

正20面体状グリッドと境界積分法による3次元球状散乱体の地震波散乱

蓬田 清 (北海道大学大学院理学研究科) · R. Benites (IGNS, N.Z.)

Seismic waves scattered by 3-D spherical cavities
by a boundary integral method with icosahedron-like grid

Kiyoshi Yomogida¹ and Rafael Benites²

¹Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University
Sapporo 060-0810, Japan: yomo@ep.sci.hokudai.ac.jp

²Institute of Geological & Nuclear Sciences, P.O. Box 30368, Lower Hutt, New Zealand

境界積分法を用いて、高周波地震波の散乱・減衰を波形合成によって決定論的に議論するためにこれまで2次元モデルを用いてきたが (e.g., Yomogida et al., 1997)、本研究では多数の球形空隙を散乱体とした3次元での弾性波散乱の波動場合成を試みる。散乱波を含む波動場は、境界面上のできるだけ等間隔の各点に3方向を向いた single force からのグリーン関数を用いて表現される。2次元問題と同様に、震源の間隔が波長の4分の1以下であれば、1%以下の精度で安定した結果が得られることがわかった。3次元問題では、精度が落ちない範囲で境界要素の数をできるだけ少なくすることが重要となる。そこで球面上のできるだけ一様に震源を分布させるような正20面体状グリッドを導入し、その有効性を調べた。

例えば、1個の空隙に平面波入射した場合、正20面体に基づく最適化したグリッド、および緯度経度方向にできるだけ均等に分けたグリッドを用いて、それぞれの波形を比較した。正20面体による最適化したグリッドを用いることで、グリッド数が同程度か少なくてもグリッド間の距離がお互いのできるだけ均等になっているため、離散化による数値誤差が改善されることが確かめられた。

球面を数値的に取り扱う上で正20面体状グリッドを用いた高度な応用は、有限要素法などにこれまで用いられてきたが (e.g., Sword et al., 1986)、これらの例は球面形状の効果が大きな波長が直径に比べて短い場合、すなわち高周波領域についてであった。しかし、通常の地震波観測でははるかに低周波領域 (無次元化した周波数=(波数)×(直径)が10以下) であり、多数の散乱体を含むモデルを扱う場合に1個あたりのグリッド数を正20面体の12個といった最小に抑えることは重要である。

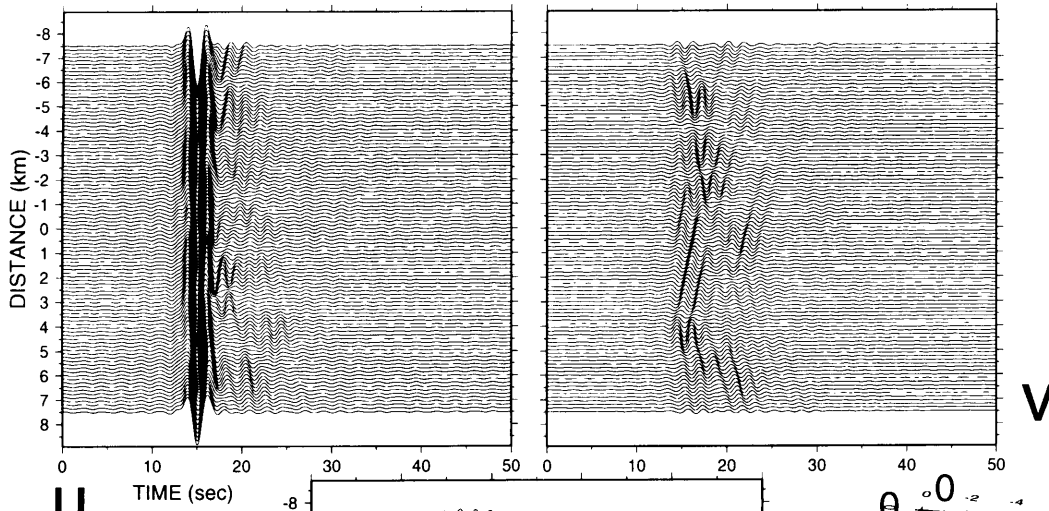
このようにして多数の散乱体を含む場合の波形計算例を以下に示す。Fig. 1は50個の球形空隙をランダムに15×15×7の大きさの領域の一様媒質 (P、S速度が1.73、1、空隙の直径が1) に分布させたモデルについて、x方向に偏向した平面S波が鉛直下方から入射した場合の3成分の波形である。合成波形は中心周波数が0.4 (無次元化した周波数が2.51) のリカー波である。2次元モデルに比べて、直達波の減衰が小さい他に、コーダ状の後続波の振幅が弱く、また継続時間も短い。境界面に分布させた震源からのグリーン関数をP波とS波部分に分けて波形を合成すれば、S→PやS→S散乱波に分けた波形も簡単に求めることができ、後者が圧倒的に大きなことが確認された。

Fig. 2は、20個の空隙を4×4×2.6の小さな領域に局在化した場合に、入射S波の偏向面と同じ成分について3つの異なった中心周波数の波形を示す。2次元モデルの場合でも見られたように (e.g., Yomogida et al., 1997)、低周波数領域ではひとつひとつの散乱体でなく全体がひとつの大きな散乱体として波形に影響していることが認められた。また、幾何学的な影響で周波数依存性 (例えば、散乱減衰係数) がより大きいこともわかった。

3次元モデルのような大規模な境界法については、計算量を減らすために、工学の分野では既に広く高速多重極法 (例: 小林, 2000) の導入による効率化が試みられている。正20面体状グリッドを用いると、境界要素ができる限り均等に分布しているので、高速多重極法を導入する際にもその精度または効率化が極めて有効であり、現実的な地震波散乱についての数値シミュレーションが可能となることが予想される。

引用文献

- ・ 小林 (編著), *波動解析と境界要素法*, 京都大学学術出版会, 2000.
- ・ Sword, Claerhout and Sleep, *Stanford Exploration Project*, 50, 43-78, 1986.
- ・ Yomogida, Benites, Roberts and Fehler, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 104, 175-192, 1997.



50 cavities
random
distribution
 $fc=0.4$

V

u

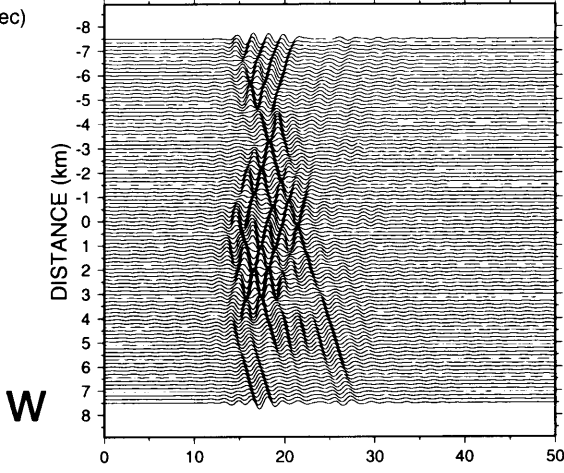
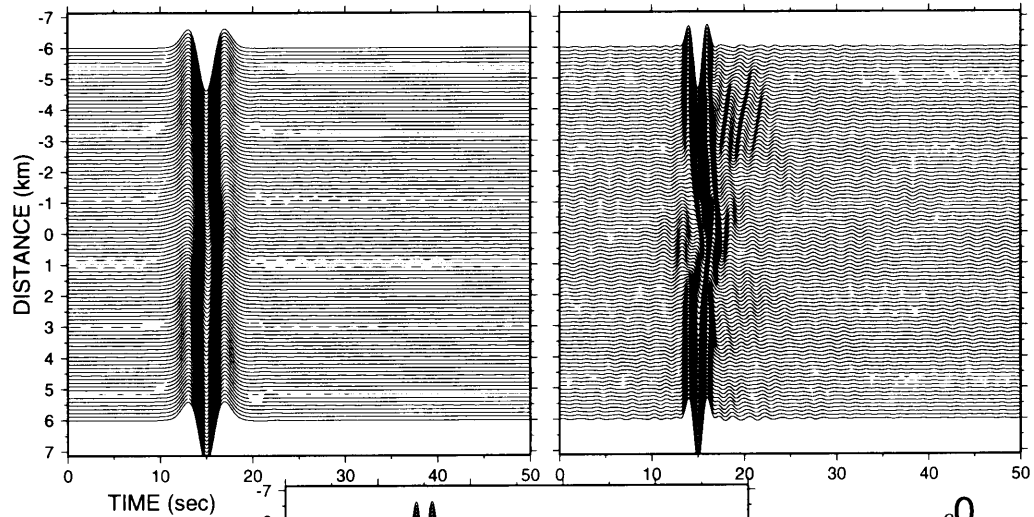
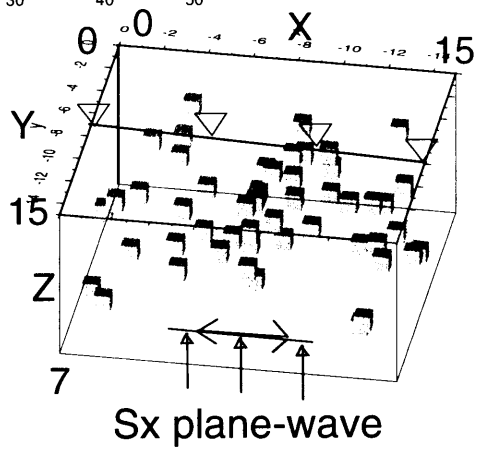


Fig.1

w



20 cavities
clustered
distribution
u-comp.

$fc=0.4$

$fc=0.2$

Fig.2

$fc=0.6$

