

論文審査の結果の要旨

氏名 横田裕輔

本論文は、2011年東北地方太平洋沖地震という超巨大地震の地震前・地震時・地震後の物理過程を、主として測地データを用いて統一的な地下構造や断層モデルに基づいて総合的に評価し、数百年という長い繰り返し間隔で起きる超巨大地震の発生過程に関する議論を行ったものである。

本論文は7章からなる。

第1章では本論文の全体構成を説明している。本地震に関する既往研究のレビューを行い、地震の発生前後の連続的な物理過程を解明するため、測地データを用いて統一的に解析することが地震の全貌を明らかにするために重要であることを指摘している。そして、本論文の目的は、地震発生前から発生後にかけての現象を同一の断層モデルを用い、地震・測地データに基づいて統一的に明らかにすることと、それらを規定する物理モデルの議論を行うことと述べている。

第2章では、まず、遠地波形・強震波形・陸上及び海底GPS・津波波形データの分解能やモデルパラメータによる影響を検討した上で、1次元成層構造に基づくグリーン関数を用い、上記のデータを各々単独で用いた震源過程インバージョンを実施し、各データの解像度を調査した。さらに、空間的に高い解像度を持つ統合逆解析によって、すべてのデータを説明できる震源モデルを構築した。本章は、次章で導入される3次元構造による議論への導入の部分と考えてよいだろう。

第3章では、東北地方の沈み込み帯における3次元速度構造を正しく反映したグリーン関数を導出し、またプレート境界に沿った形状の断層モデルを導入した。これを用いて統合逆解析によって最終的な震源モデルを構築した。この結果として、宮城県の沖合に位置する破壊開始点周辺の大きなすべり域と浅部に広がるすべり域が示唆された。また、浅部のすべり域の詳細な分布も明らかになり、破壊開始点よりも北側の日本海溝沿いに大きなすべり域があり、この領域が津波生成領域であることが示唆された。地震時の全体像が3次元構造モデルで、且つ地震・測地データを統合的に用いた総合的な地震断層モデルの導出に成功しており、意義が大きい。

第4章では地震発生後の余効すべりモデルを構築した。ハイレートGPSデータを用いて、地震発生約8分後から初期余効すべりが観測されていることを確認した。その上で、初期余効すべりを含めた8カ月間の余効すべりの進展を、既存の逆解法の手法を拡張して解析した。その結果から、最初期の余効す

べりは本震の震源よりやや深い宮城沖の領域で発生し、その後、余震分布と同期するように 1 日から 1 週間程度をかけて北側の岩手沖の領域に広がったこと明らかにし、余効すべりが余震を励起した可能性を示唆している。余効すべりをハイレート GPS を用いて初期から明らかにしたのは初めてであり、高く評価できる。

第 5 章では、地震発生前のすべり欠損と本震との関係性を議論した。1996 年以降、地震発生までの全期間にわたる GPS データを用いた逆解析によってすべり欠損の詳細な時空間変化を推定した。この結果から、本震のすべり領域を内包するすべり欠損分布と 2003 年以降の分布の変化が明らかになった。この時間変化は、本震より深い領域で約 8 年間にわたって発生しており、モーメント解放量の時間変化などの特徴から長期的スロースリップ (SSE) と似た特徴を持つことが示唆された。しかし一方で、過去に観測された長期的 SSE に比べて大規模であり、時定数が長く、応力降下量の時間変化も特徴的であった。そのため、この現象は、超長期的 SSE と呼ぶべき現象と考えられる。このような現象を独自の解析によってはじめて同定したことは評価に値する。

第 6 章では、前章までの地震前・地震時・地震後の連続した物理過程を、すべり速度・状態依存摩擦則に基づいた数値シミュレーションによって再現した。得られたモデルは、すべり欠損、本震、余効すべりの連続的な物理過程を説明している。また、深部での有効法線応力の与え方によって、直前の超長期的 SSE も再現することができた。ただし、条件の与え方によっては必ずしもこのような SSE が海溝型超巨大地震の先行現象とならない可能性も示唆している。

第 7 章は全体の内容をまとめている。

以上をまとめると、本論文は 2011 年東北地方太平洋沖地震前後に発生した連続的な物理過程を、測地データを主として用いながら統一的なモデルに基づきはじめて詳細に明らかにし、なおかつ、そこに働くプレート間相互作用に関して新たな知見をもたらしたものと言える。

なお、本論文第 2 章は瀨瀬一起、藤井雄士郎、佐竹健治、酒井慎一、篠原雅尚、金沢敏彦との共同研究、第 3 章以降は瀨瀬一起、藤井雄士郎との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。