

構造方程式モデルによる因果構造探索: 非ガウス性の利用

清水 昌平

大阪大学 産業科学研究所

構造方程式モデル [1] は、データ生成過程のモデルとして使うことができる。重要な応用には、因果推論がある [2]。従来は、線形性とガウス分布の仮定が基本であった。だが、データ生成過程の構造に関する背景知識がない場合に、識別できるモデルが少ないという問題があった。そのため最近では、ガウス分布の代わりに非ガウス分布を仮定するモデルが盛んに研究されるようになってきている [3, 4]。データの非ガウス性を利用することで、従来は識別できなかったモデルの多くが識別可能になる。データの非ガウス性の利用という点で、独立成分分析 [5] と強く関連している。多くの分野においてガウス分布では上手く近似できないようなデータがあり、生体科学・経済学・心理学など実際の適用例も増えてきている [6, 7, 8, 9]。本講演では、そのような非ガウス構造方程式モデルについて概観する。

参考文献

- [1] K. Bollen. *Structural Equations with Latent Variables*. John Wiley & Sons, 1989.
- [2] J. Pearl. *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge University Press, 2000. (2nd ed. 2009).
- [3] S. Shimizu, P. O. Hoyer, A. Hyvärinen, and A. Kerminen. A linear non-gaussian acyclic model for causal discovery. *Journal of Machine Learning Research*, 7:2003–2030, 2006.
- [4] P. Spirtes, C. Glymour, R. Scheines, and R. Tillman. Automated search for causal relations: Theory and practice. In R. Dechter, H. Geffner, and J. Halpern, editors, *Heuristics, Probability, and Causality: A Tribute to Judea Pearl*, pages 467–506. College Publications, 2010.
- [5] A. Hyvärinen, J. Karhunen, and E. Oja. *Independent component analysis*. Wiley, New York, 2001.
- [6] L. Faes, S. Erla, E. Tranquillini, D. Orrico, and G. Nollo. An identifiable model to assess frequency-domain Granger causality in the presence of significant instantaneous interactions. In *Proceedings of the 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS2010)*, pages 1699–1702, 2010.
- [7] S. M. Smith, K. L. Miller, G. Salimi-Khorshidi, M. Webster, C. F. Beckmann, T. E. Nichols, J. D. Ramsey, and M. W. Woolrich. Network modelling methods for FMRI. *NeuroImage*, 54(2):875–891, 2011.
- [8] E. Ferkingsta, A. Lølanda, and M. Wilhelmsen. Causal modeling and inference for electricity markets. *Energy Economics*, 33(3):404–412, 2011.
- [9] Y. Takahashi, K. Ozaki, B.W. Roberts, and J. Ando. Can low behavioral activation system predict depressive mood?: An application of non-normal structural equation modeling. *Japanese Psychological Research*, 2011.