

RJ-005

コミュニケーションロボットの印象制御のためのジェスチャ変形手法 Gesture Modification Method to Control User Impressions of Communication Robots

中川 佳弥子^{†‡}

Kayako Nakagawa

篠沢 一彦[‡]

Kazuhiko Shinozawa

石黒 浩^{†‡}

Hiroshi Ishiguro

萩田 紀博[‡]

Norihiro Hagita

1. はじめに

近年、日常環境で活動するロボットの研究開発が進んでおり、これらが、公共施設やオフィス、家庭などに普及したとき、人間-ロボット間のコミュニケーションが円滑に行われることが求められている。ヒューマノイドロボットが、コミュニケーションを円滑に行うためには、身体動作を用いた表現が有効である。例えば、ロボットの道案内タスクにおいて、指差しやジェスチャがタスク成功率の向上に寄与することが知られており [1]、ロボットが人間にサービスを提供する場面において、ロボットの身体動作による表現は重要な意味を持つ。

さらに、サービスが提供される場面は様々であり、場所、相手、タスク内容など、様々なバリエーションが想定される。例えば、「何があったのですか?」と尋ねる場合、相手が元気のない時なら、ゆっくりで穏やかな動作、相手が悪いことをして叱る時なら、速くて威圧的な動作の方が、より状況に適応した印象を与えることができる。よって、身体動作から形成される多様な印象を制御することができれば、ロボットを多様なシチュエーションに適応させることが可能になる。

ロボットの表現に関する研究としては、顔の表情による感情表現の研究は多く行われており [2]、表情のバリエーションを豊かにすることで、ロボットに対する親近感が向上し、より豊かなコミュニケーションを行うことができる。身体動作の表現に関する研究では、舞踊ロボットの身体動作や姿勢の違いによる印象変化についての研究 [3] があるが、ロボットのジェスチャの印象制御についての研究は少ない。

そこで、本研究では、ロボットの身体動作と、それらが人間に与える印象とに注目し、任意のジェスチャから様々な印象に対応するバリエーションを生成する手法を提案する。その第1段階として、ロボットの身体動作について、速度・振幅・姿勢に着目し、印象形成を適切に制御する方法を提案し、有効性を検証する。

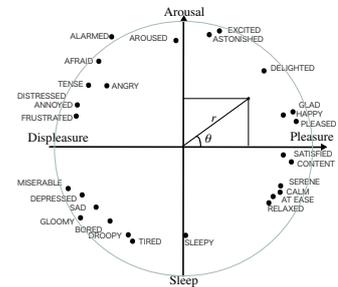
2. システム

本実験で使用したロボットは、卓上サイズのヒューマノイドロボット Robovie-mini R2 である (図 1(a))。このロボットは各腕に 4 自由度、眼球 2 自由度、まぶた 1 自由度、頭部 3 自由度、腰部 1 自由度の、合計 18 自由度を持つ。

身体動作による印象表現制御を行うためには、印象をパラメータ化し、動作要素と関連づける必要がある。本研究では、印象表現をパラメータ化するために、Russell の円環モデル [4] を元に、印象を快適度 (valence)・覚醒度 (arousal) で表現する 2 次元モデルを設定した (図 1(b))。本モデルでは、極座標ベクトルの方向および大きさが、それぞれ印象の種類と強度を示す。よって、目標とする印象は、快適度および覚醒度、もしくは



(a) Robovie-miniR2



(b) Circumplex Model

図 1: System

は印象の種類と強度を決定することで表現できる。

次に、動作要素-快適度・覚醒度のマッピングについて述べる。Robovie-mini R2 可動部位のうち、速度・振幅・姿勢に関連する動作要素を列挙し、快適度・覚醒度への割り当てを行った。ここで、どの動作要素をどのように快適度・覚醒度に割り当てるかについて示す。覚醒度に割り当てたのは、全ての関節の動作速度と動作範囲・まぶたきの速度である。快適度に割り当てたのは、頭部の向き (ピッチ軸)・下腕の向き (内・外)・まぶたの開き具合 (眼球中心とまぶたの端の距離) である。全ての関節角度と速度は以下の手順によって決定された。まず、ロボットが表現する印象を、本モデル内の任意の点 ($r|0 < r < 1, \theta|0 < \theta < 2\pi$) として決定し、元となるジェスチャを原点の状態として、決定された点に対応する変形ジェスチャを生成する。ここで、原点のモーションについて、関節角度を ($\bar{P}(t)$)、関節速度を ($\bar{V}(t)$)、とすると、例えば変換後の下腕の関節速度 V_{ua} は以下の式で決定される (a_{ua} は調整パラメータ)。

$$V_{ua}(t) = \bar{V}_{ua}(t) + a_{ua} Ar_p$$

$$Ar_p = \frac{1 + r \cdot \sin(\theta)}{2}$$

速度については、覚醒度が高いほど大きく設定し、四肢の方向については、快適度が高いほど腕と頭部の向きが拡散・上昇する方向、低いほど集中・下降する方向に設定した。本手法により、生成したロボットの動作についての評価実験を行った。

3. 評価実験

3.1 実験設定

本手法による動作生成の妥当性を検証するため、Robovie-mini R2 を用いて評価実験を行い、仮説を検証する。仮説: 異なる印象パラメータを用いて生成した動作に対しては、異なる印象評価がされ、かつ、被験者間で印象評価が一致する。

本実験には、大阪大学の学生およびスタッフの合計 24 名が被験者として参加した。男女比は 15 : 9、被験者の年齢は 19 才~38 才 (平均 24.6、標準偏差 5.4) であった。

[†]大阪大学工学研究科, Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

[‡]ATR 知能ロボティクス研究所, ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories

表 1: Factor matrix (Varimax rotated)

	Factor		Communality
	I	II	
好きな (—嫌いな)	0.868	0.115	0.77
愉快的 (—不愉快的)	0.865	0.179	0.78
面白い (—つまらない)	0.817	0.333	0.78
はげしい (—おだやかな)	0.081	0.836	0.71
強気な (—弱気な)	0.179	0.786	0.65
積極的な (—消極的な)	0.399	0.739	0.71

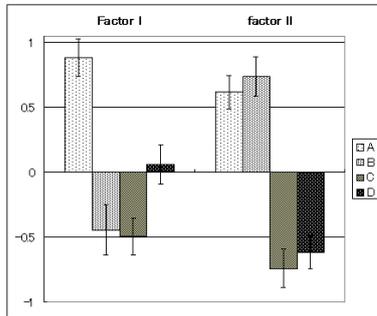


図 2: Average factor score

本実験では、ロボットの待機動作（各関節をランダムな方向、一定の速度、振幅で動かす）を元となるジェスチャとして、4種類のモーションを作成した。モーションのパラメータを以下に示す。

$$((r, \theta) = A(1, \frac{\pi}{4}), B(1, \frac{3\pi}{4}), C(1, \frac{5\pi}{4}), D(1, \frac{7\pi}{4}))$$

A は高覚醒・高快適、B は高覚醒・低快適、C は低覚醒・低快適、D は低覚醒・高快適となる。このパラメータを元となるジェスチャに適用して作成された4種類のモーション A,B,C,D の4条件で実験を行った。被験者は、各条件のモーション呈示後、ロボットの感情状態推定を行い、6つの形容詞対を用いた5段階尺度の主観評価を行った。

実験は、まず、被験者に対して20秒間の待機動作を呈示する。この時の待機動作は、印象パラメータ $(r, \theta) = (0, 0)$ 、すなわち印象表現を付加していない状態である。以降、印象パラメータ $(r, \theta) = (0, 0)$ の状態を“Neutral”と呼ぶ。次に、被験者に対して、最初の5秒間は Neutral、続けて15秒間は印象表現を付与した待機動作 (A,B,C,D のいずれか) を呈示する。被験者は20秒間のモーションを見終わる度に、質問紙に回答することで、印象評価を行った。

3.2 実験結果

形容詞対6項目に対して因子分析（最尤法、varimax 回転）を行った結果、固有値1以上の因子が2つ抽出された（表1）。それぞれに寄与する形容詞から、第1因子を「快適度」因子、第2因子を「覚醒度」因子と解釈した。

次に、因子分析によって得られた因子得点に対して、ANOVAを行った結果、第1因子、第2因子ともに条件間で有意差がみ

表 2: Comparison among A,B,C, and D conditions

Motion	FactorI(Valence)	FactorII(Arousal)
A B	$p < .01^{**}$	$p = .900$
A C	$p < .01^{**}$	$p < .01^{**}$
A D	$p < .01^{**}$	$p < .01^{**}$
B C	$p = 0.995$	$p < .01^{**}$
B D	$p = 0.119$	$p < .01^{**}$
C D	$p = 0.069(+)$	$p = 0.904$
Result of ANOVA ($F(3, 92)$)	$p = < .01^{**}$ $F = 16.3$	$p = < .01^{**}$ $F = 38.5$

られた (factor 1: $F(3, 92) = 16.3, p < .01$, factor2: $F(3, 92) = 38.5, p < .01$)。図2に条件毎の因子得点の平均値と標準誤差を示す。多重比較 (Turkey-HSD) の結果より、第1因子は A-B,C,D で有意差あり、C-D で有意傾向であった。第2因子は、A,B-C,D で有意差がみられた。本手法が有効であるためには、本実験で用いられた4つのモーションが、快適度 ((A,D) - (B,C))・覚醒度 ((A,B) - (C,D)) の組み合わせで識別されることが必要である。分析結果より、モーション D の快適度軸を除き、被験者がそれぞれのモーションの印象を区別しており、かつ被験者間で印象評価が一致していることが示された。

4. 考察

実験の結果、速度・振幅・姿勢を覚醒度・快適度に割り当てる手法によって、覚醒度軸は身体動作によって適切に表現されたが、覚醒度-低の場合の快適度軸の印象制御が困難であったと考えられる。この理由として、シングルモダルでの表現のバリエーションに限界がある可能性がある。シングルモダルでの表現に関しては、ロボットの音声による感情表現の研究より [5]、音声による表現においても、覚醒度は明確に表現できるが、快適度の表現が難しいという結果が出ている。よって、今後低覚醒時の快適度軸の表現を改善すると同時に、音声との組み合わせによるマルチモダルな表現も視野に入れる必要がある。

5. おわりに

本研究では、ロボットの身体表現において、動作・振幅・姿勢の制御、およびそれらを快適度・覚醒度の2軸に割り当てることによる動作変換手法を提案し、本手法に基づいて生成した動作について評価実験を行った。その結果、本手法によって印象のバリエーションが区別可能であり、また意図通り適切に表現されることが確認できた。一方で、覚醒度-低の場合の快適度軸の表現が十分でない点は今後の課題である。今後の課題としては、低覚醒時の快適度の表現の改善、および、任意のジェスチャの表現内容を保持しつつ、動作変換を行う方法の検討と評価実験を行う。また、将来的には、異なる形状・自由度のロボットに対する本手法の適用、音声表現と組み合わせることによって、表現による印象形成の制御を実現を目指す。

謝辞 本研究は、総務省の研究委託により実施した。

参考文献

- [1] T. Ono, T. Kanda, M. Imai, and H. Ishiguro. Embodied communications between humans and robots emerging from en-trained gestures. In *Proceedings of IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*, Vol. 2, pp. 558–563 vol.2, 2003.
- [2] C. Breazeal. Emotion and sociable humanoid robots. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 59, No. 1-2, pp. 119–155, July 2003.
- [3] 中田亨, 森武俊, 佐藤知正. ロボットの身体動作表現と生成される印象とのラバン特徴量を介した定量的相関分析. *日本ロボット学会誌*, Vol. 19, No. 2, pp. 104–111, March 2001.
- [4] J. A. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, No. 6, pp. 1161–1178, December 1980.
- [5] C. Breazeal. Emotive qualities in robot speech. In *Proceedings of 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.*, Vol. 3, pp. 1388–1394 vol.3, 2001.