

オンライン交渉における 擬人化エージェントの表情選択支援

湯浅 将英[†] 安村 禎明^{††} 新田 克己^{†††}

[†] 東京電機大学 情報環境学部 情報環境工学科

^{††} 神戸大学 工学部 情報知能工学科

^{†††} 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

E-mail: [†] yuasa@sie.dendai.ac.jp, ^{††} yasumura@ai.cs.kobe-u.ac.jp, ^{†††} nitta@ntt.dis.titech.ac.jp

本報告では、オンライン交渉においてユーザが擬人化エージェントに意図的な表情を表出させる際に、ユーザの表情選択を支援する方法について述べる。表情を伴うオンライン交渉では、相手に見せる表情を適切に選択することにより、交渉を円滑に進めることや交渉を有利にできる可能性がある。本研究では、従来までの表情の役割の研究から、交渉状況を変化させるための意図的な表情の選択方法を提案する。また、確率モデルであるベイジアンネットワークを用いることで、表情が複数の役割を持つときの表情の戦略を作成する。さらに、表情選択の仕組みを擬人化エージェントのツールに組込むことで、ユーザの表情選択を支援する。

A Supporting Method for Selecting Facial Expressions of Animated Agents in Network-Based Negotiation

Masahide Yuasa[†], Yoshiaki Yasumura^{††}, and Katsumi Nitta^{†††}

[†] Department of Information Environment Engineering, Tokyo Denki University

^{††} Department of Computer and Systems Engineering, Kobe University

^{†††} Department of Computational Intelligence and Systems Science, Tokyo Institute of Technology

E-mail: [†] yuasa@sie.dendai.ac.jp, ^{††} yasumura@ai.cs.kobe-u.ac.jp, ^{†††} nitta@ntt.dis.titech.ac.jp

In this report, we propose a supporting method of selecting intentional facial expressions of animated agents in network-based negotiation. In network-based negotiation, by selecting facial expressions properly, negotiations may proceed more smoothly or participants may take advantages. In this research, we describe the method to select facial expressions, based on previous researches. In addition, we use Bayesian Network to select facial expressions, by using roles of facial expressions. And we developed a tool for animated agents using the Bayesian Network. The tool supports participants to select facial expressions.

1 はじめに

最近のネットワーク技術の発達により、Web 上での商品の販売やオンラインによる株取引などの電子商取引が登場している。我々はこれまでに、電子商取引の一つであるオンライン交渉に擬人化エージェ

ントを適用する研究をしてきた [1, 2, 3, 4, 5]。オンライン交渉とは、ネットワークで結ばれた交渉参加者が提案や意見を交換していき、参加者が合意できる点を見つけだすものである [6, 7]。この際、提案だけでなく、相手の態度や表情を見ることで交渉を円滑に進めることや交渉を有利にできる可能性が

ある。我々は以前、オンライン交渉における擬人化エージェントの表情と提案の関連を調べ、それを用いた表情の表出方法を提案した [1, 2, 3, 8]。これらの研究では、感情の自然な表現として表出される表情の予測に加え、さらに目的や戦略を反映した意図的な表情の表出についても検討した。

しかし、意図的に表出される表情は複数の効果や役割を持っており、それらを含む表出方法を検討する必要がある。たとえば、実際の対話において相手が怒っている表情をしているときには、こちらを威圧し萎縮させる効果と、相手の否定的な状態をこちらに伝達するという役割を持つと考えられる。従来までの意図的な表情の表出方法では、このような複数の役割は考慮されていない。

そこで本論文では、複数の役割を持つ意図的な表情をペイジアンネットワークを用いて選択し表出する方法について述べる。さらにその表出方法を擬人化エージェントのツールに組み込み、ユーザの意図的な表情の選択を支援することについて述べる。まず2章では、オンライン交渉における擬人化エージェントの表情の役割と表出戦略について述べる。3章では、ペイジアンネットワークを用いた表情選択の支援について述べる。4章では、擬人化エージェントのツールへの組み込みについて述べ、5章でまとめを述べる。

2 交渉における擬人化エージェントの表情表出戦略

擬人化エージェントを用いたオンライン交渉ツールの画面例を図1に示す。このツールでは、交渉の状況と相手により制御される擬人化エージェント（図1左上）が表示され、ユーザはそれらを基にして表情の選択と提案の入力をする。ユーザは提案を入力するときに、相手のディスプレイ上の擬人化エージェントにどのような表情を表示させるかを選択する。ユーザは「冷静（COOL）、怒り（ANGRY）、悲しみ（SAD）、喜び（HAPPY）、驚き（SURPRISED）」のいずれかの表情が選択できる。

2.1 一次的表情と二次的表情

従来の表情の研究、心理学や脳生理学の研究から、人間の表情の表出には自然に表出される表情と意図



図 1: 擬人化エージェントを用いたオンライン交渉の画面の例

的に表出される表情の二種類に大きく分けられるとされている [9, 10, 11, 12]。ここでは前者を一次的表情、後者を二次的表情と呼ぶ。一次的表情は自然に表出される表情であり、意図せずに無意識に思わず出してしまうような表情である。この表情は本当に感じているありのままの表情であり、意図や思考とは無関係に表出される。一方、二次的表情は意識的に表出する表情であり、心理状態の他に目的や戦略を反映しているものである。主に自分が有利になるように表情を選択するもので、戦略的に用いる表情であるといえる。

以前までの研究で、擬人化エージェントに一次的表情の表出を代行させることについて述べた [1, 2]。次節で、二次的な表情の役割と、それを用いた表出戦略について述べる。

2.2 二次的表情の役割

2.2.1 印象形成の役割

通常の交渉では、お互いに出された提案を冷静に判断し、再提案を繰り返してやがて合意に達する。だが、相手が脅したような表情をしているときや喜びの表情をしているときには、それらから影響を受けて意思決定が変化する場合がある。このように、表情が心理的に影響を与える役割を「印象形成の役割」と呼ぶことにする。

表1は、オンライン交渉においてあるユーザが相手から提案と表情を受け取ったとき、意思決定するときの確率を示している [13]。提案はユーザによって高(+), 中(0), 低(-)の三段階の評価値がつけ

表 1: 提案と表情を受け取ったときの意思決定行動の例

表情	提案の 評価値	相手の行動		
		合意	再提案	決裂
HAPPY	高 (+)	90%	10%	0%
	中 (0)	33%	53%	12%
	低 (-)	0%	89%	11%
ANGRY	高 (+)	39%	61%	0%
	中 (0)	8%	77%	15%
	低 (-)	0%	80%	20%

表 2: 限度価格の推測の例 (売り手側)

表情	譲歩量 の差 D	予想相場		
		上げる	保留	下げる
HAPPY	$D \geq 0$	0%	30%	70%
	$D < 0$	8%	46%	46%
ANGRY	$D \geq 0$	21%	50%	29%
	$D < 0$	62%	13%	25%

られている。意思決定は合意、再提案、決裂のいずれかである。たとえば、相手からの表情が HAPPY で、提案の評価値が高 (+) であったときには、合意する確率が 90%、再提案になる確率が 10%であることを示している。以前の研究より、用いられる表情によって合意や決裂の確率に違いがあること、評価値が中程度 (0) の提案でも、HAPPY の場合は高確率で合意する傾向を持つこと、ANGRY では合意に至りにくいことが得られている。

2.2.2 情報伝達の役割

交渉には、交渉参加者にとって「これ以上妥協することはできない」という境界線が存在する。たとえば、売り手にとっては「これ以下の価格で売ることできない価格」、買い手にとっては「これ以上の価格では買わない価格」である。これを限度価格と呼ぶ [14, 15]。

人間は相手の表情を用いて、相手の状況を読み取っている場合もあると考えられる。価格交渉においては表情を用いて相手の限度価格を予想し、合意できる領域を推察することで、自分があとどのくらい利益が取れそうかを見積もると考えられる。このように、表情から相手の状況を読み取る役割を「情報伝達の役割」と呼ぶことにする。

表 2 は、相手の表情を基に予想する相手の限度価格の変動を示している [5]。表中の D は譲歩量の差

であり、 $D \geq 0$ が「相手はかなり譲歩してくれたとき」、 $D < 0$ が「相手があまり譲歩しなかったとき」を表している。たとえば、相手の表情が HAPPY で相手がより譲歩をしているときには相手に予想する限度価格を下げる頻度が 70%であることを示している。以前の研究より、用いる表情によって相手に予想する限度価格の変動に違いが出ること、HAPPY を用いたときは予想限度価格を下げる傾向を持ち、ANGRY を用いたときは相手への予想限度価格を上げる傾向を持つことが得られている。

2.3 二次的表情の表出戦略

表情の役割に基づき、相手に特定の表情を用いることで相手の意思決定を変える、という交渉戦略について検討する。

印象形成の役割では、たとえば、「提案の評価値が中程度でも、HAPPY の場合は高確率で合意しやすい」、「ANGRY では合意に至りにくい」という傾向が得られている。これを利用すると、「提案の評価値が中程度のときには、相手を合意させたいときには HAPPY を多く使う」「相手を決裂させたいときには ANGRY を多く使う」という戦略が考えられ、これにより相手を合意や決裂に誘導できる可能性がある。

情報伝達の役割では、たとえば、「HAPPY を用いたときは、予想限度価格を下げる」「ANGRY を用いたときは、相手への予想限度価格を上げる」という傾向が得られている。これらを利用すると、「相手の予想限度価格を上げさせ余裕が無いように見せるには、ANGRY を用いる」「相手の予想限度価格を下げさせ余裕があるように見せるには、HAPPY を用いる」という戦略が考えられる。

3 ベイジアンネットを用いた表情選択支援

3.1 表情の役割を用いた表情戦略

二つの役割を用いた戦略はそれぞれ単独でも用いることができるが、交渉ではこれらの二つの役割を同時に持つことも考えられる。二つの役割による戦略を示したものが表 3 である。この表は売り手の表情の効果を役割別に示している。相手に対して

表 3: 売り手の表情の効果

売り手の表情	印象形成の役割	情報伝達の役割
HAPPY	買い手は 合意しやすい 【売り手は有利】	買い手は 予想相場を下げる 【売り手は不利】
ANGRY	【売り手は不利】	【売り手は有利】

HAPPY を用いたときの効果を役割別に見てみる。すると印象形成の役割からは「合意の可能性が上がる」ので有利になるが、情報伝達の役割からは「限度価格の予測値を下げ、あまり譲歩しない」ことになり、不利となる。逆に、ANGRY を用いると、印象形成の役割では「合意の可能性が下がる」ので不利になるが、情報伝達の役割からだ「限度価格の予測値を上げ、大きく譲歩する」となり、有利になる。このように表情の役割によって、その効果に違いが出ることになる。この問題は次で説明するベイジアンネットワークを用いることで解決できる。

3.2 ベイジアンネットワークを用いた表情戦略

二つの役割を持つ表情における戦略を検討するために、図 2 のような意思決定のベイジアンネットワークを利用する。意思決定のベイジアンネットワークは、図 2 のように、こちらの表情、こちらの妥協、こちらの提案、推測される相手の心理状態 [1, 3]、という要素を入力ノードとして、そのときの相手の意思決定にリンクで結んだものである。そして、ベイジアンネットワークの GUI のツールを用いることで、相手の意思決定行動の確率がグラフで表示される。図 2 では、こちらからの表情を「HAPPY」、「あまり妥協せずに」「(一)の評価を持つ提案」を出したときの様子を示している。表情が HAPPY を出した場合である図 2 のときには、相手の意思決定は「あまり妥協しない」が 69.4% の確率で多いことがわかる。ユーザはこのツールを用いて、提案や表情の選択を変えたときに相手の意思決定行動の確率がどのようになるかをグラフで見ることができる。また、前述の二つの役割による戦略の差異も、このグラフを用いることで明確になる。図 2 では、表情の HAPPY を選択しているが、これを ANGRY に選択を変えたときの例が図 3 である。このときは、表情 ANGRY を出すと相手がより妥協する確率が 32.1% と多くなるが、決裂の危険も 32.1% となることが読み取れる。このようなときには、ユーザは相手を妥協させるた

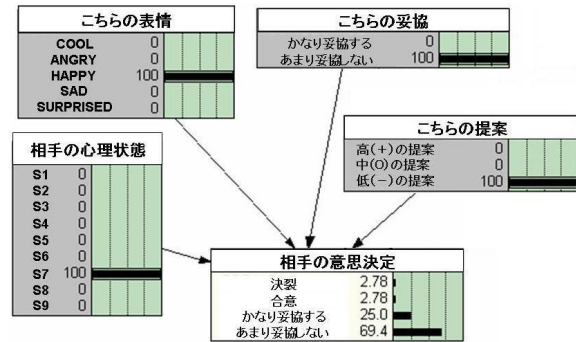


図 2: 意思決定のベイジアンネットワークの例（表情 HAPPY を選択）

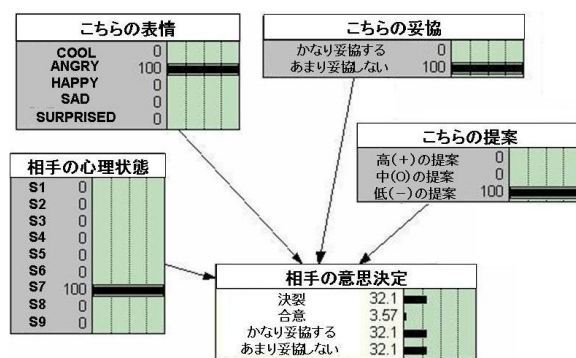


図 3: 意思決定のベイジアンネットワークの例（表情 ANGRY を選択）

めに、決裂の危険を承知しながら、ANGRY を選択するかどうかの判断をすることになる。

このように、二つの戦略を組み込んだ意思決定のベイジアンネットワークを用いることで、どの表情を選択すればよいかの戦略の支援ができる。

3.3 ユーザの意図の入力

ユーザが相手のどの行動に注目するかという情報を入力してもらうことで、ユーザの好み戦略や意図を考慮した表情と提案の組み合わせをシステムが提示し、ユーザの表情の選択を支援できる。たとえば、ユーザが「相手の合意の確率があまり高くなくても積極的に合意したい」「決裂を回避したい」といった意図を持つときには、合意の確率が 30% 以上になる表情と提案の組をシステムが選択し提示したり、決裂の確率が 20% 以上になる組はシステムは表示しないようにしたりすることができる。

図 4 は、ユーザの意図を入力するインターフェースの一例である。ユーザは何%の確率であれば合意や

優先度	意図	確率が	以上	を	選択する
1	合意	30%	以上	を	選択する
2	より妥協する	40%	以上	を	選択する
3	決裂	15%	以上	を	選択しない
-	-----	---	---	を	-----

候補リスト	候補の表示
1, HAPPY, 中 (0) の提案, あまり妥協しない	
2, HAPPY, 高 (+) の提案, より妥協する	
3, HAPPY, 高 (+) の提案, より妥協する	
4, SAD, 高 (+) の提案, あまり妥協しない	
5, SAD, 中 (+) の提案, より妥協する	

相手の行動の予想	候補1を選択した場合:
合意	31%
より妥協する	49%
あまり妥協しない	8%
決裂	12%

図 4: ユーザの意図の入力と候補の表示

妥協を選択をするか、あるいは決裂を避けるかという入力とそれらの選択の中でどれを優先するかを入力する。システムはその設定に基づき、表情と提案の組み合わせの候補をユーザに提示する。ユーザは組み合わせの候補を参考にして相手への表情と提案を入力する。これにより、ユーザの二次的表情の選択の手間が軽減できる。

4 擬人化エージェントの表情表出ツール

4.1 動作の概要

従来までの研究で、擬人化エージェントの一次的表情の表出を代行するためのツール TAA について述べた [1, 2]。従来の TAA のシステムでは、二次的表情の表出はユーザ自らが選択するか、ユーザが二次的表情を表出するためのモジュールを用意することとしていた。ここでは二次的表情の選択の支援の機能を加える。ユーザは意図をあらかじめ入力しておき、システムがそれに従ってユーザに表情と提案を提示する。

二次的表情の表出の支援をするために、システムは「学習モード」と「支援モード」を持つ。「学習モード」では、ユーザは相手と直接交渉し、システムはこのときの相手の意思決定行動を観察し、ベイジアンネットの状態遷移確率を取得する。「支援モード」では、相手から表情、提案が送られてきたときに、システムは取得された確率を用いてユーザに候補となる表情と提案を提示する。

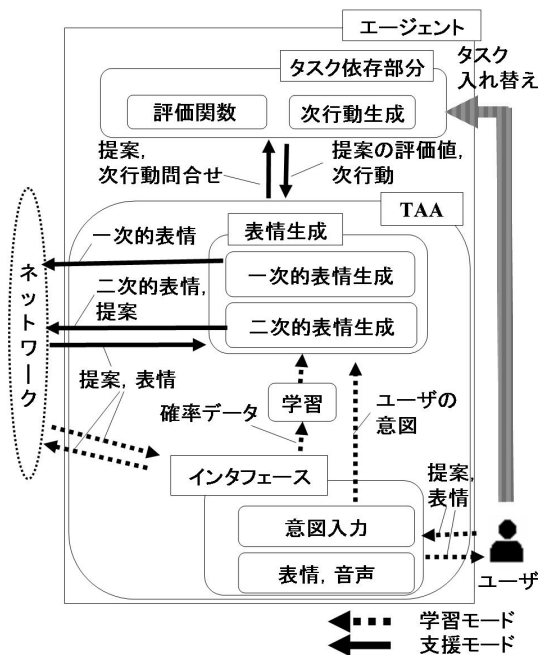


図 5: 二次的表情の表出を含む TAA の構成

4.2 システムの構成

提案するエージェントのアーキテクチャを図 5 に示す。個々のモジュールについて述べる。

• インタフェース

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と音声の出力をする。表情はアニメーション (MS Agent) で動作し、音声合成 (MS Speech Engine) により提案を発話する。

また、図 4 のようなパネルにより二次的表情を表出させる際のユーザの意図の入力を受け付け、表情と提案の組み合わせの候補を表示する。

• 表情生成モジュール

一次的表情生成では、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、構築された表情表出モデルを用いて一次的表情を生成し、それを相手に送る。

二次的表情生成では、相手の意思決定行動の確率を学習し、相手のモデルを構築する。さらにユーザが入力した意図に基づき、ユーザに提案の候補を提示する。

以降は、ユーザがアプリケーション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、一次的表情と二次的表情の生成に用いられる。

- 次行動生成モジュール

システムに次行動を代行させる際にはこのモジュールを用意する。相手からの提案や表情をもとに、次行動を生成し、相手に送信する。次行動は再提案や合意、決裂とする。

5 まとめ

本研究では、オンライン交渉における擬人化エージェントに二次的表情を選択する際に、ユーザの選択を支援する方法について述べた。

まず、従来までの表情の役割の研究を用いて戦略的に表情を表出する方法について述べた。そして、表情が複数の役割を持つ際のベイジアンネットを用いた表情戦略を提案した。さらに、ユーザの意図や戦略を入力し、それに合わせて適切な表情の提示して支援することについて述べた。これを擬人化エージェントを作成するためのツールに組み込むことで、ユーザの二次的表情の表出の手間を軽減できる。

参考文献

- [1] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己. 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. 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2710–2717, 2003.
- [2] Masahide Yuasa, Yoshiaki Yasumura, and Katsumi Nitta. A tool for animated agents in network-based negotiation. In *Proceedings of RO-MAN 2003 Conference*, pp. 259–264, 2003.
- [3] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己. 交渉における擬人化エージェントの表情戦略. 人工知能学会研究会資料, 第 62 回知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS) 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2003, 2003.
- [4] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己. 交渉エージェントのための表情表出アーキテクチャ. SIG-KBS, SIG-ICS, 知能と複雑系 130-12, 2002.
- [5] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己. 交渉エージェントにおける表情の役割. 人工知能学会研究会資料 SIG-KBS, 2001.
- [6] Gregory Kersten and Sunil Noronha. Supporting international negotiation with a www-based system. In *Proceedings of IIASA, IR-97-49*, 1997.
- [7] 新田克己, 山崎亮, 鬼頭隆, 安村禎明. ネットワーク環境における交渉支援ツール. 情報処理学会研究報告 98-ICS, Vol. 98, No. 65, pp. 99–106, 1998.
- [8] 湯浅将英, 安村禎明, 新田克己. 確率モデルを用いた擬人化エージェントの表情表出. 第 17 回人工知能全国大会論文集, 2003.
- [9] P. Ekman and W.V Friesen. 表情分析入門. 誠信書房, 1987.
- [10] P. Ekman. 暴かれる嘘. 誠信書房, 1992.
- [11] 吉川佐紀子, 益谷真, 中村真. 顔と心-顔の心理学入門. サイエンス社, 1993.
- [12] Steven Pinker. 心の仕組み (中), pp. 301–305. NHK ブックス社, 2003.
- [13] 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.
- [14] Howard Raiffa. *The Art and Science of Negotiation*. Harvard University Press, 2000.
- [15] 中嶋洋介. 交渉力. 講談社, 2000.