

# 博士学位論文審査要旨

2014年2月17日

論文題目： 対話型最適化を用いたユーザの感性モデルの抽出に関する研究

学位申請者： 田中 美里

審査委員：

主査： 理工学研究科 教授 三木 光範

副査： 理工学研究科 教授 下原 勝憲

副査： 生命医科学研究科 教授 廣安 知之

要 旨：

近年のネットワーク環境の発展や電子媒体の普及は、人々の扱う情報量を増大させ、必要な情報を選択、推薦するための技術へのニーズをますます高めている。本研究では、情報の推薦・意思決定の支援にユーザの感性情報を取り込むことでより有用で的確な解析を行うことができることから、数量的に感性のモデル化が可能な対話型最適化手法に着目し、その課題について検討した。

第2章では、感性のモデルを構築する設計変数空間を、対象問題に既に存在する解の類似度から自動的に構築する手法を提案した。また、第3章では解の持つ情報の類似度から設計変数空間を構築することで異なる対象問題間での感性モデルの共有の可能性を示した。両手法とも、EC(E-Commerce)サイトの商品データを用いた実験システムによる被験者実験を行い、生成された空間での探索が可能であったこと、感性のモデル化が可能であることを示した。

第4章では、人間の感性のパラメータ空間には複数の最適領域が存在するという感性の多峰性について仮定し検証を行った。その結果に基づき、複数の最適解を求める手法を提案し、多峰性の感性モデルが抽出できることを示した。第5章では、人間の脳活動に現れた感性情報から意思決定を支援するシステムの提案を行い、そのためfMRI(functional magnetic resonance imaging)で計測した脳機能情報から感性情報を定量化するための課題について検証した。

本論文は、汎用的な感性情報のモデリングに関する先駆的な研究であり、これらの成果はこの分野の発展に多大なる貢献をなすものである。よって本論文は博士(工学)(同志社大学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

## 総合試験結果の要旨

2014年2月17日

論文題目： 対話型最適化を用いたユーザの感性モデルの抽出に関する研究

学位申請者： 田中 美里

審査委員：

主査： 理工学研究科 教授 三木 光範

副査： 理工学研究科 教授 下原 勝憲

副査： 生命医科学研究科 教授 廣安 知之

要 旨：

本論文提出者は、工学研究科博士前期課程を修了している。本論文の主たる内容は、日本知能情報ファジィ学会論文誌 22、pp.720～732、International Journal on Computer Science and Engineering(5・11)、 pp. 904～913 に掲載され、十分な評価を受けている。

2014年1月25日に学術講演会が開かれ、種々の質疑討論が行われたが、提出者の説明により、十分な理解が得られた。講演会終了後、審査委員により学位論文に関連した諸問題につき口頭試問を実施した結果、十分な学力を確認できた。

提出者は、英語による論文発表や語学試験にも合格しており、十分な語学能力を有すると認められる。

よって、総合試験の結果は合格であると認める。

# 博士學位論文要旨

論文題目： 対話型最適化を用いたユーザの感性モデルの抽出に関する研究  
氏名： 田中 美里

## 要旨：

近年のネットワーク環境の充実や電子機器の普及は、人々の扱う情報量を大きく拡大させている。ユーザは SNS(Social Network Service) や EC(E-Commerce)サイトといった多様なオンラインサービスを利用し、大量のコンテンツの検索や発信、交換を日常的に行っている。このような環境においては、どの情報を重視し、またどのコンテンツを獲得するかといった情報の取捨選択をユーザはより多くこなしていく必要がある。これにより、ユーザの意思決定を支援する、またはユーザの情報を解析して適切な情報を選択して推薦する技術へのニーズが高まっている。ユーザの情報を解析する技術の一つに、その性別や年齢などのプロフィール情報からユーザモデルを構築し情報の推薦を行うものがあるが、本研究ではそこにユーザ個人の有する感性的な情報を組み込むことで、より有用な推薦が行われると考えている。感性情報のモデル化技術には、形容詞を用いたシンボル感性情報、パラメータ感性情報や特徴量を用いたパターン感性情報などの表現形式がある。本研究ではパターン感性情報の一つとして、ユーザの感性のモデルを関数として記述する感性のランドスケープを提案する。この感性のランドスケープは、対象の特徴量によって構成した空間上にユーザの感性的な指標に基づく強度をマッピングし、補間した関数である。対象に対する形容詞による表現だけでなく、特徴量に対する強度の情報を記述することで、その関数の形状や分布などから各ユーザがどの特徴量を重視しているか、またその特徴量の組み合わせにおける感性の強度の変化などを把握することができる。この感性のランドスケープを抽出する手法として、本研究では対話型最適化手法の一つである対話型遺伝的アルゴリズムに着目した。対話型遺伝的アルゴリズムは、対象とする問題の解の候補に対して人間が感性的な評価を行い、その評価を用いて遺伝的アルゴリズムによる解の探索を行うことで、人間の感性に沿った最適解を求めるアルゴリズムである。このアルゴリズムを用いて特徴量の空間を探索しながら、感性評価の値をマッピングすることで効率的に感性のランドスケープを抽出することができる。しかし、感性のランドスケープには「ランドスケープを構築するための特徴量空間（設計変数空間）が対象とする問題毎に必要」であり、「ランドスケープが多峰性であった場合でも、一つの峰を求めるアルゴリズムしかない」といった課題が存在している。また、近年の生体情報処理技術の進展により、脳機能情報の取得と工学的応用は今後ますます発展していくことが見込まれる。脳活動には、生理的な感性情報が神経活動のパターンという形式で信号化されており、それらを用いた感性のモデル化技術は今後ユーザのモデルを構築するにあたって、非常に有用な情報となることは間違いない。よって本研究では、「設計変数空間の自動生成」、「多峰性の感性に対応したモデル化アルゴリズムの開発」、「脳機能情報を用いた感性のモデル化」の三つの問題について、検討を行った。

まず、「設計変数空間の自動生成」について述べる。様々な対象問題における感性ランドスケープの共有が難しい原因の一つが、対象問題における設計変数空間の未定義があげられる。感性情報の利用が望まれる多くの問題において、その設計変数は数量的には定義されていない。例えば、服に対する好みであれば、色や形、大きさ、素材、価格といった情報が数値化されたものが設計変数として望まれるが、それらの設計変数の種別が与えられ、またそれぞれ順序尺度、または間隔尺度的に定義されていることはほとんどない。よって、本研究ではこの設計変数、およびその構成する空間を自動的に定義し、そこで感性モデルを獲得する技術について開発を行った。設計変数空間の特徴として、空間で近い位置に存在する既存の個体同士はその特徴が類似しているため、人間の感性においても類似している。よって、まず個体同士の類似度を空間に置ける距離に利用することで空間を定義できると仮

定し、個体同士の関連度を多ユーザの嗜好情報から求め、類似度のネットワークとし、さらにそのネットワークを主成分分析に寄って集約することで設計変数空間を構築した。EC サイトの書籍データを用いた被験者実験では、定義された空間において、著者や出版社の情報に偏りが見られた。この空間で対話型最適化による探索を行ったところ、探索に収束が見られ、感性のランドスケープの抽出ができていたことが確認された。また、個体の持つ情報の類似度から設計変数空間を構築することで、直接類似度が計算できない異なる対象問題間でも両者に適用可能な感性モデルを獲得できる可能性がある。類似度が計算し易いデータとして、個体の持つ感性的な特徴語に着目し、各特徴語を設計変数に、その類似度を個体に付与されたテキスト情報を自然言語処理することで算出した。その類似度のネットワークを用いて、設計変数空間を構築し、そこに対話型遺伝的アルゴリズムを用いた感性モデルの構築を行った。被験者実験では、前実験同様書籍のデータを用い、商品推薦システムを模擬したインタフェースを被験者に操作させ、ユーザの感性に沿った個体へと呈示が収束することを確認した。これらの結果により、感性モデルを構築するための設計変数空間を半自動的に定義できること、またその空間におけるランドスケープの構築が可能であることを示した。

次に、「多峰性の感性に対応したモデル化アルゴリズムの開発」について述べる。人間の感性、特に好みや興味といった感性には、その最大点が一つとは限らず複数存在するケースが多いと考えられる。例えば、服のデザインに対する嗜好であれば、色としての好みだけでも、白と青が同じくらい好きといった設計変数においては異なる複数の嗜好が考えられる。本研究ではこれを多峰性の感性として定義する。しかし、既存の対話型遺伝的アルゴリズムは、単峰の最適解、すなわち唯一の嗜好を高速に求めるよう設計されているため、多峰の最適点を抽出するのに不適である。よって本研究では、ユーザに存在する複数の嗜好、感性の最適点を求めることのできる探索アルゴリズムの開発を行った。提案手法は、対話型遺伝的アルゴリズムの新たな探索点を生成するにあたって、感性の峰の位置の推定と、峰の中での探索を行う。峰の位置を推定するために、ユーザが高く評価した個体の分布に対してクラスタリングし、評価の高い領域を分割する。そして、一つの峰であると推定された個体群の分布を主成分分析によって解析し、確率モデルを構築することで次の探索点を決定する。これを繰り返すことで、ユーザの多峰性の感性を抽出してモデルを構築する。ユーザの感性の多峰性の検証のために、被験者実験を行い、三つの対象問題においてユーザの75%が多峰性の感性を持ち、また半数のランドスケープが二個、もしくは三個の峰の数を持つことを確認した。この多峰性の感性ランドスケープを持つケースにおいて、提案手法による感性モデルの抽出を行ったところ、単峰性の探索に優れた従来手法と比較して、より多くの峰を分散して探索することができたことを確認した。この成果により、ユーザには複数の感性の峰が存在すること、またその多くのケースにおいて提案手法が有効に感性モデルを抽出できることが示された。

次に、「脳機能情報を用いた感性のモデル化」について述べる。感性とは一般的には五感、および五感によって感じた刺激に対する心の動きと定義される。この心の動き、すなわち情動や印象、嗜好といったものは、人間の脳の神経生理学的な活動によって生じている。脳に情動などに関連する部位や活動パターンが存在することは既に知られており、脳機能情報に表出する感性の信号から感性のモデルを構築することで、将来的にはより有用なモデルを構築することができると考えられる。よって本研究ではその基礎的な検討として、感性情報の定量化に関する研究を行った。すなわち、感性のランドスケープの抽出に必要な感性の強度を測定する技術の開発を行った。脳機能情報を計測する方法として、計測データから認知情報をデコードする研究が盛んに行われている **fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging)** を用い、被験者実験を行った。被験者は MRI 装置の中で脳活動に計測されながら、アンケートによって感性的な強度が異なるとされた複数の画像を呈示される。強度毎にユーザの脳活動の違いを識別をしたところ、短時間で計測されたデータについては識別が可能であったが、長時間にわたって計測されたデータについては脳活動の変化から識別をすることができなかった。これは実験環境に対するユーザのストレスが脳活動に影響を与えたと考えられ、感性情報を扱う実験においてはユーザの経過時間の影響について考慮する必要があることが分かった。

本論文の成果によりユーザが複雑な感性モデルを持つようなものも含めて、多くの対象問題において、感性ランドスケープを用いた感性情報の数量的記述が可能となった。また、脳機能情報のモデル化については今後研究を進めるにあたって有用な知見を得ることができた。