

(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得るものである。したがって、日本全国で均質なデータを

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及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及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滑り、あるいは間欠的滑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 及び 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及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) 計画期間中(平成 21 年度～ 25 年度) の成果の概要：

[基盤的地震観測網の整備・維持管理・更新]

基盤的地震観測網の運用を継続し、様々な地殻活動モニタリングに資するための高精度かつ均質な地震波形データの安定的収集に努めた。老朽化した、あるいは東北地方太平洋沖地震で被災した一部観測点の改修・移設を行ったほか、一部の観測点において旧式の AD 変換装置の更新を実施した。また、東北地方太平洋沖地震発生直後の通信回線障害により、リアルタイム収集が出来なかった Hi-net/F-net 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。

平成 25 年度は、防災科研 Hi-net 観測点で日々実施しているセンサーチェック用のパルス応答波形に基づき、センサー稼働状況のモニタリングを行うシステムを整備した。また、各点で観測された振幅値をスマートフォン上の地図に表示し、視覚的に震動分布を把握できるツールを開発した。これにより、異常値を示す観測点の抽出が容易になった。

[スローイベントモニタリング]

西南日本のフィリピン海スラブ等深線に沿って発生しているスローイベント群について、基盤的地震観測データ等を用いた活動状況モニタリングを継続して行うとともに、過去データを含めたカタログの再構築を行った。また、短期的スロースリップイベントの自動検出システムを開発し、試験運用を開始するとともに、検知能力の検証を進めた。

超低周波地震活動モニタリングを継続して行った。2002 年以前の Hi-net 観測網が十分でない期間についても、少数の広帯域地震記録から超低周波地震を検出するため、既知の超低周波地震と波形相関が良い未知イベントの検出を行うための解析法を開発した。この解析方法を適用することにより、2003 年十勝沖地震以前の活動状況が明確になった。平成 25 年度には、同様の解析方法を観測点の少ない南西諸島域に適用したところ、南西諸島海溝に沿ってクラスター状に分布する活動域において、浅部超低周波地震活動が繰り返し発生してきたことが明らかになった。

一方、豊後水道（2009～2010 年）および房総半島沖（2011 年、2013～2014 年）に発生したスロースリップイベント（SSE）の検出に成功した。豊後水道の長期的 SSE は、足摺岬沖の浅部超低周波地震活動および豊後水道における深部低周波微動活動と同期して活発化すること、同様の同期現象が前回 2003 年の SSE の際にも発生していたことを見出した。平成 25 年度中に発生した房総半島沖 SSE（2013 年 12 月下旬から 2014 年 1 月中旬）については、2011 年に同地域で発生した SSE 同様、本イベントによる傾斜変動および SSE に伴う群発地震を明瞭に捉えることが出来た。この特徴は過去の房総 SSE に伴う群発地震の分布と類似している。傾斜変動データを元に断層モデルを推定したところ、今回の SSE も、過去の SSE の滑り域とほぼ重なる領域で発生しているが、2007 年、2011 年と比較して規模が小さい（ $M_w6.1$ ）ことを明らかにした。

[相似地震モニタリング]

基盤的地震観測データを用いた相似地震モニタリングシステムの安定運用ならびに機能拡充に努めた。日本全国を対象としたシステム運用を行った結果、山梨県東部・神奈川県西部の地震密集域において、平均繰返し間隔 1 年以上の定常型かつスラスト型発震機構解をもつタイプの相似地震活動が新たに見つかった。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を検出した。

[地震活動モニタリング]

運用中の AQUA システムにおいて、東北地方太平洋沖地震のような 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。また、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。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。

一方、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。

[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。本震の発生後、顕著な相関は消滅していることを確認した。

[地震波干渉法モニタリング]

2009 年 12 月に伊豆半島東方沖を中心に発生した群発地震活動に注目し、雑微動の地震波干渉法解析を適用した結果、活動前に比して地震波速度が 0.5% 程度低下したこと、この速度低下は、群発地震

活動収束後、徐々に解消される傾向にあることを確認した。同様の速度低下は 2006 年の群発地震活動の際にも見られた。また、この地震波速度低下は、当該地域においてマグマ貫入に伴う地殻の体積ひずみが 10^{-6} 以上になると発生することを明らかにした。平成 25 年度は、同様の解析手法を東北地方太平洋沖地震前後の基盤的地震観測データに適用し、速度構造変化の空間分布を推定した。さらに、これらの速度変化は極わずかであるため、東北地方太平洋沖地震による地震計の特性の変化の可能性と地震波干渉法解析に与える影響範囲についても併せて検討した。

- (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) :
- 浅野陽一, 2013, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2012 年 11 月 ~ 2013 年 4 月), 地震予知連絡会会報, 90, 5-7.
- 浅野陽一, 2014, 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2013 年 5 月 ~ 2013 年 10 月), 地震予知連絡会会報, 91, 印刷中.
- 木村武志, 2013, 西南日本における短期的スロースリップイベント(2012 年 11 月 ~ 2013 年 4 月), 地震予知連絡会会報, 90, 412-415 .
- 木村武志・木村尚紀, 2014, 西南日本における短期的スロースリップイベント(2013 年 5 月 ~ 2013 年 10 月), 地震予知連絡会会報, 91, 印刷中 .
- 松澤孝紀・田中佐千子・小原一成, 2013, 西南日本における深部低周波微動活動(2012 年 11 月 ~ 2013 年 4 月), 地震予知連絡会会報, 90, 401-406.
- 松澤孝紀・田中佐千子・小原一成, 2014, 西南日本における深部低周波微動活動(2013 年 5 月 ~ 2013 年 10 月), 地震予知連絡会会報, 91, 印刷中.

- (9) 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

- (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 : 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>

- (11) 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