

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）断層破壊過程の解明と強震動予測に関する研究

（英文）Study on earthquake source rupture process and strong motion prediction

(3) 関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の5か年の到達目標：

これまでの成果も踏まえつつ、本計画期間内及びそれ以前に発生した国内外の顕著な地震の断層破壊過程の解析を継続的に行う。特に、本課題では、地殻構造や応力場の不均質性と破壊過程との関係などを重点的に調査し、災害誘因の事前評価としては重要な強震動予測のための震源モデル設定に必要な地震シナリオ想定に有用な知見を得る。そのために必要な、震源インバージョン解析手法の改良や適用周波数帯域の拡張を目指すほか、他課題等でなされる地殻構造・地盤構造に関わる成果も活用し、動力的破壊シミュレーションから得られる知見なども参考にしながら、時空間的に複雑な断層破壊過程と震源域の強震動特性の関係解明のための研究を行う。

また、過去の地震の断層破壊過程の分析で得られた震源モデルから、平均的な地震像だけでなく、強震動予測に必要な各々の断層パラメータのばらつき（不確実性）を評価することのできる情報を抽出し、広帯域強震動予測に活用できる形で整理・提案することを目標とする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

震源断層破壊の物理解明に加え、地震被害に係る強震動生成メカニズムの解明やその事前評価手法の高度化のために、強震記録等を用いて実際に発生した国内外の大～巨大地震の断層破壊過程を解析することで、時空間的に複雑な断層破壊過程と建物被害に直結する震源域の強震動特性の関係を明らかにする。震源断層の破壊過程の分析の観点としては、地殻構造や応力場の不均質性と破壊過程との関係などを重点的に調査し、災害誘因の事前評価としては重要な強震動予測のための震源モデル設定に必要な地震シナリオ想定に有用な知見を得る。その際は、平均的な地震像だけでなく、強震動予測に必要な各々の断層パラメータのばらつき（不確実性）を評価することのできる情報を抽出する。これには、現行計画以前の各課題等で蓄積されてきた解析結果も活用することができる。また、広帯域強震動予測のための震源モデル高度化のため、震源断層内の小スケールの空間不均質を適切に表現できる震源モデル化手法の開発を継続する。これらのために、より高度な解析手法の開発、波形インバージョンの適用周波数帯域の拡大や動力的破壊シミュレーションから得られる知見の導入等も視野に入れながら研究を進める。

本課題の研究期間内に新たに発生した地震についても、断層破壊過程の分析や特徴的な地震動の生成メカニズム解明を継続する。得られた震源モデルについては、他課題等の研究でも活用できるように、これまでと同様に成果の迅速な発信やデジタルデータの公開を推進する。

今後30年以内に高い確率での発生が予測されている南海トラフ地震を前にした、関西地方の内陸地震活発化の可能性（例：2018年大阪府北部の地震）も踏まえ、関西地方で観測される地震の震源特性や強震動特性を高精度に把握することを目指し、京都盆地及びその周辺地域の堆積層及び岩盤での広

帯域速度型強震計を中心とした強震観測を継続する。加えて、前計画期間以前から観測・収集している強震波形記録の適正な保管、整理、利活用を行う。また、定常・機動的強震観測や微動観測のための観測機材維持と利用も適切に行う。

以上の研究実施に際しては、関係する大学院生の協力も得ながら実施する。

令和6年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、過去の地震の震源モデル収集と整理、強震観測の維持管理、過去の強震記録の整理保存方法の検討

令和7年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層破壊過程と地殻構造不均質等の比較、強震観測の維持管理、過去の強震記録の整理保存方法の検討の継続

令和8年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層破壊過程と地殻構造や応力場不均質等の比較、強震観測の維持管理

令和9年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層パラメータのばらつき評価、強震観測の維持・管理

令和10年度：強震記録等を用いた断層破壊過程と強震動生成メカニズムの解析（手法改良も含む）、断層パラメータのばらつき評価継続、本研究課題の成果を踏まえた強震動予測のための震源モデル設定法の整理と提案、強震観測の維持管理

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

大地震の断層破壊過程の解析手法の改良のための研究として、本年度は、日本海溝沿いに近年整備されたS-net海底強震計記録の震源過程解析への活用についての研究を重点的に実施した。具体的には、2021年2月13日と2022年3月16日にそれぞれ福島県沖で発生したM7級のスラブ内地震を対象に、陸域+海域の強震記録を用いた解析と、従来通り陸域の強震記録のみを用いた解析を行い、解析結果の比較を通じた議論を進めた。インバージョン手法は、マルチタイムウィンドウ線形波形インバージョン法（Hartzell and Heaton, 1983）とし、使用する波形データは陸域・海底強震計ともに、速度波形3成分（S波部分）で、周波数帯域を0.05～0.4 Hzとした。断層面の走向、傾斜はNIED F-netのモーメントテンソル解を参考に設定した。理論Green関数は、観測点毎に一次元速度構造モデルを仮定し、離散化波数法（Bouchon, 1981）と透過・反射係数行列（Kennett and Kerry, 1979）により計算した。各観測点の速度構造モデルは、全国1次地下構造モデル（Koketsu et al., 2012）より観測点直下の構造を抽出したものを基本とするが、S-net観測点では、海底下5 kmまで

は、Nagashima et al. (2025)がS-net中小地震記録のH/Vを用いて同定した速度構造モデルに置換えることで、海底付近の堆積層の詳細な構造をできる限り反映させた。2021年、2022年の地震とも、大局的なすべり分布や破壊伝播の様相は、海底強震計記録の有無によらず大きな傾向は変わらなかったが、最大すべり量については海底強震計を含めた解析結果の方が、小さめになった。また、2022年野断層破壊は、2021年の地震ですべりの小さかった領域にて開始したことが分かった。S-net観測点での理論波形の観測に対する一致度は、JIVSMのみで理論Green関数を計算した場合に比べ、Nagashima et al. (2025)の速度構造モデルを取り込んだ理論Green関数の方が、振幅や位相の再現性が明らかに向上しており、Green関数計算のための速度構造モデルの重要性を再確認した。海水層を考慮可能なGreen関数計算手法の活用、三次元速度構造の影響なども今後の課題としてあげられ、引き続き、海底強震計記録を活用した震源過程解析のノウハウの蓄積が必要である。

また、動学的破壊特性と強震動の関係に関する知見を得るため、動力学震源インバージョンの開発やテストを継続した。すべりの時空間分布を未知数として解く運動学的震源インバージョン解析と異なり、動学的震源インバージョンでは、震源断層面上の初期せん断応力、ピーク摩擦係数、臨界すべり量の空間分布をMCMC法によって解くものである。平成28年熊本地震の最大前震（ $M_{JMA}6.5$ ）を模擬したテスト用動力学震源モデルから生成した波形データを入力して、手法のテスト及び改良を継続した。前年度は、インバージョンに使用する強震波形の上限周波数を0.5 Hzとした解析のもとで検討を行ったが、今年度は上限周波数を1 Hzとして検討したところ、臨界すべり量の推定値や摩擦構成則の再現性が向上することを確認した。また、観測点配置についても、自治体震度計も活用することで、断層近傍での観測データが増え、より精度よく動的震源パラメータを拘束できることが期待される。

令和6年能登半島地震に関する研究の一環として、震源域周辺での強震動特性分析や震源インバージョン時のGreen関数計算のための速度構造モデル改良に資するため、石川県七尾市と穴水町において小

半径の微動アレイ探査を実施した。七尾市府中町周辺では、既存の大半径の微動アレイ探査 (Asano et al., 2020) の位相速度分散曲線と接続し、浅部地盤構造に関する情報を得るため、半径0.6 m、6 m、20 mの微動アレイ探査を新たに実施した。その結果、S波速度200 m未満の低速度層の厚さが約30 mであり、この低速度層が周波数1 Hz付近の地震動増幅に大きく寄与していることを確認した。穴水町では、国立研究開発法人防災科学技術研究所K-NETのISK005 (穴水) とISK015 (大町) の両観測点 (2観測点間の距離は約650 m) において、それぞれ半径0.6 mと6 mの微動アレイ探査を実施した。微動アレイ探査により得られたRayleigh波の位相速度は、ISK005では3 Hz以上で100 m/s以下と極めて小さいのに対し、ISK015では20 Hzでも350 m/sとISK005に比べてかなり大きい。AVS30の推定値も、ISK005では約110 m/s、ISK015では約640 m/sと大きく異なり、 $V_s < 200$ m/sの層厚がISK005では15 m、ISK015では4 mであることが、両観測点での地盤増幅特性の違いとして説明できる。

関西地方で観測される地震の震源特性や強震動特性を高精度に把握することを目指した、京都盆地及びその周辺地域の堆積層及び岩盤での広帯域速度型強震計を中心とした強震観測を継続し、強震波形記録を収集・整理した。炭山観測室 (宇治市) の観測室建物は、令和7年9月に所内経費により解体撤去した。定常・機動的強震観測や微動観測のための観測機材については、データ収録装置の修繕やスイッチングハブの交換など、適切な維持管理を実施した。連続記録を学内ネットワーク経由でリアルタイム受信している京都大学宇治構内及び京都大学百周年時計台記念館で観測された有感地震の波形記録はホームページで公開している。トリガー観測方式で運用している強震観測点の連続記録化への移行方法についての検討に着手した。京都盆地及び周辺での強震観測点の維持管理を行い、新たな強震記録を取得した。当研究所における過去の強震記録の整理・保存・活用法の検討を継続した。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

建議の項目「3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究 (1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化 ア. 強震動の事前評価手法」における「地震被害を起こしうる大地震や巨大地震の震源特性を強震記録等により解析し、時空間的に複雑な断層破壊過程と震源近傍の強震動特性の関係を明らかにする。また、過去の地震の断層破壊過程の分析で得られた震源モデルから、将来発生する地震の広帯域強震動予測のための震源モデル設定に有用となる情報を抽出する」に直接的に貢献することを目指した課題である。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :

・論文・報告書等

Asano, K. and T. Iwata, 2025, Source Rupture Process of the Mw 6.2 Earthquake in the Noto Peninsula, central Japan, on May 5, 2023, *Earth Planets Space*, 77, 54.
doi:10.1186/s40623-025-02186-w, 査読有, 謝辞有

浅野公之, 2025, 内陸地震の地震ハザード評価のための震源像の理解, *日本地震学会広報誌なみふる*, 140, 4-5., 査読無, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

宮本 英・浅野公之・岩田知孝・Miroslav Halo, 2025, モデル計算に基づく動的震源インバージョン手法の性能評価, *日本地球惑星科学連合2025年大会*, SSS10-13.

岩村虹希・浅野公之, 2025, S-net観測データを取り入れた有限断層インバージョン: 2021年福島県沖地震の震源過程, *日本地震学会2025年秋季大会*, S15-15.

浅野公之・岩村虹希, 2025, 石川県鳳珠郡穴水町及び七尾市における微動アレイ観測, *日本地震工学会第19回年次大会*, D-7-6.

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報:

項目: 地震: 地震: 強震動地震観測

概要：広帯域速度型強震計または加速度型強震計による強震観測。トリガー観測が主体であるが、一部観測点は連続観測。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：京都府宇治市・京都市 34.91014 135.80216

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可） <https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/kyoto/>

(10) 令和8年度実施計画の概要：

令和7年度に引き続き、主要な地震の断層破壊過程の解析を継続するとともに、他の地震の既往の解析結果の収集・分析もあわせて、震源断層での破壊過程と地殻構造や応力場の不均質性との関係などについて系統的な分析を進める。断層破壊過程の解析手法の高度化の一環として、動力学的震源インバージョンの開発を継続する。京都盆地及びその周辺地域の堆積層及び岩盤での広帯域速度型強震計を中心とした強震観測を継続する。過去の強震波形記録の整理や利活用方法の検討を継続する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

浅野公之（京都大学防災研究所）、関口春子（京都大学防災研究所）

他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学防災研究所地震災害研究部門強震動研究分野

電話：

e-mail：

URL：<https://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/>

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：浅野公之

所属：京都大学防災研究所地震災害研究部門強震動研究分野