

確率モデルを用いた擬人化エージェントの表情表出

Generation of Facial Expressions of Animated Agents Using a Probabilistic Model

湯浅 将英 安村 禎明 新田 克己
Masahide YUASA Yoshiaki YASUMURA Katsumi NITTA

東京工業大学大学院 知能システム科学専攻

Tokyo Institute of Technology, Department of Computational Intelligence and Systems Science

In this report, we propose a tool for generating facial expressions of animated agents which negotiate via network. This agent learns an user's tendency to select facial expressions of the animated agent. After learning it, the agent automatically generates the facial expressions and negotiates with the others instead of the user. In order to learn the tendency, the tool uses Bayesian Network which includes a transition of emotional states effected by the proposals and facial expression from the opponent. By using the tool, making various kinds of negotiation agents becomes easier. The experimental results shows that the tool can generate the facial expressions appropriately instead of the user, and deals with individual differences by learning. Finally, we shows that the tool estimates the opponent's emotional states using the model.

1. はじめに

近年、より気軽にコンピュータを扱えるインタフェースとして、擬人化エージェントの研究が進んでいる。それらのエージェントでは、ルールを用いたタスクをあらかじめ組み込むことで、簡単に制御できるようになっている。

しかし、従来、擬人化エージェントの表情の動作については、表情変化そのものが考慮されていないものや、簡単なルールで表情を変化させるものがほとんどである。人間の表情表出については、表出する相手への快不快感情や心理状態の履歴などの要素を考慮する必要がある [岡田 01, 湯浅 02]。そのため、以前、我々は相手への感情や心理状態の履歴を考慮した表情表出モデルを提案し、それを組み込んだエージェントの表情表出アーキテクチャを提案した [湯浅 02]。これは、ユーザが擬人化エージェントの表情を用いる傾向を学習し、学習後はユーザの代わりに表情を表出する。

本論文では、さらに表情表出モデルをベイジアンネットによって改良し、ユーザの心理状態を推測する表情表出ツール TAA(A Tool for Animated Agent) を提案する。そして、エージェントがこのモデルを用いることで、ユーザと相手とでやり取りされる情報をもとに、相手の心理状態を推測できることを示す。

なお、表情の表出には、思わず出してしまうような一次的表情と、相手や状況のことを考え、意識的に表出する二次的表情がある [海保 00, 岡田 01]。本論文では、ユーザの心理状態に依存する一次的表情を扱う。

2. 交渉エージェント

2.1 交渉エージェントの機能

本研究における交渉エージェントとは、ネットワーク上での交渉において、ユーザの代理を担うエージェントである。図 1 にその操作パネルを示す。

エージェントは、ユーザの表情表出モデルを学習する「学習モード」と、自律的にユーザの代理として、提案と表情を提示する「自動モード」の 2 つの動作形態を持つ。



図 1: 交渉エージェントの操作パネル

「学習モード」では、図 1 の操作パネルを用いて、ユーザ自らがネットワーク上の相手と直接交渉する。また、ユーザは相手から提案と表情を受け取ったとき、その提案の評価値や相手への快不快の評価等も入力する。

「自動モード」では、図 1 におけるユーザの入力は不要になり、エージェントは、表情を選択し、また、タスク依存部分に基づき、次の提案を選び、それらの情報を相手に送る。次どのような提案を選ぶかは、タスクによって異なるため、エージェント作成者はそれを設計する必要がある。

2.2 エージェントのアーキテクチャ

提案するエージェントのアーキテクチャを図 2 に示す。図のアーキテクチャの下部は TAA の部分、上部はタスク依存部分であり、ユーザが用意する。

- インタフェースモジュール

相手から送られてきた表情の制御情報に応じて、ユーザに向けて擬人化エージェントの表情の描画、音声の出力をする。また、ユーザの交渉提案や表情の選択等の入力を受け付けて、相手に送る。

- 学習モジュール

連絡先: 〒 226-8502 横浜市緑区長津田町 4259
東京工業大学大学院 知能システム科学専攻
{yuasa, yasumura, nitta}@ntt.dis.titech.ac.jp

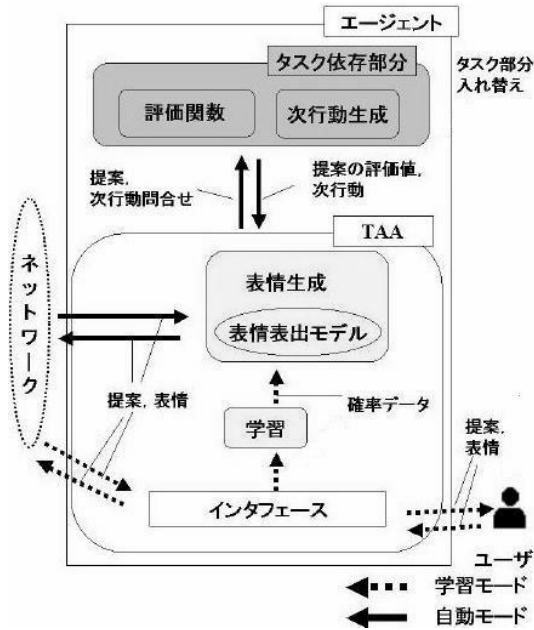


図 2: エージェントのアーキテクチャ

インタフェースへのユーザの入力から、提案と表情の確率を学習し、表情表出モデルを構築する。

● 表情生成モジュール

提案の評価値および相手の表情から表情表出モデルを用いて、表情を生成し、それを相手に送る。

以降は、ユーザがタスクごとに用意するモジュールである。

● 評価関数モジュール

相手からの提案を評価する。評価値は表情生成モジュールに渡される。なお、この部分は、タスクに依存するため、タスクが変わるごとに入れ替えるものとする。

● 次行動生成モジュール

相手からの提案や表情をもとに、次行動を生成する。次行動は再提案や合意、決裂などである。

3. 表情表出モデル

ここでは、エージェント内の表情表出モデルについて述べる。まず、ABX モデルについて説明し、それを基にベイジアンネットを用いて表情表出をモデル化する。

3.1 ABX モデルに基づく心理状態

ABX モデル [Newcomb 53] とは、交渉当事者 A と B が提案 X について対話しているとき、その 3 者関係を、(a) A の X に対する評価値、(b) B の X に対する評価値、(c) A の B に対する感情の関係で捉え、一方が他方に肯定的であるときを + 符号、否定的であるときを - 符号、中間であるときを 0 とし、矢印と共に示したものである [湯浅 01, Yuasa 01]。

ABX の関係が全てプラスのとき、あるいは 2 つがマイナスで 1 つがプラスのときを安定状態、2 つがプラスで 1 つがマイナスのときを不安定状態とする。不安定状態では、いずれかの矢印を変更し、安定状態に向かう傾向がある。

図 3 は、B から、提案 X と表情を受け取ったときの A の心理状態を列挙したものである。提案 X は B が出したものであ

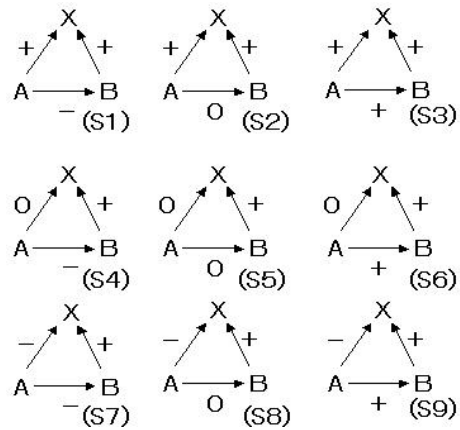


図 3: エージェントの心理状態

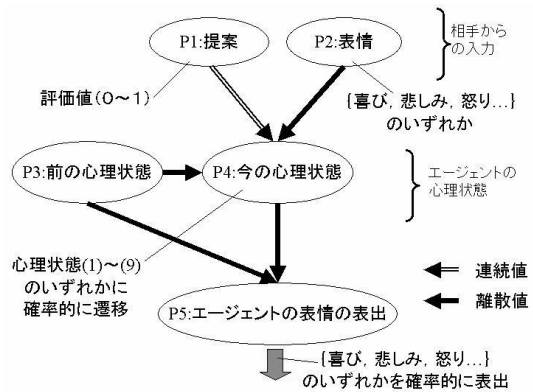


図 4: ベイジアンネットによる表情表出

るため、B から X の矢印の符号は常に + である。A から B、および A から X への矢印は、それぞれ 3 通りの値を取れるため、全部で 9 状態が考えられる。

図 3 の S3 と S7 が安定状態であり、S1 と S9 が不安定状態である。

3.2 ベイジアンネットを用いた表情表出

提案と表情を受け取ったときのエージェントの心理状態は、図 3 中の 9 つのいずれかであるとする。相手から新たに提案や表情を受け取ったときに、別の心理状態になり、このときにいずれかの表情が確率的に選択され表出されるとする。これを図 4 のようなベイジアンネットでモデル化する。このネットによって、新たに相手からの提案 (P1) と相手からの表情 (P2) が来た際、その影響を受けて、前の心理状態 (P3) から今の心理状態 (P4) に遷移すること、また、前の心理状態 (P3) から今の心理状態 (P4) に遷移するときに表情の表出 (P5) がされることが描ける。

なお、ネット内には、P3 から P5 のノード間のパスが P3 → P4 → P5, P3 → P5 と複数存在している。この部分は複数のノードを結合して一つのノードとして扱うクラスタリング法 [Russell 97] を用いて計算する。

このネットワークにより、同じ入力であっても、常に同じ状態遷移や、同じ表情が表出されるわけではなく、確率的に遷移や表出をさせることができる。そして、実際に使用するユーザの擬人化エージェントの表情表出確率を適切に学習することで、エージェントをそのユーザに対応させることができる。

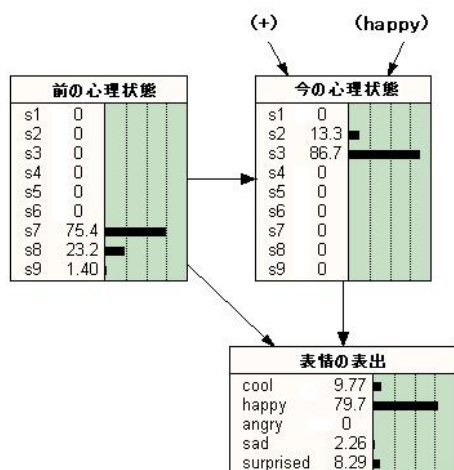


図 5: 提案ノード (+), 表情ノード (HAPPY) の場合

4. 価格交渉による実験

4.1 実験内容

表情表出モデルによる表情表出の妥当性を検証するため、価格交渉実験を実施した [湯浅 02]。この実験は、ネットワークを介して価格交渉をするもので、一回の交渉ごとに売買する商品をこちらで定め、商品の画像と類似商品の価格帯等の情報を売り手と買い手の双方に提示して交渉ができるようにしてある。今回は、基本的な五種類の表情を選び「冷静 (COOL), 怒り (ANGRY), 悲しみ (SAD), 喜び (HAPPY), 驚き (SURPRISED)」とした。被験者は、相手から出された提案に対し、表情を正直に提示する。選択された表情は、相手の画面上でその挙動が再現される。

また、被験者に、相手から提案と表情を受け取るごとに、Webブラウザ上で評価値を入力してもらった。評価する内容は、相手の提案の評価 (かなり悪い, やや悪い, ふつう, やや良い, かなり良い) と、快不快の評価 (かなり不快, やや不快, ふつう, やや快, かなり快) である。

4.2 実験の結果

被験者は大学生と院生 11 人であった。評価値および快不快の評価と ABX モデルの符号との対応は、「ふつう」を「0」とし、それより悪い評価を「-」、良い評価を「+」と 3 段階とし、9 状態のいずれかに割り当てられるようにした。

そして、取得データを図 4 のベイジアンネット で学習させた。

図 5 は、心理状態は S7 が 75.4%, S8 が 23.2%, S9 が 1.40% という相手への感情も提案の評価も低い心理状態から、相手から評価の高い提案 (+) と表情 (HAPPY) を受け取ったときの存在確率を示している。このとき、S3 になる確率が 86.7% と多く、表出表情は、HAPPY が 79.7% と多い。提案も良くなり相手からの表情が HAPPY であったことからこれが多く選択されていると推察される。

以上のように、提案するベイジアンネットが相手からの提案および表情、相手への感情を考慮しながら心理状態の移り変わりと共に表情を表出するモデルになっていることがわかる。

4.3 実験の考察

表情表出モデルによって表出される表情と、ユーザが選択する表情がどのくらい一致するかを検討する。

交渉実験の被験者 2 名 (A, B とする) を選び、それぞれの被験者の実験データを学習させたモデル A, B を作る。さら

表 1: モデルの表出した表情とユーザの選択した表情の比較

モデルと比較データは同じ	モデルと比較データは異なる
(1) モデル A-データ A 73.0 %	(3) モデル A-データ B 48.8 %
(2) モデル B-データ B 68.5 %	(4) モデル B-データ A 19.4 %

に、学習させたデータとは別に、比較用に被験者ごとにデータ A, B をそれぞれ用意する。そして、モデル A, B と比較データ A, B の組み合わせによる一致率の違いを調べる。表 1 が結果である。表では、例えば、(1) は、被験者 A のデータを学習させたモデル A と、被験者 A による比較データとの一致率を示している。

表を見ると、同じ被験者でモデルを作成、比較させた場合は、(1) は 73.0%, (2) は 68.5% と高い確率で一致させることができ、ユーザの擬人化エージェントの表情の選択に近い表情表出をしていることができることがわかる。しかし、学習モデルが異なる場合、(3) は 48.8%, (4) は 19.4% と低くなる。

よって、表情表出モデルは、ユーザごとに、その表情使用傾向を学習する必要があり、逆に、適切にモデルに学習させることで、ユーザに合わせた表情が表出できると言える。

5. ベイジアンネットによる心理状態の推測

5.1 相手の心理状態の推測

前章で、表情表出モデルを用いることで、ユーザに合わせた表情が表出できることを述べた。これと同様に、表情表出モデルのベイジアンネットを相手に適用することで、相手の心理状態を確率的に推測できる。

ただし、相手がユーザの提案と表情をどのように評価するかはユーザ側からは把握できないため、心理状態を直接知ることはできない。推測するための手がかりとして用いることができるのは、ユーザから相手に提示した提案および表情、また、相手の表情である。

例えば、図 6 は、ユーザが相手に対して評価が (+) となる提案と (HAPPY) の表情を送った後に、相手が (HAPPY) の表情を表出したときを示している。このような場合、図のように、相手の心理状態が S3 である可能性が 88.3%, S2 が 11.7% である可能性が考えられる。

さらに、相手の心理状態の推測をもとに、特定の提案や表情を相手に送ることで、相手の次の心理状態を変えさせ、その心理状態から相手の行動を誘導するという交渉戦略を考えることもできる。

5.2 心理状態の推測の実験

表 2 は、モデルが推測した心理状態 (S1 ~ S9 のいずれか) と、実際のユーザの選択した心理状態を比較し、その一致率を示した一例である。

学習させるデータには、まず、相手のデータ (X) を用意した。しかし、現実交渉の際には、相手の心理状態をユーザは直接知ることはできない。そのため、あらかじめ知ることができるデータとして、前章の実験における被験者の平均データ (Y) を作成し、これを基準として推測する場合も用意した。そして、個々の交渉状況において相手の選択した心理状態とモデルが推測する確率の最も高い心理状態とが一致するかを調べた。

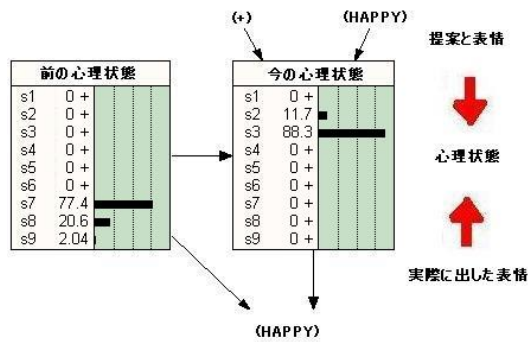


図 6: 相手の心理状態の推測

表 2: 推測した心理状態の一致率

学習データ	(1) 表情を用いる	(2) 表情を用いない
(X) 相手のデータ	71.0 %	48.3 %
(Y) 平均のデータ	45.5 %	42.3 %

また、表 2 の (1) は、ユーザの提案と表情および相手の表情を手がかりに相手の心理状態を推測した場合である。(2) は、相手の表情は用いずに、ユーザの提案と表情のみで、相手の心理状態を推測した場合である。

表 2 を見ると、まず、(X) の (1) では、71.0%と高い率で一致している。一方、(2) は、48.3%と低くなる。これは、心理状態の推測に、相手の表情を用いることが有効であることを示している。また、(Y) の (1) では、45.5%、(2) では 42.3%と一致率が低い。相手のデータを使うことなく、平均のデータのみだとあまり高い一致率が見られないことがわかる。相手に関する情報をベイジアンネットにより多く蓄積していく必要があり、そうすることで一致率を上げていくことができると考えている。

6. まとめ

ユーザの擬人化エージェントの表情の使用傾向を学習し、ユーザに代わって自動的に表情を表出する交渉エージェントのツールを作成した。これを用いることにより、エージェント作成者は表情表出部分の作成の負担が軽減される。学習には、提案の評価値、相手の表情、相手への快不快の評価値を入力とし、さらに心理状態の遷移を考慮したベイジアンネットを用いた。

交渉実験により、モデルの表情表出とユーザの表情選択の一致率が高いこと、また表情表出の個人差にも対応できることを示した。さらに、表情表出モデルを用いて、相手の心理状態を推測する交渉戦略の可能性を述べた。

参考文献

[岡田 01] 岡田, 三嶋, 佐々木編: 身体性とコンピュータ, 共立出版 (2001).

[湯浅 02] 湯浅, 安村, 新田: 交渉エージェントのための表情表出アーキテクチャ, 人工知能学会研究会資料, SIG-KBS, SIG-ICS, 知能と複雑系, 130-12 (2002).

[海保 00] 海保: 瞬間情報処理の心理学, 福村出版 (2000).

[Newcomb 53] Newcomb, TM: An Approach to the Study of Communicative Acts, Psychological Review, Vol. 60, No.6 (1953).

[湯浅 01] 湯浅, 安村, 新田: 主観的要素を考慮した交渉の状態遷移モデル, システム制御情報学会論文誌, Vol.14, No.9 (2001).

[Yuasa 01] M. Yuasa, Y. Yasumura, K. Nitta: Negotiation Support Tool Using Emotional Factors, IFSA-NAFIPS (2001).

[Russell 97] Russell, Norvig: エージェントアプローチ 人工知能, 共立出版 (1997).