

令和元年6月14日現在

機関番号：62615

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2014～2018

課題番号：26118005

研究課題名(和文)人の持続的な適応を引き出す人工物デザイン方法論の確立

研究課題名(英文)Design of artifacts for human sustainable adaptation

研究代表者

山田 誠二(Yamada, Seiji)

国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・教授

研究者番号：50220380

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 78,000,000円

研究成果の概要(和文)：インタラクションデザインの分野において、ユーザモデルとして認知モデルを明示的に導入し、「人間の認知モデル構築」「モデルベースのインタラクションデザイン」「有効性の実験的検証」という認知的インタラクションデザインの設計論を提案した。そして、その設計論に基づき、適応認知における認知バイアスの分析、リーダーフォロワー関係成立における認知バイアスなどの認知モデルの開発を行った。さらに、それらの認知モデルに基づき、信頼モデルによる推薦エージェントのビヘイビアデザイン、シンプルな外見の移動ロボットの感情表出デザインなどの様々なインタラクションを実装し、そのシステムチェックな評価を参加者実験により行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで感覚的に行われてきた認知モデルをユーザモデルとして利用した、インタラクションデザインに対して、明示的に認知モデルを導入したインタラクション設計論を確立したことは、学術的に大きな意味をもつ。また、実際に人間とAIや人間とコンピュータが上手く協調していくために必要なユーザインタフェースの実装について、どのように設計すれば良いのかという指針を与えた点は、応用面から見ても意義のある成果である。また、いくつかの認知モデルの開発自体にも成功しており、提案した設計論に基づき実際に様々なインタラクションデザインを実現し、評価している点も社会的な意義をもつと考える。

研究成果の概要(英文)：For interaction design, we explicitly introduced a cognitive model as a user model, and proposed three phases design policy consisting of cognitive modeling, interaction design based cognitive model and experimental evaluation. Thus, based on the design policy, we developed cognitive modeling of understanding adaptive systems, cognitive bias in building leader-follower relationship between a human and an agent. Then, based on the developed cognitive models, we actually implemented behaviors of product recommendation virtual agents, emotional expression design of constrained shaped robots, and experimentally evaluated them.

研究分野：人工知能, HAI ヒューマンエージェントインタラクション

キーワード：認知モデル ヒューマンエージェントインタラクション インタラクションデザイン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来の HCI ヒューマンコンピュータインタラクションやユーザインタフェースの設計では、ユーザのモデルとして認知モデルを利用することが暗黙的に行われてきた。しかし、その認知モデルを明示的に利用し、さらに設計論としてパラダイムの確立を目指す研究はなかった。

そのことが、HCI やユーザインタフェースの適応範囲を限定し、HCI を UX ユーザエクスペリエンスの設計論にまで進化させることができない一因と考えられていた。

このような背景から、ユーザモデルとして認知モデルを積極的に取り入れた HCI、HAI ヒューマンエージェントインタラクションの研究と、そこから認知モデルベースのインタラクションデザインの枠組みの確立が強く望まれていた。

2. 研究の目的

これまで多くの人工物の外見や機能は、デザイナー、エンジニアの直感により設計されてきた。しかし、本来はそれを利用するユーザの目的、キネマティクス、能力、知識などを考慮して設計することが望ましい。

本研究では、従来の人工物の設計論とは大きく異なり、ユーザである人間の認知特性をモデルとして系に取り込み、人工物の外見、機能を人間と人工物のインタラクションを持続する観点から設計する方法論を開発、確立することを研究目的とした。

具体的な方法としては、人間の認知特性のうち、人間が人工物に対して不可避免的に適応する能力に注目して、その人間の適応モデルを提案し、実験的に検証した。そして、その適応モデルを用いた人間-人工物系のインタラクション最適化として、人工物を設計する方法論を複数のドメインで開発・実現した。最後に、その実装されたユーザインタフェースの有効性をテストベッドにおいて実験的に検証した。

3. 研究の方法

研究目的実現のために、まず人の持続的な適応を引き出すインタラクションデザイン方法論のコンセプトを立案する。具体的な構成として、

「A: 人間の認知モデル構築」
「B: モデルベースのインタラクションデザイン」
「C: 有効性の実験的検証」

という3ステップをとる方法論を提案した。この方法論に基づき、実際に様々な分野で人の持続的な適応を引き出す人工物デザインを実現し、その実装された人工物と人間のインタラクションデザインの従来法に対する優位性を実験的に検証することで、提案方法論の有効性を示し、方法論の確立を目指した。

また、ステップAにおける認知モデル構築では、A01, A02 班、B 班で得られたモデルを活用することを目指した。より具体的な方法論の一部を以下に示す。

(1) ゲームによる認知モデルの構築

単純な2人ゲーム環境で人間のプレーヤの相手がエージェント、人工物などの場合に、人間のプレーヤが相手にどのような適応するかモデル、戦略のヒューリスティクスを提案し、実験的に検証することで適応モデルを開発した。この2人ゲームのバリエーションを用いることで、適応システムの理解、人間とエージェントのリーダーフォロワー関係の解明など様々な研究テーマに、このフレームワークを適用し、利用することができた。

そして、上記ステップAの有効性の直接的な検証とステップB, Cの検証のため、このモデルから具体的なインタラクションデザインであるインタフェース設計を行った。

(2) 認知的表出設計論

右図に示すような、3フェーズからなるロボットや擬人化エージェントの表出のデザイン論を提案した。「1. デザイン空間の定義」では、潜在的なデザイン候補の集合を定義し、「2. 認知モデルでの枝刈り」では、認知モデルの知見や先行研究の結果から、1. で得られた広大なデザイン空間を大幅に絞り込む。そして、最後の「3. 参加者実験による絞り込み」では、実際に参加者による評価により、最終候補を得る。

この設計論に基づいて、お掃除ロボット「ルンバ」が自分の感情を人間に伝えるために有効な表出を実装することができ、またさらに参加者の協力による評価実験を行った。

1. デザイン空間を定義

- 数種類のプリミティブ集合

2. 認知モデルで空間を枝刈り

- 数十以下の候補

3. 参加者実験による絞り込み

- オンライン実験, 絞り込み基準: iconic

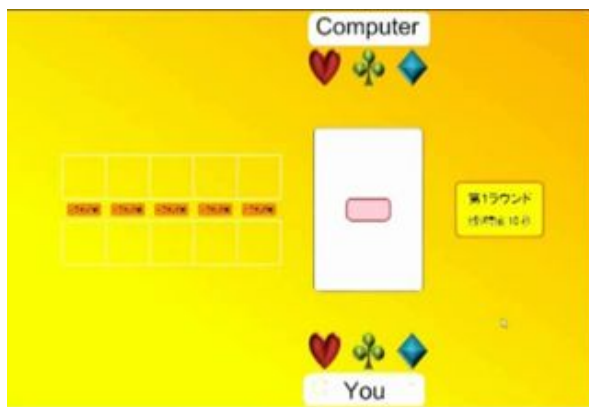
4. 研究成果

(1) 適応認知における認知バイアスの分析

適応学習するアルゴリズムを人がどのように認識するかを調べるために、相手の意図を推定し合うマークマッチングゲーム(右図)の実験を行い、そのデータを条件付確率によるモデルを用いて分析した。

その結果、実験参加者は、マルコフ性バイアス(文脈の効果を最小限に限定するというバイアス)、決定論バイアス(アルゴリズムは確率的には振る舞わず、決定論的に振る舞うという仮定)等の認知バイアスのもとでアルゴリズムの振る舞いを簡略化して認識していることが示された。

適応認知の認知バイアス自体に関する先行研究はないため、独創性の高い結果である。



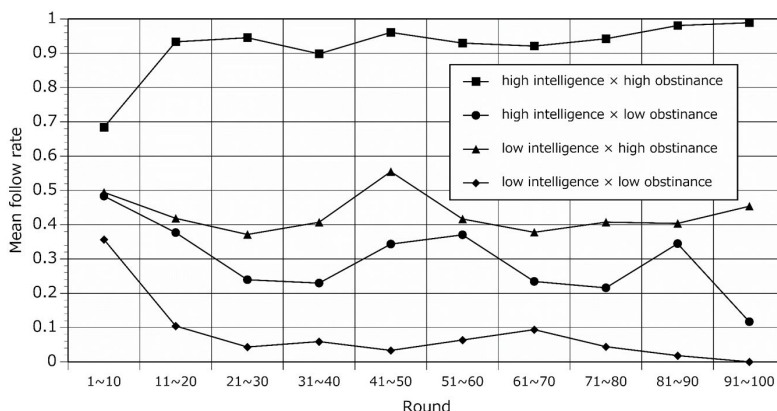
(2) リーダーフォロワー関係成立における認知バイアス

人間とエージェントが協調する場合に、エージェントがリーダーになって、人間がそのエージェントの判断に従うフォロワーになることが、様々なリスクを回避することにつながる。しかし、これまでは、エージェントと人間間のリーダーフォロワー関係がどのような認知バイアスにより生じるのかは、まったく解明されていなかった。

本研究では、まず宣言記号合わせゲームを実装し、それを人間とエージェントで協動的に行うことで、「固執性」と「知性」の2つの要因が、リーダーフォロワー関係の成立に与える影響を参加者実験により、調査した。

その結果、下図のグラフにあるように、エージェントの「知性」よりも、「固執性」の方が有意にエージェントのリーダー成立に影響することがわかった。このグラフは、横軸は宣言記号合わせゲームのラウンド数を、縦軸は人間がエージェントの意見に従った割合を示している。そして、「固執性 obstinance」と「知性 intelligence」の全組み合わせの結果がプロットされている。

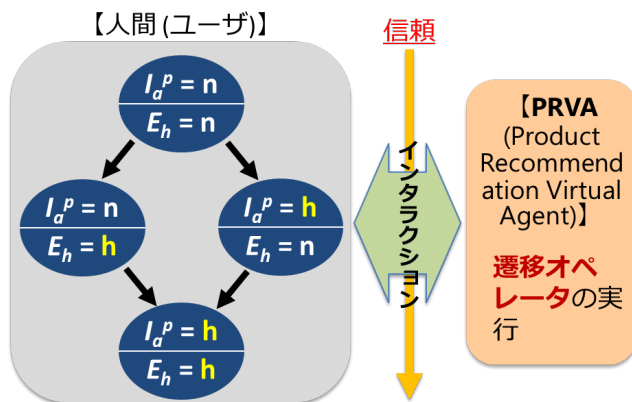
この結果は、ヒューマンエージェントインタラクションにおいて、リーダーフォロワー関係の成立要因を解明した世界初の研究である。



(3) 信頼モデルによる PRVA デザイン

近未来のオンラインショッピングにおいては、店員と同じ役割を果たす擬人化エージェントである PRVA (Product Recommendation Virtual Agent) が様々な web サイトで実装されることが予想される。

本研究では、そのとき PRVA にどのような動作をさせると、ユーザに信頼してもらい、購買意欲を向上することができるのかの設計方法を提案、検証した。右図に示すような、ユーザの内部状態の状態遷移モデルを考案し、その状態を下方向に遷移されることで、信頼感と購買意欲の向上を促すことが可能であることを多くの参加者実験により示した。具体的には、PRVA が「かわいい仕草」をすること、そして深い商品知識を的確にユーザに説明できることが、ユーザの状態遷移を促す様子が確認された。



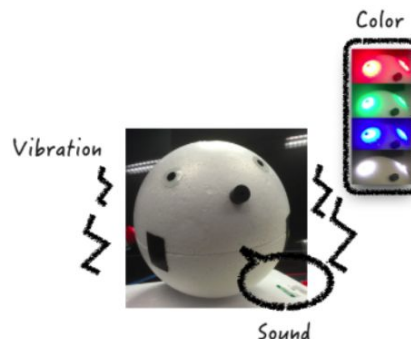
この成果は、ユーザを買う気にさせる擬人化エージェントを実現したオリジナリティの高いものである。

(4) シンプルな外見の移動ロボットの感情表出デザイン

前述の「3.(2)認知的表出設計論」を適用して、右図のようなシンプルな外見をもつロボットが自身の感情を人間に伝えるのに適した表出をデザインした。この研究では、特にビープ音、LED明滅、振動の3つのモダリティの組合せによる、効果的な表出デザインを目指した。

元の128のデザイン候補からなるデザイン空間を先行研究のメタアナリシスにより、28通りに絞り込み、その候補集合から、参加者実験により、効果的なマルチモーダル感情表出をデザインすることができた。

この成果は、認知的デザイン学を具体的な表出デザインに適用したオリジナリティの高いものであり、研究論文はHRIヒューマンロボットインタラクションのトップ国際会議で2年続けて発表された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計24件)

- (1) Tetsuya Matsui and Seiji Yamada: Designing Trustworthy Product Recommendation Virtual Agents Operating Positive Emotion and Having Copious Amount of Knowledge, *Frontiers in Psychology*, 10(675) (2019) <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00675>
- (2) Sichao Song and Seiji Yamada: Ambient Lights Influence Perception and Decision-Making, *Frontiers in Psychology*, 9(2685) (2019) 10.3389/fpsyg.2018.02685
- (3) Masayuki Okabe and Seiji Yamada: Clustering Using Boosted Constrained k-Means Algorithm, *Frontiers in Robotics and AI*, 5(18) (2018) 10.3389/frobt.2018.00018
- (4) Kazunori Terada and Seiji Yamada: Mind-Reading and Behavior-Reading against Agents with and without Anthropomorphic Features in a Competitive Situation, *Frontiers in Psychology*, pp.8:1071 (2017) <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01071>
- (5) 松井哲也, 山田誠二: ユーザの信頼を誘発する商品推薦エージェントデザイン 感情と知識量の遷移による信頼向上, *人工知能学会論文誌*, 32(2), pp.C-G92_1-10 (2017) <https://doi.org/10.1527/tjsai.C-G92>

〔学会発表〕(計103件)

- (1) Tetsuya Matsui & Seiji Yamada: The Effect of Subjective Speech on Product Recommendation Virtual Agent, Proceedings of the 24rd International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2019), pp.109-110 (2019)
- (2) Sichao Song and Seiji Yamada: Designing Expressive Lights and In-Situ Motions for Robots to Express Emotions, Proceeding of the 6th International Conference on Human Agent Interaction (HAI2018), pp.311-316 (2018)
- (3) Takanori Komatsu, Kazuki Kobayashi, Seiji Yamada, Kotaro Funakoshi and Mikio Nakano: Response Times when Interpreting Artificial Subtle Expressions are Shorter than with Human-like Speech Sounds, Proceedings of the 35th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2017), pp.3501-3505 (2017)
- (4) Sichao Song and Seiji Yamada: Expressing Emotions through Color, Sound, and Vibration with an Appearance-Constrained Social Robot, Proceedings of the 12th International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2017), pp.2-11 (2017)
- (5) Kazunori Terada and Seiji Yamada and Kazuyuki Takahashi: A Leader-Follower Relation between a Human and an Agent, Proceedings of the 4th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2016), pp.277-280 (2016)

〔図書〕(計6件)

- (1) 馬場口登, 山田誠二 (著): 「人工知能の基礎(第2版)」, オーム社 (2015.2).

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし。

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 寺田 和憲

ローマ字氏名：(TERADA, kazunori)

所属研究機関名：岐阜大学

部局名：工学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30345798

研究分担者氏名：小林 一樹

ローマ字氏名：(KOBAYASHI, kazuki)

所属研究機関名：信州大学

部局名：学術研究院工学系

職名：准教授

研究者番号(8桁): 00434895

研究分担者氏名：松井 哲也

ローマ字氏名：(MATSUI, tetsuya)

所属研究機関名：成蹊大学

部局名：理工学部

職名：助教

研究者番号(8桁): 10751737

(2)研究協力者

研究協力者氏名：小松 孝徳

ローマ字氏名：(KOMATSU, takanori)

研究協力者氏名：船越 孝太郎

ローマ字氏名：(FUNAKOSHI, kotaro)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。