

交渉における擬人化エージェントの表情戦略

Strategies using Facial Expressions for Animated Agents in 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 discuss the strategies of facial expression of animated agents in the online negotiation. When we negotiate with others by way of a computer network, animated agents make the negotiation smooth. The negotiators control two kinds of facial expressions of animated agents - unintentional one and intentional one. The unintentional one is directly affected by the negotiator's psychological status. On the other hand, the intentional one is controlled by guessing the other's psychological status and by considering various utilities. We have developed a model of generating unintentional facial expressions, and proposed the concrete tool based on Bayesian Network.

1 はじめに

近年の IT 技術の普及により、様々な人がコンピュータを使用する機会が増えている。これに伴い、コンピュータが苦手な人も親しみやすく扱えることを考慮した擬人化エージェント・インタフェースも開発されている。

我々は、これまでに擬人化エージェントをオンライン交渉に適用する研究をしてきた。擬人化エージェントを用いたオンライン交渉とは、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 CG キャラクタの表情を変化させながら提案の内容を発話させるものである。これまでの研究から、オンライン交渉では擬人化エージェントの表情が、意思決定に影響を与えることがわかった [1, 2]。さらに人間の代理として擬人化エージェントの表情を表出する方法について研

究し、ユーザの表情選択の傾向を学習することにより、そのユーザの表情選択を予測する方法を提案した [3]。これは、感情の自然な表現として用いる表情を予測している。

しかし、日常場面では自然に表出される表情だけでなく、意図的に表出される表情も用いており、これを考慮した擬人化エージェントの動作を考えることも重要である。

そこで、本論文では、従来研究をもとに表情を用いた戦略について検討する。まず、2章で交渉における人間の表情の表出と受け取りについて述べる。3章で表情の表出を定式化し、表情を用いた戦略について述べる。4章でモデルを具体的に適用したツールについて述べ、5章でまとめる。

2 交渉における表情の表出と受け取り

交渉における人間の表情の表出と受け取り、および戦略的に用いる表情について述べる。用いる表情

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}@ntt.dis.titech.ac.jp

は、喜びや悲しみ、怒りなどの表情であり、交渉提案とともにいずれかの表情が選択され、相手に提示されるものとする。

2.1 一次的表情と二次的表情

心理学や脳生理学の研究から、人間の表情の表出には、一次的表情と二次的表情と二種類に大きく分けられるとされている [4, 5]。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。一方、二次的表情は、意識的に表出する表情であり、目的や戦略を反映している。主に自分が有利になるように自分の表情を選択するもので、戦略的に用いる表情であると言える。

表情を受け取った立場で考えると、表情には印象としての役割と情報としての役割の二つがある [5, 6]。印象としての役割とは、その表情によって相手への好感度や心理状態が変化することをいう。相手への好感度や相手の提案に対する好感度、心理状態の変化により、一次的表情が表出される。また、心理学の研究では、心理状態や対人感情によって、当事者の意思決定が変化する場合があるとされている [7, 8]。

情報としての役割とは、相手の表情から相手の心理状態や意図を推測することをいう。相手が戦略的に表情を選択しているときには、正確に情報を解釈することは難しいことがある。

2.2 一次的表情と二次的表情のゲーム理論的考察

一次的表情は、心理状態を反映した正直な表情である。二次的表情は、相手に対して戦略的に用いる表情である。裁判などのように対立的な場合では、戦略的な二次的表情を多く用いたほうが有利になれる可能性があり、一次的表情は用られる機会が少なくなることになる。しかし、一方で、和解のように協調的な場合では、正直に自分の表情を表出する方が得なこともある。そこで、正直な一次的表情を表出するときと戦略的な二次的表情を表出するときのどちらを相手に示すかという問題をゲーム理論で考察する。いずれかの表情を表出したときの利得行列を表 1 とし、 a から d の値を考える。例えば、自分が二次的表情を用いて相手が一次的表情を用いたとき、自分が得られる利益が c 、相手の利益が b であ

表 1: 利得行列

		相手	
		一次表情	二次表情
自分	一次表情	a, a	b, c
	二次表情	c, b	d, d

る。 a から d の大小関係は以下ようになる。

- 相手が二次的表情を使い、自分が一次的表情を用いたときは、一般的に相手より低い利益しか得られないので、 $c > b$ となる。
- 相手が一次的表情を用いるときに、こちらが二次的表情を用いるときは、一次的表情を用いるときよりも必ず利益が多くなると考える。これにより、 $c > a$ となる。
- 二次的表情を用いるときには戦略を作成するための手間や時間等のコストがかかると考え、二次的表情同士の利益は一次的表情同士の利益よりも低いと考えると、 $a > d$ となる。また、コストにより減少したときの利益は、 b よりは大きいと考え、 $d > b$ となる。

もし二次表情を出されて騙された一次表情を表出する主体の利益 b が十分に小さい、あるいは a が十分に大きい等の場合は、 $2a > b + c$ が成り立つ。この場合、囚人のジレンマゲーム ($2a > b + c$ かつ $c > a > d > b$) になり、一次的表情、二次的表情の持つ主体のゲーム状況は、「一次的表情を出して協力するか、二次的表情を出して協力しない」という状況にあるゲームと考えることができる。一次的表情を用いるときには、例えば「相手が正直に一次的表情を用いることに対してこちらが二次的表情を用いて相手を裏切る」という誘惑がある。

このような状況にあるときには、お互いに一次的表情を用いることを事前に約束しておくこと等が必要であると考えられる。

3 交渉における表情モデルの定義

前章の表情の表出と受け取りに基づき、交渉における表情モデルを定義する。以降では、交渉当事者の二者を主体 i 、相手の主体 j とする。意思決定とは、交渉における提案 p の選択を指す。時刻 t については、次のようにする。

- 時刻 $t-1$: 交渉者は心理状態 s_{t-1} を持っているとし、このときに相手から提案と表情を受け取るとする。
- 時刻 t : 相手から受け取った提案と表情により、次の時刻に別の心理状態 s_t に変化する。

3.1 一次的表情の表出

一次的表情の表出について定義する。まず、心理状態は、相手から提案と表情を受け取ると決まるとする。また、それより以前の心理状態にも影響されると考える。

定義 3.1 (提案と表情からの心理状態の決定) 相手 j からの提案 $p_{j,t-1}$ と表情 $f_{j,t-1}$ を受け取ったときの主体 i の心理状態 $s_{i,t}$ としたとき、主体の次の心理状態は、以下の関数 S_i と表せるものとする。

$$s_{i,t} = S_i(p_{j,t-1}, f_{j,t-1}, s_{i,t-1})$$

次に、前の心理状態と今の心理状態の遷移により、一次的表情が表出されるとすると、式は以下のように定義できる。

定義 3.2 (心理状態からの一次的表情の表出) 主体 i の前の心理状態 $s_{i,t-1}$ 、今の心理状態を $s_{i,t}$ であったとき、表出される一次的表情 $f_{i,t}$ は以下のように心理状態の遷移のみに依存する関数で表せるとする。

$$f_{i,t} = F_i(s_{i,t}, s_{i,t-1})$$

また、そのとき心理状態によって意思決定が変化することを以下のように定義する。

定義 3.3 (心理状態に影響される意思決定) 相手からの提案を $p_{j,t-1}$ 、今の心理状態を $s_{i,t}$ 、 D_i を心理状態に影響される意思決定の関数とする。このときの意思決定 $d_{i,t}$ は以下になる。

$$d_{i,t} = D_i(p_{j,t-1}, s_{i,t})$$

3.2 二次的表情の表出

一次的表情と異なり、二次的表情は交渉者の心理を素直に表示するのではなく、戦略的に作られる表情である。二次的表情の表出は、どのような交渉形式、交渉事例であるかによって様々な方法が考えられる。以下では、二次的表情の表出の二つの例を述べる。

まず、相手の心理状態が相手の意思決定に影響を与えると考え、相手の心理状態の推測を用いた表情戦略について述べる。

次に、情報が意思決定に影響を与えると考えたときの例として価格交渉を考え、このときに相手の限度価格の推測を用いた表情戦略について述べる。

3.2.1 相手の心理状態の推測を用いた表情戦略

特定の表情を送ることで相手の意思決定を導くことについて検討する。相手の心理状態が $s_{j,t}$ であると推測したとする。こちらから出す提案が $p_{i,t}$ であるときに、特定の表情 $f_{i,t}$ を選択することで、相手の意思 $d_{j,t+1}^*$ を導きたいとする。定義 3.3 における D_j をもとに、 $s_{j,t+1}$ を求める関数を \bar{D}_j とすると、そのときに推測される相手 j の心理状態 $s_{j,t+1}$ は以下になる。

$$s_{j,t+1} = \bar{D}_j(p_{i,t}, d_{j,t+1}^*) \quad (1)$$

定義 3.1 における関数 S_j をもとに表情 $f_{i,t}$ を求める関数を \bar{S}_j とすると、表出すべき表情 $f_{i,t}$ は、

$$f_{i,t} = \bar{S}_j(p_{i,t}, s_{j,t}, s_{j,t+1}) \quad (2)$$

式 1 を代入すると、

$$f_{i,t} = \bar{S}_j(p_{i,t}, s_{j,t}, \bar{D}_j(p_{i,t}, d_{j,t+1}^*)) \quad (3)$$

となり、相手の意思 $d_{j,t+1}^*$ を導きたいときには、上式の $f_{i,t}$ を用いればよい。

3.2.2 相手の限度価格の推測を用いた表情戦略

交渉では、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 [9, 10]。例えば、売買交渉であれば、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」、買い手にとっても「これ以上の価格では買わない価格」が存



図 1: オンライン交渉の操作パネル

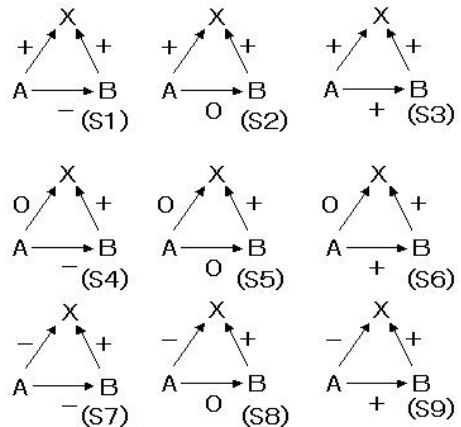


図 2: エージェントの心理状態

在する．これを限度価格 (reservation price) と呼ぶ．交渉では限度価格はお互いにわからないため，相手の提案や表情からそれを予測することになる．そして，予測した限度価格からこちらの提案を決める．例えば，相手の表情が「怒り」のときには「相手は，もう譲歩できないもの」と捉え，相手の予想相場を上げ，もう少し妥協する，という場合が考えられる．「喜び」のときには，「相手は，まだ余裕を持っているもの」と捉え，相手の予想相場を下げ，あまり妥協しないようにする場合が考えられる．

よって，相手が，こちらから出した提案と表情から限度価格を推測することを利用し，特定の表情を用いることで，相手の意思決定を変える，という交渉戦略を考えることができる．例えば，売り手は「怒り」の表情を出すことで相手の予想限度価格を上げるように導いた上で，相手を妥協させることができる．

以前の研究にて，表情によって限度価格の予想が変化することが観測されており [6]，このような二次的表情の表出を実際に利用できる可能性がある．

4 擬人化エージェントによる表情戦略

本章では，擬人化エージェントを用いたオンライン交渉の研究と 3 章の定義より，具体的なエージェントと表情戦略を考察する．

4.1 擬人化エージェントを用いたオンライン交渉

我々は，擬人化エージェントを用いたオンライン交渉のツールを開発した．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．交渉参加者は，図の右側のパネルを用いて提案を入力し，さらに表情を選択する．この交渉ツールは，ユーザの表情表出の傾向を学習した後，ユーザが不在でも自律的にユーザの代理として表情を表出する．ツールで用いる表情は，喜び (HAPPY)，怒り (ANGRY)，悲しみ (SAD)，驚き (SURPRISED)，冷静 (COOL) の 5 つとする．

4.2 ベイジアンネットを用いた一次的表情の表出

このツールでは，交渉における心理状態を ABX モデル [11] に基づいて決定している．

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 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 モデルを用いることで，提案 X の評価だけでなく，相手への好感度を入れたモデルになり，提案 X による客観的な意思決定だけでなく，感情による心理状態と意思決定の変化を示せる．

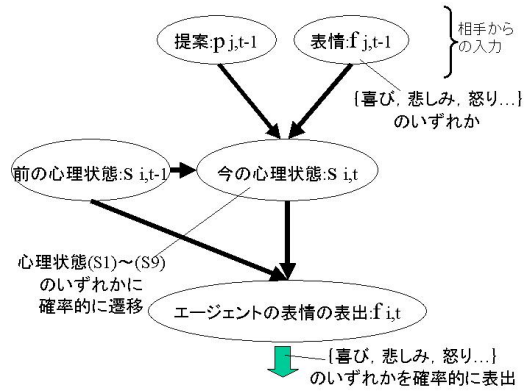


図 3: 主体 i のベイジアンネットによる表情表出

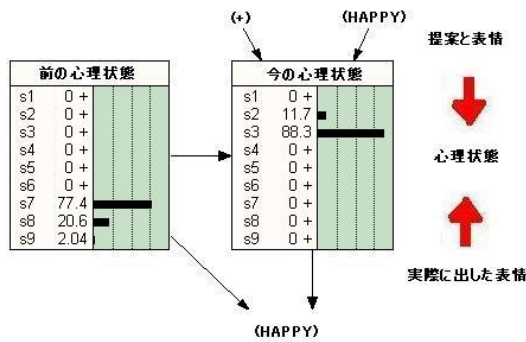


図 4: 相手の心理状態の推測

図 2 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。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 2 中の 9 つのいずれかに遷移するとする。

定義 3.1, 定義 3.2 を用いて、心理状態の変化と表情の表出を、図 3 のようなベイジアンネットで表す。定義 3.1 における、ある心理状態から相手から提案や表情を受け取ったときに、別の心理状態になることは図 3 の上部 ($p_{j,t-1}, f_{j,t-1}, s_{i,t-1}$ から $s_{i,t}$) で示される。また、定義 3.2 における、前の心理状態から今の心理状態に遷移するときに表情の表出がされることは、図 3 の下部 ($s_{i,t}, s_{i,t-1}$ から $f_{i,t}$) で示される。

交渉ツールにこのベイジアンネットを組み込むことで実際のユーザの表情選択を観測し、一次的表情を表出することができる。実験により、ツールによる表情表出とユーザの表情選択の一致率が高いこと、

表 2: 提案、表情と意思決定の例

$$f_{i,t} = \text{HAPPY}$$

		$d_{j,t+1}^*$		
		合意	再提案	決裂
$p_{i,t}$ の 評価値	高 (+)	90%	10%	0%
	中 (0)	33%	55%	12%
	低 (-)	0%	89%	11%

$$f_{i,t} = \text{COOL}$$

		$d_{j,t+1}^*$		
		合意	再提案	決裂
$p_{i,t}$ の 評価値	高 (+)	49%	51%	0%
	中 (0)	4%	94%	2%
	低 (-)	0%	96%	4%

$$f_{i,t} = \text{ANGRY}$$

		$d_{j,t+1}^*$		
		合意	再提案	決裂
$p_{i,t}$ の 評価値	高 (+)	39%	61%	0%
	中 (0)	8%	77%	15%
	低 (-)	0%	80%	20%

また表情表出の個人差にも対応できることがわかった [3] .

4.3 二次的表情を用いた戦略

前章において、二次的表情を表出する方法の 1 つとして相手の心理状態の推測を用いた交渉戦略を述べた。この戦略を用いることで、相手の心理状態を推測し、こちらから特定の表情を表出することで相手の心理状態や意思決定を変えられる。さらに具体的に二次的表情を求めることについて述べる。

二次的表情は以下に再掲する式 (3) により導かれる。

$$f_{i,t} = \bar{S}_j(p_{i,t}, s_{j,t}, \bar{D}_j(p_{i,t}, d_{j,t+1}^*))$$

まず、 $s_{j,t}$ は推測される心理状態である。相手が一次的表情を心理状態に基づき表出しているとする、前節における一次的表情を表出するベイジアンネットから、相手が出す表情を用いて推測することができる。このときの相手のベイジアンネットの例を図 4 を示す。この図は、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。この図のように、相手の出した表情、

こちらの出した提案と表情から心理状態を推測し、相手の心理状態が S3 である可能性が 88.3%、S2 が 11.7% である可能性が示されている。

表 2 は主体 j が、ある心理状態において、主体 i から提案 $p_{i,t}$ と表情 $f_{i,t}$ を受け取ったとき、 j が意思を $d_{j,t+1}^*$ と決定するときの確率を示している [1]。提案は評価値により高 (+)、中 (-)、低 (0) になる。意思決定は合意、再提案、決裂のいずれかである。例えば、相手からの表情 $f_{i,t}$ が HAPPY で、提案 $p_{j,t}$ 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。この表は式 (3) に相当し、これに基づき、 $d_{j,t+1}^*$ の合意、再提案、決裂のいずれかを相手に選択させたいときに、表 2 の提案を $p_{i,t}$ の中で、最も相手の意思決定を変えさせる確率が高い表情 $f_{i,t}$ を選択すればよい。

5 まとめ

従来までの表情研究を拡張し、表情表出のモデルを作成した。また、一次的表情と二次的表情についてゲーム理論的に考察した。一次的表情を表出するモデルをベイジアンネットにより具体化し、それを戦略的に利用した二次的表情の表出方法を提案した。そして、それらを組み込むことで一次的表情と二次的表情を表出する交渉ツールを提案した。

参考文献

- [1] 湯浅, 安村, 新田: 主観的要素を用いた交渉の状態遷移図, システム制御情報学会論文誌, Vol.14, No.9 (2001).
- [2] M. Yuasa, Y. Yasumura, K. Nitta: Giving Advice in Negotiation Using Physiological Information, IEEE SMC2000 (2000).
- [3] 湯浅, 安村, 新田: 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 回人工知能学会全国大会論文集 (2003).
- [4] 岡田, 三嶋, 佐々木: 身体性とコンピュータ, 共立出版 (2001).
- [5] 海保: 瞬間情報処理の心理学, 福村出版 (2000).
- [6] 湯浅, 安村, 新田: 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).
- [7] 斎藤: 対人感情の心理学, 誠信書房 (1990).
- [8] 海保: 「温かい認知」の心理学, 金子書房 (1997).
- [9] 中嶋: 交渉力, 講談社 (2000).
- [10] Raiffa: The Art and Sciences of Negotiation, Belknap (1985).
- [11] Newcomb: An Approach to the Study of Communicative Acts, Psychological Review, pp. 393-404, No. 60 (1953).