

12-1 第212回地震予知連絡会重点検討課題

「余効変動と粘弾性緩和 —日本列島広域地殻活動予測に向けて—」

Postseismic deformation and viscoelastic rebound due to the 2011 Tohoku earthquake –Toward forecasting the crustal deformation and activity over the Japan Islands–

平原和朗 (京都大学大学院理学研究科)

Kazuro Hirahara (Graduate School of Science, Kyoto University)

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の発生から5年以上が経過した。今回の地震と同規模と思われる869年貞観地震発生前およびその後の887年仁和南海地震に至る日本列島における地震火山活動と現在の状況との比較や、2004年スマトラ沖地震発生後10年以上も継続する周辺での地震火山活動を考えると、東北地方太平洋沖地震が日本列島の地震火山活動に及ぼす現在及び今後に渡る影響を評価する必要がある。こういった視点から、第209回重点検討課題では、「東北地方太平洋沖地震がもたらす広域地殻活動」を取り上げ、日本列島全域から北東アジアへ至る地震時地殻変動、および現在なお広域的に継続しているその余効変動を議論し、広域的な地震活動等を含む地殻活動の変化について整理した。その趣旨説明には、「ここでは余効変動の原因には言及せず、結果として広域的にもたらされたひずみ・応力変化の特徴と地震活動等地殻活動の変化を整理することで、次回に予定される広域変動の将来予測とその影響に関する議論につなげていきたい。」とある。

そこで、本重点検討課題では、地震後に生じるゆっくりとした地殻変動である余効変動とその主要因である粘弾性緩和について、今後の地殻活動予測の観点から議論を行った。

2. 研究紹介と議論の概要

2-1. 余効変動と粘弾性 —基本的理解—

まず、筆者より、余効変動の基礎的理解のために、それを引き起こす3要因（間隙弾性反発、余効すべり、粘弾性緩和）について、そのメカニズム、時定数などについて簡単なモデルを用いて説明があり、その中でも時定数が長く余効変動の主要因である粘弾性緩和による余効変動パターンを弾性—粘弾性の2層構造モデルで示し、議論を行った。

次に、東北地方太平洋沖地震による余効変動と粘弾性緩和に関して、2次元・3次元不均質粘弾性モデルに基づく以下の講演・議論がなされた。

2-2. 東北地方太平洋沖地震の余効変動 —海域における観測と粘弾性モデル—

海洋研究開発機構・飯沼卓史研究員より、2012年以降に設置された新たな海底観測点を含む海底地殻変動観測データを基に構築された3次元粘弾性緩和モデルが紹介された。地震時に大きなすべりが生じた宮城県から福島県沖では粘弾性緩和が、福島県南部から茨城県の沖合では余効すべりが、余効変動の主要因としてそれぞれ挙げられた。また、岩手県から青森県の沖合においては、プレート境界浅部での顕著な余効すべりがないことも示された。更に、新たな余効変動データを基に地震時の主破壊領域が北側にもっと延びていた可能性が指摘された。

2-3. 不均質岩石レオロジーを考慮した東北沖地震余効変動解析

東北大学・武藤潤准教授より、火山直下の低粘性体等の不均質構造を考慮した2次元粘弾性緩和

モデルが紹介された。内陸の不均質性を考慮することにより、陸海域の水平及び上下変動を説明できること、および粘弾性緩和に加えて、本震のすべり域下端において余効すべりが生じていることが示された

2-4. 2011年東北沖地震後の地殻変動データを用いた粘性構造と余効すべりの推定

東京大学地震研究所・橋間昭徳特任研究員より、3次元粘弾性緩和と余効すべりの両方の効果を考慮して構築されたモデルが紹介された。水平及び上下変動を説明するには、大陸側の深さ150-300kmの領域と沈み込む海洋プレートの屈曲部分の底部に低粘性領域が必要であることが示された。余効変動の主要因として、東北南部では粘弾性緩和が、関東と東北北部では余効すべりが、それぞれ挙げられた。

2-5. 東北地方太平洋沖地震の粘性緩和による変動と粘性構造の不均質の重要性

国土地理院・水藤尚主任研究官より、粘性構造の3次元不均質が余効変動に及ぼす影響について報告がなされた。一様な粘性構造では観測される上下変動とのかい離が大きくなることから、粘性構造の不均質がモデル化には不可欠であることが指摘された。特に、マントルウェッジ、海洋マントル、海洋プレート下の低粘性領域の粘性率の違いや粘性構造の深さ依存性を考慮する必要性が示された。

最後に日本列島広域地殻活動予測に向けて以下の講演・議論がなされた。

2-6. 日本列島とその周辺の3次元粘弾性不均質モデル構築に向けて

海洋研究開発機構・堀高峰委員より、3次元粘弾性不均質モデル計算の高度化に関する報告がなされた。京コンピューターを用いた大規模有限要素解析の技術開発が進められており、これにより粘弾性緩和の挙動を制御する粘性率と余効すべり等のプレート境界面上の断層すべりを同時に推定することが可能となりつつあることが報告された。

3. 議論とまとめ

これまで、地震波トモグラフィーにより、プレートの沈み込みに起因する日本列島の3次元地震波速度構造すなわち弾性体としての不均質構造はかなり明らかになってきた。これに対し、長期変動を支配する粘弾性の3次元不均質構造については、あまり良く分かっていなかったと言える。2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)は、東北地方および日本列島広域に及ぶ大きな余効変動を生み出し、日本列島下の粘弾性構造の不均質性を初めて我々に教えてくれた。これには陸域に加え海域の観測により得られた、初めて我々が目にした余効変動データ、並びに大規模な粘弾性緩和計算を可能にしたコード開発が大きく寄与している。粘弾性不均質モデルによる余効変動の解析はまだ始まったばかりといえ、これから更なる解析・研究により、日本列島下の詳細な3次元不均質粘弾性構造モデルの構築を急ぎ、現状の日本列島の変動の理解および今後10年以上にわたる変動予測を行う必要があると、議論された。