

エネルギー分配の観点からみたS波コーダの粒子軌跡

中原 恒 (東北大学大学院理学研究科)

Particle motion of S-wave coda in terms of energy partitioning
Hisashi NAKAHARA (Graduate School of Science, Tohoku Univ.)

1. はじめに

近年、コーダ波干渉法を構造の受動的モニタリングへ適用する研究が進められている。コーダ波干渉法の有効性と密接に関わるため、コーダ波の性質に改めて関心がもたれている。たとえばS波コーダにおいて、1次散乱と多重散乱のどちらが卓越するのかが重要な問題である。弾性波に対する輻射伝達理論によると、多重散乱が卓越すると変換散乱が平衡状態に達し、P波とS波のエネルギー比が一定値に収束していく。Shapiro et al. (2000) は、メキシコでの稠密アレイ観測により、実際にS波コーダにおいてP波とS波のエネルギー比が一定になっていることを示し、多重散乱が卓越する証拠であるとしている。多重散乱が卓越すると波が様々な方向から等方的に入射するため、粒子軌跡にもその影響が現れることが期待される。そこで、本研究ではS波コーダの粒子軌跡を調べ、エネルギー分配の観点から考察する。

2. データ・解析方法

防災科学技術研究所のKik-netの記録を使用する。速度検層の結果を参考に、東北地方の観測点の中から、地表付近までS波速度の値が大きくかつその深さ変化が少ない観測点であるIWTH13, IWTH17の2点を選出する(図1参照)。2001年から2006年の間で震央距離200km以内のイベントで、最大加速度1gal以上、P波、S波とも良好に記録されたものを解析対象とする。地表と地中の観測点で、加速度記録を速度記録に変換した後、2-16Hzのバンドパスフィルタをかけ、2乗して、速度2乗エンベロープを作成する。東西、南北、上下それぞれの振動方向へのエネルギーの分配率(以降、EPRと記す; 等分配で1/3となる)を用いて粒子軌跡を定量化する。震源経過時間で40-80秒の時間窓を設定し、その範囲で $S/N > 1$ を満たす記録に対してエネルギー分配率を計算する。この条件を満たすデータ数は、IWTH13, IWTH17ともに60個である。

3. 結果

図2に1例を示すように、S波コーダにおけるEPRの時間変化をみると、直達S波付近では震源放射特性を反映した値を示すが、S波走時の1.5倍程度以上では一定値のまわりの変動を示すように見える。震源経過時間が40-80秒におけるEPRを時間平均し、全イベントに対して平均値と標準偏差を求めた。IWTH13における結果を図3に示す。左図は地中(深さ120m)、上から東西、南北、上下成分である。全イベントに対する平均値は、東西成分で 0.323 ± 0.022 、南北成分で 0.329 ± 0.025 、上下成分で 0.348 ± 0.033 である。なお図には示さないが、IWTH17の地中(深さ106m)では東西成分で 0.338 ± 0.027 、南北成分で 0.325 ± 0.027 、上下成分で 0.337 ± 0.027 である。以上より、地中においては標準偏差の範囲内で、粒子軌跡が等方的になっていることが分かった。一方、図3右図に示すIWTH13の地表では、全イベントに対する平均値は、東西成分で 0.388 ± 0.019 、南北成分で 0.425 ± 0.031 、上下成分で 0.187 ± 0.030 である。IWTH17の地表では、東西成分で 0.422 ± 0.023 、南北成分で 0.393 ± 0.027 、上下成分で 0.185 ± 0.031 である。これより、地表での粒子軌跡は水平動成分に卓越していることが分かる。

4. 議論とまとめ

本研究の結果によると地中ではエネルギー等分配になっていることが分かったが、このことは干場・他(2002)が同様にKik-netを使用した解析によりすでに指摘している。一方、地表においてはエネルギー等分配にはなっていない。そこで地表におけるEPRを定量的に考察する。ポアソン固体における多重散乱場では、S波エネルギーはP波エネルギーの約10.4倍である(たとえばWeaver, 1982)。この重みでP, SV, SHの平面波が半無限均質媒質の地表に等方的に入射するものと仮定する。表面波の影響を無視すれば、EPRの理論値は、東西動、南北動でそれぞれ0.41、上下動で0.18になり、地表における測定結果とほぼ一致する。これは、本研究で使用した観測点は地震波速度の深さ変化が小さく半無限均質媒質でモデル化できること、さらに選択した周波数帯域では表面波の混入が少ないことによると考えられる。また間接的ではあるが、S波とP波とのエネルギー比が10.4

との仮定が悪くないことを示唆している．実体波の場合，地表付近に低速度層が存在すると，入射角が小さくなるため，上下動へのEPRがさらに小さくなるものと考えられる．そのため，コーダにおけるEPRは，観測点直下の地震波速度構造を反映する指標として利用できる可能性がある．今後，周波数依存性や他の観測点の特徴を調べる必要がある．

謝辞 本研究では，防災科学技術研究所のKik-netの強震記録と気象庁・文部科学省の一元化震源力タログを使用させていただきました．

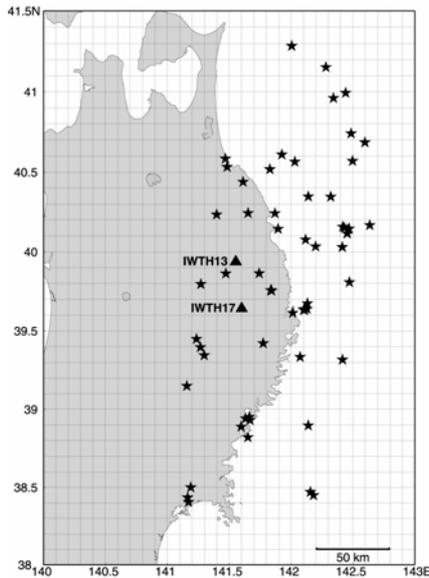


図1 使用した観測点()と震央()．

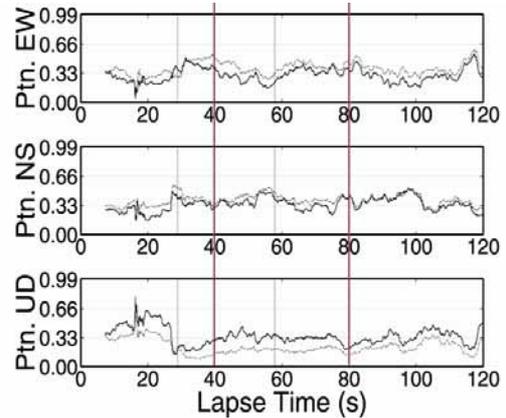


図2 エネルギー分配率の観測例 (IWTH17, 震央距離 110km, M5.4 のイベント)．太実線は地中，細実線は地表観測点，上から東西，南北，上下の各成分を示す．30秒，60秒付近の縦線は，直達 S 波走時とその 2 倍を意味する．赤縦線は平均値を計算した時間窓 (40-80 秒) を表す．

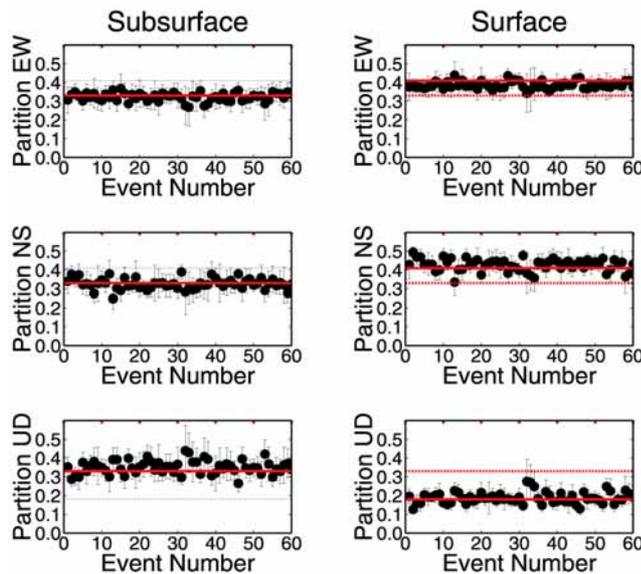


図3 IWTH13 における EPR の結果．左図は地中，右図は地表，横軸は地震の番号 (発生順) を表す．左図の赤実線は $1/3$ の値，右図の赤実線は半無限均質媒質に対する理論値，赤破線は $1/3$ の値を意味する．