

ケプストラム表現に基づく ELF 帯環境電磁波の日変化パターン

5U-4

高橋 徹†, 北村 正†, 内匠 逸†, 畑 雅恭††

†名古屋工業大学知能情報システム学科, ††愛知県立大学情報科学部

1 はじめに

我々は、地震の予兆現象をとらえることを目的として、ELF 帯 223 Hz 環境電磁波の観測を全国 40 箇所以上で行っている [1]. 垂直, 東西, 南北の 3 方向の電磁波が各観測所で観測されている. 先行研究において我々は、音響分析手法に基づきケプストラム距離を用いて、ELF 帯環境電磁波の異常放射を検出する手法を提案した [2, 3]. この手法は、標準パターンと観測データとのケプストラム距離を求めることにより異常放射を検出する手法であり、標準パターンの具体的生成手法を示す必要があった. そこで年変化に対する標準パターン生成手法を提案し、98 年および 99 年における年間のエネルギー変化パターンと、標準的なスペクトル包絡とを示した [4]. これらの標準パターンを求めたことにより環境電磁波の長期的特性が得られた.

本研究では、長期的特性と同様に、1 日から 1 ヶ月程度の中期的特性をさらに明らかにするために、日変化パターンに着目し標準日変化パターンの生成手法と標準日変化パターンを示す.

2 ケプストラム分析

観測データは、6 秒毎にサンプリングされた正の実数列である. まず雑音除去を目的とした前処理を施す. 観測データを 48 次メディアンフィルタ処理し、続いて 8 次シェビチェフフィルタにより 1/16 にダウンサンプリングする. 前処理された観測データに対して、ケプストラム分析を行う. 分析フレーム長 N の入力フレームと、分析次数 M のケプストラム係数をそれぞれ

$$\mathbf{x} = [x(0), x(1), \dots, x(N-1)]$$

$$\mathbf{c} = [c(0), c(1), \dots, c(M-1)]$$

とすると、ケプストラム分析は、

$$c(m) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \log |X(k)| e^{j \frac{2\pi m k}{N}} \quad (1)$$

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi n k}{N}} \quad (2)$$

と定義できる. 但し、入力フレームのピリオドグラムを $X(k)$ とする.

Short time standard pattern for ambient electromagnetic radiation in ELF band represented by cepstral coefficients

† Toru Takahashi, Tadashi Kitamura, Ichi Takumi
Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology (†)

†† Masayasu Hata
Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University (††)

3 標準パターン

年変化の標準パターンを求める手法と同様な手法を用いて日変化の標準パターンを求めることができる. フレームのエネルギーに相当する 0 次ケプストラム係数は、観測地点間のダイナミックレンジを正規化するために、各観測地点において局所正規化が必要がある. 時刻 t におけるケプストラム係数を $\mathbf{c}_t = [c_t(0), c_t(1), \dots, c_t(M-1)]$ とすると、時刻 t における局所正規化ケプストラムは、

$$\bar{\mathbf{c}}_t = \mathbf{c}_t - \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \mathbf{c}_i \quad (3)$$

と定義できる. 但し、観測期間を $1, \dots, T$ とする.

次に、各観測地点の局所正規化ケプストラムを大域的正規化することによって、日本における環境電磁波の標準日変化パターンを求める. 観測点 p の局所正規化ケプストラムを

$$\bar{\mathbf{c}}_t^p = [\bar{c}_t^p(0), \bar{c}_t^p(1), \dots, \bar{c}_t^p(M-1)] \quad (4)$$

と表すと、日本における環境電磁波の標準日変化パターン \mathbf{c}_t^{std} は、

$$\mathbf{c}_t^{std} = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \bar{\mathbf{c}}_t^p, \quad (t = 1, 2, \dots, T) \quad (5)$$

と定義できる. 但し、大域的正規化に用いる観測所の数を P とする.

4 実験

4.1 標準日変化パターンの作成

前処理後に、表 1 に示す分析条件でケプストラム分析を行い、各観測地点の局所正規化を行う. 最後に大域的正規化することで標準日変化パターンを作成する. 標準日変化パターンを、99 年 2 月 1 日から 28 日までの期間に対して作成する. 標準日変化パターン作成に利用する観測地点は、秋田男鹿, 青森三戸, 岐阜河合, 北海道釧路, 伊東宇佐美, 熊本砥用, 宮城若柳, 長野上松, 静岡大瀬崎, 山梨山中湖の 10 地点である. 実験結果を図 1 に示す.

表 1: 分析条件.

分析フレーム長	1 日 (900 点)
分析フレーム周期	6 時間 (225 点)
ケプストラム分析	0~39 次

4.2 標準日変化パターンを用いた電磁波異常検出

時刻 t の標準日変化パターンと局所正規化ケプストラムとをそれぞれ c_t^{std} と c_t^p とすると、標準日変化パターンと局所正規化ケプストラム間のゲインの一致度 G とスペクトル包絡の概形の一致度 H はそれぞれ

$$G = 10 \log_{10} \frac{\overline{c_t^p(0)^2}}{(c_t^{std}(0) - c_t^p(0))^2} \quad (6)$$

$$H = 10 \log_{10} \frac{\sum_{m=1}^{M-1} \overline{c_t^p(m)^2}}{\sum_{m=1}^{M-1} (c_t^{std}(m) - c_t^p(m))^2} \quad (7)$$

と定義できる。図2に前節で作成した標準日変化パターンと岐阜河合の局所正規化ケプストラムとの一致度を示す。 G, H は、「局所正規化ケプストラム」と「局所正規化ケプストラムと標準日変化パターンとの誤差」の比であるから、これらの値が小さい値であるほど観測電磁波が異常値を示していると考えられることができる。図2では、ゲインの一致度は、28(dB)から32(dB)の間に分布し、スペクトル包絡の概形の一致度は、10(dB)から20(dB)に分布していることがわかる。他の9観測地点に対して同様の処理をすると、一致度は岐阜河合同様に分布することが実験により確認されている。従って、ゲインの一致度が、28(dB)以下、またはスペクトル包絡の画一計の一致度が10(dB)以下を示した時に、なんらかの異常電磁波が生じていると考えられる。

5 むすび

ケプストラム表現に基づき ELF 環境電磁波の標準日変化パターンを作成した。また、正常時のゲインの一致度は、28(dB)以上であり、スペクトル包絡の概形の一致度は、10(dB)以上であることを示した。今後の課題は、標準年変化と標準日変化との統合や、異常値を示すデータと地震活動との関連の解明などがあげられる。

謝辞

本研究は、科研費基盤研究A(課題番号11305031)の支援により行なわれた。

参考文献

- [1] 畑, 内匠: “極超低周波数帯電磁波観測システム — 地震予知をめざして —,” 高速信号処理応用技術学会誌, Vol.2No.5, pp.1-5, 1999.
- [2] 高橋, 北村, 内匠, 畑: “音響学的信号処理に基づく環境電磁波の解析,” 電気学会研究会資料, HV-00-36, pp.19-24, 2000.
- [3] 高橋, 北村, 内匠, 畑: “ELF 環境電磁波のケプストラム分析,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会予稿集, pp.182, 2000.
- [4] 高橋, 北村, 内匠, 畑: “ケプストラム表現に基づく ELF 環境電磁波の標準パターン,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-1, pp.226, 2001.

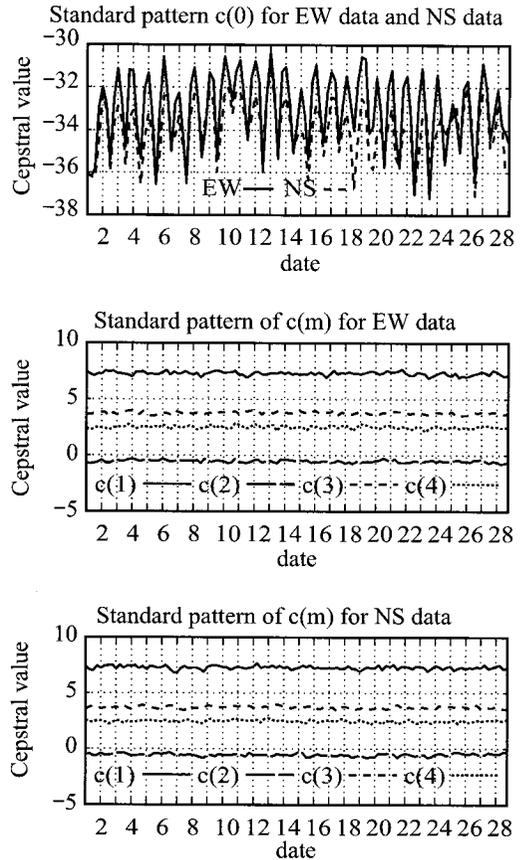


図1: 標準日変化パターン

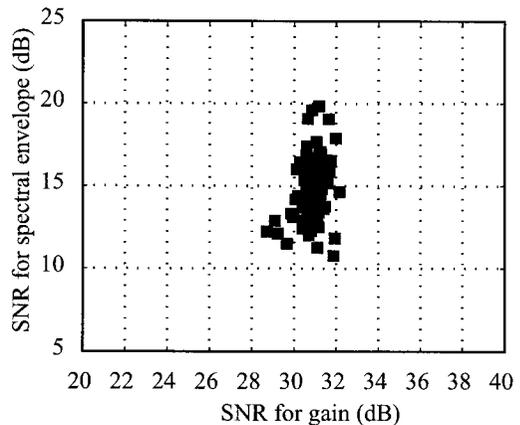


図2: 日変化パターン的一致度