

特集 「エンターテインメントと AI」

# ロボットエンターテインメントと人工知能

## Robot Entertainment and Artificial Intelligence

藤田 雅博  
Masahiro Fujitaソニー（株）デジタルクリーチャーズラボラトリー  
Digital Creatures Laboratory, Sony Corporation.  
mfujita@pdp.crl.sony.co.jp**Keywords:** robot, entertainment, autonomous behavior, interaction.

### 1. 序 論

本稿では、ロボットエンターテインメントというものを紹介しながら、それが人工知能の研究に対してどのように関係するかについて述べる。その関係には、現在人工知能の分野で盛んに研究されている結果をいかにロボットエンターテインメントに利用できるかというものと、現在あまり盛んに研究されていない分野で今後ロボットエンターテインメントを介して重要になると思われるものがある。

ロボットエンターテインメントとは定義するまでもなく、ロボットのエンターテインメント応用を目指した産業、装置一般を指す。具体的には例えばペット型ロボット、踊りを踊る人間型ロボット、サッカーゲームをするロボットなどである。それらは、

- ロボットの動きを見て楽しむ
- ロボットとの相互作用を楽しむ
- ロボットを操作して楽しむ
- ロボットを作ることを楽しむ

といったものに分類されるであろう。

われわれの立場をもう少し詳しく述べると、人間のような情報処理を実現する、という技術的課題に対し、ロボットというものをその実現のための場、あるいは道具として捉え、その上で何ができるのかを考えた結果、エンターテインメントという領域にたどり着いた、と言える。ロボットという物理的な実体を用いるところが仮想的な世界で展開される分野や言葉だけで展開される対話の分野と異なる点である。さらに、産業の存在、というものを重要視している点を強調したい。ロボットエンターテインメントの目指すものを一般的に述べると、それは

- ロボットを必要とする産業を創出し、それをもって人工知能やロボティクスの研究開発を促進し、さらなる技術のブレークスルーを目指す

といえる。特に後述するように人間や動物の形およびそれに付随した人間や動物のような知性を実現するためには、まだまだ研究開発が必要である。そのような研究を支えるためにはそれを必要とするニーズをつくらなければ

ならないと信じている。

本稿では、人間や動物のような情報処理を実現するためになぜロボットをその研究開発の場として選んでいるのか、また、なぜエンターテインメントという領域なのか、についてまず説明を加える。ついで、具体的にロボットエンターテインメントの例を紹介する。これらの中には、すでに人工知能などの分野で確立された理論や技術が多く含まれている。また、次なる方向として動物行動学を基礎とするような行動制御の研究や、物理接地あるいは情動接地と呼ぶシボルの獲得、また、機械に知性を感じる人間の認知過程に関して私見を述べる。

### 2. なぜロボットエンターテインメントか？

前章で強調したようにわれわれはまず産業を確立することを目標とした。では、なぜロボットなのであろうか、またなぜエンターテインメントなのだろうか？

#### 2.1 なぜロボットか？

近年の半導体技術の向上には目を見張るものがある。集積度の向上、クロック周波数の向上、低消費電力への技術などさまざまな方向から性能向上が行われている。特にそれらはコンピュータ技術の急速な発展に直接寄与している。コンピュータはムーアの法則のとおり10年で約1000倍近い集積度を達成し、それに従ってメモリ容量、CPUの速度、機能といったものが向上してきた。現在、ほとんどの家庭にあるPCはかつてのスーパーコンピュータ以上の性能を誇り、どんどん小型化している。また、ソフトウェアもそれに従い向上してきた。音声認識はすでにカーナビゲーションのインタフェースとなっており、また、PC上にも優れた能力の音声認識ソフトが搭載されてきている。

応用の面から見ると、個人向けには当初ワープロ、ビデオゲームといった商品としてコンピュータが使われていたが、電子メール、インターネットといったネットワーク技術が普及すると同時にPCが各家庭に入りだした。そしてまた携帯電話や電子メール専用端末などがPCに代わる勢いで普及し始めている。

では、コンピュータの次なる応用分野は何なのであるか？ この疑問に対するわれわれの解が自律型ロボットである。人工知能の研究の原点は約50年前にさかのぼるが、その理論を実世界で実現するには1990年以前ではコンピュータの性能が低すぎた。しかし、1990年代に入って、人工知能のいくつかの技術は普通のコンピュータで処理できるターゲットに入ってきた。

1997年は特にその意味でいくつかの代表的なロボットや人工知能に関する技術が話題になった。まず、コンピュータチェスが人間のチェスチャンピオンに勝利した。コンピュータチェスが人工知能の代表的な標準問題としての役目を終えたといってもよい。ついでRoboCupが新しい標準問題として提案され1997年に第1回目の国際大会を開催した。また、1997年は火星探査用のロボット、ソジャーナが地球からの遠隔操作により、火星から地質データや画像を送ることに成功した年でもある。そして、ホンダヒューマノイドが一般に公開されたのもこの年である。ホンダは約10年の研究開発の成果として非常に滑らかに歩き、階段を上り、押せば後ずさりするロボットを発表し、人々に驚きを与えた。さらに、ロボットエンターテイメントとしてのMUTANTの開発が発表されたのもこの年である。MUTANTはその後4脚自律型ロボットとして1999年に商品化されたAIBOの試作機である。

すなわち、実世界、実時間である程度の処理を行うために必要な計算能力を持つコンピュータが小型で安価に手に入るようになり、それ以前ではある程度理論的に展開されてきたが、実際にはロボットに搭載できなかつたものが搭載可能になってきたのである。人工知能の研究開発の舞台として、そして新しい産業を始めるのにロボットというものが可能な範疇になってきたのである。

もちろんその他にも身体性、物理接地といった興味深い問題を扱える特長があるのもロボットである。これに関しては後述する。

## 2.2 なぜエンターテイメントか？

従来のロボットの目標は危険作業ロボット、宇宙ロボット、あるいは介護ロボットといった人を助けること、役に立つこと、であった。コンピュータの性能が向上し、上述のようにロボットが実現可能な範囲になってきたとはいえ、自分で判断して動作する自律型ロボットをこのような目的で使うにはまだまだブレークスルーを必要とする課題がたくさん残っている。特に信頼性や安全性といった面ではこれらを一般の家庭で使ってもらうには認識、制御とも問題があると言えるだろう。

しかし、エンターテイメントという応用であればこういった信頼性や安全性に関する問題が低減する。例えば、ペット型ロボットがご主人様を間違えたからといって大きな問題にはならないであろう。また、利用できる技術の範囲が広いのもロボットエンターテイメントの特長で

であろう。例えば、強化学習や遺伝的アルゴリズムはすでにAIBOで使われている技術であるが[藤田00]、間違いの許されにくい役に立つ自律型ロボットでこのような技術を利用するにはまだ問題がある。

以上のようにロボットエンターテイメントの理由についていくつか述べてきたが、結局は実用化するための技術がそろっている、というのが最大の理由であろう。その意味で従来の技術で縦型に分割されてきたロボットの研究に比較して、統合するための技術が重要になってくる。もう一つ重要なことは、実用化が近いという意味とは逆にまだまだ研究領域が広く残されている、ということである。それは、現在実現できる自律型ロボットの知的レベルや運動性能は人間や動物にまだまだ劣る点が多いからである。すなわち、あるレベルの技術で商品としての価値を出せるところまできているが、究極の目標である人間や動物のような情報処理にはまだまだ遠いという事実である。

研究としてのスペースがある、ということは産業として非常におもしろい。数年の後に現状よりさらに進んだ知的レベルの自律型ロボットが登場する可能性が高いのである。

## 3. ロボットエンターテイメントの例

この章では、具体的にロボットエンターテイメントの例を紹介する。ロボットを使ったエンターテイメントとしては、AIBOの登場以来ペット型が有名になった。AIBOに続き、いわゆるペットロボット型おもちゃと呼ばれる1万円以下の商品が玩具売場の売上の数十%を占めている。ペット型ロボットは、その動きを楽しんだり、反応を楽しんだり、それを育てたり、といった楽しみ方があるようだ。

以下、ロボットを使ったエンターテイメントをいくつかの種類に分類してみる。

### 3.1 見る楽しさ

動物園などでの動物の行動、しぐさなどは見ていて楽しいものである。また、古くは“からくり人形”の時代から自動人形が存在し、近年ではアミューズメントパークなどでコンピュータ制御された人間型のロボットによる演技はエンターテイメントとして定着している。

AIBOも4足18自由度あるいは20自由度という普通のおもちゃよりはるかに多い自由度をもち、数百種類の動きをもっている(図1)。これを見ているだけでも楽しく感じる人は多い。さらに、2000年にエンターテイメントロボットとして開発発表された小型ヒューマノイドロボットSDR-3X(図2)は、24自由度を使って音楽に合わせてパラパラダンスなどを披露する。これはAIBOの動きよりもはるかに大きなインパクトを人々に与えることに成功している。

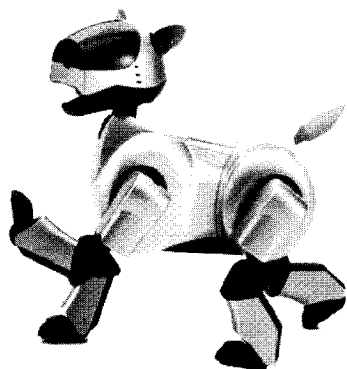


図1 AIBO 4脚自律型エンターテインメントロボット

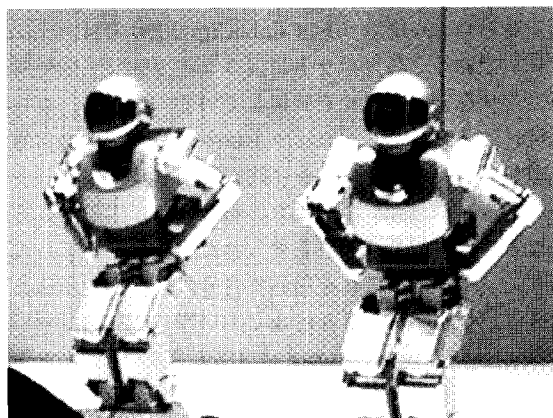


図2 SDR-3Xの踊り

これらは主として動きを見る楽しさ（モーションエンターテインメント）であるが、少し異なる“見る楽しさ”もある。例えば、前述の RoboCup は自律型ロボットどうしがサッカーゲームを行うのであるが、第3回目であった RoboCup-2000 では、ゲーム内容そのものや個人プレイなど観客が楽しめるものが増えてきている（図3）。



図3 RoboCupの観客たち

### 3.2 インタラクション

前述のモーションエンターテインメントは主として見るだけでも楽しいということを主張するものであった。しかし、ペットとしての犬や猫などは人とのインタラクション、あるいはコミュニケーションが更なる楽しさを増す要因になっている。

AIBO では、外的刺激、内部状態（本能や情動と関係する状態）の両方を評価しながら、人や外界とインタラクションする。例えば、人が上下左右に動かす物体を追跡する連続的な反応や、なでたりたいたいすることなどで喜びや怒りなどを擬似的に生成し、喜びの動作や怒りの動作あるいは音や光などで表現することができる。

同じく新しい AIBO では、音声認識機能を実装し、名前を付けたり、お手などの簡単な命令に従ったりすることができる。SDR-3X ではさらに音声合成を行って、命令に音声で答えたりすることが可能である。

このように、信号レベルの刺激に反応したり、言語などの意味のあるレベルに反応したりすることで人とのインタラクションが形成され、それがエンターテインメントになっている。

### 3.3 育てる

少し前に携帯型の電子ペットが流行し、またテレビゲームでも育成型と呼ばれるゲームジャンルがあるように、擬似的な生物を育てるという楽しさは世界的に理解されていると思う。

AIBO では、ユーザとのインタラクションにより報酬を定義し、強化学習を行っている。行動は、“これらの条件では、このような行動をする”といった形で定義される確率的状態遷移により生成されるが、この確率を与える値を頭をなでるなどの報酬により変化させていくのである。これにより、行動のパターンがユーザによってカスタマイズされる。また、この確率的状態遷移を適当なインタラクションの評価により選択していくことにより、成長を擬似的に行うことができる。

ペット型ロボットというジャンルにおいてこの育てる、というエンターテインメントは必須といってもよい。個々のロボットがユーザの接し方により異なる個性を形成するようになり、ユーザはロボットに対して愛着をもちインタラクションをさらに強める効果がある。

### 3.4 つくる

ロボットをつくることそのものがエンターテインメントであると指摘する人も多い。ロボットコンテストや前述の RoboCup もつくり手の学生たちのモチベーションは非常に高く、楽しんでソフトウェアを開発している。

つくる楽しみの典型的なものは LEGO の Mindstorms であろう。ブロックを組み合わせてさまざまな形をつくり、それを動かすプログラムを簡単なツールで作成する。AIBO も、PC 用のソフトウェアを使って、自分で行動

を制御したり、動き、音、日の光るパターンなどを作成して編集できる。

われわれは OPEN-R というハードウェアとソフトウェアの部品化とそのインタフェースの標準化を提案している [Fujita 97]。部品化されたハードウェアを組み合わせる新しいロボットを構成できることを試作している (図4)。これは、エンターテインメントが個人個人の好みにより、さまざまな形のロボットやアプリケーションが必要となると推測されることから導き出された考えである。商品化された AIBOERS-210 (図1) は、図4に示す試作品と同様に手や足がはずせる構成を実現している。

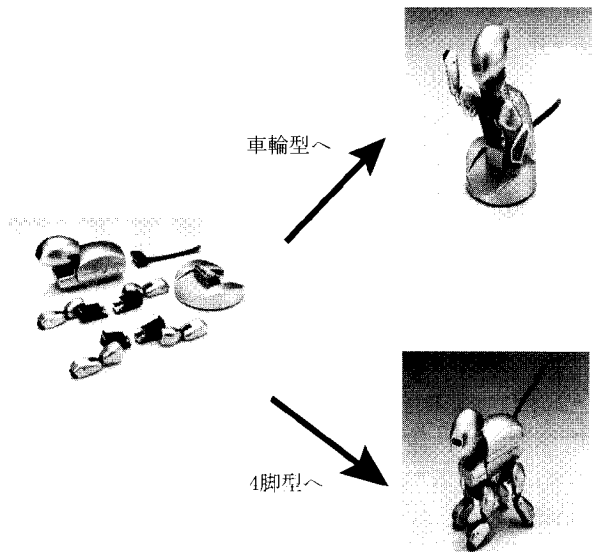


図4 再構成可能なロボット (試作)

### 3・5 操縦する楽しみ

自律型ロボットとは若干異なるが、ロボットのような機械を用いた典型的なエンターテインメントの一つに操縦型のロボットがある。これは、操縦そのものを楽しんだり、人間どうしの操縦の技量を競い合ったりといったものである。

AIBO の試作においては、操縦型ロボットでサッカーゲームをできるものを試したり、ロボットが見ている画像を見て操縦したりするものを試したりした。これらもうまく商品企画することでエンターテインメントとして代表的な一つのジャンルになると思われる。

## 4. ロボットエンターテインメントにおける課題

さてここでは、ロボットエンターテインメントにおける技術的課題をあげていく。ロボットエンターテインメントに限らずロボットにおける技術課題には画像認識や音声認識などの実世界を実時間で認識しなければならない、という問題が存在する。また、物理世界においてロボット自身の歩行や姿勢制御、物理的作業などの制御に関す

る問題も存在する。ここでは、そういったことには具体的には踏み込まず、いくつかの典型的な例を用いていくつかの課題とその研究について紹介をする。

最初に RoboCup について、ついで動物行動学に基づく行動制御、物理接地、情動接地シンボル獲得、人間の認知活動とインタラクションについて述べる。

### 4・1 RoboCup

ここでは、RoboCup の正式リーグの一つ Legged Robot League の活動について紹介をする。Legged Robot League はソニーの4脚型ロボットをプラットフォームとし、ハードウェアは各チーム同じものを使うことを義務付け、自律型サッカーをするソフトウェアの性能を競い合う。ロボットは RoboCup-2000 ではスタンドアロンであり、各ロボットにはカラーカメラ、赤外線測距センサなどのセンサを装備している。ボール、ゴールは色付けされており、ロボットはカラーカメラの信号を処理して、ボールをゴールに向かってドリブルし、シュートする。また、フィールドの周りには6本のそれぞれ異なる2色の組合せで色を塗られたポールが立てられており、ロボットはこれを用いて自分の位置を知ることができる。なお、試合は3対3で10分ハーフで行われる。

Legged Robot League は1998年のパリ大会から Exhibition として CMU (USA), LRP (France), 大阪大学 (日本), の3校によるリーグとしてスタートした。1998年に正式なリーグとして RoboCup Federation の認可を得、RoboCup-2000 現在では、この3校を含む12校でリーグを構成している。1998年からの優勝チームは、CMU (USA), LRP (France), UNSW (Australia) である。

さて、実際に1998年からの大会を通じて以下のような技術が開発されてきた。

- **Localization:** ロボットの自己位置同定法。例えば、CMU はモンテカルロ法 [Fox 99] の方法を利用して約  $2 \times 3$  m のフィールド内で  $3 \sim 5$  cm の精度で自己位置を推定できる方法を実現している。
- **Color Calibration:** フィールド内の重要なアイテムは色で識別するように設計されているため、いかに正確にロバストな色検出をするかが問題となる。また、ゲームフィールドが移動することもあるため、早いキャリブレーション方法も重要である。ほとんどのチームは独自にこのような方法を開発している。
- **高速な4脚歩行:** 1999年、2000年の優勝者 (LRP と UNSW) はどちらも高速な独自の4脚歩行を開発した。
- **行動制御:** 特に、ゴールキーパーは特別な行動を必要とする。ボールがある距離に来るとクリアのためにゴール前を離れ、クリアしたのち、再びゴール前に戻る、といった制御が必要である。大阪大学は自

律型ロボットの行動を状況別にプログラムするのではなく、すべて強化学習で教え、それを試合に用いることに成功している。

- **ボール制御**：1999年大会で、東京大学のチームがヘディングを初めて用いた。2000年大会では、ほとんどのチームがヘディングを用いてシュートを試みている。また、UNSWはボールを両手の間にはさみ、方向を決めて押し出す、といった正確なボール制御で優勝した。
- **協調行動**：UNSWは、味方がボールをとると道を譲るといった行動を行う。

その他にも、各チームがさまざまな工夫をしている。今後は、より自然な環境で行動できるロボットをめざし、かつ協調行動ができるものが実現されていくであろう。

#### 4.2 動物行動学を基礎とする自律制御

自律型ロボットに情動の表現力をつけようとする研究が最近盛んになりつつある。高西は顔ロボットのまぶた、眉毛、口に相当する部分を情動モデルによって駆動し、笑う、怒る、悲しむなどのエックマンの6基本情動に相当する表情をつくることに成功している [Takanishi 98]。6情動を構成する空間は3次元で“快不快”、“覚醒度”と“確信度”としている。尾形は、内分泌系の仕組みをロボット制御に導入し、快・不快のそれぞれ興奮性、抑圧性の四つのホルモン生成をシミュレートすることでロボットの個体保持を基礎とした自律行動生成を検討している [Ogata 99]。また、銅谷は、同様のホルモンを強化学習のパラメータと結びつけ、学習パラメータと情動系の関係を論じている [Doya 00]。さらに、Kismet というロボットで高西と同様な実験が進められている [Breazeal 99]。Kismetでの情動基本次元は、“快不快”、“覚醒度”と“Openness”という3次元である。

AIBOもエックマンの外部刺激を基本6情動に関して独立に評価し、その結果を行動選択あるいは情動表出そのものに反映させている。

ここでは、もう一つ動物行動学の自律型ロボットに対する応用について述べる。動物行動学から学ぶことの一つに、行動のカテゴリーと行動生成の方法に関する検討がある。われわれは、こういった分野の知見から自律型ロボットの行動生成のアーキテクチャを実装し、検討を加えた [Arkin 01]。

まず、この動物行動学より想定されるいくつかの行動分類、例えば接触行動、攻撃行動などというものを想定する。それぞれの行動は内部状態と外部刺激の両方によって動機付けられる。外部刺激はリリースメカニズム (RM) と呼ばれるもので評価され、内部状態はモチベーションクリエイター (MC) と呼ばれるもので評価される。例えば、内部状態として飢餓状態であると、接触行動のMCは大きな値を生成し、もし外部刺激として食べ物があれば、同じく接触行動のRMは大きな評価値を生成す

る。ある行動の動機を対応する  $RM \cdot MC$  とし、行動選択をこの  $RM \cdot MC$  の値の評価、例えば最大値をもつ行動の選択、とすることで内部状態と外部刺激の両方を考慮した行動生成が可能となる。

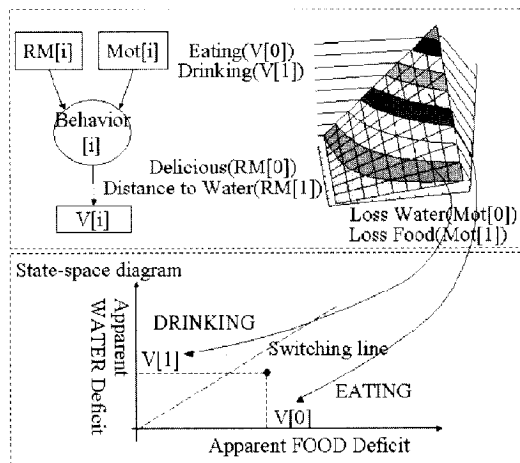


図5 動物行動学を基礎とする行動制御

さらに、カテゴライズされた行動群とその行動によって変化する内部状態が適切に結びついていれば内部状態をある範囲内に保つために行動を引き起こすようなホメオスタシスを形成することができる。

ここで説明した行動は状況依存の行動である。その状況は、外部状況だけでなく内部状態にも依存しているところが通常の状態依存型行動制御アーキテクチャと異なる。

#### 4.3 物理接地、情動接地シンボル獲得

ペット型を含む自律型ロボットの一つの方向として、人間があらかじめ用意したプログラムあるいはデータの範囲を超えて OPEN-ENDED なシステムとして知識や行動を獲得する能力の検討がある。例として、言語獲得はデータベースにはない、新しい言葉を獲得することから、この OPEN-ENDED システムの例といえる。

Steels は、Talking Head というプロジェクトで言語発生課題を扱っているが [Steels 99]、その技術を用いて Talking AIBO というプロジェクトが行われている [Kaplan 00]。そこでは、いくつかの種類言語獲得が検討されている。例えば、Naming Game では視覚の色と簡単な形状カテゴライザの出力と音声認識の結果の連想記憶よりあるものに名前を付けることに成功している。同様に、行動に動詞を連想させたり、手や足という部位を触わりながら、部位に名前を付ける、といった実験が行われている。ただし、Talking AIBO では、音声認識部は通常の音声認識ソフトを使っており、新しい発音を学習しているわけではないため、真の OPEN-ENDED とは呼べない。新しい音声発音と視覚情報の連想記憶を用いて新しい名詞などを獲得する研究に [Roy

99]や[Iwahashi 00]の研究がある。Talking AIBOを始め、これらは、基本的に物理接地シンボルの獲得に他ならない。すなわち、物理世界に直接つながっているセンサのある信号空間を記号化したものに名前を付けている。シンボルの意味は知覚情報と直結している。

われわれは、この言語獲得を自律行動の枠組みに組み入れる検討を行い、さらに情動接地という概念を提案している[Fujita 01]。言語獲得行動を情報獲得欲に対応する内部状態に関連付け、接触行動などと同様に、外部刺激に未知物体があればリリースメカニズムが大きな評価値を出力し、もし情報獲得欲求により生成されるモチベーションメカニズムが大きな評価値を出力した場合、言語獲得行動が選択される。

この研究のポイントは、(1) 音声認識部および音声合成部に登録されていない新しい発音を扱うことができる、(2) 内部状態と関連付けられた行動として言語獲得行動を構成し、自律行動の一部として言語獲得行動における対話行動を生成する、(3) 獲得シンボルの連想は、視覚識別、音声認識、この行動と内部状態への効果で行っており、名前だけでなく、その物体が自分の内部状態にどのような変化を及ぼすかを学習する、(4) 物を介して人とインタラクションをするときの基本となる、共同注意を指差などで実現している、の4点である。内部状態のことを一次情動とも呼び、内部状態の変化から二次情動(喜びや悲しみなど)が生成されることから、情動接地シンボルの獲得と呼んでいる。

これにより新しい視覚刺激に対して、名前を付けたり、それが食べ物なのか飲み物なのかといったことを学習したりすることが可能になる。

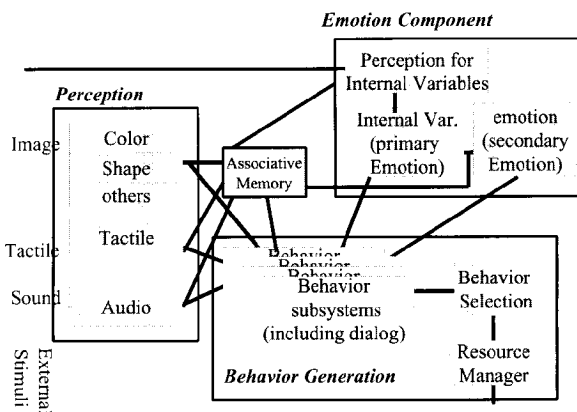


図6 情動接地を可能とする行動制御アーキテクチャ

#### 4.4 人間の認知とインタラクション

以上のように動物あるいは人間の情報処理を目指した研究がロボットエンターテイメントの中で行われ始めてはいるものの、まだまだ本物の動物や人間には遠く及ばない。特に言語を扱った場合にその意味のレベルまで正しく理解しながら対話するにはまだ時間がかかるであ

ろう。しかし、人がロボットに知性を感じるときとはどういふときののだろうか？ もし、きちんとした意味理解にまだ研究のブレイクスルーを必要とするのであれば、その前にやるべきことはないであろうか？

人工知能の特に対話における有名な研究として Eliza というソフトウェアがある [Weizenbaum 76]。これは、カウンセリング用の実験につくられたソフトウェアで、意味は理解しないものの、ユーザのセンテンス中の単語に着目して、あたり障りのない応答を生成し対話を進める、というものである。明らかに知性はないと思われるが、しかし、多くの人が Eliza との対話に引き込まれ、何らかの知的な反応があるとしている。

また、ガーフィンケルの実験も知性を考えるうえで興味深い [Garfinkel 87]。これもカウンセリングの実験で、被験者に “Yes/No” で答えられる質問をしてもらい、カーテンの向こう側の誰かが答えたら、その理由を被験者自身に考えてもらい、記録してもらう。このようにして、被験者が質問と、カーテンの後ろの誰かの答えのやり取りが続くのであるが、多くの被験者は、カーテンの後ろの誰かに知性を感じるようになる。実際には、カーテンの後ろではコインを投げて表なら Yes、裏なら No としているだけなのである。

このように状況をうまく制御された状態では機械の単純な反応にも人は知性を感じるようである。AIBO においても、そのしぐさや形状でうまく使用者の愛着心を生じさせると、単純な反応に使用者が、“恥ずかしがっている”、“怒っている”という理由を付けてくれるようである。それは、あるときには AIBO の本来もっている情動システムとリンクしているときもあるが、まったくランダムに出ている行動に対してもうまい理由付けをすることがある。

では、いかに AIBO に愛着心をもってもらおうか？ この大きな要素にロボットの形と動き、というものがあるであろう。最近報告されたミラーニューロンというものは、この現象をうまく説明してくれるかもしれない。これは、サルを使った実験で、サル A の脳の活動を観察していると、別のサル B がある動きをしているのを観察したときに、サル A がそれと実際に同じ動きをしているときに活動する部位が活動しているのが観察された。これをミラーニューロンと呼ぶ。ヒューマノイドロボット SDR-3X が、ダンスを踊っているのを見ている人間は、やはり自分がダンスをしているときに活動する部位が認知に関与しているのではないであろうか？ もしそうであるならば、人型ロボットというものと人間のインタラクションはその他の形状のロボットのものと認知の方法が異なるものになる。

## 5. 今 後

本稿では、ロボットエンターテイメントに関して、そ

の目的といくつかの研究例について紹介してきた。エンターテインメントという従来学問とあまり関連がないと思われるような分野において、現状での産業としての可能性と数多くの研究課題があることを指摘したつもりである。

ロボットエンターテインメントが一つの産業として確立し、それが人工知能の研究を応用する機会を提供すると同時に、新たな研究課題が生まれ、しだいに人間とロボットあるいは機械が自然にインタラクションを行う時代が来ることを信じて本稿を閉じることにする。

◇ 参 考 文 献 ◇

[Arkin 01] R. Arkin, M. Fujita, T. Takagi and R. Hasegawa: Ethological Modeling and Architecture for an Entertainment Robot, Proc. of International Conference on Automation and Robotics (2001)

[Breazeal 99] C. Breazeal: Robot in Society: Friend or Appliance?, Agents 99 workshop on emotion-based agent architectures, Seattle WA, pp. 18-26 (1999)

[Doya 00] K. Doya: Metalearning Neuromodulation and Emotion, Affective Mind, Elsevier Science (2000)

[Fadiga 95] L. Fadiga, L. Fagassi, G. Pavesi and G. Rizzolatti: Journal of Neurophysiology, Vol. 73, No. 6, June (1995)

[Fox 99] D. Fox, W. Burgard and S. Thrun: Monte Carlo Localization: Efficient position estimation for mobile robots, Proc. of the National Conference on Artificial Intelligence (1999)

[Fujita 97] M. Fujita and K. Kageyama: An Open Architecture for Robot Entertainment, Proc. of International Conference on Autonomous Agents (1997)

[Fujita 01] M. Fujita, G. Costa, T. Takagi, R. Hasegawa and H. Shimomura: Architecture and Preliminary Experimental Results for Emotionally Grounded Symbol Acquisition by Four Legged Robot, Proc of International Conference on Autonomous Agents (2001)

[Garfinkel 87] H. Garfinkel: Studies in Ethnomethodology, Bluckwell Publisher (1987)

[Iwahashi 00] N. Iwahashi: Spoken language acquisition algorithm with the conceptional analysis of nonlinguistic perceptual information, Proc. of Joint Conf. On Information Science,

Vol. 2, pp. 852-857 (2000)

[Kaplan 00] F. Kaplan: Talking AIBO: First Experimentation of Verbal Interactions with an Autonomous Four-legged Robot, Proc. of CELE-TWENTE Workshop on Language Technology, pp. 57-63 (2000)

[Ogata 00] T. Ogata, Y. Matsuyama, T. Komiya, M. Ida, K. Noda and S. Sugano: Development of Emotional Communication Robot WAMOEB-2R — Experimental Evaluation of the Emotional Communication between Robots and Humans, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 175-180 (2000)

[Roy 98] D. Roy and A. Pentland: Learning words from natural audio-visual input, Proc. of International Conference on Spoken Language Processing (1998)

[Steels 99] L. Steels and F. Kaplan: Bootstrapping Grounded Word Semantics, Linguistic evolution through language acquisition: formal and computational models, Cambridge University Press (1997)

[Takanishi 99] A. Takanishi: An Anthropomorphic Robot Head Having Autonomous Facial Expression Function for Natual Communication with Humans, Proc. of International Symposium on Robotics Research (1999)

[Weizenbaum 76] J. Weizenbaum: Computer power and human reason: From judgement to calculation, New York: Freeman (1976)

2001年3月23日 受理

—— 著 者 紹 介 ——



藤田 雅博

1981年早稲田大学理工学部電子通信科卒業、同年ソニー(株)入社、スペクトル拡散通信方式およびGPSを用いたNavigation Systemの研究開発に従事、1988年よりUniversity of California, Irvineに留学、1989年にニューラルネットワークの研究でMaster of Science in Engineeringを取得、その後、ソニー(株)の研究所にて視覚、聴覚情報処理および学習の研究に従事、1993年より、エンターテインメント用の自律型ロボットの研究開発をスタートする。現在ソニー(株)デジタルクリーチャーズラボラトリーの主任研究員兼システムアーキテクト、また1Gpの統括課長。