

交渉エージェントのための表情表出アーキテクチャ

An Architecture of Visual Software Agents in the Network Based Negotiation

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 総合理工学研究科 知能システム科学専攻
Department of Computational Intelligence and Systems Science,
Tokyo Institute of Technology

In this report, we propose an architecture for agents to express facial expressions based on a mental model. This agent negotiates with the others through a computer network instead of the user. At first step, the user negotiates by showing his proposal and facial expression. During the first step, our system learns his mental tendency and a mental model is created based on it. This mental model is used to create the facial expression of the visual software agent. We showed the effectiveness of our model by experiments.

1 はじめに

近年の IT 技術の発達により、様々な人がコンピュータ、携帯電話、PDA 等のデジタルデバイスを日常的に使用している。それらの入出力で用いられているボタンやマウスに加え、親しみやすいインタフェースとして、音声認識や顔画像を利用した擬人化エージェントの研究がされている。そして、エージェントによるプレゼンテーションを作成するマークアップ言語 MPML[1] や、音声入力からエージェントを制御するアーキテクチャ BEAT[2] 等も登場し、簡単にエージェントの動作を制御できるようになった。

しかし、これらのツールでは、擬人化エージェントの表情の表出動作は、利用するタスクに依存して作られており、多様なタスクに対して利用することができていない。表情の表出には、思わず出てしまうような一次的な表情と、相手や状況を考え、意識的に表出する二次的な表情があるが [3]、一次的表

情の表出はタスクに依存しないと考えられる。

そこで、本研究では、タスク入れ替え可能なエージェントの表情表出アーキテクチャを提案する。この中では、二次的表情のみをタスク依存とし、一次的表情の表出部分は共通化する。また、表情の表出には心理的要素を考慮したメンタルモデルを用いる。使用者はこのシステムを用いることで、様々なエージェント・アプリケーションを利用、拡張ができる。

まず、2章では、提案するアーキテクチャを述べる。3章では、その中のメンタルモデルについて、4章で、その検証実験を述べる。5章で、まとめを述べる。

2 エージェントのアーキテクチャ

2.1 エージェントの概要

提案するエージェントのアーキテクチャを図 1 に示す。本エージェントは、ネットワーク上での交渉において、使用者の代理を担うエージェントである。交渉相手からの提案や表情を受け取ると、それに応じて自動的に一次的表情を表出し、相手画面上的エージェントの表情を変化させる。その後、使用者

連絡先：〒 226-8502 横浜市緑区長津田町 4259
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 新田研究室
Tel: 045-924-5216
E-mail: {yuasa,yasumura,nitta}@mtt.dis.titech.ac.jp

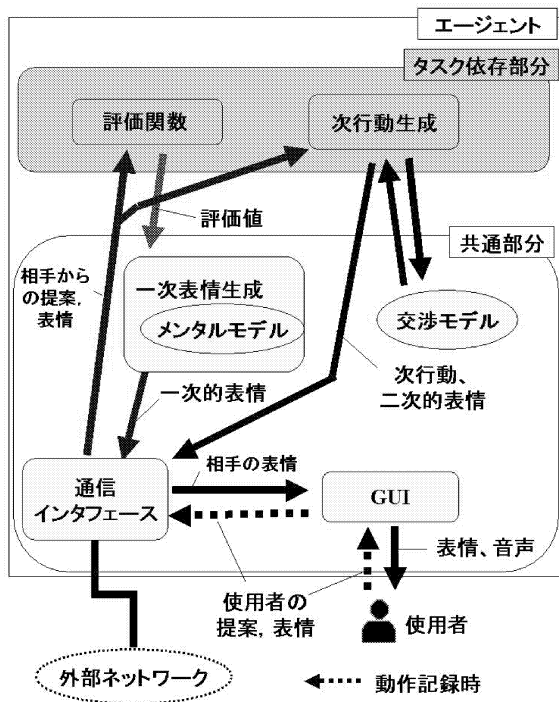


図 1: エージェントのアーキテクチャ

の作成したタスクに応じて動作する。

アーキテクチャは、タスクごとに入れ替える「タスク依存部分」と、タスクに依存しない「共通部分」から成り立ち、さらに複数のモジュールを持つ。以降で、個々のモジュールについて述べる。

- 通信インターフェース

メッセージの入出力を管理する部分である。外部から届いた相手からの入力メッセージを、評価関数モジュール、次行動生成モジュールに送る。また、メッセージの中に、表情制御に関する情報があつたときは、それを GUI に送る。さらに内部で作成された一次的表情や次行動に関する情報を相手に出力する。

- GUI

入力された表情の制御情報に応じて、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、使用者の交渉提案や表情の選択等の入力を受け付ける。

- 一次表情生成

評価関数モジュールから、提案の評価値を受け取り、メンタルモデルを用いて一次表情を生成

する。一次的表情は通信インターフェースに出力される。

- 交渉モデル

交渉会話のモデル [4] に基づいた対話モデルを提供する。このモデルは、二人の交渉当事者による交渉会話を分析し、理想的な交渉のルールを具体化したものであり、これを客観的に提示することで、ルールを遵守した理想的な交渉を実現できる。タスクが次行動を生成するときに参照する。

以降は、使用者がタスクごとに用意するモジュールである。

- 評価関数

相手からの提案を評価する部分である。評価値は一次表情モジュールに渡される。

- 次行動生成

相手からの提案や表情を基に、次の行動および二次的表情を生成する部分である。場合によっては、交渉モデルを参照する。出力は通信インターフェースに送られる。

2.2 エージェントの動作

エージェントは、使用者のメンタルモデルを学習する場合と、使用者が不在のときにエージェントが自律的に使用者の代行として交渉する場合の、2つの動作形態を持つ。

メンタルモデルを学習する場合、使用者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、相手画面の擬人化エージェントにどのような表情をさせるかも選択する。このとき、使用者は相手から提案を受け取ったとき、どのような心理状態になり、どのような表情（一次的表情）になったかをシステムに登録する。登録された内容を基に、システムは使用者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一次的表情の選択傾向を計算し、メンタルモデルを作成する。

使用者の代行として交渉する場合には、どのような提案を生成し、どのような二次的表情を出すかは、タスクによって異なるため、システム作成者はそれを「次行動生成モジュール」として設計する必要がある。しかし、相手からの提案を受けたときに自然

に表出される一次的表情は、メンタルモデルを用いて自動的に生成されるため、システム作成の負担が軽減されることになる。

また、本エージェントでは、相手エージェントとの通信、および内部のモジュール間の通信を、XML 文書形式とする。これにより、モジュールやプロトコルの拡張が容易にできるようになる。なお、本エージェント同士は、次の <MESSAGE> を基本メッセージとして通信する。

```
<MESSAGE method="proposal" sender="user1"
receiver="user2" face="angry" tone="2" >
5万円いかがでしょうか
</MESSAGE>
```

属性の method はメッセージが提案であること、sender はメッセージの送り主、receiver は宛先、face はメッセージを読み上げるときの表情、tone はそのときの声のトーンを示している。

3 メンタルモデル

本章では、エージェントのメンタル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。相手への感情は、表情や音声などのノンバーバル情報のやり取りによって「相手への快あるいは不快感情」が発生するとする。そして、評価値および相手への感情の両方のパラメータから、内部状態が変化し、表情が表出されるとする。

我々は以前、ABX モデル [5, 6] 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 [7, 8]。ここでもその表記を用いる。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、その三者関係を、(a)A の B に対する感情、(b)B の A に対する感情、(c)A の X に対する評価値、(d)B の X に対する評価値、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 2 は、A の提案 X を受け取ったときの B の内

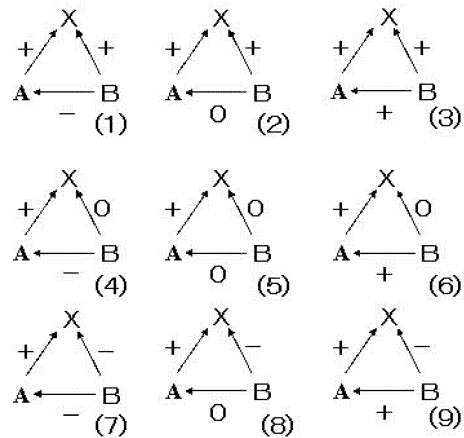


図 2: エージェントの内部状態

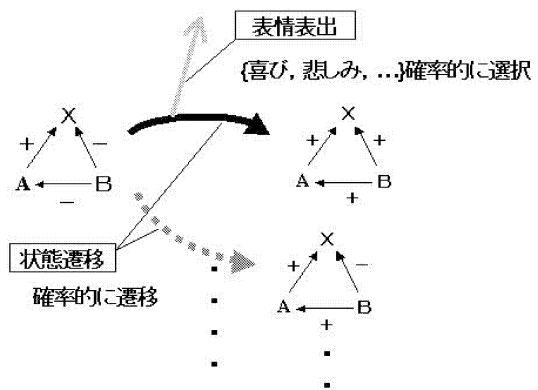


図 3: 状態の遷移と表情の表出

部状態を列挙したものである。図 2 の (3) と (7) が安定状態であり、(1) と (9) が不安定状態である。

そして、当事者 B が、相手 A から提案と表情を受けとったとき、図中の 9 つの状態のいずれかに決まる。そして、状態が決まった後、相手から新たな提案と表情を受け取ると、それらが再評価され、別の状態に遷移する。このときに、表情が表出される (図 3)。さらに、どの状態から、どの状態に遷移したかにより、表出される表情が異なる。なお、遷移は確率的に起こるため、ある状態から常に特定の状態に遷移するとは限らず、また、同じ状態遷移の場合でも、同じ表情が表出されるわけではない。

このように、このモデルを用いることで、交渉時の相手からの提案と表情を受け取った際、人間がどの表情を表出するかを記述できる。本研究ではこのモデルをエージェントの表情表出に適用する。



図 4: 実験で用いた交渉ツール

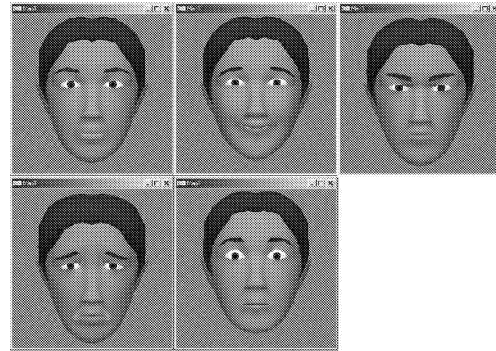


図 5: 顔画像

4 価格交渉による実験

4.1 実験内容

メンタル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。

交渉の相手には、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。しかし、現実感を持たせるため、数回に一回、人間同士で交渉する場合や、売り手役と買い手役を交換する場合を設けた。また、交渉相手になるプログラムは、どのくらい妥協していくか、どの表情を出すかのパターンをこちらで設定した。インターフェースは、図 4 のように Web ブラウザとした。表情の種類は、基本表情である「冷静 (COOL)、怒り (ANGRY)、悲しみ (SAD)、喜び (HAPPY)、驚き (SURPRISED)」の 5 種類とした。図 5 は実験に使用した顔画像である。顔画像を表示するツールには、電総研で開発された顔画像表示ツール mface[9] 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、相手の画面上の表情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。

- 相手から出された提案に対し、表情を正直に提示する。
- 提案は売り手から買い手に一つずつ出される。買い手はそれに対し表情のみを返す。
- 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。

- 売り手は、前の提示価格より高い値段を提示しない。

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は以下である。なお、正直な表情とは、一次的な表情のことであり、被験者には二次的な表情は出さないように指示をした。

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
4. 価格を入力 (売り手になったときのみ。数字もしくはスライドバーで入力)

4.2 実験の結果

被験者は理工系の学生 6 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。アンケートの提案および快不快の五段階評価の中で、「ふ

表 1: 提案の評価値と快・不快値 (上段左から、図 2 の状態 (1) ~ (3)、中段が状態 (4) ~ (6)、下段が状態 (7) ~ (9) に一致する)

		快・不快値			計
		-	0	+	
提案 の 評 価 値	+	状態 (1) 12 2.8 %	(2) 43 10.2 %	(3) 92 21.8 %	147
	0	(4) 18 3.5 %	(5) 123 29.2 %	(6) 6 1.5 %	147
	-	(7) 72 17.1 %	(8) 54 12.8 %	(9) 2 0.5 %	128
計		102	220	100	422

表 2: 状態遷移と表出する表情 (表中左から C=COOL, H=HAPPY, A=ANGRY, SA=SAD, SP=SURPRISED)

		C	H	A	SA	SP	計
(2)	(3)	1	10	0	0	0	11
(3)	(3)	2	18	0	2	0	22
(5)	(2)	7	14	0	0	1	22
(5)	(3)	4	24	0	2	0	30
(5)	(5)	13	8	4	5	0	30
(7)	(3)	0	19	0	0	1	20
(7)	(5)	13	2	0	1	0	16
(7)	(7)	2	0	11	7	2	22
(8)	(2)	1	7	0	0	0	8
(8)	(5)	7	6	1	4	2	20
(8)	(8)	1	0	7	9	0	17

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。

まず、表1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2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、状態(3)が21.8%、状態(7)が17.1%と多く、逆に状態(1)が2.8%、状態(9)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。

次に、表2は状態の遷移と正直な表情の関連を示したものである。表中「(2) (3)」等は「状態(2)から状態(3)に遷移した」ことを示す。なお、回数が5以下と低かったものは示していない。

表2の状態遷移ごとの合計値を見ると、これにおいても、不安定状態に行く頻度は極めて低いものとなっている。

さらに、表情ごとに見る。まず、HAPPYを出す場合は、状態(5)から状態(3)が24回と最も多く、また状態(7)から状態(3)が19回と多い。これは、不快状態から快状態へ、また提案が悪いものから良いものになったときが同時だったときにHAPPYが出ることを示している。ANGRYが多いのは、状態(7)からそのままのとき、また状態(8)のままのときである。これは不快のまま、あるいは提案が悪いままであるときにANGRYであることがわかる。逆にある状態から、状態(2)や(3)に移るときにANGRYが出ることは無い。SADについては、ANGRYと同じ傾向を持ち、状態(7)また(8)から変化が無いときに表出されることが多い。COOLは、状態(5)か

表 3: モデルの表情表出と使用者の選択した表情 (表中, C=COOL, H=HAPPY, A=ANGRY, SA=SAD, SP=SURPRISED)

		モデルによる表情表出							
使用者の選択		C	H	A	SA	SP	計	一致率	
	C	10	3	0	4	0	17	58.8%	
	H	13	53	4	5	0	75	70.6%	
	A	3	1	8	3	1	16	50.0%	
	SA	4	2	7	9	0	22	40.9%	
	SP	4	3	4	1	0	12	0.0%	

ら動かない場合と、状態(7)から状態(5)の場合が多く、あまり変化が無いときや中間での変化がCOOLである。なお、SURPRISEDについては頻度が少なく、検討できない。

4.3 実験の考察

実験の考察を述べる。まず、表1および表2の結果から、状態の遷移は、好意的な行為をされたときには「喜び」の表情を、敵対的な行為をされたときには「怒り」あるいは「悲しみ」の表情を見せる、という人間の傾向に一致することがわかった。よって、提案の評価値と相手への感情から、ある状態を決め、さらに別の状態に遷移したときに特定の表情を表出する、というこのモデルは人間がどの表情を表出しているか、を決めるモデルに成りうるということがわかる。

さらに、以上のことを基に、使用者の表情選択とモデルによる表情出力を比較した。

表3は、実験データから作成した遷移確率をもとに、実際の使用者の表情選択とモデルによる表情出力を比較したものである。使用者の表情選択のデータには同様の実験を実施した際のものを使用した。表からわかる通り、COOLのときは58.8%、HAPPYは70.6%、ANGRYは50.0%、ほぼ半数以上で一致が見られ、SADは40.9%と半数弱で一致した。もともと使用回数の少なかったSURPRISEDは一致が見られなかった。

不一致の詳細を調べるため、使用者の選択とモデルの選択が一致しなかった場合の遷移の例を挙げたのが表4である。

表4では、状態(5)から(2)の結果を見ると、HAPPYとCOOLに限定して間違っ結果になっている。これは表2より、状態(5)から(2)の遷移の

表 4: 使用者の選択とモデルによる選択の不一致の例

	使用者の選択	モデルの選択	回数
(5) (2)	COOL	HAPPY	2
	HAPPY	COOL	4
(5) (5)	HAPPY	SAD	3
	ANGRY	COOL	2
	SAD	COOL	2
	SAD	ANGRY	2
		(その他合計)	7
(8) (8)	SURPRISED	ANGRY	6
	HAPPY	ANGRY	3
	COOL	SAD	2
	ANGRY	SAD	1

ときは、HAPPY と COOL のみが多く、モデルもこのいずれかの表情を選ぶが、確率的に選択するために、このような結果になったと言える。

また、表 4 で、状態 (5) から (5) の遷移を見ると、様々な不一致が起こっている。これについて表 2 を見ると、状態 (5) から (5) の遷移では、COOL が 13 回と多いものの、他の表情も HAPPY が 8 回、ANGRY が 4 回、SAD が 5 回と、まばらに選択されている。この場合、モデルによる選択も確率的にまばらに選択されるため、このような不一致が起こったといえる。

さらに、状態 (8) から (8) の遷移では、モデルは表 2 に基づき ANGRY と SAD を多く表出しているのにも関わらず、表 4 によると、状態を学習させたときには表れなかった HAPPY や SURPRISED を使用者は選択しており、このために不一致が起こっている。これは、後の比較実験において、被験者の中に状態 (8) (8) のときに HAPPY や SURPRISED を選択した人がいたために不一致が起こったと言える。このような不一致は、メンタルモデルの学習にすべての被験者の表情表出確率を使用しているために起こったと考えられる。よって、使用者のデータのみから学習することでこのような不一致が減少されると期待できる。

また、今回は提案のみから状態遷移と表情表出を学習したが、相手の提案と表情の組み合わせから学習することで、使用者の選択する表情にさらに対応したものが得られると考えられる。

5 まとめ

様々なタスクで簡単に用いることができ、表情を自動的に表出するエージェントアーキテクチャを提案した。また、エージェントの内部に、評価値だけでなく心理的要素を考慮し、表情を表出するメンタルモデルを用いた。さらに、価格交渉の実験により、このモデルの妥当性を確かめた。

今後は、より多くの被験者を集め、個人差に対応した表情の表出を検証をすること、また様々なタスクでエージェントを実装することを予定している。

参考文献

- [1] 筒井：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，Vol41, No4, pp. 114-1133, (2000).
- [2] Cassell：BEAT: the Behavior Expression Animation Toolkit Proceeding of SIGGRAPH 01, (2001).
- [3] 海保：瞬間情報処理の心理学；福村出版 (2000).
- [4] 鬼頭，増塩，安村，新田：状態遷移モデルを用いた交渉会話のシミュレーション；情報処理学会研究報告，ICS-117-3, (1999).
- [5] 佐々木：産業心理学への招待；有斐閣 (1996).
- [6] 斎藤：対人社会心理学重要研究集 2；誠信書房 (1987).
- [7] 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；システム制御学会，Vol.14, No.9, (2001).
- [8] Yuasa, Yasumura, Nitta：Negotiation support system using Psychological information；IEEE-SMC2000, (2000).
- [9] Osamu Hasegawa and Katsuhiko Sakaue: CG Tool for Constructing Anthropomorphic Interface Agents；Proc. IJCAI-97 WS (W5), ANIMATED INTERFACE AGENTS, pp.23-26, Nagoya, (1997-8).