



遠隔協調作業での作業者の手アバタの違いによる 指示者の印象変化の調査

Changes in the Instructor's Impression
Caused by Differences in Workers' Hand Avatars During Remote Collaboration

田中裕也¹⁾, 酒田信親²⁾
Hiroya TANAKA and Nobuchika SAKATA

1) 龍谷大学 先端理工学研究科 (〒520-2123 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5, Y24M030@mail.ryukoku.ac.jp)

2) 龍谷大学 先端理工学研究科 (〒520-2123 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5, sakata@rins.ryukoku.ac.jp)

概要: 実世界での作業を遠隔から教示する遠隔協調作業では, "対象物・場所の識別", "手順の説明", "理解の確認" といったことを音声だけでなく, 手のジェスチャによって指示を伝達することも多い. このような遠隔協調作業では, 従来型の Face to Face の遠隔コミュニケーションのように顔映像の共有だけでなく, 手の映像を共有することも多かった. 本研究は, このように手の映像を共有するタイプの遠隔協調作業において, 外見の異なる複数のアバタにより作業者の手の見た目や自由度を変更することで, 指示者の作業者に対する印象変化を観測する.

キーワード: 視覚, 複合・拡張現実, アフォーダンス

1. はじめに

実世界での作業を遠隔から教示する遠隔協調作業では, "対象物・場所の識別", "手順の説明", "理解の確認" といったことを音声だけでなく, 手のジェスチャによって指示を伝達することが多い. このような遠隔協調作業では, 従来型の Face to Face の遠隔コミュニケーションのように顔映像の共有だけでなく, 手の映像を共有することも多かった. 本研究では, このように手の映像を共有するタイプの遠隔協調作業を外見の異なる複数のアバタにより作業者の手の見た目や自由度を変更することで, 指示者の作業者に対する印象変化を観測する.

このような外観による見た目の変化や行動の変化によって, 人間がもつ印象を操作することはロボット分野で既に研究されている. 例えば, すかいらくグループで導入されている猫を模した配膳ロボットである. このロボットは行く手をふさぐ人間に対し「今, お料理運んでるにゃん」「工作中だから通してほしいにゃ!」などと発言することで人間の移動を促している. 人間の従業員が行えば, 客の怒りを買う可能性のある行動だが, SNS(Social Networking Service)上では「かわいい」や「癒される」などの, ロボットに対し友好的な意見が散見される.

これらの現象は人や障害物を避けられないロボットの「欠点」が, 人とのコミュニケーションを実現していると

言える. 三宅らは自身でゴミを拾う機能や分別する機能をなくし, 周りにいる子供たちのアシストによってゴミを集めるロボットを開発している[1]. また, Miring ら[2]の研究では誤作動を起こさない完全なロボットよりも意図的に不完全さと誤りを演出したロボットに対して, 人はより好感を持つ傾向があることが示された. このような傾向は人間同士でも観測される. Aronson ら[3]は能力の高い人物がうっかりしたミスを犯した場合, その人物がより魅力的に感じられる「プラットフォール効果」という現象を発見した.

このように, ロボットの機能や人の行動の不完全さによって印象が変化することが明らかになっている. そこで本研究では遠隔協調作業において作業者の外見によって失敗した際の印象を変化させることが可能かについて調査を行った. 作業者の外見によって失敗の印象を和らげることが可能になれば, 遠隔協調作業中に指示者が感じるフラストレーションなどを軽減できるのではないかと考えた.

2. 関連研究

2.1 失敗の演出と親しみやすさ

谷郷ら[4]は本来完全な振る舞いをするはずのロボットの不完全なプレゼンテーションにより, ロボットに対する印象評価とプレゼンテーションの内容に対する評価に影

響を与えるかを調査した。本来失敗はしないはずと考えられているロボットにあえて失敗させることで、人との心理的な距離を縮められないかと考え実験を行った。実験は遠隔操作で操るロボットがプレゼンテーションを行うものであった。被験者を Group-Miss と Group-Natural に分け、前者は失敗を演出したロボットのプレゼンテーションを聞き、後者は全く失敗をしないロボットのプレゼンテーションを聞いた。被験者はプレゼンテーションを聞いた後、2種類のアンケートに答える。

実験の結果、プレゼンテーションの内容に対する評価には有意な差が見られなかった。しかし、ロボットの印象に関する評価は“人間的”、“親しみやすい”、“有能な”の3つの項目で有意な差が確認された。この結果からロボットの失敗に対し、人は親しみを持ち、人間的だと感じる事が明らかとなった。

Aronson ら[3]は優れた能力を持つ人物と平均的な能力を持つ人物がミスをした場合の印象の違いについて実験を行った。被験者に4種類のうちから一つのテープを聞かせる。1つ目は非常に高い能力を持つ人物のテープ、2つ目は平凡な能力を持つ人物のテープ、3つ目のテープでは非常に能力が高い人が不器用で恥ずかしいミスを犯し、4つ目のテープでは平凡な人が同じミスを犯した。その後、被験者にテープの人物について印象を聞く。その結果、ミスを犯した優れた人物が最も魅力的であり、ミスを犯した平均的な人物が最も魅力的でないという結果を示した。このことから優れた人物が失敗を犯すことで「あまりにも優秀」という重荷が取り除かれ、より人間らしく見えることを示した。

2.2 ロボットの外見が社会的対話とサービス評価に与える影響

Kwak ら[5]はロボットの外見の種類を人間志向と製品志向に分類した。人間志向のロボットの外見は人間の外見に似ており、製品志向のロボットの外見はロボットの専用機能を最大限生かしたものである。これら2つのロボットの外見タイプを比較し、社会的存在感、社交性、ロボットのサービス評価に与える影響を調査した。Kwak らはロボットの知覚される社会的存在感の量は、ロボットの知覚される社交性の量と関連しているという知見から

- ・人間志向のロボットは製品志向のロボットよりも社会的存在感があると知覚される
- ・人間志向のロボットは製品志向のロボットよりも社交的と知覚される

という2つの仮説を立てた。さらに、人間志向のロボットの人間らしい外見はユーザに対してロボットの機能に対する高い期待を生じさせる可能性があり、今日のロボット技術が人間の振る舞いを完全に模倣できないため、実際の機能は期待される機能と一致しない可能性があると考えた。さらに、ユーザから否定的な評価を引き起こすことも予測した。一方で製品志向ロボットの場合、普通の製品に自律性を適用して専用の機能を提供することに焦点を当

てて設計されているため、実際の機能は期待される機能と一致する可能性が高いと推測した。したがって製品志向ロボットが提供するサービスがより受け入れられる可能性が高い。その分析から

- ・製品志向ロボットは人間志向型ロボットよりもサービス評価が高い

という新たな仮説3を立てた。

これらの仮説を検証するために Kwak らは実験を行った。実験には掃除ロボットが用いられた。人間志向のロボット外見条件では2つの目を持つ掃除ロボットが示され、製品志向のロボット外見条件では目のないロボットが示された。

被験者はロボットについての短い紹介を受けたのち、ロボットが掃除をはじめ、家具が原因で教室を完全に掃除することができず、ユーザに助けを求めるビデオクリップを見せられる。その後、アンケートが実施されロボットの印象とサービスを評価した。結果として仮説1と仮説2で予測されたように、ロボットの外見タイプがロボットの知覚される社会的相互作用と社交性に影響を与えることが示された。さらに仮説3で予測された通り、ロボットの外見のタイプがロボットのサービス評価に有意な影響を与えることが示された。

これらの研究結果より、作業前の印象と実際の行動との差をうまく調節することで、協力行動を引き出し、より親しみやすく思われるのが可能なことを示している。本研究では、この作業前の印象と実際の行動との差を利用することで、遠隔協調作業における指示者の作業者に対する印象を操作する。

3. 手のアバタに関する失敗の印象の調査

3.1 実験環境

実験には HMD (Head Mounted Display) として Meta Quest3 を使用し、仮想空間の作成には Unity (2021.3.33f1) を使用した。Quest3 は4つの Infra-Red (IR) カメラが搭載されており、今回の実験ではそのカメラで取得したハンドトラッキングの機能を利用する。

3.2 実験設計

本実験はVRを利用した遠隔協調作業を模したものととして、指示者が実世界から指示を出し、作業者が仮想空間内で作業する形式で行った。今回の被験者対象となる指示者は、遠隔地の様子を仮想空間内でのCG映像を通して観察しているが、想定する実際の運用形態では作業者周囲の実世界の映像を共有することが前提である。この共有映像中の作業者の手のみに対して、AR(Augmented Reality)技術によってアバタの手を重量表示する。今回は、実験を行う上で作業空間や作業内容をできる限り統制するために共有する映像は仮想空間の映像を使用し、また、遠隔協調作業で実施する作業も実世界作業ではなく、仮想空間内のものとしている。

被験者は仮想空間内での遠隔協調作業における指示者

として参加し、遠隔作業指示に関する課題に3つの条件で1回ずつ（計3回）取り組んだ。3つの条件とは

- ・5本指条件:五指すべてが揃っており、人に近い手を持つロボットアバタ（図1(a)）
- ・3本指条件:指が3本しかなく、手が直方体のみで構成されたアバタ（図1(b)）
- ・指無条件:指がなく手が球体と円柱で構成されたアバタ（図1(c)）

である。アバタの手のみによる印象の変化を調査するために前腕部や上腕部、その他の体の部位については表示しない。また、順序効果を緩和するために条件の順番を考慮した6通りの実験パターンを用意した。

協調作業の内容は仮想空間内にある複数の物体を定められた位置に置く配置作業である。指示者には物体の配置の完成図が手渡され、これをもとに作業者へ指示を行う。指示者にはPC画面を通して作業者の視覚が共有される。協調作業に使用する物体は仮想空間内にあり、作業者だけが操作できる。作業中のミスに対する印象の変化を調査するため、作業者が課題の途中で特定のミスを必ず犯すようになっている。作業者が指示者にアバタ以外の印象を与えないために別室で作業をし、作業者の音声は指示者には聞こえないように設定した。

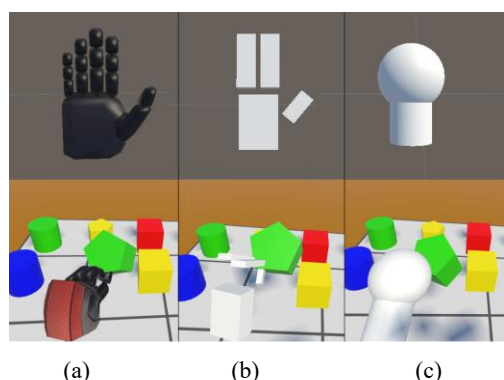


図 1: 3種類のアバタと作業中の様子

3.3 評価方法

本実験では事前アンケート、事後アンケート、NASA Task Load Index(以下、NASA TLX)の3種類のアンケートへの回答を用いて評価を行う。

3.3.1 事前アンケート

事前アンケートでは前節3.2で示した3つのアバタ（図1）を提示し、Malleら[6]の提案手法を用いて、その見た目から印象評価を行う。Malleらは信頼はパフォーマンスへの信頼とモラルへの信頼に分けられるとし、パフォーマンスの信頼には「Reliable: 信頼性」と「Capable: 有能な」の2つの指標が含まれることを示した。好感度に関してはBartneckら[7]が提案したロボットに対する印象を測るアンケートを基に作成した。そのアンケートは、人間らしさ、生き物らしさ、好ましさ、知性、安全性の5つの指標が形容詞の項目群で構成されている。本研究では「好ましさ」の指標のうち好感度に関する「好き」、「親しみやすい」、「愉快な」、「良い」という4項目を使用した。また、質問の

最後に「この作業者はあなたの指示通りに動くと思いますか」という項目を設定し、どのくらい期待されているかを評価した。各項目は対になる形容詞を反対側に設置し、5段階のリッカート尺度で回答を行うSD (Semantic Differential) 法を採用した。

3.3.2 事後アンケート

事後アンケートでは事前アンケートの「この作業者の手はあなたの指示通りに動くと思いますか。」の項目を「この作業者の手はあなたの指示通りに動きましたか。」に変更し、さらに作業者に関する印象や気付いたこと、感じたことなどを記入する自由記述の項目を追加した。

3.3.3 NASA TLX

本実験ではアンケートによる印象評価に加え、認知的作業負荷を測定するためにNASA TLXをタスク後に実施した。NASA TLXでは全体的な作業負荷を6つの指標{知覚的要求 (mental demand), 身体的要求 (physical demand), タイムプレッシャー (temporal demand), 作業成績 (performance), 努力 (effort), フラストレーション (frustration)}によって評価する。全体的な作業負荷が各指標の重み付き平均に基づいて0から100までの範囲で算出される。

3.4 実験手順

まず、被験者には事前アンケートに答えてもらい、その後実験に関する説明を行った。手順を説明し被験者が実験内容を理解した後に、遠隔協調作業の指示者としてタスクを行ってもらい、作業を終えたタイミングで手を挙げてもらい、与えられた見本通りに置けているか実験者が確認を行う。その後、NASA TLXと事後アンケートに回答してもらい1条件が終了。3条件で同様にタスクを繰り返し実験終了となる。

3.5 被験者

本実験には4名の大学生と1名の大学院生（年齢22～23歳、平均22.2歳）が参加した。すべての被験者は男性であった。

3.6 実験結果

アンケートから得た各項目の結果を図2に示す。

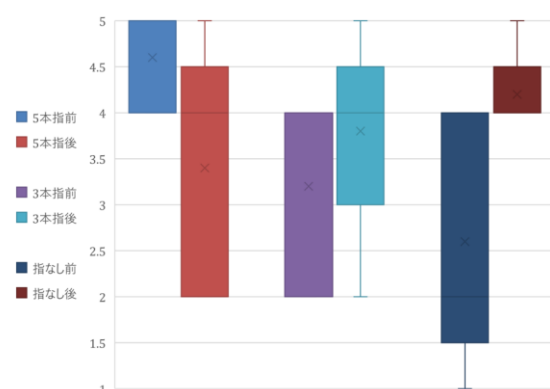


図 2: 各アバタのタスク前の期待値とタスク後の評価

4. 考察

実験の結果、5本の指が揃っているアバタの手はタスク前の評価は非常に高いが、タスク後の印象は低下する傾向が見られた。これは Kwak ら[5]の研究で示唆されていた通り、ロボットの人間らしい外見はユーザに対してロボットの機能に対する高い期待を生じさせ、その結果、実際の働きが期待されるものと一致せず、ユーザから否定的な評価を引き起こしたと考えられる。反対に指がなく、球体と円柱のみで構成されている手はタスク前の印象に比べて高く評価される傾向が見られた。これは Aronson ら[3]が発見した能力が低いと思われる人物がミスをした場合に印象が下がる「プラットフォール効果」とは逆の現象である。このような現象がおこった原因としてはタスクに物体を掴んで運ぶ作業が含まれていることが原因ではないかと考えられる。これは、球体の指がない手では「掴んだ物体を落としてしまっても仕方ない。」という心理が指示者に働くためではないかと推察する。自由コメントには「5本指から指のない手の条件に移った時に、ちゃんと物がつかめるか不安だったが、だんだん掴めることが確認できてからは指示が出しやすくなった」というものがあつた。能力が低いと見られると当然、期待される働きも低くなる。それを超えられれば印象は良くなることが本実験で示唆された。直方体だけで構成されている手はタスクの前後で評価が大きく変わることが比較的少なかった。これに関しても期待されている度合いが関係していると思われる。指示者が抱く期待を超えず、大きく下回らない場合、タスクの前後で印象が大きく変化しないと考えられる。

また、関連研究で紹介した「失敗が親しみやすさを向上させる効果」は見られなかった。原因はいくつか考えられる。1つ目は作業者に対して、指示者はロボットほどの完璧さや高い能力を感じられないことにあると考えられる。関連研究で紹介したのはロボットや能力が高い人であることが前提であるので、これらの効果が生じにくいと考えられる。2つ目は実験者の失敗が被験者の妨げとなる状況にあると考えられる。関連研究では失敗する様子を第三者として観察しているときに魅力が向上したが、本実験の場合、遠隔協調作業であるため、失敗は被験者のタスクの邪魔になる行動であり、印象を下げる要因になっていると考えられる。

認知負荷を測る NASA TLX ではt検定を行ったが有意な差の確認はできなかった。時間については制限を設けなかったため、プレッシャーに感じる人とそうでないがでてしまった。フラストレーションや、作業成績などについても感じ方の個人差が大きく、まとまった結果にならなかったと考えられる。

5. おわりに

本稿ではアバタを変更し、意図的に同じミスを犯すことでアバタによる失敗に対する印象の変化を調査した。結果としてアバタが精巧で人に近い見目をしてしていると作業

や精度、指示への従順さに対する期待値が上がり、各項目で評価が下がることが確認できた。反対に簡単な立体だけで表現された手は過度に期待されることなく、むしろ期待以上の結果だと認識されることも確認できた。さらに、掴むという行為を含む作業では指の表現の有無によって同じミスを行った場合でも指示者が感じる不快感に大きく差が出ることが示唆された。

今後、タスクの内容や難易度、ミスの内容、頻度などを変更し、新たな実験を行う予定である。具体的には指示者の指示に従いながら起きるミスと指示に反するミスを取り入れ、それぞれが指示者に与える影響を比較する。またミスを一度もしない条件を設定し、本実験との比較も必要であると考えている。アバタに関してもどの程度の精巧さで、どういった特徴が指示者に影響を与えるのか検討を行う予定である。特に、今回使用した最も人間に近いロボットの手アバタは他の2種類と異なり、様々な色に着色されていた。条件を揃えるために色が同じで形状の異なるアバタを使用すべきだという指摘もあった。以上を踏まえ、実験の条件などを改良したうえで再度検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 三宅泰亮, 山地雄士, 大島直樹, & 岡田美智男. (2013). Sociable Trash Box: 子どもたちはゴミ箱ロボットとどのように関わるのか フィールドにおける調査結果とその考察. 人工知能学会論文誌, 28(2), 197-209.
- [2] Mirnig, N., Stollnberger, G., Miksch, M., Stadler, S., Giuliani, M., & Tscheligi, M. (2017). To err is robot: How humans assess and act toward an erroneous social robot. *Frontiers in Robotics and AI*, 4, 21.
- [3] Aronson, E., Willerman, B., & Floyd, J. (1966). The effect of a pratfall on increasing interpersonal attractiveness. *Psychonomic Science*, 4(6), 227-228.
- [4] 谷郷力丸, 高橋卓見, 廣田敦士, 早川博章, 岡夏樹, & 西崎友規子. (2016). 失敗する演出を施したロボットは人と円滑な関係を築くか. 2016 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集
- [5] Kwak, Sonya S. (2014). The Impact of the Robot Appearance Types on Social Interaction with a Robot and Service Evaluation of a Robot : *Archives of Design Research*, 27(2), 81-93.
- [6] Malle, B. F., & Ullman, D. (2021). A multi-dimensional conception and measure of human-robot trust. In C. S. Nam and J. B. Lyons (eds.), *Trust in human-robot interaction: research and applications* (pp. 3-25). Elsevier.
- [7] Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International journal of social robotics*, 1, 71-81