

劣モジュラ関数を用いた構造的スパース学習とその最適化

河原 吉伸

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所／理化学研究所革新知能統合研究センター

統計的機械学習で扱うデータ中には、利用可能な離散構造が存在する場合が多い。例えば、変数間のグラフ構造やグループ構造、又は階層的構造などが挙げられる。このような構造を正則化の枠組みの中で利用する方法として、構造正則化学習と呼ばれる一連の方法が知られる。特に F. Bach は、既存の多くの構造正則化項が、凸的性質をもつ集合関数である劣モジュラ関数の連続緩和で表されることを示している [1, 2]。

本講演では、構造正則化と劣モジュラ関数の関係を概説すると共に、この関係から得られる学習上の有用性について議論する。特に、劣モジュラ関数のあるサブクラスを考えることで、グラフカットによる高速な学習アルゴリズムが得られることを述べる [3]。又、事前分布として同様の構造を表現した際のベイズ推論についても、その変分推論が同様の計算に帰着されることについても述べる [6]。本講演の最後では、我々が取り組んできたものを中心に、いくつかのこれらの応用例を紹介する [8, 5, 4, 7]。

参考文献

- [1] F. Bach. Structured sparsity-inducing norms through submodular functions. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 23, pages 118–126. 2010.
- [2] F. Bach. Shaping level sets with submodular functions. In J. Shawe-Taylor, R.S. Zemel, P. Bartlett, F.C.N. Pereira, and K.Q. Weinberger, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 24, pages 10–18. 2011.
- [3] Y. Kawahara and Y. Yamaguchi. Parametric maxflows for structured sparse learning with convex relaxations of submodular functions. *ArXiv:1509.03946*, 2015.
- [4] K. Takeuchi, Y. Kawahara, and T. Iwata. Structurally regularized non-negative tensor factorization for spatio-temporal pattern discoveries. In *Proc. of the 2017 European Conf. on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML-PKDD'17)*, pages 582–598.
- [5] K. Takeuchi, Y. Kawahara, and T. Iwata. Higher-order fused regularization for supervised learning with grouped parameters. In *Proc. of the 2015 European Conf. on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML-PKDD'15)*, pages 577–593, 2015.
- [6] N. Takeuchi, Y. Yoshida, and Y. Kawahara. Variational inference of penalized regression with submodular functions. In *Proc. of the 35th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI'19)*, page (in press).
- [7] H. Wang, Y. Kawahara, C. Weng, and J. Yuan. Representative selection with structured sparsity. *Pattern Recognition*, 63:268–278, 2017.
- [8] B. Xin, Y. Kawahara, Y. Wang, and W. Gao. Efficient generalized fused lasso and its application to the diagnosis of Alzheimer's disease. In *Proc. of the 28th AAAI Conf. on Artificial Intelligence*, pages 2163–2169, 2014.