

「パートナーロボット」の開発研究: 運動共感に着目したコンセプト構築の試み

Development and research of "partner robot": Attempt to construct a concept focusing on kinaesthetic empathy

三隅 義範¹ 塚田 悠太¹ 山村 哲司¹ 橋本 智行¹ 近藤 嘉男¹ 内山 純^{1*}

Yoshinori Misumi¹ Yuta Tsukada¹ Tetsuji Yamamura¹ Tomoyuki Hashimoto¹ Yoshio Kondo¹ Jun Uchiyama^{1*}

¹ 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology

*Corresponding author: Jun Uchiyama, jun-uchiyoama@aiit.ac.jp

Abstract Partner robots, which live in harmony with people and enrich their daily lives, must be able to communicate naturally with people and provide psychological care and emotional support. In this study, we focused on "kinaesthetic empathy", which plays an important role in understanding the emotions and intentions of others in communication. With "kinaesthetic empathy" as a central concept, we propose a concept for a partner robot that can communicate naturally and empathetically with humans. This concept would allow the robot not only to mimic human behavior, but also to provide psychological support, stress reduction, and help form social connections through interaction with the observer.

Keywords partner robot; kinaesthetic empathy; stress; emotion; communication

1 はじめに

ロボットは長年にわたり、主として産業用ロボットを中心に普及し発展してきた。一方、家庭内での家事や介護、子育てをサポートする、あるいは人とのコミュニケーションを担う「パートナーロボット」としての実用化は、これまでのところ限定的であった。しかし、近年では生活サービス分野におけるロボットの活用に対する関心が高まりつつある[1]。

この背景には、センサー技術、人工知能 (AI) 技術、情報通信技術 (IoT) など、ロボットに不可欠な要素技術の技術革新が進展したことが挙げられる。さらに、情報通信ネットワークの整備が進んだことで、センサーから得られる情報を活用して、人とロボットの間で情報を連携する新たな形でのロボットの活用が可能となりつつある[1,2]。

近年の産業構造の変化や働き方の改革に伴い、仕事や生活に対する不安や精神的なストレスを抱える人々の割合が増加している。特に、勤労者の受けるストレスは拡大傾向にあり、仕事に関する不安やストレスを強く感じている勤労者が半数を超える状況にある[3]。これに対して、より積極的にメンタルヘルスの保持と増進を図ることは、勤労者やその家族の幸福を確保し、さらに社会全体の健全な発展に寄与する上で重要な課題となっている。

こうした背景のもと、2016 年より本学・内山プロジェクトチーム (以下、内山 PT) は、「人と共生するパートナーロボット」を仮説提案型の PBL (Project-Based Learning) のテーマとして掲げ、異分野横断型の学生と教員が共創する形で、パートナーロボットの開発研究を進めている。このプロジェクトでは、デザイン思考プロセスのアプローチを用い、感性と機能の両面からユーザーに精神的なサポートを提供できるロボットの開発を目指している[4-7]。

近年は、ストレスコーピング(ストレス対処行動)に着目し、パートナーロボットが「気晴らし行動を促す動作」や「情緒的な共感を抱かせる動作」がコーピングの手助けになりうるとの仮説を立て、ロボットのコンセプトを構築し、ハイタッチのような仕草をすることで達成感や喜びを表現したり (UCR-03)、体を揺さぶるような仕草したり (UCR-04)、足の動きの身体的特徴を模したロボットでスクワットをしたり (UCR-06)、口を模した部分が開閉することで会話をしているような表現をする (UCR-07) 4 つのパートナーロボットを提案した[8] (図 1)。

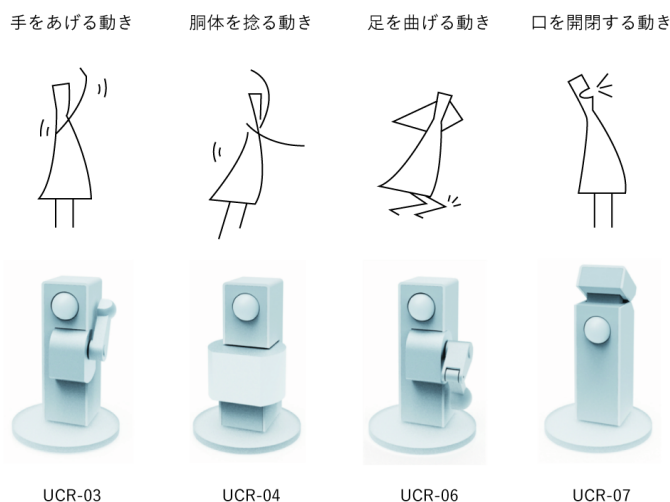


図 1 ストレスコーピングに着目した4つのパートナーロボット[8]

次に、前記の口開閉ロボット (UCR-07) の動作に着目し、口開閉動作の要素を抽出して絞り込み、抽象化した動作で感情表現させることを試みた。開閉角度と開閉速度を動作のパラメータとして制御し様々な動作パターンを作ることで、多彩な感情表現の可能性が示唆された。そして、ネットワークを利用して離れていても相手を身近に感じられるマイ・アバター・ロボット (UCR-70) として、利用者に「共感」と「情緒的サポート」を感じさせることを試みた。



図 2 口開閉動作に着目したパートナーロボット[9]

2 研究の概要

人と共生し、日常生活を豊かにするパートナーロボットは、人との自然なコミュニケーションを可能にし、心理的なケアやサポートを提供することが求められている。本研究では、コミュニケーションにおいて、他者の感情や意図を理解する際に重要な役割を果たしている「運動共感 (kinaesthetic empathy)」[10]に着目した。

運動共感とは、人間が他者や物体の動作を観察した際、実際に体を動かしていないにもかかわらず、その動きを自らが感じ取るという現象である。これに関連して、他者の行動やジェスチャーを観察した際、その動きを脳内で鏡のように模倣し、他者の意図や感情を理解し、共感するメカニズムがあるとされており、このメカニズムはミラーニューロンの活動に基づき、共感や社会的相互作用において重要な役割を果たしているとされる[10-12]。また、ジェスチャーのような身体的な動作によるコミュニケーションは、言語だけに頼らず、他者との意思疎通を促進するための重要な手段である。「ジェスチャー (gesture)」は、意思や感情を伝達する非言語的な身体動作を指し、人間のコミュニケーションにおいて重要な役割を果たすものである。その意味は、文化的背景や状況に応じて多様に変化する[13]。本稿では、日本文化における文脈を踏まえ、「ジェスチャー」を主に感情表現の手段として用いられる動作と定義する。

ロボットが人間のジェスチャーを模倣し、身体的な動作を通じてコミュニケーションを図ることで、ロボットと人間の相互理解が深まり、より円滑な対話が可能になることが示唆されている[14]。これにより、ロボットは単に指示を受ける機械的存在ではなく、対話を通じて人間の感情やニーズを理解し、より親密な関係を構築するパートナーとして機能することが期待される。

本研究では、「運動共感」を中心的な概念として、ロボットが人間のジェスチャーを模倣し、身体的な動作を通じて共感的なコミュニケーションを図ることができるパートナーロボットのコンセプト提案を行う。このコンセプトは、ロボットが単に人間の動作を模倣するだけでなく、観察者との相互作用を通じて、心理的なサポートやストレス軽減、社会的なつながりの形成を支援するものとなる。

例えば、スポーツ観戦中に選手が行う動作を見て、まるで自分もその動きをしているかのような感覚になったり、他者が痛みを感じている様子を見て、自分も痛みを感じたりするような反応を生じる運動共感とは、社会的な共感の一部として考えられており[15,16]、他者の行動を理解し、反応する際に重要な役割を果たす。これは、身体運動だけでなく、他者の感情や意図を理解することにも関わっている。

ミラーニューロンは、運動共感の神経基盤を理解する上で重要な神経細胞である。運動共感とミラーニューロンは密接に関連しており、他者の動作を観察した際に自分の脳内でもその動作に対応するニューロンを活性化させ、他者の動作を自分自身が行っているかのように感じる運動共感を引き起こす[11]。

ミラーニューロンは運動共感だけでなく、他者の痛みや喜び、悲しみといった感情に共感するプロセスにも関連している。こ

れにより、社会的なつながりや他者とのインタラクションにおいて重要な役割を果たす。

したがって、運動共感とミラーニューロンは、他者の行動や動きを理解し、共感するための重要な神経メカニズムである。ミラーニューロンが他者の運動を観察する際に活性化することで、私たちは他者の動作や意図を認識し、それに共感できるものである。このシステムは、社会的なつながりや協調的な行動の基盤となっているため、運動だけでなく、広範な共感行動にも寄与している[17]。

また、共感とストレス解消には密接な関係があり、共感とは他者の感情や状況を理解し、その気持ちを共有する能力を指すが、これがストレスの軽減に大きく寄与する。共感を受けることで人は安心感情を抱き、孤独感が軽減される。これは心理的なサポートとなり、ストレスホルモンの分泌を抑える効果がある[18,19]。共感することで互いに感情を共有し、信頼関係が強まり、それによってストレスの原因となる問題を他者と協力して解決しやすくなる。さらに、共感を示す行動は他者とのポジティブな関係を築くことにつながり、サポート (互助) ネットワークが強化される。このネットワークは、ストレスが高まったときに支えとなり、精神的な安定感をもたらす[20]。

他者と感情を共有し支え合うことで、自己表現が容易になり、ストレスが蓄積される前に発散する機会が増えるため、共感とは重要なストレス解消の要素となる。

3 コンセプト構築

本研究は、他者の動作を観察した際に生じる「運動共感」に基づいて、ストレスの緩和を目指すロボットの開発研究に関するものである。

既往研究では、「ミラーニューロン」の発見[11]において、人間が他者の行動を観察する際、脳内でその行動を模倣するニューロンが活性化することを示しており、この現象が「運動共感」の基盤であることが知られている[16]。

また、共感とは他者の感情や視点を理解し、それを自分自身で感じ取る能力として知られ、人間関係における社会的結びつきの形成や精神的健康の維持に重要な役割を果たすものである[21]。運動共感と感情的共感が形成されると、心理的なストレスの軽減が期待される。社会的サポートや共感的関与がストレス緩和に有効であることが既往研究で示されており[22]、共感を通じた人間関係の質の向上は、ストレスコーピング効果として機能する。

以上の理由から、本研究では「ジェスチャー運動によるミラーリング」から「共感」感情の表出により、「ストレス軽減」につながるものとの仮説を立て、運動共感を介したストレスコーピングの実現に向けたロボット設計の理論的基盤とした。

他者の行動を自分の脳内で、まるで鏡のように反映させる「ミラーニューロン効果」によって、運動共感が生じる。これは、他者の動きを観察した際、自分の脳内でその動きが再現される現象であり、ミラーリング効果を利用して、他者の動作に共感するロボットの設計が想定される。

ミラーリングによって得られる運動共感とは、さらに他者の感

情や気持ちを共有する「共感 (empathy)」へと発展する。このプロセスでは、他者が感じていることを理解し、それを自分自身も感じ取ることが重要である。この共感感情が、ロボットによるストレスケアの一環として活用されることが考えられる。

共感を通じて、心理的なストレスが軽減されることが期待される。他者との共感や感情の共有は、ストレスの軽減に寄与するため、このメカニズムがロボットによるストレスコーピングの基盤となる。

図3は、「ジェスチャーによるミラーリングが運動共感を促し、その結果ストレスが軽減される」という仮説に基づいた概念図である。このメカニズムを活用して、ロボットのコンセプト設計を行う。

ロボットがジェスチャーを通じて運動共感を誘発し、さらに共感を生み出し、それによってストレスを軽減するというプロセスを提案する。このコンセプトは、心理的支援やメンタルケアの一助となる新しい方法として考えられる。

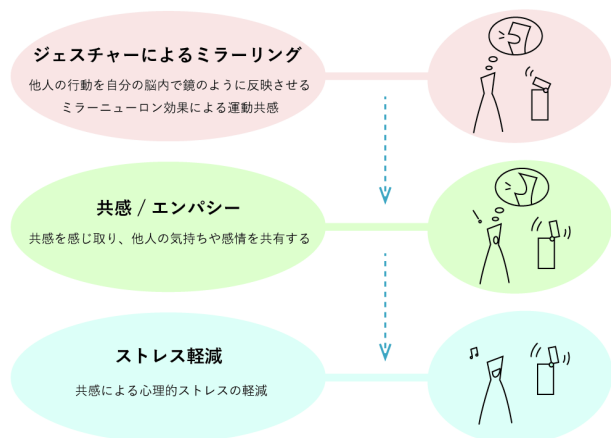
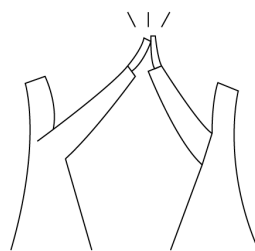


図3 運動共感によるストレス軽減仮説の概念図

「運動共感によるストレスコーピング」をテーマとしたコンセプトを基にプロトタイプを考案する。ジェスチャー運動として、ポジティブな感情を誘発して運動共感を効果的に引き出し、ユーザーとの心理的つながりを強化してストレス軽減のメカニズムをより実効的に寄与することが期待される代表的なジェスチャーとして、「ハイタッチ」と「手振り」のジェスチャー運動を本研究のロボット設計に適用する。

図4はハイタッチの動作をする様子をイラストで示す。「ハイタッチ (High Five)」は、一般的に友好や達成感、喜びを表現するためのジェスチャーで、二人の人間が互いに手を上に向けて打ち合わせる行為である。ハイタッチは、友好的でポジティブなジェスチャーとして知られており、コミュニケーションやエンパワメントの一部として使用され、ハイタッチを行うことで、お互いの間に瞬時に親近感が生まれ、ポジティブな感情を引き出すことが期待される。この動作は、他者との共感や協力の象徴でもある。

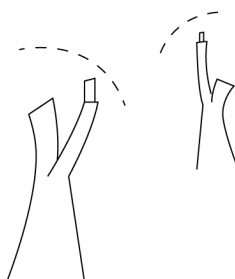


ハイタッチの動きを模したロボット

ハイタッチのような仕草をすることで、達成感や喜びの感情を表現し、ハイタッチ行動によるストレスコーピングを促す。

図4 ハイタッチの動き

図4のハイタッチの動きの派生として、図5は同様の腕の動きをする手振り動作をする様子をイラストで示す。手振りは、挨拶や別れの際に使われる基本的なジェスチャーであり、親しみやすさや友好的なコミュニケーションを表わす。相手に対して歓迎の意を示す、もしくはコミュニケーションを始めるための自然な誘いが可能になる。この動作も、共感的なつながりを強化するための動作の象徴となる。



手振りの動きを模したロボット

手振りのような仕草をすることで、挨拶や親近感の感情を表現し、手振り行動による運動共感からストレスコーピングを促す。

図5 手振りの動き

「ハイタッチ」や「手振り」はシンプルな動作でありながら、他者とのつながりや感情的な交流を促進し、ポジティブな感情を引き出し、ストレス軽減や共感を促すことにつながると推測し、これらの動作を取り入れたプロトタイプ的设计を試みる。

本提案は、運動共感をベースにしたストレスコーピングの応用として、ロボットを利用する新規性のあるコンセプト提案であると考えられる。

4 プロダクトデザイン構築

動作の抽象化による形態の創出

「ハイタッチ動作の抽象化」に関するプロトタイプ設計の方法を示す。以下に、図6を基に説明する。

研究の目的は、ハイタッチ動作を抽象化し、ロボットで再現するための基本的な動作モデルを構築することである。

ハイタッチ動作は、肩を動作の基準点(回転の軸)として設定し、肩を中心にして腕が回転する円を描き、腕の長さとして捉えられ、腕の動きは肩を中心とした円運動とみなされる。

手のひらの位置が最終的な動作の終点であり、この点がハイタッチ動作の頂点(他者と接触する位置)となる。このモデルでは、肩を中心にして腕を動かし、手のひらがハイタッチを行う位置まで到達する動作を円運動として捉えている。人間の肩の動

きを機械的な回転軸に変換し、回転運動として制御する。手のひらの位置は、動作の終点として設定されてハイタッチの位置を決定し、動作の精度を高める。

前記モデルに基づき、ロボットのプロトタイプを設計する。

人間の肩の動作を再現するために、ロボットには回転軸が設置され、その軸を中心にアームが動く回転機構としての仕組みが設けられている。

ロボットのアームの長さは、抽象化されたモデルに基づいて設定され、手のひらが正確にサーボモータにより動作できるように腕の長さで動作範囲が調整される。

手のひらを最終的な動作の位置として、ハイタッチの動作が完結するように手のひらの位置決めを設計する。

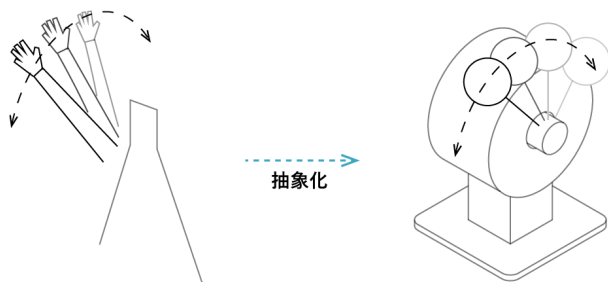


図 6 ハイタッチ動作の抽象化

更に、ハイタッチ動作と同様のプロトタイプを使用して、視点を変えて (90° 回転) 見ることで、手振り動作を抽象化したモデルを構築する。手振りは、コミュニケーションにおける重要な動作であり、それをロボットで表現することは、自然な人間とのインタラクションを実現するための重要なステップとなる。

以下に、図7を基に説明する。

肩を動作の基準点として設定し、ここが動作の回転軸として機能する。肩は腕全体の回転の支点となる。肩から手のひらまでの腕の長さが半径として設定し、この腕の長さを使って、手が円軌道を描くように動作する。

手のひらの位置は動作の終着点として扱われ、手のひらが左右に動くことで、コミュニケーションジェスチャーとしての手振りが成立する。手振り動作全体は、肩を中心とした腕の円運動としてモデル化され、この円運動により、手のひらが左右に動き、他者への視覚的なジェスチャーが完成する。

腕の動きは、肩を中心とした円運動として再現され、ロボットの腕の長さ (半径) を設定し、その半径に基づいて手のひらの動きをサーボモータで制御する。

ロボットは肩を基点にして、腕を動かし、手のひらが他者に向かって左右に円運動を描くように手振り動作を行うことが可能になる。

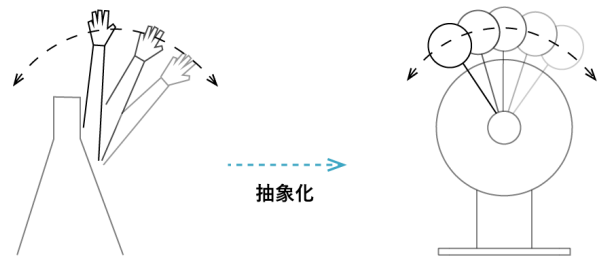


図 7 手振り動作の抽象化

人間のシンプルな動作である手振りをロボットに再現させることで、自然な対人インタラクションを促進することを目指している。手振りは友好や別れのジェスチャーとして使われ、コミュニケーションの基本的な要素である。この動作をロボットに再現させることで、人間とのより円滑なコミュニケーションが可能となることが期待される。

5 研究内容

図8は、プロトタイプ制作に関するプロセスを示しており、ロボットの設計から実際のプロトタイプ完成までの工程が記載されている。以下に、このプロセスを実験方法として詳細に説明する。

本研究の実験は、運動共感を誘発するロボットを制作するために、設計から部品製作、システム設計、実機組立までのプロセスを通して行われている。プロトタイプの目的は、ロボットが人間の動作を再現し、運動共感を引き起こすことである。

まず、ロボットの設計図が作成され、各部品を制作する。この段階では、次の要素に重点を置いて設計が進められる。

各部品の寸法や配置を設定し、肩の回転軸や腕の半径など、動作の機械的な部分が詳細に設計され、実際の動作に必要な寸法や部品の構成が決定される。

次に、ロボットが動作するためのシステムが設計され、必要な電子部品やセンサーが組み込まれる。主要な要素は以下の通りである。

ジェスチャーを検知するためのジェスチャーセンサー (UCR-J01) が搭載され、このセンサーがユーザーの動作 (本研究では、ハイタッチ動作と手振り動作) を感知し、ロボットの反応を引き起こすトリガーとして機能する。

マイクロコントローラー (M5AtomS3、M5Atom) は、センサーの入力を処理し、ロボットの動作を制御する。I2C と ESP-NOW の通信プロトコルを用いて、センサーからのデータがマイクロコントローラーに送られ、ロボットの動作が実行される。

サーボモータ (RS304MD) は、腕の回転を制御するために組み込まれており、ジェスチャーセンサーからの入力に基づいて、ロボットの腕が動作する。

機械設計とシステムの構築が完了した後、3Dプリンターにて機械部品を出力し、電気部品を実装してロボットのプロトタイプ (UCR-X01) が完成する (図9)。

プロトタイプを用いた実験では、運動共感を引き起こすロボットの動作モデルを構築することを目指している。シンプルな

動作を通じて、ロボットが人間の動作に反応し、共感的なインタラクションを生み出すプロトタイプが完成する。本研究は、運動共感に基づくロボットの新しい応用方法を探るものであり、今後のヒューマンインターフェース設計に寄与する可能性が見込まれる。

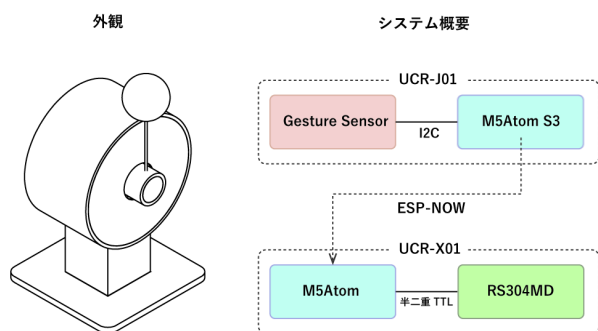


図 8 プロトタイプ制作 (UCR-J01、UCR-X01)



図 9 UCR-X01 (全高 89mm)

6 展示会出展

概要と目的

本研究のテーマである「運動共感によるストレスコーピング」を目的としたロボットのプロトタイプを制作し、大田区産業振興会主催の「第 13 回 おおた研究・開発フェア 2023」に出展（図 10）した。展示会における来場者の感想を基に、ロボットの効果について考察し、実用性や改善点を探るものである。

結果

ロボットのコンセプトや機能を来場者に説明し、実際にロボットを操作・観察してもらった。ロボットとの簡単なインタラクションを通じて、その機能やストレスコーピングの意図について説明し体験してもらった後、ロボットの動作や機能の理解度、ストレス軽減効果の実感、ロボットに対する全体的な印象（デザイン、操作感、共感の度合いなど）について、感想を聞いた。

来場者は概ねロボットコンセプトの狙いである「ストレスコーピング」を理解しており、その意図が伝わっていた。特に、簡単なジェスチャーを通じて運動共感を引き出し、心理的なリ

ラクゼーションを促すというコンセプト提案は、来場者の多くから肯定的な感想を得た。また、来場者の一部からは、ロボットとのジェスチャーインタラクションによって心地よさを感じたというフィードバックがあり、ストレス軽減効果があると報告された。

一方では、短時間の体験では十分にその効果を感じられなかったという意見もあり、長期間の使用や、ストレスの程度によって効果が変動する可能性のあることが示唆された。

ロボットのデザインや操作感に関しては、全体的に好意的な反応が見られた。特に、シンプルなデザインが親しみやすく、操作が直感的であるという点が好まれた。動作の滑らかさやレスポンスに関しては、さらなる改善が望まれる点も指摘されたが、全体的な印象は良く、多くの来場者から今後の発展に期待する声をいただいた。

考察

ミラーニューロン効果に基づくアプローチは、他者の動作に共感しやすい状況を作り出すための効果的な手法であり、来場者がロボットの動作を観察し、共感することで一時的な心理的ストレスの緩和を体験できたという感想を得たことは、今後のさらなる発展に繋がる有用な知見である。

一方で、来場者からはロボットの動作精度やインタラクションの速度に関して改善の要望が寄せられた。これらは今後の研究において、ロボットの反応時間を短縮し、より直感的でスムーズなインタラクションを実現するための課題となる。また、長期間の使用における効果の持続性や、異なるストレスレベルのユーザーに対する適応性についても追加の検証が必要であると感じた。

「おおた研究開発フェア」においての運動共感ロボットが得た評価は、全体的に好意的なものであり、運動共感におけるロボットが有用である可能性が示唆された。次のステップとしては、ロボットの操作性向上や、より深い共感を引き起こすジェスチャーの精緻化が課題となる。



図 10 展示会 (おおた研究・開発フェア 2023)

7 ま と め

本研究では、運動共感理論に基づくロボットを開発し、「おおた研究開発フェア」にてその効果を実証するための展示を行った。ロボットは、ジェスチャーを通じて人間とインタラクションを図り、心理的ストレスの軽減に寄与することを目指したもので、来場者から得た感想に基づき、ロボットの効果と課題について評価した。

来場者の多くは、本ロボットが狙う「運動共感によるストレスコーピング」というコンセプトを理解し好意的に受け入れられた。特に、ハイタッチや手振りといったシンプルなジェスチャーを通じて、ユーザーが「運動共感」性を感じたことは、本ロボットがストレス軽減に一定の効果を持つことを示唆している。これらのフィードバックから、ロボットの動作が感情的なつながりを促進し、ストレス緩和の手助けとなる可能性が示された。

ただし、来場者からは、動作の滑らかさや速度に関して改善を求める声も多く寄せられた。ロボットのジェスチャーに対する反応時間や動作の精度に課題があることが指摘されており、これらの技術的な改良が必要である。特に、ストレス軽減の効果を高めるためには、ロボットがユーザーの動作や感情に迅速かつ自然に反応できるようにすることが重要であると考えられる。

また、展示会での短時間のインタラクションに基づく感想であるため、ロボットが長期間の使用において同様の効果を発揮できるかについては、今後の検証が求められる。長期的なストレス軽減の効果や、異なる環境や状況でのロボットの適応性についても、追加の実験が必要であると考えられる。

8 お わ り に

今後の展望として、技術的な改善を進めることで、より直感的で自然なインターフェースを持つロボットの開発が期待される。加えて、異なるユーザー層や環境における効果検証を行い、さまざまな状況に応じた適応性の高いストレスコーピングツールとして、広範に応用できるロボットシステムの開発が求められる。最終的には、未来の豊かな暮らしの一助となり、人に寄り添うパートナーロボットとして、ストレスマネジメントや心理ケアに寄与する実用的なロボット技術の確立を目指すものである。

本稿は、2021年度に本学紀要 No.15 [9]で掲載された「人との共生を目指すパートナーロボット」に関する研究を基に、AIIT修了生コミュニティによる継続的な研究成果としてまとめたものである。特に、研究活動をご支援、ご協力してくださった本学社会連携係および2023年度PBL(内山PT)メンバーの皆様に、心より感謝申し上げる。

参 考 文 献

1. 総務省 令和6年度版通信情報白書. “ロボティクス”, pp.42-44, 2024.
2. 総務省 令和6年度版通信情報白書. “AIの進化に伴い発展するテクノロジー”, pp.40-42, 2024.

3. 厚生労働省 令和6年度版厚生労働白書. “労働者を取り巻くストレスの現状”, pp.21-31, 2024.
4. 角田善彦, 上林昭, 高橋和章, 小野敦士, 神田雅泰, 岸本悠希, 山田涼馬, 近藤嘉男, 内山純, 人間とロボットの関係性を再デザインする—21世紀初頭を超えたその先のコンセプト構築の試み—, 産業技術大学院大学紀要, No.10, pp.161-167, 2016.
5. 平社和也, 竹島大智, 近藤嘉男, 内山純, 「パートナーロボット」の開発研究—表情と仕草に着目したコンセプト構築の試み—, 産業技術大学院大学紀要, No.11, pp.175-180, 2017.
6. 岡野恵実, 周元, 小川太輔, 神田雅泰, 平社和也, 土屋陽介, 近藤嘉男, 内山純, 「パートナーロボット」の開発研究—人々のコミュニケーションを媒介するロボット—, 産業技術大学院大学紀要, No.12, pp.171-176, 2018.
7. 小川太輔, 大類桂一, 北浦なつみ, 胡瑤霞, 楊旭, 近藤嘉男, 内山純, 「パートナーロボット」の開発研究—「ハートフルロボット」コンセプト構築の試み—, 産業技術大学院大学紀要, No.13, pp.121-126, 2019.
8. 橋本智行, 秋津翔吾, 川合隆太, 付迪, 古瀬竜太郎, MAO XIN, 土屋陽介, 近藤嘉男, 内山純, 「パートナーロボット」の開発研究—ストレスコーピングに着目したコンセプト構築の試み—, 産業技術大学院大学紀要, No.14, pp.161-168, 2020.
9. 三隅義範, 石田大樹, 金澤大賀, Xian Jiaqi, 宋順, 廣田祐樹, 橋本智行, 土屋陽介, 内山純, 「パートナーロボット」の開発研究—口開閉動作に着目したコンセプト構築の試み—, 産業技術大学院大学紀要, No.15, pp.151-159, 2021.
10. 三好賢聖. 動きそのもののデザイン:リサーチ・スルー・デザインによる運動共感の探究. 出版社ビー・エヌ・エヌ, 2022.
11. Giacomo Rizzolatti, Laila Craighero, THE MIRROR-NEURON SYSTEM. Annual Review of Neuroscience, Vol.27, No.1, pp. 169-192, 2004.
12. 浅田稔. ミラーニューロンシステムが結ぶ身体性と社会性. 日本ロボット学会誌. Vol.28, No. 4, pp.386-393, 2010.
13. 布井雅人, 銭龍虎, 上田祥行, 吉川左紀子. 非言語コミュニケーションにおける日中比較—対人距離・ジェスチャーに関する検討—. 日本心理学会大会発表論文集, 77巻, 日本心理学会第77回大会, セッション ID 2EV-027, pp.187, 2013.
14. 福原佑貴, 上出純平, 中野有紀子. コミュニケーションロボットにおけるジェスチャー表出の有効性. The 25th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2011.
15. 渡辺悦男. 器械運動学習における児童の運動共感に関する基礎的研究. スポーツ教育学研究, Vol.13, No.1, pp.15-24, 1993.
16. 福田正治. 共感と感情コミュニケーション (I) —共感の基礎—. 研究紀要 富山大学杉谷キャンパス一般教育, 第36号, pp.45-58, 2008.
17. 大平英樹. 共感を創発する原理. エモーション・スタディーズ, 第1巻第1号, pp. 56-62, 2015.
18. 下田芳幸, 黒山竜太, 吉村隆之. 共感性が対人ストレスコーピングおよびストレス反応の表出に及ぼす影響. 富山大学人間発達科学部紀要, 第6巻第1号, pp.171-180, 2011.
19. 渡辺茂. 動物における共通経験と共感. 認知神経科学会, Vol.19, No.3・4, 2017.
20. 宗像恒次. セルフケアとソーシャルサポートネットワーク. 国立精神・神経センター精神保健研究所:日本保健医療学会年報, Vol.41-19, 1989.
21. Jean Decety, Philip L. Jackson. The Functional Architecture of Human Empathy. Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, Vol.3, Issue2, 2004.
22. Keltner, D. Tracy, J. Sauter, D.A. Cordaro, D.C. Expression of emotion. Handbook of Emotion, pp.467-482, 2016.