

## チュートリアル：ノンパラメトリックベイズ

吉井和佳<sup>†1</sup>

本チュートリアルでは、機械学習分野で近年注目されているノンパラメトリックベイズ理論に基づく確率的モデリング手法について説明する。古典的な確率モデルでは、事前に確率モデルの複雑さを指定する必要があった。ここで、複雑さとは、混合ガウスモデルでは混合数、隠れマルコフモデルでは状態数に相当する。そのため、適切な複雑さを決めるためには、異なる複雑さをもつ確率モデルを別々に学習しておいて、エビデンス比較や交差検定などを用いてあとから最適なものをひとつ選ぶこと（モデル選択）が行われていた。ノンパラメトリックベイズ理論では、最初から無限の複雑さ（無限個のパラメータ）をもつ確率モデルを考えることで、モデル選択問題を回避できる。現実的には、学習データは有限であるので、本来無限個存在するうちで、高々有限個のパラメータのみがデータの生成過程を記述するのに利用される。すなわち、学習データに合わせて、自動的に「実質的な」複雑さが調節される。このように柔軟な枠組みは、音楽情報処理分野においても、音源数が未知のもとで音楽音響信号分離を行ったり、グループ数が未知のもとで楽曲分類を行ったりする際に非常に有用である。

### Tutorial: Nonparametric Bayes

KAZUYOSHI YOSHII<sup>†1</sup>

In this tutorial, we introduce probabilistic modeling techniques based on nonparametric Bayes, which has recently gained a lot of attention in the field of machine learning. To use conventional probabilistic models, we need to specify their complexity in advance, where the complexity means the number of mixtures in the case of Gaussian mixture models (GMMs) and the number of states in the case of hidden Markov models (HMMs). Therefore, we should usually perform model selection based on evidence comparison or cross validation. The framework of nonparametric Bayes enables us to formulate a probabilistic model with infinite complexity to avoid model selection. In practice, however, a limited number of parameters are used to represent the limited amount of observed data. In other words, the effective model complexity is automatically adjusted according to the observed data. In the field of music information processing, the framework of nonparametric Bayes is very useful for blind source separation of music audio signals and similarity-based clustering of musical pieces.

### 参考文献

- 1) 上田 修功, 山田 武士: ノンパラメトリックベイズモデル  
日本応用数理学会 Vol. 17, No. 3, pp.196-214, 2007  
Paper: [http://www.kecl.ntt.co.jp/as/members/yamada/dpm\\_ueda\\_yamada2007.pdf](http://www.kecl.ntt.co.jp/as/members/yamada/dpm_ueda_yamada2007.pdf)
- 2) 上田 修功: ノンパラメトリックベイズモデル入門  
CVIM 研究会, 2009  
Slides: <http://www.kecl.ntt.co.jp/as/members/ueda/pdf/CVIM-ueda.pdf>
- 3) 持橋 大地: ノンパラメトリックベイズ (IBIS 2008)  
Slides: <http://chasen.org/~daiti-m/paper/ibis2008-npbayes-tutorial.pdf>
- 4) Yee Whye Teh: Nonparametric Bayesian Models  
Video & Slides: [http://videlectures.net/mlss09uk\\_teh\\_nbm/](http://videlectures.net/mlss09uk_teh_nbm/)  
Paper: <http://www.gatsby.ucl.ac.uk/~ywteh/research/npbayes/OrbTeh2010a.pdf>
- 5) Yee Whye Teh:  
A Tutorial on Dirichlet Processes and Hierarchical Dirichlet Processes  
Slides: <http://mlg.eng.cam.ac.uk/tutorials/07/ywt.pdf>
- 6) Yee Whye Teh: Dirichlet Processes: Tutorial and Practical Course  
Video & Slides & Paper: [http://videlectures.net/mlss07\\_teh\\_dp/](http://videlectures.net/mlss07_teh_dp/)
- 7) Zoubin Ghahramani: Non-parametric Bayesian Methods (UAI 2005)  
Slides: <http://learning.eng.cam.ac.uk/zoubin/talks/uai05tutorial-b.pdf>
- 8) Zoubin Ghahramani:  
A Brief Overview of Nonparametric Bayesian Models (NIPS 2009)  
Slides: <http://learning.eng.cam.ac.uk/zoubin/talks/nips09npb.pdf>
- 9) Michael I. Jordan:  
Dirichlet Processes, Chinese Restaurant Processes, and all that (ICML 2005)  
Video & Slides: [http://videlectures.net/icml05\\_jordan\\_dpcrp/](http://videlectures.net/icml05_jordan_dpcrp/)
- 10) Samuel J. Gershman and David M. Blei:  
A Tutorial on Bayesian Nonparametric Models  
Paper: <http://www.princeton.edu/~sjgershm/npbayes.pdf>

---

<sup>†1</sup> 産業技術総合研究所 (AIST)