

緊急地震速報の概要や処理手法に 関する技術的参考資料

気象庁地震火山部

平成20年7月29日

目 次

1. 概要
2. 単独観測点処理
 - (1) レベル法
 - (2) B - 法
3. 複数観測点処理
 - (1) テリトリー法
 - (2) グリッドサーチ法
 - (3) マグニチュード計算方法
 - (4) 着未着法
 - (5) EPOS による自動処理手法
4. 震度予測及び主要動到達予測時刻算出処理
 - (1) 入力処理
 - (2) 震度予測値計算処理
 - (3) 強振動(主要動)到達予測時刻算出处置
 - (4) 出力処理

1. 概要

緊急地震速報は地震発生後、震源付近の観測点のデータを元にして出来る限り早く震源やマグニチュードを推定してユーザーに提供する情報であり、震源やマグニチュードの推定精度が良くなるたびにそれを更新するものである。その結果、震源と観測点の位置関係によっては対象となる地域に S 波（主要動）が到達する前に、場合によっては P 波が到達する前に情報を配信することが出来る。

我々が地震の発生を知るためには、震源に最も近い観測点に P 波が届く必要がある。この届いた P 波を観測点で処理することが、現在の技術で最も早く大地震の発生を知る手法である。個々の観測点において地震波形を処理し、観測点から震央までの距離や最大振幅値などを算出することを「単独観測点処理」と呼ぶ。この結果は処理中枢（気象庁本庁）に直ちに送出される。処理中枢において、単独観測点処理の結果が 1～2 地点集約されるとテリトリ法、3～5 地点集約されるとグリッドサーチ法と呼ばれる手法によって震源、マグニチュードが算出される。これを複数観測点処理と呼ぶ。この震源とマグニチュードから各地の震度や地震波の到達時間が計算され、緊急地震速報の発表条件、また更新条件を満たした場合に発信される（図 1）。

本資料では緊急地震速報処理の技術的な解説を行う。なお理論的背景等は参考文献等を参照されたい。

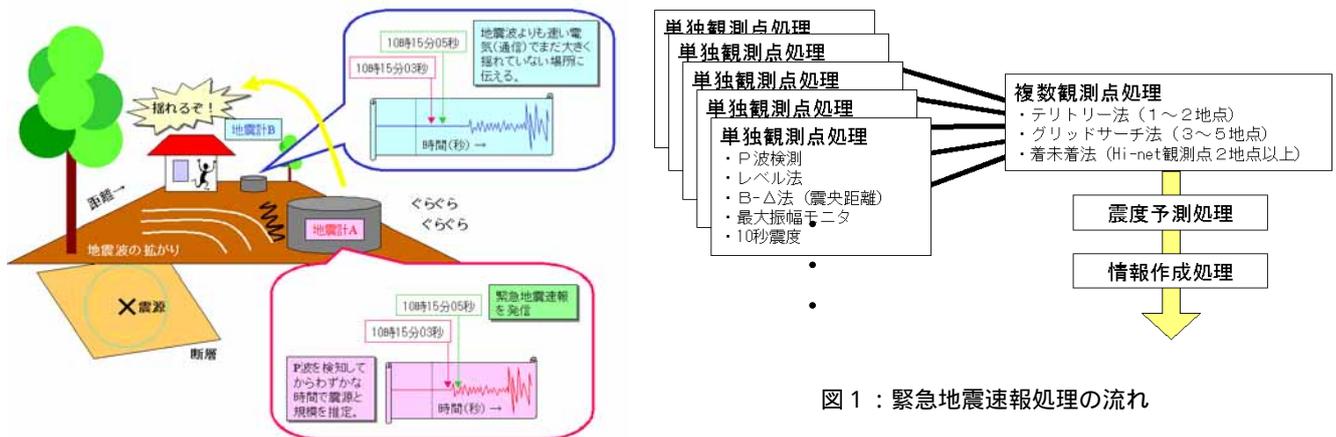


図 1：緊急地震速報処理の流れ

2. 単独観測点処理

P 波が観測点に到達し、基準以上の地動が観測されると単独観測点処理が開始される（この処理は P 波が観測点に到達してから逐次実行され、地動が通常状態に戻るまで毎秒処理中枢に結果が送信されるが、振幅のモニターを除いた処理は、最初の 2 秒間で行われる（図 2））。

単独観測点処理にはレベル法、B-Δ法と呼ばれる処理があり、最大振幅値や震央距離、マグニチュードなどが推定される。その他、併置されて

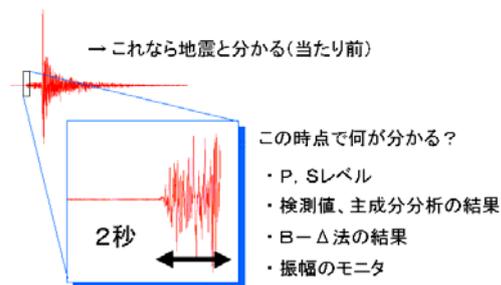


図 2：2 秒間で波形を処理するとは？

現在複数観測点処理には、気象庁の地震観測網で行われるこれらの処理と並行して、防災科学技術研究所の Hi-net 観測網を用いた着未着法も試験的に導入し、その結果を統合して実証試験を行っている。これらの処理は実証試験での結果を精査しつつ、近い将来、上位のデータ処理において統合する計画である。

いる震度計では、10 秒震度と呼ばれる 10 秒間ごとの計測震度データが 6 回算出される。

また、個々の観測点には、地震とは異なる人工ノイズ、あるいは機器ノイズによって誤情報が送られることが無いよう、品質管理センサと呼ばれる地震計を併置しており、単独観測点処理結果を送信するか否かは、地震計の解析結果と品質管理センサの結果の組み合わせになる(表 1、図 3)。

なお、単独観測点処理の中核をなす、レベル法及び B - 法は、以下とおりである。

(1) レベル法

レベル法は観測点直下付近で地震が発生する場合を考慮したものである。現在はパルスノイズを除去するために高周波をカットした上下動加速度波形、あるいは加速度水平動 2 成分合成波形が 100gal を超え、かつ品質管理センサが基準以上の振幅を観測した場合、処理中枢に観測データを発信する(図 4)。

(2) B - 法

地震波が観測点に到達し、ノイズレベルの 10 倍の振幅が観測された場合(以下トリガと称する)処理が開始される。まず、最初にトリガがかかった時点から遡ってノイズレベルを振幅が超えたと考えられる時点を読み取る。これを P 波の検出時刻と呼ぶ。この時点から 1 秒間の変位波形を用いて地震波がどちらの方向から到来したか(主成分分析)を求める(図 5)。次に 2 秒間の加速度波形の絶対値波形を作成し、これに、

$$y(t) = Bt e^{-At} \quad \dots(1)$$

をフィッティングする(図 6)。(1)式の係数 B はこの絶対値波形の増加率を反映した数値、係数 A は振幅増加傾向の継続時間を反映した数値である。つまり、係数 B が大きければ大きいほど鋭く立ち上がり、係数 A が小さければ小さいほど振幅増加が長く続くということになる。特に、係数 B は震央距離と反比例の関係にあり、係数 B からおよそその震央距離を求めることが出来る(図 7)。

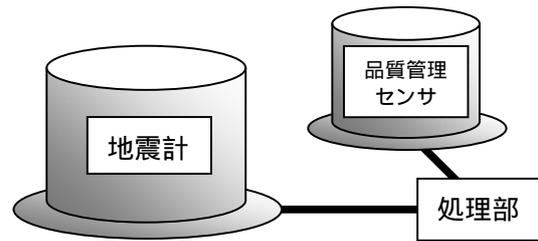


図 3 : 誤作動を防止する品質管理センサ

表 1 : レベル法結果は品質管理センサが ON にならないと送出されない。

	品質管理センサ ON	品質管理センサ OFF
レベル法	送出される	送出されない
B - 法	送出される	送出される

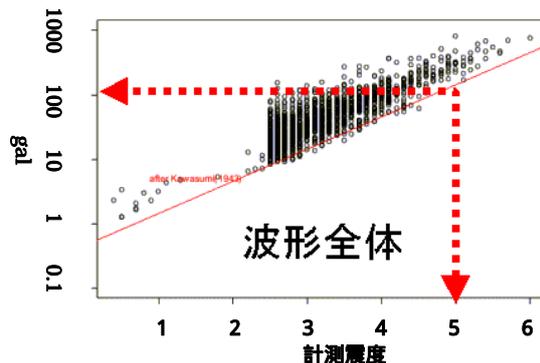


図 4 : 60 秒間の加速度 3 成分合成波形の最大振幅と計測震度の関係

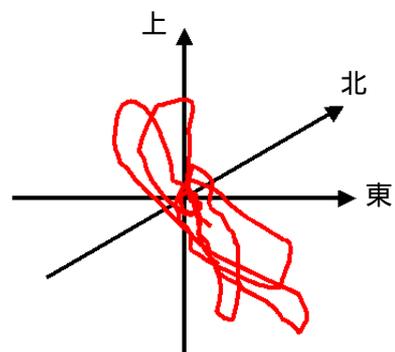


図 5 : P 波初動部(変位波形)1 秒間のパーティクルモーションの主軸から地震波の到来方向を求める。

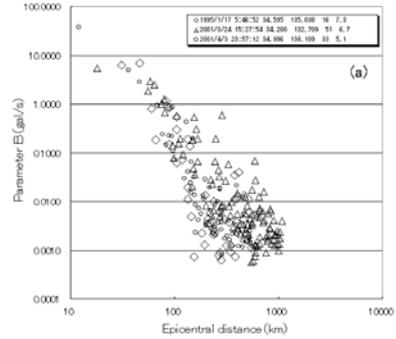
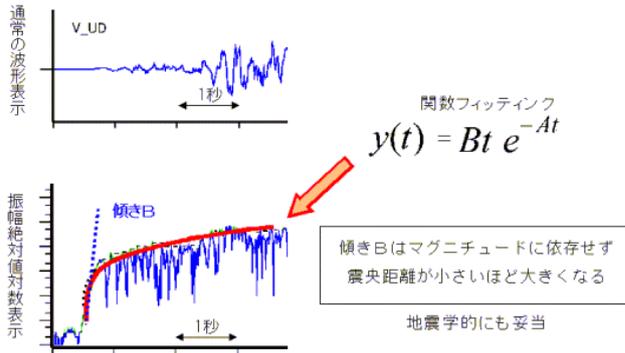
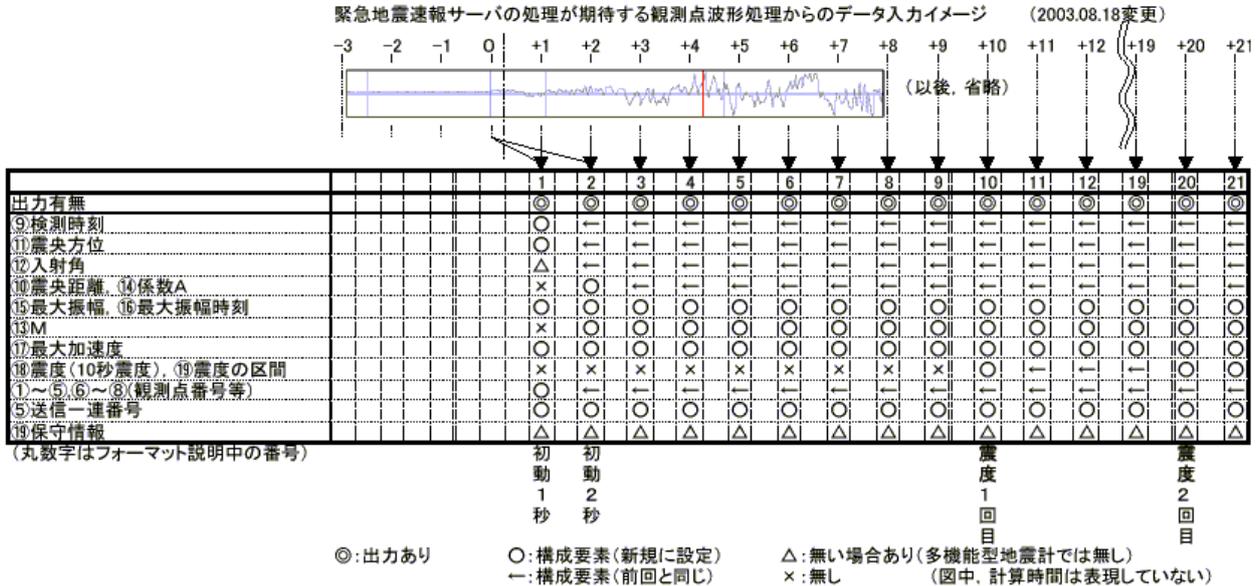


図6：P波初動部（加速度絶対値波形）へ関数（1）式をフィッティングし、係数A、Bを求める

図7：傾きを表す係数Bと震央距離の関係

(1)(2)の処理は、各種ノイズ識別処理と並行して行われる。このノイズ識別処理は上下動と水平動との振幅比、データのばらつき度、係数A、係数B等の値を用いて行われている。単独観測点情報はトリガ処理後、トリガ終了時まで毎秒中枢に送られる。図8に時間経過にしたがって変化する情報内容を記載する。また緊急地震速報に関する技術資料<資料編>に単独観測点情報のフォーマットを示す。

なお、単独観測点処理は処理速度の速さが優先されるため、複数観測点処理で得られる震源やマグニチュードの推定結果は最終結果との差は一般に大きい。また、大きな地動ノイズが入力し、処理中枢に処理結果が送出される場合がある。



発信タイミングは、9.検測時刻・11.震央方位算出時(検測時刻1秒後)、10.震央距離・14.係数A・13.M算出時、一定時間毎(通常は1秒毎)の4パターンがある。検測時刻1秒後の発信において、15.(変位の)最大振幅・17.最大加速度ともに設定する。各送信において、15.最大振幅・17.最大加速度はともに、それまでの最大値を設定する。18.10秒震度は、その算出後に発信するデータに含めて発信する。(上の図のように、検測時刻10秒後になるとは限らない) A処理(波形処理):観測点単独の波形から検測時刻・震源方位・震央距離等の必要な情報を抽出する処理 B処理:単独点または複数点の波形処理結果を使用して、震源・マグニチュード・震度等を求める処理 この他に、レベル検出型と物理的センサーによるものがある。いずれも、振幅が所定のレベルを超えた場合に、上とは別のタイミングで出力する 欠測データ・生存データも別途

図8：時間経過によって変化する単独観測点情報

3. 複数観測点処理

単独観測点において処理された情報が処理中枢に送られると処理中枢では複数観測点処理が始まる。

(1) テリトリー法 (1、2点処理)

1、2点処理では厳密な震源決定を行うことは不可能だが、観測点の配置状況をもとに、これら以外の観測点には地震波が到達していないということを利用して、おおよその震央位置を推定することが可能である。これをテリトリー法と呼ぶ。

池に石を投げ入れると波紋が同心円上に広がってゆくように、地震波も震源からほぼ同心円上に広がっていく。もっとも単純に考えると、地震波が最も早く到達した観測点の周辺に震源があると推定することが出来る。内陸地域の場合、観測点はほぼ等間隔で配置されていることから、2つの観測点の間に垂直二等分線を引き、その垂直二等分線で囲まれた多角形の領域 (テリトリー) 内に震源があると仮定することが第一近似としては妥当である (図9)。このテリトリーの範囲はあらかじめ計算されている。沿岸付近や島嶼部の観測点のように、周囲に観測点が存在しない場合には、この領域は広く設定される。観測点はその配置状況から、周囲を他の観測点に囲まれているのか (内部観測点)、一部囲まれているのか (外部観測点)、他の観測点と離れているのか (孤立観測点) に分けられる。図10に各観測点のテリトリー例を示す。2点目に地震波が到達すると、1点目と同様に描かれた2点目のテリトリー (2次テリトリー) と、元の1点目のテリトリーとの重なった部分に震央があると推定されるので、その領域はかなり限定される。

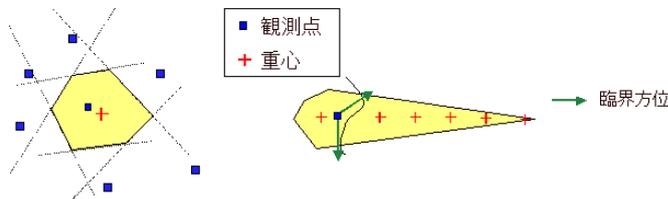


図9：内部観測点 (左側) と外部観測点 (右側) の重心の設定方法。外部観測点は観測点のない方向は単独観測点処理結果の震央距離に応じて重心を変えてゆく。

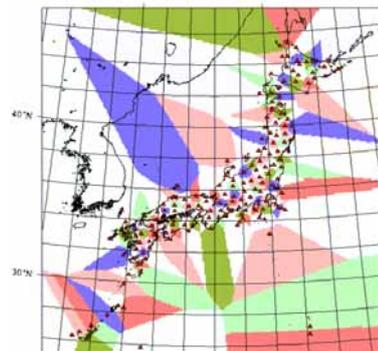


図10：各観測点のテリトリー

なお、観測点は常時全点稼働が期待されるが、停電や機器故障、断線等により各観測点に障害が発生する場合がある。各観測点は1分毎に生存情報を処理中枢に送信しているが、生存情報の有無によって観測点の障害を自動的に検知し、テリトリーの範囲は自動的に再計算される。

1点処理

現地観測点から単独観測点処理結果を受信すると、処理中枢ではまず1点処理 (観測網を使つての処理であるため、これも複数観測点処理と呼ぶ) が起動する。

はじめに、観測点の位置が次のどれに該当するかを調べ、その状況により震源を求める。

- ・ 内部観測点...垂直二等分線で囲まれた多角形の重心を震源とする。
- ・ 外部観測点...単独観測点処理で得られた方位が内部側を向いていれば、垂直二等分線で囲まれた多角形の重心を震源とする。外部側を向いている場合は、単独観測点処理結果 (震央距離、方位) を併用して推定震央距離に応じた地点を震源とする。

- ・ 孤立観測点...単独観測点処理結果（震央距離、方位）を震源とする。

震源の深さについては、この時点では決定出来ないで、防災対応の観点から揺れの強さが大きく算出される 10km とする。

2 点処理

2 点目のデータを受信すると、2 点目の検測値と 1 点目の検測値の時間差と P 波見かけ速度とを比較し、同一の地震に対して発生したものであるかどうか判定する（同一性判定処理）。同一地震と判断された場合は、2 点処理を行う。

- ・ 1 点目が内部観測点... 2 次テリトリーの重心を震源とする。
- ・ 1 点目が外部観測点...単独観測点処理で得られた方位が内部側を向いていれば、2 次テリトリーの重心を震源とする。外部側を向いている場合は単独観測点処理結果（震央距離、方位）を併用して推定震央距離に応じた地点を震源とする。
- ・ いずれかが孤立観測点の場合...1 点目、2 点目の単独観測点処理結果を組み合わせるとその中点を震源とする。

震源の深さについては、1 点処理と同様に決定出来ないで、防災対応の観点から 10km とする。

(2) グリッドサーチ法 (3 ~ 5 点処理)

グリッドサーチ法とは、水平方向には 0.1 度ごと、深さ方向にはそれぞれの地域の地震の発生状況を考慮して 10km 毎に震源を仮定し、(2)式によってそれぞれ理論走時と観測走時の残差を計算することによって、最も残差が小さくなる震源を探すものである。

$$R = \sum_i \sqrt{\{(T_{oi} - T_{os}) - (T_{ci} - T_{cs})\}^2} \quad \dots (2)$$

最初に揺れた観測点の周辺（水平方向に 2 度以内）の領域で計算を行う。

観測点配置の状況によってグリッドサーチする範囲を絞り込む。

各グリッドに対して相対的な走時残差を求め、誤差の最小のグリッドを震源とする

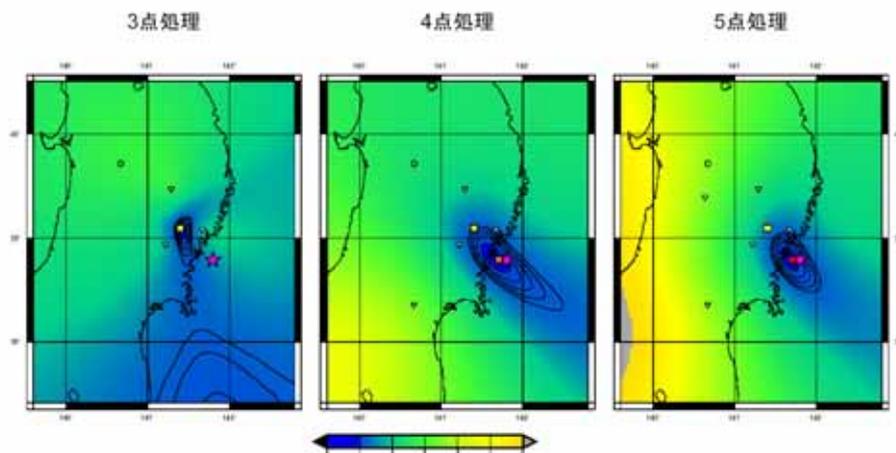


図 1 1 : 平成 15 年 5 月 26 日に発生した宮城県沖地震のグリッドサーチ処理結果。青い色が濃いエリアほど走時残差が少ないことを示している。黄色の四角形は 3 点処理結果を、オレンジ色は 4 点処理結果を、赤色は 5 点処理結果を示し、ピンクの印は情報発表に用いた震源を示している。この地震については 4 点処理でほぼ最終値が得られていることがわかる。

グリッドサーチを行えば常に正しい震源が得られるというわけではなく、観測点配置が悪い場合には震源が推定しにくくなり、場合によっては大きな誤差を伴う可能性が考えられる。これを防ぐため、グリッドサーチ法では、

複数の観測点で地震検知時刻がほぼ同じである場合、浅い地震であっても離れたところでの深発地震と判断してしまう可能性がある。そのため、3、4点処理では130kmより深い候補は震源決定に用いない。

震源に近い観測点が重視されるように震央距離による重みをつける。

こととしている。

(3) マグニチュード(M) 計算方法

上記処理により得られた震源と各観測点の最大振幅を用いてマグニチュード計算を行う。気象庁の一般的なマグニチュード計算では、地震波の初動部だけではなく地震波全体の最大振幅によってマグニチュードを求めるため、即時的なマグニチュード計算は不可能である。緊急地震速報処理では地震検知後早い段階からのマグニチュード推定を可能とするため、P波の部分(P相M)とS相到達以降(全相M)の2種類のマグニチュード計算式を設定し、各観測点にS波が到達したと考えられる時間に対応して計算式を切り替えている。

このため、緊急地震速報処理で得られた震源位置と実際の震源位置の差や最大振幅の現れ方の差によって、マグニチュードが一時的に増減する可能性が考えられる(図12)。これを防ぐために、

各観測点ではP相を検知した後、3秒後の最大振幅からP相Mを求める(これ以降、毎秒最大振幅を計算してM計算を行う)。

理論的なS相が到達すべき時間の70%まではP相Mを求める。それ以後は全相M式に切り替える。但し、全相Mに切り替えた途端マグニチュードが小さくならないよう、しばらくの間マグニチュードを固定する(固定M)。固定Mよりも全相Mが大きくなれば全相Mに切り替える。全相Mが固定Mを超えない場合も、固定Mから算出した破壊継続時間を超えた場合、全相Mに切り替える。

という更新条件を設け、その結果を緊急地震速報のMとしている。

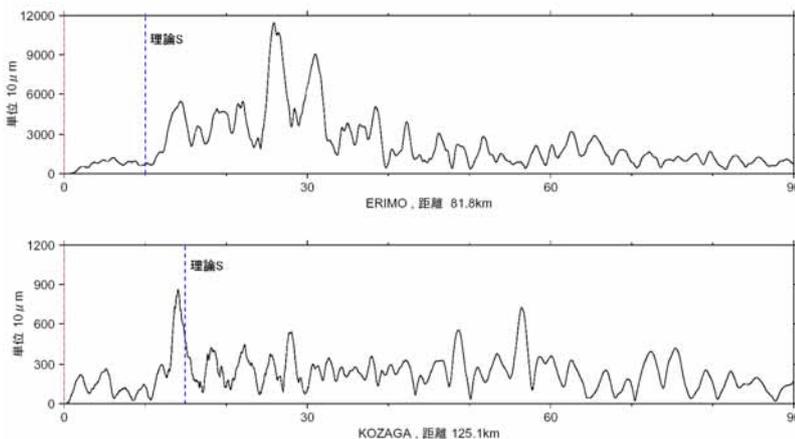


図12：上図は平成15年9月26日十勝沖地震の際のえりも観測点の3成分合成変位振幅を示している。青い点線部が理論Sであり、理論S後の約1.5秒後に最大振幅が発現していることが分かる。そのため、理論SでM計算式を切り替えてしまうと、理論S走時から最大振幅発現までの間の時間はMを小さく見積もることになってしまう。

下図は平成16年9月5日の紀伊半島南東沖地震の古座川観測点の3成分合成変位振幅を示している。上図と違い、理論走時よりも先に最大振幅が発現しているため、理論Sの直前までP相Mを求めると、Mを過大に見積もることとなる。

緊急地震速報では、これらの事例などから計算式の切替や理論S走時の到達前後でMが大きく変動しないようにしている。

(4) 着未着法

この手法は(独)防災科学技術研究所において開発されたグリッドサーチ法の一つである。緊急地震速報は気象庁の地震観測網(多機能型地震計)のデータを用いて処理を行っているが、着未着法は防災科学技術研究所のHi-net観測網を用いて処理を行っている。これらの観測網は観測点密度、センサーの特性、保守に関する考え方などが異なっているが、互いの特徴を活かせるような形で緊急地震速報の高度化を試みるプロジェクトが始まっている。その過程において、着未着法の「処理結果」を試験的に緊急地震速報の処理に取りこみ、精度や処理速度を向上させるための比較試験を実施している。近い将来には両者の処理プログラム自体の融合を行う計画である。

(5) EPOSによる自動処理手法

気象庁のEPOS(Earthquake Phenomena Observation System)による処理では、観測点からの波形データを処理中枢に集めて地震検知処理(トリガ判定)を行い、地震であると判断されるとP相、S相、および最大振幅の自動検測を行って震源を求めている。この処理は波形データを処理中枢に集め、かつ数観測点での振幅変化が起きないと処理が開始されないため、緊急地震速報処理よりは結果が出る時間が遅い。しかし、緊急地震処理と異なりS相も震源決定に用いるため、精度としては一般に緊急地震処理よりも高いと考えられる。

現在のところ緊急地震速報の発表にあたっては、従来型の自動処理で得られる震源やマグニチュードも利用することとしている。但し、気象庁では津波予報のための作業を優先し、大きな地震が発生した場合には自動処理が中断されることがあり、この場合、自動処理結果は緊急地震速報処理結果に反映されない。

4. 震度予測及び主要動到達予測時刻算出処理

1) 概要

緊急地震速報において、被害を生ずる強震動の強さの程度及び揺れの到達時刻を実際の揺れが到達する前に予測することは、地震防災対策上極めて有効である。緊急地震速報では前項までの手法により逐次推定される震源位置、深さ及びマグニチュード等をもとに、対象となる地域で予測される強震動の強さの程度を予測震度に換算すると共に強震動の到達予測時刻を算出し発表している。

震度の予測には、強震動予測の手法を活用している。強震動予測手法には回帰式等の統計的手法から求めた地震動の距離減衰式に代表される経験的手法と、地震波の発生・伝播の物理的モデル等を活用し高精度に予測する理論的手法の二種類がある。緊急地震速報では、簡便かつ迅速に計算できる経験的手法を採用している。

震度予測の手順の概要は以下のとおりである。

震源位置、深さ、マグニチュード等より最大速度の距離減衰式を適用し、対象となる地点(全国震度観測点:約4000点)の「基準基盤」における最大速度を求める。

各観測点での地盤増幅度を乗じることで対象となる地点での増幅特性を考慮し、地表での最大速度を算出する。

地表での計測震度に換算する。

距離減衰式には、震源までの最短震源距離を入力するが緊急地震速報の発表対象となる規模の大きな地震については、震源はもはや点ではなく、空間的に広がりをもった震源域として扱う必要があること、緊急地震速報を発表するタイミングでは正確な断層パラメータ等が確定することは不可能(断層走向を特定できない)であるという課題がある。そのため防災対応上の安全を見込み、震源を中心としてマグニチュードから相似則により予測される断層の長さの1/2を半径とした球を設定し、対象となる地点までの距離は、その球面からの最短距離を採用している(ただし、情報発表内容に応じて点

震源想定 of 単純な震源距離での計算も採用している)。

主要動の到達予想時刻の算出には、S 波の走時表を活用している。規模の大きな地震の場合、最大振幅は S 波到着時刻よりやや遅れて発現することが多いが、気象庁では走時表から求めた S 波の理論走時を主要動の到達予想時刻としている。

緊急地震速報で予測震度及び主要動到達予想時刻を発表するまでの処理の流れを表 4-1 に示す。

1) 入力処理 最大振幅値 (加速度値)、震源位置、深さ、マグニチュードの入力
2) 震度予測値計算処理 震源決定手法、震源精度等による震度予測手法等の切り替え 対象となる地点 (全国震度観測点: 約 4 0 0 0 点) の基準基盤上における最大速度の推定 (震源最短距離を用いた強震動予測手法による推定) 地表面での最大速度の推定 (国土数値情報にある表層地盤の地盤増幅度の利用) 対象となる地点の計測震度の算出 (地表における最大速度と震度の換算式の適用)
3) 強震動 (主要動) 到達予想時刻算出処理 対象となる地点での S 波 (主要動) の理論走時より算出
4) 出力処理 震源決定手法、震源精度及び時間経過による予測震度発表内容の選択

表 4-1: 予測震度を発表するまでの処理の流れ

2) 処理詳細

入力処理

予測震度を算出するための入力データは、基本的に震源位置 (緯度、経度)、震源の深さ、及びマグニチュードであるが、単独観測点処理のレベル法においては、あらかじめ設定している閾値を超えた場合の最大振幅 (最大加速度値) を入力データとする場合もある。震度予測、強震動 (主要動) 到達予想時刻算出の震源計算手法別入力データ等は以下の通りである。

(1) 震度予測のための入力データ

a) 単独観測点処理のレベル法の場合

既定値を用いる場合

- ・ 震央 (当該観測点の緯度、経度)
- ・ 深さ、マグニチュード (事前に設定している値 [既定値: パラメータ])

予測震度計算式 (最大加速度値から震度を推計する式) を用いる場合

- ・ 最大加速度値

b) その他の震源決定手法の場合

震源 (緯度、経度、深さ) 及びマグニチュード

(2) 強震動 (主要動) 到達予想時刻算出のための入力データ

震源 (緯度、経度、深さ)

震度予測値計算処理

(1) 対象となる地点の基準基盤上における最大速度の推定

本処理では地震調査研究推進本部地震調査委員会 (文部科学省) の手法に準拠する。地震動は表層地盤の違い等による影響を大きく受けるため、硬質で一様な地盤において評価することが合理的である。本処理では、基準基盤上の最大速度の推定のために最大速度に対する司・翠川の距離減衰

式(1999)を採用する。

司・翠川の最大速度距離減衰式(1999)

$$\log(PGV_{600})=0.58M_w+0.0038D-1.29-\log(x+0.0028*10^{0.50M_w})-0.002x$$

PGV₆₀₀:基準基盤(S波速度 600m/s)での最大速度(m/s)・・・水平動 2 成分のうち大きい方の値

M_w:モーメントマグニチュード D:震源の深さ(km) x:断層最短距離(km)

ここで、この式は基準基盤を S 波速度 600m/s (地盤増幅度=1.0)の硬質地盤としている。次に地盤増幅度が与えられている工学的基盤の S 波速度に対応する最大速度を求めるものとする。

基準基盤から工学的基盤までの最大速度の増幅率は松岡・翠川(1994)の計算式に基づいて算出し、基準基盤の最大速度にその増幅率をかけ合わせる。

実際に基準基盤(600m/s 相当)から工学的基盤(700m/s 相当)に変換する場合は約 0.90(0.66log(700/600))となるので、基準基盤の最大速度に 0.90 倍することで工学的基盤上の最大速度となる。

松岡・翠川の速度増幅度計算式(1994)

$$\log(ARV)=1.83-0.66\log(AVS)\pm 0.16 \quad (100<AVS<1500)$$

ARV:地表から地下 30m までの速度増幅度

AVS: 地表から地下 30m までの平均 S 波速度(m/s)

その他、関連する項目の算出式等を以下に示す。

a) 震源最短距離の計算

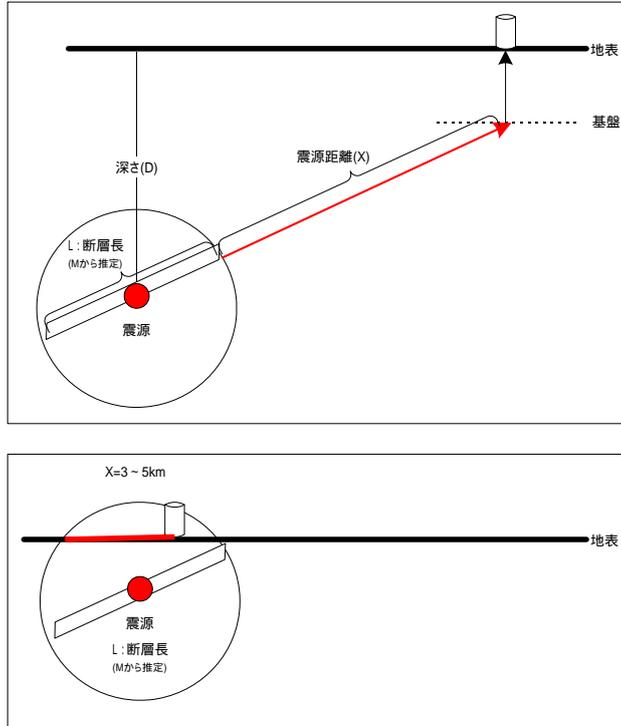


図 4-1：震源最短距離の求め方(上図は通常の場合、下図は震源近傍で震源距離が想定断層長の 1/2)よりも小さな場合である。下図の場合はパラメータで決めた閾値を設定する。

以下の式を用いてマグニチュードから相似則により予測される断層の長さを算出し、右図の通り、その 1/2 を半径とした球を設定し、その球面からの距離を最短距離とする。情報発表内容に応じて点震源想定とする場合は、断層長を考慮しない。

$$\log L = 0.5M - 1.85 \quad (\text{宇津:1977})$$

L:断層長 M:マグニチュード

なお、内陸の浅い地震が発生した場合には震源距離が断層長の 1/2 よりも近い観測点が存在する可能性があるが、その場合は一律で震源最短距離を 3 ~ 5km の範囲で設定することとしている (現在は 3km と設定している)。

b) 気象庁マグニチュード (Mjma) から Mw への変換

使用する距離減衰式では、Mw を使用しているが、計算されるマグニチュードは、気象庁マグニチュード (Mjma) と相関をとっているため、Mjma から Mw へ変換する必要がある。Mw への変換については、議論があり各種変換式が提案されているが、本処理では、以下の式を採用している。

$$M_w = M_{jma} - 0.171 \quad (\text{宇津 : 1982})$$

c) 震源の深さに関する制限

使用する距離減衰式は、概ね 50km 以浅の地震を対象として決定された式であるため、深発地震に対して適用すると最大速度値を大きく計算される。この式の懸案事項であるが、深さ 120km を越えた地震で被害が想定される震度 5 弱以上の地震は観測されたことはないため、深さ 150km を越えた場合には、震度を予測しないこととしている。

(2) 地表面での最大速度の推定

工学的基盤上の最大速度を求めた後、これから更に、地表の任意の点での最大速度を求めるには、国土数値情報にある各対象となる地点での地盤増幅度(速度増幅度)を乗ずればよい。地表での各地点の最大速度を PGV、速度増幅度を ARVi とすると、与えられた地盤増幅度は 700m/s 相当の基盤上のものであるため、以下の式で表すことができる。

$$PGV = ARVi \times PGV_i \quad (=ARVi \times 0.90 \times PGV_{600})$$

PGV_i: 地盤増幅度が設定されている工学的基盤上の最大速度 (ここでは 700m/s 相当)

PGV₆₀₀: 基準基盤 (硬質基盤: S 波速度 600m/s) 上の最大速度

(3) 対象となる地点の計測震度の算出

前出(2)で計算された地表での最大速度から以下の式を用いて、地表での最大震度を予測する。なお、この式は震度 4 以上を対象としていることに留意されたい。

地表における最大速度と計測震度との関係式(翠川・他:1999)

$$I_{\text{INSTR}} = 2.68 + 1.72 \log(PGV) \pm 0.21 \quad (4 < I_{\text{INSTR}} < 7)$$

I_{INSTR}: 計測震度、PGV: 地表における最大速度(cm/s)

a) レベル法における震度予測手法

レベル法においては 2 種類の震度予測手法を準備しており、パラメータにより切り替えが可能。

既定値による震度予測手法

レベル法により観測データが送出された場合、すなわち上下動加速度最大振幅がしきい値を越えた場合に、そのしきい値に対応し想定される計測震度値を予め既定値として各観測点毎に設定しておき、その値をその地震の予測震度として採用する方法である。

なお、マグニチュード、深さについてもそのしきい値に対応し想定される値を設定することも可能、震源位置も観測データを送出した観測点の緯度経度から設定することとしている。

現在、設定されているパラメータ等は以下の通り。

レベル法のしきい値 100gal

想定震度予測値 5 弱以上 (全観測点共通)

マグニチュードについては未設定

加速度最大振幅値による震度予測計算手法

レベル法により送出された観測データのうち、上下動加速度最大振幅値を入力として震度予測

値を算出する。加速度と震度の関係式については、河角の式(1943)が有名で、その他、童・山崎の式(1996 ほか)、翠川の式(1999)等があるが、翠川の式(1999)を設定している。

$$I=a*\log A+b$$

I:震度予測値(計測震度値) A:最大加速度振幅値(gal)

a,b:定数(設定値:a=2.07,b=0.14を設定)

なお、各種計算式による震度予測値にはばらつきと幅(例えば、震度5弱~5強で80~250gal等)があることから、現在の運用では、計算式を使わず既定値での運用としている。

強震動(主要動)到達予測時刻算出処理

気象庁で使用している走時表(JMA2001)を使用して、対象となる地点単位でのS波の到達予測時刻を算出する。実際の強震動はS波到達時刻よりやや遅れて(一般的には表面波の到達で)発現することが多いが、気象庁では防災対応上の観点から安全側に立ちS波理論走時をもって主要動の到達予想時刻としている。

出力処理

震源決定手法、震源精度及び時間経過等により震度予測用の入力データの精度を評価し、それぞれの震源決定手法別に電文種別番号を変えることで震度予測値の精度を表現している。

震源決定手法	コード電文 (電文種別番号)	デコード電文 (発表パターン)
レベル法	35	発表パターン1(最大震度予測のみ)
B-Δ法、テリトリ法	36	発表パターン2(M、震度、到達予測時刻)
グリッドサーチ法等	37	発表パターン3(M、震度、緯度経度、深さ、到達予測時刻)

表 4-2: 震源決定手法と電文の内容

(1) デコード文の表現による区別

発表パターン1: 予測震度のみ = 「震度 程度以上」

発表パターン2: M = 「M 程度以上」

予測震度 = 「震度 程度以上」

到達予測時刻 = 「 時 分 秒頃以降」

発表パターン3: 緯度経度、及び深さを追加。

M = 「M 程度」

予測震度 = 「震度 から 」

到達予測時刻 = 「 時 分 秒頃以降」

(2) 発表パターン3の予測震度の表現について

予測震度の上限と下限については、点震源想定での予測値を下限、断層長(1/2)考慮による予測値を上限として表現する。なお、コード電文も同様に設定される。

(3) 震度予測値及び主要動到達時刻の発表単位について

それぞれ、計算は全国約4000点の震度観測点毎に計算するが、現在のところ、対象となる地点が

所属する「地域」単位で発表している。この地域の中には複数の震度観測点（地震情報で発表している）があり、各々の観測点について、予測される震度と主要動到達予測時刻を計算し、震度については最も大きく予測された地点の震度を、主要動到達予測時刻については最早の地点での到達予測時刻を、それぞれ地域の代表として発表する。このことから、最大予測震度と主要動到達予測時刻は同一の場所で推定された結果とはならない場合があり得る。

【参考文献】

河角 広：震度と震度階（続）、地震、15、pp5-12,1943

宇津徳治：地震学、共立出版、1977

宇津徳治：各種マグニチュードの間の関係、地震研究所彙報、Bull,Earthq,res,Inst,vol.57,pp465-497

松岡昌志，翠川三郎：国土数値情報を利用した地盤の平均 S 波速度の推定,日本建築学会構造系論文報告集, [443] 65-71 (1993)

松岡昌志，翠川三郎：国土数値情報を利用した広域震度分布予測,日本建築学会構造系論文報告集, [447] 51-56 (1993)

松岡昌志,翠川三郎:国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング,第 22 回地盤震動シンポジウム資料集, 23-34 (1994)

童華南・山崎文雄：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係,生産研究,Vol.48 No.11, pp547-550, 1996.

翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄：計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係，地域安全学会論文集，51-56 (1999)

司宏俊・翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文報告集，[523] 63-70 (1999)