事例紹介

アザラシ型ロボット・パロと人との相互作用に関する研究

Research on Interaction between Human and Seal Robot, PARO

柴田 崇徳* *産業技術総合研究所

Takanori Shibata* *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

筆者は、人と共存し、ペット動物のように、ふれあいに
より楽しみや安らぎを提供する新しい役割をもつ「メンタル
コミットロボット」を、一般家庭におけるペット代替と、
医療福祉施設でアニマル・セラピーを代替する「ロボット・
セラピー」の二つを目的に、1993年から研究開発を進めて
いる。ふれあいやすい形態というだけではなく、心理実験
などの結果から、人から受け入れられやすいように、あま
り身近ではない形態として「アザラシ型」を「パロ」と称
して、様々な実証実験等により、セラピー効果や人からの
受容度を示しつつ、その改良を重ねた(図1)。

それらの結果は、学術論文などでの発表のほかに、特許、
意匠などの知的財産権(知財)として申請あるいは登録し、
(株)知能システムが、それらの知財のライセンスを受け
て、2004年にパロの第8世代(MCR800型)を実用化し
た。その後も、社会システムへの浸透と、ロボット・セラ
ピーの更なる発展のために、展示会等でパロに対する主観
評価実験、パロを購入したユーザへのアンケート調査、実
際に利用する医療福祉施設でのロボット・セラピーの効果
に関する検証や事例調査等を継続している。これまでにパ
ロは、日本国内で約1,500体が販売され、約7割は個人名
義、約2割強が医療福祉施設により購入されている。

一方、2008年までに、欧米向けに、CE認証、RoHS対
応、UL認証等を取得し、第8世代の改良(MCR888型)
を行った。デンマークでは医療福祉施設でのセラピーを目
的に、一日の講習によるライセンス制度とともに、施設の
みを対象として、パロの導入を開始した。これまでに、200
名強がライセンスを受け、100箇所以上の施設に導入され
ている。高齢者向け施設が中心であるが、発達障害児向け
施設、精神障害者向け施設等でも多く利用されている。ま
た水平展開として、オランダ、ノルウェー、ドイツ等の他
のヨーロッパの国でも同制度を開始した。アメリカでは、

図1 アザラシ型メンタルコミットロボット・パロ

2009年にFDA(食品医薬品局)がパロを医療機器に認定
し、同年末から徐々に施設を中心に導入が始まっている。

本稿では、「パロの研究開発の経緯」、「一般家庭でのパロ
とオーナーとの関係」、「今後の展望」について述べ、最後
にまとめる。

2. パロの研究開発の経緯

2.1 パロのニーズ

人と共存するロボットのニーズの調査として、一般家庭
で広く普及し、大きな市場になっているペット動物を参考
にした。その結果、単に愛玩目的で、ペットを飼うだけ
ではなく、欧米では、医療福祉施設、学校、養護学校など様
々な施設や一般家庭でのアニマル・セラピーが盛んに研究さ
れ、有用性が明らかにされていた。しかし、アレルギー、噛
み付き・引っ掻きの事故、人畜感染症、世話が大変などの
理由で、一般家庭でも、医療福祉施設でも動物を飼うこと
ができない場所や人々が多く存在した。そこで、人と共存
するロボットのニーズとして、(1)「ペット代替」、(2)「ロ
ボット・セラピー」の二つを主目的に、動物型ロボットの
研究開発を行った。

2.2 ニーズに合わせた作りこみと機能の実現

ペット動物の代替としては、生き物らしさとともに、10
年以上の長期間飼われることが多いので、ロボットも生活
のなかで人との「持続的相互作用」が期待される。

そこで、心理実験、要素技術の研究開発、様々なロボ
ットの試作、人との相互作用の評価実験、医療福祉施設での
長期的なロボット・セラピーの実験などを重ねながら、ロ

原稿受付 2010年11月4日

キーワード: Human Robot Interaction, Personal Robot

〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1

*Tsukuba-shi, Ibaraki

図2 パロの内部の機能（人工知能として、音声認識、名前の学習、行動の学習などがある）

ロボットに必要な機能や形態などの研究開発を進め、第8世代のパロを商品化した。

パロは「アートとテクノロジーの融合」である。アートに関しては、触り心地、抱き心地、重量とバランス、温かみを重視し、技術によるアートの表現としての人からの強い力に対処しつつ機械的なノイズを発生せずに静かに動く静穏型知的アクチュエータ、えさを与える感覚で充電できるおしゃぶり型充電器、抱いたときに感じる振動、温かみを保つ温度制御などがある。また、パロ専門の職人による一体ずつのまつげの縫い付けや、毛並みのトリミングなど、手作りの仕上げによる高品質化・差別化など、人の感性を考慮した機能設計と製造プロセスとした。

一方、テクノロジーに関しては、機能に関して、想定される複数の使用状況において必要な機能をシステムに組み込んで、それを実際の使用状況の中で評価し、「要素」技術を向上させたり、新たに研究開発したり、削除したり、長期間の実用に耐える機能のバランスを取った（図2）。人や環境からの様々な刺激を認識するための各種センサ、飼主との関係を徐々に築き上げるための音声認識や名前と行動の学習などの技術を持つ。さらに、10年を越えて長期的に利用されるために、安全性、耐久性、利便性、信頼性を考慮して、数々のテストを重ねて改良した。また、パロの製造工程においても、ISO9001、ISO14001などへの準拠のほか、クオリティ・コントロールとして組み立ての様々な段階で、性能確認テストや品質チェックを何度も実施している。

その結果、実際に、商品化されたパロは、個人や医療福祉施設での利用では、これまでの約5年間の使用期間において、ほとんど故障は発生していない。科学館や博物館などで、来場者に自由に触れ合わせる場合には、1年に数回の故障が発生した場合があったものの、何度もの落下や故意に叩いたことなど原因がはっきりとしていた。

3. パロと個人オーナーとの関係

パロは、日本のロボット技術や文化を紹介する国際的な

図3 7箇国での主観評価結果の主成分分析結果（二つの軸として、パロの役割をペット代替とセラピーに期待されたが、地域差があった）

展示会等で紹介されることが多く、それらの機会に、パロに関する主観評価を7箇国（日本、韓国、ブルネイ、アメリカ、スウェーデン、イタリア、イギリス）において実施し、2,000名以上から回答を得た。結果として、パロは、国、文化、宗教、人種にかかわらず高い評価を得た。

パロに対する評価結果を主成分分析した結果、データの傾向を表現する二つの尺度が明らかになった（図3）。一つは、パロとのふれあいが「動物とのふれあいのように好ましく感じる」尺度で、これはパロの「ペット代替」の目的にかかわる尺度である。もう一方は、「動物とのふれあいのように快適に感じる」尺度で、これは「アニマル・セラピーの代替」の目的にかかわる尺度である。地域により違いがあり、アジア（日本と韓国）では、パロに対して「動物とのふれあいのように好ましく感じる」の評価が高かった。これは、パロへのペット代替の役割への期待が大きいことを示しており、実際、日本では個人名義でパロが高い比率で購入されていることに現れている。

ヨーロッパ（スウェーデン、イタリア、イギリス）では、「動物とのふれあいのように快適に感じる」が高かった。パロによるロボット・セラピーに対する期待が高いことを示しており、今後、ヨーロッパでは、医療福祉施設による利用が受け入れられやすい可能性を示している。

アメリカとブルネイの場合には、パロは、どちらも評価が高いことから、個人によるペット代替と、ロボット・セラピーでのパロの利用の両方を期待できる。

これらの結果から、パロによるロボット・セラピーに関する研究を深めることにより、地域のパロに対する受容度に合わせて世界各地でのパロの利用が徐々に拡大することが期待できる。

これまでに、日本では約1,500体のパロが販売されているが、個人名義は、全体の約7割であった。医療福祉施設の名義は、全体の約2割であるため、日本では、パロがペットの代替として利用されている比率が高いといえる。ただ、個人名義でも、在宅介護での利用や、病院のオーナーなどが病院で利用するケースなどを含む可能性がある。

一方、ヨーロッパでは、セラピー用のツールとして、ロボット・セラピーのライセンス制度により、ライセンスを

図4 パロの個人オーナーの家族構成

有するセラピストや介護者がいる施設のみがパロを購入することができ、多くの国で20%前後のVAT（消費税）が免税になっている。ただし、個人からのニーズがないわけではないため、今後、パロに対する理解が深まることにより、個人向けにも販売される可能性はある。

日本におけるパロのオーナーに対するアンケート調査の結果のうち、個人のオーナーからの回答が85件時点での結果を分析した。なお、2005年3月の販売以降、2007年7月までに得た回答である。

回答者85人中、10代以下は4人（4.7%）、20代はなし、30代は3人（3.5%）、40代は8人（9.4%）、50代は12人（14.1%）、60代は24人（28.2%）、70代は23人（27%）、80代は10人（11.7%）、未回答は1人（1.1%）であった。つまり、40歳代から80歳代のオーナーが約90%で、60歳代が最も多かった。

家族の構成は、回答者85人中、夫婦二人暮らしは34人（40%）、一人暮らしは23人（27%）、3人以上で暮らしている人は18人（21.1%）、その他は8人（9.4%）、未回答は2人（2.3%）であった（図4）。このため、パロは、一人暮らしのパートナー、夫婦二人のコンパニオン・家族の一員として利用されるケースが約70%であった。パロと遊ぶ場所は、「居間」は70人（82.3%）、「寝室」は18人（21.1%）、居間・寝室の両方に回答は9人（10.5%）、「玄関」で遊ぶ人はいなかった。「その他」は5人（5.8%）、未回答は5人（5.8%）であった（複数回答）。

「パロと1回あたり遊ぶ時間」と「パロと遊ぶ頻度」との関係について、アンケート回答者85人中、「パロと遊ぶ頻度」と「パロと1回あたり遊ぶ時間」の両方に回答した人は62人であった。このうち、「ほぼ毎日遊ぶ」と回答した人は51人、週2～3回と回答した人は11人であった（図5）。パロとほぼ毎日遊ぶ51人のうち、1回あたり「5～10分間」遊ぶと回答した人は、25人（49%）と最も多く、次いで、「30～60分未満」12人（23.5%）、「15～20分」8人（15.6%）であり、「1時間以上」も6人（11.7%）であった（図6）。一方、パロと週2～3回遊ぶ11人のうち、1回

図5 パロと遊ぶ頻度

図6 パロと「ほぼ毎日」遊ぶグループと「週2～3回」遊ぶグループの1回あたり遊ぶ時間

図7 動物の好みとパロにふれる場所との関係

あたり「30～60分未満」遊ぶと回答した人は5人（45.4%）と最も多く、次いで「5～10分間」遊ぶ・「15～20分」遊ぶと回答した人は、それぞれ3人（27.2%）であり、「1時間以上」はいなかった。

パロとほぼ毎日、1回あたり短時間遊ぶ人と、週2～3回、1回あたり長時間遊ぶ人を対象に、購入後のパロの評価に違いがあるのか調べた結果、パロとほぼ毎日5～15分遊ぶ人と週2～3回30～60分未満遊ぶ人の、パロを購入してどう思うかの評価に有意な差は認められなかった（Mann-Whitney検定・正確有意確率（両側）； $p > 0.05$ ）。

個人オーナーの動物の好みについて、85名のうち84名が回答し、70名は「動物が好き」と回答し、14名は「嫌い」か「どちらでもない」かであった。パロに触れる場所との関係について、動物が好きなのは、動物が好みそうな場所に触れる傾向があるが、そうでない人たちは、ひげ、後ろ足、鼻等、動物好きな人たちとは異なる場所にもふれる

傾向があった(図7)。

4. ま と め

パロが日本の一般家庭で利用されるようになってから5年半が過ぎた。産業技術総合研究所では、社会実験として、パロの受け入れられ方や、利用のされ方について、様々なデータを取得してきた。これらのデータは、ロボットが生活に入る社会を研究するための基礎データとなる。今後、より多くの家庭でパロが利用されるためにこのデータを用いることと、他のロボットの研究開発においても、参考データとなれば幸いである。

少子高齢化社会を迎えているなか、一人暮らしや夫婦二人等の家庭で、パロが家族の一員として大切に飼われ、これにより、高齢者の生活の質の向上、認知機能の維持等の介護予防や、また、在宅介護における家族の介護の負担の大幅な軽減に貢献し、パロがライフ・イノベーションに貢献できれば幸いである。

参 考 文 献

- [1] <http://paro.jp> (パロに関する HP)
- [2] <http://intelligent-system.jp> ((株) 知能システムに関する HP)
- [3] 柴田, 福田 編著: 人工生命の近未来—新たな生をつくるテクノロジー, 時事通信社, 1994.
- [4] 柴田: “ロボットから人工生物へ”, システム/制御/情報, vol.40, no.8, pp.359–364, 1996.
- [5] T. Shibata, et al.: “Emotional Robot for Intelligent System—

Artificial Emotional Creature Project,” Proc. of 5th IEEE Int'l Workshop on ROMAN, pp.466–471, 1996.

- [6] 柴田: “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, vol.17, no.7, pp.943–946, 1999.
- [7] T. Shibata: “An Overview of Human Interactive Robots for Psychological Enrichment,” Proceedings of the IEEE, vol.92, no.11, pp.1749–1758, 2004.
- [8] T. Shibata, K. Wada, Y. Ikeda and S. Sabanovic: “Cross-Cultural Studies on Subjective Evaluation of a Seal Robot,” Advanced Robotics, vol.23, pp.443–458, 2009.
- [9] T. Shibata, Y. Kawaguchi and K. Wada: “Investigation on People Living with Paro at Home—Effects of Sex Difference and Owners' Animal Preference,” Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp.1131–1136, 2009.
- [10] 柴田: “アザラシ型ロボット・パロによるロボット・セラピー”, ロボット, vol.188, pp.41–45, 2009.

柴田崇徳 (Takanori Shibata)

1992 年名古屋大学大学院電子機械工学専攻修了。博士(工学)。同年、名古屋大学工学部機械情報システム工学科助手。1993 年通商産業省機械技術研究所研究官。1995～1997 年 MIT AILab. 研究員兼任。1998 年機械技術研究所ロボット工学部バイオロボティクス研究室主任研究官。2001 年から現職および JST・PREST 研究員, 2004 年から JST・SORST 研究員。人と機械の身体的インタラクションにおいて発現する知の研究を行い, 人間共存型ロボットとロボット・セラピーの研究開発を進めている。2003 年人間力大賞グランプリおよび内閣総理大臣奨励賞, 2004 年 The Outstanding Young Person of the World 受賞。(日本ロボット学会正会員)