

(1) 実施機関名：

(独) 防災科学技術研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

地殻活動総合モニタリング

(3) 最も関連の深い建議の項目：

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

(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

イ．地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

ウ．東海・東南海・南海地域

(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

ア．地震・火山現象の基礎データベース

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ア．アスペリティの実体

イ．非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-1) 地震発生先行過程

ア．観測データによる先行現象の評価

3. 新たな観測技術の開発

(3) 観測技術の継続的高度化

ア．地下状態モニタリング技術

ウ．大深度ボアホールにおける計測技術

(5) 本課題の5か年の到達目標：

日本列島周辺で発生する地震現象の予測精度を向上させるためには、現在発生している現象を適確に把握し、モデル構築等に有効な観測データを提供することが不可欠である。より詳細な微小地震活動は、全てのモデルの基礎データとなりうるものである。したがって、日本全国で均質なデータを得

るための基盤的地震観測施設の整備に努めるとともに、既存の観測施設の維持管理および必要な更新を行う。

加えて、これまでの研究により、深部低周波微動、超低周波地震や相似地震活動など、特徴的な地震現象が確認されている地域や近い将来に大規模な地震発生が懸念されている地域で集中的な観測を行うことにより、より詳細な地殻活動データを得ることを目指す。このようにして収集された種々のデータについて、既知の地殻活動現象の理解促進および未知現象の探求のための準実時間検知システムの新規構築や既存システムの高度化を実施するとともに、システムの安定運用を図る。海域でのプレートの準静的すべり、あるいは間欠的すべりの状態をモニタリングするためのセンサーとして、日本全国を対象とした相似地震検出の準実時間検知システムを構築し、プレートの運動状態の把握に努める。その他、プレート境界や内陸活断層の状態を評価するため、地震波速度や異方性構造、比抵抗構造などの様々な事象の時空間分布を把握するための技術開発を進める。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本課題は、モニタリングに資するデータの生成とモニタリングシステムの開発・運用に大別される。地殻活動モニタリングの基本となる高精度な地震波形データを均質かつ安定的に得るため、基盤的地震観測網(Hi-netおよびF-net)の配備計画未達成域での整備を進めるとともに、既存観測点の維持管理および必要な設備更新を継続して実施する。収集された基盤的地震観測網のデータを用いた震源位置や発震機構の実時間処理システムの改良を継続し、より正確かつ迅速な情報発信に努める。

深部低周波微動や浅部/深部超低周波地震を始めとする様々なスローイベントに対し、当該イベント発生域での地震・地殻変動観測施設の充実を図るとともに、各種スローイベントの震源パラメータやメカニズム等を高精度に推定するための準リアルタイム・モニタリングシステムを構築するとともに、検知能力の向上等の高度化を目指す。超低周波地震モニタリングについては、従来のGrid-MTやセンブランス解析に加え、観測波形の周波数特性を調査することによって、通常地震と超低周波地震との識別方法を確立する。また、少数観測点の記録から超低周波地震を検出する手法を開発し、観測点数が十分でなかった時期に遡って、超低周波地震の活動を調査する。加えて、これまでに認識されていない現象を発見するため、様々な周波数帯に対するモニタリングシステムの開発を進める。スロースリップイベント(SSE)に伴う群発地震などの様々な地殻現象を把握するため、SSE発生が予測される地域において機動観測を実施する。

プレート境界域においては、基盤的地震観測網のデータを用いた相似地震モニタリングの対象領域を日本全国に順次拡大するとともに、比較対象とするイベントの拡充を行う。

プレート境界域やひずみ集中帯域など、近い将来に大規模な地震が発生することが懸念されている地域においては、想定震源域における応力状態や構造的特徴の時空間分布把握のため、地震活動度変化、地震波形変化、地殻変動、比抵抗等のモニタリングをするための技術開発を進める。そのために、基盤的地震観測網データに加えて、機動的な稠密地震観測や地殻変動観測、比抵抗探査などの追加観測を必要に応じて実施するとともに、プレート境界や内陸活断層域等で発生する様々な事象を即時的に高精度でモニタリングするため、大深度観測施設を整備することを目指す。基盤的地震観測設備を含め、新たな観測井を建設した際には、速度検層や温度検層、コアサンプリングなどの各種原位計測を実施し、地質構造や応力状態解明のための基礎データを得る。

(7) 平成23年度成果の概要：

[基盤的地震観測網の維持管理]

東北地方太平洋沖地震発生直後の通信回線障害のためリアルタイム収集が出来なかったHi-net/F-net波形データについて、回線復帰後、現地設置機器へのftp等により、現地に収録・保存されていた連続波形データを回収し、本震発生直後の高精度な余震活動状況把握に活用した。収集したデータは、通常のデータとともにインターネットより公開した。

[地震活動モニタリング]

運用中の AQUA システムにおいては、M9 級の地震発生を念頭に、F-net の速度型強震計記録を処理対象に組み込むとともに、セントロイド時刻の探索範囲を広げるなどのパラメタチューニングを行った。さらに、破壊過程の初期の段階では初期地震の規模が過小評価される傾向にあったため、解析結果に応じて段階的に処理内容を修正できるよう改良した。本改良適用後に東北地方太平洋沖地震を再解析したところ、初期震源は M5 級であったが、段階的に処理を行うことにより Mw8.6 を自動的に推定することに成功した。一方、東北地方太平洋沖地震後、アウターライズ付近でも多数の余震が発生している。このような地震については初期震源の深さ誤差が大きいため適切に処理されない場合があったため、観測網から遠く離れた地震については、セントロイド深さの探索範囲を広げる改良を行った。

東北地方太平洋沖地震の震源域を含む東北日本において、Ito et al. (2007) によるセントロイド・モーメントテンソル解析の全自動推定を行うとともに、セントロイド位置と発震機構解によって地震のタイプ分けを行った。その結果、F-net による手動ルーチン解析では処理が困難なほど多数の地震について比較的安定した解が得られ、地震のタイプ毎の余震活動モニタリングに貢献した。

[スローイベントモニタリング]

深部低周波微動や超低周波地震等のモニタリングを行うための SPA システムの安定稼働に努めた。また、既知の超低周波地震と波形相関が良い未知イベントを少数観測点の連続記録の中から検出する試みを、昨年度に引き続いて実施した。今年度は日向灘から足摺岬沖にかけての領域で発生する超低周波地震を解析し、その推定された位置がセントロイド・モーメントテンソル解析による結果とほぼ同様の高い精度を有することを確認した。

西南日本で繰り返し発生している短期的スロースリップイベント (SSE) 自動検出システムの運用を継続したところ、このシステムにより 2011 年 5 月に四国西部で発生した短期的 SSE (Mw5.9) を含め、2012 年 1 月までに計 4 個のイベントを準リアルタイムで自動検出した (図 1)。手動で検出された 5 イベントのうち、2011 年 7 月に四国西部で発生した比較的小規模なイベント (Mw5.6) 以外は全て自動で検出できており、予め見積もった検知能力と調和的であった。また 6 回程度あった誤検出は通常地震時のステップ (1 回) と台風などの低気圧による降雨や気圧変化の影響 (5 回) であり、マニュアルで容易に誤検出と判断できるものであった。

[地球潮汐モニタリング]

東北地方太平洋沖地震の震源域及びその周辺域において地球潮汐と地震発生の関係を調査したところ、本震の破壊開始域を含む震源域北側で、本震の発生に先立つ数～十年間に明瞭な相関が現れていたことが明らかになった (図 2)。本震の発生後、顕著な相関は消滅している。同様の現象は 2004 年スマトラ沖地震でも確認されていることから、巨大地震の発生が近づき、破壊開始域近傍に十分なひずみがたまった状態になったときに、地球潮汐のわずかな力が引き金となって地震が発生していたと考えられる。

[相似地震モニタリング]

東北地方太平洋沖地震後、極めて多数の余震が発生したことから、システムを効率化しモニタリングを継続するとともに、東北地方太平洋沖地震に伴う停電・節電のため処理を停止していた期間の再処理を行い、モニタリングの連続性を確保した。その結果、東北地方太平洋沖地震発生後、関東地方下の太平洋プレート境界およびフィリピン海プレート境界の両方で相似地震が増加していることの検出に成功した。

[地殻変動モニタリング]

Hi-net 併設の高感度加速度計 (傾斜計) による東北地方太平洋沖地震前の先駆的な地殻変動は、時間～数 10 日間程度の時間スケールでは観測されなかった。太平洋プレート上面でのすべりの検知能力を調べたところ、Mw6.2 より大きいすべりがないと検出できないことが分かった。

[地震波干渉法モニタリング]

伊豆半島東方沖で繰り返し発生する群発地震活動に対応する地震波速度低下に関して、GPS 観測網から推定される地殻変動との関係を調査したところ、当該地域においてマグマ貫入に伴う地殻の体積歪が 10^{-6} 以上になると、地震波速度低下が起こることが明らかになった。

- (8) 平成 23 年度の成果に関連の深いもので、平成 23 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
浅野陽一, 2011, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2010年11月~2011年5月), 地震予知連絡会会報, 86, 6-7 .
浅野陽一, 2011, 平成 23 年(2011年)東北地方太平洋沖地震 前震・余震のセントロイド・モーメントテンソル(CMT)解析結果, 地震予知連絡会会報, 86, 153-155 .
Asano, Y., T. Saito, Y. Ito, K. Shiomi, H. Hirose, T. Matsumoto, S. Aoi, S. Hori, and S. Sekiguchi, 2011, Spatial distribution and focal mechanisms of aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth, Planets and Space, 63, 669-673.
浅野陽一, 2012, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2011年6月~2011年10月), 地震予知連絡会会報, 87(印刷中) .
Hirose, H., 2011, Tilt records prior to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth, Planets and Space, 63, 655-658.
松澤孝紀・田中佐千子・小原一成, 2011, 西南日本における深部低周波微動活動(2010年11月~2011年5月), 地震予知連絡会会報, 86, 534-538 .
松澤孝紀・田中佐千子・小原一成, 2012, 西南日本における深部低周波微動活動(2011年6月~2011年10月), 地震予知連絡会会報, 87(印刷中) .
田中佐千子, 2011, 月や太陽の引力が地震の引き金に - 東北地方太平洋沖地震に先行した地球潮汐の地震トリガー現象, 科学, 81, 1060-1062.

(9) 平成 24 年度実施計画の概要：

東北地方太平洋沖地震により被災した観測施設の復旧, 特に, 津波で流失した仙台および志津川観測点の移設・再建を優先的に行うとともに, その他の基盤的地震観測網観測施設においても, 安定運用の継続に努め, 高精度な地殻活動モニタリングに耐え得るデータの提供を行う。また, 既存の各種モニタリングシステムの安定運用を継続するとともに, モニタリング精度向上のためのチューニングを行う。その他, 東北地方太平洋沖や南海トラフ沿いの巨大地震(想定)震源域における応力状態や構造的特徴の時空間分布把握のため, 地震活動度変化, 地震波形変化, 地殻変動等のモニタリング技術の開発を進めるとともに, 得られたデータの解釈を進める。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

独立行政法人防災科学技術研究所 観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット
他機関との共同研究の有無：有

北海道大学 弘前大学 東北大学 東京大学地震研究所 名古屋大学 京都大学 九州大学 鹿児島大学

(11) 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：防災科学技術研究所 アウトリーチ・国際研究推進センター

電話：029-856-1611

e-mail：toiawase@bosai.go.jp

URL：http://www.bosai.go.jp/index.html

(12) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名：汐見勝彦

所属：観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット

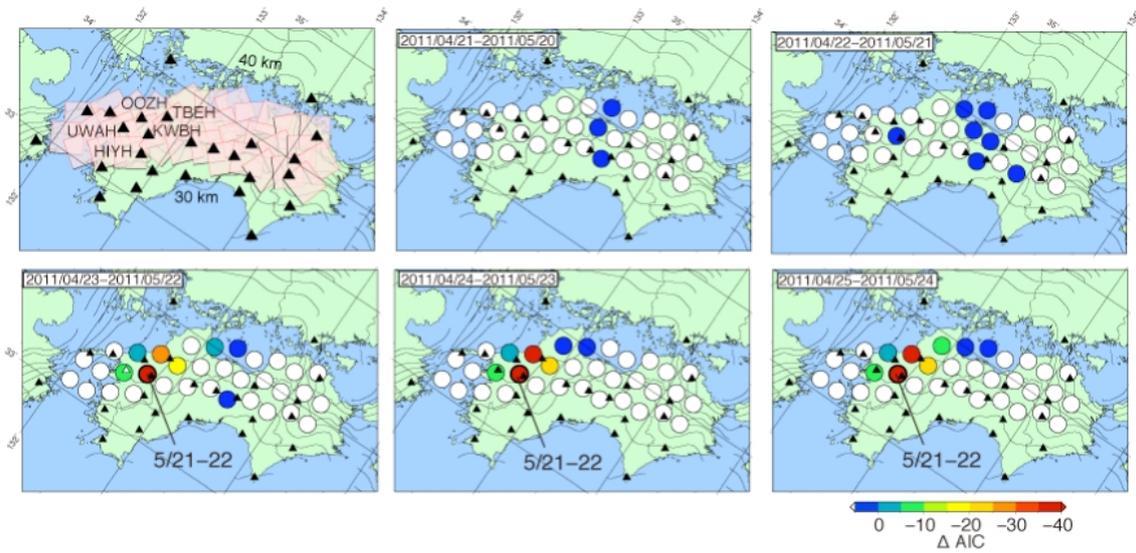


図 1

各解析期間における AIC 差の分布。ここで、AIC 値は、SSE の影響を含むモデルと含まないモデルで傾斜データをモデリングした結果それぞれを求めており、SSE を含むモデルの方が含まないモデルよりも良ければ負値で表す。SSE として検出された断層位置を矢印で示す。左上図には、自動モニタシステムで使用している Hi-net 観測点（黒三角）と短期的 SSE の断層モデルの候補（赤四角）を示す。コンターはフィリピン海スラブモホ面の等深度線を示す。

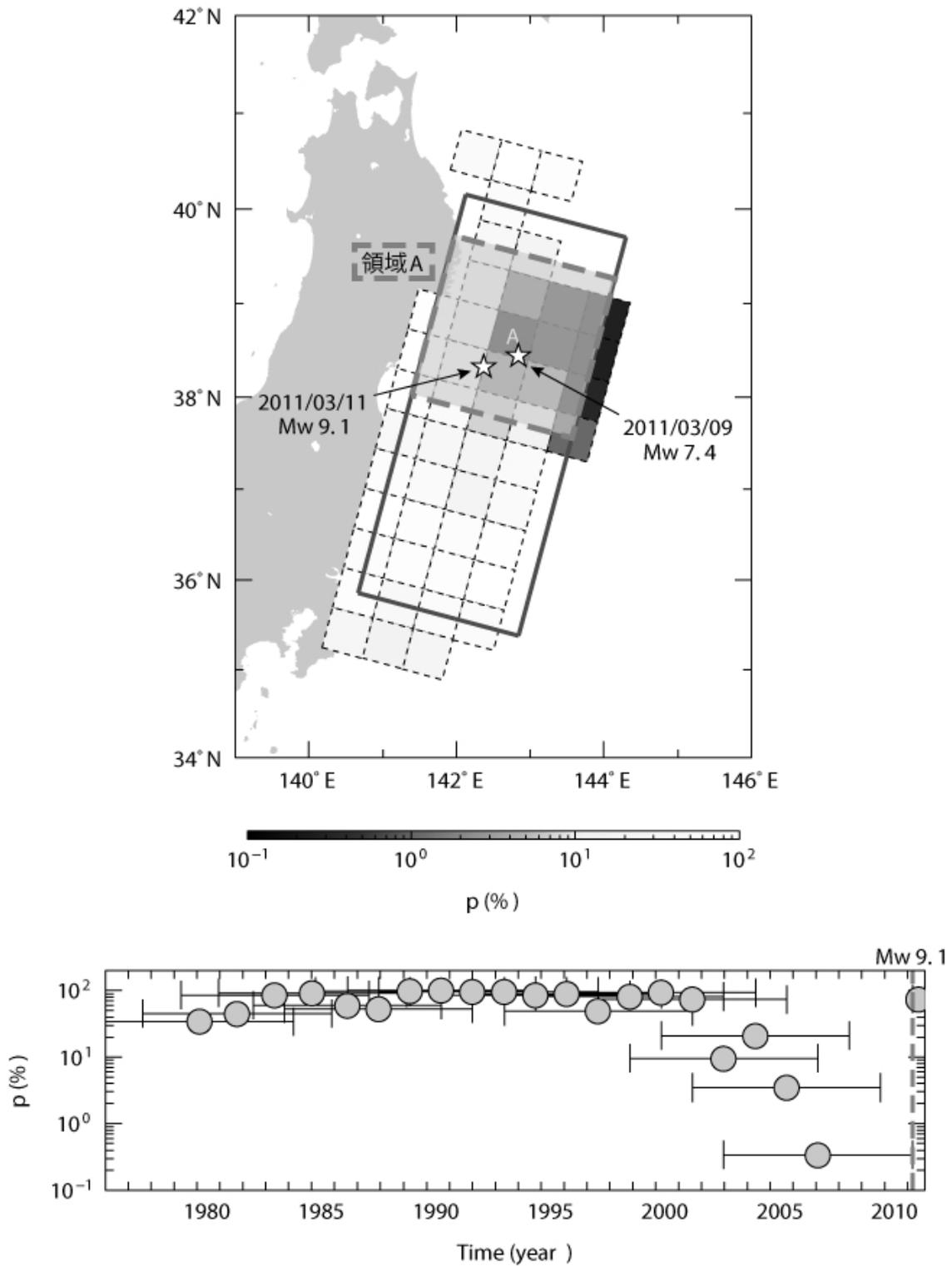


図 2

上図) 東北地方太平洋沖地震直前の 3000 日間における p 値の空間分布。200 km \times 200 km の空間ウィンドウを 50 km ずつ移動させ、20 個以上の地震を含むウィンドウについて、その中心に位置する 50 km \times 50 km の領域に p 値を白黒の濃淡で表示している。色が濃いほど p 値は小さく、地球潮汐と地震発生の相関が強い。星印は本震及び前震の震央を表す。下図) 領域 A (上図参照) における p 値の時間変化。3000 日の時間ウィンドウを 500 日ずつ移動させた。