

インタラクションの継続を目的とするインタフェースの
適応アルゴリズムの提案

An Interface Design Principle for Continual Huma-Agent Interaction

1051008

研究者代表 東京農工大学大学院共生科学技術研究院 准教授 近 藤 敏 之

[研究の目的]

近年、我々の日常生活空間には、高度な演算能力を持ち、ヒトと相互作用する人工物（たとえばエンターテインメントロボットやソフトウェアエージェントなど）が溢れている。しかしながら、その多くは、あらかじめ設計された行動パターンで反射的にふるまうのみであり、ここで実現される相互作用の質はユーザ側の解釈能力に大きく依存している。一方、心理学における内発的動機づけの概念によれば、人間には本質的に未知なるモノを同定したいという欲求（知る欲求）があることが知られている。このことは、上記の人工物との相互作用が長期的には持続し得ないことを示唆している。我々は、人工物を介してユーザのふるまいを長期的に計測し、その統計情報から、ユーザの内部状態（飽きなどの短期的な心理状態）や個性（嗜好や性格のように長期的に変化しない性質）を推定し、これに基づいて相互作用を調節することでインタラクションを持続させる人工物の実現を目指している。

本研究では、インタラクションが持続するためにロボットの行動生成機構（以後「インタラクションモデル」と呼ぶ）が有すべき機能要因を明らかにすることを試みる。このため、(1)インタラクションモデルの仮說的生成と、(2)インタラクションモデルを実装したロボットとユーザの相互作用実験、を繰り返し行う過程を通して、インタラクションモデルを改善する、という構成論的な研究アプローチを採用する。

例えば、「予定調和的な行動」は、知る欲求が早々に満たされるためユーザの関心が持続しないと予想される。また、「ランダムな行動」は、ロボ

ットの行動に一貫性が見られないことによって知る欲求が阻害され、フラストレーションが高まり、相互作用すること自体が苦痛となると予想される。一方、インタラクションモデルとして生物的な情動モデルを実装することは、行動の時系列に適度な一貫性を与えるため、相互作用を豊かにすると予想される。このように本研究では行動の予測可能性が高い場合（予定調和行動）と低い場合（ランダム行動）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継続を阻害する要因となる一方、適度な予測可能性を保つことが相互作用の持続のためには有効であるという仮説の妥当性を、ロボットを用いた心理物理実験を通して検証する。

[研究の内容、成果]

1. インタラクション実験の設定

本研究では、先の研究目的を達するため、図1に示すロボット（SONY AIBO, ERS-7）に、次節に示す3種類のインタラクションモデルを実装し、被験者との相互作用実験を行った。インタラクションモデルの違いのみを評価するため、AIBOが取りうる行動は、すべてのインタラクションモデルに共



図1: SONY AIBO ERS-7

通の8種類を用いた。この8種類の行動は、各々2秒間程度の身体動作パターンであり、Sony社製のMotion Editorを用いて作成した。

これら8種類の行動に情動ラベルを付けるため、予備実験として、19名の被験者(20代前半の男性14名、女性5名)に行動をひとつずつ提示し、覚醒度と快・不快レベルの2軸からなるラッセルの情動判断空間モデルの2次元座標中に、その動作を最もよく表現していると感じた位置を手書きでチェックしてもらうという方法で回答してもらった。

図2にその平均と標準偏差(楕円)を示す。例えば、動作2, 5, 7は、多くの被験者が嬉しそうと判断した行動であり、一方、動作6は快活な行動、動作8は眠気強い行動、動作1, 3, 4は悲しげな行動と判断された。このように、行動の情動ラベルをユーザ集団の判断に委ねることで、少しでも設計者のバイアスを取り除くことに努めた。

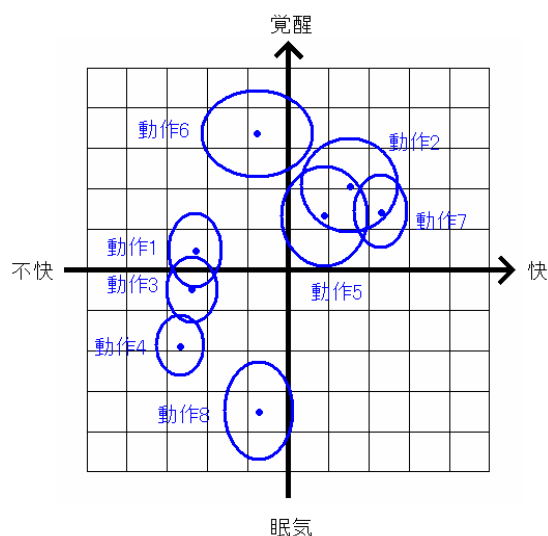


図2: ラッセルモデル上に写像された行動

以上のように、AIBOからユーザへの相互作用は、行動の表出という視覚的なモダリティを通じて行われる。一方、ユーザからAIBOへの相互作用は、頭部と背中にあるタッチセンサへの接触情報を用いた。AIBOのタッチセンサは飽和型の特性を持つため、センサ値を指数平滑移動平均等を用いてソフトウェア的に処理し、ユーザの接触行動を、「たたく」と「なでる」の二つの行動として認識するプログラムを開発した。AIBOの制御プログラ

ムはLinux上でgccを用いて開発した。また、実行時には、インタラクションのログを、Sony社製のRP-OPEN-Rを利用してワイヤレスLANを介してネットワーク上のサーバに記録した。

2. インタラクションモデル

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検証するため、(1)予測可能性が高い場合(予定調和行動)、(2)低い場合(ランダム行動)、および(3)適度な予測可能性を保つ場合(情動行動)の3つのインタラクションモデルをAIBOに実装し、仮説の妥当性を検証する。

2.1 予定調和行動モデル

図3に示すように、8つの行動を状態ノードとし、ノード間の遷移(アーク)を2つの接触行動(たたく、なでる)に対応させた状態遷移モデルを無作為に設計し、これを用いてユーザとの相互作用実験を行う。これは一次マルコフモデルとなるため、ユーザは容易に同定できると予想される。

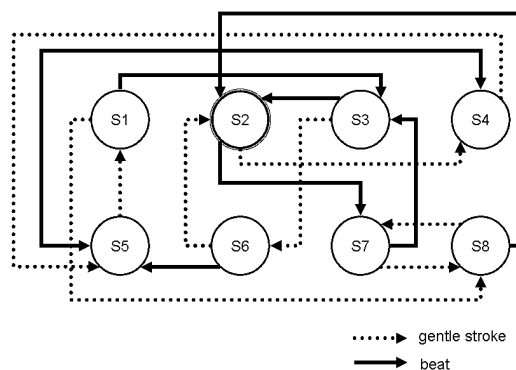


図3: 予定調和行動モデル

2.2 ランダム行動モデル

ユーザの接触行動に関係なく、8種類の行動パターンから一様な確率で、あるひとつの行動を選択し表出する。

2.3 情動行動モデル

先に述べたラッセルの情動判断空間モデルの二つの軸に相当する「覚醒度レベル(ξ)」と「不快レベル(ζ)」をロボットの内部状態とし、これらの

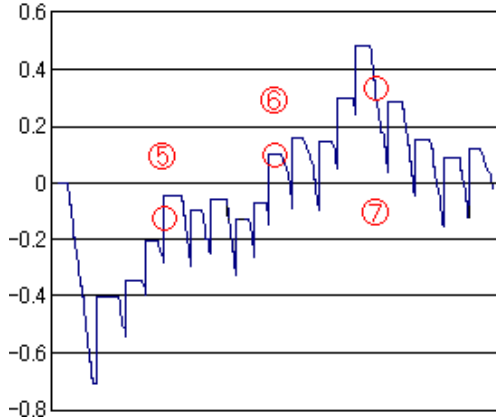


図4: 覚醒度レベルの推移

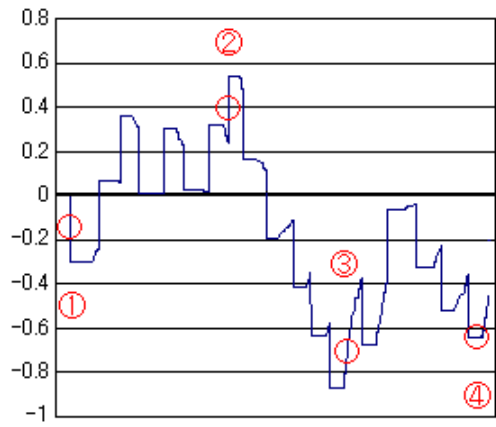


図5: 不快レベルの推移

変数がユーザとの接触インタラクションに基づいて自律的に時間発展する内部ダイナミクスを次式のように設計する. この内部状態に基づいて発現行動が変化するインタラクションモデルを情動行動モデルと呼ぶ.

$$\zeta_{n+1} = \zeta_n + \begin{pmatrix} 0.25 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & -0.053 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{head}^{gentle\ stroke} \\ s_{head}^{beat} \\ s_{back}^{gentle\ stroke} \\ s_{back}^{beat} \\ s_{head \wedge back}^{null} \end{pmatrix}$$

$$\zeta_{n+1} = \begin{cases} \zeta_n + \begin{pmatrix} 0.1 & -0.1 & 0.05 & -0.05 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_{head}^{gentle\ stroke} \\ s_{head}^{beat} \\ s_{back}^{gentle\ stroke} \\ s_{back}^{beat} \end{pmatrix} & (s_{head \wedge back}^{null} \neq 1) \\ \zeta_n \times 0.99 & (s_{head \wedge back}^{null} = 1) \end{cases}$$

ここで, 縦ベクトル s は, 接触インタラクションの部位および接触のしかたを示す状態ベクトルであり, 要素のうちひとつのみ1で, 他は0となる. また,

$s_{head \wedge back}^{null} = 1$ は, どのセンサも発火していない(すなわち相互作用していない)ことを意味している.

上式に従えば, 覚醒度レベル ξ は, インタラクションの種類によらず頻度に基づいて増加し, インタラクションがなければ自然減衰する. 一方, 不快レベル ζ は, インタラクションの種類と頻度に基づいて増減する.

3. インタラクション実験

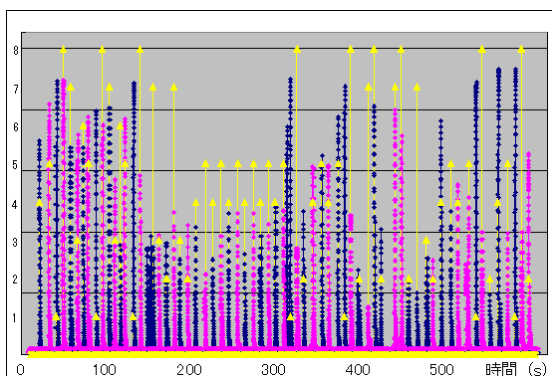
三種類のインタラクションモデルを実装したAIBOを用いて, 被験者を用いたインタラクション実験を行い, インタラクションモデルの比較を試みた. 実験時間を短縮するため, あらかじめ被験者には「行動2」のアニメーションを何度も見せてその動作パターンを教示し, 実験開始後には, 実機のAIBOが行動2をより多く実行するように相互作用を行うことを指示した.

三種類のインタラクションモデルを一度に比較評価することは困難であるため, 被験者ごとに「ランダム行動モデル」と「情動行動モデル」, 「予定調和行動モデル」と「情動行動モデル」の比較を各々してもらう必要がある. 本実験では, 4人の被験者に実験を行ってもらった. 実験の順序による影響を排除するため, 表1に示す順に相互作用実験を行った.

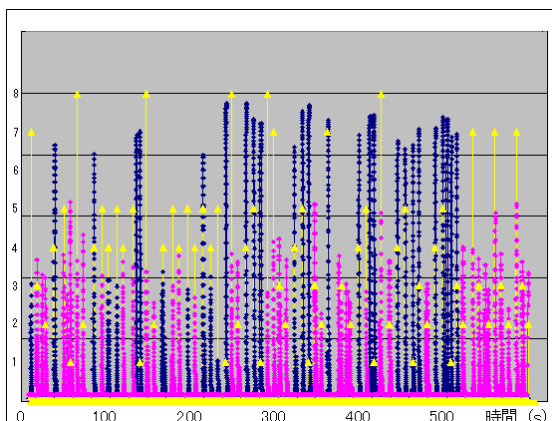
表1: 被験者の実験順序

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	時間
一回目 前半	ランダム 行動	情動 行動	予定調和 行動	情動 行動	20分
一回目 後半	情動 行動	ランダム 行動	情動 行動	予定調和 行動	20分
休憩					30分
二回目 前半	予定調和 行動	情動 行動	情動 行動	ランダム 行動	20分
二回目 後半	情動 行動	予定調和 行動	ランダム 行動	情動 行動	20分

被験者にはあらかじめ, (1)頭と背中にタッチセンサがあるということ, (2)「たたく」と「なでる」という方法でインタラクションを行うことができる, ということを教示し, インタラクションモデルの差異については説明しなかった. また, 休憩前と二回目の後半後の計二回, 前後半のAIBOを比較する

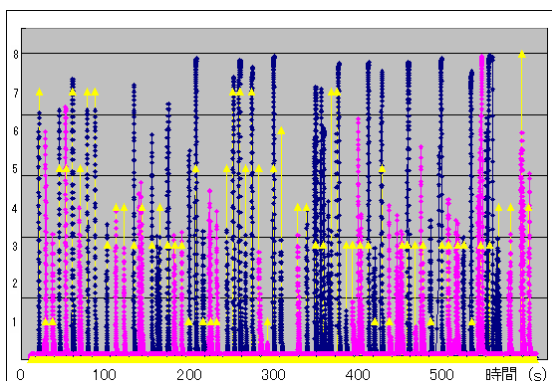


(a) 前半10分間

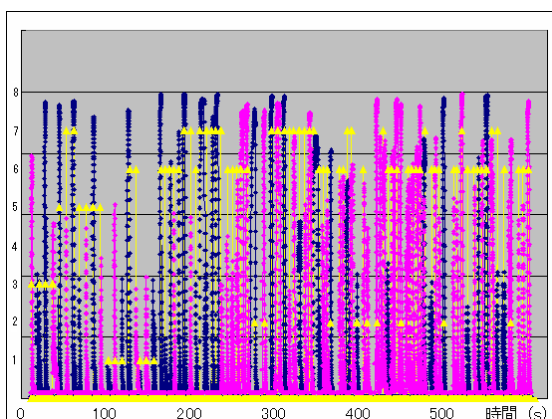


(b) 後半10分間

図6: 予定調和行動モデル(被験者1)



(a) 前半10分間



(b) 後半10分間

図7: 情動行動モデル(被験者1)

ためのアンケート調査を行った。

図6および7に、被験者1の予定調和行動モデルと情動行動モデルにおけるインタラクション実験の結果を示す。縦軸はAIBOが表出した行動番号と、頭部および背中への接触インタラクションのセンサ値を表している。図6の(b)より、被験者は、予定調和行動モデルの終盤になって行動2を出すための行動系列を把握できたことが見て取れる。

一方、図7の(b)より、情動行動モデルでも終盤には行動2を多く出すことができていることから、内部状態変数(覚醒度 ξ と不快レベル ζ)を維持することが行動表出に関連することを把握できていると言える。ここで、タッチセンサへの接触頻度を比較すると、情動行動モデルの方が有意に高く、ユーザの関心を維持できていることが示唆された。

また、アンケートによる内観報告によれば、情動行動モデルはすべての被験者が生物らしいと感じており、中には、「同じ動作の繰り返しが多いが、時に予想外の動作が出るとうれしく感じた」など、他の二つのインタラクションモデルと比べ、飽きずに引きつけられたと報告している。

[今後の研究の方向, 課題]

本稿の結果が、8種類しか行動を持たないロボットに限ったものであるか否かを多くの行動パターンを持つ系で調べる必要があると考える。また、短期的なユーザ状態の推定だけではなく、長期的に変化しないユーザのパーソナリティの抽出と、それを利用した暗黙的な情報支援について、現在研究を進めている。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 平川大介: ヒューマンエージェントインタラクションにおける長期間相互作用の促進手法に関する研究, 平成18年度東京農工大学工学部情報工学科卒業論文, 2007
- 2) 平川大介, 近藤敏之: HAI相互適応系における持続的インタラクションの実現, HAIシンポジウム2007 (投稿予定)