

機能説明エージェントの実世界拡張トリガによる 機能説明改善

大澤 博隆¹ 栢野 航² 遠藤 航³ 三浦 友博³
丹波 正登³ 守谷 友里³ 結城 明³ 長野 正³

受付日 2015年6月30日, 採録日 2016年1月12日

概要: 技術の発達によって機器の機能が增加している。増加した機能をユーザに分かりやすく伝える手法として、擬人化エージェントを用いた機能説明が提案されてきた。本研究では擬人化エージェントを実世界に拡張させる演出を用いて、複合機 (Multi-Function Printer, MFP) の操作説明を行い、人間のインタラクションがどのように変化するか検証した。検証結果として、スクリーン上のエージェントの説明を実世界に拡張することにより、その後のユーザの操作時間が有意に短くなることを確認した。また、ユーザの発話量が有意に増加すること、説明後に学習への興味が向上することが評価結果から示唆された。

キーワード: 擬人化, ヒューマンエージェントインタラクション, ヒューマンインタフェース, 複合現実

Extending Instruction of Agent in Real-world Triggering

HIROTAKA OSAWA¹ WATARU KAYANO² WATARU ENDO³ TOMOHIRO MIURA³
MASATO TAMBA³ YURI MORITANI³ AKIRA YUKI³ TADASHI NAGANO³

Received: June 30, 2015, Accepted: January 12, 2016

Abstract: Technological advancements have enabled both home and office appliances to have more functions, and these increasing features makes the appliance more difficult to learn. Explanation from an anthropomorphic agent have been proposed for explaining such complex features. We propose to extend an agent that instructs users about the features of MFPs by extending representations with real-world actuators. The agent hides its real eyes and arms in onscreen mode, and extends them in real-world mode. We created the movable devices and evaluated how this transitional expression supports users' understanding of how to manipulate the MFP and enhances users' motivation to use it. The result suggests that transitional explainer decreased manipulation time of users compared with non-transitional condition. We also surveyed increasing users' verbal behaviors and increased impressions scores that suggest user increased interest for repairing MFP.

Keywords: anthropomorphization, human-agent interaction, human interface, mixed-reality

1. はじめに

技術の発達にともない、様々な機器の機能を備えた複合

機器が家電機器にも事務機器にも登場してきている。機器の操作をユーザへ分かりやすく伝える手段として、CGアニメーションを用いた仮想空間上でのエージェントやロボットを用いた実世界空間上でのエージェントを用いるヒューマンエージェントインタラクション (HAI) の研究が行われている [1], [2], [3]。HAIは目や手など擬人化された特徴を持つエージェントが指示を行うことで、ユーザの視線を誘導し、ユーザに感情移入を促しながら説明することができる手法であり、機能説明に対し有効であるとされている [4]。また、特に実世界空間上で物の指示を行う場

¹ 筑波大学システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

² 筑波大学工学システム学類
College of Engineering Systems, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

³ 京セラドキュメントソリューションズ株式会社
KYOCERA Document Solutions Inc., Osaka 540-8585, Japan



図 1 スクリーンエージェントの実空間拡張演出

Fig. 1 Extended screen agent with real-trigger.

合、実世界上のエージェントが指示する方が CG のエージェントを用いるよりも有効であるという結果が報告されている [3].

本研究では、スクリーン上のエージェントの説明に対し、エージェントの身体部位を部分的に出現させる可動トリガを付け加えることで、そのエージェントが実空間と仮想空間を移動するかのよう演出をユーザに対して行い、機器の操作・メンテナンス法に対する学習の補助を試みる。エージェントがスクリーン上に表示されている場合は、パネル背面に可動パーツが収納されている。また、実世界空間でのエージェントは、スクリーン上のエージェントがスクリーンから飛び出す演出とともに可動パーツが出現する (図 1)。上記演出を使用することで、仮想世界上のエージェント説明に対し、実世界上のエージェントが行う説明の利点を重畳した機能説明手法を提案する。

本研究では特に、説明対象となる機器として複合プリンタ (Multi-Function Printer, MFP) を対象とする。MFP はコピー機、プリンタ、スキャナ、FAX が共通で使用する部品を搭載し、これらの機能を統合した事務機器である。コピーに関連する項目に限定しても、約 250 程度の設定可能な項目があり、操作の学習を難しくしている。また、用紙切れやトナー交換、用紙詰まりが発生すると復旧のために本体カバー内の操作を行うことになる。複雑で分かりにくい操作を補うために、MFP メーカー各社は取扱説明書やクイックスタートガイドなどを提供する、パネル上で操作方法を教示する、などの工夫を行ってきた。しかし MFP のメンテナンスでは画面上だけでなく、機器の部位を確認しながらの操作が必要となるため、画面上のユーザインタフェースの改良だけでは対応する場所の理解が難しい。また MFP はオフィスユーザだけでなくコンビニエンスストアなどで店員や一般のユーザなどにも使われている。慣れないユーザに対応するため、注意書きのシールを貼るなどの対症療法的な対策がなされていることも多い。このため、機器の説明を分かりやすくユーザに伝える手法への需要が存在する。

本論文の構成は以下のとおりである。2 章では、本研究が対象とする HAI 手法の利点について説明する。また、仮想世界の実世界拡張を試みた関連研究とその知見について述べる。3 章では、本研究が対象とする MFP の性質につ

て詳細を述べ、MFP の機能説明に要求される課題をまとめる。4 章では、本研究で提案する実世界拡張手法について述べる。5 章では、実装した可動パーツが 3 章で述べた MFP の機能説明に要求される項目をどこまで達成するか、被験者実験をもとに評価した結果について述べる。6 章で実験の結果について述べ、7 章で個々の作業時間などの分析を行い、考察する。8 章では本研究の貢献範囲について述べ、9 章で結論について述べる。

2. 背景：HAI 研究と実世界拡張

2.1 HAI とは何か

ヒューマンエージェントインタラクションと呼ばれる擬人化エージェントを用いた情報提示手法は、ユーザに対し社会的なチャネルを用いて働きかける手法である。HAI は機器のインタフェースとして他者をユーザに認知させ、ユーザに心理的な影響を与えて問題解決を図る手法であり、エンタテインメントや情報提示・宣伝の領域 [5], [6], [7], [8] から、自閉症や認知症や医療の領域まで広く用いられている。

HAI 手法は、その技術的な実装に従って、スクリーン上のエージェントを使ったものと、ロボットなどの実世界エージェントを使ったものの 2 種類に分かれる。オンスクリーンのエージェントは身体形状や動作の変更が自由自在であり、ユーザに合わせた形状や振舞いの変化が可能である。適切な性別・年齢・動作をエージェントに与えることは、ユーザの信頼を獲得するために有効である [1], [11].

スクリーン上のエージェントと比較し、実世界のエージェントは、ユーザと指示対象を共有できる、という利点を持つ [12]. Shinozawa らは、実世界空間ではロボット、仮想空間では CG で実現された同じキャラクタ表現を持つエージェントを作成し、3 次元空間と 2 次元空間それぞれの空間における 2 つのエージェントの効果を比較した [3]. 3 次元空間における物体の指示は 2 次元エージェントより 3 次元エージェントが有効であり、2 次元空間での指示は、2 次元エージェントを用いるほうが有効であることを明らかにしている。本研究では、機器の機能を説明する際にコンテンツの次元に合わせて、エージェントの次元の移動が可能であるため、より良いインタラクションを生むと考えられる。実世界上のエージェントはユーザと空間を共有した作業における理解や、指示対象に対する注意・理解を促進することが知られている [3], [13]. また、身体化の影響は、単に認知的な理解のしやすさを手助けするだけでなく、親近性や信頼性といったシステムの評価に影響することが知られている [14], [15]. Kidd らは、ロボットエージェントとオンスクリーンエージェントを比較し、実際のロボットを用いた指示で信頼性や確実性といった項目が上昇することを確認している [16].

さらに、機器の擬人化を利用した説明手法の利点が大澤

らによって評価されている。家電製品を擬人化した説明により、ユーザの記憶量や、学習動機を向上させることができることが示されている [14], [17].

2.2 HAIの実世界への拡張例：Blended Reality手法との統合

また、近年では仮想世界上のエージェント説明を拡張する手法として、Blended Reality という手法が提案されている。Huynhらは、「Blended Realityとは、実世界空間と仮想空間が1つの空間となり、ユーザと実世界物体が仮想物体と直接物理自然法則をともなったインタラクションを行える手法である」と述べている [18]. たとえば、Robertらは、スクリーンの穴を使ってロボットとバーチャルエージェントがシームレスに移動するように見せ、子供の教育を手助けするシステムを作成した [19]. 子供たちにとっては後者の方がエージェントに深く没頭できることが確認されている。Kanaiらは、デジタルサイネージに可動式の目や手を取り付け、実世界と仮想世界を行き来するように見せることで、商品宣伝の場でユーザの身体行動を誘発させ、ユーザの視線を動かすことに成功している [20].

本研究では、HAI手法を、このような実世界拡張技術を用いて改善する。本研究で目標とするような機器の機能・メンテナンス説明では、実世界上の部品の位置関係を覚える必要があり、実世界拡張が有効と考えられる。特に、本研究で扱う機器である複合機に存在する問題点について、次章で述べる。

3. MFPにおける課題

3.1 MFPとは何か

複雑な操作を要求されるオフィスプリンタのデザインは、HCI分野における挑戦課題の1つである。Suchmanはオフィス機器であるコピー機を認知科学の観点から分析してきた [21]. MFPはかつてのオフィスのコピー機が複雑化したものであり、コピー、プリンタ、スキャナ、FAXの4機能を統合した事務機器である。

図2に代表的なMFPの全体像を示す。MFPは、原稿を読み取る装置によってコピー機能を実現する。また、ネッ



図2 代表的なMFPの図
Fig. 2 Example of MFP.

トワーク経由で印刷データを受け取り、加工し、指示された機能と設定を適用して処理を行う。コピー、プリンタ、スキャナ、FAXの4つの機能はイメージ処理などのように共通化を可能にしている部品と単機能的な処理を行う部分とで構成される。

MFPでは、ユーザが物理的に操作しなければならない部位が多数増加している。頻繁に操作される部分としては、操作パネル、原稿読み取り装置、ペーパーフィーダ（用紙給紙装置）、排紙トレイがある。まれに操作を要求される箇所として、トナー交換時に扱う前面カバーとトナーボトル、はがきや封筒などへ印字するとき用いる手差しトレイ、ペーパージャムが生じた際に開けられる用紙搬送路部、廃トナーボックスなどがある。また、近年のMFPはネットワーク越しにデータを受け取ったり、USBなどのストレージからデータを受け取ったりすることも可能である。

こうしたMFPの操作手法として、近年ではカラータッチパネルが用いられ始めている。カラータッチパネルの搭載はiPhone・Androidをはじめとするスマートフォンにおいて、多くのユーザに受け入れられ、先進国・発展途上国を問わず普及しているトレンドに追従したものである。それにともない、グラフィカルな表現を実現できるハードウェアを備える機種が増えており、動画再生などのリッチなユーザインタフェースを実現する環境が整いつつある。また、ハードウェアキーボードに対する要求もあり、MFPはタッチパネルの周囲に物理的なボタンを併用している。

3.2 MFP操作習得における課題の分類

本研究を進めるにあたり、我々は最初に、既存のMFPのインタフェースが現場でどのように使われているか、使用状況の調査を行い、その結果をもとに議論を行って問題点をまとめた。現在のMFPはオフィス環境だけでなく、一般の人々が使用するコンビニエンスストアにも設置されている。このような環境下では、図3のように、特にMFPに慣れていないユーザに対して、MFPのインタフェースが説明できていない不足を補うために、多くの指示提示が必要とされていた。

我々はMFPの実際の使用状況についてユーザに確認した。その結果発見した問題の要点について、以下3点のとおり分類する。

- 操作の分かりにくさ、煩雑さ：一般的な家庭用の印刷機やFAXに比べ、MFPの操作・メンテナンスに要求される部位や各部材は大きく、機器の複数箇所にもまたがる。そのため、問題が生じたときに一連の操作を理解するのに時間がかかる。またMFPは複数の機能を持つため、紙やトナーの交換を含めて、学習しなければならない項目が多いというイメージがあることも分かった。
- 失敗に対する抵抗感：失敗したときのトナー汚れのり



図 3 調査例：コンビニエンスストアにおける MFP の使用例。四角で囲まれた領域は、後から設置された操作方法の説明

Fig. 3 Use-case of convenience store MFP. Marked rectangles show additional explanations for users. Some explanations are attached by sellers, while some are attached by store staff.

スクから、MFP のカバーを開け、トナーボックスを交換する作業に抵抗感を示すユーザも多かった。このため、機器をなるべく使用したくない、という意識がユーザに働くことが分かった。

- 他人への伝達の抵抗感：仮に、各ユーザがメンテナンス手法を習得できたとしても、他者に伝える際に上記のような手順の面倒さが再現される可能性があるため、ユーザはメンテナンス法を他の人に伝えようとしないことが分かった。このため、ユーザ同士での情報交換が行われず、メーカーのカスタマーセンタへ問合せが行われている、という状況があることが分かった。

以上の 3 点のうち、操作の分かりにくさや煩雑性といった最初の項目が主要因となって、ユーザの操作に対する抵抗感や他人への伝達の抵抗感を生んでいることが想定される。

4. 可動パーツを用いた実世界拡張型説明

前章でまとめた機器の部位に対する操作・メンテナンスを解決する手法として、機能説明のためにスクリーンと実世界を行き来するような演出を行い、ユーザに機能説明を行うエージェントを登場させ、スクリーン上の説明が実世界とつながっているように演出する。本手法によって 2 章で説明した HAI 手法のうち、ユーザの視線を誘導し、ユーザに感情移入を促しながら説明する手法を利用し、かつ実世界への拡張の効果を追加することで、3.2 節でまとめた問題の解決を図る。

4.1 可動パーツの構成

評価対象となる代表的な MFP として、ハイエンド A3

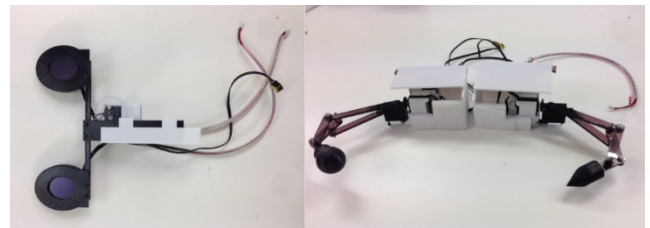


図 4 可動目パーツ (左) と腕パーツ (右)
Fig. 4 Morphing eye and arm parts.

カラー MFP に分類される TASK Alfa 7551ci を使用した。この MFP は筐体から離れた位置に大型のカラータッチパネル (10.1 インチ、解像度 800 × 480) を備えている。また、タッチパネルの下部にハードウェアキーボードが配置されており、近年の複雑な機能を持つ MFP として代表的なものといえる。

本研究では、このタッチパネルの背後に可動パーツを付与し、スクリーン上の説明を拡張する (図 1)。可動パーツは、ユーザにエージェントが実世界とつながっている印象を与えるためのトリガである。したがって、通常のロボットに比べ最小限の動作を行うように設計されている。目、手いずれのデバイスも、軽量であり普通のロボットエージェントと比べ、実装コストのかからない設計となっている。

設計した目を図 4 左に示す。外装は 3D プリントで造形しており素材はポリカーボネート樹脂である。このデバイスは、薄型に設計されているため機器の背面に省スペースで設置することができる。OLED の周りを楕円形の枠で覆うことによって四角い OLED の四隅が隠れ、生物性のある目の形状に近づけた。また、指示を行うための液晶として有機 OLED 液晶 (表示部 33.6 mm × 27 mm、表示ピクセル 160 × 128) を用いて、広範囲の角度からの視認性と、3m 以上離れた位置からの視線が検知できるように設計を行った。

設計した腕を図 4 右に示す。外装は目と同様に 3D プリントで造形しており、素材はポリカーボネート樹脂である。小さなモータでも動かせるように軽量化されている。腕はリンク構造を用いており、曲げたときと伸ばしたときに長さを変えることができる。これにより、パネルの背面に腕を収納し、可動時に腕を出現させることが可能となる。

5. 実世界拡張による MFP 機能説明の評価

3 章で述べた対象である MFP に対して、本手法による機能説明がどの程度の効果を実現できるのか、また機能習得への興味が達成されるかを評価した。説明するシナリオとして、3.2 節での調査のとおり、事前聞き取りにおいて最も分かりにくく、また学習・伝達への抵抗感が高いトナー交換を選択した。

5.1 実験設定：トナー交換の説明

トナー交換の説明では、トナーが切れた場合の擬人化エージェントとユーザとのインタラクションに関連した動作シナリオである。通常、トナー切れの場合、次のユーザがMFPを利用しようとした際にトナー切れに気づくケースが多い。本シナリオは、トナーが切れたことを周囲にアピールするところからユーザとのインタラクションを開始する。

5.2 実験手順

評価のため、実験条件となる実世界拡張条件 (real-trigger) と対照条件となるスクリーンエージェント条件 (on-screen) の2種類の条件を用意した。被験者は実験者に呼ばれ、実験室に入る。実験では、まず実験説明者より、新しいMFPのユーザインタフェースを評価する、という実験の趣旨が説明される。MFPは被験者が右手を上げたときにスイッチが入り、ヘルプボタンを押した時点でエージェントが説明を開始する。

実世界拡張条件では、トナー交換のはじめにエージェントが実世界に現れるような演出が行われ、そののち、ユーザがヘルプボタンを押した時点で、画面内に入り込むような演出が行われる (図5および図6(a))。そして、エージェントはスクリーン内でMFPの前に移動する演出を行う (図6(b))。その後、エージェントはユーザとスクリーン内のMFPに交互に視線を動かしつつ (図6(c)および図6(d))、トナー交換方法を動画と音声で説明する。説明終了後に、エージェントは移動し、実世界に現れるような演出を行う (図6(e)および図6(f))。一方、スクリーンエージェント条件では、エージェントはスクリーン内に出現し、ヘルプボタンを押した際に、エージェントがそのままスクリーン内で説明を行う。エージェントは説明終了後にそのまま消滅する。動画・音声は60秒間再生され、実験条件と対照条件は、動画の最初と最後の実世界-仮想世界間の推移を除いて、すべて実世界拡張条件と同一である。また、実世界拡張条件、スクリーンエージェント条件のいずれでも、ロボットパーツ自体はパネルの背後に接続されている。

エージェントの説明が終わった後、被験者はトナー交換を自分の手で試みるよう、実験説明者から要請される。その際、ユーザは自分の操作手順を声で説明しながら行うよう、実験説明者は要求を行った。トナー交換が終了した後、各被験者に対してアンケート調査を行った。

5.3 被験者

20人の被験者が実験に参加した。被験者として、実世界に飛び出すエージェントから説明を受ける実世界拡張条件のユーザ10人 (女性4人, 男性6人, 20代から50代), スクリーン上のバーチャルエージェントのみから説明を受



図5 実世界拡張条件でのエージェント推移の様子
Fig. 5 Agent morphing effect in real-trigger condition.

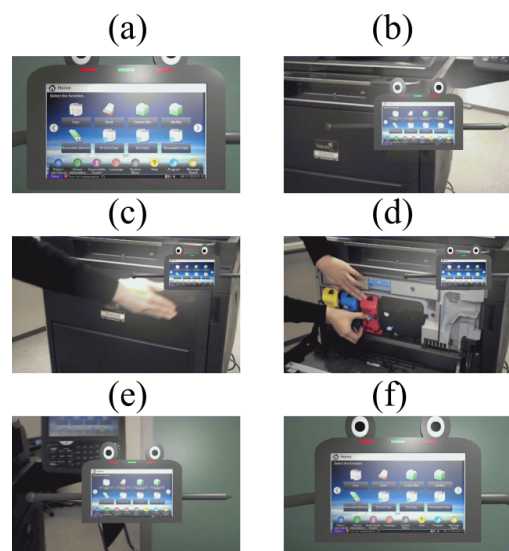


図6 スクリーン内の動画の様子。(a)–(f) 実世界拡張条件；
(b)–(e) スクリーンエージェント条件
Fig. 6 Explanation process. (a)–(f) Transitional condition;
(b)–(e) non-transitional condition.

けるスクリーンエージェント条件の被験者として、10人（女性4人、男性6人、20代から50代）を割り当てた。各被験者は業務でMFPを使用したことがあるが、操作に習熟していない被験者を選んで集めた。

5.4 評価：身体行動および印象評価

本研究では、実世界拡張条件、スクリーンエージェント条件の両方で、ユーザの行動がどのように変化したか、ユーザの身体行動と、ユーザのアンケートによる心理評価の両方を用いて評価した。

ユーザの振舞いの変化として、トナー交換の作業時間および、ユーザの身体行動（動作・発話）に変化があるかを調べた。もしユーザが学習に対し意欲を示していれば、実験に積極的に参加することが想定されるため、より活発に行動すること（素早い作業、多い発話）が期待できると考えられる [22], [23]。

心理評価として、ユーザへのアンケートを用いた。以下の項目について、6段階のLikert scaleに従って、ユーザの印象を評価した（bad 0-2, good 3-5）。

- Q1. トナー交換はスムーズに行えましたか？
- Q2. トナー交換方法の説明は分かりやすかったですか？
- Q3. 今回の説明を見て、トナー交換方法を他人に教えられる自信がありますか？
- Q4. このMFP（複合機）に対する興味は持てましたか？
- Q5. このMFPにトラブルが起こった際に、直したいと思えますか？

Q1, Q2, Q3はトナー交換説明の印象評価であり、Q4, Q5はMFP自体への印象評価になる。Q1は自分自身が行ったトナー交換への評価、Q2はトナー交換説明への評価である。Q3は説明されたトナー交換手法を他人へ伝える自信が得られたかどうかを評価している。また、Q4はMFP全体への興味、Q5はMFPのトラブル対処への意欲を評価する。Q4, Q5は関連研究で行われている擬人化エージェントの効果を得られているか、評価したものである [14]。

5.5 仮説

本研究で提案するエージェントの実世界拡張により、説明が分かりやすくなること、身体を持ったエージェントによって得られるような親近性、操作への意欲の向上といった効果がより強まることを想定する。仮説として、実世界拡張条件で、説明後の被験者の操作時間の減少や発話行動、身体行動の増加など、被験者の振舞いの増加が行動の変化として期待できる。また、Q1からQ5までの印象評価項目の数値の増加も期待できる。

6. 実験結果

図7に評価結果を示す。ユーザの操作時間は実世界拡張

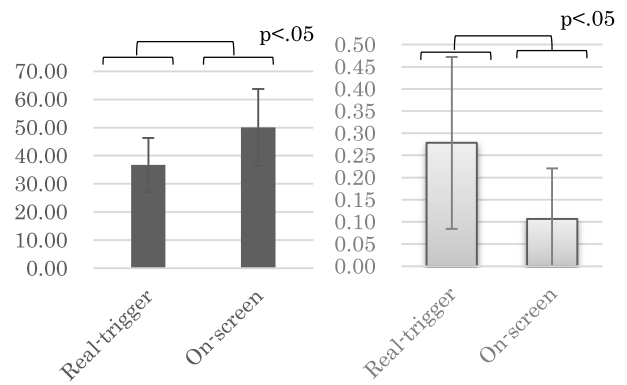


図7 ユーザの振舞い変化（左：トナー交換にかかった時間、右：トナー交換中の発話割合）

Fig. 7 Behavioral change (Left: Exchange time for toner, Right: Speech rate during exchange of toner).

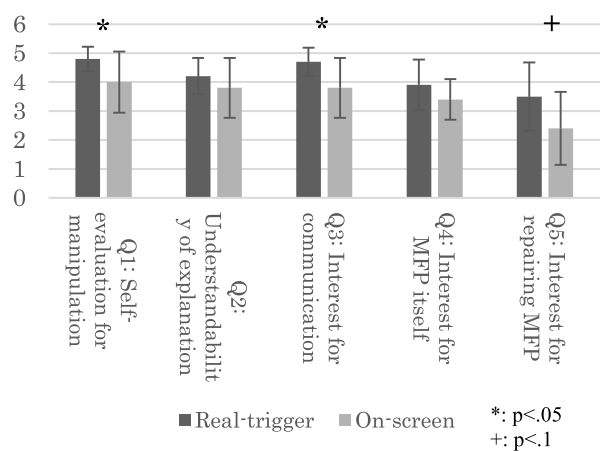


図8 トナー交換とMFPに対する印象評価

Fig. 8 Result of impression for manipulation and MFP.

条件で平均36.7秒（SD 9.6秒）、スクリーンエージェント条件で平均50.1秒（SD 13.7秒）となり、t検定の結果操作時間に有意な差が見られた（効果量.53で効果大）。また、トナー発話中の行動を計測したところ、トナー交換時の身体動作には変化が見られなかった。しかし、トナー交換時の発話時間の割合は実世界拡張条件で平均28%（SD 19%）、スクリーンエージェント条件で平均11%（SD 11%）となり、t検定の結果、有意な差が見られた（効果量.53で効果大）。

また、印象評価の結果を図8に示す。各質問項目の評価結果に対しt検定を行ったところ、Q1（トナー交換の自己評価）、Q3（他人への伝達意欲）で有意な差（ $p < .05$ ）、Q5（トラブル対処への意欲）で有意傾向（ $p < .1$ ）が見られた。Q1の結果は実世界拡張条件で平均4.8（SD 0.4）、スクリーンエージェント条件で平均4.0（SD 1.0）である。Q3の結果は実世界拡張条件で平均4.7（SD 0.5）、スクリーンエージェント条件で平均3.8（SD 1.0）である。Q5の結果は実世界拡張条件で平均3.5（SD 1.2）、スクリーンエージェント条件で平均2.4（SD 1.3）である。

7. 考察

実験条件と対照条件における操作時間の有意差は、実世界拡張が操作時間の減少を生む、という我々の仮説が支持されたことを示唆する。我々は、操作時間のどこに差が出たのか、各操作段階それぞれの時間を調べた。図9、図10にそれぞれの結果を示す。対照条件において、新しいトナーの準備 (step3-4) とトナーの設置 (step4-5) に時間がかかっている。このうち、トナーの設置は3人のユーザが1度で成功していなかった。トナー設置の平均作業時間は実世界拡張条件で2.7秒 (SD 0.9秒)、スクリーンエージェント条件で9.4秒 (SD 12.4秒) となり、t検定の結果、有意差は見られない。よって、3人のユーザの失敗が影響したと考えられる。一方で、トナーの準備では実世界拡張条件で11.2秒 (SD 3.8秒)、スクリーンエージェント条件で15.8秒 (SD 3.1秒) となり、検定の結果両条件に

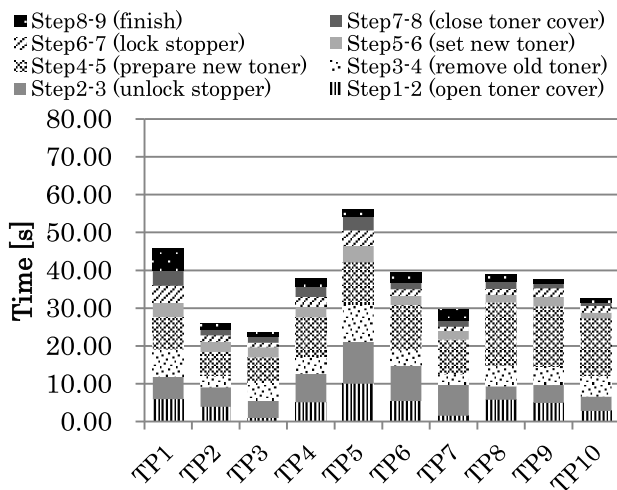


図9 実世界拡張条件におけるトナー交換作業の時間

Fig. 9 Maintenance time after the real-trigger condition explanation.

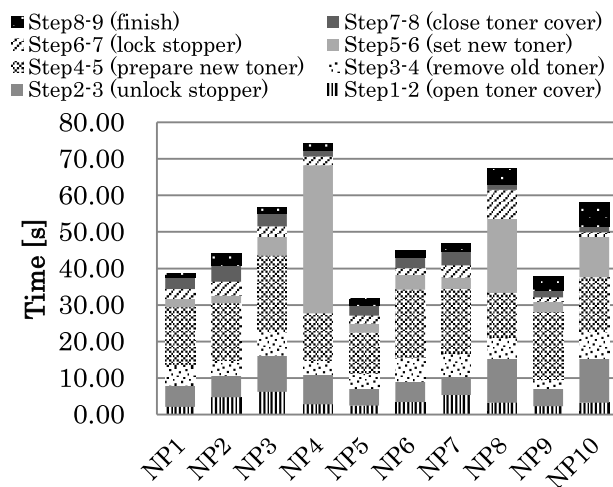


図10 スクリーンエージェント条件におけるトナー交換作業の時間

Fig. 10 Maintenance time after the on-screen condition explanation.

有意な差 ($p < .05$) が見られる。トナー準備の際には身体動作が求められるため、身体動作の速さが操作時間に影響するが、スクリーンエージェント条件は実世界拡張条件より、被験者の行動時間が長く、これが有意な差を生んだと考えられる。ロボットのような実世界エージェントが行動を誘発する、という効果が間接的に示された。

また、操作失敗が発話量を増やしたことも考えられるため、トラブルが発生した3人の被験者で発話量が増えたかどうかを検証したが、相関は発見できなかった。トラブル原因を述べる被験者もいれば、黙って作業を行う被験者もいた。よって、発話量は実験への参加意識の大きさを表しており、実世界拡張の手法が、参加者の参加意識をうながしたと考えられる。

また、Q1の印象評価の有意差は、本人たちが操作をよりうまくできたと認識していることを示唆する。この結果は操作時間が短縮されたことと整合性のある結果である。Q3の有意差は、実世界拡張において被験者が、トナー交換方法を他者に伝える確信を持ったことを示唆する。また、MFP自体への興味はQ4のとおり有意に増加しなかったが、MFPのトラブル一般に対する修理への興味は、Q5のとおり増加傾向があることが示唆される。本評価では被験者の評価を6段階のLikertスケールで評価しているが、この結果を良い (+3~+5)、悪い (0~+2) の2値で表すと、実世界拡張条件で10人中9人が良いと答えているのに対して、スクリーンエージェント条件では10人中5人が良いと答えていることになり、差が見られる。今後詳しい評価を行うことで、さらなる効果が発見できるのではないかと筆者らは考える。

8. 本研究の貢献範囲と制約

2章で示したとおり、HAI研究では実世界上のエージェントの優位性を示した研究が存在している。本研究ではロボットエージェントそのものを使うことなく、限定された可動パーツによる演出を用いて、エージェントが実世界に存在するように見せかけた。実世界エージェントとしてのロボットの効果を示した研究は多数存在するが、本研究ではインタラクティブな要素が少ない。にもかかわらず、ロボットを用いた条件と同様の結果がわずかな可動パーツの演出で得られたという点は、従来の知見に対して新しい貢献を生むと考えられる。

ただし、本研究は主にオフィスワーカーに対して行われている。被験者であるオフィスワーカーは、MFPの交換に関する多くの知識を持っていたわけではないが、仕事で必要とする立場から考えて、MFPに対する学習意欲は高かったことが想定される。本研究で扱っているMFPはオフィスワーカーだけでなく、コンビニエンスストアなどの場で一般のユーザにも使われることが期待されている。こうした一般のユーザに対しては、機器に慣れたユーザより大きな

効果が得られることが期待できるが、具体的な調査は今後の評価課題となる。

9. 結論

本研究ではスクリーン上の擬人化エージェントを、可動パーツを用いて実世界に拡張させる演出を使い、MFPの機能説明を行う手法を提案した。検証結果として、スクリーン上のエージェントの説明を実世界に拡張することにより、その後のユーザの操作時間が有意に短くなることを確認した。また、ユーザの行動として、発話量が有意に増加すること、説明後に機器や操作への印象が向上することが評価結果から示唆された。今後、他の機能についての説明を引き続き検証するとともに、オフィスユーザだけでなく、一般ユーザに対しても利用可能なシナリオを増やし、効果を検証する予定である。

謝辞 本研究に多大なサポートをいただいた京セラドキュメントソリューションズに、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Cassell, J.: Embodied conversational interface agents, *Comm. ACM*, Vol.43, pp.70–78 (2000).
- [2] Voisin, T., Osawa, H. and Imai, M.: Between Real-World and Virtual Agents: The Disembodied Robot, *International Conference on Human-robot Interaction*, pp.281–282 (2011).
- [3] Shinozawa, K. and Naya, F.: Differences in Effect of Robot and Screen Agent Recommendations on Human, *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, Vol.62, pp.267–279 (2005).
- [4] 大澤博隆: ヒューマンエージェントインタラクションの研究動向, *人工知能学会誌*, Vol.28, No.3, pp.405–411 (2013).
- [5] Suzuki, N. and Yamamoto, Y.: *Pursuing entertainment aspects of SONY AIBO quadruped robots*, pp.1–5, IEEE (2011).
- [6] Dimas, J., Leite, I., Pereira, A., Cuba, P., Prada, R. and Paiva, A.: Pervasive Pleo: Long-term Attachment with Artificial Pets, *Workshop on Playful Experiences in Mobile HCI* (2010).
- [7] Li, N., Cartwright, S., Sharlin, E. and Sousa, M.C.: Ningyo of the CAVE, *Proc. 2nd International Conference on Human-agent Interaction, HAI '14*, pp.39–44 (2014).
- [8] Gross, H.-M., Boehme, H., Schroeter, C., Mueller, S., Koenig, A., Einhorn, E., Martin, C., Merten, M. and Bley, A.: TOOMAS: Interactive Shopping Guide robots in everyday use – Final implementation and experiences from long-term field trials, *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.2005–2012 (2009).
- [9] Matsukuma, K., Handa, H. and Yokoyama, K.: Subjective Evaluation of Seal Robot: Paro – Tabulation and Analysis of Questionnaire Results, *J. Robot. Mechatronics*, Vol.14, No.1, pp.13–19 (2002).
- [10] Werry, I., Dautenhahn, K., Ogden, B. and Harwin, W.: Can Social Interaction Skills Be Taught by a Social Agent? The Role of a Robotic Mediator in Autism Therapy, *International Conference on Cognitive Technology: Instruments of Mind*, pp.57–74 (2001).
- [11] Dehn, D.M. and Van Mulken, S.: The impact of animated interface agents: A review of empirical research, *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, Vol.52, No.1, pp.1–22, (2000).
- [12] Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Kamashima, M., Imai, M. and Ishiguro, H.: Cooperative embodied communication emerged by interactive humanoid robots, *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, Vol.62, No.2, pp.247–265 (2005).
- [13] Bainbridge, W.A., Hart, J.W., Kim, E.S. and Scassellati, B.: The Benefits of Interactions with Physically Present Robots over Video-Displayed Agents, *Int. J. Soc. Robot.*, Vol.3, No.1, pp.41–52 (2010).
- [14] Osawa, H., Orszulak, J., Godfrey, K.M. and Coughlin, J.: Maintaining Learning Motivation of Older People by Combining Household Appliance with a Communication Robot, *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp.5310–5316 (2010).
- [15] Van Der Meij, H.: Motivating agents in software tutorials, *Comput. Human Behav.*, Vol.29, No.3, pp.845–857 (2013).
- [16] Kidd, C.D. and Breazeal, C.: Effect of a robot on user perceptions, *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (IEEE Cat. No.04CH37566), Vol.4, pp.3559–3564 (2004).
- [17] 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, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.10, No.3, pp.305–314 (2008).
- [18] Huynh, D.F., Xu, Y. and Wang, S.: Exploring user experience in ‘blended reality,’ *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '06*, pp.893–898 (2006).
- [19] Robert, D. and Breazeal, C.: Blended reality characters, *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp.359–366 (2012).
- [20] Kanai, Y., Osawa, H. and Imai, M.: BReA: Potentials in Combining Reality and Virtual Communications with Blended Reality Agent, *IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.605–609 (2013).
- [21] Suchman, L.: *Human-Machine Reconfigurations: Plans and Situated Actions*, Cambridge University Press (2006).
- [22] Saerbeck, M., Schut, T., Bartneck, C. and Janse, M.D.: Expressive robots in education, *Proc. 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '10*, p.1613 (2010).
- [23] 今井倫太, 鳴海真里子: 人間の五感を利用したロボットとのコミュニケーションへの没入の実現, 計測自動制御学会論文誌, Vol.42, No.4, pp.342–350 (2006).



大澤 博隆 (正会員)

2009年慶應義塾大学大学院開放環境科学専攻博士課程修了。2009年慶應義塾大学訪問研究員および米国マサチューセッツ工科大学 AgeLab 特別研究員。2010年日本学術振興会特別研究員 PD に採択され、国立情報学研究所へ出向。同年から2011年にかけて JST さきがけ専任研究員に従事。2011年より2013年まで慶應義塾大学理工学部情報工学科助教。2013年より現在まで筑波大学大学院システム情報工科学研究科助教および、JST さきがけ兼任研究員。ヒューマンエージェントインタラクション、人工知能の研究に従事。人工知能学会、日本ロボット学会、日本認知科学会、ACM 等各会員、博士 (工学)。

所へ出向。同年から2011年にかけて JST さきがけ専任研究員に従事。2011年より2013年まで慶應義塾大学理工学部情報工学科助教。2013年より現在まで筑波大学大学院システム情報工科学研究科助教および、JST さきがけ兼任研究員。ヒューマンエージェントインタラクション、人工知能の研究に従事。人工知能学会、日本ロボット学会、日本認知科学会、ACM 等各会員、博士 (工学)。



栢野 航

2015年筑波大学理工学群工学システム学類卒業、2015年より現在まで筑波大学大学院システム情報工学科知能機能主専攻所属。ヒューマンエージェントインタラクションに関する研究に従事。ヒューマンエージェントインタラクション、人工知能に興味を持つ。

ラクション、人工知能に興味を持つ。



遠藤 航 (正会員)

2006年東京都立工業高等専門学校電気工学科卒業、2015年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。2006年から現在まで京セラドキュメントソリューションズ株式会社で勤務。複合機・プリンタの研究開発、ヒューマンエージェントインタラクションや機械学習を用いたプロトタイプ開発に従事。人工知能関連に興味を持つ。人工知能学会会員。

研究開発、ヒューマンエージェントインタラクションや機械学習を用いたプロトタイプ開発に従事。人工知能関連に興味を持つ。人工知能学会会員。



三浦 友博

2003年東京工業大学大学院電子物理工学専攻修了。同年パイオニア株式会社に入社。2014年より京セラドキュメントソリューションズ株式会社に勤務。現在に至る。オフィス文書に関するソリューションの企画業務に従事。

HCD-Net 正会員、HCD-Net 認定人間中心設計専門家。

丹波 正登

2008年京セラドキュメントソリューションズ株式会社に入社。複合機、プリンタ向けの組み込みソフトウェア開発、要素技術開発、システム設計等に従事。

守谷 友里

2010年京セラドキュメントソリューションズ株式会社入社。組み込みソフトウェアの開発、要素技術開発等に従事。



結城 明

2000年京セラドキュメントソリューションズ株式会社入社。組み込みソフトウェア開発、要素技術開発等に従事。



長野 正 (正会員)

1982年日本アイビーエム (株) に入社。以後、IBM 藤沢研究所、大和研究所でコンピュータ周辺機器のソフトウェアの研究開発に従事。現在は京セラドキュメントソリューション (株) で、ソフトウェア開発に関する企画業務に従事。2012年より筑波大学大学院システム情報工学科で非常勤講師。2013年九州大学システム情報科学府博士後期課程修了。日本 MOT 学会、プロジェクトマネジメント学会等各会員。博士 (工学)。

務に従事。2012年より筑波大学大学院システム情報工学科で非常勤講師。2013年九州大学システム情報科学府博士後期課程修了。日本 MOT 学会、プロジェクトマネジメント学会等各会員。博士 (工学)。