

# 「実体」は存在感を強化するか： ロボット会議がビデオ会議を代替する可能性

田中一晶<sup>†, ††</sup> 山本健太<sup>†</sup> 尾上聡<sup>†</sup>  
中西英之<sup>†</sup> 石黒浩<sup>†††</sup>

近年、ビデオ会議を代替する新たな遠隔会議の手段として、ロボットを通して対話するロボット会議が研究され始めた。ロボット会議の特徴は、対話相手の外見を伝えず、身体動作のみを伝達し実体のあるロボットで提示することである。本研究では、実体で身体動作を提示することによる存在感伝達への効果を明らかにするため、ロボット会議と、対面会議を含めた様々な対話環境を比較した。その結果、ロボット会議は、外見を伝えなくても実体の効果によってビデオ会議と同等の存在感が伝達できることが分かった。

## Does “Physical Embodiment” Enhance a Remote Person’s Presence? : The Capability of Robot-conferencing to Serve as a Substitute for Video-conferencing

KAZUAKI TANAKA<sup>†, ††</sup> KENTA YAMAMOTO<sup>†</sup> SATOSHI ONOUE<sup>†</sup>  
HIDEYUKI NAKANISHI<sup>†</sup> HIROSHI ISHIGURO<sup>†††</sup>

Recently, robot-conferencing in which people talk through an avatar robot started to be studied as a new teleconferencing method that substitutes for video-conferencing. A feature of robot-conferencing is to transmit and present bodily motions of a remote person with a physical embodiment, without presenting the appearance of a remote person. In this study, to clarify the effects of presenting bodily motions with the physical embodiment to the presence of a remote person, we compared various communication media including face-to-face conferencing. As a result, we found that robot-conferencing could transmit the presence of a remote person at the same level as video-conferencing, by the effect of the physical embodiment.

### 1. はじめに

電話のような音声のみの対話では、対話相手の存在感が希薄になるという問題がある。対話相手の存在感とは、相手と同じ部屋で対話している感覚である。その存在感を強化する最も一般的な方法はビデオ会議であり、対話相手の映像は存在感を伝えることが知られている[7], [9]。しかし、ビデオ会議によって伝えられる存在感は、対面会議と比較するとまだ十分とは言えない。また、ビデオ会議では、対話相手の服装や部屋の様子などの余計な情報も一緒に伝えてしまうため、プライバシーの問題がある。

このビデオ会議に代わる新たな遠隔会議の手段として、近年、ロボット会議が研究され始めた[18], [21]。ロボット会議の特徴は、「実体」で身体動作を提示することである。我々の先行研究では、対話相手の映像を表示したディスプレイを前後に移動させる方法で対話相手の前後移動を強調して提示すると、存在感が強化されることが分かっている[17]。したがって、実体のあるロボットで対話相手の身体動作を提示することは、対話相手の存在感を強化する可能性がある。さらに、ロボット会議では、対話相手の外見は

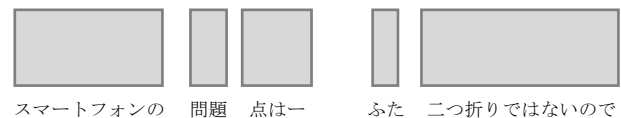


図1 んごちない発話の例

Figure 1 Example of the awkward speech.

伝えず、身体動作のみを伝えるため、プライバシーの問題も無い。本研究の目的は、ロボット会議の特徴である、実体で身体動作を提示することによる存在感伝達への効果を明らかにすることである。

心理学研究の分野では、情緒的な緊張が吃音（どもり）の原因の一つであることが知られている[13]。そこで、我々は、対面会議で人が緊張するように、実体のあるロボットで対話することでも緊張感を生み出し、途切れがちなごちない発話になると考えた。図1にごちない発話の例を示す。図中の四角は発言を表しており、それらの間隔が途切れである。この途切れの頻度を観察することで、遠隔対話メディアを通して対話することによって発話がどのように変化するかを調査する。

本研究では、様々な遠隔対話メディアを、実体の有無と伝達情報の違い（音声のみ、音声+身体動作、音声+身体動作+外見）に要因を分けて比較し、それらの要因による存在感伝達への影響と、発話への影響を明らかにする。

<sup>†</sup> 大阪大学大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻  
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

<sup>††</sup> 科学技術振興機構, CREST

CREST, Japan Science and Technology Agency

<sup>†††</sup> 大阪大学大学院基礎工学研究科 システム創成専攻  
Department of Systems Innovation, Osaka University

## 2. 関連研究

ロボット会議に関する研究は多く行われており、様々な遠隔操作ロボットが提案されている[11], [14], [16], [18], [21]. これらの遠隔操作ロボットは、コミュニケーションに必要と思われる操作者の頭部の動き[14], [16], [18], [21]や表情[11]を実体で提示することができる。遠隔操作ロボットの存在感を評価した研究では、ロボット会議が伝達する存在感は、音声のみの対話やビデオ会議よりも高いことが示されている[21]. しかし、この研究で用いられたロボットは、特定の人物に酷似した外見を持っており、実体で身体動作を提示したことと、人に近いリアルな外見を持っていること、どちらの要因が存在感を強化したのかは明らかにされていない。

人とインタラクションを行う自律ロボットの研究分野では、ロボットの持つ実体の効果が検証されており、実体のあるロボットは映像で提示されたエージェントよりも高い存在感があることが分かっている[3], [15]. 遠隔操作ロボットにおいても、実体があることで対話相手の存在感を強化できる可能性がある。本研究では、特定の人物の外見を持たない遠隔操作ロボットである Telenoid [18]を用い、実体で身体動作を提示することによる存在感伝達への効果を明らかにする。

さらに、本研究では、遠隔対話メディアに実体を追加することによる発話への影響を明らかにする。遠隔対話メディアの違いによる発話への影響を調べた研究では、会話構造（話者交代や同時発話など）[1], [6], [22]やタスクパフォーマンス[1], [19], [20]などが用いられてきた。本研究では、吃音の度合を調べるため、発話に含まれる途切れの頻度を用いる。

上述の先行研究では、遠隔対話メディアを単一の要因として扱っている。これに対し、実体の有無、伝達する情報の種類に要因に分けて遠隔対話メディアを比較することも本研究の特徴である。例えば、ビデオ会議は、実体が無く音声に加えて身体動作と外見を伝達するメディアと見なすことができる。本研究では、実体要因と伝達情報要因による存在感伝達への影響と発話への影響を明らかにする。

## 3. 実験

ロボット会議の持つ特徴である実体で身体動作を伝えることによる効果を明らかにするため、ロボット会議と、実体の無い従来の遠隔対話メディアであるボイスチャット、ビデオ会議、アバタチャットを比較する。アバタチャットとは、対話相手の身体動作を CG のキャラクターで再現し提示する遠隔対話メディアであり、Avatar Kinect (<http://www.xbox.com/en-us/kinect/avatar-kinect>) など、近年、製品化され始めた。近年の先行研究では、アバタを用いて対話することによる存在感伝達への効果が検証されている[2], [4], [8], [12].

これらの遠隔対話メディアを用いた実験条件に、動かないロボットを通して対話する条件と対面して対話する条件を加えることで、図 2 に示すように、6 つの対話環境を実体要因と伝達情報要因（音声のみ、音声+身体動作、音声+身体動作+外見）に分けて比較することが可能になる。それぞれの実験条件については、3.2 節で詳しく説明する。

### 3.1 仮説

先行研究では、音声のみでの対話に、対話相手の映像を加えると相手の存在感が向上すること、そして、人に近いリアルな外見を持ったロボットを通して対話すると、さらにその存在感が向上することが分かっている[21]. また、我々の先行研究において、対話相手の移動をディスプレイの移動で強調して提示することで存在感が強化されることが分かっている[17]. そこで、我々は、実体のあるロボットで身体動作を提示すること、身体動作や外見といった伝達情報を増加させることは、対話相手の存在感を強化するのではないかと考えた。本研究の 1 つ目の仮説は次の通りである。

**仮説 1: 実体の追加、伝達情報の増加は対話相手の存在感を強化する。**

さらに、本研究では、遠隔対話メディアを通して対話することによる発話への影響を観察データから明らかにする。情緒的な緊張が吃音（どもり）の原因となるという知見[13]から、対面会議で人が緊張するように、実体のあるロボットで対話することでも緊張感を生み出し、途切れがちな発話になると考えた。そこで、実体の追加、伝達情報の増加による発話への影響を、1 ターンの発話に含まれる途切れの頻度を測定することで明らかにする。本研究の 2 つ目の仮説は次の通りである。

**仮説 2: 実体で身体動作を提示するロボット条件と対面条件では、途切れの頻度が増加する。**

### 3.2 実験条件

前述の仮説を明らかにするため、図 2 に示す 6 つの実験条件を設定した。各条件に関する説明を以下で述べる。

**音声条件（実体なし、音声）:** 実体がなく、音声のみを伝達する条件。一般的なボイスチャットと同様であり、被験者は目の前の机に置かれたマイクスピーカーを通して実験者と対話する。

**静止ロボット条件（実体あり、音声）:** 実体はあるが、音声のみを伝達する条件。被験者は目の前に置かれた動かないロボットを見ながら実験者と対話する。マイクスピーカーはロボットの背中に設置している。本条件では、特定の人物の外見を持たない遠隔操作ロボットである Telenoid を使用するが、図 3 に示すように 2 つの変更を施し、椅子に固定した。まず、Telenoid は人のようなリアルな目を備え

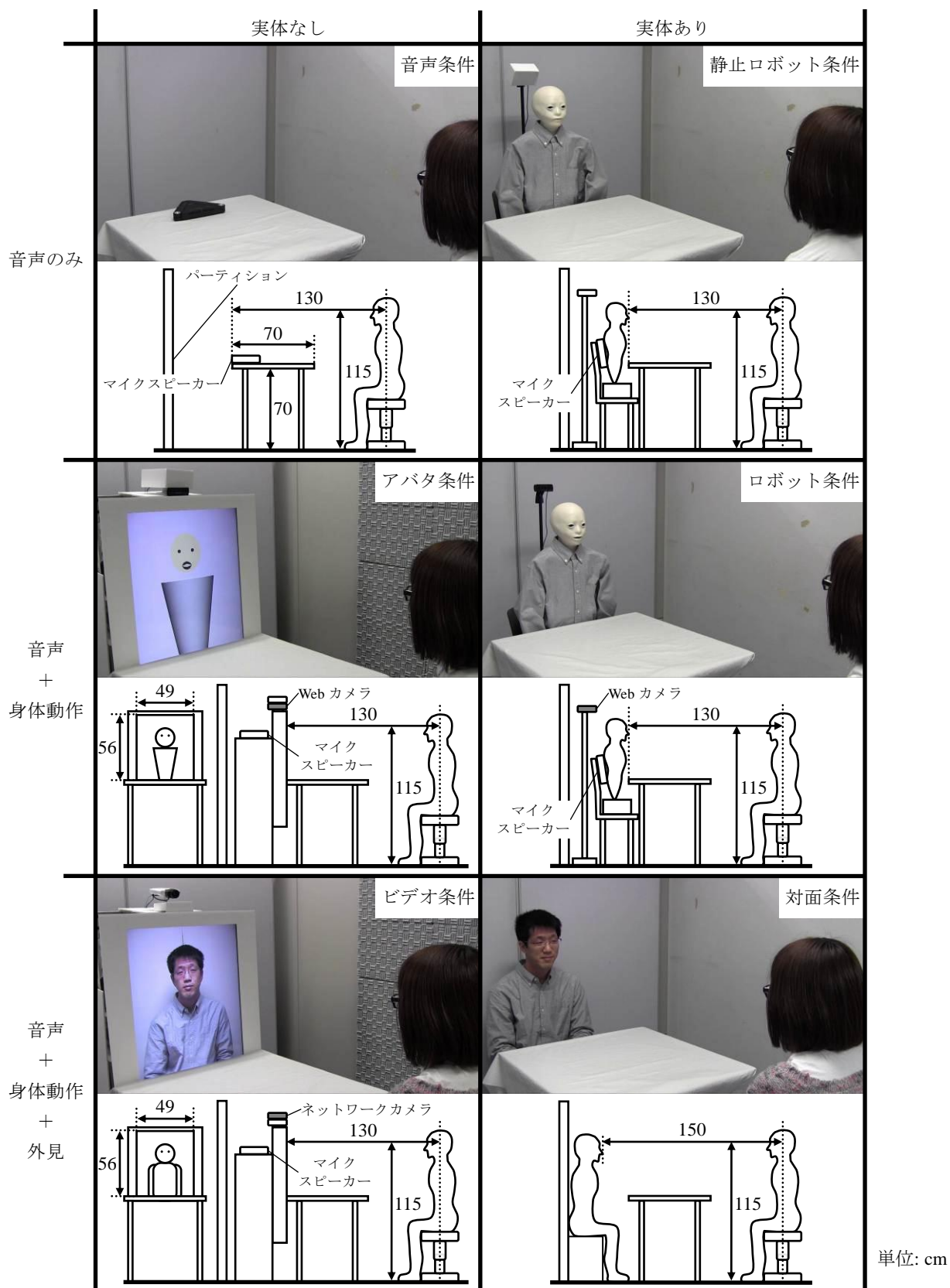
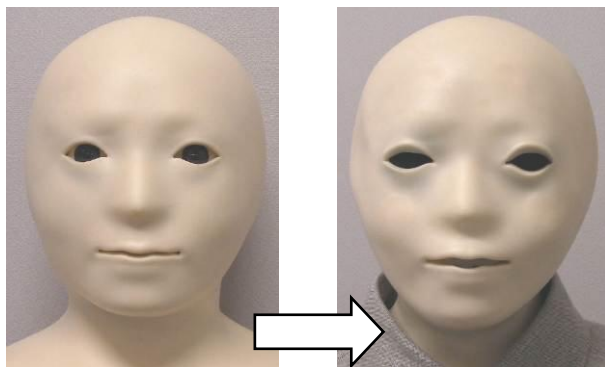


図2 実験条件と実験環境

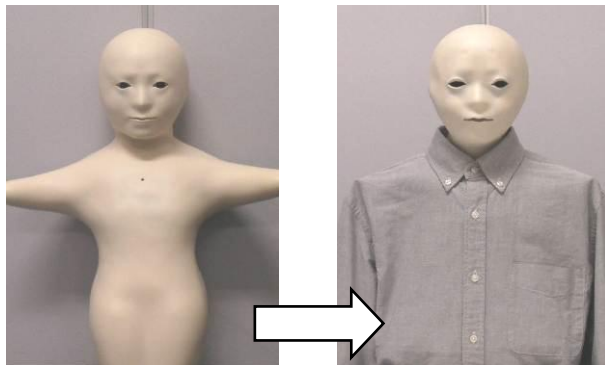
Figure 2 Experimental conditions and setups.

ているが、後述のアバタ条件と抽象化の度合いを揃えるために、目を黒の単色に変更した。さらに、後述のビデオ条件や対面条件で実験者が着用したものと同一灰色のシャツ

を着せた。後述のロボット条件で用いるロボットの背後に設置したフェイストラッキング用の Web カメラは本条件では使用しないため、カバーで隠した。被験者にはロボッ



眼球を黒に変更



服を着せる

図3 実験で使用した遠隔操作ロボットとその変更点  
 Figure 3 Teleoperated robot used in the experiment and its modifications.

トが動かないことを予め伝えてから実験を行った。

**アバタ条件(実体なし, 音声+身体動作)**: 実体はないが, 音声に加えて身体動作を伝達する条件. 被験者は目の前のディスプレイに表示された3DCGのアバタを見ながら実験者と対話する. マイクスピーカーはディスプレイの後ろに設置した. アバタは, 黒い目と唇が配置された肌色の円柱の頭部と, 実験者が着用したシャツとほぼ同じ灰色の円錐の胴体で構成されている. 頭部の直径は, ロボットの頭部の横幅と同じ13.5cmに設定した. 被験者と実験者の顔の動きは, フェイストラッキングツールであるFaceAPIを用いて追従した. 頭部の向き(pitch/roll/yawの角度), 口の形(3次元座標の14頂点)のトラッキングデータを30fpsで取得し, アバタで再現した. アバタは縦置きにした40インチのディスプレイに表示した. ディスプレイの枠は, 被験者の位置から見えないように, 背景のパーティションと同じ白色の板で隠した. また, 他の条件と同じく, 前方に机を設置したため, ディスプレイの実際の表示域は56×49cmになった. アバタを表示したディスプレイの上部には, フェイストラッキング用のWebカメラを設置しており, 後述のビデオ条件で用いるネットワークカメラは本条件では使用しないため, カバーで隠した.

**ロボット条件(実体あり, 音声+身体動作)**: 実体があり,

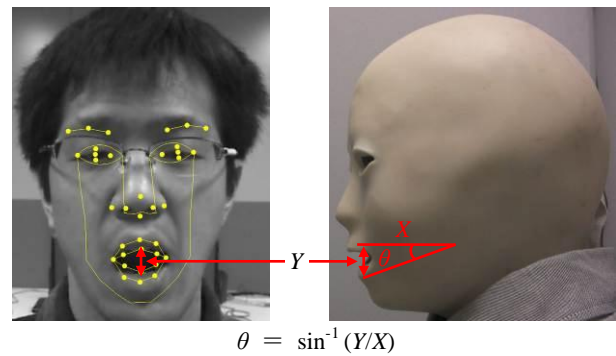


図4 口のトラッキングデータの角度への変換

Figure 4 Conversion from mouth tracking data to degrees.

音声に加えて身体動作を伝達する条件. 被験者は目の前のロボットを見ながら実験者と対話する. マイクスピーカーはロボットの背中に設置した. ロボットは, 静止ロボット条件と同様に, 図3の変更を施したTelenoidを使用した. ロボットの首は3自由度(pitch/roll/yaw), 口は開閉のみの1自由度である. アバタ条件と同じ方法で取得した顔のトラッキングデータをロボットで再現する. ただし, 口のトラッキングデータは, 図4中に示した式でロボットの口の角度 $\theta$ に変換した.  $Y$ は上下の唇中央のy座標の差, つまり口の開き具合である. また,  $X$ はロボットの唇先端から顎までの長さ(5.8cm)である. フェイストラッキング用のWebカメラはロボットの背後に設置した.

**ビデオ条件(実体なし, 音声+身体動作+外見)**: 実体はないが, 音声と身体動作に加えて外見を伝達する条件. 被験者は目の前のディスプレイに表示された実験者の映像を見ながら実験者と対話する. マイクスピーカーはディスプレイの後ろに設置した. 実験者は灰色のシャツを毎回着用した. 実験者の映像は, 実験者側のネットワークカメラ(解像度1280×720, フレームレート30fps)で撮影し, 縦置きにした40インチのディスプレイに表示した. 前述のアバタ条件と同じく, 実際の表示範囲は56×49cmであり, その解像度は720×800になった. また, 実験者の頭部がロボットの頭部の横幅と同じ13.5cmになるように, 実験者を撮影するネットワークカメラの画角を調整した(水平画角87度). 実験者を表示するディスプレイの上部には被験者を撮影するネットワークカメラを設置しており, 前述のアバタ条件で用いたフェイストラッキング用のWebカメラは本条件では使用しないため, カバーで隠した.

**対面条件(実体あり, 音声+身体動作+外見)**: 実体があり, 音声と身体動作に加えて外見を伝達する条件. 被験者は目の前の実験者と直接対話する. ビデオ条件と同様に, 実験者は灰色のシャツを毎回着用した. 被験者から見て, 実験者の顔の大きさがロボットの顔とほぼ同じ大きさに見えるように, 被験者の座る位置から実験者までの距離を調整した(150cm). この距離は, 被験者からディスプレイや

ロボットまでの距離 (130cm) よりも 20cm 遠いが、実験では、遠過ぎると感じた被験者はいなかった。

全ての実験条件に共通することとして、被験者側の対話環境と実験者側の対話環境が同じであることを、予め被験者に伝えて実験を行った。これを被験者に信じさせるために、アバタ条件、ロボット条件、ビデオ条件では、実験の前に実験者から自分がどのように見えているか (アバタ、ロボット、ビデオ映像) を提示し、対話環境が双方向であることを説明した。その際、アバタ条件とロボット条件は、実験者と被験者自身の顔の動きがアバタやロボットで実際に再現されていることを確認してもらった。この確認作業を行うのは、予備実験において、本当に実験環境が双方向であるのか、アバタやロボットが自動で動いているのではないかと疑った被験者がいたためである。

先行研究では、ビデオ会議において、アイコンタクトが成立するようにカメラとディスプレイを設置すると、存在感が向上することが分かっている[5]。本研究でも、全ての実験条件でアイコンタクトが成立するように、被験者と、ロボット、実験者のアバタ・ビデオ映像、対面条件の実験者の目線が同じになるように、被験者の椅子の高さを調整した。この目線の高さで、実際にアイコンタクトがあったように被験者が感じることを予備実験で確認した。

### 3.3 実験タスク

本研究では、アンケートだけでなく、1 ターンの発話に含まれる途切れの頻度でも分析を行う。そこで、出来るだけ長い1 ターンの発話データを得るために、特定の電子機器の問題点とその改善案、追加してほしい機能について自由に出来るだけたくさん述べるタスクを設定した。

被験者が話している間の実験者の行動は、被験者の発言を遮らないように、頷きながら相槌を打つのみとした。予備実験では、頷きや相槌が1種類であると、単調過ぎて不自然に感じた被験者がいたため、頷きは1回と2回、相槌は「はい」と「なるほど」の2種類をランダムに混ぜることとした。

実験は、1人の被験者が6つ全ての条件を体験する被験者内計画で実施するため、異なる6つの電子機器 (電子ブックリーダー、携帯ゲーム機、スマートフォン、ロボット掃除機、携帯音楽プレイヤー、3Dテレビ) を話題として設定した。被験者が問題点等の意見を述べやすいように、最近話題になっている電子機器を選定しており、実験では、実験者が途中で発話を促すことは無かったが、ほとんどの被験者が1分以上話すことができた。また、被験者の発話を途中で遮ることもしなかった。

### 3.4 アンケートによる存在感の評価

6つ条件の実験を行った後、被験者にアンケートを実施した。アンケートでは、被験者が感じた対話相手 (実験者) の存在感を測定するため、「同じ部屋の中で相手に話しかけ

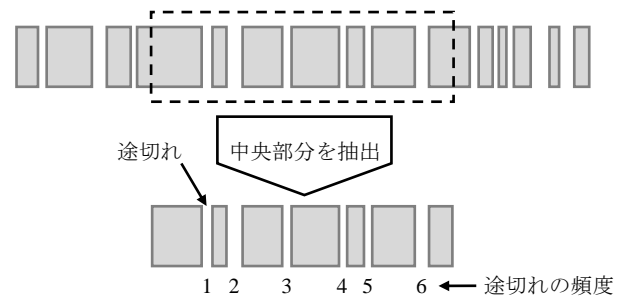


図5 途切れの頻度の算出方法

Figure 5 Method to count the pause frequency.

ている感覚があった」という質問について、9段階のリッカード尺度で6つの条件全てを相対的に評価してもらった。1, 3, 5, 7, 9は、それぞれ「まったくあてはまらない」、「あてはまらない」、「どちらともいえない」、「あてはまる」、「非常にあてはまる」に対応させた。

アンケートの後に、点数を付けた理由についてインタビューで尋ねた。

### 3.5 途切れの頻度の測定

本研究では、遠隔対話メディアを用いて対話することによる発話への影響を明らかにするため、1ターンの発話に含まれる途切れの頻度を測定する。

途切れの頻度を測定するため、実験での被験者の発話は全て録音し、アノテーションツールであるELANを用いて書き起こした。その際、発話の途切れ (無音区間) を得るために、発話区間の開始時間と終了時間を可能な限り正確に決定した。ただし、促音「っ」による無音区間は発話のぎこちなさ (図1) とは無関係であるため無視した。また、50msよりも短い区間はホワイトノイズと被験者の発話を区別することができなかつたため、50ms以上の無音区間のみを途切れとした。ホワイトノイズはノイズフィルタによって除去することが可能であるが、非常に小さい音量の発言も除去されてしまうため、ノイズフィルタは使用しなかった。

図5に途切れの頻度の算出方法を示す。まず、全体の発話から一定量の発話を抽出する必要がある。発話の開始部分は、被験者がその話題に興味を持っている場合、流暢に話す傾向があり、話題による影響が大きい。一方、発話の終了部分は、話すことがほとんど無くなり、途切れの多い発話になる場合が多い。そこで、全体の発話の中央部分を抽出することとした。この中央部分に含まれる途切れの数が途切れの頻度である。発話の分量を量る単位は、発音の最小単位である音節を採用した。前述の通り、ほとんどの被験者が1分以上話すことができているため、1分に相当する音節数は約200であったため、中央から抽出する発話の量は200音節とした。

ELAN (<http://www.lat-mpi.eu/tools/elan/>) で作成した書き起こしデータから、音節数および途切れの頻度を算出する

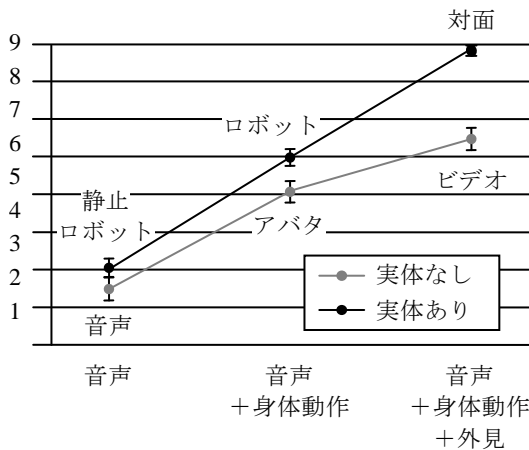


図6 同じ部屋の中で相手に話しかけている感覚についてのアンケート結果

Figure 6 Results of the questionnaire about feeling which is speaking to the partner in the same room.

作業は、表計算ソフトを用いて行った。

#### 4. 実験結果

各実験条件について相対的に評価してもらうため、実験は被験者内計画で行った。被験者は我々の大学の近くに住む学部生を採用した。実験には36名(男:19名, 女:17名)の被験者が参加した。

実験は、1人の被験者が6つの条件全てを行うが、その順番はラテン方格法に基づいて設定した。また、被験者に実験タスクに慣れてもらうため、練習として対面条件で練習を行ってから6回の実験を行った。練習での話題は毎回ICカード型乗車券とした。

##### 4.1 アンケート

図6に、同じ部屋の中で相手に話しかけている感覚についてのアンケート結果を示す。図中の点は、9段階のリッカート尺度による各実験条件の評価の平均値である。

このアンケート結果について実体要因×伝達情報要因の2要因分散分析を行った。その結果、実体要因 ( $F(1, 35)=36.955, p<.001$ ) と伝達情報要因 ( $F(2, 70)=279.603, p<.001$ ) の主効果、および交互作用 ( $F(2, 70)=14.794, p<.001$ ) が有意であった。交互作用が有意であったため、Bonferroni補正法を用いて単純主効果の検定を行った。伝達情報が音声+身体動作の場合、および音声+身体動作+外見の場合、実体要因に有意差があり(それぞれ、 $F(1, 105)=8.857, p<.01$ ,  $F(1, 105)=65.470, p<.001$ )、音声のみの場合は有意傾向であった ( $F(1, 105)=3.460, p=.086$ )。つまり、ロボットが伝達する存在感はアバタよりも高いこと、対面で感じる存在感はビデオの伝達する存在感よりも高いこと、静止ロボットの伝達する存在感は音声のみでの対話よりも高い傾向があることが分かった。さらに、実体がある場合と無い場合、両方において伝達情報要因に有意差が認められた(それぞれ、

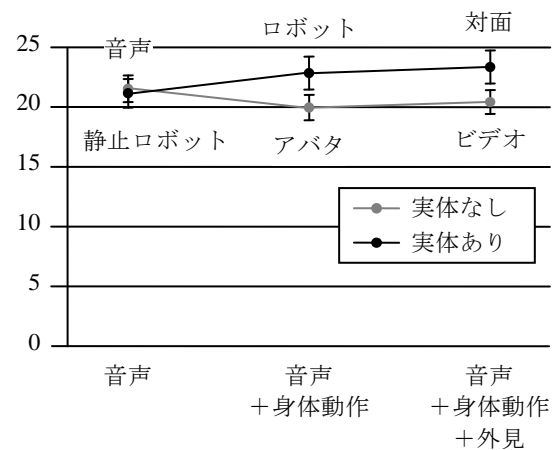


図7 途切れの頻度の平均値

Figure 7 Average of the pause frequency.

$F(2, 140)=107.141, p<.001, F(2, 140) = 223.095, p<.001$ ). 多重比較の結果、対面で感じる存在感はロボットや静止ロボットが伝達する存在感よりも高いこと(共に  $p<.001$ )、ロボットが伝達する存在感は静止ロボットよりも高いこと ( $p<.001$ )、ビデオの伝達する存在感はアバタや音声のみでの対話よりも高いこと(共に  $p<.001$ )、アバタの伝達する存在感は音声のみでの対話よりも高いこと ( $p<.001$ ) が分かった。

##### 4.2 途切れの頻度

実験では、ほとんどの被験者が全ての条件において1分以上話すことができた。しかし、10名の被験者は、発話時間が1分に満たない実験条件があった。3.5節で述べた通り、途切れの頻度を算出する上で、発話の開始・終了部分を削除し、中央部分を抽出する必要があるが、発話時間が1分に満たない場合、分析可能な量の発話を抽出することができなかった。そこで、途切れの頻度の分析は全ての条件で1分以上の発話データが揃っている26名(男性:15名, 女性:11名)で行った。

図7に途切れの頻度の平均値を示す。この途切れの頻度について、アンケート結果と同様に、実体要因×伝達情報要因の2要因分散分析を行った。その結果、実体要因の主効果が有意であり ( $F(1, 25)=8.004, p<.01$ )、交互作用が有意傾向であった ( $F(2, 50)=2.947, p=.062$ )。交互作用が有意傾向であったため、Bonferroni補正法を用いて単純主効果の検定を行った。伝達情報が音声+身体動作の場合、および音声+身体動作+外見の場合、実体要因に有意差が認められた(それぞれ、 $F(1, 75)=6.799, p<.05, F(1, 75)=6.981, p<.05$ )。つまり、ロボットを見ながら対話する場合の途切れ頻度は、アバタよりも高いこと、対面で対話する場合の途切れ頻度はビデオよりも高いことが示された。

#### 5. 考察

実験の結果、実体の追加と伝達情報の増加は対話相手の

存在感を強化することが分かった。この結果は、3.1 節で述べた本研究の仮説 1 を支持する。しかし、伝達情報が音声のみの場合には、実体の追加による存在感の向上は有意傾向であった。アンケートでは 8 名の被験者が音声条件と静止ロボット条件に同じ点数を付けており、被験者へのインタビューでも、静止ロボット条件について、動きが無いために音声条件と変わらないという意見が得られた (3 名)。つまり、身体動作や外見を伝えない場合には、実体があることによる存在感伝達への効果は低い可能性がある。

図 6 を見ると、ロボット条件は外見を伝えていないにも関わらず、ビデオ条件と同等の存在感を伝えていることが分かる。この結果は、プライバシーの問題が無いロボット会議が、ビデオ会議を代替する可能性を示唆している。さらに、身体動作に加えて外見を伝えるとより対話相手の存在感が増すことが分かったため、身体動作だけでなく、外見も伝えるロボットが実現できれば、ロボット会議が伝える存在感はビデオ会議を上回る可能性がある。

本研究では、遠隔対話メディアを通して対話することによる発話への影響を観察データから明らかにするため、発話に含まれる途切れの頻度を観察した。その結果、伝達情報が音声+身体動作、および音声+身体動作+外見の場合、実体があると途切れの頻度が増加することが分かった。しかし、伝達情報が音声のみの場合には、実体の追加による途切れの頻度の増加は認められなかった。この結果は、3.1 節で述べた本研究の仮説 2 を支持する。心理学研究の分野では、緊張すると吃るということが知られており [13]、実体で身体動作や外見を伝えると相手に緊張感を与えるのではないかと考えられる。

被験者へのインタビューでは、ロボット条件について、目の前で実際にロボットが動いていると、人がいるような感じがしたという意見 (7 名) や、ロボット条件と対面条件は緊張感があったという意見が得られた (それぞれ、6 名、15 名)。これらのインタビュー結果は、実体で身体動作や外見を伝えると緊張感が増すという考察を支持している。したがって、途切れの頻度の増加は、実体の追加によって緊張感が増したことを示していると言える。

図 7 を見ると、アバタ条件やビデオ条件では、途切れの頻度の平均値は他の 4 条件よりも下回っている。本実験と並行して行われた実験 [23] では、アバタやビデオによる身体動作の伝達は途切れの頻度を減少させ、発話を滑らかにするという結果が出ている。本実験でも同様の効果が出たものと思われるが、統計的有意差は見られなかった。その原因は現在調査中であるが、本実験ではアバタやビデオを等身大で表示しているなど、実験環境にいくつかの差異があるためだと思われる。

## 6. まとめ

本研究では、ロボット会議の特徴である、実体で身体動

作を提示することによる存在感伝達への効果を明らかにするため、実体要因と伝達情報要因に分けて、ロボット会議と従来の実体の無い遠隔対話メディアを用いた対話、および対面会議を比較した。その結果、実体で身体動作を提示するロボット会議は、外見を提示しなくても、ビデオ会議と同等の存在感が伝達できることが分かった。この結果から、プライバシーの問題が無いロボット会議が、ビデオ会議を代替する可能性を示すことができた。さらに、ロボットが対話相手の外見を提示することができれば、ロボット会議が伝達する存在感はビデオ会議を上回る可能性があることも示唆された。

また、本研究では、遠隔対話メディアを通して対話することによる発話への影響を観察データから明らかにするため、途切れの頻度への影響を観察した。その結果、ロボット会議ではビデオ会議とは異なり、対面会議のように途切れの多いぎこちない発話になることが分かった。これは、実体で身体動作を伝えたことで緊張感を生み出した結果だと思われるため、ロボット会議は面接などの用途に適しているかもしれない。

**謝辞** 本研究は、若手研究 (A) 「テロロボティックメディアによる社会的テレプレゼンスの支援」、基盤研究 (S) 「遠隔操作アンドロイドによる存在感の研究」、JST CREST 「人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発 (研究領域: 共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築)」、グローバル COE プログラム「認知脳理解に基づく未来工学創成」からの支援を受けた。

## 参考文献

- [1] Anderson, A.H., Newlands, A., Mullin, J., Fleming, A., Doherty-Sneddon, G. and Van Der Velden, J.M.: Impact of Video-Mediated Communication on Simulated Service Encounters, *Interacting with Computers*, Vol.8, No.2, pp.193-206 (1996).
- [2] Bailenson, J.N., Yee, N., Merget, D. and Schroeder, R.: The Effect of Behavioral Realism and Form Realism of Real-Time Avatar Faces on Verbal Disclosure, Nonverbal Disclosure, Emotion Recognition, and Copresence in Dyadic Interaction, *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, Vol.15, No.4, pp. 359-372 (2006).
- [3] Bainbridge, W.A., Hart, J., Kim, E.S., Scassellati, B.: The benefits of interactions with physically present robots over video-displayed agents, *International Journal of Social Robotics*, Vol.3, No.1, pp.41-52, (2011).
- [4] Bente, G., Ruggenberg, S., Kramer, N.C. and Eschenburg, F.: Avatar-Mediated Networking: Increasing Social Presence and Interpersonal Trust in Net-Based Collaborations, *Human Communication Research*, Vol.34, No.2, pp.287-318 (2008).
- [5] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, *Proc. AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*, pp.1-9 (2004).
- [6] Daly-Jones, O., Monk, A.F. and Watts, L.: Some Advantages of Video Conferencing over High-quality Audio Conferencing: Fluency and Awareness of Attentional Focus, *International Journal of Humancomputer Studies*, Vol.49, No.1, pp.21-58,

- (1998).
- [7] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application, *CyberPsychology & Behavior*, Vol.4, No.2, pp.307-315 (2001).
  - [8] Garau, M., Slater, M., Bee, S. and Sasse, M.A. The Impact of Eye Gaze on Communication Using Humanoid Avatars. *Proc. CHI2001*, pp.309-316 (2001).
  - [9] Isaacs, E.A. and Tang, J.C.: What Video Can and Can't Do for Collaboration: A Case Study, *Multimedia Systems*, Vol.2, No.2, pp.63-73 (1994).
  - [10] Isaacs, E.A. and Tang, J.C.: What Video Can and Can't Do for Collaboration: A Case Study, *Multimedia Systems*, Vol.2, No.2, pp.63-73 (1994).
  - [11] Jaeckel, P., Campbell, N. and Melhuish, C.: Facial behaviour mapping - from video footage to a robot head, *Robotics and Autonomous Systems*, Vol.56, No.12, pp.1042-1049, (2009).
  - [12] Kang, S., Watt, J.H. and Ala, S.K. Communicators' Perceptions of Social Presence as a Function of Avatar Realism in Small Display Mobile Communication Devices, *Proc. HICSS2008*, (2008).
  - [13] Kraaimaat, F.W., Vanryckeghem M. and Dam-Baggen, R. Van.: Stuttering and social anxiety, *Journal of Fluency Disorders*, Vol. 27, No.4, pp.319-331 (2002).
  - [14] 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*, pp183-190, (2004).
  - [15] Lee, Kwan Min., Jung, Younbo., Kim, Jaywoo. and Kim, Sang Ryong.: Are physically embodied social agents better than disembodied social agents?: The effects of physical embodiment, tactile interaction, and people's loneliness in human-robot interaction, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.64, No.10, pp.962-973, (2006).
  - [16] Morita, T., Mase, K., Hirano, Y. and Kajita, S.: Reciprocal Attentive Communication in Remote Meeting with a Humanoid Robot, *Proc. ICM2007*, pp.228-235 (2007).
  - [17] Nakanishi, H., Kato, K. and Ishiguro, H.: Zoom Cameras and Movable Displays Enhance Social Telepresence, *Proc. CHI 2011*, pp.63-72 (2011).
  - [18] Ogawa, K., Nishio, S., Koda, K., Balistreri, G., Watanabe, T. and Ishiguro, H.: Exploring the Natural Reaction of Young and Aged Person with Telenoid in a Real World, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol.15, No.5, pp. 592-597 (2011).
  - [19] Olson, J.S., Olson, G.M. and Meader, D.K.: What Mix of Video and Audio Is Useful for Small Groups Doing Remote Real-time Design Work?, *Proc. CHI95*, pp.362-368 (1995).
  - [20] Radford, G.P., Morganstern, B.F., McMickle, C.W. and Lehr J.K.: The Impact of Four Conferencing Formats on The Efficiency and Quality of Small Group Decision Making in a Laboratory Experiment Setting, *Telematics and Informatics*, Vol.11, No.2, pp.97-109 (1994).
  - [21] Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Android as a Telecommunication Medium with a Human-like Presence, *Proc. HRI2007*, 193-200 (2007).
  - [22] Sellen, A.J.: Remote Conversations: The Effects of Mediating Talk with Technology, *Human-Computer Interaction*, Vol.10, No.4, pp.401-444 (1995).
  - [23] 尾上聡, 山本健太, 田中一晶, 中西英之: 身体動作の提示による遠隔対話の円滑化, *インタラクション 2012*, pp. 57-64 (2012).