

ランダム波の相互相関関数からのグリーン関数抽出とエネルギー保存則：任意形状の散乱体に関する一般化された光学定理の導出 Green's Function Retrieval from the CCF of Random Waves and Energy Conservation for an Obstacle of Arbitrary Shape

佐藤 春夫^{1*}
Haruo Sato^{1*}

¹ 東北大学, 理, 地物

¹Tohoku university, Science, Geophysics

ランダム波が等分配状態にあるとき, その相互相関関数 (CCF) からグリーン関数を導出することが可能であり, 地震学においても雑微動解析による構造推定にしばしば用いられてきた. 散乱体が存在するような時, これらを取り囲むようにランダム波の震源が分布する場合 (Wapenaar et al. 2010, Snieder and Fleury 2010) や, 空間に一様に分布している場合 (Margerin and Sato 2011, Margerin and Sato 2011) に, 光学定理が成立することとグリーン関数の導出条件が等価であることが報告されている. 本研究では, 二次元一様速度構造の中に置かれた任意の形状の散乱体 (障害物) と 2 観測点, これらを取り囲む十分大きな円環上に分布するノイズ震源によって照射されている時, その CCF からグリーン関数を抽出するための条件を考察する.

グリーン関数抽出の基本式は 2 観測点におけるランダム波の CCF が遅延グリーン関数の反対称和とノイズ源の自己相関関数のたたみ込みで書かれることであり, これは 2 観測点におけるグリーン関数の積の円環状のノイズ震源の分布について積分がグリーン関数の虚部に一致することと等価である. 座標原点に置かれた任意形状の散乱体の場合, 散乱体の外部におけるグリーン関数の散乱波部分は, 一般に第一種ハンケル関数 (動径成分) と複素指数関数 (角度成分) の級数展開で表すことが出来る. エネルギー流束の円環状の積分を, このグリーン関数の級数展開形を用いて表すと, エネルギー保存則が展開係数に対する拘束式 (一般化された光学定理) として得られる. 一方, グリーン関数の積の角度成分の積分を実行し, 遠方でのハンケル関数の漸近形をもちいると, これはグリーン関数の虚部と残余の項の和で表される. エネルギー保存則から導かれた拘束式は, この残余項をゼロとすることと等価である. すなわち, エネルギー保存則が満たされる場合にはランダム波の CCF からグリーン関数を導くことが可能となり, 具体的なグリーン関数の関数表現は一般化された光学定理の拘束条件を満たさねばならない. この結果は, 三次元空間においても成立することが確かめられる. なお, 2 観測点が散乱体の遠方場にあるという条件がこれまでよく用いられてきたが, 上記証明ではこの条件を用いていない.

Sato, H. 2013. Green's Function Retrieval from the CCF of Random Waves and Energy Conservation for an Obstacle of Arbitrary Shape: Noise Source Distribution on a Large Surrounding Shell, *Geophys. J. Int.* in press.

キーワード: 地震波動, 散乱, 構造解析, グリーン関数, 波動理論

Keywords: Seismic waves, Scattering, structure study, Green function, wave theory