

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (情報学)	氏名	谷本 啓
論文題目	Goal-oriented Modeling for Data-driven Decision Making (データ駆動型意思決定のための目的指向モデリング)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、複雑な意思決定に資する予測モデリング手法の確立を目指し、機械学習の新たな問題設定や活用法、新規アルゴリズムの設計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、本論文の目的とその内容を概観している。近年、機械学習による予測モデリングは様々な産業領域において広く用いられているが、数多くある意思決定の選択肢の中から限られたデータをもとに適切な決定を行うことは未だ難しい問題である。本論文では、限られた教示情報を補い、膨大な選択肢の効果を精度よく予測し、その中から最適なものを選び出すことで、データに基づく意思決定をさらに発展させることを目的として、第一に、組合せ的な意思決定問題を強化学習の枠組みを用いて解決する方法、次に、限られた教示信号を、これに関連する補助情報を用いて補強することで予測性能を高める手法、さらに、極めて多数の選択肢がある場合に、その効果を偏りのあるデータから効率的に推定する手法についての検討を行っている。</p> <p>第2章では、組合せ的な意思決定問題の典型例な応用例の一つとして、広大な設備の長期的なメンテナンス問題を扱っている。道路や線路などの広大な設備の維持管理は、点検や整備そのものにかかるコストだけでなく、点検箇所間の移動のコストもあるため、全体のコストを抑えるためには、長期の先読みを行った組合せ的な計画決定が必要となる。本論文では、この問題を強化学習問題として定式化し、二種類のコストのバランスをとった価値関数をデータから推定するとともに、動的計画法によって最適な組合せ意思決定を行う方法を提案し、シミュレーションデータを用いた実験によってその有効性を示している。</p> <p>第4章では、学習に利用できる正例データの数が限られている状況において、中間的な情報を利用して予測性能を改善する方法を検討している。たとえば災害や事件などの重要なイベントの予測モデリングでは、イベント発生件数が少ないため、これらのみを教示信号として用いる学習は一般には困難である。しかしながら、堤防の決壊に対する川の水位などのように、イベントの発生までには至らないが、これに強く関連するデータは比較的多く得られる場合がある。本論文は、このような補助情報を一般化蒸留の枠組みを用いた定式化によってモデル推定に取り込む方法を与え、提案手法によって推定の分散が改善できることを理論的に示している。</p> <p>第4章では、非常に多数の選択肢がある状況において、選択肢の効果を比較的少量の偏った観測データから推定する因果効果推定の問題を検討している。現実の問題設定においては、実際に取った選択の結果しか得られないため、データの不足だけでなく、選択の偏りによってモデルの推定精度に悪影響を及ぼす。本論文では、この問題に対して、従来の研究が目的関数としてきた結果の推定精度だけでなく、上位の選択肢を選ぶ分類精度も同時に考慮することによって、決定の品質が向上することを理論的に示すとともに、新たな目的関数を用いて予測モデルを推定する手法を与えてい</p>			

る。

第5章では、第4章で提案した問題設定のより具体的な例として、商品の組合せ推薦問題を検討している。推薦においては、複数種類が同時に推薦される商品に対するユーザの反応は、それぞれの商品が独立ではなく、互いに影響を及ぼすことが考えられる。本論文では、この考察に基づき、ある商品の推薦効果が、同時に推薦する他の商品にも影響を受けるモデルを提案している。また、モデルの推定時に、データの観測の偏りを補正する表現学習を組み込むことで、偏りの影響を軽減できることを、理論的・実験的に示している。

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、現実世界における複雑な意思決定を行うための予測モデリング手法を確立することを目指して、新たな機械学習の問題設定や、新たな機械学習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、将来の課題・展望として、データ量の不足への対処法を、問題領域に関する事前知識を様々な形で取り込むことによってさらに改善すること、また、膨大な数の選択肢のうち殆ど観測されない極めて稀なものを効率的に扱えるようにすること、さらに、本論文で検討した問題をリアルタイムでの意思決定に拡張することなどを挙げ、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、複雑な意思決定に資する予測モデリングのための、機械学習の新たな問題設定や活用法、新規学習アルゴリズムの設計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. 組合せ的な意思決定問題である、広大な設備の長期的な維持管理問題を強化学習によって解決する方法を与えた。設備の維持管理における点検や整備のコストと点検箇所間の移動のコストを合わせた、全体のコストを抑えるための組合せ的な長期計画の決定問題を強化学習問題として定式化し、二種類のコストのバランスをとった価値関数をデータから推定するとともに、動的計画法によって最適な決定を行う方法を提案し、シミュレーションデータを用いた実験によってその有効性を示している。

2. 学習に利用できる正例データの数が限られている状況において、中間的な情報を利用して予測性能を改善する方法を与えた。災害や事件などの発生件数が少ない重要イベントの予測モデリングに際し、イベントの発生には至らないが、これに強く関連するデータは比較的多く得られる場合があることに着目し、この補助情報を一般化蒸留の枠組みを用いた定式化によって予測モデルの推定に取り込む方法を与え、これにより推定の分散が改善できることを理論的に示している。

3. 非常に多数の選択肢がある状況において、選択肢の効果を比較的少量の偏った観測データから推定する因果効果推定法を与えた。データ量の不足に加え、選択の偏りがある状況において、従来研究が目的関数としてきた結果の推定精度だけでなく、上位の選択肢を選ぶ分類精度も同時に考慮することによって、決定の品質が向上することを理論的に示すとともに、この新たな目的関数を用いて予測モデルを推定する手法を与えている。

4. 推薦問題の特殊な場合である、商品をグループとして推薦する問題において、商品の組合せ効果を考慮した方法を提案した。複数種類の商品が同時に推薦される状況では、これらが互いに影響を及ぼす可能性を考慮し、ある商品の推薦効果が、同時に推薦される他の商品に影響を受けるとする予測モデルを提案するとともに、データの観測の偏りを補正する表現学習を組み込むことで偏りの影響を軽減し、予測性能を改善できることを、理論的・実験的に示している。

以上、本論文は、機械学習を現実世界の課題に適用し、複雑な意思決定を行うための予測モデリング手法の確立を目指して、新たな機械学習の問題設定や、新たな機械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8月24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