

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	佐藤 竜馬
論文題目	User-side Realization (利用者自主実現)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、推薦・検索・翻訳などの既存のウェブサービスをブラックボックスとして用いて、新しい機能を利用者が自ら実現する利用者自主実現の考え方と方法論についての一連の研究結果をまとめたものであり、全8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。従来のウェブサービスの形態は、企業等がサービスを実装・運営し、ユーザはこれをブラックボックスとして用いる形で提供されているものが主であるが、各々のユーザが理想とするサービスが必ずしも提供されているとは限らない。運営側が全てのユーザの異なる要請に対応するのは現実には不可能である一方、個々のユーザが自分の欲しいサービスを自分で一から作ることもまた非常に困難である。本論文では、ブラックボックスとして提供されるサービスにおいて、ユーザが利用できる範囲での情報を活用して、自らの望む機能を実現することとして利用者自主実現を定義している。また、利用者自主実現の一般的なデザインアプローチとして、ユーザとサービスを仲介するラッパーを用いるラッパー法と、サービスの必要な部分のみをリバースエンジニアリングして用いる逆算法を提案している。</p> <p>第2章および第3章では、推薦システムを題材として、ラッパー法と逆算法による自主実現についてそれぞれ論じている。まず、推薦リストを占めるアイテムの属性の割合をユーザが自ら制御できるようにするために、ユーザから観測できる推薦グラフをもとに、制約を満たす推薦リストを効率的に探索するラッパー法にもとづくアルゴリズムを提案するとともに、このアルゴリズムが一貫性・健全性・局所性といった好ましい理論的性質をもつことを示している。一方、逆算法に基づく自主実現として、推薦リストを生成する元となるアイテムの埋め込みベクトルを推薦グラフから復元することによって、所望の性質をもつ推薦を自主実現できることを示している。</p> <p>第4章および第5章では、画像検索システムにおける自主実現、たとえば、テキストによる検索クエリしか提供されていないサービスを用いて、類似画像の検索を行ったリ、検索結果の属性が所望の分布となるようにする方法について論じている。本論文では、ラッパー法による実現として、膨大な候補がある検索クエリの中から、ユーザの定義した評価関数を最大化するものを見つける多腕バンディット問題として定式化することを提案している。また、検索クエリ語の埋め込みを用いることで、この探索を効率化できることを示している。</p> <p>第6章では、前章で提案した手法を用いることで、ウェブスケールでの能動学習を実現する手法について論じている。従来、教師付き学習において、正解ラベルのデータを収集することがボトルネックとなることが知られているが、本論文では、対象タスクに関連する適切なラベルなしデータを得ることもまた重要な問題であることを指摘している。そして、ウェブをラベルなしデータの源としてとらえ、能動学習における獲得関数を最大化するデータを、前章の手法を用いることで効率的に発見できることを示して</p>			

いる。

第7章では、機械翻訳システムに対して、ユーザが機械翻訳にかける文章のプライバシーを担保することを目的として、ラッパー法による自主実現法について論じている。翻訳したい文の単語の一部をランダムに置換し、翻訳後の文において、これらの訳語で置き換えることで所望の翻訳文を得る手法を提案するとともに、この方法は差分プライバシーの意味で一定の理論保証をもつことを示している。さらに、事前の訓練によって置き換えるべき単語を学習することで、さらに性能とプライバシー保護が向上することを確認している。

第8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、ブラックボックスとして提供されるウェブサービスを利用して、所望の機能をユーザ自ら実現する自主実現の方法論について論じたものであり、また、これを推薦・検索・翻訳などの様々な具体的なサービスにおいて実現し、その効果を示したものである。本章では最後に、将来の課題・展望として、オンラインに限定しないサービスや物理世界のサービスへの展開、オープンなライブラリやデータセットを充実させることでより多くの人々がサービスの自主実現を可能に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、推薦・検索・翻訳などの既存のウェブサービスをブラックボックスとして用いて、新しい機能を利用者が自ら実現する利用者自主実現の考え方と方法論について論じたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. ブラックボックスとして提供されるウェブサービスにおいて、外部から利用できる範囲での情報を活用して、ユーザが自らの望む機能を実現することとして利用者自主実現の問題を定義し、その一般的なデザインアプローチとして、ユーザとサービスを仲介するラッパーを用いるラッパー法と、サービスの必要な部分のみをリバースエンジニアリングして用いる逆算法を提案した。

2. 推薦システムを対象として、ユーザから観測できる推薦グラフをもとに、含まれるアイテム集合の属性が制約を満たす推薦リストを効率的に探索するラッパー法にもとづくアルゴリズムを提案するとともに、このアルゴリズムが好ましい理論的性質をもつことを示した。また、推薦リストを生成する元となるアイテムの埋め込みベクトルを推薦グラフから復元することによって、所望の性質をもつ推薦を自主実現する逆算法に基づくアルゴリズムを提案した。

3. 画像検索システムを対象として、膨大な候補がある検索クエリの中から、ユーザの定義した評価関数を最大化するものを見つけるアルゴリズムをラッパー法に基づいて提案した。また、この手法をもとに、ウェブをラベルなしデータのプールとして用いるウェブスケールの能動学習を実現する手法を提案した。

4. 機械翻訳システムを対象として、ユーザが機械翻訳にかける文章のプライバシーを担保することを目的として、翻訳したい文の単語の一部をランダムに置換し、翻訳後の文において、これらの訳語で置き換えることで所望の翻訳文を得るラッパー法に基づく手法を提案するとともに、この手法が差分プライバシーの理論保証を持つことを示した。

以上、本論文は、ブラックボックスとして提供されるウェブサービスを利用して、所望の機能をユーザ自ら実現する自主実現の方法論について論じたものであり、また、これを推薦・検索・翻訳などの様々な具体的なサービスにおいて実現し、その効果を示したものであり、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6年2月16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、令和6年12月31日以降にインターネットでの全文公表を行うことについて支障がないことを確認した。