

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26730130

研究課題名(和文) スパース辞書学習による信号の構造を利用した柔軟な多次元信号処理

研究課題名(英文) Flexible multidimensional signal processing using signal structure by sparse dictionary learning

研究代表者

兼村 厚範 (Kanemura, Atsunori)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究員

研究者番号：50580297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：スパース辞書学習による多次元信号処理法を研究し、適用対象の信号データの性質および問題の特性に適した信号処理法を多数提案した。脳波信号に現れる個人間および同一個人のセッション間の変動を明に表現する線形変換を導入した辞書学習法、ヒトの移動軌跡データを基底に分解する手法、ヒトのスキルテストへの正答・誤答パターンからの基底抽出法、時系列データに対するスパース辞書学習およびそのスキップ表現などを提案した。

研究成果の概要(英文)：We have proposed many signal processing methods that take into account the nature of domain problems and the characteristics of domain signals. Our main achievements include dictionary learning that introduced individual- and session-wise linear transformation for EEG signals, bases extraction from human mobility traces, bases extraction from response patterns of human skill tests, and sparse dictionary learning of time series and its skip representations.

研究分野：統計的信号処理

キーワード：辞書学習 スパース性

## 1. 研究開始当初の背景

多次元信号処理は、画像や生体信号など同時に多数の要素から観測が得られるデータを対象とし、1次元信号の処理を単に要素数分繰り返すのではなく、データが有する要素間の関係を適切にモデリングするところにその要諦がある。モデリングの方法としては、複数要素にまたがる基底を用意し、その上への射影として信号を表現することが標準的である。古典的には、フーリエ変換、コサイン変換、ウェーブレット変換などの、事前に固定された基底を用いる信号表現が研究されてきた。近年、データ量および計算資源の増大に伴い、データに対して適応的に基底を学習する方法が性能を発揮することが発見され、様々な応用が広がりつつあった。なかでも、非直交な基底を信号次元よりも多く準備し、ただし一度に使う基底の数は少数に限るといふ、スパース辞書学習の方法論の拡張および応用に着目した。ここで、辞書とは基底の集合を指し、スパースとは少数の基底を用いることを指す。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、スパース辞書学習の枠組みに、解析対象となるデータの構造を利用する柔軟性を与えることで、信号解析における新規な手法を提案することである。そのため、脳機能データ、生体信号データ、および関連するヒト由来データの解析に取り組む。

## 3. 研究の方法

応用対象となるデータおよび問題の性質に応じて、適切なスパース辞書学習法を定式化した上で、実験を行い、性能を確認する。

## 4. 研究成果

脳波信号に現れる個人間および同一個人のセッション間の変動を明に表現する線形変換を導入した辞書学習法を定式化し、50人規模の脳波データに対してその性能を検証した。その結果、脳波データの変動がうまく抽出できていることが確認された。

ヒトの移動軌跡データを基底に分解する手法を定式化し、その有効性を確認した。

ヒトのスキルテストへの正答・誤答パターンから基底を抽出し、スキル推定や出題選択などに応用できることを示した。

ヒトと視点を共有する一人称視点映像に対し、スパース辞書選択の方法を拡張することで、より安定にキーフレーム抽出ができることを示した。具体的には、映像以外のデータ、たとえばヒトに装着した加速度計による加速度データを同時に用いることや、正準相関分析による複数情報の同一空間への射影を行うことを提案した。さらに、この拡張と

して、新たなスパース性指標を用いるキーフレーム抽出法を提案した。

一人称映像からの、注視点候補の予測を、スパース推定の枠組みにより行う方法を提案し、GTEA Gaze データで実験を行い、その性能を検証した。

時系列信号に対してスパース辞書学習法を適用し、よりコンパクトかつなるべく精度を失わないことを目指して、時間スキップ表現を提案した。UCR Time Series Archive の46種類の時系列データを対象に実験を行い、有効性を確認した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計21件)

平成27年度

1. H. Morioka, A. Kanemura, J. Hirayama, M. Shikauchi, M. Shikauchi, T. Ogawa, S. Ikeda, M. Kawanabe, and S. Ishii, "Learning a common dictionary for subject-transfer decoding with resting calibration," *NeuroImage*, **111**, 2015, 167–178. 査読有  
DOI: 10.1016/j.neuroimage.2015.02.015
2. T. Murakami, A. Kanemura, and H. Hino, "Group sparsity tensor factorization for de-anonymization of mobility traces," *Proceedings of the IEEE International Conference on Trust, Security, and Privacy (TrustCom)*, 2015, 621–629. 査読有  
DOI: 10.1109/Trustcom.2015.427
3. A. Kanemura, G. Lipowski, H. Komine, and S. Akaho, "Automatic categorization of health indices for risk quantification," *Procedia Computer Science, Proceedings of the International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH)*, **63**, 325–331. 査読有  
DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.350
4. 兼村厚範, 大成弘子, 鹿内学, 橋下将崇, 赤穂昭太郎, "能力テスト得点の非負行列分解," 電子情報通信学会技術研究報告 IBISML, 115 巻, 2015, 203–208. 査読無
5. 兼村厚範, 畑中哲生, 鹿内学, "能力テストにおける非負行列分解を用いた適応型出題の精度解析," 電子情報通信学会技術研究報告 NC, 115 巻, 2016, 71–75. 査読無

平成28年度

6. T. Murakami, A. Kanemura, and H. Hino, "Group sparsity tensor factorization for re-identification of open mobility trace," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, **12**, 2017, 689–704. 査読有  
DOI: 10.1109/TIFS.2016.2631952
7. T. Kouyama, A. Kanemura, S. Kato, N.

- Imamoglu, T. Fukuhara, “Satellite attitude determination and map projection based on robust image matching,” *Remote Sensing*, **9**, 2017, 20 pp. 査読有  
DOI: 10.3390/rs9010090
8. K. Uchihashi and A. Kanemura, “Modeling the propensity score with statistical learning,” *Lecture Notes in Computer Science, Proceedings of the International Conference on Neural Information Processing (ICONIP)*, **9950**, 2016, 261–269. 査読有  
DOI: 10.1007/978-3-31946681-1\_32
- 平成 29 年度
9. A. Kanemura, T. Kouyama, S. Kato, N. Imamoglu, T. Fukuhara, and R. Nakamura, “Turning a two-dimensional image sensor to an attitude sensor: Image matching for determining satellite attitudes,” *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2017, 2748–2751. 査読有  
DOI: 10.1109/IGARSS.2017.8127566
10. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, and M. Kawanabe, “Extracting key frames from first-person videos in the common space of multiple sensors,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Image processing (ICIP)*, 2017, 3993–3997. 査読有  
DOI: 10.1109/ICIP.2017.8297032
11. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, and M. Kawanabe, “Key frame extraction from first-person video with multi-sensor integration,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 2017, 1303–1308. 査読有  
DOI: 10.1109/ICME.2017.8019352
12. Y. Li, A. Kanemura, B. Tan, S. Ding, and I. Paik, “Key frame extraction from video based on determinant-type of sparse measure and DC programming,” *Proceedings of the IEEE International Systems-on-Chip (MCSoc)*, 2017, 174–180. 査読有  
DOI: 10.1109/MCSoc.2017.8
13. A. Kanemura, H. Sawada, T. Wakisaka, and H. Hano, “Experimental exploration of the performance of binary networks,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)*, 2017, 451–455. 査読有  
DOI: 10.1109/SIPROCESS.2017.8124582
14. S. Koyamada, Y. Kikuchi, A. Kanemura, S. Maeda, and S. Ishii, “Neural sequence model training via  $\alpha$ -divergence minimization,” *ICML Workshop on Learning to Generate Natural Language (LGNL)*, 2017. 査読有
15. G. Yoshimura, A. Kanemura, and H. Asoh, “Reconstructable and interpretable

- representations for time series with time-skip sparse dictionary learning,” *ACM Multimedia Thematic Workshop*, 2017, 9 pp. 査読有  
DOI: 10.1145/3126686.3126724
16. S. Kanoga and A. Kanemura, “Assessing the effect of transfer learning on myoelectric control systems with three electrode positions,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 2018, 1478–1483. 査読有  
DOI: 10.1109/ICIT.2018.8352399
17. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, and M. Kawanabe, “A sparse coding framework for gaze prediction in egocentric video,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2018, 1313–1317. 査読有

〔学会発表〕(計 2 2 件)

平成 27 年度

18. T. Murakami, A. Kanemura, and H. Hiro, “Group sparsity tensor factorization for de-anonymization of mobility traces,” *IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)*, 2015. 査読有 (国際学会)
19. A. Kanemura, G. Lipowski, H. Komine, and S. Akaho, “Automatic categorization of health indices for risk quantification,” *International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH)*, 2015. 査読有 (国際学会)
20. 兼村厚範, 大成弘子, 鹿内学, 橋下将崇, 赤穂昭太郎, “能力テスト得点の非負行列分解,” 電子情報通信学会技術研究報告 (IBIS), 2015. 査読無
21. 金子拓光, 兼村厚範, 福永修一, “多変量自己回帰モデルを利用した脳波時系列の欠測値推定,” 情報論的学習論ワークショップ (IBIS), 2015. 査読無
22. 兼村厚範, 畑中哲生, 鹿内学, “能力テストにおける非負行列分解を用いた適応型出題の精度解析,” 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2016. 査読無

平成 28 年度

23. K. Uchihashi and A. Kanemura, “Modeling the propensity score with statistical learning,” *International Conference on Neural Information Processing (ICONIP)*, 2016. 査読有
24. S. Tokui, K. Oono, and A. Kanemura, “Tutorial: Deep learning implementations and frameworks,” *AAAI Conference on Artificial*

- Intelligence (AAAI)*, 2017. 査読有(国際学会)
25. 鄭郁森, 兼村厚範, 福永修一, “繰り返し推定による脳波時系列の欠測補完,” 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS), 2016. 査読無
  26. 野沢健人, 星野貴行, 福田拓也, 兼村厚範, “脳波データへの深層学習の適用,” 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS), 2016. 査読無
  27. 星野貴行, 兼村厚範, 小川剛史, “近赤外分光画像法で計測された脳活動の時空間解析,” 情報論的学習理論ワークショップ (IBIS), 2016. 査読無
  28. 韓先花, 神山徹, 兼村厚範, 中村良介, “Superpixel に基づくスパーススペクトル表現及びスペクトル画像の高解像度化,” 電気情報通信学会 PRMU 研究会, 査読有, 2016. 査読無
  29. 神山徹, 兼村厚範, 加藤創史, 中村良介, 宮田喜久子, “超小型衛星 UNIFORM-1 における観測画像を手掛かりにした衛星姿勢推定とその地図投影,” 宇宙科学技術連合講習会, 2016. 査読無
  30. 内橋堅志, 兼村厚範, “ヘテロなデータに対する統計的学習を用いて傾向スコア推定,” 人工知能学会全国大会, 2016. 査読無

平成 29 年度

31. A. Kanemura, T. Kouyama, S. Kato, N. Imamoglu, T. Fukuhara, and R. Nakamura, “Turning a two-dimensional image sensor to an attitude sensor: Image matching for determining satellite attitudes,” *IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2017. 査読有(国際学会)
32. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, and M. Kawanabe, “Extracting key frames from first-person videos in the common space of multiple sensors,” *IEEE International Conference on Image processing (ICIP)*, 2017. 査読有(国際学会)
33. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, and M. Kawanabe, “Key frame extraction from first-person video with multi-sensor integration,” *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 2017. 査読有(国際学会)
34. Y. Li, A. Kanemura, B. Tan, S. Ding, and I. Paik, “Key frame extraction from video based on determinant-type of sparse measure and DC programming,” *IEEE International Symposium-on-Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip(MCSoc)*, 2017. 査読有(国際学会)
35. A. Kanemura, H. Sawada, T. Wakisaka, H. Hano, “Experimental exploration of the

- performance of binary networks,” *IEEE International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)*, 2017. 査読有(国際学会)
36. S. Koyamada, Y. Kikuchi, A. Kanemura, S. Maeda, and S. Ishii, “Neural sequence model training via  $\alpha$ -divergence minimization,” *ICML Workshop on Learning to Generate Natural Language (LGNL)*, 2017. 査読有(国際学会)
  37. G. Yoshimura, A. Kanemura, and H. Asoh, “Reconstructable and interpretable representations for time series with time-skip sparse dictionary learning,” *ACM International Conference on Multimedia (ACMMM)*, 2017. 査読有(国際学会)
  38. S. Kanoga and A. Kanemura, “Assessing the effect of transfer learning on myoelectric control systems with three electrode positions,” *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 2018. 査読有(国際学会)
  39. Y. Li, A. Kanemura, H. Asoh, T. Miyanishi, and M. Kawanabe, “A sparse coding framework for gaze prediction in egocentric video,” *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2018. 査読有(国際学会)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

兼村厚範 (Atsunori Kanemura)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・  
人間情報研究部門・研究員

研究者番号 : 50580297