



|              |                                                                                 |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Bayesian methods for the analysis of serial data                                |
| Author(s)    | 柏木, 宣久                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 1991, 博士論文                                                                |
| Version Type | VoR                                                                             |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3054406">https://doi.org/10.11501/3054406</a> |
| rights       |                                                                                 |
| Note         |                                                                                 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|         |                                                                         |          |           |         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|---------|
| 氏名・(本籍) | かしわ<br>柏                                                                | き<br>木   | のぶ<br>宣   | ひさ<br>久 |
| 学位の種類   | 工                                                                       | 学        | 博         | 士       |
| 学位記番号   | 第                                                                       | 9 5 1 9  | 号         |         |
| 学位授与の日付 | 平成 3 年 2 月 26 日                                                         |          |           |         |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 5 条第 2 項該当                                                        |          |           |         |
| 学位論文題目  | Bayesian methods for the analysis of serial data<br>(系列データ解析のためのベイズ的方法) |          |           |         |
| 論文審査委員  | (主査)                                                                    |          |           |         |
|         | 教授 稲垣 宣生                                                                |          |           |         |
|         | (副査)                                                                    |          |           |         |
|         | 教授 石井 恵一                                                                | 教授 白旗 慎吾 | 助教授 谷口 正信 |         |

## 論文内容の要旨

本論文では系列データ解析のためのベイズ的方法について講究している。第1章ではガウスデータの平滑化について、第2章では非ガウスデータの平滑化について、そして第3章では変化点問題について議論している。

第1章では、平滑化のための一般的な定式化を与えている。この定式化において、平滑化は多層モデルにおける母数の同時推定の問題であるとみなされる。この考えにより、ベイズ的方法が自然と導かれ、標準的な統計理論に沿った推論が可能となる。よく知られた統計的問題、すなわちスタイン問題および一元配置をこの定式化に基づいて議論し、自然な推定量と検定統計量が得られることを示した後、離散スプライン、季節調整、位数データ平滑化および空間データ平滑化における推定量および対数積分尤度を具体的に与えている。

第2章では、前章の定式化に沿った、状態空間法による系列計数データの平滑化法を提案している。従来の状態空間法において先験的な仮定に基づいて推定されていた初期ステートを、最尤推定するための方法を与えている。これにより厳密な尤度の計算が可能になる。この尤度を用いて、平均の一様性に対する尤度比検定を構成している。提案の方法は拡張が容易である。例を示すために、2階差制約による系列計数データ平滑化および系列二項データ平滑化について議論している。また、非ガウスデータのガウスモデルによる平滑化との比較についても議論している。

第3章では、変化点の場所、変化点の数およびモデルの母数が未知である場合に、変化点について推論する問題に対するベイズ解を与えている。推論を変化点数の事後分布および各々の点に変化点であるという事象の事後確率により行なうこととし、これら事後確率を求めるための方法を提案している。ま

た、系列が長い場合に生じる数値計算の困難を減少させるための近似計算法も併せて提示している。詳細な解析を系列二項データと回帰の問題に対して与えている。

各章で提示する方法の有用性を説明するために、いくつかの適用例を示している。第1章および第2章では、平滑化法を疫学データに適用している。第3章では、Lindisfarneの著者推定問題と意識調査データを解析している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、時間に関して滑らかな構造を持つトレンド部分にノイズ加わっているような系列データを平滑化することによってそのトレンド部分を推測するためのベイズ的平滑化法について論じている。一般に、平滑化法には移動平均法のようなノンパラメトリックな方法と確率分布を仮定する尤度に基づく方法があるが、前者は推定するトレンドの滑らかさを容易に調整できるけれども確率分布を仮定しないために統計推測を行うことが難しい。逆に、後者は確率分布を仮定しているので統計推測は可能であるが確率分布モデルが限定されるという欠点がある。しかし、ここで論じているベイズ的平滑化法は滑らかさの調整と統計推測の可能性を両立させるものであり注目される。まず、階差制約平滑化法と積分尤度平滑化法の定式法を行い、それらの場合における統計的推測の方法を定理として与えている。これにより計量ガウスデータの離散スプライン、季節調整、順位数データ、空間データに対する平滑化モデル解析法を示した。さらに、計数データに対してポアソン分布を仮定しその強度の対数に階差制約平滑化法を適用して解析を行っている。また、変化点問題を取り上げ変化点の場所と変化点の個数を決定するためのベイズ的平滑化法を示した。ここで開発した方法は、現実のデータに適用してその実行性を計算した結果それらのデータに興味深いトレンド構造や変化点が存在することを検出して、非常に実用性が高いことを示した。

以上の成果は、系列データのベイズ的平滑化法の研究に大きな貢献をするものであり、博士論文として価値あるものと認める。