特集 感情のモデルと工学的応用の動向

感情を持つ人工システム[†] —— ソフトウェアシステムを中心に ——

牛田 博英* 中嶋 宏*

1. はじめに

近年、感情を持つ人工システムを工学的に実現するための研究が盛んに行われている。本稿では感情を持つ人工システムとしてソフトウェアエージェントの研究を中心に解説する。ソフトウェアエージェントの例としては、人間の情報処理を自律的に支援または代行するものから、人間とのインタフェースに重点を置いたインタフェースエージェント[12]まで様々である。これらソフトウェアエージェント(以下、エージェントはソフトウェアエージェントを指す)について、人間とエージェントの関係から見た場合の重要機能として、図1に示す3機能を挙げることができる。そして以下に示すように、これら3機能のそれぞれにおいて感情を取り扱う情報処理が役立つものと期待できる。

(1) 人間の意図の理解

エージェントが人間の目的に合致した行動をとるためには人間からの入力情報をエージェントの判断機構に写像することが重要である。人類は進化の過程で防衛や集団生活を効果的に行うために、言語、音声、表情、身振りなどを通して感情を伝達するようになった[22]。このことから、人間が発する感情的な情報を意図理解に利用できる可能性がある。また、認知科学や心理学における理論によれば、人間は相手の心をシ

ミュレーションしながら意図を推定しており[7]、感情を用いることにより価値判断を行う[10][22]。このことから、感情を用いた心のシミュレーションが意図理解に役立つ可能性がある。

(2) エージェントの行動決定

エージェントが目標を達成するためには、できるだけ短時間でできるだけ最適な行動を決定することが重要である。これに対して Damasio は、人間の価値判断系において感情が行動決定に必要な情報と不要情報を瞬時に分類していると考えている[4]。この考えに基づき、行動選択時の競合解消やフレーム選択問題の解決に感情を利用できるものと期待される。また、Brooks や Minsky は人工知能の問題解決に感情を利用すべきと主張している[1][26]。

(3) エージェントの状態表出

人間とエージェントが円滑に対話するためには、エージェントが人間を理解するのと同様に、人間もエージェントを理解しなければならない。このため、エージェントの状態を人間にわかりやすく出力する工夫として、エージェントの状態を感情として表出させることが考えられる。また、エージェントの状態表出が人間に与える印象も重要である。Reeves らは Media Equation という一連の研究の中で、人は対機械のコミュニケーションにおいても無意識的に対人コミュニケーションの場合と同じ反応をすることを示した[23]。例えば、人間は丁寧な人に対しては自分も自然と丁寧に対応する傾向があるが、コンピュータに対しても丁寧なメッセージを表示する場合には好感を持つことが実験により示されている。Reeves らはこのような社会的な振る舞いに対して感情や個性が関与していると述べている。

以上のように感情はエージェントの処理能力の向上と、円滑な対話に効果があると考えられる。本稿では前述の3機能に沿って感情を利用した研究を紹介する。

図1 エージェントの重要機能

[†] Software Systems with Emotion

Hirohide USHIDA and Hiroshi NAKAJIMA

* オムロン株式会社 IT 研究所

Information Technology Research Center, OMRON Corporation

2節では人間の意図理解に関する研究を紹介する。3節ではエージェントの行動決定に関する研究について述べる。4節ではエージェントの状態表出に関する研究事例を紹介する。次に5節では筆者らの研究グループが開発している心と意識のモデルについての解説と応用例の紹介を行う。最後に6節では感情を持つ人工システムについて今後の課題を述べる。

2. 感情を用いた意図の理解

認知的評価の理論によれば、人間は目標の達成・維持・失敗などにより感情を生起する[18]。このことから生起される感情を意図理解に利用できるのではないかと考えられる。また、人間は個性に依存して異なる意思決定を行う[16]。このことから個性も意図理解に有用であろう。本節では感情や個性を意図理解に利用する研究事例を紹介する。

2.1 意図の理解

自然言語で与えられた物語において登場キャラクターの意図を理解するために感情や個性を利用する研究として2件を紹介する。自然言語には曖昧性の問題があり、曖昧性を解消し意図を理解しなければならない。人間は感情や欲求を用いて価値判断を行っており、この価値判断が曖昧性の解消に役立つのではないかと考えられている[19]。

Lehnert はプロット単位(plot unit)と呼ぶ知識構造を用いて物語の登場キャラクターの意図・行動を理解し、物語を要約する方法を提案した[13]。プロット単位は affect state と呼ぶノードで表現される。affect state は正イベント、負イベント、メンタル状態の3種類が用意されており、それぞれ+、-、M の記号で表現される。正イベントは喜びを起こすイベントであり、負イベントは不機嫌にさせるイベントである。メンタル状態は登場キャラクターの希望(例えば、車を購入したいという希望)を表現する。これらプロット単位はリンクを用いて結合される。リンクは4種類あり、それぞれ MOTIVATION(m), ACTUALIZATION(a), TERMINATION(t), EQUIVALENCE(e)である。これらプロット単位とリンクの組み合わせでグラフを構成することで複雑な物語を表現できる。例えば、成功は目標が達成されて喜びの状態になることであるから、M → (a) → + のように表現することができる。物語からプロット単位のグラフを作成することで、希望、イベント、感情の因果関係を理解し、グラフから物語の要約を行う。

Carbonell は個性を利用して意図を理解する方法を提案している[2]。例えば次の文章を考える。「ビルは勇敢で、ジョンは臆病である。ある夜、二人が道歩いていると盗賊に出くわした。二人のうち1人はパニックに陥り逃げてしまったが、もう1人は盗賊と戦い、盗賊が盗んでいた王の宝石を取り返した。王は“彼”に報酬を与えた」。この文章を読んで、報酬を与えられたのは誰か?という質問に対する正解はビルであろうと推論される。このように推論されるのは勇敢、臆病など個性を表現する語があるためである。Carbonell はこの推論を実行するために、それぞれの個性がどのような目標を持ちやすいかを規定した。ここで目標は Shank らの提案に基づいて、獲得ゴール、社会地位ゴール、維持ゴール、快樂ゴールの4つに分類され[25]、個性に応じてそれぞれの目標の優先度が決まる。例えば、臆病であれば報酬を獲得する目標よりも身の安全を維持する目標を優先する。

2.2 他者の感情の推定

Affective Reasoner はエージェントの感情を生起することに加えて、他者の感情を推定することも目標として開発された[6]。Affective Reasoner は、提唱者の名前の頭文字を取った OCC (Ortony, Clore, and Collins) モデル[21]をもとにしている。OCC モデルでは、目標が達成されたか、達成されつつあるか、達成に失敗したかなどの認知的評価を行い、その評価結果をもとに論理的に感情が生起される。Affective Reasoner における感情生起アルゴリズムの詳細については、本特集記事「感情の生起とその反応」を参照していただくことにして、ここでは他者の感情を推定する仕組みを紹介する。

Affective Reasoner が他者の感情を推定するためには、他者の視点から状況を理解しなければならない。このため Affective Reasoner は Concerns-of-Other (COO) と呼ぶデータベースに他者の目標や嗜好を持つ。この他者モデルは自己のモデルをコピーして作成され、他者の振るまいを観察することにより修正される。すなわち、COO を用いて推定した感情と、観察される感情が異なる場合、Affective Reasoner は推定に用いたフレームを COO から削除し、グローバルなデータベースから適切な解釈を行えるフレームを検索して COO に追加する。なお、COO の子 COO を用いることにより、相手の感情を推定することに加えて、さらに相手が推定する第三者の感情も推定することができる。

3. 感情を用いた行動決定

エージェントの行動決定に感情を利用することは、行動選択時の競合解消に役立つのではないかと期待できる。本節ではこのような試みに関する研究事例を紹介する。

3.1 欲求と感情による行動決定

岡田らは心のモデルを提案し、エージェントの欲求と感情から行動を生成する研究を行っている[20]。ここでは岡田らが題材にしたイソップ物語の「キツネとブドウ」の話をもとに心のモデルがどのようにキツネの行動と発話を生成するかを紹介する。

「キツネとブドウ」の大筋は次の通りである。主人公のキツネは喉が渇き、飲み物を探し歩いている。すると、ブドウで覆われた高い棚を見つける。キツネはブドウを食べるために何度もブドウに飛びつこうとするが届かない。結局キツネは自分の失敗を認める代わりに、「おまえは酸っぱいに違いないから食べてやらないぞ」とブドウに罵声を浴びせる。

岡田らの心のモデルは8つの領域で構成されるが、ここでは欲求と感情に関わる領域に絞って説明する。

- ・欲求・本能領域は空腹、疲労など内界からの生理データを受理し、食事や休息などの欲求を生起する。それぞれの欲求に対してデモンが存在してメモリを監視している。例えば、喉を潤す欲求デモンは渇きメモリを監視しており、渇きを示す値がしきい値を越えると喉を潤す欲求を生起する。
- ・企画・創造領域は目標が与えられると、その目標を達成するための行動を企画する。欲求が1次目標とすると、それを達成するために2次、3次の目標を模索する。キツネは認識・理解領域においてブドウを発見し、喉を潤すためにブドウに飛びつくという目標を企画する。
- ・情緒・性格領域では入力データを主観的に評価する。評価に依存して目標が発生する。情緒・性格領域においてもデモンが存在し、入力データを監視する。意地デモンはキツネの行動失敗を監視し、ブドウ獲得に失敗しても繰り返しブドウに飛びつく目標を生起させる。しかし、何度も失敗すると、欲求・本能領域において疲労がしきい値を越えるので疲労デモンが休息を促す。そして目標を達成できなかったことに対して、情緒・性格領域の悔しさデモンが働き、負け惜しみを言うことを促す。

3.2 感情と行動のファジィ推論モデル

千葉らはファジィ推論を用いて、人間の置かれた状況から感情と行動を推論する方法を提案している[27]。具体例として、ある場所で人と待ち合わせる場面を想定し、時間、待つ場所、待つべき相手の情報をもとに感情を推論し、さらに感情から行動を推測する。感情として、退屈、苛立ち、待つ気力、好感度を持ち、さらに疲労度についても考慮する。感情推論ルールとしては、待ち時間が短ければ退屈度は低い、待ち時間が長く場所の閑散さが高ければ退屈度は高い、疲労度が高ければ苛立ちの度合いの増分は高い、などのように記述される。

感情をもとに推論される行動として、人を待っているときに頻繁に観察される行動を用意している。例えば、キョロキョロする、あくびをする、ため息をつく、時計を見る、電話をかける、立ち去るなどである。行動推論ルールとしては、少し退屈で少し苛立つとキョロキョロする、少し疲れ非常に退屈だとあくびをする、などのように記述される。さらに、ファジィ推論だけを用いると同じ行動が繰り返し発生する可能性があるため、ランダムな要因を加えて不自然さを抑制している。

3.3 ムードに応じた行動選択

Maladonado らはムードに応じて行動を選択するエージェント Tigrityo を開発している[14]。Tigrityo においてムードは3次元(emotion, physiological, social)で表される。各次元において、emotion が happy と sad, physiological が peppy と tired, social が friendly と shy の間でそれぞれ変化する。インタラクションはユーザがアクションリストの中から行動を選択入力することにより行われる。ユーザからの入力に対して Tigrityo が反応するが、Tigrityo の特徴はムードが3次元のどの状態にあるかで行動の選択肢が変化することである。例えば、physiological が peppy の場合には、飛び上がる、歌うなどの行動を選択できるが、tired の場合には、ため息をつく、居眠りする、などの消極的な行動しか選択できない。この方法を用いることにより、文脈に応じてムードを変化させ、文脈に相応しい行動を選択することができるようになる。

なお、ムードにより行動の選択肢を制限する仕組みでは、ムードが大きく変化しない場合には同じ行動を繰り返すという問題がある。この対策として、ある行動を選んだときにムードと行動を関係づけた重みを変化させたり、ムードを時間的に変化させるなどの方法を採用している。

4. 状態の表出

本節ではエージェントの状態に対する人間の理解を促進するための研究事例について紹介する。

4.1 感情の表出

Maes は学習機能を持つインタフェースエージェントの研究を行った[15]。この研究でエージェントが実行する行動に対してエージェントが持つ自信の程度を表情として出力する方法を提案している。

エージェントは記憶に基づく学習方法を用いて、ユーザの操作を例題として観察し、そこに繰り返して現れる操作パターンを発見して、その操作を自動化するルールを生成する。推論時には入力をこれらルールと照合し、推論結果の確信度が $[0,1]$ の範囲の値として計算される。確信度の値はエージェントの内部状態と見なすことができ、エージェントは確信度の値に応じて異なる応答を行う。確信度に対して2つのしきい値($T1 < T2$)が用意されており、確信度が $T2$ を越える場合、エージェントは自信に満ちた表情で自動的に動作を実行する。 $T1$ と $T2$ の間であればエージェントは何かをひらめいた表情をして助言を行う。ここで助言がユーザに受け入れられるとエージェントは満足の表情を出力し、助言が無視されると驚きの表情を出力する。確信度が $T1$ よりも小さい場合には自信がない表情でユーザに指示を仰ぐ。ユーザが指示を入力すればエージェントは了解した表情を出力し、指示が入力されないと困惑の表情を出力する。このようにユーザは表情をもとにエージェントの状態を直感的に知ることができる。

4.2 個性に応じた感情表出と行動選択

Rousseau らはエージェントの個性を形成する研究を行っている[24]。個性についての定義は感情と同様に研究者により多様であるが、Rousseau らのモデルは trait theory[16]に基づく。この理論によると、個性はその人の行動に影響する心理特性の集合として記述できる。例えば introverted/extroverted など対向する2つの概念の間を数値化して個性を表現する。Rousseau らは trait theory に基づき個性を $[-10,10]$ の範囲の整数で表した。そして、各レベルに対して感情の表出しやすさを数値で与えた。例えば、friendliness の値が大きいと怒りが表出しにくい。行動についても同様に個性との関係を数値化しており、同じ状況でも個性によって異なる行動が選択される。このように個性によって感情表出と行動選択をコントロールすること

により、ユーザはエージェントの個性を見だし、その個性によってエージェントの振る舞いを予測できるようになる。

4.3 社会的振る舞い

Isbister は Media Equation の理論に基づき、エージェントの設計手法として社会的役割(social role)やバックストーリーを考慮しながらモデリングを行う手法を提案している[8]。社会的役割とは特定の社会的状況において、特定の人に期待される行動スキーマである。例えば、米国でのバーテンダは、飲み物を作りながら客と話をし、客をくつろがせなければならない。一方、バックストーリーは、エージェントのプロフィールであり、生い立ち、家族構成、友人関係、趣味などが含まれる。

この手法に基づいて設計されたのがバーテンダのエージェント Erin である[9]。Erin はインターネット上の仮想酒場において複数のユーザを相手にチャットを行う。ユーザとの間の入出力に自然言語を用いている。また、Erin の出力はアニメーションを用いて表情や身振りでも表現される。Erin のバックストーリーとして、彼女の生年月日、出身地、趣味などをデザインしている。バックストーリーは Erin の知識の一部として記憶されておりチャットでの話題提供に利用される。Erin の感情は彼女の役割とバックストーリーをもとに生起される。例えば、Erin の役割は酒の注文を取り、客にジョークを言うことであるが、ユーザが酒を注文しないと Erin は苛立つ。また、Erin の趣味は音楽であるが、彼女の好きなバンドの話をするすると Erin は喜んで話題に乗ってくる。しかし、同じ話題を繰り返すと Erin は退屈そうな態度を取る。

実験では、このサイトへの訪問者が高い割合で酒場の客として振る舞うという結果が得られている。このことはバーテンダという社会的役割がユーザの社会的な振る舞いに影響することを示している。

5. MaC モデル

本節ではインタラクティブエージェントの実現を目指して、著者らの研究グループが開発している心と意識のモデル(MaC モデル: Mind and Consciousness model)[28]と応用例を紹介する。

5.1 心と意識のモデル

近年の脳科学、認知科学、心理学などの研究において、人間の心の仕組みが部分的ではあるが解明されつつある[3][4][10][22]。これら研究成果を踏まえ、筆

図2 心と意識のモデル

者らは図2に示す心と意識の工学モデルを提案している。

このモデルは、感情を価値判断に用いる心のメカニズムと、選択的注意や反射・熟考のプロセスを処理する意識のメカニズムを持つ。心のメカニズムは、認識や判断を行なう認知プロセスと、認知結果に基づいて感情を生成する感情プロセスからなり、これら2つのプロセスの相互作用により行動を決定する。認知プロセスから感情プロセスへの作用はOCCモデル[21]に基づいている。一方、感情プロセスから認知プロセスへの作用は感情が価値判断に利用されるという考え[10][22]に基づく。意識のメカニズムは、限られた計算資源を効率的に分配するために2つの方法を用いる。1つは意識を知識処理を必要としない反射レベルと、知識処理を必要とする熟考レベルに分けていることである。行動生成の観点からは、反射行動は刺激に対する反応というボトムアップ的行動であり、熟考による行動は目標に基づくトップダウン的行動と言える。2種類の行動の相補的な組み合わせにより、状況に応じた行動生成を行えるようにする。もう1つの方法は外部入力や内部状態に対する選択的注意である。選択的注意は解決すべき問題を選択するためのメカニズムであり、複数のモジュールの相互作用を通して状況に応じて解決すべき問題に関連する外部入力と内部状態に注意が向く。外部入力と内部状態の変化により意識が移動し、それによって生成される感情が遷移することを繰り返す。

5.2 感情生起と行動決定

前節の概念モデルに基づいて図3に示すモジュール構成でMaCモデルを実装している。ここではMaCモデルにおける感情生起と行動決定の仕組みを説明する。

図4は感情生起の仕組みを説明する概念図である。エージェントは2種類の目標を持つ。1つは空腹や渇き

図3 MaCモデルのモジュール構成

図4 MaCモデルにおける感情生起の説明図

を満たす欲求のように生得的に与えられる目標で生得的目標と呼ぶ。もう1つは生得的目標のサブ目標で経験から得た記憶をもとに生成される目標であることから経験的目標と呼ぶ。生得的目標記憶部には生得的目標と、その目標を達成する欲求の強さを表す目標欲求度を持つ。目標設定部は生得的目標と感情をもとに経験的目標を設定する。また目標欲求度と感情の強さをもとに経験的目標の重要度を計算する。

長期記憶部にはエージェントの目標と対象の関係が目標関連度と呼ぶ重み付けリンクとして記憶されている。認識部は感覚入力部からの入力を認識する。そして、認識結果、目標関連度、および目標重要度を感情要因生起条件と照合することにより状況进行评估する。評価の結果は感情要因の値として計算される。感情要因生起条件はファジィルールで表現される。例えば、

物体を摂取し、その物体の目標関連度が大きく、かつ、目標重要度が大きいならば、目標達成度が大きくなる。感情生成部において、感情は、喜び、悲しみ、怒りなどのようにラベリングされており、それぞれの感情は強度をもつ。そして、感情生成部は感情要因の値をもとに感情の強度を計算する。例えば、目標が達成すると喜びの感情が強くなり、目標が紛糾すると悲しみや怒りの感情が強くなる。このように感情要因生起条件だけを用いると、感情の変化が激しく不自然に表出されるという問題がある。この問題を解決するために、感情よりも長期的な状態であるムードを利用する。例えば、ムードの1つとして機嫌を用いて、機嫌の良いときは怒りにくく、機嫌の悪いときは怒りやすいという仕組みを構築できる。

MaC モデルでは感情を利用して行動選択時の競合を解消する。この仕組みを次のストーリーを例にして説明しよう。あるエージェント A が空腹な状態で歩き回っているとリングを発見する。しかし、運悪くリングの近くにエージェント B がいてエージェント A を威嚇している。エージェント A はエージェント B を追い払ってリングを取得するか、リングをあきらめエージェント B から逃げるかの行動を選択をしなければならない。この状況でエージェント A が行動を決定する仕組みを図5を用いて説明する。生得的目標記憶部は、エージェント A の生得的目標として「空腹を満たす」と「身を守る」という2つの目標を持つ。長期記憶部には生得的目標と対象の関係が学習により獲得され記憶されている。ここでは「空腹を満たす」に対するリングの目標関連度が大きい値で記憶されている。目標関連度の値が大きいほど対象が目標の達成に貢献することを示す。認識部はエージェント B が威嚇している状態とリングを認識し、感情要因の値を計算する。ここでは、エージェント B の威嚇から危険度の値が大きくなる。感情生成部は感情要因の値をもとに感情を生起する。ここでは危険度から恐怖の感情が生起する。

図5 MaC モデルにおける行動決定の説明図

目標設定部では感情の強度、および、2つの生得的目標「空腹を満たす」と「身を守る」をもとにファジィルールを用いて2つの経験的目標を生成する。1つはエージェント B を追い払うという目標、もう1つはエージェント B から逃げるという目標である。もし恐怖の強度が小さければエージェント B を追い払う目標が優先され、逆に恐怖の強度が大きい場合にはエージェント B から逃げる目標が優先される。このように MaC モデルでは行動間の競合を感情を利用して解決することにより行動を決定する。

5.3 MaC モデルの応用例

MaC モデルの応用例としてインタフェースエージェント “Stellar” [29] を紹介する。“Stellar” は、人間との協調タスクを実行すると同時にエンタテインメントの要素も加味したエージェントである。

5.3.1 意図理解

協調タスクとしてユーザの指揮に合わせてユーザの好きな音楽を “Stellar” が演奏するタスクを設定した。“Stellar” はユーザの意図を理解するために、ユーザの音楽の好みは何か、ユーザは指揮をしたいかなどの質問を能動的に行う。ユーザの回答は音声認識を利用して取得されることに加えて、雑音などで音声認識できない場合でも情報を取得できるようにジェスチャ認識を併用している。取得情報はユーザモデル構築に利用され、“Stellar” はユーザモデルを利用して対話を制御する。

さらにユーザの指揮に合わせて “Stellar” が音楽を演奏できるようにした。ここではユーザの意図する音楽のテンポと音の強さに合わせて演奏できるようにするために、振動認識から得られる指揮の速さと強さを利用した。

5.3.2 行動決定

“Stellar” の生得的目標としてユーザの好きな音楽ジャンルの曲を演奏するという目標を与え、“Stellar” が目標達成に向けて対話を進めるようにした。また、経験的目標として、挨拶をすること、ユーザは音楽が好きかを知ること、ユーザの好きな音楽ジャンルを知ること、などをあらかじめ持たせた。これら個々の経験的目標を1つの話題とみなして、ある目標が達成すると次の目標に移移するように対話シナリオをルール化して目標設定部に記述してある。“Stellar” は対話の状況に応じて感情を生成する。例えば、音声対話では音声認識エラーが発生する。そこで、認識エラーが起こった場合に、感情生成部で困惑の感情が生起し、目標設定部は困惑を解消するためにエラーを回復する経験的目標を選択する。これら感情の強さは、経験的目標(話

題)の重要度に依存する。例えば、挨拶など重要でない話題の場合には、エラーが発生しても困惑の感情は強く生起されないで、次の話題に制御を移す。これに対して、音楽ジャンルを知ることなど重要な話題でエラーが発生すると、困惑の感情は強く生起され、“Stellar”はエラー回復を試みる。このように“Stellar”では感情を対話制御の価値判断に利用可能なことを示している。

5.3.3 感情表出と個性形成

“Stellar”の個性を形成するためにバックストーリー、容姿と音声デザインしている。バックストーリーでは、“Stellar”を活動的で音楽好きな10代半ばの女性キャラクタに設定し、この設定に合わせて感情生起などのパラメータを設定している。また、パラメータ設定に加えて、生得的目標により個性を形成している。例えば、ユーザにはポップスが好きであって欲しいという目標を持つ。ユーザが好きな音楽ジャンルをポップスと答えると、“Stellar”は目標が達成するので喜びの表情を出力する。この表情からユーザは、“Stellar”がポップス好きであることがわかる。このように表情を用いて“Stellar”の価値観をユーザに伝えることにより対話を円滑にする効果があると考えられる。図6にCGによる“Stellar”の表情合成の例を示す。

音声は成人女性の音声を録音したものを用いる。ただし、録音時に話し方を演技指導したことに加えて、音声のピッチとフォルマントを調整することでキャラクタにマッチした10代の女性の声を表現している。容姿についてはCGデザイナーがバックストーリーを理解した上でデザインを行っている。また、Ekman[5]の表情分析に基づいて“Stellar”の感情がユーザに伝わるように表情をデザインしている。

6. 今後の課題

本稿では感情を持つソフトウェアエージェントについて解説した。特に重要な3機能として、(1)意図理解、(2)行動決定、(3)状態表出の観点で論じてきた。最後になったがこれら観点に沿って今後の課題を述べる。

意図理解について、本稿では自然言語テキストにおける登場人物の理解を中心に論じた。紹介した研究事例ではテキストから感情や個性の情報を抽出できたものとして処理を進めている。しかし、実際にはテキストが与えられたときに文脈情報を用いて感情や個性の情報を抽出する自然言語処理が課題となる。また、物語でなく対話の場合には言語情報に加えて、韻律や表情など感情を含む非言語情報を利用してユーザの話す内容を理解する必要がある。本稿では紹介しなかった

図6 Stellarの感情合成例

が韻律や表情から感情を推定する研究事例もあり、言語情報に含まれる感情と非言語に含まれる感情をどのように統合するかも課題である。さらに、対話では文脈から感情や意図を推定するために常識や専門知識が必要となる。このため常識や専門知識など知識ベースを構築する知識獲得技術と、これらを利用する知識処理技術の開発も課題となる。

行動決定では、複雑なプランニングに対する感情の利用が課題である。例えば、他者の感情推定を組み込み、この行動を実行するとユーザはどのような感情を持つかといったことを推定しながらプランニングする必要があるだろう。また、学習における価値判断に感情を利用することも課題である。すなわち、人間は強い感情が生じた場合に、それ以前のことを忘れてしまったり、あるいは強い感情を伴う出来事については良く覚えている。この現象を実現する学習方式により効率的な知識獲得が行えるのではないかと期待している。

状態表出については文脈やユーザに応じた最適な表出モダリティの選択方法と表出程度の決定方法が課題である。個性や社会的振る舞いについてはIsbisterが論じているようにアプリケーションに相応しいエージェントの設計手法が課題である。アプリケーションに応じてエージェントの個性を簡単に設定できるようなツールの開発も必要である。さらに、個性の定義は極めて曖昧であり、ユーザによって解釈が異なるため、評価手法の確立も課題である。

参考文献

- [1] R.A. Brooks, C. Breazeal, R. Irie, C.C. Kemp, M. Marjanovic, B. Scassellati, and M. Williamson: Alternative Essences of Intelligence, Proceedings of 15th Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98), pp.961-968(1998).
- [2] James G. Carbonell, Towards a Process Model of Human Personality Traits, Artificial Intelligence, 15, pp.49-74(1980).
- [3] D. Dennett: Consciousness Explained, Little Brown & Co(1992).
- [4] A.R. Damasio: Descartes' Error, New York(1994).

- [5] P. Ekman and W.V. Friesen, *Unmasking the Face*, Prentice-Hall(1975).
- [6] C. Elliott, *The Affective Reasoner: A Process Model of Emotions in a Multiagent System*, Ph.D. dissertation, Technical Report, 32, The Institute for the Learning Sciences, Northwestern University(1992).
- [7] N. Humphrey, *The Inner Eye*, Faber and Faber, London(1986).
- [8] K. Isbister, 石田亨(監訳): *サイバー空間での社会的インタラクションのための設計*, 情報処理, Vol.40, No.6, pp.569-574(1999).
- [9] Isbister and Hayes-Roth: *Social Implications of Using Synthetic Characters: An Examination of a Role-Specific Intelligent Agent*, KSL Report No. KSL98-01, Stanford University(1998).
- [10] W. James: *The Principles of Psychology*, Dover Publications(1972).
- [11] A. Kay: *User Interface: A Personal View*, In B. Laurel(ed.), *The Art of Human-Computer Interface Design*, Addison-Wesley, Reading, Mass (1990).
- [12] B. Laurel: *Interface Agent*, B. Laurel(ed.), *The Art of Human Computer Interface Design*, Addison-Wesley, Reading, Mass(1990).
- [13] Wendy G. Lehnert, *Plot Units and Narrative Summarization*, *Cognitive Science* 4, pp. 293-331(1981).
- [14] H. Maladonado, A. Picard, P. Doyle, and B. Hayes-Roth: *Tigrito: A Multi-Mode Interactive Improvisational Agent*, KSL Report No. KSL 97-08(1997).
- [15] P. Maes: *Social Interface Agents: Acquiring Competence by Learning from Users and other Agents*, *Proceedings of the 1994 AAAI Spring Symposium on Software Agents*(1994).
- [16] I.B. Myers and P. Myers: *Gifts Differing*, Consulting Psychologists Press(1980).
- [17] M. Minsky: *The Society of Mind*, Simon and Schuster(1985).
- [18] 岡田顕宏, 阿部純一: *心理学における感情研究の歴史と動向*, 本特集, 日本ファジィ学会誌, Vol. 12, No.6(2000).
- [19] 岡田直之, *自然言語理解には情緒的機能も必要*, 信学誌, Vol.70, No.9, pp.897-902(1987).
- [20] N. Okada and T. Endo: *Story Generation Based on Dynamics of The Mind*, *Computational Intelligence*, Vol.8, No.1(1992).
- [21] A. Ortony, G. Clore, and A. Collins: *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press(1988).
- [22] 戸田正直: *感情*, 東京大学出版(1992).
- [23] B. Reeves and C. Nass: *The Media Equation*, Cambridge University Press(1996).
- [24] D. Rousseau and B. Hayes-Roth: *Improvisational Synthetic Actors with Flexible Personalities*, KSL Report No. KSL 97-10, Stanford University(1997).
- [25] R.C. Shank and R.P. Abelson: *Scripts, Goals, and Plans and Understanding*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ(1977).
- [26] D.G. Stork: *Scientist on the Set: An Interview with Marvin Minsky*, D.G. Stork(ed.), *HAL's Legacy: 2001's Computer as Dream and Reality*, pp.15-31, MIT Press(1997).
- [27] 千葉大輔, 鬼沢武久: *感情と行動のファジィ推論モデル*, 人間工学, Vol.32, No.5, pp.231-238(1996).
- [28] H. Ushida, Y. Hirayama, and H. Nakajima: *Emotion Model for Life-like Agent and Its Evaluation*, *Proceedings of the 15th National Conference on Artificial Intelligence(AAAI-98)*, pp. 62-69(1998).
- [29] 牛田博英, 平山裕司, 中嶋宏: *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*, 信学論, Vol. J82-D-II, No.10, pp.1655-1665(1999).

(2000年11月10日 受付)

[問い合わせ先]

〒600-8530 京都市下京区塩小路通堀川東入
オムロン株式会社 IT 研究所
牛田 博英
TEL: 075-344-7056(内5856)
FAX: 075-344-7165
E-mail: ushida@ari.ncl.omron.co.jp

著者紹介

うしだ ひろひで
牛田 博英

オムロン株式会社 IT 研究所

1990年 神戸大学大学院工学研究科計測工学専攻 修了。同年 オムロン(株)入社。1992年 技術研究組合国際ファジィ工学研究所に出向, 主任研究員。1995年 オムロンに帰任。神経回路網, ファジィ推論, ヒューマンインタフェース, 認知モデルに関する研究に従事。工学博士。日本ファジィ学会誌編集委員, 電子情報通信学会等会員。

なかじま ひろし
中嶋 宏

オムロン株式会社 IT 研究所

1985年 神戸大学工学部システム工学科 卒業。同年 立石電機(株)(現オムロン(株))入社。エキスパートシステム, ファジィ応用製品, 知識情報処理, 認知モデル, 擬人化エージェント, 音声対話に関する研究に従事。IEEE 等会員。