

振る舞いの間を用いたエージェントの連続的内部状態の表出手法

Expressing Continuous Internal State of Agent by using Behavioral Latency

瀧澤 祥太郎^{1*} 小林 一樹²
Shotaro Takizawa¹ Kazuki Kobayashi²

¹ 信州大学 工学部

¹ Faculty of Engineering, Shinshu University

² 信州大学 学術研究院

² Academic Assembly, Shinshu University

Abstract: 本研究では、ロボットの連続的な内部状態を発話やモーションの間として表現し、ユーザにとって解釈しやすいロボット心的状態を伝達する手法を提案する。提案手法では、ロボットの快／不快状態を内部状態として連続値で保持し、ロボットの振る舞いによって内部状態を直接的に表出する。連続な内部状態を振る舞いとして表出するために、振る舞いにおける時間的な間を調整する手法を採用した。具体的には、音声の部分的な時間調整とモーションの部分的な時間調整を行うことで内部状態を反映させる。内部状態の連続値に基づく細かな表出が可能となるため、離散的な表現と比較してユーザに内部状態を伝達しやすいことを参加者実験を通して明らかにする。

1 はじめに

近年、Pepper や Robi2, aibo といったコミュニケーションロボットが普及し始めている。このようなコミュニケーションロボットにとって、生物と同じように振る舞い、人間と同じように意思疎通できることが重要であり、ロボットの意図や感情に関する研究が行われている。例えば、6つの基本感情を多値で持たせ、外部刺激や内部の生理リズムに対し感情の強さに応じた反応をするモデルを使用した研究がある [1]。また、ロボットの意外な動作によって人間はロボットに騙されたと感じることが示されている [2]。さらに、疑似感性を内部に持ち、それに基づき6つの表情を自然に変化させる研究が行われている [3]。このような研究により、人間から見て自然に感じるロボットの内部状態の表現方法が研究されてきた。

しかし、従来研究では実行されるロボットの振る舞いは事前に用意されたリストから選択するものが多く、内部状態が直接的に反映されていない。そのため、人間がロボットの振る舞いを観察したときに解釈される内部状態が限定されており、十分に伝達できていない可能性がある。

そこで本研究では、ロボットの連続的な内部状態を連続的な時間的な間を用いて表出する方法を提案する。

内部状態の値を参照し音声とモーションに時間的な間を作ることで、実行予定の振る舞いを内部状態に応じて柔軟に変更できる。この結果、ユーザにとってロボットの多様な内部状態の理解が容易になると考えられる。

2 振る舞いの時間的な間による連続的な内部状態の表出

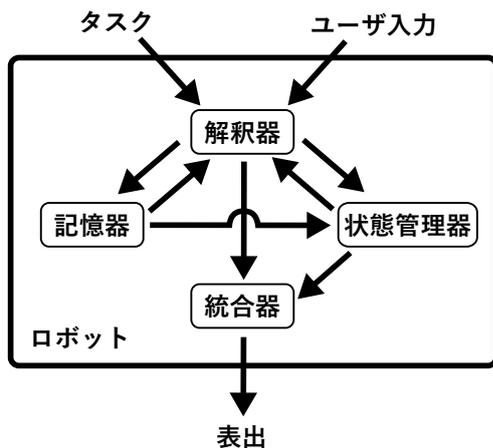
提案手法では、ロボットに連続値で表現される内部状態を設定し、この値を振る舞いの間に用いる。ここでは、内部状態はロボットの快・不快を意味する値とする。内部状態の値は、ロボットの音声やモーションの実行において、それらの時間的な変更として表現される。内部状態はタスクの達成やユーザの反応といった外部の状態によってその都度更新される。

2.1 表出アーキテクチャ

提案手法を実現するためのアーキテクチャを図1に示す。表出アーキテクチャは解釈器、記憶器、状態管理者、統合器から構成される。内部状態は、ロボットの快／不快状態を表す連続値であり、この値が大きいほど不快度が高いことを意味する。

解釈器は外部環境からタスクの成否の結果と、ユーザからの入力を受け付け、その解釈結果を状態管理者

*連絡先：信州大学工学部情報工学科
〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1
E-mail: 14t5052g@shinshu-u.ac.jp



外部環境

図 1: 表出アーキテクチャ

に、実行すべき行動を統合器に、タスクの成否を記憶器にそれぞれ出力する。状態管理者は解釈器の結果と、記憶器の内容によって内部状態を更新する。記憶器は解釈器の結果に基づき、保持しているタスクの連続成功回数と連続失敗回数を更新する。統合器は解釈器から出力された行動を受け取り、状態管理者が保持する内部状態に基づいて行動の構成要素である音声やモーションに時間的な間を生成し、実行する。

2.2 内部状態の更新

内部状態は、ロボットのタスクが終了したときと、ユーザからのフィードバックを受理したときに変更される。内部状態は、ロボットのタスク成否連続回数とユーザによる褒めや励ましの度合いの入力値によって決定される。以下では内部状態の変更式について説明する。

2.2.1 ロボットのタスク成功と失敗時

ロボットがタスクに成功したときは内部状態を減少させる。逆に、タスクに失敗したときは内部状態を増加させる。更新量は、直前のタスク成否連続回数と変化量とを参照する。内部状態を a 、過去のタスク成否連続回数を t 、定数 B, C とすると、 n 回目の更新時の内部状態は以下の式で表される。

$$a_{n+1} = a_n \pm C \pm \frac{1}{B} \sum_{m=n}^{n-t} (a_{m-1} - a_m) \{t - (n - m)\}$$

(±は成功時 -, 失敗時 + となる)

2.2.2 ユーザフィードバック

ロボットがタスクを終えた際に、ユーザからのフィードバックを用いてロボットの内部状態を更新する。タスクが成功してユーザがロボットを褒めた場合、内部状態を減少させる。また、タスクに失敗してユーザがロボットを励ました場合、内部状態を増加させる。ユーザはロボットに対して褒めたり、励ましたりするフィードバックを行うが、その際に褒めや励ましの強さを数値で入力する。更新量は入力の数値とタスク成否連続回数に依存する。ユーザによる褒めや励ましの度合いの入力値 i 、定数 D とすると、ユーザ入力に基づき n 回目に更新される内部状態は以下の式で表される。

$$a_{n+1} = a_n \pm \frac{t(i+1)}{D}$$

(±は成功時 -, 失敗時 + となる)

3 連続的な内部状態を表出するロボット

連続的な内部状態を表出するアーキテクチャを実装したロボットを開発した。ロボットには、図 2 に示す小型人間型ロボット Robi を採用し、サッカーボールをシュートする機能を実装した。シュート成功時には、「よっしゃー」と「やったー」という音声とそれに対応したモーションをランダムで表出する。また、シュート失敗時には、「まったくもう」と「がっくし」という音声とそれに対応したモーションをランダムで表出する。

これらの振る舞いの間を内部状態に基づき調整する。具体的には、それぞれ音声の促音部分「っ」において調整時間を設けた。ここでは音声とモーションの両方を停止することで、振る舞いの間として表現する。この停止時間が内部状態に応じて連続的に伸長するため、内部状態が連続的な値をとっていても、直接的に振る舞いに反映することができる。

シュート成功に対してユーザから褒められた場合には、内部状態を減少させ、「でへへへ」、「えへ照れるな」、「ありがとう」の 3 種類のうちどれかをランダムに表出する。逆に、シュート失敗に対してユーザから励まされた場合には、内部状態を増加させ、「これくらいへっちゃらさ」、「困ったね」、「しょぼーん」の 3 種類のうちどれかをランダムに表出する。

ロボットの行動制御にはリモート接続用ロビプログラム¹を使用し、開発した FrashAir を介して無線通信で制御する Python3 のスクリプトを使用した。ロボットのモーションは、ロボットに付属しているものから

¹(株)メディアクラフト リモート接続用ロビプログラム：
<http://www.kumagaya.or.jp/~mcc/robox/RBMotion/>



図 2: ロボットの外観

Robiscope² を用いて一部抜き出し、内部状態に応じて時間的な間を付与する WAIT 命令を追加して生成する。この間を付与する命令部分を動的に書き換えることで間の長さを連続的に表現する。実験参加者は、GUI ウィンドウにおいてボタンやスライダーを用い、ロボットに応答する。

4 実験計画

4.1 予備実験

振る舞いの間が観察者に与える印象についての予備実験を行う。間を用いた表現に使用する、第3節で述べたロボットの振る舞いを用い、連続的に停止時間が変化するロボットの振る舞いの動画と、離散的に停止時間が変化するロボットの振る舞いの動画とが観察者の印象に与える影響を比較する。この調査を通して提案手法の効果を調査する。

4.2 本実験

本実験において、実験参加者は開発したロボットとのサッカーゲームを通じたコミュニケーションをとる。ロボットは内部状態に基づいた時間的な間による表出をし、参加者が内部状態を理解した反応を行うかどうかを評価することで、提案する内部状態伝達手法の有効性を確認する。

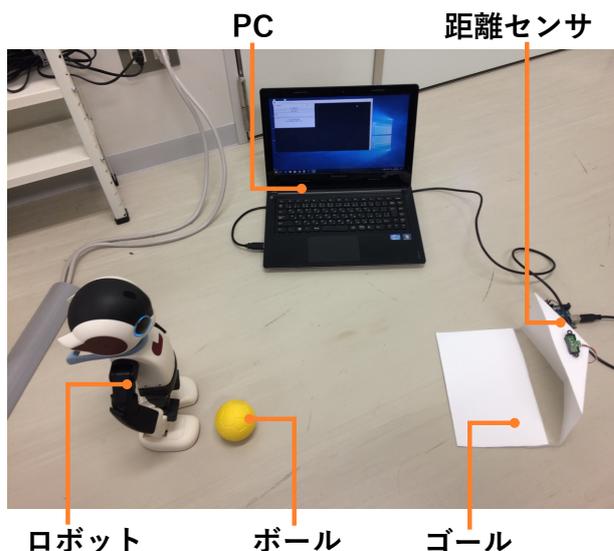


図 3: 実験環境

4.2.1 実験環境

図3に実験環境を示す。実験環境は、ロボット、ボール、ゴール、シュート成否検出用距離センサとマイコン、PCから構成される。実験参加者は、ロボットからの音声とモーションにより情報を得るが、ロボットに対して情報を送信する場合には、PCを介して専用のGUIウィンドウに入力を行う。

4.2.2 実験参加者のタスク

実験参加者は、ロボットとサッカーゲームを行う。まず、ロボットの右足付近にボールを置き、ボールを置いたことを図4に示すウィンドウのボタンを押して入力する。ロボットはそれを検出し、ボールを蹴ってシュートを行う。

ロボットのシュート後、実験参加者はロボットへのフィードバックを行う。シュートが成功した場合には褒める度合いの入力を、シュートが失敗した場合には励ます度合いの入力をGUIウィンドウ(図4中央部分)で行うように求められる。

この作業を何回か繰り返したところで、ロボットが「もう無理」という音声とモーションで、ゲームを諦める態度をとり、それに対する実験参加者の入力が求められる。入力内容は、図5に示すように、共感、励まし、無関心、その場しのぎを表すロボットに対する返答の言葉と、メッセージの自由記述であり、この内容を後述する実験条件間で比較する。また、実験後にアンケートによる主観調査を実施し、実験参加者がロボットに対して抱いた印象を調査する。

²Robiscope : <http://robi.micutil.com/robiscope.html>

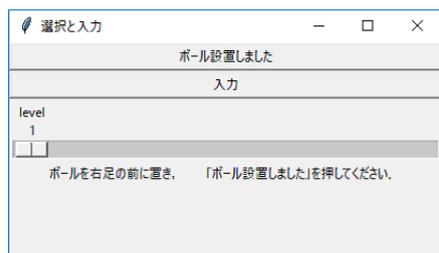


図 4: フィードバック選択入力ウィンドウ

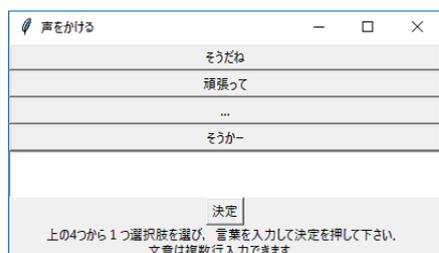


図 5: 最終フィードバック入力ウィンドウ

4.2.3 ロボットの振る舞い

ロボットは、シュート時に左右のステップを行う。これは、シュート成功確率が回数を進めるごとに低下させるための振る舞いである。本研究では、意図的にシュート成功率が低下する状況下において、ロボットに対して実験参加者がとる行動を調査する。

シュートの成功確率は、最初の2回目まで100%であり、それ以降8%ずつ低下させる。これにより、ロボットはシュート回数を重ねるごとにシュートに連続して失敗するようになり、内部状態が増加し、不快に感じているような振る舞いを頻繁に表出するようになる。

ロボットがシュートすると、ゴール上に取り付けた距離センサによってボールの有無を検出し、自動的に成功か失敗かを判別してロボットの内部状態を更新してシュート後の振る舞いを生成する。シュート後の振る舞いは、第3節で述べたように、ランダムに選ばれ実行される。

ロボットの内部状態が逐次更新され一定値を超えると、ロボットはシュートを諦めることを告げる振る舞いを実行し、実験参加者に最後のフィードバックの入力を求める。最後のユーザフィードバックが入力されると実験は終了となる。

4.2.4 実験条件

実験条件として、連続的な内部状態に基づく行動表出条件と、離散的な内部状態に基づく行動表出条件とを設定する。提案手法では、連続的な内部状態が反映

された表出手法をロボットに実装しており、この有用性を確認するために、比較実験を実施する。

4.2.5 ロボットの内部状態の更新

実験では、第2.2.1節に示したシュート成否に基づく内部状態の更新式において、 $C = 5$, $B = 2$ とし、第2.2.2節に示したユーザフィードバックに基づく内部状態の更新式において、 $D = 50$ とする。

また、内部状態の上限を200と設定し、この値を超えた場合にシュートを諦める振る舞いを実行し、最後のユーザフィードバックの入力を求める。

5 まとめ

本研究では、ロボットの表現が離散的で乏しい問題に着目し、連続的な内部状態を音声とモーションにおける連続的な間によって表出する手法を提案した。表現に連続的な部分をもたせることで、ユーザはより多様なロボットの内部状態を容易に理解できると考えられる。今後、予備実験と本実験を実施し、提案方法の有効性や有効範囲を明らかにする予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費新学術領域研究「認知的インタラクシオンデザイン学」(No.JP26118005)の助成を受けました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] 田島年浩: 感情を持ったペット型ロボット, 日本ロボット学会誌, Vol. 18, No. 2, pp. 188-189 (2000)
- [2] 寺田和憲, 伊藤昭: 人間はロボットに騙されるか? -ロボットの意外な振る舞いは意図帰属の原因となる-, 日本ロボット学会誌, Vol. 29 No. 5, pp. 445-454 (2011)
- [3] 湖上潤, 宮治裕, 富山健: 人間共生ロボットにおける疑似感性システムの構築と評価, 日本感性工学会論文誌, Vol. 9, No. 4, pp. 601-609 (2010)