

I-412

微小地震の波形解析による、浅い構造の不均質性や地震危険度の評価

東京大学地震研究所 正員 飯田昌弘

1. 目的 本研究は、1観測点(1成分でよい)で得られた微小地震の波形解析により、浅い構造の不均質性や地震危険度を評価するものである。この方法は、(A)観測点周囲の状態を2次元・3次元的に評価できる、(B)正確な理論的背景をもつ、などボーリング探査や微動測定にない長所をもっている。

2. 方法の背景 地下構造中に不均質媒質が存在すると、波の散乱(反射・屈折)が起こり、直接波のあとにコーダ波(後続相)を生じる(図-1)。つまり、コーダ波は、不均質情報を含んでいる。1969年の安芸¹⁾の研究以来、“コーダ部は、さまざまな経路の波の集合ゆえ、どの記録でもよく似ており、不均質は空間的に一様である”、と仮定する統計的方法が使われてきた。これに対し、コーダ部から空間的不均質を推定しようとする決定論的方法は、ここ5年間のものである。その方法には、(A)センブランス解析例えば²⁾、(B)F-K解析例えば³⁾、(C)我々の波形散乱逆解析⁴⁾がある。

3. 方法 Spudichと飯田による波形散乱逆解析⁴⁾を用いる。波形解析なので、情報を最も効率的に使用しており、その結果、1観測点(1成分)での記録があればよいので、多くのケースに適用できる。工学的に重要な、浅い構造(深さ10km程度まで)と1Hz以上の高周波成分を対象にした、唯一の方法である。相反作用の定理(図-2)を使用する。観測点に作用させた点震源(1次震源)からある未知の波が放射され、予め位置が仮定された散乱源に到達する。この入射波に対応して、散乱源から放射された波が地震震源まで伝播する。つまり定理により、観測点にある1次震源に対し、複数の地震震源が観測点アレイを形成する。ここで散乱源を、力とモーメント(ともに時間関数)で表現できる2次震源とみなし、そのアレイ観測波形を使用して、各2次震源の力とモーメントを求め、さらに各2次震源を1つのスカラー量(散乱パワーと呼ぶ)で表わす。この際、観測点における1次震源は考えない。水平多層構造を仮定し、地震震源と散乱源の間では波線理論を使用し、他方、散乱源と観測点間の波の伝播形態は未知のままとする。

方法の長所は、(1)1観測点(1成分)での観測で、直接観測しない地域の不均質性を推定できる、(2)微小地震の記録は得やすく、また、震源が単純なのでその影響を除去でき、構造の正確な評価ができる、(3)散乱源(2次震源)は、地形効果も含めその周辺の性質を表現しているので、大きな不均質は見のがさない、などである。

4. 適用例 方法を、1986年の北パームスプリング地震(アメリカ)の余震群を記録した、3観測点に適用した。水平2成分(速度波形)のS波コーダ部を使用し、周波数範囲は2-4Hzとした。図-3(a)の範囲の地表面に、格子状の16x16個の2km間隔の散乱源(2次震源)を配置した。

観測点SMPのNS成分から得られた散乱パワーを、図-3(a)に示す。パワー分布は観測点に対して非対称であり、西方に大きなピークFが存在する。盆地は図の白い部分に対応し、大きなパワーはここに集まっている。他の2観測点の結果も、これと似ている⁴⁾。パワー分布に対応する理論波形が図-3(b)である。地震(観測記録)によってばらつきはあるが、観測点の地点応答とピークFからの散乱波の寄与が、ともに大きい。

5. 応用 (A)3観測点の結果が互いに矛盾せず、(B)この地域の表層地質と調和していることから、方法の有効性が示された。観測点間隔が20km程度以下ならば、連続した構造の不均質情報が得られる。本方法は、以下のように応用できる。

(1) 図-3 (a) のように、浅い構造の不均質情報が得られる。この情報は、正確な強震動予測に役立つ。また、ピークFの存在は、水平に伝播する波を示しており、波動伝播の情報も得られる。

(2) 図-3 (b) のように、特定の地震波形から、地点応答を評価（分離）できる。

(3) 散乱パワーの大きさは、その地点からくる波の寄与を示している。すなわち、その地点での波の増幅を示している。従って、図-3 (a) を補正すれば、地震危険度地図を作製できる。それは、点の情報ではなく、空間的に平滑化された情報である。

参考文献 1) Aki, K., J. Geophys. Res., Vol. 74, pp. 615-631, 1969.

2) Lay, T., Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 77, pp. 1767-1783, 1987.

3) McLaughlin, K. L. and Jih, R. S., Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 78, pp. 1399-1414, 1988.

4) Spudich, P. and Iida, M., Bull. Seism. Soc. Am., (Accepted).

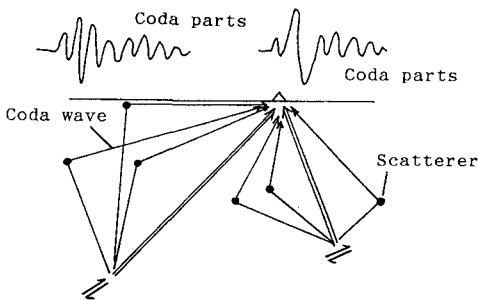


図-1 コーダ波の生成。

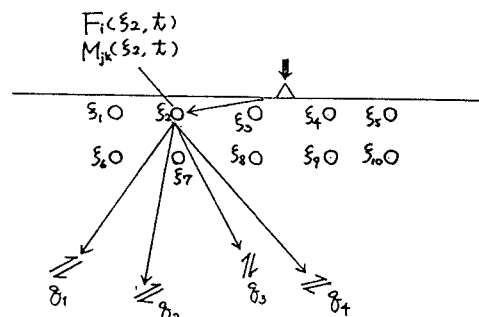


図-2 相反作用の定理に基づく方法の概念。

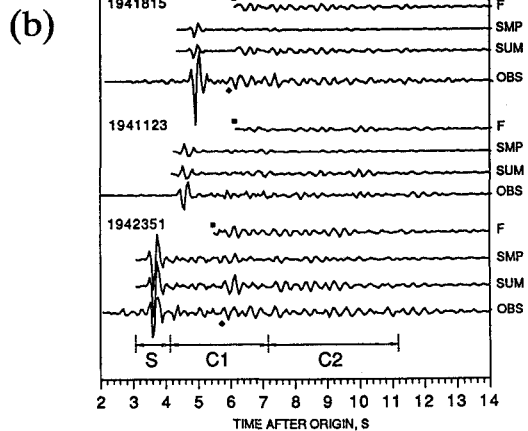
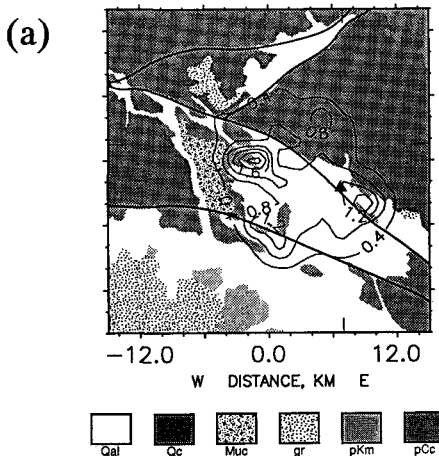


図-3 (a) 北パームスプリング地域の地質図上に重ねられた、観測点SMPのNS成分から得られるコーダパワー分布。▲は観測点SMPを、実線は断層を示す。地質記号は、(Qal) 第4紀沖積層、(Qc) 沈殿層、(Muc) 岩盤、(gr) 花こう岩、(pKm) 変成岩と水成岩の混合、(pCc) 火成岩と変成岩の混合、である。

(b) 同成分の波形記録“OBS”に対する、地点応答“SMP”と強い散乱源“F”による貢献度。“SUM”は“F”と“SMP”を合成した地動を示す。