

気象庁マグニチュード算出方法の改訂について

気象庁は、平成15年9月25日から、気象庁マグニチュードの算出方法を改訂します。また、過去の地震についても新しい算出方法を適用し、これまでに公表した気象庁マグニチュードについて必要な改訂を行います。

なお、概要については以下のとおりです。

1. マグニチュードの定義と気象庁マグニチュード

マグニチュードは地震の規模を表す指標であり、観測された地震の記録(最大振幅あるいは地震波形全体)を用いて計算されます。マグニチュードを計算するためには、地震計の種類や設置環境、観測網の状況などに応じた様々な経験式が用いられていますが、国際的に統一された規格はありません。しかし、その中で最も標準的なマグニチュードと考えられているのはモーメントマグニチュードです。これは、断層の面積と断層すべり量の積に比例する量であり、物理的な意味が明確であるという点で他のマグニチュードにはない利点があります。ただし、地震波全体を使った複雑な計算が必要なため、地震発生直後に行う地震の規模の推定には使えないこと、小規模の地震では計算することができないこと、さらにはデータの蓄積が最近20年間程度に限られるという欠点があります。

日本では、基本的にモーメントマグニチュードと良く一致するなどの利点があり、約80年間にわたる一貫した方法で決定されている気象庁マグニチュード(地震時の地面の動き(変位)の最大値から計算される変位マグニチュード)が標準と位置付けられており、現在の地震活動と過去の地震活動とを比較したり、耐震工学的な基準を作る際のデータベースなどとして幅広く利用されています。しかし、小規模の地震では、変位記録上では地震波信号がノイズよりも小さくなってしまうので、変位マグニチュードを計算することはできません。

2. 速度マグニチュードの導入

気象庁は、小規模の地震まで観測できるようにするため、1970年代の後半に、地面が動く速度(速度)を記録するタイプの地震計である高感度地震計を整備しました。しかし、当時気象庁には速度を使ってマグニチュードを推定する経験式は存在しなかったため、変位と速度の両方が、有意にかつ振り切れることなく観測できた地震について、速度から求まるマグニチュード(以下速度マグニチュード)が変位マグニチュードに一致するよう速度マグニチュードの経験式を作成しました。そして、変位マグニチュードが計算できないような小規模の地震については、その経験式を用いて速度マグニチュードを計算し、その結果を気象庁マグニチュードとすることとし、今日に至っていました。

3. 気象庁マグニチュードの課題と対処について

近年、気象庁の地震観測網の全面的な変更^(*1)が行われ、また、気象庁では稠密な観測点データを一元的に処理^(*2)するようになったため、徐々にデータが蓄積さ

れるようになりまして。その結果、気象庁マグニチュードについて、下記の課題があることが明らかとなってきました。

- ・ 変位マグニチュードは、平成5年度末の津波地震早期検知網の整備により地震計及びその設置環境が一新された以降、系統的にやや小さく決定されるようになった。
- ・ 速度マグニチュードについては、90kmよりも深い地震の速度マグニチュードを計算する式がない状態が放置されている。また、1970年代に定めた速度マグニチュードの経験式については、細部において変位マグニチュードとのずれが見出されているが、それは、現在と比べれば非常に少ないデータを基礎としたことにあると考えられ、データの蓄積が進んだ現在では、速度マグニチュードを変位マグニチュードにより正確に一致させることが可能になっている。

これらの課題について、平成13年1月から4月にかけて開催された気象庁マグニチュード検討委員会（座長 阿部勝征 東京大学教授）によって次のような対処方針が示されました。

変位マグニチュードについては、津波地震早期検知網以前と以降のマグニチュードの系統的な差を統計的に吸収することができるよう計算式を改良する。

速度マグニチュードについては、Hi-net 観測網データの蓄積を待って、変位マグニチュードとさらに良く一致し、かつ90kmよりも深い地震に対しても適用可能な経験式を導入する。

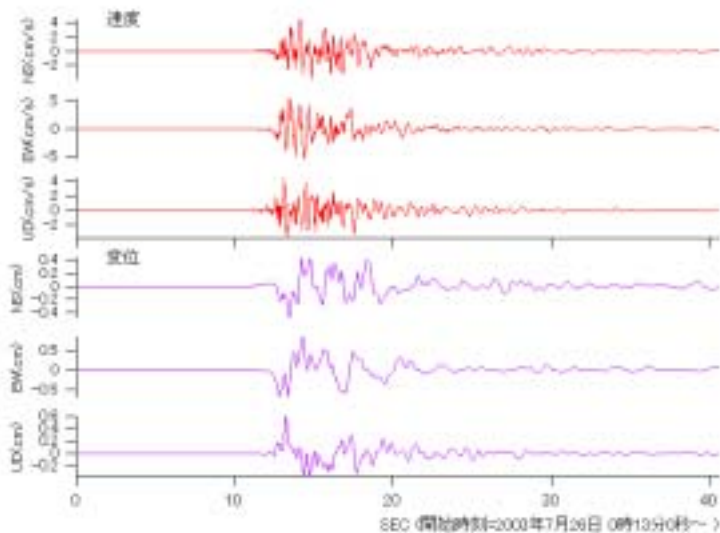
気象庁では、この方針に沿って気象庁マグニチュードの改善を図ってきました。まず、地震観測網の全面的な変更の影響を吸収し過去との整合性を確保することができ、また深い地震のマグニチュード算出方法を改善した変位マグニチュードの計算式を作成しました。その過程で、兵庫県南部地震など、新しい観測網整備以降に発生し、社会的に注目度の高い顕著な17地震については、変更前の観測網の地震計特性や地盤特性を忠実に再現することができたため、従来からの気象庁マグニチュード計算式を使って再計算し、上記委員会の検討結果と併せ、平成13年4月に公表しました。また、昨年10月に全国のHi-net 観測網^(*2)のデータを処理に導入した後、約1年を経過しデータが蓄積されたことから、上記に従って速度マグニチュードの経験式を改訂することとしました。さらに、これらの式を過去の地震に遡って適用し、気象庁マグニチュードを改訂することとしました。

新しい気象庁マグニチュードは、従来の気象庁マグニチュードと比較して、大きな地震では深い地震を除き変化は小さく（津波早期検知網整備以前は変わらず、同検知網整備以降は0.2程度大きくなる）、マグニチュード2程度の小さな地震では0.5程度小さくなるという特徴があります。

なお、今回、気象庁マグニチュードを改訂する主な地震は別添資料のとおりです。

(*1) 平成5年度末に津波地震早期検知網を整備（主として中規模以上の地震を対象）。

(*2) 地震調査研究推進本部の計画の基に整備されたHi-net 観測網(主として中規模以下の地震を対象)の整備に合わせ、平成12年～15年にかけて処理対象地域を拡大（平成15年度に全国処理が軌道に乗る）。



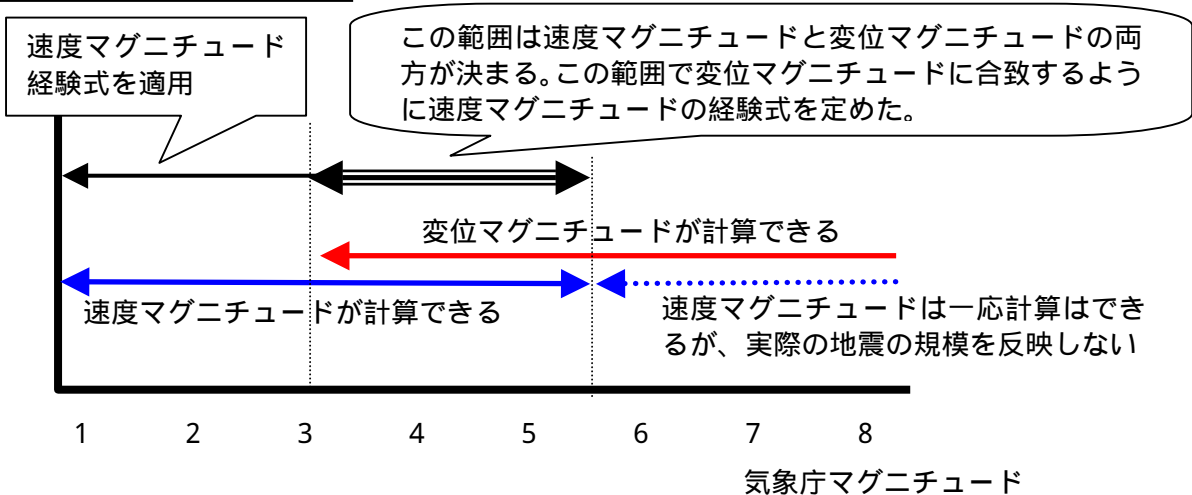
速度記録

地震に伴って地面が動く速度を記録。変位記録に比べて高周波成分が強調される。通常の固有周期1秒の高感度地震計では、大きな地震の場合、震源近くでは振り切れてしまうことや低周波成分が卓越することなどから、地震の規模を反映できなくなる。

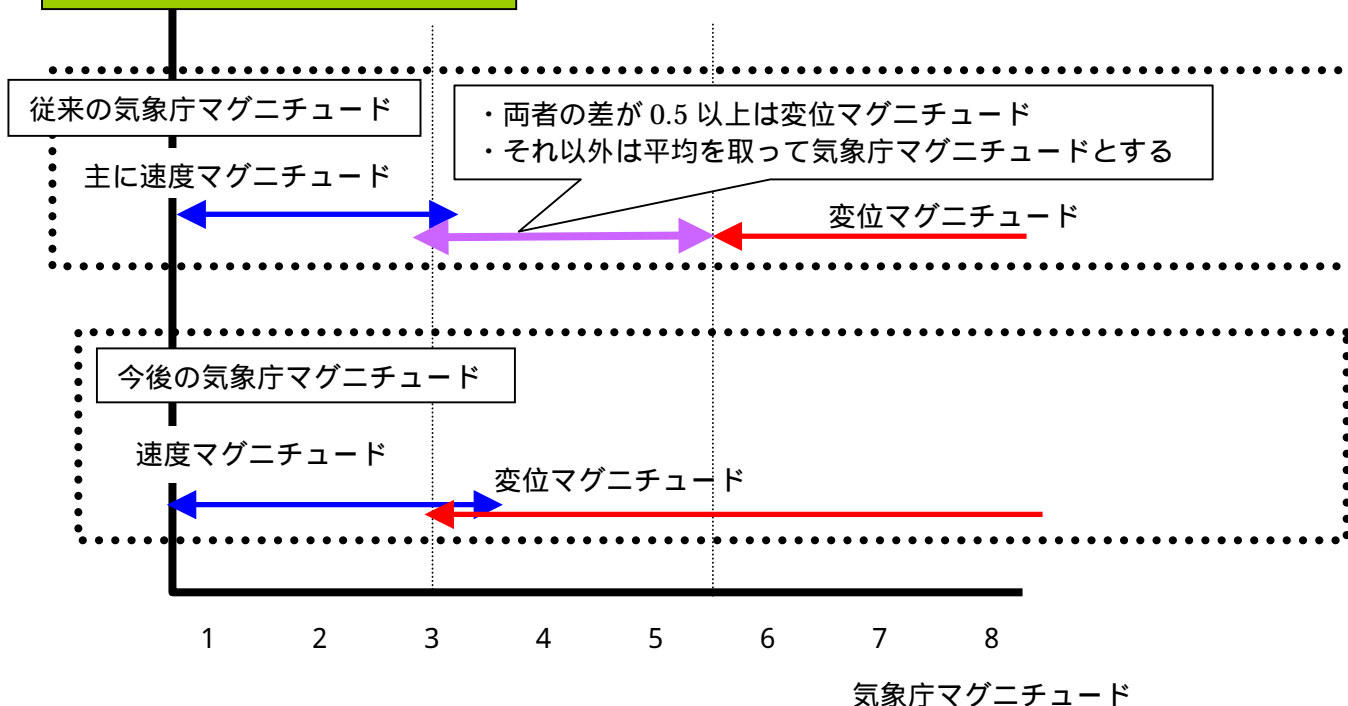
変位記録

地震に伴う地面の動きそのものを記録。速度記録に比べて低周波成分が強調される。中規模以上の地震では明瞭な記録が得られる。小規模な地震の場合、変位記録では地震波信号がノイズより小さいため、有意な記録は得られず、速度記録にのみ明瞭に記録される。

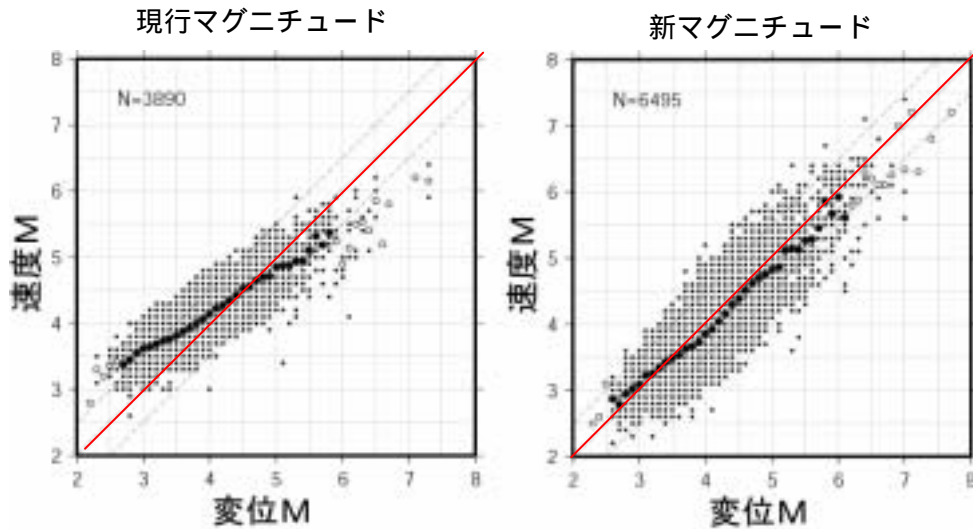
速度マグニチュードの経験式



気象庁マグニチュードの計算方法

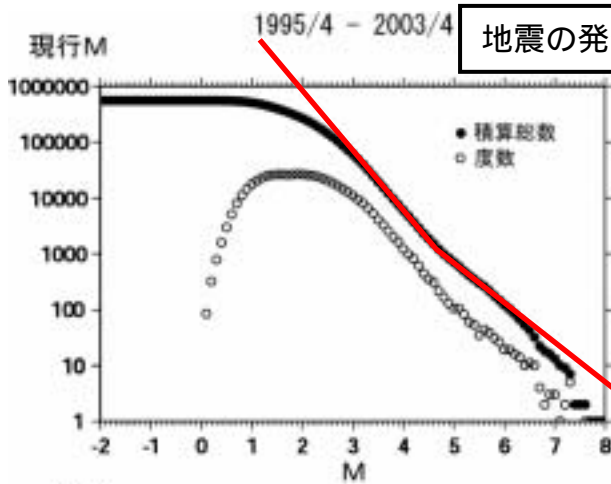


地動変位によるマグニチュードと地動速度によるマグニチュードとの関係



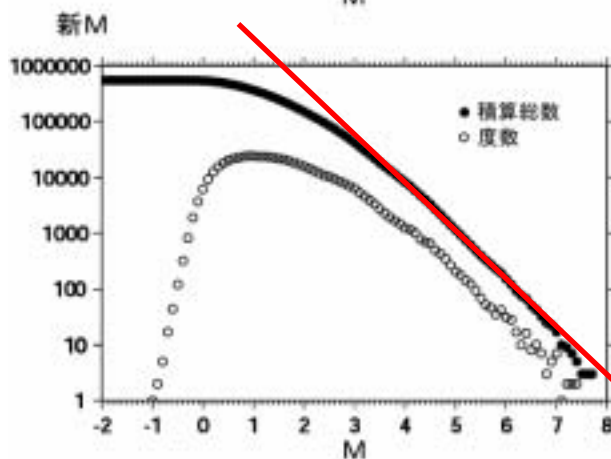
変位マグニチュードと速度マグニチュードの両方が得られた地震について、横軸に変位マグニチュード、縦軸に速度マグニチュードをプロットしたもの。同じ変位マグニチュードについて、速度マグニチュードを平均したものを大きい丸で示した。黒丸はサンプル数が10個より多いもの、白丸はそれ以外のものを示す。現行の場合、小規模の地震では変位マグニチュードに比べて速度マグニチュードが大きめに計算されていることがわかる。新しい速度マグニチュードの経験式を使うと、黒丸は傾き1の直線に近づきかなり改善されたことがわかる。

地震の発生数とマグニチュードとの関係



現行マグニチュード

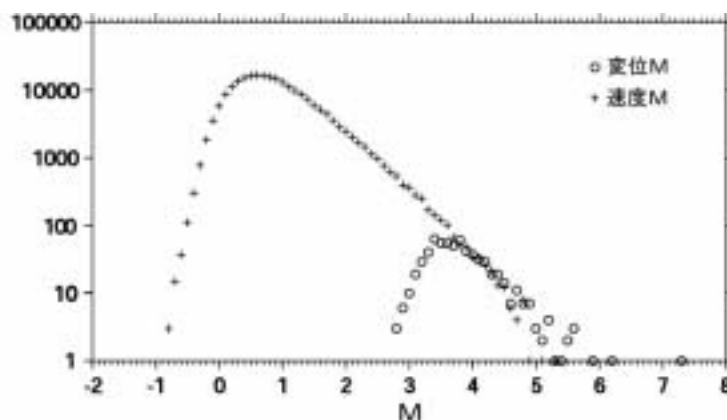
マグニチュードの物差しの曲がりを反映して、マグニチュード4～5付近で地震数とマグニチュードの関係がきれいな直線状でない



新マグニチュード

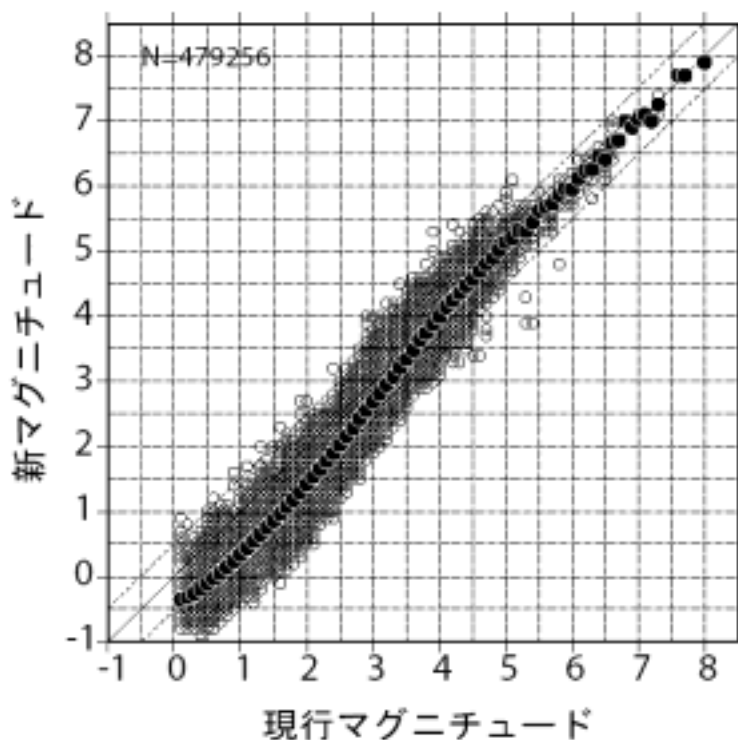
マグニチュード4～5付近で地震数とマグニチュードの関係が直線に近いものとなる。

新マグニチュードにおける変位マグニチュードと速度マグニチュードの内訳
内陸、H < 30km (2000.10 - 2003.7)



新マグニチュードが変位マグニチュードであるか、速度マグニチュードかを示したものの。マグニチュード3より小さい地震は、ほとんど速度マグニチュードである。

現行マグニチュードと新マグニチュードの対応関係



現行のマグニチュードと新マグニチュードの関係を示した図。白丸はそれぞれの地震を示す。黒丸は、現行マグニチュード(0.1 単位)毎に、新マグニチュードを平均したもの。黒丸の分布が現行マグニチュードと新マグニチュードの大まかな対応関係を示す。

現行マグニチュードが 4 以上の地震については、改訂による変化は少ない。一方で、それより小さい地震では新マグニチュードの方が系統的に数値が小さくなっていることがわかる。