

ロボット操作者が感じる社会的テレプレゼンスの分析

村上 友樹 中西 英之 野上 大輔 石黒 浩
大阪大学大学院 工学研究科 知能・機能創成工学専攻

近年、ビデオ会議が可能な遠隔操作ロボットが多数販売されている。本論文ではそのようなロボットの移動が操作者の感じる社会的テレプレゼンスを強化することを示す。カメラを搭載したロボットを用いて、回転のみ、あるいは前後移動のみを操作者に操作させたり、ロボットを自動操縦で移動させたりして比較実験を行った。その結果、操縦者が自ら前後移動操作をする場合のみ、有意に社会的テレプレゼンスが強化されることが分かった。

Analysis of Social Telepresence Experienced by a Robot's Operator

Yuki Murakami Hideyuki Nakanishi Daisuke Nogami Hiroshi Ishiguro
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

Recently, various robots capable of having a video chat with distant people have become commercially available. This paper shows that the movement of these robots enhances the social telepresence that the robot operator feels. We conducted an experiment where a human subject was allowed to control the robot to move forward or backward, to rotate right and left. In addition, we contrasted this with the case where the robot was not controlled by the subject. In this experiment we found that the social telepresence was enhanced only when subject control the robot to move forward or backward.

1. はじめに

近年、さまざまな研究によって社会的インタラクションにおけるテレプレゼンスロボットの有用性が明らかにされている。広い視野角のビデオ映像による没入感が、対面環境に近い視覚的コミュニケーションを実現する上で重要な役割を果たす[1, 2]。テレプレゼンスロボットの身体性を利用することによって、非言語的手がかり（例えば指示[3]、唇の動き[4]、頭の動き[5]、体の動き[6]）を用いたコミュニケーションが可能となる。また、テレプレゼンスロボットの機動性を利用することで、多くの人がいる環境（例えば大学内の建物[7, 8]や博物館[9, 10]）において偶然出会った人と会話を始めるといったようなインフォーマルコミュニケーションを実現することが可能である。既存の研究において、テレプレゼンスロボットの有用性は、明らかに没入感、身体性、機動性が必要とされるタスクを用いて検証されてきた。それゆえ、既存研究で示された有用性はそこで用いられたタスク独特のものである可能性がある。

近年、自宅警備、ペットの安全確保、あるいは家族や同僚と話すとといった社会的相互作用などを実現することができるようなロボットが販売されている[11, 12, 13, 14, 15]。これらの家庭用テレプレゼンスロボットは社会的相互作用のための最低限の装備を搭載してい

る。それは遠隔地の風景を写すためのカメラ、双方向に音声通話を行うためのスピーカとマイク、遠隔地の映像を見ながらロボットを操作し、音声チャットを行うことが可能なウェブブラウザを基にしたユーザインタフェースである。そのようなロボットに搭載されたカメラのビデオ映像はそれほど没入感のあるものではない。なぜなら、カメラの視野角はそれほど広くなく、ほとんどの場合立体視のできるステレオ映像を用いていないからである。また、身振り手振りの機能もほとんどのロボットに搭載されていない。さらに、多くの場合車輪が小さすぎて、大学内の建物や博物館などの広い公共空間を動き回ることができない。家庭用テレプレゼンスロボットにおいては、没入感、身体性、機動性を十分に発揮するような機能が搭載されているとは言えず、ロボットが本当に社会的相互作用において有用であるかは疑問である。

そこで本論文では、社会的テレプレゼンスに着目する。社会的テレプレゼンスとは遠隔地の対話者と同じ空間で対面している感覚、すなわち、対面環境にどれだけ近いかということである。没入感、身体性、機動性に加えて、我々は社会的テレプレゼンスがテレプレゼンスロボットのもうひとつの利点であることを示す。さらに家庭用のテレプレゼンスロボットでも、社会的テレプレゼンスを強化できることを示す。テレプレゼンスロボットの操作者が感じる社会的テレプレゼンスを調査するために、本研究では、没入感、身体

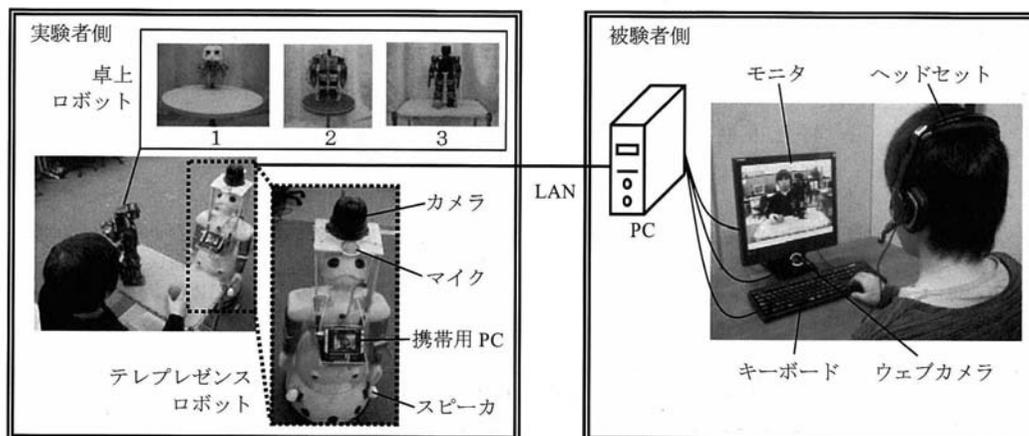


図1. 実験環境

性、機動性を本来必要としないようなタスクを用いた。そのタスクとは遠隔地からの研究室見学である。被験者が遠隔地からテレプレゼンスロボットを操作し、実験者から卓上ロボットの説明を受けるというタスクを用いて実験を行った。テレプレゼンスロボットにはカメラを取り付け、被験者はそのカメラを通して実験者と卓上ロボットを見ることができる。また、被験者はテレプレゼンスロボットに搭載したマイクとスピーカを通して実験者と会話することができる。基本的にこの遠隔地からの研究室見学というタスクにおいてテレプレゼンスロボットは必要ではない。テレプレゼンスロボットがまったく動かない状態では、実験者と被験者とのインタラクションは一般的なビデオ会議システムのものと同じである。被験者が自由にテレプレゼンスロボットを操作できる場合でも、被験者は実験者が着席したテーブルに接近する際のみロボットを動作させ、実験者と会話している間はほとんどロボットを操作しなかった。我々はこのように、タスクの実行とは直接関係しない部分における違いにどのような効果があるかを観測した。本論文の構成は以下のようになる。次の章で社会的テレプレゼンスに関する既存研究とそれに基づく仮説について説明する。第3章では本研究で行った実験について説明する。第4章では実験結果を示す。第5章で考察を述べ、第6章でまとめる。

2. 既存研究に基づく仮説

本研究では、家庭用テレプレゼンスロボットをロボットに搭載されたカメラとしてモデル化した。ロボットが可能な動作は、テレプレゼンスロボットの一般的な動作である前進、後退の移動と、左右の回転動作である。ほとんどの家庭用テレプレゼンスロボットはカメラの視野角は広くなく、映像はステレオ映像ではないので、本実験で使用したカメラも視野角はあまり広くないものを用い、ステレオ映像も用いなかった。

ビデオ映像は遠隔地間の会議において社会的テレプレゼンスを強化する[16]。ビデオ会議に関する既存研究によると、アイコンタクト[17][18]、対話者の等身大映像、立体視可能なステレオ映像[19][20]は社会的テレプレゼンスを強化することが分かっている。アイコンタクトや等身大映像はカメラがロボットに搭載されているかどうかとは独立した要因である。それゆえ、我々はこれらの要因は検証しなかった。ロボットに搭載されたカメラからのビデオ映像に関しては、立体視はできないが、ロボットが移動する際の運動視差で奥行き手がかりを発生させることが可能である。ラリーカーの操縦席に搭載されたカメラの映像を見た被験者は、ステレオ映像による立体視よりも大きなテレプレゼンスを運動視差によって感じたという報告もある[21]。したがって、我々はロボットが移動した際に社会的テレプレゼンスが強化されると予測した。さらに、ロボットの回転は運動視差を発生させないので、社会的テレプレゼンスを強化する作用は無いのではないかと推測した。以上の考察により、我々は以下の仮説を立てた。

仮説1：ロボットが回転動作を行わなくても、ロボットの移動は社会的テレプレゼンスを強化する。

テレプレゼンスには次の3つの要素があると考えられる。それはセンサ情報、センサ操作、環境変更能力である[22]。本研究においては、センサ情報は仮説1で問題にしている運動視差に対応している。また、テレプレゼンスロボットをどれだけ自由に操作できるかが、センサ操作と環境変更能力に対応している。したがって、我々はそれらの要素を調べるために、ロボットを自由に操作できるかどうかの違いにどのような効果があるかを観測することにした。操作者が自らロボットを自由に操作できる条件では、ロボットが自動的に移動するという自由に操作できない条件より、社会的テレプレゼンスは強化されると我々は推測した。

神経学的な既存研究によると、人が自己発生的動作と外部発生的動作を区別できる理由は、予測フィード

フォワードモデルによって説明できるとしている[23]。操作者が自らロボットを操作する場合、ロボットの動作は操作者に予測されたものであるが、自動的にロボットが動作する場合はそうではない。それゆえ、我々は操作者が自らロボットを操作した場合、ロボットの移動は操作者の身体の移動として操作者に認識されるのではないかと考えた。その結果、我々は次のような仮説を追加した。

仮説 2：操作者が自らロボットを操作した場合、ロボットが自動的に移動した場合より社会的テレプレゼンスが強化される。

3. 実験方法

3.1 タスク内容

被験者は操作室に入り、遠隔地から我々の研究室の見学を行った。研究室は操作室と同じ建物の別の階にある。被験者が操作するテレプレゼンスロボットの前で、実験者は我々が別の研究プロジェクトで開発した卓上ロボットを紹介した(図1)。テレプレゼンスロボットに搭載されたカメラを通して、被験者はテーブルの上に置かれた卓上ロボットと実験者の上半身を見ることができた。テレプレゼンスロボットに搭載されたマイクとスピーカを通して被験者は実験者と会話を行った。

図2に遠隔地からの研究室見学タスクの流れを示す。各卓上ロボットの説明はそれぞれ3分弱、タスク終了までの時間は10分弱であった。実験者は卓上ロボットを説明した後、図に示したような質問を被験者ごとに毎回同じように行った。被験者が次のテーブルの方へテレプレゼンスロボットを移動させるのには通常20秒弱の時間がかかった。

3.2 実験環境

実験は2008年の3月上旬から2008年の4月上旬に、我々の研究室の実験室で行った。実験には大学のキャンパス内の同じ建物の別々の階にある2つの部屋を使用した。実験環境を図1に示す。片方の部屋では、被験者が机の前に座り、キーボードのカーソルキーを押してロボットを操作した。被験者はパソコンのモニタに表示されたビデオ映像を観ることができ、ヘッドセットを装着して実験者と会話を行った。もう一方の部屋では、実験者がテーブルの前に座り、被験者が操作するロボットに向かって卓上ロボットを紹介した。

我々が使用したロボットは高さ100cmのインターネットを通して操作可能な家庭用ロボット[24]、ネットワークカメラ[25]、インターネット通話のできるソフトが動作した携帯型パソコン[26]、バウンダリマイク、スピーカで構成されていた。テレプレゼンスロボットは被験者のパソコンと建物のローカルエリアネットワークで接続され、インターネットを通してアクセ

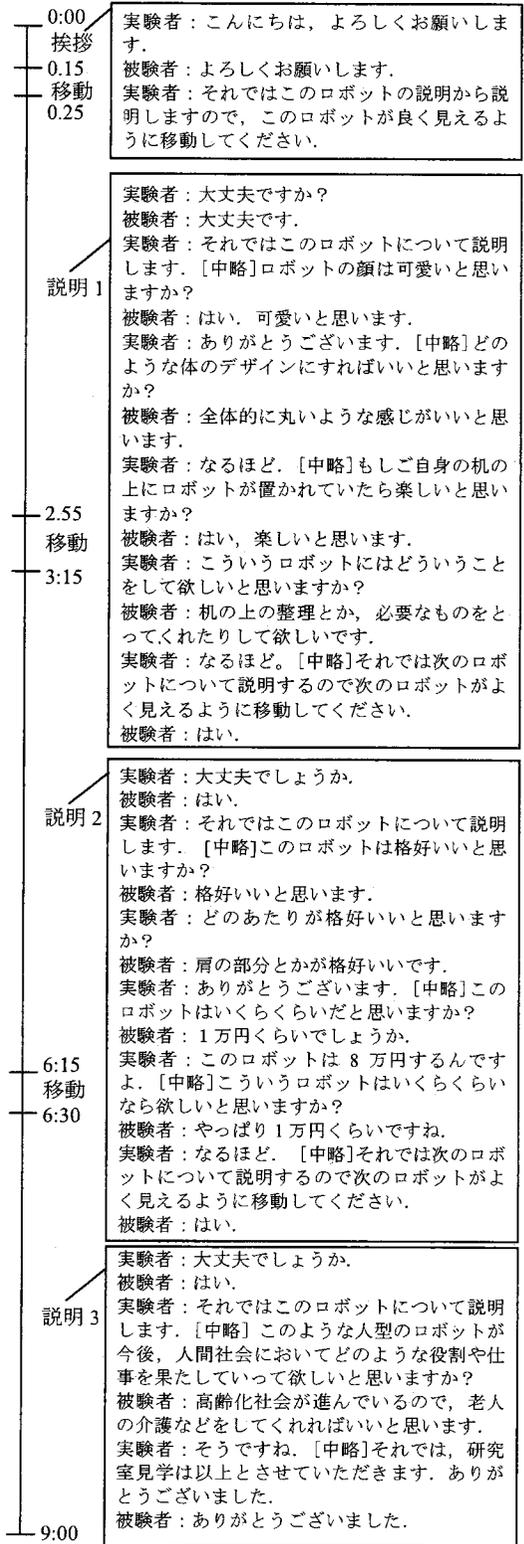


図2. タスクの流れ

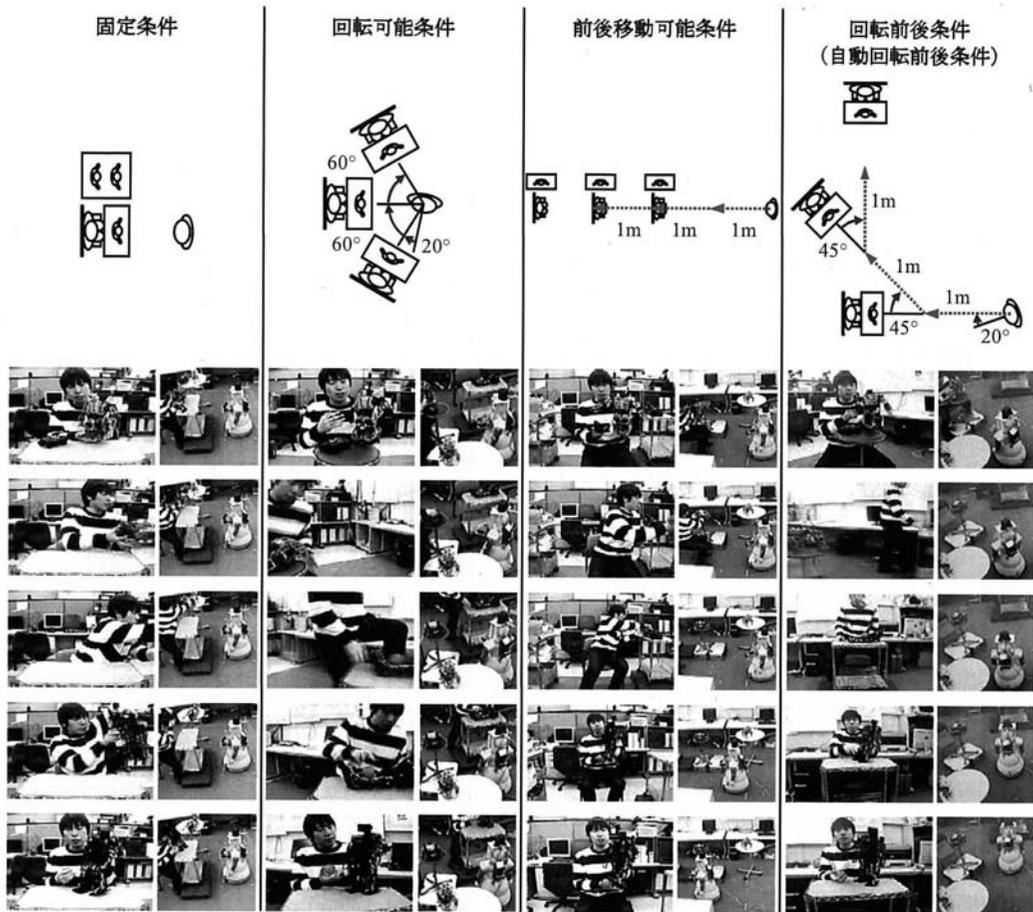


図3. 各条件におけるロボットの回転及び移動経路

スできた。操作室においては、パソコンをモニタに接続し、ロボットに搭載されたカメラの映像を写した。また、ロボットを操作するためのキーボード、インターネット通話ソフトを通して会話するためのヘッドセット、被験者の顔を写すウェブカメラを接続した。ロボットに搭載されたカメラは被験者が実験者の顔と卓上ロボットを同時に自然なかたちで見ることができるように、実験者の顔と同じ高さに搭載した。アイコンタクトが社会的テレプレゼンスに影響を与えるので [17]、我々は被験者の顔を写す携帯型パソコンをアイコンタクトの影響を排除するために適度に低い位置に搭載した。被験者のほとんどが、実験者は携帯型パソコンのモニタを見続けていてアイコンタクトはできなかったと認めた。

ビデオ映像の仕様は以下の通りである。解像度は 352×240 画素であり、17インチのモニタにフル画面で表示した。フォーマットは Motion JPEG を用いた。JPEG 画像 1 枚あたりのサイズは 15 キロバイトで、フレームレートは秒間 30 フレームだった。水平

方向の視野角は 51 度で、遅延は 0.2 秒以下だった。他の仕様に関しては、音声通信の遅延が 0.3 秒以下、ロボットの回転速度が秒速 30 度、移動速度が秒速 3 メートルであった。

3.3 実験条件

2つの仮説を検証するために我々は5つの条件を用意した。それは、固定、回転可能、前後移動可能、回転前後、自動回転前後の5条件である。3つのテーブルの位置と各条件におけるロボットの回転および移動経路は図3のようになる。図3では2つ目のテーブルから3つ目のテーブルへ動く間の写真を示している。左側の写真は被験者がモニタで見たビデオ映像の写真であり、右側の写真は実験者側の部屋の天井に取り付けられたカメラで記録した映像から切り取った写真である。各条件の詳細について以下で説明する。

固定条件：この条件は一般的なビデオ会議システムと同様である。ロボットの位置と角度は固定する。実

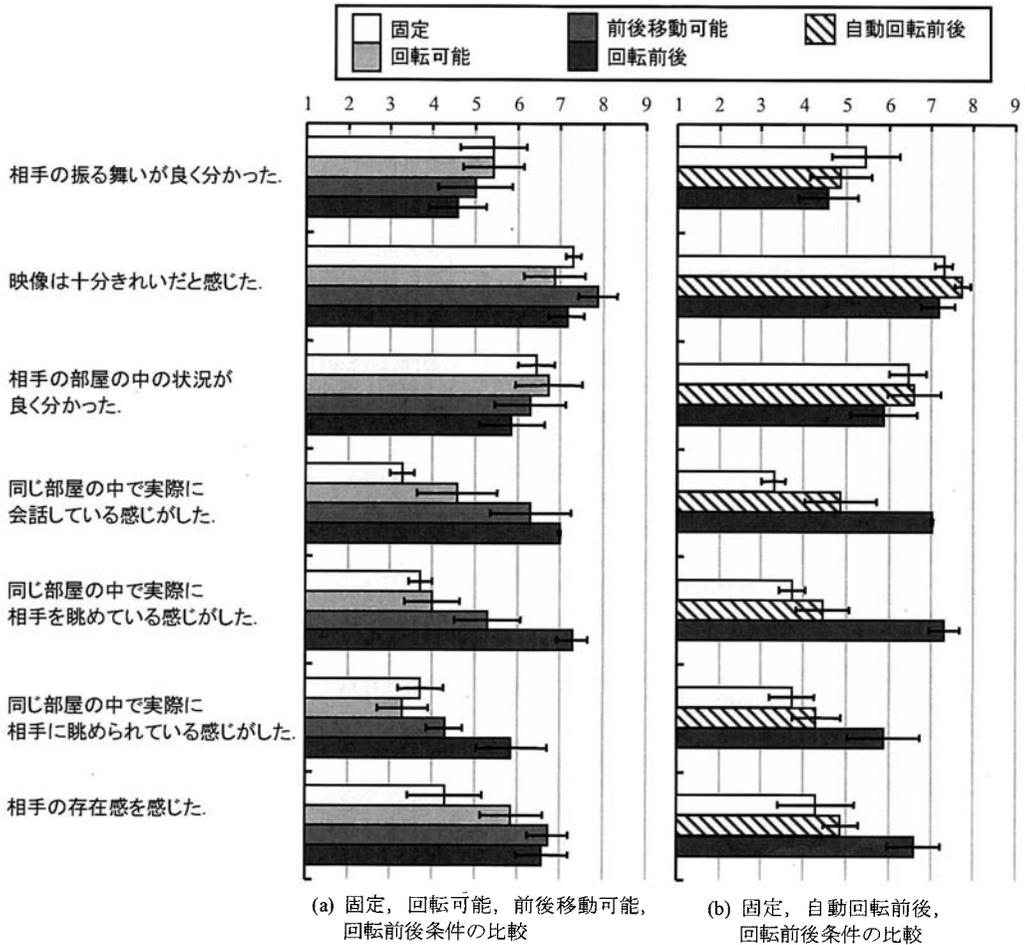


図4. 実験結果

験者は3つの卓上ロボットをロボットの前に置かれた1つのテーブルの上で説明した。

回転可能条件: この条件では、被験者は視線の方向を変えるためにロボットを左右に回転させることができる。しかし、ロボットの位置を移動させることはできない。実験者は3つのテーブルそれぞれで卓上ロボットを説明した。3つのテーブルはロボットの方向に向けて同一円上に配置した。被験者は1つ目のテーブルの方を向くために約20度ロボットを回転させ、また2つ目、3つ目のテーブルの方を向くためにそれぞれ約60度ずつロボットを回転させた。

前後移動可能条件: この条件においては、被験者はロボットを前後に移動させることが可能だが、回転させることは不可能である。実験者は各テーブルから卓上ロボットを手に取り、説明を行った。3つのテーブルは直線上に配置した。被験者は実験者に近づくためにそれぞれ約1メートルずつ移動した。

回転前後条件: この条件では被験者はロボットの回転および前後移動を自由に行うことができる。実験者は3つのテーブルそれぞれで卓上ロボットを説明した。3つのテーブルは各テーブルに移動する際に回転と前後移動の両方の操作をする必要があるように配置した。被験者の典型的な操作は以下の通りである。まず、最初のテーブルに接近するために右に約20度回転し、約1メートル前進した。さらに、2番目と3番目のテーブルに接近するためにそれぞれ右に約45度回転し、約1メートルずつ前進した。

自動回転前後条件: この条件では、卓上ロボットを説明する実験者とは別の実験者が、被験者の代わりにロボットを操作した。被験者にはロボットは自動的に移動すると説明し、実験後、確かに被験者はロボットが自動的に動いていたかと思っていたということを確認した。実験者は3つのテーブルそれぞれで卓上ロボットを説明した。3つのテーブルは回転前後条件と同様

に配置した。実験者は回転前後条件における被験者の操作を正確に模倣した。

3.4 被験者と実験手順

我々の大学の近くに住む35人の大学生が実験に参加した。年齢は18から24歳であった。我々は実験の参加に対して被験者に謝金を支払った。各条件につき7人の学生が参加した。固定条件、回転可能条件、前後移動可能条件には3人の女性と4人の男性が参加した。回転前後条件と自動回転前後条件には2人の女性と5人の男性が参加した。

各実験には被験者への実験の説明などを含めて約1時間を要した。被験者が部屋に着いた際、被験者には契約書に署名してもらった。その後、実験者の部屋のテレプレゼンスロボットと同じロボットを被験者に見せた。そして、ロボットに搭載されたカメラからのビデオ映像がモニタに表示され、ウェブカメラで捉えた被験者の顔の映像がロボットに搭載された携帯型パソコンのモニタに表示されるということを説明した。この説明の際、被験者と実験者がお互いを見ることができるということを強調した。被験者がロボットを操作できる条件においては、ロボットの操作方法を説明し、実験者が被験者に話している際であっても、いつでもロボットを操作できるということを強調した。そして、ヘッドセットとキーボードの位置を調整して、タスクを開始するように被験者に伝えた。タスク終了後に、被験者はアンケートを記入した。最後に、被験者を実験者の部屋に連れて行き、インタビューに答えてもらった。

3.5 分析方法

我々は主観的測度を用いて分析を行った。アンケートにより、以下の質問項目に関して被験者の印象を尋ねた。

・映像は十分きれいだと感じた。
我々はビデオ映像の画質の印象の違いを調べるために上記の質問をした。

- ・相手の振る舞いが良く分かった。
- ・相手の部屋の中の状況が良く分かった。

我々は一般的なテレプレゼンスの度合いを調べるために上記の質問をした。

- ・同じ部屋の中で実際に会話している感じがした。
- ・同じ部屋の中で実際に相手を眺めている感じがした。
- ・同じ部屋の中で実際に相手に眺められている感じがした。

- ・相手の存在感を感じた。

我々は社会的テレプレゼンスの度合いを調べるために上記の質問をした。

すべての質問は9段階のリッカート尺度を用いた。1はまったくあてはまらない、3はあてはまらない、5はどちらともいえない、7はあてはまる、9は非常にあてはまるとした。各条件につき7人の被験者が参加したので、各条件につき7個のデータを取得した。

我々は2種類の統計的な分析を行った。まず、回転と前後移動を別々の要因として解析を行った。固定条件を回転なしかつ前後移動なし、回転可能条件を回転ありかつ前後移動なし、前後移動可能条件を回転なしかつ前後移動あり、回転前後条件を回転ありかつ前後移動ありとして、二元配置の分散分析を行った。次に、操作者の操作の効果について調べるために、固定条件と自動回転前後条件と回転前後条件において一元配置の分散分析とTukeyの方法による多重比較を行った。

また、回転可能条件、前後移動可能条件において、以下の質問を行った。

- ・ロボットを簡単に操作することができた。

この質問は回転操作と前後移動操作の間に操作性の違いがないかを調べるために行った。この質問についても他の質問と同様9段階のリッカート尺度を用いた。この質問についても、それぞれの条件に関して7個のデータを取得し、t検定を行った。

4. 実験結果

固定条件、回転可能条件、前後移動可能条件、回転前後条件を比較した結果は図4(a)のようになった。棒グラフは、それぞれの質問における各条件の平均を表している。バーは標準誤差を表している。

各条件を比較すると、社会的テレプレゼンスにおける前後移動の主効果が強く出た。前後移動によって被験者が同じ部屋の中で実際に会話している感覚は有意に増加した($F(1,24)=15.753$, $p<0.001$)。さらに、同じ部屋の中で実際に相手を眺めている感覚も有意に増加した($F(1,24)=18.951$, $p<0.001$)、同じ部屋の中で実際に相手に眺められている感覚も有意に増加した($F(1,24)=6.57$, $p<0.05$)。また、相手の存在感についても優位に増加した($F(1,24)=5.095$, $p<0.05$)。相手の振る舞いの分かりやすさや、相手の部屋の中の状況の分かりやすさには有意差は見られなかった。

回転の主効果と回転と前後移動の交互作用は見られなかった。

ビデオ映像の画質の評価に関しては有意差は見られなかったため、ビデオ映像の画質は結果に影響を与えていないと考えられる。

ロボットが回転しなくても前後移動によって社会的テレプレゼンスが強化されているので、以上の結果は仮説1を支持するものである。回転の主効果が現れなかったのはロボットの前後移動操作が回転操作よりも簡単であったためであるとも考えられる。しかし、図

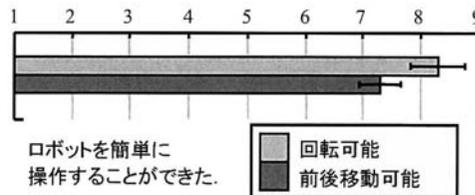


図5. 操作性の比較

5のように、前後移動操作が回転操作より難しいと感じるという傾向があった($t(12)=1.681, p=0.12$)。それゆえ、ロボット操作の簡単さは理由にならないと考えられる。

固定条件、自動回転前後条件、回転前後条件を比較した結果は図4(b)のようになる。同じ部屋の中で実際に会話している感覚に有意差があった($F(2,18)=13.566, p<0.001$)。多重比較によって、回転前後条件において固定条件より有意に上記の感覚が増加していることが分かった($p<0.001$)。さらに、自動回転前後条件よりも有意に増加していることも分かった($p<0.05$)。しかし、固定条件と自動回転前後条件との間には有意差は見られなかった。

また、同じ部屋の中で実際に相手を眺めている感覚においても有意差が見られた($F(2,18)=18.314, p<0.001$)。多重比較によって、回転前後条件において、固定条件より有意に上記の感覚が増加していた($p<0.001$)。また、自動回転前後条件よりも有意に増加していた($p<0.001$)。しかし、固定条件と自動回転前後条件との間には有意差は見られなかった。

他の質問に関しては、有意差は見られなかった。ロボットを操作者が自ら操作した場合、ロボットが自動的に移動する場合より社会的テレプレゼンスが強化されているので、以上の結果は仮説2を支持するものである。自動回転前後条件と固定条件において被験者が常にモニタを見ていなかったことが理由であるとも考えられる。この可能性を調べるために、タスクを実行していたときの被験者を記録していたビデオを調べた。結果、すべての被験者はタスクの実行中常にモニタを見ていることを確認した。したがってビデオ映像への注意の違いが理由となっているわけではないと考えられる。

5. 考察

実験によって、遠隔地のカメラを操作者が自ら操作することで、遠隔地にいる対話者と同じ部屋で対面しているような感覚が増加したことが分かった。前後移動可能条件における被験者のインタビューにおいて、3人の被験者が実験者の部屋にいたような感覚がしたと答え、1人の被験者は実験者が被験者の部屋にいたように感じたと言え、3人の被験者はどちらも感じないと答えた。共有空間が自分の側にあるか相手の側にあるかということは社会的テレプレゼンス独特の興味深い問題である。共有空間がどちらになるかを決定する要因を調べることは今後の課題である。

実験結果は、遠隔地間のインタラクションに一般的に用いられている固定カメラやパンチルトズームカメラでは、社会的テレプレゼンスを強化することは難しいということを示している。したがって、位置の移動が可能であること、すなわち「可動性」が将来的にビデオ映像を用いたコミュニケーションシステムの重要な要素になるかもしれない。実験では、1メートルご

とに3回前進移動をした際の効果のみを調べた。どの方向への移動でも運動視差が発生するので、どの方向への移動でも社会的テレプレゼンスは強化されると考えられる。これを確かめるために、我々は1メートルの左右の平行移動の効果を観測するための小実験を行った。3人の学部生がこの実験に参加した。結果としては、左右の平行移動は前後移動と同様の効果があるようだった。これにより、移動方向は社会的テレプレゼンスの強化の度合いに影響しないと推測される。しかし、移動距離は社会的テレプレゼンスの強化の度合いに影響する可能性がある。

実験結果から、カメラの移動が機械や人によって自動的に行われた場合、社会的テレプレゼンスの強化の度合いは弱くなるかあるいは無くなるということが分かった。それゆえ、カメラの移動はユーザの入力操作を反映して行われる必要がある。今回の実験においては、入力方法に関してはキーボードのカーソルキーのみであった。入力方法は他にも考えられる。移動インタフェース[27]や、音声認識を用いたインタフェース、あるいは脳コンピュータインタフェースなどである。これら様々な入力操作による違いの検証は今後の課題である。

6. おわりに

実験結果から、家庭用テレプレゼンスロボットは操作者に、社会的テレプレゼンスすなわち対話者と同じ部屋で対面しているという感覚を感じさせることができるということが分かった。テレプレゼンスロボットに関する研究では、没入感、身体性、非言語的手がかり、機動性に焦点をおいている。本研究において、ビデオ映像を用いたコミュニケーションシステムにおいては、可動性が社会的テレプレゼンスにおける利点であるということを示した。可動性は、没入感や身体性、機動性からは独立している。可動性は広い視野角やステレオ映像による立体視を必要としない。可動性を付加するには、単に車輪やレールにカメラを取り付けられればよいだけである。可動性に関しては、カメラが近くの人に近づければよいだけであるので、機動性を確保するよりも短い稼働範囲で十分である。社会的テレプレゼンスは様々なタスクにおいて重要である。したがって、我々は可動性がビデオ映像を用いたコミュニケーションシステムに一般的な機能として導入されるべきであると考えた。実験結果によると、運動視差によって社会的プレゼンスが強化される可能性が示唆された。これは物理的な現象によって社会的な現象が引き起こされることを意味する。テレプレゼンスロボットを用いることで物理的な現象と社会的な現象との関係を調べていくことができるかもしれない。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成：ゆらぎプロジェクト」の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1]Jouppi, N.P. First Steps Towards Mutually-Immersive Mobile Telepresence. Proc. CSCW2002, (2), pp.354-363 (2002)
- [2]Tachi, S., Komoriya, K., Sawada, K., Nishiyama, T., Itoko T., Kobayashi, M. Inoue, K., Telexistence Cockpit for Humanoid Robot Control. Advanced Robotics, 17(3), pp.199-217 (2003)
- [3]Kuzuoka, H., Yamazaki, K., Yamazaki, A., Kosaka, J., Suga, Y. and Heath, C. Dual Ecologies of Robot as Communication Media: Thoughts on Coordinating Orientations and Projectability. Proc. CHI2004, pp.183-190 (2004)
- [4]Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H. and Hagita, N. Android as a Telecommunication Medium with a Human-like Presence. Proc. HRI2007, pp.193-200 (2007)
- [5]Morita, T., Mase, K., Hirano, Y. and Kajita, S. Reciprocal Attentive Communication in Remote Meeting with a Humanoid Robot. Proc. ICMI2007, pp.228-235 (2007)
- [6]Ogawa, H. and Watanabe, T. InterRobot: Speech-Driven Embodied Interaction Robot. Advanced Robotics, 15(3), pp.371-377 (2001)
- [7]Ishiguro, H. and Trivedi, M. Integrating a Perceptual Information Infrastructure with Robotic Avatars: A Framework for Tele-Existence. Proc. IROS99, pp.1032-1038 (1999)
- [8]Paulos, E. and Canny, J. Social Tele-Embodiment: Understanding Presence. Autonomous Robots, 11(1), pp.87-95 (2001)
- [9]Roussou, M., Trahanias, P., Giannoulis, G., Kamarinos, G., Argyros, A., Tsakiris, D., Georgiadis, P., Burgard, W., Haehnel, D., Cremers, A., Schulz, D., Moors, M., Spirtounias, E., Marianthi, M., Savvaides, V., Reitelman, A., Konstantios, D. and Katselaki, A. Experiences from the Use of a Robotic Avatar in a Museum Setting. Proc. VAST2001, pp.153-160 (2001)
- [10]Schulz, D., Burgard, W., Fox, D., Thrun, S. and Cremers, A.B. Web Interfaces for Mobile Robots in Public Places. IEEE Robotics & Automation Magazine, 7(1), pp.48-56 (2000)
- [11]ConnectR <http://www.irobot.com/>
- [12]NetTensor <http://www.roboken.channel.or.jp/>
- [13]Rorobor <http://www.rorobor.com/>
- [14]Rovio <http://www.wowwee.com/>
- [15]Spykee <http://www.spykeeworld.com/>
- [16]de Greef, P. and Ijsselstein, W. Social Presence in a Home Tele-Application. CyberPsychology & Behavior, 4(2), pp.307-315 (2001)
- [17]Bondareva, Y. and Bouwhuis, D. Determinants of Social Presence in Videoconferencing. Proc. AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, pp.1-9 (2004)
- [18]知野哲郎, 福井和広, 山口修, 鈴木薫, 田中克己: Gaze To Talk: メタコミュニケーション能力を持つ非言語メッセージ利用インタフェース. インタラクシオン'98 論文集, pp. 169-176 (1998)
- [19]Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M. Telepresence in Videocommunications. Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society, pp.25-38 (1994)
- [20]米田美里, 山澤一誠, 竹村治雄, 横矢直和: 全方位動画画像からの両眼ステレオ画像生成による移動ロボットの遠隔操縦. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.100, No.443, pp. 1-6 (2000)
- [21]Ijsselstein, W., de Ridder, H., Freeman, J., Avons, S.E. and Bouwhuis, D. Effects of Stereoscopic Presentation, Image Motion, and Screen Size on Subjective and Objective Corroborative Measures of Presence. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 10(3), pp.298-311 (2001)
- [22]Sheridan, T.B. Teleoperation, Telerobotics and Telepresence: A Progress Report. Control Engineering Practice, 3(2), pp.205-214 (1995)
- [23]Vogeley, K. and Fink, G.R. Neural Correlates of The First-Person-Perspective. Trends in Cognitive Sciences, 7(1), pp.38-42 (2003)
- [24]wakamaru
<http://www.mhi.co.jp/kobe/wakamaru/english/>
- [25]AXIS 215 PTZ Network Camera
http://www.axis.com/products/cam_215/
- [26]Skype <http://www.skype.com/>
- [27]Yano, H., Noma, H., Iwata, H. and Miyasato, T. Shared Walk Environment Using Locomotion Interfaces. Proc. CSCW2000, pp.163-170 (2000)