

階層ベイズモデリングによる時系列からの再構成

石井 信*

Abstract: 階層ベイズモデリングは、状態変数に複雑な確率依存性がある場合のデータ解析に有効な手法を提供する。ここでは、階層ベイズモデリングにより時系列データを取り扱った研究のいくつかを紹介する。すなわち、遮蔽除去超解像、明滅する信号源からの独立成分分析、隠れマルコフモデルによるヒト推論過程のモデル化である。

Keywords: superresolution, variational Bayes, hidden Markov model

1 発表の概略

階層ベイズモデリングは、状態変数に複雑な確率依存性がある場合のデータ解析に有効な手法を提供する。特に、ベイズ推定による事後分布の取り扱いが各種の不確実性を考慮した適切な推定を可能とする。本発表では、階層ベイズモデリングにより、時系列データの解析を行った応用研究をいくつか紹介する。

第一の課題は、遮蔽除去超解像 [1] である。画像の超解像とは、入力された画像よりも高い解像度の画像を出力する技術である。与えられた画像を単に補間拡大するのではなく、情報を増やすことで高い解像度の画像を出力する。これまでに、各画像が同一の撮影対象に対する異なる情報を持っていることを利用して高い解像度を得るマルチフレーム超解像の研究が行われている。このマルチフレーム超解像において、各々の低解像度画像に異なる遮蔽物が混入しているような状況を取り扱うのが遮蔽除去超解像である。まず、遮蔽物が低解像度画像ごとに独立に混入する状況を考え、さらに、それを画像間にあるダイナミクスを持って混入する状況へと拡張する。こうした遮蔽状況は、隠れ変数を持ち、したがって階層化された尤度関数を仮定することで取り扱うことができる。こうした尤度関数を用いて、複数の低解像度画像に基づき、遮蔽物とともに高解像度画像を推定する問題は、階層ベイズモデルに基づくベイズ推定として定式化できる。結果として、ピクセルごとに遮蔽されているかどうかを推定し、その推定の不確実性を考慮した高解像度画像の推定が実現できる。

複数の信号源からの信号が混合されている状況で、混合過程の知識があまりないままに、各信号源からの信号を分離する問題をブラインド信号分離といい、別々の信号源からの信号の独立性に基づき分離する独立信号分析(ICA)による解法が知られている。第二の課題は、このブラインド信号分離において、各信号源が明滅している、

すなわち、ある時刻においては信号を生成しているが別の時刻においては信号を出してしないような状況で、そうした信号の明滅状況を推定しながら、信号源分離を可能とする非定常独立成分分析 [2] である。信号源の明滅についてマルコフモデルによりモデル化を行い、パラメトリック ICA により信号分離する。また、原信号については、混合正規分布を仮定する。この確率モデル（全体として隠れマルコフモデル）の推定を変分ベイズ法によって行った結果、信号の明滅を仮定しないモデルによる推定よりも良い結果が得られた。

我々人間は不確実性のある環境においても意思決定を行う必要がある。この際に、不確実性の解消は重要なステップである。第三の課題は、こうした人間の不確実性の解消過程のモデル化 [3] である。現在の観測だけからでは、どこにいるのか分からないような迷路（部分観測迷路）における最適意思決定過程を、隠れマルコフモデルと、貪欲方策でモデル化した。このモデルにより、人間の行動を高い確率で予測することができる。また、モデルを用いることで、不確実性の解消に関わる人間の認知負荷を見積もることができる。見積もった認知負荷と、課題実行中の核磁気共鳴図法による非侵襲脳活動計測データとの相関解析により、人間の不確実性の解消に関わる脳の処理基盤について論じることができる。

参考文献

- [1] Kanemura, A., Maeda, S., Fukuda, W., Ishii, S. *Journal of Systems Science and Complexity*, 23(1), 116-136, 2010.
- [2] Hiyarima, J., Maeda, S., Ishii, S. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 18(5), 1326-1342, 2007.
- [3] Yoshida, W., Ishii, S. *Neuron*, 50(5), 781-789, 2006.

*京都大学 大学院情報学研究所, 619-0011 京都府宇治市五ヶ庄, tel. 0774-38-3938,
e-mail: ishii@i.kyoto-u.ac.jp, URL: <http://ishiilab.jp>