

## 不均質媒質での波動伝播物理実験：手法と実例

西澤 修・佐藤 隆司・雷 興林（地質調査所）

不均質媒質での波動伝播の研究は地球物理や物理探査の研究にとって重要である。地球内部にはさまざまな不均質が存在するため、地震波形は伝播途中に変化をうける。とくにランダムな不均質に起因するランダムな波形の変化は、波形の持つ情報を利用する場合にはノイズとなるが、いっぽう地下の不均質の特徴を知るためのシグナルでもある。例えば、反射法探査で反射波の発生位置を特定したい場合、ランダムな不均質から作られる波形は波形の重ね合わせに影響を及ぼし、偽の反射イメージを作ることもある(Gibson and Levander 1988)。いっぽう、地下の不均質によって生成されるコーダ波を解析することにより、不均質の統計的性質をとらえることもできる。地下の不均質によって地震波が受ける変化を知るためには、解析的理論による予測、コンピュータを用いた波形の数値計算、および実験室規模の物理モデル実験などの研究手法を用いることができる。

物理モデル実験では、従来圧電素子が用いられていたため、弾性波の観測面積が波長に比べ大きく、場所ごとの波の位相について正確な計測を行うことができない。最近、我々はレーザードップラー振動計(LDV)によって、数 10 ミクロンの微小領域で弾性波 3 成分の計測ができることを示した(Nishizawa et al., 1997; Nishizawa et al., 1998)。この手法を用いれば、弾性波 1 波長に相当する距離の中に複数の観測点を置くことができ、不均質が弾性波に及ぼす影響を詳しく調べることができる。LDV は、反射レーザー光のドップラーシフトから媒質表面の弾性波振動の粒子速度が直接観測するので、力学的振動系が不要である。したがって、全観測時間にわたって波形を正確に再現できるので、後続波を含めた波形全体を議論することができる。

図 1 は媒質の面に垂直な振動成分を短い間隔の円形アレイで観測したもので、P 波用圧電素子の軸に関して同じ射出角に相当する同心円上の観測点での波形を示したものである。a は均質な媒質としての鋼鉄を伝播した波が示されている。b, c, d は粒子サイズの異なる 3 種の花崗岩 (Westerly, Oshima, Inada) を伝播した弾性波である。弾性波の卓越周波数は 500 kHz 付近にあり、P 波 (速度 5~6 km/s 程度) の波長は約 1 cm 程度となる。Westerly 花崗岩では、不均質のスケールが波長に比べ十分に小さいので、P 波 S 波の各位相は細かい部分でもよく対応している。Oshima, Inada 両花崗岩における波形をみると、不均質のスケールが大きくなるにつれ位相の対応が悪くなる。図 2 は図 1 で観測された振幅の絶対値をすべて加算したものである。Westerly 花崗岩を伝播した波(図 - 1b)のように、位相の乱れが少ない波では振動の山谷の対応が明瞭であるが、不均質スケールのサイズ変化とともに位相が乱れ、Inada 花崗岩を伝播した波では山谷の対応が極端に不明瞭となる。また、不均質スケールが大きくなるとともに、コーダ部分の波動エネルギーが直達波部分に比べて大きくなり、波動エネルギーが媒質中にトラップされながら伝播している。

以上のように、LDV を用いると通常の地震観測と同様の物理モデル実験を手軽に行うことができる。LDV によって、解析的手法や数値計算でもカバーすることが困難なランダムな不均質の場を伝播する波動を 3 次元的に詳しく調べることができる。

文 献

- Nishizawa, O., T. Sato, X. Lei, and Kuwahara, Y., 1997 Laboratory studies of seismic wave propagation in inhomogeneous media using a laser Doppler vibrometer, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **87**, 809-823.
- Nishizawa, O., T. Satoh, and X. Lei, 1998, Detection of shear wave in ultrasonic range by using a Doppler vibrometer, *Rev. Sci. Inst.*, **69**, 2572-2573.
- Gobson, B. S. and A. R. Levander, 1988, Lower crustal reflectivity patterns in wide-angle seismic reflections surveys, *Geophysics*, **53**, 466-478.

図 - 1.

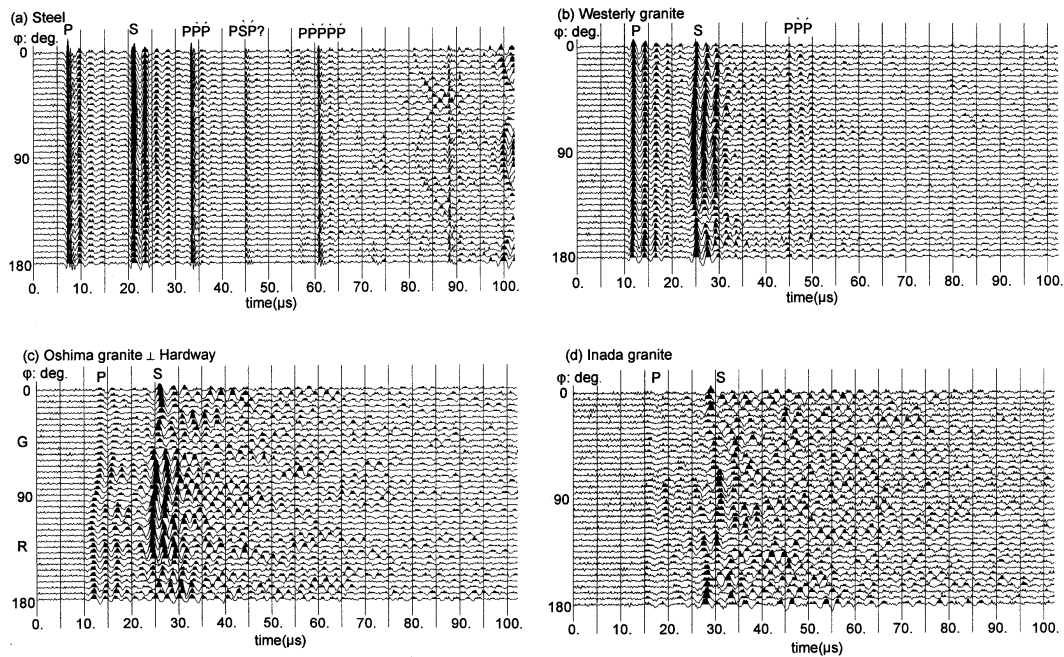


図 - 2.

