

## 地震破壊伝播の動的挙動とバリアーモデル

## Dynamical aspect of earthquake rupture propagation and the Barrier model

# 浜野 洋三 [1]

# Yozo Hamano[1]

[1] 東大・理・地球惑星物理

[1] Dept. Earth &amp; Planetary Physics, Univ. of Tokyo

安芸敬一先生の研究は、地震の発生過程、地震波の発生と伝搬、広帯域の地表の地震動まで、地震に係わる現象全体をカバーし、どの課題においても先駆的かつ独創的な点が特筆されるものである。それらの多岐にわたる安芸先生の地震学研究の基本となっているのは「不均質場の存在」という概念であるように思われる。安芸先生と共同研究者達によって、1970年代半ばから体系つけられるようになった地震破壊伝播の動的挙動に係わるモデルの基本は、断層面上の不均質構造が地震破壊の開始から、破壊の伝播、そして停止という個々の地震の一生を規定している、という考え方である。これらの基本的考え方は、バリアーモデルからアスペリティーモデル、そして断層面の構成則に基づく断層運動の記述へと発展し、現在では地震の発生過程解明のための最重要テーマとなっている。また、このような考えに至った安芸先生の動機としては、実際に地震波形の観測から得られる地震の震源過程の複雑な挙動を説明したいという思いが、その出発点となっている。

地震研究においては、1970年代半ば頃までには地震が断層運動であることが確立し、地震の震源として矩形の断層面を考え、断層面の長さや幅、断層面の破壊速度等5つの地震パラメータにより震源過程を記述するHaskellモデルに基づいて、観測される地震波から、これらのパラメータを決定することが、世界中の多くの地震に対して行われるようになり、これらの地震パラメータによって個々の地震の特長や地震の地域性が議論されていた。地震モーメントを導入されたことから明らかのように、安芸先生はこのような震源過程のモデル化、パラメータ化については当然重要な手法であると考えられていたが、一方でこのようなパラメータ化によって整理するだけでは、地震発生の物理過程の理解に結びつかないことも懸念されていた。一方、工学的な応用から始まった破壊力学の分野では、Aki and Richards(1980)の第15章に詳しく述べられているように、静的な割れ目の変位分布、Griffithの破壊条件に基づく破壊核からの破壊の開始と伝播について、解析的な研究が行われていた。地震学の分野においては、特にKostrov(1966)による破壊の動的挙動の定式化が注目を集めていた。これらの研究においては解析的な取り扱いを可能にするために、半無限割れ目やself similarな割れ目の発展を考えていたので、破壊割れ目は伝播を開始するとすぐに終端速度に達し、その後は等速で無限に広がっていく。また破壊の進行が止まるまでは破壊面はほぼ線形に変位し続ける。このような破壊伝播の動的挙動には、Haskellのモデルに比べるとより長周期のゆっくりした地震波を生じさせることや、さらに一定の大きさで断層運動が停止することは説明できない等の問題点があった。

この様な状況の中から生まれた安芸先生達の断層動力学モデルは、地震断層の破壊過程の有限の大きさでの停止を、動的破壊過程のシミュレーション計算によって実現してみせることを当初目的として始められた。断層運動を停止させる為に破壊強度の強い部分を作ったことから、バリアーモデルという名称は極めて自然な成り行きであるが、基本的には断層面上で破壊強度の不均質な分布を設定し、断層運動に伴う破壊開始面の延長上での応力を計算し、設定された強度との比較から破壊伝播の動的挙動を決定する方法のことであり、断層面上の不均質構造を設定する上では、バリアーモデルと対比的に考えられるアスペリティーモデルとも違いは無い。バリアーモデルは、このように破壊強度の断層面で一様でない分布を考えることによって、単に断層破壊の伝播を停止させるだけでなく、実際に観測されるバラエティーに富んだ様々な地震破壊伝播の様相を再現し、さらに、一様媒質中の破壊伝播では説明できない複雑な周波数特性を持った地震波の発生を説明することが出来た。当初バリアーモデルは断層面の破壊強度という1つのパラメータの分布だけで、発生から停止に至る地震破壊伝播と地震波の生成を説明することが出来たことが、特長であった。その後の進展で、特に重要と考えられるのは、バリアーモデルにおいては破壊先端面通過後は断層面に応力は働かないとしたが、この面にも摩擦が働くことを考える一般的な構成則で断層面の不均質を表現した動的破壊モデルに進展したことである。これによって、特に地震破壊の始まりの過程をシミュレーションすることが可能となった。しかし、バリアーモデルが当初目指した、地震が何故止まるかについての研究は、現在も進行形である。