

# 心拍情報を用い小型ロボットを介した 情報伝達システムの開発

増野宏一<sup>†</sup> 伊藤淳子<sup>†</sup> 宗森 純<sup>†</sup>

**概要:** 小型ロボットを介して人と人が離れた場所で状況や存在感、感情を伝達するシステムを提案する。本システムは心拍伝達機能と感情伝達機能から構成される。本研究では、心拍伝達機能を用いて小型ロボットの表情、動きや音を介して状況や存在感を相手に伝え、感情伝達機能を用いて小型ロボットの表情、動きや音を使い、喜び、哀しみ、怒りなどの感情を相手に伝達できるかを実験により検証する。その結果、心拍伝達では相手の状況や存在感の評価が高く、ロボットの表情、動き、音の全てを使った感情伝達の評価が高いことが分かった。また、インタラクション実験はいずれも高評価であることがわかった。

**キーワード:** テレプレゼンスロボット、感情伝達、心拍、存在感、表情

## Development of Information Transmission System Through a Small Robot with a Heart Rate Information

MASUNO KOUICHI<sup>†</sup> JUNKO ITOU<sup>†</sup> JUN MUNEMORI<sup>†</sup>

### 1. はじめに

ロボットの普及とともに、コミュニケーション用ロボットが研究開発される機会が増加している。特に最近では、テレプレゼンスロボットと言われるロボットの研究、開発が盛んにされている[1]。テレプレゼンスロボットとは、遠隔地間において相手をカメラでみながら自分の表情を相手側に表示したり、音声を伝えたりしコミュニケーションをとるロボットである。使用用途としては、その日に出席できない会議などに自分の分身としてロボットを参加させたり、自分が行けないような場所に代わりに行かせて旅行気分を味わったり、離れている場所にいるもの同士が感情伝達のツールとして用いたりし、様々な用途で使用されている。しかし、テレプレゼンスロボットは表情や音声のみでの使用を考えた構造を有しているものが多く、腕などを有しないものが多い。

言語を用いるバーバルコミュニケーションよりも表情や身ぶりなどを用いるノンバーバルコミュニケーションのほうが多くの情報が伝達されていると言われている[2]。そのため遠隔間におけるコミュニケーションにおいてもノンバーバルな表現が重要となってくると考えられる。一方、感情だけでなく状況や存在感を伝えることも大切である。現存するテレプレゼンスロボットを用いる研究では、テレプレゼンスロボットを用いた状況や存在感および感情の伝達の特徴の分析はあまり行われていない。

本研究ではノンバーバルコミュニケーションに重点を

置き、心拍伝達機能を用いて状況や存在感を相手に伝え、感情伝達機能を用いてロボットの表情や動きや音で感情を相手に伝達するシステムを提案する。本研究の目的は、本システムを用いて状況や存在感、感情を相手に伝達できるかを検証することである。

### 2. 遠隔コミュニケーションロボットに関する知見

#### 2.1 テレプレゼンスロボットについて

テレプレゼンスロボットとは、映像や音声を伝える skype、ビデオ会議、テレビ電話などとは異なり、操縦者が遠隔地にあるロボットを操縦することによって、遠隔地にいる人とコミュニケーションを行えたり、遠隔地にいる人に指示したりできるロボットである[3]。また、画面上だけでは欠如する存在感やノンバーバル情報をロボットの身体や動きを介して相手に伝えることにより、あたかも遠隔地にいる人が目の前にいるかのような存在感を表出できるロボットである[4]。近年では、比較的安価な構成でテレプレゼンスロボットを商品化する動きが相次いでいる。これらの多くの商品のほとんどは、既存のビデオ会議システムに移動機構を加えたシンプルな構成になっており、すでにオフィスや病院などの場面で利用されている[5]。

#### 2.2 テレプレゼンスロボットを用いた研究

既存のテレプレゼンスロボットを用いた研究として、遠隔地間でコミュニケーションを行う際にテレプレゼンスロボットを介して非言語で支援する研究が多数行われている。[6]-[8]

<sup>†</sup> 和歌山大学, Wakayama University

鈴木らは遠隔参加者の存在感を表現するコミュニケーションロボットシステムを開発している[9].

また、山岡らは人型の遠隔操作型コミュニケーションロボットとのインタラクションにおける印象評価という実験を行っている[10]. 山岡らによると、この実験では遠隔操作型のロボットと人が相互作用する際、人はロボット自身と相互作用しているように感じるのか、それとも背後の人と相互作用しているように感じるのか、またそのような感じ方の違いは、相互作用にどのような影響を与えるのだろうか、ということを検証している。その結果 2/3 の被験者は、ロボット自身と相互作用していると感じ、残りの 1/3 の被験者はロボットの背後の人と相互作用しているように感じている。ロボット自身ではなく、背後の人間と相互作用していると感じていた被験者は、自律型ロボットと相互作用すると教示された場合には、より相互作用が楽しいと感じ、相互作用時間が増えていることが分かっている。その一方で、操作型ロボットと相互作用すると教示された場合は、よりつまらないと感じ、相互作用時間も減少していたことが分かっている。また、ロボットの疑似性の程度により反応が異なることを示唆している。

長谷川らは無意識的な身ぶりを表出するテレプレゼンスロボットの提案をしている[11].

これらの既存のテレプレゼンスロボットを用いた研究では、遠隔参加者の存在感や身体性の補完、インタラクションの評価、テレプレゼンスロボットが無意識的身ぶりを表出することの重要性などは研究されている。しかしながら、遠隔地において心拍情報を用いて状況、存在感をロボットを介して相手に伝えたり、ロボットの表情や動きや音を用いて相手に感情を伝える研究はあまりされていない。

### 3. 和田丸を用いた情報伝達システム

#### 3.1 設計方針

和田丸(実験に使用するロボットの名称)を用いた情報伝達システムは、お互いが遠隔地間で状況や存在感、感情を相手の心拍数、ロボットの表情、動き、音を介してリアルタイムで相手に伝えるシステムである。

和田丸の名前の由来は、和歌山大学のことを略して和太と呼んでいるので、そこから「わだ」をとり和田とした。また、「丸」の由来は、今回実験で利用した小型ロボットの頭部が武士を連想させるかのような風貌をしていたので「丸」を用いた。この二つを組み合わせることで、和田丸という名前になっている。なお実験のアンケートの質問項目では和田丸のことを EV3 ロボットと呼んでいる。

このような機能を実現するために、和田丸の設計方針を示す。

#### (1)情報伝達システム

心拍伝達機能と感情伝達機能から構成される。

#### (2)心拍伝達機能

ユーザーから PC に心拍を伝達する際に、ウェアラブル端末である LG G Watch R とタブレット端末である Nexus7(LG エレクトロニクス)を介することによって、リアルタイムで PC に心拍データを送信することができるようなシステムを作成する。

#### (3)感情伝達機能

感情伝達機能ではロボットの操作者が PC を操作し、ユーザーの感情をロボットの表情と動きと音を用いてリアルタイムでロボットに伝達する。

#### (4)和田丸の遠隔操作アプリケーションの作成

和田丸を Windows PC で遠隔操作するために、LEGOeducation が提供している LEGO Mindstorms EV3 API を利用して作成を行う。また、和田丸と PC 間の通信方式は Bluetooth を用いる。

#### (5)PC と小型カメラ間の通信

和田丸に搭載している小型のカメラから無線 LAN 経由で PC へ動画を送信するために Microsoft が提供する WebBrowser コントロールを用いて作成を行う。

#### (6)心拍伝達機能の作成

ユーザーから PC に心拍を伝達する際に、ウェアラブル端末である LG G Watch R とタブレット端末である Nexus7(LG エレクトロニクス)を介することによって、リアルタイムで PC に心拍データを送信することができるようなシステムを作成する。

#### (7)感情伝達機能の作成

感情伝達機能ではロボットの操作者が PC を操作し、ユーザーの感情をリアルタイムでロボットに伝達する。

### 3.2 システム構成

心拍は LG G WatchR から Nexus7、PC を経て和田丸に伝えられる。感情表現は PC の操作によって和田丸に伝えられる。システム全体の構成図を以下の図 1 に示す。このシステムは全部で約 2800 行のプログラムで構成される。

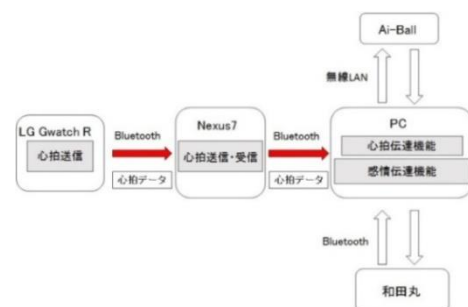


図 1 システム全体の構成図

Figure 1 Block diagram of the System.

### 3.3 システムの概要

#### 3.3.1 和田丸の操作画面

和田丸に搭載されたカメラで相手を見ながら和田丸を遠隔操作し、動作、感情伝達機能を用いた感情表現、インタラクション、心拍伝達機能による心拍数の変化の伝達などを一つの画面で行えるように操作画面を開発した。この

操作画面の全体図を以下の図 2 に示す。

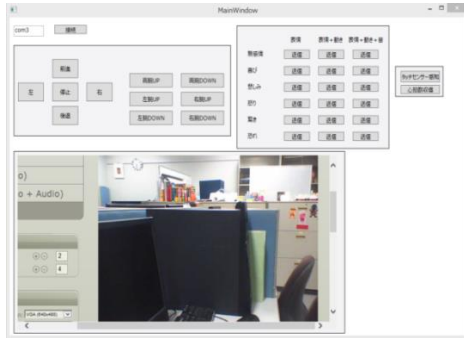


図 2 操作画面の全体図

Figure 2 Overall view of the operation screen.

### 3.3.2 和田丸の動作

和田丸は、前進、後退、右旋回、左旋回に加え、両腕を上下させることが可能である。和田丸の動作を表 1 に示す。

表 1 和田丸の動作

Table 1 the Operation of Wadamaru.

ボタン	動作
前進	ロボットが前に進む。
後退	ロボットが後ろに進む。
右旋回	ロボットが右に回る。
左旋回	ロボットが左に回る。
回転	ロボットが 360° 回転する。
アームの上下	アームを上を上げたり、下げたりする(両腕や片腕だけでも可能)。

### 3.3.3 和田丸の感情表現

和田丸が表情や動きや音で表すことができる感情表現は主に、喜び、悲しみ、怒り、驚き、恐れ の五つある。この感情表現を選定するに当たって、Ekman らが提唱している基本感情を参考にした[12]。和田丸の各表情を以下の図 3 に示し、和田丸の感情表現方法を表 2 に示す。

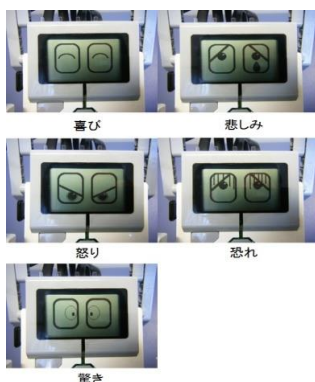


図 3 和田丸の各表情

Figure 3 Expression of Wadamaru.

表 2 和田丸の感情表現方法

Table 2 Emotional Expression Method of Wadamaru.

感情表情方法	表情	表情と動き	表情と動きと音
喜び	喜びの表情をする。	喜びの表情で一回転する。	喜びの表情で一回転し、「ビューイン」という音を出す。
悲しみ	悲しみの表情をする。	悲しみの表情で両腕を中央から下に下げる。	悲しみの表情で両腕を中央から下に下げ、「ガーン」という音を出す。
怒り	怒りの表情をする。	怒りの表情で両腕を床にたたきつけるイメージで三回上下させる。	怒りの表情で両腕を床にたたきつけるイメージで三回上下させ、「ドン」という音を出す。
驚き	驚きの表情をする。	驚きの表情で両腕を中央から素早く上に挙げる。	驚きの表情で両腕を中央から素早く上に挙げ、「ドキン」という音をだす。
恐れ	恐れ の表情をする。	恐れ の表情で本体を細かく振動するように動かす。	恐れ の表情で本体を細かく振動するように動かし、「カタカタカタ」という音をだす。

### 3.3.4 その他の機能

#### (1) タッチセンサー機能

和田丸の頭部と手に装着されているタッチセンサー(図 4)は、タッチセンサーが押されたかどうかを判断することができる。頭部のセンサーが押されたなら表情と動きと音を用いて喜びの感情表現を行う。一方で、手のセンサーが押されたなら表情と動きと音を用いて悲しみの感情表現を行う仕様となっている。

#### (2) 心拍数取得

心拍取得ボタンを押すことによって、Nexus7 からリアルタイムで心拍数のデータを受信する仕様となっている。さらに、その受信した心拍数の値が 85 以上であれば、和田丸がその間だけ危険音を出しながら焦りの表情(図 5)を表すようになっている。

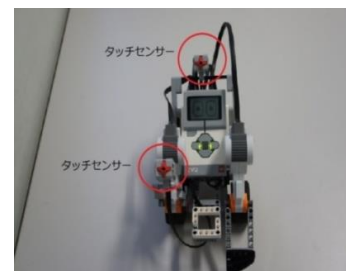


図 4 和田丸の頭部と手に装着されているタッチセンサー

Figure 4 Touch sensors attached to the head and the hands of Wadamaru.



図5 焦りの表情

Figure 5 Expression of impatience.

## 4. 実験

### 4.1 心拍伝達機能を用いた実験

#### 4.1.1 目的

本実験では、和田丸と心拍伝達機能を用いて実験を行い、心拍数の変化を和田丸の表情と音を相手に伝えることによって状況や存在感、感情を伝達できるかを検証した。

#### 4.1.2 環境

遠隔地間を演出するために、和田丸の操縦者と実験協力者はそれぞれ別々の個人のデスク上で実験を行った。操縦者からは和田丸に搭載されているカメラを通して実験協力者を確認しながらやり取りを行う。また、実験協力者は和歌山大学の学生 20 名である。

#### 4.1.3 手順

実験協力者はデスク上に和田丸を 10 分間置き、和田丸を観察する。なお、和田丸の操縦者の心拍数が 85 以上になると、和田丸の表情を変化させると同時に大きな音を出す。心拍数の変化による和田丸の表情の変化の様子を変化前(図 6)と変化後(図 7)に分けて図に示す。また、10 分間の間に最低でも一回はアクションを起こすこととする。この実験の最後にアンケートに記入する。



図 6 心拍数の変化前(心拍数が 84 以下)

Figure6 Before the change of heart rate ( Heart rate is 84 or less. )

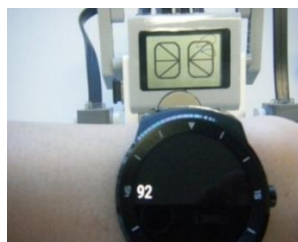


図 7 心拍数の変化後(心拍数が 85 以上)

Figure7 After the change of heart rate ( 85 or more heart rate. ).

### 4.2 感情伝達機能を用いた実験

#### 4.2.1 目的

本実験では和田丸を使用し、遠隔地にいる相手に感情伝達をする際に、「表情」、「表情と動き」、「表情と動きと音」の組み合わせの中でどの組み合わせが一番相手に感情を伝達できるのかを検証する。また、その際に相手の存在感を感じることや相手の状況がわかることは相手が感情が伝わると思うことに関係しているのかを検証する。さらに、それぞれの組み合わせの中で有意差がでるのかを考察する。

#### 4.2.2 環境

和田丸の操縦者と実験協力者の間には、遠隔地間を演出するためにホワイトボードを両者の間に設置し実験を行った。操縦者からは和田丸に搭載されているカメラを通して実験協力者を確認しながらやり取りを行う。実験協力者は和歌山大学の学生 20 名である。

#### 4.2.3 手順

実験協力者は和田丸の「表情」、「表情と動き」、「表情と動きと音」による感情表現をそれぞれの感情表現方法に対して 5 シーン見て、「喜び」、「悲しみ」、「怒り」、「驚き」、「恐れ」の選択肢の中でどれが一番適切な感情かを重複ありで選択する。一つのシーンが終わるごとにアンケートに記入する。

### 4.3 インタラクション実験

#### 4.3.1 目的

本実験では、和田丸を用いて遠隔地にいる相手に感情伝達をする際に、遠隔地側にいる和田丸と遠隔地にいる人との間にインタラクションを生じさせることで、感情伝達にどのような影響を及ぼすかを検証する。

#### 4.3.2 環境

和田丸の操縦者と実験協力者の間には、遠隔地間を演出するためにホワイトボードを両者の間に設置し実験を行った。こちらからは和田丸に搭載されているカメラを通して実験協力者を確認しながらやり取りを行う。また、実験協力者は和歌山大学の学生 20 名である。

#### 4.3.3 手順

実験協力者はこちらで用意した問題の中から一枚選び、選んだ問題を和田丸に搭載しているカメラを通して和田丸の操縦者に提示する。操縦者が和田丸を用いて正解だと思う問題の答えが書かれている紙をタッチして解答する。その解答が正解または不正解ならば、実験協力者は和田丸に装着されているタッチセンサーをタッチする。この流れを、実験協力者が問題に正解するパターンと、実験協力者は問題に不正解になる 2 つのパターンに分けて行う。正解パターンでは、和田丸の頭部のタッチセンサーをタッチすることで、和田丸が表 2 の「喜び」の動作をする。一方の不正解パターンは、和田丸の手のタッチセンサーをタッチし、和田丸が表 2 の「悲しみ」の動作をする。

この実験の終了後にアンケートに記入する。また実験の

例を以下の図 8 に示す。

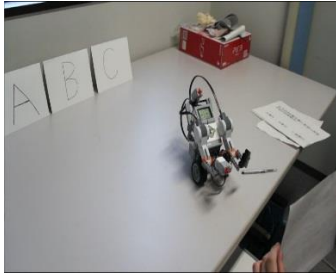


図 8 インタクション実験の例

Figure8 Example of interaction experiment.

## 5. 実験結果および考察

### 5.1 心拍伝達実験の結果

心拍伝達機能を用いた実験の結果を表 3 に示す。表 3 は最も低い評価である 1 を「全くそう思わない」とし、最も高い評価である 5 を「強くそう思う」とする 5 段階で評価した。

表 3 心拍伝達機能を用いた実験のアンケート結果

Table 3 Questionary results of experiments using the heart rate transmission function.

	平均値	中央値	最頻値
心拍数が上がった時に変化した音や表情は適切でしたか?	3.8	4.0	4.0
相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることで感情伝達はできると思いましたか?	3.5	4.0	4.0
相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることにより相手の感情が伝わると思いましたか?	3.4	3.0	3.0
相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることにより相手の状況が分かると思いましたか?	4.0	4.0	4.0
相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることにより相手の存在感が感じられると思いましたか?	4.3	4.0	4.0
心拍数の変化による感情伝達は楽しいと思いましたか?	3.9	4.0	4.0
心拍数の変化による感情伝達システムをもう一度使いたいと思いませんか?	4.0	4.0	4.0

### 5.2 心拍伝達実験の考察

相関分析として、ノンパラメトリック検定である「スピアマンの順位相関係数」を使用した。

心拍伝達機能を用いた実験の結果より、表 3 から「相手の心拍数の変化が和田丸の表情と音で分かることにより相手の状況が分かると思いましたか?」の平均値は 4.0 であった。この結果より、心拍数の変化を EV3 ロボットの表情と

音を用いて伝えることで、相手の状況を伝えることができるのではないかと考えられる。

また、「相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることにより相手の存在感が感じられると思いましたが?」の平均値は 4.3 であった。この結果より、心拍数の変化を和田丸の表情と音で相手に伝えることにより、相手に存在感を与えることができるのではないかと考えられる。これらの結果の要因として、相手の心拍という生体情報を用いているので、相手を感じられるからだと推測される。「相手の感情が伝わると思いましたか?」の質問項目に関しては、平均値が 3.4 となっており、感情は十分には伝達できないと考えられる。

相関分析として、ノンパラメトリック検定である「スピアマンの順位相関係数」を使用した。「相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることにより相手の感情が伝わると思いましたか?」と「心拍数の変化による感情伝達システムをもう一度使いたいと思いませんか?」との質問項目間で相関係数(0.73)の強い相関が得られた。このことから、相手の心拍数の変化が EV3 ロボットの表情と音で分かることにより相手の感情が伝わるほど、心拍数の変化による感情伝達システムをもう一度使いたいと思っていると推測される。

### 5.3 感情伝達実験の結果

感情伝達実験のアンケート結果を表 4 から 6 に示す。表 4 は最も低い評価である 1 を「全くそう思わない」とし、最も高い評価である 5 を「強くそう思う」とする 5 段階で評価した。また、平均値、中央値、最頻値の結果は、正答した場合の評価値のみで計算している。なお、表情を用いた感情伝達実験の結果を(1)に、表情と動きを用いた感情伝達実験の結果を(2)に、表情と動きと音を用いた感情伝達実験の結果を(3)とする。

#### (1)表情を用いた感情伝達実験の結果

恐れ以外の各表情の評価は、全体的に平均値が 4.1 から 4.6 と高かったが、恐れの評価に関しては 3.7 と低かった。

表4 表情を用いた感情伝達実験のアンケート結果

Table4 Questionnaire result of emotion transmission experiments using facial expressions.

表情による感情表現	平均値	中央値	最頻値
EV3 ロボットの表情による感情伝達はできると思いましたか?	4.1	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情による感情伝達により相手の感情が伝わると思いましたか?	3.6	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情によって相手の状況が分かると思いましたか?	2.7	3.0	3.0
EV3 ロボットの表情によって相手の存在感を感じると思いましたか?	2.8	3.0	3.0
EV3 ロボットの表情による感情伝達は楽しいと思いましたか?	3.9	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情による感情伝達システムをもう一度使いたいと思えますか?	3.4	3.0	4.0

(2)表情と動きを用いた感情伝達実験の結果

表情と動きで行った感情表現(「喜び」、「悲しみ」、「怒り」、「驚き」、「恐れ」)の評価は、全体的に平均値 4.3 から 4.6 と高評価であった。

表5 表情と動きを用いた感情伝達システムのアンケート結果

Table5 Questionnaire result of emotion transmission system using facial expressions and movement.

表情と動きによる感情表現	平均値	中央値	最頻値
今までロボットを使ったことがありますか?	1.8	2.0	2.0
EV3 ロボットの表情と動きによる感情伝達はできると思いましたか?	4.2	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情と動きによる感情伝達により相手の感情が伝わると思いましたか?	4.2	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情と動きによって相手の状況が分かると思いましたか?	3.1	3.0	3.0
EV3 ロボットの表情と動きによって相手の存在感を感じると思いましたか?	3.5	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情と動きによる感情伝達は楽しいと思いましたか?	4.2	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情と動きによる感情伝達システムをもう一度使いたいと思えますか?	4.0	4.0	4.0

(3)表情と動きと音を用いた感情伝達実験の結果

表情と動きと音で行った感情表現(「喜び」、「悲しみ」、「怒り」、「驚き」、「恐れ」)の評価は、平均値 4.6 から 4.7 とすべて高評価であった。

表6 表情と動きと音を用いた感情伝達システムのアンケート結果

Table6 Questionnaire result of emotion transmission system using facial expressions, movement, sound.

表情と動きと音による感情表現	平均値	中央値	最頻値
今までロボットを使ったことがありますか?	1.8	2.0	2.0
EV3 ロボットの表情と動きと音による感情伝達はできると思いましたか?	4.4	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情と動きと音による感情伝達により相手の感情が伝わると思いましたか?	3.6	3.0	3.0
EV3 ロボットの表情と動きと音によって相手の状況が分かると思いましたか?	3.4	3.0	3.0
EV3 ロボットの表情と動きと音によって相手の存在感を感じると思いましたか?	3.7	4.0	4.0
EV3 ロボットの表情と動きと音による感情伝達は楽しいと思いましたか?	4.6	5.0	5.0
EV3 ロボットの表情と動きと音による感情伝達システムをもう一度使いたいと思えますか?	4.4	4.5	5.0

5.4 感情伝達実験の考察

表7は、和田丸の「表情」、「表情と動き」、「表情と動きと音」を用いた感情伝達システムのアンケート結果の平均値で有意差検定を行った表である。有意差検定として三群以上の比較のノンパラメトリック検定である「クラスカル・ウォリス」を使用したものである。「\*\*」はP値が1%以下で有意差があることを示す。また「\*」はP値が5%以下の有意差を示す。

和田丸を用いた感情伝達実験の結果(表7)より、「感情伝達はできると思いましたか?」の質問項目に対する平均値が表情のみでは4.1、表情と動きでは4.2、表情と動きと音では4.6という結果になった。この結果から表情で感情伝達をするよりも動きや音をつけることによって評価が上がる事が分かった。特に、音を追加したときに高評価となることが分かった。このような結果になったのは、和田丸が感情表現をする際に発する音の選定が適切だったからで

はないかと考えられる。また、表 7 より表情、表情と動きの結果より表情と動きと音の結果の方が評価はすべて高くなっていた。さらに、相手の感情が伝わるかという質問項目に関しては平均値が順に、表情が 3.6、表情と動きが 4.2、表情と動きと音が 4.4 であることから相手の感情が伝わっていると考えられる。相手の状況がわかるかという質問項目に対しては平均値が順に、表情が 2.7、表情と動きが 3.1、表情と動きと音が 3.7 と評価が低い。また、相手の存在感を感じるかという質問項目に対しては平均値が順に、表情が 2.8、表情と動きが 3.5、表情と動きと音が 3.7 と評価が低い。これより、相手の感情は分かるが相手の状況と相手の存在感までは十分には分からないということが考えられる。

相関分析として、ノンパラメトリック検定である「スピアマンの順位相関係数」を使用した。「感情伝達は楽しいと思いましたが?」と「システムをもう一度使いたいと思いませんか?」との質問項目間で相関係数(0.83)の強い相関が得られた。このことより、感情伝達を楽しんでいる人ほどシステムをもう一度使いたいと思っていることが分かる。

表 7 「表情」と「表情と動き」と「表情と動きと音」の有意差検定結果

Table 7 Significant Difference Test Results of the " facial expression " and " facial expression and movement " and " facial expression , movement , sound ".

	表情	表情と動き	表情と動きと音
EV3 ロボットの表情による感情伝達はできると思いましたか?	4.1	4.2	4.6*
EV3 ロボットの表情による感情伝達により相手の感情が伝わると思いましたか?	3.6	4.2	4.4**
EV3 ロボットの表情によって相手の状況が分かると思いましたが?	2.7	3.1	3.4*
EV3 ロボットの表情によって相手の存在感が感じると思いましたか?	2.8	3.5*	3.7**
EV3 ロボットの表情による感情伝達は楽しいと思いましたが?	3.9	4.2	4.6*
EV3 ロボットの表情による感情伝達システムをもう一度使いたいと思いませんか?	3.4	4.0*	4.4**

## 5.5 インタラクション実験の結果

和田丸を用いたインタラクション実験の結果を表 8 に示す。表 8 は最も低い評価である 1 を「全くそう思わない」とし、最も高い評価である 5 を「強くそう思う」とする 5 段階で評価した。

表 8 インタラクションの実験結果

Table 8 Interaction of the experimental results.

	平均値	中央値	最頻値
EV3 ロボットとクイズを使った感情伝達はできると思いましたか?	4.2	4.0	4.0
クイズに正解したときに頭をタッチされた EV3 ロボットのリアクションを見て、面白いと思いましたが?	4.7	5.0	5.0
クイズに正解したときに頭をタッチされた EV3 ロボットのリアクションを見て、そのロボットが表す感情が伝わりましたか?	4.7	5.0	5.0
クイズに不正解したときに手をタッチされた EV3 ロボットのリアクションを見て、面白いと思いましたが?	3.6	4.0	4.0
クイズに不正解したときに手をタッチされた EV3 ロボットのリアクションを見て、そのロボットが表す感情が伝わりましたか?	4.3	4.0	4.0
EV3 ロボットとクイズを使った感情伝達は相手の存在感が感じると思いましたか?	4.5	5.0	5.0
EV3 ロボットとクイズを使った感情伝達は楽しいと思いましたが?	4.5	4.5	4.0
EV3 ロボットとクイズを用いて行った感情伝達システムをもう一度使いたいと思いませんか?	4.1	4.0	4.0

## 5.6 インタラクション実験の考察

インタラクション実験の結果(表 8)から全体的に評価が高いことが分かった。相手の存在感に関しては、表 3 の心拍伝達機能と同じくらい高い。また、感情伝達も表 6 の感情伝達機能と同じくらい高い。インタラクションは離れたところで情報を伝達する場合、必須であると考えられる。また、クイズ不正解時よりクイズ正解時の方がリアクションに対する評価は高くなっていることが分かる。これはクイズ正解時の和田丸のリアクションを見て面白いと思うことで、感情が伝わったのではないかと推測される。一方で、クイズに不正解時の和田丸のリアクションを見てあまり面

白いと感じなかったことで、正解時よりも感情が伝わらなかったのではないかと推測される。

相関分析として、ノンパラメトリック検定である「スピアマンの順位相関係数」を使用した。『クイズに正解したときに頭をタッチされた EV3 ロボットのリアクションを見て、面白いと思いませんか?』と「EV3 ロボットとクイズを使った感情伝達は楽しいと思いませんか?」との質問項目間で相関係数(0.73)の強い相関が得られた。このことから、クイズに正解したときに頭をタッチされた EV3 ロボットのリアクションを見て面白いと思うほど、EV3 ロボットとクイズを使った感情伝達は楽しいと思っていることが分かる。

## 6. おわりに

本研究では、離れた場所にいる人とロボットを介して情報伝達を行うために、心拍伝達機能と感情伝達機能をもつ感情伝達システムを開発し、実験を行った。その結果から以下のことが分かった。

(1)心拍伝達機能のみを用いて感情伝達を行った結果、相手の状況(平均値 4.0)が分かり、また相手の存在感(平均値 4.3)を感じるということができると推測された。

(2)感情伝達機能のみを用いて感情伝達を行った結果、和田丸の表情と動きと音で感情伝達(平均値 4.4)を行えば相手に感情を伝達できることが推測された。

(3)感情伝達機能のみとタッチセンサーを用いたインタラクション実験の結果は存在感も感情伝達も全体的に高評価であることが分かった。

今後はシステムのインタフェースを改良する予定である。

## 参考文献

- [1]中島英之:ソーシャルテレプレゼンスとロボティクス, 日本ロボット学会誌 Vol. 29 No. 1, pp. 23-26 (2011).
- [2] Mehrabian, A. : Nonverbal communication, Aldine-Atherton (1972).
- [3]舘暲, 阿部稔: テレグジスタンスの研究第1報, 第21回 SICE 学術講演会予稿集, pp167-168 (1982).
- [4]舘暲: 人工現実感, 日刊工業新聞社 (1992).
- [5]田中文英, 高橋利光, 松添静子, 田沢奈緒, 森田昌彦: 世界の子供達をつなぐ遠隔操作ロボットシステム, 人工知能学会全国大会論文集 27, pp.1-4 (2013).
- [6]Paulos, E. and Canny, J. : Social Tele-embodiment, Understanding presence, Autonomous Robots, Vol. 11, No. 1, pp.87-95 (2001).
- [7]小山慎哉, 上坂純一, 葛岡英明, 山崎敬一: ロボットを介した遠隔コミュニケーションに関する研究, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会SI2002, pp.93-94 (2002).
- [8]坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博: 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 12, pp.3729-3738

(2007).

[9]鈴木雄介, 福島寛之: OKI テクニカルレビュー, 第 213号, Vol. 75, No. 2, pp22~25 (2008).

[10]山岡史享, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博: 遠隔操作型コミュニケーションロボットとのインタラクションにおける印象評価, 情報処理学会論文誌, Vol48, No. 11, pp.3577-3587 (2007).

[11]長谷川孔明, 中内靖: 無意識的な身ぶりを表出するテレプレゼンスロボットの提案, HAIシンポジウム2011, III-1 B2 (2011).

[12]エクマン, P. , フリーセン, W. V. , 工藤 力 (訳): “表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる”, 誠信書房, 東京 (1987).