

# P 波輻射特性の周波数変化

小林学・武村俊介・吉本和生(横浜市立大学)

## Frequency-dependent characteristics of the apparent P-wave radiation pattern

M. Kobayashi, S. Takemura and K. Yoshimoto (Yokohama City University)

### 1. はじめに

地震時に観測される S 波の振幅分布を詳細に調べると、低周波数 (1Hz 以下)では理論的に予測される 4 象限型の振幅分布を示すが、周波数の増大に伴い次第に崩れ、5 Hz 以上の高周波数ではほぼ等方的な振幅分布を示すことが多く報告されている(例えば、Liu and Helmberger, 1985; Takemura et al., 2009)。

本研究では、高感度地震観測網の Hi-net によって観測された高密度・大量の地震波形記録を用いて、P 波輻射特性の周波数および距離変化を詳細に調べた。緊急地震速報などでの活用から、S 波だけでなく P 波の伝播特性を調べることは非常に重要である。

### 2. データと解析手法

本研究では、中国地方の地殻内で発生した横ずれ型の地震 (計 10 イベント、Mw 3.5–5.2) において、観測された速度波形を用いて解析を行った。まず、F-net の変位波形から、パルス幅  $\tau$  (図 1 の両矢印) を計測して各地震の破壊継続時間を見積もった。P 波の初動時間から  $\tau$  秒を解析時間窓として、3 成分合成の P 波最大振幅を求めた。震源規模の違いおよび地盤増幅特性を除去するため、震源時間 60-70 秒での Coda 振幅を用いて P 波最大振幅の Coda 規格化を行った (例えば、Aki, 1980; Yoshimoto et al., 1993)。震源距離 150km 以下の Coda 規格化した振幅をプロットしたのが図 2 である。幾何減衰および非弾性減衰の効果を考慮するため、次式および最小二乗法を用いて平均的な P 波の距離減衰式を求めた。

$$\ln(d_i \cdot P^{max}) = -\frac{\pi f}{Q_p} \cdot d_i + B \quad (d_i: \text{震源距離})$$

図 2 の実線が最小二乗法の結果であるが、最大振幅 ( $A_p(d_i)$ ) が距離減衰のトレンド ( $A_0(d_i)$ ) を中心として大きくばらついていることがわかる。このばらつきは、震源の輻射特性によるものと考えられるので、

$$\delta A(d_i) = \frac{|A_p(d_i)| - A_0(d_i)}{A_0(d_i)}$$

と定義して、距離減衰のトレンドからの振幅のばらつきを評価した。輻射特性の崩れを定量的に評価するため、F-net の CMT 解から理論的に予測される輻射特性係数 (Aki and Richards, 2002) を求

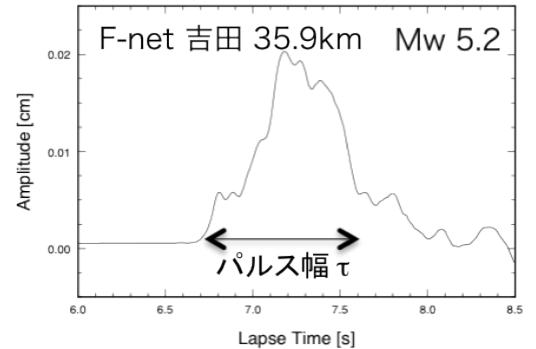


図 1 F-netの上下の変位波形

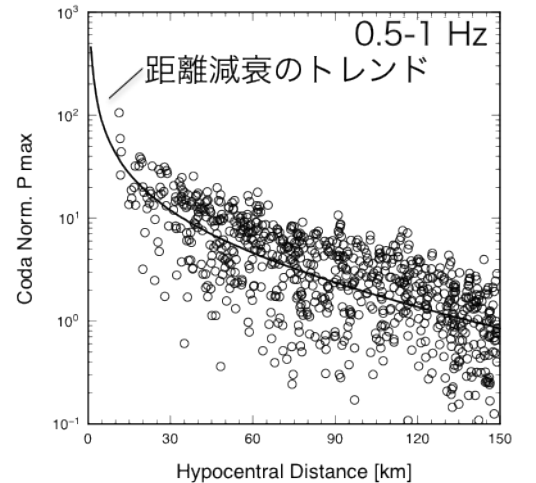


図 2 Coda規格化したP波振幅の距離減衰

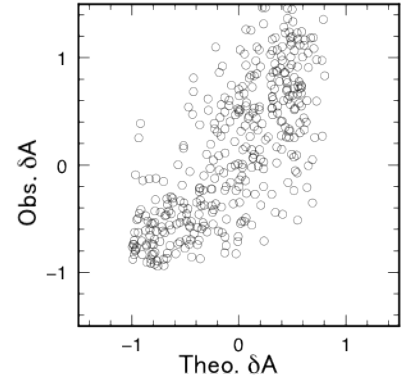
め、平均からのばらつきを理論予測として観測と比較を行った。

### 3. P波輻射特性の周波数、距離変化

観測で得られた振幅のばらつきと理論予測値の比較を、図3に示す。0.5-1 Hz（低周波数；図3a）では理論予測値と観測値の間に正の相関が有り、4象限型のP波輻射特性が保持されている。一方で、4-8 Hz（高周波数；図3b）では有意な相関が見られず、P波輻射特性が崩れている。観測された振幅のばらつきと理論予測値の相関係数を周波数ごとに計算してみると、図4に示すように周波数の増大に伴う相関係数の減少が見られた。S波と同様に高周波数でP波輻射特性が崩れることを明らかにした。

次に、周波数ごとに伝播距離の増大による輻射特性の崩れを評価した（図5）。4-8 Hz以下では震源距離の増大に伴って相関係数が小さくなっていることから、地殻内の短波長速度不均質による地震波散乱が崩れの原因であることが考えられる（Takemura et al., 2009）。また、8-16 Hzでは震源距離の小さいところで既に相関係数が低いことから、震源破壊の不均質性により崩れているものと考えられる。

(a)低周波数(0.5-1 Hz)



(b)高周波数(4-8 Hz)

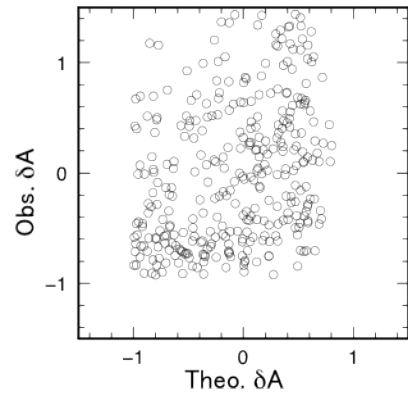


図3 観測で求めた  $\delta A$  と理論予測の比較

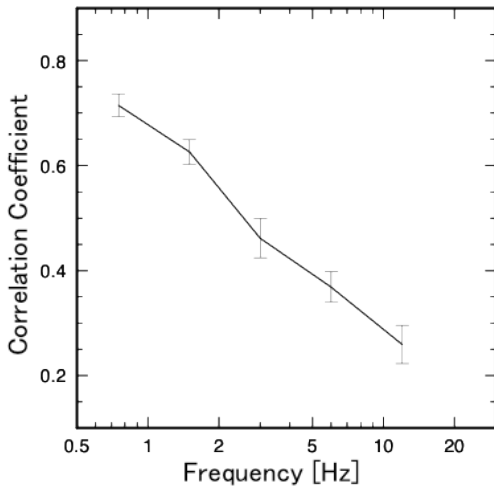


図4 輻射特性 ( $\delta A$ の相関係数) の周波数依存性

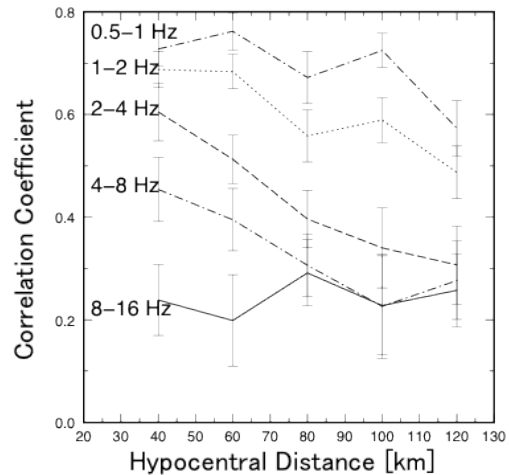


図5 輻射特性 ( $\delta A$ の相関係数) の距離の増大に伴う崩れ

### 謝辞

防災科学技術研究所の Hi-net、F-net の波形データと F-net の CMT 解を使用させて頂きました。記して感謝申し上げます。