

顔ロボットの表情の曖昧さがコミュニケーションに与える影響

Does face expression vagueness influence communications?

岡田浩之^{1,2*} 高橋英之² 長村茉紀¹
新在家範子¹ 永井育子¹

Hiroyuki OKADA^{1,2} Hideyuki TAKAHASHI² Maki OSAMURA¹
Noriko SHINZAIKE¹ Ikuko NAGAI¹

¹ 玉川大学工学部

¹ Tamagawa University College of Engineering

² 玉川大学脳科学研究所

² Tamagawa University Brain Science Institute

Abstract: Prior studies showed that a vague expression obstructs smooth communication. That is, a vague expression has been thought in general as an obstruction factor of communications. We think that a vague expression plays a good role in the human robot communication. Ambiguous facial expressions can be interpreted with various interpretations depending on contexts, for example, emotional state of the observer. In this paper we discussed an experiment with a face robot communicated human.

1 はじめに

コミュニケーションにおいて曖昧な意図表出は、円滑な意思疎通を阻害し、相手に自分の意図が十分に伝わらない恐れがある。すなわち、一般に曖昧な表情はコミュニケーションの阻害要因として考えられてきた。我々は、表情の曖昧さを肯定的に捉え、観測者の解釈の多様性を広げ、結果としてコミュニケーションを促進する役割を果たす、という新しい視点を提供する。

近年、老人介護や警備など人間生活を強力に支援する生活支援ロボットが実用化に向け動き始めている。これらのロボットが様々な世代の人々に親しまれるために、人間のような豊かな感情表現をともなったコミュニケーション手段をロボットに備えさせることは有効であると考えられている。ロボットに親しみを感じさせる方法の一つとして、ロボットに顔表情などの感情表現手段を付加し、周囲の働きかけに応じた感情表現をとらせるという方法がある。しかしロボットの豊かな感情表現はロボットに対する親しみの念を喚起する一方で、失意に落ちている人に満面の笑みを浮かべるなど、それが文脈上不適切なものである場合、逆に大きなストレスを周囲に与えてしまう危険性も持っている。そのため生活支援ロボットを社会に無理なく溶け込ませていくためには、そのようなリスクを減らす

ロボットの感情表現方式の開発が不可欠となっている

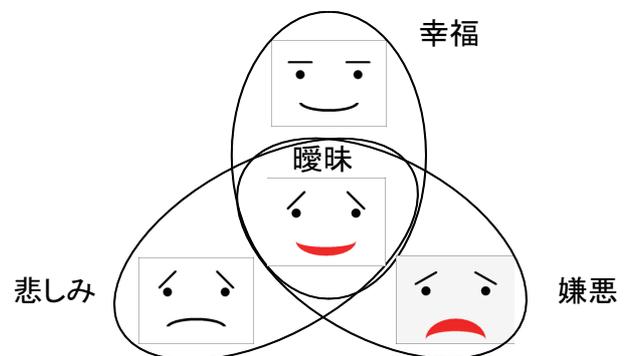


図 1: 曖昧な表情

我々は、「ロボットに曖昧な感情表現を持たせることでロボットに対する親しみの念を喚起し、ロボットから受けるストレスを大きく減少させることが可能である」という仮説を提案している。「曖昧な表情」は、見る人に、「幸福」、「悲しみ」、「嫌悪」などのさまざまな解釈を与える可能性がある(図1)。このような「曖昧な表情」は、正確さには欠けているが、多くの解釈を引き起こす余地を与えるため、見る人に自分の心理状態に最も適した解釈を行わせることが可能になり、結果として、ロボットに対する親しみの念を喚起させつつ、ロボットから受けるストレスを大幅に軽減させることが可能になると考える。本研究では、この仮説を検証

*連絡先: 玉川大学工学部
〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1
E-mail: admin@okadanet.org

するための第一歩として、人間とロボットのコミュニケーション場面において、にロボットの曖昧な表情が被験者の行動にどのように影響を与えるのかを解析することで我々の仮説についての裏付けを行うことを目的とする

以下、本論文の流れである。まず2章でロボットの表情の曖昧さを評定するための実験を行い、ロボットの曖昧な表情と明確な表情の区別を行った。続く3章と4章で、異なる二つの人間とロボットのコミュニケーション場面において、ロボットの曖昧な表情がどのように被験者の行動に影響を与えるのかを検討する。3章では顔ロボットを相手にした囚人のジレンマゲームにおいて、ロボットの表情の曖昧さに応じて、人間とロボットの間での協力関係の形成がどのように変化するかを解析した。さらに、4章では信頼していたロボットに裏切られた後の被験者の行動変化を、ロボットの表情の曖昧さに応じて解析した。そして5章で、二つの異なる実験結果を総合して、コミュニケーション場面における曖昧な表情の役割についての議論を行う。

2 ロボットの表情の曖昧さの評定

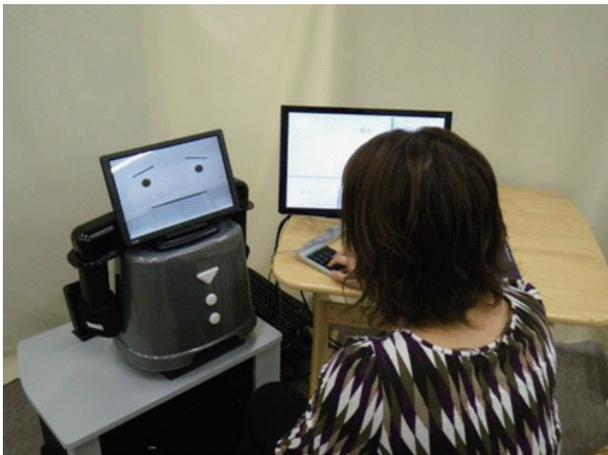


図 2: コミュニケーションロボット

本実験で用いたロボットを図2に示す。このロボットは、液晶ディスプレイ上に顔が表示され、眉毛の形7種類と口の形7種類の組み合わせにより計49種類の表情をとらせることが可能である。

まずロボットの表情の曖昧さを評定するために、9人(男6人、女3人、平均年齢21.2歳)の被験者に49種類の表情を順不同に提示し、それぞれ表情を感情カテゴリ(基本六感情 怒り、嫌悪、恐怖、幸福、悲しみ、驚き)に分類させた。

本研究では、選択された感情の割合が一つの感情に偏っている表情を「明確な表情」、割合がばらばらについて

いる表情を「曖昧な表情」という言葉で定義する。図3であれば、左の表情は明確な幸福の表情、右の表情は驚きにも、嫌悪にも、悲しみにも解釈可能なあいまいな表情である。また各表情の個々の感情が選択される割合を、その表情が持っているその感情成分の強さとする。

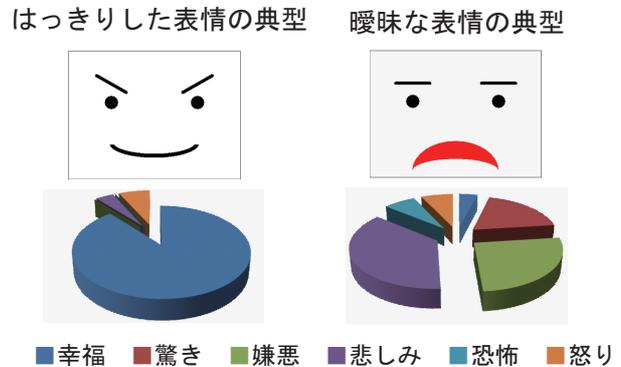


図 3: 曖昧な表情の評定

本研究では、明確な表情を表出するロボット(明確なロボット)と曖昧な表情を表出するロボット(曖昧なロボット)の二種類を用意した。具体的には、明確なロボットは幸福と悲しみの感情成分の強さがそれぞれ上位1位から6位(全49種類中)までの6種類の表情を、幸福と悲しみの表情として用いる。一方、曖昧なロボットはそれぞれ上位7位から12位での表情を、幸福と悲しみの表情として同様に用いる。課題中でロボットが幸福、または悲しみの表情を表出する際には、それぞれに対応する6種類の表情の内一つをランダムに表出した。

3 実験1: 相手の表情に応じた囚人のジレンマゲームにおける行動の変化

3.1 実験の目的

コミュニケーションにおいて継続的に相手と協力的な関係を構築するためには、自分の振る舞いで無闇に相手にストレスを与えないことが重要となる。表情のような感情表現は相手の親しみの念を喚起することが可能な反面、それが文脈に不適切な場合には相手にストレスを与えしまう可能性があると思われる。我々の仮説に従えば、曖昧な表情は相手にストレスを与えずらい為、曖昧なロボットの方が明確なロボットよりも人間と協力関係が構築しやすいと考えられる。

この実験では、繰り返し囚人のジレンマゲームという相手との協力関係の構築が重要な課題を用いて、ロ

ロボットの表情の曖昧さが被験者のロボットに対する協力行動にどのように影響を与えるのかを検討した。

3.2 実験方法

表 1: 利得表

		ロボット	
		協力	裏切り
被験者	協力	30 / 30	80 / -80
	裏切り	-80 / 80	-10 / -10

実験 1 では繰り返し囚人のジレンマゲームを被験者とロボットに行ってもらった。囚人のジレンマゲーム [1] とは、2 人のプレイヤーによるゲーム理論のモデルである。囚人のジレンマゲームでは、それぞれのプレイヤーには「協力」か「裏切り」の二つの行動の選択肢が存在する。囚人のジレンマではお互いに協力行動をとるとお互いに大きな利益が得られるが、一方が協力し、一方が裏切った場合、裏切った方はさらに大きな利益を得られるが、協力した方は大きな損失をうける。お互いに裏切り行動をとった場合にはお互いにわずかな損失で済む。このような囚人のジレンマゲームを一回行う場合、実際にはお互いの協力行動が大きな利益を生み出す状況にも関わらず、相手との直接の情報伝達が不可能な為、お互いに裏切り行動を行ってしまうというジレンマに陥る。しかしこのゲームを複数試行行うことで、相手との信頼形成によりお互いの協力関係を形成することが可能となる。

表 1 に本実験で使用した利得表を示す。被験者にはこの利得表を提示した上で、可能な限り多くのポイントをゲーム中に獲得するよう教示を与えた。ここで、ロボットの戦略はしっぺ返し戦略 (tit for tat) にノイズを加えた戦略を採用した。しっぺ返し戦略は 1 回目は協力し、2 回目以降は相手の 1 回前の選択と同じ選択をする戦略で、本研究ではロボットは基本的にこの戦略に従ったが、20% の確率で逆の行動を選択をした。

ゲーム中において、被験者の一つ前の行動が協力であった場合、被験者の行動選択の前にロボットの幸福の表情を提示し、裏切りであった場合はロボットの悲しみの表情を提示した。本課題では、ロボットの表情とロボットの戦略の間は無関係であり、グループ間の被験者の行動傾向を比較することで、ロボットの表情の曖昧さが囚人のジレンマゲームにおける被験者の行動決定に与える影響を調べられると考えた。また被験者のロボットの表情に対する注意を高めるために、ロボットの表情に対する判断 (ロボットの表情が好意的

か敵対的か) を行動選択の前に行ってもらった。対戦相手の行動は、被験者の行動選択の後にロボットの発話によって提示された (e.g. 「協力します。」)。ゲームは全部で 50 試行を行った。

実験では被験者を、明確なロボットとゲームを行うグループ (男性 7 名、女性 4 名、平均年齢 24.7 歳) と、曖昧なロボットとゲームを行うグループ (男性 8 名、女性 2 名、平均年齢 22.3 歳) に分けた。

3.3 実験結果と考察

図 4 に 10 試行ごとの被験者の協力回数平均の推移をグループごとに示した。二要因分散分析 ([グループ] × [時系列]) の結果、グループに主効果 ($p < 0.05$) があらわれ、表情が曖昧なロボットの方が明確なロボットよりも被験者の協力行動を引き出しやすいことが示された。

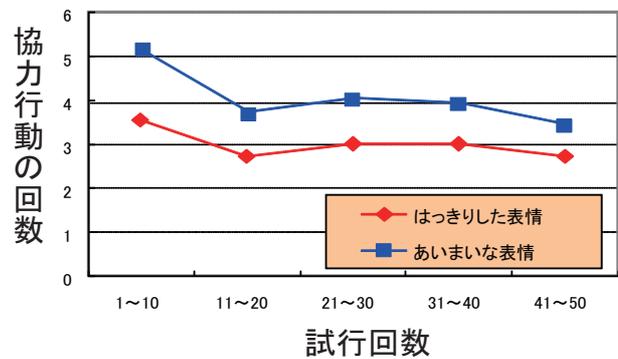


図 4: 被験者の協力回数の時間推移

また提示した表情と一つ前のロボットの行動の組み合わせごとに、次の被験者の行動選択確率を計算したところ (図 5)、悲しい表情を提示した後の被験者の行動が表情の曖昧さに強く影響を受けることが示唆された。

これらの結果をまとめると、曖昧な表情のロボットは人間の協力行動を引き出しやすいこと、とくに曖昧な表情の効果は悲しみ表情に強く表れることが示唆された。

4 実験 2 : ロボットの表情の曖昧さとロボットの裏切りの効果

4.1 実験の目的

今まで信頼していたロボットに突然裏切られた場合、人間はロボットの表情から強くストレスを受けると思われる。この実験では、信頼していたロボットに突然

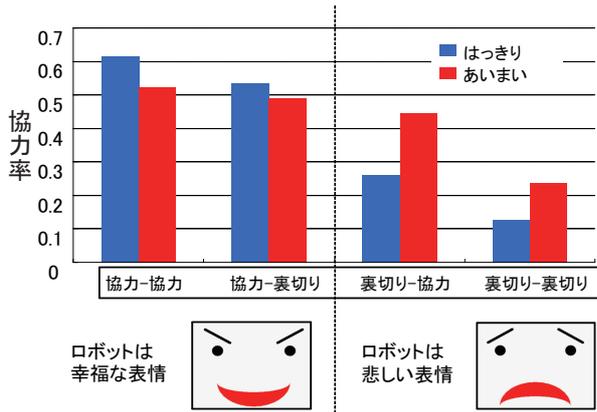


図5: ロボットの表情に応じた被験者の協力確率

裏切られた後の被験者の行動が、ロボットの表情の曖昧さに依存してどのように変化するかを調べた。

4.2 実験方法

被験者が二つの箱から一つを選択し、どちらかの選択が正解で、もう一方の選択が不正解である宝探し課題を用いて実験を行った。選択が正解である場合は被験者のポイントが増加、不正解の場合はポイントが減少し、被験者はこのゲームを繰り返し行い、可能な限り多くのポイントを獲得するように教示された。

今回の実験では、被験者が行動を選択する前にロボットは発話でどちらの箱を選択するべきかのアドバイスをし、その後に無表情な表情にロボットの表情を戻した。被験者はロボットのアドバイスを聞いたのち、どちらの箱を選択するかを決定した。

実験は全部で60試行を行い、最初の30試行は協力フェーズ、後半30試行を裏切りフェーズとした。協力フェーズにおいては、被験者が正解の箱を選択するとロボットは幸福な表情、不正解の箱を選択すると悲しみ表情をとった。裏切りフェーズではこの関係が逆転して、被験者が正解の箱を選択するとロボットは悲しみ表情、不正解の箱を選択すると幸福な表情をとった。被験者には、ロボットの表情に対する判断（ロボットの表情が好意的か敵対的か）を幸福な表情か悲しみ表情が提示された後に行ってもらった。また協力フェーズではロボットのアドバイスは80%の確率で正解であり、裏切りフェーズではこの確率が50%に低下した。被験者には協力フェーズや裏切りフェーズに関する事前知識を一切与えず、フェーズの切り替わり時も明示的になんの情報も提示しなかった。

実験では被験者を、明確なロボットとゲームを行うグループ（男性6名、女性4名、平均年齢21.8歳）と、曖昧なロボットとゲームを行うグループ（男性5名、女性4名、平均年齢22.9歳）に分けた。

4.3 実験結果と考察

図6に10試行ごとの被験者がロボットの表情が好意的だと判断した確率と被験者がロボットにアドバイスに従った確率を示す。基本的に、裏切りフェーズに入った後にロボットの表情が好意的であると判断する確率は、どちらのグループでも減少するが、曖昧なロボットの方がその減少傾向が弱かった（[グループ] × [時系列] に交互作用 $p < 0.01$ ）またロボットのアドバイスに従う確率は、明確なロボットの場合は裏切りフェーズに入ると多く減少するが、曖昧なロボットにはこの減少が見られなかった（[グループ] × [時系列] に交互作用 $p < 0.01$ ）。

これらの結果は、ロボットの表情が曖昧な方が、ロボットに裏切られたという印象を人間に与えにくい傾向があることが示された。

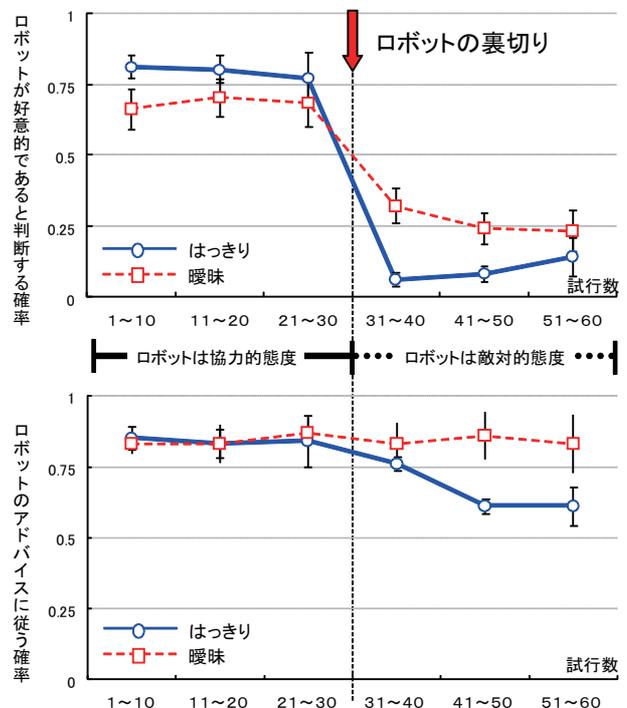


図6: ロボットの表情が好意的だと判断した確率（上）とロボットのアドバイスに従った確率

5 むすび

「ロボットに曖昧な感情表現を持たせることでロボットに対する親しみの念を喚起し、ロボットから受けるストレスを大きく減少させることが可能である」という仮説を検証するために2つの実験を行った。

ロボットの表情の曖昧さに応じて、人間とロボットの間での協力関係の形成がどのように変化するかを解

析するために、顔ロボットを相手にした囚人のジレンマゲームを行ったところ、表情が曖昧なロボットの方が明確なロボットよりも被験者の協力行動を引き出しやすいことが示された。また同じ実験で、提示した表情と一つ前のロボットの行動の組み合わせごとに、次の被験者の行動選択確率を計算したところ、悲しい表情を提示した後の被験者の行動が表情の曖昧さに強く影響を受けることが示唆された。これらの結果より、曖昧な表情のロボットは人間の協力行動を引き出しやすいこと、とくに曖昧な表情の効果は悲しみ表情に強く表れることが示唆された。

2つ目の実験において、信頼していたロボットに裏切られた後の被験者の行動変化を、ロボットの表情の曖昧さに応じて解析したところ、ロボットの表情が曖昧な方が、ロボットに裏切られたという印象を人間に与えにくい傾向があることが示された。

これらの実験の結果はいずれも、我々の提案する、「曖昧な表情がコミュニケーションにおいて肯定的に働く」という仮説を支持するものである。「曖昧な表情」は、正確さには欠けているが、多くの解釈を引き起こす余地を与える。結果として、コミュニケーションの相手に自分の心理状態に最も適した解釈を行わせることが可能になり、ロボットに対する親しみの念を喚起させつつ、ロボットから受けるストレスを大幅に軽減させることが可能になると考えられる。

謝辞

本研究は科研費(20500239)および文部科学省グローバルCOEプログラム(社会に生きる心の創成)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Robert Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, Basic Books(1985)
- [2] P.Ekman, *Darwin and Facial Expression, A Century of research in review*, Academic Press(1973)
- [3] 岡田浩之, 高橋英之, 大森隆司: 文脈によって変わる表情の読み取り -親しみやすいロボットとは何か?- , 日本赤ちゃん学会第8回学術集会論文集, pp. 10-11(2008)
- [4] 新在家範子, 長村茉紀, 高橋英之, 岡田浩之, 大森隆司: 感情理解における表情の不確実性と文脈効果の関係性, 第22回人工知能学会全国大会講演論文集, p.2i1-03(2008)
- [5] 長村茉紀, 新在家範子, 高橋英之, 岡田浩之, 大森隆司: 不確実な表情が他者の意思決定に与える影響, 第22回人工知能学会全国大会講演論文集, p.2H2-01(2008)
- [6] Takahashi H., Okada H., Saji R., Ando H., Omori T.: Role of ambiguity of facial expression in emotion estimation, *Proc. of X. International Conference on Cognitive Neuroscience*, p.407(2008)
- [7] 長村茉紀, 高橋英之, 岡田浩之: 相手の表情に応じた囚人のジレンマにおける戦略の変化, 第13回日本顔学会大会(フォーラム顔学 2008), p.O4-01(2008)
- [8] 永井育子, 高橋英之, 岡田浩之: ロボットの表情のあいまいさと信頼感, 第13回日本顔学会大会(フォーラム顔学 2008), p.O4-02(2008)
- [9] 新在家範子, 高橋英之, 岡田浩之, 大森隆司: コミュニケーションロボットの表情から受けるストレス量の評価, 第13回日本顔学会大会(フォーラム顔学 2008), p.O4-03(2008)

付録 実験に用いたロボットの顔表情

眉 \ 口		幸福			悲しみ			
		幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
/\	/	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
	\	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
/\	/	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
	\	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
/\	/	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
	\	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
/\	/	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)
	\	幸福 (明確)	幸福 (曖昧)	幸福 (曖昧)	悲しみ (明確)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)	悲しみ (曖昧)



幸福 (明確)



幸福 (曖昧)



悲しみ (明確)



悲しみ (曖昧)