

緊急地震速報のための震源決定

緊急地震速報のための即時処理システム

地震が発生するとP波が到着し、その後、P波に比べ振幅が数倍大きいS波主要動が到着します。大きい地震が発生した場合、震源近傍のP波を利用して震源の位置とマグニチュードを推定し、それを伝達できれば、地震の大きな揺れが到着する前に、各種機器を制御することができ、地震災害の直接的軽減が可能になるものと期待されます。緊急地震速報のための即時処理システムとは、地震観測データを自動的に解析し、解析結果をリアルタイムで配信するシステムです。

緊急地震速報は社会全体の活動を一時的に停止させる可能性のある情報であり、間違った情報は、社会的混乱につながります。しかし、地震は自然現象であり、地震の発生機構は地震毎に全て違ってまいります。観測データには、人工的ノイズや電氣的ノイズの混入、前震を伴う地震や、複数の地震が別の場所で同時に発生する場合があります。しかも、震源を早く決定する必要から、データは、少数の観測点の、僅かしか利用できません。このため、リアルタイム震源決定には、多くの技術的開発要素が含まれています。

我々のプロジェクトでは、少ないデータでほぼ正確な震源を決定するための着未着法（図1）を開発しました。この方法は、観測データの他に、地震波が到着しないという情報を利用する方法です。震源決定には、正確なP波到着時刻のデータが必要ですが、正確な到着時刻を自動的に読み取る手法（図2）も開発しました。しかし、ノイズの混入や、複数の地震が同時発生した場合には、これらの方法のみで、ノイズ等を正確に除去することはできません。我々は、毎日発生する地震の処理結果をチェックし、正しい処理ができない場合には、その度毎に原因を追及し、アルゴリズムの改良を行ってきました。過去4年間に渡る改良で、ノイズ等の除去に関する高度な機能が開発され、その結果、約99%の地震について（図3）、ほぼ正しい震源決定が行えるようになりました。

図1. 着未着法による震源決定法

地震が発生し、時刻 t で、P波波面が図の破線の位置まで拡大したとします。この場合、波面の内側の観測点ではP波が観測されますが、外側の観測点では、観測されません。大きい地震の場合、外側の観測点でも、時間が経過するとP波が観測されるはずですが、着未着法は、P波到着時刻の他に、波面の外側の観測点で、時刻 t までに、P波が届いてはいけな、即ち、P波の理論的到着時刻が、 t より大きくなければならないという不等式を満足する解を導く方法です。ノイズ等のデータが混入すると、到着時刻を満足する解が、この不等式を満足しないことが多く、この性質を利用して、間違ったデータの自動除去も行っています。

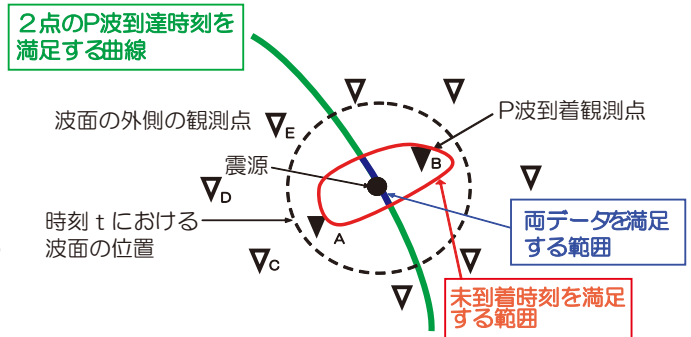
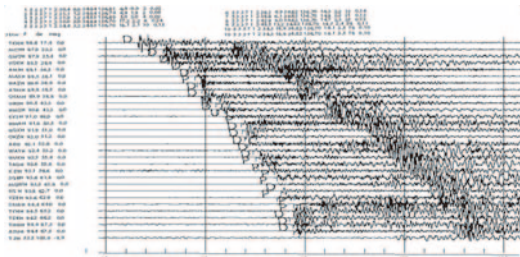
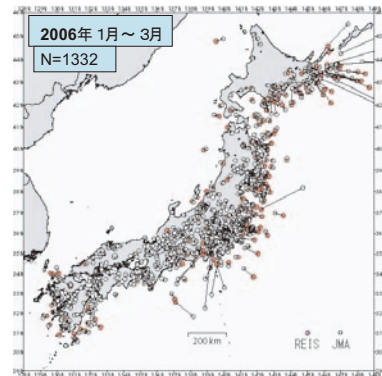


図2. P波到着時刻自動読み取り結果の表示例



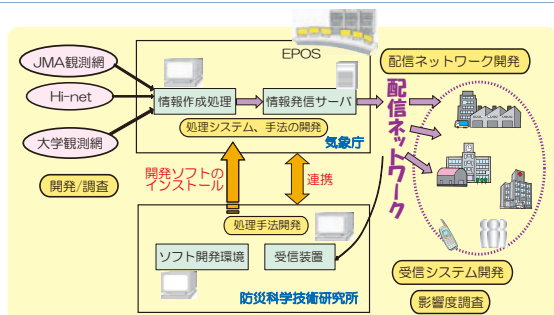
地震波には、人工的、電氣的ノイズが混入する場合や、P波振幅が小さい場合があります。従来開発されたP波到着時刻の自動読み取り手法は、数学的、統計的手法であり、この方法だと、ノイズをP波と読み誤る場合や、正確な到着時刻が読み取れない場合があります。そこで、地震学的、経験的知識を、多くのパラメータで表すことにより、新しい到着時刻の読み取り手法を開発しました。この開発により、電氣的ノイズや、小振幅のノイズをP波と誤って読み取ることは殆どなくなりました。

図3. 緊急地震速報のための即時震源システムによる震央位置（第一報）と、気象庁によるマニュアル処理結果との比較



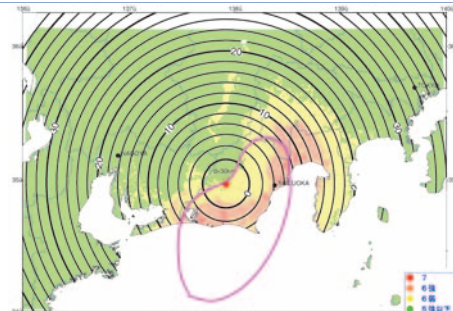
着未着法の導入、複数の地震発生やノイズ混入時にも正しく処理できるよう、ソフトウェアの改良を行った結果、99%の地震の震源がほぼ正確に求められるようになりました。

図4. 気象庁との即時震源決定システムの共同研究



緊急地震速報の実用化には、信頼性の高い震源決定システムを開発する必要があります。本プロジェクトで開発されたシステムは気象庁にインストールされ、処理結果は、気象庁によるシステムと統合化され、配信されています。

図5. 想定東海地震の時間的余裕



想定東海地震が、図の★印で発生した場合、緊急地震速報が配信されてから、大きな揺れが到着するまでの時間は、静岡で約4秒、名古屋で約16秒、東京で約36秒あると見込まれます。