

人が表出する特徴的キューのエージェントへの応用に対する考察

-感情表現のオントロジーに基づいた人-ロボット間の共感誘因モデルの構築を目指して-

A study on implementation of characteristic cues of human expression to Agent

-A step towards building empathy inducing model between robot and human based on the affect expressing ontology-

桶原 葵*¹

Aoi Okehara

田和辻 可昌*¹

Yoshimasa Tawatsuji

村松 慶一*²

Keiichi Muramatsu

松居 辰則*³

Tatsunori Matsui

*¹早稲田大学大学院人間科学研究科

Graduate School of Human Sciences, Waseda University

*²埼玉大学 大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

*³早稲田大学 人間科学学術院

Faculty of Human Sciences, Waseda University

In this paper, we tried to identify the inference inducing expressions from human through the experiment. We built the environment to measure the extent of inference and observed expressions from groups of subjects, using questionnaire, eye tracker and video camera. Two subjects were installed at once, one named observee and the other observer. One with eye tracker was observer and asked to infer the impression evaluation made by observee on meaningless stimuli shown on a display. Inference of observee's impression evaluation made by observer and observee's result are compared and used as an index to see the extent of inference. Utilizing this index, we specified the moment/stimuli in which observer successfully inferred observee's impression. As a result, we found several expressions, from the groups of stimuli in which observer successfully inferred, through analysis on video record of observees. They, however, failed to be supported by recorded data of eye tracker.

1. はじめに

近年の ICT (Information Communication Technology) の発展により、技術と人間の高度な共生のための知見の蓄積は重要な課題である。例えば、ロボット技術は更に進展し、様々な様相で私たちの生活の中に位置づけられるものと考えられる。その時に、人とロボットのスムーズなインタラクションの実現は重要な課題になる。人とロボットとのスムーズなインタラクションを実現するためには、人同士がとるインタラクション戦略を明らかにすることが重要である。特に、他者の心情や考えを汲み取るはたらきをもつとされる“共感”は、人が様々な状況に対して適応する際に重要であると考えられることから、インタラクションにおいて非常に重要な役割を果たしていると考えられる。そこで、本研究では“共感”を“相手の心的状態を相手と同時にすること”と定義した上で、人の“共感”のはたらきをロボットに応用することを試みる。先行研究では、ロボットを人間に似せることで人間の共感を引き出す [志和 09] ことが試されているが、外見を人に似せるのみでは人から“共感”を得ることは難しいと考えられる。これは、外見と動作の不調和により人に嫌悪感が生じる [Pinar 11] という結果からも明らかである。そこで、本研究では心的状態を表す表情及び、身体動作に着目し、これらの表現をロボットに対して実装することを考える。

図 1 に研究全体における本実験の位置づけを示す。人の表現をロボットに対して応用し、ロボットに対する人の“共感”を得るために、研究全体として 3 つの Step を踏む。まず、Step1 で、観察者 (B) から心的状態が察知され易い被観察者 (A) の表現を明らかにする。そして、Step2 で Step1 から得られた被観察者 (A) の表現をロボットに応用し、ロボットの表現から人の表現と同じ心的状態を観察者 (B) が察知可能かを検証する。最後に、Step3 で刺激により観察者 (B) 内に生起させられ

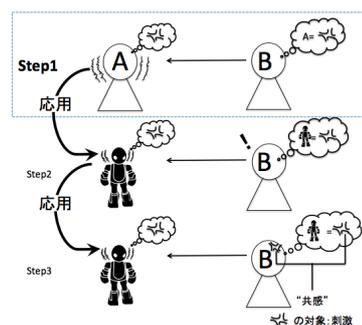


図 1: 本実験の位置づけ

た心的状態に対応する表現をロボットにさせた場合に、人がロボットに対して“共感”するかを検証する。本論は、心理実験を通じて心的状態が察知されやすい表現を特徴的キューとして捉え、これを特定することを目的とする。

2. 方法

心的状態が察知されやすい表現を特定するための心理実験を行った。心的状態の察知を観測するためには、察知する側 (観察者) と察知される側 (被観察者) の人が必要になるため、少なくとも二人の被験者が必要になる。また、心的状態の察知を客観的な指標に基づいて定量的に計測し、察知の成功/不成功を判断する必要がある。そこで、今回の実験では一度の実験に観察者と被観察者の 2 人の被験者を用意した。被観察者には動画を刺激として提示しその印象評価を行わせ、観察者には被観察者の動画刺激に対する印象評価の推測を行わせた。そして、心的状態の察知を計測するための指標として被観察者の印象評価値と観察者の推測値間の距離を利用した。なお、個々の被験者の動画刺激に対するバイアスによる印象評価への影響を排除する目的で、動画刺激には立方体が動き回るといった無意味刺激を用いた。また、本実験では、被観察者が見られていることを意識し自立的・無意識的に自然な表現を統制してしまう可能性を排除するために、被観察者から観察者の存在を認識することが出来ない実験環境を構築した。実験環境を以下の図 2

に示す。

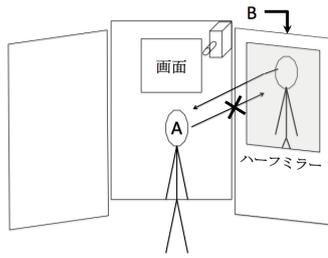


図 2: 実験環境

二人の被験者、被観察者 (A)・観察者 (B) とその配置が図 2 に示されている。図 2 の実験環境はハーフミラーを活用し、構築されている。ハーフミラーとは、光量差を利用することで一方の面からは鏡、他方の面からはガラスとして作用する特殊鏡である。図 2 の実験環境では被観察者 (A) 側からは鏡、観察者 (B) 側からはガラスとして作用するようにハーフミラーを設置した。ハーフミラーの効果により、被観察者 (A) に観察者 (B) の存在を知られること無く二人を実験環境に配置することが可能になった。また、観察者 (B) が被観察者 (A) をリアルタイム・実世界上で観察することが可能になった。

本実験では刺激として 12 種の無意味動画を刺激として利用し、図 1 の画面を通じてこれらの刺激を被験者に提示した。各刺激の提示時間は 1 分間とし、刺激提示後に 30 秒間の休憩時間をとった。なお、順序効果を排除するために刺激提示順序はランダムにした。

本実験には 2 種の被験者が存在するため、質問紙も 2 種類用意した。それぞれ、被観察者 (A) と観察者 (B) の両方が使用する質問紙 1 と、観察者 (B) にのみ使用する質問紙 2 である。質問紙 1 は、動画刺激の印象評価を行う内容であり、質問紙 2 は観察者 (B) に被観察者 (A) の評価推測を行わせる内容である。質問紙 1 は映像コンテンツにおける表現技法の心理的効果に関する先行研究 [藤田 07] に用いられた 24 形容詞対から寄与率の大きい表 1 の 14 形容詞対を利用し、各動画刺激に対する印象を形容詞対の 7 件法評定で測定する内容である。質問紙

表 1: 刺激の印象評価に用いた 14 形容詞対

迫力がある	印象深い	軽快
楽しい	にぎやか	暖かい
雄大	さわやか	親しみ易い
美しい	動的な	派手な
面白い	好き	—

1 を利用することにより、被観察者 (A) と観察者 (B) のそれぞれが刺激に対してもつ印象を明らかにする。質問紙 2 は、質問紙 1 の内容に観察者 (B) による被観察者 (A) の回答推測の精度に関する確信度と被観察者 (A) との親密度を測る内容を追加した内容である。確信度及び親密度は、各刺激及び各形容詞対に対して確信がないを 1、確信があるを 7、親密では無いを 1、親密であるを 7 とする 7 件法で回答してもらうことで評価を求めた。なお、被験者の印象評価に対する順序効果を排除する目的で、質問紙上の形容詞対出現順序をランダムとした。また、被観察者 (A) には実験主旨として「内装に囲まれた条件下における映像刺激に対する印象評価の変化を調査する実験」との教示を与え、観察者 (B) の存在が被観察者 (A) に知られることの無いように注意を払った。

質問紙の他にビデオカメラ (Sony HandyCam) から被観察者 (A) の挙動を撮影したデータを、tobii glass (トビー・テ

クロジー)*1 から観察者 (B) の観察時における視線データを取得し、分析に利用した。実験手順を図 2 に示す。

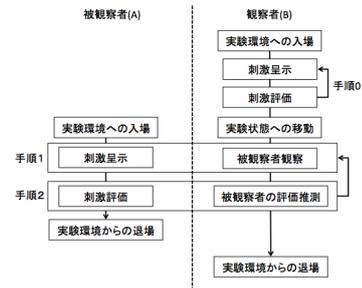


図 3: 実験手順

まず、事前調査として、観察者 (B) に全刺激の印象評価 (質問紙 1) を実験環境内 (図 A の位置) にて行わせた (手順 0)。そして、被観察者 (A) に観察者 (B) の存在を知られることの無いように最大限留意しつつ観察者 (B) を移動させ、二人の被験者を図 1 に即して配置した。配置後、刺激を被観察者 (A) に提示し、観察者に被観察者 (A) の挙動を観察させた (手順 1)。

そして、被観察者 (A) には刺激動画の印象評価 (質問紙 1) を観察者 (B) には、被観察者 (A) の評価推定 (質問紙 2) を行わせた (手順 2)。全 12 刺激に対して手順 1 と 2 を繰り返し、再び被観察者 (A) に観察者 (B) の存在を知られることの無いように最大限留意し、2 人の被験者を実験環境から退出させ、1 組のグループの実験を終了とした。

3. 実験

本研究では、心的状態の察知され易い表現を特定する目的で、図 1 の実験環境において予備実験と本実験を行った。予備実験は、得られるデータの傾向を把握し、本実験で利用する判断基準を特定する目的で行われた。そして、予備実験から得られた判断基準を基に人の心的状態の察知され易い表現の特定を本実験で行った。

3.1 予備実験

得られるデータの傾向を把握し、本実験で利用する判断基準を特定する目的で予備実験を行った。被験者は早稲田大学に在籍し、互いを知る学部生 6 名 (男性 4 名、女性 2 名、平均年齢 21 歳) であった。刺激に対する被観察者 (A) の評価値、観察者 (B) の事前調査値、観察者 (B) の推測値をプロットした SD プロファイルの例を図 4 に示す。

赤線が被観察者 (A) の評価値、緑線が観察者 (B) の推測値、

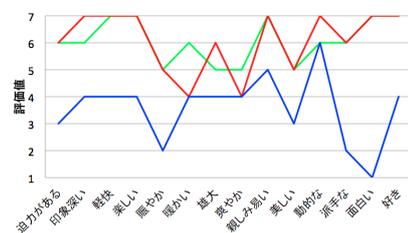


図 4: あるグループの刺激番号 4 に対する評価値

青線が観察者 (B) の事前調査値をそれぞれ示している。赤線と緑線の距離が近い程、観察者 (B) による被観察者 (A) の評価推測が正確であることを示し、青線と緑線間の距離に近い程、観察者 (B) の推測が観察者 (B) 自身の評価に近いことを表していると考えられる。なお、距離とは 2 種の評価値の差の絶対値を指す。

*1 <http://www.tobii.com> 参照

本実験では、察知の成功・不成功を測る指標として評価値間のユークリッド距離を利用した。被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離が小さいほど、観察者の察知が成功していることを示し、観察者(B)の事前調査値-観察者(B)の推測値間の距離が大きいほど観察者自身とは異なる心的状態を察知しようとしていることを示す。本実験では、自身とは異なる他者の心的状態を察知している場合を明らかに観察者の察知が成功している場合と考えるため、(被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離:小)かつ(観察者(B)の事前調査値-観察者(B)の推測値間の距離:大)の場合のみを考える。

予備実験から得られた結果を基に、被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離 $> \mu_1 + \sigma_1$ の場合を距離間が大きい、観察者(B)の事前調査値-観察者(B)の推測値間の距離 $< \mu_2 + \sigma_2$ の場合を距離感が小さいと定義した。ただし、ここで μ_1 はグループ毎の被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離の平均を表し、 σ_1 はその標準偏差を表す。同様に、 μ_2 はグループ毎の被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離の平均を表し、 σ_2 はその標準偏差を表す。

3.2 本実験

予備実験と同様の実験環境、手順で本実験を行った。被験者は早稲田大学に在籍し、互いを知る学部生8名(男性5名、女性3名、平均年齢21歳)であった。被験者を被観察者(A)・観察者(B)で組み、4グループを生成した。

4. 結果

本実験で得られた結果を、予備実験で得られた判断基準を用いて分析した結果を示す。

4.1 分析・考察

予備実験より得られた基準(距離 $> \mu_1 + \sigma_1$: 距離間が大きい、距離 $< \mu_2 + \sigma_2$: 距離感が小さい)に基づき、心的状態の察知が成功した場合を示す(被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離:小、観察者(B)の事前調査値-観察者(B)の推測値間の距離:大)の条件を満たす刺激を選定した。

刺激#	迫力がある	印象深い	軽い	楽しい	爽やかな	暖かい	雄大な	爽やかな	親しみ易い	美しい	動的な	派手な	面白い	好き
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

図 5: あるグループの条件を満たす刺激と形容詞対の例

図 5 では、被観察者(A)の評価値-観察者(B)の推測値間の距離:小が青、観察者(B)の事前調査値-観察者(B)の推測値間の距離:大が緑、両方の条件を満たす内容が赤により分類されている。そして、数値は観察者(B)の推測に対する確信度を示している。グループ毎の両方の条件を満たす(斜線部)内容を以下に示す。それぞれ、心的状態の察知が成功した場合の(刺激番号;形容詞対[観察者(B)の推測精度に関する確信度])を示している。

group(a)

(刺激 3; 迫力のある 4, 派手な 5) (刺激 4; 雄大 4, 好き 4) (刺激 8; 印象深い 4, 楽しい 4, 美しい 4) (刺激 9; 親しみ易い 5) (刺激 11; 賑やか 3) (刺激 12; 親しみ易い 4)

group(b)

(刺激 1; 迫力のある 4) (刺激 3; 賑やか 4, 派手な 4)

group(c)

(刺激 1; 印象深い 5, 好き 5) (刺激 4; さわやか 4) (刺激 5; 親しみ易い 3) (刺激 7; 暖かい 5, 派手な 5) (刺激 8; 親しみ易い 3, 派手な 3, 好き 3) (刺激 9; 迫力のある 3, 賑やか 3, 好き 3) (刺激 10; 面白い 4)

group(d)

(刺激 4; 美しい 1) (刺激 8; 賑やか 3) (刺激 9; 迫力のある 2, 賑やか 4, 派手な 3) (刺激 10; 迫力のある 7, 印象深い 6, 雄大 6) (刺激 12; 美しい 3)

以上より、被観察者(A) - 観察者(B) 間において心的状態の察知が成功した場合の刺激がグループ毎に示されたため、対応する刺激において被観察者(A)が表出している特徴的動作を被観察者(A)を撮影した映像と、観察者(B)に装着して貰った視線計測装置 tobii glass から得られた視線データを基に特定する。

まず、被観察者(A)の表出する特徴的動作を特定する目的で、被観察者(A)を撮影した映像を基に動作のラベリングを行った。結果として、4グループの動画から以下の40種類の動作が抽出された。なお、抽出する際に質問紙に回答する上で不可欠な動作は除外した。例えば、質問紙に書き込む際にうつむく等の動作は除外した。

髪 いじる

頭 触る、震え

顔・頬 しわ、しかめる

眉 上げる、ひそめる

目 脇見、細める、見開く、上目、刺激の確認

鼻 穴を広げる

口 口角上昇、舌遊び、つきだし、発声、ため息、引きつり、おちよば、舌だし、への字、ひよつこ、唇噛み

顎・のど 水平移動、顎を引く、嚥下

首 髪直し、前傾、後傾、傾げる、横振り、震え

姿勢 立ち足変更、のけぞる、揺れ

手・腕 質問紙の持ち替え、ペン遊び、離れる動作

腰 手を当てる

以上の40動作種から、各グループの心的状態の察知が成功した場合の条件を満たす刺激のみに存在する動作種を選定し、心的状態が察知されやすい表現と考える。各グループの無意味動画鑑賞時において心的状態が察知されやすい表現を表 2 に示す。

表 2: 心的状態の察知されやすい表現

グループ名	動作種(部位:動作)
group(a)	(目:見開く)、(姿勢:揺れ)、(姿勢:のけぞる)
group(b)	(口:舌出し)、(口:舌遊び)、(首:震え)
group(c)	(口:舌だし)、(顎:水平移動)、(首:横振り)、(のど:嚥下)
group(d)	なし

表 2 の動作種が被観察者(A)を撮影した動画から得られた、心的状態が察知されやすい表現である。以上の10動作種は心的状態の察知が成功した場合において、他の30動作種との評価値間の距離の差分をとった結果として抽出された10動作種であり、観察者(B)による評価を考慮していないため、実際に心的状態が察知されやすい表現と結論づけることは出来ない。そこで、本研究では視線計測装置 tobii glass から観察者(B)の視線データを取得し、観察者(B)がこれらの動作に対して

注目しているかを検証した。その結果、抽出された被観察者 (A) の表現と観察者 (B) の注視点が一致しないことが明らかになった。

4.2 課題

4.1 の結果から、本実験の二つの課題が明らかになった。すなわち、1) 無意味刺激による被観察者 (A) の表現の抑制、2) 注視点の指標化に関する課題である。

具体的には以下の通りである。1) 本実験では刺激によって被験者に生起するバイアスが評価に与える影響を排除する目的で無意味刺激を利用した。刺激に関する個人のバイアスと刺激自体がもつ情報の偏りを排除することで、普遍的な“心的状態の察知され易い表現”を特定しようと考えたためである。しかし、無意味な刺激に対して、意義や意味を見いだすことの出来なかった被観察者 (A) には、刺激による心的な変動が生起しなかったと推測される。ゆえに、心的変動の表出である表情や行動に被観察者 (A) の影響を及ぼさなかったと推測される。2) 本実験では、観察者 (B) に対して被観察者 (A) の評価を推定するように教示を与え実験を行い、tobii glass の視線データを観察者 (B) の注視点を特定する目的で利用した。全 12 の刺激から、心的状態の察知が成功していると推測される刺激を選定し、選定された刺激を評価している被観察者 (A) の特徴的な動作を心的状態が察知されやすい表現として抽出した。しかし、本実験で示されたように、被観察者 (A) の表出した特徴的な表現に注意が払われていない可能性も存在する。他方で、心的状態の察知が成功しているという事実は確認された。これは、観察者 (B) が実際に注意を払っているポイントが異なることを示唆する。この差異を解消するために、観察者 (B) の被観察者 (A) の動作に対する主観的な評価を明らかにする必要がある。今後は、実験環境外において主観的な評価の理由を確認する場を設けた実験を行う必要がある。

5. 今後の展望

前節の課題を踏まえ、今回の実験に表 3 の変更を加えた上で、心的状態の察知され易い表現を特定するための再実験を行う。表 3 の各項目の変更点について説明する。

表 3: 実験の変更点

	変更前	変更後
刺激	無意味刺激	有意味刺激
被験者グループ	既知被験者グループのみ	既知被験者グループ 未知被験者グループ
質問紙評価内容	映像刺激評価 (14 形容詞対)	快-不快評価 6 感情評価 映像刺激評価 (12 形容詞対)
視線データ計測手法	tobii glass による計測	tobii glass による計測 主観的注視点計測

5.1 刺激に関する変更

まず、刺激を無意味刺激から有意味刺激へと変更する。本実験では、立方体がスクリーン上を動き回るという無意味な動画を刺激として用いた。しかし、無意味な刺激では被観察者に心的変化を生起させるほどの印象を与えることが出来なかった。そこで、被観察者が意味を見出し、解釈することが無意味刺激と比較して容易な有意味刺激を用いる。これにより、被観察者に対して強度の強い印象を与え、心的変化を生起させることが可能と考えられる。そして、その結果として被観察者の心的変化の表出としての表現が無意味刺激を用いた場合と比較して多様になると推測される。以上の理由から、次回の実験では有意

味刺激を利用する。

5.2 被験者グループに関する変更

また、被験者のグループ構成に変更を加える。本実験では互いを知る被験者同士 (既知被験者) でグループを構成した。しかし、既知被験者同士では、観察者が被観察者特有の癖や特徴から心的状態を推測する可能性がある。そして、特定の個人の癖や特徴等の表現は、その解説に経験的な憶測が必要になる。本研究では、特定の個人と経験を共有していないロボットに表現を実装することを想定しているため、特定の個人に由来する表現をロボットに応用することはロボットと使用者のインタラクションを不明瞭にすると考えられる。そこで、次回の実験では互いを知る被験者のグループと互いを知らない被験者 (未知被験者) のグループを用意することで、より一般的な表現を抽出することを試みる。未知被験者グループの被観察者から抽出された表現の方が、経験的な憶測を必要としない内容のみを被観察者から解説すると考えられることから、より一般的な表現を得られると推測されるためである。

5.3 質問紙評価内容に関する変更

さらに、質問紙の評価項目を変更する。本実験の質問紙評価内容は映像の印象評価及び、その推測であった。そのため、観察者が被観察者から察知した印象を測定することのみが可能であった。そこで、次回の実験で使用する質問紙には、新たに快-不快、6 感情 (怒り、恐れ、悲しみ、喜び、嫌悪、驚き) の尺度を導入することで、印象とは異なる人の心的状態に関しても察知が可能かを検証する。なお、印象評価の推測には、今回の実験で利用した 14 形容詞対から、反応の起らなかった (動的な、面白い) の二つの形容詞対を除いた 12 の形容詞対を用いる。

5.4 視線データ計測手法に関する変更

最後に、視線計測の手法について変更を加える。本実験では、tobii glass を用いることで、観察者 (B) の視線データを取得した。その結果、今回の実験では被観察者の特徴的な表現に対して観察者が注意を向けていないことが明らかになった。しかし、心的状態の察知が成功していることから、被観察者は何らかの形で被観察者から視覚的なキューを受け取っていると考えられる。そこで、次回の実験では実験後に被観察者の動画を観察者とともに確認し、その際に観察者の主観的な注視点について聞き込みを行う。聞き込みを行う具体的な内容は、被観察者のどの部位に注目していたか、被観察者の表現に気になる点は存在したか等である。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 25730170 の助成を受けたものである。

参考文献

- [志和 09] 志和 敏之, 神田 崇行, 今井 倫太, 石黒 浩, 萩田 紀博: 対話ロボットの反応時間と反応遅延時における間投詞の効果, Vol. 27, No. 1, pp. 87-95, (2009)
- [Pinar 11] Aya, Pinar Saygin. Thierry, Chaminade. Hiroshi, Ishiguro. Jon, Driver. Chris, Frith.: The thing that should not be: predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions, and Affective Neuroscience, Vol. 22, No. 2, pp. 1-10, (2011)
- [藤田 07] 藤田良治, 山口由衣, 椎名健: 映像コンテンツにおける表現技法の心理的効果, Vol. 54, No. 3, pp. 1-8 (2007)