

様式VI

博士学位論文調査報告書

論文題目 Information Exploration and Exploitation for Machine Learning
with Small Data

(小データを用いた機械学習のための情報の探索と活用)

申請者氏名 林 勝悟

最終学歴 平成29年3月

大阪大学大学院情報科学研究科情報数理学専攻修士課程 修了
令和3年3月

京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻博士後期課程

研究指導認定見込

学識確認 令和 年 月 日 (論文博士のみ)

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科
(調査委員長) 教授 鹿島 久嗣

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科
教授 山本 章博

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科
教授 吉川 正俊

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	林 勝悟
論文題目	Information Exploration and Exploitation for Machine Learning with Small Data (小データを用いた機械学習のための情報の探索と活用)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、小データを対象とした機械学習を行う際に、有用な情報の低コストでの探索や活用を行う、新たな機械学習の問題設定や学習アルゴリズムについての研究結果をまとめたものであり、全6章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の目的とその内容を概観している。社会の情報化に伴い、多様で大量のデータが容易に入手できるようになり、様々な領域でデータの利活用が進む一方、データの収集に高いコストを要する場面や、そもそもデータが稀であることから小データを扱う必要のある場面も依然として多く存在する。本研究では、このような小データの問題を、様々な形で外部情報を用いることによって解決する方法を議論している。ひとつには、時系列データの長期予測に関して、特権情報の枠組みを用いて、学習を助ける補助データを既に手元にあるデータから獲得する方法、また、適切な追加データの探索・活用手法として、変化検知問題の新たな問題設定である能動的変化検知問題、未知の関数の最適化を入力変数の一部のみを指定しながら対話的におこなう部分指定クエリを用いたベイズ最適化問題などの新たな問題設定を提案するとともに、これらに対する一般的な解法を与えている。</p> <p>第2章では、以降の章の前提知識となる、特権情報の枠組みや一般化蒸留法、およびブラックボックス最適化・ベイズ最適化について、これらの問題設定や、標準的なアプローチについてまとめている。</p> <p>第3章では、少量の時系列データから、時系列の長期予測を行う機械学習法について検討している。学習時のみ利用可能な外部情報を利用して学習を効率化する枠組みである特権情報の枠組みを用いた上で、長期時系列においては、現在の時刻から予測対象の時刻までの間のデータが特権情報として利用可能であることに着目し、一般化蒸留法を用いて追加のコストなしで学習を効率化する方法を提案している。人工データと実データの両方を用いた実験では、提案手法の有効性を示している。</p> <p>第4章では、教師なし学習問題の一種である変化点検知において、予めデータが与えられず、コストを支払うことによってデータを追加しながら、できるだけ少ないデータ数で変化点を検出するという能動的変化検知問題を新たに提案している。また、この問題を解くために、既存の任意の変化検知手法をサブルーチンとして用いる一般的な解法を提案している。データを用いた数値実験では、提案アルゴリズムが探索と活用のバランスをうまくとりながら変化点を発見できることを示している。</p> <p>第5章では、未知の目的関数を対話的に評価しながら最適解を求めるブラックボックス最適化問題において、全ての入力変数のうち一部の変数だけを指定できるという新たな問題設定である部分指定クエリを提案している。また、既存のベイズ最適化アルゴリズムを、部分指定クエリを扱えるように拡張するとともに、未指定変数の条件付分布が既知の場合と未知の場合のそれぞれにおいて、リグレット最小化の枠組み</p>			

で理論的な収束性能の評価を導出している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。即ち本論文は、現実世界においてしばしば現れる小データを対象とした機械学習問題において、これを解決するための有用な情報を探索・活用するための新たな枠組みやアルゴリズムを提案するものであり、これらの有効性を理論的・実験的に示したものである。本論文では最後に、小データ問題を扱う機械学習手法の将来の課題・展望として、各提案手法が前提としている仮定が成立しているかどうかを検証する手段の確立とともに、仮定が成立しない場合への対処を挙げ、本論文を結んでいる。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、現実世界のデータ解析においてしばしば問題となる、小データを対象とした機械学習問題において、これを解決するための有用な情報を探索・活用する新たな枠組みやアルゴリズムについての研究に取り組んだものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 少量の時系列データから、時系列の長期予測を行う機械学習法を提案した。学習時のみ利用可能な外部情報を利用して学習を効率化する枠組みである特権情報の枠組みを用いると、現在の時刻から予測対象の時刻までの間のデータが特権情報として利用可能である点に着目し、特権情報活用の手法である一般化蒸留法を用いて、追加の情報獲得コストをかけることなく、学習を効率化する方法を提案している。また、人工データと実データの両方を用いた実験によって、提案手法の有効性を示している。

2. 教師なし学習問題の一種である変化点検知問題の特殊な場合として、予めデータが与えられておらず、対象システムと対話的にデータを獲得・追加しながら、できるだけ少ないデータ数で変化点を検出するという能動的変化検知問題を新たに提案した。また、この問題の一般的解法として、既存の任意の変化検知手法をサブルーチンとして用いるメタ学習アルゴリズムを提案した。さらに、データを用いた数値実験によって、提案アルゴリズムが探索と活用のバランスをうまくとりながら変化点を発見できることを示している。

3. 未知の目的関数を対話的に評価しながら最適解を求めるブラックボックス最適化問題において、全ての入力変数のうち一部の変数だけを指定できるという新たな問題設定である部分指定クエリに基づく問題設定を提案した。また、既存のベイズ最適化アルゴリズムを拡張し、未指定変数の条件付分布が既知の場合と未知の場合のそれぞれにおいて部分指定クエリを扱えるように拡張し、リグレット最小化の枠組みで理論的な収束性能の評価を導出している。さらに、提案アルゴリズムの有効性を、人工データと実データの両方を用いて示している。

以上、本論文は、小データを対象とした機械学習を行う際に、有用な情報の低コストでの探索や活用を行う、新たな機械学習の問題設定や学習アルゴリズムを提案し、これらの有効性を理論的・実験的に示した結果をまとめたものであり、学術上・実応用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年2月17日に実施した論文内容とそれに関連した口頭試問の結果、合格と認めた。なお、本論文のインターネットでの全文公表について支障がないことを確認した。

要旨公開可能日： 年 月 日以降