

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-2) 地震破壊過程と強震動

ア. 断層面の不均質性と動的破壊特性

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ア. 日本列島域

(5) 本課題の5か年の到達目標：

- ・巨大地震の断層のおよその広がりを地震発生直後2～3分以内に把握する手法を開発する。現在10～20分程度で求められる断層の滑りの大きさや方向の解析について、処理時間の短縮（5～10分）と信頼性向上を図る。余震の震源分布を地震発生後10～20分以内に把握するための震源決定手法を開発する。断層の大まかな滑り分布を震発生後10～20分で求める手法を開発する。
- ・観測地震データと断層上の滑り分布推定結果に基づいて、さまざまな周波数帯の地震動分布を地震発生後10～20分後に推定する手法を開発する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

- ・初期段階で発表する津波予報に寄与するため、地震動の振幅分布やアレイ技術による断層破壊進行の推定結果を用いて巨大地震の断層のおよその広がりを地震発生直後2～3分以内に把握する手法を開発する。また、現在は10～20分程度で求められる地震の滑りの大きさや方向の解析（CMT解析）について、推定・評価手法を改良し、処理時間の短縮（5～10分）と信頼性向上を図る。
- ・巨大地震の断層の形状や滑り分布の不均質性などの重要な情報を含む余震の震源分布を地震発生後10～20分以内に自動処理により把握するため、振幅など多面的な情報に基づき地震識別を行い、地震多発時にも震源決定を行える手法を開発する。併せて精度の高い震源決定が困難な海域の震源決定の精度向上に関する手法の開発を進める。
- ・地震波形を用いて、断層の大まかな滑り分布を震発生後10～20分で求める手法を開発し、津波予報の更新・解除や地震動の推定に活用できるようにする。この際、地震動に大きく影響するパラメータの抽出を行い、処理時間の短縮を図る。
- ・地震動推定の基礎資料とするため、地震の規模の違いや地形・地下構造の違いがどのように、各地の地震動に影響を与えているか把握する。また、過去の巨大地震について地震動記録を調査し、滑り分布と地震動の関係を把握する。

・巨大地震発生直後の10～20分後を目途に、観測点において得られる地震データとサブ課題1の研究で得られる断層上の滑り分布の効果を取り入れて、従来よりも精度の高い地震動分布の推定手法を開発する。また、震度ばかりでなく構造物への影響も考慮し、さまざまな周波数帯での地震動を対象とする。

(7) 計画期間中(平成21年度～25年度)の成果の概要:

【巨大地震の規模推定】

- ・巨大地震の規模の過小評価防止手法として、地震波の長周期成分をモニターする方法を考案した。
- ・巨大地震の早期規模推定法として、強震動域の広がりから規模を推定する手法を開発した(図1)。異常震域補正及び増幅度補正を行うことにより、マグニチュード推定の精度を上げることが出来ることを示した。
- ・巨大地震の早期規模推定法として、主に地震のP波部分を用いて地震のマグニチュードを推定する手法(Mwp, 松代Mw, Mp)について、日本付近で起きたM7以上の地震について検証を行った。その結果、M8クラスであれば発震時から3分以内に規模が推定できることを明らかにした。経過時間に対するマグニチュードの成長を見ることで、M9クラスについても発震時から3分経過した時点で、解析している地震がM8クラスより大きくなるか否かを判断できることを確認した。
- ・巨大地震の早期規模推定法として、周期100秒までの様々な周期帯の地震波形の最大振幅からマグニチュードを推定する手法を開発した(図1)。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震や2010年チリ地震に適用し、地震発生後3分以内でほぼ最終値が得られることを確認した。
- ・即時的に断層の広がり进行评估する手法の一つとして、強震動の継続時間に着目した手法の評価を行った。Mwに対して、各地震の平均強震動継続時間のばらつきが大きいため直接的な評価は困難であるが、直後に入手できる情報の一つとして、M8を超える規模かどうかの判断の目安にはなりうることを示した。

【震源の広がり推定】

- ・プレート境界面に震源域を仮定した上で、震度分布から震源域を推定する手法を開発した(図2)。
- ・断層破壊過程を即時的にイメージするための手法として、規格化短周期波形エンベロープを用いた震動源探索手法を開発し、数値シミュレーションでその有効性を示した。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の解析においては、東北地方や関東地方にかけての高震度の分布を説明できる高周波励起源の分布を明らかにすることができた。
- ・強震動の継続時間の方位角分布から破壊伝播の特徴を抽出する手法を開発し、この手法を用いて、平成15年(2003年)十勝沖地震とその最大余震の破壊伝播方向や断層長の評価を行い、最大余震は本震と同程度の断層長をもつ通常とは異なる地震であることを明らかにした。
- ・福島第一原子力発電所の稠密強震アレイを用いて平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の際の入射波の到来方向の時間変化を調べた結果、その傾向は宮城県沖から茨城県沖への高周波励起源の移動と整合的であり、稠密アレイにより巨大地震の破壊伝播を直接補足可能であることを示した。

【震源決定手法】

- ・自動震源決定手法として、余震の地震波形データのスタッキングによる検知手法、パーティクルフィルターに基づく震源決定手法、パターンマッチを用いたイベント検出法について、評価試験を行い、内陸地震の余震活動の自動震源決定による大まかな把握に目処がついた。
- ・自動震源決定手法として、ノイズ的データの除去に有効な振幅情報も取り入れたグリッドサーチによる震源決定法を開発した。
- ・三次元速度構造震源計算について、これまでの結果において不適当な震源分布の原因の一つとなっていた速度不連続面を除いて速度構造を設定し、浅い部分の速度構造を推定した上で震源決定に適用した。
- ・余震分布から推定した平成16年(2004年)新潟県中越地震の断層配置の複雑さと余震活動度の関係についての調査を進めた。

【海底地震計観測】

・平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（M9.0）の自己浮上式海底地震計を用いた緊急余震観測を、気象庁の観測船などを用いて複数の大学・研究機関と共同で分担して実施した。その結果、本震時に滑りの大きかった海溝付近の領域（例えば宮城沖）で余震活動が少ないこと、余震域南部は、関東地方に沈み込んだフィリピン海プレート北端縁付近までしか余震が発生していないことなどを明らかにした。

・南海トラフ沿いの地震活動の把握と海域における震源の正確な位置の把握のため、潮岬南方沖において自己浮上式海底地震計を用いた観測を実施し、アウターライズから沖合において活発な地震活動があることを見いだした（図 3）。

・南海トラフ沿いおよびフィリピン海プレート内部の地震活動の把握と海域における震源の正確な位置の把握のため、静岡・三重県沖の東部南海トラフ域および潮岬南方沖において取得された自己浮上式海底地震計データの解析を行い、気象庁ケーブル式海底地震計によって海域の地震の震源決定精度が向上していることなどを確認した。

【震源断層の滑り分布の把握】

・平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の震源過程を遠地実体波及び近地強震記録を用いて解析を行い、本地震は宮城県沖の海溝軸近くで大きく滑り、最大約 40m に達したことを明らかにした。

・長周期バックプロジェクション法を適用して、大きな滑りのあった領域の推定が可能であることを確認した。

・通常より短周期帯域の *W-phase* を用いて、セントロイドの時間変化を推定する手法を開発し、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震への適用を調査した。

・2000 年以後日本付近で起きたマグニチュード 7 以上の地震について、2004 年スマトラ沖地震のデータを用いて開発したひずみ計データによる破壊方向推定手法の有効性を確かめた。ひずみ計から見込む角度の解像度は約 10 度となっており、それより大きな変化については検出できることを確認した。

【巨大地震発生直後の地震動の把握】

・震源やメカニズムが類似の地震であっても、速度応答の値がどの周期帯でも 2 倍程度異なる場合があることを見いだした。

・応答スペクトル比と地盤情報の関連性について調査し、周期 3 秒までは深さ 30 m までの平均 S 波速度との相関が高く、更に長周期については 1 次固有周期との相関が高いことを明らかにした（図 4）。

・隣接観測点の速度応答の補正と、応答の地盤補正を組み合わせることにより、関東地方の速度応答分布を推定する手法を開発した。

・気象庁震度計のサイト増幅率をコーダ規格化法により導出し、その増幅率により震度予測の試みを行った。また、全国的に増幅率を調査した結果、0.75~2Hz の低周波数側では、堆積層が厚い平野部などで増幅率が大きくなり、高周波数側では地域的なコントラストが弱くなることがわかった。

・M9 クラスの地震の強震動生成域のスケーリングについてとりまとめ、M9 クラスの短周期の強震動予測には、従来までの M7、8 クラスの地震用のレシピの延長を考えるのではなく、M8 クラスのレシピを複数用いることで十分であることを確認した。

（8）平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

Katsumata, A., H. Ueno, S. Aoki, Y. Yoshida and S. Barrientos, 2013, Rapid magnitude determination from peak amplitudes at local stations, *Earth Planet Space*, 65, 843-853, doi:10.5047/eps.2013.03.006.

武藤大介・上野寛・川添安之・岩切一宏, 2014, 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の前後に発生した地震の震源過程の解析, 験震時報, 印刷中。

武藤大介・勝間田明男, 2013, 長周期地震動と地盤構造との関係について, 気象研究所研究報告, 投稿中。

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象研究所地震火山研究部

他機関との共同研究の有無：無

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：気象研究所企画室

電話：029-853-8536

e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp

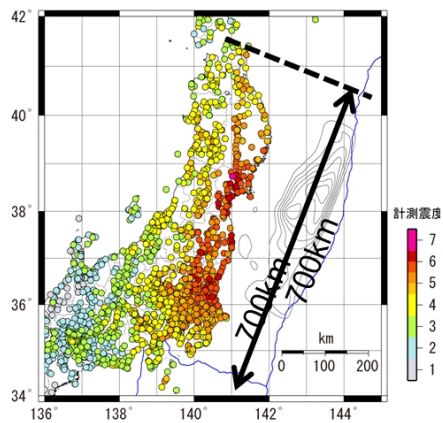
URL：http://www.mri-jma.go.jp/

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：勝間田明男

所属：気象研究所地震火山研究部第2研究室

強震動域の広がりに基づく規模推定



様々な周期帯の最大振幅に基づく規模推定

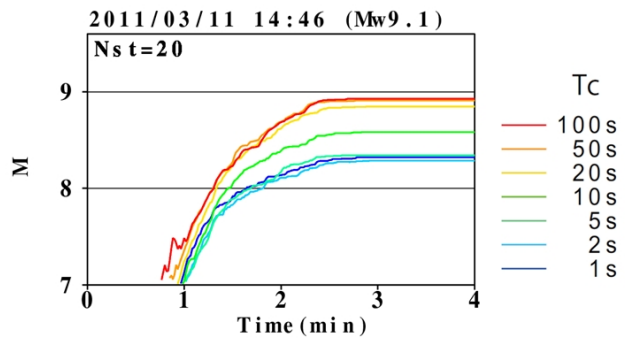


図1 強震動域の広がり・様々な周期帯の地震波最大振幅に基づく規模推定

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の例を示す。左が強震動域の広がりに基づく規模推定である。震度5弱以上の領域の広がりから規模を推定する。右が様々な周期帯の地震波最大振幅に基づく規模推定である。横軸は、地震発生からの時間であり、地震発生後2分20秒以内に、マグニチュード約9という地震の規模の推定が可能である。

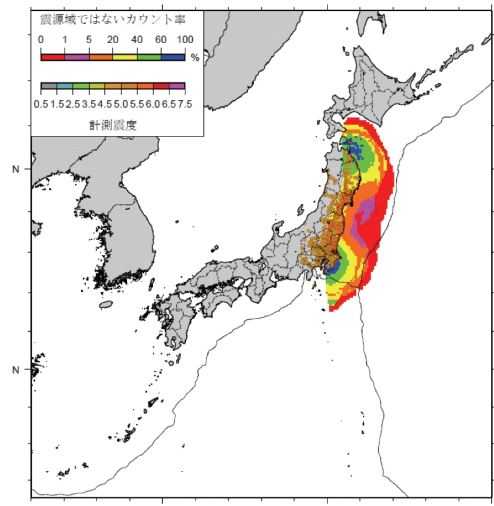


図2 震度分布に基づく震源域の推定

震度分布に基づき、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の震源域を推定した例を示す。

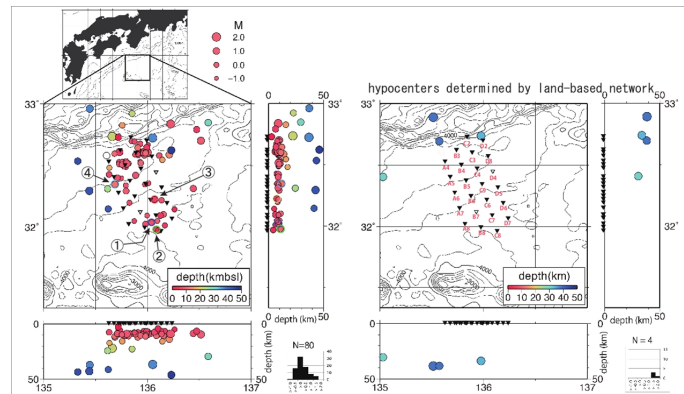


図3 南海トラフ南側の地震活動。

潮岬沖における地震活動がトラフ軸よりも南方に広がっている様子が確認された。

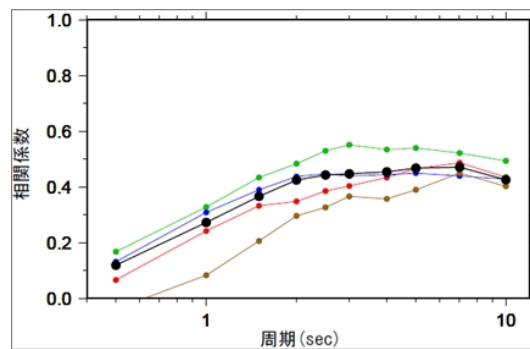


図4 地盤の1次固有周期と速度応答との相関。

速度応答と地盤の1次固有周期との関係を調べたところ、周期3秒以上において1次固有周期との相関が高いことが確認された。