

EEG の時間一周波数解析

4W-1

木下 和之† 軽部 幸浩† † 柏木 英一† 渡辺 宏太郎†
防衛大学校情報工学科† 駒澤大学心理学科††

1. はじめに

Choen クラスの時間一周波数分布 (TFD) は一般に、自己 artifact 及び複数の信号による干渉項を生じ、忠実な TFD を得るためには、その核関数を適切に設計する必要がある。本稿では、健常者の脳波 (EEG) に対して核関数 (KWD) [1] による TFD を求め、さらにこれを初期値として逆演算 [2] を行うことで干渉項や雑音の影響を押さえた再構成 TFD を求めた。次にシミュレーションとして、正弦波信号に雑音付加し、TFD に及ぼす雑音の影響を調べた。

2. EEG の TFD

一般に Choen クラスの TFD は EEG を $z(\cdot)$ として、以下のように表される。

$$C(t, \omega) := \iint \varphi(t - \mu, \tau) z\left(\mu + \frac{\tau}{2}\right) z^*\left(\mu - \frac{\tau}{2}\right) e^{-j\omega\tau} d\mu d\tau$$

(*は複素共役) (1)

ここでは上式 (1) の核関数として次式 (KWD) を用いて TFD を求めている。

$$\varphi(t, \tau) = \exp\left\{-\left(\frac{\tau^2}{\sigma^2} + \frac{\tau^2 + d^2}{d^2\tau^2}t^2\right)\right\} \quad (2)$$

使用した EEG は、健常者に対し閉眼、安静状態で国際 10-20 法に基づく、頭皮上の 5 カ所の部位 (Fz, Cz, Oz, T3, T5) から得られたもの (サンプリング周波数 50Hz、バンドパス 0.5 ~ 24 Hz、持続時間約 5 秒間) であり、図 1 に同時刻におけるこれらの TFD (等高線図) を示す。TFD から主成分はほぼ 1.5Hz および 11Hz 付近の周波数帯で、雑音やその干渉項の影響による複雑な分布を確認できる。また、この解析例では Fz と Cz、T3 と T5 が比較的類似している。

3. 再構成 TFD

図 2 では、図 1 の各 EEG に対して、逆演算を

行うことによって得られた再構成 TFD を示す。

図 1 の分布と比較すると、再構成により雑音および干渉項等の不要な部分をほぼ除去し、分解能を向上させていることがわかる。

なお、再構成の方法を式 (3) に示す。

$$C^{(k+1)}(t, \omega) = \begin{cases} C^{(k)}(t, \omega) \iint \frac{C(u, v)\Psi(u-t, v-\omega)}{g(u, v)} du dv & (|g(u, v)| \geq \epsilon) \\ C^{(k)}(t, \omega) \iint \frac{C(u, v)\Psi(u-t, v-\omega)g(u, v)}{\epsilon^2} du dv & (|g(u, v)| < \epsilon) \end{cases}$$

(k は反復回数を示す) (3)

$$\Psi(t, \omega) = \int \varphi(t, \tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

$$g(u, v) = \iint C^{(k)}(\mu, \theta)\Psi(u-\mu, v-\theta) d\mu d\theta$$

$$C^{(0)}(t, \omega) = C(t, \omega)$$

4. 雑音を付加したシミュレーション TFD

図 3 は、2Hz、10Hz の 2 つの一定周波数の正弦波に、S/N -6 dB の正規雑音を付加したときの TFD シミュレーション例を示す。この TFD が図 1(e) と類似した TFD を示すことから、本来主成分はほぼ一定周波数に近い EEG 波形であったとしても、雑音の影響により周波数のゆらいだ TFD をまたあたかも周波数が分岐したかのような TFD を与えうるといえる。

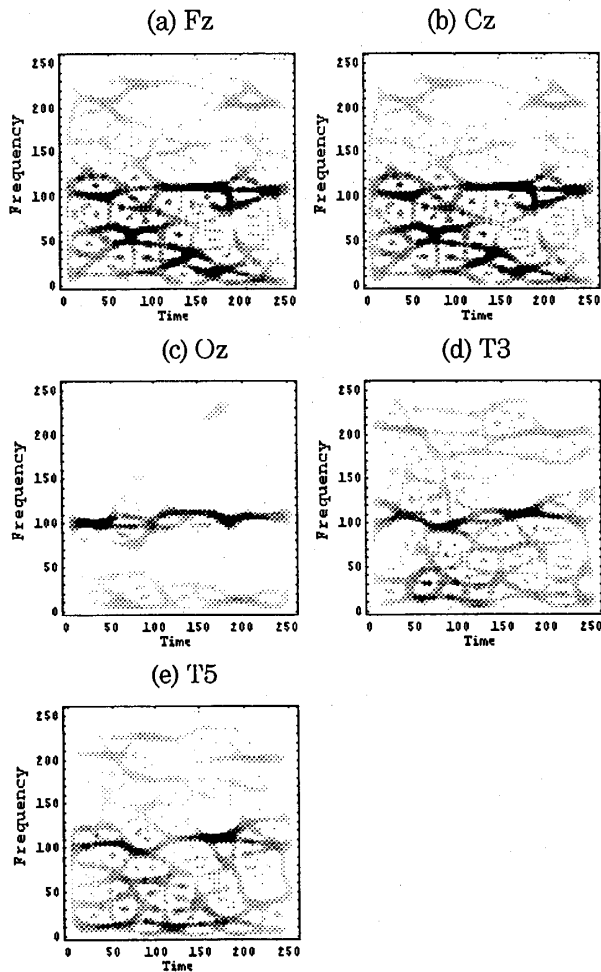
5. まとめ

本稿では EEG の TFD を再構成することで、EEG の周波数変動の様子をより詳細に抽出した。また、EEG のシミュレーション TFD により、雑音が及ぼす TFD の影響についても検討した。

謝辞

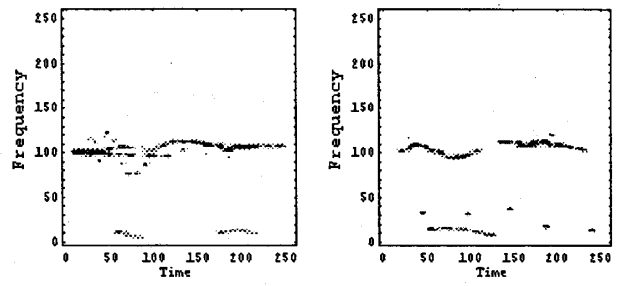
本研究を行うにあたり、EEG の提供ならびに解析結果の評価にご指導をいただきました防衛大学校古賀義亮教授に深く感謝いたします。

(図1)各 Ch の EEG の TFD

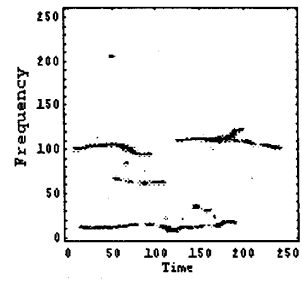


(c) Oz

(b) T3

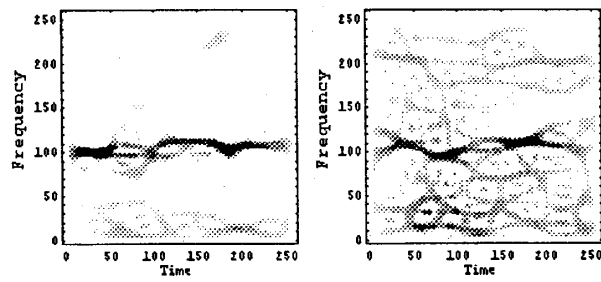


(e) T5

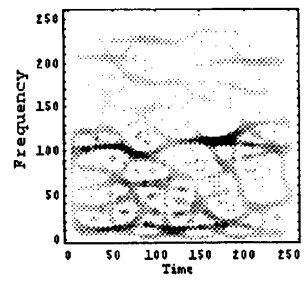


(c) Oz

(d) T3



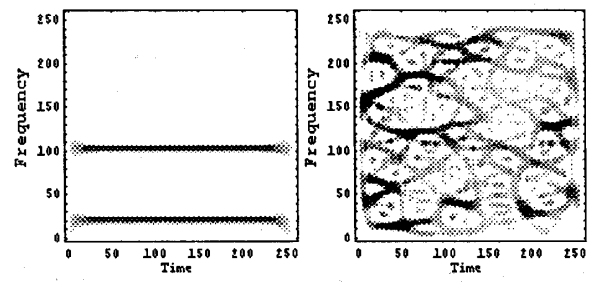
(e) T5



(図3)シミュレーション TFD

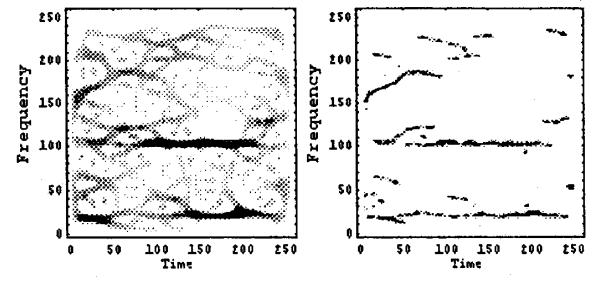
(a) 正弦波の TFD

(b) 正規雑音の TFD



(c) 信号(a)+(c)の TFD

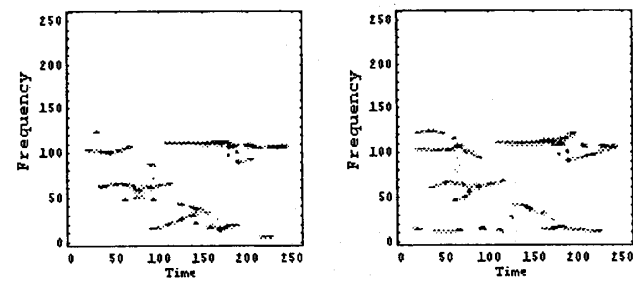
(d) (c)の再構成 TFD



(図2)再構成 TFD

(a) Fz

(b) Cz



参考文献 [1] 渡辺 宏太郎、野口 泰明、柏木 英一 “時間 - 周波数解析における核関数設計に関する一考察”
信学論(A)J-81A,号:No.12(1998)

[2] 柏木 英一、木下 和之、渡辺 宏太郎、野口 泰明 “時間-周波数分布の再構成” 信学論投稿中
An Analysis of EEG on the Time-Frequency Distributions
Kazuyuki Kinoshita † Yukihiro Karube † † Eiichi Kashiwagi † Kohtaro Watanabe †
Dept. of Computer Science National Defense Academy 1-10-20 Hashirimizu Yokosuka Kanagawa Japan †
Department of Psychology Komazawa University 1-23-1 Komazawa Setagaya-ku Tokyo Japan † †