

感性表出プラットフォームロボットの開発と印象評価 (ロボットの腕の長さとおきさの違ひによる印象評価)

横沢 和彦^{1,a)} 池田 慶祐¹ 作本 佑輔² 阿久澤 拓巳^{1,2} 善教 雅貴¹ 石川 陽一² 富山 健^{1,2,b)}

概要: 腕部の長さを調節可能で大きさが異なる感性表出プラットフォームロボットを2台開発した。開発したロボットを用いて、物体の受け渡し動作における印象評価調査を行った。今回は異なる腕の長さ及び大きさが異なることによる人が受ける印象の違ひと、人の対ロボット距離の変化度合いを調査した。調査結果は短い腕の時の方が長い腕の時に比べ親和性が高く、運動性が低い、対ロボット距離も短い傾向があった。また、ロボットの大きさを違ひによる感情動作の印象変化については影響因子制御の困難さが改めて認識される結果となった。

1. はじめに

本稿では大きく以下の三つの内容について述べる。それは、1) 感性表出プラットフォームロボット (KANSEI Expression Platform Robot: KEPRO) の開発、2) ロボットの腕の長さの違ひによる印象評価調査、3) ロボットの大きさを違ひによる感情動作の印象変化の調査についてである。

本研究では 1300mm と 700mm の KEPRO 及びその外装を製作した。そして、開発した KEPRO を用いて、物体の差し出し動作における印象評価調査を行った。今回は異なる腕の長さ及び大きさが異なることによる人が受ける印象の違ひと、人の対ロボット距離の変化度合いを調査した。

2. KEPRO の開発

本節では製作した KEPRO について述べる。

2.1 開発目的 [1]

KEPRO の開発目的は以下の三つである。1) 動作印象に関する因子を操作可能にすることで、因子と動作が人間に与える印象との因果関係を調査すること。2) 将来的に介護施設などで使用するために、ジェスチャーではなく、仕事動作に感性を付加できるようにすること [2]。3) 感性ロボティクス研究者のための研究用プラットフォームロ

ボットを製作することである。

2.2 動作印象に関わる因子とアプローチ [1]

本節では前項で述べた開発目的を達成するために提案された動作印象に関わる因子であるロボットのサイズとプロポーション、デザインコンセプト (Fig. 1) とそれらの因子を操作可能にするためのアプローチについて述べる。

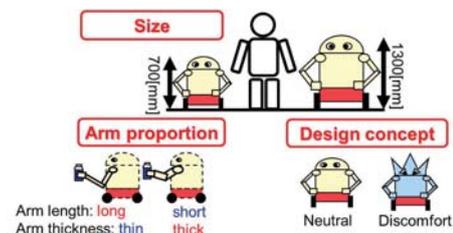


Fig. 1 Images of 3 factors for KANSEI expression platform robot [1]

2.2.1 サイズ

ロボットの大きさは動作印象への影響が強いと考えられるが、同じデザインで異なるサイズのロボットの印象評価は行われていない。また、印象評価を行う際、シミュレーションと実機とは異なる印象を与える [3]。そこで、1300mm と 700mm のロボットを開発した。高さの選定理由は、一般的な机の高さである 700mm [4] を基準とし、机の上にある物体を容易に取れるようにするためと小学 3、4 年生の平均身長 [5] を参考にしたためである。また、各ロボット間で自由度数と配置は同様に設計し、KEPRO700 の可搬重量や各リンク長などは KEPRO1300 の 7/13 倍となっている。本研究で用いた 2 台のロボットを Fig. 2 に

¹ 千葉工業大学大学院
CIT, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

² 千葉工業大学
CIT, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

a) kzhk_63714@yahoo.co.jp

b) tomiyama.ken@it-chiba.ac.jp

示す。



Fig. 2 Views of KEPRO700 (left) and KEPRO1300 (right)

2.2.2 プロポーション

感性的な評価基準を用いる実験を行う場合、被験者がロボットに対して「違和感」を持つことで実験結果に余計なバイアスが掛かってしまうことがある。そのような違和感を生み出す原因の一つにロボットの身体プロポーションが考えられる。ロボットのプロポーション設計において、人間の標準的な身体プロポーションが適切ではない可能性がある。本研究では物体の受け渡し動作を扱うことから腕部のプロポーションに焦点を当てる。そこで、ロボットのプロポーションの変更を容易に行うために腕部長の調節にはスライド式機構、それに伴う外装の変更のためにマグネット機構を開発した。

2.2.3 デザインコンセプト

前項で述べた「違和感」を生み出すもう一つ大きな要因としてロボットの外装デザインが考えられる。現在のロボットデザインは様々な思想によって考案されており、それらのデザインに対し定量的な評価を行うことは難しい。そこで、被験者に違和感を与えにくい、つまり印象評価に影響を与えにくいデザインというコンセプトを基に外装を製作する必要がある。本研究では本大学のデザイン科学科と協力し、Fig. 3 のようないくつかのデザイン案を考案し、実際には Fig. 3(b) のようなデザインの外装を製作した。今後は、異なるデザインコンセプトの外装を製作し、印象評価を行う予定である。



(a) Design 1 (b) Design 2 (c) Design 3

Fig. 3 Design examples

2.3 仕様 [6]

KEPRO1300 の各軸間距離や腕の太さ、関節の可動域はできるだけ身長が 1300mm の子供を基準 [7] とし、KEPRO700 はそれらを 7/13 倍して設計及び製作を行った。したがって、KEPRO1300 の腕の最長は 684mm で最短は 534mm、KEPRO700 の腕の最長は 368mm で最短は 287mm となった。腕の自由度は人間のような多様な動作軌道を可能とするために片腕あたり 7 自由度として冗長性を持たせた。また、腕を地面と平行に真横に伸ばした時に特異点問題が発生しにくいように、肩ピッチ軸を水平から 30 度傾けて設置した [8]。そして、アクチュエータの最大出力を 80W とした。最大出力が 80W 以下であれば、労働安全衛生規則第 36 条第 31 号の産業用ロボットの適用除外規定に該当する [9]。KEPRO の詳しい仕様を Table 1 に示す。

Table 1 Specification of KEPRO700 and KEPRO1300

		KEPRO700	KEPRO1300
Size[mm]	Total	700	1300
	Arm	287-368	534-684
Weight[kg]	Total	5	47
DOFs	Neck	3	3
	Shoulder	3*2	3*2
	Elbow	1*2	1*2
	Wrist	3*2	3*2
	Hand	1*2	3*2
Mobile mechanism		Omni wheel*3	Omni wheel*4
Sensors	Head	WEB Camera*2	WEB Camera*2
		Microphone*4	Microphone*4
	Arm	Touch sensors	Touch sensors
		Pressure sensors	Pressure sensors
	Body	Touch sensors	Touch sensors
		Laser range finder	Laser range finder

3. ロボットの腕の長さの違いによる印象評価調査 [6]

本研究ではロボットの上腕と下腕の長さを変更することにより、腕部のプロポーションの変更を行った。本節ではその時の印象評価調査について述べる。

3.1 実験目的

KEPRO1300 を用いて、物体の差し出し動作における腕部のプロポーションの変更による印象評価の違いの調査と被験者と KEPRO1300 との距離の変化度合いの調査を目的とした。

3.2 実験方法

ペットボトルの差し出し動作の印象評価を SD 法により KEPRO1300 の腕の長さ毎に評価した。今回の腕の長

さは 2.3 節で述べたハードウェア上の最長の 675mm と最短の 495mm を用いた。被験者には部屋に入ってから KEPRO1300 まで任意の距離に近づき、約 30 秒の差し出し動作を観察してもらった。その後後に -2 ~ 2 の 5 段階 33 個の形容詞対からなる Semantic Differential scale method (SD 法) の印象評価のための回答用紙に回答してもらった。対 KEPRO 距離は Kinect を用いて測定した。これを長い腕の時と短い腕の時のそれぞれ一回ずつ各被験者あたり行った。被験者は成人男性 14 名、成人女性 2 名の合計 16 名であった。実験の様子を Fig. 4 に示す。



Fig. 4 A view of experiment of impression evaluation

3.3 実験結果と考察

SD 法の印象評価から得られたデータを主成分分析した結果、「親近性」と「運動性」、「態度」、「その他」という四つの成分を得た。四つの成分毎の平均と標準偏差を Table 2 に示す。平均値を比べると、腕が短い時の場合の方が長い時の場合に比べて親近性と態度が高い結果となった。一方、運動性は長い腕の場合の方が高い傾向があった。

Table 2 Average and standard deviation for factors

	Factors	Long arms	Short arms
Average	Friendliness	0.23	0.32
	Mobility	-0.11	-0.97
	Attitude	0.23	0.72
	Other	-0.11	0.08
Standard deviation	Friendliness	0.99	1.08
	Mobility	0.79	0.76
	Attitude	1.15	0.81
	Other	0.84	0.79

被験者と KEPRO1300 間の距離を Table 3 に示す。対ロボット距離の平均は長い腕の場合よりも短い腕の場合の方が短くなる傾向があることがわかった。長い腕の場合の方が運動性は高いという前述の結果から被験者らは KEPRO1300 の行動範囲の広さを警戒したと考えられる。

Table 3 Average distance between subjects and KEPRO1300 and the standard deviation

	Average[mm]	Standard deviation
Long arms	975	260
Short arms	862	131

4. ロボットの大きさの違いによる感情動作の印象変化調査

本研究では同一の外装デザインの KEPRO1300 と KEPRO700 を製作した。本節ではそれらを用いたロボットのサイズの違いにより感情動作の印象評価にどのような差異があるかの調査した。

4.1 実験目的

KEPRO1300 と KEPRO700 を用いて、感情を付加した物体の差し出し動作におけるサイズの違いによる感情表出評価の違いの調査を目的とした。

4.2 実験方法

ペットボトルの差し出し動作の感情表出評価を KEPRO1300 と KEPRO700 を用いて行った。表出感情は Ekman の基本 6 感情から驚きを除き、「怒り」と「嫌悪」、「恐怖」、「悲しみ」、「喜び」に「無感情」を加えた 6 種類である。被験者が選択できる感情も上記と同様の 6 種類とした。被験者には KEPRO から 2m 離れた位置に立ってもらい、KEPRO がランダムに行う 6 種類の各動作について、どの感情を表現しているか推測してもらった。被験者は KEPRO1300 と KEPRO700 を用いた実験とも本学学生の男女、計 25 人であった。今回の実験では 2 台の KEPRO の動作において、動作時間と各関節の角度推移を統一した。実験の様子を Fig. 5 に示す。



Fig. 5 A view of experiment of emotion expression

4.3 実験結果と考察

KEPRO1300 を用いた実験結果を Table 4 に、KEPRO700 を用いた実験結果を Table 5 に示す。行成分は KEPRO の表出動作、列成分は被験者が回答した感情である。実験を行った際、「怒りの動作においては、KEPRO1300 の速

度が足りず2台のKEPRO間で動作軌道が大きく異なってしまったため、今回の考察からは外すこととした。表中の太字で示した各感情動作の正答率をKEPRO1300とKEPRO700とで比較すると、「喜び」、「無感情」においてはKEPRO1300の方が、「嫌悪」と「恐怖」、「悲しみ」においてはKEPRO700の方が優っている。これはKEPRO1300自身の大きさ及び動作空間の大きさ、動作の速さが「喜び」の動作特徴を助長したからと考えられる[10]。また、KEPRO700自身の大きさ及び動作空間の大きさ、動作の速さが「嫌悪」と「恐怖」、「悲しみ」の動作特徴を助長したからと考えられる[10]。

Table 4 Result of KANSEI expression experiment by KEPRO1300

Action	Anger	Disgust	Fear	Grief	Joy	Neutral
Anger	16%	12%	8%	0%	20%	44%
Disgust	4%	16%	24%	12%	0%	44%
Fear	0%	32%	8%	36%	20%	4%
Grief	20%	24%	16%	4%	16%	20%
Joy	12%	20%	8%	0%	48%	12%
Neutral	0%	12%	36%	12%	4%	36%

Table 5 Result of KANSEI expression experiment by KEPRO700

Action	Anger	Disgust	Fear	Grief	Joy	Neutral
Anger	12%	4%	20%	0%	56%	8%
Disgust	24%	32%	8%	4%	4%	28%
Fear	0%	12%	24%	28%	4%	32%
Grief	4%	28%	28%	8%	8%	24%
Joy	36%	8%	12%	0%	24%	20%
Neutral	0%	20%	36%	12%	4%	28%

5. おわりに

本研究では1300mmと700mmのKEPRO及びその外装を製作した。そして、開発したKEPROを用いて、物体の差し出し動作における印象評価調査を行った。今回は異なる腕の長さ及び大きさが異なることによる人が受ける印象の違いと、人の対ロボット距離の変化度合いを調査した。調査結果は短い腕の時のほうが長い腕の時に比べ親和性が高く、運動性が低い、対ロボット距離も短い傾向があった。また、ロボットの大きさの違いによる感情動作の印象変化については影響因子制御の困難さが改めて認識される結果となった。

今後の課題は現状のKEPRO1300のハードウェアで出力可能な最高速度で「怒り」を表出可能かどうかの検証や2台のKEPROの動作において各関節の角速度を統一しての感情表出の比較調査、ロボットの大きさの違いにおいて

SD法を用いて比較することが挙げられる。また、異なる外装の製作及び既存の外装を含む評価、被験者数の増加も挙げられ、これらを達成することにより、2.2節で提案した動作印象に関わる3因子が人に与える印象との関係を検証できると考えられる。

謝辞 アンケート調査にご協力頂いた皆様と外装デザインを考案して頂いた同大学大学院工学研究科デザイン科学専攻山崎研究室、佐藤研究室に謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 井上 尚信, 阿久澤 拓巳, 富山 健: 動作印象に関わる因子を操作可能な感性表出ロボットの提案, 第12回日本感性工学会大会予稿集, pp. 3β2-1 (CD-ROM) (2010).
- [2] 内藤 多恵子, 宮治 裕, 富山 健: 擬似感性を用いた多様なロボット動作の実現, ロボティクスメカトロニクス講演会'05講演概要集, pp. 2A1-N-029 (CD-ROM) (2005).
- [3] 森 武俊, 高松 洋亘, 中田 亨, 佐藤 友正: ロボットの動作による印象形成の比較: 実機とコンピュータグラフィックスの比較, ロボティクスメカトロニクス講演会'01講演概要集, pp. 2A1-H7 (CD-ROM) (2001).
- [4] 久野 真矢, 清水 一: 高齢障害者に合った机・テーブルの高さの決定方法について, 広島大学保健学ジャーナル, Vol. 2, No. 2, pp. 29-35 (2003).
- [5] 文部科学省: 平成24年度学校保健統計調査, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001044482&cycode=01> (2013-02-17).
- [6] 阿久澤 拓巳, 井上 尚信, 原田 雄二, 富山 健: 感性表出プラットフォームロボットの開発と印象評価, 第14回日本感性工学会大会予稿集, pp. A4-09 (CD-ROM) (2012).
- [7] 一般社団法人 人間生活工学研究センター: 機械製品の安全性向上のための子どもの身体特性データベースの構築及び人体損傷状況の可視化シミュレーション技術の調査研究, http://www.hql.jp/research/before/pdf/children_data2008.pdf (2013-02-17).
- [8] 三浦 洋: 早稲田大学大学院理工学研究科生命工学専攻博士論文, ヒューマノイドロボットの心理モデルに関する研究 (2004).
- [9] 中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター: 労働安全衛生規則 第四章 安全衛生教育 (第三十五条-第四十条の三), <http://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-2/hor1-2-1-1h4-0.htm> (2013-02-17).
- [10] 増田 恵, 加藤 昇平, 伊藤 英則: ラバン理論に基づいたヒューマノイドロボット身体動作から感情推定, 第23回人工知能学会全国大会, pp. 1A1-3 (CD-ROM) (2009).