対話ロボットのための身体動作制御に基づく優先度合の表出手法検討

荒井 ほのか[†1,2]，木本 充彦[†1,2]，飯尾 尊優[†1,3,5]，
松村 礼央[†1,4],下原 勝憲[†2]，塩見 昌裕[†1]

概要： ロボット技術の発展に伴い，店頭やオフィスのフロントなど様々な場面で人間とのコミュニケーションに主眼を置いたロボットが注目されている．人と対話をする環境は様々であるが，どの環境においても複数人と同時に対話する状況を考慮しなければならない．さらには，対話する人々のうちだれに対して優先的に接するのかを考慮する必要もある．優先度を考慮してコミュニケーションを取らなければ，対話相手の印象を損ねてしまう可能性も高くなるだろう．これまでロボットの非言語コミュニケーションに関する研究が多数行われているが，人の優先度を考慮した取り組みはさほど行われてこなかった．本研究では，対話中の身体動作を変化させることで，対話相手への優先度合を表出する手法の検討を行う．

1. はじめに

ロボット技術の発展に伴い，店頭やオフィスのフロントなど様々な場面において人と対話をするロボットが盛んに開発されている．近年では，ロボットと人のコミュニケーションをより自然なものとするため，人に対して親近感を与えるようなロボットの非言語コミュニケーションに関する研究が多数行われている[1][2].

対話ロボットが利用される環境は家庭や公共の場など幅広いが，どの環境においても複数人と同時に対話する状況を考慮する必要がある．さらには，対話する人々のうち誰に対して優先的に話しかけるか，を考慮する必要もある．例えば我々は，会社の重役と案内役が来た場合や，子供連れの家族などが来た場合など，より情報を伝えるべき優先度の高い対話相手を暗黙的に決定して対話を進めている．このような配慮が欠けていた場合には，対話相手の印象を損ねてしまう可能性が高くなるであろう．

対話ロボットに関する研究の多くは，一人に対して説明を行う際の視線や身体動作の設計が中心であった[3]，複数の人を対象とした対話ロボットの研究開発も行われているが[4]，どちらの人を優先すべきか，といった観点の取り組みはさほど行われてこなかった．そのため，現状の対話ロボットでは，上記のような問題を解決することが困難である．

そこで本研究では，対話中の身体動作を変化させることで，対話相手への優先度合を表出する手法の検討を行う．すなわち，ロボットと対話する 2 名のうちどちらかの優先度が高い場合，その人へより多く視線を向けるように振舞ったり，優先度の低い人に対しても一定の割合で視線や体を向けたりすることで，どちらの人に対しても不快感を与えずに対話を行うための検討を進める．

具体的には，対話ロボットが同時に二人へ説明を行う状況を想定し，人追跡用センサと小型ロボットを組み合わせることで，ロボットの視線と体両方を対話相手へ向ける Affiliative Gaze と，視線のみを向ける Referential Gaze 動作の実装を行った．それらの実装に関する詳細と，実際の動作について報告する．

2. システム設計

2.1 Affiliative Gaze と Referential Gaze

Pejsa らは以下の 3 つの視線動作を画面上に映し出された教師エージェントに実装し，エージェントの視線と体の向きがユーザの学習意欲に対してどのように影響するのかを検証した[5]. なお，教師エージェントは実験参加者に対して，画面上の地図を用いて中国の歴史の講義を行った．

Affiliative Gaze: 教師エージェントは講義中に主に実験参加者に対して視線と体を向けた．教師エージェントが地図に視線をむける際にはなるべく小さな動作にとどめ，視線のみを地図に向けていた．

Referential Gaze: 教師エージェントは講義中に主に地図に対して視線と体を向けた．実験参加者に対して視線を向ける際にはなるべく小さな動作にとどめ，体の向きは地図に向けていた．

Both Gaze: Affiliative Gaze と Referential Gaze を組み合わせた動作である．エージェントが実験参加者へ視線を向ける際には体も実験参加者へ向け，地図へ視線を向ける際には

†1 ATR
†2 同志社大学
†3 筑波大学
† 4 karakuri products
† 5 国立研究開発法人科学技術振興機構，さきがけ

© 2019 Information Processing Society of Japan

体も地図の方向へ向けた．

結果として，Affiliative Gaze と Both Gaze の場合は，エージェントが講義に参加していると感じ，好感度や信用度などの評価でも Referential Gaze と比較して高い値となった．また，Affiliative Gaze と Referential Gaze に関しては，実験参加者のエージェントに対する感じ方に有意差は見られなかった．Referential Gaze の場合は講義後のテストスコアが他の 2 つの視線動作よりも良い結果となった．

これらの結果から，エージェントの視線動作が，実験参加者への学習意欲やエージェントへの印象に対して様々な影響を及ぼすことが示された．一方，当該研究では，我々が検討を進める視線動作と同様の身体動作を扱っていたものの，対話相手への優先度合を表出するための視線動作としての効果を検証するものではなかった．そこで本研究では，これら 2 種類の視線動作をロボットと人位置推定用センサを組み合わせて実装を進め，対話相手への優先度合を表出する効果を検証するためのシステム開発を行った．

2.2 ロボットシステム

対話を行うロボットには，ヴイストン株式会社が開発した Sota を用いた．高さ約 30 ㎝のテーブルトップ型ロボットであり，顔部分に 3 自由度，右腕・左腕にそれぞれ 2 自由度, および胴体部分に 1 自由度の稼働機構を備えている．環境内の人位置を推定するためのセンサとして，Microsoft 社が開発した Kinect V2 を利用し，ロボットの視線と胴体の向きの制御にその位置情報を用いる．本システムを用いて実現した Affiliative Gaze，および Referential Gaze を行うロボットの様子を，図 1 および図 2 に示す．

図 1　Affiliative Gaze

図 2　Referential Gaze

3. おわりに

本研究では，複数人と対話するロボットシステムにおいて，対話中のロボットの身体動作が対話相手へ優先度合を表出する手法について検討した．具体的には，対話時に体と視線の両方を対象へと向ける Affiliative Gaze，および対話時に視線のみを対象へと向ける Referential Gaze という 2 種類の視線動作を，テーブルトップ型ロボット Sota および人位置推定センサとしての Kinect V2 を用いて行うロボットシステムを構築した．

今後，実装した 2 種類の視線動作を用いて，ロボットが同時に複数の人々へと対話を行う際の印象を評価する実験を実施する予定である．その際，ロボットが各視線動作の割合を変化させることで，どのように優先度に応じた適切な振る舞いを実現できるか，についての検証を進める予定である．また，これら 2 種類の視線動作を用いて対話相手へと視線を向ける割合に加えて，優先度に応じてそもそもどの程度視線そのものを向ける割合を変化させるべきか，および対話内容に応じて視線の割合や各種視線動作の割合を変化させるべきかといった，対話時における視線動作の設計方法についても考察を進める予定である．さらには，非言語動作である視線や身体動作のみを通じて優先度合を表出することで，言語的コミュニケーションを伴わずに対話相手との関係性を表出することが可能かどうかについての検討も併せて進める予定である．

謝辞　本研究の一部は公益財団法人立石科学技術振興財団， JST，CREST，JPMJCR18A1，JST，さきがけ，JPMJPR1851 ，および JSPS 科研費 JP18H03311, JP18J12552 の支援を受けたものです．

参考文献

[1] H.Striepe and B.Lugrin, “There Once Was a Robot Storyteller: Measurint the Effects of Emotion and Non-verbal Behavior,” Social Robotics: 9th International Conference ICSR2017, pp.126-136

[2] A.Moon, D.M.Troniak, B.Gleeson, M.K.X.J.Pan, M.Zheng, B.A.Blumer, K.MacLean and E.A.Croft, “Meet me where I’m gazing : how shared attention gaze affects human-robot handover timing,” HRI’14 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction, pp.334-341,2014

[3] C.Haung , T.Iio, S.Satake and T.Kanda, “Modeling and Controlling Friendness for An Interactive Museum Robot,” Science and Systems, 2014

[4] B.Mutlu, T.Shiwa, T.Kanda, H.Ishiguro and N.Hagita,”Footing In Human-Robot Conversations: How Robots Might Shape Participant Roles Using Gaze Cues,” HRI’09 the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction, pp.61-68,2009

[5] T.Pejsa, S.Andrist, M.Gleicher and B.Mutlu, “Gaze and Attention Management for Embodied Conversation Agents,” ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, vol.5, no.1, article 3

© 2019 Information Processing Society of Japan