

氏 名 谷 堯尚

学位(専攻分野) 博士(情報学)

学位記番号 総研大甲第 1760 号

学位授与の日付 平成27年3月 24 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 ヒューマンコンピュータインタラクションにおける非明示的挙動
からユーザ状態を推定するモデルの獲得

論文審査委員 主 査 教授 山田 誠二
准教授 相原 健郎
准教授 稲邑 哲也
准教授 市瀬 龍太郎
教授 藤田 欣也 東京農工大学

論文内容の要旨
Summary of thesis contents

ユーザとコンピュータ間の様々な情報の流れを設計するヒューマンコンピュータインタラクションにおいて、ユーザから得られる情報を基にユーザ状態をコンピュータが推定することは、円滑なインタラクションを実現するために重要な要因の1つと考えられる。なぜなら、ユーザ状態を把握することで、コンピュータが、ユーザの忙しさ、意図、気持ちに対応した挙動をとることができるからである。また、一般的に人間であるユーザがコンピュータに対して能動的、明示的、あるいは意識的に与えることができる情報には限りがある。認知的な労力や時間による制約、インタフェースの機能そのものによる制約などが、その主な理由である。そのため、ユーザ状態を推定するために有効に利用できる明示的情報にも自ずと限りがある。一方で、人間同士のコミュニケーションでは、ユーザが全ての情報を明示的に表出しているわけではなく、様々な非明示的情報をユーザが表出して利用する場合や、ユーザが意識しない情報がやりとりされることもある。そして、これらの非明示的情報をうまく獲得し、ユーザ状態の推定に利用することが考えられる。

本研究では、このようなユーザが無意識に表出している非明示的情報を、ユーザ状態を推定するモデルの獲得に利用することを目指し、推定されたユーザ状態をヒューマンコンピュータインタラクションに応用する。すなわち人が無意識に発している情報である非明示的情報をコンピュータがセンシングすることで獲得して、それらの情報を利用することで、より円滑なインタラクションを実現する。具体的には、新たに2つの有益な非明示的情報を獲得・利用する方法を提案し、その有用性について検証する。非明示的情報を獲得するためのユーザモデルを提案し、そのモデルを構築する方法論を開発する。また、参加者実験により、提案した非明示情報の有効性とユーザモデル構築の実現可能性を評価する。

まず、1つめの非明示的情報は、デスクワーク中にユーザが机の上に与える圧力である。ユーザは、PCの操作を伴うデスクワークを行う際に、キーボードのタイピング、マウスの操作などにより机に対して圧力をかけている。また、自然に机の上に肘をつき、腕の一部を乗せるなどして、知らないうちに机に圧力をかけている。これらの机にかかる様々な圧力は、タスクへの集中度や忙しさに関連していると考えられるため、それらの非明示的情報を獲得し、ユーザ状態のモデルの1つとして扱う。そして、情報通知を受け入れるか否かを意味する割り込み可能性を推定するために、その圧力を利用することを目指す。現在、メール着信、アプリケーションの更新のお知らせなどの様々な情報通知がPCディスプレイ上にあふれているが、それらはユーザが直接情報にアクセスする負荷を軽減する意味で有用な反面、その通知タイミングが適切でないと、かえって作業効率が低下することがわかっている。そこで本研究では、デスクワーク中にユーザが机の上に与える押圧という非明示的情報を利用し、ユーザの繁閑としての割り込み可能性を推定する方法を提案し、参加者実験により実際の有効性を検証する。具体的には、LLセンサーというシート上の圧力センサーを机の上に敷き、そこで参加者に作業をしてもらうことで、机にかかる圧力をセンシングする。そして、そこから得られたロウデータから特徴量を抽出し、機械学習アルゴリズムを適用することでユーザの割り込み可能性の判定を行う。

2つ目の研究は、タッチパネル操作におけるエラーモデルの改良である。タッチパネルは近年様々な機器に用いられる有用なインタフェースであるが、物理キーボードやマウスなどと比べると、力覚的なフィードバックが指に返ってこないことから入力精度が低いこ

(別紙様式 2)
(Separate Form 2)

とが指摘されている。これに対して、目標位置と実際にタップされた位置のズレ（非明示的情報）のモデルであるエラーモデル（ユーザ状態）をタッピングデータと機械学習により獲得し、そのエラーモデルを用いて、入力タップの補正を行う研究が行われている。しかし、先行研究では、指や手の物理的構造の制約に起因するキネマティクスの入力座標の変化のみをモデル化しているにすぎない。これに対し、本研究では、タッチパネルに表示するタップ対象であるボタンなどのオブジェクトが複数個隣接して存在する実際的なユーザインタフェースにおいて、隣接するオブジェクトへのミスタッピングを避けようという意識によって実際のタップ位置がズレてしまう、認知的エラーの導入を行った。具体的には、様々な隣接オブジェクトの配置パターンに対して、目標タップ位置と実際のタップ位置のデータを参加者実験によって収集し、それに対してまずガウス過程回帰により、従来のキネマティクスのエラーモデルを構築し、さらに平均値及びガウス過程回帰により、認知的エラーモデルを構築する実験を行った。そして、その実験結果から認知的エラーモデルが実際に構築できることとその有効性を実験的に示している。

以上2つの研究により、コンピュータがユーザ状態を把握するために、ユーザの非明示的情報が有用であることを示した。

博士論文の審査結果の要旨
Summary of the results of the doctoral thesis screening

出願者の谷堯尚君は、「ヒューマンコンピュータインタラクションにおける非明示的挙動からユーザ状態を推定するモデルの獲得」と題する博士論文を提出し、この論文およびその内容に基づく研究発表に基づき博士論文の審査が行われた。

本論文では、人間とコンピュータがインタラクションをもつヒューマンコンピュータインタラクションにおいて、ユーザから得られる非明示的挙動を利用してユーザの状態を推定する方法を研究している。具体的には、まずユーザのキータイピングや肘により机にかかる圧力を非明示的挙動として捉え、そこから適切な情報通知に必要であるユーザの割り込み可能性を推定するモデルを機械学習により獲得する方法を提案している。続いて、スマートフォンやタブレット PC で広く使われるタッチパネル上でのタッピングに注目し、タッピングの目標位置から実際のタップ位置の間のずれを推定するタッピングエラーモデルに、新しい概念である認知的エラーを導入したモデルを提案している。

本論文は、日本語で記述されており、以下の通り全 5 章から構成されている。

「第 1 章 序論」では、ユーザ状態推定の重要性を説明し、本論文で扱うユーザの非明示的挙動について述べている。さらに、本論文で記述されている具体的な研究内容について概説している。

「第 2 章 関連研究」では、ユーザ状態を推定することでインタラクションを円滑化することを目指した関連研究、情報通知に関する関連研究、そしてタッチパネルタッピングのエラーモデルについての関連研究を説明している。

「第 3 章 机にかかる圧力を用いたユーザの割り込み可能性推定」では、ユーザのキータイピングやマウス操作により机にかかる圧力をシート状の圧力センサでセンシングして、そのデータからユーザが情報通知を受理できるか否かという割り込み可能性を推定するモデルを機械学習により獲得する方法を提案している。また、様々な参加者実験によりその推定方法の有効性を検証している。

「第 4 章 タッチパネルにおける UI デザインを考慮した操作特性モデル」では、広く普及しているタッチパネルのタッピングにおいて、タップの目標位置と実際にタップされた位置のずれに関するエラーモデルを改良している。これまで指や手のキネマティクスに基づき、タップ対象が 1 つだったエラーモデルに対して、周辺にあるタップ対象からの認知的な影響を導入している。また、参加者実験により、提案するエラーモデルによる補正の有効性を検証している。

「第 5 章 結論」では、研究の目的、方法、結果、成果をまとめて、本研究を総括している。

審査委員全員の出席のもと、公開の論文発表を行った。まず、出願者による口頭発表では、論文の内容に沿って、研究の背景、位置づけが述べられた後に、ユーザの非明示的挙動からユーザ状態を推定することの重要性が説明された。続いて、「机にかかる圧力を用いたユーザの割り込み可能性」と「タッチパネルにおける UI デザインを考慮した操作特性モデル」の 2 つの研究における、研究目的、方法、評価実験、結果の分析などについて説明があった。そして、各研究に対する考察、最後に研究全体のまとめが説明された。

質疑応答では、論文及び口頭発表の内容に関して、論文全体のまとめ方、非明示的挙動の定義、研究の技術的な疑問点などに関する質問があり、これらに対し出願者は的確に回答した。論文の一部は、人工知能学会のジャーナル論文として掲載済みであり、また

(別紙様式 3)

(Separate Form 3)

International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), CHI conference などの査読付き国際会議においても発表済である。

論文の内容について、ユーザの状態推定に机の押圧を利用した点、タッピングのエラーモデルに認知的エラーを導入した点、双方において参加者実験により効果を検証している点において、優れた独創性と完成度をもつと審査員による評価があった。

以上に基づき審査が行われた結果、5名の審査委員全員一致で、本論文は学位を授与に値すると判定された。また、口述による試験を実施した結果、出願者はその博士論文を中心としてそれに関連がある専門分野及びその基礎となる分野について博士(情報学)の学位の授与に十分な学識を有するものと判断し、合格と判定した。