

参考資料) 震度の役割等

資料目次

1. 震度の役割とその迅速な提供
2. 歴史地震の研究、過去の事例からの地震防災対策検討の利用
3. 震度観測の変遷
4. 昭和 63 年及び平成 7 年における震度の計測化の検討

1. 震度の役割とその迅速な提供

(1) 震度の役割と活用

気象庁の震度は、防災関係機関の初動立ち上がりの基準及び災害応急対策の基準としても活用されている。

報道機関においては、地震時の特別番組への切り替えの基準や取材先の選定などに利用され、特に速報性が求められている。また、住民においては、自らが強い揺れに遭った場合にどの程度の震度か知り、どう対処しなければならないかを判断する、安否情報として利用するなどがなされている※。

※ 住民が自ら判断するためにも、震度階級関連解説表は重要

地震時の震度の役割

- ① 初動対応用情報 ② 災害応急対策用情報 ③ 状況を確認するための情報

【資料】平成 6 年 10 月 気象審議会 第 19 号答申「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」より

『震度情報の部外の利用状況及び地震・津波情報等に関する調査』(平成 4 年 1 月～2 月、防災関係機関 804 機関に対し気象庁地震火山部が実施)によれば、震度を「職員待機に利用する」(315 機関、39.2%)、「職員参集に利用する」(362 機関、45.0%)などとなっている。すなわち、これらの機関は震度を最も有効な初動対応のための情報の一つとして活用しているほか、災害応急対策の基準等被害推定のためのデータとしても活用している。また、震度は住民が地震の状況を知るための情報としても広く利用されている。

このように、震度は被害発生推定の基準となることから、地震時の①初動対応用情報、②災害応急対策用情報、③状況を確認するための情報としての役割を有している。

また、地震時の一層迅速な初動対応を確保するため、津波予報発表前の事前情報としてさらに迅速な震度発表が強く要望されてきている。

(2) 震度の迅速な提供

震度が防災対応の重要な情報として活用され、また、その活用のされ方として、速報性や地震動の強さを表す客観的な量であることが重要であることから、気象庁は、震度の迅速な提供のための震度観測・情報伝達体制の整備を行ってきた。

震度の迅速な提供のために実施したこと

- ① 震度の計測化（震度計による自動観測・通報）、震度速報の開始（迅速な情報提供）
- ② 震度観測点の充実（気象庁震度観測点の整備、地方公共団体、（独）防災科学技術研究所の観測データの収集・品質管理・発表）
- ③ 情報伝達体制の整備（オンライン通信、衛星による通信環境の整備）

【資料】平成6年10月 気象審議会 第19号答申「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」より

平成2年度以降、気象庁では震度を客観的かつ迅速に観測するため、計測震度計の導入を進め、また、全国各地の震度を迅率に収集できる体制も整備してきた。

さらに、平成5年度、新たに「津波地震早期検知網」が整備され、日本近海で発生する地震に対する津波予報発表を地震発生後3分程度に短縮することが可能となった。この検知網の整備に伴い、地震動を全国均一に観測する能力が整い、今後、その有効な活用を図ることが望まれている。

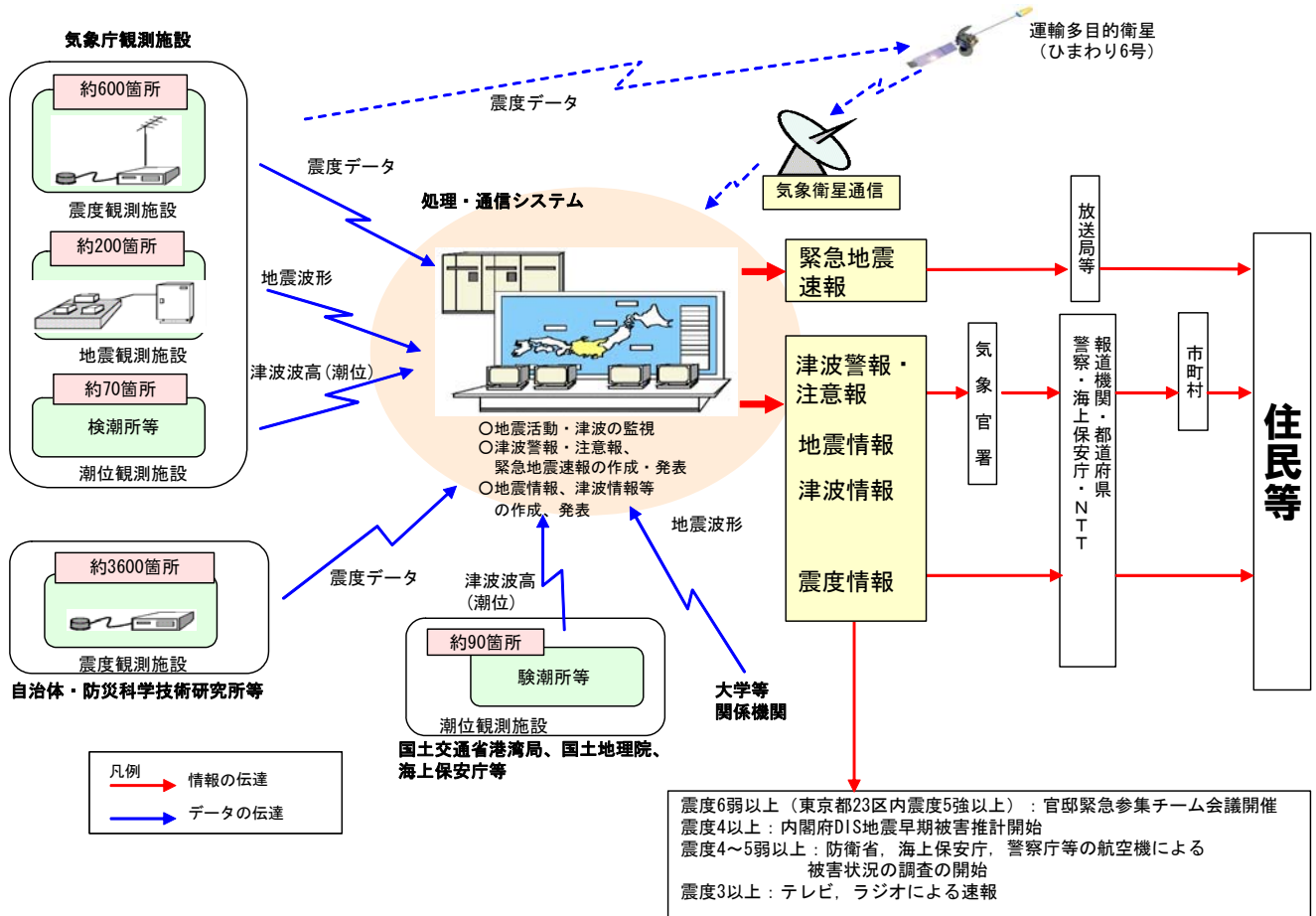
上記の震度の情報伝達手段としては、従来のオンラインデータ伝送に加え、衛星の活用も可能となっており、情報伝達を迅速化する環境も整備されてきている。

【資料】平成6年10月 気象審議会 第19号答申「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」より

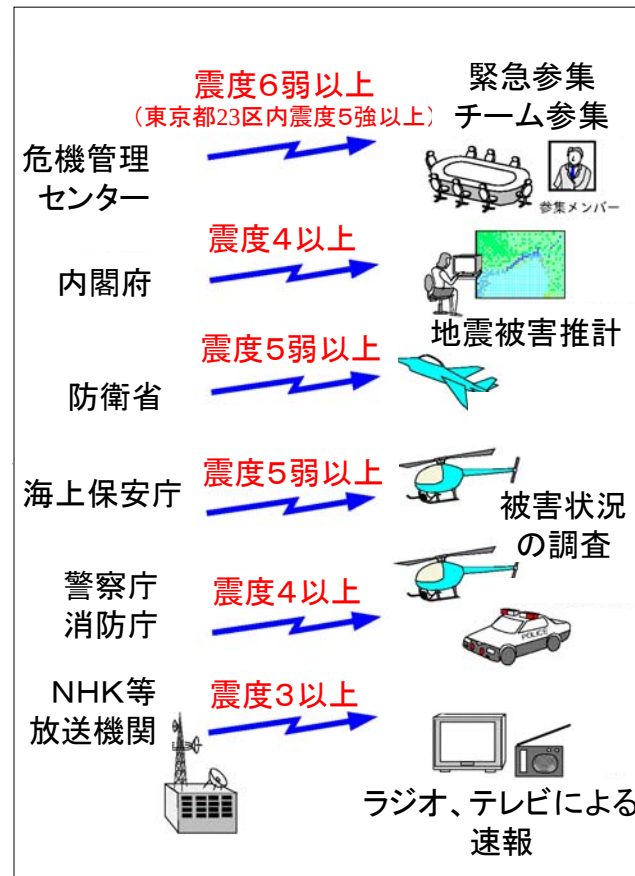
地方公共団体等においては、地震発生時、地域内における避難指示、職員参集を行うとともに被害状況の把握に基づき救援、災害復旧等各種の対策を実施している。各機関は、地域内のより詳細な状況を迅速に把握し防災対策を有効に実施するため、自ら計測震度計観測システム、防災情報システム等の導入を進めている。

これらのデータはいずれも被害の推定及び効果的防災活動の実施等に重要であるが、気象庁は、国として地方公共団体等が地域内において実施する緊急対策等支援することを役割として、広域的な震度情報を提供することが適当である。

地震津波情報の作成・伝達までの流れ



気象庁が発表した震度に基づく防災関係機関等の対応基準



2. 歴史地震の研究、過去の事例からの地震防災対策検討の利用

震度観測は明治時代から開始されたものであるが、江戸時代以前の地震（歴史地震）についても、古文書等の文献による被害記録より、震度の推定が行われている。過去の地震活動やその際の地震動の程度を知る重要な資料となっており、地震工学や地震防災対策の検討に活用されている。

歴史地震の研究、過去事例からの地震防災対策検討

- ① 地震観測がなされていない時代に発生した地震の様相を知る。
- ② そうして分かった過去の被害地震の様相を、地震防災対策検討に活用する。

【資料】昭和 63 年 2 月 震度観測検討委員会 報告 解説資料より

震度観測は明治時代から始まったものではあるが、それ以前の地震(歴史地震)についても、古文書等に残されている地震時の揺れの状況や被害程度から各地の震度を推定することが可能であり、各地域の過去の地震活動やその地域が受けた地震動の履歴が精力的に調査され、地震予知や地震工学の分野に活用されている。震度は過去と現在の地震学及び他の学問との間を繋ぐ役目を果たしているといえることができる。

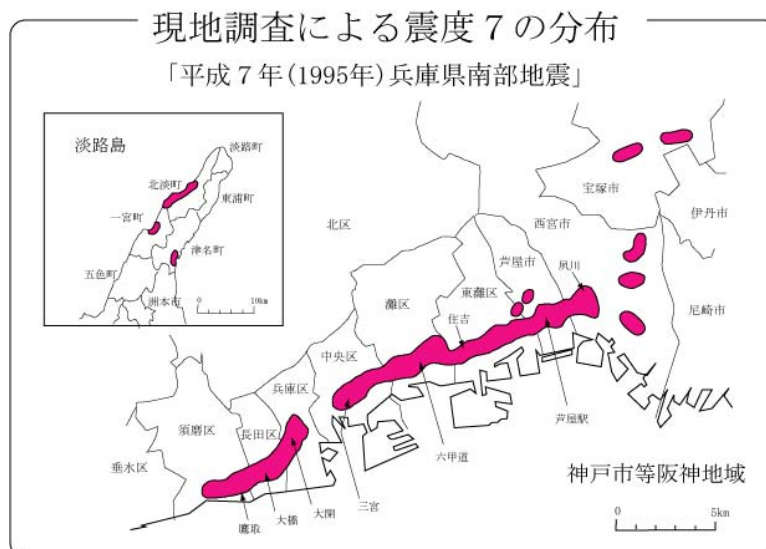
【資料】昭和 63 年 2 月 震度観測検討委員会 報告 解説資料より

地震動の強弱という概念の中には、被害の発生も含まれているため、地震工学的見地から震度と物理量との対応を求める試みが何人かの研究者により行われている。これは地震計のない時代あるいは地域における地震動の加速度や速度を推定し、震度の地震工学等への活用を図ろうとする試みである。

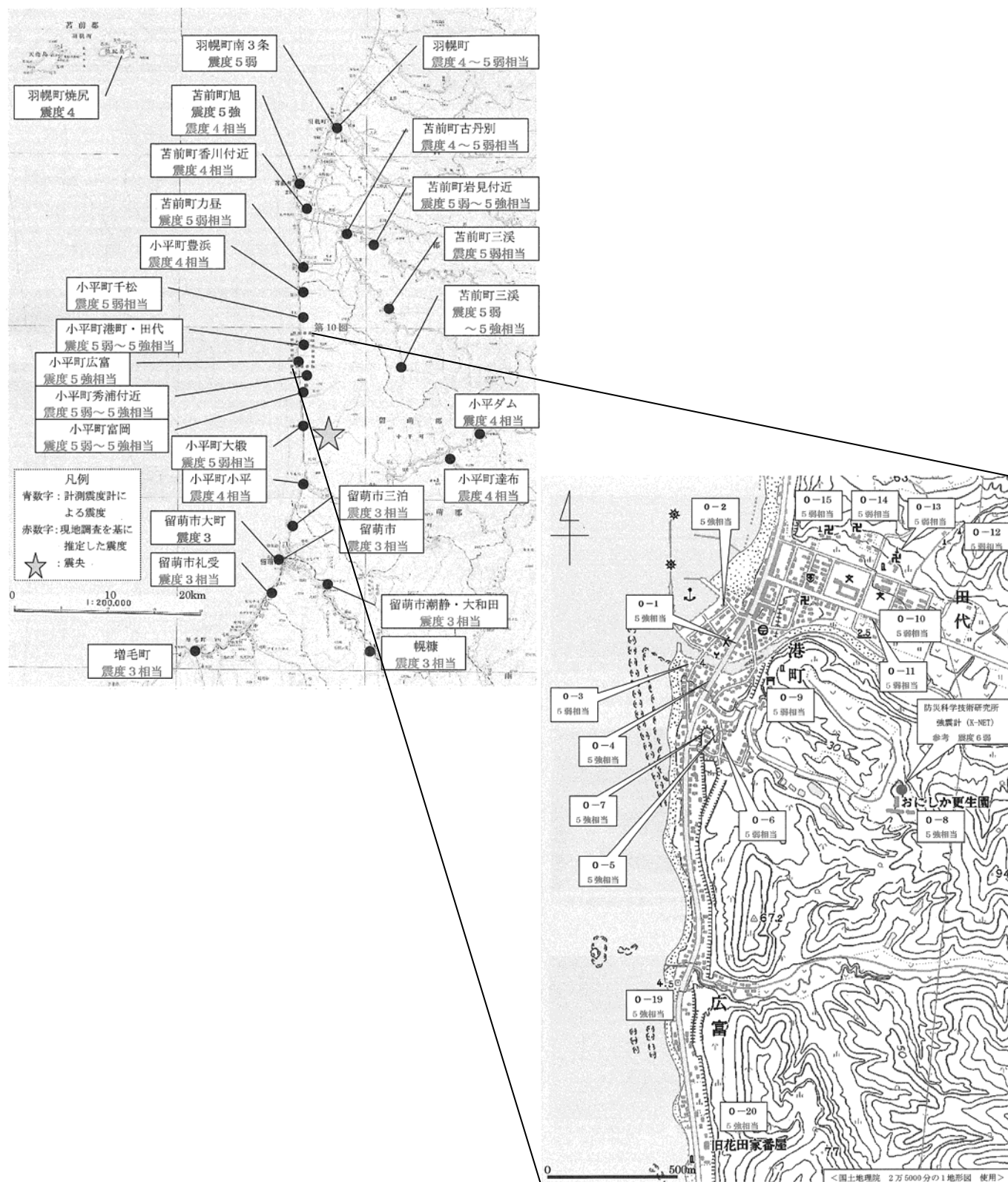
震度の利用例（１）

過去の地震において被害記録等から震度を推定するほか、現在でも顕著な被害地震の場合、地震時に各地点がどのような揺れであったかを、地震後に、現地の状態に関する調査や地震時の模様の聞き取り調査を行い、震度により整理することがある。

a) 平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震では、震度 7 の揺れ地域がどの範囲になるかの調査を行った。当時、震度 7 の定義は、被害状況によるものとなっており、現地調査を実施した。結果、震度 7 の範囲を次図のように判定した。



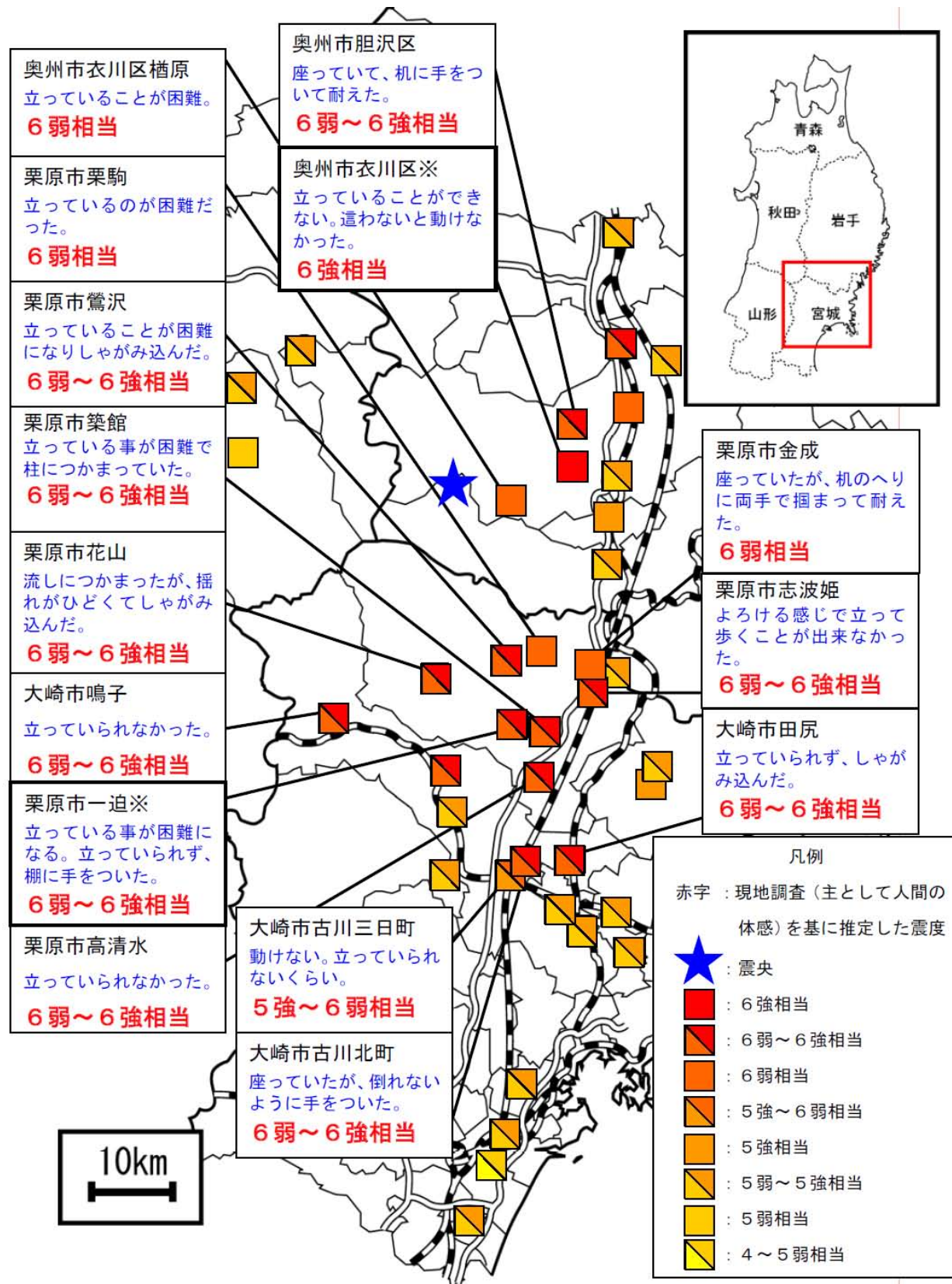
b) 平成 16 年（2004 年）12 月 14 日留萌支庁南部の地震（M6.1、深さ 9km）では、震度 5 強を観測した苫前町、震度 5 弱を観測した羽幌町その他、小平町、留萌市で現地調査を行っている。目視による建築物・構造物の被害状況、地面現象の把握、聞き取り調査による揺れの強さの把握を行っている。結果は、震度〇〇相当として、次のとおりまとめている。



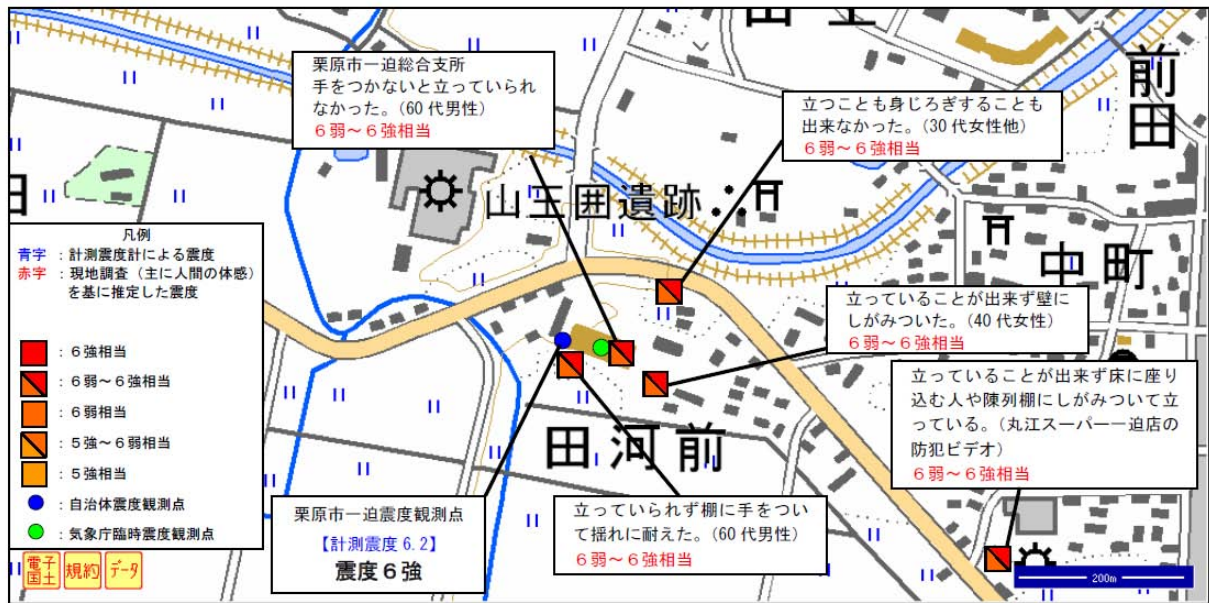
平成 16 年 12 月 14 日 留萌支庁南部の地震の現地調査

（「平成 16 年（2004 年）12 月 14 日留萌支庁南部の地震調査報告 平成 17 年 3 月札幌管区気象台」より）

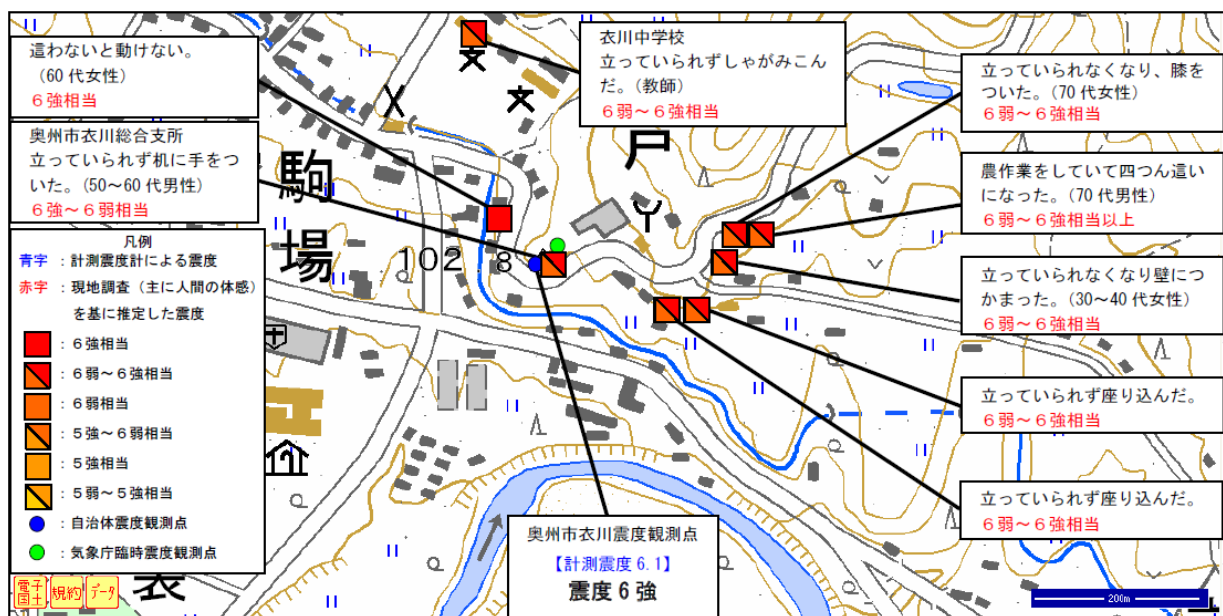
c)「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」及び平成 20 年 7 月 24 日の岩手県沿岸北部の地震では、現地の聞き取り調査から揺れの強さの分布を推定し、震度〇〇相当としてまとめている。各々の結果を掲載する。



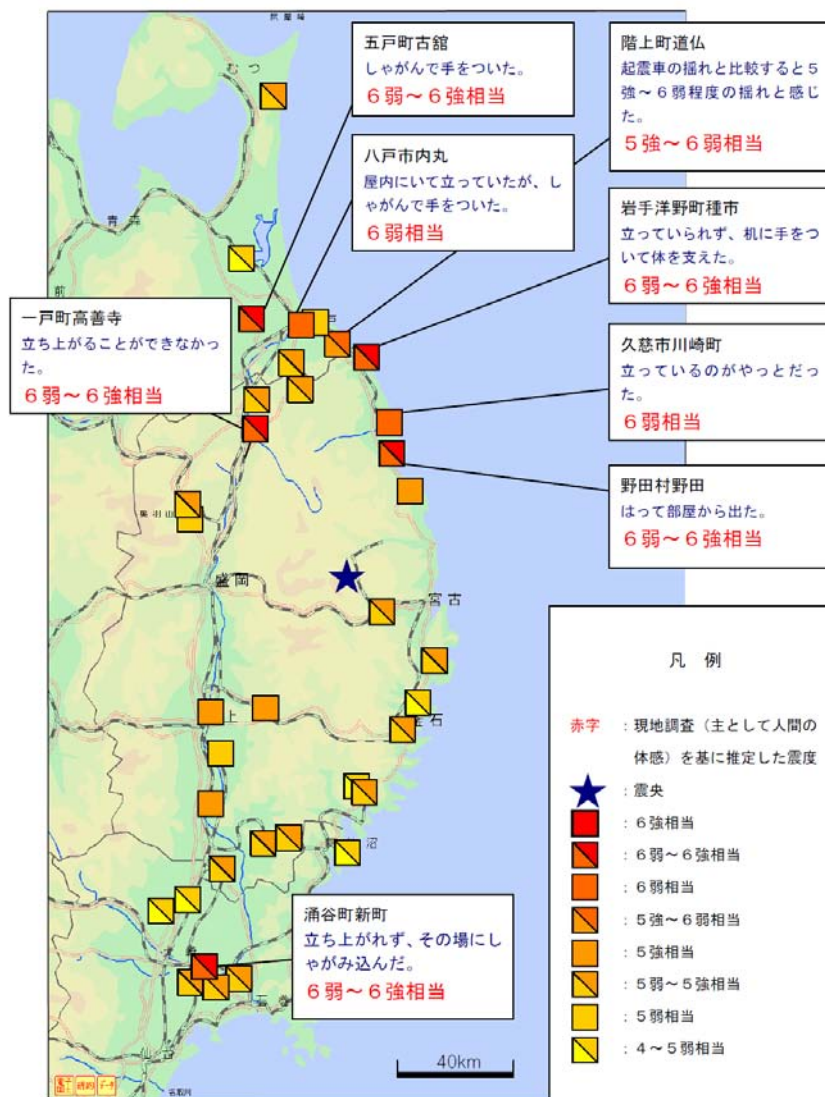
平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震、聞き取りから推定した揺れの強さの分布（全体図）
（「災害時地震速報 平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」より）



平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震、聞き取りから推定した揺れの強さの分布
 （「栗原市一迫」震度観測点付近）（「災害時地震速報 平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」より）



平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震、聞き取りから推定した揺れの強さの分布
 （「奥州市衣川区」震度観測点付近）（「災害時地震速報 平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」より）

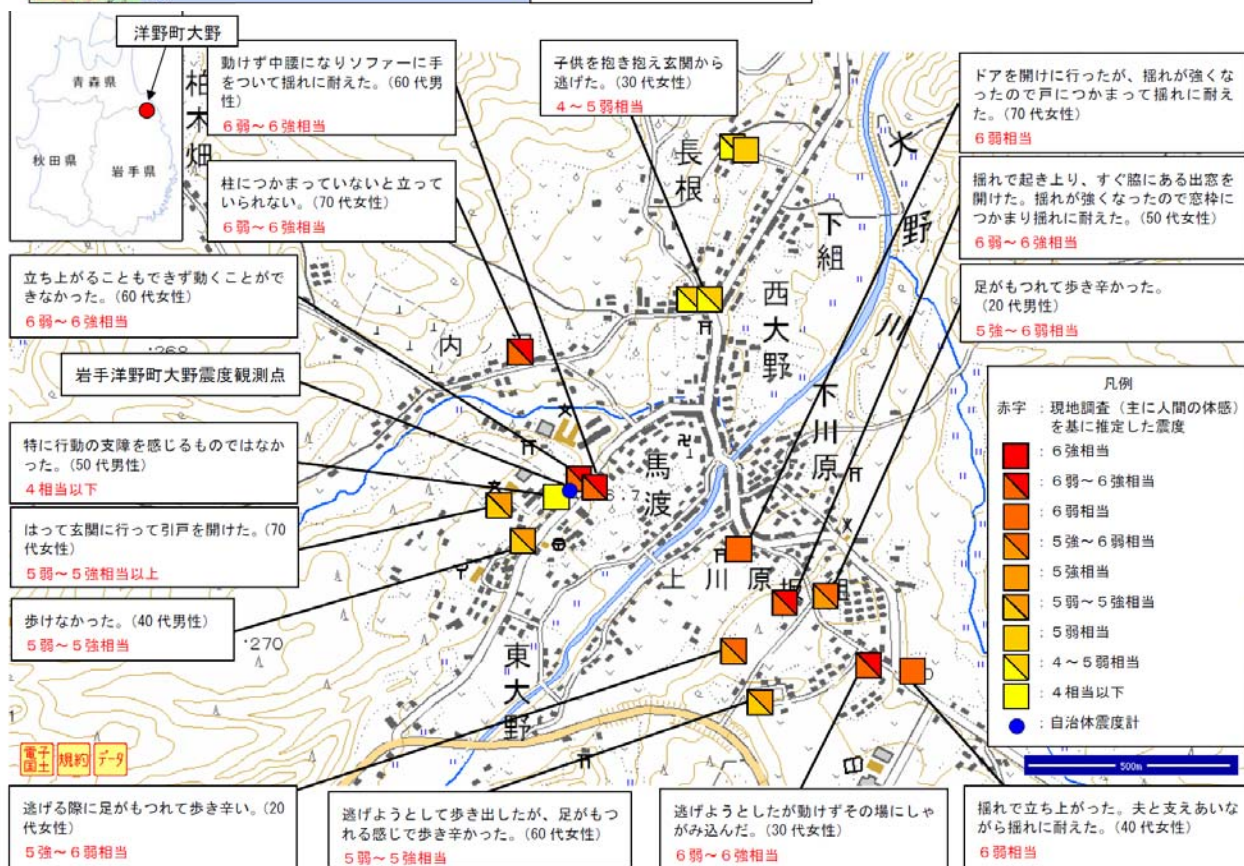


平成 20 年 7 月 24 日の岩手県沿岸北部の地震・宮城内陸地震、聞き取りから推定した揺れの強さの分布

（上図：全体図

下図：「岩手洋野町大野」震度観測点付近）

（「災害時地震速報 平成 20 年 7 月 24 日の岩手県沿岸北部の地震」より）



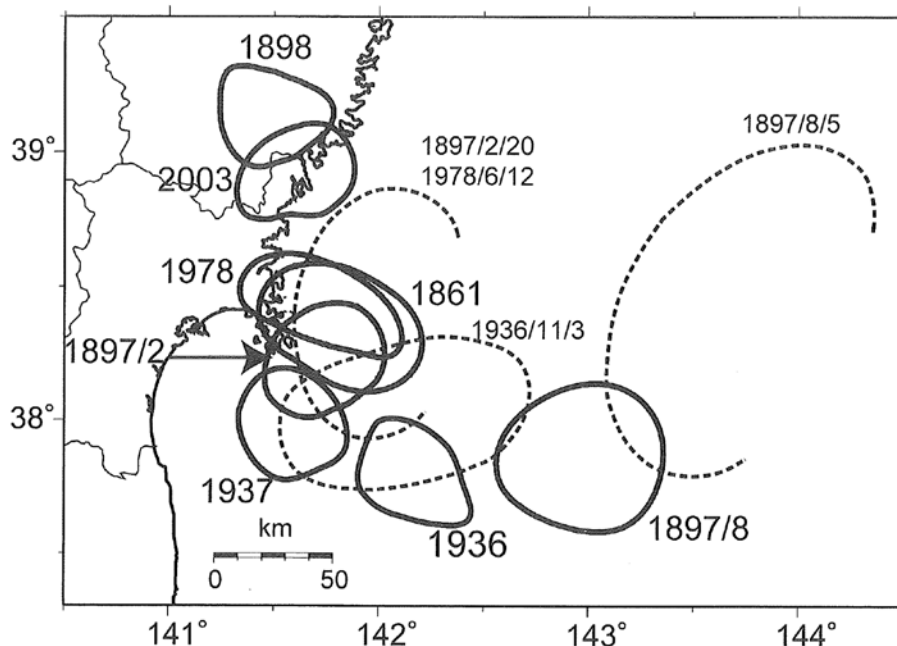
震度の利用例（２）

近代的な地震観測による地震波形記録の無い時代の地震では、地震時の各地の揺れの状況や被害の記録から、各地の震度が推定されている。

震度を知るのみならず、推定した震度から、地震の震源域の詳しい様子を求める研究などが行われている。

例として、宮城県沖で繰り返し発生する地震を対象に、震度データから短周期の地震波を発生させた領域を推定した研究結果を掲載する。

（神田克久・武村雅之（2005）：震度データから検証する宮城県沖で発生する被害地震の繰り返し，地震 第2輯，第58巻，pp.177-188）



宮城県沖で発生した過去の地震において、短周期地震波を発生させた領域（実線）の比較。

なお、点線は、羽鳥による津波の波源域。神田・武村（2005）より。

3. 震度観測の変遷

(1) 日本における震度観測点数の変遷

日本における震度観測は、1884 年（明治 17 年）に約 600 箇所の観測点で始まり、1904 年（明治 37 年）には気象官署や民間への委託をあわせ 1,437 の観測所から震度データが収集された。昭和 30 年代にもほぼ同数の観測点が維持されていた。当初は、地震計による観測がまだ十分でなく、地震現象の把握は、震動の強弱や揺れの方向等についての体感や被害調査等により行われていた。

昭和 30 年代に入り、地震計による観測を中心としての業務の構築が行われてきたことから地震観測としての震度観測はその役目を終え、1958 年（昭和 33 年）から、順次観測所の整理が行われ、昭和 63 年当時には、全国 158 ヶ所の気象官署において震度観測が行われるのみとなった。

(2) 震度観測の計測化と観測点数の増強

震度が、防災関係機関の初動対応の基準として極めて重要なものと認識されるようになり、そのため、より客観的かつ迅速な震度、震度観測点数の増強への要望が高まった。

a) 震度の計測化

気象庁は、震度観測検討委員会の報告（昭和 63 年 2 月）を受けて、震度の機械観測（震度の計測化）の試験を開始し、計測化を進めた。体感による震度観測自体は廃止せず、震度の計測化を並行して進め、平成 5 年度（平成 6 年）には、全ての震度観測点への整備を完了した。

b) 観測点の増設、地方公共団体等による震度データの活用

防災対策での活用をより効果的に行うため、平成 5 年にはそれまで約 150 箇所であった震度観測点を約 300 箇所に、平成 8 年には約 600 箇所へ増強した。また、平成 8 年より、現行の計測震度により観測したものとし、体感による震度観測を廃止した。

さらに、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震の経験により、地方公共団体が独自に震度計を設置し自らの初動防災対応に活用を始めた。気象庁では、地方公共団体や（独）防災科学技術研究所が整備した震度計の震度データについて、準備のできたところから、気象庁が発表する震度情報に含めて発表してきた。

平成 21 年 1 月現在、気象庁約 600 箇所、（独）防災科学技術研究所約 800 箇所、地方公共団体約 2800 箇所、合計約 4200 箇所の震度観測点のデータを気象庁の情報発表に活用している。

c) 発表対象とする震度観測点の条件

気象庁に集約し、国として一元的に発表する震度の発表にあたっては、震度データの品質を確認し、異常なデータは除外している。また、地方公共団体の震度計設置にあたっては、震度計の精度確保のため検定を行い、設置場所等についても基準を定め、合格したもののみ発表対象としている。

(3) 気象庁震度階級の変遷

- ① 震度の階級は明治17年（1884年）の地震報告心得では4階級。
- ② 明治31年（1898年）より7階級。明治41年（1908年）階級に説明を付ける。
- ③ 昭和11年（1936年）から昭和23年（1948年）に用いられたものでは、震度Ⅰ及び震度

Ⅱは人間の感覚、震度Ⅲ及び震度Ⅳは室内の状況、震度Ⅴ及び震度Ⅵは家屋の被害などを記述。

- ④ 昭和24年（1949年）に震度Ⅶを設けた改良の際に、あわせて、震度を津波予報作業の基準に用いることとし、震度を素早く判定するために、体感での記述が追加された（震度Ⅲと震度Ⅳの区別に震度Ⅳに体感の記述を、震度Ⅴと震度Ⅵの区別に震度Ⅵに体感の記述。）。ただし、震度の速報は震度Ⅵまでとし、震度Ⅶについては、後日の調査により被害状況から判定するものとしていた。
- ⑤ 昭和53年（1978年）には、体感による観測をより適切に行えるよう、気象庁の地震観測の指針（地震観測指針（観測編））の震度の観測方法の参考事項として、速報する震度Ⅵまでの全ての階級に体感を示した。
- ⑥ 平成8年（1996年）には、気象庁で発表する震度は計測震度で観測するものとした。また、震度情報が、災害応急対策等の防災対策を実施する上で有効な情報となるためには、ある震度が観測された際に、実際にどのような現象、被害が発生するかをあらかじめ示しておく必要があり、このため、「気象庁震度階級関連解説表」を作成した。

震度観測の変遷

- ① 日本における震度観測の開始
地震現象の把握等に利用。地震観測の方法として震度により観測。
- ② 気象庁震度階級の変遷
昭和24年から体感による速報、防災のための速報としての面を重視。
- ③ 震度観測点の充実・強化
 - ・ よりいっそうの速報性や客観性が重要。
 - ・ 平成8年に震度の計測化（機械観測化）。
 - ・ 地方公共団体等の震度観測データの活用推進。
 - ・ 気象庁震度階級関連解説表の作成

4. 昭和 63 年及び平成 7 年における震度の計測化の検討

(1) 第 1 回目の検討：震度観測検討委員会（昭和 60 年 3 月～昭和 63 年 2 月）

震度観測検討委員会（昭和 63 年 2 月）報告を受けて試験、整備を開始。ここでは、旧計測震度と呼ぶ。

旧計測震度

- 河角式 $I=2\cdot\log(a) + 0.7$ I ：震度、 a ：加速度（ $\text{gal}=\text{cm/s/s}$ ）を基本とし、計測量として加速度を用いる。水平動 2 成分のみを使用し、上下動は使用しない。
- 地震動全体を周波数領域でフィルター処理して算出。対象とする地震波の周期は、0.1 秒～1 秒とする。
- 周期 1 秒より短周期の波（0.1～1 秒の波）については、計測震度が加速度と速度の中間的なものとなるように、周期の影響を考慮。
- 周期 1 秒より長周期の波については、ローカットフィルターでカットする。
- 瞬間的に大きな加速度となった場合の影響を除去するため、継続時間を考慮。算出された震度が大きくとも、ある一定時間以下しかその加速度が観測されていない場合には、震度を 1 低減する。このため、算出される震度は整数部分しか意味を持たない。

旧計測震度の計算式は、次のとおり。

$$I=2\cdot\log(a) + 0.7 + \log(k\cdot t)$$

I ： 旧計測震度（四捨五入して整数値とする。ただし、右辺が 0.5 未満のときは $I=0$ 、5.5 以上のときは $I=6$ とする）

a ： 加速度（ $\text{gal} = \text{cm/秒/秒}$ ）（フィルター後の加速度）

t ： 周期（秒）（0.1～1 秒の範囲）

k ： 係数（検討委員会の報告では $k=3$ としていたが、その後の検討により、最終的には $k=1.5$ とした。）

【資料】昭和 63 年 2 月 震度観測検討委員会 報告より

現行の震度は人体感覚、被害状況等に基づき判断されていることから、地震動の強さを表わす客観的な量としては取り扱いに限界があり、そのままでは実的な利用に不都合な点も生じてきている。この点を踏まえ、地震動の強さに関連する物理学的要素を計測し、それに基づき計測震度（仮称）を求め、情報発表等を通じて緊急的な諸対策等に供するとともに、他方では、より高度な利用のために計測量そのものを提供し、防災対策等に資することも考慮すべきと考えられる。

【資料】昭和 63 年 2 月 震度観測検討委員会 報告より

将来、震度観測の主体を計測震度（仮称）に以降するとしても、当面は、現在の震度観測との並行観測が必要である。すなわち、現行の震度観測の補助として計測震度（仮称）の観測を行い、その間、計測化に伴う諸問題を解決しつつ、あわせて計測量の有効利用について推進を図るべきと考えられる。

(2) 第2回目の検討：震度問題検討会（平成7年3月～11月）

震度問題検討会検討結果最終報告（平成7年11月）報告を受けて、開始。現行の計測震度である。平成8年4月開始、震度5、6の分割は10月から開始。

計測震度

- 上下動を加えた3成分の加速度波形を用いる。
- 建物被害との相関を考慮し、震度算出に用いる地震動の周期の範囲を長周期へ広げる。
- 計測震度の値が連続量として扱えるよう、継続時間考慮の方法の改良。

計測震度の計算式は、次のとおり。

$$I=2\cdot\log(a) + 0.94$$

I: 計測震度

a: 加速度 (gal = cm/秒/秒) (フィルター後及び継続時間考慮後の加速度)

震度階級

- 震度5までについては、算出された値を四捨五入した整数値が、震度の値と一致するように作られている。これらは変更しない。
- 震度7を事後の調査によるものではなく、計測震度6.5以上を観測したものとする。
- 旧方式の震度5及び6については、対応する現象の幅が大きいため、適当な計測震度の値によって震度階級を分割することが、防災上有効であり、階級を分割。
- 震度は、計測震度により計測するものであるが、従来の震度に関する経験等を参考に「気象庁震度階級関連解説表」を作成
ただし、構造物の耐震性の向上などで実状と合わなくなった場合には、内容を変更するものとした。

【資料】平成7年7月 震度問題検討会 中間報告より

兵庫県南部地震で現地調査の結果、震度7の揺れがあったとされる範囲(実際には、この範囲内では震度6以下と震度7の地点が混在していると考えられる)で観測された強震加速度波形から計測震度を算出すると、6.5前後の値となる。

以上のことから、震度7を計測震度6.5以上と定義すれば、対応する現象が現在の震度7の説明文の内容とほぼ一致すると考えられる。また、このように定義することにより、計測震度を四捨五入した値が震度を表すという関係を、保つことができる。

【資料】平成7年11月 震度問題検討会 最終報告より

震度5及び6については対応する現象の幅が大きいため、適当な計測震度の値によって震度階級を分割することが、防災上有効であると考えられる。この場合、計測震度のどの値で分割するかが問題となるが、実際のところある計測震度の値を境として、発生する被害の様相が急激に変化することは考えられない。

それは、

(1)地震動の強さも、それに対応して発生する被害の様相も、連続的に変化すると考えられること。

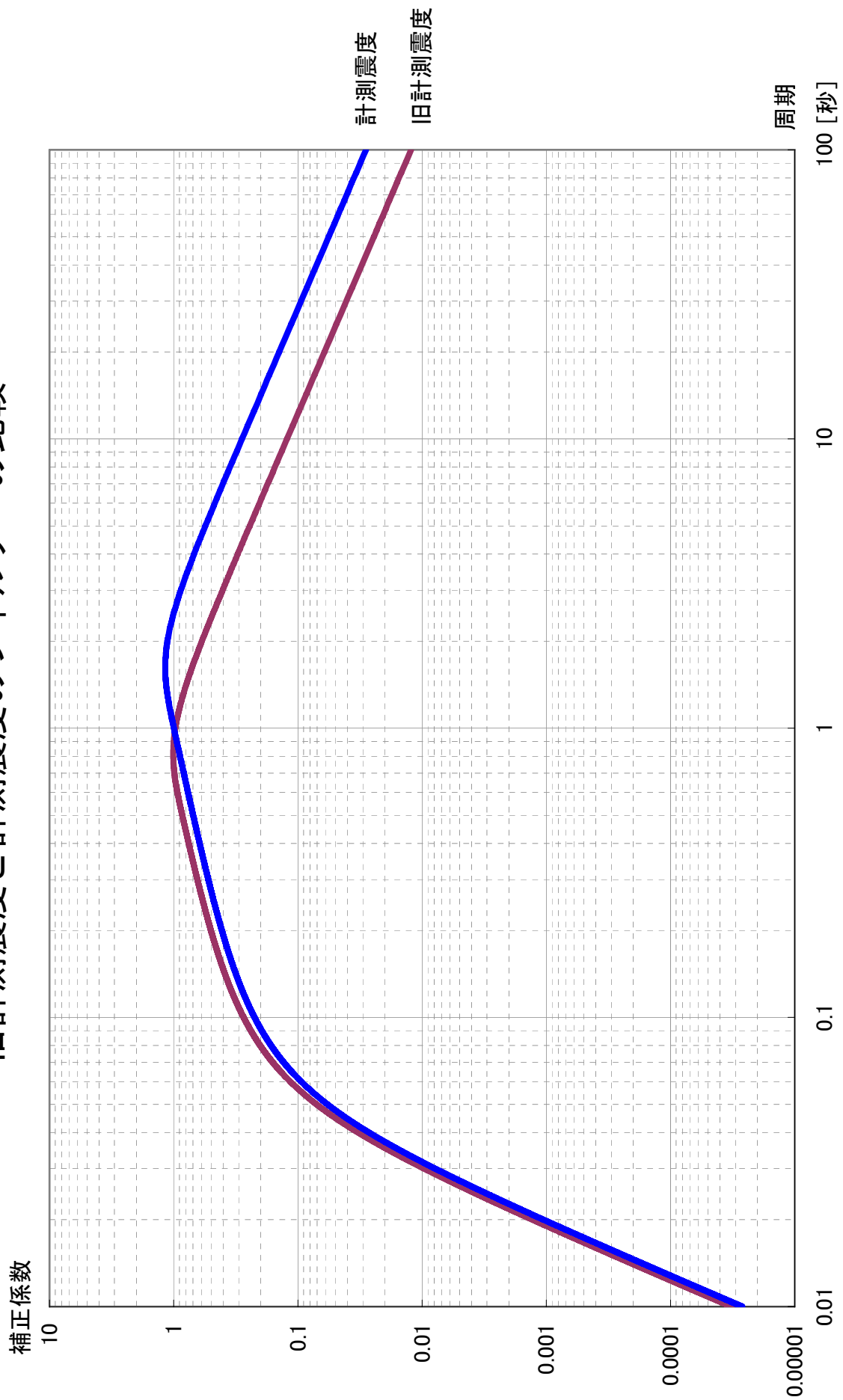
(2)ある震度に対応して発生する被害には、ある程度の幅があること。

による。したがって、どの値で分割するかは厳密に決定されるものではなく、分割してできたそれぞれの震度階級間で、全体として被害の様相が異なっていれば十分である。

このことを考慮すると、震度5、震度6はともに等分割、すなわち、計測震度5.0で震度5を分割し、同様に計測震度6.0で震度6を分割することが自然であると考えられる。

旧計測震度と計測震度のフィルターの総合特性の比較は次ページのとおり。

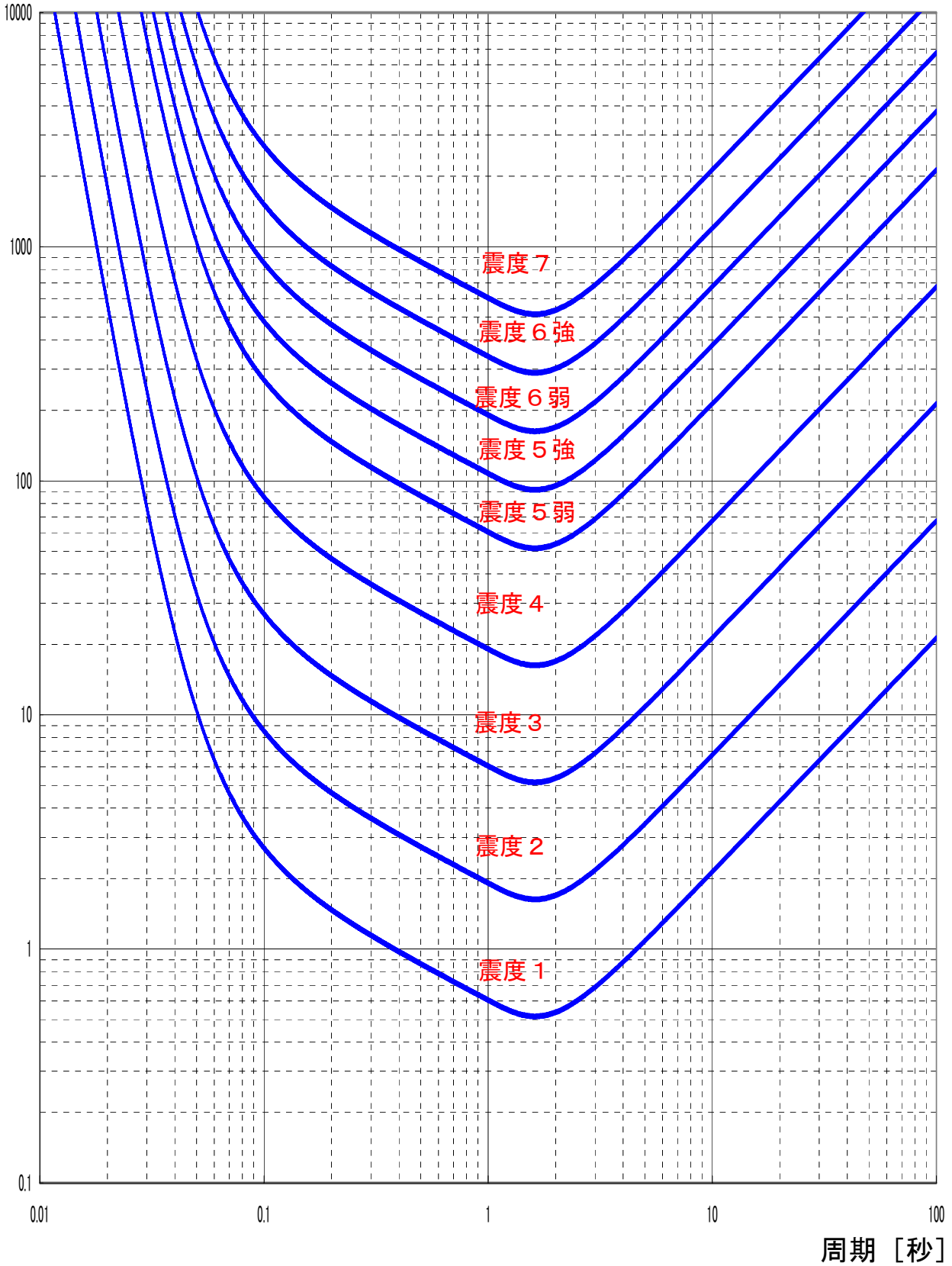
旧計測震度と計測震度のフィルターの比較



加速度

[cm/秒/秒]

計測震度と加速度



周期および加速度と震度（理論値）の関係
均一な周期の振動が数秒間継続した場合