

(1) 実施機関名：

立命館大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

地震に先行する極微小な前震活動の異常度評価と発生環境の評価

(3) 関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 先行現象に基づく地震発生の確率予測

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

イ. 地震断層滑りのモデル化

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

(5) 総合的研究との関連：

(6) 平成30年度までの関連する研究成果(または観測実績)の概要：

平成30年度までの計画においては、日本を含む世界各地で発見されてきた大規模地震に先行する極微小な前震活動について、その検出試行例の増加にむけた検出手法の開発をおこなうこと、並行して室内実験を利用した前震の発生様式を推定することを研究計画に定めた。

長野県中部の地殻内地震(2011年,  $M_j$ 5.4)を例として、防災科研 Hi-net の震源近傍(10 km 以内)の4観測点の3成分連続波形記録を利用し、前震検出の適切な基準について詳細な検討をおこなった。まず、テンプレートとなる前震記録との相互相関係数(CC)の頻度分布を作成し、その分布の特徴を精査したところ、CCの分布の裾が、正規分布よりも極値分布で良く説明できることが明らかになった。またこの分布を利用し、大きいCCを示す外れ値の上位いくつまでをイベントとみなすのが合理的か、赤池情報量規準(AIC)を基に議論した。AICを利用することにより、定数や標準偏差の定数倍等の任意性の残る閾値ではなく、合理的かつ客観的な閾値の設定方法を提案することができた。

気象庁カタログに記載済みの前震は本震13時間前からに限定されていたが、以上の新手法を基に、本震から遡ること2年間の地震活動を評価したところ、新たに見つかった地震は、本震の2ヶ月前に1つと、3~4日前にまとめて3つのみであった。このことは、前震活動が定常的な微小地震の巨大化・頻発化と呼べるものではなく、過去2年間に殆ど例のなかったイベント群の発露であったことが示された。

2016年熊本地震に続発した愛媛県北東部の地震(深さ7.7km,  $M_j$ 3.1)に関し、これが大地震の前震である可能性を想定し、この波形記録をテンプレートとして、準リアルタイムのモニタリングを実

施したが、気象庁一元化震源カタログに記載された2つのM0クラスの地震以外には前震は検出されなかった。

防災科学技術研究所と共同で実施した二軸せん断試験の際に取得された連続波形記録の解析をおこない、断層全面がすべる大規模動的すべりイベント(本震)に先行した前震の中に、小繰り返しイベント群があることを示した。これらは、断層全面がすべる大規模な動的すべりイベントをはさんで発生しており、断層全面がすべることによって前震を発生させるパッチが保持されることが示された。並行して、実験室で発生する高周波微小破壊(AE)の波形記録を地震計記録のように扱うことができるようにするためのセンサーの開発をおこなった。これにより、実験室で発生する前震的AEの特徴をより詳細に把握できるようになる。

#### (7) 本課題の5か年の到達目標:

自然地震における前震活動の存在は、地震計によるリモート・センシングが可能な現象であり、地震発生予測の確度を上げるための鍵となる。防災科研Hi-netに代表される高感度連続地震観測のおかげで、日本においては極微小な前震の検出も可能であり、現行計画において極微小な繰り返し前震の検出アルゴリズムも提案できた。また2011年に長野県中部で発生したある地震(Mj5.4)の繰り返し前震について、本震に先行する2年程度においては直前においてのみ検出されることが示された。これは、2007年能登半島地震や2008年岩手・宮城内陸地震において、数週間の解析ながら確認された現象と同様である。

しかしながらテンプレートとなる地震波形は、現時点では本震発生後に前震として認められたものを用いたある種の「事後予測」にあたる。そこで、本課題では、2つのアプローチでこの問題の解決を図る。一つ目の目標は、日常的に発生する微小地震記録をテンプレートとして用いた場合に、極微小な繰り返し前震活動が異常活動として認識されるか否か、すなわち「本震」の発生という情報を持たない状態で「本震」の発生をどの程度の確率で予測できるか、を明らかにすることである。二つ目の目標は、テンプレートを必要としない繰り返し地震活動を抽出する手法を確立し、それを適用することで微小繰り返し前震活動の検出を目指すことである。

また、実験室で実施される破壊試験や固着すべり試験時に観測される微小な繰り返し破壊を活用して、繰り返し前震の発生様式、発生機構を明らかにすることも本課題の目的とする。

これらの取り組みを通じて、繰り返し前震活動について、その活動およびイベント自身の異常さを利用して、大地震の発生確率評価にどの程度利用できるかを明らかにすることを目指す。

#### (8) 本課題の5か年計画の概要:

研究目的の達成のために、以下のような年度計画で課題を遂行する。なお、成果の取りまとめは随時実施する。

【令和1年度】近年に大規模地震が発生した地域、定常地震活動度の高い地域、定常地震活動度の低い地域、大地震の切迫度が高いと評価されている地域等から、研究対象領域を抽出し、気象庁一元化震源カタログよりテンプレートとして使用する微小地震を設定する。現行計画で開発したアルゴリズムに従い、繰り返し活動の抽出をおこなう。データ量が多いため、高速化のためのアルゴリズムの改良も進める。

二軸せん断試験で得られた波形の解析を高度化するために、実験時に貼り付けられていた弾性波トランスデューサの計器特性を精査するための検定試験を実施する。

【令和2年度】令和1年度に引き続き、繰り返し活動の抽出をおこなう。また、抽出された繰り返し活動の特徴を調べ、極微小な繰り返し前震活動に共通する特徴の有無について検討する。

テンプレートを必要としない繰り返し地震活動抽出のためのアルゴリズムの検討、解析コードの開発をおこなう。

前年度に得られた計器特性を利用して二軸せん断試験で得られた波形解析を進める。

【令和3年度】令和1,2年度までに開発された手法に基づき、引き続き繰り返し活動の抽出をおこな

い、抽出された繰り返し活動の特徴から、繰り返し前震活動に共通する特徴の有無について検討する。  
二軸せん断試験時の前震的微小破壊について、載荷や破壊面形成と微小繰り返し破壊の時空間的な関係を調べる。

【令和4年度】令和1,2,3年度に引き続き、繰り返し活動の抽出をおこなう。繰り返し活動の出現に対する大地震の付随確率を求め、大地震の発生確率評価をおこなう。

【令和5年度】大地震に先行して発生する繰り返し前震活動について、実験室で得られた知見と照らし合わせ、繰り返し前震活動の物理的な位置づけを考察するとともに、この活動の特異性について評価する。

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

立命館大学理工学部：川方裕則、平野史朗

他機関との共同研究の有無：有

京都大学防災研究所：土井一生

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：立命館大学研究部BKCリサーチオフィス

電話：077-561-2802

e-mail：ml-b-kanri@ml.ritsumei.ac.jp

URL：http://www.ritsumei.ac.jp/research/center/sci/

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：川方裕則

所属：立命館大学理工学部