

領域略称名：認知的デザイン学
領域番号：4601

令和元年度科学研究費助成事業
「新学術領域研究（研究領域提案型）」
に係る事後評価報告書

「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」

（領域設定期間）

平成26年度～平成30年度

令和元年6月

領域代表者 （東京大学・大学院総合文化研究科・教授・植田 一博）

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	6
2. 研究領域の設定目的の達成度	8
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	11
4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況	12
5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	14
6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	17
7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況	22
8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	24
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	28
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	29
11. 総括班評価者による評価	30

研究組織 (総：総括班, 支：国際活動支援班, 計：総括班及び国際活動支援班以外の計画研究, 公：公募研究)

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00 総括	26118001 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	平成 26 年度～ 平成 30 年度	植田 一博	東京大学・総合文化研究科・教授	14
A01 計画	26118002 成人間インタラクシ ョンの認知科学的分析と モデル化	平成 26 年度～ 平成 30 年度	植田 一博	東京大学・総合文化研究科・教授	6
A02 計画	26118003 子供＝大人インタラク ションの認知科学的分 析とモデル化	平成 26 年度～ 平成 30 年度	長井 隆行	電気通信大学・情報理工学研究科・特 任教授	7
B01 計画	26118004 人＝動物インタラクシ ョンにおける行動動態 の分析と認知モデル化	平成 26 年度～ 平成 30 年度	鮫島 和行	玉川大学・脳科学研究所・教授	8
C01 計画	26118005 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	平成 26 年度～ 平成 30 年度	山田 誠二	国立情報学研究所・コンテンツ科学研 究系・教授	5
C02 計画	26118006 人の適応性を支える環 境知能システムの構築	平成 26 年度～ 平成 30 年度	今井 倫太	慶應義塾大学・理工学部・教授	5
統括・支援・計画研究 計 5 件					
A01 公募	15H01612 直感的デバイスを用い たコミュニケーション・ システムの設計と理論	平成 27 年度～ 平成 28 年度	池上 高志	東京大学・総合文化研究科・教授	1
A01 公募	15H01614 高難度外科手術におけ る術者間のメンタルモ デルシェアリングに関 する研究	平成 27 年度～ 平成 28 年度	三輪 和久	名古屋大学・情報科学研究科・教授	1
A01 公募	15H01621 プロアクションとリア	平成 27 年度～ 平成 28 年度	島田 敬士	九州大学・基幹教育院・准教授	1

	クシヨンに基づくウェアラブル時代のユーザインタフェース開発				
A02 公募	15H01618 子どもは原初的リズムの中に養育者を見出すか？ ロボットによる検証と計算モデル化	平成 27 年度～ 平成 28 年度	高橋 英之	大阪大学・基礎工学研究科・特任講師	1
A02 公募	15H01622 インタラクシヨンにおける感情誘導過程のモデル化	平成 27 年度～ 平成 28 年度	大森 隆司	玉川大学・工学部・教授	1
B01 公募	15H01619 同調行動が生み出す社会適応にかんする人ー動物間の比較認知科学的検討	平成 27 年度～ 平成 28 年度	山本 真也	神戸大学・国際文化科学研究科・准教授	1
B01 公募	15H01620 機械学習による人および動物の行動の定量的解析	平成 27 年度～ 平成 28 年度	池田 和司	奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授	1
C01 公募	15H01613 時計に対する先入観を逆利用した擬似的な時間表示変化による作業効率向上手法の構築	平成 27 年度～ 平成 28 年度	櫻井 翔	東京大学・情報理工学系研究科・客員研究員	1
C01 公募	15H01615 認知モデルを利用した自伝的記憶のミラーリングエージェント	平成 27 年度～ 平成 28 年度	森田 純哉	静岡大学・情報学部・准教授	1
C01 公募	15H01616 ロボットを介した人から人への作業知識伝達を対象としたインタラクシヨン研究	平成 27 年度～ 平成 28 年度	三浦 純	豊橋技術科学大学・情報・知能工学系・教授	1
C02 公募	15H01611 正直シグナルの伝播による人らしさを生み出す操縦インタフェースの構築	平成 27 年度～ 平成 28 年度	飯塚 博幸	北海道大学・情報科学研究科・准教授	1

C02 公募	15H01623 操作者の身体特性に自動適合する電動車椅子の適応走行制御システムの開発	平成 27 年度～ 平成 28 年度	硯川 潤	国立障害者リハビリセンター・福祉機器開発部・室長	1
A01 公募	17H05855 Agency を持つ仮想空間デザインと、そのなかでのコミュニケーション実験	平成 29 年度～ 平成 30 年度	池上 高志	東京大学・総合文化研究科・教授	1
A02 公募	17H05861 子供の主体性を育むヨコの関係構築を実現するソーシャルフィルタリングシステムの開発	平成 29 年度～ 平成 30 年度	高橋 英之	大阪大学・基礎工学研究科・特任講師	1
A02 公募	17H05853 こどもの遊び心にコミットする小動物型俊敏ロボット	平成 29 年度～ 平成 30 年度	望山 洋	筑波大学・システム情報系・准教授	1
B01 公募	17H05862 類人猿と伴侶動物を対象にした同調と社会適応に関する比較認知科学	平成 29 年度～ 平成 30 年度	山本 真也	京都大学・高等研究院・准教授	1
B01 公募	17H05863 機械学習による人および動物のインタラクションモデルの構築	平成 29 年度～ 平成 30 年度	池田 和司	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授	1
C01 公募	17H05857 社交不安障害患者へのヒトの外観に酷似したロボットを用いた暴露療法の開発	平成 29 年度～ 平成 30 年度	熊崎 博一	金沢大学・子どものこころの発達研究センター・特任准教授	1
C01 公募	17H05859 ミラーリング技術による人間＝認知モデルインタラクションの実現	平成 29 年度～ 平成 30 年度	森田 純哉	静岡大学・情報学部・准教授	1
C01 公募	17H05860 ロボットを介した人から人への作業教示結果に基づくインタラクシ	平成 29 年度～ 平成 30 年度	三浦 純	豊橋技術科学大学・情報・知能工学系・教授	1

	ョンモデルの学習				
C01 公募	17H05858 操作嗜好性を制御して 高効率操作習熟を実現 するロボット操作シス テム	平成 29 年度～ 平成 30 年度	渡辺 哲陽	金沢大学・フロンティア工学系・教授	1
C02 公募	17H05866 操作戦略の推移モニタ リングにもとづくハン ドル形電動車椅子の制 御最適化技術の開発	平成 29 年度～ 平成 30 年度	硯川 潤	国立障害者リハビリセンター・福祉機 器開発部・室長	1
C02 公募	17H05854 エアホッケーロボット による環境適応知能シ ステムの研究	平成 29 年度～ 平成 30 年度	並木 明夫	千葉大学・工学研究科・准教授	1
C02 公募	17H05856 俊敏に動作する柔軟軽 量な筋骨格ロボットに よる対人接触インタラ クションの研究	平成 29 年度～ 平成 30 年度	西川 鋭	東京大学大学院・情報理工学系研究 科・助教	1
公募研究 計 24 件					

1. 研究領域の目的及び概要（2ページ以内）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募研究領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を発展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

研究目的及び全体構想

相手が人であれ動物であれ、人は相手の心的状況（意図等）を読み取り、それに適応した行動を取ることを繰り返すことで、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、どのような状況で、どのような相手に対して、どのような**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）をもつのかを、またインタラクションの中で他者モデルをいかに学習、更新していくのかを明らかにする必要がある。そこで本領域では、人-人工物間の自然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**を確立するのが目的である。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（右上図）。具体的な研究項目は以下の通りである。



【研究項目 1】人-人インタラクションにおける他者モデルに基づく適応メカニズムの認知科学的分析とモデル化：人-人インタラクションにおいて、人がどのような状況でどのような他者モデルをもち、それにしたがってどのようにインタラクションを行っているのか、またインタラクションの中で他者モデルがどのように学習、変更されるのかを認知科学的に分析する。その際、人-人インタラクションの根幹となっている記号的側面ばかりでなく、非言語的側面（発話音声に含まれる韻律情報、視線や動作）にも焦点を当てる。成人間のインタラクションの分析（**項目 1-1**）と子供-大人間の（特にロボットとの遊びを介した）インタラクションの分析（**項目 1-2**）を行う。項目 1-1 を**研究計画班 A01**が、項目 1-2 を**研究計画班 A02**が担当する。

【研究項目 2】人-動物インタラクションにおける他者モデルに基づく適応メカニズムの認知科学的分析とモデル化：上記と同様な分析を人と動物のインタラクションでも実施する。例えば、動物が餌や人の教示（言葉）に含まれる韻律特徴（怒った／褒めた声に現れる普遍的な特徴）などの一次報酬系からいかにお手などの言葉の意味を学習し、さらに獲得された言葉という二次報酬系をも利用していかに人の心的状態を推定するのか、また人という教示者が動物の学習状況に応じていかに教示を変化させるのかを中心に分析し、人ならびに動物の他者モデルに基づく適応過程をモデル化する。**研究計画班 B01**が担当する。

【研究項目 3】自然で持続的な人-人工物インタラクションを実現する人工物デザインの確立と環境知能の実現：上記の分析に基づき、人の持続的な適応を引き出す人工物（アプライアンスのエージェント化）のデザイン方法論を確立する（**項目 3-1**）。特に人工物設計について、「可愛い」「操作が簡単」等の美的センスや操作性の基準ではなく、ユーザとの自然で持続的なインタラクションの観点から新しい設計基準を提案し、その妥当性を実験的に検証する。さらに、ナビゲーション等での状況に応じたユーザへの情報提供の実現や、人の意図に応じて適応的に振る舞える人工物の実現を通して、人の適応性を支える**環境知能システム**を構築する（**項目 3-2**）。項目 3-1 を**研究計画班 C01**が、項目 3-2 を**研究計画班 C02**が担当する。

学術的背景

人と人工物の円滑なインタラクションを実現するために、これまでもいくつかの試みがなされている。第一に、システムが個々のユーザの癖や特徴を検出・学習し、ユーザへの情報表出などにそれを活かしてユーザに徐々に適応していく適応型インタフェースの研究（例えば、Benyon & Murray, 1993; Masui & Nakayama, 1994）が挙げられる。本領域研究における他者モデルに基づき適応する人工物と共通点はあるものの、本領域研究と異なり、適応型インタフェースでは人（ユーザ）は学習する系とは見做されておらず、このことが適応的な人工物の実現を困難にしている。第二に、ペットロボット等の外見を生物に似せる試み（例えば、Ishiguro 2006; 2007）が挙げられる。これに対して、C01 班の研究代表者の山田は、人工物のもつ過度に生物的な外見と生物よりも劣った機能とのギャップが顕在化するため、かえって持続的なインタラクションを困難にするという「適応ギャップ」の概念を提唱した。そのため、コンピュータやロボットなどの人工物の外見を生物らしくするだけでは、自然で持続的なインタラクションは実現できない。むしろ、人や動物に近い（外見ではなく）適応学習能力を人工物にもたせることで、人工物やアプライアンスをエージェント化することが重要である。

以上の学術背景のもと、上述したように、人-人、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（認知科学的な分析）を人-人工物インタラクションの設計（情報科学的な研究）に応用することで、以下に述べる重要な学術的・社会的要請に応えられる新たな学術領域を確立することが狙いである。

着想に至った経緯、及び我が国の学術水準の向上・強化につながる新たな研究領域となる点

社会が高度に情報化し、家電はもちろん、ロボットやエージェントをはじめとする様々な人工物が日常生活に浸透しつつある。このような時代に、これら人工物が人とどのようにかわり、いかにして自然に人の活動を支援するかを実装レベルで明らかにすることが重要な学術的・社会的要請になっている。

このような要請に対して、上述したような試みがなされてきたが、いずれも、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行っている。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（カラス類）も行っていると言われている（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していると推測される。というのも、伴侶動物（例えば犬）は、飼い主が発する（お手などの）短い言葉＝命令の意味を、餌や、飼い主の声に含まれる韻律や表情などの報酬系から状況に応じて学習しており、最も原初的な形での意図推定が行われていると考えられるからである。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。

また、人-動物インタラクションの研究の蓄積は多くない。例えば、伴侶動物である犬の動物行動学的な研究（菊水, 2012）や生理学的研究（Nagasawa et al., 2015）等はあるが、人-動物インタラクションを成立させる認知的メカニズムを分析し、それをモデル化する試みは存在しない。したがって本領域は、認知科学と工学的な視点からの人-動物インタラクション研究という新たな学術領域の開拓を含むものであり、新領域の開拓に貢献し得る。

さらに本領域では、ポストドククラスの若手研究者を多数雇用し、既存分野に機軸を置きながら、新しい融合分野に明るい人材として育成する。特に、若手研究者に専門外の研究分野を体験させる**領域内インターン制度**を設けて育成する点が新しく、その点でも我が国の学術水準の向上に貢献し得る。

内閣府が提唱する Society 5.0 では、「AI により、必要な情報が必要な時に提供されるようになり、ロボットや自動走行車などの技術で、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服される」とされている。人が必要とする情報を必要なときに AI が提供するには、AI（人工物）が人（ユーザ）の意図を汲み取ることが必要不可欠である。本領域で実現する人工物はこれを実現するものであり、本領域は、日本の情報技術の優位性を保ちつつ、社会を変革する独自技術を日本から生み出すような、世界をリードする新しい研究領域となり得る。

2. 研究領域の設定目的の達成度（3ページ以内）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らしての達成度合いについて、具体的に記述してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目ごとの状況も記述してください。

本領域の目標は、インタラクション相手である他者の行動を理解・予測するのに必要で、状況に応じて変化する認知モデル（他者モデル）を認知科学的に検討し、人に自然かつ持続的に適応できる人工物の設計と構築にそれを応用することである。特に、人対人、人対動物、人対人工物に共通するプロセスを解明し、他者モデルをアルゴリズムレベルで実現することを目指す。このために応募時に設定した具体的な研究目標は以下の通りである。

- ① インタラクションの事例分析と他者モデルのアルゴリズムレベルでの解明（すべての計画研究）
- ② 人対人、人対動物、人対人工物に共通するプロセスのモデル化（すべての計画研究）
- ③ （実験室実験のみならず）リアルフィールドでのインタラクションの分析（計画研究 A01, A02, B01）
- ④ 人工物設計のためのデザイン原理の確立、ならびに人工物設計への応用（計画研究 C01, C02, B01）
- ⑤ （上記③の計測を実現するための）共通実験ツールの構築（総括班 X00）

① インタラクションの事例分析と、他者モデルのアルゴリズムレベルでの解明

初対面同士のコミュニケーションでは、(1)相手がコミュニケーション欲求をもった主体かどうかを探り、コミュニケーションを開始するための関係を形成する。そして、(2)相手がコミュニケーション可能な主体だと認識できると、お互いが発する社会的シグナルから相手の内部状態（意図や選好）を推定し、相手を理解しようとする。しかし、(3)お互いの理解に齟齬が発生した場合、相互調整を行う。研究項目 A01 では、(1)について、コミュニケーション場の成立に関わる他者の情動状態推定のモデルを構築し、このモデルが、互いに未知の人同士が遭遇する場面での各人の内的状態の変化を推定できることを示した（後述の「5. 主な研究成果」の研究 2）。(2)については、旅行相談における販売員による顧客の価値選好推定の実験結果をモデルにより分析し、推定スキルの高低やインタラクションの成否に関係する言語・非言語情報の特徴を解明した（「5. 主な研究成果」の研究 1）。(3)については、非母語話者とのコミュニケーションで母語話者が感じる主観的な「聴き取りにくさ」という一種の内部状態を、音響分析と深層学習ベースの音声認識技術によって定量化された訛りの強さと、母語話者の表情筋の動きなどから予測できた。このように、人同士のコミュニケーションのどのフェーズにおいても、インタラクションの成否を決める要因をモデルにより特定し、他者モデルを構築できており、当初の目標は達成できた。

研究項目 A02 では、子供と大人のインタラクションを対象に、他者モデルを基盤としたインタラクションの心的ダイナミクスを解明することを目指した。ここでの具体的な課題は、(1)他者モデルを認知的視点でモデル化し、その計算モデルを確立すること、および(2)この他者モデルを実装したエージェント同士が相互に適応していくダイナミックな心的過程を明らかにすることであった。(1)に関しては、確率モデルや深層学習を用いたモデルを提案し、このモデルが保育士と子どものインタラクション実験の知見に合致する振る舞いを表現できる可能性を示した（「5. 主な研究成果」の研究 3）。また(2)に関しては、(1)で開発したモデルからなる 2 体のエージェントを相互適応させられることをシミュレーションで示した。そのため、当初の目標を達成できたと考えられる。

研究項目 B01 では、人と共生する伴侶動物であるイヌやウマと、人と進化的に近いサルを用いて、(1)人と動物の間でのインタラクションを可能にする社会的シグナルの同定、(2)そのシグナルによる他者の認知状態や感情状態の理解、(3)その理解能力が双方向の関わりや絆によって異なるのか、を実験的に明らかにし、(4)その動態に関する認知モデルを提案することを目的とした。人・ウマのインタラクションでは、調馬索訓練において人が音声シグナルを用いてウマの歩様を変化させる様態を初心者と熟練者で比較することで、使用されている社会的シグナルを同定した。さらに「人馬一体感」と呼ばれる人の主観的操作感について質的研究を行い、2つの異なる「人馬一体感」が存在することを示した（「5. 主な研究成果」の研究 6）。またウマが視覚刺激と音声刺激の多感覚情報統合によって、人の情動認知を行うことを示した（「5. 主な研究成果」の研究 7）。人・イヌのインタラクションでは、保護犬の訓練前後で、視線、ヒトの指示に対する行動、歩様、ストレス指標の変化が生じ、人・イヌの

双方の行動変化が起きることを示した。人・サルとのインタラクションでは、社会的タッチが視線という社会的シグナルの訓練に促進効果を持つことを示した（「5. 主な研究成果」の研究5）。このように、(1)～(3)の目標を達成することができた。一方(4)については、研究項目 C02 との連携により、同期的運動のような感覚運動予測から「心の理論」による意図・情動の推測までを一貫した階層的他者予測モデルと捉える認知モデルを考案した。

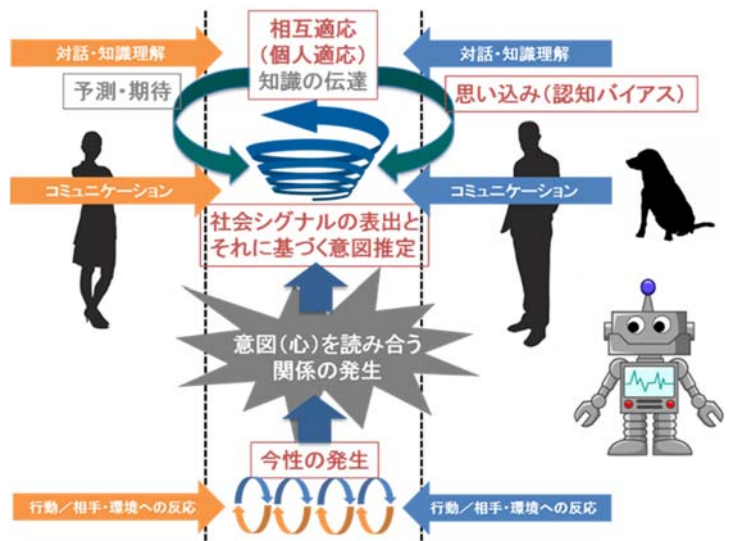
研究項目 C01 では、人・人工物間インタラクションにおいて人が人工物を認識する際の他者モデルの解明を行った。具体的には、適応学習する複雑なアルゴリズムを人が認識する際には、マルコフ性バイアスや決定論バイアス等の認知バイアスのもとで、その振る舞いを簡略化して認識していることを示した（「5. 主な研究成果」の研究8）。また、人とロボット間のリーダー・フォロワ関係の形成を実験的に検討した結果、人は知性の高いロボットよりも自分の意見に固執するロボットに対して従う傾向があることを示した。このように人・人工物間インタラクションにおいて人が人工物に対しても他者モデルを解明できており、目標は達成できたと言える。

研究項目 C02 では、インタラクションを行うときに相手が実時間で自分に反応するという反応の時間的随伴性（これを我々は**今性**と呼ぶ）が検出できてはじめて、インタラクションを続けるか否かを判断し、続ける場合にはそこにインタラクション場が成立することを巧妙な実験により示した（「5. 主な研究成果」の研究10）

このようにすべての研究項目において他者モデルを明らかにすることに成功しており、目標は達成できた。

② 人対人、人対動物、人対人工物に共通するプロセスのモデル化

①に示した研究成果から、人対人、人対動物、人対人工物に共通するプロセスを抽出し、右図に示すようなインタラクションの階層モデルを提案した。まず、研究項目 C02 の研究（「5. 主な研究成果」の研究10）が示すように、インタラクション相手の反応に時間的随伴性、すなわち**今性**が読み取れてはじめて、インタラクション場が成立する（右図の中央下）。そして研究項目 A01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究2）が示すように、今性のある反応を返す相手の行動に注目し、意図を読み合う原初的な関係性が発生する。その後ようやく、研究項目 A01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究1）や研究項目 B01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究5,7）が示すように、相手が出示する非言語情報、すなわち社会的シグナルから、相手の行動や発言の意図を推定するようになる（上図の中央下から真中にかけて）。いわば、単なるインタラクションからコミュニケーションが始まる段階と言える。それがさらに時間をかけて発展していくと、研究項目 B01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究6）が示すように「人馬一体」と表現されるような、相互に適応しあう関係性が発生する。この段階になると、相手との知識の交換や理解の調整が生まれる（上図の中央真中から上にかけて）。また研究項目 C01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究8）が示しているように、相手に対する期待や知識が一種のバイアスとしてトップダウン的にインタラクションに影響する場合がある。このように、提案したインタラクションの階層モデルは、人対人、人対動物、人対人工物に共通するインタラクションプロセスを余すことなく表現しており、領域全体の成果を統合したアウトプットと言える。



研究項目 A01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究2）が示すように、今性のある反応を返す相手の行動に注目し、意図を読み合う原初的な関係性が発生する。その後ようやく、研究項目 A01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究1）や研究項目 B01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究5,7）が示すように、相手が出示する非言語情報、すなわち社会的シグナルから、相手の行動や発言の意図を推定するようになる（上図の中央下から真中にかけて）。いわば、単なるインタラクションからコミュニケーションが始まる段階と言える。それがさらに時間をかけて発展していくと、研究項目 B01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究6）が示すように「人馬一体」と表現されるような、相互に適応しあう関係性が発生する。この段階になると、相手との知識の交換や理解の調整が生まれる（上図の中央真中から上にかけて）。また研究項目 C01 の研究（「5. 主な研究成果」の研究8）が示しているように、相手に対する期待や知識が一種のバイアスとしてトップダウン的にインタラクションに影響する場合がある。このように、提案したインタラクションの階層モデルは、人対人、人対動物、人対人工物に共通するインタラクションプロセスを余すことなく表現しており、領域全体の成果を統合したアウトプットと言える。

③ リアルフィールドでのインタラクションの分析

リアルフィールドでのインタラクションの分析を行なうために、計画研究 A01 では、旅行業者と協力して、30～60分程度の旅行相談における販売員による顧客の選好（提案したプランに対する選好）の推定を実験的に検討した。具体的には、プロの販売員と旅行を計画している顧客に参加していただき、実際の旅行相談に極めて近い環境を設定し、その中で両者が表出する言語・非言語情報（うなずき、姿勢、視線など）を分析した（次頁図左）。

また研究計画 A02 では、子供同士、子供と大人（保育士）のインタラクションを分析するために、リトミック



と呼ばれる場における子供の集団的な振る舞いのデータを収集する実験環境を設計し、それらデータの解析手法を開発した（上図右）。リトミックとは、音楽を手段として、基本的な音楽能力だけでなく一般教養や子供たちが個々にもつ「潜在的な基礎能力」の発達を促す教育であり、実際に保育園で取り入れられている教育手段である。

さらに研究項目 B01 では、実際の調馬索訓練における人の音声シグナル、およびウマの歩様変化を計測、解析する環境と手法を開発し、人・ウマのインタラクションで使用されている社会的シグナルを同定した。

④ 人工物設計のためのデザイン原理の確立、ならびに人工物設計への応用

研究項目 C01 では、「**M**:人間の認知特性のモデリング」、「**D**:モデルベースのインタフェースデザイン」、「**E**:有効性の実験的検証」という **3 フェーズからなるデザイン原理**に沿って実際のインタラクションをデザインし、その有効性を現実的な環境で検証した。例えば、周辺認知テクノロジーによる情報通知手法の確立や、オンラインショッピングの推薦エージェントとのインタラクションデザインの検討である。後者では、ユーザの2つの内部状態（感情と推定知識量）からなる信頼の状態遷移モデルを構築（上記 **M**）、それをベースにネットショッピングで商品推薦を行う擬人化エージェントを開発し（上記 **D**）、ユーザの購買意欲の点から性能を評価した（上記 **E**）。その際、研究項目 A01 の顧客の選好推定に関する成果（「5. 主な研究成果」の研究 2）が活用された。

研究項目 C02 では、インタラクションの階層モデルの中核となる**今性**の概念を基礎に、インタラクション中に人や周囲の出来事に随伴的に反応する**今性生成アーキテクチャ**（SB アーキテクチャと動力学モデル）を構築し、ロボットの他者モデルを人に抱かせる仕組みを構築することに成功した。また、研究項目 B01 の「人馬一体」の概念を参考にしつつ、人の操作方法と周囲状況に応じて適応的に操作ゲインを調整する車椅子を構築した（「5. 主な研究成果」の研究 11）。このように、人工物に対して人が持つ他者モデルに応じてサービスを行うシステムを構築する中で、適応的で持続的な関係を人と築くことのできる人工物の設計論を確立した。

研究項目 B01 は、人工物の実現をメインの研究目標とはしていなかったが、得られた具体的な知見をもとに、子育て支援ロボット ChiCaRo を開発し、託児所のような公共空間への応用の検討を企業と開始した。

⑤ 共通実験ツールの構築

本領域のどの研究項目においても、社会的シグナルを計測する必要があるため、総括班のもとで、以下のような、人や動物の行動（動作、顔方向や視線、表情、音声）の計測ツール、すなわち**ソシオメータ**を開発した。

1. 三次元会話計測システム

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システムである。数名程度の会話者からなるインタラクションのデータが取得できる。さらに、画像処理と深層学習を組み合わせ、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) を本システムの 3 次元点群の統合データに適用したシステムを開発し、「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 にはない特徴を実現できた。

2. モバイルソシオメータ

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、ビデオ映像を計測できるモバイル版ソシオメータである。特に研究項目 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 の超小型軽量のものを開発した（右図）。



以上すべてを総括すると、本領域で当初に掲げた研究目標は十分達成されたと言えるであろう。

3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1 ページ以内）

研究推進時に問題が生じた場合には、その問題点とそれを解決するために講じた対応策等について具体的に記述してください。また、組織変更を行った場合は、変更による効果についても記述してください。

研究計画 A01 では、最終年度において、それまで計画班の特任研究員として参加していた本田秀仁氏を研究分担者として迎えた。その結果、公募研究 B01 池田の協力もあり、旅行相談場面でのインタラクションを介した嗜好推定の分析を加速することができ、その結果、言語情報と非言語情報の両方を同時に検討できる新しい分析の枠組みも提案できた。さらに、遠山紗矢香氏を研究分担者として加えた。その結果、コミュニケーション場の成立に関わる他者の情動状態推定に関する研究が大きく促進された。

研究計画 B01 の人-ウマのインタラクション研究を強化するために、瀧本彩香氏を平成 27 年度から研究分担者に加えた。これによりウマ研究のフィールドを東京大学、専修大学に加えて北海道大学にも広げることができた。また、人-サルインタラクションの行動解析を強化するために、平成 28 年から村井千寿子氏を研究分担者に加え、人がサルを訓練する際の行動解析を加速させた。さらに、平成 29 年度から永澤美保氏を研究分担者に加え、人-イヌのインタラクションの行動計測、生理計測、行動解析などの研究を加速させた。当初予定していた盲導犬での実験が困難だという問題が生じたため、麻布大学の協力を得て保護犬の訓練事態における研究に切り換えることで対応した。同時に、総括班 X00 でも、モーションキャプチャ装置を用いた動作解析経験に加えて、動物心理学実験の経験がある王牧芸氏を特任研究員として平成 28 年度より雇用し、人-イヌのインタラクション研究に参画した。麻布大学の協力による保護犬の訓練事態における研究に加わるだけでなく、台北市（台湾）における野良犬の動態調査（インタラクションの実態把握を含む）を、GPS を用いて実施する研究を、公募研究 B01 山本らと共同で実施し、人-イヌのインタラクション研究を加速することに成功した。

研究計画 C01 では、最終年度において、それまで計画班の特任研究員として参加していた松井哲也氏を新たに公募班の研究分担者として追加した。その結果、松井氏の研究テーマである「モデルベースアプローチによる商品推薦バーチャルエージェントの実現と実験的評価」を完遂することができ、最終年度において C01 計画班全体のテーマである HAI の応用と認知モデル開発の研究が大きく促進された。

4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況（2 ページ以内）

審査結果の所見及び中間評価において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

<審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況>

審査結果の所見では、「本計画研究で構築しようとする他者モデルについて、そのプロトタイプや輪郭が示されておらず、人工物設計への応用まで到達可能か懸念される。本領域の目的達成のために、各計画研究における研究の連携をより強化するための工夫が求められる。また、社会への応用という点では、より一層の具体的な計画が必要である。」という指摘を頂戴した。指摘された「研究の連携の強化」、「他者モデルのプロトタイプや輪郭の明確化」、「社会への応用」、に関して講じた対応策を説明する。

研究の連携の強化

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、他の班の研究者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、若手育成という本来の目的のためだけに運用するのではなく、若手研究者が研究室同士を繋ぐこと共同研究を開始できる仕組みとして運用した。具体的には、共同研究に発展しそうな場合には、同じ年度内に複数回のインターンを認めた。

また、計画研究間の連携を強化するために、共通実験ツールの開発を総括班 X00 の責任のもとで行った。最終的には、いくつかの計画研究における計測実験で使用され、計測ツールの共通化がはかられたことで研究の連携も促進された。

さらに、「10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況」に記載した通り、平成 26-27 年度は勉強会を開催し、お互いのバックグラウンドや手法を共有できるように工夫した。

その結果、最終的には、「7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況」で記載するような数々の連携が生まれ、十分な研究成果に結びついたと評価している。

他者モデルのプロトタイプや輪郭の明確化

「10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況」に記載した通り、平成 28-30 年度に合宿形式の討論会を年数回実施し、お互いの研究を基礎にして、領域としてどのようなアウトプットを出すのか、特にインタラクションモデルや他者モデルを共通化するにはどうすべきかについて、集中的に議論した。その成果の一つが、「2. 研究領域の設定目的の達成度」で述べたインタラクションの階層モデルの提案である。また、多くの研究でモデル化のために使用している手法は、高度なベイズ推定を用いたモデリング手法であり（そうではない研究事例も存在する）、このようなモデリング手法の共有化も合宿形式の討論会での議論の結果導かれたものである。

社会への応用

基本的には、各研究で対応した。例えば、計画研究 A01 の、旅行相談における販売員による顧客の意図推定の分析では、大手旅行業者と共同研究を進めているばかりでなく、当該旅行業者に実験結果をフィードバックし、販売員教育に役立ててもらっている。さらに、この研究の結果得られた、顧客の前かがみという姿勢が興味を示しているという知見を頑健に検証するために、座面の角度を変更・固定できる椅子の製作を大手オフィス家具メーカーに依頼して、効果を実験的に検証している。その結果をメーカーにフィードバックすることで、オフィス家具製作への応用を進めている。

研究計画 A02 では、リトミック場の一般家庭への応用をパナソニック株式会社とともに検討し、(株)ドロップシステムとは託児所のような公共空間への応用を進めた。また、子育て支援ロボット ChiCaRo を開発するスタートアップを立ち上げた。

研究計画 A01, B01 の一部の研究者は、大手自動車会社と共同して、自動運転時のドライバの注意状態の推定、および人馬一体と称される状態の解明を進めている。この共同研究は、本領域における研究計画 A01, B01 の研究成果を、社会の最先端の人工物設計へ応用する典型的な試みとなっている。

<中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況>

中間評価の所見では、「一部、中心となる概念である他者モデルの概念共有が計画研究の間で十分なされていないという懸念があり、この点を改善することが今後の研究の展開において重要である。また、それぞれの研究が個別的な研究に終始しないよう、総括班を中心に強いリーダーシップをもって領域全体としての目標達成に向けて体制を整理・強化し、研究領域全体に共有できる成果を得ることが必要である。他者モデルに関しては、自己モデルと他者モデルとの関係や、それによる共感などの仕組みの解明等の重要課題があり、問題をより深く掘り下げることが必要である。」という指摘を頂戴した。指摘された「他者モデルの概念共有の強化」、「領域全体としての目標達成に向けての体制の整理・強化」、「自己モデルと他者モデルとの関係や、それによる共感などの仕組みの解明等の重要課題の検討」、に関して講じた対応策を説明する。

他者モデルの概念共有の強化、および、領域全体としての目標達成に向けての体制の整理・強化

これは、審査結果の所見においても指摘された事項であり、改善が不十分だったとの反省に立って、いくつかの対策を講じた。具体的には、前ページに記載した通り、平成 28-30 年度に合宿形式の討論会を年数回実施し、お互いの研究を基礎にして、領域としてどのようなアウトプットを出すのか、特にインタラクションモデルや他者モデルを共通化するにはどうすべきかについて、集中的に議論した。さらに、平成 28 年度以降、領域代表者ができるだけ各計画研究の班会議にも出席し、研究の方向性や改善点について議論しつつ助言を与えた。その結果、前ページに記載した通り、インタラクションの階層モデルの提案と、モデリング手法の共有をはかることができた。また、「3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況」に記載した通り、一部の研究項目で研究分担者を追加することで、目標達成に向けて領域の体制を強化した。

自己モデルと他者モデルとの関係や、それによる共感などの仕組みの解明等の重要課題の検討

指摘されている課題は重要だと領域としても認識しているため、本領域のメインターゲットではないものの、いくつかの研究事例で検討を行った。

自己モデルと他者モデルの関係に関しては、計画研究 C01 の寺田と山田が相手の意図を推定し合うマークマッピングゲームにおいて、どの程度過去まで遡って自分と他者の選択を考慮して、現在の選択を行っているのかを実験的に検討した（「5. 主な研究成果」の研究 8）。その結果、いずれの研究においても、一つ前のステップにおける自己および他者の選択しか考慮しておらず、「「他者を想定する自己」を想定する他者」を想定する自己」というような深い階層における自己モデルと他者モデルの読み合いは生じていないことを明らかにした。また計画研究 A01 の植田は、conflict game を用いて、意図を考慮すべき他者が複数いる場合の人の振舞いを実験とモデルにより検討した。その結果、相手が複数の場合、集団の 1 人ひとりに対して予想を立てて行動を決定することはせず、集団を 1 人と見做すという、計算がより簡便な方法に従って行動を決定している可能性を示した。

共感などの仕組みの解明に関しては、まず B01 の瀧本（計画研究）と山本（公募研究）が共感メカニズムの認知進化モデルを提案した。このモデルは、共感を構成する要因を「他者との同一化」、「自他分離に基づく他者理解」、「向社会性」の 3 つに分け、それらの組み合わせによって、霊長類における様々な共感関連現象とその進化を説明するものである（心理学評論にて報告）。同じく瀧本は、ウマが人の表情と声を統合して人の情動を知覚することを（Scientific Reportsにて報告）、特任研究員の王は、イヌ（保護犬）が人に慣れていくにつれ、人の顔を直視し、行動も人と同期するようになることを実験的に示した。人同士の共感に関しては、公募研究 A02 高橋が、抱きしめている触感を感じながら人狼ゲームを行うことで、ゲーム中の疑心暗鬼が軽減し、他者を信頼しやすくなることを実験的に示した（Frontiers in Psychologyにて報告）。これは感覚刺激の継続的提示が、コミュニケーションの様式を変容させることを示唆している。以上のような人-動物間、人同士間だけでなく、人-エージェント間の共感についても調べているのが本領域の特徴である。具体的には、計画研究 A01 の植田は、人-エージェント間での共感状態とそれに基づく仲間意識の形成が、脳波の一種の事象関連電位（ERP）によって測定可能なことを示した上で、機械学習を用いて ERP 波形から人の共感状態を逆推定することに成功した（人工知能学会論文誌にて報告）。

5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

研究 A01：成人間インタラクションの認知科学的分析とモデル化

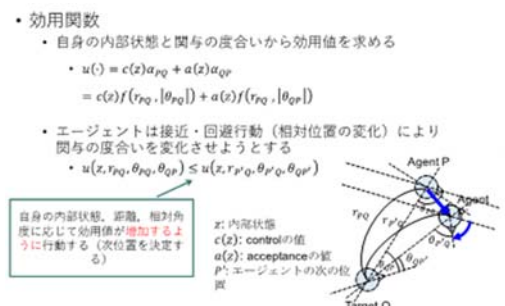
【計画研究】

1. 旅行相談場面でのインタラクションを介した選好推定の分析（植田・本田・大本・B01 公募池田）

実際の旅行相談場面における販売員と顧客の 2 者間インタラクションのプロセスを実験的に検討した。特に、販売員のスキルの違いによる、顧客の選好推定および相談中に表出する非言語行動の違いを検討した。その結果、スキルの高い販売員は顧客の心的状態を首尾よく推定しており、また顧客の前かがみになる行動は、販売員のスキルが高いときに顧客の選好とより相関をもちやすいことが明らかになった（電子情報通信学会論文誌 D にて報告）。さらに、対話中に観察された言語・非言語情報により定義されるインタラクション状態の時間的な推移を隠れマルコフモデルで分析することで、インタラクションの成否に影響する言語・非言語情報の時間的な推移（例えば、インタラクションがうまくいく場合には、販売員の説明や働きかけが顧客の興味状態を引き出すという時間遷移がある）を明らかにした（*Nature Human Behaviour* 投稿準備中）。

2. コミュニケーション場の成立に関わる他者の情動状態推定に関する研究（竹内・遠山）

個体間のインタラクションは、他者に対して効果を与える行為を遂行する欲求（control）と、他者からの行為を受け入れることに対する欲求（acceptance）の 2 つが直交する座標系のもとで、相互にそれぞれの個体の 2 つの欲求レベルを充足するための効用関数（右図）を最大化する原初的構造によって成り立つという仮説に基づき、各個体の内部状態の遷移を表現する計算論的モデルを構築した。このモデルにより、互いに未知の人同士が遭遇する場面



での、一人称視点での各個体の内的状態の変化を推定できることを、行動実験を通して示した。その結果、狭い路地での二者のすれ違い行動（相互に道を譲り合おうとして接近するほど、鉢合わせを繰り返してしまう等）からそれぞれの内的状態を推定したり、作業に集中している者の作業を中断させる際にどのような接近行動と声かけのタイミングが最も polite であるか等を推定できた（*HI* 学会論文誌にて報告）。

研究 A02：子供＝大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化

【計画研究】

3. 子どもの集団の一体感に関する研究（長井・岡・中村・岩田・深田）

リトミックと呼ばれる子どもたちの集団の活動を縦断的に計測することで、集団における子どもの社会性の発達や「一体感」の存在や客観的な指標、およびそのメカニズムを明らかにした。本研究における重要な成果は、(1)ソシオメータとカメラを用いた子どもたちの集団の比較的自由な活動の計測手法の確立、(2)計測データの解析手法の確立、(3)統合情報量を用いた子どもたちの一体感の客観指標とそのメカニズム解明への基礎的な検討結果、の 3 点である。特に、(3)については保育者が感じる子どもの集団における一体感評価と-0.94 という非常に高い負の相関を持つ指標を統合情報量から導くことに成功した（*Frontiers in Psychology* 投稿準備中）。

【公募研究】

4. 抱きしめる行為は疑心暗鬼を軽減させる（高橋）

抱きしめている触感を感じながら人狼ゲームを行うことで、ゲーム中の疑心暗鬼が軽減し、他者を信頼しやすくなることを実験的に示した。具体的には、抱き枕条件と通常の通信デバイス条件との間で、人狼ゲーム

の行動パフォーマンスの違いを検討した（右図）。この結果は、感覚刺激の継続的提示がコミュニケーションの様式を変容させることを示唆する（*Frontiers in Psychology* にて報告）。



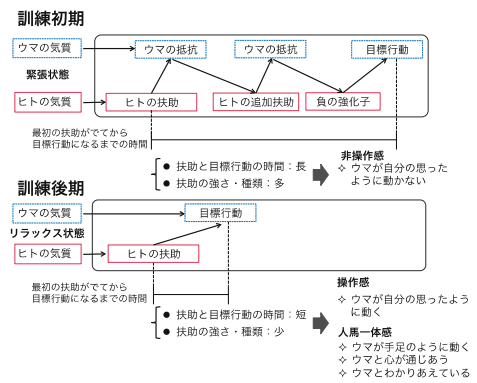
研究 B01：人＝動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化
【計画研究】

5. 人-サル間のアイコンタクトにおける社会的タッチのアプローチ（鮫島）

対話的なインタラクション場面で社会的なジェスチャは意図など他者の内定状態の情報をもつ。本研究では、手や顔をゆっくりとなでる「社会的タッチ」が、アイコンタクトの訓練および社会的ジェスチャに影響するかを調べるために、アイコンタクト訓練の合間に手および顔の社会的タッチを行い、サルの行動を観察した。その結果、社会的タッチの前後でサルの視線に変化があり、人の顔だけでなく手をよく見るようになり、アイコンタクトが促進された。サルが人とのコミュニケーションを確立させることに、社会的タッチが有効なことを示している（*Journal of Neurological Disorders & Stroke* にて報告）。

6. 人-ウマ間インタラクションにおける「人馬一体」感とは何か？（澤・大北）

人がウマと接する場面において、どのようなプロセスで「人馬一体」感が生じるか、その「人馬一体」感はどのような感覚なのかを明らかにするために、インタビュー調査および M-GTA（修正版グランドレッド・アプローチ）により検討した。その結果、人自身の動き（扶助）に対して、時間的に接近してウマが行動を変化させたときに、「ウマと心が通じ合えた」といった円滑なインタラクション感も得ている可能性が示唆され、これらの2つの感覚を、人は「人馬一体」として感じるようになった。道具使用では得ることのできない、人とウマという主体が共同している



「人馬二体」とも言える現象のなかでインタラクティブな相互学習の過程を経て「人馬一体」に至っていると考えられる（右上図は M-GTA により抽出された概念のフロー図）（*認知科学*にて報告）。

7. ウマにおける人の情動の視聴覚クロスモーダル知覚（滝本）

ウマが人の情動を知覚する際に表情と声色を統合して用いるかを、期待違反法により検討した（右図）。まず、人の表情をスクリーンに映し出してウマに呈示した後、スクリーンそばにあるスピーカーから声を再生した。その結果、ウマは、自身との親しさによらず、人の表情と声の情動が一致しているときよりも一致していないときに、声が聞こえてきたスピーカーの方を有意に素早く見返した。また、親しい人に対してのみ、表情と声の情動が一致しているときよりも一致していないときに、スピーカーの方を有意に長く注視した。ウマでは、自身との親しさによらず、人の表情と声の情動が一致していないときに期待違反が生じたという一連の結果は、ウマが人の表情と声を統合して人の情動を知覚することを示唆する（*Scientific Reports* にて報告）。

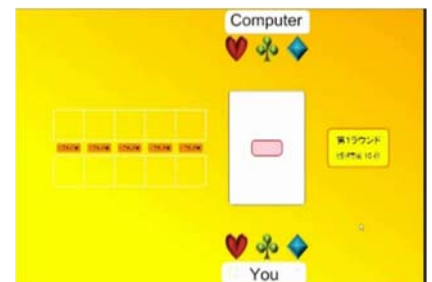


研究 C01：人の持続的な適応を引き出す人工物デザイン方法論の確立

【計画研究】

8. 適応認知における認知バイアスの分析（寺田・山田）

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がないため、独創性の高い結果だと言える (人工知能学会論文誌にて報告)。

【公募研究】

9. 高機能自閉症スペクトラム障害患者におけるロボットの外見に対する選好 (熊崎)

IT技術の進化とともに、人に代わって物理的身体をもつ様々なヒューマノイドロボットを用いた自閉症スペクトラム障害 (ASD) の治療が始まっている。しかし、ASD患者が様々な外見をもつヒューマノイドロボットに対してどのような印象をもつのかはわかっていない。そこで、抽象的な外見から、人そっくりな外見をもつアンドロイド



【Android】



【Mascot】



【Mechanical】

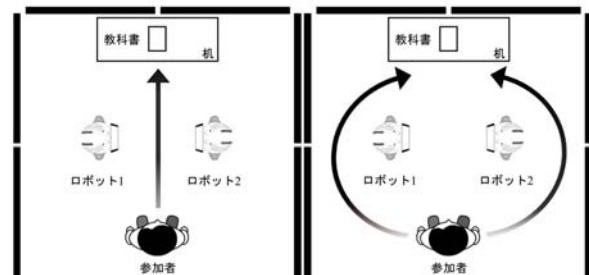
ロボットまでを用いた心理実験 (右上図) により、ASD 患者がロボットから受ける印象を調査した。その結果、予測に反して ASD 者でも自閉度の強い参加者は、シンプルもしくはメカニカルなロボットではなく、むしろアンドロイドを好む傾向があることがわかった (PLoS ONEにて報告)。

研究 C02：人の適応性を支える環境知能システムの構築

【計画研究】

10. 2体ロボットのコミュニケーションの時間的オーバーラップにより創発される他者モデルの効果 (小野)

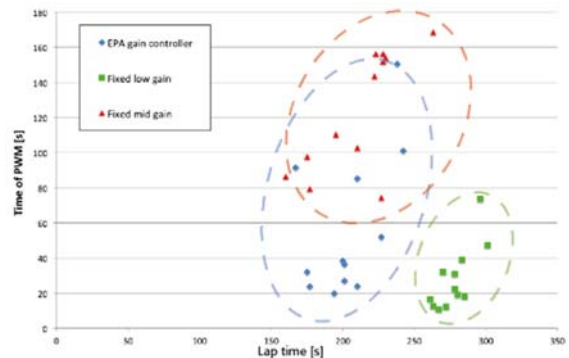
2体のロボット同士のコミュニケーションにおいて発話ならびにジェスチャの生成タイミングが時間的にオーバーラップすることで、ロボット同士のコミュニケーションを観察している人がロボット間に会話の場が発生していると感じることを実験的に示した。具体的には、オーバーラップが発生していない場合には、人はロボットの間を躊躇なく通るのに対し、オーバーラップが発生している場合には、人はロボットの間を通らず、一方のロボットの背後を通り、向こう側へ行くことが観測された (情報処理学会論文誌にて報告)。



具体的には、オーバーラップが発生していない場合には、人はロボットの間を躊躇なく通るのに対し、オーバーラップが発生している場合には、人はロボットの間を通らず、一方のロボットの背後を通り、向こう側へ行くことが観測された (情報処理学会論文誌にて報告)。

11. 人の操作方法と周囲状況に応じて適応的に操作ゲインを調整する電動車椅子の構築 (今井)

公募研究 (硯川) の研究より、人が車椅子の操作に困難さを感じている場合、ジョイスティックを小刻みに動かし速度調整する PWM 操作を行うことが明らかになった。本研究では、人の車椅子の操作 (PWM 操作かどうか) と周囲の走行環境 (通路の狭さ) から総合的に運転状況の困難さを判定する手法を構築した。さらに、人が感じている車椅子の操作の



し易さに応じて適応的に、操作ゲインを調整する仕組み (EPA ゲインコントローラ) を開発した。左上図では、横軸に車椅子を走行させた各人のラップタイム (実験コースの一周時間) と、縦軸に走行時に PWM 操作 (操作が困難と感じている場面) の出現時間を表している。青色の提案手法 (EPA ゲインコントローラ) は、PWM 操作の発生を抑えつつラップタイムも短く、操作者に適応的な操作環境を提供できている。さらに、提案手法を個人の操作に適応させることで、最も乗りやすくなる車椅子の適応機構を構築できることを示した。

6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ以内）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

- 論文の場合、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。
- 別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については、冒頭に◎を付してください。
- 補助条件に定められたとおり、本研究課題に係り交付を受けて行った研究の成果であることを表示したもの（論文等の場合は謝辞に課題番号を含め記載したもの）について記載したものについては、冒頭に▲を付してください（前項と重複する場合は、「◎▲・・・」と記載してください）。
- 一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

総括 X00: 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

解説記事（合計 4 件）

- ◎▲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, 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, 31(1), pp.3-10 (2016.1).
- ◎鮫島和行: ヒトを知る一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, 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, 32(16), pp.2660-2661 (2014.10).

国際会議（合計 8 件）

- ◎▲Ueda, K.: Cognitive Interaction Design: A Model-Based Understanding of Communication and its Application to Artifact Design, HAI2014 Workshop on Cognitive Interaction Design. (2014.10).(@Tsukuba, Japan)
- ◎▲Wang, M., Nagasawa, M., Samejima, K., Kikusui, T., & Ueda, K.: The change of social competence and free interaction with human in rescue dogs, Proceedings of the 54th Annual Conference of the Animal Behavior Society (ABS 2017). (2017.6).(@Toronto, Canada)

主催した国際研究集会（合計 10 件）

- 日本動物心理学会第 78 回大会（平成 30 年 8 月 28 日～30 日@広島）シンポジウム “Animal Cognition: Space, Timing, and Memory from Neuron to Behavior”. 日本からの参加者：3 名，海外からの参加者：120 名。
- The 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2018) (平成 30 年 8 月 27 日～31 日@Nanjing). 日本からの参加者：10 名，海外からの参加者：40 名。
- The 2018 Conference on Artificial Life (ALIFE 2018) (平成 30 年 7 月 23 日～27 日@東京). 日本からの参加者：408 名，海外からの参加者：228 名。
- The 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2017) (平成 29 年 8 月 28 日～9 月 1 日@Lisbon). 日本からの参加者：15 名，海外からの参加者：15 名。

研究 A01：成人間インタラクションの認知科学的分析とモデル化

【計画研究】

解説記事（合計 4 件）

学術雑誌論文（査読有 合計 24 件）

- ◎▲*吉岡源太, 竹内勇剛: 互恵的な関係を築くための配慮に基づく身体的なアプローチ, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 20(4), pp.417-426 (2018.11).
- ▲*Honda, H., Shirasuna, M., Matsuka, T., & *Ueda, K.: Do people explicitly make a frame choice based on the reference point? Frontiers in Psychology, 9:2552. (2018.11)
- ◎▲Fujisaki, I., Honda, H., & *Ueda, K.: Diversity of inference strategies can enhance the wisdom-of-crowds effect, Palgrave Communications, 4:107. (2018.9).
- ◎▲*本田秀仁, 松井哲也, 大本義正, *植田一博: 旅行相談場面の販売員-顧客間のインタラクション：販売員のスキルの違いに見る心的状態の推定と非言語行動の分析, 電子情報通信学会論文誌, J101-D(2), pp.275-283 (2018.2).
- ◎Suzuki, M., Kuroiwa, R., Innami, K., Kobayashi, S., Shimizu, S., *Minematsu, N., & Hirose, K.: Accent sandhi estimation of Tokyo dialect of Japanese using conditional random fields, Trans. IEICE, E100-D(4), pp.665-661 (2017.4).
- ◎▲*Ohmoto, Y., Matsuda, T., & Nishida, T.: Experimentally Analyzing Relationships between Learner's Status in the Skill Acquisition Process and Physiological Indices., International Journal on Advances in Life Sciences, 9(3 & 4),

pp.127-136 (2017.12).

書籍 (合計 7 件)

1. ◎*内村直之, 植田一博, 今井むつみ, 川合伸幸, 嶋田総太郎, 橋田浩一 [著]: 「はじめての認知科学」, 新曜社 (2016.3).

国際会議 (合計 62 件)

1. ◎▲*Ohmoto, Y., Kumano, S., & Nishida, T.: Induction of an active attitude by short speech reaction time toward interaction for decision-making with multiple agents, Proceedings of 24th annual meeting of the intelligent interfaces community and serves as a premier international forum for reporting outstanding research and development on intelligent user interfaces (IUI2019), pp. (2019.3). (@Los Angeles, US)
2. ◎▲Kabashima, S., Inoue, Y., Saito, D., & *Minematsu, N.: DNN-based scoring of language learners' proficiency using learners' shadowings and native listeners' responsive shadowings, Proc. SLT2018, pp. (2018.12). (@Athens, Greece)
3. ◎*Tohyama, S. & Takeuchi, Y. How to Improve Children's Understanding of Code: A Preliminary Study Using the Jigsaw Method for Computer Programming in Elementary School. IFIP TC3 Open Conference on Computers in Education (2018.06). (@ Linz, Austria)
4. Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K.: Rethinking decisions processes from a communicative perspective, The 2017 38th Annual Conference of Society for Judgment and Decision Making (2017.11). (@Vancouver, Canada)

主催したシンポジウム (合計 2 件)

1. HAI シンポジウム 2015 (平成 27 年 12 月 5 日~6 日@東京). 国内からの参加者: 130 名.
2. HCG シンポジウム 2015 (平成 27 年 12 月 16 日~18 日@富山). 国内からの参加者: 参加者 250 名.

【公募研究】

学術雑誌論文 (査読有 1 件, 査読無 1 件,)

1. ▲*Kojima, H., Froese, T., Oka, M., Iizuka, H., & Ikegami, T.: A Sensorimotor Signature of the Transition to Conscious Social Perception: Co-regulation of Active and Passive Touch, *Frontiers in Psychology*, 8:1778 (2017.10).

国際会議 (合計 11 件)

1. Doi, I., Ikegami, T., Masumori, A., Kojima, H., Ogawa K., & Ishiguro, H.: A new design principle for an autonomous robot, 14th European Conference on Artificial Life (ECAL2017), pp.490-466 (2017.9). (@Lyon, France)

研究 A02: 子供=大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化

解説記事 (合計 3 件)

1. ◎▲大森隆司: 試論: 人はなぜ感情を持つのかー行動決定における感情の計算論的役割, 人工知能学会誌特集「人工知能と Emotion, Vol.31(No.5), pp.710-714, (2016.10).

学術雑誌論文 (査読有 合計 8 件, 査読無 合計 1 件)

1. ◎▲Nakamura, T. & Nagai, T.: Ensemble-of-Concept Models for Unsupervised Formation of Multiple Categories, *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 10(4), pp.1043-1057 (2018.12).
2. ◎▲Abe, K., Shiomu, M., Pei, Y., Zhang, T., Ikeda, N., & Nagai, T.: ChiCaRo: tele-presence robot for interacting with babies and toddlers, *Advanced Robotics*, 32(4), pp.176-190 (2018.6).
3. ◎▲Nishihara, J., Nakamura, T., & Nagai, T.: Online Algorithm for Robots to Learn Object Concepts and Language Model, *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 9(3), pp.225-268 (2017.9).
4. ◎*中村友昭, 長井隆行, 船越孝太郎, 谷口忠大, 岩橋直人, 金子正秀: マルチモーダル LDA と NPYLM を用いたロボットによる物体概念と言語モデルの相互学習, 人工知能学会誌, 30(3), pp.498-509 (2015.3).
5. ◎*阿部香澄, 日永田智絵, ムハンマドアッタミミ, 長井隆行, 岩崎安希子, 下斗米貴之, 大森隆司, 岡夏樹: 人見知りの子供とロボットの良好な関係構築に向けた遊び行動の分析, 情報処理学会論文誌, 55(12), pp.2524-2536 (2014.12).
6. *ムハンマドアッタミミ, ファドリルムハンマド, 阿部香澄, 中村友昭, 船越孝太郎, 長井隆行: 多層マルチモーダル LDA を用いた人の動きと物体の統合概念の形成, 日本ロボット学会誌, 32(8), pp.89-100 (2014.8).

書籍 (合計 9 件)

1. 深田智: 身体表現活動セッションでの指導者と子どもたちとのインタラクション: 相互適応の第 3 段階 (仮題), 米倉ようこ (編): 『吉村公宏教授退職記念論文集』, 開拓社 (2020.3 月刊行予定).

国際会議 (合計 40 件)

1. ◎*Ichikawa, J., Mitsukuni, K., Hori, Y., Ikeno, Y., Alexandre, L., Kawamoto, T., Nishizaki, Y., & Oka, N.: Analysis of How Personality Traits Affect Children's Conversational Play with an Utterance-Output Device, The 9th Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics (ICDL-EPIROB 2019), submitted, pp.- (2019.8).(@Oslo, Norway)
2. ◎*Matsushima, A., Kanajiri, R., Hattori, Y., Fukada, C., and *Oka, N.: Stepwise Acquisition of Dialogue Act Through

Human-Robot Interaction, The 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), to appear (2019.7). (@Budapest, Hungary)

3. ◎*Shinohara, Y., Mitsukuni, K., Yoneda, T., Ichikawa, J., Nishizaki, Y., & Oka, N.: A Humanoid Robot can Use Mimicry to Increase Likability and Motivation for Helping, Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2018), pp.122-128 (2018.12). (@Southampton, UK)
4. ◎*Takahashi, T., Tanaka, K., & Oka, N.: Adaptive Mixed-Initiative Dialog Motivates a Game Player to Talk with an NPC, Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2018), pp.153-160 (2018.12). (@Southampton, UK)
5. ◎*Matsushima, A., *Oka, N., Hattori, Y., & Fukada, C.: Scaffolding for a Robot That Learns Reactions to Dialogue Acts, Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2018), pp.327-329 (2018.12). (@Southampton, UK)

【公募研究】

学術雑誌論文 (査読有 合計 13 件)

1. ◎▲Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A, Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Takahashi, H., Sarkar, N., Ishiguro, H., Mimura, M., Minabe, Y., Kikuchi, M.: Can Robotic Systems Promote Self-disclosure in Adolescents with Autism Spectrum Disorder? A Pilot Study., *Frontiers in Psychiatry*, 9(36) (2018).

国際会議 (合計 7 件)

1. ◎▲*Misu, K., Yoshii, A., & Mochiyama, H.: A Compact Wheeled Robot That Can Jump while Rolling, Proceedings of the 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2018), pp.7507-7512 (2018.10). (@Madrid, Spain)

研究 B01：人＝動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化

解説記事 (合計 11 件)

1. 大北碧: ヒトイヌ (Canis familiaris)・ウマ (Equus caballus) 異種間インタラクション研究の概観 —異種間インタラクションにおける関係性の構築について—, *動物心理学研究*, 採録決定済.

学術雑誌論文 (査読有 合計 22 件)

1. ▲*Nakamura, K., *Takimoto-Inose, A., & Hasegawa, T.: Cross-modal perception of human emotion in domestic horses (Equus caballus)., *Scientific Reports*, 8, pp.8660 (2018.6).
2. *Kumashiro M., & Samejima K.: Social-Touch approach for making eye contact and attenuating the annoying behavior in monkeys, *Journal of Neurological Disorders & Stroke*, 6(3), pp.1144. (2018).
3. ▲*大北碧, 二瓶正登, 西山慶太, 澤幸祐: ヒト-ウマインタラクションにおける「人馬一体」感とは何か?, *認知科学*, 25, pp.392-410 (2018).
4. Nagasawa, M., Ogawa, M., Mogi, K., & *Kikusui, T.: Intranasal Oxytocin Treatment Increases Eye-Gaze Behavior toward the Owner in Ancient Japanese Dog Breeds, *Frontiers in Psychology*, 8(1624) (2017).
5. ▲*Takimoto, A., Hori, Y., & Fujita, K.: Horses (Equus caballus) adaptively change the modality of their begging behavior as a function of human attentional states., *Psychologia*, 59, pp.100-111 (2016).

書籍 (合計 7 件)

1. *瀧本彩加・友永雅己: 社会的知性に関わる方法 (5 章), pp.372-373, 坂上貴之・河原純一郎・木村英司・三浦佳世・行場次朗・石金浩史 (編): 「基礎心理学実験法ハンドブック」, 朝倉書店 (2018).
2. *瀧本彩加・友永雅己: 感情に関わる方法 (5 章), pp.374-375, 坂上貴之・河原純一郎・木村英司・三浦佳世・行場次朗・石金浩史 (編): 「基礎心理学実験法ハンドブック」, 朝倉書店 (2018).
3. *瀧本彩加: 求め合うところ—人間と伴侶動物が育んできた絆— (8 章), pp.213-244, 鈴木幸人 (編): 「恋する人間—人文学からのアプローチ—」, 北海道大学出版会 (2018.6).

国際会議 (合計 3 件)

主催したシンポジウム (合計 2 件)

1. 瀧本彩加, 大西賢治, 長谷川壽一: 向社会性を多角的な視点でとらえる—遺伝子・神経ホルモン・神経システム・行動に着目して—. (公募シンポジウム SS-050), 日本心理学会第 78 回大会, 国内からの参加者: 70 名 (2015.9)
2. 澤幸祐, 瀧本彩加, 鮫島和行 (2015). 異種間で伝達される社会的シグナルの探求—種を超えて結ばれる絆の形成メカニズムの解明に向けて—. (公募シンポジウム SS-097), 日本心理学会第 79 回大会, 国内からの参加者: 70 名 (2015.9)

【公募研究】

学術雑誌論文 (査読有 合計 5 件)

1. ▲*Shinohara, A., & Yamamoto, S.: Mirrors have a modest effect on human impulsivity, *Letters on Evolutionary*

Behavioral Science, 7(1), pp.25-28 (2016).

書籍 (合計 2 件)

1. Hare, B., Yamamoto, S. (Eds.): "Bonobo Cognition and Behaviour," Brill (2015).

国際会議 (合計 2 件)

1. Go, C. K., & Ikeda, K.: A Reinforcement Learning Approach to the Shepherding Task Using SARSA, Proceedings on International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2016). (2016.7). (@Vancouver, Canada)

研究 C01: 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

解説記事 (合計 10 件)

1. ◎*山田誠二: 人工知能 AI の現状と教育への影響, コンピュータ&エデュケーション, 45, pp. 12-16 (2018.12).

学術雑誌論文 (査読有 合計 20 件)

1. ◎▲Song, S., & Yamada, S.: Ambient Lights Influence Perception and Decision-Making, *Frontiers in Psychology*, 9(2685), (2019.2).
2. ◎Okabe, M., & Yamada, S.: Clustering Using Boosted Constrained k-Means Algorithm, *Frontiers in Robotics and AI*, 5(18). (2018.3).
3. ◎ ▲ *Terada, K., & Yamada, S.: Mind-Reading and Behavior-Reading against Agents with and without Anthropomorphic Features in a Competitive Situation, *Frontiers in Psychology*, pp.8:1071 (2017.7).
4. ◎▲*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 (2017.1).
5. ◎▲Matsui, T. and Yamada, S.: Designing Trustworthy Product Recommendation Virtual Agents Operating Positive Emotion and Having Copious Amount of Knowledge, *Frontiers in Psychology*, 10(675) (2019.4).

書籍 (合計 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).

国際会議 (合計 33 件)

1. ◎ ▲ *Matsui, T. & Yamada, S.: The Effect of Subjective Speech on Product Recommendation Virtual Agent, Proceedings of the 24rd International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2019). (2019.3). (@Los Angeles, US)
2. ◎▲Song, S., & *Yamada, S.: 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 (2018.12). (@Southampton, UK)
3. ◎*Komatsu, T., Kobayashi, K., Yamada, S., Funakoshi, K., & Nakano, M.: 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 (2017.5). (@Denver, US)
4. ◎ ▲ Song, S., & *Yamada, S.: 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 (2017.3). (@Vienna, Belgium)
5. ◎ ▲ *Terada, K., Yamada, S., & Takahashi, K.: A Leader-Follower Relation between a Human and an Agent, Proceedings of the 4th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2016), pp.277-280 (2016.10). (@Singapore)

一般向け講演会・セミナー (合計 3 件)

1. 小林一樹: インタラクションデザイン ---エージェントやスマート農業への展開---, 一般社団法人長野県情報サービス振興協会 NISA 連携交流会講演. (2015.7)
2. 小林一樹: 認知的インタラクションデザインとフィールドモニタリング~人と人工物の間の情報交換とその処理過程の設計 (実例紹介), 一般社団法人長野県情報サービス振興協会 NISA 経営委員会・経営セミナー. (2016.2)

【公募研究】

学術雑誌論文 (査読有 合計 24 件)

1. ◎▲*Nishimura, T., Suzuki, Y., Tsuji, T., & *Watanabe, T.: Fluid Pressure Monitoring-Based Strategy for Delicate Grasping of Fragile Objects by A Robotic Hand with Fluid Fingertips, *Sensors*, 19(4), E782 (2019.2).

国際会議 (合計 6 件)

1. ◎▲*Morita, J., Hirayama, T., Mase, K., & Yamada, K.: Model-based Reminiscence: Guiding Mental Time Travel by Cognitive Modeling, Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction (HAI2016), pp.341-344 (2016.10). (@Singapore)

研究 C02 : 人の適応性を支える環境知能システムの構築

解説記事 (合計 7 件)

1. *今井倫太: 暮らしの中で活躍する AI とロボット② なぜロボットを使うの?, 情報処理, 59(8), pp.692-697 (2018.7).

学術雑誌論文 (査読有 合計 16 件)

1. ◎▲*Osawa, M., Imai, M.: A Robot for Test Bed Aimed at Improving Telepresence System and Evasion from Discomfort Stimuli by Online Learning, International Journal of Social Robotics, 印刷中 (2019).
2. ◎*松元崇裕, 後藤充裕, 石井亮, 渡部智樹, 山田智広, 今井倫太: 複数ロボットとの位置関係がユーザの対話負荷に与える影響, 情報処理学会論文誌, 60(2), pp.340-353 (2019.2).
3. ◎水丸和樹, 坂本大介, 小野哲雄: 複数ロボットの発話の重なりによって創発する空間の知覚, 情報処理学会論文誌, 59(12), pp.2279-2287 (2018.12).
4. ◎*Takahashi, H., Ban, M., Osawa, H., Nakanishi, J., Sumioka, H. & Ishiguro, H.: Huggable Communication Medium Maintains Level of Trust during Conversation Game, frontiers in Psychology, 8(1862), pp.1-8 (2017.10).
5. ◎*大澤博隆, 栢野航, 遠藤航, 三浦友博, 丹波正登, 守谷友里, 結城明, 長野正: 機能説明エージェントの実世界拡張トリガによる機能説明改善, 情報処理学会論文誌, 57(4), pp.1128-1136 (2016.4).

書籍 (合計 1 件)

1. *今井倫太 (著): 「インタラクションの認知科学」, 新曜社 (2018.6).

国際会議 (合計 59 件)

1. *Fukuchi, Y., Osawa, M., Yamakawa, H., Takahashi, T., & Imai, M.: Bayesian Inference of Self-intention Attributed by Observer, Proceedings of 6th International Conference on Human-Agent Interaction, pp.3-10 (2018.12). (@Southampton, UK)
2. ◎*Okuoka, K., Takimoto, Y., Osawa, M., & Imai, M.: Semi-Autonomous Telepresence Robot for Adaptively Switching Operation using Inhibition and Disinhibition Mechanism, Proceedings of 6th International Conference on Human-Agent Interaction, pp.167-175 (2018.12). (@Southampton, UK)
3. *Matsumori, S., Fukuchi, Y., Osawa, M., & Imai, M. : Do Others Believe What I Believe? Estimating How Much Information is being Shared by Utterance Timing, Proceedings of 6th International Conference on Human-Agent Interaction, pp.301-309 (2018.12). (@Southampton, UK)
4. ◎*Matsumoto, T., Goto, M., Ishii, R., Watanabe, T., Yamada, T., & Imai, M.: Where Should Robots Talk?: Spatial Arrangement Study from a Participant Workload Perspective, Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp.270-278 (2018.3). (@Chicago, USA)
5. *Takimoto, Y., Hasegawa, K., Sono, T., & Imai, M.: A Simple Bi-Layered Architecture to Enhance the Liveness of a Robot, Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2017, pp. 2786-2792 (2017.9). (@Vancouver, Canada)

【公募研究】

学術雑誌論文 (査読有 合計 3 件)

1. ◎▲*Suzurikawa, J., Fujimoto, S., Mikami, K., Jonai, H., & Inoue, T.: Effects of Back Cooling with Peltier Devices on Thermoregulatory Responses in a Hot Environment, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 11, pp. 832-834 (2016).

国際会議 (合計 9 件)

1. ◎*Kaneko, M., & Namiki, A.: Real-time Player's Posture Measurement System for Air-Hockey Robot, 2018 IEEE Conference on Robotics and Biomimetics. (2018.12). (@Kuala Lumpur, Malaysia)

7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況（2ページ以内）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、総括班研究課題の活動状況も含め、どのように研究組織間の連携や計画研究と公募研究の調和を図ってきたか、組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

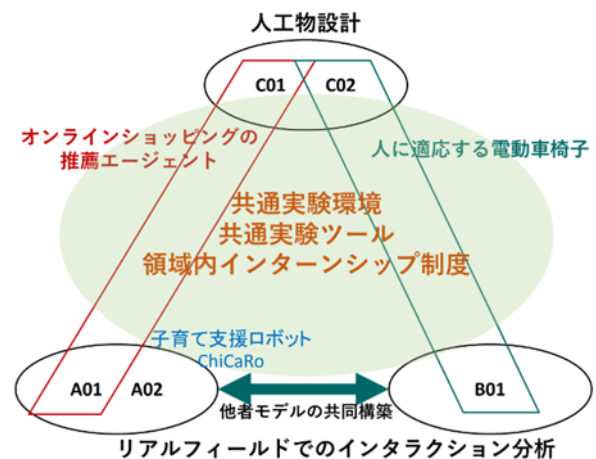
研究組織（特に計画研究）と領域において設定している各研究項目との関係は「1. 研究領域の目的及び概要」の3ページ目に記載した通りである。インタラクションを分析し、そこから他者モデルの抽出を主に担当するのが計画研究 A01, A02, B01 であり、人工物の設計と開発、および人工物設計論の確立を主に担当するのが計画研究 C01, C02 である。両者の研究をうまく結び付け、相乗効果を生むように、右上図に示したような連携を領域全体としては目指してきた。領域研究の最終段階では、右下図に示すように、計画研究 C01 のオンラインショッピングにおけるコンシェルジュの役割を担う推薦エージェントの構築に研究計画 A01 が、計画研究 C02 の人に適応する電動車椅子の設計と開発に研究計画 B01 が協力するような関係が生じた。以下に具体的な連携の詳細について記載する。



総括班 X00 と計画研究の連携

研究計画間の連携を強化するために、総括班が中心となって、各研究で利用可能な**共通実験ツール**、すなわち3次元会話計測システムとバイルソシオメータの開発を継続的に行ってきた（詳細は「2. 研究領域の設定目的の達成度」の⑤共通実験ツールを参照）。この共通実験ツールは一部の実験研究で利用された。そして、それにより、効率的にインタラクションの分析や他者モデルの構築が行えたことが、最終的に研究計画 C01, C02 の人工物の設計と構築に繋がった一因になったと言える。

さらに、手薄であった研究計画 B01 の人-イヌのインタラクション研究の一部を、計画研究 A01 の植田がサポートしながら、総括班 X00 で雇用した特任研究員が進めるという協力体制を、平成 28 年度以降構築した。



計画研究どうしの連携

- 研究計画 A01 の植田、大本、本田による、インタラクション時の非言語情報から顧客の意図推定を可能にする他者モデルの分析成果を、研究計画 C01 の松井と山田が、オンラインショッピングの推薦エージェントとのインタラクションデザインにおける旅行相談エージェントの開発に活用した。
- 研究が遅れていた研究計画 B01 の人-イヌのインタラクションの研究に関して、総括班 X00 で雇用した特任研究員と研究計画 A01 の植田が協力しながら推進する体制を構築した。
- 研究計画 A02 の長井と研究計画 C02 の今井は、A02 の研究成果の一部を使って立ち上げた子育て支援ロボット ChiCaRo について議論を行った。
- 研究計画 A02 の長井と公募研究 C02 の西川は、手押し相撲ロボットのデータ解析を共同で行った。
- 計画研究 B01 の澤と計画研究 C02 の大澤は、C02 の大澤が作成した電球型エージェントを用い、キー押し反応とエージェントの動作の同期によって、実験参加者の意思決定に対するエージェントの影響が変化することを示す共同研究を行った。
- 計画研究 C02 の今井は、電動車椅子の操作ゲインの個人適応において、搭乗者が操作モードを変更したいと思うタイミングと、車椅子がゲインを調整するタイミングについて検討を行ってきた。その際、計画研究 B01 の鮫島と澤による、馬の調教場面における調教師の指示を馬が理解したと思う要件をベースにした。

- 計画研究 C02 の今井, 計画研究 C01 の寺田, 計画研究 B01 の澤は, 棒を介した力学インタラクションにおいてユーザが挿入する棒を受け入れるかどうかの決定の仕方から, 人工物(棒の受け取り・排出を行う機械)に対してユーザがどのような他者モデルを持つかを解明する共同研究を行なった。
- 計画研究 C02 の大澤と計画研究 B01 の澤は, 人の目を映像で映し出すサングラス, ならびに視線を映像で自由に制御できるロボットを用いて, 人工的な視線の動きがサルに与える影響について共同研究を行なった。

計画研究班内における連携 (スペースの都合上, 代表的なもののみを記載)

- 研究計画 A01 内で, 植田, 大本, 本田が共同で, 対面販売状況における顧客の意図推定を可能にする他者モデルの分析を進めた。
- 研究計画 A01 の峯松の「訛りに対する嫌悪度の自動計測」に, 生理計測に基づく内部状態推定法を応用する可能性を探るべく, 峯松, 島田 (公募研究), 大本, 植田で検討を行った。
- 計画研究 A02 班全体で, リトミックの計測実験を計画・実施し, 解析結果について議論した。
- 計画研究 C01 の寺田と山田は, リーダーフォロワー関係構成の認知的要因, マインドリーディングのエージェント依存関係に関する共同研究を行った。同様に計画研究 C01 の小林と山田は, 視覚野ナローイングの共同研究を行った。

計画研究と公募研究, あるいは公募研究どうしの連携

- 研究計画 A01 で行った旅行相談のインタラクションの高度な統計数理モデルを用いた分析に, 公募研究 B01 の池田が協力し, 言語情報と非言語情報の両方を同時に検討できる新しい分析の枠組みを提案した。
- 研究計画 A01 の竹内, 公募研究 A01 の池上, 公募研究 A02 の高橋, 公募研究 C02 の飯塚は, 原初的なインタラクションにおける他者認知過程に関して議論する勉強会を実施した。特に, 公募研究 A01 の池上と公募研究 C02 の飯塚は, 触覚交差実験の解析を行い, *Frontiers in Psychology* 誌で発表した。
- 計画研究 A02 の長井と岡, 公募研究 A02 の大森は, 保育園でのリトミック場面の子どもの行動を分析する共同研究を行った。これによって, 振る舞いの背後にある子どもの感情推定や, 感情に基づく振る舞いの予測などを実現した。
- 計画研究 A02 の長井と岡, 公募研究 A02 の高橋は共同で, リトミック場面における子どもの集団を対象として計測と解析を行った。こうした集団がインタラクションする場合は, 個体間の相互作用を超えた場全体としてのダイナミクスを解明する必要があるため, “われわれ感”あるいは“we-mode”と呼ぶアプローチで研究を進めた。平成 28 年の赤ちゃん学会で, われわれ感に関するラウンドテーブルを行った結果, 多くの人の関心が集まり, 議論を深めることができた。
- 計画研究 B01 の澤, 鮫島と, 公募研究 B01 の池田は, infinite Gaussian mixture model を用いた解析手法によって, ウマに装着した加速度センサのデータから, 歩様の分類および移行に関する定量的な評価系を確立する共同研究を行った。
- 計画研究 B01 の永澤, 鮫島と, 公募研究 B01 の池田は, 人-イヌのインタラクションの一つであるドッグトレーニングをエキスパートと非エキスパートが行った場面を視聴する際の視線計測と脳活動計測を行い, 専門家に特異的に活動する脳領域を見出した。
- 計画研究 B01 の永澤, 公募研究 B01 の山本, 総括班 X00 の特任研究が人-イヌのインタラクションの研究を行っており, 間もなく主要英文誌に投稿できる状況にある。
- 公募研究 C01 の森田と計画研究 A01 の大本は, 人と人工物の持続的なインタラクションの成立条件を探るために, バーチャル世界におけるインタラクションの持続に寄与する個人特性を実験的に調査した。
- 公募研究 C01 の森田と計画研究 A01 の竹内は, 認知アーキテクチャで構築されたエージェントと人のインタラクションを実現するため, ACT-R と 3D ゲームエンジンを接続するプラットフォームを開発した。

以上に示した通り, 領域内で数々の連携が行われ, それが十分な研究成果に結びついたと言える。

8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む。）（1ページ以内）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について記述してください（総括班における設備共用等への取組の状況を含む。）。

設備の活用状況と研究費の効果的な使用について、本領域全体の柱となっている以下の3つの項目を、それぞれに関する総括班の活動状況と併せて説明する。なお、計画研究で購入した大型備品としては、生体計測装置、視線計測装置などがある。またこれらを複数台購入しているものもあるが、それは複数の実験参加者の生体計測や視線計測を同時に行うためであり、機材の使用に余裕があるときには、それらを公募班に貸し出すなど効果的かつ有効的な利用を図った。

若手研究者育成

若手研究者育成への取り組みについては、平成26年度から平成30年度の5ヶ年を通して領域全体で14名の研究員（うち公募班では4名）、主として博士課程の大学院生9名のRA（うち公募班は4名）として雇用した。特に本領域では、これら若手研究員およびRAの視野と見識を広げ、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（1～4週間程度）、他の班の研究員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総括班によって運営した。さらに、特に若手研究者を対象とした合宿形式の勉強会も年1回実施し、若手研究者間の知識やスキルの共有だけでなく、人的交流を通して研究者としてのキャリアパスに関する議論や、国際会議等でワークショップを企画するなどの活動を始める原点として機能した。さらにここで育成された若手研究者の多くが大学に助教や講師等として雇用され（12名）、本領域での研究活動と若手研究者育成が効果的に若手のキャリアパス形成にも貢献したと言える。このような若手研究者育成に関わる経費の総額は、人件費を除いて平成26～30年度の5年間で930万円であり、これは総括班全体の直接経費の10%を占めていた。この高い割合は、本領域が若手研究者育成に対して意欲的に取り組んだ証だと言える。

共同研究の推進、ならびに共同研究を実現するための共通実験ツールならびに共通実験環境の構築

計画研究間ならびに計画研究-公募研究との連携強化のために、本領域では共通実験ツールの開発を総括班が中心となって行った。具体的には、3次元会話計測システム、モバイルソシオメータ、動物の動作計測を主な目的とした光学式モーションキャプチャ装置を備えた実験環境の3つである。前二者に対して、本領域採択期間の5ヶ年で総額1,800万円を使用した（総括班全体の直接経費の20%）。開発したこれらの装置は、A01班、A02班の計測実験で用いられた他、Bordeaux University（仏）との共同研究でも利用された。3番目のモーションキャプチャ装置を備えた実験環境の構築のために、平成26年度に光学式モーションキャプチャ装置を2,800万円で購入し、それを常時設置した実験室で5年間使用した。この他にも、領域内の共同研究推進のための旅費の計上や、機械学習等に関する勉強会（2回）ならびに合宿形式での領域会議（3回）などを通して、計画研究間、計画研究-公募研究間で共同研究を推進させるための相互的な研究理解を深める機会を設け、効果的に共同研究の実現へと導いた。これらの取り組みには本領域採択期間の5年間で総額800万円を使用した（総括班全体の直接経費の8%）。

なお上述の光学式モーションキャプチャ装置は、当初は主に人とインタラクションを行っているときのウマとイヌの動作計測のために用いる予定だったが、生理計測データなど他のデータとの統合をする上で高コストになってしまう点や、ウマの動作領域が広範だった等の問題点が顕在化したため、ウマの動作計測については加速度センサを用いた方法に切り替えた。一方、人とイヌとのインタラクション研究（A01-B01班間共同研究、主たる実施者はX00班で雇用したPD研究員）等で光学モーションキャプチャ装置が有効的に用いられた。

アウトリーチ活動を含めた研究成果の発信基盤の整備

研究成果の国内外への発信基盤として、International Conference on Human-Agent Interaction (HAI20XX)におけるCognitive Interaction Design WorkshopならびにHAIシンポジウム（国内）を毎年開催してきた。またIEEE ROMAN, 人工知能学会, 日本認知科学会, 日本動物心理学会等でもオーガナイズドセッションを定例的に企画・実施した。また近接する他領域の学術会議にも協賛し、本領域で行われている研究の広報に努めた（日本神経回路学会, ALIFE2018）。加えて海外の大学等研究機関において本領域で取り組まれた研究の一部を紹介する講演や、本領域での研究成果に基づいて実装された海外の日本語学習者向けのインタラクティブ発音矯正システムの普及・利用セミナーも数多く実施し、本領域の研究活動ならびに研究成果の広報に努めた。これらのアウトリーチ活動を含めた研究成果の発信基盤の整備のために、本領域採択期間の5年間で410万円を使用した。

なお本領域の実施期間の5年内ではないが、本領域で得られた研究成果と確立された研究手法を総合的に学ぶことができる教科書（学部後期～大学院生向け）の執筆も現在計画・検討中である。

・研究費の使用状況 ((1), (2), (3) を合わせて3ページ以内)

(1) 主要な物品明細 (計画研究において購入した主要な物品 (設備・備品等。実績報告書の「主要な物品明細書」欄に記載したもの。) について、金額の大きい順に、枠内に収まる範囲で記載してください。)

年度	品名	仕様・性能等	数量	単価(円)	金額(円)	設置(使用)研究機関
26	屋外キャプチャ3次元動作計測システム	MotionAnalysis MAC3D	1	28,000,000	28,000,000	東京大学
	モバイル型視線計測装置	ナックイメージテクノロジーEMR-9 他	1	5,238,000	5,238,000	玉川大学
	モバイル型視線計測装置	ナックイメージテクノロジーEMR-9	1	5,083,668	5,083,668	玉川大学
	無線付携帯型データ収集システム	バイオログ DL-500	1	3,780,000	3,780,000	玉川大学
	無線筋電図センサー一式	バイオログ DL-500 他	1	2,293,920	2,293,920	専修大学
	Tobii グラス 2	Tobii グラス 2	1	2,070,000	2,070,000	京都工芸繊維大学
	Tobii グラス 2 ライブビュー 本体	Tobii グラス 2 ライブビュー	1	1,999,636	1,999,636	国立情報学研究所
	モーションキャプチャ解析ソフト	Visual3D Professional	1	1,898,100	1,898,100	東京大学
	高速データ取り込み解析システム	MP150WS ほかー式	1	1,563,840	1,563,840	国立情報学研究所
	音声分析用サーバ	UNI-XS-E5H-2690	1	999,108	999,108	東京大学
	人型ロボット NAO Evolution	NAOH25050204B	1	972,000	972,000	北海道大学
	盲導犬育成システム	マトリックス社 MXAT-MV-18 他	1	965,520	965,520	玉川大学
	インタラクティブロボット	アルデバラン社 NAO	1	943,920	943,920	静岡大学
	27	サーモカメラ	FLIR T620	1	1,920,000	1,920,000
Tobii Studio プロ 1年間プラン		Tobii Pro X3-120	1	1,698,942	1,698,942	国立情報学研究所
ワイヤレス生体計測装置 Polymate Mini		AP108TU	1	1,069,200	1,069,200	東京大学
29	UNIX Deep Learning BOX	E5-1650v4	1	993,643	993,643	東京大学
	小型ロボット	表情提示用小型ロボット(藤堂高行作成)	1	993,600	993,600	筑波大学
	Deep Learning BOX	E5-1650v4	1	948,000	948,000	(株)国際電気通信基礎技術研究所
30	RT-SCIURUS17 左腕	7 自由度, 可搬重量 0.5kg, 通信 RS485	1	972,000	972,000	電気通信大学

(2) 計画研究における支出のうち、旅費、人件費・謝金、その他の主要なものについて、年度ごと、費目別に、金額の大きい順に使途、金額、研究上必要な理由等を具体的に記述してください。

【平成26年度】

・旅費

1. 若手に対する勉強会合宿参加旅費支援, 440,223 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

・人件費・謝金

1. 研究員(大北碧氏)の雇用(人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 4,000,000 円. 計画研究 B01
2. 研究員(神代真里氏)の雇用(人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 2,400,000 円. 計画研究 B01

・その他

1. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the 2nd International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2014) におけるワークショップ運営費, 500,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

【平成27年度】

・旅費

1. 若手に対する勉強会合宿参加旅費支援, 449,290 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.
2. 若手に対するインターンシップ参加旅費支援, 219,280 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

・人件費・謝金

1. 研究員(長谷川孔明氏)の雇用(人の適応性を支える環境知能システムの構築) 5,000,000 円. 計画研究 C02
2. 研究員(大北碧氏)の雇用(人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 4,000,000 円. 計画研究 B01
3. 研究員(高木斗希夫氏)の雇用(意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用) 3,947,166 円. 計画研究 X00
4. 研究員(早川博章氏)の雇用(子供=大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化) 3,867,770 円. 計画研究 A02
5. 研究員(本田秀仁氏)の雇用(人-人インタラクションの分析とモデル化) 3,507,328 円. 計画研究 A01
6. 研究員(ムハンマド・アッタミ氏)の雇用(子供=大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化) 2,709,770 円. 計画研究 A02
7. 研究員(神代真里氏)の雇用(人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 2,400,000 円. 計画研究 B01

・その他

1. 若手に対するインターンシップ参加費支援, 191,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.
2. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the 3rd International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2015) におけるワークショップ運営費, 170,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

【平成28年度】

・旅費

1. 若手に対するインターンシップ参加旅費支援, 634,340 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.
2. 若手に対する勉強会合宿参加旅費支援, 443,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

・人件費・謝金

1. 研究員(長谷川孔明氏)の雇用(人の適応性を支える環境知能システムの構築) 5,000,000 円. 計画研究 C02
2. 研究員(王牧芸氏)の雇用(意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用) 4,351,534 円. 計画研究 X00
3. 研究員(大北碧氏)の雇用(人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 4,000,000 円. 計画研究 B01
4. 研究員(本田秀仁氏)の雇用(人-人インタラクションの分析とモデル化) 3,872,018 円. 計画研究 A01
5. 研究員(早川博章氏)の雇用(子供=大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化) 3,869,633 円. 計画研究 A02
6. 研究員(神代真里氏)の雇用(人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 2,400,000 円. 計画研究 B01

・その他

1. 若手に対する勉強会合宿参加費の支援, 240,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.
2. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the 4th International Conference on Human-Agent Interaction

(HAI2016)におけるワークショップ運営費, 170,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

【平成29年度】

・旅費

1. International Conference on Human-Agent Interaction 2017 (German) での情報収集 (日本発着, 山田誠二), 657,311 円. 計画研究 C02
2. 若手に対する勉強会合宿参加旅費支援, 457,300 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.
3. 若手に対するインターンシップ参加旅費支援, 304,960 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

・人件費・謝金

1. 研究員 (長谷川孔明氏) の雇用 (人の適応性を支える環境知能システムの構築) 5,000,000 円. 計画研究 C02
2. 研究員 (王牧芸氏) の雇用 (意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用) 4,354,538 円. 計画研究 X00
3. 研究員 (本田秀仁氏) の雇用 (人-人インタラクションの分析とモデル化) 4,179,525 円. 計画研究 A01
4. 研究員 (市川淳氏) の雇用 (子供=大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化) 3,858,521 円. 計画研究 A02
5. 研究員 (神代真里氏) の雇用 (人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 2,400,000 円. 計画研究 B01

・その他

1. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the 5th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2017) におけるワークショップ運営費, 300,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.
2. 若手に対する勉強会合宿参加費の支援, 300,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

【平成30年度】

・旅費

1. 東京大学工学系研究科戦略的サバティカルプログラムとして OJAD 講習会・講演会を実施 (南米, 北米, 欧州). 38 日間の旅費 (日本発着, 峯松信明), 1,591,520 円. 計画研究 A01
2. International Joint Conferences on Artificial Intelligence 2018 (Sweden) での情報収集 (日本発着, 山田誠二), 715,830 円. 計画研究 C02
3. CogSci 2018 (Madison, WI)での成果発表 (日本発着, 植田一博), 688,067 円. 計画研究 A01
4. European Conference on Machine Learning 2018 (Ireland) での情報収集 (日本発着, 山田誠二), 586,660 円. 計画研究 C02
5. International Conference on Human-Agent Interaction 2018 (UK) での情報収集 (日本発着, 山田誠二), 549,361 円. 計画研究 C02
6. International Joint Conferences on Artificial Intelligence 2018 (Sweden) での情報収集 (サバティカル先の米国発着, 寺田和憲), 506,770 円. 計画研究 C02
7. ALIFE2018 (Tokyo) (協賛している学会) 基調講演者 2 名分の旅費支援, 496,020 円. 計画研究 X00
8. 若手に対する学会参加旅費支援, 426,917 円. 計画研究 X00
9. 若手に対する勉強会合宿参加旅費支援, 366,760 円. 計画研究 X00
10. 若手に対するインターンシップ参加旅費支援, 366,283 円. 計画研究 X00

・人件費・謝金

1. 研究員 (王牧芸氏) の雇用 (意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用) 4,361,345 円. 計画研究 X00
2. 研究員 (市川淳氏) の雇用 (子供=大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化) 3,865,563 円. 計画研究 A02
3. 研究員 (神代真里氏) の雇用 (人=動物インタラクションにおける行動動態の分析と認知モデル化) 2,400,000 円. 計画研究 B01

・その他

1. Next Generation Human-Agent Interaction Workshop at the 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2018) におけるワークショップ運営費, 700,000 円. 計画研究 X00. 若手研究者育成支援のため.

(3) 最終年度 (平成30年度) の研究費の繰越しを行った計画研究がある場合は、その内容を記述してください。

該当しない。

9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1 ページ以内）

研究領域の研究成果が、当該学問分野や関連分野に与えたインパクトや波及効果などについて記述してください。

人を含めた社会性動物にとって、コミュニケーションの能力は非常に重要である。特に人は、言語や様々な非言語情報を通じて考えを伝え合い、協調行動をとる。他者と協調行動をとる場合、相手の意図や選好・価値・態度などの内的状態を理解する必要がある。このような相手の内的状態推定の能力は、個人差はあるものの、誰にでもある程度は備わっている。他者の意図を推定し、志向性（目標）を共有した上で協調作業を成し遂げるのは人の基本的な能力である。一方で、深層学習がいくら優れた機械学習手法であっても、高度な人工知能（AI）を含めた現在の人工物で人の意図を推定し、人と志向性を共有できるものは実現できていなかった。しかしながら、内閣府が提唱する **Society 5.0** では、「AI により、必要な情報が必要な時に提供されるようになり、ロボットや自動走行車などの技術で、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服される」とされている。これを実現するには、AI が人（ユーザ）の意図を推定し、志向性を共有することが必要不可欠である。本領域のすべての計画研究において、インタラクションの事例分析と他者モデルのアルゴリズムレベルでの解明を実現しているため、AI（人工物）がそのユーザの意図を推定するという、Society 5.0 の実現に必要な不可欠な基盤技術を提供しており、その社会的なインパクトや波及効果は極めて大きい。アメリカの DARPA は、“AI Next” campaign を提案し、他者の内部状態推定や他者との志向性共有などの、現状の AI に欠けている contextual reasoning capabilities を次世代 AI に必要な能力として 2 億ドルを投じて開発すると昨年発表した。これは本領域が実現を目指したことと基本的に同じである。DARPA が昨年提案した次世代 AI プロジェクトの内容を、本領域は 5 年も前に提案しており、その一部を実現したことになる。この先見性は高く評価されるべきである。

サイエンスの観点から見ると、人対人、人対動物、人対人工物に共通するプロセスのモデル化、すなわち インタラクションの階層モデル が提案できたことは大きな成果であり、インタラクション研究、コミュニケーション研究の 理論的なメルクマール になるものである。また、インタラクション相手の意図や選好の推定を他者モデルにより実現することは、とりもなおさず、心理学、認知科学、比較認知科学の分野で長年議論されてきた「心の理論」(theory of mind) の計算論的な基盤を与えることである。これまで数多くの研究で、心理学的な実験や脳科学的な計測に基づいて、「心の理論」とはどのような機能を持ち、どのような種が「心の理論」を持ち得るのが議論されてきた。一方、「心の理論」の計算モデルの提案は、MIT の Tenenbaum らや、ケンブリッジ大の Friston とロンドン大の Dolan らによる先駆的な研究などごく一部に限られていた。本領域の研究では、「心の理論」の計算モデルを構築するだけでなく、その妥当性を検討するための適切な心理実験環境を設定することによって、つまり 実験とモデルの適切なパッケージによって、他者の意図や選好を推定する際に人が固有に利用しているバイアスを明らかにした点が、これまでの先行研究にない優れた点である。具体的には、マルコフ性バイアスと決定論バイアス、およびスパース性のバイアスの利用をアルゴリズムレベルで明らかにした。さらに、Human-Computer Interaction 研究と「人馬一体感」の研究が繋がったのも世界初であり、また人-ウマのインタラクションに関する研究は、日本におけるウマの認知・行動研究のメルクマールになるものである。このように人-動物インタラクションの認知科学研究を大きく前進させることができた点も本研究の大きな貢献である。

計画研究 A01, A02 では、実験室のみならず、旅行相談やリトミック等のリアルフィールドでのインタラクションを分析した。その結果、研究成果を実社会における新しい価値やサービスの創出に繋げることが可能となった。具体的には、旅行相談に関する販売員のスキルアップ支援や、保育をデータ工学により支援する 情報保育学 の創出である。特に後者では、研究成果に基づき子育て支援ロボットを開発し、託児所への展開を検討している。

上記のすべてを総合したものが、まさに本領域が確立を目指した「認知的インタラクションデザイン学」の内容である。その社会的なインパクトの大きさは、NEDO 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 2 期/ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術の「ヒューマン・インタラクション基盤技術」の中に、本領域が冠された「認知的インタラクション支援技術」という研究項目が設定されたことから明白である。

10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1ページ以内）

研究領域内での若手研究者育成の取組及び参画した若手研究者（※）の研究終了後の動向等を記述してください。

※研究代表者・研究分担者・連携研究者・研究協力者として参画した若手研究者を指します。

若手研究員と RA の雇用

本領域では、本領域の研究に貢献し、将来の日本の学際研究を担える人材に育てるために、右の表の通り研究員を雇用した（数字は人数を示す。なお、カッコ内の数字は公募班で雇用された人数）。これら研究員以外に、9名（A01班：2名、B01班：7名）の学部生・大学院生を RA として雇用し、

班名	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
総括班	0	1	1	1	1
A01班	0	1(1)	1(1)	1	0
A02班	0	2(0)	1	1	1
B01班	2	2(2)	2(2)	1(2)	1
C01班	0	1(0)	1(0)	1(0)	0
C02班	0	1(0)	1(0)	0	0

育成した。これらのべ14名の研究員のうち、常勤無期で採用された者は5名、学振特別研究員などの常勤有期で採用された者は6名であり、本領域の若手育成が成功したことを裏付けている。

若手研究者の領域内インターンシップ制度の運営と勉強会（領域会議）の実施

各班で雇用する若手研究員を含めた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、他の班の研究者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、総括班のマネジメントのもとで運営した。これは、総括班の活動の最も重要なものの一つとして位置づけられており、本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。また本制度に関するアンケートを実施した結果、「理論グループ/実験グループ、認知科学/工学、人を対象/動物を対象のように、背景の異なるグループ間の学際的な共同研究や研究領域の立ち上げに適している」、「背景の異なる派遣者が一定期間滞在して研究の議論を相互に行うことは、派遣者/受入側、双方にとって刺激的だった」（これは参加者全員が述べている）、「インターンシップをきっかけとした共同研究からの論文執筆の成果も出始めている」といったポジティブな評価が得られた。

また、特に若手研究者の育成を念頭においた、合宿形式の勉強会・討論会（領域会議）を下記の通り実施した。さらに2017年度と2018年度に関しては、若手研究者がこれらに参加するための旅費の一部も支援した。

開催日時と場所	開催内容
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
2017年1月6～8日、浜名湖・舘山寺温泉	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9月6～8日、アクトシティ浜松コンgresセンターおよび浜名湖・舘山寺温泉	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

さらに2016-2018年度に開催された International Conference on Human-Agent Interaction では、Next Generation Human-Agent Interaction Workshop を毎年開催し、当領域のみならず、当該研究分野の若手研究者による発表と議論の機会を設け、若手育成に一役買った。若手研究者育成に関わる経費の総額は、人件費を除いて平成26～30年度の5年間で約930万円で、総括班全体の直接研究経費の10%を占めていた。

11. 総括班評価者による評価（2ページ以内）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

評価

評価者（所属・役職 氏名）	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	総合
日本学術振興会・顧問 安西祐一郎	A	A+	A	A	A+	A+	A+
京都大学・教授 西田豊明	A+	A	A+	A	A+	A	A+
東京大学・教授 堀浩一	A+	A+	A	A	A+	A	A+
京都大学・教授 友永雅己	A	A-	A	A	A	A-	A

評価項目：(a) 研究領域の設定目的の達成度, (b) 研究成果, (c) 研究組織, (d) 研究費の使用,
(e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度, (f) 若手研究者育成への貢献度

評価基準：A+ 「研究領域の設定目的に照らして、期待以上の成果があった」

A 「研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの成果があった」

A- 「研究領域の設定目的に照らして、概ね期待どおりの成果があったが、一部に遅れが認められた」

B 「研究領域の設定目的に照らして、十分ではなかったが一応の成果があった」

C 「十分な成果があったとは言い難い」

評価コメント

安西祐一郎元理事長

- 「認知的インタラクション」の大型研究プログラムはこの科研費新学術領域が国内最初のプログラムであり、研究方法、概念、その他、自ら構築しなければならないことが多かったと考えられるが、計画研究、公募研究を問わず、多くの研究がオリジナリティに富む成果を挙げている。
- これらの成果は、我が国における「認知的インタラクション」研究の先端に位置するものと高く評価できる。
- ただし、「認知的インタラクション」の研究全体はまだ始まったばかりであり、この新学術領域に参加した多くの研究者が、今後も粘り強く「認知的インタラクション」のテーマに沿った研究を続けることを期待する。
- また、本領域における研究成果を俯瞰し、研究方法、モデルの構築法、モデルの構造、インタラクションの種類、共通概念等々の面から整理して構造化することで、国内初の認知的インタラクションデザイン「学」の基本的な枠組みを構成できるのではないかと。
- 今後、本領域に参加した研究者が中心となった「認知的インタラクション」研究の意見交換の場を創り、我が国における「認知的インタラクションデザイン学」の発展をリードしてくれることを期待したい。

西田豊明教授

本新学術領域研究では、認知的インタラクションというコンセプトを掲げて、異なる研究分野でこれまで別々に取り組みられてきた研究に共通する知見の普遍化と深化をめざして、成人、子ども、ロボット、動物という特徴の異なる参加者を含むインタラクションを軸とした学術基盤の形成を試みた。約5年間にわたる研究の結果、各計画班の研究が深化し、相互作用することで認知的インタラクションに関わる理解が深まり、所期の目的として掲げられた認知的インタラクションデザイン学という学術領域の立ち上げに成功したと言える。認知的インタラクションという視点のもとで、クリーン/ノイジーな聴環境での母国語/外国語の発声/聴取、人と馬/犬/チンパンジー/ボノボのインタラクション、今性に基づく人とロボットとのインタラクションの具体化などの質の高い学術的成果が得られた。これは当該および関連学術領域に大きな影響を与えたと言える。研究組織に関しては、領域内インターンを使った研究連携などにより、人と動物のインタラクションの計測と数理モデリングに顕著な進歩がみられたこと、社会実装においても成果が得られたことが特筆される。また、子どもを含む集団のダ

イナミクス、包み込みエージェントなど、研究の深化により触発されて生じた新たな研究課題もあり、今後の発展が期待される。

堀浩一教授

人間どうしあるいは人間とコンピュータの間のインタラクションだけでなく、人間と動物の間のインタラクションをも分析し、それらすべてを横断的に統合するモデルを構築し、さらには、インタラクションのデザインに関わる設計論までを目指そうという野心的な目標を掲げた研究領域の設定であった。評価者は、最初から、その野心的な目標の設定を高く評価していたが、野心的過ぎると心配する専門家が少なかったのも事実であろう。5年間の研究を通して、見事にその心配を吹き飛ばすことができたこと、高く評価したい。

領域代表の熱意に、メンバーがよく応えた。非専門家をご覧になると、グループ間の成果の間の繋がりが見えにくいと思われるかもしれない。しかし、それは非専門家の表層的な見方にすぎない。認知科学や人工知能の専門家から見ると、一見離れているグループの成果の間に、深いところで通底する、新しい共通の研究グラウンドが形成された、と高く評価することができる。

Human-Computer Interaction の研究と「人馬一体感」の研究が繋がったのは、世界で初めてであろう。この日本から生まれた新しい学術領域を、ぜひ世界に広めていただきたい。

本領域で設定された目標は見事に達成されている。今後、その成果は、人工知能をはじめとする様々な領域へ応用することも可能である、と期待される。この新しい学術領域の幅を広げ、深さを深め続けていただくことを希望する。

友永雅己教授

全体としては、着実に研究が進展し、成果が目に見える形になってきたという印象が強い。特に、A班とB班は5年というスパンの中できちんとゴールにたどり着いたという感じがする。B班のウマの研究は、日本におけるウマの認知・行動研究のメルクマールになるものと思われる。今後は、比較的独立に進んでいる3つのウマ研究チームがさらに相互に連携して研究を進めてほしい。

一方で、C班については、門外漢の印象ではあるが、まだまだ改善の余地があるように思われた。特に人間を対象とした実験については、方法の妥当性、分析の妥当性、解釈の妥当性に物足りなさを感じた。以前から何度か主張してきたかもしれないが、参画している心理学者がもっと積極的にかかわっていくべきではなかったか。

とはいえ、本領域はそのゴールにたどり着けていると評価できる。

最後に少しだけ気になったことをいくつか述べる。

- ・ 今回の報告をききながら、「社会」という言葉について領域内でもコンセンサスが得られていない印象を持った。どのレベルの社会性に言及しているのかの合意がなければ、実のある議論に導けないかもしれない。
- ・ 領域の中心が工学だからなのかもしれないが、他の領域に比して、「女性」研究者の参加が非常に少ないような印象を持った。また、領域全体会議では若手のプレゼンスが十分に感じられない場面もあった。できればポスター発表を活用するなどして、若手の活動を積極的に可視化し、支援するというのもあったのかもしれない。