

## 【文献調査】

# Comparison of signal decomposition methods in classification of EEG signals for motor-imagery BCI system

石原 知憲      廣安 知之      日和 悟

2017年11月22日

## 1 タイトル

運動想起型 BCI システムにおける脳波信号の分類における信号分解法の比較

## 2 著者

system.Jasmin Kevrica, Abdulhamit Subasib

## 3 出典

Biomedical Signal Processing and Control, 2017, Volume.31, P.398-406

## 4 アブストラクト

この研究では、分類タスクのためのブレインコンピュータインタフェース (BCI) システムにおける脳波 (EEG) 信号の分解について、3つの一般的な信号処理技術 (経験的モード分解, 離散ウェーブレット変換, およびウェーブレットパケット分解) を調査した。この目的のために、マルチチャンネル2クラスの運動想起データセットであるデータセット IVa を使用した。雑音除去の目的でマルチスケール主成分分析法を適用した。さらに、特定の機能グループの効果を調べるために、異なる機能セットが形成された。信号分解法のパラメータ選択プロセスも完全に説明された。我々の結果は、ウェーブレットパケット分解サブバンドから抽出されたマルチスケール主成分分析ノンノイズ統計と高次統計フィーチャの組み合わせが、92.8%の最高平均分類精度をもたらしたことを示している。我々の研究は、BCI 信号の分類における高次統計と組み合わせた信号分解法の包括的な比較を提供する非常に少数のものの中の一つである。加えて、Brain Computer Interface Systems における脳波信号の分類作業の改善において、より高い周波数範囲の重要性を強調した。得られた結果は、提案されたモデルが運動想起時の脳波信号の信頼できる分類を得る可能性を有し、したがって車椅子を制御するための実用的なシステムとして使用できることを示している。また、個人が正しい動作を実行すると、適切なフィードバックが配信される現在のリハビリテーションをさらに強化することができます。このようにして、運動リハビリの成果は時間とともに改善されるかもしれない。

## 5 キーワード

Empirical mode decomposition (EMD), Discrete wavelet transform (DWT), Wavelet packet decomposition (WPD), Motor imagery (MI), Brain computer interface (BCI), Higher order statistics (HOS), BCI competition III dataset IVa

## 6 参考文献

### 6.1 EEG を用いた状態推定について

[1] H.-J. Hwang, S. Kim, S. Choi, C.-H. Im, "EEG-Based brain-Computer interfaces: a thorough literature survey", Int. J. Hum. Comp. Interact, Vol.29, P.814-826, 2013

## 6.2 運動想起型 BCI について

[2] R.J. Rak, M. Koodziej, A. Majkowski, "Brain-computer interface as measurements and control system", The review Paper, *Metrol. Meas. Syst.*, Vol.19, No.3, P.427-444, 2012

## 6.3 自己回帰と FFT の特徴について

[3] G. Rodriguez-Bermdez, P.J. Garca-Laencina, "Automatic and adaptive classification of electroencephalographic signals for brain computer interfaces", *J. Med. Stems*, Vol.36, , P.51-63, 2012

## 6.4 自己回帰とノイズについて

[4] D.J. Krusienski, D.J. McFarland, J.R. Wolpaw, "An evaluation of autoregressive spectral estimation model order for brain-Computer interface applications", in: *Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, New York, USA, September, 2006.

## 6.5 CSP について

[5] H. Ramoser, J. Muller-Gerking, G. Pfurtscheller, "Optimal spatial filtering of single trial EEG during imagined hand movement", *IEEE Trans. Rehabil. Eng.*, P.441-446, 2000

## 6.6 DWT について

[6] M. Unser, A. Aldroubi, "A review owavelets in biomedical applications", *Proc. IEEE*, Vol.84, No.4, P.626-638, 1996

## 6.7 ノイズ除去のための脳波自動識別について

[7] D. Gajic, Z. Djurovic, S.D. Gennaro, F. Gustafsson, "Classification of EEG signals for detection of epileptic seizures based on wavelets and statistical pattern recognition", *Biomed. Eng.*, Vol.26, No.2, 2014

## 6.8 データセットの識別率について

[8] D. Gajic, Z. Djurovic, J. Gligorijevic, S.D. Gennaro, I. Savic-Gajic, "Detection of epileptiform activity in EEG signals based on time-frequency and non-linear analysis", *Front. Comput. Neurosci.*, Vol.9, 2015

## 6.9 MSPCA によるノイズ除去について

[9] L. Sornmo, P. Laguna, "Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications", Elsevier Academic Press, 2005

## 6.10 MSPCA の利用例について

[10] A. Kevric, A. Subasi, "The effect of multiscale PCA de-noising in epileptic seizure detection", *J. Med. Syst*, Vol.38 (August (10)), 2014

## 6.11 MSPCA の EMG への応用について

[11] E. Gokgoz, A. Subasi, "Effectof multiscale PCA de-noising on EMG signal classification for diagnosis of neuromuscular disorders", *J. Med. Syst.* Vol.38 (April (4)), P.1-10, 2014

## 6.12 MSPCA の長所について

[12] E. Alickovic, A. Subasi, "Effectof Multiscale PCA de-noising in ECG beat classification for diagnosis ofcardiovascular diseases", *Circuits Syst. Signal Process.* Vol.34, No.2, P.513-533, 2015

## 6.13 MSPCA をもちいたリアルタイム処理について

[13] J. Kevric, A. Subasi, "The impact of mspca signal de-Noising In real-Time wireless brain ComputerInterface system", *Southeast Eur. J. Soft Comput.*, Vol.4, No.1,P. 43-47, 2015

## 6.14 EEG の取り扱いについて

[14] Y. Kutlu, D. Kuntalp, "Feature extraction for ECG heartbeats using higher order statistics of WPDcoefficients", *Comput. Methods Programs Biomed*, P.257-267, 2012

## 6.15 ウェーブレット分解の苦手分野に関して

[15] K.C. Chua, V. Chandran, R. Acharya, C.M. Lim, "Application of higher order spectra toIdentify epileptic EEG", *J. Med. Syst*, Vol.35, P.1563-1571, 2011

### 6.16 ISSPL について

[16] W. Wu, X. Gao, B. Hong, S. Gao, "Classifying single-tal EEG during motor imagery by iterative spatio-spectral patterns learning (ISSPL), IEEE Trans.Biomed. Eng, 2008

### 6.17 CC-LR について

[17] Siuly, Y. Liand, P. Wen, "Modified CC-LR algorithm with three diverse feature sets for motor imagery tasks classification in EEG based brain computer interface", Comput. Methods Programs Biomed, Vol.113, No.3, P.767-780, 2014

### 6.18 CSP の CH 選択について

[18] J. Meng, G. Liu, G. Huang, X. Zhu, "Automated selecting subset of channels based on CSP in motor imagery brain-Computer interface system", in: IEEE International Conference OnRobotics and Biomimetics, Gulin, China, December, P.19-23, 2009

### 6.19 小さいデータに対する CSP について

[19] H. Lu, H.L. Eng, C. Guan, K.N. Plataniotis, A.N. Venetsanopoulos, "Regularized common spatial patterns with aggregation for EEG classification in small-sample setting", IEEE Trans. Biomed. Eng, Vol.57, P.2936-2945, 2010

### 6.20 CSSD について

[20] M. Li, C.C. Lu, "The recognition of EEG with CSSD and SVM", in: 10th World Congress OnIntelligent Control and Automation, Beijing, China, July 6-8, 2012

### 6.21 信号分解性能の比較対象について

[21] M. Koodziej, A. Majkowski, R.J. Rak, "A new method of EEG classification for BCI with feature extraction based on higher order statiics of wavelet components and selection with Genetic Algorithms", inAdaptive and natural computing algorithms, in: 10th International Conference, ICANNGA 2011, Ljubljana, Slovenia, April 14-16, 2011, Proceedings, Part I, Springer Berlin Heidelberg, pp. 280-289, 2011