遠隔会議におけるロボットを介した意思表示に関する研究

Robotic Expression of Approval and Disapproval for Teleconference

○ 長谷川 孔明 (筑波大) 正 中内 靖 (筑波大)

Komei HASEGAWA, University of Tsukuba, komei@hri.iit.tsukuba.ac.jp
Yasushi NAKAUCHI, University of Tsukuba

At the robot attending teleconferences, participants could not see the facial expressions and gestures of a remote participant who attends the conference via a humanoid robot. Usually, it is difficult to understand if the tele-participant agrees or disagrees to the opinions submitted at the meeting from the tele-existing robot expressions. In this paper, we propose an approval and disapproval expressing system for teleconference robots. The teleconference robot is equipped with a facial expressing device and a gesture device. By using them, the robot could act like human participants. We conducted experiments with subjects and confirmed that proposed system was able to express approving and disapproving intentions.

Key Words: Teleconference, Humanoid Robot, Facial expression

1. はじめに

通信技術の発展に伴い、ビデオ会議システムやweb会議システムなどを用いた映像と音声による遠隔会議が多く行われるようになってきている。しかしながら、ビデオ会議やweb会議のような映像と音声の伝達だけでは、対面における会議と異なり、十分な非言語的な情報を伝えることができず、意思疎通や情報伝達に支障がでることが明らかになっている[1][2]。その具体的な問題点として、遠隔参加者の現地における身体性の欠如[3]やディスプレイ上に映された人物の視線に違和感が生じるアイコンタクトの問題[4]などがあげられる。そのため、このような問題を解決する目的でさまざまな研究がなされている。

石黒らは、外見や表情、動作が人間ときわめて近いアンドロイドロボットであるRepliee Q2[5]や、ある特定の人物の分身ともいえるGeminoid[6]を用い、遠隔地での対話における存在感の伝達の研究を行っている。しかし、Geminoidのような特定の人物を模したロボットでは、その特定の人物の存在感しか表すことができない。一方、人間の平均顔を基にしたアンドロイドロボットにおいても、その操作者とロボットの外見の違いから違和感が生じるという問題がある。逆に、人間の形態を模してはいてもそれ以上人間に近づけようとはせず、あくまでロボットとして作られたヒューマノイドロボットの方が、操作者とロボットの外見が違っていても違和感は少ないと考えられる。そのため、ヒューマノイドロボットは不特定多数のユーザが利用できる遠隔会議のデバイスとして適していると考えられる。

ヒューマノイドロボットを用いた研究には、野上らのヒューマノイドアバターシステム[7]や、森田らのロボット会議、ビデオ会議、対面会議のそれぞれの印象比較を行う実験[8]などがある。これらの研究では、遠隔会議においてロボットの体や顔の向き、視線などの非言語的な情報の伝達を主に取り扱っており、それにより遠隔参加者が話をきちんと聞いているという印象を伝えることができていた。会議において話を聞いているかどうかは重要であるが、その次の段階として、話に対して賛成であるのか反対であるのかという意思表示はさらに重要になると考えられる。しかしながら、これらのヒューマノイドロボットを用いた研究では、表情や姿勢などの情報については考慮されてお

らず、賛成や反対などの意思表示を伝えることができていない。

そこで本研究では、ヒューマノイドロボットを用いることにより、会議中の遠隔参加者の意思表示を伝える手法を提案する。本手法では、ヒューマノイドロボットの表情やジェスチャといった非言語情報により、遠隔参加者の賛成や反対の意思表示をより明確に伝えることができる。

2. システムの設計

2.1 会議中の意思表示

会議という特定の状況では、人の表出する意味のある意思表示の種類はおのずと限られてくる。

会議における参加者の意思表示として、相手の発言に対して自分が賛成している、もしくは反対しているという賛否の意思表示、相手の発言の内容が理解できなかった場合の疑問の意思表示、相手の発言に対して自分が発言したい、もしくは発言したくないという発言意欲の意思表示の三つが挙げられる。そこで本研究では、会議における意思表示のフローチャートを図1のようになるものと考えた。まず、発言を聞いた後その内容を理解しているかどうかを判断される。発言を理解していなければ疑問の意思表示を行い、理解をするために補足の発言などを聞くこととなる。発言の内容を理解できていれば、その内容に対して賛否の判断を行う。賛否の意思表示に関しては、「絶対にだめだ」というように強く反対している場合と「それほど良いとは思わないな」といったように弱めな反対などを表す場合があり、賛成と反対の強さに応じて、大賛成、賛成、どちらでもない、反対、大反対の5段階に分けて考える。賛否の意思を決定した後、その発言に対して意見を言いたいと言いたくないかという発言意欲の判断を行う。そして、発言したければ発言したいという意思表示を、発言したくなければ発言したくないという意思表示を行う。また、どちらでもない場合には、賛否の意思表示を引き続き表わし続ける。

したがって本研究では、①大賛成 ②賛成 ③どちらでもない ④反対 ⑤大反対 ⑥疑問 ⑦発言したい ⑧発言したくない の意思表示について扱うこととする。

Fig. 1 Flowchart of participant's actions with intentions

2.2 意思表示メディア

人間は非言語コミュニケーションを行う際に、表情、ジェスチャ、対人距離、視線、接触、周辺言語、嗅覚作用、人工物といったメディアを用いていると考えられている[9]。会議中の意思表示には、表情とジェスチャが深く関連していると考えられるため、システムには表情を表出する機能とジェスチャを表現する機能が必要である。また、ほとんどの会議はテーブルを囲み座席に着いた状態で行われるため、下半身の動きというものはあまり考慮する必要がないと考えられる。そのため、本研究ではジェスチャを表すデバイスは上半身の動きのみで良いものとする。

2.3 表現する表情とジェスチャ

まず、相手の発言に対する賛否の意思表示を行う表情について説明する。賛成とは相手の意見を支持している場合の意思表示である。そのため、賛成している人はその相手の意見に対して友好的な印象を抱いているはずであり、幸福に近い感情であると考えられる。逆に、相手の意見に反対している場合は、相手に対し敵対的であり、怒りに近い感情であると考えられる。また、賛否の意思表示を行うジェスチャについては、P. Bull によると、椅子に座りながら話を聞いている状態において、相手の話に対して賛成である場合には腹部で手を組む傾向があり、相手の話に対して反対である場合には腕を組む傾向があることが分かっている[10]。したがって、幸福の表情をしながら腹部で手を組むことで賛成の意思を表わし、怒りの表情をしながら腕を組むことによって反対の意思を表すことができると考える。

次に、相手の発言が理解できずに疑問であるという意思表示について説明する。東山らによると日本人は疑問に思

うとき、口元に手をやり、困惑や不安といった表情でうつむき加減になることが分かっている[11]。

最後に、相手の発言に対しての発言意欲に関する意思表示について説明する。湯浅らの CG エージェントを用いた研究によると、エージェントに体を伸ばす動作をさせると発言したい意思があると感じられ、体をすくめると発言したくない意思があると感じられる傾向があることが分かっている[12]。

これらをふまえて会議中の意思表示を行うシステムを実装する。

3. システムの実装

3.1 表情表出デバイス

本研究では、表情を表現するデバイスとしてシャープ製の 16×16 ドット LED マトリクス LT5016M1 とその制御のためにハンプルソフト製 32×16 ドット LED マトリクス表示装置を使用した。

この LED マトリクスは、赤と緑 2 色の LED の組み合わせにより赤、緑、黄の 3 色表示ができる。また、16×16 のドット LED の光らせるパターンにより眉や目、口といった顔のパーツを表示させ、表情を表現することができる。

3.2 ジェスチャ表出デバイス

ジェスチャを表現するデバイスとして近藤科学製ロボット KHR-3HV を使用した。

KHR-3HV はホビー用のヒューマノイドロボットで、サーボモータの追加により頭部が 3 自由度、腕部が各 4 自由度、脚部が各 4 自由度の動きを行うことが可能であり、腕を組む、首を振る、前に乗り出すといった上半身のジェスチャを表現することができる。

3.3 表情とジェスチャの実装

①大賛成 ②賛成 ③どちらでもない ④反対 ⑤大反対 ⑥疑問 ⑦発言したい ⑧発言したくない の 8 種類の意思表示に対応する表情、ジェスチャの実装を行った。

表情はエクマンの研究による人間の表情の特徴[13]を参考にし、LED マトリクス上に眉、目、口の形状として表現した。また、赤は興奮、黄は上機嫌、緑は平静といった一般的な色の連想作用を参考にして、各表情を表示する色を決定した。ジェスチャは KHR-3HV のモーションエディタを使い、椅子に座り正面を向いて腕や胴体をまっすぐにした初期状態から、腕を組んだり、前に乗り出すポーズをとったり、首を横に振る、首をかしげるといったモーションを行ったあと、再び初期状態に戻るという一連の流れにより表現した。実装した表情とジェスチャの一例を図 2 に示す。

Fig. 2 Approving expression by tele-existing robot

4. 実験

本研究で開発したシステムの表情とジェスチャが、想定した意思表示を行った際に、他の会議参加者に適切に感じとられるかどうかを評価する実験を行った。また、表情のみ、ジェスチャのみ、表情とジェスチャの併用の3パターンの評価を行うことにより、それぞれの場合において感じとられる意思表示に違いが出てくるかについても調査を行った。前述した8種類の意思表示をそれぞれ3パターンの表出方法で行うため、合計で24種類の表出動作に対して評価を行った。

4.1 実験方法

被験者8名に、架空の会議に参加してもらい、本研究で開発したシステムの評価実験を行った。被験者には、討議技法を模したシナリオにしたがって発言してもらい、それに対して本システムがランダムに意思表示を行うようにした。それを見てどういう意思表示をしているように感じるかをアンケートにて回答させた。

アンケートの評価項目は、A. 遠隔参加者は今の発言に賛成しているか、反対しているか B. 遠隔参加者は今の発言を理解しているか、理解していないか C. 遠隔参加者は今の発言に対して発言したいか、発言したくないかの三項目である。また、それぞれの質問項目に対して、非常に賛成している、賛成している、どちらかといえば賛成している、どちらでもない、どちらかといえば反対している、反対している、非常に反対している、といった7段階にて評価させた。

4.2 実験結果

被験者実験のアンケートの各質問項目に対する評価の平均をグラフにまとめたものを図3～5に示す。

A. 賛成しているか、反対しているかについては、①大賛成、②賛成の評価値が高くなり、一方、④反対、⑤大反対の評価値が低くなっていることにより、本システムにより賛否の意思表示が可能であることが確認された。また、表情のみ、ジェスチャのみ、表情とジェスチャを併用した場合を比較すると、表情とジェスチャを併用した場合がよりはっきりと賛否を表現するということが確認できた。

⑦発言したいについて、表情のみ、表情とジェスチャの併用で賛成しているという評価が高いことから、⑦発言したいの表情が賛成の意思表示として認識されていると考えられる。また、⑧発言したくないがどのパターンでも反対していると認識されている。⑦発言したいと⑧発言したくないについて賛成や反対の意思表示が付加されることは、本研究では想定していなかった。発言意欲の意思表示に関しては、賛成しているから発言したい、反対であるが発言したくない、といったような賛否の意思も考慮する必要があると考えられる。

B. 理解しているか、理解していないかについては、⑥疑問の評価値が高くなってしまい設計で想定した意思表示はできなかった。A. の質問で⑥疑問の項目の評価値が低くなっていることから、疑問は反対の意思表示として認識されている。これは疑問の表情、ジェスチャが④反対や⑤大反対のものと類似して、判別が難しかったものと考え

Fig. 3 Experimental result of question A(against/for)

Fig. 4 Experimental result of question B(comprehensions)

Fig. 5 Experimental result of question C (willingness of utterances)

られる。また、この実験ではランダムに意思表示を行ったため、実験のシナリオにおいて疑問の反応が返ってこないと思われる発言に対しても疑問の意思表示を行っていたことがあり、そのために正しく認識されなかったものと考えられる。

C. 発言したいか、発言したくないかについては、A. や B. の評価項目の結果と比べて、各表情、ジェスチャの評価値の差が小さかったため、t 検定を行った。その結果、⑦発言したいの表情とジェスチャを併用した場合と、⑧発言したくないの表情とジェスチャを併用した場合とでは、有意水準 10% にて有意差があることが確認された。また、⑦発言したいの表情とジェスチャを併用した場合と、⑧発言したくないのジェスチャのみの場合とでは、有意水準 5% にて有意差が認められた。そのため、本システムにより発言意欲の意思表示が可能であることを示せたものと考えられる。また、表情とジェスチャを併用した①大賛成や⑤大反対の表示も発言したい意思表示であると認識されている。このことから、強い賛成や反対の様子は発言したいと捉えられることがわかる。

⑦発言したいは表情とジェスチャを併用することにより、さらに発言したい度合いが高くなっているのに対し、⑧発言したくないの表情とジェスチャを併用した場合は、ジェスチャのみの場合よりも発言したくない度合いが下がっている。このことから、⑧発言したくないの意思表示は表情ではなく主にジェスチャであらわすことができるということが確認できる。

最後に、見る向きによって印象が変わる、発言している時に発言者の方向を向いていないと話を聞いているように感じられない、などの意見が被験者から得られた。そのため、発言者の方向を自由にすることができるよう上半身の向きを変えられる設計にする必要があるものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、表情表出デバイスとジェスチャ表出デバイスを用いて、会議中の賛否、疑問、発言意欲の意思表示を行う手法を提案した。また、提案手法を表情表出デバイスとして 16×16 ドット LED マトリクス、ジェスチャ表出デバイスとしてヒューマノイドロボット KHR-3HV を用いて実装し、提案手法の有効性を評価した。実験において、賛否と発言意欲の意思表示が適切に認識され、提案手法によって賛否と発言意欲の意思表示を行うことができることを確認した。また、疑問の意思表示に関しては、反対の意思表示と混同されるという問題があることがわかった。

今後の課題として、以下のことを考えている。本研究では会議中において主に想定される意思表示だけを扱ったが、さらに多様な会議の状況に対応するためには表現できる意思表示の種類を増やす必要があるものと考えられる。また、本研究ではうまく意思表示ができていなかった疑問について、表情とジェスチャの見直しを行うとともに、シナリオ中の発言のコンテキストも考慮し、疑問に思われる可能性のある発言をした際の反応として評価してもらう必要があるものと考えられる。

文 献

- [1] M.M. Mantei, R.M. Baecker, A.J. Sellen, W.A.S. Buxton, T. Milligan and B. Wellman: Experiences in the Use of a Media Space, Proc. of CHI91, pp. 203-208, 1991.
- [2] R. Vertegaal: The GAZE Groupware System: Mediating Joint Attention in Multiparty Communication and Collaboration, Proc. of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI99), pp. 294-301, 1999.
- [3] W.W. Gaver: The Affordances of Media Spaces for Collaboration, Proc. of CSCW92, pp. 17-24, 1992.
- [4] O. Morikawa, T. Maesato: Toward pleasant-to-use video mediated communication system, Proc. of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, pp. 149-158, 1998.
- [5] 石黒浩, 「アンドロイドサイエンス~人間を知るためのロボット研究~」, 毎日コミュニケーションズ, 2007.
- [6] D. Matsui, T. Minato, K.F. MacDorman, H. Ishiguro: Generating Natural Motion in an Android by Mapping Human Motion, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1089-1096, 2005.
- [7] D. Nogami, H. Nakanishi, H. Ishiguro: Proposing a humanoid robot avatar system, Proc. of IPSJ SIG Technical Reports, pp. 61-66, 2007.
- [8] 森田友幸, 間瀬健二, 平野靖, 梶田将司, 岡留剛: ヒューマノイドロボットを用いた遠隔コミュニケーションにおける注目伝達, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp. 3849-3858, 2007.
- [9] 長田雅喜, 「対人関係の社会心理学」, 福村出版, 1996.
- [10] P.ブウル著, 市河淳章, 高橋超編訳, 飯塚雄一, 大坊郁夫訳, 「姿勢としぐさの心理学」, 北大路書房, 2001
- [11] 東山安子, ローラ・フォード, 「目米ボディートーク」, 三省堂, 2003.
- [12] 湯浅将英, 徳永弘子, 武川直樹: 発話マインドを伝えるアバター会話システム—人と機械での気持の通じる対話を目指して—, 情報処理学会インタラクション 2009 論文集, pp. 23-24, 2009.
- [13] P.エクマン・W. V. フリーセン著, 工藤力訳編, 「表情分析入門——表情に隠された意味をさぐる」, 誠信書房, 1987.