

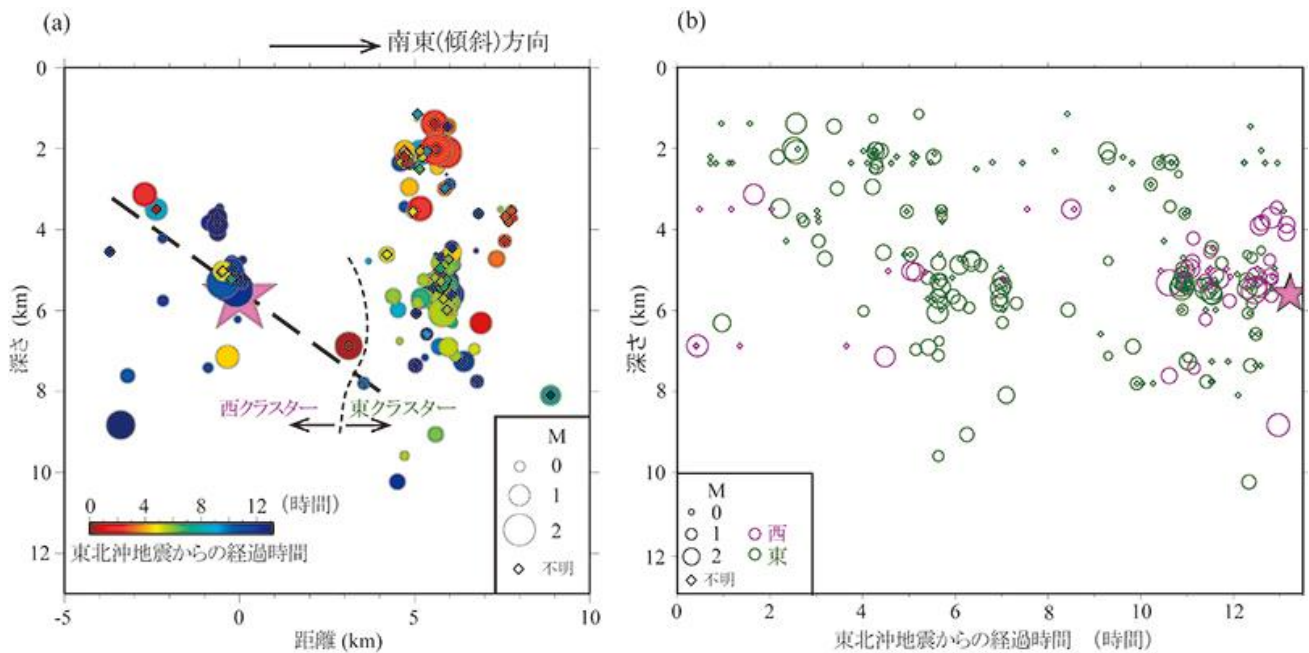
東北地方太平洋沖地震後に日本全国で発生した誘発地震のメカニズムを解析

—稠密地震観測網で捉えられた長野県北部の地震の前駆過程—

概要

海溝軸付近で発生するプレート間巨大地震とそれに引き続く内陸断層での地震活動の活性化との関係性は、未だによく理解が進んでいません。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震 (M9.0) (以下「東北沖地震」という。) の発生13時間後に、長野県北部において M6.2 の地震が発生しました。京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 Enescu Bogdan 准教授、気象庁地震火山部 地震火山技術・調査課 下條賢梧技官、筑波大学生命環境系 八木勇治教授、国立研究開発法人防災科学技術研究所 武田哲也主任研究員らは、当時この地域に稠密に展開されていた地震観測網の連続地震波形データを詳細に解析し、東北沖地震発生から M6.2 の地震発生までの間に発生していた微小地震活動を検出することに成功しました。これらの微小地震活動が地下の流体の流動や M6.2 の震源近傍で発生したゆっくり滑り¹と関連している可能性があることが明らかになり、東北地震の強い地震動から M6.2 の地震発生に至るまでの地震発生過程について新たな知見が得られました。

本成果は、2021年4月16日に英国の国際学術誌「Scientific Reports」にオンライン掲載されました。



本研究で検出された微小地震の分布の断面図(a)とそれぞれのクラスターにおける時間-深さ分布 (b) 星印は本震。(a) の太い破線は先行研究で推定されている2011年長野県北部の地震 (Mw 6.2) の断層。

研究グループ

下條賢悟 気象庁地震火山部 地震火山技術・調査課 技官

Enescu Bogdan 京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 准教授

八木勇治 筑波大学生命環境系 教授

武田哲也 国立研究開発法人防災科学技術研究所 主任研究員

1. 背景

大地震の前に先行して発生する前震活動は、社会的にも関心が高い現象ですが、その実態は必ずしも明らかになっていません。前震が本震を誘発するのか、あるいは本震前の断層面上で発生する遅いすべり運動（ゆっくり滑り）の副産物にすぎないのかについては、様々な意見があります。最近の研究では、特定の時空間的な地震活動パターンが大地震に先行することがあり、それ自体はゆっくり滑りの結果であるとする意見がある一方で、本震のごく近傍での顕著な活発化が本震を誘発する可能性も示されています。そして、断層面での流体流動がゆっくり滑りを誘発するという理論や観測結果もあり、前震活動の理解には、それらの相互作用を考慮した複雑な地球物理的モデルの構築が必要となります。

2. 研究手法・成果

今回私たちは、2011年当時に防災科学技術研究所が長野県から新潟県周辺に展開していた非常に密な地震観測網で記録された地震波形に対し、Matched-filter 法²を適用して、既存の地震カタログに記載のない未知の微小地震活動を探索しました。その結果、前震とみられる微小な地震活動の分布が、M6.2の地震の震源付近から南西へ2km程度の線状に延びて分布することが明らかになりました。この前震活動には、時間とともに南西側から次第に本震付近へと移動していく傾向が見られ、特に本震発生前の1時間には、本震のごく近傍において顕著な活発化を示します。このような前震活動の移動および活発化は、内陸断層の局所的なゆっくり滑りの可能性を示す重要な証拠であると私たちは考えています。また、本研究の対象地域全体で見たときの微小地震活動は、東北沖地震から1時間以内に始まり、群発地震の様相を呈するのですが、地殻内流体の流動がそのような群発地震活動を促進する一つの要因と考えられます。そして、東北沖地震とそれに引き続く大規模な余震による強い地震動の度重なる通過が、当地域において微小地震活動が始まるきっかけとなった可能性があります。

3. 波及効果、今後の予定

今回、高密度な地震観測網による地震波形データを使用することで、極めて詳細な微小地震活動の時空間パターンから、その地球物理的なメカニズムを考察しました。私たちは、このような地震活動を注意深く監視することでより高い精度の地震ハザード推定の鍵になると考えています。地震活動の時空間的な特徴を詳細に捉え、様々な地震の誘発プロセスを考慮することが、内陸地震活動の短期的予測につながることを期待しています。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本学術振興会の科研費ナンバー16J00635 およびルーマニア国の高等教育・研究・開発およびイノベーション資金調達のための執行機関 (UEFISCD) によるプロジェクト AFROS (PN-III-P4-ID-PCE-2020-1361) による支援を受けております。また、本研究では文部科学省「ひずみ集中帯の重点的調

査観測・研究プロジェクト」のデータを使用しています。

<用語の解説>

1. **ゆっくり滑り**とは、断層が高速にすべる通常の地震とは異なり、その名の通り断層がゆっくりとすべる地震です。ゆっくり滑りは、数時間から数日、長いものでは1年近くかけて生じ、人が感じることはありません。2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生前には、ゆっくり滑りが震源近傍で発生していたことが示唆されており、ゆっくり滑りが地震の発生に及ぼす影響について近年特に注目されています。
2. **Matched-filter 法**とは、震源が近い地震の波形が類似することを利用して、ノイズの中に埋もれた地震を検出できる優れた手法です。震源を決定できた地震の波形テンプレートを用意し、一連の地震波形データの中からそのテンプレートと“マッチ”する波形を検出することによって、ノイズに隠れている地震を見つけ出すことができます。

<研究者のコメント>

海溝型地震と遠く離れた内陸で誘発される地震といった地震の相互作用は、地震発生の物理を理解するのに役立つと同時に、複雑な現象でもあります。今回、東北沖地震の本震と一連の余震活動による地震動が長野県の内陸地震活動を変調している可能性が示されたわけですが、このことは海溝型の大地震後における広域での地震防災を考える上でも重要になってくるのかもしれません。

<論文タイトルと著者>

タイトル：Nucleation process of the 2011 northern Nagano earthquake from nearby seismic observations（近傍の地震観測網から明らかとなる2011年長野県北部の地震の核形成過程）

著者：下條賢悟、Enescu Bogdan、八木勇治、武田哲也

掲載誌：Scientific Reports

DOI：10.1038/s41598-021-86837-4