

氏名	奥脇 亮
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	博 甲 第 9 0 3 8 号
学位授与年月日	平成 3 1 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Irregular Rupture Evolution During the Large/Great Earthquakes: Resolved by High-Frequency Radiation Sources and Co-seismic Slip Distribution (高周波励起源と断層すべりに基づく巨大地震の不規則な発展プロセスの解明)
主査	筑波大学教授 博士 (理学) 八木 勇治
副査	筑波大学教授 理学博士 久田 健一郎
副査	筑波大学准教授 博士 (理学) 藤野 滋弘
副査	京都大学防災研究所准教授 博士 (理学) 深畑幸俊

論 文 の 要 旨

地震は断層面上で発生する動的なせん断破壊現象である。断層滑りによって励起される地震波は地表付近の地震計で観測され、観測された地震波を用いることにより、震源域で発生した現象を解明することができる。これまで、主にインバージョン法を用いて断層面上の滑りの時空間分布の推定が行われてきたが、この解析手法では 2 秒より低周波の地震波の解析を行うことは困難であった。多様な地震破壊成長過程を理解する上で、より高周波の地震波形を用いて地震時のせん断破壊現象を詳細にイメージングすることは必要不可欠と言える。とくに、1 Hz 周辺の高周波地震波は、断層上の破壊伝播速度や断層滑り速度の急激な変化によって放射されることが予想されており、巨大地震破壊の進展と停滞を決める因子を解明する上で鍵となる。

近年、観測された地震波形を重ね合わせることによって、地震時の高周波放射をイメージングするバックプロジェクション (BP) 法が開発され、破壊成長過程の不規則性が報告され始めてきた。しかし、BP 法によって得られるイメージの解像度は十分でなく、破壊進展の不規則性と高周波放射の因果関係は明らかにされていない。また、BP 法と波形インバージョン法の解析結果の比較に基づき、沈み込み帯における地震破壊特性の深さ依存性が広く提唱されてきたが、この仮説は BP のシグナル値の物理的な意味が必ずしも明らかになっていないという問題を抱えていた。本論文で著者は、これらの問題を、理論的に計算したグリーン関数を使用したハイブリット BP (HBP) 法を用いた解析と、HBP 法を基礎とした理論的な考察を行うことにより解決している。

本論文で著者はまず、地震時破壊進展に不規則性をもたらすことが理論的に予想されている「バリア」に注目することで、地震破壊時の高周波放射と破壊進展の不規則性の因果関係を明らかにした。著者は、内陸プレート内で発生した 2008 年中国・四川地震 (Mw 7.9) と、プレート境界で発生した 2015 年チリ・イラペル地震 (Mw 8.3) で観測された遠地実体波 P 波に、HBP 法を適用して、高周波の励起源の時空間分布を求め、両者の相違点に着目して、議論を進めている。その結果、内陸プレート内で発生する巨大地震では幾何的なバリアが破壊進展の不規則性をコントロールすること、プレート間で発生する巨大地震では断層面上の強度や応力の不均質によるバリアによって破壊進展の不規則性がコントロールされることが明らかになった。

さらに著者は、BP・HBP 法で求まる値の意味について理論的な考察を行い、BP・HBP 法のシグナル強度を断層滑り情報に対応させる高周波イメージング技術の開発を行なっている。理論的な考察により、従来の BP・HBP 法の定式化で得られるシグナル強度はグリーン関数の振幅の情報を有しており、結果として人工的なシグナル強度の深さ依存の関係が得られることを明らかにした。著者は、さらに踏み込み、BP・HBP

法のもつ深さ依存性を除去し、高周波励起に寄与する滑り挙動を直接抽出する新たな定式化を提案している。

審 査 の 要 旨

2000 年代から、高周波励起源の時空間分布を推定する手法として、バックプロジェクション (BP) 法が登場し多くの巨大地震に適用されてきたが、得られた結果の解釈や理論的な背景については、不十分な点があった。

本論文では、BP 法を改良したハイブリット BP (HBP) 法を、複雑な断層系で発生した巨大地震と、一面の断層で発生したと考えられるプレート間巨大地震に適用して、不規則な破壊発展の要因について議論を行い、それぞれ異なる性質を持つバリアの役割を明らかにしている。複雑な断層系で発生した巨大地震の解析には精緻な断層面のモデルを使用している点、プレート間巨大地震ではインバージョン解析を併用して議論を行っている点は特筆に値する。

また、著者は理論的考察と数値実験により、従来の BP・HBP 法で得られた結果に人工的な深さ依存性が存在することを示した。これまで、従来の BP 法を用いた解析より、プレート境界浅部では断層滑りや破壊伝播がスムーズであるために、高周波励起が小さいと考えられてきた。しかし、本研究はこの結果が人工的に生成されうるものであることを明らかにし、正しく求める手法を提案している。理論的な考察を行うことにより、従来手法の問題点を発見し、その問題の解決法を提示している点は評価に値する。

平成 31 年 1 月 30 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士 (理学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。