

氏名	宮 武 隆 みや たけ たかし
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 654 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 地 球 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Numerical simulations of earthquake source process by a three-dimensional crack model (3次元クラックモデルによる地震発生過程の数値シミュレーション)
論文調査委員	(主査) 教授 三雲 健 教授 三木晴男 教授 岸本兆方

論 文 内 容 の 要 旨

地震が断層の動きによって起ることは近年の理論的研究や観測によって明らかとなったが、地震の発生過程、例えば断層から発生する地震波や地震時の地殻変動の研究は、従来主として dislocation model (“くいちがい弾性論”) を基礎として行われて来た。しかしながらこのモデルでは断層面上を破壊がどのように伝播するか、また断層変位が如何に成長して行くかについては、物理的条件を考慮せずに簡単な仮定を置いているに過ぎない。

申請者の研究は、このような地震発生過程を詳しく知るために、断層の動的破壊過程を3次元クラックの伝播問題として扱い、種々の場合について数値解を求め、あわせてこれによって発生する地震波の挙動を明らかにしたものである。

この論文では、断層面上で破壊強度と動的摩擦応力が不均質に分布し、一定の剪断応力を受けている場合を想定している。この不均質さは断層面の構造、形状、bending、破碎帯の性質、asperities の接触度などを表現するものであって、ここでは一定幅のベルト状の barrier (強度が高い場所) が存在する場合、ブロック状 barrier がある場合、不規則な形状の barrier がある場合、強度分布が Weibull 型分布をする場合の4通りの場合について計算を行っている。

数値計算としては、断層面を構成する各要素についての弾性体の運動方程式をある境界条件の下で差分法で解き、剪断応力が破壊強度を超えた部分で迂り変位を生ずるという1つの破壊条件を導入している。これによって破壊は、tectonic な応力が最低強度に達した場所から始まって次々と自然に伝播し、断層面の端あるいは応力が強度に達しない個所に到って停止することになる。

申請者は先ず一定速度で円形に伝播する場合を扱い、Kostrov の2次元クラックモデルに対する変位時間関数の解析解と比較した。次に近似的3次元及び完全3次元モデルにおいて断層面の破壊強度が一定の場合、強度と応力レベルの関係による破壊伝播状況の変化を調べ、数値計算精度の検討を行った。申請者はこれらの予備結果をもとに、断層面上の破壊強度の種々の型の不均質性と平均強度と応力レベルの関係

をパラメータとして、破壊伝播のモードすなわち破壊フロントの形状や破壊伝播速度の大きさを明らかにし、種々の興味ある結果を得、実際の地震観測から得られた結果について説明を試みている。

さらにこのような断層面を破壊が伝播する時に生ずる地震波について、near-field 及び far-field における時間領域での波形と、広い周波数領域での Fourier spectrum を計算し、断層面上の barrier の分布と corner frequency の関係、高周波地震波発生の原因について詳細な議論を行った。

参考論文 1 及び 4 は近似的 3 次元モデルによる摩擦断層での破壊伝播を取扱ったものであり、主論文の前駆的研究として重要な意味を持つものである。また参考論文 3 及び 5 は断層面の主破壊後の余震発生過程に関する研究であり、主論文の内容と密接な関係を有する。

### 論文審査の結果の要旨

地震発生過程を研究するためには、断層の破壊過程すなわち、初期剪断応力と断層面の破壊強度を考慮して、初期破壊が何処から始まり、どのように伝播し停止するか、断層変位が時間的にどのように成長して行くかを明らかにすることが必要である。最近このような関係を考慮した 2 次元剪断クラックの伝播問題を解析的あるいは数値的に扱った研究が行われるようになったが、2 次元問題では破壊伝播状況やこれから発生する地震波は、実際の場合とは著しく異なるものである。

申請者はこの問題を初めてほぼ完全な無限あるいは半無限弾性体内の 3 次元クラックの伝播として扱い、数値計算を行うことにより実際に観測される地震波のいくつかの性質を良く説明することに成功した。主な結果は次の通りである。

破壊強度が断層面で一定かまたは Weibull 型分布で表わされるような弱い不均質性を持ち、かつ剪断応力より僅かに大きい場合には、破壊フロントは応力方向に P 波速度で、これと直角方向には S 波速度で楕円形状に伝播するが、平均破壊強度が剪断応力よりかなり高い場合には、破壊は S 波速度に近い速度で円形状に伝播することが明らかとなった。また強度の高い barrier が不規則に分布する時には、破壊の進行は極めて不規則になって進行速度が著しく低下し、未破壊領域が断層面上に残ることがあり、余震発生の原因となり得ることも指摘されている。またさらにベルト状またはブロック状 barrier が存在する場合には、破壊の伝播と barrier 自体の遅れ破壊の時間関係によって、見かけ上破壊が逆方向に進行する場合のあり得ることを示し、多くの地震で観測されるいわゆる multiple shock の発生に 1 つの説明を与えた。

またこのような断層面から発生する地震波を詳細に計算した結果、複雑かつ高周波の地震波を生ずる原因として barrier の存在による不規則な破壊進行過程によることを明らかにしており、振幅スペクトルの高周波側での勾配は barrier の分布状況により、角周波数  $\omega$  に関して  $\omega^{-1.5}$  から  $\omega^{-1}$  に比例し、corner frequency はそれ程影響を受けないことを指摘した。

以上の結果は地震発生過程に 1 つの理論的な根拠を与えたものとして注目され、申請者の論文はこの方面の研究に新しい道を開いたものとして高く評価される。

よって本申請論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。