

地震活動評価の指標 b 値は「時間」よりも「場所」に左右される — 「大地震前に低下」の一貫した証拠は見つからず —

概要

地震の規模別頻度分布を表す b 値は、小さな地震と大きな地震がどの程度の割合で起こるかを示す指標です。これまで、 b 値が大地震の前に低下したり、大地震後に上昇したりする可能性が報告されてきましたが、日本の地震カタログを使って統計的に検証したところ、大地震の前に b 値が低下し、発生後に上昇するという一貫した証拠は見つかりませんでした。一方、 b 値が低い地域で大地震が発生しやすいという空間的な相関は確認され、広域的・統計的に見ると、 b 値の違いは大地震前後の時間変化よりも、発生場所の地質・応力環境を強く反映していることがわかりました。

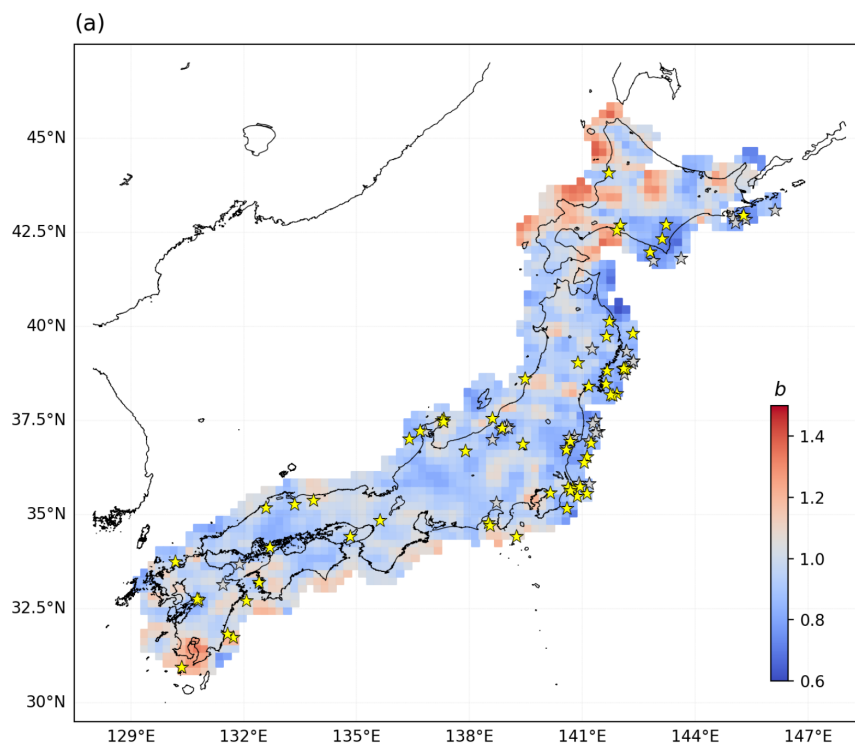


図 1 日本周辺における b 値の空間分布と、マグニチュード (M) 6 以上の大地震の位置。色は b 値を示し、青色ほど b 値が低く、赤色ほど b 値が高いことを表す。本研究の解析では、大地震は相対的に b 値の低い領域で発生しやすい傾向が示された。地図に示した b 値分布は、解析対象とした各地震系列に含まれる地震を除外したうえで、周辺地域の地震データに基づいて推定したものである。(図提供：Aron Mirwald 博士)

1. 背景

規模の小さな地震の頻度は高く、大きな地震の頻度は低いことが知られています。地震の規模と回数の間にはグーテンベルク・リヒター則^{※1}と呼ばれる経験式が成り立ち、 b 値はその式の中に現れる係数です。

通常 1 程度の値を取りますが、小さな地震が多く大きな地震が少ないほど b 値は高くなります。 b 値は地下の岩石の性質や応力状態と関係すると考えられており、低い b 値は相対的に高い応力状態を反映している可能性があります。

b 値が大地震の前に低下したり、大地震後に上昇したりする可能性が報告されてきました。大地震は低い b 値を示す領域で起こりやすい、という考えも提案されています。これらが正しければ、長期的な地震発生可能性の評価に役立ちます。しかしこうした傾向が多く地震系列^{※2}に共通して見られるのか、また b 値の変化を理解するうえで時間的な変化と空間的な違いのどちらがより重要なのかは十分には分かっていませんでした。

2. 研究手法・成果

京都大学とスイス・チューリヒ連邦工科大学などの国際共同研究グループは、2000 年 1 月から 2025 年 7 月までの気象庁地震カタログを用いて、大地震の発生前後や周辺で、地震の規模別頻度分布を表す b 値がどのように変化するかを統計的に解析しました。解析対象にしたのは、日本周辺で発生したマグニチュード (M) 6 以上の大地震系列です。カタログの不完全性や、近接して発生した他の大地震の影響を抑えるため、対象とする地震の震源の深さ 150km より浅いもの、震源の位置の海岸からの距離は 40km 以下などと制限を加え、時間・空間範囲から統計的に比較可能な 62 の地震系列を抽出して調べました。

まず地震の数年前とその直前の期間の b 値を比較しましたが、系統的な低下は確認されませんでした。また本震前と本震後（最初の 1 日の余震を除く 100 日間）の b 値を比較しましたが、統計的に有意な上昇は見られませんでした。

一方、本震前の b 値と本震後の b 値の相関係数は 0.88 と高く、 b 値が大地震の前後で大きく変化するのではなく、その地震が発生した場所に固有の性質を強く反映していることを示唆しています。

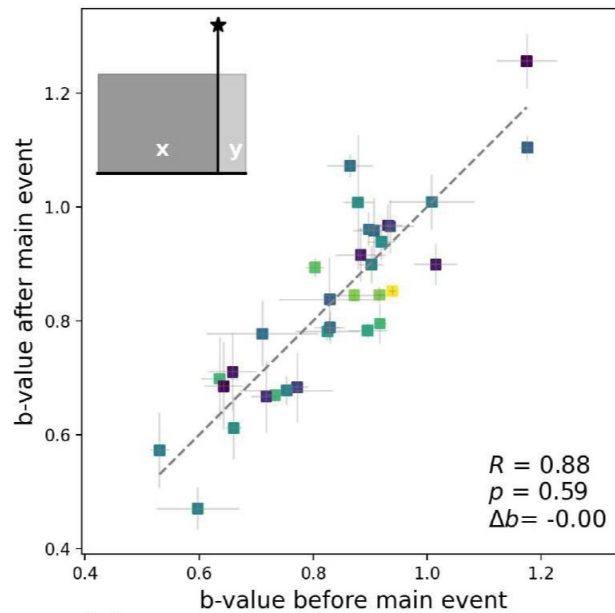


図2 本震前後の b 値の比較。横軸は本震前、縦軸は本震後の b 値を示す。相関係数は 0.88 と高い一方、本震後に b 値が系統的に上昇する傾向は認められなかった。(図提供：Aron Mirwald 博士)

また地震系列の外の領域の b 値から作成した「 b 値マップ」を使ってその地震系列の b 値を高い精度で再現できることもわかりました。このことも、広域的・統計的に見ると、 b 値の違いが大地震前後の時間変化よりも、発生場所に固有の地質・応力環境を強く反映していることを示すと考えられます。

また地震前後の b 値の変化を個別に調べると、変化自体はいくつか検出されましたが、その方向は「上昇」と「低下」でほぼ半々であり、大地震前に一貫して低下するというパターンは存在しませんでした。

これらの結果は、地震系列の抽出条件に依存している可能性があります。それを確かめるため、震源の深さ、海岸からの距離、本震後の期間（50 日～300 日）など 324 通りの組み合わせで分析を繰り返しました。しかし、ほとんどの組み合わせで、 b 値の一貫した時間的变化（地震前の低下や地震後の上昇）は認められませんでした。

大地震の前に b 値が一貫して低下する、あるいは大地震後に上昇するという明確な証拠は得られなかった一方、大地震は周囲に比べて b 値の低い領域で発生しやすいことがわかりました。さらに、地震系列ごとの b 値の違いは、大地震の前後に生じる時間変化よりも大地震の発生場所の違いでおおよそ説明できることが示されました。

本研究は、研究当時、京都大学の短期滞在学生であり、スイス・チューリヒ連邦工科大学（ETH Zurich）の博士課程学生であった Aron Mirwald 氏を中心に、Leila Mizrahi 博士（Swiss Seismological Service, ETH Zurich）、エネスク・ボグダン准教授（京都大学大学院理学研究科）、Stefan Wiemer 教授（Swiss Seismological Service, ETH Zurich）により共同で行われました。本研究成果は、2026 年 7 月 12 日に国際学術誌「Geophysical Research Letters」にオンライン掲載されました。

3. 波及効果、今後の予定

過去の研究で報告された b 値の時間的変化は、非常に局所的な変化であったか、あるいは地震の活動域が異なる b 値を持つ場所へ空間的に移動したことによる見かけ上の変化である可能性があります。したがって、本研究は b 値の時間的変化そのものを否定するものではなく、多数の大地震系列を広域的に比較した場合には、場所に依存する成分が支配的であることを示すものです。

今回の結果は、 b 値がその地域の岩石の性質や応力状態など、地下の地質・物理条件を反映している可能性を示しています。本研究は個々の地震の短期予測を目的とするものではありませんが、地震活動の統計的性質をより正確に捉え、長期的な地震発生可能性の評価や防災研究を進めるうえで重要な基礎的知見を提供します。

今回の研究は b 値の広域的な特徴を調べたものであり、狭い地域での b 値の挙動については、今後さらに研究を進める必要があります。

4. 研究プロジェクトについて

本研究に関連する研究活動の一部は、日本学術振興会 科学研究費助成事業 (JSPS KAKENHI) 「New deep-learning approaches for earthquake detection, location and source characterization with applications to subduction zones around Japan」(課題番号: JP26K07241) の支援を受けて行われました。

<用語解説>

※1) グーテンベルク・リヒター則

地震の規模 (マグニチュード) と発生数の関係を表す経験則。一般に、小さな地震ほど数が多く、大きな地震ほど数が少ない。この関係の傾きを表す係数が b 値であり、小さな地震と大きな地震の相対的な割合を示す。

※2) 地震系列

ある大きな地震と、その前後や周辺で発生する一連の地震活動。本研究では、日本周辺で発生した $M6$ 以上の大地震を中心に、一定の時間・空間範囲内で発生した地震を対象として地震系列を定義した。

<研究者のコメント>

本研究の結果は、広い空間スケールで見ると、 b 値は大地震の前後で系統的に変化するというよりも、大地震が発生する場所の性質を強く反映していることを示しています。地域ごとの地質構造や応力状態が地震の規模別頻度分布を形づくるうえで重要であり、長期的な地震ハザード評価にも役立つ知見になると考えています。

(Bogdan Enescu/エネスク・ボグダン)

<論文タイトルと著者>

タイトル: b -values of large earthquake sequences depend on their mainshock location (大地震系列の b 値は本震の発生場所に依存する)

著 者: Aron Mirwald, Leila Mizrahi, Bogdan Enescu, and Stefan Wiemer

掲 載 誌: Geophysical Research Letters

DOI: [10.1029/2025GL121450](https://doi.org/10.1029/2025GL121450)