

共用型ロボットにおける生体計測による感情推定を用いた 動的自律位置調整による印象改善手法

鈴木 翔大[†] 菅谷 みどり[†]

概要: コミュニケーションロボットが広く普及する中、パーソナルなサービスを行うパートナーロボットが注目されている。しかし、ロボットの個人で購入はコストの問題があることから、公共機関等にある共有ロボットによるパーソナルなサービスの実現を目指し、異なる筐体を用いた擬人化エージェントの実現を目指すものとした。まず、汎用的な擬人化エージェントのプラットフォームが十分提供されていないことから、プラットフォームの開発を行った。次に、パーソナルなサービスを行う際に重要となる異なる筐体におけるロボットの印象評価結果を分析し、結果より、個人ごとに生体情報を用いて感情推定をした結果により自律的に位置を調整することで、ロボットへの印象を改善できることがわかった。そこで、本研究では人の快不快を司る自律神経の評価を用いて動的に自律位置調整制御を行うための機能を提案し、ロボット上に設計、実装し、評価を行なった。その結果、本提案手法により、有意にロボットへの印象を快にする可能性が示唆された。

キーワード: 擬人化エージェント, 生体情報, パーソナルスペース

An Impression Improvement Method by Dynamic Autonomous Position Adjustment Using Emotion Estimation by Biometric Signals in Shared Robot

SHODAI SUZUKI[†] MIDORI SUGAYA[†]

Abstract: As communication robots are widespread, partner robots that perform personal services are attracting attention. However, because purchasing costs individually for robots, we aimed to realize an anthropomorphic agent using different enclosures, aiming to realize personalized services by shared robots in public institutions and the like. First, we have developed a platform because the platform of generic anthropomorphic agent is not sufficiently provided. Next, we analyze the impression evaluation results of the robot in different housings, which are important in carrying out the personal service, and autonomously adjust the position autonomously according to the result of estimating emotion for each individual using the biological information. We found that it can improve the impression on the robot. In this research, the function to dynamically perform the autonomous position adjustment control using the evaluation of the autonomic nervous system responsible of human discomfort was designed, implemented and evaluated on the robot. As a result, it was suggested that the proposed method could significantly improve the impression of robot.

Keywords: Life-like Agent, Biological information, Personal space

1. はじめに

1.1 研究背景

ロボットと人の共生社会に向け、人とのインタラクションを主な目的としたコミュニケーションロボット及びサービスが広く普及している。2035年にはサービス分野がロボット産業の50%以上を占めると予測されている[1]。ユーザによりパーソナルなサービスを行うパートナーロボットは増えており[2]、生活支援からリハビリテーション、ソーシャルな活動を通じて、ユーザの支援を行う。特に高齢人口の増加が大きい日本においては、高齢者の一人暮らしの割合は年々増加しており [3] こうした高齢者のQOL(Quality of Life)の向上を目指す上でも、パーソ

ナルな支援を行うロボットの実現は重要な課題である。

しかし、パートナーロボットは個人を対象とするため購入費用のみならず故障時の修理やメンテナンス費用等の維持費が個人でかかる。一方、共有スペースなどに設置される汎用のコミュニケーションロボットなどは、法人や公共機関が購入するもので、公共性や人手不足を賄うものとして普及傾向にある。しかし、複数のユーザを区別してパーソナルなサービスを実現する仕組が重要である。実現のために擬人化エージェントの研究が提案されているが、汎用性が低く、共通のプラットフォームがない問題がある。そこで本研究では、まず、擬人化エージェントのプラットフォーム開発を行った。次に、パーソナルなサービスを行う際に重要となる異なる筐体におけるロボットの印象評価結果を分析した。その結果、

[†] 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology

個人ごとに生体情報を用いて感情推定をし、その結果により自律的に位置を調整することでロボットへの印象を改善することが可能であることが明らかになった。このことから機能をロボット上に設計、実装し、評価を行なった結果、本提案手法により、有意にロボットへの印象を快にすることができることがわかった。

本論文の構成は以下の通りである。2節にて、関連研究、3節にて提案、4節にてプラットフォームの開発と予備調査、5節にて自律位置調整機能の予備調査、6節にて提案するユーザの感情に応じた自律位置調整手法と評価、7節でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

ロボットと人間のインタラクションの中でもエージェントを通じたインタラクションは、HAI (Human-Agent Interaction)と呼ばれ、数多くの研究がなされている[4]。小松らは、実機ロボットとモニター上に表示された同じロボットの外見を持つ擬人化エージェントの比較実験を実施し、結果インタラクションの相手となるエージェントとして、物理的実体を持つ方が、インタラクションがスムーズに行われる可能性を示唆した[5]。また、ロボットと人間のインタラクションの実現を目指す ASE(Artificial Subtle Expression)は、ユーザに負荷をかけることなく、直感的にロボットの内部状態の理解を促す表出を可能とすることを目的に、ロボットの内部状態を常にユーザに示すこと、また、少ない情報で的確に示す必要性を述べた[6]。擬人化エージェントに関する研究は多くあり、盛んに議論が続けられている。しかし、論文内でまとめられていた擬人化エージェントに関する多くの研究がコストの理由からモニター内の仮想的なロボットや一台の専用の実機ロボットを用いた研究などの特定の条件内に留まっている。大澤らの論文[7]では、一般家電や情報機器といったアプライアンスに、腕や目といった擬人化しやすい特徴を持たせることでエージェント化を行う研究を実施したが複数の機器を共通で扱う仮想的な擬人化エージェントの実現、およびそのプラットフォームについて十分に議論されていない。また、複数人のユーザで利用する共有ロボットを用いたパーソナルなサービスを実現するための一般化された方法についても議論が十分とはいえない。

3. 提案

3.1 研究目的

エージェントを用いたロボットと人のインタラク

ション研究では、擬人化エージェントを用いた、ロボットと人の円滑なコミュニケーションの実現について、様々な見た目を持つロボットの擬人化エージェント化が行われている。しかし、それらをまたぐような擬人化エージェントプラットフォームについて十分に議論されていない。また、パーソナルなサービスを実現させるための手法についても十分議論されていない。これらの理由から、本研究では、共有ロボットを用いたパーソナルなサービスの実現を目的とする。

3.2 共有ロボットにおける擬人化エージェント

擬人化エージェントの実現にあたっては、人間同士のコミュニケーションにおいて重要な項目について考慮する必要がある。山田は、人間同士のコミュニケーションでは、subtle expression と呼ばれる、顔の表情、視線、身振りなどの非言語情報が重要であるとしている[4]。また、鶴田らは[8]、視覚的な要素群の中でも、顔、表情などの要素が擬人性、有生性、好ましさ、知性認識などと相関が高く、特に、顔と表情は擬人感と高い相関があることを指摘した。以上より、本研究では顔を用いた擬人化エージェントをどの共有ロボットでも呼び出すことで、共通化したエージェントをわかりやすく利用できる方法を検討するものとした。

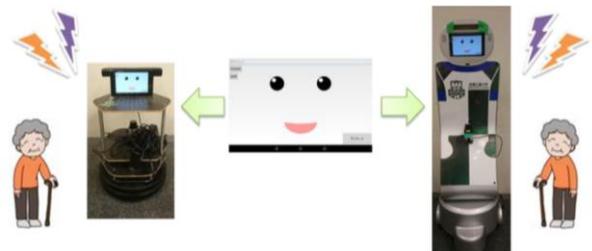


図1 擬人化エージェントのアイデア

3.3 擬人化エージェント

本研究では、顔を共通化し、形状の異なる2種類のロボットを、同じユーザが別の場所で利用することを想定する(図1)。図1に示したように、異なる筐体のロボットにエージェントを呼び出してコミュニケーションをとる。ユーザは形状の異なるロボットであっても、エージェントにより、同様にコミュニケーションをとることで、共用のロボットをパーソナルロボットとして利用できる。

実現のためには、形状の異なるロボットであっても、印象差をできるだけ無くしたコミュニケーションをとることが望ましい。そこで、本研究では、形状の異なるロボットで同じ顔を持つ擬人化エージェントを呼び出した場合の印象差を評価し、それに基づく印象差の低減手法を検討するものとした。

まず、リアルタイムなロボットの印象評価のために生体情報を用いた感情推定手法を用いた。染谷ら、香川らは、ロボットの印象評価に生体情報を用いることで、実施後アンケートなどではみられない、移動するロボットの位置や動作による刻一刻と変化する印象の変化を把握した[8-10]ことから、本感情評価手法を用いることにより、ロボットの直感的な印象を反映させることができると考えた。

4. プラットフォームの開発と予備調査

4.1 設計

本研究では、まず、パーソナルなデータをファイル単位でサーバから読み取り、個人的な設定をどのマシンでも実現できる仕組みを実現する。個々のロボットが分散して存在し、共通するデータをサーバが保存することから、サーバクライアント形式とし、サーバ上のファイルをクライアントが利用しやすいファイル共有を実現した。図 2 に仮想ファイルシステムにおけるデータ共有を用いて擬人化エージェントを呼び出す様子を示した。

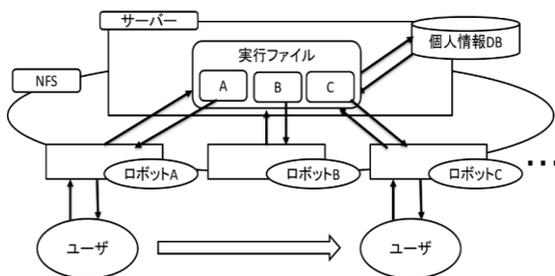


図 2 仮想ファイルシステムによるデータ共有

基本的なシステム構成として、共有されるロボット側のマシンをクライアント、それらが接続してデータ共有を行うマシンをサーバとした。サーバ上には、実行ファイルと個人の登録情報を保持した個人情報データベースが記録されている。サーバ上の実行ファイルを、NFS (Network File System)を用いて各クライアント上でマウントし、複数のファイルを一括して利用可能とする。これにより、個人の登録情報を基にした擬人化エージェントをどのクライアントでも呼び出して利用できるような仕組みとした。

また、各ロボットの大きさや走行速度などの筐体の個体差を基にした設定ファイルを用意することで、より筐体の個体差に依存せず、統一した擬人化エージェントの実現を容易とした。

本研究では、共有ファイルシステムを用いたユーザごとの顔データの登録及びファイル共有と、その呼び出しを実装した。図 3 に呼び出し時の入力と、呼び出し時の様子を示した。



図 3 ユーザ名入力(左)と
 エージェント呼び出し時(右)の様子

4.2 生体情報を用いたロボットの印象評価

ロボットの筐体の差による人に与える印象差の評価を目的とし、生体情報による感情推定を行った。生体情報とは脳波・体温・血圧や心拍といった生体が発する生物学的・解剖学的情報であり、外の刺激に対して、人の体感とは別に無意識に反応することから、近年、人間の感情や心理を評価する手法として用いられている[11]。池田らは、覚醒度と快不快の2軸からなる標系上に、脳波と心拍をそれぞれ、覚醒度軸、快不快軸に対応付けることで感情を分類・推定した[10]。本研究では、染谷らが本手法をロボットの印象評価に応用したことから本手法を用いるものとした。

本研究では、覚醒度は NeuroSky 社の MindWave Mobile[12]による脳波の計測結果、快不快の値はスイッチサイエンス社の心拍センサを用いて計測した。それぞれのセンサが算出した値をもとに感情の分類モデルで XY の二次元座標位置を定めその位置から「楽しい」、「興奮」、「驚き」、「緊張」、「不愉快」、「退屈」、「眠気」、「落ち着き」の 8 つの感情に分類する[10,11]。また、平松らが提案した脳波と心拍の値よりプロットされた点から、ベクトル分解を用いて感情の大きさを解析した。

4.3 実験概要

染谷らの評価実験に習い本実験では、見た目の異なる 2 種類のロボット(Concierge ロボット[15]・Kobuki ロボット[16])の接近、後退時にセンサから取得した値から感情解析を行い、その結果を比較、評価した。協力者は 20 代男性(1 名)で実施した。

4.4 実験環境

測定する生体情報に影響を与える可能性がある雑音等といった外的要因を実験空間から可能な限り取り除くために、実施者と実験協力者以外は誰もいない静かな部屋で行った。実験環境について図 4 に示す。実験協力者には、脳波計と心拍センサを身に着けた状態で椅子に座ってもらう。実験協力者の横の卓上に、生体情報を測定し、感情を推定、記録する PC を設置し、ロボットを実験協力者の座る椅子から前方 3m の位置に設置する。ロボットの移動距離は

密接距離（～0.45m）、個体距離（0.45m～1.20m）、社会距離（1.20m～3.60m）、公衆距離（3.60m～）と定義されている人と人のパーソナルスペースの距離[16]を基に決定した。密接距離、個体距離、社会距離を含む3mから40cmをロボットの移動距離とした。

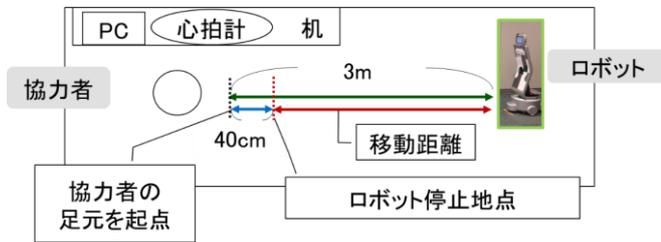


図4 実験環境

4.5 使用したロボットとロボットの設計、実装

実験には2台のロボットを利用した。一台はSOCIAL ROBOTICSの「Concierge」[14](図5左), もう一台はYujin Robotの「Kobuki」[15](図5右)とした。ロボットの顔部分には、呼び出した擬人化エージェントの顔を表示するためのタブレット(Galaxy)を搭載し、共通の顔が表示できるようにした。



図5 Conciergeロボット(左), Kobuki(右)[15]

実験で使用するロボットの制御にはROS (Robot Operating System)を使用する。本研究ではUbuntu 14.04で動作するROS Indigoを用いた。ROSの実装は、C++とPythonをサポートしており本研究では、ロボットの制御にC++を用いて実装する。また、ロボットの前中央部には距離データを測定するための北陽の測域センサ(URG-04LX-UG01)を設置し、ロボットの制御を行った。

4.6 実験手順

実験では、顔部分のタブレットに同じ顔を表示した2種類のロボットを使用し、実験手順中の実験協力者の生体情報を測定し、推定された感情を記録する。実験手順は以下のとおりである。

1. ロボットが協力者から前方3mの位置で待機
2. 協力者に脳波、心拍センサを装着し、2分間安静
3. ロボットは0.2[m/sec]の速度で協力者に接近
4. 協力者の実験協力者の30～40cm前まで接近

5. 協力者の直前で5秒間停止
6. ロボットは0.2[m/sec]の速度で協力者から後退
7. ロボットが協力者から前方3mの位置まで後退
8. ロボットは停止

ロボットの移動距離は密接距離（～0.45m）、個体距離（0.45m～1.20m）、社会距離（1.20m～3.60m）、公衆距離（3.60m～）と定義されている人と人のパーソナルスペースの距離[17]を基に決定した。密接距離、個体距離、社会距離を含む3mから40cmの距離をロボットの移動距離とした。また、2分間の安静はpNN50を用いた快不快の算出と離れた位置の停止時の生体情報を記録するため、実験協力者の前で5秒の停止は近い位置の停止時の生体情報を記録するために行っている。以上の手順をConciergeロボットとKobukiロボットの2種類のロボットで実施した。

4.7 実験結果

図は実験をConcierge (図6)とKobukiロボット(図7)の2種類のロボットで行った際の生体情報推定手法を用いて感情推定した結果、特に変化が見られた「落ち着き」と「興奮」の2つの感情の推移を表した。

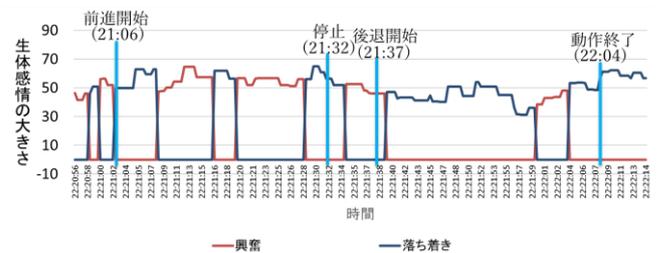


図6 Conciergeロボットの測定結果

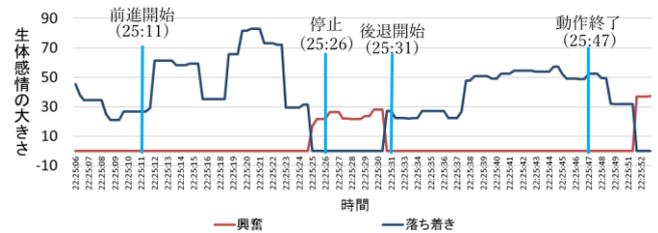


図7 Kobukiロボットの測定結果

4.8 考察

図6, 7の前進開始から、停止までの間のロボット接近時の測定結果からConciergeロボット, Kobukiともに実験協力者の「落ち着き」の感情値が減少し、「興奮」の感情値が増大した。このことから、ロボットの接近により、覚醒度が高くなる傾向が示唆された。また、実験中のConciergeロボットとKobukiの感情値の推移を比較すると、前進開始から後退開始までの間で、Conciergeロボットのほうが「興奮」の感情値が増大しやすく、覚醒度が高い傾向が見られた。原因の一つとして、Conciergeロボットの筐体の大きさがKobukiの筐体の大きさと比べ大きく、集

中を示す覚醒度が高くなったと考えられる。これらの値を軽減するための動作を行うことで、筐体差によるユーザのロボットに対する印象の違いを軽減したコミュニケーションを実現することができると考えられる。

5. 自律位置調整機能の予備調査

5.1 先行研究との比較

ロボットによる接近時に、ユーザの感情を示す生体情報が変化することがわかったことから、この値を基にユーザに合わせた移動ロボットの制御によりユーザの印象改善が可能と考えた。しかし、今回の実験は筐体の差の比較のみで、一般化した議論が困難である。そこで、先行研究の結果と照らし合わせ、特徴の比較検討を行うものとした。表 1 に移動ロボットによる特徴と、その際の生体情報を用いた印象評価の結果、変更の容易さについて染谷ら[8]、香川ら[9]の結果と本研究の結果を表 1 にまとめた。

表 1 移動ロボットの持つ特徴

特徴	特徴量	感情調査結果	変更の容易さ
(1) 筐体の大きさ	大	覚醒度が高い[4 節]	低
	小	覚醒度が低い[4 節]	低
(2) 接近速度	速い	不愉快、緊張が高い[9]	高
	遅い	楽しさ、落ち着きが高い[9]	高
(3) 接近方法	直進	落ち着き、楽しさが高い[9]	高
	変動	不愉快、緊張、驚き高い[9]	高
(4) 位置	近い	緊張、驚き、不快が高い[8]	高
	遠い	緊張[8]	高
(5) ロボットへの興味	高い	快感情が出やすい[8]	低
	低い	不愉快感情が出やすい[8]	低

(1)の筐体の大きさは、覚醒度が変化するなどの特徴はあるが、ユーザに合わせた特徴量の変更への適合は容易ではない。そこで本研究では、変更の容易である項目を対象に個人適合を検討するものとした。

本研究で設計している擬人化エージェントプラットフォームは介護施設などで多くのユーザに利用してもらうことを想定しており、必ずしもロボットへの興味が高いユーザが利用するとは限らない。ロボットへの興味が高いユーザを含め、多くのユーザに恒常的に利用可能なように、接近速度、ユーザとの位置を変更することで、快感情・低覚醒度である「落ち着き」の感情を保つインタラクションを実現することができると考えた。

(2)接近速度では、速い場合ユーザの「不愉快」、「緊張」の感情が大きくなりやすく、「楽しさ」、「落ち着

き」が小さくなりやすい、逆に接近速度が遅いとき、ユーザの「楽しい」、「落ち着き」の感情が大きくなりやすい[8]。このことから、接近時の移動速度は遅めにすることで、ユーザの感情を快感情・低覚醒度である「落ち着き」の感情を保てると考えた。そこで、本システムではロボットの移動速度を低速、0.2[m/sec]に設定した。

(4) 位置の設定では、ユーザのロボットへの興味に基づき、生体情報に基づいて、ユーザの生体情報をリアルタイムで測定、評価し、ユーザとの距離を自動で調整することを検討した。ロボットへの興味が高いユーザはロボット接近時に快感情が上がり、ロボットへの興味が低いユーザはロボット接近時に不快感情が高くなる。そのため、ロボットへの興味が高いユーザは快不快の生体情報が快感情に変化したとき、ロボットがユーザに接近し、ロボットへの興味が低いユーザは、快不快の生体情報が不快感情に変化したとき、ロボットがユーザから離れる。ユーザの感情を快感情・低覚醒度である「落ち着き」の感情を保つことができると考えた。

5.2 接近速度と位置制御

図 8 にユーザの生体情報を用いたロボットの自律位置調整手法の様子を示した。ロボットとコミュニケーションを行っているユーザのロボットへの興味の高さに基づき、生体情報をリアルタイムで測定、評価し、ユーザとロボットの距離を自律調整する仕組みを実現する。

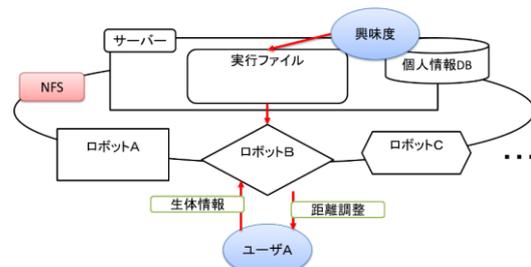


図 8 生体情報に基づく距離調整

次に生体情報を用いた位置の調整方法の検討を行う。まず評価方法は、染谷、香川が用いた生体感情推定手法[10,11]を用いた。脈拍から取得した快不快と、脳波から取得する覚醒度を-100 から 100 の X 軸、Y 軸に対応させた二次元座標にプロットし、ロボットの行動を決定する。具体的には、快不快の値が 0~100 かつ覚醒度が-100~0 という「落ち着き」の感情がみられた場合は、ロボットは接近する。逆に、快不快が-100~0 かつ覚醒度が 0~100 の「怒り」のときロボットは後退し、それ以外の組み合わせの場合は停止とした。

5.3 予備実験

生体感情推定手法を用いた評価の検証を行った(実

験協力者は男性 1 名). 実験環境は同様に設定した. 実験協力者には, 5.3 節に示した生体感情推定手法を用いた評価によるロボットの位置調整を行い, 実験中の実験協力者の心拍と脳波を測定し, 算出された快不快と覚醒度, ロボットの位置を記録した. 実験手順は, 4.6 節の手順に加え, 30 秒間, 自律位置調整手法を用いて位置の調整を行う手順を追加した. また本手順を 3 回実施した(図 9).

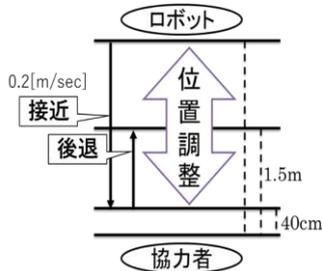


図 9 検証の手順

5.4 検証結果と考察

結果, ロボットは後退, 停止のみを行い, 接近しない結果となった. これは, 最初に取得した生体情報の覚醒度の上昇につられ第 1 象限, 第 2 象限の高覚醒度が出やすくなり, これらの象限の動作である後退動作となったことがわかった. また, 実験では, 後退し続ける, 停止し続けることが多かった. これは象限の移動を伴う感情の変化が少なかったことが要因と考えられる.

5.5 追加実験

覚醒度が高い状態が要因であるかを検証する目的により, 実験協力者を増やして追加実験を行った. 実験協力者は男性 8 ・ 名女性 2 名とし, Concierge ロボットを用いて 4.6 節の実験を行い, 実験中の実験協力者の心拍と脳波を測定し, 快不快と覚醒度を比較する.

5.6 結果

結果を表 2 にまとめた. 快不快は, 接近時が後退時に比べ, 快感情が高い実験協力者が 5 人, 後退時のほうが接近時に比べ, 快感情が高い協力者が 5 人と半数となった. これに対して覚醒度は, 接近時のほうが後退時に比べ, 覚醒度が高い実験協力者が 8 人, 後退時が接近時に比べ, 快感情が高い実験協力者が 2 人と接近時が後退時に比べ, 覚醒度が高い実験協力者が多い結果となった (表 2).

表 2 事前調査の結果

	快不快が高	覚醒度が高
接近	5	8
後退	5	2

結果より, 予備実験でもあったように覚醒度に比

べ, 快不快に個人差が現れる傾向がみられた. そのため, 快不快を用いてグループに分けることで, より適切な位置の調整が行えると考えられる.

6. 自律位置調整手法

6.1 提案概要

ここまで, 本研究で実施した実験や染谷らの実験では, 平松らの提案した快不快と覚醒度による生体感情推定手法[10,11]を用いて評価を行った. この感情推定手法ではロボット接近時の覚醒度の上昇により, 「緊張」, 「驚き」, 「興奮」といった覚醒度の高い感情が出やすい. 追実験により覚醒度は個人差が出にくい傾向がみられたことから, 位置調整に覚醒度を用いると, 個人適応が困難であるという問題が発生すると考えられる. そのため, 自律位置調整手法ではユーザの快不快に基づいて, 距離の調整を行うものとした. また, 覚醒度・快不快値の組合せにより判定する方法だと, 一つの値のみの変化では, 移動が起きづらかった. 位置の調整のためには快不快の値の変化による行動の決定を行うものとした. さらに, 快不快に個人差が現れる傾向が見受けられたことから, ロボット興味度に応じたグループ分けを行い, より適切な位置調整を行うものとした.

6.2 設計/実装

ユーザの興味度の応じた位置の調整を実現するために, 接近による位置の調整と後退による位置の調整の二種類の自律位置調整手法を設計する. 接近による位置調整手法では, ユーザの快不快が快方向に変化したときにロボットはユーザに接近し, それ以外の時にはその場に停止する. 後退による位置調整手法では, ユーザの快不快が不快方向に変化したときにロボットはユーザから後退し, それ以外の時にはその場に停止する. 図 10 にそれぞれの位置調整手法のフローチャートを示した.

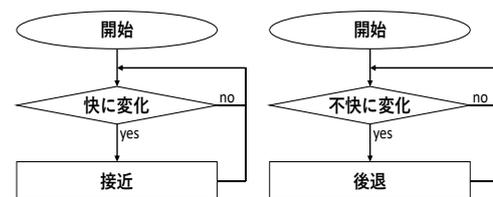


図 10 接近アルゴリズム(左)と後退アルゴリズム(右)

生体情報を用いた自律位置調整手法は図 11 に示すフローチャートに基づき, 実装を行う. 実装には ROS と C++を用いた.

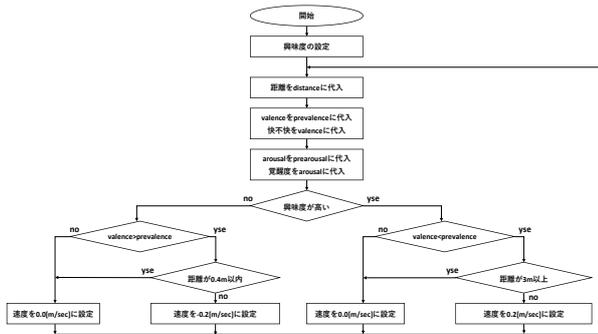


図 11 距離調整機能のフローチャート

6.3 実験

実験環境は予備調査と同一とし、Concierge ロボットを使用した。事前調査では男性 8 名、女性 2 名の計 10 名の実験協力者に実施し、接近時、後退時の快不快、覚醒度の比較を行った。

実験協力者は事前調査として、ロボットの接近、後退時の心拍を測定し、快不快を記録する。実験手順は図 12 のように、7 までの手順後、30 秒間、自律位置調整手法を用いて位置の調整を行い、最後停止する (図 12)。

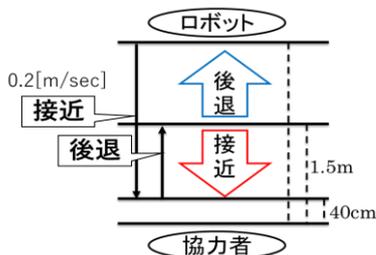


図 12 評価実験の手順

以上の手順で 2 種類の位置調整手法の評価を行った。グループ分けによる個人適応の評価を目的として、協力者をロボットへの興味が高いグループと興味が高いグループに興味度分類を行った。分類については、染谷らの手法を用いた[8]。協力者には事前調査として本アンケートに回答してもらった。

結果として取得したデータは、ロボット接近時と後退時の快不快を比較し、ロボット接近時のほうが快感の高い実験協力者をロボットへの興味度が高いグループに、ロボット後退時のほうが快感の高い実験協力者をロボットへの興味度が低いグループに分けた(興味度が高いグループ 5 名、興味度が低いグループ 5 名)。事前調査での測定記録を自律位置調整手法なしの結果とし、自律位置調整手法を用いた場合と比較を行った。

6.4 実験結果

図 13 に自律位置調整手法なしで接近したときと自律位置調整手法を用いて接近したときの快不快の平

均を表した。位置調整を行ったときロボットへの興味度が高いグループ、低いグループ共に快感が高くなり、ロボットへの興味度が高いグループでは有意傾向($p<.10$)が、低いグループでは有意差($p<.05$)が見られた。実験の結果から自律位置調整手法を用いたことで実験協力者の快感が上昇することが分かった。これは実験協力者の快不快を基にロボットの行動を決定していたため、実験協力者の不快感情が上昇したとき、ロボットが停止することで、実験協力者の不快感情の上昇を抑えることができたと考えられる。

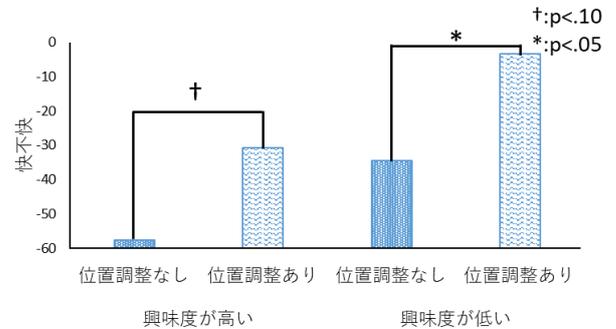


図 13 接近時の快不快

図 14 にロボットへの興味度が低いグループの自律位置調整手法あり・なしで接近したときと自律位置調整手法あり・なしで後退したときの覚醒度の平均を表した。接近、後退共に自律位置調整手法を用いたときのほうが覚醒度の平均が高くなり、有意差 ($p<.05$)が見られた。

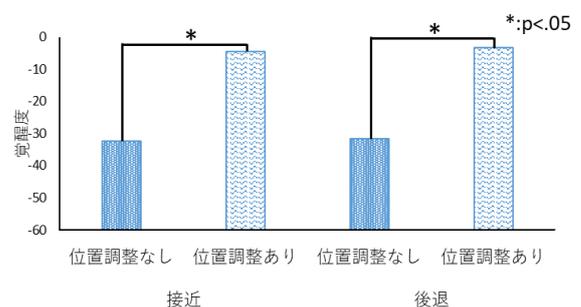


図 14 興味度が低いグループの覚醒度の平均

実験の結果から自律位置調整手法を用いたことで、ロボットへの興味度が低いグループの実験協力者の覚醒度が上昇することが分かった。これは香川らの研究[9]で指摘されている、ロボットの不規則な移動による覚醒度の上昇が原因であると考えられる。ロボットは実験協力者の快不快を基に不規則に停止、移動を繰り返すため、ロボットの動きを予測できない実験協力者の覚醒度が上昇したと考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、パーソナルな情報を基にユーザとコミュニケーションを行うパートナーロボットの問題であるコストの問題を解決するために、共用型ロボットを用いてパーソナルなコミュニケーションを実現することを提案した。共用型ロボットを用いてパーソナルなコミュニケーションを実現するために、擬人化エージェントを使用し、プラットフォームの設計、実装を行った。また、開発したプラットフォームを用いて、ロボットの筐体の差による印象の差異の評価実験を行った。評価実験の結果から、生体情報を基に移動ロボットが持つ特徴を調整することで印象の改善ができると考え、生体情報を基に移動ロボットの位置の特徴を変更する自律位置調整手法を提案した。評価に利用する生体情報とし、心拍を測定し、心拍から快不快を算出し、評価に利用した。提案した自律位置調整手法の評価実験を行った結果、ロボット接近時の快感情を高くすることができたが、覚醒度が高くなるという結果となった。

開発した自律位置調整手法では心拍の生体情報から算出された快不快のみを評価に利用し、ロボットの位置調整を行っていた。この自律位置調整手法を用いて位置の調整を行った結果、不規則な移動により、覚醒度が高くなった。覚醒度の上昇を抑える手段として、覚醒度も評価に利用すること、一定の移動で、適切な位置に移動する方法を検討することが考えられる。方法として、リアルタイムで取得したユーザの生体情報だけではなく、過去のコミュニケーションのデータを記録し、機械学習等で適切な位置を学習し、不規則な移動を減らすことで覚醒度の上昇を抑えるなどを検討する。

謝辞 ここに厚く感謝申し上げます。本研究は JSPS 科研費 JP18K11505 の助成を受け実現しました。また、Concierge ロボットは、芝浦工業大学松日楽研究室よりご提供いただきました。改めて感謝いたします。

参考文献

- [1] 2035 年に向けたロボット産業の将来市場予.NEDO.2010
- [2] トヨタ. パートナーロボット (Partner Robot Family). http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/partner_robot/(参照日 2019-01-17)
- [3] 内閣府. 平成 27 年版高齢社会白書 <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/gaiyou/index.html>(参照日 2019-01-17)
- [4] 山田誠二. “HAI 研究のオリジナティ”. 人工知能学会誌.2009,Vol.24,No.6,p.810-813
- [5] Komatsu, T. and Abe, Y. “Comparing an On-Screen Agent with a Robotic Agent in Non-Face-to-Face Interactions”. Proc. 8th Int. Conf. on Intelligent Virtual Agents (IVA08), pp.498-504 (2008)
- [6] 船越孝太郎. “Artificial Subtle Expression としての明滅光源による音声対話の円滑化”. 電子情報通信学会論文誌

- A,Vol.J92-A,No.11,pp.818-827
- [7] 大澤 博隆,大村 廉,今井 倫太. “直接擬人化手法を用いた機器からの情報提示の評価”. ヒューマンインターフェース学会論文誌,2008,Vol.10,No.3,pp.305-314.
- [8] Yiriko Someya, Yoshito Tobe, Reiji Yoshida, Nobuto Matsuhira, Midori Sugaya:Human-Robot Personal Space Evaluated with Biological Information Emotion Estimation Method. Intelligent Environments (Workshops) 2018, pp.157-167.
- [9] Riho Kagawa, Nobuto Matsuhira, Yuriko Someya, Reiji Yoshida, Midori Sugaya, Affect Evaluation of Biological Information Approached by a Nursing/care Robot, Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform (APRIS 2018). Oct30-Nov.2, 2018.
- [10] Midori Sugaya, Takuya Hiramatsu, Reiji Yoshida, Feng Chen, Preliminary Stage Reaction Analysis of Audience with Bio-Emotion Estimation Method. The 1st IEEE International Workshop on Emotion and Affective Computing Interfaces and Systems(EACIS2018) on the 42nd IEEE International Conference on Computers, Software & Applications, Staying Smarter in a Smartening World (COMPSAC 2018), July 23-27. pp.601-605.
- [11] Yuhei Ikeda, Ryota Horie, Midori Sugaya, Estimate Emotion with Biological Information for Robot Interaction, 21st International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES-2017), Marseille, France, 6-8, Sep, Procedia Computer Science, Vol.112, pp.1589-1600, 2017.
- [12] NeuroSky. [http://www.neurosky.jp/products\(ref2019-01-17\)](http://www.neurosky.jp/products(ref2019-01-17))
- [13] 早野 順一郎. “心拍のゆらぎ: そのメカニズムと意義”. 人工臓器,1996 年 25 巻 5 号 p. 870-880
- [14] ベイエリアおもてなしロボット研究会.コンシェルジュロボット
- [15] Yujin.Robot, Kobuki.
- [16] Edward T. Hall. The Hidden Dimension. Doubleday Publishing, 1996, 57-71p.