

1411 地震活動パラメーターと地震発生場の応力の中に成り立つ定量的関係式
担当者 波多野恭弘 (hatano@eri.u-tokyo.ac.jp)

- ・実施機関（代表機関）名
東京大学地震研究所
- ・研究目的

Gutenberg-Richter (GR) 則や大森・宇津則に代表される地震活動の統計性は、大地震発生と何らかの相関を持っていると考えられている。とくに、大地震の発生前に GR 則の b 値が一時的に低下することがあるのはよく知られている。ただしその現象について、背後にある物理に基づいた定量的理論があるわけではなく、あくまで経験則の域を出ていない。しかも、大地震はレアイベントであるため、そのような経験則を統計科学的な意味で検証・確立することも困難である。したがって、 b 値の低下を実際に観測したときに、それが大地震発生の先行現象なのか、それとも単なる揺らぎなのかを判定することは極めて難しい。

この現状を突破するためには、何よりもまず、地震活動の背後にある物理過程を明らかにすべきであると考え。「地震活動を支配する物理は何か？」と正面から問うのである。この問いに対して、我々は、地震発生場における物理量（とくに応力）に注目し、地震発生場の応力状態と地震活動の間に成り立つ定量的関係式を確立することを目指す。その定量的関係式を通して、（直接観測できる）地震活動の変化から、（直接測定が困難な）地殻応力状態の変化を推定できるようになる。

このような「地殻応力状態と地震活動の関係」に関してはいくつかの先行研究があり、「GR 則の b 値と大森・宇津則の c 値は地震のフォーカルメカニズムに有意に依存する（逆断層だと b 値と c 値は小さくなり、正断層だと大きくなる）」ことが知られている [Schorlemmer et al. Nature 2005; Narteau et al. Nature 2009]。この結果は「差応力が大きいと b 値と c 値が小さくなる」と解釈可能である。この解釈が正しければ、 b 値と c 値の変動から地震発生場の応力変動が分かることになる。ただし、フォーカルメカニズムと差応力の関係は厳密なものではないし、断層応力の直接測定も事実上不可能であるから、 b 値・ c 値の応力依存性はあくまで希望的解釈の域を出ない。しかも、定性的な言明に過ぎないことも留意すべきである。

他方、室内スケールでの岩石破壊実験においても、 b 値と応力の関係は調べられており、上記観測研究における推論と調和的な結果が知られている [Mogi 1967]。ただし、応力一定で実験を行っても b 値はやはり低下していくという報告もあり [Mogi 1981]、応力と b 値の関係は室内実験においてさえも確定していないのが現状である。その原因は、実験に関するテクニカルな問題にあるが（岩石試料の弾性波減衰率が時々刻々変化していくので、マグニチュードを正確に決定するのが非常に困難なのである [A. Schubnel, 私信]）、実は、岩石破壊実験は b 値変化のアナログ実験として理想的とはいえないのである。

我々はそのような反省のもと、以下三つの系を地震活動のアナログモデルとして用いて、 b 値・ c 値と応力の間に成り立つ定量的関係式の確立を目指す。I. 離散要素からなる固体である「粉体」の変形実験、II. 「粘弾性体シート」を用いた摩擦実験、III. バネブロックモデル。最初の二つはこれまで地震学分野では積極的に用いられていなかったが、いずれも GR 則と大森・宇津則を示すので、地震活動のアナログモデルとして用いることができる。バネブロックモデルは古くから調べられてきたモデルではあるが、 b 値・ c 値と応力の関係という観点からは今まで研究されていない。

もちろん、実際の地震はアナログモデルよりもはるかに多数の物理要素が関わるので、アナログモデルで成り立つ関係式がそのまま成り立つ保証はない。モデルと実地の現象との関係は地球惑星科学に共通する難しい問題であるが、我々は以下のように考える。モデ

ル研究のメリットである「幅広い範囲のパラメータサーチ」によって、現象を支配する基礎物理過程の抽出が可能となる。その基礎物理過程を、適切な無次元数を導入し、数理的に記述することによって、スケールを変えた際の変換性(現象のスケール依存性)を解明できる。本研究の文脈で言うならば、「b 値と c 値の変化を支配する基礎物理過程を抽出し、それらを数理的に記述することによって、実際の地震における妥当性を吟味することができる」のである。

以上述べた点をふまえて、本課題において我々が解明することは以下の2点である。

1. b 値・c 値と応力間の定量的関係式を3つの異なるアナログモデル実験によって確立する。モデル間の比較を行い、モデルの詳細（離散か連続か、岩石かゲルかなど物質による違い）にはよらない性質を明らかにする。
2. モデルにおいて求めた定量的関係式を次元解析的視点から整理し、スケーリング特性を解明することにより、アナログモデルを越えた一般的状況への適用可能性を探る。

b 値・c 値と応力間の定量的関係式をアナログモデルで確立し、それを実際の地震活動まで適用できる理論的根拠が得られれば、地震活動のモニタリングによって地震発生場における応力絶対値が推定できることになる。このことが地震発生予測研究へ及ぼすインパクトはきわめて大きいはずである。