

Tensor Balancing on Statistical Manifold

杉山 磨人¹ 中原 裕之^{2,3} 津田 宏治^{4,5,6}
Mahito Sugiyama Hiroyuki Nakahara Koji Tsuda

出典 : The 34th International Conference on Machine Learning (ICML 2017), pp. 3270–3279

本研究では、テンソルをバランス化する手法を提案した。バランス化とは、 N 階テンソルに $N-1$ 階テンソルを N 個掛けることで、すべてのファイバーに対して総和が1になるように正規化する操作である。2階テンソルである行列のバランス化は、行列同士を比べる際の前処理や、Wasserstein 距離を効率的に近似するために用いられており、その一般化となっている。本研究では、ニュートン法を用いた2次収束する効率的なアルゴリズムを提案し、数値実験によって、既存手法より1,000倍から100,000倍程度高速にバランス化が達成できることを示した。このアルゴリズムの正当性を理論的に示すために、テンソルを統計多様体上の確率分布としてモデル化し、バランス化を部分多様体への射影として実現した。ニュートン法で用いるヤコビ行列、すなわち多様体上での勾配が、メビウス反転公式と呼ばれる数え上げ理論での基礎定理を使って解析的に求まることを明らかにした。提案したモデルは、テンソルのバランス化に限らず、重み付き DAG やボルツマンマシンなど、様々な統計的機械学習のモデルを含んでおり、汎用性が高い。

1 国立情報学研究所

2 理化学研究所 脳神経科学研究センター

3 理化学研究所 脳科学総合研究センター

4 東京大学 新領域創成科学研究科

5 理化学研究所 革新知能統合研究センター

6 物質・材料研究機構