

ユーザ感情を考慮したインタフェースエージェントの行動決定

Affective Feedback of the Interface Agent Based on User's Emotional State

森純一郎
Junichiro Mori

Helmut Prendinger
Helmut Prendinger

土肥浩
Hiroshi Dohi

石塚満
Mitsuru Ishizuka

東京大学大学院情報理工学系研究科

Graduate School of Information Science and Technology, University of Tokyo

The spread of information technologies has made interaction between user and computer diverse and complicated. In this trends, the new notion of interaction is needed. The adaptive interaction of life-like agent based on a user's emotional state is a such one of new interaction. In this paper, we propose the method to realize Affective Interaction. The main purpose of Affective Interaction is that life-like agent provides adaptive feedback based on user's emotional state. We propose the method for life-like agent to decide an action to respond to user's emotional state by processing the information related to user's emotional state such as physiological signals on the probabilistic Decision Network.

1. はじめに

ユーザを取り巻くソフトウェアやハードウェアの技術、情報コンテンツおよびサービスの充実によりユーザと情報環境との接点は拡大、多様化している。このような背景のもとでユーザの視点から見たとき情報機器をより扱い易くし、所望の情報へのアクセスを可能にするようなヒューマンインタフェース技術としてマルチモーダルインタフェースが注目されている。マルチモーダルインタフェースは、自律的および適応的なソフトウェアであるエージェント技術を用いてインタフェースエージェントとして実現される。

マルチモーダルを保持したそのようなインタフェースエージェントとユーザの新たなインタラクションが模索される中で近年、インタラクションの新たなモダリティとして人と人とのコミュニケーションのアナロジーから感情が注目されている。

日常のコミュニケーションを成り立たせている感情の働きは Emotional Intelligence [Salovey 90] と呼ばれ、自己と他者の感情を理解し適切に扱う能力である。Emotional Intelligence に示されるように自身の感情を表現することや相手の感情を認識しそれに適切に対応することが人間同士の社会的インタラクションを成り立たせている。

近年の研究は人々が機械に対して、実際の人々に対するように自然にインタラクションするというを示している [Reeves and Nass 96]。そのため、ヒューマンコンピュータインタラクションにおいても適切な Emotional Intelligence が必要となる。インタフェースエージェントは、顔や姿を持ち対話能力を持つなど擬人性を保持しているため Emotional Intelligence を持つのに適したインタフェースである。一方、インタフェースエージェントが適切な Emotional Intelligence を持たず、ユーザの感情に適切に反応しなければインタフェースの Believability を大きく失うこととなる。日常的にユーザとインタラクションするインタフェースエージェントは、ユーザと社会的な関係を築いていく必要があるため Believability は大きな意味を持つ。Believability を保ちつつユーザに適応するためには Emotional Intelligence はインタフェースエージェントが備えるべき能力として必要不可欠のものである。

インタフェースエージェントと感情に関する従来の研究は、

特にエージェントの感情表現に焦点をあててきた [Rickel 98, André 00]。しかし、Believability を備えたインタフェースエージェントを実現するには、感情表現だけでなくユーザ自身の感情に適切に対応することが重要になってくる。本研究の目的は、Emotional Intelligence を持ったユーザに適応的なインタフェースエージェントを実現することにある。

以下本論文では、そのようなインタフェースエージェントの実現のために意思決定ネットワークを用いたユーザ感情に基づくインタフェースエージェントの行動決定手法について提案する。

2. ユーザ感情に対するインタフェースエージェントの有効性

感情については主に心理学や神経科学の分野において研究がなされているが、いまだに未解明の部分が多い。本研究においてはユーザとコンピュータのインタラクションにおいて生じる喜び、驚き、苛立ちなど一般的にラベル付けされた [Ekman 83] 心的状態を指して感情と呼ぶ。そのような感情の中でもコンピュータを扱うときにをしばしば経験するのは苛立ちである。筆者らは、インタフェースエージェントを用いて意図的にユーザを苛立たせるゲーム (図 1) を作成し、インタラクションにおいてユーザに生じた苛立ちに対してインタフェースエージェントが適切なフィードバックを行った時のユーザに対する効果を検証した [森 03]。

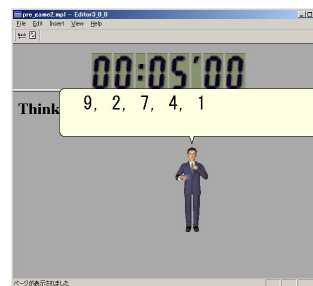


図 1: ユーザ感情に対応するインタフェースエージェントの有効性評価実験ゲーム

ゲームはインタフェースエージェントとのインタラクション

を通して行われる足算、引き算のクイズであり、インタフェースエージェントは、各設問ごとに5つの数字を読みあげる。これに対して、被験者は、5つめの数字で指定された番号の数のみ引き算し残りを足算する。例えば

$$23143$$

という数字列が提示されたときは、5つめの数字‘3’で指定されている3番目の数字‘1’を引いて残りをたすので次のような計算をする。

$$2 + 3 - 1 + 4 = 8$$

設問が読み上げられた後に、5つの選択肢が表示されユーザは答えをマウスにより選択する。これに対してインタフェースエージェントはその正誤を伝える。設問は全部で30問からなり、その内の任意の問題において5番目の数字が表示される前にインタフェースエージェントが出題を10秒前後停止し、ゲームが遅延するようにした。この遅延により被験者は数字列を覚えなければならず認知的負荷が生じ、また短時間でより多く正答するという各人のゴールを妨げられるためにストレスやフラストレーションを感じるようになる。

被験者には、センサーを装着してもらい感情表出情報として皮膚導電率と心拍を計測した。表情や声などのユーザ情報に対して近年、皮膚導電率、心拍、心電、体温、血圧、筋電位、脳波、呼吸などユーザの持つさまざまな生体情報を感情の見積りに利用しようとする研究が行われている [Picard 01]。生体反応は感情の外部表出の1つであり、ユーザの心的状態に応じて変化しているために常に感情の手がかりを提供している。加えてユーザは、たいいていの場合生体情報をコントロールすることは困難であるので生体情報は直接に感情を表す情報となる。また、生体情報はユーザの数秒の変化でも計測できるのが利点である。

実験には2種類のゲームを用いた。一つはインタフェースエージェントがユーザの解答の正誤に基づいて喜びや悲しみを声や動作で表現し、また遅延が発生した場合はユーザをなだめたり共感を表現する Affective バージョンであり、一方のゲームは、インタフェースエージェントが表情や動作を変化させず単調に出題を続け遅延の発生に対してもコメントしない Non-Affective バージョンである。

この実験の結果、苛立ったユーザに対してインタフェースエージェントが適切なフィードバックを行うことによりインタラクションにおいて生じた苛立ちのような負の感情を緩和する効果を持つことが示された。

3. ユーザ感情を考慮したインタフェースエージェントの行動決定

3.1 感情の不確実性

先のゲーム中においては、特定の刺激がユーザを苛立たせることを仮定しそれに対して常にインタフェースエージェントがフィードバックを返していた。しかし実際のインタラクションにおいて、ユーザ感情に対応すべき変化が起こったときにインタフェースエージェントは適切なタイミングでそれらを認識しかつ最適なフィードバックを返す必要がある。その際に問題になるのは情報の不確実性である。

感情は、各人の個性に影響を受け、また場面に応じた気分によっても変化する。観察されたユーザの情報と実際の感情の関連付けにおいても確実にそれらに対応付けることは困難であり不確実性を含む。そこで、ユーザ感情を考慮してインタフェー

スエージェントが行動決定を行う際にはインタラクションから得られるユーザの情報のあいまい性を処理し活用する必要がある。そのための手法として本研究では意思決定ネットワークを用いる。

意思決定ネットワークは、確率的知識を表現したグラフィカルモデルである信念ネットワークに行為や効用のためのノードを付加したものである。ユーザ感情を扱う際の不確実性を適切にモデル化することによってインタラクションにおいてインタフェースエージェントが取るべき行動の可能性の柔軟な予測が可能になる。

3.2 意思決定ネットワーク

具体的な意思決定ネットワークの構築に際しては、感情の生起と表出のモデルに基づいて初期の意思決定ネットワークの構造を決定する。図2は、感情生起とその表出をモデル化したものである。感情の生起要因として人間の認知に注目した認

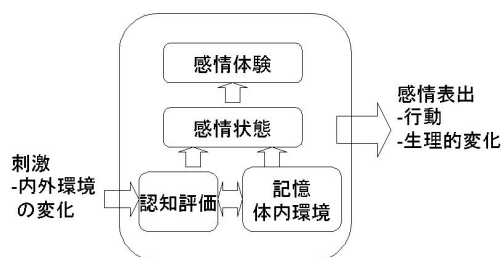


図2: 感情生起と表出の単純モデル

知評価理論では、内外の環境を人がどのように評価するかによって感情が引き起こされるという立場をとる。図2の感情生起の要因である‘内外の環境変化’はユーザとインタフェースエージェントのインタラクションにおいて生じるイベントであり、先の実験におけるゲームではゲーム中におけるユーザの操作やゲーム内のイベントである。感情生起に関わる情報と実際の感情は、認知評価理論に基づいて作成された感情モデル [Ortony 88] などを用いて関連付け、初期の条件確率を与える。一方の‘感情表出’はユーザの行動変化や生理的な変化であり具体的には表情、声、生体情報などが挙げられる。先のゲームではセンサーで計測されるユーザの皮膚導電率と心拍である。生体情報と感情の関連についてはいくつかのモデル [Lang 93, Russell 80]。が提案されており、それらに基づいて関連付けを行う。

感情の生起と表出に注目して構築したネットワークはユーザの感情をモデル化した信念ネットワークとなっている。この信念ネットワークにインタフェースエージェントの行為とその効用をノードとして加えたものが、図3に示すユーザ感情を考慮したインタフェースエージェントの行動決定のための意思決定ネットワークである。

感情に関連する情報として感情の表出情報と感情を生起させる認知評価に関わる情報を利用することにより相互に情報の不確実性を補うことができる。特に表出情報としての生体情報は極めて、敏感に反応するためその変化がユーザの心的状態に起因するものなのかのあいまいとなりうる。外部イベントのような感情の認知評価に関わる情報が証拠変数として利用可能な時は、生体情報の持つあいまい性を補充し感情のより頑健な見積もりを可能にしている。感情の解釈はそれが発生した文脈や状況が大きな手がかりとなるためユーザの状況、ゴール、嗜好などの情報と表情や生体変化などの情報とを統合することでより、正確な感情の見積もりが可能になりそれに対する的確なイ

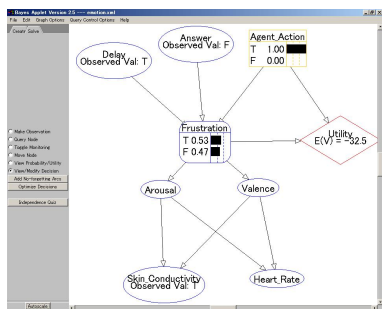


図 3: ゲームをモデル化した意思決定ネットワーク

インタフェースエージェントのフィードバックが実現できる。先に示した実験に基づいて構築した意思決定ネットワークに対して、次のようなシミュレーションを行った。証拠変数として

- ゲーム中の遅延
- クイズの不正解
- 皮膚導電率の上昇

を与える。この時、インタフェースエージェントの 2 種類の行動、

- ユーザに応答する
- 応答を行わない

のそれぞれの行動についてユーザの感情である苛立ちの確率と行為の効用を計算する (表 1)。エージェントはより効用の高い行為を選択するので、この状況においてインタフェースエージェントは応答を与える。その結果、実験で示したようにインタフェースエージェントからのフィードバックがユーザの苛立ちを緩和することになる。

エージェント行為	感情の確率 (苛立ちの度合い)	効用値
動作なし	0.91	-133.2
フィードバック	0.53	-32.5

表 1: エージェントの行為に対するユーザ感情および効用値

4. 考察

実際に、意思決定ネットワークをアプリケーションで用いる際に設計者が行うべきは初期のネットワーク構造と条件確率、行為効用値の決定である。この初期の意思決定ネットワークに基づき対象である各ユーザに適合したより正確なネットワークを作るには、多くの頻度データに基づいてネットワーク構造や条件確率値を洗練していく必要がある。意思決定ネットワークの下地となる信念ネットワークはネットワーク構造や条件確率値の学習が可能であり、ユーザとのインタラクションを通して多くのデータが得られれば各ユーザにより適応した意思決定ネットワークが構築できる。さらにユーザとの長期的なインタラクションを考慮すると意思決定ネットワークはユーザの感情の変遷を表現するような内部モデルを表現する必要があり、動的な意思決定ネットワークの利用が望ましい。

インタフェースエージェントはマルチモーダルインタフェースの実現形態であり、入出力として多様なモダリティを持って

いるため、行動を決定した際に複数のモダリティを組み合わせるために効率的にユーザに回答することも課題となる。

今後は、各ユーザに適応した意思決定ネットワークの構築を行い、インタラクションにおいて特に感情が重要となるアプリケーションを通して意思決定ネットワークの評価および改良を行う予定である。

参考文献

- [André 00] E. André, M. Klesen, P. Gebhard, S. Allen, and T. Rist: *Integrating Models of Personality and Emotions into Lifelike Characters*, Affect in Interactions, Springer, Heidelberg, 2000.
- [Ekman 83] P. Ekman, R.W. Levenson, and W.V. Friesen: *Autonomic nervous activity distinguishes among emotions*, Science, 221, 1208-1210, 1983.
- [Lang 93] Lang, P.J., Greenwalk, M.K., Bradley, M.M., Hamm, A.O., Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology* 30, 261-273. 1993.
- [Ortony 88] Ortony, A., Clore, G.L. and Collins, A.: *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press, 1988.
- [Picard 01] R. Picard: *Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State*, IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 23, No.10, 2001.
- [Reeves and Nass 96] B. Reeves and C. Nass: *The Media Equation*, Cambridge Univ. Press, 1996.
- [Rickel 98] Rickel, J., and Johnson, W. L. : *Animated agents for procedural training in virtual reality: Perception, cognition, and motor control*. Applied Artificial Intelligence. 1998.
- [Russell 80] J. A. Russell: *A circumplex model of affect*, Journal of Personality and Social Psychology 39, 1161-1178, 1980.
- [Salovey 90] Salovey, P. and Mayer, J.D. 1990. *Emotional Intelligence*. Imagination, Cognition and Personality. Vol.9, No.3, 185-211.
- [森 03] 森純一郎, Helmut Prendinger, 土肥浩, 石塚満: 生体情報を用いた擬人化エージェントの有効性評価, 電子情報通信学会総合大会, 2003.