

感情を伝え合うコミュニケーションを行う インタフェースエージェント

黒宮 寧 磯田 佳徳 長沼 武史 稲村 浩 倉掛 正治

ユーザとコンピュータがインタラクションを行う機会が増加している中、それらコンピュータと人間を結ぶインタフェースには、ユーザがより使いやすく、また、そのインタラクションを楽しむことが求められる。本研究では、ユーザがコミュニケーションを楽しむことができるインタフェースエージェントの実現を目指し、その要件としてライフライクさとユーザの心の理解に着目する。ユーザエージェントがライフライクであるためには、自律的に変化・成長し、自分とは異なる第三者的な存在である必要がある。そのために、ユーザエージェントに感情と欲求のモデルをもたせ、ユーザエージェント自身が自律的に変化する。また過去の履歴を踏まえることで、同一の入力に対して常に同じ応答を返すことはない。また、コミュニケーションを継続するためには、ユーザエージェントがユーザに対する協調性をもつ必要がある。そのため、ユーザ自身の感情を表現した感性語に対して、共感するエージェントの実現を目指し、ユーザエージェントに感情語を共有するための感情語彙マップをもたせる。今回、エージェントのプロトタイプシステムを構築し、ユーザエージェントの自律的な変化と感情語の入力に対する感情変化の動作について検証した。

An Interface Agent that communicates emotional states

Shizuka Kuromiya, Yoshinori Isoda, Takefumi Naganuma,
Hiroshi Inamura, Shoji Kurakake

A user interface is more preferable if it is to be easier to use and give more fun to user. In this paper, we propose a user agent based user interface where the user agent is "life-like" and "cooperative with users". To be life-like, the agent should change its behavior and grow up autonomously. For that purpose, the proposed agent has emotions and instincts as the agent's internal states and change its behavior based on the states which changes by internal mechanism. To be cooperative, the agent should understand what emotion the user feels. The proposed agent has an emotional state map that expresses the relation between user's emotion and the words. With the map, the proposed agent understands user's feeling by words the user give and can act like feeling sympathy for the user.

1. 背景と目的

コンピュータ技術の発展により、ユーザは日常生活の様々なシーンでコンピュータとインタラクションをもつ機会が増加している。その中で、コンピュータと人をつなぐインタフェースには、より使いやすくなること、または、そのインタラクション自体を楽しむことが求められる。コンピュータをより容易に操作するための様々なユーザインタフェース技術は活発に研究開発されており、特に訓練を必要とせず、ユーザが簡単に操作を行うことができるようになってきた。しかし、現状のコンピュータとのインタラクションは、効率的に操作、利用することに主眼がおかれ、コンピュータとのコミュニケーションを楽しむといった行為やコンピュータに対し

て気持ちが通じるといったコミュニケーションが成立しているとはいえない。例えば、人間同士やペットとのコミュニケーションを考えてみると、コミュニケーション自体を楽しみ、そのやり取りの中で、心地よさや気持ちの高ぶりなどを感じている[中津 03]。

そもそも、人と人が行うコミュニケーションでは、自分の思いや考えが完全に伝わり合うことは少ないといえる。しかし、完全に伝わらないからこそ、人の想像をかきたて、ひいては新しい創造や更なるコミュニケーションにつながると思われる。コミュニケーションの意義は、お互いの想像性を喚起することであり、これにより人間の知的な活動は多様に発達してきたと考えられる[下原 98]。したがって、このようなコミュニケーションが成立するためには、コミュニケーションの対象が生き物のように(ライフライクに)、自律的に情報を解釈・生成・創造できる存在であることが必要である。これによ

り、コミュニケーションの対象を完全に理解することはできないが、それゆえに、飽きることなく、新鮮さを維持しながらコミュニケーションを継続することが可能となる。

現在のコンピュータの利用を考えてみると、文書の作成や絵の描画など、ユーザの頭の中のアイデアや考えをコンピュータに入力し、外在化させるといった作業が行われている。つまり、現在のコンピュータはユーザの頭の中の整理に用いられ、「第二の自己」的な存在であり、ユーザの想像性を刺激するような「第三者」的な存在とはなっていない(図1)。

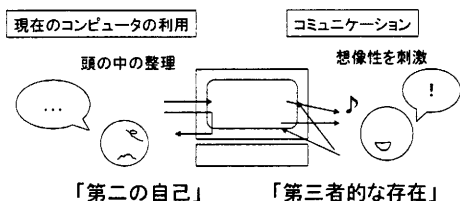


図1: コンピュータとのコミュニケーション

一方、人間同士のコミュニケーションでやり取りされる情報には、客観的な情報だけでなく、経験や感情などのユーザの主観的な情報がある。このような、いわば内面的な情報を伝え、相手の理解や共感を得られたと感じることにより、ユーザは満足感や心地よさを感じている。そして、更なる心地よさや満足感を得るためにコミュニケーションを継続すると考えられる。つまり、相手が理解を示していると感じられることがコミュニケーションの成立には重要であり、相手が全く理解を示さない場合は、コミュニケーションの成立自体が困難となる。したがって、コミュニケーションには双方が相手に対する理解や協調性をもつことが必要である。

以上のことから、「コミュニケーションできるコンピュータ」とは、自律的に変化・成長し、自ら判断することで情報を生成・創造するというライフライクな要素を備えたとともに、コミュニケーションの相手に対する協調性も兼ね備えた存在であると考えられる。このようなライフライクさとユーザに対する協調性を兼ね備えるユーザエージェントを実現し、コミュニケーションを通じ、ユーザへ心地よさや楽しさを提供することが、本研究の目的である。特に、本研究では、コミュニケーションの中でもお互いに感情を伝え合うことが最も重要だと考え、まず、ユーザが自分の感情を伝え、ユーザエージェントが協調的な応答を返すコミュニケーションに取り組む。本研究では、どのような手段でも、気持ちが伝え合えたと感じることがコミュニケーションだと考え、会話中心のコミュニケーションに特化しない。これは、赤ちゃんや動物とのコミュニケーションの場合のように、相手が高度な対話能力や認識能力をもたなく、言葉ではなく表情や動作で応答を返す場合でも、人間はコミュニケーションによって心地よさや楽しさを感じることが可能であり、コミュニケーション成立のための最も基本的な要素と考えるためである。

本稿では、上記のコミュニケーションが成立するためのユーザエージェントの要求条件、および要求条件に基づく、技術的な課題と解決方法について述べる。また、実装したユーザエージェントのプロトタイプシステムについて述べ、実験結果について報告する。

2. 関連研究

HAI(Human-Agent Interaction)の分野において、「人間共存型」のロボット(本稿ではロボットも含めエージェントと呼ぶ)の開発が行われ、人間とエージェントが双方向に適応をする技術に関心が高まっている。その中で、ユーザとコミュニケーションを楽しむエージェントは、エンタテインメントの分野でも様々なものが研究されており、一般に市販されるなど、身近な存在となっている。2003年10月現在、市販されているペット型ロボットの世界販売台数は55万台となり、2006年には、150万台に達する見込みであるといわれている。それらのAIBO[AIBO]やNeCoRo[田島00]、トロ[Toro]などのペット型エージェントは、単純な動作・学習・受け答えしか行えないが、ユーザの感情移入によってエージェントに対して愛着・精神的な絆を構築するなどの効果をあげたものもある。

これらのエージェントの“ライフライクさ”と“ユーザへの協調”のアプローチには以下のようなものがある。ライフライクさの表現には、最も基本的な要素として刺激(入力)に対して、反応することである。これは生物的なReactiveな反応だけでなく、ユーザの呼びかけや指示に答えることも含まれる。多くのロボットは、ユーザがエージェントに対して行う情報を多く認識し、反応を返すことができるよう、聴覚センサ、視覚センサ、触覚センサなど様々なセンサを用いてユーザの動きを獲得し、それらに対応する応答を数多く持たせるようにしている。さらに、自律的な行動を行うためのモデルとして、MaCモデル[牛田99]が提案されている。これは、感情に基づく自律的な行動生成のメカニズムであり、認知的評価理論という心理学理論に基づいて構築したモデルとなっており、センサで得た情報を基に、コミュニケーション相手の意図・感情や周囲の状況を認識し、その結果から感情が変化し、感情に基づいて行動している。

ユーザへの協調では、利用を重ねるごとに、また、ユーザが入力することを意識していない情報を獲得することで、ユーザに適応していく。例えば、ユーザの行動履歴から好む動作を優先的に表示したり、ユーザがエージェントの出力する言葉や動作、提供情報に対する評価を入力し、エージェントはそれがユーザの好む出力であれば優先的にそれらを出力するなどの学習を行う。この方法は、MITのA-LiveSystem[Mase95]や市販の育成ゲームなどで用いられており、ユーザの指示内容を学習し、ユーザ好みの出力に変化させる。例えば、初めは「お手」という指示に従わなかったエージェントが、何度もそのインタラクションを重ね、お手ができた時に褒めるようにすると、お手をすることを覚えるようになる。また、インタラクションの中でユーザが用いる言葉やその意味を覚えておくと、後にその内容を反映した会話を行うエージェントもいる。さらに、ユーザとエージェントとの

インタラクションの情報だけでなく、予定表などの情報を用いて、間接的にユーザの嗜好や興味を学習する方法もある。例えば、シーマン[Seaman]では、スケジュール表やメールの履歴、アドレス帳など、個人のデータを利用して、そのユーザだけに合わせた会話を行っている。

しかし、このようなユーザに協調するような行動を起すエージェントでも、ユーザモデルをもち、そのユーザ状況を参照し、行動を決定するわけではない。AIBO などのペットロボットでは、ユーザからのアクションに対して応答を行うが、この応答はユーザの状況を陽に識別した応答ではない。これは、図 2 の A で示すタイプであり、エージェントはユーザの状況を表現するユーザモデルをもっていないといえる。つまり、入力に対し、ユーザの状況を踏まえて応答するのではなく、エージェント自身の状態から応答を決定しているのである。また、操作過程や心拍センサなどの情報からユーザ状況を推定し、それにより応答を変更させるなどの研究[森 03]も行われている。これらは図 2 の B に該当し、エージェント内部にユーザの状態を表現するユーザモデルが存在する。しかし、感情の生成は複雑な要因が絡み、表面に表われない情報も多いため、現状では精度の高い感情の認識を行うことは困難である。

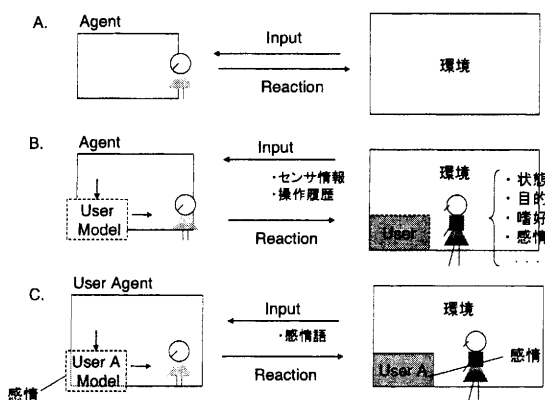


図 2: エージェントのモデル

3. アプローチ

3.1 自律的变化

ライフライクなエージェントの要件として、これまで様々な提案がなされている[間瀬 96, Isla02]が、本研究では、その中でも、エージェントの自律的变化に着目する。環境の変化に応じて、自分の状態を变化することはもちろん、特に環境の変化がなくとも自律的に変化し、行動することが必要である。本研究では、エージェント自身の内部状態のみを考慮して応答を決定する行動を自律的行動と定義する。

ユーザエージェントの自律的变化を実現するために、ユーザエージェントの内部状態として感情と欲求をもたせる。ユーザエージェントは欲求に基づいて行動を起し、その結果、感情を变化させることで、同じ入力であっても内部状態の変化によってエージェントの

出力が変化する。ユーザエージェントに対して、ユーザから直接操作が行われる場合は、その行為はユーザエージェントに対して、喜ばしいとか、よくないとかを判定し、その行為に対するユーザエージェントの感情を变化させる。この場合、ユーザからの行為は、ユーザエージェント自身の感情を变化させることになるが、それを行ったユーザの気持ちは反映されていない。これはユーザのモデルを考慮せずに応答を变化させるということであり、自律的行動である。

3.2 ユーザ感情への共感

本研究では、ユーザ状況を踏まえて応答をする行動を、協調的行動と定義する。最も基本的なコミュニケーションは、お互いの気持ちを伝え合うことが目的の一つであるため、それぞれの「感情」を表現し、伝えることが必要である。そこで、本研究では、ユーザ自身が表現した感情表現の言葉（以降、感情語）からユーザの感情の把握を行う。現在、人間同士のコミュニケーションの中で、電子メールや SMS(Short Message Service)などの、デジタルなテキストでのやり取りが広く行われているが、その中でもお互い気持ちの伝え合いは行われており、またその表現方法に慣れていると考える。さらに、用いる言葉だけでなく、漢字やかな文字による感情表現の使い分けや絵文字の利用など、個人毎に感情を伝える表現は多種多様である。従って、ユーザが普段感情を表現する言葉を使い、個人毎に異なる細かな感情の違いをユーザエージェントに伝えることができることが必要である。そこで、それらの感情語と感情状態をマッピングする機構を構築する。さらに、ユーザエージェントはユーザの感情を表現した言葉に対して、共感した行動や、ユーザが心地よいと感じる行動を行う。ユーザが楽しい気分の場合は、ユーザエージェントも同じように楽しい気分となり、ユーザが落ち込んでいれば、励ますなどの応答を返す。そのやり取りの中で、ユーザがユーザエージェントに対し、「自分のこと分かってきている」「心が通じている」など、親しみ・楽しさを感じられるといった効果をもたらすと考える。このユーザエージェントは図 2 の C のモデルであり、入力に感情語を用い、ユーザ A の感情を知るためのユーザ A のモデルをもつ。

3.3 ユーザエージェントの動作

3.1, 3.2 節で述べた、両方の要素をもつユーザエージェントのモデルを図 3 に示す。ユーザエージェントはユーザと感情を伝え合うコミュニケーションを行うため、ユーザエージェント自身の感情を表現する内部状態と、ユーザの感情を表現するためのユーザモデルをもつ。ユーザエージェントの出力は、対話など高度な認識能力を要する出力ではなく、動作や表情による出力を行う。ユーザエージェントへの入力には、ユーザが入力する感情を表現する感情語と、ユーザエージェントに対する行為がある。また、ユーザからの入力がない場合でも、環境の変化やユーザエージェント自身の内部状態変化が入力となり、ユーザエージェントの動作が変化してゆく。このユーザエージェントの特徴は、自律的な行動制御を行いつつ、ユーザに協調す

る制御を行う点である。入力に対し、自律性制御による自律的行動と、ユーザ協調性制御による協調的行動の2つが内部的に出力されるが、最終的な出力は、ユーザエージェント自身の内部状態により決定される。これにより、自律性と協調性をそなえたエージェントが実現できる。

これらの特徴をもつユーザエージェント実現のための、技術的な要件とその効果を、次章で説明する。

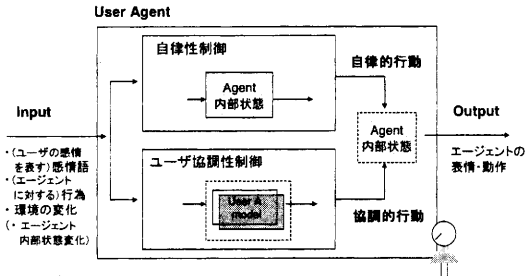


図3：ユーザエージェントモデル

4. 提案ユーザエージェント

3.3 節で挙げた動作を行うユーザエージェントには以下の機構が必要である。

- ・ ユーザ感情モデル
- ・ ユーザエージェント内部モデル (感情・欲求)
- ・ ユーザ固有の感情語に対する感情表現の違いを反映した感情語彙マップ

以降では、それぞれの機構について述べる。

4.1 内部モデルによる自律的变化

生物の自律的な行動は、欲求を満たすために行われるものであり、欲求を満たすために目標を設定し、その目標を達成するために手段を実行することから生じる。これに従い、ユーザエージェントに内部状態に、欲求と欲求に従う感情モデルとして、感情変数 E_{a_i} ($1 \leq i \leq 4$) と欲求変数 I_{a_j} ($1 \leq j \leq 4$) をもたせる。ユーザエージェントの感情は、次節で説明する感情モデルを用い、基本感情の4軸で表現される。各軸の要素を、 E_i ($1 \leq i \leq 4$) と表し、それぞれの値で感情を表現する。ユーザエージェントの欲求変数 I_{a_j} は、生物の基本的な欲である食欲、睡眠欲、愛情欲、探索欲の4つをもたせる。感情の状態から欲求の状態を変更するルールによっても欲求変数 I_{a_j} の値は変化し、欲求から感情も変化する。その例として、ユーザエージェントが深い悲しみにいる場合、愛情欲は高くなり、また、食欲が満たされないままの状態が長時間続くと、悲しみが上がる等の内部状態の変化が行われる。これらが相互に作用し、ユーザエージェントの内部状態は常に変化してゆく。

環境の変化や外部からの入力に対して応答を返すことも、自律的行動の1つである。それらの入力に対するユーザエージェントの反応は、予め定義しておき、ユーザエージェントの感情状態の変化が生じる。しか

し、入力に対する最終的な応答の決定は、ユーザエージェントの内部状態によって決定されるため、入力に対して同じ反応を起こすとは限らない。

4.2 感情モデル

コミュニケーションでは、お互いの感情を認識し合うことが必要であり、ユーザの感情状態を認識できる仕組みが必要である。従って、ユーザエージェントは、ユーザエージェント自身の感情状態を表すユーザエージェント感情空間とユーザから得られる感情語からユーザの感情状態 (程度・意味) を理解するための、ユーザ感情空間をもつ。

感情状態の表現は、Plutchik[Plutchik60]の感情モデル (図4) を用いる。Plutchikの感情モデルは、基本感情の8感情 (歓喜、悲嘆、愛慕、嫉妬、恐怖、激怒、驚嘆、警戒) をもつ。基本感情とは、それ以上還元不可能な感情の最小単位であり、その他の様々な感情は、基本感情の結合により生み出せるとしている。各感情状態は、2つの基本感情が対極となった4軸 (喜-哀、好-嫌、恐-怒、驚-警戒 (期待)) 中の位置で表現され、中心に向かうほど、その基本感情が弱いことを示す。ユーザエージェントとユーザの各感情状態は、この4次元感情空間 (図5) 内でのベクトルとして表現する。

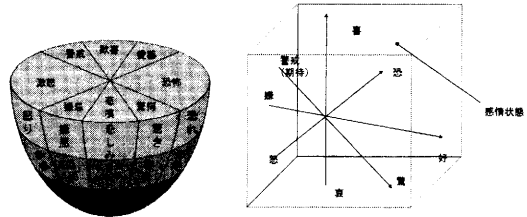


図4：Plutchikの感情モデル

図5：感情空間

4.3 感情語彙マップと調整方法

ユーザが入力した感情語は、感情空間中の4次元ベクトルとして表現され感情語彙マップに格納される。感情語は個人によって利用方法が異なるため、それらの違いを表現することが必要であり、さらに、個人毎に異なる言葉を追加することも必要である。

ユーザは各語の表現の違いを認識し、使い分けているため、その違いを表現、調整するのはユーザ自身が適している。しかし、感情空間は4次元であり、その4次元空間内で各感情語の意味や程度を人間が指示することは困難である。そこで、ユーザが直感的にその違いを表すためのインタフェースが必要である。さらに、他の語との違いを指示するためには、他の語彙との関係を表すことも必要である。そこで、ユーザが調整を行うために、平面上での調整インタフェースを提供する。感情の意味を調整する面Aと、感情の強さを調整する面Bの2つを提供する。

感情を表す感性語の種類は多数あるが、心理学実験 [Yoshida70]によると、日本語では35のカテゴリに分類される。表1にその35のカテゴリを示す。本研究

では、この 35 のカテゴリを感情カテゴリ呼び、感情語の大分類として用いる。

| | | | | |
|-----|------|-----|------|-----|
| 嫌い | 失望 | 楽しみ | 強い嫌悪 | 屈辱 |
| 怒り | 不安 | 疑い | 暖かさ | 苦痛 |
| 不寛容 | 恐れ | 嫉妬 | 不快 | 侮辱 |
| 悲しみ | 高慢 | 寂しさ | 後悔 | 好奇心 |
| 忍耐 | 憧れ | 満足 | 思いやり | 退屈 |
| 脅威 | ぼんやり | 幸福 | 尊敬 | 愛 |
| 喜び | ためらい | 恥 | みだら | 哀れみ |

表 1：感情を表現する感性語のカテゴリ

各感情カテゴリは、そのカテゴリに含まれるそれぞれの感情語を代表する感情カテゴリベクトル EC を与える。例えば、「嫌い」カテゴリの感情カテゴリベクトルは、 $(-3, -5, 0, 0)$ である。各感情カテゴリベクトルの一部を表 2 に示す。各感情語は、その語が表現する感情カテゴリの情報をもつ。本研究での感情語には、形容詞と形容動詞、感動詞、擬態語を対象とする。その一部を表 3 に示す。

| カテゴリ | ベクトル値(喜・好・優・奇) |
|------|----------------|
| 嫌い | -3, -5, 0, 0 |
| 失望 | -5, -3, 0, -1 |
| 楽しみ | +5, +4, +2, 0 |
| 強い嫌悪 | -5, -7, 0, 0 |
| 屈辱 | -3, -3, -3, -1 |
| みだら | 0, 0, 1, 1 |
| 不安 | -2, -2, -5, 2 |
| 疑い | -2, -1, 2, 2 |
| 暖かさ | 3, 3, 3, 0 |

表 2：感情カテゴリベクトル値（一部）

| | |
|-----|---------------------------|
| 喜び | うれしい、ハッピー、素晴らしい、ヤッター、ルンルン |
| 楽しみ | 楽しい、おもしろい、ウキウキ、ワクワク |
| 悲しい | かなしい、哀しい、サビシイ、もの悲しい、シクシク |
| 不安 | ドキドキ、びくびく、コワイ、落ち着かない |
| 不快 | 気持ち悪い、キライ、イヤ、変な |

表 3：感情語リスト（一部）

各感情語の表現の違いを指示する際には、同じカテゴリ内に含まれる他の語彙との違いを表現することが最も意味をもつと考え、調整を行う感情語と他の感情語の相対的な位置関係を比較しながらの調整を行う。また、個人特有の表現語は多くあるため、調整だけでなく、語彙の追加がしやすいことも求められる。そこで、この感情カテゴリを導入することにより、新たな語彙の追加時に、調整時の初期値を得ることができ、はじめから調整を行う手間を省くことができる。

実際に調整を行う方法を図 6 を用いて説明する。調整面 A では、各感情語が表現する微妙な感情の意味の違いを調節する。ここでは、調整したい言葉が所属する、感情カテゴリベクトルを中心とし、そのベクトルとの各軸の値の差を提示する。図 6(a) に示すように、

基本感情を示す各 4 軸は、45 度の角度をもち、原点を中心に配置する。感情カテゴリベクトル値が (A, B, C, D) の時、ある感情語 $W_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ は、各軸の値を $(a_1 - A, b_1 - B, c_1 - C, d_1 - D)$ と表す。隣り合う座標値を結んだ平面を、感情語ごとに色を変えて表示する。この表示により、各感情語がもつ基本感情の要素の違いを視覚的に捉えることができ、調整したい感情語を構成する基本感情の値をチャートで変更することにより、同じ感情ベクトル内の感情語も同時に表示させることにより、他の感情語と比較をしながら調整を行うことが可能である。また、必要に応じて、別カテゴリの関係ある言葉も表示する。例えば、「ハッピー」という言葉の意味を調節したい場合、その言葉は「喜び」カテゴリに属するとする。「喜び」カテゴリの、感情カテゴリベクトル値は $(+7, +5, +2, 0)$ であり、そのカテゴリベクトルと「ハッピー」のベクトル同じカテゴリ内の「うれしい」「素晴らしい」「ヤッター」「ルンルン」との違いから、意味の調整を行う。「ハッピー」という言葉は、「うれしい」よりも好ましいものに対して使う場合は、好・嫌軸 E_2 の値を「うれしい」の値よりも大きくする。

感情語の感情の強さの調整は、調整面 B で行う。感情カテゴリベクトルの感情の強さを長さで表し、その長さとの比較をし、強さを表現する。この長さは、ベクトルの大きさで表現される。感情カテゴリベクトル値が (A, B, C, D) の場合 $L = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2}$ と表す。各感情語も同様にその長さを算出し、色を変えてその長さを表示する。ある感情語 $w_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ では、その長さは

$$L_{w_1} = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2 + d_1^2}$$

と表す。

各調整面で行った調整を、4 次元へと再度変換し、その感情語の感情ベクトルを決定する。調整面 A で行った調整では、各感情軸値を変更する。調整した結果、以前より $(-1, +3, +1, 0)$ の変更がある場合は、 $W_1 = (a_1 - 1, b_1 + 3, c_1 + 1, d_1)$ となる。調整面 B で行った強さの調整では、感情カテゴリベクトル L より、 n 弱い場合、その語は、

$$\vec{W}_1 = (a - \frac{nA}{L}, b - \frac{nB}{L}, c - \frac{nC}{L}, d - \frac{nD}{L})$$

と表される。

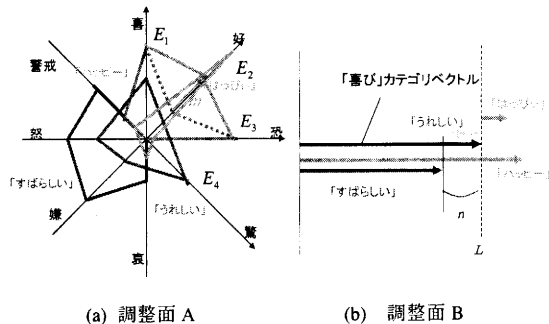


図 6：感情語彙マップ

この感情語彙マップの調整面は、追加する語の初期値の設定や、意味や強さを大きく変化する場合など、直接指示した方がよいと感じる時に利用する。感情語の初期値を与えられると、ユーザエージェントとユーザのインタラクションの中で、さらに調整が行われていく。ユーザが入力した感情語に対し、ユーザエージェントが表現した行動がユーザの思うようでなかった場合、ユーザが良い／悪いを入力し、再度調整を行う。

4.4 自律と協調の表出

ユーザに協調する行動と、ユーザエージェント自身の欲求や感情による自律的行動の、どちらを主に表出するかのパランスも、ユーザエージェントにとって重要である。本ユーザエージェントは、ユーザエージェント自身の内部状態を参照し行動を決定する自律性制御と、ユーザの感情状態を考慮した応答を行う協調性制御の両方を行う。そして、4.1節で述べたように、最終的なユーザエージェントの出力は、ユーザエージェントの内部状態により決定される。ユーザエージェントは、感情語彙マップを参照することにより、ユーザの感情状態を知り、さらにユーザエージェント自身の内部状態から出力を決定する。ユーザエージェントの感情が、ユーザの感情状態と同じ状態となることで、ユーザはユーザエージェントと感情を共有できた、もしくは、共感していると感じることができる。ユーザの気持ちを改善するような、ユーザエージェントの働きは、共感ばかりではないが、その対応には、他にも情報が必要なため、今回は判断がつかないとし、共感のみを扱う。

ユーザが入力した感情語は、感情語マップを参照し、感情状態を認識する。ユーザエージェント自身の感情状態 Ea と比較し、ユーザエージェントの感情 Ea を、ユーザの感情状態 Eu の方向へ変化させてゆくが、全く同じにするのではない。その状態の変化の度合いは、ユーザエージェント自身の感情状態により決定される。ユーザエージェントの内部状態として、各感情 Ea や欲求 Ia が強い場合、ユーザエージェントの自律的变化が多く出力され、反対に感情状態 Ea から機嫌がよいと判断される場合は、ユーザへ協調するような応答を返す。エージェントの機嫌の定義は、欲求が満たされていない状態によって表すこととし、ユーザの欲求度 ha とする。ユーザの感情が $\overline{Eu} = (eu_1, eu_2, eu_3, eu_4)$ 、ユーザエージェントの感情が $\overline{Ea} = (ea_1, ea_2, ea_3, ea_4)$ 、欲求が $\overline{Ia} = (ia_1, ia_2, ia_3, ia_4)$ ($0 < ia_j < ia_j^{\max}, j=1,2,3,4$) の場合、ユーザエージェントの欲求度 ha は、

$$ha = \sum_{k=1}^4 w_k ia_k / \sum_{i=1}^4 w_i ia_i^{\max}$$

とする。(w_k : 重み関数) この値が低いほど、欲求が満たされていることとなり、機嫌がよいとする。このとき、ユーザエージェントの感情 \overline{Ea} は、

$$\overline{Ea}_{new} = \overline{Ea} + (\overline{Eu} - \overline{Ea})(1 - ha)$$

と表現する。

つまり、ユーザエージェントの機嫌がよいほど、ユーザの感情と共感し、機嫌が悪い時は、ほとんど共感しないという挙動を行う(図7)。

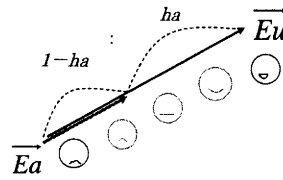


図7: エージェントの感情決定

5. 実装

Microsoft Agent[MSAgent]を利用し、ユーザエージェントのプロトタイプシステムを作成した。ユーザエージェントは、PCのデスクトップ上に常駐し、動作を行う。ユーザエージェントの外見は、擬人化された動物型キャラクター[Character]を用いた。

このプロトタイプシステムで用いた感情語は、ユーザエージェントの動作や表情として表しやすい、「喜び」「楽しみ」「悲しい」「不安」「不快」などの10カテゴリに含まれる、50語を利用した。

感情空間は、各感情軸を(-10, 10)の21段階で表現する。細かい感情の違いを表すためには、それらの精度ではほとんど変化が見られないことから、0.1単位でベクトル値をもつ。しかし、ユーザエージェントの出力である、ユーザエージェントの動作は、すべての値で異なるパターンを用意するのが困難だったため、50種類の動作パターンとエージェントが発する言葉の組み合わせにより出力パターンの違いを表現した。また、ユーザエージェントの内部状態の1つである、欲求 Ia ($1 \leq j \leq 4$) に関しては、0~4の5段階で表現した。ユーザの欲求度 ha は、 $ha = Ia_1 + Ia_2 + Ia_3 + Ia_4$ とする。 ha の値が大きいほど、ユーザエージェントはユーザへ協調しない。

ユーザエージェントは、ユーザからの入力として、ユーザエージェントに対する行為と、ユーザの感情を表す感情語を得ることができ、また、環境の変化のイベントも獲得することができる。ユーザのユーザエージェントに対する行為は、ユーザのマウス操作によってユーザエージェントに与えられる。その行為の意味は、クリックは呼びかけ、ダブルクリックは叩く、ドラッグはユーザエージェントを引っ張って移動する、と割り当てた。ユーザからの感情語の入力に対しては、その感情語が示す感情ベクトル値から、ユーザの感情語彙マップに問い合わせ、その値を得る。その感情ベクトル値から、ユーザの現在の感情状態を認識する。環境の変化では、ユーザがユーザエージェント以外のアプリケーションを利用しているかどうかなどの状態を検出することができる。ユーザエージェントは基本的にユーザがユーザエージェントに対して、関心を持ってきている事を好むとした。

このユーザエージェントの動作を、具体例を用いて説明する。まず、ユーザエージェントの内部状態の初期値は $\overline{Ea} = (5.0, 3.0, 0.0, 1.0)$ 、 $\overline{Ia} = (0, 0, 1, 1)$ であり、特にユ

ユーザエージェントに対して入力を行わない場合には、ユーザエージェントは Idle 状態に入り、考えたり、どこかに歩き回ったり、なにかを書いたりする。その際にも、ユーザエージェントの感情状態を反映し、ユーザエージェントが楽しい気分の場合は、アイスクリームを食べたり、飛んだりはねたりしているが、悲しい時には、そのような動きの代わりに、下を向いたり、あまり動かないなどの行動を主に起こす。長時間ユーザの入力が無い状態が続いた場合には、ユーザエージェントは悲しい気分へと移行してゆく。今回は、ユーザエージェントが Idle 状態に入ってから、行った処理をカウントし、その値が 25 を超える毎に、 E_u を (-1.0, -1.0, +1.0, 0.0) 分変化させる。そのため、最初は元気のよかったユーザエージェントは、ユーザからの入力がない場合などでは、どんどん元気がなくなっているようになる。このような変化だけでなく、ユーザエージェントの欲求による行動の変化も生じる。探求欲 I_4 が 4 以上の場合、周辺を歩き回る行動を多く行う。また、感情と欲求の相互変換ルールとしては、悲しい気持ち強い場合には、愛情欲が高まり、食欲が強い場合、怒りの感情が増していく等のルールを与えた。

また、ユーザからの同じ入力に対しても、ユーザエージェントの内部状態によって、行動が変化する。直接ユーザエージェントをドラッグして移動させるとき、ユーザエージェントの機嫌がよいときには、おとなしく移動するが、機嫌が悪くなると、表情が暗くなり、さらに悪くなると、体を振りながら嫌がるというように変化する。ユーザの感情を示す感情語の入力では、感情語が示す感情ベクトル値を、ユーザの感情語彙マップに問い合わせ、その値を得る。このベクトル値がユーザの感情状態を示し、ユーザエージェントの感情状態と比較する。

6. 結果・考察

このユーザエージェントのプロトタイプシステムの動作結果を示す。評価項目としては、以下の3点とする。

1. ユーザの感情を示す言葉を入力することにより、エージェントはユーザの感情を考慮し、共感する動きをおこなうか
2. エージェントの内部状態として、感情と欲求をもたせることで、ユーザからの入力がない場合でも、エージェントの内部状態が変化するか
3. エージェントの内部状態により出力を決定することで、同一入力に対し、応答が変化するかどうか

それぞれの項目について、結果を示す。

結果 1. 入力感情語に協調する変化

異なる感情語に対して、その語が表す感情へエージェントの内部状態が変化しているかを確認した。その変化を図 8 に示す。

入力感情語は、A:「コワ☆」(1.0, 1.0, 4.0, 2.0), B:「さみしい...」(-3.0, -2.0, 1.0, 1.0), C:「うそおやだー」(1.5, -5.0, 0.5, 4.5) とする。各入力が行われると、エージェントの各感情値に変化が見られる。その変化は、入力語のベクトル方向へと変化している。

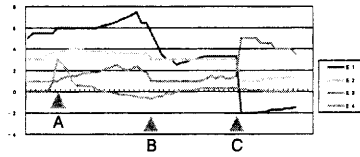
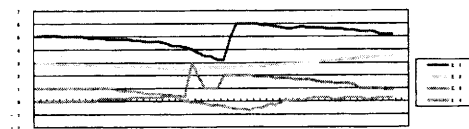


図 8: 各入力に対する内部状態の変化

結果 2. ユーザからの入力がない場合の内部状態変化

ユーザの入力が特にない場合の、エージェントの内部状態の変化を図 9 に示す。

ある一定期間入力がされないと、エージェントの感情は緩やかに弱まり、各感情ベクトル値は 0 へと変化する。その他に、感情と欲求の遷移状況により、イベントが発生し、それにより内部状態に変化がみられた。



時間 $t = 0 \sim 120$

図 9: エージェントの内部状態変化

結果 3. 同一入力に対する応答の変化

同一感情語の入力に対して、エージェントの内部状態が異なるとき、出力結果が変化した。

入力する感情語は、入力 A も B も同一の、「たのし〜い」(6.0, 7.0, 0, 0) である。入力 A の時、エージェントの感情 $E_a = (6.0, 6.8, 0.4, 0.0)$ であり、そのとき出力として図 10(b) となった。入力 B では、エージェントの感情は $E_a = (4.0, 4.3, 0.6, -0.2)$ であり、出力は図 10(c) となった。

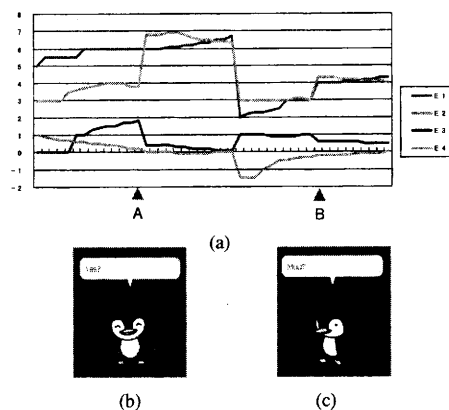


図 10: 入力時の内部状態の違いとその出力結果

上記の結果から、ユーザエージェント自身に感情や欲求をもたせることで、外部からの入力がない場合でも、自立的に変化することが確認できた。また、同じ入力に

対しても、いつも同じ応答ではなく変化すること、また、その変化が以前の状態と無関係に変化するのではないことが確認できた。

しかし、現状のシステムでは、ユーザエージェントの出力として、表情や動きを 50 種類しかもたせていないため、不自然な応答を返す場合も見受けられた。これは、動作パターンを増やし、ユーザエージェントの動作シナリオを詳細化することにより解決すると考えられる。また、長時間のコミュニケーションを行うと、ユーザエージェントの内部状態がある状態に収束し、同じような動きになる場合がある。それを防ぐため、現在ランダムに状態を変更するイベントを用意している。これらは意外性を生み出し、新鮮さを生み出す効果もあるが、相反する動作に結びつく場合がある。これらも、ユーザエージェントの動作シナリオの詳細化が必要である。

他の課題として、状態の変化の不自然さがある。現状のシステムでは、同じ行為に対する内部状態の変化量はいつも同じであり、ユーザに協調する場合でも、直線的な変化を行っている。しかし、より自然な状態変化のためには、指数関数的な変化や不連続な変化も生成可能とする必要がある。これを解決するためには、入力やイベントが起きた回数、またタイミングなどを保持し、その変化率を制御する必要がある。

また、ユーザ毎の細かな感情語の表現の違いについては、出力のパラエティが少なかったため、効果的な違いを確認することができなかったが、内部状態としては微妙な値の違いを保持しているため、コミュニケーションを継続して行う際に、その違いを確認できると考えている。

7. まとめと今後の課題

ユーザエージェントとユーザの感情を伝え合うコミュニケーションを実現するため、ユーザエージェントの自律的变化とユーザ感情への共感に着目し、その実現手段として、ユーザエージェントに内部状態として感情と欲求をもたせ、内部状態により出力を変化させた。また、ユーザの感情の状態を表す感情語の入力を許し、ユーザ固有の感情語に対する感情表現の違いを反映した感情語彙マップに基づき、ユーザエージェントの感情状態を変化させることで協調性を実現させた。また、プロトタイプシステムを構築し、ユーザエージェントの自律的变化と感情語の入力に対する感情変化の動作検証を行った。

将来的には、ユーザ固有の感情語の程度や意味の違いを理解するための感情語彙マップは、チャットや電子メールで使われる言葉から、ユーザの感情を推定するなどの利用が考えられる。さらに、他者がサービスを利用した際の感想から、ユーザの感情にあったサービスを推薦する際にも利用できるかと考えている。

今後の課題としては、6 章の考察にも挙げた課題の解決を進めるとともに、このシステムの評価方法について検討する。これは、実装をさらに進め、実際に長期間のコミュニケーションを行う実験結果から検討を進めていく。

謝辞

キャラクタデータの利用を快く了解していただきました ATR 情報科学研究所の皆様にご感謝いたします。

参考文献

- [Plutchik 60]Plutchik, R. : The Multifactor-Analytic Theory of Emotion, The Journal of Psychology., Vol.50, pp.154—171, 1960
- [Yoshida70]Yoshida M., Kinase R., et al: Multi-dimensional scaling of emotion: Japanese Psychological Research, Vol.12, No.2, pp.45—72, 1970
- [Mase 95]P.Mase, T.Darrell, B.Blumberg, A.Pentland: The ALIVE system: Full-body interaction with autonomous agents, Proc. of the Computer Animation '95, 1995
- [間瀬 96]間瀬, フェルス, 江谷, ブルーダリン: インタフェース・エージェントに関する基礎検討, 情報処理学会研究報告 HI, No.69-8,1996
- [下原 98]下原: 「人工生命と進化するコンピュータ」, 工業調査会, 1998
- [牛田 99]牛田, 平山, 中嶋: 自律的行動決定モデルに基づくインタフェースエージェント, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.10
- [田島 00]田島: 感情をもったペット型ロボット, 日本ロボット学会誌 Vol.18 No.2 pp.188—189 2000
- [柴田 01]柴田: 人の心を豊かにするメンタルコミットロボット, 日本建築学会 知的システム研究小委員会研究集会「感性と知的システム」講演会資料, 2001.10
- [Isla 02]D.Isla, B.Blumberg: New Challenge for Character-Based AI for Games, AAAI (Spring Symposium on AI and Interactive Entertainment), 2002
- [中津 03]中津: エンタテインメントとコミュニケーション, 電子情報通信学会 HCG グループ大会, 2003
- [森 03]森: 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, 第 17 回人工知能学会全国大会論文集, 1C1-02, 2003
- [AIBO] <http://www.jp.aibo.com>
- [Toro] <http://www.docodemoisho.com/>
- [Seaman] <http://www.seaman.tv/>
- [MSAgent] www.microsoft.com/msagent/
- [Character] <http://www2.mic.atr.co.jp/agent/>