

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（理学）	氏名	鬼塚 貴広
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論文題目 Locally Adaptive Bayesian Smoothing using Shrinkage Priors (縮小事前分布を用いた局所適合的なベイズ平滑化)			
論文審査担当者 主査 准教授 橋本 真太郎 審査委員 教授 若木 宏文 審査委員 教授 柳原 宏和 審査委員 准教授 菅澤 翔之助 (慶應義塾大学)			
〔論文審査の要旨〕 本研究は、グラフ上のデータの平滑化手法について扱っている。特に、時系列データや空間データの平滑化によるトレンドの検出はデータの傾向を見る上で多くの分野で重要である。しかしながら、観測データに急激な変化がある場合は既存のスプライン法に代表される手法はうまく機能しないことが知られている。本論文は、罰則付き推定の枠組みで考案されたトレンドフィルタリングと呼ばれる平滑化手法に着目し、通常平均値に対して推定されるトレンドを分位点や境界のトレンドの推定に拡張した手法であるベイズトレンドフィルタリングを提案している。 第1章では、本研究の動機と構成について述べ、第2章では、以降の章で必要となる基礎的な事項がまとめられている。 第3章では、時系列データに対する分位トレンドの推定と対応する信用区間の高速なカリブレーションの方法を扱っている。分位点回帰のための尤度関数として非対称ラプラス分布を仮定し、パラメータの高次差分に対して縮小事前分布を仮定した分位トレンドフィルタリングを提案している。ベイズ統計学は、トレンドに対する信用区間に基づき不確実性を定量化できる利点があるが、仮定した非対称ラプラス分布が誤特定されている場合には妥当な信用区間が得られないという課題があった。本章では、尤度関数に事後分布のスケールを調整するような新たな調整パラメータを追加する一般化ベイズ法の枠組みを考え、信用区間の被覆確率をカリブレーションする方法を提案した。マルコフ連鎖モンテカルロ法に基づく計算方法は計算時間の観点から現実的ではないため、変分ベイズ法に基づく事後分布の近似手法を用いることで、より高速な計算を可能にしている。 第4章では、第3章で扱ったモデルをより一般のグラフ上のデータに適用できるよう拡張をしている。特に、空間データにおける分位点の平滑化手法の提案と、提案手法の犯罪			

データへの応用をメインに行っている。時系列データは、鎖グラフの場合に対応するが一般のグラフ上でのトレンドフィルタリングをベイズ統計学の枠組みで考えるためには、事前分布の設定が重要な課題である。本章では、効率的な計算アルゴリズムの構成のため、**shadow prior** と呼ばれる新たな事前分布を導入し、計算の困難を解決している点が重要である。提案手法を 2013 年から 2017 年までの東京都における暴力犯罪のデータに適用し、特に重要な 50%と 90%の分位点の平滑化を行っている。

第 5 章では、時系列データの境界トレンドの推定のためのベイズトレンドフィルタリングを扱っている。本手法はデータの最大値や最小値のトレンドの推定を可能にするとともにデータの存在可能な範囲を推定することも可能としている。しかしながら、このモデルの困難点は計算面にあり、提案手法では高次元の多変量切断分布からの乱数生成が必要となる。そこで、本章では、切断によるパラメータ空間の制約を緩和するような近似を用いることにより効率的な計算アルゴリズムを構成している。最後に実データ解析を通じて提案手法の有用性を確認している。

第 6 章では、本論文の内容をまとめるとともに、今後の課題を複数挙げている。

以上を要するに、本論文はベイズトレンドフィルタリングについて、計算機統計学の観点から重要な成果を導き、実データへの応用も行うことによりベイズ統計モデリング分野の発展に寄与していると考えられる。

よって、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

論文審査の要旨 (案)

【作成例】

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	広大 太郎																	
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当																			
<p>論 文 題 目</p> <p style="text-align: center;">○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○の研究 (A study on ○○○○○○○○○○○○○○○)</p> <p style="text-align: center;">※ 論文題目は外国語の場合は和訳、日本語の場合は英訳を () を付して併記</p>																				
<p>論文審査担当者</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">主 査</td> <td style="width: 15%;">教 授</td> <td style="width: 10%;">○○</td> <td style="width: 10%;">○○</td> <td rowspan="4" style="border: 1px solid red; padding: 5px; vertical-align: middle;"> 他大学や研究機関及び企業等の審査委員の場合は、所属先を記載してください。 </td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>教 授</td> <td>○○</td> <td>○○</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>教 授</td> <td>○○</td> <td>○○</td> </tr> <tr> <td>審査委員</td> <td>准教授</td> <td>○○</td> <td>○○ (○○○大学)</td> </tr> </table>				主 査	教 授	○○	○○	他大学や研究機関及び企業等の審査委員の場合は、所属先を記載してください。	審査委員	教 授	○○	○○	審査委員	教 授	○○	○○	審査委員	准教授	○○	○○ (○○○大学)
主 査	教 授	○○	○○	他大学や研究機関及び企業等の審査委員の場合は、所属先を記載してください。																
審査委員	教 授	○○	○○																	
審査委員	教 授	○○	○○																	
審査委員	准教授	○○	○○ (○○○大学)																	
<p>〔論文審査の要旨〕</p> <p>本論文（本研究）は、.....</p> <p>.....</p> <p>第1章では、.....</p> <p>第2章では、.....</p> <p style="text-align: center;">.</p> <p>.....</p> <p>以上、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。</p> <p style="text-align: center;">*表記のゆれ（句読点、カンマ、ピリオドなどの混交使用）にご留意ください。</p>																				

備考：審査の要旨は、1,500字以内とする。