## 実用技術紹介

# エンターテインメントロボット AIBO の開発

藤田 雅博\* 景山 浩二\* 大槻 正 天貝佐登史\* 土井 利忠\* (\*ソニー(株))

### 1. はじめに

役に立つ家庭用自律型ロボットの実用化を妨げる大きな要因に、安全性や信頼性の問題がある。我々はエンターテインメントという応用に視点を変えることでこれらの問題点を克服し、実世界で触れることに注目した新しいエンターテインメントの方向、新しいロボティクスの応用として"ロボットエンターテインメント"を提案している。1997年に小型4脚型ロボットの試作機を発表し[1]、1999年にAIBO ERS-110として商品化をした(図1)。

25 万円という家庭用商品としては高額なものにかかわらず、3,000 体(日本)に対してインターネットからのみの注文を約20分で完了するという支持を受けた.このAIBO発表の後、玩具ロボットとして多種のペット型ロボットが登場し、さらにいわゆるホームロボット分野の研究開発の発表が各企業から相次いでなされた. AIBO の商品化が社会に対して、人間と共存するロボットの可能性を示し、大きなインパクトを与えたことを示している.

### 2. 主な技術内容

### 2. 1 OPEN-R

ロボットエンターテインメントは単に4足のペット型ロボットの応用を指すわけではなく、様々な応用、様々な形

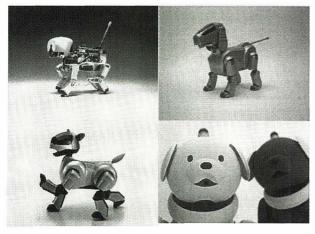


図 I 左上, 試作機(1997年), 右上, ERS-110, 左下, ERS-210, 右下, ERS-310 シリーズ

状のロボットの可能性を含んでいる。したがっていかに効率よくこのような多様な要求に答えられるかが設計としての重要な課題である。我々は、ハードウエアとソフトウエアの部品化を目標に OPEN-R というエンターテインメントロボット用のインターフェース、アーキテクチャ仕様を提案している。AIBO はこの OPEN-R に基づいて作られている [2].

OPEN-Rのハードウエアとしての特徴は手、足、頭などの交換にありそれは ERS-210 と ERS-220 に実現されている(図 2). ペット型や操縦型のアプリケーションや機能は、技術的には外形デザインとは独立に設計可能であるが、ユーザーあるいはロボットのアプリケーションを作る側に立つと、応用に適した外形デザイン、キャラクターに適したデザインがほしくなる. このような観点に立ち、ユーザーレベルで部首の交換のできるモデル ERS-200 シリーズを開発した. ERS-210 が主としてペット型、ERS-220 が主として操縦型の応用に使われることを想定している. もちろん、どちらでもペット型、操縦型の応用に用いることはできる.

OPEN-Rのソフトウエアとしての特徴はソフトウエアコンポーネント技術である。さらに機構系に依存するソフトウエア群と機構系に依存しない機構系群とに階層化され、機構系に依存しないソフトウエアは様々なモデルで共通して使える仕組みを持っている。AIBO用市販ソフトウエアは、電源投入時にロボット内に記憶されている情報を収集するようになっている。その情報によりシステムは、ロボットがどのような機構系か、どのようなセンサを持っているかを知ることができる。この情報収集により、その機構系に依存した適切なソフトウエアモジュールを選択し、機構系に依存しない共通のソフトウエアとともに起動する。

OPEN-Rは、"新しい産業を興すためには大勢の人々、例えば大学の研究者あるいは企業などを巻き込みながらすすめるべき"、という考えに基づく提案である。現在、Web上にOPEN-RのソフトウエアAPIの一部を公開し、

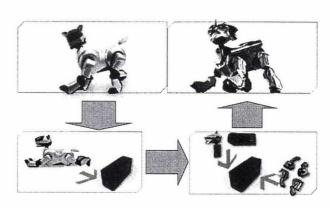


図2 AIBO ERS-210から ERS-220へ

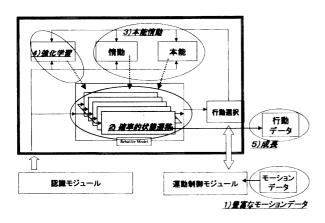


図3 行動制御アーキテクチャ

一般ユーザーでも AIBO のプログラミングができるようになった [4]. このオープン化は成長途上であるロボットエンターテインメントの一つの応用分野(プログラムする楽しみ)として、また、それによる技術の蓄積や再利用を目的としており今後の展開が期待される.

#### 2.2 デバイスと信号処理

AIBO の主たる外界センサの一つがカメラである。我々は、マルチチップモジュール技術を用いて安価で超小型、 薄型のカメラモジュールを実現した。また、画像の実時間 処理で問題となるのが計算能力である。組み込み型コンピュータの計算能力を考慮して、カスタム LSI にて色検出や 多重解像度のフィルタバンクが実装されている。これにより 実時間で色のついたボールを捜し、追従し、ボールを蹴るなどの動作が可能になっている。

また、音の信号処理も実世界でのロバスト性を考慮した設計がなされている。ERS-110 モデルでは"音階"を用いたコミュニケーションを実現した。これにより、TVの音声などの存在下でも非常にロバストな認識性能を実現でき、口笛などによるインタラクションが実現できる。

また ERS-210 モデルではユーザーの要求を反映させ音声認識技術を導入した. しかし音声合成の代わりに, ユーザーの音声に対してその声のパワーとピッチのみをもとに合成音を作る MIMIC という技術を利用することとした. これにより利用者に過大な音声認識能力を期待させずにスムースなインタラクションを実現した [5].

### 2.3 運動制御

AIBO の4脚歩行生成はオンラインで計算はしているも

ののフィードバック制御はかけていない.むしろ、座位や寝転び、転倒時の起き上がりなどの多様な姿勢遷移モーションにより複雑さを出している。これらのモーションの多くはモーションエディタと呼ばれるツールを用いて人が製作をする。しかし、歩行モーションは重心などを考慮してプログラムにより生成される。歩行生成のパラメータを調節することで多様な歩行モーションを作ることができるが、パラメータ数が非常に多くそれぞれが複雑に関係しているため人手による調節は時間がかかる。そこで、遺伝的アルゴリズムを利用した歩行生成を行い、その結果を利用している[6]。

#### 2.4 行動制御

複雑な自律行動を実現するために AIBO では, (1) 豊富なモーションデータ, (2) 確率的状態遷移をモジュール化した行動規範アーキテクチャ, (3) 本能情動モデルによる自発的行動生成, (4) 強化学習による行動選択のユーザーカスタマイズ化, (5) モジュール化された状態遷移モデルの時間的更新による成長などを開発した[3]. これらにより, あたかも本能や情動を持っているかのような印象をユーザーに与え, 感情移入を促進し, ユーザーのインタラクションにより異なる反応をする AIBO を実現した.

### 3. おわりに

AIBO はペット型ロボットだけではなく、プログラミングする楽しみや操縦する楽しみなど多彩な応用を可能とする自律型ロボットのプラットフォームが本来の姿である. 誌面の都合上ペット型の応用を主に紹介したが OPEN-R SDK などにより様々な応用が生まれることを期待している.

#### 参 考 文 献

- M. Fujita and K. Kageyama: "Open Architecture for Robot Entertainment," Proc. of Autonomous Agents, pp. 435-440, 1997.
- [2] M. Fujita, et al.: "A reconfigurable robot platform," Robotics and Automaiton, vol. 29, Elsevier, pp. 119–132, 1999.
- [3] M. Fujita: "AIBO: Toward the Era of Digital Creatures," The International Journal of Robotics Research, vol. 20, no. 10, pp. 781-794, Sage Publications, 2001.
- [4] http://www.aibo.com/openr
- [5] 藤田雅博, 石井和夫: "Entertainment Robot における音のインタラクション", 第 13 回 AI チャレンジ研究会, 人工知能学会研究会資料, pp. 29-34, 2001.
- [6] 藤田雅博他:'遺伝的アルゴリズムを用いた4脚ペット型ロボットの歩行パターンの自律的進化', 遺伝的アルゴリズム4. 産業図書, 2000.