

## 地震波波形処理と提供の研究

着未着法の実用化と震度マグニチュード

防災システム研究センター 研究参事 堀内茂木



### はじめに

気象庁の緊急地震速報は、地震が発生すると、震源とマグニチュードを即時的に配信します。地震波波形処理と提供の研究では、日本全域約800ヶ所に設置された、Hi-netによるリアルタイム地震波形データを自動的に解析し、震源とマグニチュードとを自動的に推定するための解析システムの開発を行ってきました。

### 着未着法による震源決定

地震による被害は震源域の近傍に集中するので、できるだけ早く震源位置を決定する必要があります。このため、多くの観測点にP波が届くのを待って解析を行うことはできません。我々は、着未着法といって、2観測点以上でP波が観測された場合、P波到着時刻の他に、P波が未だ到着していないというデータを不等式で表し、解を数値的に求める手法を開発しました。

震源決定のアルゴリズムを複雑にさせる一つの原因は、地球内部の不均質性が大きいことによります。例えば、トンガで発生する深発地震は、大きな振幅の地震波が、伊豆・小笠原海溝から沈み込んでいるプレートに沿って伝播してくるため、新潟県付近だけが、大きく揺れます。このため、開発当初は、トンガの地震を新潟付近に決めることもありました。また、日本では、微小地震も含めると、一日当たり、約300個の地震の震源が決定されており、2個の地震が同

時に発生する場合も頻繁にあります。

この他、人工的ノイズが混入する場合や、地震計の感度の検定のため、地震計を人為的に大きく揺らすこともあります。このような場合、震源を間違えて決定したり、地震でないのに、地震であると判定したりすると、間違った緊急地震速報が配信され、社会的混乱を与えることになります。

着未着法による震源決定手法を開発する前は、このような場合に対応できる解析システムを開発するのは、相当困難であると思っておりました。着未着法は、未だ地震波が到着していないというデータを不等式で表す方法で、方法自体は単純です。

しかし、着未着法には、大きな利点があります。それは、上記理由で、間違ったデータが混入すると、誤差の小さい解が存在しなくなるという性質があることです。着未着法を考案した時、最初に着目したのがこの点です。この性質を利用すれば、間違ったデータを自動的に識別できると確信し、開発を続けてきました。

図1は、マグニチュード3以上の地震について、着未着法による第1報の震央と、気象庁が全ての観測データをオペレータが読み取り、最終的に推定した震央とを比較したものです。

この図が示すように、着未着法を用いることにより、99%の地震について、ほぼ正確な震源位置が地震検出後数秒間で決定できるようになりました。

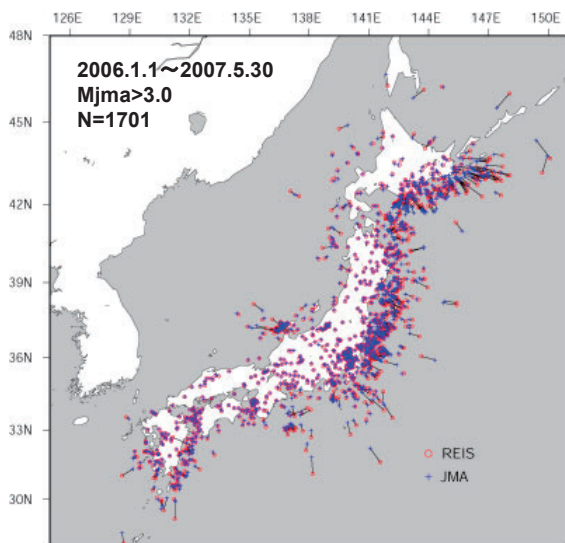


図1 緊急地震速報のための即時解析システムによる震央決定の誤差。着未着法による震央(○)と、気象庁による全観測データの処理で、最終的に推定された震央(+ )とのずれが線分の長さで表されている。

## 震度マグニチュードの提案

緊急地震速報では、正確な震度を推定できるようにすることが最も重要だと思われます。従来の震度推定の多くは、気象庁マグニチュードに、司・翠川の距離減衰式を適用して行うものです。気象庁マグニチュードは、地震による揺れの変位振幅で定義されており、変位分布を最も良く満足するマグニチュードであると解釈できます。一方、震度は、フィルター処理された加速度の大きさで定義されています。このため、気象庁マグニチュードで震度を予測することは、変位を測定して、加速度を予測することに対応しています。

例えば、1Hzが卓越する地震と、3Hzが卓越する地震では、変位が同じでも、加速度は9倍違います。このため、マグニチュードから震度を予測すると震度2の誤差が生じます。マグニチュードから震度を推定するのは、原理的に正確ではありません。我々は、震度が加速度で定義されているので、震度の推定は加速度で定義

される新しいパラメータを用いて行うべきであると指摘し、震度マグニチュードの導入を提案しました。このマグニチュードは、震度から直接定義されているため、地震の卓越周期の違いによらず、正確な震度を推定することができます。震度マグニチュードとは、震度分布を最も正確に表現するマグニチュードのことです。

震度マグニチュードを用いて震度を推定する場合の、平均的予測誤差と、気象庁マグニチュードを用いて推定する場合のそれとを地震毎に比較しました(図2)。

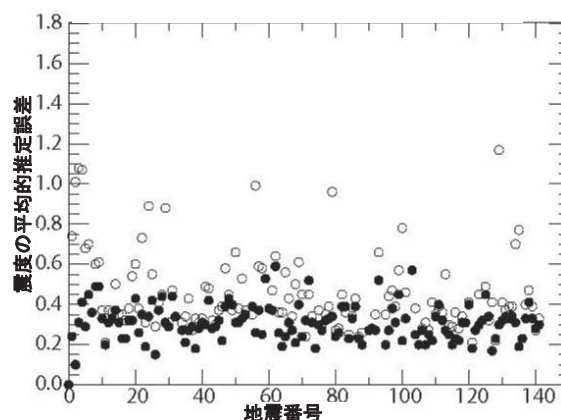


図2 震度マグニチュード(●)と、気象庁マグニチュード(○)を用いる場合の震度の平均的推定誤差の比較。

図から明らかなように、震度マグニチュードを用いる場合の震度の推定誤差に比べ、気象庁マグニチュードを用いる場合の誤差は大きくなっています。気象庁マグニチュード、震度マグニチュードによる震度の標準誤差は、それぞれ、0.56, 0.47です。

震度マグニチュードは、震度推定に適していますが、震度マグニチュードの緊急地震速報での適用に関しては、現在、気象庁でも検討を行っており、近い将来これを利用するようになり、精度の高い震度推定が行われるようになるものと期待されます。