

波動場の2点相関関数からグリーン関数が求められるのはなぜか？ 水平成層構造への平面SH波斜め入射の場合

Retrieval of Green's function from cross-correlation of a wave field: Oblique incidence of SH waves on layered media

中原 恒 [1]

Hisashi Nakahara[1]

[1] 東北大・理・地球物理

[1] Geophysics, Science, Tohoku University

はじめに

ある2点間のグリーン関数が、その2点の波動場の相互相関関数から求められることが実証されてきている。その理論的背景についての研究は進んでいるが（例えば Wapenaar, 2004）、まだ不明な点も多い。中原（2005, 地震学会）は、水平成層構造に平面SH波が鉛直下方から入射する1次元問題に対して、地表と地中の2点の波動場の相互相関関数とその2点間のグリーン関数との関係を理論的に明らかにした。本研究では、その研究をさらに進め平面SH波が斜め入射する場合の証明に成功したので、その結果を報告する。

問題設定

最下層の半無限媒質も含めて合計N層からなる減衰のない水平成層構造を考え、その自由表面上の異なる2点に観測点を配置する。ただし最下層の半無限媒質の速度が最も速いものとする。そこに最下層から平面SH波が斜め上方に入射した場合、地表の2点における波形のtransverse成分の相互相関関数をとる。これと2点間のグリーン関数との関係を考える。

証明

上の問題を Thomson-Haskell の伝達行列を用いて解く。最下層から任意の震源時間関数をもつ平面SH波が斜め上方に入射した時の自由表面上の2点における変位のtransverse成分の相互相関関数を計算する。次に、1つの観測点からある射出角（あるいは横方向のスローネス）でインパルス的な平面波を出した場合のもう1点における変位（これをグリーン関数と呼ぶことにする）を計算する。このとき、両者には次の関係式が成り立つことが示される。下方からの入射波による自由表面上の2点の波動場の相互相関関数のヒルベルト変換は、2点間のグリーン関数とその時間反転記録の差を震源時間関数の自己相関関数にたたみこみ、あるスローネスの範囲にわたって積分したものに比例する。スローネス（入射角）が狭い範囲に限られる場合は、グリーン関数のなかでもその範囲のスローネスが寄与する部分のみが求められることになる。今の場合、スローネス積分の積分範囲は、スローネスの絶対値が、最下層のS波速度（他の層より速いものと仮定）の逆数以下に限られている。そのため、基盤より深い震源から入射する平面波を使う限り、グリーン関数の表面波部分は求められないことが分かる。それを知るためには、水平方向から入射する波に対して相関を求める必要がある。また、この問題では、相互相関関数そのものやその時間微分ではなく、そのヒルベルト変換を求める必要があることが分かる。

議論

できるだけ精度良くグリーン関数を再現するためには、さまざまな方向からの入射波を使う必要があり、そのことは Rickett and Claerbout (1997) によりすでに数値計算に基づき指摘されているが、本研究はそれを理論的に示したことになる。また、本研究とは少し異なる問題に対してではあるが、2次元問題ではグリーン関数を再現するために相互相関関数のヒルベルト変換を取る必要があることが Sanchez-Sesma and Campillo (2005) によって指摘されている。