

【文献調査】

Greedy solutions for the construction of sparse spatial and spatio-spectral filters in brain computer interface applications

石原 知憲 廣安 知之 日和 悟

2017年07月27日

1 タイトル

ブレインコンピュータインターフェースアプリケーションにおける疎空間および空間スペクトルフィルタの構築のための貪欲解決法

2 著者

Fikri Goksu, NuriF.Ince, AhmedH.Tewfik

3 出典

Neurocomputing, 2013, Vol.108, p.69-78

4 アブストラクト

共通空間パターン (CSP) の元の定式化では, ブレインコンピュータインターフェース (BCI) の入力特徴量として分散を抽出するときに, すべての記録チャンネルが結合されている. これは, 構築されたシステムのオーバーフィットおよびロバスト性の問題をもたらす. 本稿では, 特徴を抽出する際に利用可能なすべてのチャンネルのサブセットのみを線形結合し, 分類の一般化を改善したスパース CSP 法を紹介する. 我々は, 空間射影を計算するために複数のスパース固有ベクトルを識別するための貪欲探索ベースの一般化固有値分解アプローチを提案する. 我々は, ブレインコンピュータインターフェースコンペティション 2005 の電気コルチコグラム (ECoG) および脳波 (EEG) データセットを用いて, バイナリ分類問題における提案されたスパース CSP 法の性能を評価する. 我々は, 疎 CSP によって得られた結果が従来の (疎でない) CSP によって得られた結果より優れていることを示す. EEG データセットの 5 人の被験者で平均した場合, 分類誤差は 12.3 % で平均疎性レベルは 11.6 であり, 118 チャンネルの従来の CSP で得られた誤差は 18.4 % であった. 分類エラーは, ECoG データセットで 64 チャンネルを使用する従来の CSP で得られた 13 % のものと比較して, スパースネスレベル 7 で 10 % であった. さらに, 疎な共通空間スペクトルパターン (CSSP) を抽出するための提案されたスパースメソッドの有効性を検討した.

5 キーワード

Brain computerinterface, Common spatial pattern, Sparse, Greedy search

6 参考文献

6.1 BCI について

[1] G. Pfurtscheller, C. Neuper, "Motor imagery and direct brain-computer interface", Proc. IEEE, Vol.89, P.1123-1134, 2001

[2] B. Blankertz, R. Tomioka, S. Lemm, M. Kawanabe, K.R. Muller, "Optimizing spatial filters for robust EEG single trial analysis", IEEE Signal Proc. Mag., P.41-56, 2008.

6.2 CSP について

[3] Z.J. Koles, M.S. Lazar, S.Z. Zhou, "Spatial patterns underlying population differences in the background EEG", Brain Topogr. Vol.2 ,No.4, P.275-284, 1990

6.3 様々な BCI における CSP の利用方法について

[4] C. Guger, H. Ramoser, G. Pfurtscheller, "Real-time EEG analysis with subjectspecific spatial patterns for a brain computer interface (BCI)", IEEE. Trans.Neural Syst. Rehab. Eng, Vol.8, No.4, P.447-456, 2000

[5]H. Ramoser, J. Muller-Gerking, G. Pfurtscheller, "Optimal spatial filtering of single trial EEG during imagined hand movement", IEEE. Trans. Rehab. Eng, Vol.8, No.4, P.441-446, 2000

[6]N.F. Ince, R. Gupta, S. Arica, A.H. Tewfik, J. Ashe, and G. Pellizzer, "Movement direction decoding with spatial patterns of local field potentials", in: Proceedings of the IEEE Neural Engineering Congress, Antalya, Turkey, 2009

[7]N.F. Ince, R. Gupta, S. Arica, A.H. Tewfik, J. Ashe, G. Pellizzer, "High accuracy decoding of movement target direction in non-human primates based on common spatial patterns of local field potentials", PloS ONE, Vol.5, No.12, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0014384>, 2010

6.4 CSP の原理について

[3] Z.J. Koles, M.S. Lazar, S.Z. Zhou, "Spatial patterns underlying population differences in the background EEG", Brain Topogr. Vol.2 ,No.4, P.275-284, 1990

[8]Z.J. Koles, "The quantitative extraction and topographic mapping of the abnormal components in the clinica EEG", Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., Vol.79, No.6, P.440-447, 1991

6.5 CSP と一般化固有値分解について

[2] B. Blankertz, R. Tomioka, S. Lemm, M. Kawanabe, K.R. Muller, "Optimizing spatial filters for robust EEG single trial analysis", IEEE Signal Proc. Mag., P.41-56, 2008.

6.6 CSP の問題点について

[2] B. Blankertz, R. Tomioka, S. Lemm, M. Kawanabe, K.R. Muller, "Optimizing spatial filters for robust EEG single trial analysis", IEEE Signal Proc. Mag., P.41-56, 2008.

[9]J. Farquhar, N.J. Hill, T.N. Lal, and B. Scho olkopf, "Regularised CSP for sensor selection in BCI", in:Proceedings of the Third International BCI Workshop Training Course, Graz, Austria, pp. 14-15, 2006

[10]B. Reuderink, M. Poel, "Robustness of the Common Spatial Patterns Algorithm in the BCI Pipeline", Internal Report, University of Twente, 2008

6.7 CSP のトレーニングデータに対する問題点について

[10]B. Reuderink, M. Poel, "Robustness of the Common Spatial Patterns Algorithm in the BCI Pipeline", Internal Report, University of Twente, 2008

6.8 貪欲法を用いた CSP の再定式化について

[13]B. Moghaddam, Y. Weiss, S. Avidan, "Spectral Bounds for Sparse PCA: Exact and Greedy Algorithms", NIPS 18, Vancouver, BC, Canada, 2005

[14]B. Moghaddam, Y. Weiss, S. Avidan, "Generalized spectral bounds for sparse LDA, in: Proceedings of the 23rd ICML, Pittsburgh, PA, 2006

6.9 L1 ノルム正則化を用いた主成分分析 (PCA) 問題について

[13]B. Moghaddam, Y. Weiss, S. Avidan, "Spectral Bounds for Sparse PCA: Exact and Greedy Algorithms", NIPS 18, Vancouver, BC, Canada, 2005

6.10 解を希薄化することによる正則化の本質的な考え方について

[12]S. Boyd, L. Vandenberghe, "Convex Optimization", Cambridge University Press, New York, 2004

6.11 複数の固有ベクトルを持つ L0 ノルムに基づくスパース CSP について

[15]F. Goksu, N.F. Ince, A.H. Tewfik, "Sparse common spatial patterns in brain computer interface applications, in: 36th IEEE ICAASP, Prague, Czech Republic, P.533-536, 2011

6.12 GED 問題に対する複数の疎な解を見つけるための手法について

[14]B. Moghaddam, Y. Weiss, S. Avidan, "Generalized spectral bounds for sparse LDA", in: Proceedings of the 23rd ICML, Pittsburgh, PA, 2006

6.13 ラグランジュ形式の最適化問題を定式化について

[16]J. Duchene, S. Leclercq, "An optimal transformation for discriminant and principal component analysis", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell, Vol.10, No.6, P.978-983, 1988

6.14 BCI コンペティションデータセットについて

[17]B. Blankertz and K.R. Muller, "The BCI Competition III",/http://www.bbci.de/competition/iv/S., 2005