

アレイ解析による高周波帯域の震源過程の推定

Source processes of high-frequency band inferred from seismic array analysis

今西 和俊[1], 伊藤 久男[2], 桑原 保人[1]
Kazutoshi Imanishi[1], Hisao Ito[2], Yasuto Kuwahara[1]

[1] 産総研, [2] 地質調査所
[1] AIST, [2] Geological Survey of Japan

本研究では波形インバージョン法で解析困難であった高周波帯域での震源過程、特に破壊伝播をアレイ解析により推定することを目的にする。アレイ解析の利点は、破壊伝播を推定するのに理論波形を必要としない点である。具体的には、アレイで得られた波形記録をいくつかのタイムウィンドウに分割し、各タイムウィンドウごとに周波数 - 波数解析を行い、波の到来方向とスローネスを推定する。次にスローネスから波線パラメータを求め、波線追跡法により地震波の波源を断層面上に投影する。この方法を数値実験により確かめたところ、破壊伝播が推定できることがわかった。また、複数のアレイを用いることにより結果が大いに改善されることがわかった。

高周波地震動の研究は、複雑な断層運動の解明、強震動予測の問題に関わっているため極めて重要である。1980年代以降飛躍的に発展した波形インバージョン法は断層運動の詳細を明らかにしてきたが、地震波速度構造の微細な不均質性がわかっていないことにより理論波形が周期1秒程度までしか精度良く計算できず、それより高周波成分の励起メカニズムを推定することができなかった。Kakehi and Irikura (1996)や Nakahara et al. (1998)は、高周波地震動が断層面上のどこから放射されているのかを調べるために、波形そのものではなく波形のエンベロープをデータとすることでインバージョンを行う方法を考案した。彼らは波形インバージョンから得られたすべり量分布と比較することにより、長周期の波が励起される場所と高周波の波が励起される場所は必ずしも一致しないという興味深い結果を得た。しかし、エンベロープを使うことにより波形に含まれる重要な情報の一つである位相を無視することになるため、特に断層面上の破壊伝播を正確に推定するには至っていない。理論的研究によると、高周波の波が放射される要因の1つは破壊フロントの加速や減速であることが示唆されていることから考えても、破壊進展を正確に推定することは重要であるといえる。

そこで本研究では、波形インバージョンでは解析困難であった高周波帯域での震源過程、特に破壊伝播をアレイ解析により推定することを目的にする。まず、Spudich and Oppenheimer (1986) および Goldstein and Archuleta (1991) の方法に準じて数値実験を行い、アレイ解析の有効性について検討した。彼らの手法の概略は以下の通りである。アレイで得られた波形記録をいくつかのタイムウィンドウに分割する、各タイムウィンドウごとに周波数 - 波数解析を行い、波の到来方向と slowness vector を推定する、得られた slowness vector から求められる波線パラメータを用い、波線追跡法により地震波の波源を断層面上に投影する、各タイムウィンドウ毎に得られた結果から破壊伝播を求める、である。彼らは数値実験により、1カ所のアレイでも破壊伝播を推定することに成功した。この方法は、破壊伝播を推定する際に破壊伝播に関する仮定を何も必要としないという利点がある。さらに、理論波形を必要としないため、波形インバージョン法では解析することが困難であった高周波帯域での震源過程を推定することが可能である。

本研究では、20km×10km の矩形断層ですべり量（横ずれ成分のみ）が一定で、破壊が断層の下方から平均2.25km/s、分散0.05km/sで進展するモデルを仮定した。アレイは断層から7.5km離れた場所に9点仮定した。観測点間隔は、およそ200mである。この9点の波形をデータとして、上記の手順で破壊伝播を推定した。使用した周波数範囲は1~10Hzで、タイムウィンドウの幅は0.5秒とした。得られた結果は、Spudich and Oppenheimer (1986) および Goldstein and Archuleta (1991)と同様、1カ所のアレイであっても大局的な破壊伝播は推定できた。しかし、仮定したモデルからずれた結果も得られた。そこで、新たに別のアレイを想定して、2つのアレイによる解析を試みた。その結果、1つのアレイを用いた場合よりも、大きく改善されることがわかった。

なお、当日の発表においては、1999年台湾集集地震(Mw=7.6)に適用した結果もあわせて報告する予定である。

謝辞：本研究を進める上で、アメリカ地質調査所の Paul Spudich 博士には大変有益なコメントを頂きました。また、理論波形を計算するプログラムを使用させていただきました。記して感謝致します。