

ベイジアンネットを用いた交渉エージェントの表情表出

湯 浅 将 英[†] 安 村 禎 明[†] 新 田 克 己[†]

本論文では、ネットワークを介して交渉する擬人化エージェントの表情表出ツールを提案する。このツールは、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自動的に表情を表出する。学習には、相手からの提案と表情によって変化する心理状態を考慮したベイジアンネットを用いる。このツールを用いることにより、使用者の表情選択の煩わしさを軽減させることができる。さらに検証実験により、学習後にツールが自動的に出す表情が、ユーザの選択する表情と一致することと、学習によって表情表出の個人差に対応できることを確かめた。

A Method of Generating Facial Expressions for Negotiation Agents by Using Bayesian Network

MASAHIDE YUASA[†], YOSHIAKI YASUMURA[†] and KATSUMI NITTA[†]

In this paper, we propose a tool for generating facial expressions of animated agents, which negotiate through a computer network. This agent learns a 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, the user can reduce a cost of selecting facial expressions. Finally, the experimental results show that the tool can generate the facial expressions appropriately instead of the user, and deals with individual differences by learning.

1. はじめに

近年、オンラインのコミュニケーションツールとして擬人化エージェントやアバターを用いたサイトやチャットサービスが登場している。これは、ネット参加者同士のコミュニケーションに、CGによる参加者の分身を用い、その表情を変化させることでコミュニケーションを豊かにするものである。

しかし、現在の擬人化エージェントやアバターのツールでは、表情はユーザ自身が選択しており、コミュニケーションが長時間になると、表情の選択が煩わしくなる場合や選択を忘れる場合もある。表情の表出を自動化することができれば、使用者の表情選択の煩わしさを軽減させることが期待できる。

ここで、表情表出の特徴を考える。一つ目の特徴は、人間の表情には一次的表情と二次的表情の二種類があることである^{1),2)}。一次的表情は、意図せずに思わず出してしまうような表情であり、その人間

の心理状態を率直に反映している。二次的表情は、意識的に表出する表情であり、心理状態の他に、状況判断や利益の計算、戦略などのさまざまな要素を反映している。二つ目の特徴は、人によって、どの表情を表出しやすいかにも違いがあることである。同じように不利な状況でも、ある人は悲しみの表情を表出し、別の人は怒りの表情を表出するかもしれない。

このような特徴であるにも関わらず、従来の擬人化エージェントの研究では、一次的表情と二次的表情を区別しておらず、また、表情表出の個人差も考慮していない。擬人化エージェントの動作の枠組みとなるツール^{3),4)}などを用いて、「外部からの特定の刺激に対して、特定の表情を表出する」といった簡単なルールで表情を変化させているものがほとんどである。一次的表情は、心理状態を反映しており、この表情を読み取ることで、人間同士のコミュニケーションがスムーズに進行できる。例えば、お互いに協調して合意することを目的とした和解や調停では、議論をスムーズに進めるために、一次的表情を利用することは重要である。また、二次的表情

[†] 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.

に比べて表情表出に関わる要素の数が少なく、表情表出のモデルがシンプルになることが期待される。

そこで本研究では、一次的表情を自動的に表出する擬人化エージェントの表情表出モデルを提案することを目的とする。このモデルでは、表情表出を心理状態に依存する確率的なものと捉え、相手の発言内容と表情および前の心理状態から、次の表情を選択するベイジアンネットで構成する。表情表出の個人差は、個別にベイジアンネットを学習することによって対応する。さらに、この表情表出モデルを、エージェントの表情表出ツール TAA (a Tool for Animated Agent) として実装する。

TAA は擬人化エージェントを構築するための汎用ツールであるが、本論文では、発言内容を評価値として表現できるというシンプルさを持つオンライン交渉に適用する場合を例として説明する。オンライン交渉を用いることにより、モデルの作成が容易になり、有効性が評価しやすくなる。ここでは交渉の機能を持つ擬人化エージェントを「交渉エージェント」と呼ぶ。

第2章では、交渉エージェントの機能とそのアーキテクチャを述べる。第3章では交渉エージェントの中核となる TAA と、そこに用いられる表情表出モデルの概要を説明する。第4章では、交渉エージェントを用いた価格交渉の実験により、表情表出モデルの妥当性を検証する。第5章では、表情表出モデルを利用した相手の心理状態の推測の可能性を述べ、第6章でまとめる。

2. 表情を用いたオンライン交渉

2.1 オンライン交渉

ここで想定しているオンライン交渉は、ネットワークを介した二者間で、単に提案を交換するだけでなく、相手のディスプレイ上でアニメーションの表情を変化させながら提案の内容を発話するものである。このように、交渉参加者間に表情のやり取りを加えることで、交渉をスムーズに進行することができる^{5),6)}。オンライン交渉で用いるツールの操作パネルを図1に示す。図1の左上は、相手からコントロールされているアニメーションの表情である。右側は、こちらの交渉参加者が表情を選択する部分と、提案を入力する部分である。

2.2 交渉エージェント

交渉エージェントとは、オンライン交渉において、交渉相手から提案と表情を受け取り、交渉参加者（ユーザ）のパートナーまたは代理として、自動

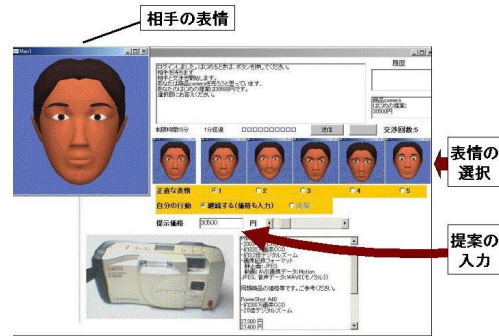


図1 オンライン交渉の操作パネル

Fig. 1 GUI for negotiation through a computer network.

的に提案と表情を相手に送る機能を持つ擬人化エージェントのことである。エージェントをパートナーとして用いるときは、提案をユーザが作成し、表情をエージェントが選択する。これにより、長時間の交渉をするときに、ユーザは表情選択の負担から解放される。エージェントを代理として用いるときは、提案も表情もエージェントが作成する。これは交渉の初期段階に、ユーザが交渉を一時的に退席する場合でも交渉を継続することができ、ユーザの負担軽減が期待できる。

交渉エージェントは、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交渉する「自動モード」の2つの動作形態を持つ。

「学習モード」では、ユーザの表情表出の使い方を学習する。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。交渉の際には単に相手に提案を提示するだけでなく、相手画面上の擬人化エージェントにどのような一次的表情をさせるかも選択する。また、相手から提案と表情を受け取ったとき、その提案の評価や相手への快不快の評価等も入力する。入力されたデータは蓄積され、それをもとにユーザの心理状態の変化傾向と、状態が変化するとき用いられやすい表情の選択傾向が計算され、表情表出モデルが作成される。

「自動モード」では、エージェントをパートナーとして使うときは、図1におけるユーザの表情の入力は不要になり、エージェントが一次的表情を自動的に送った後、ユーザが行動（再提案、決裂、合意）を選択する。エージェントを代理として使うときは、エージェントは一次的表情を自動的に送った後、さらにタスク依存部分に基づき、次の行動を選

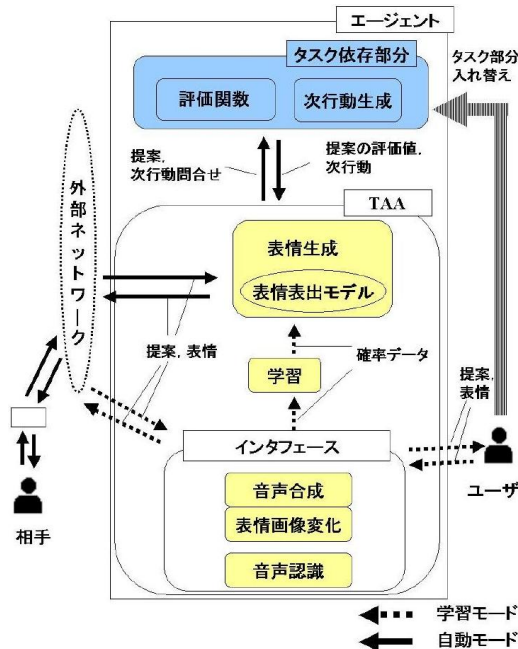


図 2 エージェントのアーキテクチャ
Fig. 2 Architecture of the agent.

び、その情報を相手に送る。次にどのような行動をする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実装しておく必要がある。

2.3 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。エージェントは、タスクに応じて実装する「タスク依存部分」と、タスクに依存しない共通部分として一次的表情を表出する「TAA 部分」を持つ。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る。個々のモジュールについて述べる。

- 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、ユーザー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。表情はアニメーションで動作し、音声合成 (MS Speech Engine) により提案を発話する。また、ユーザー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。提案の入力には、市販の音声認識ソフト (IBM ViaVoice) を用いることができる。

- 学習モジュール

インタフェースへのユーザーの入力から、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、ユーザー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し、評価値を計算する。評価値は表情生成モジュールに渡される。提案の評価値は、タスクごとに評価方法が異なるため、タスクに応じて実装する必要がある。

- 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。再提案をすることにより、交渉は継続され、相手の応答を待つことになるが、合意や決裂の場合は交渉は終了となる。

3. 表情表出モデル

本章では、エージェントの表情表出モデルについて述べる。このモデルは、相手の提案内容に加えて、相手への感情を考慮し、どの表情を表出すべきかを確率的に選択するものである。「相手への快あるいは不快感情」は相手からの表情により発生するとする。そして、提案内容と相手への感情の評価から心理状態が決まるとする。さらに新たに提案および表情を受け取ったときに、その時の心理状態から別の心理状態へ変化し、表情が表出されるとする。

3.1 ABX モデルに基づく心理状態

我々は以前、ABX モデル^{7),8)} の表記を用い、相手エージェントの表情によって、交渉当事者の意思決定が変化することを述べた^{5),6)}。ABX モデルとは、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。

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

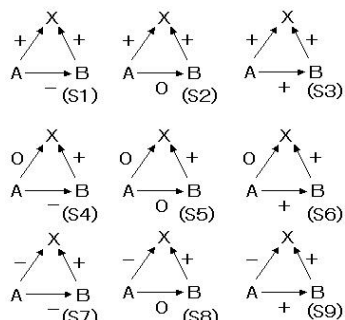


図3 Bから提案と表情を受けたときのAの心理状態
Fig. 3 Emotional states of A, when A receives a proposal and a facial expression from B.

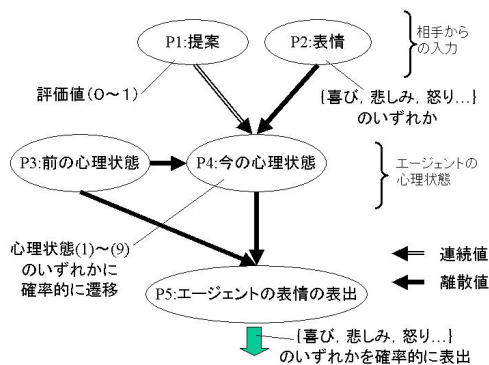


図4 ベイジアンネットによる表情表出
Fig. 4 Generation of facial expressions by using Bayesian Network.

はBが出したものであるため、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。このモデル化には、図4のベイジアンネットを用いる。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。また、提案(P1)の入力は、

提案を数値化した提案の評価値を用い、これを3段階(-, 0, +)に分けて用いる。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⁹⁾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をさせることができる。

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。実験では、ネットワークを介して価格交渉をすることとした。価格交渉とは、売り手と買い手の二者間で、ある商品について、価格を提示していき、合意を目指すものである。インタフェースは、図1と同じものを用いた。

どの種類の表情を使うかは、心理学の表情の分類の研究¹⁰⁾を基にする。Ekmanによる表情分類の研究では、表情は「楽しみ」「悲しみ」「驚き」「嫌悪」「怒り」「恐れ」の六種類に分かれるとされている。しかし、この中で「嫌悪」は、「怒り」と分類が近い使用せず、また、交渉の場面では「恐れ」の表情は用いられにくいため、使用しなかった。そして、中間状態である「冷静」を加え、「冷静(COOL)」「怒り(ANGRY)」「悲しみ(SAD)」「喜び(HAPPY)」「驚き(SURPRISED)」の五種類とした。

図5は実験に使用した顔画像である。顔画像の表示には、顔画像表示ツール mface¹¹⁾の windows版を改良し用いた。なお、表情表出において顔画像を選択する際、感情語に影響されないように、顔画像には「喜び」「悲しみ」等の文字による画像の説明はつけず、被験者は番号で選択する。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。

交渉には、次のようなルールを設けた。

- 一回の交渉ごとに売買する商品はこちらで定めた。交渉がはじまると、商品の写真と類似商品の価格を売り手と買い手の双方に提示する。
- 提案は売り手から買い手に1つずつ出される。



図 5 顔画像 (実際は動画アニメーション。上段左から COOL, HAPPY, ANGRY 下段左から SAD, SURPRISED)
Fig. 5 Facial expressions. (Upper: COOL, HAPPY, ANGRY, Lower: SAD, SURPRISED)

表 1 アンケート内容

Table 1 The questionnaire in the experiment.

- (1) 正直な表情 (1 から 5 までの番号で選択する)
- (2) 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
- (3) 快不快: かなり不快, やや不快, ふつう, やや快, かなり快

買い手はそれに対し表情のみを返す。

被験者に、相手から提案と表情を受け取るごとに、Web 上に作られたアンケートに入力してもらった。その質問内容と項目を表 1 に示す。

交渉の売り手にはプログラムを使用した。被験者には、相手が人間であるか、プログラムであるかは伝えなかった。また、プログラムの用いる提案の妥協、表情は、ランダムのパターンを作成し利用した。価格は大幅に妥協する場合、中程度妥協する場合、ほとんど妥協しない場合を作り、偏りの無いように利用した。表 2 は、1 回の交渉ごとの商品名、買い手に提示する価格と表情を順に示した例である。例えば、商品の DVD-1 では、1 番目の価格の 152,000 円から、2 番目の 145,000 円へ大幅に妥協している場合を示している。DVD-2 では、1 番目の価格の 152,000 円から、2 番目の 150,000 円とほとんど妥協していない場合である。このように価格のパターンを作り、これにランダムに表情を割り当てた。これらの設定により、被験者の中で相手がプログラムであることに気が付いたものはいなかった。

4.2 実験の結果

被験者は大学生と院生 11 人で、交渉回数は合計 181 回で、提案の提示回数は 422 回であった。集計に用いた事例データのの一部を表 3 に示す。

表 2 提示する価格提案と表情の例

Table 2 Example of proposals and facial expressions.

商品名	1 番目	2 番目	3 番目
	価格 (円) 表情	価格 (円) 表情	価格 (円) 表情
DVD-1	152,000 COOL	145,000 SAD	143,000 ANGRY
DVD-2	152,000 SAD	150,000 HAPPY	145,000 SURPRISED
BAG-1	158,000 COOL	130,000 HAPPY	120,000 SURPRISED
BAG-2	158,000 SAD	140,000 COOL	129,000 COOL
PS2-1	24,500 COOL	23,800 HAPPY	23,000 ANGRY
...			

表 3 取得した事例の一部

Table 3 Examples of case data.

相手の 提案	相手の 表情	前の 心理状態	今の 心理状態	表出する 表情
-	COOL	S7	S7	COOL
0	ANGRY	S5	S4	SAD
0	SAD	S5	S5	COOL
+	HAPPY	S3	S3	HAPPY
+	ANGRY	S2	S3	HAPPY
....	...	..	..	..

ABX モデルの符号と、提案の評価値および快不快の評価の対応は、「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。なお、これにより、本来連続値である提案の評価値はそのまま 3 段階に分かれる。割り当てられた心理状態は、表 3 の「今の心理状態」である。さらに次の提案と表情が来たときに「今の心理状態」は「前の心理状態」となり、新たに心理状態が作ら

表 4 提案の評価値と快・不快値 ((S1)~(S9) は図 3 のものと対応する)

Table 4 Evaluations of proposals and feeling against opponent. ((S1)~(S9) are same as Fig.3)

	快・不快値				
提案 の 評価 値		-	0	+	計
	+	状態 (S1)	(S2)	(S3)	147
		12	43	92	
		2.8 %	10.2 %	21.8 %	
	0	(S4)	(S5)	(S6)	147
		18	123	6	
		3.5 %	29.2 %	1.5 %	
	-	(S7)	(S8)	(S9)	128
		72	54	2	
17.1 %		12.8 %	0.5 %		
計	102	220	100	422	

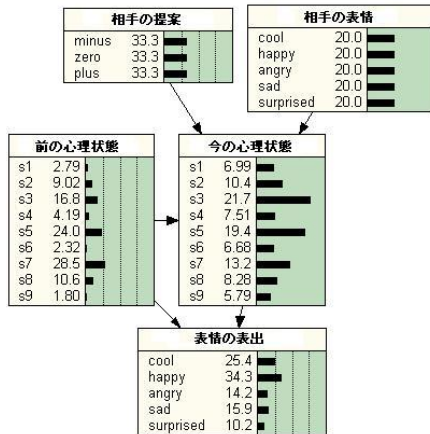


図 6 入力ノードが等確率のときのベイジアンネット

Fig. 6 Bayesian Network when probabilities of input nodes are uniformed.

れる。

4.2.1 ABX モデルについて

表 4 は、提案と表情を受け取った際の提案の評価値と快・不快値の関連を示したものである。なお、表の 9 つの欄は、図 3 の 9 状態の並びに一致させるように表記している。表から、安定、不安定状態の結果を見ると、S3 が 21.8%，S7 が 17.1%と多く、逆に状態 S1 が 2.8%，S9 が 0.5%と極めて低く、不安定状態へは、ほとんどいかなることがわかる。これにより、ABX モデルが、提案と相手への感情の相互の関連を示していることがわかる。

4.2.2 ベイジアンネットによる表情表出の学習

次に、事例データから図 4 のベイジアンネットで学習させた。

図 6 は学習させたネットの事後確率を示している。「前の心理状態」の S1～S9 と「後の心理状態」の S1～S9 は、それぞれ図 3 の心理状態 S1～S9 と対応している。この図では、提案と表情の入力ノードを等確率としたときの事後確率を示している。これは、相手からの提案、表情が決まっておらず、入力される状態が等確率でしか予測できないときの心理状態および表出表情の存在確率を示している。

また、図 7 は、心理状態は S7 が 33.2%，S8 が 15.2%という相手への感情も提案の評価も低い心理状態から、相手から評価の低い提案 (-) と表情 (ANGRY) を受け取ったときのものである。このとき、心理状態の S7 が 37.0%と多くなり、次いで S8 が 17.2%と多く、ANGRY が用いられるときに不快の評価が多くなっていることがわかる。さらに表情の表出については、SAD が 27.9%が多く、次

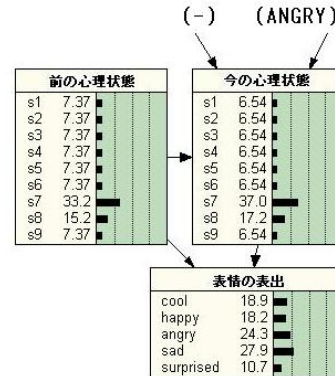


図 7 提案ノード (-), 表情ノード (ANGRY) の場合

Fig. 7 CASE: Proposal Node=(-), Face Node=(ANGRY).

いで ANGRY が 24.3%となる。これは、相手の提案の評価が低く、相手からの表情が ANGRY のときには悲しい状態であり、SAD の表情を相手に示す確率が高くなっていることを示している。

さらに、提案ノードが (0)、表情ノードが (ANGRY) の入力があったときのものが、図 8 である。このときは、心理状態は主に前の状態から S5 といった中間の心理状態に移るのが 43.3%と多くっており、このときに表出される表情も、COOL が 38.4%が多くなっている。これは、提案も表情も悪かった前の状態 S7 や S8 から中間の状態に移移したため、COOL の表情が多く選択されていると思われる。

これとは異なり、(+), (HAPPY) の入力であったときが、図 9 である。このときは、S3 になる確率が 58.9%と多く、表出表情は、HAPPY が 54.9%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。

以上のことから、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。

4.2.3 表情表出の一致率

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。

前節の交渉実験の被験者の中から 2 名 (A と B と名づける) を選び、それぞれの事例データを交渉実験内の提案回数から、前半のデータと後半のデータに二分した。ここでは、被験者 A は前半、後半それぞれで 122 回、被験者 B は 137 回ずつで分け

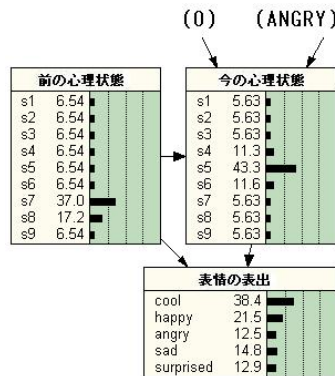


図 8 提案ノード (0), 表情ノード (ANGRY) の場合
Fig. 8 CASE: Proposal Node=(0), Face Node=(ANGRY).

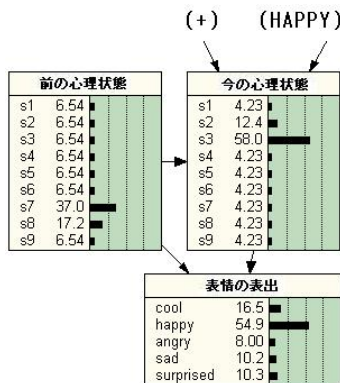


図 9 提案ノード (+), 表情ノード (HAPPY) の場合
Fig. 9 CASE: Proposal Node=(+), Face Node=(HAPPY).

た。さらに、A、B ごとに前半のデータを学習させたモデルを作る。そして、後半データからは、個々の交渉状況において被験者の選択した表情を取り出し、同じ交渉状況のときにモデルが表出する確率の最も高い表情と一致するかを調べた。これが表 5 の (1) である。逆に、後半のデータでモデルを作り、前半のデータと比較したのが (2) である。なお、モデルも被験者も、同じ入力があったとしても同じ表情は確率的にしか出さないため、一致率の数値は、さほど大きいものでなくても、一致率は良いと言える。

まず、被験者 A、B の (1)、(2) では、いずれも 5 割～6 割と一致率が高いものとなっている。よって、モデルの表情表出は、ユーザの表情の選択と高い率で一致すると言える。

さらに、被験者 A では (1) のときに 54.2%、(2) のときに 58.1%と実験内において、ほぼ安定した一致ができている。被験者 B においても、(1) で

表 5 表情表出の一致率

Table 5 The accuracy of estimationg facial expressions.

	(1) 前半-後半	(2) 後半-前半
被験者 A	54.2 %	58.1 %
被験者 B	59.9 %	64.1 %

表 6 モデルの表出した表情とユーザの選択した表情の比較

Table 6 The accuracy of estimationg facial expressions by two models.

モデルと比較データが 同じ場合	モデルと比較データが 異なる場合
(1) モデル A-データ A 58.1 %	(3) モデル A-データ B 41.6 %
(2) モデル B-データ B 64.1 %	(4) モデル B-データ A 39.7 %

59.9%、(2) で 64.1%と数パーセントの違いにとどまっている。

これらのことから、表情表出モデルは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と、表情選択は変動することがあまり無く、安定した表情表出ができることがわかった。

4.2.4 ユーザの個人差の学習

表情表出モデルが、ユーザの個人差に対応できるかを検討する。交渉実験の被験者 2 名 (A、B) 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 6 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 58.1%、(2) は 64.1%と高い確率で一致させることができている。しかし、学習モデルが異なる場合、(3) は 41.6%、(4) は 39.7%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る。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. 相手の心理状態の推測

表情表出モデルは、ユーザが入力した提案と快不快の評価、および、表出する表情の選択をもとにユーザの心理状態を推測している。同様に、ユーザから相手への提案と表情、そして、それらによる相

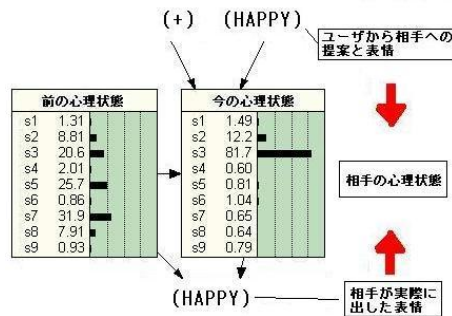


図 10 相手の心理状態の推測

Fig. 10 Inference of opponent's emotional state.

手からの表情をもとに、同じ表情表出モデルを用いることで、相手の心理状態を確率的に推測できる。

例えば、図 10 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 81.7%、S2 が 12.2% である可能性等が考えられ、また、その前の心理状態も推測することができる。

さらに推測した心理状態を基に、特定の提案や表情を相手に送ることで、相手の心理状態を変える、といった交渉戦略を考えることもできる。このときに送る表情は、二次的表情と考えられるため、二次的表情を自動で表出するモデルのひとつとなる可能性がある。

6. ま と め

ユーザの擬人化エージェントの表情を使用する傾向を学習し、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表出モデルを提案し、それを基に表情表出ツール TAA を作成した。TAA の学習には、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がわかった。また、学習させたユーザの表情の使用傾向が安定していること、および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。

本論文では、TAA を交渉という場面に適用し、発言内容を評価値として表現できる提案に限定し、使えるノンバーバル情報を表情に限定している。しかし、表情表出のモデルは汎用的なものであり、発

言内容を拡張したり、声の強弱や韻律情報等を利用したりすることで、適用範囲を広げることができると考えている。現在、TAA を「オンライン模擬裁判支援システム」¹²⁾ や、「調停支援システム」¹³⁾ に実装し、その有効性を検証しているところである。

参 考 文 献

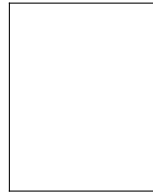
- 1) 海保博之: 瞬間情報処理の心理学, 福村出版 (2000).
- 2) 岡田美智男, 三嶋博之, 佐々木正人: 身体性とコンピュータ, 共立出版 (2001).
- 3) Cassell, J., Vilhjlmsson, H. and Bickmore, T.: BEAT: the Behavior Expression Animation Toolkit, *Proc. of SIGGRAPH 01* (2001).
- 4) 筒井貴之, 石塚満: キャラクタエージェント制御機能を有するマルチモーダル・プレゼンテーション記述言語 MPML, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 4, pp. 1124-1133 (2000).
- 5) 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己: 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, Vol. 14, No. 9, pp. 439-446 (2001).
- 6) Yuasa, M., Yasumura, Y. and Nitta, K.: Negotiation Support Tool Using Emotional Factors, *Proc. IFSA-NAFIPS 2001* (2001).
- 7) Newcomb, T.M.: An Approach to the Study of Communicative Acts, *Psychological Review*, Vol. 60, pp. 393-404 (1953).
- 8) 齊藤勇: 対人社会心理学重要研究集 2, 誠信書房 (1987).
- 9) Russell, S. and Norvig, P.: エージェントアプローチ 人工知能, 共立出版 (1997).
- 10) Ekman, P. and Friesen, W.: *Unmasking the face*, Prentice-Hall (1975).
- 11) Hasegawa, O. and Sakaue, K.: CG Tool for Constructing Anthropomorphic Interface Agents, *Proc. IJCAI-97 WS (W5), ANIMATED INTERFACE AGENTS*, pp. 23-26 (1997-8).
- 12) 田中貴紘, 西原国義, 安村禎明, 新田克己: 事例を用いた模擬裁判支援システム, 第 17 回人工知能学会全国大会予稿集 (2003).
- 13) 田中貴紘, 安村禎明, 新田克己: 仲介エージェントを用いた論争支援システム, 人工知能学会研究会資料 (SIG-KBS, SIG-ICS, 130-12) (2002).

(平成 15 年 4 月 10 日受付)

(平成 15 年 9 月 8 日採録)

**湯浅 将英**（学生会員）

2000 年 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
専攻修士課程修了。同博士課程在
学中。ヒューマンインタフェース
の研究に従事。情報処理学会，人
工知能学会各会員。

**新田 克己**（正会員）

1975 年東工大工学部電子工学
科卒業。1980 年同大学院理工学
研究科博士課程を修了。工学博士。
同年電子技術総合研究所に入所。
1989 年～1994 年（財）新世代コ
ンピュータ技術開発機構に出向。1995 年から東工
大大学院総合理工学研究科に勤務。現在に至る。論
理プログラミング，法的推論，ヒューマン・エージェ
ント・インタラクションなどの研究に従事。

**安村 禎明**（正会員）

1993 年大阪大学基礎工学部卒
業。1998 年同大学院基礎工学研究
科博士後期課程修了。同年東京工
業大学大学院助手。博士（工学）。
形状の知識獲得，エージェントに
関する研究に従事。電子情報通信学会，人工知能学
会各会員。
