

# インタラクションを考慮したロボットの内部表現システムの検討

## An Inspection of the Internal Representation for a Interactive Robot

若松 良久      近藤 敏之      伊藤 宏司  
Yoshihisa Wakamatsu      Toshiyuki Kondo      Koji Ito

東京工業大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻  
Dept. of Computational Intelligence and Systems Science, Tokyo Institute of Technology

In the field of the AI and Robotics, there have been increasing the works dealing with Human-Agent Interaction(HAI), e.g. pet-robot developments, interactive teaching and so on. One of the difficulties in the HAI system is how to keep a continual communication, since human gradually loses interest. Due to this, in this study, a key function for realizing a continual HAI, and which the agent should possess is discussed.

### 1. はじめに

近年、ペットロボットや掃除ロボットなどの民生用ロボットの市販が開始されるなど、日常生活において人間とエージェントが相互作用する機会は益々増加しつつある。このような背景から、当該分野ではインタラクションの目的に応じた人間-エージェント系の設計に関する研究が活発に行われ始めている。このような研究領域では、例えば [山田 他, 2002] のように人間-エージェントインタラクション (Human-Agent Interaction: HAI) における相互適応に注目したものや、[Breazeal, 2002a] のように実ロボット Kismet による社交性のデザインを対象としたもの、[稲邑 他, 2001] のようにインタラクションを介した教示システムの構築などが挙げられる。

一方、このような HAI の実応用としてはエンターテインメントやメンタルケア、家庭用電化器機などが考えられ、人間にとっては単なる道具としてだけでなくパートナーとなり得るエージェントの設計や開発が望まれてきている。現在のこうしたアプリケーションの多くは、我々人間が容易にかつ不可避的にこのような器機 (エージェント) に対して適応できるという生来の特性を上手く利用している。そのためこれらエージェントの設計には実世界に存在する動物との形態学的な類似性や人間のコミュニケーションモダリティに則したインタラクションを考慮することが重要である。これにより、我々人間はエージェントの表情や行動を理解することができ、また共感やコミュニケーションの成立を勝手に解釈して楽しむことができる。しかしながらこれらの人間-エージェント系はあらかじめデザインされた内部機構に基づいた行動戦略に困っている。つまりエージェントに既に埋め込まれたダイナミクスの変化を利用したインタラクションに留まっている。このためユーザが設計された行動様式に慣れ親しんでしまうと、エージェントとのインタラクションに対する興味を消失し、マンネリ感を抱くようになることは避けられない問題となっている。

本研究では、通常は興味を消失したりマンネリ感を抱きながら継続的なインタラクションを維持するためにはどのような機能条件をエージェントが備えるべきかについて明らかにすることを目的としている。具体的には音声の韻律情報に基づいた人間-エージェントインタラクションの設計を試みる。ここでエージェントはユーザの感情的な文脈を推測し、「ユーザが継続的にインタラクションを行う」ことを評価の指標として、ユーザにそのような感情を誘発する行動が選択されるように、

自律的に行動戦略を調整する確率型適応機構の導入を試みている。また本研究では、HAI において人とのインタラクションに基づいて獲得されるエージェントの内部状態の行動計画戦略への影響を考慮するシステムの構築を取り上げる。インタラクションに基づいて獲得される内部表現とは、一般的なペットロボット [Arkin et al., 2001] に見られるような行動誘因要素 (インタラクションを通してダイナミクスを変化させる仕組み) のことであり、通常は動機付けシステムなどと呼ばれている。この動機付けシステムの働きがインタラクションをより自然で豊かなものにする事が示唆されている [Breazeal, 2002b]。

### 2. 確率適応機構

図 1 はインタラクションを行うエージェントの内部構成を示している。図中の Probability inference において、Perception and attention system, Motivation system および Behavior system の 3 つのシステム変数に則した確率的な適応が成される。この適応機構は Bayesian network とか Belief network と呼ばれている確率推論グラフで構成され、Motivation system の状態を原因子、Perception and attention system の状態を結果子、Behavior system での行動戦略を作用素とするネットワークとなっている。したがって、原因子-作用素間ではエージェントの内部状態と行動選択のマッチングが確率的に表されており、一方、作用素-結果子間にはエージェントの行動選択と音声入力により推定されるユーザの状態とのマッチングが確率的に表現される。これらの確率的表現は条件付き確率で表されており、したがって、内部状態によって行動が選択され、その結果、ユーザの状態がどのようなのかというインタラクションによる因果関係が適応的に獲得されることが期待できる。このことは、例えば推測されたユーザの状態が  $s_u$  かつエージェントの内部状態が  $s_a$  となるときに選択される行動が  $a$  である割合として表現されるので、その割合が高ければ  $s_a$  のときには  $a$  を選択し、なおかつ  $a$  を選択すると  $s_u$  を得るということをエージェントの内部にインタラクションを通して埋め込まれていく。

### 3. エージェントの実装

本研究ではユーザとインタラクションを行うエージェントをコンピュータ上にアニメーションとして実装している。エージェントの出力は表情の変化としてユーザに提示される。図 2 はその様子を示しており、エージェントの各表情は [Russell, 1997] に対応している。またエージェントは図 1 に示した内部機構

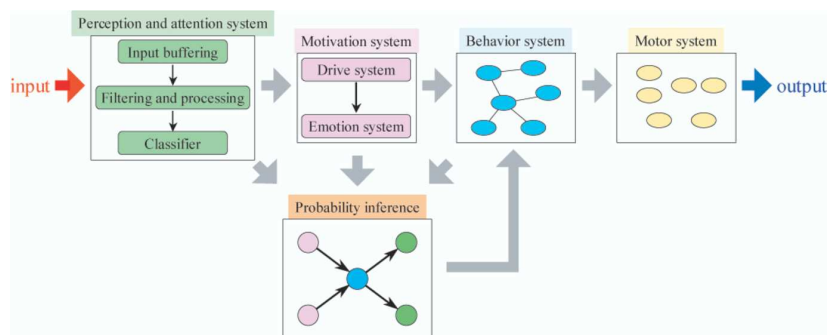


図 1: エージェントの内部構成.

状態を規定する.

#### 4. まとめ

本稿では、現在開発中のインタラクティブエージェントについてソフトウェアデザインからの立場で簡単な概要とその機構について述べてきた。従来の HAI の枠組みで扱われているエージェントとは異なり、埋め込まれた内部ダイナミクスだけではなく、インタラクションに則して獲得される確率的な原因子-作用素-結果子の因果関係の獲得機構の導入を試みている。今後はこの確率的な適応機構が継続的なインタラクションを維持するための機能条件となることを実験により検証していきたいと考えている。

#### 参考文献

- [山田 他, 2002] 山田誠二, 山口智浩: 人間とロボットの相互適応 - AIBO をしつける -, 第 58 回人工知能学会「知識ベースシステム」研究会資料, (2002).
- [Breazeal, 2002a] Cynthia Breazeal: *Designing Social Robots*, MIT Press, Cambridge, MA, (2002).
- [稲邑 他, 2001] 稲邑 哲也, 稲葉 雅幸, 井上 博允: PEXIS: 統計的経験表現に基づくパーソナルロボットとの適応的インタラクションシステム, 電子情報通信学会誌, Vol.J84-D-I, No.6, pp.867-877, (2001).
- [Arkin et al., 2001] Ronald C. Arkin, Masahiro Fujita, Tsuyoshi Takagi, and Rika Hasegawa: *Ethological Modeling and Architecture for an Entertainment Robot*, In Proceedings of the 2001 IEEE International Conference of Robotics and Automation(ICRA '01), (2001).
- [Breazeal, 2002b] Cynthia Breazeal: *Regulation and entrainment for human-robot interaction*, D. Rus and S. Singh (eds.), In International Journal of Experimental Robotics, 21(10-11), pp. 883-902. (2002).
- [Russell, 1997] James A. Russell: *Reading emotions from and into faces: Resurrecting a dimensional-contextual perspective*, in James A. Russell and José-Miguel Fernández-Dols (eds.), *The Psychology of Facial Expression*, New York: Cambridge Univ., pp.295-320, (1997).

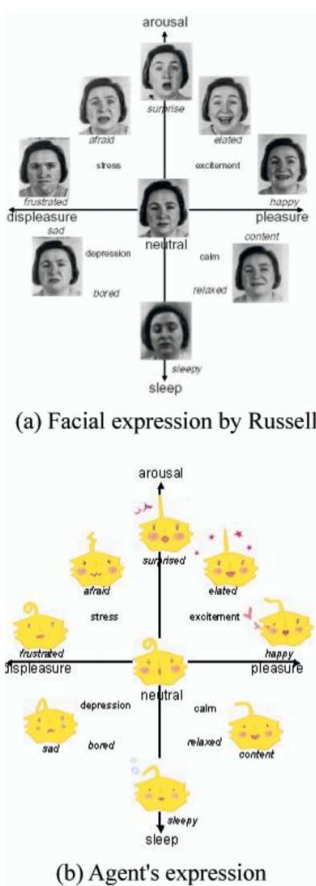


図 2: pleasure-arousal 空間で定義される各表情.

を備えており、それぞれのシステムは以下のような構成となっている。

- Perception and attention system  
音声入力はバッファを通してフィルタリング処理され、最終的には音声に含まれる感情的な分類が行われる。
- Behavior system  
内部状態に応じて適切な行動 (表情) を選択するために behavior agent により構成される。
- Motivation system  
通常のペットロボットなどと同様、エージェントの内部