

マルチモダル脳画像解析のためのスパースネスト成分法

佐賀大学大学院医学系研究科 博士課程 田尻涼

佐賀大学医学部 川口淳

1. 概要

近年、数種の脳画像を統合解析するマルチモダル解析が脳疾患研究に多く応用されている (Emine *et al.* 2019; Dominik *et al.* 2018). この方法の 1 つにマルチブロックスパース成分法 (Kawaguchi *et al.* 2017) がある. 本方法は主成分分析に画像内と画像間の 2 つの重みを考え、発展させたものであり、結果の解釈が比較的容易である. また、画像内重みは主成分分析と同様に、第 1 成分より順に複数成分を算出できる. しかし、画像間重みは複数成分を考慮していないため、限定的な関係しか見出せない. 本研究では、両重みの複数成分を考えたスパースネスト成分法を提案し、アルツハイマー病の実データに適用し、性能の評価を行う.

2. 方法

n 人より M 種類の画像が得られたとき、 $\mathbf{X}_m (n \times q_m \text{ 行列})$ を m 番目の画像 (ボクセル数: q_m) の各ボクセル値を列方向に、被験者を行方向に記述したものとする. ここで、スコアとして $\mathbf{t} = \sum_{m=1}^M b_m \mathbf{X}_m \mathbf{w}_m = \sum_{m=1}^M b_m \mathbf{t}_m$ を考える. ただし、 $\mathbf{w} = (\mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2, \dots, \mathbf{w}_M)^\top$ は画像内重み、 $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_M)^\top$ は画像間重みである. この両重みは $\|\mathbf{w}_m\|_2 = 1$ 、 $\|\mathbf{b}\|_2 = 1$ の制約下で、次の最適化問題を解くことにより得られる.

$$\arg \max_{\mathbf{b}, \mathbf{w}} (1 - \mu) \mathbf{t}^\top \mathbf{t} + \mu \mathbf{t}^\top \mathbf{Z} - \sum_{m=1}^M P_{\lambda_m}(\mathbf{w}_m) - P_{\lambda_b}(\mathbf{b}) \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{Z}$ は n 次元アウトカムベクトル、 $0 \leq \mu \leq 1$ 、 $P_\lambda(x) = 2\lambda|x|$ である. $\mathbf{w}_m$ に関して第 2 成分を求めるためには、(1) より得られた $\hat{\mathbf{w}}_m$ より $\hat{\mathbf{t}}_m = \mathbf{X}_m \hat{\mathbf{w}}_m$ を算出し、 $\hat{\mathbf{X}}_m = \hat{\mathbf{t}}_m \hat{\mathbf{t}}_m^\top \mathbf{X}_m / \hat{\mathbf{t}}_m^\top \hat{\mathbf{t}}_m$ とし、これよりデータ残差 $\mathbf{X}_m - \hat{\mathbf{X}}_m$ を新たな $\mathbf{X}_m$ とし再度 (1) を解く. これを繰り返すことにより複数成分を得ることができる. 本研究では $\mathbf{b}$ に関して検討する.

参考文献

Emine E.T. et al. (2019). Multimodal Neuroimaging: Basic Concepts and Classification of Neuropsychiatric Disease, *Clinical EEG and Neuroscience*, 50(1) 20-33.

Dominik A.M. et al. (2018). Multivariate Associations Among Behavioral, Clinical, and Multimodal Imaging Phenotypes in Patients With Psychosis, *JAMA Psychiatry*, 75(4) 386-395.

Kawaguchi A, Yamashita F (2017). Supervised Multiblock Sparse Multivariable Analysis with Application to Multimodal Brain Imaging Genetics. *Biostatistics*, 18(4) 651-665.