

教示動画視聴時の視線誘導エージェントによる部品探索支援

山中 瑞稀† 村儀 天星†† 辻 愛里††† 藤波 香織†††

† 東京農工大学 工学部 知能情報システム工学科

†† 東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 生物機能システム科学専攻

††† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

近年、作業を動画で説明する教示動画が広く利用されており、ロボットによる視線誘導が作業支援に有効であることが先行研究で示されている [1]。また、ロボットや CG などを実現されるエージェントの存在やそれらによる称賛が、社会的促進効果を与えることも明らかになっている [2][3][4]。本研究では、効率的な作業遂行だけでなく、作業者に寄り添うことも作業支援において必要であると考え、エージェントによる視線誘導により、高い作業効率と社会的促進効果の両立が可能であるという仮説を立てた。この仮説検証の第 1 歩として、ロボットと CG の 2 種類の視線誘導エージェントを開発し、作業効率としての課題遂行時間と主観的な作業負荷に及ぼす影響について調査した。

2 視線誘導システムの設計と実装

2.1 システム概要

視線誘導エージェントとして、外見と機能を類似させたロボットと 3 次元 CG の 2 種類を用意した。誘導を行う上でエージェントの頭部と眼球の動きが重要になると考え、本研究では頭部と眼球、加えて誘導の補佐として腕をそれぞれ制御可能とした。提案システムの概要を図 1 に示す。本システムはロボットエージェント、CG エージェント、操作アプリケーションの 3 つで構成されている。実験のため、エージェントは遠隔操作することを前提とする。操作アプリから各エージェントにする制御信号は、無線通信により送出している。

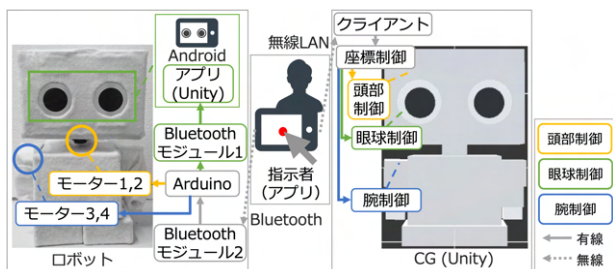


図 1: システム概要図

Gaze-guiding agents to support parts search while watching instructional videos for assembly tasks

† Mizuki YAMANAKA †† Tensei MURAGI ††† Airi TSUJI ††† Kaori FUJINAMI

† Department of Electrical Engineering and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

†† Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

††† Division of Advanced Information Technology and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

2.2 ロボットエージェント

ロボットエージェントとして既存のロボット [5] を利用した。CG エージェントとの外見を統一するために、図 1 に示したように、頭部を作成し、その他の部位も外側にフェルト生地を被せる形で調整した。さらに上下回転を行うモーターを追加し、左右回転だけでなく様々な方向を見ること、うなづくことを可能とした。また、眼球運動を追加するため、Android 端末をディスプレイとして用いて、CG エージェントと同様の目を映すアプリを Unity で作成した。このアプリは Bluetooth 通信により、メイン基盤 (Arduino Uno 互換) から動作指示を受け取る。頭部の上下の回転角度と腕の回転角度は、ロボットエージェントと誘導先の座標の距離から算出する。頭部の左右の回転角度については、制御用アプリケーション上の仮想のエージェントの頭部の回転角度を受け取る。眼球は CG エージェントと同様の制御を行う。

2.3 CG エージェント

CG エージェントのモデルの作成は Blender、動作制御は Unity で行う。モデルのサイズは Unity 上の寸法と、実世界のロボットエージェントの寸法が同様になるように調整し、Unity 上のワールド座標と現実世界の座標を同様に扱うことを可能とした。頭部と腕は常にあるオブジェクトの方向に向くように設定し、そのオブジェクトを誘導地点に移動させて向きを制御する。眼球は頭部の移動量に合わせて動かし、向きを制御する。

2.4 操作アプリケーション

実験を行う上で、エージェントに誘導させる地点を指定する必要があるため、エージェントに指示を行う Android アプリケーションを開発した。実際のアプリ画面を図 2 に示す。図 2 左は後述のタップ指示モードで、右はボタン指示モードである。開発は Unity で行い、ロボットエージェントとは Bluetooth、CG エージェントとは無線 LAN を用いた無線通信での指示 (誘導地点の座標やうなづくや首振り、正面に戻るなど) が可能である。また、誘導地点の座標を送る方法として、アプリケーションの画面上でタップした地点を指定するタップ指示モードと、事前に各ボタン (18 個のボタンが使用可能) に設定した座標を、ボタンを押すことで指定するボタン指示モードの 2 種類を用意した。

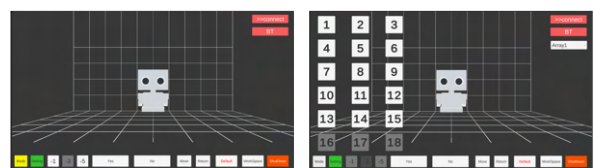


図 2: タップ指示モード (左) とボタン指示モード (右)

3 ユーザ評価と考察

3.1 概要

教示動画視聴時の机上作業における、作業支援効果の比較検証を目的として、12名の大学生（男性：6名、女性：6名）を対象に評価実験を行った。机上作業の内容はレゴブロックを使用した組み立て課題を3種類用意し、以下の3条件でそれぞれ課題に取り組みさせた。なお、作業内容を見落としたなどの場合には、教示動画の操作を自由に行って良いものとした。

1. 動画のみによる説明（システム不使用）
2. 動画に加え、ロボットエージェントによる支援
3. 動画に加え、CGエージェントによる支援

実験開始時に、作業負荷を評価するNASA-TLX[6]の重み付けに回答させ、各課題後には、実際に作業内容についての評価、条件2と3の体験後は、エージェントの印象について6段階のRoSAS[7]と5段階のSD法のアンケートに回答させた。また、実験終了後に口頭でのインタビューも実施した。図3に実際の実験環境の様子を示す。前方に15個の部品箱と作業場、右手に教示動画を映すディスプレイ、その奥にエージェントを配置した。エージェントの設置位置については、開発したシステムによる誘導効果ならびにエージェントの設置位置の検証を目的として予備調査を実施し、その結果、最も誘導効果の高かった位置で誘導を行うこととした。



図3: 実験の様子

3.2 実験結果

被験者の条件ごとの課題遂行時間と動画の操作回数の平均を図4に示す。なお、課題遂行時間は実際の作業時間を教示動画時間で割ったものとした。操作回数は一時停止、5秒巻き戻し、スキップを行った回数とし、動画内の同工程の説明に対して続けて行われた操作は1回として計算した。エージェントを用いた2つの条件では、課題遂行時間と操作回数の両方が減少した。また、NASA-TLXの結果を図5に、RoSASの結果を図6に示す。図5左に示したWWL (Weighted Workload) 得点が作業者の認知した作業負荷であり、その他の6つの項目が下位尺度である。作業者の認知する作業負荷はどの条件間でも差が見られなかった。図6の印象アンケートの結果から、全ての項目でロボットの方が僅かに高い傾向が見られたが、どちらのエージェントも“能力”が高く知覚される傾向となった。なお、SD法のアンケートについては現在分析中である。

3.3 考察

図4から、課題遂行時間・動画の操作回数ともにエージェントを用いた場合に減少し、作業効率が向上したという結果が得られた。インタビューからもエージェントの視線誘導により部品の位置が分かりやすくなったという意見が多数見られ、部品探索範囲を狭められたことが理由の1つとして考えられる。ロボットとCGの比較

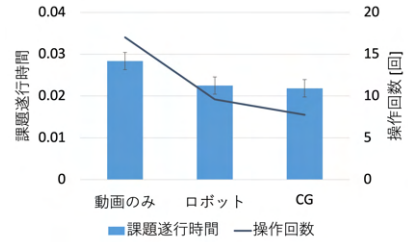


図4: 課題遂行時間と動画操作回数

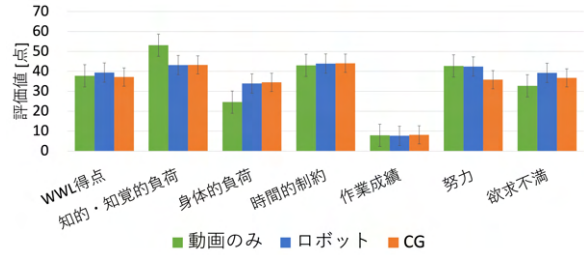


図5: NASA-TLXの結果

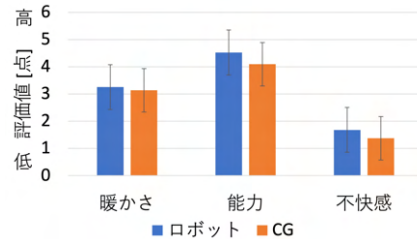


図6: 印象アンケート (RoSAS) 結果

では、僅かにCGの結果が良かったもののほとんど差は見られなかった。一方で、エージェント間で視線方向の推定のしやすさに違いを感じたと回答した被験者もいた。ロボットとCGの違いとして、実体があるかどうかだけでなく、本研究では動作音の有無や、視線誘導アルゴリズムの違いがあるため、これらの要因についてさらなる検証が必要であると思われる。

図6の印象アンケート結果について、インタビューからもエージェントを身体性の有無にかかわらず、単なるツールとして認識した被験者が多く、現状ではまだ目指す寄り添う支援の実現には至っていないと考えられる。

4 おわりに

本論文では、ロボットとCGの2種類の視線誘導エージェントを開発し、その支援効果の比較検証を行った。実験の結果から、提案した視線誘導システムによる作業支援の有用性が示された。今後の課題として、エージェントの印象についてさらなる検証を進める。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 (21K11992) の支援を受けた。

参考文献

- [1] 板原ほか. 対話型作業支援システムにおけるロボットの補助効果に関する研究. 情報処理学会論文誌, 48(2), pp. 949-957, 2007年2月.
- [2] N. Riether, et al. Social facilitation with social robots? In Proc. of HRI '12, pp. 41-48, 2012.
- [3] J. Mumm, et al. Designing motivational agents: The role of praise, social comparison, and embodiment in computer feedback. *Computers in Human Behavior*, 27(5), pp. 1643-1650, 2011.
- [4] M. Shiomu, et al. Two is better than one: Social rewards from two agents enhance offline improvements in motor skills more than single agent. *PLoS one*, 15(11), pp. 1-14, 2020.
- [5] RAPIRO. <http://www.rapiro.com/ja/#buy> (2023/1/5 参照).
- [6] S. G. Hart and L. E. Staveland. Development of NASA-TLX (Task Load Index) results of empirical and theoretical research. *Behav Res Methods*, 41(1), pp. 139-183, 1988.
- [7] C. M. Carpinella, et al. The Robotic Social Attributes Scale (RoSAS): Development and validation. In Proc. of HRI '17, pp. 254-262, 2017.