

氏名	Hu Yaping		
学位の種類	博士（理学）		
学位記番号	博 甲 第 10289 号		
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 25 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	Rupture Process of the 2019 M_w 8.0 Intermediate-Depth Peru Earthquake and the 2017 M_w 6.5 Shallow Jiuzhaigou Earthquake (2019 M_w 8.0ペルー稍深発地震と2017 M_w 6.5九寨溝浅源地震の破壊過程)		
主査	筑波大学教授	博士（理学）	八木 勇治
副査	筑波大学教授	博士（理学）	角替 敏昭
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	氏家 恒太郎
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	藤野 滋弘

論 文 の 要 旨

審査対象論文で著者は、2019年ペルー地震において、破壊が震源から北方向に伝播したあとに再び震源方向に伝播する逆破壊伝播現象が存在したこと、2018年九寨溝地震において、断層形状の異なる複数の断層が連動し、かつ、地下の不均質構造を反映し断層滑り領域の下限が変化していく現象を明らかにしている。

第1章で著者は、地震現象を概説した上で、本論文の意義について述べている。ここで著者は、浅発地震や稍深発地震、深発地震は共に、地下に蓄積された歪みが短時間で解放される現象である点、稍深発地震を含める深発地震の発生メカニズムは完全には明らかになっていない点について説明している。また、稍深発地震と浅発地震の複雑な震源過程の原因は必ずしも明らかになっておらず、異なる環境下で発生した二つの地震の複雑な震源過程を求める意義について説明している。

第2章で著者は、2019年ペルー地震の震源過程の解析について述べている。この地域では、深さ100 km付近で沈み込むナスカプレートが折れ曲がっており、その折れ曲がりに沿って多く稍深発地震が発生しているが、2019年ペルー地震の震源域周辺では、折れ曲がりに沿った稍深発地震活動が低調であったことを指摘している。本地震の震源過程を安定に求めるため、近年開発されたポテンシー密度テンソルインバージョン法とBack-Projection法を用いて解析を行なっている。両者とも、不規則な破壊伝播過程を求めることが可能な自由度の高い解析手法である。この地震は余震活動が低調であったため、震源メカニズム解から求まる二つの節面のどちらが真の断層面かを判定することは難しい。ポテンシー密度テンソルインバージョン法は、震源域の深さ情報を有している地表面からの反射波（depth phase）を説明しうるモデルを構築するために、面の選択に関わらず震源領域の深さを安定に推定することができる。一方で、Back-Projection法は、直達P波の放射領域を求めるため、深さ方向の分解能はないが、水平方向の分解能を有している。著者は、この異なる性質を利用して、二つの手法の結果を比較することで、真の断層面を推定する手法を提案している。東傾斜の断層面と西傾斜の断層面の二つの結果を比較し、二つの解析手法の結果が一致する東傾斜の断層面が適切であるとの結論を導き出した。その上で、破壊開始後、北方向に主破壊が伝播していくが、その後、南側に破壊が逆伝播し、再び震源付近が破壊していることを指摘している。また、沈み込むプレートの湾曲に対応して、震源メカニズム解の圧縮軸であるP軸が回転する様子も明らかにしている。このような特徴は、稍深発地震で初めて発見されたものであるため、その真偽を確かめるために、数値実験を行い、入力モデルにこれらの特異な特徴がある場合、その特徴が再現されることを確認している。

第3章で著者は、2017年九寨溝地震の震源過程の解析について説明をしている。この地震は、チベット高原北部のBayan Har blockの東端で発生している。震源は、複数の活断層の接合部分周辺に位置し、既存の活断

層と余震領域は重なっていない。仮定する断層面に起因するモデリング誤差を軽減できるポテンシー密度テンソルインバージョン法を適用して、複雑な震源過程の解明を試みている。著者は、震源領域が主に3つのセグメントに分割できることを指摘している。それぞれの断層の震源メカニズム解は異なっており、北セグメントと中央セグメントでは走向が大きく異なる。また、北セグメントは深さ10 km以浅に主破壊領域が求まっているが、中央セグメントでは主破壊領域は深さ20 kmにも達している。この深さの違いは余震活動と調和的であり、かつ地震波速度分布から、北側ほど浅い領域に低速度層が存在することがわかっている。さらに、得られた走向の違いも余震分布と概ね調和的である。それらを踏まえて著者は、複雑な地下構造の影響によって複雑な破壊伝播が発生していることを指摘している。

第4章で著者は、最新の震源過程解析手法であるポテンシー密度テンソルインバージョン法を用いることで、稍深発地震と浅発地震の特異な震源過程を明らかにできたことを主張している。

審 査 の 要 旨

審査対象論文は、先行研究で単純な震源過程結果が得られている二つの地震に、近年開発されたポテンシー密度テンソルインバージョン法を適用し、その特異な震源過程を明らかにした。先行研究との違いは、特異な震源過程を許容する震源過程モデルを設定しているか否かであると考えられる。本論文の結果は、今まで特異と思われていた逆破壊伝播のような現象は、見過ごされていただけで、実は普遍的な現象なのではないかという可能性を提起するもので、高く評価できる。

令和4年2月7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。