

Graduate School of Creative Science and Engineering
Waseda University

博士論文審査報告書
Doctoral Dissertation Review Report

論文題目
Dissertation Title

Data Interpretation Based on Embedded Data Representation Models

Analytical Models for Effective Online Marketing in the Fashion Industry

Embedded Data Representation Model に基づくデータ解釈に関する研究

ファッション業界を事例とした
効果的なオンラインマーケティングのための分析モデル

申請者
(Applicant Name)
Ryotaro SHIMIZU
清水 良太郎

Department of Industrial and Management Systems Engineering
Research on Applied Information Science

July, 2023

PCやスマートフォンの普及に伴い、インターネットを介し、全世界を商圏としてアイテムの販売を行うオンラインマーケティングが一般的になっている。現代の消費者の多くは、様々なデバイスを用いて、Eコマースサイト・SNS・ブログ・動画配信サイトなどを閲覧し、アイテムの情報を取得し、Eコマースサイトを通して購買を行う。そのため、デジタルデバイスを通じた、購買までの一連の流れを快適にすることは、オンラインマーケティングにおいて極めて重要な課題の一つであると言える。すなわち、現状のEコマースサイトにはリアル店舗と同様な店員がいないため、ユーザは自身の知識を用いて購買判断をする必要があり、そのユーザ行動を快適にすることが重要である。特に、本研究が対象とするファッション業界において、ファッションEコマースサイトのユーザが思い浮かべる悩みには、例えば「どのようなアイテムを組み合わせれば恰好がよいのか?」、「このアイテムは他人からどのように評価されるのか?」、「オフィスカジュアルを求められた場合に何を買えばよいのか?」など、世間の常識や他人からの評価を求めたものが多数含まれる。すなわち、ファッションには人間の感性に起因する曖昧性が多分に含まれており、オンライン上の購買活動において、ユーザが自身で（特に高額な）アイテムの購買判断を下したり、新しいファッションに挑戦することのハードルは比較的高いと考えられる。

以上の背景により本研究全体では、先進的な機械学習モデルを駆使することで、ファッション業界におけるユーザのアイテムへの理解・解釈をサポートし、オンライン上におけるサービスのユーザビリティ（使いやすさ）やユーザ満足度を高めるためのシステムの開発することを目的としている。これにより、オンラインマーケティングの課題を解決し、ユーザのニーズを満たすための一助となることを目指している。本研究は、主に以下の2つのアプローチを採用している。

(1) 企業と顧客の接触点へのアプローチ

(2) アイテム評価ステップへのアプローチ

まず、(1)の企業と顧客の接触点は、推薦システムや検索システムなど、既存の多くの研究で対象とされているアプローチである。本研究では、このアプローチを強力にサポートする技術として、推薦システムに説明力を備えた「説明可能推薦」を導入している。具体的には、多様なファッションアイテムの推薦問題に対してこの技術を高度に発展させ、

[提案モデル 1] 多様な補助情報を効率的に学習し、説明に活用することを可能とする説明可能情報推薦モデル

を提案した。提案モデル 1 により、ユーザが推薦されたアイテムの何が良い（なぜオススメされている）のかを把握可能となり、納得感のある推薦システムを実現するための一助となることが期待できる。次に、(2)のアイテム評価ステップは、Eコマースサイト・SNS・ブログ・動画配信サイトなどを通じて、ユーザがアイテムを評価するステップである。これは、SNS などを通じてユーザが他者の服装を参考にしやすくなった近年では、特に重要なステップとなっている。本研究では、各ユーザのアイテム評価を強力にサポートするツールとして、「**fashion intelligence system**」という新しい技術を提案している。提案システムにより、ファッションへの曖昧なイメージをAIが自動的に解釈し、様々なアプリケーションによって、ユーザのファッションへの理解・ファッションにおける様々な意思決定（アイテムの購買や着こなし）をサポートすることが可能となる。加えて、核となる提案である **fashion**

intelligence system では、Visual-Semantic Embedding (VSE)モデルの技術をベースとしており、本研究では以下に示す 3 種類の VSE モデルを提案している。

[提案モデル 2] 前景中心学習や背景正則化などの工夫により、全身服装画像と豊富で曖昧な表現を含んだタグ集合を同一空間に写像可能な VSE

[提案モデル 3] パーツごとの繊細な学習を可能にする Partial VSE (PVSE)

[提案モデル 4] コーディネート・アイテム・曖昧な表現など、写像対象とするコンポーネントの意味や用途の広さを分析可能にする Dual Gaussian VSE (DGVSE)

これらの提案により、人間の感性に起因する曖昧性を多分に含んだファッションコーディネートに対し、多くのユーザの平均的な感性を表現し、様々なファッションに対する多様な質問に柔軟に回答することを可能とする技術ベースが確立されたと考えられる。

本論文は 8 章から構成されており、各章の内容は以下の通りである。

第 1 章では本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では、本研究で対象とする問題と従来研究について説明する。オンラインマーケティング上におけるユーザサポートのための機械学習技術を幅広く紹介し、その上で本研究の各提案の位置付けを明確にしている。

第 3 章では、多様な補助情報を活用した説明可能推薦モデルによる推薦理由の解釈手法を提案している。E コマースサイト上には蓄積された様々な種類、かつ膨大な量の補助情報を効率的に学習することで、各補助情報がどれだけユーザの購買に寄与しているかを算出可能なモデルを提案した。実データを用いた多角的な評価実験・分析により、提案手法が計算量を抑制しながら、高い推薦精度を維持できることを示している。さらに、ユーザサポートのための様々な結果の活用方法を示すことで、実応用の可能性・有用性を明らかにしている。

第 4 章では、ユーザのファッションコーディネートを支援する「fashion intelligence system」という新しい技術・研究領域を提案している。これは、ファッション特有の曖昧な表現を自動的に解釈し、ユーザの曖昧で回答が困難な質問への回答を可能にするシステムである。実データを用いた多角的な評価実験・分析実験により、提案システムが、ユーザのファッションに関するあらゆる（着る服や購入するアイテムなどの）選択・行動を支援するのに有効であることを示している。

第 5 章では、パーツごとの繊細な学習を可能にするための PVSE に基づく fashion intelligence system を提案している。従来の VSE に基づく fashion intelligence system では、全身服装画像を一括で学習するため、服装の全体感を捉えることは可能である一方で、パーツに注目した画像検索等のアプリケーションを実現することが困難であった。実データを用いた多角的な評価実験・分析実験により、本章における提案システムにより、指定したパーツに注目したアプリケーションが実現され、よりユーザの細かいニーズにまで対応可能となっている。

第 6 章では、DGVSE によるファッションイメージの分析モデルを提案している。VSE や PVSE を含む従来の多くの embedded data representation model では、各コンポーネントを、写像先の射影空間内における 1 つの点として写像する。一方で、「カジュアル」や「フォーマル」といった曖昧な表現には、ユーザごとに様々なイメージが持たれており、1 つの表現に広い意味や意

味にばらつきがある可能性がある。この点を考慮可能な提案モデルにより、各コンポーネント（表現や画像）が所有する意味の広がりやばらつきに関する詳細な分析が可能になることを示している。

第 7 章では、本研究で得られた全体的な考察を述べると同時に、本研究において提案を行った 4 つの手法の使い分けについて述べている。

最後に、第 8 章は結論であり、本研究の成果をまとめ、今後の展望を述べる。

以上のように、本論文は先進的な機械学習モデルを駆使して、ファッション業界の実ビジネスと多くのユーザを強力に支援するツールの土台となる技術を提案しており、様々な角度からの評価実験を通じてその有効性を示している。これらの技術は、ファッションを対象とした様々な研究やコーディネート画像の分析モデルに関する研究に新しい研究の方向性を開拓した成果と見なすこともできる。すなわち、人工知能や機械学習の分野における応用技術としての可能性を広げたことに加え、ファッションビジネスを対象として、実ビジネスで活用し得る強力なツールを具現化している点でも、本研究の成果は高く評価できる。今後、本研究が開拓した **fashion intelligence system** の領域で様々な拡張研究が期待でき、ファッション分野以外の業界や研究領域へのインパクトも大きいと考えられる。以上により、本研究の成果は、人工知能や機械学習を含むデータサイエンス分野に加え、それらを強力に援用したビジネスアナリティクスや経営システム工学分野に関する研究領域に大きく寄与することが期待でき、博士（工学）早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める。

2023 年 6 月

審査員

主査 早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学 後藤 正幸

早稲田大学教授 博士（情報科学）北陸先端科学技術大学院大学
岸 知二

早稲田大学教授 工学博士 大阪大学 永田 靖

早稲田大学教授 博士（商学）早稲田大学 上田 雅夫