

## κを用いた高周波数領域におけるスペクトル低減特性に関する検討 ～地殻内地震～

Study on spectral decay characteristics in high frequency range using parameter κ- For crustal earthquakes -

\*鶴来 雅人<sup>1</sup>、香川 敬生<sup>2</sup>、入倉 孝次郎<sup>3</sup>

\*Masato Tsurugi<sup>1</sup>, Takao Kagawa<sup>2</sup>, Kojiro Irikura<sup>3</sup>

1.一般財団法人 地域 地盤 環境研究所、2.鳥取大学、3.愛知工業大学

1.Geo-Research Institute, 2.Tottori University, 3.Aichi Institute of Technology

## 1) はじめに

高周波数領域においてはスペクトルが低減し、 $\omega^{-2}$ 則から乖離することが知られており、強震動予測の精度向上のためにはこの領域における地震動特性の解明が必要不可欠である。このスペクトル低減特性を表現する方法として $f_{\max}$  フィルター[Hanks(1982)]による方法、 $\kappa$  [Anderson and Hough(1984)]による方法があり、我が国では前者が、アメリカなど諸外国では後者が主流となっている。ここで、 $f_{\max}$  は主に震源に、 $\kappa$ は主に伝播経路やサイト特性に由来すると考えてられているが、最近では $\kappa$ を震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性に分離する試みが行われている[例えば、Hotte *et al.*(2011)]。

本検討ではすでに $f_{\max}$  フィルターを用いてスペクトル低減特性が評価されている地殻内地震を対象に、 $\kappa$ を用いてその低減傾向を評価し、 $f_{\max}$  フィルターとの関係を整理する。

## 2) 解析概要

Anderson and Hough(1984)はS波の加速度スペクトル  $A(f)$  が高周波数領域において指数関数的な低減特性を示すとして、次式のように定式化した。

$$A(f) = A_0 e^{-\pi f \kappa} \quad (f > f_E)$$

本検討では地殻内大地震とその余震を対象として、スペクトルがほぼ平坦となる上限周波数( $f_E$ )およびスペクトル低減の傾き $\kappa$ を求める。

解析対象とした地震は2003年宮城県北部地震、2005年福岡県西方沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震の本震および余震の全48地震、その $M_j$ は3.4~7.2、震源深さは3~14kmである。これらの地震について $f_{\max}$  フィルターを評価した際と同様、平均観測スペクトルを求め、その形状から  $f_E$  を決め、 $f_E \sim 30\text{Hz}$ の範囲で最小二乗法によりスペクトル低減の傾き $\kappa$ を求めた。平均観測スペクトルとは、

\* 地中地震計設置深度におけるせん断波速度が2,000m/sec以上の観測点

\* 震源距離が概ね100km程度以下のKiK-net地中観測点

の観測スペクトルを平均震源距離におけるスペクトルに補正をして、その平均を求めたものである。なお、既往研究[例えば、鶴来・ほか(2009)]において各本震記録の $f_{\max}$  およびべき乗数 $s$ は以下のように得られている。

\* 2003年宮城県北部地震 本震： $f_{\max} = 8.0\text{Hz}$ ,  $s = 0.93$

\* 2005年福岡県西方沖地震 本震： $f_{\max} = 6.5\text{Hz}$ ,  $s = 0.90$

\* 2008年岩手・宮城内陸地震 本震： $f_{\max} = 9.4\text{Hz}$ ,  $s = 0.84$

## 3) 解析結果

3つの本震の  $f_E$  および  $\kappa$ は以下の通りとなった

\* 2003年宮城県北部地震 本震： $f_E = 2.6\text{Hz}$ ,  $\kappa = 0.0190$

\* 2005年福岡県西方沖地震 本震： $f_E = 2.0\text{Hz}$ ,  $\kappa = 0.0277$

\* 2008年岩手・宮城内陸地震 本震： $f_E = 4.5\text{Hz}$ ,  $\kappa = 0.0142$

2003年宮城県北部地震および2008年岩手・宮城内陸地震の余震の  $f_E$  は8~15Hz,  $\kappa$  は0.0036~0.0233, 2005年福岡県西方沖地震の余震の  $f_E$  は2.6~10Hz,  $\kappa$  は0.0272~0.0408と

なった。Anderson and Hough(1984)による岩盤点における  $\kappa$ は0.02~0.06の範囲に分布しており、2005年福岡県西方沖地震の本震および余震の  $\kappa$ の値はこれと概ね同等であったが、2003年宮城県北部地震および2008年岩手・宮城内陸地震の本震および余震の  $\kappa$ の値はこれよりやや小さい値であった。 $\kappa$  の値の地域依存性については、今後より詳細な検討が必要である。

続いて、 $f_{\max}$  フィルターのパラメータ( $f_{\max}$ ,  $s$ )と  $f_E$  や  $\kappa$ との関係を求めた。その結果、 $\kappa$  と  $f_{\max}$  フィル

ターのスペクトル低減の傾き  $s$  , および  $f_E$  と  $f_{max}$  の間には概ね正の相関が認められた。これは、同じ低減特性を異なる方法を用いて表現したことに因るもので、合理的な結果と言える。さらに、 $\kappa$  に関する既往研究 [例えば、Anderson and Hough(1984), Hotte *et al.*(2011)]では  $\kappa$ の値に震央距離依存性が認められるとしているが、本検討においても同様の傾向が認められた。

謝辞：本研究は、原子力規制庁の委託研究「平成27年度原子力施設等防災対策等委託費（地震動評価における不確かさの評価手法の高度化）事業」の一部として実施しました。独立行政法人 防災科学技術研究所 基盤強震観測網KiK-netの観測記録を使用しました。記して感謝します。

#### 参考文献

Anderson and Hough(1984), BSSA, Vol.74, pp.1969-1993.

Hanks(1982), BSSA, Vol.72, pp.1867-1879.

Houtte *et al.*(2011), BSSA, Vol.101, pp.2926-2941,.

鶴来・ほか(2009), 日本地震工学会論文集, Vol. 9, No.1.

キーワード：スペクトル低減特性、 $\kappa$ 、 $f_{max}$  フィルター、地殻内地震

Keywords: Spectral decay characteristics, Kappa,  $f_{max}$  filter, Crustal earthquakes