

# 内発的動機づけを持続させる HAI システム

Sustainability and Predictability in a Lasting Human-Agent Interaction Systems

近藤 敏之 平川 大介 野澤 孝之  
Toshiyuki Kondo Daisuke Hirakawa Takayuki Nozawa

東京農工大学 工学府 情報工学専攻

Dept. of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

Sustainability is one of important features which should be considered in a lasting human-agent interaction (HAI) process. Because humans are unavoidably accustomed to the agents, and the interaction seems to be boredom as the agents' behaviors become predictable. In the paper, we especially focus on the relationship between the sustainability and the behavior predictability during a lasting HAI process. To be clear this, we experimentally evaluate the lasting interaction processes among human subjects and an entertainment robot which have different level of the predictability. According to the psychophysical experiments using the robot, we confirmed that maintaining the predictability in a moderate level contributes to the sustainability of the HAI. This result suggests that not only the predictability but also awareness of intentionality (i.e. animacy) play important role for realizing sustainable interaction.

## 1. はじめに

ペットロボットや対話ロボットなど、人間と日常的に相互作用することを目的とした人工物の研究・開発が、近年、盛んに行われている。その多くは、生物や人工物に対する人間の不可避的な適応能力や解釈能力を積極的に利用して、かわいらしい動作でヒトを癒したり楽しませたりすることから、好意を持って社会に受け入れられている。しかしながら、あらかじめデザインされたシナリオだけに依存したインタラクションでは、時間が経てば飽きられてしまうことは想像に難くない。

このような背景から、人間と人工物の長期的相互適応 (Human-Agent Interaction, HAI) を促進・持続するために、人工物が有すべき機能要件の解明が試みられている [1, 2]。たとえば、知的好奇心や関心は、生物が自発的に行動するためには欠くことのできない内発的動機づけ (motivation) である。この内発的動機づけは、幼少期の生物に顕著に見られ、特に未知環境下の自発的な探索行動を誘発する。したがって、人工物とのインタラクションに対する内発的動機づけを高く維持することは、持続的な HAI 設計の機能要件のひとつであると言える。

本研究では、特に人間 - 人工物間の「行動の予測可能性」に着目して人工物の行動決定則 (以後「インタラクションモデル」と呼ぶ) を仮説的に設計し、人間と同モデルを実装した口

ボットの相互作用を解析する。本稿では、(1) 行動の予測可能性が高い場合 (FSM 行動モデル) と低い場合 (ランダム行動モデル) のように一見相反する状況が人間に飽きを感じさせ、インタラクションの持続を阻害する要因となること、及び (2) インタラクションモデルに内部状態を持たせ、予測可能性を中庸に保つことが生物らしさを演出し、ヒトの人工物に対する関心を持続させるために有効である、という二つの仮説の妥当性を、ロボットを用いた心理物理実験を通して検証する。

## 2. 実験の概要

本研究では、「行動の予測可能性」とインタラクションの持続性の関係を明らかにするため、ロボット (Sony AIBO, ERS-7) に予測可能性が異なる三つのインタラクションモデル (FSM 行動モデル, ランダム行動モデル, 感情行動モデル) を実装し、先の仮説の検証を試みた。ここではインタラクションモデルの違いのみを評価するため、AIBO が取り得る行動のレパトリーはすべて共通の 8 種類を用いた。AIBO からユーザへの相互作用は、身体行動の表出という視覚的モダリティを通じて行われた。一方、ユーザから AIBO への相互作用は、頭部と背部にあるタッチセンサへの接触情報をソフトウェア的に処理し「たたく」と「なでる」の二つの行動として認識した。FSM 行動モデルは、8 つの行動を状態ノードとし、ノード間の遷移を二つの接触行動に対応させた有限状態機械 (Finite State Machine) で行動を選択した。ランダム行動モデルは、ユーザの接触行動に関係なく、8 種類の行動から一様な確率であるひとつの行動を選択した。感情行動モデルでは、Russell の円環モデル [3] の二つの軸に相当する「快 - 不快レベル ( $\xi_P$ )」と「覚醒度 ( $\xi_A$ )」をロボットの内部状態 ( $\xi$ ) とし、これが、ユーザとの接触インタラクション ( $u$ ) に基づいて時間発展する内部ダイナミクスを次式のように設計した。

$$\xi = [\xi_P, \xi_A]^T \quad (1)$$

$$u = [u_{Beat}, u_{Stroke}]^T \quad (2)$$

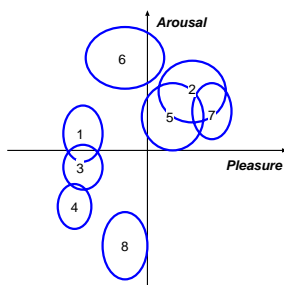


図 1: 円環モデル上に配置された 8 つの行動

連絡先: 近藤敏之, 東京農工大学, 東京都小金井市中町 2-24-16, t\_kondo@cc.tuat.ac.jp

$$\xi_n = \xi_{n-1} + \kappa A \begin{bmatrix} u \\ 1 \\ \xi \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A = \begin{bmatrix} -1.0 & 1.0 & 0.0 & -0.5 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & -0.5 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

実験者の設計バイアスを取り除くため、予備実験として19名の被験者に上記8種類の行動をひとつずつ提示し、快・不快レベルと覚醒度を各々10段階の中からその動作を最もよく表現していると感じる位置に手書きでチェックするという方法で回答してもらい、円環モデル上に配置した(図1)。同モデルでは、内部状態( $\xi$ )と各行動のマハラノビス距離に基づいて発現する行動を決定した。

被験者がロボットと相互作用する際、その目的に自由度がありすぎると、被験者間でインタラクションモデルを正しく評価することができない。そこで本実験では、あらかじめ被験者に「行動2」のアニメーションを何度も見せてその動作パターンを教示し、実験開始後に実機のAIBOが行動2をより多く表出するように相互作用することを指示した。被験者には無作為な順に3種類のインタラクションモデルで動作するAIBOと20分間ずつ相互作用を行わせた。また休憩時間に、AIBOの行動予測可能性と生物性に関する主観評価を質問紙に記入してもらった。

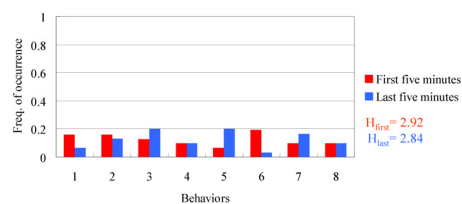
### 3. 実験の結果と考察

図2に、ある被験者が各インタラクションモデルのAIBOと相互作用した際に表出した各行動の生起頻度を、実験開始5分間と終了前5分間について示す。同図より、FSM行動モデルと感情行動モデルでは、実験者が指示した通り、行動2を表出するためのインタラクションのしかたを獲得できていることが見て取れる。

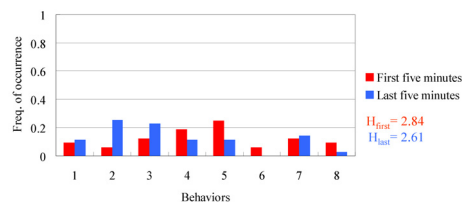
また、質問紙による行動予測可能性と生物性等に関する尺度評定値の比較を図3と図4に示す。両図より、感情行動モデルは他の二つのモデルと比べ、行動予測可能性が中庸であること、より生物らしく、行動に一貫性があること(Q1: 生物らしいですか?, Q3: 矛盾を感じますか?)が認められた。一方、親しみやすさという質問項目(Q2: 愛嬌を感じますか?)に対しては、ランダム行動モデルよりは親しみやすいが、FSM行動モデルとの差異は認められなかった。このことは、予期した通りにふるまうことを好む被験者が半数いたことを意味しており、インタラクションを介して被験者のパーソナリティを推定することの重要性を示唆していると考えられる。

### 4. まとめ

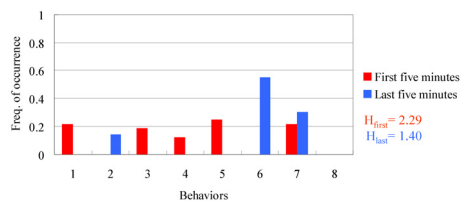
本稿では、HAIを持続させる要因のひとつとして行動の予測可能性に着目し、予測可能性が異なる3種のインタラクションモデルを実装したロボットとの相互作用実験を行った。その結果、予測性が中庸に保たれていることと、人工物が生物的な感情モデルを持ち、動作を把握しやすいことが、相対的にユーザの関心を持続する可能性が示唆された。しかしながら、行動の種類が限定されていることやユーザが人工物と相互作用する際の目的を実験者が制限するなど、この結果の普遍性には継続して調査しなければならない課題が多く残されている。また、今後は長期的には変化しないユーザのパーソナリティ特徴の抽出と、それを利用したインタラクションモデルの切替についても研究を進める予定である。



(a) ランダム行動モデル



(b) FSM 行動モデル



(c) 感情行動モデル

図2: 行動の生起頻度の変化

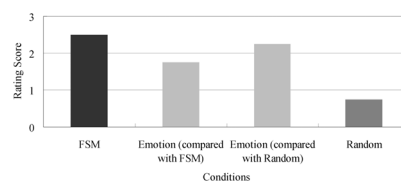


図3: 行動予測可能性についての尺度評定値

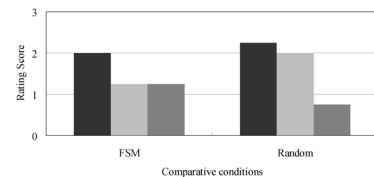


図4: 感情行動モデルの尺度評定値(他モデルとの比較)

### 謝辞

本研究の一部は、東京農工大学研究プロジェクト『人と調和する情報環境実現のための共生情報工学研究』の支援のもとに行われた。ここに謝意を表す。

### 参考文献

- [1] 山田, 山口: 人間 - エージェント間における相互適応の促進, 第18回人工知能学会全国大会, 3G1-02, 2004.
- [2] 近藤, 若松, 伊藤: 人間-エージェントの相互適応系における継続的相互作用実現のための機能条件, JAWS2003 講演論文集, pp.432-437, 2003.
- [3] Russell, J.A.: Reading emotions from and into faces: Resurrecting a dimensional-contextual perspective, The Psychology of Facial Expression, pp.295-320, 1997.