

遠隔操作アンドロイドアバターを用いた講演会システムの印象と教育的効果の検討

小谷尚輝¹ 内田貴久¹ 亀尾菜保子² 境くりま³
船山智³ 港隆史³ 菊地あかね⁴ 石黒浩¹

概要：近年遠隔授業や遠隔講演会の社会的ニーズが高まり、登壇者及び聴講者の時間的、物理的制約を軽減することが期待される。アバターを用いることにより、本人が行う講演と同等またはそれ以上の質の遠隔講演が可能になると考えられる。特にアンドロイドアバターを用いれば、聴講者に対して人間が登壇するのと変わらない存在感を感じさせられると期待できる。本研究ではアンドロイドアバターが高校において数百人規模の講演会を行い、聴講者のアンドロイドアバターに対する印象を評価した。聴講者のアンドロイドに対する評価尺度として、擬人化、温かさ、能力、不快感を用い、さらに教育的観点から、ロボット講演に対するエンゲージメントと理解度の主観的評価を行った。これらから、現時点における遠隔操作アンドロイドアバターの効果とその発展性について議論する。

キーワード：アンドロイド、アバター、遠隔授業

Study on Impression and Educational Effect of Lecture by Teleoperated Android Avatar

NAOKI KODANI^{†1} TAKAHISA UCHIDA^{†1} NAHOKO KAMEO^{†2}
KURIMA SAKAI^{†3} TOMO FUNAYAMA^{†3} TAKASHI MINATO^{†3}
AKANE KIKUCHI^{†4} HIROSHI ISHIGURO^{†1}

Abstract : There has been a growing social need for remote lectures, which are expected to reduce the time and physical constraints on the speaker and the audience. By using avatars, it is expected to enable remote lectures of the same or better quality than those given in person. In particular, the use of android avatars is expected to give the audience a sense of presence similar to that of a human speaker. In this study, an android avatar gave a lecture to hundreds of people at a high school, and the audience evaluated the impression of the android avatar. We used anthropomorphism, warmth, competence, and discomfort as the audience's evaluation scales for the androids, and from an educational perspective, subjective evaluations of engagement and comprehension of the robot's lecture. From these, we discuss the effect of teleoperated android avatars at present and their potential for development.

Keywords: Android, Avatar, Remote Lectures

1. はじめに

遠隔で実施する授業や講演会は、登壇者が遠隔地に移動することを省略できるメリットがある。また、オンラインであれば聴講者にとってどこからでも聴講でき、会場による人数の制限もなくなる。つまり、登壇者や聴講者の時間的、物理的制約を軽減することになる。さらにアバターを用いれば、そのアバターによる心理的効果によって、聴講者に対して本人と同等またはそれ以上の質の講演を提供できる可能性がある。Shimayaらはアバターを用いたコミュニケーションについて研究しており、ロボットを遠隔操作または同室で操作した場合のいずれにおいても会話が促進

されたと報告している[1]。またアバターとしてアンドロイドを用いた際には、人間と変わらない存在感を感じさせることが期待され[2]、遠隔授業や遠隔講演会においても、そうした存在感を利用することが考えられる。

大西らの研究によると、ビデオ会議において遠隔話者の腕をロボットハンドとして実体のあるものに置き換えたとき、ロボットハンドのないビデオ会議と比べて遠隔話者がそばにいる感覚が向上されるとしており、被験者によっては遠隔話者と同じ部屋にいるような感覚を覚えたものもいた[3]。また田中らの研究によると、実体のあるロボットは映像のアバターよりもソーシャルプレゼンスが強化され、対面会議のような緊張感を生み出すとしている[4]。これらの研究から、アバターを通してコミュニケーションをとるような場面において、実体のあるロボットが画面上に映るものよりもその存在感や緊張感の上で有意であるといえる。コミュニケーションの上で緊張感は様々な心理的影響を及ぼすと予想されるが、教育では緊張感も重要であると考え

1 大阪大学
Osaka University
2 ニューヨーク大学
New York University
3 国立電気通信基礎技術研究所
Advanced Telecommunications Research Institute International
4 株式会社 KiQ
KiQ inc.

られる。

ロボットによるプレゼンテーションの研究として、Kamideらはヒューマノイドロボットが表出する非言語情報についての評価を行っている[5]。その研究によれば、プレゼンテーションを行うヒューマノイドロボットが、聴衆に対してアイコンタクトを行ったり、スクリーンに向けてポインティングを行ったりする動作は聴衆の理解度を高める上で重要になるとされている。すなわち、ロボットによってプレゼンテーションをする上で、動作を効果的に用いることが、プレゼンテーションの効果を高めることにつながると考えられる。

さらにロボットと人間のインタラクションにおいて、小野らの研究では人間の身体表現に近い振る舞いをロボットがとることで、被験者の主観評価が高くなるとしており、人間をモデルとした動作の重要性を主張している[6]。このことから、人間らしい動作をする人間らしい外見のアンドロイドアバターの有用性が言えると考えられる。

またロボットによる講義についての研究は、柏原が人間のビデオ講義とロボットでの講義を比較しており、モチベーションの維持においてロボットが優位であるとしている[7]。雨宮らはアバターで授業を行う上で、アバターの外見に関する影響について調べている。その研究によれば、アバターの顔によって変化する授業希望度は、授業での発言数に影響を与えるとされている[8]。加藤らは、アンドロイドを用いて小学生に対する授業を行った[9]。その結果、授業の前後で生徒の理科やロボットに対する興味が優位に上昇した。これらの研究から、ロボットを用いた授業は人間の意識を向けさせ、モチベーションの維持に効果がある可能性が示唆される。また同時にそうした効果がアバターの外見に左右されることも考えられる。

以上の研究において、アバターまたはロボットを使うことによるインタラクションや講義における効果が検討されている。一方で、アンドロイドによる講義による生徒の興味関心への影響に関する研究はされていない。本研究では、アンドロイド



図1 ジェミノイド
Figure 1 Geminoid.

アバターによる講演会において、講演会終了後にアンケートを実施した。得られた回答から聴講者がどのような印象を持ったかを評価し、その教育的効果について検討した。

2. アンドロイドアバター

(1) ジェミノイド

本研究では大阪大学の石黒浩教授をモデルとしたアンドロイドである、ジェミノイドを用いた。ジェミノイドの外見を図1に示す。アンドロイドは椅子に座った状態のものであり、本研究での講演も、椅子に座った状態で行った。

(2) アンドロイドの動作

本研究での講演会では、あらかじめ作られたアンドロイドの動作を制御システムまたは遠隔操作者のPC操作によって、再生する形式とした。アンドロイドの取る動作の一例を図2に示す。本研究では自分自身を指す動作やスクリーンをメンションする動作、手を広げたり、お辞儀をしたりする動作等が組み込まれている。アンドロイドの動作を作るにあたって、日本ならではの心や言葉を身体表現に込めた伝え方である「所作」を参考にしている。所作を通して、言葉からの動き方や流れ方のイメージをもたせるようにし、その言葉や情感と対応させるようにした。例えば、アンドロイドが期待されていることや未来の話をする場合には、心を開き解き放つようなイメージから、両手を広げたり、開放的な所作動作を行う。またアンドロイドが力を入れていることについての話をする場合には、前に行くようなイ

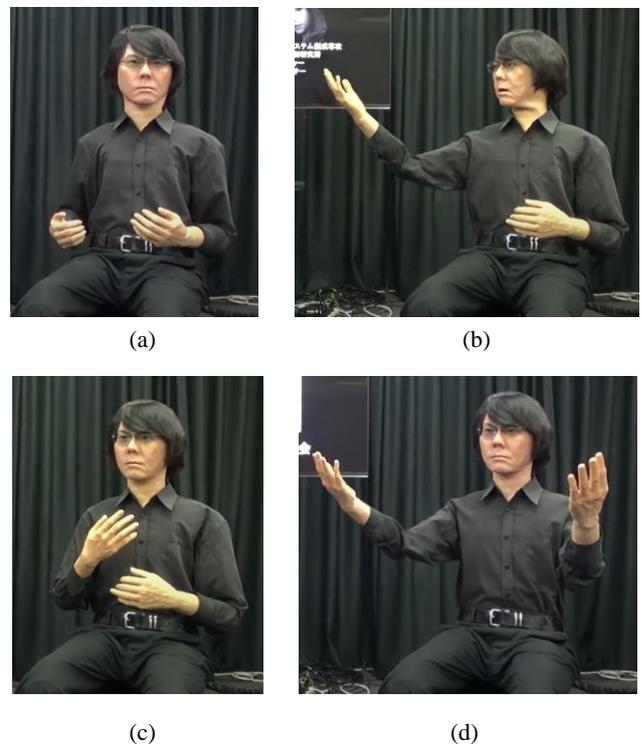


図2 アンドロイドの動作の例 (a:標準姿勢, b:スライドメンション, c:自分自身を指す, d:手を広げる)

Figure 2 Examples of android behavior (a: standard posture, b: slide mentions, c: point to self, d: spread hands).

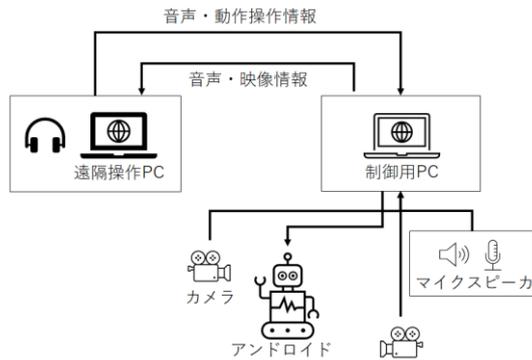


図 3 遠隔操作システム

Figure 3 Teleoperation System.

メージで手を広げると同時に前傾姿勢をとる。所作を参考に、世界観や空気感の構築と、動作の対応によってアンドロイドの講演での動作を作成した。

(3) 遠隔操作システム

本研究で用いた遠隔操作システムの構成を図 3 に示す。遠隔操作の PC から操作者の音声情報、また視線や動作の操作情報がアンドロイドに接続された制御用の PC に送られる。本研究での遠隔操作では、操作者はアンドロイドの視線を制御できるほか、動作は標準姿勢、標準姿勢で腕を揺らす、おじぎ、右手を差し出す、自分自身を指す等の限られた動作をボタン操作によって制御した。視線や動作は制御用 PC からアンドロイドに送られ、音声情報は接続されたスピーカから発せられる。またアンドロイドの周辺音声はアンドロイドの付近に設置されたマイクによって取得され、遠隔操作 PC に送られる（実際にはエコーキャンセル機能のあるマイクスピーカを使用する）。またアンドロイド周辺の視覚情報は、アンドロイド前方向きおよびアンドロイドに向けられた 2 台のカメラから取得され、音声と同時に遠隔操作 PC に送られる。

このとき、アンドロイドの呼吸や瞬きと言った無自覚動作は自動で生成される[10]。また、発話に伴う口唇はフォルマント情報から生成され[11]、同時に頭部の揺れも音声情報によって制御用 PC から制御される[12]。

3. アバター講演会

アンドロイドアバターを用いた講演会の参加者に対してアンケート調査を実施し、アンドロイドアバターによる講演会が、聴衆にどのような印象をもたらすのかを評価した。講演会は本研究で用いるジェミニノイドのモデルである石黒浩教授の記録音声またはリアルタイムの遠隔操作によって行われた。特に今回は最初に 1 時間の講演を行ったのち、聴講者からの 1 時間の質問会が行われた。講演会は鳥取県立鳥取西高等学校の生徒およびその保護者（合わせて約 900 人）を対象として行い、講演会終了後に任意でのアンケート調査を行った。講演会場は鳥取県立県民文化会館 梨花ホール（最大収容人数 2000 人）で行った。



図 4 アンドロイドアバターによる講演

Figure 4 Presentation by Android Avatar.

3.1 講演

講演は「アバターと未来社会」というタイトルで 1 時間実施し、内容は、講演者後これまでに作ってきたロボットやその研究、アバターや対話ロボット等についての紹介を主としたものであった。ここでは予め記録された石黒浩教授の音声とそれに合わせた動作を再生する形式で、遠隔操作者によるリアルタイムでの操作は行わなかった。図のようにスライドショーを投影するスクリーンの前にアンドロイドを設置した。スクリーンにはスライドショーのほか、アンドロイドの顔を中心とした近景映像がリアルタイムで映し出された。アンドロイドは視線を変えながら、あらかじめ組み込まれた指示に沿ってスクリーンのメンションや手を差し伸べる等の動作をするようにした。またできるだけアンドロイドの動作が止まってしまうことの無いように、腰のあたりで手を揺らす等の動作を組み込んだ。

3.2 質問会

講演の後に実施された質問会は、石黒浩教授が遠隔地（大阪）から遠隔操作を行って実施した。質問会の様子を図 5 に示す。質問者はアンドロイドの前に置かれた椅子に座り、アンドロイドと対面して会話をを行った。

3.3 アンケート

講演及び質問会終了後、聴講者の高校生に対して任意でアンケートを実施した。アンケートの項目を表 1 に示す。



図 5 アンドロイドアバターによる質問会

Figure 5 Question Session by Android Avatar.

表 1 アンケート項目
 Table 1 Items of questionnaire.

1	このロボットの外見は人間に近い
2	ロボットなのに人間だと思ってしまいそうだ
3	このロボットは人間に近い動き方をする
4	このロボットには感情がありそうだ
5	このロボットは社会的だ
6	このロボットは優しそう
7	このロボットは有能そうだ
8	このロボットは知識がありそうだ
9	このロボットは信頼できる
10	このロボットは怖い
11	このロボットは危険そうだ
12	このロボットは、私たちの方を見ているように感じられた
13	この講演は、集中して聞くことができた
14	この講演は、最後までモチベーションがなくなることなく、聴くことができた
15	この講演は、わかりやすかった

各質問の回答は5段階（1：まったくそう思わない2：あまりそう思わない3：どちらともいえない4：ややそう思う5：強くそう思う）での回答とした。またこの選択式のアンケートに加え、講演の内容やロボットの振る舞いについて感じたことを自由記述で回答してもらった。Carpinellaらは、ロボット研究で多用される Godspeed 尺度と社会知覚に関する心理学知見に基づいて、特に人間に類似しているロボットの印象評価に有用である RoSAS(Robotic Social Attributes Scale)を開発した[13]。本研究では、RoSAS、ロボットの擬人化、及び、遠隔講義に関する教育学の先行研究に基づき、アンケート項目はロボットに対する擬人化、温かさ、有能さ、不快感および教育的効果を測れるものとした。擬人化は Kamide らの研究[14]、温かさ、有能さ、不快感は Carpinella らの研究[13]をもとに、類似する問は省いて一部を引用した。また教育的効果については柏原[7]、Shimaya ら[15]、鳥山ら[16]の研究を参考とした。

4. アンケート結果

アンケートを実施した結果、15歳から18歳(平均=16.16, 分散=0.898)の聴講者245名(男性=102人, 女性=136人, 無回答=7人)の有効な回答を得た。各アンケート項目に対する回答の平均と分散を表2に示す。これらから、本研究において着目した擬人化、温かさ、有能さ、不快感、教育的効果の各指標における結果について評価する。

(1) 擬人化

擬人化に関する質問項目は1, 2, 3であり、このうち最も平均値が高かったのはロボットの外見に関する質問項目であった。またその分散も小さく、聴講者の多くがジェミニイドを人間らしい外見であると感じていたといえる。一方でロボットを人間だと思ってしまいそうであるかを問う項目2では平均値が3(どちらともいえない)を上回ったものの、分散が大きかった。またロボットが人間に近い動き

をしたかについて問う項目3も3以上ではあるがまだ改善の余地がある。

(2) 温かさ

温かさに関する項目4, 5, 6のうち、ロボットに感情がありそうかという問いに関する項目4のみが3を下回り、感情を持っていないと感じる聴講者が多かった。これは講演会というシチュエーションにおいて、講演者が感情をあらわにするような場面が少ないということから、聴講者から見て感情を感じ取りにくかったのではないかと考えられる。そのほかの社会的であるという項目5、優しそうであるという項目6はいずれも3を超えており、アンドロイドの講演を通して優しさや社会性については感じられていたということがいえる。

(3) 有能さ

有能さに関する項目7, 8, 9はいずれもその平均が3を超えており、特に有能そうであるという項目7と、知識がありそうだという項目8の平均が高く、分散もその他の項目と比較して小さかった。講演会というシチュエーションにおいて知識や有能さという項目が感じられやすかったと考えられる。また信頼できるという項目9においては、一方性の講演と、1時間の質問会ではインタラクションの量が少なく、項目8, 9よりも低くなったと考えられる。

(4) 不快感

不快感に関する項目10, 11はいずれも3を下回る結果となり、アンドロイドに対して聴講者は特別な不快感を覚えていなかったと考えられる。ただしロボットが怖いかどうかについての項目10については分散が比較的大きく、かつ平均値も3に近い値となっている。そのため怖いと感じるかについては聴講者によってばらつきが大きかったといえる。また危険そうかについての項目11は平均値が非常に小さ

表 2 アンケート結果

Table 2 Result of the questionnaire.

	平均	分散
1:擬人化(外見)	4.36	0.655
2: 擬人化(人間だと思ってしまいそう)	3.28	1.402
3:擬人化(動き)	3.32	0.944
4:温かさ(感情)	2.79	1.104
5:温かさ(社会的)	3.506	1.001
6:温かさ(優しい)	3.159	1.146
7:有能さ(有能)	4.155	0.809
8:有能さ(知識)	4.135	0.990
9:有能さ(信頼)	3.494	1.066
10:不快感(怖い)	2.980	1.212
11:不快感(危険)	2.082	0.973
12 教育的効果(見ている)	3.367	1.596
13: 教育的効果(集中)	3.865	0.917
14: 教育的効果(モチベーション)	3.673	0.979
15:教育的効果(わかりやすさ)	4.106	0.674

く、分散も比較的小さかった。このことから多くの聴講者にとってアンドロイドが危険なものとは感じられなかったと考える。

(5) 教育的効果

教育的効果についての質問項目 12, 13, 14, 15 については、すべての項目で 3 を上回る結果となった。私たちを見ているように感じられたかという質問である項目 12 については、分散が今回のアンケート 15 項目中で最も大きくなった。そのため、見られているという感覚については聴講者の中でその感じ方にばらつきが大きかったといえる。

また集中して聞くことができたかについての項目 13、最後までモチベーションがなくならなかったかについての項目 14、講演がわかりやすかったかについての項目 15 は比較的平均値が高く、分散も小さかった。このことから今回の講演が聴講者にとってわかりやすく、かつ注意を惹きつけるものであったと言える。これらの中でも講演がわかりやすかったかについての項目 15 はとりわけ平均が高く、分散が小さかった。そのため講演は大半の聴講者にとってわかりやすいものであったと考えられる。

5. 考察

本研究での講演会において、擬人化に関する項目では外見の人間らしさが高く評価された。また、動きに関しては、3 (どちらもいえない) を超えたものの、改善の余地があると考えられる。船山らの研究では、アンドロイドの笑い動作について、自由度の制約がある中で誇張表現をする方が自然にみられるとしている[17]。アンドロイドという人間とは別の存在として考えたときに、船山らの研究[17]に基づき誇張表現を取り入れた動きを開発することによって、アンドロイドとして人が自然と感じる動作ができると考えられる。

また、あるコメントでは、「ジェミノイドの体を動かしている音がマイクを通してきこえ、ロボットらしさが分かりました」という意見があった。今回アンドロイドからの声は、付近に設置したスピーカから発せられ、それをマイクで再度収集して会場スピーカから流すという方法を取った。そのためロボットの動作音が聴講者に聞こえたと考えられる。こうしたノイズは擬人化の項目だけでなく、聴講者の集中力にも影響を与えることが予想され、今後実験実施時にはこうしたノイズの除去が必要であると考えられる。実際、Song らはロボットの色、音、振動によって推定される感情の変化について研究しており、そうしたモダリティの組み合わせによって感情の変化を表現することについて提案している[18]。こうした研究からも、ロボットの音によって印象の変化が生じることが予想される。

また温かさに関しては、社会的、優しいという項目について高い評価を得た。こうした感情、優しさ、社会性という評価はアンドロイドアバターの操作者への依存が大きい

と予想される。特に本研究での講演に用いた音声は抑揚が大きくつけられたものではなく、講演会という場面設定に加えて話し方が影響しているのではないかと考えられる。そのような要因から感情についての評価が低かったと予想される。アンドロイドアバターで行う講演会としての評価をするために、今後は講演者本人に対してどのように感じるのかという基準を予め調査する必要がある。

有能さについてはすべての項目で高い評価を得た。これは講演会というシチュエーション、また講演者が大学教授ということから聴講者に対してある一定のバイアスがかかっていることも予想される。こうしたアンドロイドアバターそのものとは異なる要因による影響については、より一般化した実験、調査が必要になると考えられる。講演者や講演内容といった有能さに関する要因については、様々な条件下での実験により、追加の検証が必要である。

不快感に関する評価もばらつきはあったものの基本的に感じられていなかった。これについては聴講者のロボットに対する興味、親しみが影響すると考えられる。多くの聴講者にとってアンドロイドを見ることは初めてであったと予想されるが、高校生は講演会前に事前学習をしており、アンドロイドについての予備知識を持っていたと予想される。そうしたことから、初めて見るアンドロイドに対しての驚きや抵抗感が一般的感覚よりも低いものであったと考えられる。

教育的効果については、集中、モチベーション、わかりやすさの観点で各聴講者の興味度合いに大きな影響を受けると考えられる。そうした聴講者の基本的なロボットやアバター、工学分野に対する興味も事前調査によって明らかにしたうえで研究が必要になると考えられる。また特に、本研究においては講演内容がアバターに関するものが中心となっており、アンドロイドアバターで実施する講演会として、講演内容と実施形態が互いに影響がないとは言えない。そうした点から、アンドロイドアバターによる講演会に対する印象評価を目的としてアンケートを実施しているが、講演内容によってその評価が異なる可能性もあり、本研究での結果の一般性については、さらなる実験での検証が必要になる。

6. おわりに

本研究では、アンドロイドアバターを用いた講演会でアンケート調査を実施し、聴講者の感じる印象とその教育的効果についての検討を行った。アンケートでは、擬人化、温かさ、有能さ、不快感、教育的効果の指標について分析を行った。その結果、アンドロイドの外見から強く人間らしさを感じさせたが、振る舞いに関する項目はばらつきが確認された。また感情を持っていると感じさせにくかった一方、温かさや有能さを感じさせることができ、不快感の評価も低かった。教育的効果についても、各項目における

平均値が高く、アンドロイドアバターを用いた講演会の有効性が示唆された。ただし本研究においては、実際に行われた講演会の一例においてアンケート調査による評価を行っている。そのため、より統制された条件下で教育的効果などについて検証を行うことが必要になる。これによって、今後本研究での結果を一般化できるのかについても検証したい。

謝辞 本研究でのアンケートを実施するにあたり、ご協力いただいた坂尾俊介様をはじめ、鳥取県立鳥取西高等学校の皆様、また講演のためのアンドロイド動作作成に協力してくれた、大阪大学石黒研究室の豊田敦士氏と橋川莉乃氏に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Jiro Shimaya, Yuichiro Yoshikawa, Hirokazu Kumazaki, Yoshio Matsumoto, Masutomo Miyao, Hiroshi Ishiguro. Communication Support via a Tele-Operated Robot for Easier Talking: Case/Laboratory Study of Individuals with/Without Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Social Robotics*. 2019, 11, p. 171-184.
- [2] 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*. 2007, vol.48, no.12, p. 3729-3738.
- [3] 大西裕也, 田中一品, 中西英之. 身体映像の部分的実体化によるソーシャルプレゼンスの強化. *情報処理学会論文誌*. 2016, vol.57, no.1, p. 228-235.
- [4] 田中一品, 中西英之, 石黒浩. 実体で身体動作を提示するロボット会議によるソーシャルプレゼンスの強化. *情報処理学会インタラクティブセッション 2013*. 2013, 13INT017.
- [5] Hiroko Kamide, Koji Kawabe, Satoshi Shigemi, Tatuo Arai. Nonverbal behaviors toward an audience and a screen for a presentation by a humanoid robot. *Artificial Intelligence Research*. 2014, vol.3, no.2, p.57-66.
- [6] 小野哲雄, 今井倫太, 石黒浩, 中津良平. 身体表現を用いた人とロボットの共創対話. *情報処理学会論文誌*. 2001, vol.42, no.6, p. 1348-1358.
- [7] 柏原昭博. エンゲージメントを引き出す学習支援ロボット. *コンピュータ&エデュケーション*. 2019, 46 巻, p. 30-37.
- [8] 雨宮智浩, 青山一真, 伊藤絢一郎. 遠隔講義における講師アバタの見かけによって変化する受講希望度が授業への積極的参加行動に与える効果-オンライン授業への導入事例-. *日本バーチャリアリティ学会論文誌*. 2021, vol.26, no.1, p.86-95.
- [9] 加藤尚樹, 橋本卓弥, 小林宏. アンドロイドロボットを用いた遠隔授業システムの実証実験. *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集*, 2011, 2011 巻, 2A1-D10_(1)-2A1-D10_(4).
- [10] 東中竜一郎, 港隆史, 境くりま, 船山智, 西崎博光, 長井隆行. 対話ロボットコンペティションにおける音声対話システム構築. *日本音響学会誌*. 2021, 77 巻, 8 号, p. 512-520.
- [11] C. T. Ishi, C. Liu, H. Ishiguro and N. Hagita. Evaluation of formant-based lip motion generation in tele-operated humanoid robots. 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2012, p. 2377-2382.
- [12] K. Sakai, T. Minato, C. T. Ishi and H. Ishiguro. Speech driven trunk motion generating system based on physical constraint. 2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). 2016, p. 232-239.
- [13] Colleen M. Carpinella, Alisa B. Wyman, Michael A. Perez, Steven J. Stroessner. The Robotic Social Attributes Scale (RoSAS): Development and Validation. the 2017 ACM/IEEE International Conference. 2017, p. 254-262.
- [14] Hiroko Kamide, Koji Kawabe, Satoshi Shigemi, Tatuo Arai. Development of a psychological scale for general impressions of humanoid. *Advanced Robotics*. 2013, vol.27, Issue 1, p.3-17.
- [15] Shimaya Jiro, Yoshikawa Yuichiro, Ogawa Kohei, Ishiguro Hiroshi. Robotic question support system to reduce hesitation for face-to-face questions in lectures. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2021, vol.37, no.3, p.621-631.
- [16] 鳥山朋二, 迫田勝理, 若杉芳一, 小林聡人, 西原功, 中野慎夫. 人間型ロボットを用いた遠隔教育の評価(<特集>認知と学習・教育用インタフェース/一般). *Educational Technology (ET)*. 2003, vol.103, no.536, p.99-104.
- [17] 船山智, 港隆史, 石井カルロス寿憲, 石黒浩. 操作者の笑い声に基づく遠隔操作型アンドロイドの笑い動作生成. 2017, vol.58, no.4, 9.932-944.
- [18] Sichao Song, Seiji Yamada. Expressing Emotions through Color, Sound, and Vibration with an Appearance-Constrained Social Robot. *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. 2017, p. 2-11.