



分身ロボットカフェにおける複数ロボットアバターを用いた 並列接客の長期的実証実験

Parallel avatar long-term experiment using multiple robotic avatars in the avatar robot café

川口 碧¹⁾, Giulia Barbareschi¹⁾, 椎葉 嘉文²⁾, 加藤 寛聡²⁾, 脇坂 崇平¹⁾, 吉藤 健太郎²⁾, 南澤 孝太¹⁾
Midori KAWAGUCHI, Giulia BARBARESCHI, Yoshifumi SHIIBA, Fumihiro KATO, Sohei WAKISAKA,
Kentaro YOSHIFUJI and Kouta MINAMIZAWA

- 1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 (〒 223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1) , midori@kmd.keio.ac.jp
2) オリィ研究所 (〒 103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-8-3 日本橋ライフサイエンスビルディング 3)

概要: 難病や重度障害などにより外出困難な人々が分身ロボットを通してカフェサービスを提供する分身ロボットカフェ DAWN ver. β をフィールドとして、パイロットと呼ばれる操作者が、複数の分身ロボットを同時に操作可能な並列アバター環境を開発し、1ヶ月間におよぶ実証実験を行った。本稿では、実証実験の期間におけるパイロットらの内在的意識の変化や、普段の接客とは異なる複数の身体を活用したコミュニケーションの創発について報告する。

キーワード: サイバネティック・アバター 並列身体 当事者共創 分身ロボットカフェ OriHime

1. はじめに

自身のもう一つの身体としてのアバターロボットの先駆けとして、視点や触覚を共有することにより遠隔地における体験や自身の存在を示すことができるテレグジスタンス技術 [1] があげられる。現在ではアバターロボットというもうひとつの身体を用いて、重作業¹⁾など生身の身体では怪我や疲労などのリスクが伴う作業や、身体障害などにより身体や環境に制約のある人がアバターロボットを用いることで空間的制約や身体的制約を超えた就労²⁾に活かされている。

また、代替的な身体としてだけではなく、アバターならではの拡張された身体としての機能を実現するようなサイバネティック・アバター技術に関する研究が行われている。サイバネティック・アバターとは、もう一つの自身の身体として遠隔操作でき、自分の体と同じように感覚を共有できる「身代わり」としての存在であり、ロボットやバーチャルなど様々な形態のアバターを含む。人間にない機能を有することで、作業の効率化やこれまでの身体ではできなかった感覚の共有により技能等の熟達支援につながることで期待されている。Yamen ら [2] は視界を重畳することでアバターを通じて 2 つの世界を同時に知覚する可能であるとしている。また、1 人の操作者が複数のアバターロボットを並列に操作することで、同時に複数の身体を獲得することによる拡張体験の可能性 [3] や、負荷が変動するような接客タスクを 1 人が並列に対応できるようにすることで、就労の効率化につなげる [4] といった取り組みがなされている。こ

れらの既存研究では、複数の操作対象を負荷を少なく操作する工夫として、操作対象を適切に切り替えつつ AI によるアシストを加えている。また、複数人が 1 つのアバターロボットを強調し操作することで、動作主体感を維持したまま作業の効率化が図れること [5] や、創造性に広がりが生まれることがわかっている。

2. 分身ロボットカフェについて

「分身ロボットカフェ DAWN ver. β (以降分身ロボットカフェ)」とは、株式会社オリィ研究所が運営している、テクノロジーによって障害などにより外出が困難な人々の新しい社会参加の形の実現を目的としたカフェである。当店では、店内に設置している分身ロボット「OriHime」や「OriHime-D」(図 1) を従業員 (以降パイロット) が自宅から遠隔操作しカフェサービスを提供している。OriHime は卓上ロボットであり、カフェ入り口やテーブルに配置される。Orihime-D は、移動型ロボットであり、ドリンク等の配膳を行う機能も有している。背景として、筋萎縮性側索硬化症 (ALS)、脊髄性筋萎縮症 (SMA)、人工呼吸器使用者や車椅子利用者などの身体に障害を持つ人の就労受け入れが進んでないという課題がある。厚生労働省が発表した障害や病気を有する者などの現状と取組み³⁾によると、身体障害者の就職率は約 35.9% であり、社会参画の機会が少ないことがわかる。オリィ研究所では、アバターロボットを自分のもうひとつの身体とし

¹⁾人機一体, <https://www.jinki.jp/>

²⁾AVATAR GUILD, <https://avatarguild.com/>

³⁾厚生労働省 障害や病気を有する者などの現状と取組み, <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/18/dl/1-01.pdf>



図 1: 分身ロボット OriHime

て活用することで、身体障害当事者にとってこれまで身体的制約によりできなかった接客などの就労を可能にし、個人の活動の場の拡大につなげている。

分身ロボット OriHime は、PC やタブレット等でウェブブラウザやアプリを通じて操作することができる。頭部のカメラから周囲の人や環境の様子を観測でき、首の姿勢を変えることで視野角の調整が可能である。また、登録されたモーションと自由に動かせる両腕を使って会話に相槌を打つような使い方や数種類のジェスチャーをすることができる。現在オリィ研究所が運営する分身ロボットカフェは東京都日本橋に 1 店舗あり、約 70 名の従業員（ロボットを介して接客を行う従業員、以降パイロット）が在籍している。また当店に限らず、OriHime は他の飲食店や美術館、企業などでの活用も進められている。

3. 分身の分身おもてなし実験

3.1 実施概要

2022 年 6 月に著者らは、分身ロボットカフェを実証実験の場とし、1 人のパイロットが 4 体のロボットアバターを操作し接客を行う実証実験を実施した [6]。今回は、より長期的な運用を行い、パイロットへの影響を検証する。2023 年 5 月から 6 月にかけて分身ロボットカフェにて 5 週間にわたり Cybernetic Avatar Experiment と題した実証実験を実施した。実証実験はサイバネティック・アバター技術を用いることで、パイロットの内在的意識や接客手法に長期的にどのような影響をもたらすかを検証することを目的としている。実証実験には 3 種類の接客方法が試され、そのうちのひとつが 1 人の操作者がサイバネティック・アバターを操作可能な技術（以降並列 CA）を活用した「分身の分身おもてなし」として実施された。実施内容として、従来であれば 1 人 1 体のアバターロボットを操作し接客をしているところを、店頭の受付から始まり、店内のロボットアバターを乗り移りながら店内を紹介するツアーをしテーブルまで案内し、テーブルで接客をしながら別のロボットアバターでドリンクを運ぶ、というオペレーションを実施した（図 2）。店内には、テレバリスタと呼ばれるコーヒーをいれることのできるアバターロボットや、お酒を飲みながらパイロットとコミュニケーションを楽しめるバーカウンターがあり、これらをその近くにいる OriHime から紹介をしながら、店内を回る流れとなる。



図 2: オペレーションの流れ



図 3: OriHime の並列操作に特化した OriHime 操作 UI

3.2 システム設計

使用したロボットアバター操作操作は、通常のカフェ接客で使用しているものと別システムであり、並列に複数の OriHime の音声切り替えなどの操作がしやすいように改良されたものとなっている。前回の実験で使用した UI からさらに 5 回程度の練習会の経過において改良を重ねた。ボタンの大きさや配置、ページ上部に戻れるような機能ボタンの追加など微修正をおこなった。並列 CA 操作中の UI の画面キャプチャを図 3 に示す。画面配置等は身体特徴によっては左右を逆にするなど個人が操作しやすい環境の構築を個別に対応した。

3.3 参加者および取得データについて

実証実験そのものは、通常のカフェ運用の中に並行して入れ込む形で実施した。週 3 回実施日を設定し、1 日あたり 4 回の実施枠を設定した。参加パイロットは総勢 9 名で、SMA（脊髄性筋萎縮症）、車椅子使用者や慢性疲労症などの多様な上肢および下肢の障害を持つメンバーにより構成された。

取得したデータとして、パイロットに「分身の分身おもてなし」接客をしたあとにフィードバックを GoogleForm に入力してもらうほか、任意で顧客からアンケートを取得した。また、初期、中期、後期において実験参加者の接客の様子や動画記録およびパイロットの操作画面のキャプチャ動画を取得した。実験終了後には、各パイロットに約 60 分のインタビューを実施した。

4. 結果

期間中における実証実験の実施回数は 46 回（15 日）となった。実証実験実施後のインタビュー項目を表 1 に示す。

表 1: インタビュー内容

No.	質問項目
Q1	実験参加期間中「自分が思い通りにロボットを動かしていると感じるスコア」はどのように変化したか。(通常の OriHime 使用時におけるスコアを 100 とする)
Q2	実験参加期間中「接客を楽しんでいるスコア」はどのように変化したか。(通常の OriHime 使用時におけるスコアを 100 とする)
Q3	実験参加期間中「疲労・ストレスのスコア」はどのように変化したか。(通常の OriHime 使用時におけるスコアを 100 とする)
Q4	実験参加前後で、起きた変化や気付き
Q5	自分ならではの工夫をした点
Q6	苦労したこと、大変だったこと
Q7	並列 CA を使うことで得られるメリットや、能力はあるか。それは何か。
Q8	実験中の特に印象に残ったシーンは何か
Q9	改善点すべき部分はあるか、それはどこか
Q10	実験で使用した並列 CA 操作のシステムが通常のカフェ営業でも自由に使える状態になった場合、使うか。その際どのような使い方をしたいか。

Q1 から Q3 について、実験参加当初、実験期間中、実験最後のオペレーションにおけるスコアについてパイロットから得た回答結果を図 4 に示す。なお、A~I は 9 名の参加パイロットのナンバリングである。

Q1 「自分の思い通りにアバターロボットを操作できたかどうか (操作主体感)」については、実施回数を経るにつれ操作性になれることでスコアが上がる傾向にあった。スコアが従来の 1 体みの接客のスコアに届かなかった理由については、複数の OriHime の操作画面が並ぶことで 1 体当たりの視野画面の大きさが通常に比べて小さいことや、ジェスチャーの数の少なさ (従来の画面は 10 個ほどジェスチャーがあるが、今回は画面の大きさに制限があったため、パイロットに使用頻度の高いジェスチャーを聞き 4 つに絞っていた)、2 体を同時操作するとき注意を分散させなければならない点が指摘された。一方で、UI の操作性が従来の接客で使用しているものと同等となったり、追加で経験を積んで慣れてくれば、スコアは通常接客と同等に低くなる可能性があるという意見があった。

Q2 「接客自体をどの程度楽しめたか」については、「最初は慣れず、スクリプト通りに操作するのに意識を使っており、楽しめる余裕がなかったが、慣れとともに余裕が出てきた」という声が多く聞かれた。グラフのうち接客の楽しさが経過とともに下がっている箇所は、要因として海外のお客さんが来店し不慣れな英語での対応となったことや、

ネットワーク接続等のトラブルにより進行がスムーズに進まなかったことによるものである。

Q3 「疲労、ストレス」については、時間経過とともに並列操作に慣れ、操作に対して感じられる負荷が徐々に少なくなることがわかった。1 体の OriHime を操作している状況と比較すると操作対象が 4 台増えた状態であるため、通常よりも負荷が高くなるのは想定内である。今回参加したパイロットのうち少なくとも 4 名は、実験用に開発した並列 CA 操作 UI がある以前から、従来の Web 上の画面を 2 つ並べて複数の OriHime にログインし遊んだり、周囲を確認するのに使用していた経験があり、その操作性を考えると、今回並列操作に特化した UI になっており、操作の手間が少なく非常に使いやすいという声があり、負荷をそこまで感じなかったと答えたパイロットもいた。

Q4 に関して、特に印象的だったフィードバックを以下に示す。

- 実験終了後に通常の 1 体の OriHime による接客が物足りなくなり、自ら既存のシステムを用いて複数のアバターを操作していた。また、複数のアバターの視点から俯瞰的にカフェの状況を判断する癖がつき、実験終了後には以前よりカフェや周りの状況を気にしながら接客するようになった
- 並列やるまでは一人一体派だった。ただ (現在通常業務に) 戻ってみてオペレーションが滞っていると自分でやりたくなる

Q5 について得られた回答の一部を以下に示す。

- 配置が変わり、遷移するアバター間の距離が隣になってしまったので、それら 2 体を使って自分による漫才のようなものをしていった。
- 卓上の OriHime と配膳の OriHime では大きさの違いがあるが、同じ自分だけど、大きなほうがお姉さん、という印象があったので、卓上の OriHime が配膳の OriHime に対して敬語を使うなど、立場の違いを演出していた。

Q7 については、テーブルだけではわからない、温度感も得ることができて、お客さんに合わせた接客がしやすかったというフィードバックが得られた。

Q9 について、複数のパイロットから、注力していない OriHime の機体に話しかけてくる人に対して瞬時に気づかずに対応しきれなかったことがあり、注力していない OriHime に対して、外部から声かけ等があった場合、知らせてくれる仕組みが欲しいとの声があった。

Q10 について、全てのパイロットから使いたいと回答があり、その用途としては顧客に最初から最後まで付き添うコンシェルジュのような接客への応用があげられた。また、忙しいときに 1 人 2 役でカフェのシストに入ったり、俯瞰的な視点により必要な部分へのサポートを行うような、効率的な就労への利用に使用したいとしていた。

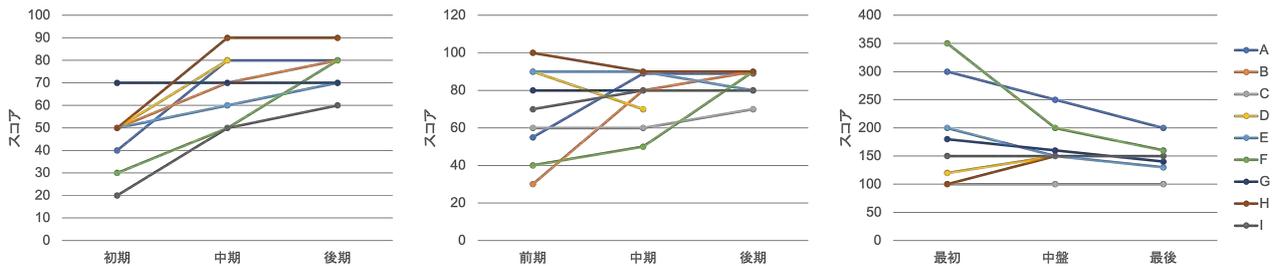


図 4: 実験期間中における (左) 自分の思い通りにアバターロボットを操作できたか (中央) 接客自体をどの程度楽しめたか (右) 疲労、ストレス、のスコアの推移

5. 考察

以前の複数アバター分身実験と大きくことなる点として、今回は5週間という期間にかけて、通常の接客運用と並行して並列 CA を活用した接客コンテンツ「分身の分身のおもてなし」を展開し、かつカフェに来ることが目的である通常の顧客を対象とした点にある。実際の運用環境におけるオペレーションの課題やネットワーク環境、UI 設計の課題はあるが、総じてパイロットらは並列 CA システムに従来の接客手法にはない拡張性を見出していた。今回参加したパイロットのうち数名は、実験後に1人1体を操作する従来の接客手法に戻ったことに物足りなさを口にしており、実験が終わったあとも従来のシステムを複数並べることによる疑似的な並列 CA システムを活用していた。このことから、日常的に複数の CA を並列に操作するオペレーションに慣れることで、最初は負荷が高くても拡張した身体操作能力を会得できる可能性があると言える。

6. まとめ

本研究では、普段は1人1体の分身ロボット OriHime を使いカフェ接客をしているパイロットが、5台のアバターロボット (OriHime) を使い、複数のロボットアバターを遷移しながらの店内ツアーや卓上接客とドリンク配膳の同時操作など複数のロボットアバターを並列で操作し接客を行う実証実験を5週間にかけて行った。その結果、最初は自分の思い通りに操作ができなかったが慣れとともに徐々に操作性に対するスコアが上がり、疲労やストレスが下がることが確認できた。また、実施回数の経過とともに、パイロットが並列に複数のロボットアバターを操作する上で、自身のアバターが同時に複数あることを活かした接客方法を展開するなどの工夫が見られた。以上の結果から、並列 CA を用いた就労において、長期的な運用によりパイロットが操作に慣れ、日常的な活用や新たなコミュニケーションの創発につながることを確認できた。

謝辞 本研究は JST ムーンショット型研究開発事業「身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発」(Grant number JPMJMS2013) の一環として実施された。快く本実験に参加頂いたパイロットの皆さんおよびカフェスタッフの皆さんに深く感謝する。

参考文献

- [1] Susumu Tachi, Hirohiko Arai, and Teruta Maeda. Development of an anthropomorphic tele-existence slave robot. *Proceedings of the International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM)*, 01 1989.
- [2] MHD Yamen Saraiji et al. Layered telepresence: Simultaneous multi presence experience using eye gaze based perceptual awareness blending. In *ACM SIGGRAPH 2016 Posters*.
- [3] Takada et al. Parallel ping-pong: Demonstrating parallel interaction through multiple bodies by a single user. In *SIGGRAPH Asia 2021 Emerging Technologies*.
- [4] Dylan F Glas et al. Teleoperation of multiple social robots. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 42(3):530–544, 2012.
- [5] 萩原 隆義 et al. ロボットアバターを通じた身体融合に基づく身体的協調. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 27(4):435–446, 2022.
- [6] Giulia Barbareschi et al. “i am both here and there” parallel control of multiple robotic avatars by disabled workers in a café. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.