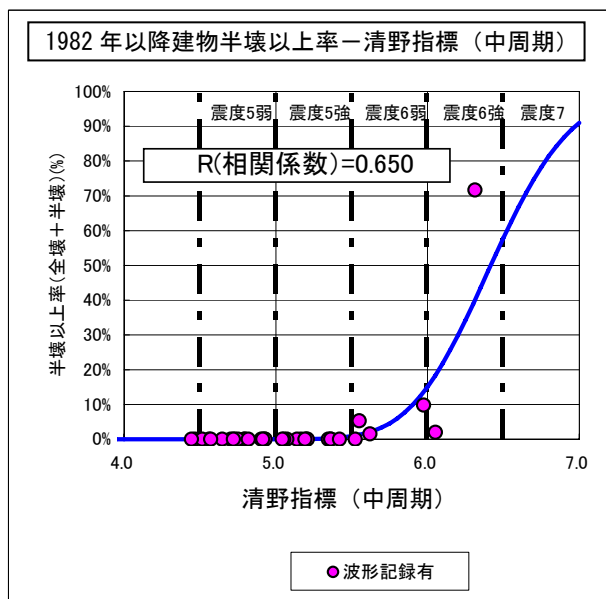
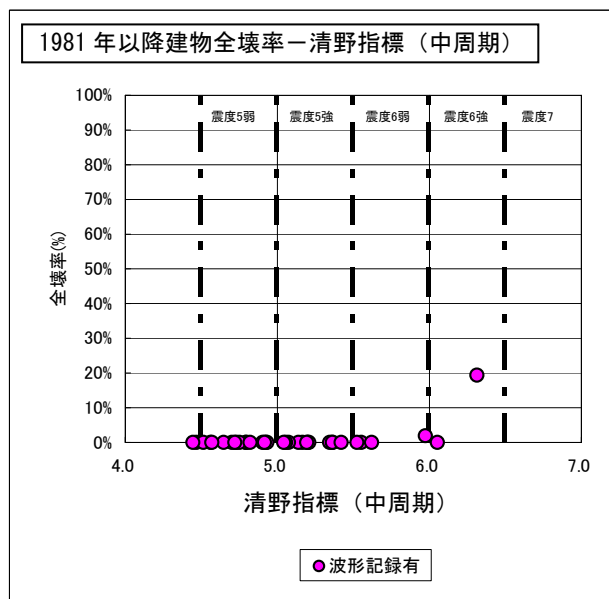
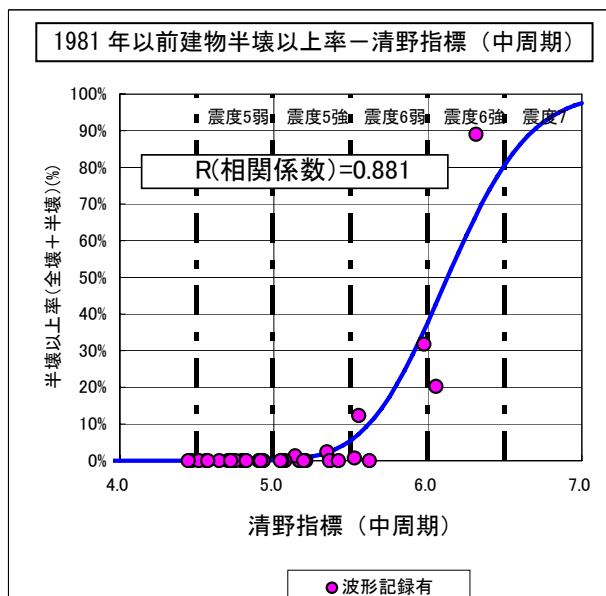
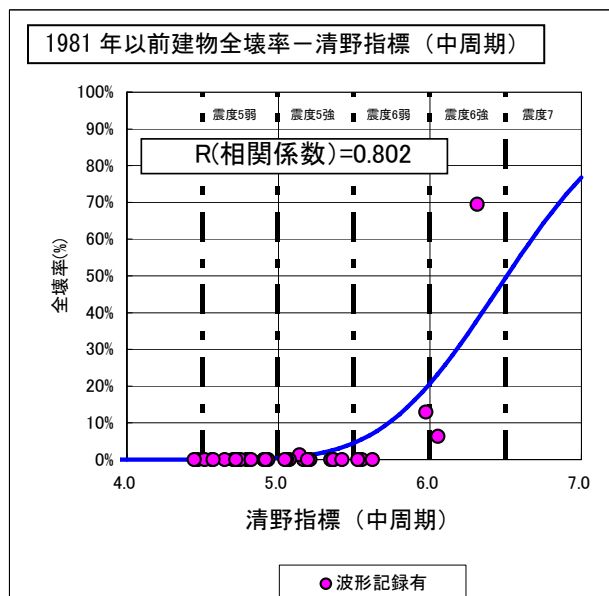
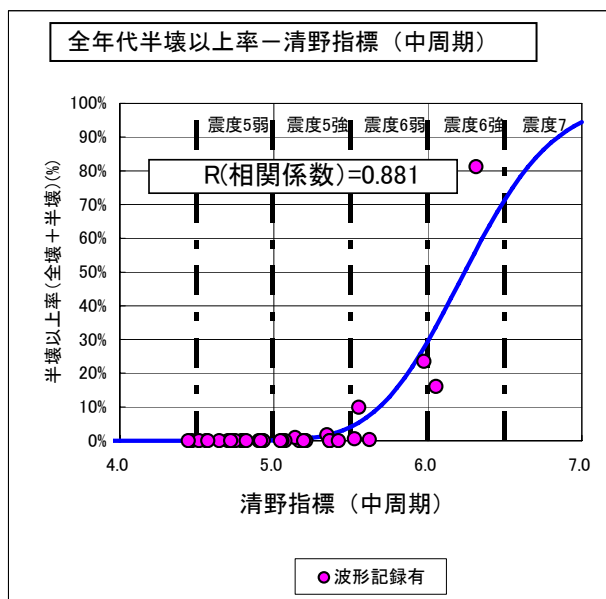
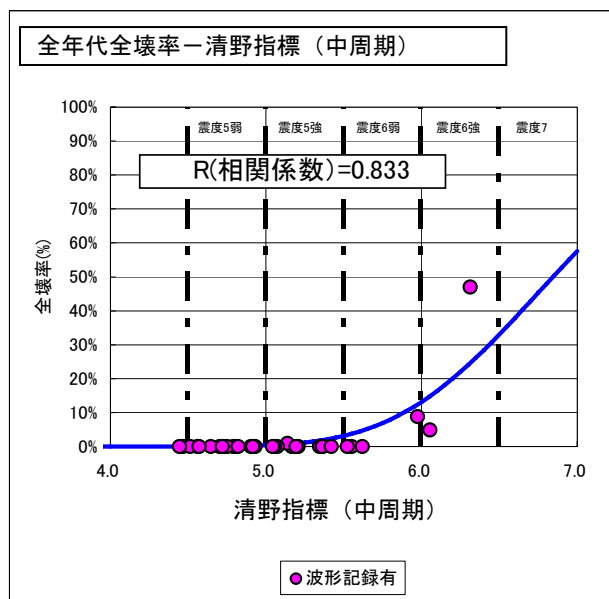


図 6-2(3) 木造全壊率、半壊以上率と清野指標（中周期）の関係（木造 100 棟以上）

7 まとめ

計測震度を主として、建物被害にあうと提案されている各種指標との関係、罹災証明による建物被害率との関係、構造的にみた建物の大破全壊率との関係などを検討した。

調査した結果は次のとおり整理される。

1) 計測震度は旧震度（体感震度）と概ね一致

2) 計測震度と聞き取り調査により「人体感覚から推定した震度」はほぼ対応

3) 計測震度と被害との関係は、次のとおりに整理される。

①計測震度は罹災証明による全壊率との相関は比較的良い

＊罹災証明の「全壊」は、住家全部あるいは一部の階が倒壊するものに加え、住家の主要構造物の被害額が住家の時価 50%以上のものを含んでいる。このことから、罹災証明の「全壊」は、「建物が倒れる」ものだけでなく、「建物が傾く」などの被害も含む。

②負傷者と全壊数との相関は比較的良い

全壊数は、内閣府による地震の被害推定の際に死者数の算定に用いられるなどしている。また、負傷者数との相関も良いことが分かった。

③計測震度は、防災の初動対応の指標として用いることは適切

計測震度は、倒壊などの建物被害との相関でみると計測震度は不十分な面があるが、全壊率との相関は高く、全壊数が負傷者数、死者数と関係することから、防災の初動対応に用いる指標として、適切な量であると考ええる。

倒壊など重大な建物被害と関係する指標を求めることは重要である。境指標、清野指標など重大な建物被害と対応する指標が提案されているが、まだデータが十分ではない。今後も調査・検討を続ける必要がある。

なお、それまでの間、顕著な地震発生時には、地震の特徴や各地の揺れの特徴を示すためのものとして、気象庁は、報道発表の機会などを活用して地震波の特徴などについても、速やかに社会に示すことが重要である。

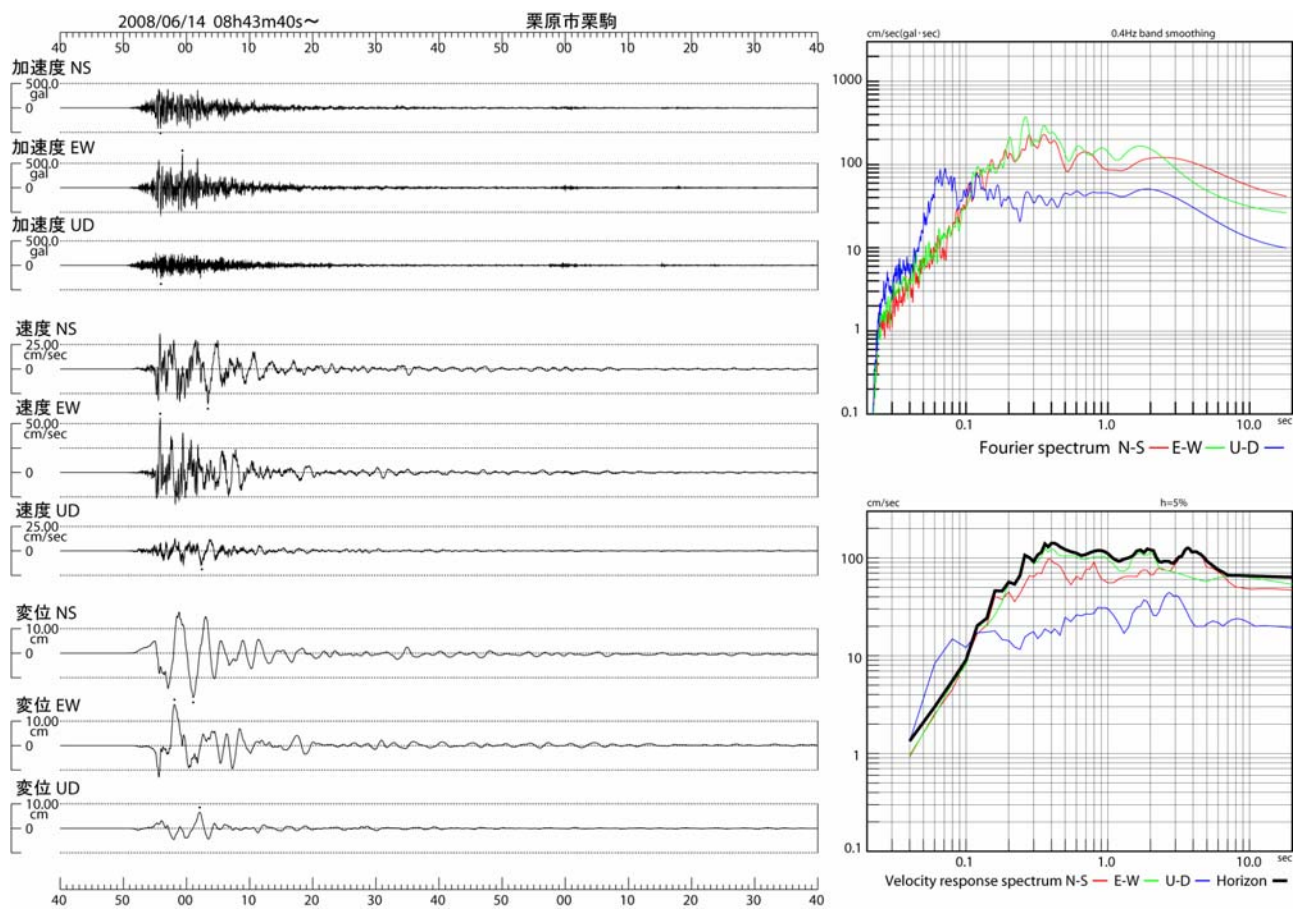
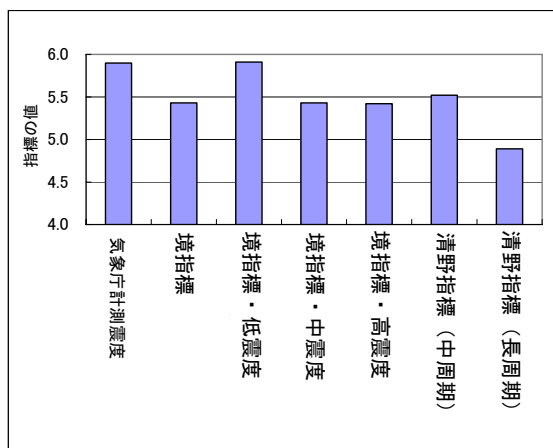


図 7-2(1) 取りまとめ例<2008 年岩手・宮城内陸地震 栗原市栗駒> (波形とフーリエスペクトル)



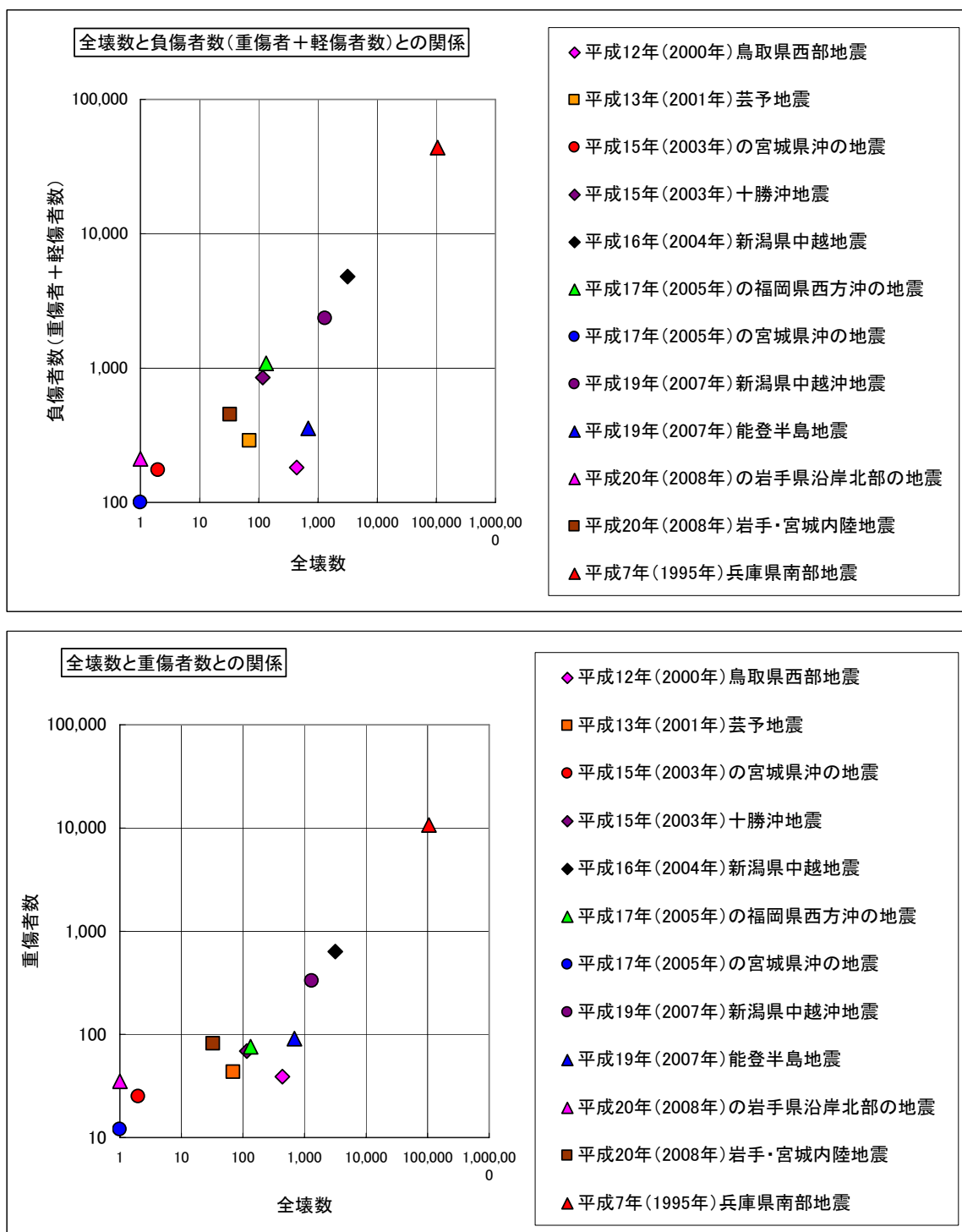
観測点名	計測震度	境指標				清野指標	
			低震度	中震度	高震度	中周期	長周期
栗原市栗駒	5.9	5.43	5.91	5.43	5.42	5.52	4.89

図 7-2(2) 取りまとめ例<2008 年岩手・宮城内陸地震 栗原市栗駒観測点>

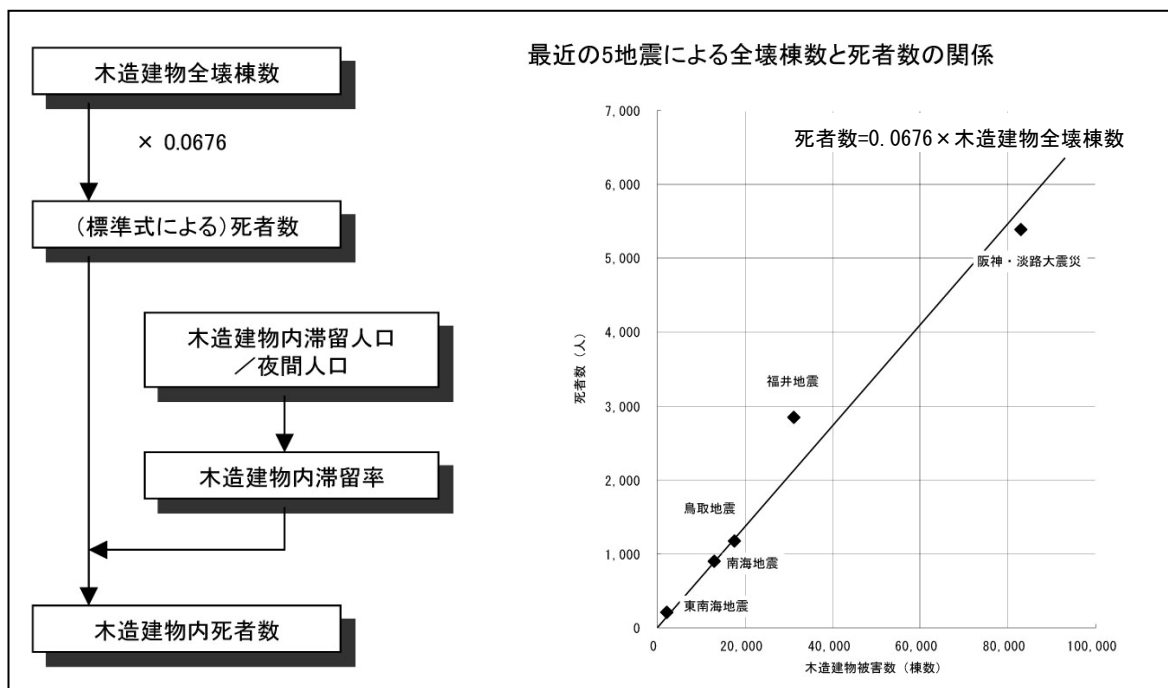
○（参考Ⅰ）建物全壊数と負傷者数との関係

平成7年（1995年）兵庫県南部地震以降の建物全壊数と負傷者数との関係および重傷者数との関係¹⁵を参Ⅰ図-1に示す。建物全壊数と負傷者数（重傷者数+軽傷者数）との相関はかなり高く、全壊数が増えると、負傷者数も増える傾向にある。

なお、参Ⅰ図-2および参Ⅰ図-3は、中央防災会議で使用された木造建物全壊数と死者数の関係および建物被害率（全壊率+1/2半壊率）と負傷者の関係である。



参Ⅰ図-1 建物全壊数と負傷者数および重傷者数との関係（消防庁データを整理）



参 I 図-2 木造建物全壊数と死者数の関係
(中央防災会議(2005)¹⁵: 首都直下地震に係る被害想定手法について, p34.)

- ・ 阪神・淡路大震災時における建物被害率と負傷者率との関係を用いた大阪府(1997)の手法に従い、以下の式により負傷者数を算出する。

負傷者率=0.12×建物被害率 (0≤建物被害率<0.25)

負傷者率=0.07-0.16×建物被害率 (0.25≤建物被害率<0.375)

負傷者率=0.01 (0.375≤建物被害率)

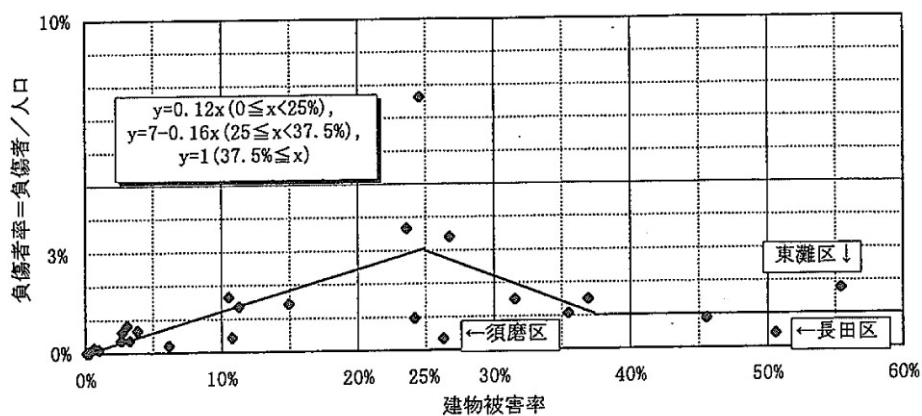
※ ここで、建物被害率=全壊率+1/2×半壊率

※ 負傷者率は木造／非木造別にそれぞれ算出する

木造負傷者数=木造建物内滞留人口×負傷者率(木造)

非木造負傷者数=非木造建物内滞留人口×負傷者率(非木造)

阪神・淡路大震災時における建物被害率と負傷者率の関係

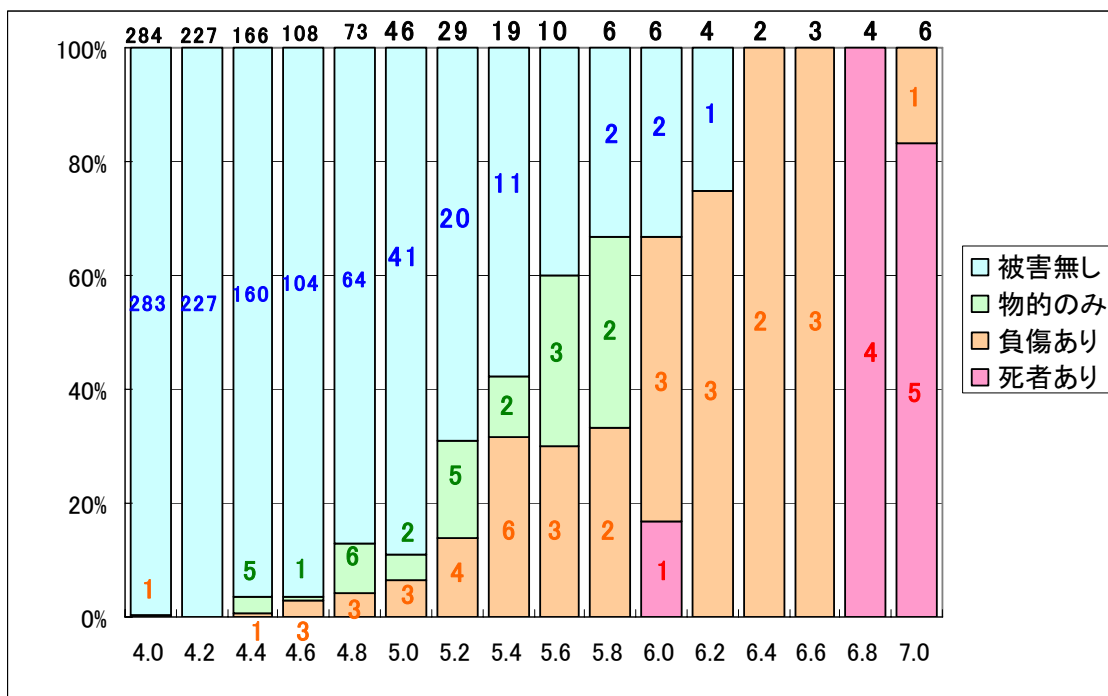


(出典) 大阪府地震被害想定調査(平成9年3月、大阪府)

参 I 図-3 建物被害率(全壊率+1/2半壊率)と負傷者率との関係
(中央防災会議(2005)¹⁵: 首都直下地震に係る被害想定手法について, p35.)

○ （参考Ⅱ）マグニチュードと被害の関係について

以下に、参考としてマグニチュードと被害の関係を示した。元データは1980年1月～2008年9月までに地殻内で発生したマグニチュード4以上の地震（日本海東縁部は地殻内として扱った）。クラスタ除去（ $\Delta 30\text{km}$ 、30日）を行い余震を除去した。マグニチュードが6.4を越えると、必ず被害が発生することが窺える。



参Ⅱ図-1 気象庁マグニチュードと被害の関係

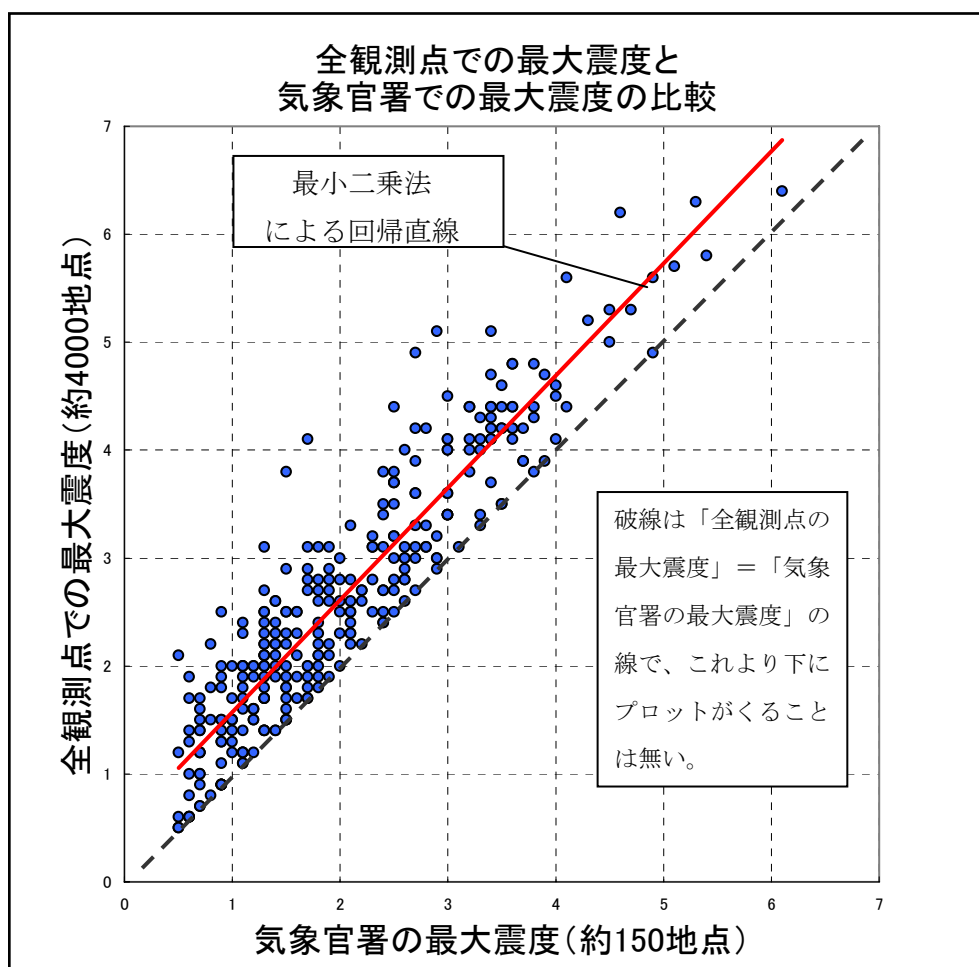
○（参考Ⅲ）震度観測点の数と震度の観測について

計測震度計による震度の観測が始まる以前（1996年10月1日以前）は、震度は全国約150地点の気象官署で職員の体感によって決められていた。その後、計測震度計による震度の観測が始まり、震度の観測点が増え、現在は約4200地点となっている。

震度観測点の増加により、より震源に近い位置での震度観測が可能になった。このことによる、最大震度の変化をみるため、全観測点で計測した計測震度の最大値と、気象官署で計測した計測震度の最大値を比較する。参Ⅲ図-1に「全観測点での最大値」を縦軸にとり、「気象官署のみでの最大値」を横軸にとった散布図をしめす。地震のデータは2005年から2008年まででマグニチュード5以上のものを用いた。

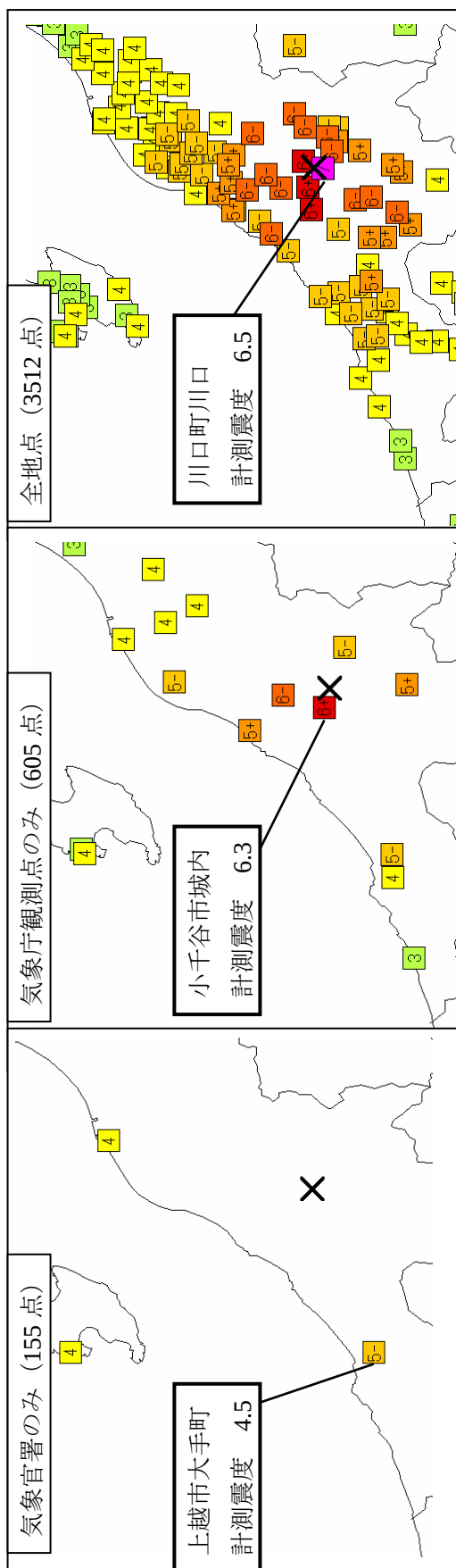
また、2004年以降の最大震度6弱以上を観測した地震の震度分布図について、参Ⅲ図-2(1)～(4)にそれぞれ、気象官署のみ（約150点・左端）、気象庁の観測点のみ（約600点・中央）、全観測点（約4000点・右端）の3通りずつ併せて示す。

今後とも、震源付近の大きな震度の検知のため、可能な範囲で多くに震度計が運用されることが望まれる。

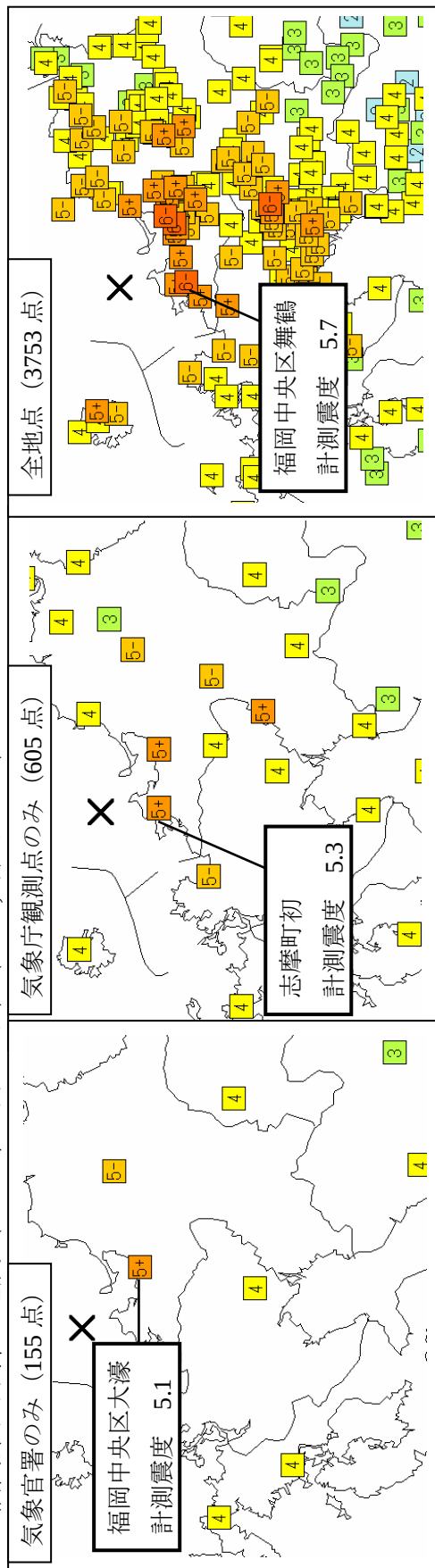


参Ⅲ図-1 全観測点での最大震度と気象官署での最大震度の比較

平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震 (M6.8, 深さ 13km)

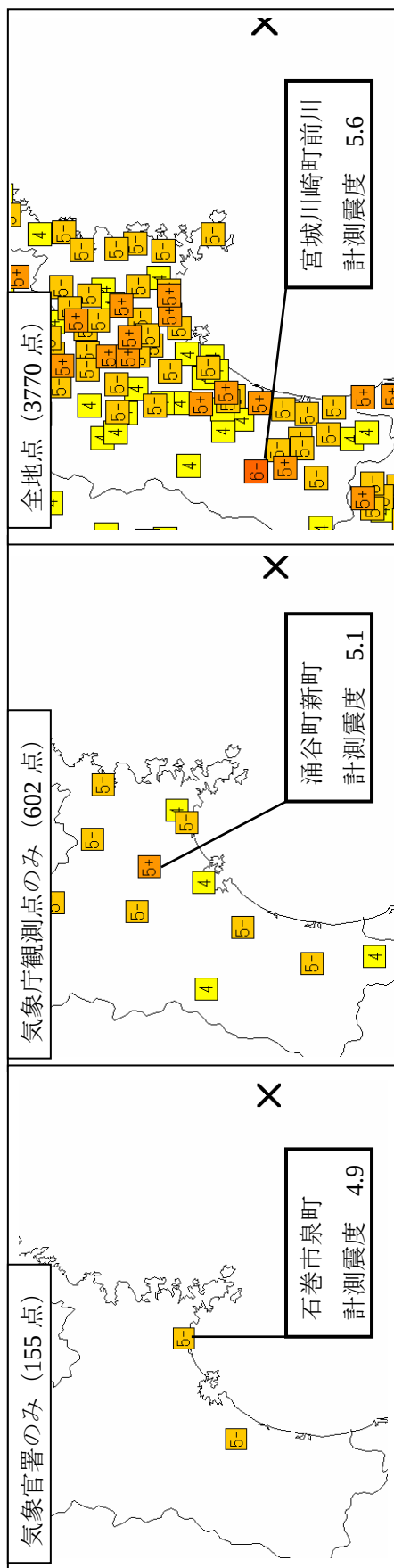


福岡県西方沖の地震 (2005 年 3 月 20 日) (M7.0, 深さ 9 km)

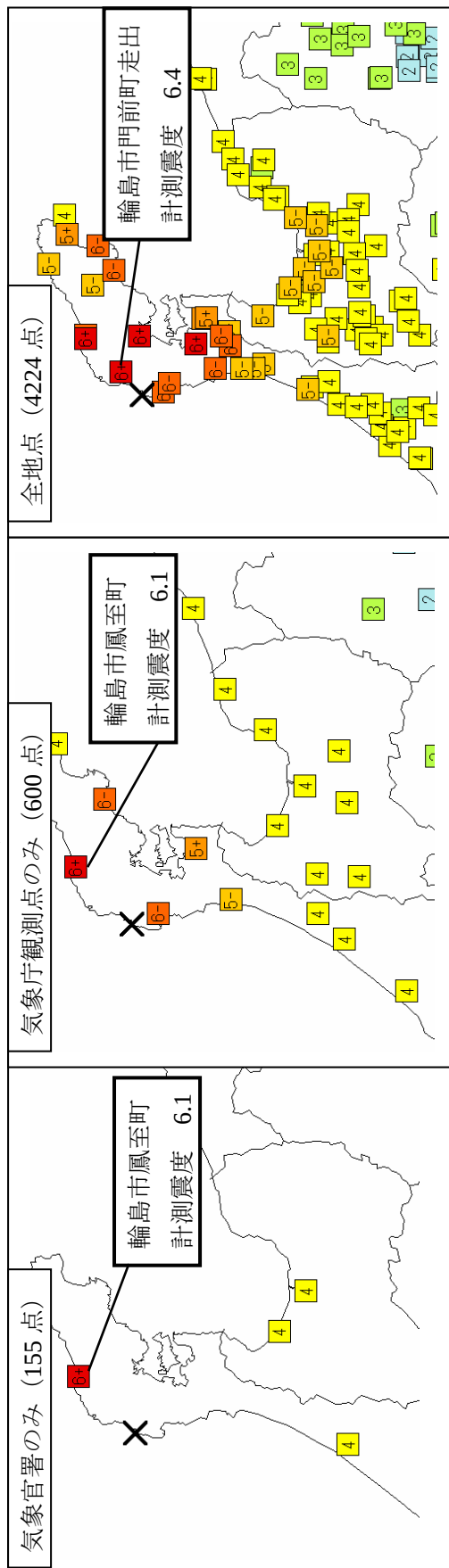


参Ⅲ図-2(1) 2004 年以降の最大震度 6 弱以上を観測した地震の震度分布図 (1)

宮城県沖の地震（2005年8月16日）（M7.2, 深さ42km）

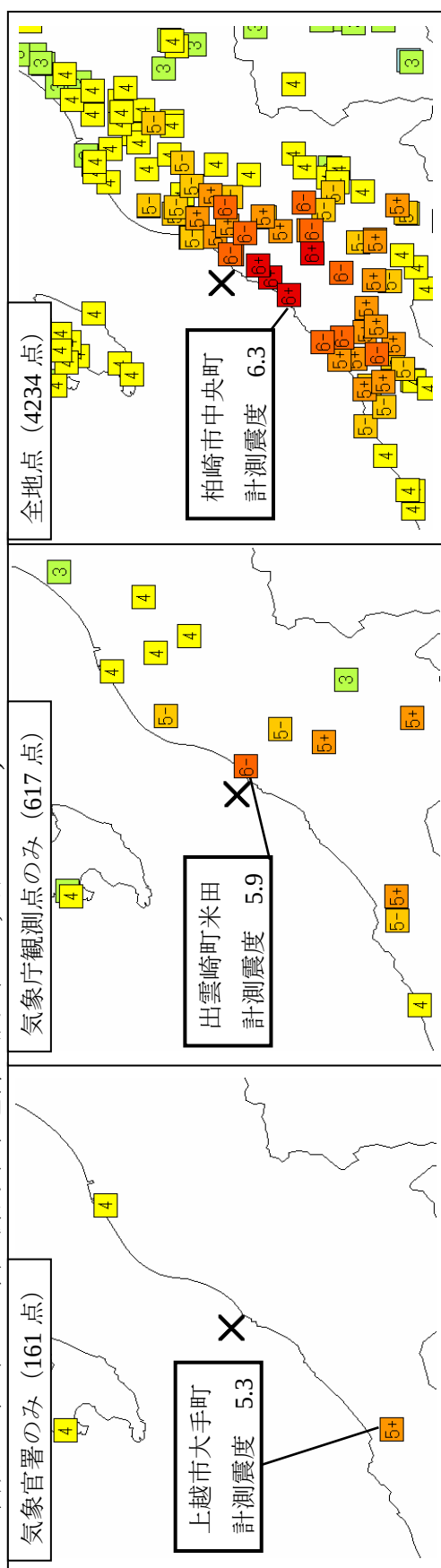


平成19年（2007年）能登半島地震（M6.9, 深さ11km）

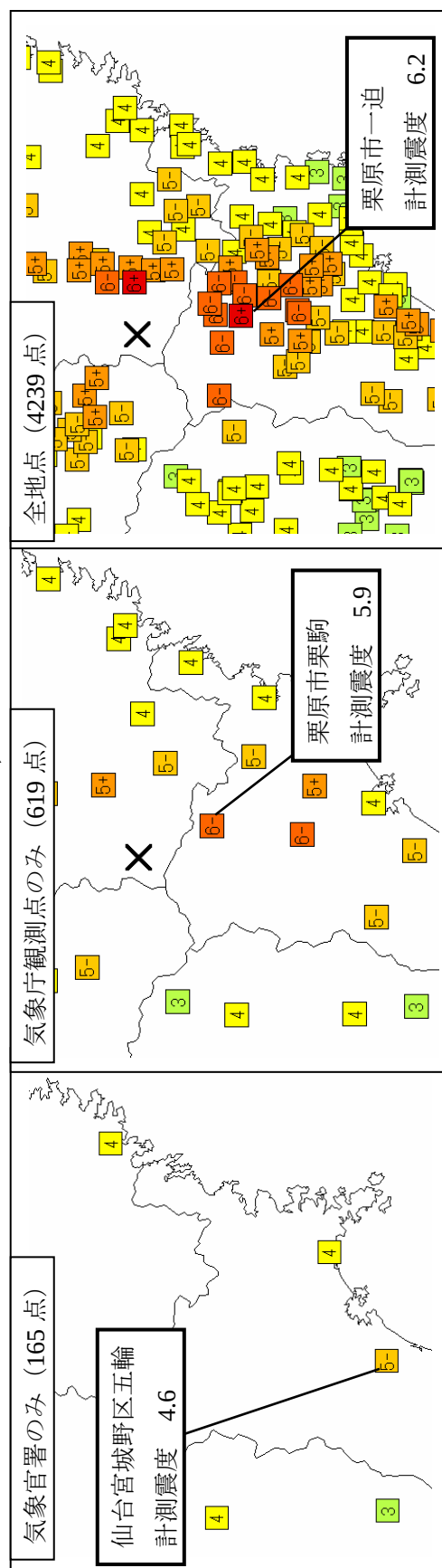


参Ⅲ図-2(2) 2004年以降の最大震度6弱以上を観測した地震の震度分布図(2)

平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震 (M6.8, 深さ 17km)

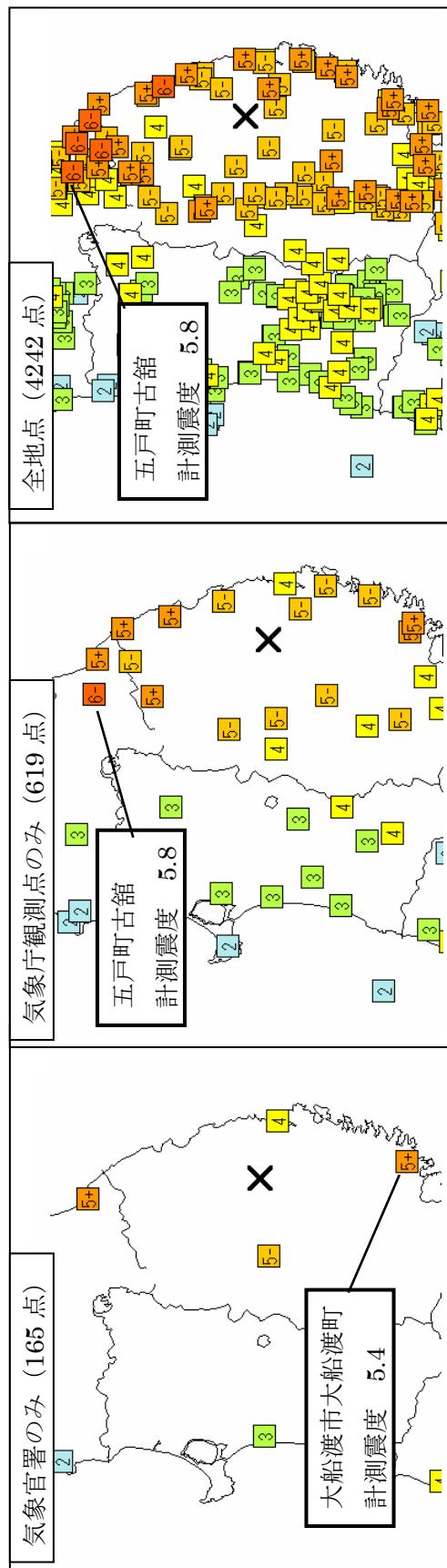


平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震 (M7.2, 深さ 8km)



参Ⅲ図-2(3) 2004 年以降の最大震度 6 弱以上を観測した地震の震度分布図 (3)

岩手県沿岸北部の地震(2008年7月24日)(M6.8, 深さ108km)



参Ⅲ図-2(4) 2004年以降の最大震度6弱以上を観測した地震の震度分布図(4)

(巻末資料)

- ① 地震後に揺れがどの程度であったかを調査する際に用いる調査票の例
- ② 検討に使用したデータ数値表
- ③ 参考文献

①地震後に揺れがどの程度であったかを調査する際に用いる調査票の例

この調査票は、太田・小山・中川による震度調査に関するアンケート設問（「アンケート震度算定法の改訂－高震度領域－」、自然災害科学、Vol.16, No.4, p307-323, 1998 年）を参考に作成したもので、気象庁で震度分布のアンケート調査を行う際に用いるものである（平成 21 年 3 月現在）。

＜調査票＞

この調査は、各地域における揺れの強さを推定するために行うもので、調査結果は、地震の震度分布を推定するための重要な資料となります。つきましては、調査の趣旨をご理解の上、以下の質問事項にご回答頂くよう、お願いいたします。

記入上の注意

- 1 各々の質問には、答えを 1 つだけお選び下さい。どれとも決めにくい場合でも、あなたの感じに近い方の番号に○をつけて下さい。
- 2 記入もれのないようにして下さい。
- 3 記入に際して他の方にご相談されることは差し支えありませんが、この地震のときあなたのまわりにいらっしゃった方に限って頂くよう、お願いします。

(1) あなたは、この地震を感じましたか。

- 1 感じた 2 感じなかった

(2) あなたはその頃、どこにいましたか>

- 1 家（建物）の中にいた 2 屋外にいた 3 その他（ ）

(3) あなたは、そこで何をしていましたか。（1～3を選んだ方は 0 内の適当な言葉を○で囲んで下さい。）

- 1 動いて（働いて、歩いて、運動して）いた
2 静かにして（横になって、座って、腰掛けて、立って）いた
3 乗物（電車、バス、自動車、その他）に乗っていた
4 眠っていた 5 その他（ ）

(4) あなたは、地震の頃どこにいましたか。その場所を出来るだけ詳しく書いてください。

市

町

群

丁目

番地

号

村

区

(1) で (1 感じた) に○をつけた方は、以下の質問にお答え下さい。

(2 感じなかった) を選んだ方は、このままお返し下さい。

(5) その場所の地形は、次のどれにあてはまると思われますか。

- 1 平坦地 2 丘の上 3 斜面 4 崖の上 5 谷間の土地 6 その他（ ）

(6) その場所の地盤の様子は、次のどれにあてはまると思いますか。

- 1 岩盤とか砂利のような、よく締まった地盤

- 2 火山灰、赤土のような地盤
- 3 粘土、砂からなる、どちらかといえばゆるい地盤
- 4 埋立地、泥炭地、湿地のような軟弱な地盤

(7) 地震のとき家（建物）の中にいた方にうかがいます。その家（建物）の構造は次のどれですか。

- 1 木造 2 ブロック（レンガ）造 3 鉄筋コンクリート造 4 鉄骨コンクリート造
- 5 その他（ ）

(8) その家は何階ですか。

- 1 平屋建 2 2階建 3 3～5階建 4 6～9階建 5 10階以上

(9) あなたは、地震のときにどの階にいましたか。

- 1 地階 2 1階 3 2階 4 3～5階 5 6～9階 6 10階以上

(10) その家（建物）が建てられたのはいつ頃でしょうか。（わかれば、建築年数 年も回答ください）

- 1 最近1～2年 2 数年前 3 かなり古い 4 非常に古い
- (1981年6月～) (～1981年6月)

(11) あなたは地震のとき、電灯とかスイッチのひも、カレンダーなど、吊してあるものが揺れ動くのを認めましたか。

- 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれた
- 4 かなり激しくゆれた 5 非常に激しくゆれた

(12) 台所の洗い桶、水盤、金魚鉢等の水、又はガラスビンの中のモノの動きはいかがでしたか。

- 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれた
- 5 激しくゆれた 6 あふれる程に、激しく動いた

(13) 食器類とか、窓ガラス・戸・障子などの動きは認められましたか。

- 1 気が付かなかった 2 かすかに音を立てた 3 ガタガタと音を立てて動いた
- 4 激しく音を立てて動いた
- 5 非常に激しく動き、食器・皿・ガラスなど割れたり、戸障子はずれたものもあった
- 6 食器類、ガラスなどの破損が目立った 7 殆どこわれた

(14) すわりの悪いもの、たとえばコケシ・花びんとか、棚に雑においた品物、ビン類など動きはみとめられましたか。

- 1 殆ど認められなかった 2 わずかに動いた 3 かなり激しく動いた
- 4 一部が動いたり、ズレたり、ズリ落ちたりした 5 殆ど全部が倒れ、または落ちた

(15) タンス・戸棚・本箱など、重い家具の動きは認められましたか。

- 1 動かなかった 2 わずかにゆれ動いた 3 かなりゆれた 4 多少ズリ動いた
- 5 大きくズレたり、倒れたものもあった 6 殆ど全部が倒れた

(16) 家（建物）全体としてのゆれはいかがでしたか。

- 1 認められなかった 2 わずかにゆれた 3 かなりゆれた 4 激しくゆれた
- 5 非常に激しくギシギシゆれた

(17) 家（建物）には、なんらかの被害はありましたか。

- 1 幸い、全然なかった 2 額がはずれたり、掛物が傾いたりした程度
- 3 壁かけ、額などが落ち、または花びん・ガラス器具が割れた
- 4 わずかながら壁にヒビ割れが入った
- 5 かなりヒビ割れが入り、柱の継ぎ目の食い違いも目につく程度
- 6 被害はかなり大きく、修理の必要がある 7 家の傾きが目立った

- (18) あなたは、地震のゆれている時間をどのように感じましたか。
1 非常に短かった 2 短かった 3 どちらともいえない 4 長かった 5 非常に長かった
6 いつ終わると知れなかった
- (19) あなたが、地震をもっとも強く感じたのは、どのようなゆれのときですか。
1 ドンと突き上げてくる感じのゆれ 2 かなり速い繰り返しの横ゆれ 3 ゆっくりとした横ゆれ
4 特に区別できなかった 5 その他 ()
- (20) あなたは地震に気がついたとき驚きましたか。
1 全然驚かなかった 2 多少驚いた 3 かなり驚いた 4 非常に驚いた
5 このうえなく驚いた
- (21) それではこわさの程度はいかがでしたか。
1 なんとも思わなかった 2 少しこわいと思った 3 かなりこわいと思った
4 非常にこわいと思った 5 絶望的になった
- (22) あなたはそのときどのような行動に出ましたか。
1 なにもする必要を感じなかった 2 意識的に身の安全を考えた 3 意識して戸外へのがれた
4 ほとんど知らない間に戸外へとび出した 5 全く本能的に行動したので、よく覚えていない
- (23) あなたは地震のとき火気（ガスコンロ、石油ストーブ等）をどうしましたか。
1 使用していなかった 2 使っていたが消す必要を感じなかった
3 危険だと思っていたので消した 4 無意識のうちに消していた 5 とても余裕がなかった
- (24) 地震のとき、家（勤め先）で、ねていた方にうかがいます。
1 眠っていなかった（または、他に誰もいなかった）ので、答えられない 2 目覚めた人は少人数
3 かなりの人が目覚めた 4 殆どの人が目覚めた 5 全部の人が目を覚ました
- (25) 地震のときに動いていた方にうかがいます。
1 行動に少しも支障を感じなかった 2 やや支障を感じた 3 動き続けるのは困難であった
4 立っておれない程であった 5 はいつくばってしまった 6 体をすくわれて倒れた
- (26) 戸外にいた方にうかがいます。樹木とか近くに停車中の自動車の、地震による動きをみとめましたか。
1 注意を向けなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれていた
4 かなり激しくゆれていた 5 音がする程ゆれ動いていた
- (27) 自動車を運転していた方にうかがいます。運転に支障をかんじましたか。
1 全然なんともなかった 2 やや支障を感じた 3 かなり困難を感じた
4 運転不能を感じて止まった 5 事故（道路をはずれる、ぶつかる）を起こした
- (28) 停車中の自動車に乗っていた方にうかがいます。
1 かすかなゆれを感じた 2 かなり激しくゆれるのを感じた 3 音がする程ゆれ動いた
4 車がこわれんばかりにゆれ動いた
- (29) あなたのまわりで地震に気がついた人がいますか。
1 他に誰もいなかった 2 わずかな人が気がついた 3 かなりの人が地震とわかった
4 殆どの人が気がついた 5 全員が確かに地震だと感じた
- (30) あなたのまわりで板垣、ブロック塀、石垣、集合煙突、サイロなどの被害がありましたか。

- 1 全くなかった
- 2 堀のねじれ、継ぎ目に沿った割れ、石垣、煙突、サイロのゆるみなどがわずかにみられた
- 3 堀のねじれ、割れ目、石垣、煙突、サイロのゆるみなどかなり目立ち、くずれ落ちそうなものもあった
- 4 一部割れたり、ズリ落ちたりしたものもあった 5 かなりのものが壊れた 6 ほとんど壊れた

(31) あなたのまわりで家屋の大きな被害（半壊、全壊）とか、地変（地割れ、地すべり、道路のキレツ）などがありましたか。

- 1 全然なかった 2 わずかにあった 3 かなり目についた 4 非常に多かった

(32) あなたのまわりでこの地震が原因の停電・給水停止などがありましたか。

- 1 全然なかった 2 短時間あった 3 かなり長時間にわたった

(33) 建物の沈下ありましたか。

- 1 全然なかった 2 30 cm未満あった 3 30 cm以上あった

(34) 建物の基礎の破壊はありましたか。

- 1 全然なかった 2 あった

(35) 建物の傾斜はありましたか。

- 1 全然なかった 2 1/20 未満位あった 3 1/20 以上位あった

(36) その他、お気づきのことなどありましたら、ご記入ください。

例) ガラスの破片でケガをした。

(37) あなたのお年は、いくつですか。

- 1 19 才以下 2 20～29 3 30～39 4 40～49 5 50～59 6 60 才以上

(38) あなたはの性別は。

- 1 男性 2 女性

(39) おさしつかえなければ、連絡先をご記入下さい。

住 所：

氏 名：

電話番号：

ご協力ありがとうございました。ご記入の内容をもう一度ご確認頂き、書き落としや書き間違いがないようでしたら、この調査票をご返却下さいますよう、お願い申し上げます。

②検討に使用したデータ数値表

巻末②表-1(1) 計測震度、境ら(2004)の提案震度と木造全壊率などの数値一覧表(波形データあり)

No.	地震名	計測震度	観測地点名	境ら(2004)提案震度				清野ら(1999)組み		全年代(5棟以上)				昭和56年(1981年)以前昭和57年(1982年)以降				棟数	
				震度(IP)	低震度 0.1-1秒	中震度 0.5-1秒	高震度 1-2秒	中周期	長周期	無被害	一部損壊	無被害	一部損壊	全壊	全半壊	全年代	昭和55年 (1981年) 以前	昭和56年 (1982年) 以降	
1	平成15年宮城県北部地震	5.0	古川三日町	5.0	5.09	4.64	4.79	4.7	4.4	0%	0%	0%	0%	0%	178	148	30		
2	平成15年宮城県北部地震	5.2	泉町	5.0	5.03	4.37	4.33	4.6	3.8	0%	0%	0%	0%	0%	44	16	28		
3	平成16年新潟県中越地震	6.3	城内	6.0	6.35	6.03	6.03	6.0	5.4	9%	24%	13%	32%	2%	10%	136	85	51	
4	平成16年新潟県中越地震	5.5	幸町	4.9	5.38	4.8	5.01	5.1	4.6	0%	0%	0%	0%	0%	75	51	24		
5	平成16年新潟県中越地震	5.2	六日町	5.0	4.97	4.67	5.37	5.2	4.6	0%	0%	0%	0%	0%	109	84	25		
6	平成16年新潟県中越地震	5.2	米田												2	0	0		
7	平成16年新潟県中越地震	5.3	安塚区安塚	4.9	5.14	4.41	3.98	4.7	3.4	0%	0%	0%	0%	0%	42	23	19		
8	平成16年新潟県中越地震	5.9	千歳町	5.4	5.87	5.39	5.07	5.3	4.4	2%	18%	3%	26%	0%	10%	65	35	30	
9	平成16年新潟県中越地震	5.3	昭和町	5.1	5.32	4.93	5.25	5.2	4.8	0%	0%	0%	0%	0%	129	78	51		
10	平成16年新潟県中越地震	5.5	栢屋大町	5.3	5.64	5.25	4.66	5.1	4.1	1%	1%	1%	1%	0%	103	78	25		
11	平成16年新潟県中越地震	5.5	上岩井	5.4	5.69	5.42	5.01	5.2	4.5	0%	0%	0%	0%	0%	74	17	57		
12	平成16年新潟県中越地震	6.5	川口	6.6	6.08	5.71	6.61	6.3	5.9	47%	81%	70%	89%	19%	72%	149	82	67	
13	平成16年新潟県中越地震	5.9	堀之内	5.6	5.87	5.58	5.55	5.6	5.0	0%	10%	0%	12%	0%	5%	111	73	38	
14	平成16年新潟県中越地震	5.2	小出島	5.0	5.2	4.8	5.09	5.1	4.5	0%	0%	0%	0%	0%	268	143	125		
15	平成16年新潟県中越地震	4.6	大沢	4.6	4.58	3.87	3.82	4.1	3.9	0%	0%	0%	0%	0%	29	17	12		
16	平成16年新潟県中越地震	5.5	今泉	4.9	5.37	4.69	4.89	5.0	4.3	0%	0%	0%	0%	0%	33	21	12		
17	平成16年新潟県中越地震	5.7	須原	5.4	5.78	5.44	4.83	5.3	4.5	0%	0%	0%	0%	0%	16	15	15		
18	平成16年新潟県中越地震	5.5	穴沢	4.9	5.3	4.57	4.43	4.8	4.0	0%	2%	0%	2%	0%	65	42	23		
19	平成16年新潟県中越地震	5.2	塩沢庁舎	5.0	5.25	4.79	4.38	4.8	3.9	0%	0%	0%	0%	0%	148	88	60		
20	平成16年新潟県中越地震	5.2	浦佐	5.0	5.2	4.63	4.47	4.7	4.1	0%	0%	0%	0%	0%	5	0	5		
21	平成16年新潟県中越地震	5.7	水口沢	5.2	5.64	5.2	5.15	5.3	4.8	0%	2%	0%	2%	0%	117	84	33		
22	平成16年新潟県中越地震	5.1	下船渡	5.0	5.36	4.87	4.75	4.9	4.4	0%	0%	0%	0%	0%	122	86	36		
23	平成16年新潟県中越地震	6.0	小国町法坂	5.7	6.09	5.71	5.37	5.8	5.0	0%	33%	0%	33%	0%	18	6	12		
24	平成17年福岡県西方沖地震	5.1	中央区大濠	5.1	5.12	4.81	4.88	5.0	4.5	0%	0%	0%	0%	0%	44	25	19		
25	平成17年福岡県西方沖地震	5.3	初	5.1	5.38	4.96	4.85	5.1	4.3	0%	0%	0%	0%	0%	33	6	27		
26	平成17年福岡県西方沖地震	5.1	津福本町	5.1	5.22	4.96	4.59	4.8	4.0	0%	0%	0%	0%	0%	72	7	65		
27	平成19年新潟県中越沖地震	5.9	出雲崎町米田	5.7	6.11	5.73	5.22	5.5	4.7	17%	17%	25%	25%	0%	6	4	2		
28	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	上越市大手町	5.1	5.43	5.07	4.76	5.1	3.9	0%	0%	0%	0%	0%	122	73	49		
29	平成19年新潟県中越沖地震	5.2	上越市五智*	5.1	5.28	5.02	4.68	5.0	4.1	0%	0%	0%	0%	0%	163	98	65		

※数値の空欄の箇所は、木造家屋数が5棟未満の地点

※緑色のセルは、全年代棟数が100棟以上の地点

巻末②表-1 (2) 計測震度、境ら(2004)の提案震度と木造全壊率などの数値一覧表(波形データあり)

No.	地震名	計測震度	観測地点名	境ら(2004)提案震度				清野ら(1999)細み		全年代(5棟以上)				昭和56年(1981年)以降		模数	
				震度(IP)	低震度 0.1-1秒	中震度 0.5-1秒	高震度 1-2秒	中周期	長周期	無被害	一部損壊	全壊	全半壊	全年代	昭和55年 (1981年) 以前	昭和56年 (1982年) 以降	
30	平成19年新潟県中越沖地震	5.1	小千谷市城内	5.0	5.11	4.58	4.47	4.7	4.5						0	0	0
31	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	長岡市千手*	5.0	5	4.37	4.53							1	0	0	0
32	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	十日町市高山*	5.0	4.95	4.2	4.25	4.6	3.9	0%	0%	0%	0%	36	21	15	15
33	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	南魚沼市北日町	4.8	4.78	4.58	5.17	4.9	4.3	0%	0%	0%	0%	112	85	27	27
34	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	飯山市飯山稲葉町*	5.0	5	4.63	4.77	5.0	4.2	0%	0%	0%	0%	50	37	13	13
35	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	信濃町柏原東裏*	5.0	5.02	4.51	4.09	4.5	3.5	0%	0%	0%	0%	70	43	27	27
36	平成19年能登半島地震	6.3	穴水町大町*	6.3	6.02	5.81	6.29			15%	30%	40%	12%	155	103	52	52
37	平成19年能登半島地震	6.1	輪島市鳳至町	6.4	5.72	5.44	6.39	6.1	5.7	5%	16%	0%	2%	224	173	51	51
38	平成19年能登半島地震	5.9	志賀町香能*	5.3	5.84	5.25	5.21							4	0	0	0
39	平成19年能登半島地震	5.6	志賀町富永領家町	5.5	5.76	5.5	5.31	5.5	4.7	0%	6%	0%	0%	34	24	10	10
40	平成19年能登半島地震	5.6	能登町宇出津	5.3	4.79	4.48	5.8	5.6	5.2	0%	0%	0%	2%	330	265	65	65
41	平成19年能登半島地震	5.5	輪島市河井町*	5.2	5.53	5.16	5.34			1%	2%	3%	0%	184	153	31	31
42	平成19年能登半島地震	5.3	七尾市本府中町	5.0	5.1	4.68	5.2	5.2	4.7					0	0	0	0
43	平成19年能登半島地震	5.2	七尾市細分江町*	5.0	5.01	4.62	5.37							0	0	0	0
44	平成19年能登半島地震	5.1	珠洲市正院町*	5.0	5.03	4.62	5.29	5.0	4.5	0%	0%	0%	0%	63	44	19	19
45	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.2	真成瀬村横川	5.0	5.31	4.86	4.77	4.9	4.3	0%	0%	0%	0%	99	75	24	24
46	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	北上市二子町	5.0	5.06	4.52	3.85	4.5	3.4	0%	0%	0%	0%	169	72	97	97
47	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.1	栗原市築館	5.1	5.66	5.13	5.25	5.2	5.0	0%	0%	0%	0%	115	84	31	31
48	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.9	栗原市栗駒	5.4	5.91	5.43	5.42	5.5	4.9	0%	1%	0%	0%	193	136	57	57
49	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.1	奥州市水沢区大鐘町	5.0	5.13	4.65	4.89	4.9	4.9	0%	0%	0%	0%	1305	689	616	616
50	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	仙台宮城野区菅竹	5.0	5.13	4.67	4.57	4.7	4.0	0%	0%	0%	0%	21	12	9	9
51	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	大崎市古川北町	5.2	5.43	5.16	5.42	5.4	4.9	0%	0%	0%	0%	1299	551	748	748
52	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	一関市山目	5.0	5.06	4.57	4.86	4.9	4.7	0%	0%	0%	0%	1012	451	561	561
53	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.6	大崎市古川三日町	5.32	5.55	5.32	5.36	5.42	4.94	0%	0%	0%	0%	1211	872	339	339
54	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	東通村小田野沢	5.0	5.01	4.55	3.89	4.6	3.3	0%	0%	0%	0%	286	156	130	130
55	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	宮古市田老	5.0	5.34	4.84	4.3	4.8	3.9	0%	0%	0%	0%	513	329	184	184
56	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	山田町大沢	4.9	4.92	4.26	4.05	4.5	3.8	0%	0%	0%	0%	269	171	98	98
57	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.1	釜石市中養町	5.0	4.97	4.12	4.09	4.4	3.1	0%	0%	0%	0%	755	564	191	191
58	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	大崎市古川北町	5.0	5.1	4.78	4.51	4.7	4.0	0%	0%	0%	0%	1299	551	748	748
59	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	北上市二子町	5.0	5.26	4.72	4.3	4.8	3.5	0%	0%	0%	0%	169	72	97	97
60	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	二戸市福岡	5.1	5.23	4.91	4.4	4.8	4.0	0%	0%	0%	0%	660	422	238	238
61	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	洋野町横市	4.9	5.2	4.54	4.14	4.6	3.5	0%	0%	0%	0%	410	261	149	149
62	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.4	大船渡市大船渡町	5.0	5.05	4.13	4.06	4.6	3.1	0%	0%	0%	0%	973	654	319	319
63	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	大船渡市猪川町	4.7	4.74	3.96	3.76	4.1	3.0	0%	0%	0%	0%	7	6	1	1
64	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.5	湊町	4.85	4.85	4.01	3.60			0%	0%	0%	0%	2022	1361	661	661
65	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.5	五戸町古館	5.5	5.86	5.54	4.98	5.4	4.3	0%	0%	0%	0%	155	77	78	78
66	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.3	久慈市川崎町	5.0	5.02	4.62	5.35	5.2	4.7	0%	0%	0%	0%	140	72	68	68
67	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.1	大崎市古川三日町	5.10	5.22	4.95	4.42	4.72	3.85	0%	0%	0%	0%	1211	872	339	339

※数値の空欄の箇所は、木造家屋数が5棟未満の地点

※緑色のセルは、全年代棟数が100棟以上の地点

巻末②表-1 (3) 計測震度、境ら(2004)の提案震度と木造全壊率などの数値一覧表(波形データなし)

No.	地震名	計測震度	観測地点名	境ら(2004)提案震度				清野ら(1999)組み				昭和56年(1981年)以前昭和57年(1982年)以降				棟数		
				震度(IP)	低震度 0.1-1秒	中震度 0.5-1秒	高震度 1-2秒	中周期	長周期	無被害	一部損壊	全壊	全半壊	全年代	昭和55年 (1981年) 以前	昭和56年 (1982年) 以降		
1	平成15年宮城県北部地震	6.2	矢本							8%	41%	14%	62%	3%	24%	152	66	86
2	平成15年宮城県北部地震	6.0	小野							3%	35%	0%	41%	5%	30%	37	17	20
3	平成15年宮城県北部地震	5.9	鹿島台							0%	4%	0%	5%	0%	2%	164	113	51
4	平成15年宮城県北部地震	5.4	松山							0%	0%	0%	0%	0%	0%	23	14	9
5	平成15年宮城県北部地震	5.1	田尻							0%	0%	0%	0%	0%	0%	67	43	24
6	平成15年宮城県北部地震	5.7	前谷地							16%	25%	20%	33%	10%	14%	51	30	21
7	平成15年宮城県北部地震	5.5	桃生町(旧)							0%	0%	0%	0%	0%	0%	62	39	23
8	平成15年宮城県北部地震	5.0	米山町							0%	0%	0%	0%	0%	0%	7	4	3
9	平成15年宮城県北部地震	6.0	木間塚													1	0	0
10	平成15年宮城県北部地震	5.5	北浦							0%	0%	0%	0%	0%	0%	138	105	33
11	平成15年宮城県北部地震	5.8	涌谷							0%	0%	0%	0%	0%	0%	394	318	76
12	平成16年新潟県中越地震	5.9	上山							0%	1%	0%	0%	0%	0%	119	71	48
13	平成16年新潟県中越地震	5.6	浦							0%	5%	0%	15%	0%	0%	73	27	46
14	平成16年新潟県中越地震	5.6	割町新田							0%	0%	0%	0%	0%	0%	14	5	9
15	平成17年福岡県西方沖地震	5.7	中央区舞鶴							5%	10%	7%	14%	0%	0%	20	14	6
16	平成17年福岡県西方沖地震	5.5	東区東浜							0%	2%	0%	4%	0%	0%	42	27	15
17	平成17年福岡県西方沖地震	5.2	西区今宿							0%	0%	0%	0%	0%	0%	165	111	54
18	平成17年福岡県西方沖地震	5.2	早良区百道浜							0%	0%	0%	0%	0%	0%	8	3	5
19	平成17年福岡県西方沖地震	5.5	前原西							0%	0%	0%	0%	0%	0%	69	46	23
20	平成17年福岡県西方沖地震	5.3	須恵							0%	0%	0%	0%	0%	0%	98	44	54
21	平成17年福岡県西方沖地震	5.3	緑ヶ浜							0%	0%	0%	0%	0%	0%	1	0	0
22	平成17年福岡県西方沖地震	5.3	酒見							0%	0%	0%	0%	0%	0%	66	46	20
23	平成17年福岡県西方沖地震	5.2	上臼井							0%	0%	0%	0%	0%	0%	83	48	35
24	平成17年福岡県西方沖地震	5.1	原町							0%	0%	0%	0%	0%	0%	26	19	7
25	平成17年福岡県西方沖地震	5.0	久原							0%	0%	0%	0%	0%	0%	63	35	28
26	平成17年福岡県西方沖地震	5.0	仲原							0%	0%	0%	0%	0%	0%	44	16	28
27	平成17年福岡県西方沖地震	5.0	深江							0%	0%	0%	0%	0%	0%	81	49	32
28	平成17年福岡県西方沖地震	5.0	忠興							0%	0%	0%	0%	0%	0%	57	42	15
29	平成17年福岡県西方沖地震	5.6	北茂安							0%	0%	0%	0%	0%	0%	20	6	14
30	平成17年福岡県西方沖地震	5.1	坊所							0%	0%	0%	0%	0%	0%	41	25	16
31	平成17年福岡県西方沖地震	5.1	有明							0%	0%	0%	0%	0%	0%	29	17	12
32	平成17年福岡県西方沖地震	5.0	七山							0%	0%	0%	0%	0%	0%	38	30	8
33	平成17年福岡県西方沖地震	5.1	芦辺町芦辺							9%	41%	9%	41%			66	66	0
34	平成19年能登半島地震	6.4	輪島市門前町走出*													0	0	0
35	平成19年能登半島地震	6.2	七尾市田鶴浜町*							0%	0%	0%	0%	0%	0%	138	90	48
36	平成19年能登半島地震	5.7	中能登町能登部下*							0%	23%	0%	20%	0%	33%	13	10	3
37	平成19年能登半島地震	5.5	志賀町末吉十占*							0%	0%	0%	0%	0%	0%	27	13	14
38	平成19年能登半島地震	5.5	中能登町末坂*							0%	0%	0%	0%	0%	0%	164	126	38
39	平成19年能登半島地震	5.5	中能登町松波*							10%	40%	15%	48%	1%	27%	195	120	75
40	平成19年新潟県中越沖地震	6.3	柏崎市中央町*															

※数値の空欄の箇所は、木造家屋数が5棟未満の地点

※緑色のセルは、全年代棟数が100棟以上の地点

巻末②表-1(4) 計測震度、境ら(2004)の提案震度と木造全壊率などの数値一覧表(波形データなし)

No.	地震名	計測震度	観測地点名	境ら(2004)提案震度				清野ら(1999)組み				昭和56年(1981年)以前昭和57年(1982年)以降				棟数				
				震度(IP)	低震度 0.1-1秒	中震度 0.5-1秒	高震度 1-2秒	中周期	長周期	無被害	一部損壊	無被害	一部損壊	全壊	全半壊	全年代	昭和55年 (1981年) 以前	昭和56年 (1982年) 以降		
41	平成19年新潟県中越沖地震	6.2	柏崎市西山町地浦*									9%	53%	14%	71%	8%	50%	45	7	38
42	平成19年新潟県中越沖地震	6.2	飯綱町芋川*									0%	2%	0%	3%	0%	0%	58	35	23
43	平成19年新潟県中越沖地震	6.1	長岡市小国町法坂*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	18	7	11
44	平成19年新潟県中越沖地震	6.0	刈羽村割町新田*									15%	46%	25%	100%	11%	22%	13	4	9
45	平成19年新潟県中越沖地震	5.8	上越市柿崎区柿崎*									2%	2%	3%	3%	0%	2%	129	66	63
46	平成19年新潟県中越沖地震	5.8	上越市吉川区原之町*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	44	28	16
47	平成19年新潟県中越沖地震	5.7	長岡市山古志竹沢*														0	0	0	
48	平成19年新潟県中越沖地震	5.6	長岡市上岩井*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	80	18	62
49	平成19年新潟県中越沖地震	5.6	柏崎市高柳町岡野町*									0%	6%	0%	5%	0%	8%	47	21	26
50	平成19年新潟県中越沖地震	5.5	出雲崎町川西*														0	0	0	
51	平成19年新潟県中越沖地震	5.5	長岡市中之島*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	33	14	19
52	平成19年新潟県中越沖地震	5.5	小千谷市土川*														0	0	0	
53	平成19年新潟県中越沖地震	5.5	上越市三和区井ノ口*															3	0	0
54	平成19年新潟県中越沖地震	5.4	長岡市小島谷*									0%	4%	0%	7%	0%	0%	24	15	9
55	平成19年新潟県中越沖地震	5.4	長岡市与板町与板*									0%	26%	0%	29%	0%	0%	38	34	4
56	平成19年新潟県中越沖地震	5.4	上越市大島区岡*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	90	56	34
57	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	燕市分水桜町*															0	0	0
58	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	長岡市浦*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	73	22	51
59	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	三条市新堀*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	43	20	23
60	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	上越市頸城区百間町*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	69	45	24
61	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	上越市牧区柳島*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	49	33	16
62	平成19年新潟県中越沖地震	5.3	飯綱町牟礼*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	99	63	36
63	平成19年新潟県中越沖地震	5.2	上越市蒲川原区釜淵*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	57	42	15
64	平成19年新潟県中越沖地震	5.1	上越市安塚区安塚*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	36	16	20
65	平成19年新潟県中越沖地震	5.1	中野市豊津*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	72	46	26
66	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	上越市大湯区土底浜*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	142	76	66
67	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	十日町市松代*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	90	60	30
68	平成19年新潟県中越沖地震	5.0	十日町市千歳町*									0%	0%	0%	0%	0%	0%	63	32	31
69	平成20年岩手・宮城内陸地震	6.2	栗原市一迫									0%	8%	0%	10%	0%	6%	84	48	36
70	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	栗原市花山									0%	3%	0%	5%	0%	0%	63	38	25
71	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.6	栗原市金成									0%	0%	0%	0%	0%	0%	80	70	10
72	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	栗原市高清水									0%	0%	0%	0%	0%	0%	207	149	58
73	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	栗原市志波姫									0%	0%	0%	0%	0%	0%	60	38	22
74	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.3	栗原市若柳									0%	0%	0%	0%	0%	0%	135	100	35
75	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.8	栗原市寛沢									0%	0%	0%	0%	0%	0%	98	65	33
76	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.2	登米市南方町									0%	0%	0%	0%	0%	0%	22	15	7
77	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	登米市追分									0%	0%	0%	0%	0%	0%	229	72	157
78	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	利府町利府									0%	0%	0%	0%	0%	0%	231	65	166
79	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.2	美里町北浦									0%	0%	0%	0%	0%	0%	283	204	79
80	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.2	美里町木間塚									0%	0%	0%	0%	0%	0%	82	35	47

※数値の空欄の箇所は、木造家屋数が5棟未満の地点

※緑色のセルは、全年代棟数が100棟以上の地点

巻末②表-1 (5) 計測震度、境ら (2004) の提案震度と木造全壊率などの数値一覧表 (波形データなし)

No.	地震名	計測震度	観測地点名	境ら(2004)提案震度				清野ら(1999)組み		全年代(5棟以上)				昭和56年(1981年)以前昭和57年(1982年)以降		棟数	
				震度(IP)	低震度 0.1-1秒	中震度 0.5-1秒	高震度 1-2秒	中周期	長周期	無被害	一部損壊	全壊	全半壊	全年代	昭和55年 (1981年) 以前	昭和56年 (1982年) 以降	
81	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	涌谷町新谷							0%	0%	0%	0%	0%	1596	1162	434
82	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	大崎市鳴子							0%	0%	0%	0%	0%	68	43	25
83	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	大崎市田尻							0%	0%	0%	0%	0%	338	127	211
84	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.4	大崎市岩出山							0%	0%	0%	0%	0%	257	91	166
85	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.4	大崎市松山							0%	0%	0%	0%	0%	300	152	148
86	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	仙台若林区遠見塚							0%	0%	0%	0%	0%	1158	575	583
87	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.2	東成瀬村田子内							0%	0%	0%	0%	0%	245	133	112
88	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	湯沢市川連町							0%	0%	0%	0%	0%	106	43	63
89	平成20年岩手・宮城内陸地震	6.1	奥州市衣川区							0%	0%	0%	0%	0%	200	121	79
90	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.5	奥州市胆沢区							0%	0%	0%	0%	0%	112	84	28
91	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.0	奥州市江刺区							0%	0%	0%	0%	0%	562	213	349
92	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.1	奥州市前沢区							0%	0%	0%	0%	0%	808	450	358
93	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.1	金ヶ崎町西根							0%	0%	0%	0%	0%	635	348	287
94	平成20年岩手・宮城内陸地震	5.2	平泉町平泉							0%	0%	0%	0%	0%	303	119	184
95	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	栗原市一迫							0%	0%	0%	0%	0%	84	48	36
96	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.4	栗原市志波姫							0%	0%	0%	0%	0%	60	38	22
97	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	栗原市若柳							0%	0%	0%	0%	0%	135	100	35
98	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	美里町木間塚							0%	0%	0%	0%	0%	82	35	47
99	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	涌谷町新谷							0%	0%	0%	0%	0%	1596	1162	434
100	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	気仙沼市唐桑町							0%	0%	0%	0%	0%	191	128	63
101	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.4	宮古市茂市							0%	0%	0%	0%	0%	34	17	17
102	平成20年岩手県沿岸北部地震	102	洋野町大野							0%	0%	0%	0%	0%	351	219	132
103	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.5	野田村野田							0%	0%	0%	0%	0%	266	111	155
104	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	一戸町光善寺							0%	0%	0%	0%	0%	279	197	82
105	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	奥州市江刺区							0%	0%	0%	0%	0%	562	213	349
106	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	軽米町軽米							0%	0%	0%	0%	0%	545	338	207
107	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.1	大崎市松山							0%	0%	0%	0%	0%	300	152	148
108	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.5	内丸							0%	0%	0%	0%	0%	1550	903	647
109	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.5	南郷区							0%	0%	0%	0%	0%	243	132	111
110	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	東北町上北南							0%	0%	0%	0%	0%	429	231	198
111	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.4	青森南部町平							0%	0%	0%	0%	0%	211	126	85
112	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.5	陸上町道仏							0%	0%	0%	0%	0%	166	54	112
113	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.1	奥州市前沢区							0%	0%	0%	0%	0%	808	450	358
114	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.4	普代村銅屋							0%	0%	0%	0%	0%	154	64	90
115	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	大槌町新町							0%	0%	0%	0%	0%	708	519	189
116	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.1	平泉町平泉							0%	0%	0%	0%	0%	303	119	184
117	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.1	一関市室根町							0%	0%	0%	0%	0%	186	77	109
118	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.2	一関市千蔵町							0%	0%	0%	0%	0%	579	344	235
119	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	一関市花泉町							0%	0%	0%	0%	0%	503	276	227
120	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.0	遠野市宮守町							0%	0%	0%	0%	0%	197	128	69
121	平成20年岩手県沿岸北部地震	5.4	石巻市桃生町							0%	0%	0%	0%	0%	155	80	75

※数値の空欄の箇所は、木造家屋数が5棟未満の地点

※緑色のセルは、全年代棟数が100棟以上の地点

③-参考文献

- 1) 境 有紀・神野達夫・額瀨一起(2004)：震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案，日本建築学会構造系論文集，第 585 号，pp.71-76.
- 2) 清野純史・藤江恵悟・太田 裕(1999)：組合せ震度の提案・定式化とその応用について，土木学会論文集，No.62/ I -62, pp.143-151.
- 3) 河角広(1943)：震度と震度階，地震 1, vol.15, pp.6-12.
- 4) 村松郁栄(1967)：地震危険度，日本の地震学の概観，地震 2, vol.20-4, pp281-290.
- 5) 気象庁(2008)：災害時地震速報 平成 20 年(2008 年) 岩手・宮城内陸地震，気象庁，気象庁災害時自然現象報告書 2008 年第 1 号.
- 6) 太田 裕・後藤典俊・大橋ひとみ(1979)：アンケートによる地震時の震度の推定，北海道大学工学部研究報告，第 92 号，pp.117-128.
- 7) 太田 裕・小山真紀・中川康一(1998)：アンケート震度算定法の改訂－高震度領域－，自然災害科学，J. JSNDS, 16-4, pp307-323.
- 8) 森伸一郎・圓井洋介 (2001)：2000 年鳥取県西部地震における震源地付近のアンケート震度、第 36 回地盤工学会研究発表会講演集、pp.2125-2126
- 9) 森伸一郎 (2002)：愛媛大学芸予地震学術調査団最終報告書、愛媛大学芸予地震学術調査団
- 10) 源栄正人 (2004)：2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震災害調査報告・2003 年 7 月 26 日宮城県北部の地震災害調査報告、社団法人日本建築学会
- 11) 鏡味洋史 (2004)：地震動特性と被害との関係調査、平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震に関する緊急調査研究報告書 (平田直編)、東京大学地震研究所
- 12) 村尾 修・山崎文雄(2000)：自治体の被害調査に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集，第 527 号，pp.189-196.
- 13) 岡田成幸・鏡味洋史(1991)：震度による地震被害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成，地震 第 44 巻，pp.93-108.
- 14) 宮腰淳一・林康裕・渡辺宏一・田村和夫(1997)：1995 年兵庫県南部地震の建物被害に基づく建物の耐震性評価，日本建築学会構造工学論文集，vol.43B, pp.269-276.
- 15) 中央防災会議(2005)：首都直下地震に係る被害想定手法について，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/15/shiryou3.pdf>.