

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「人間と情報環境の共生インターラクション
基盤技術の創出と展開」
研究課題「ソーシャルタッチの計算論的解明とロボ
ットへの応用」

研究終了報告書

研究期間 2018年10月～2025年03月

研究代表者：塩見 昌裕
((株)国際電気通信基礎技術研究所
インターラクション科学研究所 室長)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究では、社会的関係性を備えた人同士の親しみある触れ合いに伴う時空間近傍での相互作用を解明し、それらをアルゴリズムレベルで計算・再現する計算論、Computational social touch の確立を目指している。この目的を達成するため、「ソーシャルタッチのセンシング技術」と「ロボットによるソーシャルタッチ技術」の、2 つの研究を進めた。

塩見 G は主にロボットやタッチセンサなどのハードウェア開発、ソーシャルタッチの実現に必要となるロボット制御用ソフトウェアの開発を担当し、さらにソーシャルタッチの効果を認知心理学的アプローチで評価する取り組みを進めた。ロボットやタッチセンサなどのデバイスを、中江 G や他の CREST チームとの共同研究(CoLab)に利用する取り組みも進めた。中江 G は、主に脳関連活動や生理的指標(血中ホルモン等)を用いたアプローチで、ソーシャルタッチの効果を生理学的観点から評価する取り組みを進めた。

本研究を通じて、主に 4 つのトピック(1: 人に触れられるロボットの開発、2: ソーシャルタッチにかかる常識的なふるまい、3: ソーシャルタッチの生理的評価、4: 実証実験という)にかかる成果を得ることが出来た。1: 人に触れられるロボットの開発では、人やロボットが服を着るように利用できる静電容量型の布形状タッチセンサを開発するとともに、そのタッチセンサを装着可能な 3 種類のロボット(人を抱擁できるロボット Moffuly、男性の見た目を持つアンドロイド SOTO、高齢者向けヒーリングコミュニケーションデバイス「かまってひろちゃん」)を開発した。Moffuly および「かまってひろちゃん」には各種研究成果を統合した実証実験用プラットフォームとして、SOTO は基礎研究用プラットフォームとして活用した。

2: ソーシャルタッチにかかる常識的なふるまいについては、ロボットが人に触れることでもたらす印象変化や行動変容、および人にとって自然で受容しやすい触れ方の制御方法について基礎的な知見を明らかにした。また、触れられる前のインタラクション(対接触前距離)にも着目し、物理空間と仮想空間において触れ合いに対する認知の違いについても検証を進めた。

3: ソーシャルタッチの生理的評価については、抱擁するロボットがもたらす効果を血中ホルモンの変化から検証するだけではなく、体の痛みを減少させる効果についての検証にも取り組んだ。ロボットが抱擁を伴う対話をを行うことで、主観的な痛みを減少させる効果を明らかにするとともに、成長ホルモンなどの内分泌物変化に好ましい効果をもたらすことも示唆された。

4: 実証実験については、コロナ禍の影響は少なからず見られたが、感染予防のために 1 人 1 台の「かまってひろちゃん」を高齢者施設にて長期運用していただくという形での実験を中心とした。複数箇所での延べ 2 か月を超える実験の結果、高齢者の方々が開発されたデバイスを受け入れて長期利用するだけではなく、介護士の精神的な負担を軽減する効果が明らかとなった。また、保育・教育施設でも実験を行ったところ、「かまってひろちゃん」は子どもたちにも受け入れられ、日常のアクティビティを支援する上で有用であることが示された。さらに、自閉症患者を対象に Moffuly を用いた触れ合い対話を数か月にわたって行うことで、より患者がリラックスして対話できることも明らかになった。これらの実証実験を通じて、最終目標である「2 つ以上の利用シーンでのソーシャルタッチを伴いながら日常的な対話を延べ 1 か月以上の運用を行い、ユーザの 9 割以上が安心して触れ合えるロボットの実現」を達成することが出来た。

本研究期間を通じて、2024 年 3 月 31 日時点で 74 件の査読有り論文(内、54 本が英語論文誌)、148 件の発表(内、45 件が招待講演)、7 件のプレスリリース、79 件の報道という成果を達成することが出来た。さらに、他 CREST チーム(中澤 T、津田 T、今井 T)に加えて、海外(ドイツ・アメリカ・イタリア・オランダ・イギリス・台湾)との共同研究、国内企業合計 5 社との共同研究にも取り組んだ。社会実装に関する実績として、「かまってひろちゃん」については共同研究企業がすでに販売済みであり、布型静電容量センサについても多数の国内展示会に出展を行うなど、産業応用についても積極的に取り組んだ。

アウトリーチ活動も積極的に取り組んでおり、上述した報道発表に伴う取材に加えて、国際会議 WS/国内会議 OS を複数開催し、ソーシャルタッチ研究の波及に取り組んだ。さらに、研究成果を取りまとめた英語書籍をオープンアクセスで 2024 年 3 月 29 日に出版し、ソーシャルタッチ研究成果の国際的な発信を積極的に進めた。

1 年の期間を通じて、人を抱擁するロボットの廉価版プロトタイプ・プログラマブルな「かまってひろちゃん」の開発に取り組んだ。人を抱擁するロボットの廉価版プロトタイプについては、共同研究先から研究者向けに人を抱擁するロボットの販売をしていただいている。プログラマブルな「かまってひろちゃん」については、内部に小型 PC を搭載して自由なプログラミングが可能なバージョンを開発し、「かまってひろちゃん-R」という商品名で販売をしていただいている。また、「かまってひろちゃん」が大阪府大阪市の「ふるさと納税」返礼品に登録された。延長期間中、2025 年 3 月 31 日時点で、新たに 12 件の査読有り論文(内、6 本が英語論文誌)、17 件の発表(内、4 件が招待講演)、2 件のプレスリリースという成果を達成することが出来た。

(2) 顕著な成果

< 優れた基礎研究としての成果 >

1.

概要: Virtual reality とロボットを組み合わせたソーシャルタッチディスプレイの開発に取り組んだ。ソーシャルタッチにおける視聴覚刺激を定量的に変化させてその影響を検証可能にするプロトタイプシステムを開発するとともに、その有効性に関する検証を進めた。システムの利用者に提示する視聴覚刺激のみを変化させることで触覚刺激がもたらす印象を変化させることと、ストレス耐性向上効果を示した。

2.

概要: 基礎研究の発展に寄与する取り組みとして、ロボットからの褒めが人々の技能獲得にもたらす影響の解明に取り組んだ。物理的な身体の有無、褒める際の台数、および視覚的・物理的接触の効果を検証し、褒める際の台数および物理的接触が有効であることを示した。これらの研究成果のうち、褒める際の台数がもたらす効果については報道発表を行い、多くのメディアでその成果が報道された。

3.

概要: 人を抱擁することができる大型ロボットの開発と、抱擁時の撫で・叩き動作および触れる部位がもたらす心理的効果に関する検証を行った。実験の結果、抱擁しながら頭を撫でる動作が、背中を撫でる場合や叩く場合よりも好意的に評価されるとともに、どのような話題に対して撫で・叩き動作が望ましいかについての検証も進めることができた。

4.

概要: 開発した布型センサをベースに、人やロボットが装着できるセンサスースの開発を行った。さらに、センサスースを装着したマネキンを活用して多種多様な接触動作のデータ収集を行い、fully connected neural network を活用することで、人がビデオを見て動作を認識する場合よりも高精度に接触動作を認識するシステムを実現した。

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1.

概要: 企業との共同研究開発を通じて、静電容量を利用して人からの接触を検出する、布型のタッチセンサのプロトタイプ開発を進めた。布形状のため人々の服へと取り付けが容易であり、今後様々なロボットやデバイスに取り付けて利用することが期待できる。CEATEC などの大型展示会に協力企業の三機コンシスと出展を行い、産業界に広くその取り組みを宣伝した。タッチセンサに関連する 2 件の特許出願を行った。

2.

概要: 研究参加者が開発に協力したヒーリングコミュニケーションデバイス、「かまってひろちゃん」が協力企業の VSTONE から販売され、2019 国際ロボット展で展示した。「かまってひろちゃん」を用いた高齢者施設での実証実験は、多くのメディアでその成果が報道された。VSTONE が実施した「かまってひろちゃん」に関する投資型クラウドファンディングでは、過去最速の 6 時間で 1 千万円を達成し、報道発表と合わせて社会的に大きな注目を得た。

3.

概要: 研究参加者が開発に協力したヒーリングコミュニケーションデバイス、「かまってひろちゃん」を活用した長期実証実験を継続して行った。実験の結果、複数の施設で多数の施設利用

者に「かまってひろちゃん」を長期間受け入れていただけたことが明らかとなった。さらに、施設利用者を支える介護者の心理的負担を軽減する効果も明らかとなり、新たな波及効果を示すことが出来た。

4.

概要:「かまってひろちゃん」の開発者向けモデルとなるひろちゃん-R の開発を進め、販売を開始した。介護施設での実証実験を通して、認知症高齢者が積極的に受け入れてくれるだけでなく、介護スタッフにも良い効果があることが明らかになっており、その成果をさらに広める上で重要となる研究プラットフォームの提供を実現した。

＜代表的な論文＞

1.

概要: Hidenobu Sumioka, Masahiro Shiomi, Miwako Honda, and Atsushi Nakazawa, “Technical challenges for smooth interaction with seniors with dementia: Lessons from HumanitudeTM,” *Frontiers in Robotics and AI* 8, 2021, pp.162. 概要: Humanitude に関する Technical challenge を概観するサーベイ論文は世界初である。Humanitude のテクニックをどのように自動化することが可能であるかについて、多様な関連研究の文献調査を行うとともに、そのまとめた内容に基づくデザインガイドラインなどを記載した論文である。なお、本論文は中澤グループと行われた共同研究の成果の一つである。

2.

概要 : Masahiro Shiomi, Aya Nakata, Masayuki Kanbara & Norihiro Hagita , “Robot Reciprocal of Hugs Increases Both Interacting Times and Self-disclosures”, *International Journal of Social Robotics*, 13, pp. 353-361, 2020. 概要: ロボットが人を抱擁することで、人とのインタラクション時間や自己開示が増加することを検証した研究である。自己開示は人とロボットの関係を構築する上で重要な行為であり、ロボットからの能動的な接触を行う場合に自己開示が有意に増加することを明らかにした研究は、ソーシャルタッチの有効性を示す上で重要な立ち位置となる。

3.

概要: Yuya Onishi, Hidenobu Sumioka, Masahiro Shiomi, “Moffuly-II: A Robot that Hugs and Rubs Heads,” *International Journal of Social Robotics*, 2023 (accepted). 概要: 人を抱擁することができる大型ロボットの開発と、抱擁時の撫で・叩き動作および触れる部位がもたらす心理的効果に関する検証を行った。実験の結果、抱擁しながら頭を撫でる動作が、背中を撫でる場合や叩く場合よりも好意的に評価されるとともに、どのような話題に対して撫で・叩き動作が望ましいかについての検証も進めることができた。

4.

概要 : Dario Alfonso Cuello Mejía; Masahiro Shiomi; Hidenobu Sumioka; Hiroshi Ishiguro, “Touch Interaction Classification Using Upper-Body Sensor Suit,” in *IEEE Sensors Journal*, vol. 24, no. 14, pp. 22720-22732, 2024. 概要: 布型のタッチセンサースーツを装着したマネキンを活用して多種多様な接触動作のデータ収集を行い、fully connected neural network を活用することで、人がビデオを見て動作を認識する場合よりも高精度に接触動作を認識するシステムを実現した。

§ 2 研究実施体制

(1)研究チームの体制について

①塩見グループ

研究代表者 : 塩見昌裕 (国際電気通信基礎技術研究所・インタラクション科学研究所・室長)

研究項目

・ソーシャルタッチの計算論的解明とロボットへの応用に向けた研究開発

②中江グループ

主たる共同研究者 : 中江文 (国際電気通信基礎技術研究所・石黒浩特別研究所・主任研究

員)

研究項目

- ・ソーシャルタッチに関する脳関連活動・生理的尺度の開発と検証

(2)国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

国内の研究者との連携では、間瀬 CREST の中澤チーム・津田チーム・今井チームとの連携を進めた。中澤チームとは、Humanitude 技術の外観とロボットへの応用に関するサーベイ論文を共同で執筆するとともに、中澤チームの倉爪グループとの共同研究テーマが複数回にわたって Colab に採択された。主に我々が開発したタッチセンサを Humanitude のトレーニングに応用するための技術開発を進めた。

津田チームとの共同研究では、人と人工物の触れ合いがもたらす脳関連活動の分析を目的とした連携であり、池田グループとの共同研究テーマは同じく複数回にわたって Colab に採択された。主に Hugvie を活用し、fMRI 内での触覚・聴覚刺激がもたらす影響を分析する研究に現在も取り組んでいる。

今井チームとの共同研究では、今井チームが開発を進める肩乗りロボットと連動し、肩に乗せて顔に触れることができるソーシャルタッチデバイスを開発中であり、Colab の支援を受けている。年末にかけて顔に触れる行為の印象評価及び肩乗りロボットとのシステム統合を進める。

延長期間中、今井チーム及び戸田チームとの共同研究を進め、いずれも「かまってひろちゃん」の開発者向けモデルとなるひろちゃん-R を活用した対話支援システムの開発に取り組んだ。今井チームとの共同研究内容を取りまとめた成果は、国際会議のポスター発表に採択された。また、「信頼される AI システム」の CREST 領域に参画している山田誠二教授との共同研究も進め、その成果も国際会議のポスター発表に採択された。

終了済みであるが萩田 CREST の長井チームとも連携を進め、国際会議のワークショップを企画、長井チームの関係者(阿部氏)が参画者として我々のチームに参加など、現在も協力関係にある。阿部氏とは、子どもと関わるロボットに関するコミュニティの構築(日本ロボット学会・子どもを中心のロボティクス研究専門委員会)も進めた。

他にも、黒橋さきがけにも参加していた同志社大学の飯尾准教授や、奈良女子大学の才脇教授、大阪大学の細田教授(現京都大学)、川節助教、大阪工業大学の田熊教授、京都工芸繊維大学の田中准教授、北海道大学の坂本准教授、JAIST の神田教授、東京医科歯科大学の藤原教授など、CREST で開発を進めるセンサやデバイスを通じた共同研究が近畿地方を中心として日本各地で行うことができ、国内の研究者とのネットワークを強化することができた。

国外の研究者との連携は、コロナ禍でも積極的に進めた。まず、参画者である Cooney 講師(スウェーデン)および Eyssel 教授(ドイツ)との共同研究を進めている。Invitto 助教(イタリア)とは共同で国際論文誌を執筆し、Chen 教授(台湾)や、Chin 准教授(USA)、Mele 教授(イタリア)、Mahr 教授(オランダ)、Okazaki 教授(イギリス)とも連携を進めている。特に Chin 准教授とは、介護に用いられるロボットの文化的差異に関する共同研究を進めている。また、Okazaki 教授とはイギリスでの赤ちゃん型ロボットを用いた介護支援の共同研究に向け、ロボットを提供し、共に検討を進めている。

産業界との連携は、現時点で 5 社との連携を進めた。株式会社三機コンシスとは、静電容量を検出可能な布型タッチセンサの共同研究をプロジェクト開始当初から進めており、共同でその成果を CEATEC に展示するなど、センシング技術の社会実装を目指して協力を進めている。ヴィストン株式会社とは、赤ちゃん型ロボット「かまってひろちゃん」の共同開発を進め、介護者負担軽減を目的とした実証実験を共同で進めており、新たな産業分野「インターラクティブドールセラピー」分野の創出を目指している。延長期間中、「かまってひろちゃん」の開発者向けモデルとなるひろちゃん-R の開発・販売を進めるとともに、および大阪ヘルスケアビジネスコンテスト 2024 において「かまってひろちゃん」を用いたビジネスアイデアで「大阪シティ信用金庫賞」を受賞した。また、「かまってひろちゃん」は大阪府大阪市の「ふるさと納税」返礼品に登録された。他の会社とも、現在共同で研究を進めている状況である。