

氏名	Shahrzad Mahboubi
学位の種類	博士（工学）
学位の番号	甲第26号
学位授与の要件	学位規則（昭和28年4月1日 文部省令9号） 第4条第1項該当
学位授与の日付	令和5年3月21日
学位論文題目	慣性付準ニュートン法に基づくニューラル ネットワークの学習アルゴリズムに関する研究
論文審査員	（主査） 湘南工科大学教授 二宮 洋 （副査） 湘南工科大学名誉教授 渡辺 重佳 （副査） 湘南工科大学教授 中上川 友樹 （副査） 湘南工科大学准教授 佐々木 智志

論文内容の要旨

近年、情報技術の急速な発達に伴い、様々なデータの取得および蓄積が可能になり、データの非線形性とその量は日々増加している。これに伴い、大規模な強非線形データの高精度かつ高速な処理の必要性も増加している。この処理を可能とする技術の一つにニューラルネットワーク(NN)が注目されている。NNでは学習アルゴリズムは重要であり、その多くを1次近似手法と2次近似手法に分類することができる。一般的に、NNの学習には1次近似手法が用いられ、様々な応用研究が行われている。その一つとして、慣性項の導入により学習を

高速化した研究が挙げられる。しかし、1次近似手法では強非線形データに対して現実的な時間で学習することは困難であった。このため、強非線形データの学習には2次近似手法が用いられ、その中でも準ニュートン法が最も有効とされている。本研究では、1次近似手法に対する慣性項の影響を2次近似手法においても同様に得られることを期待し、2次近似手法における慣性項の影響を調査する。さらに、慣性項を用いた2次近似手法の問題点に対して解決策を4つ提案する。1つ目に、慣性項を用いることでQNを高速化したネステロフの加速準ニュートン法(NAQ)のハイパーパラメータ問題に着目し、適応的慣性係数を導入することで問題を解決した適応的NAQ(AdaNAQ)を提案する。提案手法はNAQの問題を解決したと共に、収束の安定性と初期値に対する学習のロバスト性を向上させた。2つ目に、慣性項の影響により増加したNAQの1反復における計算時間に着目し、その問題を克服した新たなQNに基づく学習アルゴリズムとして慣性付準ニュートン法(MoQ)を提案する。NAQでは2つの勾配、通常勾配とネステロフの加速勾配の計算が各反復において必要であった。MoQは誤差関数を2次関数と見なし、ネステロフの加速勾配を通常勾配の重み付の線形和に近似した。提案手法はNAQの学習性能を維持しながら、高速化に成功した。3つ目に、NAQとMoQの計算コストに着目し、計算コストを削減した手法として記憶制限NAQ(LNAQ)と記憶制限MoQ(LMoQ)を提案する。提案手法は従来手法の記憶制限QN(LQN)を高速化し、NAQとMoQの計算コストを削減した。4つ目に、NAQとMoQのさらなる計算コストの削減を目指し、メモリレスNAQ(MLNAQ)とメモリレスMoQ(MLMoQ)を提案する。提案手法の計算コストは1次近似手法とほぼ同様となった。さらに、MLNAQとMLMoQは従来のメモリレスQN(MLQN)の高速化に成功した。全ての提案手法の有効性は計算機実験により示した。

審査の結果の要旨

本論文では、大規模な強非線形データの高精度かつ高速な処理を可能にするニューラルネットワーク(NN)の学習アルゴリズムに着目し、強非線形データの学習に有効な2次近似手法に対して、慣性項の影響を調査した。具体的には、慣性項を用いた2次近似手法の問題点に対して4つの解決策を提案している。1つ目に、慣性項を用いることでQNを高速化したネステロフの加速準ニュートン法(NAQ)のハイパーパラメータ問題に着目し、適応的慣性係数を導入することで問題を解決した適応的NAQ(AdaNAQ)を提案した。2つ目に、慣性項の影響により増加したNAQの1反復における計算時間に着目し、その問題を克服した新たなQNに基づく学習アルゴリズムとして慣性付準ニュートン法(MoQ)を提案した。3つ目に、NAQとMoQの計算コストに着目し、計算コストを削減した手法として記憶制限NAQ(LNAQ)と記憶制限MoQ(LMoQ)を提案した。4つ目に、NAQとMoQのさらなる計算コストの削減を目指し、メモリレスNAQ(MLNAQ)とメモリレスMoQ(MLMoQ)を提案した。全ての提案手法の有効性を計算機実験により示すとともに、MoQに対しては、その収束性に対して議論している。以上のおり、新たな手法の提案およびそれを実装した実験を通してその有効性を示しており、博士課程の研究として十分な内容および成果であると判断できる。

また、論文業績に関しては、筆頭著者として、博士論文に係る、学術論文誌が3件、国際会議プロシーディングが4件、国内会議発表が7件あり、博士(工学)の学位を授与するに十分な業績であると判断できる。