



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	深層学習と知識グラフ解析に基づくハイブリッド推薦システムに関する研究
Author(s)	櫻井, 慶悟
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第16673号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16673
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98283
Type	doctoral thesis
File Information	Keigo_Sakurai_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学)

氏名 櫻井 慶悟

審査担当者 主 査 教 授 小川 貴弘

副 査 教 授 土橋 宜典

副 査 教 授 長谷山 美紀

学位論文題名

深層学習と知識グラフ解析に基づくハイブリッド推薦システムに関する研究

(A study on hybrid recommender systems based on deep learning and knowledge graph analysis)

本論文は、深層学習と知識グラフ解析に基づくハイブリッド推薦システムに関する研究の成果をまとめたものである。

現代の情報社会において、ユーザがアクセス可能なアイテムは音楽、映像、書籍など多岐にわたり、その量は日々増加している。この状況は「情報過多」と呼ばれ、ユーザの探索コストや判断負荷を高める要因である。これに対処する技術として、ユーザのアイテムに対するインタラクション履歴 (以降、履歴) やアイテムの属性をもとにユーザの嗜好に適するアイテムを提示する推薦システムが広く活用されている。推薦システムの代表的な手法として、協調フィルタリングおよびコンテンツベースフィルタリングが挙げられる。協調フィルタリングは、履歴の類似度から嗜好が類似する他のユーザを特定し、推薦を行う手法である。この手法は、高精度な推薦が可能である一方で、履歴が少ないユーザに対してはコールドスタート問題が発生し、推薦精度の低下を招く。コンテンツベースフィルタリングは、ユーザが高評価したアイテムと類似属性を持つアイテムを推薦する手法である。この手法では、ユーザがインタラクトしたアイテムの属性情報を用いるため、類似ユーザの特定が不要となり、結果としてコールドスタート問題を回避可能である。しかしながら、ユーザの多面的・潜在的な興味を捉えることが困難であり、十分な推薦精度が得られないケースも少なくない。このように、協調フィルタリングとコンテンツベースフィルタリングは、それぞれに利点を持つ一方で、利用可能な情報の制約により、必ずしもユーザに適した推薦が実現されるとは限らない。

この課題に対する従来の対応策として、協調フィルタリングとコンテンツベースフィルタリングを統合したハイブリッド推薦システムが提案されている。ハイブリッド推薦は、ユーザの履歴から得られる他のユーザとの類似性と、アイテムが有する属性情報に基づく個人の嗜好の双方を統合することで、推薦精度の低下といった課題の緩和に有効であるとされる。従来手法では、機械学習によって知識グラフを解析することで、複雑な関係を構造的に捉え、ユーザとアイテム間の潜在的なつながりを効果的に抽出することが可能である。これにより、単一の手法による推薦と比較して、より複雑で高次の関係に基づく推薦が実現される。しかしながら、従来手法には依然として、1) ユーザの目的や状況に応じて推薦方針を柔軟に制御することの困難さ、および 2) コールドスタート状況における意味的推論能力の限界という 2 つの実用上の課題が残存する。

そこで、本論文では、上記の課題の解決を目的として、ユーザの意図やコールドスタート状況に対応可能な、深層学習と知識グラフ解析に基づくハイブリッド推薦システムを提案する。まず、課題 1) への対応として、音楽ドメインにおいて、ユーザの明示的な意図を強化学習の報酬関数に反映し、推

薦方針を柔軟に制御可能なプレイリストを生成・提示する手法を提案する。次に、課題 2) への対応として、知識グラフの意味的關係を補完する外部情報を活用した 2 つの手法を提案する。まず、音響特徴を用いた知識グラフの拡張に基づく推薦手法を提案する。続いて、大規模言語モデル (Large Language Models, LLM) を知識グラフ推論に活用した推薦手法を提案する。

本論文の構成は以下の通りである。第 1 章では、本論文の研究背景について述べる。第 2 章では、本研究の関連研究として従来のハイブリッド推薦システムについて紹介し、本論文で解決すべき課題を明らかにする。第 3 章では、知識グラフを用いた強化学習に基づく楽曲プレイリストの生成と提示を行う手法を提案し、ユーザの明示的な意図に応じたプレイリストを生成可能であることを確認する。第 4 章では、音響特徴を導入した知識グラフを用いた深層強化学習に基づく楽曲推薦手法を提案し、コールドスタート問題が緩和されることを確認する。また、第 5 章では、LLM の知識を活用した知識グラフに基づくアイテム推薦手法を提案し、実験により、その有効性を確認する。最後に、第 6 章において、本論文のまとめと今後の課題について述べる。

以上を要約すると、本論文では、ユーザの目的や状況に応じた柔軟な推薦制御の困難さやコールドスタート下での意味的推論の限界といった課題に対応可能な深層学習と知識グラフ解析に基づくハイブリッド推薦システムを提案した。この貢献は、情報科学分野の発展に寄与するものと認められる。したがって、本論文における著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格を有するものと認める。