

権威付けによるヒューマンロボットインタラクション

村上直隆[†] 片上大輔[†] 山田誠二^{††}

本研究では人とロボットの間で自然なコミュニケーションを行うために、ロボットに実在の人物の顔や声などの特徴を与える「権威付け」を適用する。ロボットを権威付けすることにより実在の人物と接しているように人とロボットが自然なコミュニケーションを行うことができる。実験において被験者に権威付けされたロボットがタスクの依頼を行ったところ、実在の人物と接しているような印象を与えてロボットへの依頼を受けさせることができた。さらに実験結果を分析したところ、ロボットを権威付けするためには実在の人物の顔を表示するなどの視覚的な因子が有効であることがわかった。また、これらの結果から権威付けを利用したヒューマンロボットインタラクションの今後の方向性について考察する。

Human-Robot interaction by applying authority

NAOTAKA MURAKAMI,[†] DAISUKE KATAGAMI[†] and SEIJI YAMADA^{††}

In this paper, in order to perform natural communication between people and a robot, we propose "applying authority" which gives a robot the features, such as a person's face, and voice. By applying authority to a robot, people can communicate with robot the same with communicating with people. In the experiment, when the authorized robot requested, it was able to have people receive a request. Furthermore, analysis of an experiment result showed that a visual factor was effective, in order to apply authority to a robot.

1. はじめに

現在、人間社会においてロボットが日常生活支援、介護支援、ペットロボットといった様々な場面で活躍する機会が増えている。ここで、ロボットが人間社会に入り込んで活動するためには人とロボットの間で円滑なコミュニケーションを成立させることが重要となってくる。

しかし、ロボットが人に対して社会的勢力を持たないことからロボットと人同士の自然なインタラクションを行うのは困難であり、両者の間にこのようなコミュニケーションを成立させるための方法論はいまだ確立されていない。

従来のロボット研究では、人とロボットのインタラクションは人からロボットに一方的に命令を伝え、タスクを実行させるようなものが多かった。しかし人を支援し、日常生活に入り込んで活動するようなロボットにおいては、人同士の自然なインタラクションを実現し、人がロボットからの命令にも答えられる

ような信頼関係を作る必要がある。

山本ら¹⁾の研究ではロボットからの依頼が人に受け入れられにくいことに注目し、ロボット上に遠隔対話インタフェースシステムを構築して人から人の依頼を行ったが、これはロボットがTV電話のような役割を果たしたものであり、純粋なヒューマンロボットインタラクションであるとは考えにくい。小野ら²⁾³⁾の研究ではロボットと人の「関係性」に注目し、エージェントのロボットへの移動による関係の創出を試みた。しかしここではエージェントの移動の効果のみに注目しており、すでに実社会に存在する人間関係などは取り扱っていない。

そこで本研究ではロボットと人の「関係性」において、ロボットに実在の人物の顔や音声などの特徴を与えることによる関係の創出に注目した。これを本研究ではロボットの「権威付け」とし、ロボットを権威付けすることによって実世界の人間関係をそのまま人とロボットの間にも適用する。これによりロボットに社会的勢力を持たせ、ロボットの行動やメッセージに強制力や重要性を持たせて、人がロボットからの依頼に答えることができるような円滑なコミュニケーションを成立させることができる。

さらにロボットが権威付けられるためにはどんな要

[†] 東京工業大学 総合理工学研究科知能システム科学専攻
CISS,IGSSE,Tokyo Institute of Technology

^{††} 国立情報学研究所

National Institute of Informatics

素が重要であるかについて心理学的実験、分析によって検証する。

2. 権威付け

人は日常生活において、多くの他人とコミュニケーションをはかりながら過ごしている。その中で他人に頼み事をしたりされたりというのはよく見かけられる自然な行為である。そのような場合に受け手が依頼を受理することの理由の一つとして依頼人がなんらかの「権威」を持っているということが挙げられる。ヒューマンロボットインタラクションにおいても「権威」によって依頼を受理させるようなコミュニケーションが実現できれば、人からロボットへの一方的な命令だけでなくロボットから人に対する命令にも従うことができるような関係を構築し、人と日常生活を共に送ることができるようなロボットを作ることができると考えられる。

権威とは依頼する側が持つだけではなく、それを受ける受け手に受容されなければならない⁴⁾。よってロボットが持つ権威とは受け手である人にわかりやすい形で提示されるのが望ましい。そこで本研究ではロボットに権威を持たせる際に既に実社会の人間関係において存在し、受け手に受容されている権威を利用することを考え、実在の人物の顔や声などの特徴を与えることによるロボットの権威付けを提案する。

ここでは、ロボットの権威付けにおいて重要な因子を特定するために、表示因子、音声因子、移動因子の3因子を考える。表示因子、音声因子において実在の人物の顔や音声を使用することでロボットに対する権威付けを行い、その効果を検証する。ロボットが人に命令をしたとしてもその命令に人が従うかどうかは疑わしいが、権威付けされたロボットからの命令ではそのロボットの背後に人の存在を感じることによりその人から命令をされたのと同様に受け取ることが予想される。

3. 実験

3.1 概要

権威付けられたロボットの人への影響力の度合を計るために、被験者があるタスクを実行している最中にロボットがタスクの中断と別のタスクを依頼するという実験を行った。ロボットが権威付けられることによって社会的勢力を持つとすると、ロボットからの依頼が重要性を持ち、被験者がある依頼を受けやすくなると考えられる。被験者に対する依頼には図3、4のような擬人化エージェントを用いる。

具体的なタスクは次のようになる。

- (1) 被験者にはエージェントを使用する実験であることを知らせずに、パズルを解く時間を計測するものと伝える。
- (2) 被験者に部屋の中で一人でパズルを解いてもらう。
- (3) ロボットが部屋に入って来て、もしくは被験者の目の前にあるPCからエージェントが現れ、部屋からの移動を被験者に依頼する。

この依頼が受理されるかによってロボットの権威付けの効果を計り、権威付けに必要な様々な要因について分析する。

3.2 移動ロボット

移動ロボットはPWS形式の移動機構を持ち、前面・背面にそれぞれ8つのソナーとバンパーセンサを持つ小型モバイルロボット Pioneer2(図1)を使用する。そのロボットに70cm程の高さの台を取り付けてノートPCを搭載し、ロボットの移動、キャラクタの表示などを制御する。



図1 小型モバイルロボット Pioneer 2

3.3 実験環境

実験を行った環境を図2に示す。本実験は研究室の廊下と会議室において行われた。被験者の様子はビデオカメラによって撮影された。

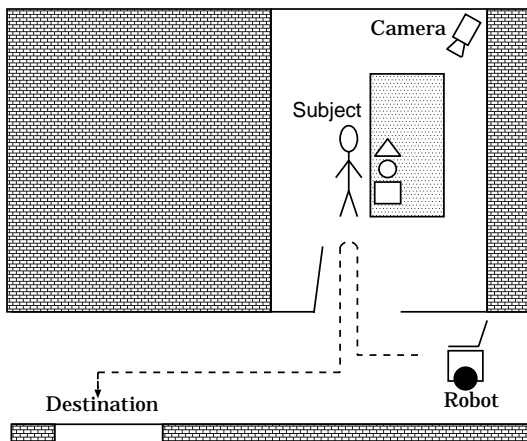


図 2 実験環境

3.4 実験手順

実験の手順は以下の通りであった。

- (1) 被験者を部屋の所定位置に座らせる。
- (2) 実験者から実験における次のような注意事項の指示を行う。
 - この実験はパズルを解くのに要する時間を計測するものである。
 - 制限時間は 15 分である。
 - 作業は必ず制限時間まで続けなくてはならない。
 - 時間を計測しているので、途中で席を立ったりすると実験は失敗となる。
- (3) 使用するパズルについて説明した後、作業の開始を伝え、被験者を残して実験者は退室する。
- (4) 実験開始から 5 分後、エージェントが被験者に対して、「別の部屋へ来て欲しい」という依頼を行う。このときの被験者の行動を観察し、部屋を退室した者の数を記録する。
- (5) 部屋を移動してきた被験者には再び元の部屋に戻ってもらい、作業を終えた後にエージェントに関するアンケートに回答してもらう。

3.5 実験条件

ロボットの権威付けに必要な要因を調べるにあたり、実験は表示因子、音声因子、移動因子の 3 因子実験として、 $L_8(2)$ 直交表⁵⁾により実験を設定する。被験者は研究室の学生 8 人とする。

それぞれの因子は次のようなものである。

- 表示因子
 - － ディスプレイに表示されるエージェントがアニメーションキャラクタ (図 3) であるか人物の顔を元にしたキャラクタ (図 4) であるかの 2 水準。後者の権威付けされたキャラクタに

は研究室の教官の顔を使用する。

- 音声因子
 - － 被験者に対して依頼を人の声を録音したもので行うか、合成音声で行うかの 2 水準。
- 移動因子
 - － エージェントが被験者に対し、ロボット上から依頼を行うか、デスクトップ上から依頼を行うかの 2 水準。

これらの因子について、実験の結果から分散分析を行い評価する。



図 3 アニメーションキャラクタ



図 4 権威付けキャラクタ

結果の分析には被験者に答えてもらったエージェントに対する心理的印象や実験の設定などについてのアンケートの結果を用いる。被験者はアンケートに 10 点法で回答した。本実験で用いたアンケートは以下の通りである。

- 注目度: エージェントへの注目度はどのくらいだったか。
- 親和性: エージェントへの親しみ・好意があったか。
- 重要度: エージェントからの依頼を重要視したか。
- 信頼性: エージェントに信頼性があったか。
- 熱中度: パズルへの熱中度はどのくらいか。
- 聴認性: エージェントの音声聞き取れたか。

また、エージェントから依頼されて部屋を移動した被験者の数も記録し、分析した。

3.6 実験結果

被験者に答えてもらったアンケートの結果について分析する。

図 5 にアニメーションキャラクタについての各項目の回答結果、図 6 に権威付けキャラクタについての各項目の回答結果を示す。

エージェントへの注目度では表示因子にのみ主効果がみられた ($F(1, 6) = 48.0, p < .01$)。また、エージェントへの親しみ・好意についても表示因子にのみ主効果がみられた ($F(1, 6) = 26.90, p < .05$)。これら 2 つの回答については他に有意な差はみられなかった。

エージェントからの依頼を重要視したかについては

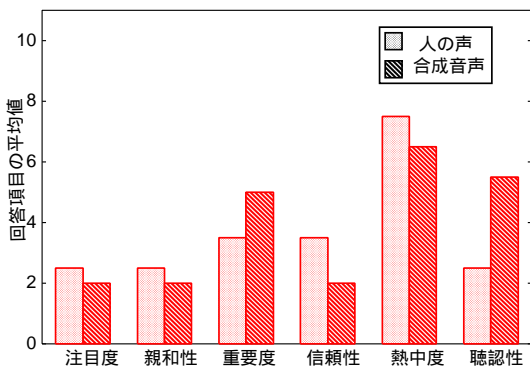


図 5 アニメーションキャラクタに対する回答項目の平均値

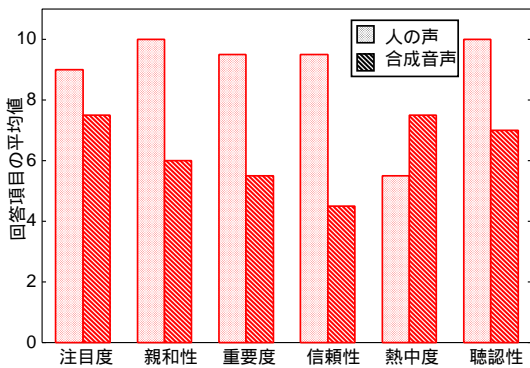


図 6 権威付けキャラクタに対する回答項目の平均値

表示因子に主効果がみられ ($F(1, 6) = 14.49, p < .05$), 表示因子と音声因子の間に交互作用 (図 7) がみられた ($F(1, 6) = 10.37, p < .05$).

エージェントに対する信頼性では表示因子 ($F(1, 6) = 78.82, p < .01$) と音声因子 ($F(1, 6) = 46.09, p < .01$) に共に主効果がみられ, 表示因子と音声因子の間の交互作用 (図 8) もみられた ($F(1, 6) = 13.36, p < .05$).

パズルへの熱中度, 音声が聞き取れたかについては有意な差がみられず, 実験の設定において被験者による差が無かったことがわかる.

4. 考 察

前章に述べた実験とその結果についての考察を示す. 本実験ではロボットを権威付けることにより, ロボットに人に対する影響力を持たせて円滑なコミュニケーションをとることを目的とした.

エージェントへの親しみ・好意や注目度において, 表示因子に主効果がみられたことから被験者はエージェントに権威付けキャラクタを表示したときにアニメーションキャラクタよりも注目し, 好感を持ったことがわかる (図 9). また, アニメーションキャラクタが表示されているときにはあまり被験者から関心を持

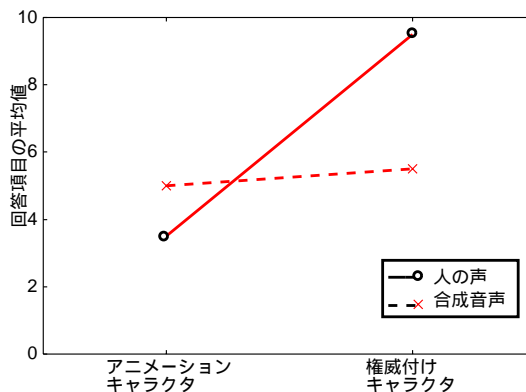


図 7 重要度における表示因子と音声因子間の交互作用

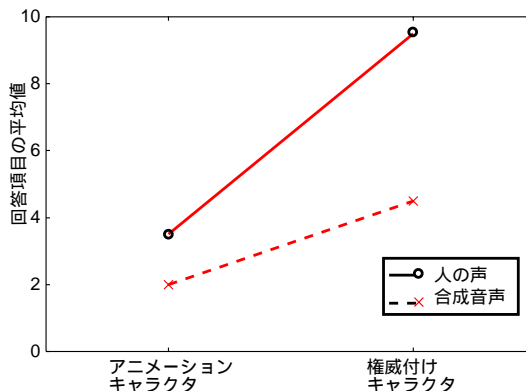


図 8 信頼性における表示因子と音声因子間の交互作用

たれなかったことが, アンケートで「スクリーンセーバーが表示されたのかと思った」等と回答する被験者がいたことからわかる.

エージェントからの依頼においてエージェントが権威付けされていれば被験者はその依頼を重要なものと感じ, 受理しようとする気持ちが働くと考えられる. エージェントからの依頼を重要視したかについては, 表示因子に主効果がみられ, 表示因子と音声因子間の交互作用もみられた. アンケートでは, 「先生から実際に依頼されているように感じた」と回答する被験者もあり, 実際の顔を表示させることによってロボットに権威付けをしている人物から依頼されたのと同じ印象を受け, エージェントに権威を感じるにより依頼を重要に思っていることがわかる. また, 2 因子間で交互作用がみられたことについてはアニメーションキャラクタが表示されている場合は合成音声と人の声の評価に差はないが, 実際の顔が表示されると合成音声に比べて人の声の評価が高くなることが図 7 からわかる.

エージェントの信頼性については表示因子, 音声因

子共に主効果がみられ、交互作用もみられた。ここでもエージェントの人物の顔と声により信頼度が高まったことがわかる。また、他の項目の回答についてもいえることだが、興味深いことに「エージェントの音声が高威付けをしている人の声だったことに気がついたか」という質問に対して、

- 人の声であるのにアニメーションキャラクタが表示されていたので合成音声と間違えた
- 合成音声であるのに実際の顔が表示されていたので人の声であると間違えた

という被験者がみられ、人の声で依頼をしても、それが高威付けをしている人物のものであるとは気づきにくいという結果となった。また、実際の顔が表示されていると被験者に大きな影響を与え、合成音声でもその実際の人物の声であるように感じていることがわかる。

この結果から被験者にとって音声合成であるか人のものであるかはあまり重要ではなく、表示されているキャラクタが高威付けをしている人物のものならば実際にその人物と接しているような印象を受けるといえることがわかった。つまり、ロボットに高威付けするためには視覚的な因子が有効であるといえる。



図 9 エージェントに注目する被験者

以上の結果から、エージェントの表示因子に焦点を当ててロボットからの依頼に被験者がどう反応したかについて考察する。ロボットの依頼に対して実際に部屋から移動した被験者(図 10)の数は、実際の顔を表示した場合は 4 人中 3 人、アニメーションキャラクタを表示した場合は 4 人中 1 人であった。被験者の数が少ないことからここでは分析では有意な差があるとは言えないが、上で述べたように高威付けが視覚的な因子に依存し、依頼が受け入れられていることがわかる。

しかし、ここで問題となるのが高威付けをされてい

るのはエージェントであってロボットではないのではないかということである。そこで実験中の被験者の行動を観察すると、エージェントがロボットから依頼を行った場合には被験者の全員がエージェントに注目し依頼を聞いていたが、デスクトップ PC 上からの場合は被験者の半分が依頼の途中でパズルを再開するなどエージェントに注意をはらっていないことがわかった。このことからエージェントを PC 上で高威付けてもそこに高威を感じることは難しく、ロボットではその身体性(移動性)と関連して高威付けがされていることがわかる。



図 10 部屋から移動する被験者

さらに、本実験では高威付けられたロボットが人に依頼をし、それについての人の反応を観察したが、円滑なコミュニケーションを行うという目的からすると人とロボット間でのコミュニケーションが不足しているとも考えられる。人とロボット間で理想とされるコミュニケーションを人同士のような自然なものだとすると、音声認識や自然言語処理システムなどによって日常会話を行うといったことが望まれる。そこで本研究での結果を踏まえて、人とロボットの間で双方向のコミュニケーションを行っていく中での視覚的な高威付けによる効果などについても検討していく必要があると考える。MIT の kismet⁶⁾ では音声認識によって相手の意図を読み取り表情を変化させることによって人とコミュニケーションをはかっているが、これなどは表情の変化という視覚的な因子の効果を用いてコミュニケーションを行っている例である。

最後に本実験で得られた結果より、今後の方向性について検討する。本研究ではロボットを高威付けすることによるコミュニケーションの有効性を示したが、高威付けの対象が変化することによる影響については述べていない。だが、実験において被験者が高威付けの

対象となっている本人と同じような印象をエージェントについて感じていることから、権威付けの対象を変えても実社会における人間関係をそのまま適用できると考えられる。ロボットからの依頼に強制力を持たせたいようなときには上司による権威付け、エンタテイメント的にロボットを使用する場合には親しい友人による権威付け、といった用途が考えられる。

5. 結論・今後の課題

本研究では人とロボットの間で自然なコミュニケーションを行うことを目的とし、ロボットに実在の人物の顔や音声などの特徴を与えるという「権威付け」を適用した。ロボットを実在の人物で権威付けることによりその人物との人間関係をロボットと人の間にも適用させ、ロボットからの依頼を実在の人物からの依頼であるように受け入れさせることができた。

さらに実験結果の分散分析によってロボットの権威付けに有効な因子について検証した。実験結果を分析したところ、人物の外面的な特徴を表示させることによって被験者のエージェントに対する信頼度、親和度が向上し、考察より視覚的な要因である表示因子がロボットの権威付けに有効であることがわかった。そして権威付けを利用したヒューマンロボットインタラクションの今後の方向性について述べた。

参 考 文 献

- 1) Yoshinobu YAMAMOTO, Mitsuru SATO, Kazuo HIRAKI Nobuyuki YAMASAKI and Yuichiro ANZAI: "A Request of The Robot: An Experiment with the Human-Robot Interactive System HuRIS", Proc. of IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, pp204-209, 1992.
- 2) 小野, 今井, 江谷, 中津: "ヒューマンロボットインタラクションにおける関係性の創出", 情報処理学会論文誌, vol.41, no.1, pp.158-166, 2000.
- 3) TETSUO ONO, MICHITA IMAI and RYOHEI NAKATSU: "Reading a robot's mind: a model of utterance understanding based on the theory of mind mechanism", Advanced Robotics, Vol.14, No.4, pp.311-326(2000) ©VSP and Robotics Society of Japan 2000.
- 4) C.I.Barnard: "新訳 経営者の役割", ダイヤモンド社, 1968.
- 5) 豊田 秀樹: "違いを見抜く統計学", 講談社, 1994.
- 6) Breazeal,C and Scassellati,B: "How to build robots that make friends and influence people", IEEE/RSJ International Conference on Intelli-