

# 半自律テレプレゼンスロボットによる 自律化が与える遠隔操作者への影響調査

## Influence Evaluation on Remote Operator by Autonomization with Semi-autonomous Telepresence Robots

奥岡 耕平<sup>1\*</sup> 大澤 正彦<sup>1,2</sup> 滝本 佑介<sup>1</sup> 今井 倫太<sup>1</sup>  
Kohei Okuoka<sup>1</sup>, Masahiko Osawa<sup>1,2</sup>, Yusuke Takimoto<sup>1</sup>, Michita Imai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学理工学部

<sup>1</sup> Faculty of Science and Technology, Keio University

<sup>2</sup> 日本学術振興会 特別研究員 (DC1)

<sup>2</sup> Japan Society for the Promotion of Science, Research Fellow (DC1)

**Abstract:** Semi-autonomous telepresence robots are proposed by some researches. However, it is insufficient that guidelines defining which behavior should be autonomized on telepresence robots. In our previous research, we proposed a guideline of autonomization focusing on voluntary behavior and involuntary behavior. We extended the architecture focusing on those two behaviors for a telepresence robot and evaluated the impression. However, an evaluation from the viewpoint of remote operator is insufficient. In this paper, we investigated the influence through experiments that participants remotely attend meetings with the telepresence robot. From the results, it was suggested that autonomization of voluntary behaviors could be a factor of unpleasantness for remote operator.

**Keywords – telepresence robot, voluntary, involuntary**

## 1 はじめに

テレプレゼンスロボットの研究では、頷きなど動作の一部を自律化する半自律テレプレゼンスロボットが注目されている。動作の自律化によって、遠隔操作者の操作に対する負担を軽減しつつ、対話相手に存在感を与えることが示されている。[1]

しかし、[2] が指摘するように、自律動作は遠隔操作者の意図と十分に合致しなければ、操作者のロボットに対する主体感を損なう可能性がある。そのため、従来研究では頷きなどの意図が合致しやすい一部の運動を自律化することに留まっており、自律化する運動についての指標を求めるための知見が十分に得られていない。そこで著者らの先行研究 [3] では、随意・不随意運動を指標として注目した。各運動の自律機能を個別に ON-OFF で



図1 半自律テレプレゼンスロボットの自律動作による影響調査

きるテレプレゼンスロボットを用いて、各運動が与える影響の評価実験を行った。

しかし、[3] では遠隔操作者の視点における影響については、遠隔操作を行った実験協力者へのインタビューによる評価しか行われておらず、十分な検討が行われていない。

そこで本研究では、随意・不随意運動が与える遠隔操

\* 連絡先：慶應義塾大学理工学部  
神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 26-203  
E-mail: okuoka@ailab.ics.keio.ac.jp

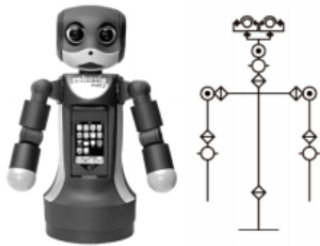


図2 robovie-mR2[4]

作者側への影響について調査した。[3] で作成した各運動の自律機能を ON-OFF できるテレプレゼンスロボットを用いて遠隔会議を想定した実験を行った。各運動の自律機能の ON-OFF を被験者内要因として会議を行い、遠隔操作者へのアンケートと会議中の映像、操作ログから遠隔操作者への影響を分析した。

本論文の構成は以下の通りである。まず、第2章では本研究で利用する、[3] が提案したテレプレゼンスシステムを説明する。第3章では遠隔会議を想定した実験について解説し、第4章では結果に対して考察する。最後に、第5章においてまとめを述べる。

## 2 随意・不随意運動に着目した半自律テレプレゼンスロボット

本研究では、半自律テレプレゼンスロボットにおける随意運動と不随意運動の各自律機能の影響を調査する。そこで、[3] で提案した、随意・不随意運動に着目したアーキテクチャを robovie-mR2 (図2) に組み込んだロボットを利用する。

### 2.1 SB アーキテクチャ [5]

随意・不随意運動に着目したアーキテクチャとして著者らの一部は随伴性行動生成アーキテクチャとして、SB(Simple Bi-layered) アーキテクチャを提案している。

ロボットが人間と円滑にインタラクションするために、人間の行動や環境の変化に対して即座に反応する、随伴性という性質を持つことが有効だと考えられている。[5] では、随伴性を持つロボットの設計難易度を下げることが目的としたアーキテクチャを提案すると共に、振る舞いを随意運動と不随意・反射運動に分類して扱うことを提案している。また、実験として robovie-mR2 に SB アーキテクチャを実装し、提案手法の適切性を示している。

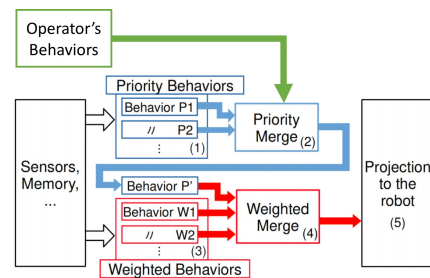


図3 随意・不随意運動に着目したテレプレゼンスシステム [3]

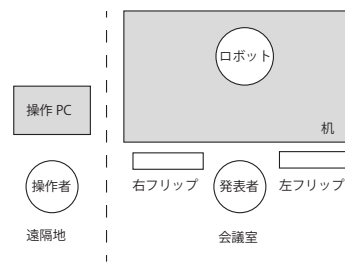


図4 参加者と機材、フリップ提示位置の配置

## 2.2 テレプレゼンスシステムへの SB アーキテクチャの拡張

テレプレゼンスロボットとして遠隔操作を行えるように、提案された SB アーキテクチャ [5] に、意図のある随意運動として遠隔操作による行動が入力されるように拡張している。(図3)

遠隔操作としては、視点の上下左右への移動・頷き・手を振ることが可能であり、自律的な随意運動よりも優先して出力するように実装している。

## 3 実験

### 3.1 実験設定

本研究ではシナリオに沿った遠隔会議を想定した実験を行った(図1)。会議には1人が発表者、1人がロボットを用いて遠隔操作者として参加した。

シナリオは、遠隔者へ向けた発表者によるプレゼンテーションを想定したものとした。内容には、発表者がフリップを利用して「こちらをご覧ください」と注視を誘導する動作を左右のフリップでそれぞれ一度ずつ行うことを組み込んだ。各参加者と機材、フリップの提示位置を図4に示す。

また、随意・不随意運動の影響を調査するために、各

表1 実験条件

	自律不随意運動	自律随意運動
条件1	OFF	OFF
条件2	OFF	ON
条件3	ON	OFF
条件4	ON	ON

表2 質問リスト

Q1	会議はスムーズに進行したと思いますか？ (1：思わない～7：思う)
Q2	ロボットを自分自身のように感じましたか？ (1：感じない～7：感じた)
Q3	ロボットの動作が意図に反している、思い通りにいかないと思ったところがありましたか？ (1：よくあった～7：なかった)
Q4	操作は快適だと感じましたか？ (1：感じない～7：感じた)
Q5	システムへの総合的な満足度はどのくらいですか？ (1：不満～7：満足)

運動の自律機能の ON-OFF について表 1 に示す 4 条件を設定した。本実験では、19 歳から 29 歳の男性 5 名、女性 3 名、平均年齢 24 歳の計 8 名の実験参加者が遠隔操作者として 4 条件全てに参加した。また、全てのタスクにおいて 21 歳男性の実験協力者 1 人が発表者として参加した。

### 3.2 実験手順

まず初めに、遠隔操作者は操作に慣れるために自律機能をすべて OFF にした状態で 1 度、シナリオに沿って遠隔会議を行った。次に全 4 条件でシナリオに沿った遠隔会議を実施し、会議の終了後にアンケートによる評価を行った。なお、各条件の実施順の影響をなくすためにカウンターバランスをとった。

アンケートでは、実験参加者がタスクに関する印象の度合いについて、表 2 に示す全 5 問の質問に答えた。加えて、任意で実験に対するコメントを記入した。また、遠隔者・発表者側の 2 つの視点からの映像、遠隔操作のログを収集し時系列に応じた解析を行った。

### 3.3 実験参加者へのアンケート結果

アンケートの結果に対して分散分析を行った結果交互作用は認められなかったため、各要因間において比較を

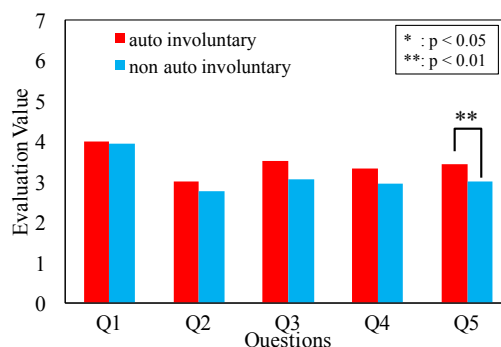


図5 不随意運動自律化の有無による比較

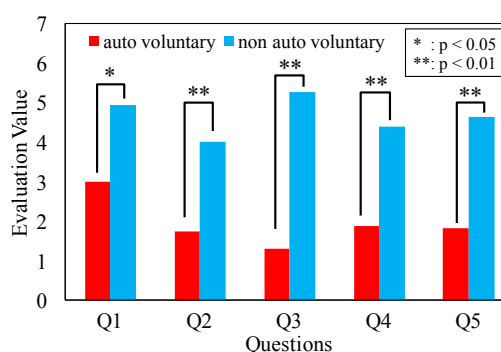


図6 随意運動自律化の有無による比較

行った。不随意運動の自律化の有無による比較結果を図 5 に示す。システムへの総合的な満足度において 1 % 有意水準で有意差が認められ、不随意運動の自律化によってシステムへの満足度が向上することが示唆された。

次に、随意運動の自律化の有無による比較結果 (図 6) では、Q1 において 5 % 有意水準で有意差が認められ、他全ての質問では 1 % 有意水準で有意差が認められた。結果から、随意運動の自律化はテレプレゼンスシステム全体の適切性を低下させることが示唆された。

### 3.4 時系列に応じた分析結果

3.3 の結果から、遠隔者への影響が著しいと考えられる随意運動に着目し、実験参加者の中で随意運動の自律化に著しく反応を示した 1 人の、時系列に応じた分析結果を図 7 に示す。

遠隔者視点の遷移を見ると、随意運動の自律化時には視点が移動していないことが分かった。これは、発表者による視点移動の誘導に対して視点を移動させようとする操作が、自律化時には発表者を注視しようとする自律動作と衝突しているためである。

本実験では、自律随意運動と衝突した場合は操作が優先されるように実装しているが、断続的に発表者への注

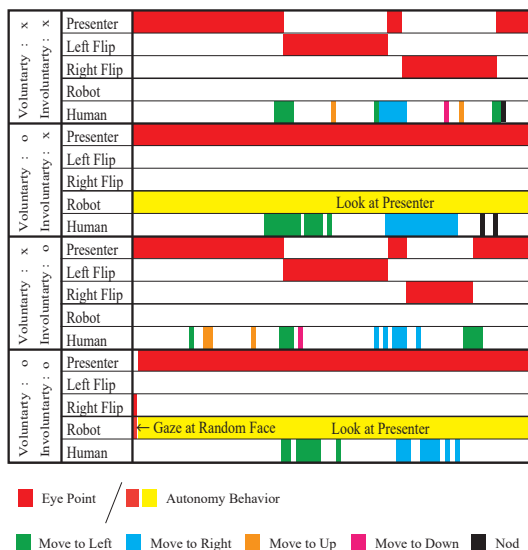


図7 時系列に応じた分析結果

視が生成されることで、操作者の視点移動が即座に発表者への注視へと上書きされたと考えられる。

## 4 考察

3.3の結果から、不随意運動の自律化は遠隔者のシステムへの満足度に有意差が生じ、満足度の向上が見られた。一方、他の質問に対しては有意差は生じなかったが非自律化時と同等またはそれ以上の評価が得られた。

随意運動の自律化においては全質問の答えに有意差が生じ、操作者は随意運動の自律化に対して否定的な印象を抱くことが示唆された。また3.4の結果から、自律随意運動と遠隔操作の衝突による視点移動の阻害が見られた。コメントでも随意運動を自律化した際に「視点の操作が効かなくなった」との意見があり、遠隔者に強い不快感を与えることが示唆された。

随意運動は人間が意図的に行う動作であるため、複雑な意図の推定を必要とするため適切な動作の自律生成が難しく、遠隔操作との衝突を頻繁に起こしたと考えられる。一方、不随意運動は意図的に行う動作ではないことから、適切な動作の自律生成が比較的容易であるため、遠隔操作者への影響が小さかったと考えられる。

[3]では外部からの視点において、不随意運動の自律化によって動作の頻度が適切であり、会議の進行がスムーズに見えるという結果が示された。一方、随意運動の自律化では頻度がやや過剰であるとの見解が得られたが、動作頻度やバリエーション、会議の進行に関しては好意的な印象が示された。

つまり、半自律テレプレゼンスロボットの自律化にお

いて、不随意運動の自律化は遠隔操作者への悪影響はなく、外部からの印象も向上するため、自律化が適切であると考えられる。一方、随意運動の自律化には外部からの印象は向上するものの、遠隔操作との衝突によって操作者に強い不快感を与えることを考慮する必要がある。

## 5 まとめ

本研究では、半自律テレプレゼンスロボットにおける随意・不随意運動の自律化による遠隔操作者への影響を調査した。随意・不随意運動の自律機能を個別にON-OFFできるテレプレゼンスロボットを用いて、遠隔会議を想定した実験を各運動の自律の有無を変えて4条件行い、操作時のログと映像、遠隔操作者へのアンケートによって分析した。

結果、不随意運動の自律化は遠隔操作者のテレプレゼンスシステムへの満足度を向上し得る一方、随意運動の自律化は遠隔操作者に強い不快感を与えることが示唆された。

## 謝辞

本研究はJSPS科研費17J00580の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] 大本義正, 齊賀弘泰, 西田豊明. 操作者の振る舞いと実世界情報の統合による半自律型テレプレゼンスシステムの構築. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 26, pp. 1-4, 2012.
- [2] 中道大介, 西尾修一. 遠隔操作型コミュニケーションロボットにおける頷き動作の半自律化による操作主体感への影響. 人工知能学会論文誌, Vol. 31, No. 2, pp. H-F81.1, 2016.
- [3] 大澤正彦, 滝本佑介, 奥岡耕平, 今井倫太. 随意・不随意行動に着目した半自律テレプレゼンスロボットのふるまいの印象調査. 日本認知科学会, 2017.
- [4] R.Matsumura, M.Shiomi, K.Nakagawa, K.Shinozawa, and T.Miyashita. A desktop-sized communication robot: "robovie-mr2". *Journal of Robotics and Mechatronics*, 2016.
- [5] Y.Takimoto, K.Hasegawa, T.Sono, and M.Imai. A simple bi-layered architecture to enhance the liveliness of a robot. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 2017.