

# 異なる性格を有するロボットの行動決定が 3者間対話に与える影響

## Effects of Behavior Decisions of Robots on Interactions between a Human and Two Robots

辻本 愛<sup>1\*</sup> 棟方 渚<sup>1</sup> 小野 哲雄<sup>1</sup>  
Megumi Tsujimoto<sup>1</sup> Nagisa Munekata<sup>1</sup> Tetsuo Ono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院情報科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Information Science and Technology Hokkaido University

**Abstract:** In order to perform smooth communication between humans and robots, it is necessary that robots read the situation. We proposed using the biological signals of humans as a method of reading the situation. In this study, we performed an experiment and measured user's biological signals in order to verify tendencies of biological signals during interactions of a user and two robots. From the results, we propose a model that determines the behavior of the robot by using the biological signals of users. In this model, a robot's personality corresponds to its understanding of situations and its behavior decisions.

### 1 はじめに

近年、ロボット技術の発展により、iRobotの自律掃除用ロボットRoombaやSoftbankのパーソナルロボットPepper等のように一般家庭にもロボットが普及し始め、人々の生活に身近なものとなっている。今後、コミュニケーションロボットは家庭や学校、美術館やショッピングセンターなどの社会空間へ進出していくことが予想されている [1][2]。

ロボットが社会空間において人と円滑なコミュニケーションを行うためには、「空気を読む」という行動が必要となる。我々は、その空気を読む方法として、人の生体情報を用いることを提案する。生体情報は医療分野だけでなく、感情・興奮の解析やフィードバックシステムとしての利用が注目されている。そのため、ロボットが生体情報を取得することで人の感情・興奮状態を察知し、空気を読んだ行動決定が可能であると考えられる。

本研究では、ロボットが「空気を読む」手段として、ユーザの生体情報に着目し、ロボットの振る舞いに対してユーザがどのような反応を示しているのか調査した。具体的には、ユーザと、異なる性格を有する2体のロボットとの3者間対話の実験を行い、対話しているユーザの生体情報の傾向を調査した。また、得られた結果から、ユーザの生体情報を用いて状況を判断し

ロボットの行動を決定するモデルを提案する。このモデルでは、この状況判断や行動決定の違いによってロボットに異なる性格を付与することとする。本研究で実施した実験では、WOZ(Wizard of OZ)法 [3]によりロボットの遠隔操作を行い、人と2体のロボットの対話実験を行った。また、ロボットの印象評価にはSD法を用いた。

### 2 研究背景

人同士においても、空気を読んで行動することが円滑なコミュニケーションを実現している。人はコンピュータ等の情報を媒介するメディアに対して、対人的・社会的に振舞うことから [4]、人とコンピュータの間にも人同士と同様に社会的関係が成り立つ。このことから、ロボットが人の生活空間に参入し、円滑なコミュニケーションを行うためには、ロボットも人と同様に空気を読むことが重要となる。空気を読む方法として、コミュニケーション空間に着目した研究が行われている [5]。空気を読んで行動するためには、人の感情状態を判断することも必要だと考えられる。そのため、我々は感情状態の判断を行うために生体情報を用い、ロボットの行動決定を行うモデルを提案する。近年、生体情報は医療利用だけでなく感情や興奮の解析やフィードバックシステムとしての利用も盛んに研究されている。本研究では、ロボットに対するユーザの反応を調査する

\*連絡先：北海道大学大学院情報科学研究科  
〒060-0814 北海道札幌市北区北14条西9丁目  
E-mail: tsujimoto@complex.ist.hokudai.ac.jp

ために、ユーザの精神性の興奮を簡易に取得することが出来る皮膚電気活動を測定した。

### 皮膚電気活動

本研究では、皮膚電気活動の中でも緩徐な反応を示す、Skin Conductance Level (SCL) を用いた。皮膚電気活動は人の精神性発汗を電氣的に捉えたものである。人は緊張や動揺などの心的興奮によって手掌や足底に発汗を生じる。皮膚電気活動の一種である、SCL は掌の抵抗値を捉え、人の情動活動・認知活動を評価する方法である。本研究では、様々な生体情報の中から SCL を測定した。SCL 測定装置は先行研究で開発された装置を使用した [6]。

## 3 実験

本研究の実験では、異なる性格を有する 2 体のロボットとの対話時の SCL 反応の変化を調べるために、それらの 3 者間対話について、ユーザの生体情報を記録し、それぞれのロボットに対する印象を調査した。

### 3.1 実験設定

実験では、ロボット 2 体との 3 者間対話におけるユーザの印象を調べるために、対人関係の理論であるバランス理論を用いた実験設定を構築した。対話実験では、始めに被験者と 1 体のロボット (以下 R1) が対話を行った。次に、もう 1 体のロボット (以下 R2) が R1 に話しかけロボット同士の対話が行われた。最後に、再び R1 が被験者に話しかけ、その対話に R2 も加わった。ロボット 2 体は異なる性格を有していると設定した。R1 はユーザの好き嫌いについて同調する。ロボット同士の対話において、R2 は R1 の好き嫌いに反対するため、2 体のロボットは意見が分かれる。

#### バランス理論

バランス理論は、Heider が提唱した対人関係の原理 [7] の一つであり、別名 P-O-X モデルとも呼ばれる。自分を P、他者を O、対象 (人、物事) を X とし、P の O に対する印象、P の X に対する印象、P からみた O の X に対する印象にそれぞれ正 (+) または負 (-) でラベル付けを行う。これら 3 つの印象の積が正になる関係を均衡状態、負になる関係を不均衡状態とする (図 1)。バランス理論によると、3 者関係は均衡状態に遷移しようとする傾向にあると言われている。

本研究では、被験者を P、R2 を O、R1 を X とし、3 者の関係性を構築した。

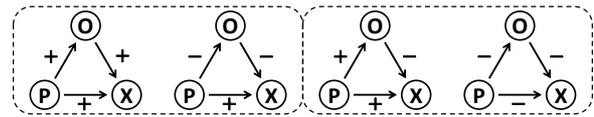


図 1: バランス理論における均衡状態 (左) と不均衡状態 (右)

### 3.2 被験者および実験環境

被験者は 21~25 歳の学生 15 名 (男性 12 名、女性 3 名) とした。

実験は北海道大学の実験室で行った。実験前に、実験者が被験者に SCL 測定装置の装着を行った。SCL 測定装置は被験者の左側にある机の上に置いた。実験中、被験者はイスに座ってロボットと対話を行った。また、実験中の実験者の位置は被験者から見えないようにパーティションで隠した。対話が始まる前、2 体のロボットは被験者に背を向け壁の方を向いている。図 2 に実験環境を示す。



図 2: 実験環境

対話実験終了後、被験者はアンケートに回答した。アンケートにはロボットの印象について形容詞対に 5 段階のリッカート尺度で回答する質問と自由記述による質問を設けた。

本研究では、コミュニケーションロボット “Robovie-R Ver3” (以下 Robovie) を 2 体使用した [8]。Robovie は人とロボットのコミュニケーション研究のために開発された上半身人型のヒューマノイドロボットで、高さ 1080mm、幅 500mm、奥行き 520mm、重量約 35kg である。4 自由度の目、3 自由度の首、片側 4 × 2 自由度の腕、及びタッチセンサ、カメラ、マイク、スピーカを持つ。移動機構は 2 輪独立駆動方式の車輪及びキャスターまたは全方向移動機構である。

### 3.3 実験シナリオ

本実験のシナリオは、人-ロボットパート、ロボット-ロボットパート、お土産パートの 3 つのパートで構成されている。各パートの説明を以下に示す。



図 3: 実験シナリオの流れ

### i. 人-ロボットパート

このパートでは、被験者と R1 が対話を行った。まず、被験者が席に着いた後、R1 は被験者に近づいてあいさつなどの対話を行った(表 1)。その後、R1 は被験者に好き嫌いに関する質問をし、被験者に答えてもらった。このパートの途中で R2 は R1 の方へ振り向き近づいてくる。

表 1: 人 ロボットパートでの実際の対話

R1:	はじめまして、僕は Robovie
R1:	名前を教えてください
H:	[被験者の名前] です
R1:	いい名前だね
R1:	どこから来たの？
H:	[研究室] から来ました
R1:	そうなんだ
R1:	来てくれてありがとう、よろしくね
H:	よろしく
R1:	お話しようよ、いろいろ聞かせてね
R1:	犬は好き？
H:	好きです
R1:	僕も好きだよ

### ii. ロボット-ロボットパート

このパートでは、R1 と R2 のロボット同士が対話を行った。人-ロボットパートで、ロボットと被験者が対話を行っている途中で、R2 が R1 に唐突に話しかけ、質問を行った。対話内容は人-ロボットパートと同様に好き嫌いに関する質問を行い、回答した(表 2)。

表 2: ロボット ロボットパートでの実際の対話

R2:	ねえねえ
R1:	ん、なーに？(R1 の方を向く)
R2:	夏は好き？
R1:	僕は好きだよ
R2:	えー、僕は嫌い

### iii. お土産パート

このパートでは、人-ロボットパートで被験者と対話を行っていた R1 が再び R1 が被験者に話しかけた(表 3)。ここでは、予め机の上に置いてあるお土産を選ぶよう指示した。お土産は白い箱と黒い箱の 2 つ用意し、どちらか好きな一つを選ぶように指示した。R2 もその会話に加わり、2 体のロボットはそれぞれ異なったお土産を被験者に勧めた。被験者がお土産を選択した後、2 体のロボットは手を振り実験を終了した。

表 3: お土産パートでの実際の対話

R1:	あ、そうだ(被験者の方を向く) 机の上にあるのはお土産だよ、 どっちか好きな方を選んでね(箱を指す) 僕は白いほうがいいと思うよ
R2:	僕は黒いほうがいいと思う
R1:	どっちにする？
H:	じゃあ白いほうで(箱を手にする)
R1:	今日はありがとう、じゃあね(手を振る)
R2:	さようなら(手を振る)

## 3.4 結果

被験者の SCL の平均のグラフを図 4 に示す。図 4 における i 内の縦の点線は、R2 が動き始めるタイミング、黄色の部分はロボット-ロボットパートを表す。人-ロボットパートでは、対話が始まると値が上昇していき、ある程度対話が進むと一定の値で推移している。しかし、R2 が動き始めたタイミングから値の下降していき、ロボット-ロボットパートでロボット同士の対話が始まると、より反応が小さくなっていくことがわかる。お土産パートで再び被験者がロボットに話しかけられて 2 体のロボットとの対話が始まると、反応がまた大きくなり、値が上昇していく。

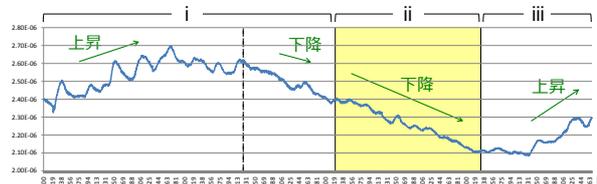


図 4: 被験者の SCL 平均値

被験者 A の SCR 値とロボットの発話のタイミングのグラフを図 5 に示す。始めの白の部分は人-ロボットパートを示し、R1 との対話時の反応である。ここでは、R1 が質問した後に値が上昇し、被験者の答えに R1 が反応を示すと値が下降しており、変化量が大きい。青の部分は R2 が動き出した直後の反応であるが、この間も被験者は R1 と対話を続けているにも関わらず、変化量が急に小さくなっていることがわかる。ロボット-ロボットパートは、図 4 と同じように黄色で示されており、平均のグラフと似た下降傾向がみられる。ピンクの部分では、お土産パートが行われ、再び被験者はロボットと対話を行っている。黄色の部分で反応はほぼ常に下がっていたが、ピンクの部分では、わずかに上昇傾向がみられる。

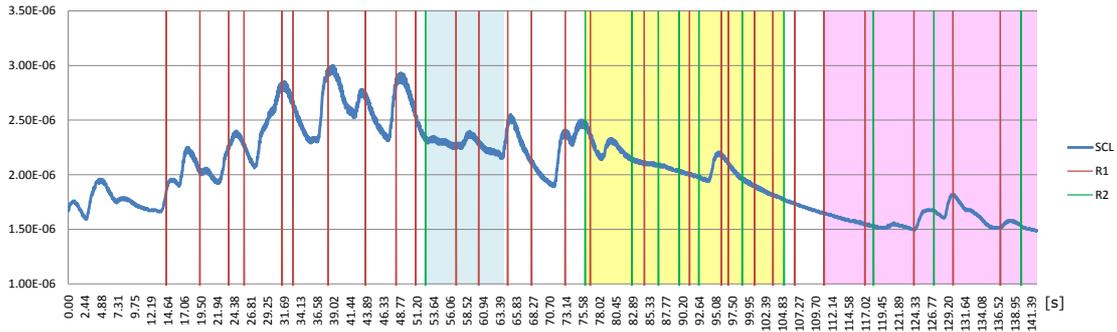


図 5: 被験者 A の SCL

## 4 考察

平均値の結果から，人-ロボットパートで起こった値の上昇はロボットとの対話による変化だとわかる．しかし，R2 が動き始めると値が下降していくことから，被験者は R2 に気を取られ，対話に集中していなかったのではないかと予想される．ロボット-ロボットパートに入るとさらに反応が下降している．アンケート内の「ロボット同士が会話しているとき，あなたはどう思いましたか」に対して「仲間外れにされた」「ロボット同士の会話をあまり覚えていない」と回答していることから，被験者が孤独感や退屈さを感じた結果，SCL の下降が起こったと考えられる．お土産パートでは，再びロボットが被験者に話しかけたことから，値が上昇していったと考えられる．

被験者 A の結果から，始めの白の部分では，被験者の発話に合わせて反応が出ていると予想される．A は実験後に「ロボットと会話するのが恥ずかしかった」と述べていたため，特に反応が大きかったのではないかとと思われる．しかし，青の部分では R1 が被験者に質問しているにもかかわらず急に反応が小さくなっている．このことから被験者は R2 が動き始めたことで注意が散漫になっていたと考えられる．また，ピンクの部分では，各ロボットが箱を勧めた後に反応が上がっている．他の被験者の中には，R1 から箱の選択を求められた際に急激な反応の上昇がみられた者も数名いた．このことから，急にロボットから話しかけられたことに加えて，選択を迫られたことによって緊張が生じたと推測できる．

これらのことから，ロボットとの対話が SCL に影響を及ぼすことは明らかである．

## 5 提案モデル

以上の結果を踏まえて，我々は生体情報を用いたロボットの行動決定のモデルを提案する．図 6 に提案モデルのフローチャートを示す．まずは生体情報を取得

し，ユーザの状態を判断する．取得した生体情報から，増加率・減少率の条件を用いて行動を決定する．例えば，SCL 反応の減少がネガティブな感情だと定義すると，減少率が高い場合にロボットに行動を起こさせたり，増加している場合と減少している場合で，行動の種類を変更することが考えられる．これらの設定を変えることで異なる性格を有するロボットを設計できる．しかし，ポジティブかネガティブかの判断は状況によって依存する部分が大きいため，今後の検討が必要だと思われる．

提案モデルはショッピングや学習への利用が考えられる．例えば，ショッピングの場合，店員ロボットにこのモデルを適用することが想定される．ロボットがある商品を勧める際に，SCL 反応が減少した場合にはその商品に興味がないと判断し，それまでとは異なる点の宣伝を行ったり，別の商品を勧めたりというような適切なアプローチが選択できるようになることが考えられる．他にも，生徒の学習状態を判断する教育支援ロボットへの適用も想定される．生徒の集中度や理解度が下がっていると判断した際には，ヒントを与えたり教え方を変えるなどの工夫を行うことが出来るようになることと推測される．

例に挙げたように，提案モデルをロボットに適用することで，ユーザの精神状態を判断し，状況に適した行動決定が可能となるであろう．今後はこのモデルを実装し，実験を行い検証を進めていく．

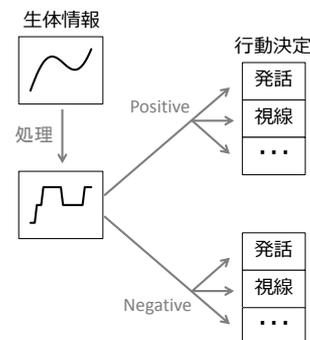


図 6: 提案モデルのフローチャート

## 6 おわりに

本研究では，人とロボット 2 体の 3 者間対話における SCL の測定を行った．実験の結果から，ロボットとの対話時には SCL の反応が上昇傾向が，ロボット同士の対話を観察時には下降傾向がみられた．また，得られた結果から，生体情報を用いたロボットの行動決定のモデルの提案を行った．今後は，提案したモデルの実装と検証を行う予定である．

今後の展開として，提案システムに SCL 以外の生体情報を用いることも考えられる．中村らの提案した SCL と指尖皮膚温 (Fingertip Skin-surface Temperature: FST) を用いた 2 次元興奮評価モデル [9] 等，他の生体情報も利用することにより詳細な感情状態を判断し，適切な行動決定をすることが可能になると予想される．

## 参考文献

- [1] 松添静子, 田中文英: ケア・レシーバー型ロボットへの直接教示による幼児の英語動詞学習効果の検証, HAI シンポジウム 2011 (2011).
- [2] Yamazaki, A., Yamazaki, K., Ohyama, T., Kobayashi, Y. and Kuno, Y.: A technosociological solution for designing a museum guide robot: regarding choosing an appropriate visitor, in *Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE international conference on Human-Robot Interaction*, pp. 309–316 ACM (2012).
- [3] Dahlbäck, N., Jönsson, A. and Ahrenberg, L.: Wizard of Oz studies? why and how, *Knowledge-based systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 258–266 (1993).
- [4] Reeves, B. and Nass, C.: *How people treat computers, television, and new media like real people and places*, CSLI Publications and Cambridge university press (1996).
- [5] 小野哲雄, 今吉晃: 「空気を読むロボット」: コミュニケーション空間を利用した人を動かす HAI デザイン (<特集> 人を動かす HAI), 人工知能学会誌, Vol. 28, No. 2, pp. 284–289 (2013).
- [6] 棟方渚, 櫻井高太郎, 児玉敬: 会話・安静時におけるてんかん患者の交感神経機能の挙動 (ヒューマンコミュニケーション基礎), 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report: 信学技報, Vol. 113, No. 185, pp. 79–83 (2013).
- [7] Heider, F.: *The psychology of interpersonal relations*, Lawrence Erlbaum (1982).
- [8] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 前田武志, 中津良平: 研究用プラットフォームとしての日常活動型ロボット “Robovie” の開発, 電子情報通信学会論文誌 DI, Vol. 85, pp. 380–389 (2002).
- [9] 中村光寿, 棟方渚, 吉川浩, 小野哲雄: 皮膚電気活動と指尖皮膚温を用いた 2 次元評価モデルの提案, 情報処理北海道シンポジウム 2012 講演論文集, pp. 157–162 (2012).