原著論文

AIBOの新規作成動作の感性評価

大倉 典子*, 新井 裕貴*, 高野 航**

*芝浦工業大学工学部, **芝浦工業大学大学院工学研究科

KANSEI EVALUATION OF NEW MOTIONS OF AIBO

Michiko OHKURA*, Yuki ARAI* and Wataru TAKANO**

*Faculty of Engineering, Shibaura Institute of Technology 3-7-5, Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan

**Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology 3-7-5, Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan

Abstract : We are developing a control system for a mechanical pet, AIBO, in which AIBO moves in a way that makes the user feel most comfortable as judged by his/her alpha waves. We constructed a real-time control system for customizing AIBO motion according to the user's measured alpha waves. In this paper, the results of the evaluation experiment of various new motions of AIBO for the constructed system were described. From the results, the tendencies of preferable motions of AIBO were clarified, which is useful for improvement of the system.

Keywords : Motion control, AIBO, Healing, Evaluation, Preferability

1. は じ め に

日本は、産業用ロボット所有台数世界一のロボット王国であり、また鉄腕アトムやドラえもんのようなロボットを主人公とする漫画やアニメが数多く存在し、「ロボットは友達」というイメージが広く受け入れられている国でもある。そこで昨今、従来主流であった産業用ロボットに加え、より人々の生活に密着したロボット、例えばホンダの ASIMO [1] に代表されるような人々の日常生活に役立つことを目指すロボットや、ソニーの AIBO [2, 3] や産業技術総合研究所の PARO [4] のように人々の心を和ませるためのロボットが登場してきた。

我々は、「癒し系」と称される事物の価値を認識するようになってきた昨今の日本社会において、様々なロボットの中でも特に人々の心を和ませる目的で開発されたロボット（以後「癒し系ロボット」と称する）を対象に、研究を続けてきた。例えば文献 [5] では、企業が開発している各種癒し系ロボットの開発コンセプトに関して、開発企業のウェブサイトに記載された情報を対象として、種々の癒し系ロボットを横断的に調査・分析を行った結果について述べた。

このような癒し系ロボットの代表格である AIBO は、現在では多くの人に親しまれ、AIBO の動作が人々の心を癒す効果についての研究も行われている（例えば [6]）。しかし、癒される動作は、個人によって異なるかもしれないし、また同一人でもそのときの気分によって変わるかもしれない。そこで我々は、各個人のそのときの心の状態に対して最適な動作を行うように AIBO の動作をカスタマイズするシステムを開発すれば、AIBO と遊ぶ人がより楽しめ、より癒し効果を得られるのではないかと考え、使用者の脳波を測定してリアル

タイムに AIBO の動作を制御するシステムを開発した [7]。

このシステムの開発は、OPEN-R と呼ばれる AIBO のアーキテクチャが 2002 年 6 月に一部公開され、同時にソフトウェア開発環境である OPEN-R SDK が提供されたことから可能になったものであるが、使用した動作はサンプルプログラムで提供されていた動作であった。

そこで今回は、このシステムで AIBO が行う動作をより適切なものとするために、多数の動作を新たに作成し、アンケートによる評価を行ったので、その結果について報告する。

2. 評 価 実 験

2.1 動作の作成

今回、動作の作成には、AIBO Master Studio を使用した。まず 3 種類の基本姿勢（stand, sit, sleep）から 1 種類を選択し、それに頭・口・耳・両前脚・両後脚・尻尾の各部位の動きを組合せて、36 種類の動作を作成した。作成した動作の一覧を表 1 に示し、また 2 例を図 1 に示す。

2.2 動作の評価

どのような動作が好まれるのかを調べる目的で、アンケートを実施した。あらかじめ 36 個の動作を 6 グループに分割し、一人の被験者にはいずれかのグループの動作（6 種類）を見て評価してもらった。AIBO の動作の印象を評価し解析した先行研究としては、斉藤らの研究 [8] があるが、これは AVSM（Affective Value Scale of Music：音楽の感情測定尺度）を用い、首の回転における動作方向と振動回数が与える印象についての研究であり、今回の目的には適用できない。我々は、感性ワード [9] を参考にして評価項目を以下に示すように決定し、5 段階評価（1：まったく当てはまら

図1 作成した動作の例（上：8 傾げる，下：30 エビ反り）

ない，2：やや当てはまらない，3：どちらでもない，4：やや当てはまる，5：当てはまる）を行うことにした。

- ・ 好ましさ
- ・ 動作の活発さ
- ・ 生物らしさ
- ・ 動作時間の長さ

2.3 結果の解析

実験は，2006年8月27日（日）に，本学のオープンキャンパスに参加した方（主に高校生）102名を被験者として実施した。

表1の各動作に対する評価の平均値を表2，それらの相関係数を算出した結果および無相関の検定の結果を表3に示す。表2から，「好ましさ」の評価が高かった動作の上位10種類を列挙すると，以下のようになる。

- ・ 24：ダンス2
- ・ 3：手を振る座
- ・ 17：後足で顔をかく
- ・ 10：キック
- ・ 20：ダンス1
- ・ 34：ストレッチロング
- ・ 19：手を振る寝
- ・ 27：手を振る立
- ・ 12：死んだふり
- ・ 22：返事

表3の結果から，「活発さ」と「動作時間の長さ」に強い正の相関があること，また「好ましさ」と他の3項目にも正の相関があり，特に「生物らしさ」との間の相関は有意であることがわかった。

次に「好ましさ」の評価に対して，種々の分析を行った。基本姿勢を因子とする分散分析の結果，「好ましさ」の評価には基本姿勢の主効果がなかったが，基本姿勢と頭の動きの有無を2因子とする分散分析を行った結果（表4），頭の動きは主効果が有意であり，基本姿勢と頭の動きの有無には有意な交互作用があった。平均値のグラフ（図2）から，特に

表1 作成した動作の一覧

動作番号	動作名称	基本姿勢	動作内容
1	ばたばた	stand	腹ばいになって四脚を上下に動かす
2	手招き	sit	片前脚を上下に動かす
3	手を振る座	sit	片前脚を左右に動かす
4	バンザイ	sit	両前脚を上下に動かし万歳する
5	おじぎ	sit	頭を動かしお辞儀をする
6	顔を洗う	sit	片前脚で顔を掻く
7	じゃれ付く	sleep	両前脚でじゃれ付くしぐさをする
8	傾げる	sit	首を左右に傾げる
9	水泳	sleep	腹ばいになって平泳ぎの動きをする
10	キック	stand	片後脚でキックをする
11	頭突き	stand	頭を突き上げる
12	死んだふり	sleep	腹ばいになって死んだ振りをする
13	バイバイ	sit	両前脚を左右に動かす
14	ブルブル上下	stand	身体全体を小刻みに上下に動かす
15	お手	stand	片前脚でお手をする
16	ブルブル左右	stand	身体全体を小刻みに左右に動かす
17	後足で顔をかく	sit	片後脚で顔をかく
18	穴を掘る	stand	片前脚を使って穴を掘る
19	手を振る寝	sleep	片前脚を左右に動かす
20	ダンス1	sit	身体を左右に揺らしながら，耳，尻尾，口を動かす
21	お手上げ	sleep	両前脚を上下に，頭を左右に動かす
22	返事	sit	片前脚で手を振る
23	砂かけ	stand	片後脚で後に砂をかけるしぐさをする
24	ダンス2	sit	両前脚を使って踊る
25	ダンス3	sit	円を書くように片前脚を動かす
26	阿波踊り	sleep	両前脚を使って踊る
27	手を振る立	stand	片前脚で手を振る
28	バタ足	sleep	腹ばいになって後脚を上下に動かす
29	ストレッチ	stand	後に重心を乗せ屈伸する
30	エビ反り	sleep	腹ばいになって四脚を上げる
31	おどり	sit	両前脚を上下左右に動かす
32	臭いをかく	stand	前屈みになり臭いを嗅ぐしぐさをする
33	ほえる	sit	頭を動かしながら口をバクバクさせる
34	ストレッチロング	stand	後に重心を乗せ屈伸後，前に伸びる
35	しっぽ	sleep	尻尾と耳を動かす
36	クモ	stand	腹ばいになって四脚を上げ，耳と尻尾を動かす

基本姿勢がsitの場合，頭の動きがある方が「好ましさ」の評価の高いことがわかった。また6種類の部位の動きの有無によって「好ましさ」の評価に差があるかどうかを調べるため，差の検定を行った。結果（表5）から，頭・口・耳・尻尾の4部位については差が有意であることがわかった。さらに，頭の動きの上下と左右について分散分析を行った結果（表6），左右の動きの主効果と，左右・上下の交互作用が有意であった。左右・上下の好ましさの平均値（図3）から，頭は左右の動きが好まれ，特に上下には動かさずに左右だけに動かす場合が最も評価が高かったことがわかった。

表 2 各動作の評価の平均値

動作番号	動作名称	好ましさ	活発さ	生物らしさ	動作の長さ
1	ばたばた	3.94	4.19	3.00	3.13
2	手招き	3.35	2.47	2.12	2.47
3	手を振る座	4.41	3.29	3.00	3.53
4	バンザイ	3.13	3.06	2.75	2.81
5	おじぎ	3.71	1.82	2.82	2.06
6	顔を洗う	3.81	3.00	3.13	2.31
7	じゃれ付く	3.63	3.44	3.06	3.06
8	傾げる	3.69	3.06	3.44	3.13
9	水泳	3.60	4.00	2.70	3.45
10	キック	4.35	4.18	4.12	3.53
11	頭突き	3.82	2.82	3.06	2.29
12	死んだふり	4.12	4.06	2.47	3.65
13	バイバイ	3.59	3.12	2.24	3.00
14	ブルブル上下	3.35	3.25	3.50	2.90
15	お手	3.81	4.00	3.38	3.38
16	ブルブル左右	3.81	3.94	3.44	2.38
17	後足で顔をかく	4.38	3.06	4.06	3.06
18	穴を掘る	3.45	3.15	4.00	3.00
19	手を振る寝	4.13	2.63	3.19	1.94
20	ダンス 1	4.29	4.24	3.77	3.18
21	お手上げ	3.77	3.12	3.06	2.59
22	返事	3.95	3.30	3.50	2.40
23	砂かけ	3.38	3.44	3.88	2.88
24	ダンス 2	4.45	4.65	3.20	3.85
25	ダンス 3	3.88	3.25	3.25	3.94
26	阿波踊り	3.69	4.19	3.13	3.38
27	手を振る立	4.13	3.25	3.19	2.88
28	パタ足	3.75	4.06	2.94	3.38
29	ストレッチ	2.71	2.88	3.00	2.88
30	エビ反り	3.25	4.19	2.50	3.00
31	おどり	3.19	4.00	2.88	3.50
32	臭いをかぐ	3.71	2.59	3.35	3.41
33	ほえる	3.81	3.06	3.25	2.69
34	ストレッチ ロング	4.25	4.06	4.00	3.44
35	しっぽ	3.80	2.80	3.30	3.00
36	クモ	3.88	4.53	2.06	3.53

表 3 各評価間の相関係数と無相関の検定の結果

	好ましさ	活発さ	生物らしさ	動作の長さ
好ましさ	1.00			
活発さ	0.27	1.00		
生物らしさ	0.34*	0.03	1.00	
動作の長さ	0.22	0.65**	0.03	1.00

** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$

表 4 基本姿勢 (A) と頭の動き (B) の分散分析表

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
因子 A	1.82	2	0.91	1.02	0.3617
因子 B	10.40	1	10.40	11.63	0.0007**
AxB	18.21	2	9.11	10.18	0.0000**
誤差	541.90	606	0.89		
全体	572.33	611			

** : $p < 0.01$

図 2 基本姿勢と頭の動きごとの評価の平均値

表 5 差の検定の結果

	統計量 t	片側 P 値
頭の動き	3.3596	0.0004**
口の動き	2.9548	0.0016**
耳の動き	3.1925	0.0007**
尻尾の動き	3.3712	0.0004**
前脚の動き	1.5510	0.0607
後脚の動き	1.5903	0.0561

** : $p < 0.01$

表 6 頭の動きの分散分析表 (A : 上下, B : 左右)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
因子 A	0.47	1	0.47	0.53	0.4771
因子 B	23.02	1	23.017	25.85	0.0000**
AxB	7.501	1	7.501	8.42	0.0038**
誤差	541.34	608	0.89		
全体	572.33	611			

** : $p < 0.01$

図 3 頭の動きごとの評価の平均値

3. 考 察

AIBO の動作の評価アンケートの分析結果から、以下が推察できる。

- 生物らしいと感じられた動きが好まれる。
- 座った姿勢の場合には、頭が動く方が好まれる。
- 頭・口・耳・尻尾は、動く方が好まれる。特に頭の動きについては、上下より左右が好まれ、左右の動きのみの場合が最も好まれる。

実際、「好ましさ」の評価の高かった動作では、「生物らしさ」の評価点も高く、頭を動かす動作が多かった。しかし「好ましさ」の評価の高かった動作の中には「生物らしさ」「活発さ」「動作の長さ」のいずれも評価のあまり高くない動作（「手を振る寝」「手を振る立」）もあり、「好ましさ」の評価には「かわいらしさ」など別の感性ワードとの関連を探る必要性のあることも示唆された。

4. ま と め

AIBO の使用者のそのとき心理状態を反映して最適な動作を行わせるために、使用者の脳波を測定してリアルタイムに AIBO の動作を制御するシステムを開発した [7] が、そこで行わせる動作については評価を行っていなかった。そこで、新しく動作を作成し、アンケートによる評価を実施した。

5 段階評価による「好ましさ」「動作の活発さ」「生物らしさ」「動作時間の長さ」の評価の結果、「好ましさ」の評価の高い動作を抽出することができた。また「好ましさ」は他の 3 項目と正の相関があり、特に「生物らしさ」との間の相関は有意であることがわかった。さらに基本姿勢が sit の場合頭の動きが有効であること、頭・口・耳・尻尾は動く方が好まれること、特に頭の左右の動きが好まれることもわかった。

これらの結果は、さらに新たな動作を追加作成する際に反映された。また今回作成した動作および追加作成した動作は、さらなる評価の上、上記システムに組み込み、システムの改善に活用した [10]。

一方、「好ましさ」の評価の高かった動作の中には「生物らしさ」「活発さ」「動作の長さ」のいずれも評価のあまり高くない動作もあったことから、「好ましさ」と「かわいらしさ」など別の感性ワードとの関連を探る必要性も示唆された。これに関しては、今後検討したいと考えている。

AIBO は、既に 2006 年 3 月に製造を中止してしまったロボットである。しかし本研究は、AIBO の動作に対する人間の感性の一端を明らかにするものであり、ここで得られた結果や今後得られる結果は、現存するあるいは今後開発されるペットロボットや介護支援ロボットなど人間の生活圏に存在するロボットにも適用可能であり、また参考になるものと推察される。

参 考 文 献

- [1] 本田技研工業：ASIMO SPECIAL SITE.
<http://www.honda.co.jp/ASIMO/>, 2007
- [2] ソニーマーケティング：AIBO Official Site.
<http://www.jp.aibo.com/>, 2007
- [3] Fujita, M.: On activating human communication with pet-type robot AIBO, Proceedings of the IEEE, 92, 11, pp.1804-1813, 2004

- [4] 柴田崇徳：人の心を癒すメンタルコミットロボット, 日本ロボット学会誌, 17, 7, pp.943-946, 1999
- [5] 大倉典子, 荒巻孝輔, 中村康明, 中山記男：癒し系ロボット開発コンセプトの感性解析, 感性工学研究論文集, 4, 2, pp.51-58, 2004
- [6] Ohkubo, E. et al.: Studies on necessary condition of companion robot in the RAA application, Proceedings of the 4th IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA2003), the IEEE, pp.102-106, 2003
- [7] Ohkura, M, Oishi, M.: An Alpha-wave-based Motion Control System for a Mechanical Pet, *Kansei International*, 6, 2, pp.29-34, 2006
- [8] 斎藤正宣, 成瀬継太郎, 嘉数侑昇：統計的手法を用いた AIBO の動作と印象の関係の解析, 電子情報通信学会信学技報, 103, 166, pp.23-28, 2003
- [9] 長町三生：感性工学のおはなし, 日本規格協会, 1995
- [10] Ohkura, M., Takano, W.: An Alpha-wave-based motion control system of a mechanical pet for mental commitment, Proceedings of 2007 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2007), 2007

大倉 典子 (正会員)

1976 年 3 月東京大学工学部計数工学科卒業。
1978 年 3 月同大学大学院工学系研究科修士課程修了。(株)日立製作所中央研究所等を経て(この間 1995 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了), 1999 年より芝浦工業大学工学部教授。インタラクティブシステムや感性情報処理等の研究に従事。博士(工学)。

新井 裕貴 (非会員)

2007 年 3 月芝浦工業大学工学部情報工学科卒業。同年 4 月住商情報システム株式会社に入社。ビジネス開発事業部門 Curl 事業部 Curl システム開発部にて, Curl 言語を用いた Web システム開発業務に従事。在学中, ペットロボットを用いたバイオフィードバックシステムの研究に従事。

高野 航 (非会員)

2005 年 3 月芝浦工業大学工学部情報工学科卒業。2007 年 3 月同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年 4 月ジェイアール東日本情報システム株式会社に入社。鉄道ソリューション部 COSMOS 変電 PJ で新幹線変電所制御監視システムの開発に従事。在学中, ペットロボットを用いたバイオフィードバックシステムの研究に従事。