




2021年 5月 26日

豊橋技術科学大学長 殿

情報・知能工学専攻
学位審査委員会
委員長 南 哲人

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	小林 真佐大		学籍番号	第 143320号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 情報・知能工学 専攻	
博士学位 論文名	f分離可能ブレグマン歪み尺度に基づく機械学習アルゴリズムの拡張と統計的性質の解明 (Machine Learning Algorithms for f-Separable Bregman Distortion Measures and Analysis of Statistical Properties)			
論文審査の 期間	2021年 1月 14日 ~		2021年 5月 26日	
公開審査会 の日	2021年 5月 26日		最終試験の 実施日	2021年 5月 26日
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 青野 雅樹 </p> <p>委員 石田 好輝  印</p> <p>渡辺 一帆  印</p>				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、データ中の外れ値への頑健化や最大誤差の最小化への対応など、従来の機械学習法の問題点への解決手段を与える手法を論じたものである。学習法の改良を関数 f の選択により実現する f 分離可能ブレグマン歪み尺度に基づく学習の枠組みを構築し、その統計的性質を論じている。第2章では、この枠組みと最尤推定の関係などの基本事項を概説している。第3章では、 f 分離可能ブレグマン歪み尺度を定義し、関数 f の具体例とともに、推定アルゴリズムやその収束性などの性質を述べている。第4章では、外れ値への頑健性の強さを測る指標である影響関数を評価している。第5章では、推定量の一致性の必要条件である推定方程式の不偏性、外れ値の割合が大きい場合の頑健性の指標となる潜在バイアス、最後に、一致性、漸近正規性などの漸近的性質を述べている。第6章では、クラスタ数をデータから推定するクラスタリング手法であるディリクレ過程平均法を f 分離可能ブレグマン歪み尺度により拡張し、学習アルゴリズムを構築し、実データセットを用いた数値実験により、その頑健性や最大歪み最小化の検証を行っている。第7章では、非負値行列因子分解に適用し、効率的な学習アルゴリズムを構築し、その目的関数の単調減少性を示し、計算効率について論じている。第8章では、本論文の研究内容をまとめ、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

統計的学習において、最尤推定は最も基本的な学習法の一つであるが、学習データ中に外れ値が含まれる場合や仮定しているモデルがデータの情報源と乖離する場合に、その推定精度は大幅に劣化してしまう。本論文では、多くの学習モデルを含む指数型分布族における最尤推定に対応するブレグマン歪み尺度最小化による推定を、一般の関数 f を用いて拡張した f 分離可能ブレグマン歪み尺度最小化による学習の枠組みを考案し、その統計的性質を論じている。

この学習の枠組みの性質として、関数 f が凸関数である場合には、学習データ中の最大歪み最小化に近づくことを示し、凹関数の場合には、外れ値に対する頑健性を持つとともに、繰り返し代入による最適化により目的関数が単調減少性を持つことを示した。統計的性質の一つとして、外れ値への頑健性の指標である影響関数を解析し、関数 f の代表的な二つの取り方に關し、具体的なブレグマン歪み尺度の例に対し、影響関数が有界、再下降性を持つ条件を詳細に明らかにしている。統計的性質の別の観点として、推定量の一致性のための必要条件となる推定方程式の不偏性を調べ、マハラノビス距離や板倉・斎藤距離に対しては、条件を満たす一般の関数 f に対して推定方程式が不偏となるモデルクラスとして、既知の楕円分布に加え、ガンマ分布を特殊例として含む板倉・斎藤分布を新たに発見した。外れ値の割合が大きい際の頑健性の指標として潜在バイアスを解析し、その最小化のための条件を関数 f と外れ値の分布により明らかにした。さらに、推定量の一致性や漸近正規性などの漸近的性質を議論し、指数分布の例を用いて従来の頑健化手法との性質の比較をしている。

実用的な学習法への応用として、ディリクレ過程平均法によるクラスタリング法の拡張アルゴリズムを与えており、11種の実データセットおよび人工的に外れ値を含ませたデータセットを用いた実験により、拡張の有効性を示した。さらには、非負値行列因子分解法の拡張として、目的関数の単調減少性を持ち効率的な学習アルゴリズムを導出し、その実際の計算効率の良さを示した。このように、本論文は f 分離可能ブレグマン歪み尺度を用いた機械学習法の拡張に關し、その統計的性質を詳細に解析するとともに、計算効率の良さを保ちつつ従来の学習法の発展を与えており、博士（工学）の学位に相当すると判定した。

(各要旨は1ページ以上可)