

学位論文題名

Adaptive Design Method for Collaborative Filtering in Human-System Interaction

(ユーザシステム相互作用系における
協調フィルタリングの適応的設計手法)

学位論文内容の要旨

電子商取引サイトなどで既に実用化されている推薦システムは、ユーザ個人の興味や嗜好に適応してアイテムを提示するシステムであり、情報過多問題 (information overload problem) に対する一つの解決アプローチとして発展してきた。特に協調フィルタリングは、被推薦者のアイテムに対する格付けと、その他のユーザの格付けの類似性に着目して推薦アイテムを決定する推薦アルゴリズムであり、有効性の高い推薦技術の一つである。推薦システムのユーザは、システムが提示する推薦結果に影響を受けながら次に閲覧または購買するアイテムを決定して格付けを行う。つまり、推薦システムは、ユーザへの推薦と、その結果得られる格付けをフィードバックとする相互作用によって、その有効性を高めていく。従って、ある時点で得られた格付けサンプルは、それ以前の推薦結果に影響を受けた結果であることを考慮しなければならない。しかし、協調フィルタリングに基づく推薦アルゴリズムに関する従来研究では、評価や分析に用いる格付けサンプルは、それが形成される過程とは独立と仮定し、ある瞬間の静的な推薦精度に基づいて議論されることが多く、そのような静的な予測機という側面における性能向上や拡張が数多くなされてきた。

そこで本学位論文では、推薦システムとユーザの相互作用性に立脚した、協調フィルタリングに基づく推薦アルゴリズムの適応的な設計手法を確立することを目的とする。実現に向け、(1) 相互作用性を前提とした分析や改良を行うための評価モデルの構築、(2) 格付けの予測における相互作用系への適応化、(3) 継続的かつ効率的な推薦システムの有効性向上のための推薦プランニング手法の確立、の三点が重要課題である。本論文では、この課題に対するアプローチや検証実験の結果について次の構成で述べる。

第1章では、協調フィルタリングに基づく推薦システムについて、その基本的なアルゴリズムと従来研究における課題についてまとめる。特に、メモリベース手法の代表例であるユーザベース協調フィルタリングとアイテムベース協調フィルタリングについてそのアルゴリズムの詳細を述べる。また、推薦システムの評価指標について、これまで提案されてきたいくつかの指標を説明すると共に、本論文の立脚点と取り組むべき課題を明らかにする。

第2章では、特定の格付けサンプルに依存しない一般的な観点から相互作用によるダイナミクスを分析するため、エージェントモデルを用いた評価モデルを構築する。エージェントとアイテムは多変量ベクトルモデルによってモデル化し、ベクトル生成時の確率分布をパラメータとすることで、ユーザの嗜好のばらつき具合を表現する。提案モデルによる分析により、従来研究では考慮されなかった

相互作用性を前提とした観点での評価が可能であることを示す。また、提案モデルによる分析の具体例として、ユーザベース協調フィルタリングとアイテムベース協調フィルタリングにおける評価実験の結果を示すとともに、それぞれの特徴について考察する。

第3章では、協調フィルタリングの類似度設計に着目し、先行研究において経験的な指標が用いられていた類似度に対して、推薦精度最大化の観点での最適性について検証を行う。従来、協調フィルタリングにおける類似度は、ピアソン相関係数やコサイン距離などの指標によって与えるのが一般的である。しかしそれらの指標は推薦精度を最大化するという観点において最適であるとは必ずしも言えない。そこで本章では、被推薦者と各ユーザ間の類似度を要素とした多変量ベクトル変数を定義し、推薦精度の最大化を目的関数とした最適化問題として定式化する。また、この問題に対し、最適化アルゴリズムに基づいて準最適解を探索した結果、得られた解を類似度として設定することが、従来の指標を類似度として設定する場合と比較して、どの程度推薦精度を向上させるかを明らかにする。その上で、最適化アルゴリズムに基づく類似度設計手法を提案し、ピアソン相関係数に基づく類似度と比較して推薦精度の向上が可能であることを示す。

第4章では、先行研究で提案されていたユーザベース手法とアイテムベース手法の融合手法に着目し、先行研究では固定的に与えていた融合時の重みパラメータを、状況に合わせて動的に変化させることで、より適応的な融合を可能にする。まず、第2章で提案した評価モデルを使用して、融合時の重みパラメータが推薦精度に与える影響を分析し、状況に合わせて適切に変化させることで推薦精度向上が実現できることを示す。また、実運用において適切な重みパラメータを設定するために、既に入力された格付けに基づいた予測精度の評価シミュレーションを推薦システム内部で事前に行い、実際に推薦を行う際にはそのパラメータによって推薦アイテムを決定する手法を提案する。提案手法の評価実験によってその有効性を考察する。

第5章では、推薦システムの実運用における、より効率的な推薦精度向上の実現を目的とし、格付け収集においてその優先順位に基づくプランニングを考える。一般的に、システムに入力される格付けが多いほど推薦精度の向上が期待できるため、いくつかの実システムでは、ポイントや特典などの付与によって格付けに対してインセンティブを与える取り組みがなされている。しかし、それらのコストを考慮すれば、推薦精度の向上に寄与する度合いの高い格付けを優先的に収集した方が効率的である。そこで、ある格付けが推薦精度の向上に寄与する度合いを格付け寄与度として定量化し、格付け寄与度を格付け収集における優先度としたプランニング手法を提案する。また、ランダムに格付けを収集した場合と提案手法を比較し、特に格付け収集の初期段階において効率的に推薦精度の向上が実現できることを示す。

第6章では、本論文における提案手法の応用例として、二種類の実システム構築について述べる。一つ目は、ユーザからの情報収集に基づいた観光情報推薦システムの構築について述べる。具体的なコンテンツとしては、ユーザの嗜好の特徴が現れやすいと考えられる飲食店を扱い、ユーザから得た格付けによって適応的に推薦する仕組みの実装について紹介する。二つ目は、ユーザ毎に傾向の差が顕著であると考えられる恋愛を対象とし、推薦技術を恋愛傾向の診断システムに応用した例について述べる。具体的には、アンケート調査によって収集した恋愛に関する質問の回答データを使用し、協調フィルタリングの枠組みを応用して、ユーザが回答していない質問を予測して提示するシステムの構築とその性能評価について述べる。

本論文で示した以上の成果によって、従来研究では考慮されていなかった推薦システムとユーザの相互作用性に立脚した分析や評価が可能となり、同時に、相互作用性に基づいた観点での協調フィルタリングの適応的設計手法を提案したことで、推薦システムの有効性及び効率性向上が可能であることが明らかとなった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 鈴 木 恵 二
副 査 教 授 古 川 正 志
副 査 教 授 栗 原 正 仁
副 査 教 授 水 田 正 弘

学位論文題名

Adaptive Design Method for Collaborative Filtering in Human-System Interaction

(ユーザシステム相互作用系における
協調フィルタリングの適応的設計手法)

推薦システムは、主に電子商取引サイトなどにおいて、ユーザ個人の興味や嗜好に適応してアイテムを提示するシステムであり、情報過多問題に対する一つの解決アプローチとして発展してきた。特に協調フィルタリングは、被推薦者のアイテムに対する格付けと、その他のユーザの格付けの類似性に着目して推薦アイテムを決定する推薦アルゴリズムであり、有効性の高い推薦技術の一つである。一方で、ユーザによる購買や格付けは、システム上でのアイテムの提示内容に影響を受けていると考えられる。つまり、推薦システムは、ユーザへの推薦と、その結果得られる格付けをフィードバックとする相互作用によって、その有効性を高めていく。従って、ある時点で得られた格付けサンプルは、それ以前の推薦結果が影響していることを考慮しなければならない。しかし、協調フィルタリングに基関する従来研究では、評価や分析に用いる格付けサンプルは、それが形成される過程とは独立と仮定し、ある瞬間の静的な推薦精度に基づいて議論されることが多く、そのような静的な予測機という側面における性能向上や拡張手法の提案が数多くなされてきた。

そこで本学位論文では、推薦システムとユーザの相互作用性に立脚した、協調フィルタリングに基づく推薦アルゴリズムの適応的な設計手法の確立を目的とする。実現に向け、(1) 相互作用性を前提とした分析や改良を行うための評価モデルの構築、(2) 格付けの予測における相互作用性への適応化、(3) 継続的かつ効率的な推薦システムの有効性向上のための推薦プランニング手法の確立、の三点が重要課題である。本論文では、この課題に対するアプローチや検証実験の結果について次の構成で述べている。

第1章では、協調フィルタリングに基づく推薦システムについて、その基本的なアルゴリズムと従来研究における課題についてまとめている。特に、メモリベース手法の代表例であるユーザベース協調フィルタリングとアイテムベース協調フィルタリングについてそのアルゴリズムの詳細を示している。また、従来研究で提案された推薦システムの評価指標について説明すると共に、本論文の立脚点と取り組むべき課題を明らかにしている。

第2章では、特定の格付けサンプルに依存しない一般的な観点から相互作用によるダイナミクスを分析するため、エージェントモデルを用いた評価モデルを構築した。提案モデルによる分析により、従来研究では考慮されなかった相互作用性を前提とした観点での評価が可能であることを検証実験に基づいて示している。

第3章では、協調フィルタリングの類似度設計に着目し、先行研究において経験的な指標が用いられていた類似度について、推薦精度最大化の観点での最適性について議論している。また、最適化アルゴリズムに基づく新たな類似度設計手法を提案し、従来の類似度と比較して推薦精度の向上が可能であることを示している。

第4章では、先行研究で提案されていたユーザベース手法とアイテムベース手法の融合手法に着目し、従来は固定的に与えていた融合時の重みパラメータを、状況に合わせて動的に変化させることで、より適応的な融合を可能にしている。具体的には、既に入力された格付けに基づく模擬推薦によってパラメータを決定し、実際の推薦に用いる手法を提案し、その評価実験によって有効性を示している。

第5章では、推薦システムの実運用における、より効率的な推薦精度向上の実現を目的とし、格付け収集においてその優先順位に基づくプランニングを考える。ある格付けが推薦精度の向上に寄与する度合いを格付け寄与度として定量化し、格付け寄与度を格付け収集における優先度としたプランニング手法を提案している。検証実験により、特に格付け収集の初期段階において効率的に推薦精度の向上が実現できることを示した。

第6章及び第7章では、本論文における提案手法の応用例として、二種類の実システム構築について述べている。一つ目は、ユーザからの情報収集に基づいた観光情報推薦システムの構築として、特に、代表的な観光情報である飲食店を取り上げ、ユーザから得た格付けに基づいた飲食店の推薦システムについて述べている。二つ目は、ユーザの特徴が顕著であると考えられる恋愛を対象とし、実際のアンケート調査結果に基づき、協調フィルタリングの枠組みを応用して、ユーザが回答していない質問を予測して提示するシステムの構築とその性能評価について述べている。

これを要するに、本論文は、推薦システムの相互作用性に基づく適応的設計手法の有効性及び効率性向上について新知見を得たものであり、複雑系工学および知的情報処理の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。