

## コーダサイト増幅係数の物理的意味 - Daylight Imaging 法に基づく1解釈

## An interpretation of the coda site amplification factor based on the daylight imaging method

# 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 我々が昼間に物体を見ることができるのは、その物体から反射・散乱された太陽光を感じることに由来する。それと同じ原理で地下構造をイメージしようとする手法が、Daylight Imaging 法である。Claerbout(1968)の大変先駆的な論文に端を発するこの手法は、近年、物理探査や地震学の分野で地下構造のパッシブイメージング法の一つとして盛んに利用されている。本研究では、このDaylight Imaging 法の考え方に基づくと、これまで地震学で用いられているコーダサイト増幅係数の物理的意味を理解できることが分かったので、その結果について報告する。

従来の研究 Claerbout (1968)によると、水平成層構造に対しては、ある観測点に鉛直下方から入射してくる自然地震の記録（透過記録）の自己相関関数は、その観測点から波を発生して同じ点に戻ってくる記録（反射記録）とその時間反転記録とデルタ関数との和に等しい。自己相関関数のフーリエ変換がパワースペクトルであること（Wiener-Khinchineの定理）を考えると、透過記録のパワースペクトルは、反射記録とその時間反転とデルタ関数との和のフーリエスペクトルに等しい。一方、3次元の（決定論的）不均質媒質に対しては、近年のDaylight Imaging 法に関する理論的研究の成果（例えばWapenaar, 2003）に基づくと、2点の記録の相互相関関数からその2点間のグリーン関数が求められる。厳密には、1次元、3次元の場合とも、波動場の相関関数から求められるのは、震源時間関数の自己相関関数がグリーン関数にたたみ込まれたものであることに注意を要する。

本研究での論理展開 3次元の不均質媒質に対して考えられている任意の2点を互いに近づけていくことを考える。その極限をとると2点は1点に重なる。その場合、Daylight Imaging 法の考え方を適用すると次のようになる。波がいろいろな方向から入射する場合には、1点の記録の自己相関関数のラグ正の部分を計算すると、その点から波を発生して同じ点に戻ってくる記録、反射法探査のゼロオフセット記録が求められることになる。コーダ部分では入射角が等方的に近いと考えると、コーダ部分の記録に対して計算される自己相関関数は、ゼロオフセット記録とその時間反転とデルタ関数との和に等しいことになる。Wiener-Khinchineの定理を用いると、いままで地震学で求められてきたコーダ波のパワースペクトルとは、それらのフーリエスペクトルと等価であることが導かれる。コーダサイト増幅係数を、単位強さの震源パワースペクトルに対するコーダパワースペクトルと考えると、いままであまりはっきりしなかったその物理的意味を、「ゼロオフセット記録とその時間反転とデルタ関数との和のフーリエスペクトル」として理解できる。すなわちコーダサイト増幅係数は、そのサイトであたかも反射法探査を実施したのと同様の結果を反映していると考えられる。

議論 本研究で示した事実は、1次元構造に対してはScherbaum (1987)によってすでに指摘されている。ただし1次元構造の場合には、直達波を含んだ時間窓で相関関数を計算してもよい。一方、3次元構造の場合には、入射波の等方性が必要なので、直達波は含まずコーダ波のみを含む時間窓に対して相関関数を計算するほうがより適切であるものと考えられる。Aki (1969) や Aki & Chouet (1975) にまとめられているように、コーダ波のパワースペクトルが、震源スペクトル、サイトスペクトル（増幅係数）、震源経過時間に依存し、震源の位置には依存しないという重要な性質はDaylight Imaging 法にとって不可欠である。このように、近年発展してきた理論によって再解釈できるコーダサイト増幅係数について、多くの観測記録を整理して1960年代にすでにその実用性を指摘しておられたのが安芸先生である。