

氏名	いわたともたか 岩田知孝
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第1171号
学位授与の日付	平成元年3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	A Study of Earthquake Source Characteristics from High-Frequency Strong Ground Motions (高周波数強震動から推定される地震の震源特性に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 入倉孝次郎 教授 三雲 健 教授 島 通保

### 論文内容の要旨

本論文は地震学上重要な高周波数(1 Hz以上)地震波から推定される震源特性の解明するために、第1部では周波数領域において、大地震と小地震の相似則と地震波スペクトルのスケージング・モデルを、第2部では地震記録から推定される断層運動の時空間分布を推定することを試みている。

主論文第1部において、はじめに複数点で観測された複数個の地震波記録のS波部分を用いて、周波数領域に於て震源特性・伝播経路特性、及びLocal Site Effectの分離の方法を示している。データ・セットは1983年日本海中部地震・余震記録である。与えられた連立方程式を解くために、Local Site Effectとして2倍以上の増幅率をもつという拘束条件を考案し、逆解法により震源特性・伝播経路特性( $Q_s$ 値)・Local Site Effectの分離を行った。求められた $Q_s$ 値・Local Site Effect(表層付近の増幅効果)は他の研究と矛盾なく、この逆解法による各特性の分離の有効性が示された。観測地震波スペクトルからこれらの伝播経路特性・Local Site Effectを取り除いた震源スペクトルを用いて、精度を考慮した震源パラメータの推定、相似則の推定を行うことができた。この結果 $3 \times 10^{21}$  dyn·cm から  $3 \times 10^{26}$  dyn·cm の範囲の地震規模の地震については以下のことが判った。

- $M_0 \sim f_0^{-3}$  が成立する。
- 応力降下量はばらついているが地震規模には依存しない。
- 断層面内における余震の震源パラメータは今回のデータ・セットでは空間的に有意な不均質性は認められなかった。

妥当な震源スペクトル・モデルを吟味するため、DYNAMIC STRESS DROP と STATIC STRESS DROP の比をとる方法、及びAndrewsの自動読み取りによる $M_0$ と $f_0$ の推定値と図形化読み取りによるそれらの推定値との比較による方法を提案し、 $\omega^{-2}$ モデルの妥当性を検討した。その結果、解析したほとんどの地震の震源スペクトルは $\omega^{-2}$ モデルで説明されるが、 $3 \times 10^{22}$  dyn·cm より大きな地震のなかには $\omega^{-2}$ モデルよりも高周波数域でスペクトル・レベルの大きなものがあることが判った。

主論文第2部においては、近地地震波記録から得られた各観測点の震源時間関数が近似的な断層面上の当時曲線 (Isochrone) 上のすべり速度強度の線積分で表されることを示し、震源時間関数の断層面上への逆投影による断層面上のすべり速度強度の推定法を提案した。この方法は、従来の波形インバージョンのように断層面を予め仮定する必要がなく、直接的に地震波の断層面への投影ができる利点がある。ここで用いた逆投影法には申請者の考案した WINDOWING METHOD が組み込まれており、観測点分布に応じた分解能で解を得ることができる。この手法を1980年伊豆半島東方沖地震に適用し、すべり速度強度 (物理的には応力降下量又は強度) が断層面上で不均質に分布している事が推定された。断層面内で大きなすべり速度強度のあった領域は余震活動が低調であったこと、更に高周波地震波は余震域より推定された断層面の限られた小領域から主に発生したことが判明した。ここで得られた結果を、低周波数帯地震波記録を用いた波形インバージョンの結果と比較することにより、詳細な断層運動が推定された。得られた不均質なすべり速度分布を用いてシミュレートされた強震波形は、均質すべり速度モデルや低周波数帯の地震波記録から推定された震源モデルによりシミュレートされた波形よりも観測記録によく一致し、結果の妥当性を示している。

高周波数地震波に関連した断層運動の推定には第2部で示した逆投影法が直接的で有効であるが、第1部で示した断層領域内で発生する余震の震源パラメーターを正確に決定することによって、断層領域内の応力降下量分布を推定し、相補的に詳細な震源特性を決定することができる。

参考論文8編のうち、1編は主論文第1部に、3編は主論文第2部に関するもの、3編は堆積層上で観測された地震波の震動特性、1編は地震波探査法による基盤構造の推定にそれぞれ関係するものである。

### 論文審査の結果の要旨

高周波数地震波は地震の震源特性、特に地震の生成過程を知る上で重要な情報を有しているが、伝播経路である地殻上部の複雑な地下構造による散乱などにより、複雑な伝播特性を示すため、震源情報を引き出すことが困難と見なされてきた。申請者は震源近傍の多地点で得られた高周波数の卓越する強震動記録 (卓越周波数は、1 Hz~10 Hz の範囲) を用いて、逆解法やトモグラフィーの手法を応用して震源特性と媒質の伝播特性を分離する方法を開発し、震源での高周波数地震波の生成過程の研究を行っている。

主要な結論は、次の通りである。第1部では、周波数領域の地震記録を用い、逆解法により震源特性と伝播経路特性を分離し、マグニチュード4の小地震から7.7の大地震までの震源での地震波スペクトルを求め、地震波のスケーリング則を検討した。その結果、マグニチュード6より小さい地震の多くは単純なクラック破壊から得られる  $\omega^{-2}$  model で説明できるが、より大きな地震は  $\omega^{-2}$  model からはずれ、multi-crack などの、より複雑なモデルを考える必要があることを確認した。

第2部では、時間領域での地震記録を用いて、back-projection の手法で震源域におけるり速度の強度分布を推定した。その結果、余震分布や長周期地震波の逆解法などから推定される断層領域に比べて、より小さい領域に高いり速度強度が集中していることを確認した。このことから高周波地震波は推定断層域のある限られた小領域、いわゆるアスペリティから、主として生成されると結論付けている。

本論文は第1部で、震源から生成される高周波地震波のスペクトルのスケーリング則の研究により地震

の震源の平均像を押さえ、第2部で、特定の地震を例として震源域における空間的に不規則な断層運動の定量化を試み、これらの結果を総合して大地震の震源過程の詳細とその余震の震源特性の関係を明らかにして、極めて興味ある結論を導き出している。これまで地震の震源過程の研究に高周波数地震波を用いることの重要性は認識されていたが、精度の良いデータが少なく、かつ解析上の困難さなどの理由で高周波数地震波による震源の研究はほとんどなされていなかった。申請者の研究は、データの不十分さからくる解の不安定性等、未だ問題は残されているが、現段階で可能な吟味は十分なされており、その学問的意義は大きい。

また参考論文は、地震波の伝播特性及び震源特性に関するもので、何れも申請者がこの分野で優れた学識と能力を持っていることを示している。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値有るものと認める。

尚、主論文及び参考論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。