

領域略称名：人ロボット共生学
領域番号：4101

平成26年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る事後評価報告書

「人とロボットの共生による協創社会の創成」

(領域設定期間)

平成21年度～平成25年度

平成26年9月

領域代表者 (国立大学法人東京大学・大学総合教育研究センター

・教授・三宅 なほみ)

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	2
2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	4
3. 研究領域の設定目的の達成度	6
4. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	10
5. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	11
6. 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）	12
7. 総括班評価者による評価	13
8. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	15
9. 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）	18
10. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	26

1. 研究領域の目的及び概要（2ページ程度）

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（応募領域の着想に至った経緯、これまでの研究成果を進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。

私たちの提案する「人ロボット共生学」領域の目的は、人と人、人とロボットが互いに相手を育て合う「ヒューマン・ロボット・ラーニング」を共通のテーマとして、ヒューマンロボットインタラクション（HRI）と学習科学という二つの研究領域が双方を高め合い融合し合う新学術領域を創成することである。私たちが創成しようとしている新しい学術領域は、まだ若いながらも既に力のあるこの二つの既存の領域を統合してより強力に研究を推進し、研究テーマをできるだけ現実に近づけ、研究手法を刷新して5年間実施され、実社会の進展に実質的に貢献できる成果を生み出してきた。

この目的のために、A01「システムの協創」（ロボット工学）、A02「関係の協創」（認知科学）、A03「知恵の協創」（学習科学）の3領域を設け、緊密な連携を取りながら研究を遂行した。本研究は、認知科学、学習科学とロボット工学を融合することで、近未来の人とロボットが共生する社会を、特に「人とロボットとの学び合い」というコンセプトの上にも実現することを目的とした。「学び合い」によって成り立つ社会を実現する先導役を担ったのは上記3領域の中でも学習科学だったが、これまでの学習研究は実践科学として多くの実績をあげてきたものの、学習者同士の相互作用を直接的にはコントロールできないという方法論上の制限があった。領域代表者でもあるA03-1班の研究代表者は、人が知識を社会的に構成する過程の原理を「課題遂行者(話し手)とモニター(聞き手)の役割分担・交代による理解深化過程」と捉える建設的相互作用理論を提唱し、これを領域全体が実践的に検討してゆくコンセプトの基盤とした。A03班はその応用としてロボットが「良い聞き手」として介入できる授業実践場面を実現し、聞き手の「良さ」を初めて定量的にも定性的にも分析できることを示した。A01班のロボット工学ならびにA02班の人工知能・認知科学研究は、その動きを踏まえてデータを共有しつつ、それぞれの領域の発展に貢献する新たな研究課題を見出し、課題に即した研究手法を創出し、新たな課題を追求して新たな研究成果を提供してきた。以下、領域毎に成果を概観する。

【A01】

人とロボットが、それぞれの立場で相手の存在を認識し、互いに学び合い、育っていく。そのような人ロボット共生による新たな協創社会の実現に向けて、本研究では、人々が相互に関わりながら学習・発達していく過程における活動を計測・解析するための協創センシング技術の確立を目的とした。研究開発成果は、研究期間内に逐次、人とロボットを含めた系における学習・発達過程の研究(A02、A03班)で利用してもらい、そこで得られる知見を計測・解析技術に積極的に取り込み、最終的には、人々の協創的な学習・発達過程を支援するロボットシステム（協創システムプラットフォーム）を一部実現した。

また、人ロボット共生社会を実現するためには、ロボットが人とそれを取り囲む環境とを正確に分析、理解するとともに、人間に対して適切な方法で適切な働きかけ（コミュニケーション）をすることが必要となる。そこで、これまで（1）ロボットのコミュニケーション戦略決定技術の確立（2）ロボットのコミュニケーションモダリティ設計・統合化技術の確立を目標として意思決定、対話制御の両面から研究を進め、マルチモーダルな入力を前提とする統計的対話戦略制御手法のフレームワークをほぼ完成した。意思決定については、非タスク指向型対話の制御にPOMDPを利用するための方法を確立し、本技術を「聞き役対話」に応用した。対話処理については「ロボットの介在による人間同士の学びあいの促進」に向け、「思考・感情喚起型インタラクション」と呼ぶ新しいコミュニケーション形態に着目し、ロボットの行動戦略生成技術に取り組む。

【A02】

ロボットが人間社会において重要かつ有益な存在と認められるためには、ロボットと人との間の「信頼関係」の構築が重要な鍵となる。一般に、信頼関係は人と人（あるいは組織と組織）の相互作用の過程（あるいは結果）から構築される。人との信頼関係を構築する上で、ロボットはどのような特徴を有しているべきなのか。本研究では実社会における複雑な信頼関係を直接扱うのではなく、信頼関係構築に至るまでの相互作用におけるエッセンスを、発達の視点と脳神経科学的視点を融合しつつ抽出することを目的とした。

本研究は、生物性（生物らしさ）認知やヒト性（人らしさ）認知を、知覚・認知・行動レベルと生理・神経レベルで明らかにするものである。さらに乳幼児を対象とした実験と成人を対象とした実験を平行して行うことで、これまでヒトのみが可能であると考えられてきた随伴的・社会的な相互作用を行うエージェントを構築する上での基本要素を科学的見地から明確にすることができる。したがって、本研究での成果はA01班が構築する実ロボットをデザイン・構築するためのビルディングブロックとなり得る。また、他の研究目標としては、知識獲得や学習が成立するための（リソースとしての）他者（エージェント）の条件を明確にするもので

あり、A03 班における実社会におけるより良い学習環境の構築と深く関係している。本研究は人とかかわる共生型ロボットの実現に向けて新たな課題を明確にしつつ、その実現に貢献できると期待された。

【A03】

本領域の研究は、人を今より賢くするため、人の持つ潜在的な学習能力を洗い出し、それを活かした新しい学びを実践的に創造しようとする学習科学を基盤とし、その実践的な発展を図る。中でも人と人が互いに相互作用することによって新しい知力を生み出す実践研究を飛躍的に進めるために、方法論として、相互作用のダイナミズムを扱う手法として遠隔操作によるロボットを「よい聞き手」「ともに学びあう仲間」として実践研究に参画させるまったく新しい手法を開発した。具体的には、人と人との相互作用のロボットによる制御と支援という新しい研究方法を持ち込むことによって、これまでの経験則を一気に理論化するための多くの研究課題を産出し、新しい学習科学の理論を生み出し得るところまで来ている。たとえば協調学習において「担当した資料の理解が不十分でも、説明して話しあっている内に理解できる」といった経験知に基づく仮説を、ロボットを介して参加者間の相互作用に介入することで検証できるようになった。さらには授業の最後で皆が同一の答えに達するような授業であっても、その過程で起きているひとりひとりの考え方の変化を発話記録や役割変化から追うことによって、学習過程が本来持っている多様性とその相互作用が学びを促進、あるいは抑制する実態を明らかにすることができる。さらには「学び合う仲間になれるロボット」を遠隔操作する体験が教員研修や学習科学の体験的学習支援手法として有効であることの目処もつくところまできた。このように、学習科学の経験知に基づく仮説を、再現性のある理論研究へと発展させる基盤が形成された。

より具体的には、学びの場にロボットを参加させその成否を定量的に人と比較するための授業案、教材などを準備し、実証実験を開始した。教授法として知識構成型ジグソー法を開発し、グループ活動にロボットを導入させて小学生が中学生レベルの納得に至ることを示した。その中でロボットがどのように振る舞うと学習者の自主的な学習が促進されるか要因を同定し、以下の目標に向かって研究を進めた。

【目標 1】 「良い聞き手（モニター）」に焦点化した協調的な学習メカニズムの解明とその促進方法の確立

【目標 2】 協調的認知過程で「良い聞き手」が果たす「リボイス」効果の検証とその成立条件の確立

【目標 3】 ロボットを「良い聞き手」として操作することによる協調活動支援能力育成方法の実践的検討

1、2 では、人同士の協調過程とロボットが介在した協調過程を定量的、定性的に比較して、ロボットによる媒介が人同士の協調過程を促進し得るための条件とそのメカニズムを解明し、支援・促進方法を確立した。3 では、ロボットの遠隔操作そのものを人による他者への働きかけの内省支援の機会として研究対象とし、人間科学と工学との融合研究の方法論を開拓した。

他領域との連携に関しては、研究期間内に、以下を達成した。

【目標 1】 「良い聞き手」に焦点化した協調的な学習メカニズムの解明とその促進方法の確立

ロボットを導入させた協調学習場面を活用して良い聞き手による学習メカニズムを解明し、良い聞き手機能の促進方法の確立に結びつけた。ここから得られる N 人対ロボットのやり取りのデータを A01、A02 班にフィードバックしてそれぞれの分野での新しい課題の創出を図った。

【目標 2】 協調的認知過程で「良い聞き手」が果たす「リボイス」効果の検証とその成立条件の確立

共同問題解決場面にロボットが「聞き手」として介入するレベルをリボイスの程度によって制御し、そこから得られたデータを A01、A02 班の視点からも分析・統合することによって、リボイスという共通項を柱に「良い聞き手」実現にむけての連携を強化した。

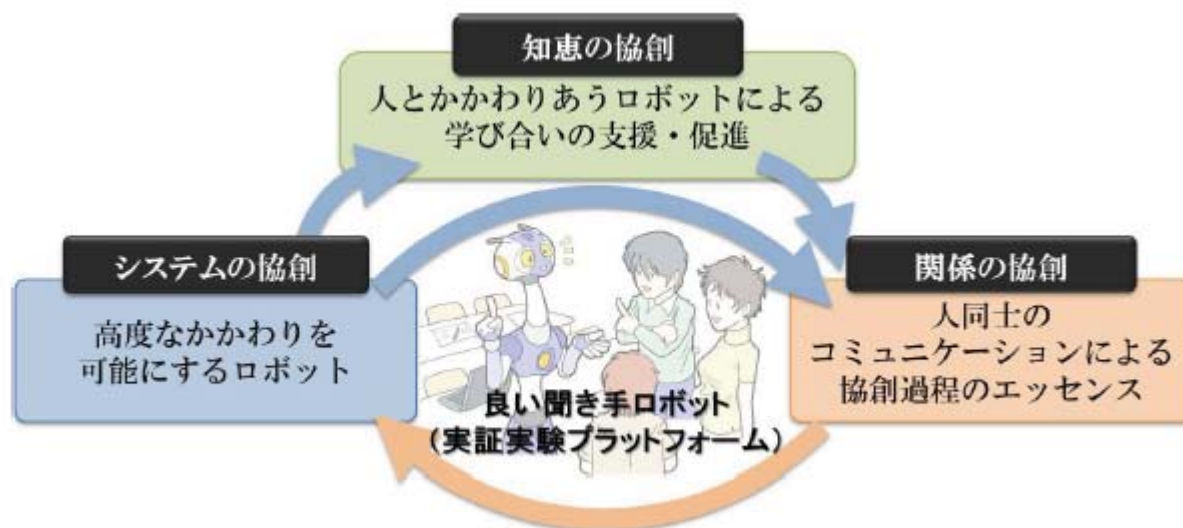
【目標 3】 ロボットを「良い聞き手」として操作することによる協調活動支援能力育成方法の実践的検討

「良い聞き手」としてのロボット操作過程を分析し、そこから教師における協調活動支援能力育成方法を提案するなどして実際の教員研修に実用可能かなどを検討した。

2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2ページ程度）

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、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。

大枠としての組織図は、次の通り、A01（左下）、A02（右下）と連携しながら、A03（上）を支え、A03 からフィードバックを行う構造であった。



【A01】

A01-1 班では、開発した可搬型のアンドロイドロボットシステムは、Human-Robot Interaction から出発しより発展的に現実社会で起きる Human Robot Learning にロボットの見かけがどう影響するかという観点での実験や予備実験に活用される基盤技術を開発し、以下のように他領域に提供した。

- ・ A01-1 公募班（大武美保子）の共想法での司会の実験
- ・ A02-1 計画班（開一夫）のロボットの情動への影響に関する実験
- ・ A02 公募班（寺田和憲）、A02 公募班（高橋英之）の人—ロボットのゲーム戦略への見かけの影響に関する実験
- ・ A03 計画班（三宅なほみ）の協調学習でのロボットの見かけの影響に関する実験

A01-2 班では、基本的対話行動認識プラットフォームは東京・関西拠点にそれぞれ設置され、様々な研究の実験に利用された。開発した共生型ロボット、Robovie-W も、特に A03 班の実証実験に広く利用された。

連携に関しては、主に A03-2 班との連携を進め、東光小学校の理科室における実証実験を共同で進めた。A01-2 班は主に基本対話行動認識に関わるシステムの設置と開発を進め、理科室内における子どもたちや先生の位置、音声アクティビティ等の認識を行った。

また、A02-1 班の植田らと共同で Social touch に関する研究を進めた。A01-2 班は Social touch の研究に利用するロボットを開発し、A02-2 班は実験を行う、という分担であった。

A01-3 班では、計画研究と公募研究の研究組織がロボット共生型協調学習の場で利用できる対話システムを実現するため、音声認識、対話処理の要素技術を開発し、この場における半自動化対話システムの検討を行った。特に、A03 班における取り組みのうち、自動化の実現性が比較的高いと考えられたリボイスによる協創学習を対象とし実験データを収集した。このデータを用いて対話システムを構築した結果、半自動化による対話システムがほぼ実現できることが確認できた。

また、A02 班のロボットの視線が幼児に与える影響などの研究と A01 班が取り組む対話モデルの研究を融合することにより、幼児がロボットと協調して学習する協調学習が実現可能であることなどについて議論が進んだ。

【A02】

A02-1 班では、ヒトとのより良い関係を築くロボットを構築するために、認知科学、神経科学、および発達科学の視点から、ロボットとの相互交渉について検証を行った。また、A03 班のフィールド実験のビデオを班員で、検討し A02-2 班との連携のもと、複数個体実験の展開へと繋げた。公募班とも積極的に会合を持ち、ロボットとのインタラクション時におけるリズム同期の重要性、聞き手にしたいロボットについての条件なども確認した。

A02-2 班では、人と信頼関係を結び円滑に振る舞うロボットを構築するために、ロボットの振る舞いのデザインおよび、ロボットの振る舞いを評価するための心理指標を、被験者実験を通して明らかにしてきた。特に A03 班の学習科学研究で頻繁に見受けられる複数人の中での会話を想定し、2 人以上の人とロボットの会話の場面や、ロボットが 2 対以上いる場合における人とロボットの会話の場面でのロボットの振る舞いの効果について研究をおこなった。

【A03】

A03-1 班の役割は人と関わり合うロボットにより人々の学び合いを支援・促進する方法を明らかにすることである。研究は、実際に学校現場で効果のあることが確認された協調的な学習場面で卓上ロボットが遠隔操作によって「学習仲間」として機能し得ることが確認された。小学生、大学生を対象とした知識構成型の授業の他、大学生を対象としたキャリアカウンセリング、同じく大学生を対象とした共同問題解決場面など多様な場面で、ロボットによる発話制御などの実験方法の開発を試みた。これらを活用して「良い聞き手」の特徴や役割を特定し、多様な手法による良い聞き手の実現によって教室での建設的相互作用を活性化させる研究が展開した。

目標としては「良い聞き手現象の成立メカニズムの解明(目標 1)」、「リボイスも含めた良い聞き手効果の検証(目標 2)」、「『良い聞き手ロボット』の操作経験からの内省的な学習の効果の検討(目標 3)」の達成に向けて、これまでの研究を発展させた。研究代表者、分担者はそれぞれ以下に括弧内に名前ですす通り示すテーマを分担したが、研究計画から実施、データの検討を常に共同で行い研究の質を高めた。

具体的には平成 23 年度軌道に乗せた東京拠点での小学生の自主参加による「誘導しすぎず依存されもしない」同等な学習者としてのロボットの効果を、継続的に実施する実験教室によって確認する(目標 1 と 2 に対応)。対象教科を理科、社会を中心に国語、算数について、初めてロボットと一緒に学ぶ状況と何回も繰り返しロボットと学ぶ状況の定性的、定量的な比較を行う(三宅)。この活動を柱に、大学や小学校の現場での協調学習に対する実証実験(大島)、キャリアカウンセリング(中原)や共同問題解決(白水)など少人数場面、他班が実施する高齢者の協調活動支援など現実社会で起きる協調活動を扱って多様なデータを収集、分析し、一部学会発表ならびに学術論文として発表した。

この場面に A01、A02 からのフィードバックを取り入れると共に、リボイス、リジェスチャの効果など 3 計画班全体の問題意識に共通する課題を設定して共同での実験を行った。これらの実験の実施に際しては特に研究課題に特価したロボット技術を導入し、課題に即した場面での実施も考慮して、拠点プラットフォームでの実験環境を可搬化した。

A03-2 班では、学習科学の知見を融合する新しいロボット工学の研究を目指して研究を進めた。学習科学分野の知見を参考に人々の振る舞いをモデル化し、ロボットが学びの場において、聞き手の役割を取り、学びを誘発して知的創造を促すための、振る舞いのモデル化を進めた。また実際の学びの場での実証実験も進めた。この中で、A01 班で作られてきたセンサネットワークと連動してロボットを動作させつつ、ロボットを学習者中心の学習に取り入れるような取り組みを進めた。また A02 班で作られた尺度も、実証実験の際の評価指標の一つとして取り入れた。

【A01,A02,A03 班】の連携

研究開始当初は、異なる領域間でそれぞれが持っている「学び」のモデルを再検討し、協調的な学びを引き起こす条件などについての理解をそろえるための意見交換ワークショップを実施した。その後研究成果交換会などの折に実際に中学生を招待するなどしてロボットが参加するデモ授業を実施し、現実社会での活用場面について領域間の理解を深める機会とした。

連携は研究期間後半に入り計画班から公募班へと広がりを見せた。A01 と A03 の両領域と連携した公募研究の例として大武は、個別に開発してきた二種類の会話支援ロボットの要素技術を統合し、場の雰囲気を読み取り、適切な発言を選択可能な会話支援ロボットを開発することを目的として研究に取り組んだ。結果発話時間や表情など非言語情報の認識技術に基づいて場の雰囲気を読み取り、会話中の人間の発言など言語情報の利活用に基づいて適切な発言を選択可能とし、人と人との会話をより円滑に支援できるよい聞き手となるロボットが実現するかどうかを、実験的に検証する。平均年齢 94 歳の健康長寿姉妹の会話をヒントに、面白い話をする機能、面白い話で笑う機能等を開発することに成功した。

3. 研究領域の設定目的の達成度（3ページ程度）

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、具体的に記載してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目毎の状況も記述してください。

研究成果が多岐にわたるため、領域の班ごとに成果と達成度を示す。

【A01-1】同調制御についてはおおむね達成。コミュニケーション学習について課題を残した。

本研究では「よい聞き手」となるロボットを実現することを目指し、アンドロイドの適応的な要素行動を実現するために、以下の3つの研究課題に取り組み、下記の成果を得た。

[目標1] ゆらぎを用いた人間の発話情報とロボットの身体動作の同調制御

[目標2] ゆらぎを用いた複数の人間とロボットの同調制御

[目標3] ゆらぎを用いた人間とロボットの多様なモダリティの同調制御

[成果1] 機能を絞り込み、システムをコンパクトにした可搬型アンドロイドプラットフォームを開発した。また顔つきや笑顔など、人に同調するロボット制御インタフェースを開発した

[成果2] 複数の人間とのロボットの同調制御手法として、3者対話を対象に対話データを収集し、人のジェスチャが視線遷移に与える影響をモデル化した

[成果3] 生理指標としてSCR、脳波、fMRIを用いてアンドロイドと対話する人の反応の計測を行い、このうちSCRがロボットへの没入度合いの指標になることを見出した

[成果4] 病院の診察室、学校の教室等でのアンドロイド導入実験を行い、ロボットの存在がどう受け入れられるか調べた。その中で発達障害児の中に人よりもロボットに話しかけやすいというケースが見られ、ロボットを用いたコミュニケーション学習の可能性についての検討をはじめた。

【A01-2】プラットフォーム開発・有効性検証を達成。持続的な研究開発フレームも実現

本計画研究では、人々の協創的な学習・発達過程を支援するロボットシステム（協創システムプラットフォーム）の実現を目指し、人々が相互に関わりながら学習・発達していく過程における活動を計測・解析するための協創センシング技術の確立を進めてきた。5年間にわたる研究を通じて当初の目標を達成するとともに、開発した協創システムプラットフォームを利用した他班との共同実証実験の実施や、社会還元活動の一環として実証実験に関する取り組みを多数の取材・メディアを通じて一般の人々へのアピールを行った。

[目標1] 学習・発達過程での知見を利用した協創センシング技術の確立

[成果1-1] レーザ距離計とマイクロフォンアレイを連動した無線ユニットを開発し、このユニットを複数台利用した協創センシング技術として人位置同定・音源位置同定・音源分離・話者同定等の「誰がどこで何をしているのか」を抽出できるシステムを確立した。開発したセンサユニットを自由に組み替えて利用できレーザ距離計の校正作業を半自動化する技術を実現することで、人文科学系を含む多くの研究者が利用しやすいように工夫したプラットフォームを開発した。さらに3次元距離画像装置を利用した人位置計測システムとマイクロフォンアレイの連動も進め実証実験として小学校の理科室に1年以上稼働することを実証した。

[成果1-2] 各班の実験で簡単に利用できるデスクトップサイズの人型ロボット（Robovie-W）と遠隔操作を連携・協調するシステムを開発した。人型ロボットの開発にあたっては、実験被験者である子ども（小学生）が受け入れやすいデザインにしてほしい（A03班）、ロボットの視線や振る舞いがわかりやすいデザインにしてほしい（A02班）という要求に応えた設計を行い、柔らかい素材で丸い形状を実現した。領域内で多数の実験に広く利用されており、各種実験以外にもシンポジウムでのデモンストレーションなどにも利用された。

[成果1-3] 開発システムを販売するための実用化、具体的には協創センシング技術の一部である人位置計測システムを製品化し（株）ATR-Creativeから販売、Robovie-Wも製品化しヴイストン（株）から販売した。

[目標2] 協創システムプラットフォームの実現

[成果2-1] A03班との連携を進め、開発した協創システムプラットフォームを小学校の理科室に設置し、子どもたちの理科に対する好奇心向上を目標とし、平成24年度に110名を超える小学5年生に対する理科の授業を対象とする実証実験を実施した。実験期間中、半自律型ロボットは1ヶ月以上にわたって理科室に導入され、朝や昼の自由時間、授業間の休憩時間において子どもたちの理科に対する質問に答えた。

ロボットに質問を行ったかどうかで、線形混合モデル分析を実施した結果「理科の質問を多くしていた子どもは好奇心が向上する」というモデルの妥当性を示した。ロボットに理科の質問をしていた子どもたちは、質問をしなかった子共よりも、ロボットに対する社会的受容性やロボットの知識が役に立った度合いを有意に高く評価していた。授業では習わなかった事象に関する問いを先生ではなくロボットに行う子どもたちも存在し、ロボットが子どもたちの理科に対する好奇心の向上に寄与できたと考える。

[成果2-2] 実証実験期間中に得られた大量の人位置データおよび音声データから、授業中の音声アクティビティを分析する技術を確認した。具体的には、理科室の天井に設置した複数の距離センサを用いた3次元の人位置検出技術と、各実験台の上に設置した複数のマイクロフォンアレイセンサを用いた3次元の音源定位技術を

組み合わせることにより、理科室内でいつ誰がどこで発声したのかが実時間で観測および記録できるシステムを確立した。これにより、例えば授業中に先生が実験などの説明を行っている時間帯、質疑応答を行っている時間帯、実験中生徒達が一斉に声を発している時間帯などが一目で分かる。実験台ごとの音声アクティビティを実時間で観測可能であり、グループごとの対話アクティビティの理解に役立つ。

【A01-3】全体として75%程度を達成した。

人・ロボット間のインタラクションの半自動化を実現するため、以下の二つの研究を実施した。

(1) 協調学習場面における会話プロセスの状態推定技術の確立

(2) POMDP によるロボットの会話行動制御と協調学習支援への適用

(1) に関しては、音声認識、対話行為認識、対話状態推定とも 50%を超える認識性能を達成できた。この項目については、ほぼ、当初予定の計画は実現できた。(2) に関しては、対話の構造を自動学習できることを確認し、POMDP による対話制御が可能なが確認できた。

【A01 公募研究】A01 の公募研究成果は次の通り、開発は達成、現場での運用が今後の課題である。

- 人とロボットが実環境で、より自然にインタラクションを行うための「実環境ロボット聴覚技術」の開発に取り組んだ。人ロボット共生学フィールド実験で想定するロボット動作中かつ複数移動話者が存在する聴覚インタラクション環境に耐えうる要素技術の開発を行った(具体的には下記①～④を参照)。また A01 公募班大武美保子が主催する NPO 法人「ほのぼの研究所」での適用により、音源定位機能を中心に実環境で良好な性能が得られることまで示すことができた。
 - ①ロボットの耳で聞いた混合音を聞き分け、話者の音声を分離する(音声聞き分け技術)
 - ②分離音声を認識し、同時に「誰が(who)」「いつ(when)」「どこで(where)」情報抽出を行う(音環境理解技術)
 - ③認識した情報を一目でわかるよう実時間で可視化を行う(可視化技術)
 - ④上記をジェスチャなどロボット動作中でもロボタストに行う(自己雑音抑圧とセンサ同期技術)
- 人とインタラクションができるアバターを構築し、WoZ 形式で、人物とアバターとの行動を記録し、事例データベースを収集した。その事例データを元に共起行動素の抽出を試みた。この共起行動素片が、どの程度人物の対話行動に影響を与えているかを学習によりデータベースから求め、重要度の高い物から共起行動素として取り出す手法を開発した。
- 蓄積された動作データベースに基づく柔軟な動作生成を目的とし、対話の割り込みや複数話者への対応が可能なジェスチャ生成に取り組んだ。Motion Graphs をロボット用に拡張して、インタラクション中における柔軟な動作生成を実現したことに加え、動作の類似検索で、意味的な類似度で検索できる様な新しい動作特徴量 motion-bag-of-features を提案し、その有効性を示す事ができた。
- 聞き手になれる情報処理の基礎技術の開発を目的としてうなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みをロボットや CG キャラクターのメディアに導入することで、一体感が実感できる聞き上手な引き込みに基づく身体的インタラクションシステムを開発した。

【A02-1】検証実験による知見の確認は達成。現場への知見の応用が今後の課題。

本研究では、より良いコミュニケーションが可能なロボット構築のために、以下 3 点の研究を遂行した。

[目標 1] 生物性・ヒト性認知の客観指標の確立：人がある対象に生物らしさあるいは人間らしさを感じる指標として、EEG や NIRS などの先端脳機能計測機器を用いて、より客観的な指標を構築する。またその指標を用いて、ロボットから感じられる社会性の認知メカニズムを検討する。

[成果] 対象を主観的に生物とみなすこと(主観的アニメシー帰属)と左前頭下部の活動とが関連していることがわかった。アニメシー知覚は、対象を主観的に生物と見做すトップダウンな処理と対象の運動からアニメシーを知覚するボトムアップな処理からなり、両者が異なる脳部位で担われている可能性があることが示唆できた。ソーシャルタッチの実験から、ロボットによる身体的接触がロボットに対する不公平感を抑制したことを示し、身体的接触をロボットによるカウンセリングや教育の場面へ応用することを課題として得た。

[目標 2] 生物性・ヒト性認知の発達機構の解明：生物性・ヒト性認知の発達の变化を、乳児から成人までを対象とした認知実験・計測により明らかにした。

[成果] 人間とアンドロイドの観察時にはホワイトノイズ観察時と比べて有意に μ 波が減衰しロボット観察時も μ 波が減衰していたが、有意傾向に留まった。ロボットはアンドロイドの表皮を取ったものであり、両者の動きはほぼ同一であるにもかかわらず、 μ 波減衰のパターンに若干の違いが見られた。ただし動作主間で μ 波の減衰量に有意差は認められなかったことから、動作主による MNS の活動の違いは大きくなかったと言える。仲の良い友人が操作するアンドロイドが隣に座っている場合といない場合、よく知らない他人が操作するアンドロイドが隣にいる場合といない場合で情動喚起画像に対する脳波と快・不快の主観評価を比較したところ、アンドロイドは現状として本物の人間とは異なる特別な存在感を持っていることが示された。

[目標 3] ヒト性認知が知識獲得に与える影響の解明：ロボットから知識を獲得する、すなわち、信頼される情報が人へと伝達されるためには、ロボットにどのような特徴を付与すれば良いのかを明らかにする。

[成果] ヒトおよびロボットを情報源とした物体学習の実験から、ヒトもロボットも同様に乳児の視線追従を誘発するが、物体学習に影響を与えたのはヒトの視線のみであった。また、視線の参照的理解についても、ヒトの視線のみ有効であった。しかしながら、ロボットに音声発話等のコミュニケーション的なシグナルを付与すると、ロボットの視線も乳児の物体学習に影響を及ぼした。

【A02-2】動作モデルや指標の開発・検証実験を達成した。

本研究では、人と信頼関係を形成し、コミュニケーションできるロボットを実現するにあたって次の三つの目標を立て研究を行い、下記の成果を得た。

[目標 1] 信頼関係を形成するロボットの振る舞いの設計論の考案

ロボットの視線の振る舞いに特に注目して、人とロボットの関係性の形成および、人から志向スタンスを引き出す方法について検討を行った。

a)人の動作とロボットの視線の動きの同時性の効果：ロボットが同時性行動をとる場合、人はロボットに対して志向スタンスを取る事が明らかになった。

b)ロボットの覗き込み動作の検証：複数人の人とロボットが机に置かれた資料について議論する場面で、ロボットの覗き込み動作が人から志向スタンスを引き出す要因となる条件を明らかにした。

c)複数台(2対)のロボットの視線の振る舞いの効果：別々のロボットが同時にある対象に注目することが、その対象に対して相手の意図を読みながら注意を向けていると人に印象づけることを明らかにした。

[目標 2] ロボットとインタラクション中の人の振る舞いを計測する手法の考案

人が手を動かすときの手首の動きを表した数学モデル(Jerk 最小モデル)を用いて、人の指差し対象を精度高く予測し、志向性スタンスを引き出すことのできる振る舞いを生成できることが明らかになった。

[目標 3] ロボットとの信頼関係を評価する心理指標の考案

ロボットとのインタラクションの前後で人がロボットに対して持つ不安の心理量を質問紙で計る実験を行った。具体的には不安を緩和すると言われている自己開示対話を、ロボットが人に対して行うことによって、対ロボット不安が緩和することを検証し、ロボットに対して人が持つ心理指標も同時に開発した。

【A02 公募研究】実験室実験のモデル化や知見抽出は達成、現場での検証を今後の課題とした。

- グループ対話において複数の人間が同時にロボットに話しかけてくる状況で、ロボットが発話権の順序をバラ言語的な表現によって円滑な発話権の交替をコントロールするためのインタラクションモデルを構築し、ロボットへの実装と実験によってその妥当性・有用性を明らかにすることを目的とした。ロボットの発話においては、発話タイミングに優先して顔の向き/視線方向が優位に機能する傾向が強いことや、ロボットと参加者との視線状況に応じた視線配分をすることにより、その参加者に対する他の参加者からの注視を促すことで役割交替を促すことが実験を通して明らかになった。それに加えて、行為者となった参加者の行為の内容を調整できる可能性が示唆された。結果に基づき、円滑なグループ対話をコントロールするロボットとのインタラクションのモデル化を行なった。
- 非侵襲脳活動計測手法である近赤外分光法(NIRS)を用いて、ロボットの外見と動きを変化させ、これを観察しているときのミラーシステムの活動を計測した。結果、ロボットらしい動きをしているロボットを観察する方が人っぽい場合より脳活動が強まるという結果が得られた。さらに人間の外見を持つCGアニメーションを用いて、運動の途中で短いポーズを挿入することで動きの不自然さを操作した実験を行った。その結果、スムーズな運動よりも少し不自然な運動の方がミラーシステムの活動が強まること、しかし不自然さが増すとむしろ不活性化することを見出した。
- 知覚の心理物理学において、人とロボットの歩行者・歩行方向知覚という新しい研究領域を開拓した。
- 人とロボットとの間の騙しのモデル化という目的に対して、1) 繰り返し非ゼロ和ゲーム、最後通牒ゲーム、記号合わせゲームなどのタスクを用いて人がロボットの振る舞いを理解する際の認知モデルを明らかにし、2) 実験環境において、特定の要件を満たせば騙しが発生することを示した。

【A03-1】ロボットを用いた協調学習実践の実施と検証を達成。世界への知見の発信を今後の課題とした。

- 協調学習を運営する上で子どもたちの中にロボットが仲間として介入する場合、「よい聞き手」として信頼され、聞き手として貢献できる参加者として介入する方が、先生の期待する答えを知っているらしいわゆる「できる子」として介入するより、ほかの子どもたちの学びを引き起こしやすいらしいこと、子どもたち同士が考えながら話し合える授業では司会役は特に設ける必要がないらしいこと、などが実際の授業に近い形の100回を超える回数の実践研究の中から見えてきた。
- またこういった遠隔操作型のロボットを教員や指導主事が自ら操作してみることによって子どもの学びの実態が、そうでない形態よりも、つかみやすい傾向も確認された。以上より、遠隔操作型ロボットが「人の学びの実態」をその過程にまで立ち戻って学習研究者が検討するための新しい研究ツールになりえることが確認されたと言える。

- 上記のような子供、大人双方の学びが人ロボット共生社会をどのように形作ってゆくかを見極められる実践研究で得られるデータから、人と関わり人の潜在的な学習能力を引き出すロボットの開発に向けた技術的課題、認知科学的研究課題を新たに見出した。研究期間内に得られる知見を他の場面でも応用できるよう、ロボットによる協調学習支援について般化可能な枠組みをまとめた。これらの成果を世界的な研究者チームで共有し合い、新しい融合研究領域を世界的に創成するためのワークショップ、シンポジウムを開催した。一例としてロボットも用いて学習時の対話過程の縦断的な記録を詳細に取って世界的に共有する方法を考えるシンポジウムを行い、その構想を「21世紀型スキルの書籍にまとめた。
- これらの成果は、当初の予想を超え、世界的にもまったく新しい視点としてそのオリジナリティが高く評価されている。新学術領域創生という形での研究支援を受けることがなければ、日本発の研究のオリジナリティを発信する機会に恵まれることはなかっただろう。研究終了後も国際会議やワークショップに招待されたり、教育工学系、認知科学系の雑誌への寄稿や学術書籍刊行への打診があったりする。

【A03-2】ロボットを用いた長期継続型の学習実践を十分に達成。

当初の計画では、学びに貢献するかどうかという実証実験は最終年度の5年目に行い、それまでは振る舞いのモデル化と、遠隔操作の履歴から学ぶ技術開発を進める予定としていた。しかし領域内での議論を進めるなかで、実際の学びの場でのロボットの活用方法を見出す研究を優先的に進めることが重要であるという議論が進んだ。そこで本研究課題では計画方針を変更し、2年度目から、学びの場での実証実験の準備を進め、3年度目から5年度目にかけて、いくつかの実証実験を行った。これにより学びの場において、ロボットならではの学習者中心型の学びを引き起こせることを明らかにすることができた。本プロジェクトを通じて、学校などでの学びの場で、ロボットが果たしうる役割について、少しずつ解明することができた。ロボットは人間らしさを持ちながらも、人間とは違う存在感を持つことで、自ら考える必要性がでる、必要なときには質問しやすい、といった、学習者のより自主的な学びを引き起こす可能性を持つことが分かってきた。

【A03 公募研究】システムを開発し、社会還元活動も積極的に達成した。

- ロボットとの協創による障がい者が自発的に活動することができる作曲などの作業療法システムを開発した。ユーザの状態感知システムの開発、ロボット制御データの作成、ロボット制御データモジュールの作成、および、シナリオモジュールに従った総括システムモジュールの作成、モジュール間の通信プロトコルの設計、モジュールごとの制御回路の設計、ハードウェアシステム全体の一体化による操作性の向上を行った。システム開発には IntelligentPad システムを用い、ロボットの制御、ユーザの状態感知、制御シナリオ、学習支援システムをすべてモジュール化し、リハビリシステムに組み込むことを容易にした。
- 実世界知識を学習可能なロボット対話フレームワークを確立すべく、次の3点の研究を展開した。
 - ・音声対話を通じた実世界知識の学習手法の確立と実証実験：ユーザとの音声対話を通じて実世界知識（名称の音素列や視覚的特徴）を学習することができる動作学習・音声対話モジュールを開発し、生活支援ロボットのベンチマークテストであるロボカップ@ホーム 2012 世界大会に出場し、準優勝（20 チーム中）を果たした。
 - ・非モノログ音声合成の開発と成果展開：ロボットと人間の対話において、合成音声が平板的にしないため、非モノログコーパスによる HMM 音声合成を提案した。MOS (Mean Opinion Score) を用いて性能評価を行った結果、読み上げタスクにおいては既存手法であるモノログ音声合成と同等であり、対話タスク・生活支援ロボットタスクにおいてはモノログ音声合成を上回る結果を得た。社会還元活動の一環として、非モノログ音声合成手法をクラウドサービス化し、広く利用できるように公開した。既に公共機関で採用された実績があり、共同研究や商用化に向けた問い合わせを多数受けている。
 - ・クラウド型音声コミュニケーションツールキット rospeex の公開：研究コミュニティ全体の開発スピード向上に貢献するために、rospeex を無料かつ認証不要で公開した。クラウド型音声合成のみのユーザも合わせて、半年間で 3000 ユニークユーザを達成した。これらの実ユーザの利用を分析し、実用的に十分な速度で音声認識・合成処理が実行できることを確認した。
- 展示空間に常駐して見学者間の「会話」(PhotoChat 上のチャット) に耳を傾け、そこから得られた情報を基に新しい見学者に話題提供や展示推薦を行うガイドロボットを試作した。試作したものを小規模な展示会ワークショップで動作確認+評価することはでき、その成果は RO-MAN2014 で発表することになった。ただ、実フィールド（未来館、科学館）での中長期的な運用観察は達成できなかった。

4. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1ページ程度）

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。

【A01-1】 研究開始時に研究代表者に、また研究開始後に研究分担者1名に異動があった。そこで実動できる研究者を確保するため研究分担者の入れ替えを行った。またロボットをコミュニケーション的なセラピーに活用する方法を検討するため、研究期間中に医師2名を研究分担者に加えた。以上の研究組織の変更により、病院や学校での実証を円滑に進めることができた。

【A01-2】 平成23年度までの研究により、本新学術領域特有の計測技術およびプラットフォームが他の研究班の実験遂行に必要なことが明らかになったため、当初計画の基本的対話行動認識技術、およびユビキタスセンサに基づく対話行動認識プラットフォームの方向を平成24年度より修正した。具体的には、A02、A03班の実験結果から得られる、計測手法やロボット制御に関する定量的な指標・知見を積極的に取り込み、遠隔操作型ロボットからの働きかけも含めた観測情報の構造化を行う協創センシング技術および協創システムプラットフォームを構築し、本新学術領域の基本ツールに仕上げることに注力した。

【A01-3】 次の課題があった。

(1) 研究開始当初、幼児・小学生の協創学習の環境に対して、音声認識や対話処理を利用する対話ロボットシステムの構築を考えていた。しかし現実には、幼児・小学生の声の不安定性、文法や対話様式の未発達性、雑音の影響などの複合的な要因が複雑に絡み合い、音声認識、対話行為認識、対話状態推定のどの項目においても、現状の技術水準で解決できるレベルを大幅に超えており、期待通りの精度を実現できない問題に直面した。この問題に対して、A03班と綿密なディスカッションを行い、発話の論理構造が比較的理解しやすく、対話の状態が明確に定義されているリボイスによる協創学習を対象環境とすることを決断した。この環境において、雑音および発話や文法、対話構造の不安定性を極力除外するため、接話マイクを使用し大人が発声して実験を実施した。この結果得られたデータを元に対話システムを構築して、今回の成果を得た。

(2) 若手ポスドクの採用、活用を計画したが採用できる水準になかった。新領域であること、企業研究所であることが不利に働いた一因であると推察される。インターンシップ学生を活用することによって補った。

【A02-2】 平成23年度までは、人とロボットが一对一で会話する場面の研究を行ってきた。ロボットの同時性行動と志向スタンスの関係が明になった一方で、実際の学習場面に現れる多人数での会話場面と、被験者実験で設定した会話場面に多くの違いがあることが明らかになってきた。そこで平成23年度以降は、実際の学習場面を想定し、複数の人とロボットのインタラクションおよび、複数台のロボットと人のインタラクションにおける志向スタンスの引き出し方に関する研究を行い、より現実場面に近い知見を得る事ができた。

【A03-1】 実際の学びの場での研究は、領域内での研究の具体化や、あらたな技術開発のニーズの顕在化につながり、領域内でのシナジー効果を生みつつある。知識構成型ジグソー法が対象とする、ノイズの多い教室内で複数の子供達が入り混じって発話する状況を分析するニーズから、A01班において、マイクロフォンアレイ単体ではなく、レーザレンジファインダによる人位置計測技術との統合によるロボスタな話者方向同定技術が生まれた。A02班での、ロボットが人との関係を作り出す研究においても、これまであまり起きてこなかった「その実験室でしか試していない知見は、実際に使えるかを見越した議論を引き起こし、今後研究テーマをより具体的で現実に根ざしたものへと変える必要性がはっきりしつつある。

【A03-2】 当初の計画では、学習者からの「知識の外化」が、ロボットを相手にした場合にも自然に起きることを想定し、会話パターンを学ぶ研究を予定していた。しかし予備実験を行う中で、実際にはロボットに対して、このような知識を含む発話が起きにくく、むしろ「ロボット相手には真剣に考えを述べない」という問題が見出されてきた。またA03-1班の研究から、ロボットを相手に話をした場合には、利用者は「ロボットに考えをなるべく多く話す」というよりも、むしろ「相手がロボットなのだから自分で考えないといけない」と主体性を高める現象がみられることが分かった。そこで、ロボットが会話によって学びを促進するという当初の利用方法よりも、このロボットを対話相手にしたときにおきる現象を長所として活かし、擬人的なロボットが存在するものの、そのロボットも答えを知らない、という状況を設定することにより、学習者中心の学習を引き起こす、という利用方法を見出すにいたった。実験の結果、このような利用方法が、実際に学習者中心の学習を効果的に引き起こせることが分かりつつある。さらに擬人的なロボットが存在すること、また話しかけることが、子どもへの励ましとなること、さらにはタイミング良く話しかけが起きた時には子供たちの間での知識共有を促進することが見出されつつある。

5. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1ページ程度）

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。

【A01-1】本研究課題において雇用され研究に参画していたポスドク研究員（吉川雅博）は、その研究成果が認められ、最終年度途中より奈良先端科学技術大学院大学の常勤職員のポジションを得ることができた。また本研究課題に参画した筑波大学の修士課程1年生（産総研の技術研修生）の研究発表が、SI2012にて優秀講演賞を受賞した。

【A01 竹村】研究参加後、他大学に異動し、任期なしのポジションを取得することができた

【A01 中臺】主に博士号取得、修士号の取得は、この新学術領域に参画して得られた結果による部分が多い。研究協力者である Gokhan Ince 博士は、(株) HRI-JP を退職し、イスタンブール工科大助教として活躍中
中村圭佑氏は京都大学から博士（情報学）を取得

大学院生であった吉田尚水氏は東京工業大学から博士（工学）を取得し、(株) 東芝勤務

水本武志氏は京都大学から博士（情報学）を取得し、(株) HRI-JP 勤務

大塚琢馬氏は、京都大学から博士（情報学）を取得し、NTT CS 研勤務

奥谷啓太氏は、東京工業大学から修士号を取得し、島津製作所勤務

手塚太貴氏は、東京工業大学から修士号を取得し、キャノン勤務

【A02-1】大学院生の奥村優子は、関連する一連の研究により、京都大学総長賞および京都大学たちばな賞奨励賞を受賞した。

【A02 竹内】本研究に従事した若手研究者は修士課程の学生であり、平成26年3月に修士課程を修了し、(株) 日立製作所にエンジニアとして就職した。

【A02 寺田】26年4月から准教授になった。

【A02 嶋田】公募班で一緒になった若手研究者の方々と継続して共同研究活動を行うようになった。本採択課題を発展させた新規課題で、科研費若手研究（A）を獲得できた。

【A02 高橋】本課題を通じて様々な研究者と知り合うことが可能になり、班をまたいでの学際的共同研究を実施、成果を著名な神経科学の国際雑誌で出版することができた。この共同研究を通じて、異分野交流によりプロジェクトを作り上げていく能力を向上できた。

【A03-1】本研究の東京拠点を技術支援員として活動し、遠隔操作型ロボットを使った拠点での実践実験を主に担当してきた技術者一名が、本研究終了後に東京大学での学習科学的研究要員として継続的に採用されることとなった。また本研究の成果を埼玉県教育委員会の教員研修などに紹介してきた助教一名が埼玉県教育委員会に指導主事として着任した。また、東京に教室を模した実践教室を設けそこで地域の小学生を継続的にロボットを導入させた協調学習実験を実施することにより、それまでロボット工学に触れたことのなかった技術職員、大学院生が5年間をかけて自らロボットを制御しつつ実験教室も運営できる新しい研究資質を身につけた。現在これらの人員はそれぞれ情報技術関連で新しい研究領域を開発しようとする職場に就職している。

【A03 杉浦】本公募研究の社会還元活動の一環として行ったロボット向け音声対話ツールキットの構築では、本領域での議論を参考にして要求仕様を明確化できた。開発した技術は外部から高く評価され、公共機関で採用されるとともに、複数の研究機関や事業者との共同研究が予定されている。これらの成果が評価されパーマナント研究職への職位変更につながった。

【A03 角】本課題のポスドクとして雇用した研究者（松村耕平）が、期間中に研究成果をあげることができたため、2014年4月から立命館大学の助教として着任ができた。本課題に参加した修士学生（権瓶匠）は、国際会議に投稿した論文が採択され、また希望通りの就職（野村総研）ができた。

6. 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ページ程度）

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総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

【A01-1】

研究組織と各研究項目の連携状況でも記載した通り、開発した可搬型アンドロイドロボットシステムはA01、A02、A03の研究班での実験に活用された。またその際には実験を進めやすくなるよう要望を取り入れ、操作インターフェースの改良も行った。

【A01-2】

小学校の理科室に設置するための実験設備（距離画像センサ、マイクロフォンアレイ、カメラ、制御用PC）を購入し、人位置計測システム・音声アクティビティ取得用マイクロフォンアレイシステム・個人同定用カメラシステムを開発した。そのシステムを利用してA03-2班と共同で実証実験を行ったり、取得したデータを共有して分析したりすることで、研究費を効果的に使用しつつ効率的に研究を実施した。小学校に設置したシステムが遊休資産にならないよう、小学校に許可を得た範囲で予備的に授業中のデータ収集を実施する、遠隔地から制御できるようにして継続的にシステム開発に利用する、メディアに対するデモンストレーションを小学校の理科室で実施する、等の取組を行った。

A01-2で開発・改良した共生型ロボットを他班（A02-1、A03-1）と共同で利用した。また人文系の研究者でも簡単にロボットを利用するための、遠隔操作ソフトウェアの開発を行った。他班がこれらのシステムを利用した際のフィードバックを活用して、A01-2班がシステムの更なる改良を行うなど、研究領域内での実験用設備の効率的な利用を進めた。

【A02-1】

A01-1との連携による、ソーシャルタッチの実験において、関連ロボットを使用した。

【A03】

東京に設けたロボットを駆使しての協調学習実験拠点は、他の外部資金によって継続して運営され、新しい実験課題への挑戦の場となっている。これまでの研究の継続に加え、ロボットを遠隔操作することに寄る教員研修の具体的な取り組みへの環境整備と畝胃方法の開発ならびに協調学習場面での児童生徒の発話の悉皆記録の収集・編集・分析によるより強固な学習科学理論の形成に対して新たな資金を得ての研究が開始されている。

7. 総括班評価者による評価（2ページ程度）

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。

【外部評価委員による評価】

2011年6月に外部評価委員会を開催し、総括班評価者より評価・助言などを頂いた。また震災により国際シンポジウムを延期したため参加できなかった海外の研究者に対しては、別途テレビ会議等により研究の進捗を報告し、評価・助言などを頂いた。以下、その評価結果と助言内容の要点を示す。なお、スコアは(A: Excellent, B: Good, C: Should be improved, D: Not acceptable)として評点を頂いた。

東京大学大学院情報理工学系研究科 佐藤知正 教授

総合評価 A+, 研究領域の重要性 A, アプローチの妥当性 B, 国際的注目度 A

- ・ロボティクスの観点からは人間関係の構築・操作を目的とした遠隔操縦手法が、教育の観点からは人を誘い込むしかけや学びにおけるよい聞き手のしかけに関する知見がユニークで、興味深い。
- ・遠隔操縦と教育の境界領域は、筆者の知る限りみることがなく、国際的な興味をひくと考える。

国立教育政策研究所 徳永保 所長

総合評価 A, 研究領域の重要性 A, アプローチの妥当性 A, 国際的注目度 B

- ・学習科学からの知見を踏まえて、人間とロボット間の相互作用を定義することにより、ロボットの技術開発において具体的に明確な課題・目標の設定が可能となり、着実な研究の進展が期待できる。
- ・ロボットを置いて人間相互・人間-ロボット間の知的・情緒的な相互反応を観察し、記録し、客観的に記述しようとする試み自体が、学習科学、認知科学にとどまらず、人間に関する諸学問に新しい研究手法を導入することになり、画期的な研究となると期待される。

大阪大学大学院工学研究科 浅田稔 教授

総合評価 A, 研究領域の重要性 A, アプローチの妥当性 B, 国際的注目度 A

- ・Only one concern is the new aspect or contribution on the robotics side. Even though the proposal includes this part, the current status seems more weight from robotics to education/learning than the opposite way.

Carnegie Mellon University, Human-Computer Interaction Institute, Professor Sara Kiesler

総合評価 A+, 研究領域の重要性 A, アプローチの妥当性 A, 国際的注目度 B

- ・It is a pioneering study that has never been done, and has the potential for large impact.
- ・I am particularly impressed with the use of the jigsaw classroom technique.
- ・The study will be a focus of international attention but interdisciplinary collaboration is difficult and takes a long time. The HRI group has an excellent record of communicating their work.

University of Zurich, Department of Informatics, Professor Rolf Pfeifer

総合評価 A, 研究領域の重要性 A, アプローチの妥当性 A, 国際的注目度 C

- ・The definition of a new research field, Human-Robot-Learning promises not only new insights, but it also holds the potential to have a deep and wide impact in schools.
- ・The project has been presented at some conferences (e.g. HRI), but I wasn't aware of the project. The authors could try to reach out to other communities, in particular the robotics community.

Stanford University, Management Science and Engineering, Associate Professor Pamela Hinds

総合評価 A, 研究領域の重要性 A, アプローチの妥当性 A, 国際的注目度 A

- ・The impact of the research area should be excellent. The investigators have selected an important topics are approaching it in a novel way.
- ・There is every reason to believe that their research will get international attention in the learning science and HRI field as well as more broadly.

【学会でのシンポジウム発表に対する学会からの評価としての学会関連出版への招待】

2012.7.31.-8.7. International Cognitive Science Society 2012 Annual Meeting (Sapporo, Japan)

国際認知科学学会を札幌で開催した折、招待シンポジウムとして人口ロボット共生学をテーマに海外からのメンバーを含めて実施したところ、学会が発行する招待オンリーの学術誌の編集長 W Gray から特集号を組むよう勧められた。

人口ロボット共生学より広い範囲での対応を求められ、現在調整中。

2013.3.3 国際学会 HRI での人口ロボット共生学シンポジウムの際、以下のメンバーから、本領域が拓こうとしている Human Robot Learning への多大な期待が表明された。

- Tony Belpaeme (Plymouth University • Professor)
- Peter H. Kahn, Jr.(University of Washington • Professor)

2013. 4. 30. -5. 5. American Educational Research Association 2013 Annual Meeting

学会での発表を機にロボット共生学での成果に対して、教育とテクノロジーを考える新しい雑誌の編集長 Dr. Marcia Linn から特集号を出すよう要請された一連のメール。これについては現在提案書を出し出版社との協議に入っている。

2013. 6. 17. -6. 20. Computer Supported Collaborative Learning, Biannual Meeting 2013

学会が刊行する CSCL Book Series の一冊として招待を受け、研究者間の対話形式など新しい形式で新領域を紹介するいくつかの手法を提案、現在最終調整中。

【ロボットによる協調学習支援研究に対する教育現場からの評価】

- 「埼玉県教育委員会指導主事による教員研修ツールとしての遠隔操作ロボット W のについての外部評価」
(20140222 於埼玉県立伊奈学園中学校でのロボビーW ジグソー)

Y 氏

• 生徒が話し合っていることをリアルタイムで聞いたことがなかったので、大変勉強になった。授業をしていると分からないことなので、それに気付いてとてもよかった。よくつぶやきを拾うと言うが、実際は拾えていなかったのだろうということで、いい経験をした。

Y 氏

• ベテランになって指示の通る先生がロボビーW を体験すると、いかに話して伝えるのが難しかった。そのような原点に戻る機会にもいいのではないかと考える。
• 生徒たちをモニター越しにこの学びが組み上がっていく様子を見ることができたのは、非常に魅力的だった。

S 氏

• 生徒たちの発表のまとめとしては質的には同じなのだけれども、その過程が全く違っていると気付かされた。アウトプットだけではないのだというプロセスは全く拾えていなかった。ベテランも若い教員もこういう視点で、生徒たちのつぶやきなどを見たり拾ったりは、実際の授業の中では多分無理だと思う。が、こういう方法があるということを知っていくのは非常に大切なことだと感じた。

K 氏

• なかなか生徒のジグソー活動などに使ったその中に教員ではない姿で混ざって一緒にやるということがあり得なかったのも、その感覚というものが大変貴重だったと思った。現場の教員にも体験してもらえたらとてもいいと感じた。

8. 主な研究成果（発明及び特許を含む）【研究項目毎または計画研究毎に整理する】

（3ページ程度）

新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（発明及び特許を含む）について、現在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毎に計画研究・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。

【2011年】

①「自動制御装置」

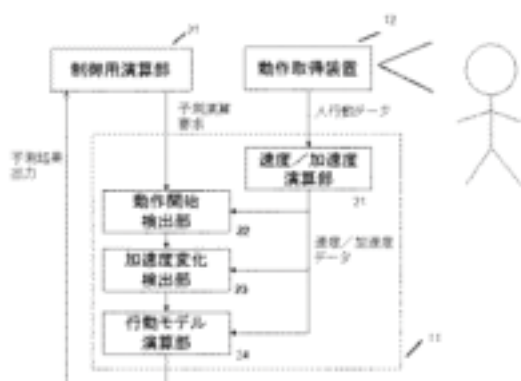
発明者：大村廉（A02-2），草野祐樹

出願人：国立大学法人豊橋技術科学大学

公開番号：特開 2013-10944

出願日：20111118

解決手段：3次元画像センサによって取得される画像フレームの前後を比較して人の特定部位の変位量を検出する変位量検出手段と、変位量および画像フレームの取得時間から特定部位の速度を算出する速度演算手段と、速度の変化量から特定部位の加速度を算出する加速度演算手段と、加速度の変化量から加速度が極大となったか否かを判断する加速度判断手段と、特定部位の移動開始から加速度が極大となるまでの時間および加速度が極大となった時の特定部位の位置に基づき、特定部位が動作を終了する位置を算出する動作終了位置演算手段と、その演算結果を出力する出力手段とを備えた。



②「共想法」

権利者：大武美保子（A01 公募），NPO 法人ほのぼの研究所

商標登録番号：第 5407810

出願日：20101031

登録日：20110422

商品及び役務の区分並びに指定商品又は指定役務：病気の予防・治療及び患者に対するリハビリテーション，病気の予防・治療及び患者に対するリハビリテーションに関する情報の提供，介護，介護に関する情報の提供

③「ほのぼの研究所」

権利者：大武美保子（A01 公募），NPO 法人ほのぼの研究所

商標登録番号：第 5407811

出願日：20101031

登録日：20110422

商品及び役務の区分並びに指定商品又は指定役務：機械・装置若しくは器具（これらの部品を含む。）又はこれらの機械等により構成される設備の設計，電子計算機の貸与，電子計算機のプログラムの設計・作成又は保守，用途に応じて的確な操作をするためには高度の専門的な知識・技術又は経験を必要とする機械の性能・操作方法等に関する紹介及び説明，病気の予防方法・治療方法及び患者に対するリハビリテーション方法の研究開発，電子計算機用プログラムの提供，計測器の貸与，理化学機械器具の貸与

【2010年】

④「音源定位装置」

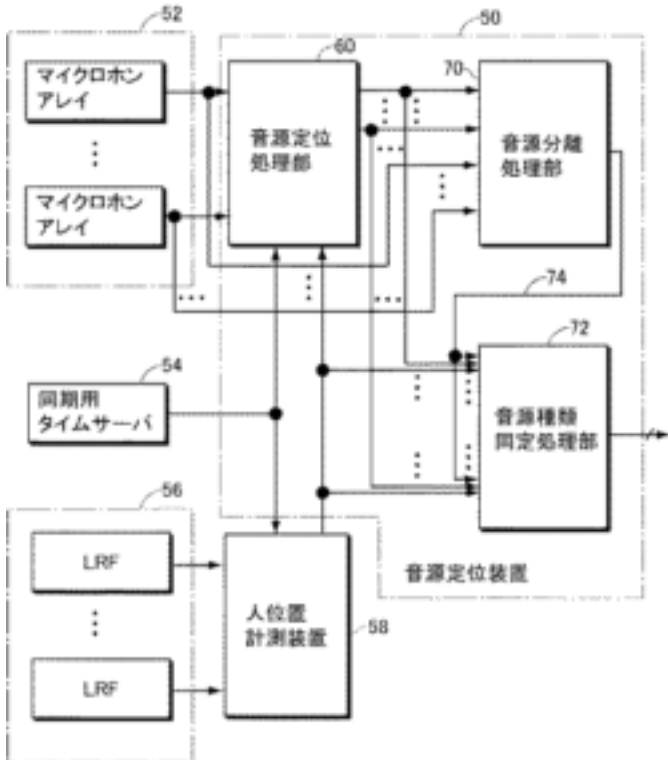
発明者：石井 Carlos 寿憲, 塩見昌裕 (A01-2), Panikos Heracleous, Jani Even, 宮下敬宏 (A03-2), 小泉智史, 萩田紀博 (A01-2)

出願人：株式会社国際電気通信基礎技術研究所

公開番号：特開 2012-211768

出願日：20110330

解決手段：音源定位装置は、人の位置を検出するLRF（レーザレンジファインダ）群56と、マイクロホンアレイ群52の出力から得られる複数チャンネルの音源信号の各々と、マイクロホンアレイに含まれる各マイクロホンの間の位置関係と、LRF群56の出力とに基づいて、複数の方向の各々について、所定時間ごとにMUSICパワーを算出し、そのピークを音源位置として所定時間ごとに検出する音源定位処理部60と、マイクロホンアレイの出力信号から、音源定位処理部60により検出された音源位置からの音声信号を分離する音源分離処理部70と、分離された音声信号の属性を人位置計測装置58の出力を用いて高精度で判定する音源種類同定処理部72とを含む。



⑤ 「会話支援装置および会話支援方法」

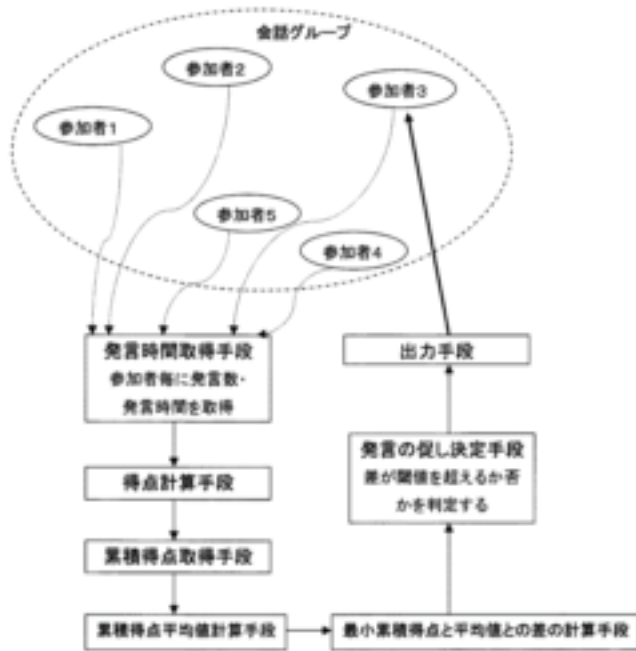
発明者：大武美保子（A01 公募），山口太一，太田順

出願人：東京大学

公開番号：特開 2012-198726

出願日：20110320

解決手段：各参加者の発言時間を1発言毎に各参加者に関連付けて取得する手段と、1発言毎に、発言時間を用いて得点を計算して参加者に関連付けて取得する得点計算手段と、各参加者の得点を累積加算して各参加者の累積得点を取得する手段と、各参加者の累積得点の平均値を計算する手段と、各参加者の累積得点から最小累積得点を特定し、当該最小累積得点と前記平均値との差を計算する手段と、前記差が予め設定した閾値を超えるか否かを判定し、超えている時に「発言を促す」ことを決定する手段と、「発言を促す」ことが決定された時に、前記最小累積得点に関連する参加者に対して発言を促す出力を行う手段と、を備えている。



9. 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ページ程度）

新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（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。論文の場合、現在から順に発表年次をさかのぼり、計画研究・公募研究毎に順に記載し、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。また、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。

論文・発表

【2013年】

[A01-1]

・*Hideyuki Takahashi, Kazunori Terada, Tomoyo Morita, Shinsuke Suzuki, Tomoki Haji, Hideki Kozima, Masahiro Yoshikawa, Yoshio Matsumoto, Takashi Omori, Minoru Asada, Eiichi Naito, Different impressions of other agents obtained through social interaction uniquely modulate dorsal and ventral pathway activities in the social human brain, Cortex, 2014 (In Press)

[A01-2]

・*池田徹志,石黒浩,ディラン グラース,塩見昌裕,宮下敬宏,萩田紀博, 信号の動きの相関性に注目した知覚の結び付け手法, 電子情報通信学会論文誌 (情報・システム: D), Vol.J97-D No.3 pp.687-699, 2014/3/1

・*石井 カルロス 寿憲,波多野博顕, 萩田紀博, 小学校理科室における笑いイベントの分析, 日本音響学 2014 年春季研究発表会, 2014/3/10, 日本大学理工学部

[A01-3]

・*T. Meguro, Y. Minami, R. Higashinaka, K. Dohsaka, Learning to control listening-oriented dialogue using partially observable markov decision processes, ACM Transactions on Speech and Language Processing (TSLP) Vol. 10 Issue 4, 15:1-15:20, 2013, 10.1145/2513145

・*Kohji DOHSAKA, Ryota ASAI, Ryuichiro HIGASHINAKA, Yasuhiro MINAMI, Eisaku MAEDA, Effects of Conversational Agents on Activation of Communication in Thought-Evoking Multi-Party Dialogues, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems Vol. E97-D, (掲載ページ未定), 2014

[A02-1]

・Okumura, Y., Kanakogi, Y., Kanda, T., Ishiguro, H., & *Itakura, S. (2013). The power of human gaze on infant learning. Cognition, 128, 127-133. [査読論文]

・Okumura, Y., Kanakogi, Y., Kanda, T., Ishiguro, H., & *Itakura, S. (2013). Infants understand the referential nature of human gaze but not robot gaze. Journal of Experimental Child Psychology, 116, 86-95. [査読論文]

[A02-2]

・*石井健太郎, 谷口祐司,大澤博隆, 中臺一博, 今井 倫太, 投影型遠隔コミュニケーションにおけるユーザとアバタの視点の一致情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1413-1421, 2013, 査読有

[A03-1]

・*Naomi Miyake, Designs and analyses of multi-person constructive interaction in real classrooms for adaptive conceptual change, AERA2013, 2013.5.1, San Francisco

・Jun Ashikaga, Takahiro Nakayama, Sho Inaba, Kenta Iyoki, *Naomi Miyake, “Robots as learning partners in collaborative learning research”, 人ロボット共生学第5回国際ワークショップ, 2013.3.3, 東京

・Takahiro Nakayama, Jun Ashikaga, Kenta Iyoki, Sho Inaba, *Naomi Miyake, “A remotely operated robot as a research tool to study the effects of different roles for successful collaborative learning”, 人ロボット共生学第5回国際ワークショップ, 2013.3.3, 東京

・*三宅なほみ, “ロボットによる協調学習支援”, 人ロボット共生学第5回国際ワークショップ, 2013.3.3, 東京

・中山隆弘, *三宅なほみ, “芸術作品の対話型鑑賞場面における遠隔操作型ロボットによる支援の試み”, 第10回子ども学会議, 2013.10.12, 岡山

・中山隆弘, *三宅なほみ, “ロボットによる芸術作品の対話型鑑賞における発想支援”, 平成25年度人ロボット共生学シンポジウム, 2014.1.11, 東京

・中山隆弘, *三宅なほみ, “ロボットを活用した協調学習”, 平成25年度人ロボット共生学シンポジウム, 2014.1.11, 東京

・中山隆弘, *三宅なほみ, “ロボットを活用した協調学習—教材：葉はなぜ緑か”, 平成25年度人ロボット共生学シンポジウム, 2014.1.11, 東京

・*Oshima, J. & Oshima, R. (2013). Collaborative learning through socially shared regulation supported by a robotic agent. In Rummel, N., Kapur, M., Nathan, M., & Putambekar (Eds.), To see the World and a Grain of Sand: Learning across levels of Space, Time, and Scale: CSCL 2013 Conference Proceedings Volume 2 –

- Short Papers, Panels, Posters, Demos & Community Events. International Society of the Learning Sciences.
- ・*Oshima, J., & Oshima, R. (2013) Social network analysis of collective knowledge advancement. In Wong, L.-H. et al. (Eds.), Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education. Indonesia: Asia-Pacific Society for Computers in Education (pp. 204–209).
 - ・大島律子・*大島純. (2013). ロボット・エージェントによる協調文献読解支援. 日本教育工学会第 29 回全国大会発表論文集, 15–18. 【課題研究】
 - ・*Shirouzu, H., & Miyake, N. “Effects of Robots' Revoicing on Preparation for Future Learning” Rummel, N., Kapur, M., Nathan, M. & Puntambekar, S. (Eds.) To See the World and a Grain of Sand: Learning across Levels of Space, Time, and Scale: CSCL 2013 Conference Proceedings, Wisconsin, Vol.1, pp.438-445.
 - ・*Shirouzu, H. “Learning Fractions Through Folding in an Elementary Face-to-Face Classroom” In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N. Law (eds.), Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions (Computer-Supported Collaborative Learning Series 16), New York: Springer, pp.63-101. (2013)
 - ・*Shirouzu, H. “Focus-Based Constructive Interaction” D.D Suthers et al. (eds.), In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N.Law (eds.), Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions (Computer-Supported Collaborative Learning Series 16), New York: Springer, pp.103-122. (2013)
[A03-2]
 - ・*Iris Howley, Takayuki Kanda, et al., “Effects of Social Presence and Social Role on Help-Seeking and Learning”, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2014) , 2014 年 3 月 6 日, Bielefeld University, Germany
[公募 A01]
 - ・山本倫也、*渡辺富夫：教師と生徒の InterActor を一人二役で演じるエデュテインメントシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1677-1685, 2013.
 - ・瀬島吉裕、*渡辺富夫、石井裕：仮想観客インタフェースに会話活性度推定モデルを付与した場の盛り上がり支援システム, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.79, No.807 ,pp.4095-4107, 2013.
 - ・Yutaka Ishii, Shiho Nakayama and *Tomio Watanabe: A Superimposed Self-Character Mediated Video Chat System with the Function of Face-to-face Projection based on Talker's Face Direction, Proc. of the 22nd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (2013 IEEE RO-MAN), pp.581-586, 2013.
 - ・T. Tezuka, T. Yoshida, *K. Nakadai: Ego-Motion Noise Suppression for Semi-Blind Non-Negative Matrix Factorization, IEEE-RAS International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2014, pp.6293-6298, 査読有
 - ・*奥谷啓太, 吉田尚水, 中村圭佑, 中臺一博: クワドコプター搭載のマイクロフォンアレイを用いた屋外音環境理解の逐次雑音推定による向上, 日本ロボット学会誌, vol.31, no.7 (Oct.2013),pp.38-45. 査読有
 - ・原健太, 堀磨伊也, 武村紀子, *岩井儀雄, 佐藤宏介 “実画像アバタを用いた対人インタラクションシステムの構築”, 電気学会論文誌C, Vol. 134, No. 1, pp.102-111, Jan. 2014. (DOI:10.1541/ieejciss.134.102)
 - ・*Yutaka Kondo, Kentaro Takemura, Jun Takamatsu and Tsukasa Ogasawara, “Gesture-centric Android System for Multi-party Human-Robot Interaction,” Journal of Human-Robot Interaction, Vol. 2, No. 1, pp. 133-151, 2013.2.
 - ・*Mihoko Otake, Myagmarbayar Nergui, Takashi Otani and Jun Ota, Duplication Analysis of Conversation and its Application to Cognitive Training of Older Adults in Care Facilities, Journal of Medical Imaging and Health Informatics, Vol. 3, No. 4, pp. 615 - 621, 2013.
[公募 A02]
 - ・*Takahashi, H., Terada, K., Morita, T., Suzuki, S., Haji, T., Kozima, H., Yoshikawa, M., Matsumoto, Y., Omori, T., Asada, M., Naito, E., Cortex, Different impressions of other agents obtained through social interaction uniquely modulate dorsal and ventral pathway activities in the social human brain., Available online 25 April 2014.
 - ・*Takahashi, H., Saito, C., Okada, H. and Omori, T., An investigation of social factors related to online mentalizing in a human-robot competitive game., , Japanese Psychological Research, 2013/04, 55(2), 144 - 153.
 - ・*高橋英之, 石原尚., 他者とのエージェント知覚の脳内基盤を探る方法論としての Social neuro-robotics の提案., 日本ロボット学会誌. Vol. 31, No. 9, pp.12-15, 2013.
 - ・*Kaoru Sumi, Ryuji Ebata: Human Agent Interaction for Learning Service-Minded Communication, iHAI2013, 1st international conference on Human-Agent Interaction, (2013.8).
 - ・*Kitazaki, M. (2013), Human adaptation, plasticity and learning for a new sensory-motor world in virtual

reality, VAMR/HCI 2013, Part I, R. Shumaker (Ed.), LNCS (Lecture Note in Computer Science), 8021, pp. 184-191. Springer: Heidelberg

・ Ueda, S. and *Kitazaki, M. (2013), Collision avoidance affected by walker's head direction in a virtual environment, HCII 2013, Part II, C. Stephanidis (Ed.), CCIS (Communications in Computer and Information Science) 374, pp. 727-731, 2013. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg

・ *寺田和憲 ソーシャルマインドとメカニカルマインド 日本ロボット学会誌, 2013, 31, 18-21

・ *Terada, K.; Yamada, S. & Ito, A. An Experimental Investigation of Adaptive Algorithm Understanding Proceedings of the 35th annual meeting of the cognitive science society (CogSci 2013), 2013, 1438-1443

・ *Ito, A. & Terada, K. Mind-reading Communication under the Conflict of Interests The First International Conference on Human-Agent Interaction (iHAI 2013), 2013, I-1-3

・ Sato, R. & *Takeuchi, Y.: Coordinating Turn-taking and Talking in Multi-Party Conversations by Controlling Robot's Eye-Gaze, Proc. Of RO-MAN2014 (2014) <to be published>

・ *Sato, R. & Takeuchi, Y.: Coordinating Turn-Taking and Talking in Multi-Party Conversations by Controlling a Robot's Eye-Gaze, Proceedings of iHAI2013, I-1-1, 6pages (2013).

・ *佐藤良, 竹内勇剛: 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話権と対話場のデザイン, HAI シンポジウム 2013 発表論文集, S-5, pp.219-228 (2013).

[公募 A03]

・ *野口孝文, 千田和範, "ロボットを介在させた学習支援システムを構成する柔軟な機能部品の開発", 教育システム情報学会全国大会, pp.391-392, 2013.9.2-4, 査読無

・ *Takafumi Noguchi, "Development of Learning Environment with a Robot for Novice Programming Student", ISIP'2013 International Workshop on Information Search, Integration and Personalization, Bangkok Thailand, September 16-18 2013, 査読無

・ *野口孝文, "ボットが見守る初心者のためのプログラミング学習環境の開発", 平成 25 年度 第 1 回人口ロボット共生学シンポジウム, ポスター発表, 東京大学 本郷キャンパス, 2014.1.11,12, 査読無, 東京大学

・ *K. Sugiura, Y. Shiga, H. Kawai, T. Misu and C. Hori: "Non-Monologue HMM-Based Speech Synthesis for Service Robots: A Cloud Robotics Approach," In Proc. ICRA, 2014.

・ *杉浦孔明, "実世界知識を扱う音声対話技術とサービスロボットへの応用", 第 80 回ロボット工学セミナー, 2013 年 10 月 9 日 (招待講演)

・ *杉浦孔明, 長井隆行, "ロボカップ@ホームにおける日用品マニピュレーション", 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 4, pp. 370-375, 2013.

・ *Kohei Matsumura and Yasuyuki Sumi: Puppetooner: A puppet-based system to interconnect real and virtual spaces for 3D animations, IEEE 8th Symposium on 3D User Interfaces (3DUI 2013), pp.159-160, Orlando, March 2013.

・ *Kohei Matsumura and Yasuyuki Sumi: CameraMatch: Automatic recognition of subjects using smartphones - Toward entertaining photo sessions, CHI 2013 Work-in-Progress, pp.1365-1370, Paris, April-May 2013.

・ Kohei Matsumura, *Yasuyuki Sumi, and Mitsuki Sugiya: Analyzing listeners' empathy by their nonverbal behaviors in Bibliobattle, International Workshop on Multimodality in Multiparty Interaction (MiMI2013), pp.20-29, Yokohama, October 2013.

・ Kohei Matsumura, Takumi Gompei and *Yasuyuki Sumi: Robot behavior designed to encourage conversations between visitors in an exhibition space, The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2014), 6 pages, Edinburgh Scotland, UK, August 2014.

【2012 年】

[A01-1]

・ *石黒浩, アンドロイド, 日本機械学会誌, Vol.115, No.1126, 2012, pp.630-631, 査読有

・ *吉川雅博, 住谷昌彦, 松本吉央, 石黒浩, 医療福祉現場を支援するアンドロイドロボットシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.2, pp.197-207, 2012, 査読有

[A01-2]

・ *Jani EVEN, Carlos Toshinori ISHI, Panikos HERACLEOUS, Takahiro MIYASHITA, Norihiro HAGITA, COMBINING LASER RANGE FINDERS AND LOCAL STEERED RESPONSE POWER FOR AUDIO MONITORING, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS 2012, 2012/10/7, Vilamoura, Algarve, Portugal

[A01-3]

・ *南泰浩, 東中竜一郎, 堂坂浩二, 目黒豊美, 森啓, 前田英作, Trigram 対話制御を包含する POMDP 対話制御電子情報通信学会論文誌(A) Vol. 95-A, No. 1, pp. 2-15, 2012

[A02-2]

・*志和敏之, 奥野佑将, 神田崇行, 今井倫太, 石黒浩, 萩田紀博, コミュニケーションロボットによる道案内 – ジェスチャの有用性と発話タイミングのモデル化, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J95-D,No.10, pp. 1818-1828, 2012, 査読有

[A03-1]

・*Naomi Miyake, Sandra Okita, Carolyn Rose, Robot Facilitation as Dynamic Support for Collaborative Learning, ICLS2012 (招待講演), 2012.7.5, Sydney

・三宅なほみ「人口ロボット共生学:実践的な学習研究にロボットを導入して,何が出来るか」, 認知科学, 2012, 19-3, pp.292-301.

・Moegi Saito, *Naomi Miyake, Conceptual Change through Socially Constructive Interaction in the Classroom, cogsci2012, 2012.8.2, Sapporo

・Ashikaga Jun, Nakayama Takayaro, Inaba Sho, Iyoki Kenta, *Naomi Miyake, “Robots as learning partners in collaborative learning research”, cogsci2012, 2012.8.1, Sapporo

・Nakayama Takayaro, Ashikaga Jun, Inaba Sho, Iyoki Kenta, *Naomi Miyake, “A remotely operated robot as a research tool to study the effects of different roles for successful collaborative learning”, cogsci2012, 2012.8.1, Sapporo

・Nakayama Takayaro, Ashikaga Jun, Inaba Sho, Iyoki Kenta, *Naomi Miyake, “協調学習研究ツールとしてのロボット”埼玉県初任者研修, 2012.9.25, 埼玉

・*白水始, 今井倫太, 神田崇行, 小特集「ヒューマン・ロボット・ラーニング」, 認知科学, 2012, 19-3, pp347-358

[A03-2]

・*Takayuki Kanda, et al., “Children learning with a social robot”, ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2012), 2012年3月7日, Boston, USA

[公募 A01]

・*H.Miura, T.Yoshida, K.Nakamura, K.Nakadai: SLAM-based Online Calibration for Asynchronous Microphone Array, Advanced Robotics, Vol.26. no. 17 (Oct. 2012), pp.1941-1965. 査読有

・*T.Yoshida, K. Nakadai: Audio-Visual Voice Activity Detection Based on an Utterance State Transition Model, Advanced Robotics, Vol. 26, no. 10 (Jul, 2012), pp. 1183-1201. 査読有

・山本文香, 堀磨伊也, *岩井儀雄, 石黒浩, “事例データに基づく移動物体の抽出”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, No. 8, pp. 1573-1584, Aug. 2012

・*近藤豊, 竹村憲太郎, 高松淳, 小笠原司:”データベースとオンラインプランニングを統合した高速応答可能なジェスチャ生成”, 日本ロボット学会, Vol.30,No.9, pp.899-906, 2012.11.

・*Yutaka Kondo, Kentaro Takemura, Jun Takamatsu, Tsukasa Ogasawara, “Body Gesture Classification based on Bag-of-features in Frequency Domain of Motion,” Proceedings of the 21st IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012),pp.386 – 391,2012.9.

・*Yutaka Kondo, Kentaro Takemura, Jun Takamatsu, Tsukasa Ogasawara: “Planning Body Gesture of Android for Multi-person Human-Robot Interaction,” Proceedings of IEEE Int. Conf. of Robotics and Automation (ICRA2012), pp. 3897-3902, 2012.5

・*Mihoko Otake, Surya G. Nurzaman, and Fumiya Iida. Embodied Cognition in Psychological Therapy, Journal of Cognitive Science, Vol. 13, pp. 431 – 452, 2012.

・Taichi Yamaguchi, Jun Ota, *Mihoko Otake. A system that assists group conversation of older adults by evaluating speech duration and facial expression of each participant during conversation. Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4481-4486, 2012.

[公募 A02]

・*Kaoru Sumi, Mizue Nagata: Characteristics of Robots and Virtual Agents in regard to Persuasion to Maintain Motivation, APCHI 2012, 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction, (2012.9).

・*Sotaro Shimada, Kazuma Oki (2012) Modulation of motor area activity during observation of unnatural body movements. Brain and Cognition, 80, 1-6.

・*Masahiro Kawasaki, Yoko Yamaguchi: "Effects of subjective preference of colors on attention-related occipital theta oscillations" NeuroImage 59. 808-814 (2012), 査読有

・*佐藤良, 竹内勇剛: 抽象性の高い外観をもつロボットとのインタラクションのデザイン, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.3, pp.237-248 (2012).

・*佐藤良, 竹内勇剛: 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話のアドレス先の推定, HAI シンポジウム 2012 論文集, 2A-1 (8 pages) (2012).

[公募 A03]

・*杉浦孔明, "ロボット対話 -実世界情報を用いたコミュニケーションの学習-",人工知能学会誌, Vol. 27 No. 6, pp. 580-586, 2012.

【2011年】

[A01-1]

・*Surya G. Nurzaman, Yoshio Matsumoto, Yutaka Nakamura, Hiroshi Ishiguro, From Levy to Brownian: a computational model based on biological fluctuation, PLoS ONE, Vol.6, No.2, 2011, e16168, 査読有

[A01-2]

・*塩見昌裕,岩井儀雄,角康之,中臺一博, 萩田紀博,対話行動認識プラットフォーム, 日本ロボット学会誌,Vol.29 No.10 P17-P20,2011/12/15,DOI :10.7210/jrsj.29.883

[A01-3]

・*Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Kohji Dohsaka, Evaluation of Listening-oriented Dialogue Control Rules based on the Analysis of HMMs, Interspeech, 2011.8.28, Florence Italy

[A02-1]

・Yong Xu, Yoshimasa Ohmoto, Shogo Okada, *Kazuhiro Ueda, Takanori Komatsu, Takeshi Okadome, Koji Kamei, Yasuyuki Sumi, Toyoaki Nishida (2011). Active Adaptation in Human-Agent Collaborative Interaction. Journal of Intelligent Information Systems, 37(1), 23-38. doi:10.1007/s10844-010-0135-2

・福田玄明, *植田一博 (2011). 実際の生物を用いたアニメーション知覚の脳内基盤の検討. 認知科学, 18(1), 64-78.

・Moriguchi, Y., & *Hiraki, K. (2011) Longitudinal development of prefrontal function during early childhood. Developmental Cognitive Neuroscience, 1(2), 153-162.

[A02-2]

・*野村竜也, ロボットの発話様式と姿勢の矛盾が人の記憶想起および印象に与える影響, 認知科学, Vol.8, No.3, pp. 462-469, 2011,査読有

[A03-2]

・*小泉智史, 神田崇行, 宮下敬宏, “ソーシャルロボットを用いた協調学習実験～事例紹介～”, 日本ロボット学会誌, 解説, 査読無, Vol.29, No.10, pp.902-906,2011, 10.7210/jrsj.29.90

・*Chao Shi, Michihiro Shimada, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, et al., “Spatial Formation Model for Initiating Conversation”, Robotics: Science and Systems Conference (RSS2011), Proceedings of Robotics: Science and Systems VII, 2011年6月28日, Los Angeles, USA

・*Peter H. Kahn, Jr., Aimee L. Reichert, Brian T. Gill, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Jolina H. Rukert, “Validating characterizations of sociality in HRI: It’s more than psychometrics”, New Frontiers in Human-Robot Interaction, 2011, pp.57-72

[公募 A02]

・*Kaoru Sumi: "Human Interface of Robots or Agents via Facial and Word Expression" International Symposium on Artificial Life and Robotics. (20110127). 大分県・ビーコンプラザ(招待講演)

・*角薫, 長田瑞恵:モチベーション維持におけるキャラクターエージェントとロボットの比較, HAI シンポジウム 2011, (2011.12).

・*川崎真弘・山口陽子: "主観的好みに影響されたワーキングメモリの神経機構" 電子情報通信学会論文誌「情報・システム:D」 J94-D9. 1570-1578 (2011), 査読有

[公募 A03]

・*野口孝文, 千田和範, 梶原秀一, 稲守栄, 佐野芳彦, "ロボットと障害者の協創による音楽作業療法システム", 教育システム情報学会全国大会, pp.292-293, 2011.9

【2010年】

[A01-2]

・*Dylan F. GLAS, Takahiro MIYASHITA, Hiroshi ISHIGURO, Norihiro HAGITA, Automatic Calibration and Sensor Displacement Detection for Networks of Laser Range Finders for Human Tracking,2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS 2010)Conferenc,2010/10/18,Taipei, Taiwan

[A01-3]

・*Kohji Dohsaka, Atsushi Kanemoto, Ryuichiro Higashinaka, Yasuhiro Minami, Eisaku Maeda, User-adaptive Coordination of Agent Communicative Behavior, Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue, Tokyo, 2010.9.25

[A02-1]

・ Shimada, S., Qi, Y., & *Hiraki, K. (2010) Detection of visual feedback delay in active and passive self-body movements. *Experimental Brain Research*, 201(2), 359-364.

[公募 A01]

・ 小野友也, *岩井儀雄, 石黒浩 “高周波数マーカとカーネル回帰による物体の姿勢推定”, 電気学会論文誌C, Vol. 130, No. 9, pp. 1513-1523, Sep. 2010.(DOI:10.1541/ieejciss.130.1513)

・ *岩井儀雄, 青木康洋, 石黒浩 “行動素の混合分布に基づく行動認識と例外行動の検出”, 電気学会論文誌C, Vol. 130, No. 4, pp. 546-556, Apr. 2010.(DOI:10.1541/ieejciss.130.546)

・ *大武美保子. 認知症予防回復支援サービスの開発と忘却の科学—会話における思考の状態遷移モデルと会話相互作用量計測法の開発—人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 5, pp. 662 - 669, 2010, 査読有.

・ *大武美保子. 認知症の予防を目的とする共想法の開発と高齢期における感性の実用的意義, 感性工学, Vol.9, No.3, pp. 160 -166, 2010, 査読無 (招待)

[公募 A02]

・ *川崎真弘・甲斐田幸佐・岸浩司・渡部生聖・山田整・山口陽子: "シータ波とアルファ波を用いた運転技能の向上に伴う喜びと満足度の推定" 人間工学 46(5). 307-316 (2010), 査読有

・ *Masahiro Kawasaki, Keiichi Kitajo, Yoko Yamaguchi: "Dynamic links between theta executive functions and alpha storage buffers in auditory and visual working memory" *European Journal of Neuroscience* 31. 1683-1689 (2010), 査読有

【2009年】

[A02-2]

・ *Toshiyuki Shiwa, Takayuki Kanda, Michita Imai, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita, How quickly should a communication robot respond?, *International Journal of Social Robotics*, Vol.1,No.2, pp. 141-155, 2009, 査読有

・ *駒込大輔, 小野哲雄, *Practical Magic: スマート情報環境との間に因果性を形成するインタフェースロボットの動作設計モデル*, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J92-A, No.11, pp. 828-839, 2009, 査読有

・ *Kentaro Yamamoto, Saori Tanaka, Hiromi Kobayashi, Hideki Kozima, Kazuhide Hashiya, A non-humanoid robot in the "uncanny valley": Experimental analysis of the reaction to behavioral contingency in 2-3 year old children, *PLoS ONE*, Vol.4, No.9, 2009, 査読有

図書

【2013】

[A01]

・ *Yoshi Matsumoto, Masahiro Yoshikawa, Yujin Wakita, Masahiko Sumitani, Masutomo Miyao, Hiroshi Ishiguro, Impression of Android for Communication Support in Hospitals and Elderly Facilities, *Field and Service Robotics* (11), Editor:K.Yoshida Eds, pp.159-173, Springer, 2013

[A02]

・ 小嶋秀樹, てをくむ—隣接科学 (認知科学), 日本発達心理学会編「発達心理学辞典」, 丸善出版, 2013, p.712.

・ 板倉昭二, 北崎充晃 (2013) (編著), ロボットを通して探る子どもの心: ディベロップメンタル・サイバネティクスの挑戦, ミネルヴァ書房

[A03]

・ 白水始・三宅なほみ・益川弘如「学習科学の新展開: 学びの科学を実践学へ」*認知科学*, 21(2), pp.254-267. (2014)

・ 白水始 「第5章 新たな学びと評価は日本で可能か」三宅なほみ・益川弘如・望月俊男 (監訳・著)『21世紀型スキル: 新たな学びと評価の新たなかたち』, 北大路書房, pp.207-223. (2014)

【2012】

[A01]

・ *大武美保子: "介護に役立つ共想法-認知症の予防と回復のための新しいコミュニケーション" 中央法規出版. 207 (2012)

・ 上田紀行, 瀬名秀明, 大武美保子, 谷川多佳子, 長谷川真理子, 大橋力: "視点をつなぐ「ふれあい共想法」(貢献する心・ヒトはなぜ助け合うのか)" 工作舎. 196 (2012)

・ Mihoko Otake, Motoichiro Kato, Toshihisa Takagi, Shuichi Iwata, Hajime Asama, Jun Ota: "Multiscale Service Design Method and its Application to Sustainable Service for Prevention and Recovery from

Dementia (New Frontiers in Artificial Intelligence, Takashi Onoda, Daisuke Bekki, Eric Mc Cready, Eds.)" Springer-Verlag. 352 (2012)

[A03]

・ Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, "Human-Roboto Interaction in Social Robotics", CRC Press Human-Robot Interaction in Social Robotics, 2012, 372 pages

[2011]

[A01]

・ 大武美保子: "「共想法」とはどのようなものですか(Q&A でわかる回想法ハンドブック・「よい聴き手」であり続けるために,野村豊子,語りと回想研究会,回想法ライフレビュー研究会編)" 中央法規出版. 227 (2011)

・ Mihoko Otake, Motoichiro Kato, Toshihisa Takagi, Hajime Asama: "The Coimagination Method and its Evaluation via the Conversation Interactivity Measuring Method (Early Detection and Rehabilitation Technologies for Dementia : Neuroscience and Biomedical Applications, Jinglong Wu Ed.)" IGI Global. 480 (2011)

[A02]

・ Masahiro Kawasaki: "Human oscillatory EEG activities representing work" InTech "NeuroImaging book 3"(In press).

[A03]

・ Peter H. Kahn, Jr., Aimee L. Reichert, Brian T. Gill, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Jolina H. Rukert, "Validating characterizations of sociality in HRI: It's more than psychometrics", New Frontiers in Human-Robot Interaction, 2011, pp.57-72

・ T. Nomura, John Benjamins Publishing, New Frontiers in Human-Robot Interaction, pp. 73-88, 2011

・ 小嶋秀樹, オーム社, ロボットテクノロジー, pp. 16-19, 2011

[2010]

[A01]

・ Yasuhiro Minami, Akira Mori, Toyomi Meguro, Ryuichiro Higashinaka, Kohji Dohsaka, Eisaku Maeda Dialogue control by POMDP using Dialogue data statistics, in "Spoken Dialogue Systems Technology and Design," pp.163-186, Springer-Verlag. 2010.

[A02]

・ Kaoru Sumi, Mizue Nagata: "'Evaluating a Virtual Agent as Persuasive Technology", Psychology of Persuasion, Janos Csapo and Andor Magyar eds." Nova Science Publishers. 133-148(191) (2010)

・ 今井倫太, ロボット情報学ハンドブック 10.1 節「概論」10.4.2(3)節「ロボットと人間のインタラクションからインタラクション自体の原理を探る:まとめ」, ナノオプトニクスエナジー, 943(639-640, 674), 2010

・ 小野哲雄, ロボット情報学ハンドブック 10.4.1(2)節「ロボットの身体性と引き込み」10.4.1(4)節「まとめ」, ナノオプトニクスエナジー, 943(660-663, 667-668), 2010

・ 小嶋秀樹, 認知ロボティクスにおける「学び」, 渡部信一 (編), 『学び』の認知科学事典, 607(509-524), 2010

ホームページ

領域全体

<http://www.irc.atr.jp/human-robot-symbiosis/>

A01 中臺

HARK ホームページ

<http://winnie.kuis.kyoto-u.ac.jp/HARK>

A01 大武

NPO 法人ほのぼの研究所ホームページ

<http://www.fonobono.org/>

A03 角康之

インタラクション分析ツール iCorpusStudio を公開

<http://www.ii.ist.i.kyoto-u.ac.jp/iCorpusStudio/>

A03 杉浦

クラウド型音声コミュニケーションツールキット rospeex を公開

http://komeisugiura.jp/software/software_jp.html

主催シンポジウム

【領域主催】

- ・2014.1.11-12 平成 25 年度人口ロボット共生学シンポジウム—人口ロボ共生学の近未来に向けて— 於東京大学本郷キャンパス情報学環・福武ホール, 伊藤国際学術研究センター
- ・2013.5.26 人口ロボット共生学 国際シンポジウム「学び続ける力を育てる教育と評価のネットワーク構築に向けて」東京大学本郷キャンパス 赤門総合研究棟 2 階 A200 講義室.
- ・2013.3.3 新学術領域研究「人口ロボット共生学」第 5 回国際ワークショップ (HRI2013 同時開催) 於日本科学未来館
- ・2012.9.30 平成 24 年第 1 回人口ロボット共生学シンポジウム—融合科学のリアルなフィールドでの実践研究を求めて— 於東京大学本郷キャンパス情報学環・福武ホール
- ・2011.3.12 第 2 回人口ロボット共生学シンポジウム 於日本科学未来館 (東北・関東太平洋沖地震の影響による日本科学未来館の臨時閉館に伴い, 本シンポジウムは中止となった)
- ・2011.3.9 第 1 回人口ロボット共生学シンポジウム 於東京大学本郷キャンパス工学部新 2 号館 221 号講義室

【領域代表者・三宅なほみ主催】

- 2012.9.17 第 30 回 日本ロボット学会 人口ロボット共生学 (2/2) DS@札幌
- 2011.9.7 第 29 回 日本ロボット学会 人口ロボット共生学 DS@東京

【A01 公募班・中臺一博主催】

- 2013.12.05 第 10 回 HARK 講習会の企画開催@早稲田大学
- 2013.11.05 IEEE/RSJ IROS 2013 オーガナイズドセッション@東京
- 2013.10.02 第 9 回 HARK 講習会の企画開催@フランス
- 2013.09.06 第 31 回 日本ロボット学会 ロボット聴覚 OS@東京
- 2013.07.05 第 14 回 WIAMIS 実環境音環境理解 OS@フランス

10. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1ページ程度）

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。

【A01】

研究機関を通じて開発した協創センシング技術やロボットの一部を研究用プラットフォームとして販売し、広く研究者に利用してもらうための枠組みを作ることで、当該学問分野の発展に貢献している。

また、A03-2 班と共同で行った小学校での実証実験は国内外のメディアに広く取り上げられ、ロボットを学習支援に利用する取り組みを一般の人々に紹介することが出来た。このようなアウトリーチ活動を通じて、当該学問分野の発展に貢献した。

【A02】

uman-Robot Interaction の分野では、人とロボットの一対一のコミュニケーションを多く扱っているのに対して、複数の人と複数台のロボット間のコミュニケーションの研究を開始したことは、当該分野に与えたインパクトは大きいと考える。

【A03】

学習科学分野でもっとも大きな研究領域を持つ協調学習領域に、まったく新しくこれまで不可能だった研究手法を提案した研究として認知され始めている。国際学習科学会、北米教育工学学術誌、国際学習科学会新領域提案型学術誌などから招待を受け、現在特集号や刊行書籍の提案を進めている。同時にアジア圏での 21 世紀型スキル育成など新しい視点からの実践研究分野で徐々に注目を集めており学会での招待講演の依頼が多くなってきている。

同時に、ロボットが介入することにより、協調学習など学習者自身が対話して一人ひとりの学びを深めてゆく過程の発話データなどの収集・分析への期待が高まりつつある。これらは本研究申請時には予見しなかった展開であり、今後積極的にフォローする予定である。この動きは現在北米では、大学を中心に急激に増加しつつある教育・学習関係のビッグデータを扱うデータ・アナリスト育成の動きにつながっており、これが日本でも同種の新職種の開拓につながる可能性がある。