

ロボットのジェスチャーとヒトの感情の関係解析

Analysis of the Relationship between Robot's Gesture and Human Emotion

○学 奈良原久之（慶大） 正 前野隆司（慶大）

Hisayuki NARAHARA, Keio University, narahara@a8.keio.jp
Takashi MAENO, Keio University

To realize smooth communication between human and robot, it is important to know relationships between robot's action and human emotion. In communication, human express its emotion especially with gestures. So, If we can clear up relationships between robot's gesture and human emotion, communication between robot and human become more smoothly. To analyze the relationships, we execute 4 steps. First, we measure 138 physical properties of robot's movement. Second, we select 10 typical physical properties with hierarchical cluster analysis. Third, we conduct sensory evaluation and extract 3 emotional factors with factor analysis. Last, we analyze the relationships between 3 emotional factors and 10 typical physical properties with multi regression analysis. By doing those steps, we establish a model which connects physical properties of gesture and human emotions.

Key Words: Communication, Semantic Differential Method, Multiple Classification Analysis

1. はじめに

近年、ロボットのコミュニケーション能力の発達に伴い、ロボットの活躍の場は、従来の産業分野のみならず、エンターテインメント分野、医療分野および教育分野へと広がっている。これらの分野において、ロボットは、ヒトや動物の代替として活躍することが期待されているため、ヒトと高度なコミュニケーションを行う能力を有する必要がある。

しかし、従来のロボットは、ヒトに抱かせたい感情を行動として適切に表出するシステムを有していない。このため、ロボットが行動により表現しようとした感情が、その行動に対してヒトが抱く感情と異なってしまう、ロボットがヒトと高度なコミュニケーションを行えない場合が生じる。ロボットがヒトに抱かせたい感情に対応した行動を適切に行うシステムを構築するためには、ロボットの行動とそれに対してヒトが抱く感情の関係を明らかにする必要がある。このため、本研究では、ロボットの行動のうち、ヒトとコミュニケーションをとる上で必要不可欠であると考えられるジェスチャーを対象とし、ロボットのジェスチャーとヒトの感情の関係を明らかにすることを目的とする。

2. ロボットのジェスチャーとヒトの感情の関係の仮定

認知心理学の知見によると、ヒトは外界の情報に対する知覚を、感覚受容器から入力された情報の物理特性値をもとに行っている⁽¹⁾。また、ヒトは知覚をもとに情報に対する感情を出力している。このため、本研究ではヒトへの入力とヒト

からの出力のみに着目し、ロボットのジェスチャーとヒトの感情の関係を、ジェスチャーの物理特性値とヒトの感情の関係を単純化して解析する。

3. ジェスチャーの物理特性値の測定および官能評価

本研究では、ジェスチャーの動作対象として、Fig. 1に示す頸部3自由度、上肢各3自由度のジェスチャーロボットを製作した。また、ロボットに行わせるジェスチャーは、コミュニケーションにおいて、発話に依存せずジェスチャーを行う主体の心理状態を表出するものの中から、代表的な17個を網羅的に抽出した⁽²⁾⁽³⁾。ジェスチャーの物理特性値は、138項目設定した。官能評価は20代の男女計13名を被験者として行った。官能評価にはSD法を用い、ロボットのジェスチャーに対する被験者の感情を評価させた。なお、感情は、心理学の分野で定義されるヒトの基本6感情である、喜び、驚き、恐れ、怒り、悲しみおよび嫌悪に加え、ヒトとロボットの高度なコミュニケーション実現のために重要であると考えられている安心感および刺激感を評価項目とした⁽⁴⁾。

4. 感情の因子分析

感情因子の因子分析結果をTable 1に示す。因子負荷量の絶対値が0.7以上のものを着色した。Table 1において、3つ

Table 1 Factor loading matrix

	Factor1	Factor2	Factor3	Independent Factor
Stimulative	0.95	-0.05	0.30	0.03
Easy	-0.77	-0.48	-0.29	0.26
Amazed	0.90	-0.18	0.15	0.25
Frightening	0.72	0.35	0.33	0.01
Sad	-0.08	0.84	0.18	0.01
Joyful	-0.14	-0.85	-0.48	0.01
Unpleasant	0.41	0.46	0.78	0.10
Irritating	0.40	0.35	0.84	0.14
Characteristic number	5.01	1.83	0.37	
Accumulative contributing rate	0.63	0.85	0.90	

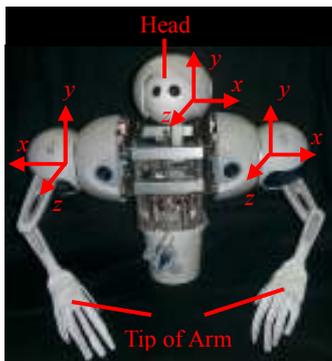


Fig. 1 Gesture robot

Table 2 Multiple regression analysis of emotional factor and physical property

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	R ²	F
Fear	-0.05	-0.10	0.45	-0.57	0.08	0.18	0.63	0.10	0.13	-0.15	0.95	11.87
Sad	-0.17	-0.88	-0.71	-0.02	0.45	-0.32	0.31	0.71	-0.08	0.47	0.84	3.22
Aggravation	0.41	0.10	-0.11	0.35	-0.65	-0.16	0.39	-0.71	0.00	-0.39	0.68	1.26

の因子の累積寄与率が90%となることから、ヒトはジェスチャーを3つの感情の軸で評価していることがわかった。

評価項目の因子負荷量から、因子1を恐怖因子、因子2を悲しさ因子、因子3を怒り因子と名づけた。

コミュニケーションにおいて重要な感情である安心感および刺激感恐怖因子の評価軸上に存在することから、恐れや驚きといった感情がコミュニケーションにおいて重要であることがわかった。

5. 物理特性値の選出

本研究では、ロボットのジェスチャーを特徴づける138個の物理特性値を算出した。しかし、算出した138個の物理特性値すべてと感情因子の関係を解析することは困難である。このため、ウォード法を用いた階層的クラスター分析を行うことにより、物理特性値を12個のグループに分類するとともに、各グループを代表する物理特性値を選出した。また、選出した物理特性値間の相関係数を算出し、t検定により99%信頼区間において有意判定を行った。以上の結果から、ジェスチャーを特徴付ける10種類の代表的な物理特性値を選出した。

6. ジェスチャーの物理特性値とヒトの感情の関係解析

物理特性値と感情因子の関係を明らかにするために、10種類の物理特性値を説明変数、3つの感情因子を目的変数として重回帰分析を行った。結果をTable 2に示す。Table 2において、X1は「左上肢先端最大速度」、X2は「左上肢先端平均速度(x方向)」、X3は「右上肢先端最大速度」、X4は「右上肢先端平均速度(x方向)」、X5は「最大横幅」、X6は「最大縦幅」、X7は「頭部平均角速度(x方向)」、X8は「頭部最大角速度(y方向)」、X9は「頭部最大角速度(z方向)」、X10は「頭部の運動エネルギーの総和」である。なお、上述の物理特性値の方向は、Fig. 1に示したロボットの座標に対応している。

F値から、恐怖因子は、99.5%信頼区間において有意であり、悲しさ因子は90%信頼区間において有意である。このことから、恐怖因子および悲しさ因子と物理特性値の関係は線形近似により示されることがわかった。一方、怒り因子は信頼区間が60%と低い値をとる。このため、怒り因子は説明変数とした10種類の物理特性値以外の要因により説明されると考えられる。すなわち、怒り因子は、ジェスチャーの動作特性以外の要因によって説明されると考えられる。

恐怖因子を目的変数とする重回帰式の標準偏回帰係数に着目すると、右上肢先端最大速度から正の寄与を受けており、右上肢先端平均速度(x方向)から負の寄与を受けている。右上肢の物理特性値から強い寄与を受けている要因として以下のことが挙げられる。本研究において選出したジェスチャーは片腕のみを用いて行うものが多いが、これらのジェスチャーはすべてロボットの右腕のみを用いて行われた。このため、右上肢に関する物理特性値は、上肢全体の動作を表す物理特性値であると考えられる。以上のことから、ヒトに恐怖感や驚きを与えるためには、ロボットに上肢の最大速度が大きく、かつその動作時間が短いジェスチャーを行わせればよ

いと考えられる。

恐怖因子は、頭部平均角速度(x方向)からも正の寄与を受けている。したがって、頭部の横方向の回転が多いジェスチャーは、ヒトに恐怖感や驚きを与えると考えられる。以上のことから、ヒトに恐怖感や驚きを与えるためには、上肢の最大速度が大

きく、かつその動作時間が短いジェスチャーおよび、頭部の横方向の回転が多いジェスチャーをロボットに行わせればよいと考えられる。一方、ヒトに安心感を与えるためには、上肢の速度が小さく、頭部の横方向の回転が少ないジェスチャーを行わせればよいと考えられる。

悲しさ因子を目的変数とする重回帰式の標準偏回帰係数に着目すると、左上肢先端平均速度(x方向)および右上肢先端最大速度から負の寄与を受けている。このことから、悲しさ因子は上肢の速度に関係すると考えられる。また、悲しさ因子は頭部最大角速度(y方向)から正の寄与を受けている。以上のことから、ヒトに悲しい感情を与えるためには、上肢の速度が小さく、また、頭部の縦方向の動作が速いジェスチャーをロボットに行わせればよいと考えられる。一方、ヒトに楽しい感情を与えるためには、上肢の速度が大きく、また、頭部の縦方向の動作が遅いジェスチャーを行わせればよいと考えられる。

7. 結論

まず、ヒトの基本6感情を因子分析を用いて分類することにより、ロボットのジェスチャーに対するヒトの感情が3つの因子により説明できることを示した。また、ジェスチャーの物理特性値と感情因子の重回帰分析を行うことにより、ジェスチャーの物理特性値と感情の関係を定量化した。以上の結果を用いて、ロボットのジェスチャーとヒトの感情の関係を明らかにした。今後、本研究で得られたヒトの感情因子の分類をもとに、それぞれの因子から派生するより詳細なヒトの感情と、ロボットのジェスチャーの関係を明らかにすることにより、繊細かつ多様な感情が、ロボットのジェスチャーにより表現可能になると考えられる。

謝辞

本研究の一部は21世紀COEプログラム「知能化から生命化へのシステムデザイン」の援助により行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- (1) 乾敏郎, 竹市博臣, 津崎実. 認知心理学1. 東京大学出版会, 東京, 1995.
- (2) 東山安子. 日米ボディートーク. 三省堂, 東京, 2003.
- (3) 中野道雄. 日米比較ボディ・ランゲージ事典. 大修館書店, 東京, 1985.
- (4) 横山章光. 精神医学の新しい展開 時代が要請する分野 ロボットを活用した精神医療の可能性. 最新精神医学, Vol. 7, No. 5, pp. 439 - 447, 2002.