

## ~ AQUA ~ 即時高精度震源パラメータ解析システム

### High accurate and quick analysis (AQUA) system for source parameters

# 松村 稔[1]; 伊藤 喜宏[1]; 木村 尚紀[2]; 小原 一成[1]; 関口 渉次[1]

# Minoru Matsumura[1]; Yoshihiro Ito[1]; Hisanori Kimura[2]; Kazushige Obara[1]; Shoji Sekiguchi[1]

[1] 防災科研; [2] 防災科研

[1] NIED; [2] N.I.E.D.

#### 1. 目的

大規模地震の震源要素(位置, 規模)やメカニズム解を即座に決定することは, 防災研究上非常に重要なテーマであり, 従来より様々な手法が研究され, 実用化に至っているものもある. これらのシステムでは, わずか数点の観測点データで, 大まかな震源位置や規模を非常に短時間で推定することが可能になっている.

一方, 高い精度を持った震源要素の解析の場合, 1~十数分程度の遅れが生じるのが普通であった. また, セントロイドモーメントテンソル(CMT)解析は, 発震機構解の推定のみならず, 通常の震源決定手法により十分な精度が得られない海域下で発生する地震の深さの推定にも有効であり, 即時かつ高精度の自動 CMT 解析システムの構築が望まれる.

そこで, 震源要素の精度を可能な限り保持しつつ, 迅速に震源決定と地震規模の推定を行い, CMT 解析までを実施するためのシステム ~ AQUA ~ を構築した.

#### 2. 解析システム

##### 2-1 震源決定

本システムでは, 震度 3 程度以上の中~大地震をターゲットとする事で, 通常実施される AIC などを使用した初動検測は一切行わず, 防災科研 Hi-net データの, 1 秒刻みの RMS 振幅が基準値を超えた時刻(以下トリガー時刻)のみを使用している. このデータは, 木村(2001)による超即時震源決定システムからのデータを用いている. トリガー ON 観測点が 15 地点以上に達した時点で, 最小二乗法による震源決定計算が開始される. 15 観測点に達するまでの時間は, 地域にもよるが, 地震波が最も近い観測点に到達後およそ 4~5 秒であり, 震源計算に要する時間はおよそ 2~3 秒である. 更に地震データ受信時の遅延待機時間やトリガー判定に要する時間を総合すると, 地震検知から 15~17 秒後には処理が終了する.

##### 2-2 地震規模推定

本システムでは, トリガー時刻から 2 秒間の 1 秒 RMS 振幅を使用して地震規模を推定している. トリガー時刻およびその次の秒の RMS 振幅のうち, 値の大きな方の RMS 値を計算に使用する. 各観測点での RMS 振幅, 震源距離と震源の深さより, 次式によりマグニチュードを計算し, 平均化したものを最終的なマグニチュードとする.

$$M = 1.49 \log \quad + 1.91 \log \quad - 0.0118D - 5.44 \quad ( \quad 200\text{km} )$$

( :RMS 振幅(nm/sec), :震源距離(km), D:震源の深さ(km) )

##### 2-3 CMT 解析

2-1 で得られた震源決定の結果を初期震源として用いて CMT 解析を行う. 解析には防災科研 F-net の記録を用いる. セントロイド震源およびセントロイド時刻はグリッドサーチにより推定する. グリッドは初期震源の周りに水平方向  $0.05^\circ$ , 深さ 3km 間隔および時間 1 秒間隔で配置し, 各グリッドにおいてモーメントテンソル解析を行い, 波形の一致性を示す Variance Reduction が最大となるセントロイドの位置, セントロイドの震源時刻およびモーメントテンソル解を CMT 解として求める. 本システムでは CMT 解析を 2 段階に分けて行う. はじめに, 即時性を優先する解析として, 周囲の 6 観測点のみを用いて, 震央を初期震央に固定してセントロイドの深さと時刻のみを推定する(以下, MT 解). 次に, 推定精度を高めるために, 使用観測点を増やした解析を行い, セントロイドの位置(緯度, 経度, 深さ)および時刻を求める(以下, CMT 解)

#### 3. 性能

2004 年 8 月に稼働を開始以来, 全トリガーイベント(執筆時点で 294)のうちの 96%のイベントで, 精度基準を満たす震源要素が計算され, 更にそのうちの 65%のイベントで CMT 解が得られた. 当システムで得られた震源位置と気象庁一元化震源との差の標準偏差は, 水平位置 8.2km, 深さ 10.9km, マグニチュード 0.4 であった. 対象を Hi-net 観測網内の地震に限定するならば, それぞれ 3.3km, 7.2km, 0.2 となり, 震源要素の暫定値としては十分な精度を有している. CMT 解析に要する時間は, マグニチュードが 4~5 の地震において, 地震発生後 5 分程度で周囲の Hi-net 観測点の P 波初動極性分布を十分満足する CMT 解が得られている. また, 最新のシステム動作環境にて, 2003 年十勝沖地震, 2004 年紀伊半島南東沖の地震および 2004 年新潟中越地震について再解析を行ったところ, いずれの地震についても, MT 解については地震発生後から 8 分程度, CMT 解については本震発生後から 10 分程度で解を得ることができた. 得られたモーメントテンソル解は防災科研 F-net の MT 解カタログ, および Harvard CMT カタログとほぼ同等であった.