

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19935

研究課題名（和文）人のスキルを上達させる推薦システムに関する研究

研究課題名（英文）A Study on Recommender Systems for Improving User Skills

研究代表者

梅本 和俊（Umemoto, Kazutoshi）

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：90783217

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、スキル上達のためのアイテムを提示する情報推薦技術を確立することである。そのために、(1) スキル・難易度モデルに基づく推薦アルゴリズム、および (2) スキル上達推薦システムにも適用可能なオフライン評価法、という課題に取り組んだ。得られた研究成果を難関国際会議および国内の招待講演で発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで情報推薦分野では、ユーザの興味、アイテムの新規性・意外性・人気、推薦理由の説明等が研究されてきた。本研究が対象とするユーザスキルとアイテム難易度は、既存の研究対象とは独立した新たな概念である。この概念に基づくスキル上達のための推薦システムは未来のための最適化を行うものであり、現在の状態を最適化する従来研究とは目的および方向性が異なる。スキル上達は、教育分野での精密学習やクラウドワークの能力の底上げなど、広範な実ドメインに当てはまる普遍的かつ現実的な問題である。人々のスキルが多様化した現代において、スキル上達のための技術の確立は、学術のみならず実用的な意義も大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to develop recommender systems for upskilling users. To this end, the following two problems have been addressed: (1) a recommendation algorithm based on skill and difficulty models, and (2) an offline evaluation method that can be applied to the said systems.

研究分野：情報検索

キーワード：情報推薦 スキル上達

## 1. 研究開始当初の背景

社会の高度情報化ならびに情報発信にかかるコストの低下にともない、大量の情報が日々生活の中で飛び交うようになってきている。このような情報過多の現代において、求める情報を膨大な候補の中から逐一探し出すことは多大な労力を要する。情報の取捨選択を支援することを目的として、行動履歴等から獲得したユーザの嗜好に基づき、今後選択する価値のあるアイテムを提示する技術である。情報推薦に関する研究が長年にわたり行われてきた。今日では、映画や音楽、レストランなど様々なドメインにおいて推薦システムが浸透している。

しかし、嗜好に合致する推薦アイテムを適切に処理するのに十分なスキルをユーザが持っているとは限らない。例えば、お菓子作りを習い始めたばかりのユーザに、特別な材料や器具が必要で調理工程が複雑なお菓子のレシピを推薦しても、それを上手く作ることは難しいであろう。そのようなお菓子を作るようになるまでには、より簡単なレシピを繰り返し真似ることで、基本的な調理知識・技術を身につける必要がある。同様の問題は、審美眼を養っていないユーザへの芸術作品の推薦、理解度の低い学習者への難解教材の推薦、入社したての労働者への専門的な仕事の推薦など、実世界における様々なドメインに当てはまる。ユーザのスキルに関するこうした要件は、情報推薦に関する既存研究では考慮されてこなかった。

モバイル端末の普及やクラウドソーシングの台頭により、多様な背景・知識・能力を持った人々が情報にアクセスする現代においては、ユーザのスキルに応じた適切な情報を提示することが極めて重要となる。さらには、「一億総活躍社会」という言葉が意味する、誰もが自分の強みを伸ばして活躍できる社会を実現するためには、ユーザが適切に処理できる情報を提示するだけでは不十分であり、提示された情報の処理を通じてスキルを上達させるための技術の確立が望まれる。

## 2. 研究の目的

本研究では、スキル上達のためのアイテムを提示する情報推薦技術を確立することを目的とする。さらに、研究の遂行を通じて、以下の4つの問いに答える。

- 問い1. 人々は情報の選択を通じてどのようにしてスキルを上達させるのか？
- 問い2. 選択されるアイテムの難易度とユーザのスキルにはどのような関係があるのか？
- 問い3. スキル上達と嗜好合致をともに満足するのはどのような情報か？
- 問い4. スキル上達を過度な負荷なく実現するためにはどのように情報を提示すべきか？

上記の目的を成し遂げるために、以下の3つの研究目標を設定する (図 1)。

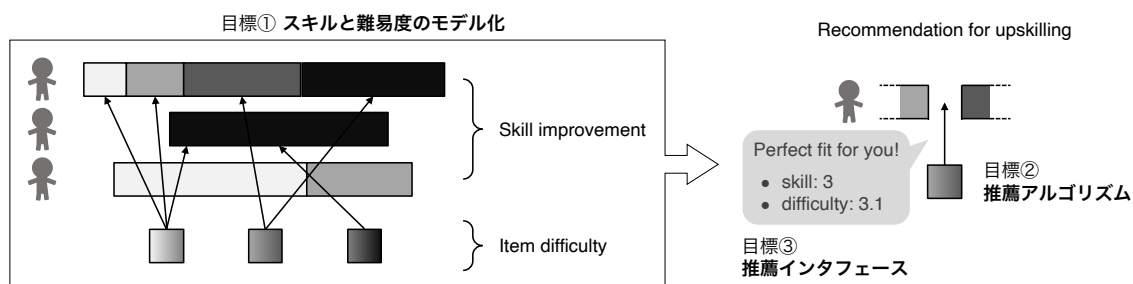


図 1. 本研究で設定する3つの目標

### 目標1. ユーザスキルとアイテム難易度のモデル

問い1 および問い2 に対応する目標である。各アイテム選択時点におけるユーザのスキルと選択アイテムの難易度を同時に推定することで、スキルの上達過程とそれにもなうアイテム選択の変化に関するドメイン知識を自動獲得する。スキル推定においては、スキルの成長速度はユーザによって異なること、初期からスキルの高いユーザや最後までスキルの低いユーザが存在することを考慮する必要がある。

### 目標2. スキル上達のための推薦アルゴリズム

問い3 に対応する目標である。対象ユーザのスキルを上達させるのに最適なアイテムを発見する。推薦されるべきアイテムは、ユーザのスキルに対して適切な難易度を持つだけでなく、ユーザの嗜好に合致する必要がある。

### 目標3. スキル上達のための推薦インタフェース

問い 4 に対応する課題である。スキルおよび難易度に関する情報を所与として、推薦アイテムをスキル上達の観点で最適な形でユーザに提示する。

## 3. 研究の方法

前述の各目標を達成するために、以下の計画を立てた。

### 計画1. ユーザスキルとアイテム難易度のモデル (目標 1)

ユーザのスキルは、疾患等の進行という問題と類似した構造を持つ。そこで、既存の進行モデルをベースとした手法を開発し、個々のユーザで異なる複雑なスキル上達過程を教師なしで学習する。既存手法では、出現頻度の低いアイテムに対する頑健性の低さが問題となるため、複数のアイテム間で共有される情報をモデルに組み込むことで、頑健性を向上させる。アイテムの難易度については、「ユーザは自分のスキル以下のアイテムを主に選択する」という仮定の下で、学習したスキルモデルから難易度を統計的に推定する。推定したスキルと難易度の正確性に関して、人手による定性評価ならびに人工データを用いた定量評価を行う。

### 計画2. スキル上達のための推薦アルゴリズム (目標 2)

計画 1 で得られたスキルモデルと難易度モデルを最先端の推薦アルゴリズムと融合させることで、興味だけでなくスキル上達の観点からも有用な情報を推薦可能なシステムを開発する。具体的には、系列型推薦と呼ばれる、アイテムの選択順序に関する傾向（例：iPhone 入手後には関連アクセサリを購入しがち）を捉える技術をベースとして、スキル・難易度情報を入力として陽に与えられるように順序推薦アルゴリズムを拡張する。これにより、推薦されるアイテムは、ユーザにとって適切な難易度となるとともに、直近の選択とも関連する自然なものとなる。従来評価である、テストデータに対するアイテム選択の予測精度を競うという方法では、スキル上達に対する真の有用性を測りきれないため、それに加えて、スキル上達の効果を問うアンケート調査を行う。

### 計画3. スキル上達のための推薦インタフェース (目標 3)

計画 2 で得られたアイテムを従来の推薦インタフェースでユーザに提示した場合、推薦された理由が自明でない等の理由により、期待するスキル上達効果が望めない可能性がある。そこで、推薦アイテムをいつどのように提示することでスキル上達を促進させられるか検証する。具体的には、推薦のタイミングならびに同時に表示する推薦理由について複数の提示候補を用意し、実際の推薦環境を想定した実験室実験を繰り返し実施することで、被験者に最も受け入れられるものを選択する。実験から得られた知見をもとに、スキル上達にふさわしい推薦インタフェースと、それを用いたユーザ・システム間のインタラクションを設計する。

## 4. 研究成果

前述の計画に基づき研究を遂行しつつ、進捗状況に応じて柔軟な対応を行った結果、以下の成果が得られた。

### 成果1. スキル・難易度モデルに基づく推薦アルゴリズム

計画 1 に従い、既存の進行モデルを発展させることで、スキルと難易度を教師なしで学習可能な手法を提案した。料理や言語学習など、多様なドメインの実データに対してモデルを学習し、定性的な分析を行ったところ、ユーザの学習過程を上手く捉えていることを確認できた。さらに、人工データを用いた定量評価により、既存の進行モデルに比べて、スキルおよび難易度をより正確に推定可能であることを明らかにした。

計画 2 に従い、得られたスキル・難易度モデルに基づく推薦アルゴリズムを提案した。実データを用いた定量評価により、スキル・難易度情報を用いない従来手法に比べて、提案手法はより有用なアイテムを推薦可能であることを明らかにした。

### 成果2. スキル上達推薦システムにも適用可能なオフライン評価法

計画 3 を進める過程で、目標 3 の推薦インタフェースは、スキル上達に限らず、より広範なタスクである系列型推薦の評価にも適用可能であることに気付いた。そこで、開発したインタフェースを転用することで、系列型推薦のための評価データを正確かつスケラブルに収集可能な仕組みを考案した。従来の評価法のロバスト性の低さを調査するとともに、クラウドソーシングを通じて、その問題を解消するための大規模データセットを構築した。

成果 1 については、国内の招待講演で発表した。成果 2 については、難関国際会議に採択され、国内の招待講演でも発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sihem Amer-Yahia et al.	4. 巻 49 (2)
2. 論文標題 Making AI Machines Work for Humans in FoW	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM SIGMOD Record	6. 最初と最後の頁 30-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3442322.3442327	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 梅本和俊, Tova Milo, 喜連川優
2. 発表標題 スキル向上を可能とする推薦の実現に向けた行動系列におけるユーザ成長とアイテム難易度のモデル化
3. 学会等名 第20回情報科学技術フォーラム（FIT 2021）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅本和俊
2. 発表標題 好奇心に駆られたユーザ行動研究のつまみ食い
3. 学会等名 WebDB夏のワークショップ2022（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazutoshi Umemoto
2. 発表標題 ML-1M++: MovieLens-Compatible Additional Preferences for More Robust Offline Evaluation of Sequential Recommenders
3. 学会等名 The 31st ACM International Conference on Information & Knowledge Management (CIKM 2022)（国際学会）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------