

相互相関関数解析を用いた散乱媒質におけるコーダ波を持つグリーン関数の導出： 等方一次散乱モデル

Retrieval of the Green function having coda in a scattering medium by using the cross-correlation function analysis

佐藤 春夫 [1]

Haruo Sato[1]

[1] 東北大・理・地球物理

[1] Geophysics, Science, Tohoku University

www.zisin.geophys.tohoku.ac.jp/~sato

地震波干渉法が提案されて以来、波動場の相互相関関数から媒質のグリーン関数の抽出が多数行われるようになった。多くは相互相関関数のピークラグから波動の平均伝播速度を求めるといった解析であり、その理論的背景として、ノイズ源の信号で照射された一様媒質中の波動場の相互相関解析からグリーン関数を導出するモデルが提案されてきた。近年、相互（又は自己）相関関数のコーダ部分の位相変化に着目して、その時間変化から媒質の速度構造の変化を推定するという試みも行われるようになったことは特筆に値する（たとえば、Wegler and Sens-Schonfelder, 2007）。本研究では、散乱媒質を取り囲むようにノイズ源を配置し、散乱媒質中の2点間の相互相関関数からコーダ波を持つグリーン関数を理論的に導出する試みを報告する。

一定の背景速度をもった3次元媒質の中に、波長よりも十分小さな速度不均質を多数配置する。ここで、不均質の分布する有限の領域を散乱媒質と呼ぶことにする。個々の速度ゆらぎをデルタ関数で表すとしたとき、散乱は等方的であり、位相ずれはゼロである。スカラー波に関する一次ボルン近似を用いると、この散乱媒質中の2点間の遅延グリーン関数は直達波と一次散乱波（コーダ波）の和で表される。

散乱媒質を取り囲むように十分大きな半径の球面を考え、白色スペクトルを持つ定常ノイズ源をその上にランダムに分布させ、この散乱媒質を照射する。散乱媒質における波動場は既に求めた遅延グリーン関数とノイズの畳み込み積分で表すことができる。2点間の波動の相互相関関数（時間平均）を、ノイズ源の空間分布のアンサンブルについて平均する。被積分関数である遅延グリーン関数に現れる幾何減衰項を等しくとり、指数項の位相ずれを球ベッセル関数と球面調和関数を用いた展開公式を用いて精密に評価することで、この相互相関関数を遅延グリーン関数の虚数部を用いて表すことができる（一般論としては、Wapenaar and Fokkema (2006) が相関関数型の相反定理を用いた導出を行っている。）さらに式変形を進めると、相互相関関数のアンサンブル平均のラグ時間に関する微分を、遅延グリーン関数の反対称和と定常ノイズの自己相関関数の畳み込みで表すことが出来る。

ある広がりをもった範囲内にデルタ関数で表される散乱体を多数分布させた場合、そのグリーン関数は時間と共に徐々に振幅が減少するコーダ波を持つ。そのエンベロープの時間変化は、コーダ波励起の簡単なモデルである等方一次散乱モデル (Sato, 1977) で良く説明することが出来る。

散乱媒質を定常ノイズ源によって照射し、その相互相関関数の時間微分を評価することでラグ時間に関して反対称的なグリーン関数が求められることを、具体的なモデルを提案し、一次ボルン近似の範囲で理論的に示すことができた。このモデルは、相互相関関数のコーダ波部分の解析をする際の理論的支えとなるであろう。今後、高次散乱項を取り入れた場合、ノイズ源の分布を空間一様にした場合など、より一層現実的なモデルの確立が必要であろう。