

人の注意領域の推定に基づく ロボットの対人相互作用場のモデル化

The modeling of Robot's interpersonal interaction field based on estimation of other's attention

横山 絢美^{1*} 大森 隆司²
Ayami Yokoyama¹ Takashi Omori²

¹ 玉川大学大学院工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Tamagawa University

² 玉川大学工学部

² College of Engineering, Tamagawa University

Abstract: In the situation that a robot appeals for human when the human is doing some work, the modeling of interpersonal interaction is necessary for the robot to estimate the attention field from person's current position or situation and to decide how to appeal. In this study, we made the model of attention field when the person appeals to others from analysis of human communications situation. In addition, we discuss the measurement device of human's position. This is necessary to estimate the other's attention field.

1 はじめに

近年、機械技術の進展によりロボットなどの知能機械と人間との共存が現実的なものとなってきた。ロボットは人間の生活支援あるいはコミュニケーションを目的とした機械であり、人間に負担をかけず、自然で円滑なコミュニケーションを可能とするロボットの研究も多く行われている。しかし、現在行われている研究のほとんどは、ある特定の状況あるいはタスクにのみ対応できるロボットあるいはシステムの開発であるため、人間と共存するロボットの実現にはまだ距離がある[1][2]。これに対し、我々は様々な状況において自然なコミュニケーションが可能なロボットの開発を試みる。

我々はこれまでに、人間とロボットのインタラクションの実現を目的として、人のインタラクション過程をモデル化し他者の意図推定に基づいて受動的/能動的に振舞うエージェント同士のハンタータスクのシミュレーションを行ない、提案モデルの検証を行ってきた[3]。さらに、同様のタスクの人間とコンピュータによる行動実験から、我々の提案モデルは人間の行動決定過程のモデルとしても、妥当性があるということを示してきた。この結果から、円滑なコミュニケーションを実現するためには我々が提案した受動的/能動的な振

舞いを選択するメタ戦略が有効であるということが示唆された[4]。しかし、これまでに我々が提案してきたモデルはシンボリックな理論であり、これを現実場面にそのまま適用することは難しい[5]。

例えば、人間が何か作業を行っているところにロボットが働きかける場面では、ロボットは対象人物がどのような作業を行っているのか、その作業に対してどのような支援を行なうべきかという判断をする必要があるだろう。そして、これを実現するためにはどのような情報を用いて対象人物の状態を認識し、それらの情報をどう利用すべきかについて議論する必要がある。

本稿では、ロボットが人間に対して支援あるいはコミュニケーションする際の振舞いについて、人間同士のコミュニケーション事例の分析から、働きかける人が推定するであろう対象人物の注意領域をモデル化し、その論証を行う。また、現実場面で注意領域を推定するために必要な人間姿勢の計測デバイスの開発とその特徴についても議論する。

2 人とロボットのインタラクション

あるタスクに特化したモデルではなく、様々なタスクに対応できる汎用的なモデルを作成するためには、まず対象人物が現在おかれている状況を理解する必要がある。我々はこれに対し、対象人物が何か作業をして

*玉川大学大学院工学研究科

〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1

E-mail: ykyma6er@engs.tamagawa.ac.jp

いる際に向けている注意の領域に注目した。対象人物の注意領域を推定することができたならば、様々なシチュエーションでの物体や他者の認識によってその場の状況に対する客観的な記述をすることができ、他者の意図を推定することもできる [6]。そして、ロボットは現在のタスクあるいは意図によって、対象人物にどう働きかければよいかといったプランを作成することができるだろう。

このプランを作成するためには、周囲の環境や他者に関する事前知識などが必要であるが、その前段階として、他者の注意領域をどのように推定し、さらにはこの注意領域をどのように利用し、働きかけるかということについてモデル化する必要がある。

他者の現在置かれている状況に対する理解について、これまでは人間がロボットに対応してくれるということをも想定、あるいは特定のタスクに絞り込むことでロボットの振舞いについては作り込まれているというのが現状である。

3 コミュニケーション場のモデル

3.1 対象人物のコミュニケーション場

本研究では、ある人が何か作業をしている場面では、この人の注意は図 1 に示す領域 (赤色枠内) に向いており、その周囲には対象人物が直接注意を向けていないが、周辺視野によりその領域の状態が何か変化すれば気づくことのできる領域 (青色枠内) が存在すると考えて、我々はこの赤色枠内の領域を「注意領域」、青色枠内の領域を「周辺領域」と呼ぶ。



図 1: コミュニケーション場

ここで、我々の日常のコミュニケーション場面について考えてみる (図 2)。この場合、Human A の注意領域に Human B が入り込み、この 2 人が共通の注意領域を持つことによって、会話やコミュニケーションといったインタラクションが始まる、というのがごく自然な流れであろう。そしてこの場合、Human B が Human A の領域に対してどのように入り込んでいくべきかについては、その時々々の状況や意図に依存する。

我々は、ロボットと人間のインタラクションでも同様に、ここでの Human B の振舞いはロボットが行う

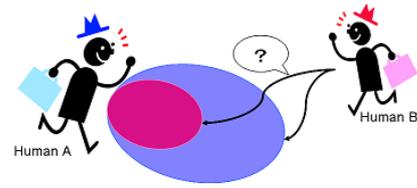


図 2: コミュニケーション場への他者の介入

べき行動と一致すると考えた。そこで、我々がこれまで行ってきた他者の意図推定に基づいた行動決定過程モデルに加え、人間やロボットの存在する「領域」についてのモデルについてもロボットは考慮する必要があるだろう。

3.2 シチュエーション

我々は人とロボットのインタラクションを実現するにあたり、人間同士のコミュニケーション場面を分析し、そこからヒントを得ようと考えた。人間のコミュニケーション場面は大きく図 3(左)(右)、図 4(左)(右) に示す 4 つのパターンに分類できる。

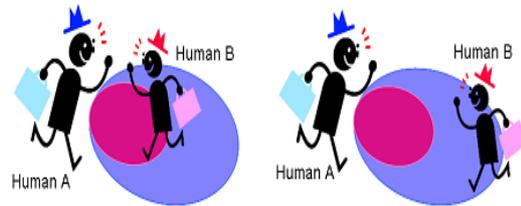


図 3: 1 対 1 のコミュニケーション

図 3(左) は、対象人物が 1 人かつロボットの目的が対象人物との意思疎通を必要とする場面である。この場合、ロボットは、他者の周辺領域に入ることによって他者の注意を引き、さらには他者の注意領域にまで入っていくことで他者との協調作業や会話といったコミュニケーションを図ることができる。

図 3(右) は、対象人物が 1 人かつロボットの目的が対象人物の注意を必要とする場面である。この場合、ロボットは他者の周辺領域に入ることによって他者の注意を引くが、ここで現在他者の行っている作業を邪魔したくないという場合には、この周辺領域に物を置く、あるいはこの場で作業を行うことで、ロボット自身の目的を達成する。

図 4 は、それぞれ図 3 のシチュエーションにおいて他者が複数存在する場面である。

図 4(左) は対象人物が複数かつロボットの目的が対象人物との意思疎通を必要とする場面であり、この場合、他者の間には共通の注意領域が存在すると考えら

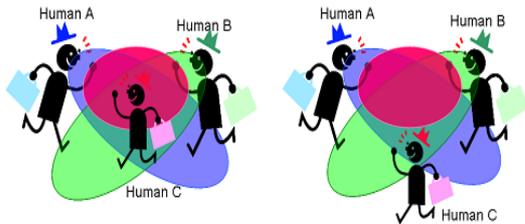


図 4: 1 対多のコミュニケーション

れる。このことから、Human C は Human A, B の共通の注意領域に入っていくことで、2 人のコミュニケーション場面に介入することができる。

一方で、図 4(右) は対象人物が複数かつロボットの目的が対象人物の注意を必要とする場面であり、インタラクションしている他者と直接的なコミュニケーションを取る必要はないが、何か支援を行なう必要がある場合、ロボットは他者の周辺領域内で作業をする、あるいは目的を達成することで、他者の作業を妨げることなく必要な支援を行なうことができる。

3.3 コミュニケーション場面における人間の行動分析

我々はこれら図 3(左)(右), 図 4(左)(右) について、日常生活シーンでのシチュエーション別に分類し、それぞれのシーンにおける人間の行動分析をいった。各図において、赤色枠内は対象人物の注意領域、青色枠内は周辺領域を示している。

図 5 は、リビングなどで Human B が Human A にコーヒーを運んでくる場面である。このとき、Human A の注意領域は赤色枠内にある。このような状況で、注文の品を運んできた Human B は「どうぞ」などと声を掛けながら Human A の周辺領域に入っていく、Human A の注意領域にコーヒーを置く。



図 5: Situation A

図 6 は、Human A が机に向かって作業をしている際に Human B がコーヒーを持ってくる場面である。このとき、Human A の注意領域は赤色枠内にある。このような状況で Human B の望ましい行動は Human A

の作業を邪魔することなく Human A の手の届く範囲内にコーヒーを置き、その行為を気づかせることである。この場合、Human B は Human A の周辺領域にコーヒーを置くことで、Human A の作業を邪魔することなく目的を達成することができる。



図 6: Situation B

図 7 は、Human A と Human B がソファーなどの大きな物を運ぼうとしていることに気づいて Human C が手伝いに入る場面である。このとき、Human A と B の注意領域は共通して赤色枠内にある。そこに Human C が作業を手伝おうと介入する場合、Human C は 2 人が共有している周辺領域、さらには注意領域に入ること、最終的には 3 人が共通の注意領域を持ち、Human A, B, C の共同作業が始まる。



図 7: Situation C

図 8 は、Human A と Human B が荷物を部屋の外に運び出そうとしていることに気づき、Human C がドアを開ける場面である。このとき、Human A と Human B の注意領域は共通して赤色枠内にある。ここで、Human C は「ドアを開けましょうか」などと申し出ながら Human A の周辺領域に入って支援する。



図 8: Situation D

これらの分析から、各シーンにおける Human A の注意領域、周辺領域は、Human A の頭の向きから予想できるのではないかと考えた。また、Situation A ~ D の写真を見せ、「Human A の注意領域はどこにあるか」という質問を、大学生 5 名に印をつけてもらった結果、注意領域は対象人物から 50cm ほど前方の範囲内、周辺領域は対象人物から 1m ほど前方の範囲内に集中していた。

4 モデルの評価実験

4.1 行動実験

我々は対象人物の頭の向きを計測し、それを基に Human A の注意領域、周辺領域を推定しようと試みた。そこで、被験者には色マーカーの付いたカチューシャ (図 9) を装着してもらって実験を行う事として、Human A の注意領域と周辺領域を以下のように定義した。



図 9: 色マーカー付カチューシャ

・注意領域: カチューシャの赤と青それぞれのマーカーの重心位置を結ぶ直線を短径とし、長径を 50cm とする半楕円内

・周辺領域: カチューシャの赤と青それぞれのマーカーの重心位置を結ぶ直線 + 20cm を短径とし、長径を 100cm とする半楕円内

実験において、被験者には Situation A ~ D での Human A の行動をするよう求め、Human A に相当する被験者からの主観報告による注意領域、周辺領域と、我々の推定した領域とがどの程度一致するかを確かめた。

行動実験では、マーカー情報をカメラから計測することで人間の姿勢を色の座標データ、距離データを用いて認識する。我々は、色座標情報の取得には Web カメラ (Microsoft LifeCam VX-7000) を使用し、距離情報の取得には 3 次元距離測定カメラ (SwissRanger-SR-4000) を使用した。

4.2 行動実験結果

行動実験の結果を図 10 ~ 図 13 に示す。各図において、被験者が主観報告で示した注意領域を緑色枠で示し、マーカー情報から取得した情報を基に算出された注意領域を赤色枠で示す。また、各図の左側は実験開始時の計測結果、右側は被験者の注意領域あるいは周辺領域に行動支援者が介入した際の計測結果を表している。

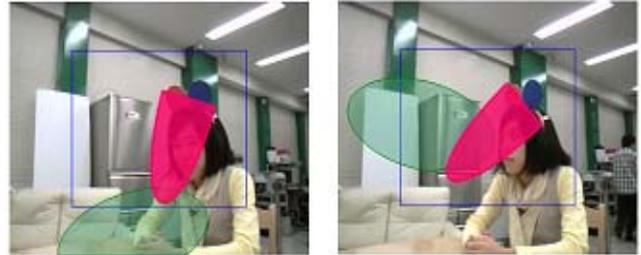


図 10: SituationA での結果

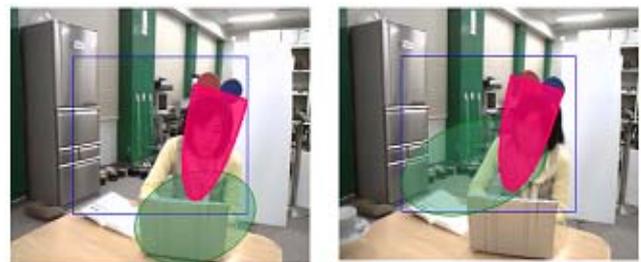


図 11: SituationB での結果

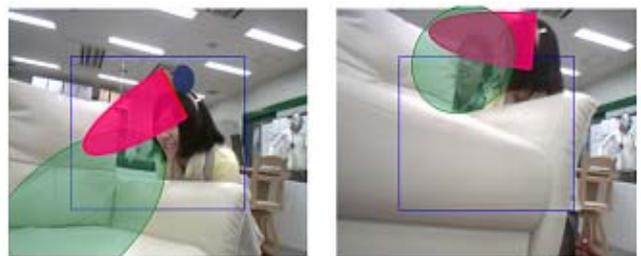


図 12: SituationC での結果

対象人物が周辺領域での変化に反応する場合、頭を動かして確認するのではなく、視線のみを一瞬動かしてまたすぐ元に戻すため、頭につけたマーカーの各瞬間の情報のみで注意領域、周辺領域を推定する事は難しい。この場合には、行動の履歴や視線の方向、体の向きといった情報を組み合わせて判断する必要があるだろう。

しかし、我々のモデルによる推定領域と被験者による主観報告が極端に異なることはなかった。このこと



図 13: SituationD での結果

から，ロボットが人とコミュニケーションあるいは支援を行う際にどのような振舞いをするべきかという判断材料として用いる場合，その効果はある程度期待できるのではないかと考える。

5 まとめ

本研究では，ロボットが人間に対して支援あるいはコミュニケーションする際の振舞いについて，人間同士のコミュニケーション事例の分析から，対象人物の注意領域，周辺領域をモデル化し，その検証を行った。その結果，人の注意領域は対象人物の頭の向きに関する情報で，ある程度は予想可能であることが示唆されたが，この情報だけではロボットが周辺領域に介入してきた際などに变化する領域までを推定する事は難しい。

今後は，実験結果の定量的な解析を行うことで人間とロボットのインタラクション過程におけるロボットの振る舞いをモデル化し，このモデルをロボットに実装して，現実的なインタラクション場面での検証を行いたい。これにより，ユーザと円滑に協調することのできるロボットへの応用を実現する手法の開発をしていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 徳舂彰，鈴木拓央，村上奨，中内靖環境知能化と機械学習による調理作業の認識と支援第 26 回日本ロボット学会学術講演会，RSJ2008AC2N2 - 05，2008
- [2] 高野渉，ダナ・クーリッチ，中村仁彦インタラクションの推定・制御に基づく身体的コミュニケーション第 25 回日本ロボット学会学術講演会，1D12，2007
- [3] 横山絢美，岡田浩之，大森隆司，石川 悟: 意図推定に基づく行動決定過程のモデル化とその評価，電子情報通信学会技術研究報告ニューロコンピューティング研究会，NC2008-18，pp.35-40，2008
- [4] 横山絢美，大森隆司: 人間の行動決定過程におけるメタ戦略の存在とその処理過程，HAI2008，2A-1，2008
- [5] Ayami Yokoyama，Takashi Omori，Satoru Ishikawa，Hiroyuki Okada: Modeling of action decision process based on intention estimation，SCIS&ISIS2008，TH-F3-1，2008
- [6] 横山絢美，大森隆司: 協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析，電子情報通信学会論文誌 A，Vol.J92-A，No.11，pp.734-742，Nov.2009.