

令和元年6月15日現在

機関番号：12601

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：26118001

研究課題名（和文）認知的インタラクションデザイン学：意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用

研究課題名（英文）Cognitive Interaction Design: A Model-based Understanding of Communication and its Application to Artifact Design

研究代表者

植田 一博（UEDA, Kazuhiro）

東京大学・大学院総合文化研究科・教授

研究者番号：60262101

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 97,100,000円

研究成果の概要（和文）：他者モデルによるユーザの心的状態推定という認知科学的手法をベースに、ユーザに自然に適応する人工物を設計するためのデザイン原理ならびに基礎技術の総称を、認知的インタラクションデザイン学と命名した。国際的な水準でこの認知的インタラクションデザイン学を確立するために、共通実験ツールの開発と運営、研究成果の国内外への発信するための国内外のシンポジウムやワークショップなどの開催、この学問分野の将来を担う、視野の広い若手研究者を育成するための領域内インターンシップ制度の運営、領域会議の実施を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

様々な状況で、インタラクション相手の内部状態を推定するための他者モデルを構築できたことで、インタラクション研究に計算論を導入した新しい学問領域を切り開くことができた。同時に、他者の行動を（確率的に）予測できるようになったため、他者モデルの人工物への実装を進めることができた。この社会的な意義は大きい。さらに、人が他者の内部状態推定を行う際に固有にもっているバイアスの解明、リトミック教育、旅行相談、人-伴侶動物インタラクションなど実世界に即した、他者モデル解明のための実験環境の構築、人や動物の動作や生理状態を統合的に計測し分析するための新しい手法の開発、など学術的意義の高い成果が得られた。

研究成果の概要（英文）：This research project aims at establishing a new academic field which we call “Cognitive Interaction Design (CID)”. Here, CID collectively means the design principles and basic technologies to design artifacts that naturally adapt to users, based on the cognitive science method of estimating users’ mental states by the model of others. In order to establish CID at an international level, we conducted the followings: (1) development and operation of common experimental tools, (2) holding domestic and international symposia and workshops for disseminating our research results in and out of the country, (3) management of in-field internship system to foster young researchers with a wide field of vision who will be responsible for the future of CID, and (4) holding in-field steering meetings.

研究分野：認知科学，知能情報学

キーワード：認知科学 人工知能 ヒューマンインタフェース インタラクション コミュニケーション 会話計測
社会系心理学 研究者交流

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

1. 研究開始当初の背景

相手が人であれ動物であれ、人は相手の心的状況（意図など）を読み取り、それに適応した行動を取ることで、円滑にコミュニケーションを行っていると考えられる。人と人工物が自然にインタラクションを行うには、コミュニケーションの中での、人のこのような心的状態推定に基づく適応的で持続的な関係性を、人-人工物間にも成立させることが重要である。そのためには、人がコミュニケーション相手に対してもつ他者モデル（他者の行動を理解・予測するための認知モデル）の機序を明らかにする必要がある。

このような学術的な要請に対して、適応型インタフェース (Benyon & Murray, 1993), Affective Computing (Picard, 1997), Persuasive Technology (Fogg, 2002) 等の試みが行われてきたが、人と自然にかつ持続的にインタラクション可能な人工物の実現には至っていない。その一方で、多くの場合、人は他者と自然にかつ持続的にインタラクションを実現できている。その鍵は、上述したように他者モデルに基づく意図推定だと考えられている (Baron-Cohen, 1997)。このような相手の心的状態の推定という行為は、人同士のコミュニケーションに限られるものではなく、霊長類や一部の鳥類も行動や文脈から他者の意図を推定できると言われている (Premack & Premack, 2003; Bugnyar & Kotrschal, 2002)。同様な心的状態の推定は、同種ではない人 (飼い主) と伴侶動物のインタラクションにおいても生じていると推測される。そのため、人-人インタラクションおよび人-動物インタラクションにおける他者モデルに基づく心的状態の推定メカニズムを明らかにし、それを人-人工物インタラクションに応用すれば、人と自然にかつ持続的にインタラクション可能な人工物の設計に資すると期待される。特に、言語に依存しがちな成人同士よりも、非言語情報に依存せざるを得ない、子供と大人、人と動物のインタラクションの知見の方が人-人工物インタラクションに応用し易いと考えられる。

2. 研究の目的

人と人工物との自然で持続的なインタラクションを実現するために、他者の行動を理解・予測するのに必要で、かつ状況に応じて変化する認知モデルである他者モデルを認知科学的に分析し、他者モデルによるユーザの心的状態の推定に基づいて、ユーザに自律的かつ持続的に適応できる人工物を設計・構築するための基盤理論である**認知的インタラクションデザイン学**を確立する。具体的には、成人間、子供-大人間、人-動物間という性格の異なる他者とのインタラクションの分析を通じて、自然で持続的な人-人工物インタラクションの設計を目指す (右図)。



3. 研究の方法

上述した目的を達成するために、具体的には以下の4つの活動を行った。

共通実験ツールの開発と運営

各計画研究の研究を支援するための共通実験ツールを構築し、お互いに協力しながら実験や計測に利用した。この開発・運営のために、定期的に総括班会議を開催した。

研究成果の国内外への発信基盤の整備と運営

本領域の主要メンバが毎年開催してきた HAI シンポジウムとのジョイントで、認知的インタラクションデザイン学に関するシンポジウムを、また、同じく本領域の主要メンバが関わっている国際会議 International Conference on HAI (ACM 共催) とのジョイントで、認知的インタラクションデザイン学に関する国際ワークショップを開催し、研究成果を国内外に発信した。これら以外にも、各種の国際会議や国内学会に協賛する形でワークショップや OS を開催した。

若手研究者育成のための領域内インターンシップ制度の運営

各研究計画で雇用する若手研究者の視野を広げ、真の意味で日本の学際研究を担える人材として育成するために、一定期間、他の研究室に滞在して専門分野外の学問を学ぶ領域内インターンシップ制度を運営した。また、若手研究者が領域内会議に参加するための旅費も支援した。

領域会議の実施ならびに領域運営評価

認知的インタラクションデザイン学は極めて学際的な分野であるため、認知科学、情報科学・工学、心理学などの幅広い研究分野の研究者（総括班評価者）からなる領域会議を年度末に開催し、領域研究の進捗や領域運営に対して評価してもらった。さらに、領域内の交流や研究に関する議論、さらには共同研究を活性化するために、ほぼ毎年合宿形式の領域会議を開催した。合宿形式の領域会議には、一部の総括班評価者や学術調査官も参加し、活発な議論を行った。

4. 研究成果

共通実験ツールの開発と運営

インタラクション場面における会話、その際の身体動作や生理指標を取得し、会話場全体をデータとして簡便に記録するための3次元会話計測システムを開発した。これにより、各計画

研究が個別に計測システムを開発しなくても、様々な場面で柔軟に、かつ複数の会話者からなるインタラクションのデータを取得できるようにすることが狙いであった。身体動作計測に関しては Kinect v2 を用いたプロトタイプを 2016 年度までに作成し、A01、C02 の各計画研究における実験計測で利用した (Ohmoto, Ohkaki, & Nishida, 2016)。画像処理と深層学習を組み合わせて、単眼カメラから人の骨格や顔特徴を検出する OpenPose (Cao et al., 2018) が発表されてからは、プロトタイプで実現した複数センサの 3 次元点群の統合データに OpenPose を適用するシステムを開発した。最終的に、「3 次元データを出力可能」「点群に対する自由視点から姿勢推定が可能」という OpenPose にはない特徴を備えたシステムを作成できた。

さらに、ウェアラブル型の計測ツールも開発した。一つは、機能を限定し、広い範囲を移動する場合でも、加速度、顔方向、音声、ビデオ映像を取得・分析できるモバイル版ソシオメータである。特に A02 において園児の行動計測に利用するために、幼稚園のバッジに最適な大きさとして、カメラ込みで 20g の超小型軽量ソシオメータを最終的に作成し、計測に利用した。また、今後活用が期待されるウェアラブル型端末 (スマートウォッチ) のインタフェースに利用し、人のインタラクションを記録可能なデバイスとして実現した (黒澤, 坂本, & 小野, 2019)。これら計測ツールを領域内で共有し運営するために、総括班会議を 5 年間で合計 15 回 (2014 年度 3 回, 2015 年度 5 回, 2016 年度 3 回, 2017 年度 2 回, 2018 年度 2 回) 開催した。

研究成果の国内外への発信基盤の整備と運営

以下の表の通り、国際ワークショップや国際会議における OS 等を合計 11 回開催した。

年度	国際会議名 (開催場所と開催月)
2014	1. Cognitive Interaction Design Workshop at the Second International Conference on Human-Agent Interaction (筑波大学, 10 月)
2015	2. The 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication Kobe International Conference (神戸, 8 月)(OS 開催) 3. Workshop on Cognitive Interaction Design at the Third International Conference on Human-Agent Interaction (韓国大邱, 10 月)
2016	4. The 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (アメリカ合衆国, 8 月)(OS 開催) 5. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the Fourth International Conference on Human-Agent Interaction (シンガポール, 10 月) 6. International Workshop on Essentials of Informative Communication: What We Can Learn from Inter-Species Communication (専修大学, 11 月)
2017	7. The 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (ポルトガル, 8 月)(OS 開催) 8. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the Fifth International Conference on Human-Agent Interaction (ドイツ, 10 月)
2018	9. The 2018 Conference on Artificial Life (東京, 7 月) に協賛 10. The 27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (中国, 9 月)(OS 開催) 11. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the Sixth International Conference on Human-Agent Interaction (イギリス, 12 月)

さらに、以下の表の通り、国内シンポジウムや国内学会での OS 等を合計 22 回開催した。なお、会議名の前の*は、それが研究成果のアウトリーチを目的としたものであることを示す。

年度	国内会議名 (開催場所と開催月)
2014	1. 「認知的インタラクションデザイン学」キックオフシンポジウム(東京大学, 9 月) 2. HAI シンポジウム 2014「認知的インタラクションデザイン学特別セッション」(岐阜大学, 12 月)
2015	3. *公開講義「認知的インタラクションデザイン学」(京都工芸繊維大学, 7~8 月) 4. *日本神経回路学会オータムスクール ASCONE2015「脳の中の自己と他者」(かたから諏訪湖ホテル, 10~11 月) 5. HAI シンポジウム 2015 (東京大学, 12 月)
2016	6. 人工知能学会第 30 回全国大会 OS「人と人工知能を繋げる HAI」(北九州国際会議場, 6 月) 7. *公開講義「認知的インタラクションデザイン学」(京都工芸繊維大学, 6~7 月) 8. *玉川大学・高校生体験理科教室の共催 (玉川大学, 8 月) 9. 日本認知科学会第 33 回大会・特別企画「ヒト/動物/人工物の社会性の認知基盤」(北海道大学, 9 月) 10. 日本動物心理学会第 76 回大会・共催シンポジウム「北海道の身近な動物のコミュニケーション研究最前線」(北海道大学, 11 月) 11. *日本神経回路学会オータムスクール ASCONE2016「人工知能に意識は宿るか」(かたから諏訪湖ホテル, 11 月) 12. HAI シンポジウム 2016 (東京大学, 12 月)

2017	13. 人工知能学会第 31 回全国大会 OS「HAI, その心とは? : 人工知能をベースとしたインタラクション技術を考える」(名古屋, 5月) 14. *公開講義「認知的インタラクションデザイン学」(京都工芸繊維大学, 6~7月) 15. *日本神経回路学会オータムスクール ASCONE2017「脳のリズム」(かたから諏訪湖ホテル, 11月) 16. HAI シンポジウム 2017 (金沢, 12月) 17. *玉川大学・高校生体験理科教室の共催 (玉川大学, 2018年3月)
2018	18. *脳科学トレーニングコース 2018 (玉川大学, 6月) 19. *公開講義「認知的インタラクションデザイン学」(京都工芸繊維大学, 6~8月) 20. 日本動物心理学会第 78 回大会・国際シンポジウム「Animal Cognition: Space, Timing, and Memory from Neuron to Behavior」(広島大学, 8月) 21. *日本神経回路学会オータムスクール ASCONE2018「リアリティを生むメカニズム」(諏訪レイクサイドホテル, 11月) 22. HAI シンポジウム 2018 (専修大学, 2019年3月)

若手研究者育成のための領域内インターンシップ制度の運営

領域内インターンシップ制度を実施するための準備を 2014 年度に行い, 2015 年度より運用を開始した。2015 年度から 2018 年度までの 4 年間に, 合計で 27 名(のべ 32 回)の若手研究者を希望研究室にインターンとして派遣した(2015 年度 6 名, 2016 年度 10 名(のべ 12 回), 2017 年度 8 名(のべ 10 回), 2018 年度 3 名(のべ 4 回)という内訳)。この若手研究者の派遣によって, 計画研究班を超えた共同研究に至った例も少なからず存在しており, 本制度の有効性を確認できた。また, 2017 年度と 2018 年度に関しては, 若手研究者が領域内会議に参加するための旅費も支援した。

領域会議の実施ならびに領域運営評価

以下の表の通り, 5 年間で合計 12 回の領域会議を開催実績した。

年度	開催日時と場所	開催内容
2014	2015 年 1 月 20 日, 東京工業大学田町キャンパス	年度末成果報告
	2015 年 3 月 23~24 日, はこだて未来大学	生体信号計測に関する実習形式の合宿研修会
2015	2015 年 6 月 20~21 日, 国立情報学研究所	計画研究の研究進捗報告と公募研究の研究紹介, 領域内交流
	2015 年 8 月 29~30 日, アクティ奈良	機械学習に関する合宿勉強会
	2016 年 1 月 23 日, 慶應義塾大学三田キャンパス	年度末成果報告
2016	2016 年 8 月 7~8 日, 国立情報学研究所	計画研究および公募研究の研究進捗報告, 領域内交流
	2017 年 1 月 6~8 日, 浜名湖・館山寺温泉	他者モデルについての共通理解を深めるための合宿討論会
	2017 年 1 月 21 日, 慶應義塾大学三田キャンパス	年度末成果報告(長谷川・共感性新学術領域と合同開催)
2017	2017 年 9 月 6~8 日, アクティ浜松コンgresセンターおよび浜名湖・館山寺温泉	研究進捗報告を兼ねた, 他者モデルについての共通理解を深めるための合宿討論会
	2018 年 1 月 20~21 日, 慶應義塾大学三田キャンパス	年度末成果報告
	2018 年 3 月 18~19 日, ホテルコンコルド浜松	領域全体の総括および後継領域に関する合宿討論会
2018	2019 年 1 月 12~13 日, 慶應義塾大学三田キャンパス	最終成果報告

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

黒澤紘生, 坂本大介, 小野哲雄: スマートウォッチの傾きと筋電情報の組み合わせによるポインティング手法, 情報処理学会論文誌, 査読有, 60(2), pp. 364-375 (2019.2).

植田一博: 『認知的インタラクションデザイン学』の展望: 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して, 認知科学, 査読無, 24(2), pp.220-233 (2017.6).

植田一博, 小野哲雄, 今井倫太, 長井隆行, 竹内勇剛, 鮫島和行, 大本義正: 意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用, 人工知能, 査読無, 31(1), pp.3-10 (2016.1).

鮫島和行: ヒトを知る—脳科学が映す人間の姿—人の行動を決める古い脳と新しい脳, 生活協同組合研究, 査読無, 480, pp.19-25 (2016.1).

植田一博: 人, 動物, 人工物をインタラクションで繋ぐ, 実験医学, 査読無, 32(16), pp.2660-2661 (2014.10).

〔学会発表〕(計 23 件)

植田一博: 認知的インタラクションデザイン学: 時間機序を考慮した他者の内部状態推定,

第 85 回言語・音声理解と対話処理研究会 (2019.3). (京都, 日本) (招待講演)
Imai, M., Norman, T.J., Sklar, E.I., & Komatsu, T.: HAI 2018 Chairs' Welcome, Proceedings on the 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2018), p.1 (2018.12). (Southampton, UK)
Wang, M., Nagasawa, M., Samejima, K., Kikusui, T., & Ueda, K.: The change of social competence and free interaction with human in rescue dogs, The 54th Annual Conference of the Animal Behavior Society (ABS 2017) (2017.6). (Toronto, Canada)
長谷川壽一, 開一夫, 植田一博: 特別企画「ヒト/動物/人工物の社会性の認知基盤: 解明と応用」, 日本認知科学会第 33 回大会 (2016.9). (札幌, 日本) (招待講演)
Ohmoto, Y., Ohkaki, T. & Nishida, T.: A Support System to Accumulate Interpretations of Multiple Story Timelines, Proceedings of the 20th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2016), 96, pp.607-616 (2016.9). (York, UK)
Attamimi, M., Katakami, Y., Abe, K., Nagai, T., & Nakamura, T.: Modeling of Honest Signals for Human Robot Interaction, Proceedings of ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2016), pp.415-416 (2016.3). (Christchurch, New Zealand)
植田一博, 竹内勇剛, 長井隆行, 山田誠二, 今井倫太: 認知的インタラクションデザイン学特別セッション, HAI シンポジウム 2014 (2014.12). (岐阜, 日本) (招待講演)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ: <https://www.cognitive-interaction-design.org/>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 竹内 勇剛
ローマ字氏名: TAKEUCHI, Yugo
所属研究機関名: 静岡大学
部局名: 情報学部
職名: 教授
研究者番号 (8 桁): 00333500

研究分担者氏名: 大本 義正
ローマ字氏名: OHMOTO, Yoshimasa
所属研究機関名: 京都大学
部局名: 情報学研究科
職名: 助教
研究者番号 (8 桁): 90511775

研究分担者氏名: 長井 隆行
ローマ字氏名: NAGAI, Takayuki
所属研究機関名: 電気通信大学
部局名: 情報理工学研究科
職名: 特任教授
研究者番号 (8 桁): 40303010

研究分担者氏名: 岡 夏樹
ローマ字氏名: OKA, Natsuki
所属研究機関名: 京都工芸繊維大学
部局名: 情報工学・人間科学系
職名: 教授
研究者番号 (8 桁): 20362585

研究分担者氏名: 鮫島 和行

ローマ字氏名：SAMEJIMA, Kazuyuki
所属研究機関名：玉川大学
部局名：脳科学研究所
職名：教授
研究者番号（8桁）：30395131

研究分担者氏名：澤 幸祐
ローマ字氏名：SAWA, Kohsuke
所属研究機関名：専修大学
部局名：人間科学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：60407682

研究分担者氏名：山田 誠二
ローマ字氏名：YAMADA, Seiji
所属研究機関名：国立情報学研究所
部局名：コンテンツ科学研究系
職名：教授
研究者番号（8桁）：50220380

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：今井 倫太
ローマ字氏名：IMAI, Michita
所属研究機関名：慶応義塾大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：60348828

研究分担者氏名：小野 哲雄
ローマ字氏名：ONO, Tetsuo
所属研究機関名：北海道大学
部局名：情報科学研究科
職名：教授
研究者番号（8桁）：40343389

研究分担者氏名：大澤 博隆
ローマ字氏名：OSAWA, Hirotaka
所属研究機関名：筑波大学
部局名：システム情報系
職名：助教
研究者番号（8桁）：10589641

研究分担者氏名：遠山 紗矢香
ローマ字氏名：TOHYAMA, Sayaka
所属研究機関名：静岡大学
部局名：情報学部
職名：助教
研究者番号（8桁）：80749664

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。