

遠地地震によって誘発される地震活動の特徴を解明

—地震ビッグデータ解析を通じて—

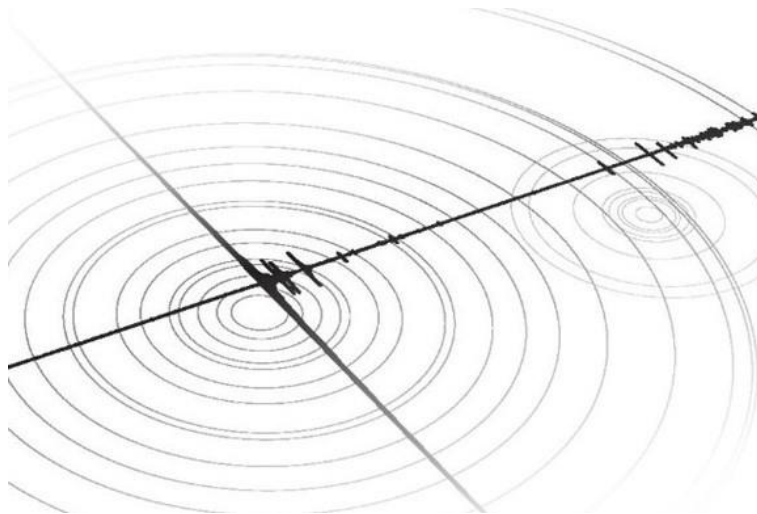
概要

京都大学防災研究所 宮澤理穂 准教授、カリフォルニア大学サンタクルーズ校（米国）Emily Brodsky 教授、Huiyun Guo 同博士課程学生の研究グループは、遠地で発生した大地震に伴い誘発される地震の活動の特徴を、ビッグデータの解析から明らかにしました。

大地震に伴う余震活動はこれまで詳しく調べられてきましたが、余震域から遥かに離れた場所でも発生する誘発地震について、その活動を定量的に説明するための知見は十分ありませんでした。そこで新たな解析方法を提案しつつ、過去 10 年間に南カリフォルニアで得られた地震に関する記録を解析しました。地震の揺れの強さに応じて地震活動が活発化しやすくなる関係性や、誘発を受けやすい場所の地域性を検証したほか、誘発された地震活動は通常の余震活動よりも時間とともに緩やかに減少する特徴などを明らかにしました。

本研究で得られた結果は、今後世界のどこかで大地震が起きたときに、その後の地震活動が地球規模でどのように推移していくのかを予測することに応用されることが期待されます。

本成果は、2021 年 5 月 5 日に米国の国際学術誌「AGU Advances」にオンライン掲載されました。



図：大地震は、遠く離れた場所でも地震を誘発する

1. 背景

大地震が起こると震源域付近では余震が活発に起こります。その余震活動は時間と共に徐々に減少していきます。このことを表現する経験式は 100 年以上前から知られており、その後、長年にわたる改良を経て余震活動の予測式として実用化されています。一方で余震域から遠く離れた場所でも、地震波による擾乱によって地震活動が活発化する現象が近年知られてきました。例えば 2011 年東北地方太平洋沖地震の地震波は、日本列島で次々と地震を誘発しながら広がっていき、列島全体の地震活動が高まりました。他にもマグニチュード(M)が 8 を超える大地震は地球規模で地震活動を活発化させることが、21 世紀の地震観測から統計学的に分かっています。一方で本震の近くで発生する余震活動と違って、このように遠地で誘発される地震活動は因果関係が曖昧なことがあり、それを定量的に説明するための知見も、物理メカニズムも明らかではありませんでした。

2. 研究手法・成果

地震活動の活発な南カリフォルニア（米国）において得られた地震に関する大規模記録を用いて、2008 年～2017 年の 10 年間に観測された地表の揺れと地震活動との関係を調べました。南カリフォルニアの記録を用いたのは、最近世界で最も高品質な地震カタログ（地震の発生時間、場所、規模をまとめたもの）が同地域で構築されたためです。世界で起きた 4500 個以上の（大）地震と、南カリフォルニアで起きた約 19 万個の地震の記録を使い、新しい解析手法も提案しつつ、地震活動の変化を調査しました。

本研究により次の 3 点が明らかになりました。(i) 揺れの強さに対する誘発のされやすさが、べき乗則に従う関係にあることが分かりました（図 1）。これは 10 年程前の研究で示唆されていましたが、今回、期間の異なる良質なデータを使って再現し、関係性も改善しました。これにより地表が揺れた後、どの程度地震活動度が増加するのかを推定できます。例えば M7 の地震の波が通過した際には、震源域から数百 km 離れていても数百個にも及ぶ M2 程度の地震が発生した事に対応するだけ、地震活動の活発化が見られます。小さな地震でも数が多いと言う事は、より大きな地震が起きる可能性も高くなることを意味しています。(ii) 地震活動が活発化した後の、活動の時間推移が分かりました。通常余震活動は時間の -1 乗に比例（時間に反比例）して減衰しますが、遠地の大地震によって誘発された地震活動は時間の -0.4 乗程度と言う、ゆっくりとした割合で減衰していくことが分かりました（図 2）。つまり初期の地震活動の増加レベルが同じであれば、誘発地震活動は余震活動に比べて何倍も長く活動が継続します。(iii) 地震が誘発されやすい地域を調べたところ、火山・地熱地帯や既存の断層との関係性も明らかになりました。この地域の特徴から、誘発された地震活動がゆっくりと減衰する物理背景には、クリープと呼ばれる断層のゆっくりとした破壊過程や、流体の移動と言った拡散過程が寄与すると考えられます。今回の発見では、地震波の到達直後から地震活動が活発化するのでなく、やや時間が経ってから活動がみられる、遅れ誘発と呼ばれる現象の発生理由も説明することができます。

3. 波及効果、今後の予定

これまで世界のどこかで大地震が起きても、遠く離れた別の地震発生地域では、その影響を評価できずにいました。しかし本研究で得た関係性は、本震から離れた場所でも、揺れの観測からその地点での地震活動の変化を確率的に予測できることを示唆する結果であり、地球規模の地震ハザード評価に資する研究成果です。今後は物理メカニズムを明らかにすると共に、関係性の精度を高め、その普遍性を検証していく予定です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本学術振興会による補助(JPMXS05G2900001)を受けました。

< 論文タイトルと著者 >

タイトル : Dynamic Earthquake Triggering in Southern California in High Resolution: Intensity, Time Decay, and Regional Variability (南カリフォルニアにおける地震の動的誘発の高分解能解析: 強度、時間減衰、地域的特徴)

著 者 : Masatoshi Miyazawa, Emily E. Brodsky, Huiyun Guo

掲 載 誌 : AGU Advances DOI : 10.1029/2020AV000309

< 参考図表 >

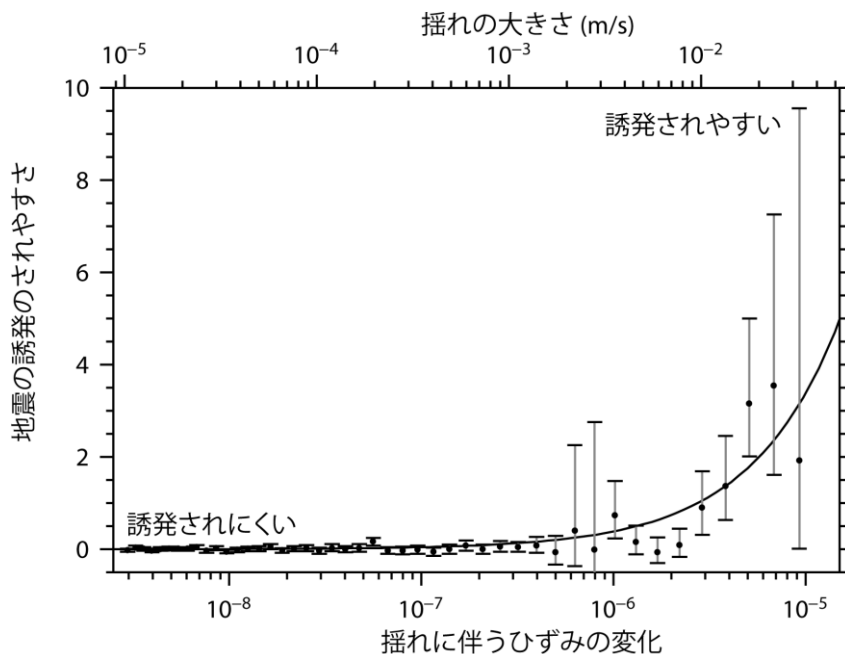


図 1. 遠地地震による地表の揺れと地震の誘発のされやすさとの関係。曲線はべき乗則によるモデル。

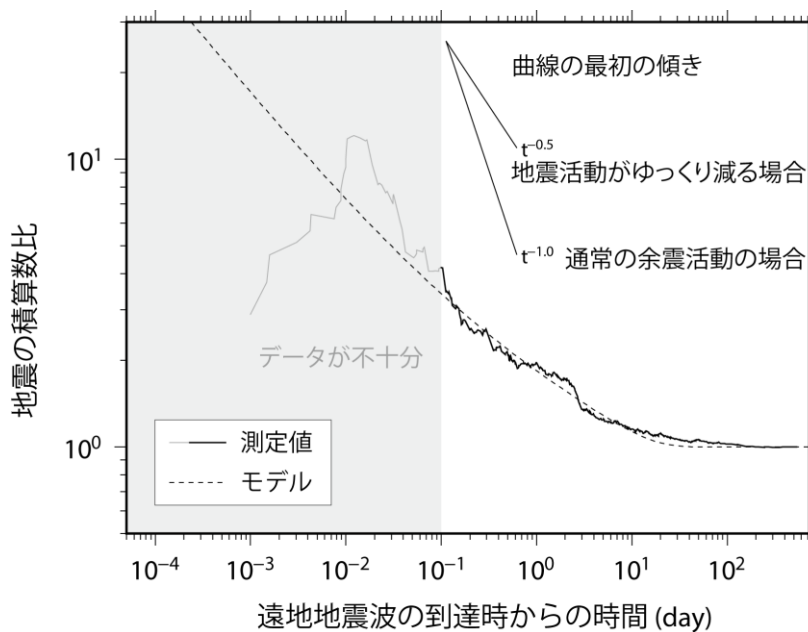


図 2. 誘発前後の地震積算数比の変化。曲線の最初の傾きから誘発地震活動の時間減衰を推定。