感情をもったペット型ロボット

田島 年浩[†]

我々，“人に優しい機械”の実現を目指して、ヒューマンインタフェース技術と、機械が自律的に判断し、行動できる知能化技術に取り組んでいる。機械がこのような技術を備えることで、人が機械と自然にコミュニケーションし、互いを理解できるようになり、機械の新しいパラダイムを築くことに繋がる。機械が人を理解し、機械自身の意図を表現する典型的でわかりやすい応用例として、ペット型ロボットを開発したので紹介する。

キーワード：ペットロボット、人工生命、感情モデル、インタラクションヒューマンインタフェース

1. ま え が き

近年、技術の発展に伴って、産業分野のみならず我々の日常生活でも多くの機械や電子機器が扱われるようになってきた。産業分野で扱われる機械は、精度や速度・再現性など物理的な性能が重視され、生産性や効率性が追求される。そのため、操作が複雑であっても、扱い方を学んだり熟練者を育成することで対処することが許される。しかし、日常生活で使われる機械は、本来求められる機能や性能を満足するだけではなく、誰もが簡単に扱えるということが求められる。すなわち，“人に優しい機械”の実現が必要であり、機械がもっと人間に歩み寄ることが機械のさらなる発展につながる。そのためには、人と機械が自然にコミュニケーションできることで互いを理解し、機械自身が自律的に判断し行動できることが重要になる。我々は、このような機械を目指して、ヒューマンインタフェース技術に取り組んでいる。特に、現実空間の中で身体性をもつことの重要性に焦点をあて、人と機械が物理的にインタラクションできるリアルな世界を対象としている。そのスタートとして、機械が人を理解し機械の意図を表出する典型的でわかりやすい例として、ペット型ロボットの開発を行っている¹⁾²⁾。

本ロボットの狙い、概要と機能、および一般ユーザの評価結果について紹介する。

2. ロボットの狙い

ペット型ロボットは、産業用ロボットとは異なり、その行動や機能が人にどのような心理的影響や効果をもたらすかということが重要である。我々のロボットは、最近の孤

独社会やストレス社会などの現象から，“やすらぎや安心感を提供し、心の癒しに繋がるロボット”をコンセプトとしている。

最近、人と動物ペットとの関係が注目されている。ペットを飼う人が年々増え続けているが、これは人が精神的充足をペットに求めているためであると分析される。また、精神医学の世界では、動物と接触したり、生活を共にすることが心理的・生理的効果をもたらしていると報告されている³⁾。また、心理学においても、接触やコミュニケーションの行動が情緒的に結びつきたいとの欲求状態、すなわち“愛着”行動であるといわれている⁴⁾。このようなことをモデルとして、我々は、動物のペットのように触れ合い、コミュニケーションを繰り返すことで、だんだん愛着を感じ、感情移入できるロボットの実現を目指す。それ

お座り

手招き

伏せ

居眠り

図 1 行動表現

[†] オムロン株式会社 技術本部 IT 研究所 ヒューマンメディア推進グループ

“Interactive Pet Robot with Emotion” by Toshihiro Tashima (Information Technology Research Center, Human Media Promotion Group, OMRON Corporation, Kyoto)

図 2 人とロボットのインタラクション

は、生活に潤いを与えてくれるパートナーとなり、やがてやすらぎや安心感という精神的価値を提供できるロボットになるであろうと考える。

3. 人とロボットのインタラクション

我々が目指すロボットには、人の感性に迫る2つの重要な要素を備えていなければならない。それは、誰もが容易に受け入れられることと、自然にコミュニケーションできることである。そのためには、我々が日常見慣れており、コミュニケーションの方法を知っているものを対象とすることが第一段階としては有効と考えた。身近にいる存在で日常見慣れている、そして、心地良い触感をもち触れ合える対象として、猫をモデルとし、その外観やしぐさ、習性を参考にしていく。

次に、単純な動きを繰り返す玩具は、最初は楽しめるが、だんだん飽きてきて、そのうち相手にしなくなる。しかし、動物のペットは、最初はうまくコミュニケーションとれなくても、いっしょに生活する中でお互いを理解し、愛着が湧き、特別な信頼関係が生まれ生活のパートナーになっていく。そのような存在になることで、はじめて人に精神的価値を提供できる。コミュニケーションによって相互作用する、いわゆる人とロボットがインタラクションできるということが不可欠であり、インタラクションを繰り返すことで互いを理解・共感し、感情移入できる。この人と動物ペットとの関係をモデルとして、我々が目指すインタラクションのイメージを図2に示す。

4. ロボットの概要と機能

4.1 ロボットの概要

ロボットは、ボディや頭部に触覚・聴覚・姿勢センサを備え、左右各2自由度で動く前脚、上下左右の2自由度で動く首、左右に1自由度で動く尻尾、開閉する瞼の合計8自由度の駆動部をもつ。

そして、人の行為や周囲の環境を認識する認識機能、認識結果に基づいて自分の感情が変化したり、体内の生理的

図 3 ロボットの構造

なリズムに基づいて欲求が現れる感情生成する機能、感情や欲求を体の動きや鳴き声で表現するための行動生成機能で構成される。

これらの機能・構造によって、次のような特長的な動作を実現している。

反射的動作：突発的な刺激に対して、即座に反応する。大きな音がするとびっくりしたり、いやな刺激からは回避しようとする、動物の無意識的行動を実現するもので、動物の本能的動作である。

感情的動作：動物の行動は、多くの場合感情によって決定される。これを実現するために、外部から受ける刺激によって、内部で感情を生成し、その感情によって行動を決定するしくみを作っている。特に、動物行動学で研究されている猫の習性を取り入れている。

欲求行動：動物の生理を表現するために、1日の生理リズムを作り、眠りたいや甘えたいなどの欲求を自発的に表出する。この生理リズムは、人や環境とのインタラクションから変化し、飼い主や周囲の状況に適応していく。

長期記憶：刺激と感情を関連付けて学習し、快適な刺激は自ずから求め、不快な刺激は回避するよう振る舞う。

主人の推定：音声認識機能を備え、あらかじめユーザが名前を登録しておく、名前が呼ばれたかが認識できる。この名前を認識できることで、自分の飼い主が近くにいることが推定でき、特別な反応をするようになる。

触れ合い：撫でられたり、叩かれたり、抱かれたりなど人から接触行為を認識できる。触れ合いができることが身体性をもつ最も大きな価値である。

上記の動作を実現するために、次の認識センシング機能、人工知能をベースとした感情生成機構、行動生成機能を搭載している。

4.2 認識センシング機能

触覚センシング：触覚センサとして、頭、顎、背中などに圧力センサなどを内蔵する。それぞれのセンサの入力信号から特徴量を演算し、ファジィ推論により「たたく」「なでる」「さわる」という行為の識別と適合度を算出す

る。これらの行為は人の感情に基づく行為と解釈でき、ロボット自身の感情を変化する要因となる。

聴覚センシング：複数のマイクロフォンを頭部に内蔵し、音の大きさ・音源の方向認識・音声認識を行うことができる。音の大きさの情報により、急に大きな音がするとびっくりするなど反射的な行動を起こしたり、物体が接近してきたなど周囲の状況を認識する。音源の方向認識は、物音のする方向を向いたり、話かける人の方向を向いて瞬きするなど、生き物らしい振る舞い可能とする。音声認識は特定話者認識であり、あらかじめ登録した言葉を認識できる。主人が名前を登録し、そのことばに特別な反応動作をすることで、主人との特別な関係を築くことができる。

姿勢センシング：本ロボットの胴体内部に、3次元の加速度センサを内蔵し、そのセンサ信号から自分の姿勢(傾きと揺れ)を認識する。逆さにされたり揺れ動かされている状態では、不快な感情を示し、抱かれている状態では満足度が増すなどのように、感情変化要因となる。

4.3 感情生成機構

感情モデルは、認知的評価理論という心理学理論に基づいて構築したモデルで、MaCモデル(Mind and Consciousness model: 心と意識)と呼んでいる⁵⁾⁶⁾。

認識センサで得た情報を基に周囲の状況や人の意図・感情を認識し、その結果から感情が変化し、その感情に基づいて行動することを特徴とする。感情モデルの処理構造は、反射的動作を生成する反射的処理階層と、感情や欲求を生成する熟考的処理階層の階層構造で構成される。

反射的処理階層：反射的処理階層では、反射的動作の生成を行う。刺激一動作の単純な要素行動の関係を複数用意し、刺激に応じて多様な動作を実現するサブサンクションアーキテクチャで実現している。例えば、頭や顎・頬に触られたりするとそれを避けるように反対側に顔を動かしたり、急に大きな音がすると瞬きをして周囲をキョロキョロするなどの動作を行う。

熟考的処理階層：熟考的処理階層では、感情を生成する

機能、欲求を生成する機能、刺激を学習する長期記憶機能を有する。

感情を生成する機能では、センサで認識された刺激に基づいて人の行為や周囲の状況を記述し、その状況と自分の欲求など内部状態に応じて感情が変化していく。ここで扱う感情は、「満足」「怒り」「不安」「恐怖」「嫌悪」「驚き」の6種類の要素をもち、それぞれ多値レベルで表される。これらの感情は受ける刺激によって変化し、また時間経過とともに変化していく。したがって、インタラクションを繰り返すことで感情が変化し、感情レベルの蓄積によって性格が形成されていく。例えば、叩かれながら成長した場合には怒りやすい性格を、よく撫でられて成長した場合には優しい性格が形成され、飼い主の飼い方次第で性格が変化していく。

欲求を生成する機能では、「撫でてもらいたい」「抱かれない」「眠い」などの欲求が生成される。これは生物にとっての生得的目標であり、動物の生理的なリズムとして生成される。例えば夜になると「眠い」という欲求が表れ眠りやすくなる。このリズムは、周囲状況やユーザとのインタラクションに応じて変化する。いつも夕方に飼い主に抱かれたり撫でられたりしているとだんだんリズムが変化し、夕方になると自分から「撫でてもらいたい」などを要求を発するようになり、飼い主の生活リズムに適応変化していく。

刺激の学習機能では、認識された刺激とそれによって発生した感情との因果関係を、快適な刺激/不快な刺激と識別して記憶する。記憶した後、同じ刺激がくると、記憶した因果関係の情報に基づいて快適な刺激か不快な刺激か判断し、欲求や感情が変化する。例えば快適な刺激については、ますます要求するようになり、不快な刺激を多く受けると嫌悪や怒りが出やすくなり、行動が変わってくる。

熟考的動作はトップダウン的な処理であり、一方、反射的動作はボトムアップ的な処理である。これらを階層構造で統合することで生き物らしい自然な振る舞いを実現する。

4.4 行動生成機能

ペット型ロボットは、変化する状況の中でいかに生き物らしい動作を実現し、その柔軟性や感情表出をいかに行うかが重要である。動物行動学によると動物の動作は心理に密接に関連しているとされ、本ロボットでは、猫の動物行動学の研究をもとに、感情モデルで生成される感情を動作に関連づけ、その動作を行動計画部と行動生成部の階層構造によって生成する。

行動計画：感情や欲求の種類に応じた動作の形と、その遷移パターンを行動遷移ネットワークで表現する。動作の基本ポーズとしては、居眠り、伏せ、お座り、抱かれるの状态があり、基本ポーズに対する動きの派生として、周囲を見回す、顔を洗う、姿勢を直すなどのしぐさがある。これらの行動遷移は、現在のポーズと感情や欲求によって決

図4 MaCモデルの構造

図 5 MaC モデルの機能ブロック図

定される。決定された行動の形を行動生成部に出力する。

行動生成：行動生成部では、行動計画で決定された行動の形に従って動作を行えるよう、各モータの目標軌道を生成する。この時、感情の強さやその変化に応じて動きを変化させ、感情を表現する。例えば、急に驚くとすばやく動き、気分が落ち着くとゆっくり動く、いらいらした気分が高まると何度も顔を洗うなど、同一の行動の形であっても感情の状態によって動きが変化し、動きのバリエーションが増えることで生き物感を出している。

また、行動生成部では、反射的動作と熟考的動作の調整を行う。あらかじめ反射的動作と熟考的動作の優先順位づけを行っているが、反射的動作に繋がる刺激の強度や、現在の感情の強度により優先順位は変更される。このように固定ではなく状況に応じて動きが決定されることが、生き物らしい行動表現に繋がる。

5. 一般ユーザ評価

ペット型ロボットは、人にどのような心理的影響を与えるかが重要であるため、今回開発した試作品を使って、ユーザの評価を行ってみた。対象は、動物やぬいぐるみ好きの20歳代～60歳代の女性88人を対象にし、一人一人自由に20、30分、猫ロボットとインタラクションをした後、アンケートで意見を問う方法で行った。その結果の一部を紹介する。

図6は、インタラクション前の第一印象で可愛いかどうかという問いに対する結果と、インタラクション後さらに同じ質問に対する結果を示している。第一印象では66%が、インタラクション後は74%が、可愛いおよび、どちらかといえば可愛いと評価した。インタラクションすることによって、ユーザの43%は評価が変化した。インタラクションすることによってロボットにより好感をもったユーザの理由は、本物のように反応してくれる、触っていくうちに愛着を感じる、飽きずに遊べる、かまってあげたいなどであり、特に反応と動きによって印象が良くなったことを示している。逆に、印象が悪くなった主な理由は、手触りが良くない、体が硬い、モータ音がうるさい、鳴き声がかわい

Q：可愛いと感じるか？

図 6 インタラクション前後の評価

図 7 親しみを感ずるか

図 8 感情をもっているように見えるか

図 9 生き物らしさを感じるか

くない、口が開かないなど、本物との比較による機構的な完成度の低さが要因である。ただ、コメントには、反応が本物みたい、生きているみたいなどの意見が多く、インタ

ラクション自体によるマイナス評価ではない。

その他、インタラクション後の印象として、親しみを感
じるか(図7)、感情を持っているように感じるか(図8)、
生き物らしさを感じるか(図9)の質問に対しては、それぞ
れ67%, 64%, 57%が、感じる、およびどちらかといえば
感じると答えている。また、猫が大嫌い、デザインが良く
ないと第一印象で感じた人は、ほとんどインタラクション
をしなかった。評価結果に対しては、ユーザ個々の主観的
基準であるため、総括はできないが、機械であるにもか
かわらず、動物ペットのように受け入れ、コミュニケーション
するユーザも多く、ロボットの狙いも受け入れられる可
能性がある結果を得た。また、今回は20, 30分程度の時
間であったが、今後はもっと長い時間にわたる実験が必要
である。

6. む す び

人と機械のインタラクションの研究において、リアルな
世界で物理的接触ができ、感情表現するペット型ロボット
の第一弾を試作した。ユーザ評価の状況から、ユーザに受
け入れられる感性要素を取り込んだデザインと、人と機械
が自然にコミュニケーションできるようなヒューマンイン
タフェース、機械が生き物のように自律性をもっているこ

とが、今後の人と機械の共生に必要な要素であることがわ
かってきた。今後、さらに反応や表現の多様性を増すため
に、視覚などのセンシング技術や、自由度を増やし動作の
バリエーションを増すこと、さらに飼い主や環境に適応す
る能力など、まだまだ課題は多い。(2000年5月10日受付)

〔文 献〕

- 1) 田島年浩, 齊藤幸弘, 大角雅治, 工藤敏巳, 柴田崇徳: “感情をもったイン
タラクティブ・ペットロボット”, 第16回日本ロボット学会学術講演会
予稿集, Vol. 1, pp. 11-12 (1998)
- 2) 柴田崇徳, 田島年浩, 谷江和雄: “人とロボットの身体的インタラクショ
ンにおける情緒的解釈”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス
講演会 '99 講演論文集, 2P2-79-102 (1)
- 3) 横山章光: “アニマルセラピーとは何か”, 日本放送協会 (1996)
- 4) 渋谷昌三: “心理操作ができる本”, p. 118, 三笠書房 (1996)
- 5) H. Ushida, Y. Hirayama, and H. Nakajima: “Emotion Model for
Life-like Agent and Its Evaluation”, Proc. of AAAI '98, pp. 62-69
(1998)
- 6) 牛田博英, 中嶋宏, 平山裕司: “感情推論モデルの実装と評価”, OMRON
TECHNICS, 38, 3, pp. 79-85 (1998)

た じ ま と し ひ ろ
田島 年浩 1984年, 同志社大学工学部電子工学科
卒業。同年, オムロン(株)入社。センシング技術, ファ
ジィ工学, 制御工学に従事。現在, 技術本部 IT 研究所
ファジィヒューマンメディア研究室主査, 主にペット型
ロボットのプロジェクトリーダー。