

より現実的な地震発生場の数理モデル化

Towards more realistic modeling of earthquake faults

大内 徹 [1], Vladimir Ryabov [2], 林 愛明 [2]

Toru Ouchi [1], Vladimir Ryabov [2], Aiming Lin [3]

[1] 神戸大学都市安全研究センター, [2] 神戸大・理・地球惑星

[1] Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, [2] Earth and Planetary Sci., Kobe Univ, [3] Earth and Planetary Sci., Kobe Univ.

近年の地震学的・地質学的進展をもとにした断層の数理モデルを提案する。特にSan Andreas断層でのヒートフロー・パラドックス等にみられるように、摩擦の小さい場での地震発生を考える必要がある。兵庫県南部地震でも、野島断層での破砕帯が意外に狭いこと、激震域が花崗岩体の周囲に沿うように分布すること、震源域における長周期パルスの発生等を考慮すると、地震時における断層運動はかなりスムーズであったことが推察され、断層の動きを岩体ブロックの運動としてとらえることができるのではないかと考えられる。こうした観測に合うような断層モデルとして、2次元1ブロックモデルを考える。広域効果についても検討する。

地震発生場の断層モデルに関しては、Knopoff-Burridgeモデル、砂山崩しモデル等、多くの研究がある。これらのモデルの多くは、地震現象のみならず、生物現象等様々な現象間にみられるいわば共通構造を抽出する最大公約数的なもので、自己組織化、フラクタル性、臨界現象といった様々な現象間に共通な普遍的側面を議論するためのモデルである。こうした従来のモデルでは一般的に地震の連鎖破壊的な側面が強調されすぎてきたきらいがあり、地震発生の予測性のような問題を議論するのには必ずしも適当ではない。実際、モデルの地震発生時間の分布をしらべてみると、Carlson & Langer (1989) モデルでも地震の発生時間の分布がランダムでほぼPoisson分布をしている。したがってこのモデルを用いて、大地震の発生過程や前兆現象を議論することは難しい。

地震発生の予測といったより立ち入った議論が必要とされている現在では、地震現象に特徴的な面に着目した、現象に即したより現実的なモデル化が求められている。Ouchi & Xu (1998)の報告では広域効果を取り入れたモデルを考えた。本講演では、近年の地震学・地質学の知見をもとにした、断層運動の2次元1ブロックモデルを提案する。

最近の地震学・地質学の進展により地震時の震源過程には大きな見直しがせまられている。まず、ヒートフロー・パラドックス(例えば、Sholz,1996)にみられるように摩擦の非常に小さい状況下での破壊現象を考える必要がある。形態的にもコンクリートのひび割れ、ガラス板の破壊、放電破壊等樹枝状構造で特徴付けられる他の破壊現象と地震現象とは少し異なることがわかってきている。例えば、野島断層やPhilip pine地震(1990)の断層等で、場所にもよるし、雁行状の形態はみられるものの、全体として長い直線的な地震断層が生じ、断層面にはきれいな切り口がみられる。野島断層では地震波の散乱減衰、電気比抵抗、地表の地質学的解析から推定される断層破砕帯の幅は断層から40~50m、ガウジの幅は十数cm、滑り帯は数mmと意外に狭い(Lin and Shigetomi,1997)。断層面の液状化等も観察されており(Lin,1996)、地震時断層の形成過程が予想以上にスムーズに進行したことを示唆している。

さらに兵庫県南部地震の激震帯が花崗岩帯周囲の沖積層に沿って帯状に分布していることなどを考えると、兵庫県南部地震等では、震源断層運動は長周期として見た場合、ブロックとしての花崗岩体の運動ととらえることができるのではないか。兵庫県南部地震やCaliforniaの大地震のように震源付近では1秒以上の長周期のパルス状の波が卓越する(綱織,1996)といった特異なこともわかってきておりこうした見方を支持しているように考えられる。

固有地震説(Schwarz & Coppersmith,1984)を引きあいにだすまでもなく、地殻がブロック構造をしていることや案外弱いということは古くから考えられていること(坪井,1967)であり、こうした場での地震のブロックモデルについては多くの研究がある。物理的にも摩擦の小さい状況で、クリープから急激な断層運動にいたる大地震発生時における弾性エネルギーの集積発散を説明するためには、岩体の慣性効果を評価していく必要がある。したがって、破壊的な波動エネルギーがどう発生したかといった問題は残るし、震源過程の何を表現するかにもよることはいうまでもないが、以上述べてきたような状況下での震源の全体の動きを表現していく上でブロックモデルは有効であろう。またこのモデルは条件を変えることにより、プレート間地震だけでなくプレート内地震の発生問題にも適用できる。講演では、断層運動の素過程を記述する1ブロックモデルの他、広域の効果をみるための広域多ブロックモデルについても議論する。