

情緒計算手法と心的状態遷移ネットワークを用いた音声対話エージェントの気分変化手法[†]

目良 和也*・市村 匠*・黒澤 義明*・竹澤 寿幸*

現在、音声によるインタフェースに対する注目は年々高まっており、応用システムとしても、さまざまな用途のアプリケーションが開発されている。このような人間とインタラクションを行うエージェントにとって重要な機能として、人間の意図の理解、エージェントの行動の決定、エージェントの状態表出の3機能が挙げられるが、本研究では特にエージェントが自身の感情状態を表出する機能に注目する。

本研究では、CGエージェント型の音声情報案内システムである「たけまるくん」に対してエージェントの感情を付与することで、より親しみやすいコミュニケーションを実現することを目指す。「たけまるくん」はユーザー発話を想定した質問文データベースを持っており、それぞれの質問文には、応答文とエージェントのリアクション動画が対応付けられている。そして音声入力からスコアリングにより質問文が選択され、リンクされた応答文とリアクション動画を出力する。

本手法では、まず情緒計算手法を用いてユーザーの発話内容に対するエージェントの生起情緒を計算する。次に、気分の変化を状態遷移によって表すため、心的状態遷移ネットワークを用いる。これにより気分状態はエージェントの生起情緒をもとにして心的状態遷移ネットワーク上を連続的に変化していく。

各気分における固有の応答文データベースとリアクションデータベースを作成することで、質問文に対し気分によって異なる反応を返す。さらに、事前に計算され質問文に付与された生起情緒を基に気分の遷移を行う。生起情緒は、入力文、応答文、リアクション、気分の4つのセットに対して計算される。そのために、まずこのセットを人間が認識および行動したときに心の中で認識される事象を抽出し、その事象に対して情緒計算手法を適用することで生起情緒を計算する。そして、生起情緒と心的状態遷移ネットワークの遷移コストをもとに7種類の気分状態を遷移する。

従来のエージェントと本手法のエージェントに対する印象を18の形容詞に対し評価した結果、本手法においては好感因子の平均得点が高く、性格に関する項目においては、「やんちゃ」や「不真面目」の項目の平均得点が従来手法に比べて高かった。使用感に関する項目では、「楽しめそう」の項目で高い平均得点を得た。本手法は従来手法より好ましい印象を与え、エージェントが性格を持っているように感じられることから、本手法に基づくエージェントに対して、ユーザーがより親しみを感じているといえる。

キーワード：会話エージェント、メイプラー、心的状態遷移ネットワーク、感情誘発条件理論、情緒計算手法

1. はじめに

現在、音声によるインタフェースに対する注目は年々高まっており、応用システムとしても、観光案内[1][2]、天気案内[3][4]、バスの通行情報案内[5]、受付案内[6]などさまざまな用途のものが開発されている。また、SonyのAIBO[7]、MITのKismet[8]、ビジネスデザイン研究所のifbot[9]など、人間とコミュニケーションすること自体を目的とするロボットもある。

このような人間とインタラクションを行うエージェントにとって重要な機能として、人間の意図の理解、

[†] Mood Calculating Method for Speech Interface Agent by using Emotion Generating Calculation Method and Mental State Transition Network

Kazuya MERA, Takumi ICHIMURA, Yoshiaki KUROSAWA and Toshiyuki TAKEZAWA

* 広島市立大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

エージェントの行動の決定、エージェントの状態表出の3機能が挙げられる。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有効である。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[10]、感情を用いることにより価値判断を行う[11][12]。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。また、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Damacio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な情報を瞬時に分類していると考えている[13]。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。

本研究では特にエージェントが自身の感情状態を表

出する機能に注目する。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[14]。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。Reeve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[15]。

感情を考慮したコンピュータエージェントとしては、AesopWorld[16]やMaCモデルを用いたStellar[17][18]などがある。AesopWorldシステムでは感情の生起過程をパターン理解における特徴抽出過程の一種としてとらえており、自律エージェントの思考プロセスの中から感情生起の原因事象の特徴を抽出することで感情を生起する。生起した情緒は、相手エージェントに対して表出されたり、エージェントの行動プランニングに影響を与えたりする。Stellarは音楽演奏エージェントで、ユーザの選択した行動に対して表情でリアクションすることにより、エージェント自身の嗜好を伝える。また、行動目標として生起感情が参照される。

我々は、従来の自然言語音声対話システムに対してエージェントの感情を付与することで、より親しみやすいコミュニケーションを実現することを目指している。なお、本研究における親しみやすさとは、相手に対して好ましい感情を持つこと、パーソナリティを感じることにする。本研究では、大語彙連続音声認識プログラムJulius[19]を主体としたCGエージェント型の音声情報案内システムである「たけまるくん[20][21]」をもとにシステムの開発を行う。「たけまるくん」はユーザ発話を想定した質問文データベースを持っており、それぞれの質問文には、応答文とエージェントのリアクション動画が対応付けられている。そして音声入力からスコアリングにより質問文が選択され、リンクされた応答文とリアクション動画を出力する。

本研究では、感情の概念を情緒、気分、表情の3つに分けて感情処理を実現する。本論文においては、ある出来事に遭遇したりある状態になったりすることが原因で生起する比較的短くて強い感情を情緒と呼ぶ。そして、生起した情緒やエージェントの内的状態などに起因して生起する、比較的弱いながらも持続し、エージェントの思考や行動に影響を与える感情を気分と呼ぶ。そして、情緒や気分などが身体を通じて表出されたものを表情と呼ぶ。本手法では、まず情緒計算

手法[18][19][20]を用いてユーザの発話内容に対するエージェントの生起情緒を計算する。次に、気分の変化を状態遷移によって表すため、心的状態遷移ネットワーク[22]を用いる。これにより気分状態はエージェントの生起情緒をもとにして心的状態遷移ネットワーク上を連続的に変化していく。本手法では、各気分における固有の応答文データベースとリアクションデータベースを作成し、気分毎に質問文に対し異なる反応を返す。さらに、事前に計算され質問文に付与された生起情緒を基に気分の遷移を行う。生起情緒は、入力文、応答文、リアクション、気分の4つのセットに対して計算される。そのために、まずこのセットを人間が認識および行動したときに心の中で認識される事象を手で抽出し、その事象に対して情緒計算手法[22][23][24]を適用することで生起情緒を計算する。そして、28種類の生起情緒の各強度をもとに感情ベクトルを計算する。気分の変化は、心的状態遷移ネットワーク[25][26]のノードを各気分として、7種類の気分状態を遷移することで求める。状態の遷移は、感情ベクトルとネットワークの遷移コストから算出する。

2章では我々が構築した感情付き自然言語音声対話システムの概要について述べる。3章で質問応答データベースについて、4章で情緒計算手法について、5章で心的状態遷移ネットワークを用いた気分更新手法についてそれぞれ説明する。そして6章で評価実験を行い、提案手法の有効性について検証する。

2. 自然言語音声会話システム「メイプー」

2.1 音声情報案内システム「たけまるくん」

本研究では、奈良先端科学技術大学の鹿野らが開発した音声情報案内システム「たけまるくん」を、我々の開発する自然言語音声会話システムのベースとして用いた。

「たけまるくん」は、生駒市北コミュニティセンターの館内施設や生駒市の観光情報、周辺施設などの各種案内を行うためのシステムである。本システムは、一問一答形式の音声インタフェースを持ち、来訪者の質問に対して合成音声とソフトウェアエージェントのアニメーションによる応答を用いてガイドを行う。同時にWorld Wide Web(WWW)を利用した関連情報の提示が可能である。本システムが想定している質問は、以下のようなトピックに関するものである。

- (1) 北コミュニティセンター館内の案内(部屋や施設の場所など)
- (2) 業務の内容(手続きの方法や開館時間の案内など)

- (3) 周辺の案内(駅, バス停, 郵便局の場所など)
- (4) 奈良・生駒の観光情報
- (5) たけまるくん自身に関する情報
- (6) その他

本システムの音声インタフェースは, ユーザの一発話ごとに, その音声認識結果をもとにあらかじめ用意された応答候補文から一文を選択し, 応答として返すものである. 応答の選択には, 音声認識結果とあらかじめデータベースに登録した質問文テキストとの形態素マッチングによるスコア計算を用いている. 全ての質問文テキストには, 前述の応答候補文の中からその質問に対する応答としてふさわしいものへの対応が, インデックス番号により定義されている. 同センターで運用開始後もログなどを参考に, 必要な応答候補文の追加を行っている [20][21].

2.2 自然言語音声会話システム「メイプー」の処理

たけまるくんは, 本来音声情報案内システムとして開発されたため, 「トイレはどこですか?」や「生駒市の観光名所を教えてください」といったような目的指向型の対話のための質問・応答セットが多く用意されている. それ以外にも, たけまるくんには, 実際の対話事例から収集した「元気ですか?」や「こんにちは」のような非課題遂行型の対話のためのデータも用意されている. しかし, たけまるくんのシステムは同じ質問に対しては常に同じリアクションを返す. これは, エージェントが記憶や気分のように, 時系列で変化する心的要素を持たないためである. 本研究では, 感情の表出や変化を実装することで, より対人コミュニケーションに近いコミュニケーションを実現することを目指す.

そこで, 心的状態遷移ネットワーク[25][26]を用いて, エージェントの感情やその変化を表現するよう改良を行う. 具体的には, 心的状態遷移ネットワークのノードに気分, エッジに情緒を割り当て, 気分の変化をシミュレートする. 本手法で用いる心的状態遷移ネットワークについては5章で詳細を述べる.

なお, 本論文では, 一章で述べた感情の定義における情緒, 気分, 表情を区別するため, 《情緒》, 【気分】, “表情”というタグ表記をする.

本手法の流れを図1に示す. 音声入力から質問文を選択するまでは, 前述したたけまるくんの手順と同じである. たけまるくんシステムでは一つの質問文に対する応答文とリアクションは常に同じであるが, 本手法では, 【怒り】や【喜び】など各気分における固有の応答文データベースとリアクションデータベースをそれぞれ作成し, 気分毎に質問文に対し異なる

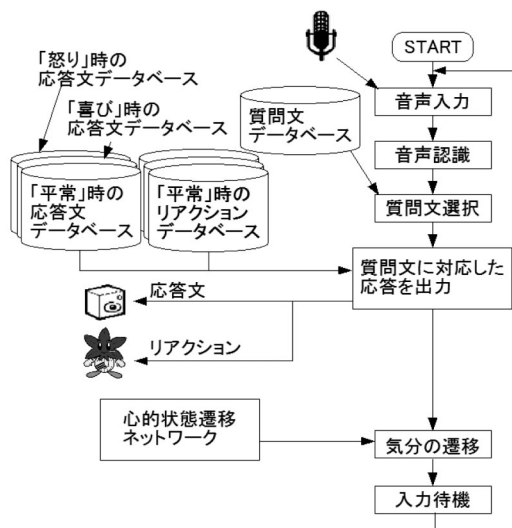


図1 本手法の処理の流れ

る反応を返すようにしている. さらに, 事前に計算され質問文にタグとして付与された生起情緒をもとに気分の遷移を行う. 質問文に付与された情緒によって現在の気分から遷移が起こる場合, 心的状態遷移ネットワークに沿って気分の遷移を行い, 入力待機状態に移行する. 付与された情緒から遷移が起こらない, また情緒が生起しない質問文である場合は, 現在の気分から遷移することなく入力待機状態に移行する. 質問応答対への生起情緒の付与手法については, 3.2節で述べる.

3. 質問応答データベース

3.1 質問応答データベースのフォーマット

本対話システムでは, まず音声認識結果と質問文データベース内の各文で一致する形態素の数をカウントし, 音声認識結果に最も近い(=一致する形態素数が最も多い)質問文を, 質問文データベースから1つ選択する. 質問文データベース中の各質問文には, エージェントの応答パターンを表す番号(インデックス番号)が付与されている. 各インデックス番号に応じて, 応答発話とエージェントの動きが設定されている. 図2, 3, 4に各データベースの記述の例を示す. 音声認識結果が「電話どこですか?」だった場合, 質問文データベースからそれに一番近い質問文「電話はどこですか?」を選択する. その結果, 選択された質問文の応答パターンが326番と決定される. そこで, 応答文データベースの326番の記述である「公衆電話は, 左奥のトイレの隣にあります.」が音声合成によってユーザに提示される. 同時に, リアクションデータ

```

...
電話+デンワ+17/0/0 は+ワ+65/0/0#326
電話+デンワ+17/0/0 は+ワ+65/0/0 どこ+ドコ
+14/0/0#326
電話+デンワ+17/0/0 は+ワ+65/0/0 どこ+ドコ+14/0/0
です+デス+74/56/1 か+カ+70/0/0#326
...

```

図2 質問文データベース

```

...
325 自動販売機は、2階にあります。
326 公衆電話は、左奥のトイレの隣にあります。
327 急病の時は、事務室に連絡してください。
...

```

図3 応答文データベース

```

...
325 left_take.swf
326 left_take.swf
327 fall.swf
...

```

図4 リアクションデータベース

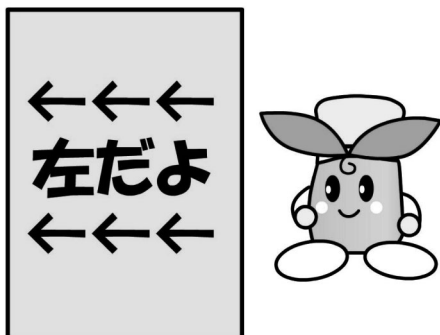


図5 left_take.swf

ベースより、326番の応答アニメーションとして、left_take.swf(図5)が画面に表示される。なおswfファイルとは、Flashムービーファイルを表すファイル形式である。

たけまるくんシステムでは4465文の質問文、202文の応答文、38のリアクションが登録されている。

3.2 質問応答対への生起情緒の付与

同じ質問文でも、入力される時のエージェントの気分によって生起する情緒は異なるはずである。例えば、「不細工」というユーザ発話に対して、気分が【平常】であれば情緒《悲しみ》が強く生起するが、気分が

【怒り】であれば異なる情緒《怒り》が強く生起すると考えられる。そこで、質問文、応答文、リアクション、気分の4つのセットに対して各生起情緒の強さを算出する。

具体例として、質問文「無視すんな」に対する各気分での生起情緒の付与の方法を説明する。ベースとした音声対話システム(たけまるくん[20][21])で設定されている質問に対する応答は、気分【平常】のときの応答とする。そして、気分【平常】のときにある質問文を受け、それに対して設定された応答を返したときに、エージェントはどのような情緒を生起するのかを、各質問応答対に対して計算した。生起情緒の計算は、情緒計算手法[22][23][24]を用いて行った。

情緒計算手法は、エージェントが認識した事象を格フレームで表現し、そこから主体、客体の好感度と述語の動きを抽出し、事象がエージェントにとって快か不快かを判断する。そして生起した快/不快を、入力事象の状況(他者の視点、生起する時間、予測していたか否か、行為者)を考慮して、20種類の情緒に分類する。本研究では、質問文の受け手がある気分状態のときに特定の質問を受け、それに対して特定の応答文とリアクションを行ったときに受け手の心に浮かんでいるであろう事象を人手で抽出し、それぞれの事象に対して情緒計算手法を適用した。情緒計算手法は1つの事象から複数の情緒を算出できる。また、1つの質問応答対に複数の事象が内包されている場合もある。そのため、1つの質問応答対は複数の情緒を並列に生起する。図6に平常時の生起情緒付与の例を示す。まず、ベースシステムにある質問-応答文-リアクションのセットを1つ取り出す。そして、その応答が平常な気分で行われたと仮定し、このやりとりに内包される事象を抽出する。この例では、「自分が相手を無視した」という事象が得られる。この事象から、一般的な心のプロセスとして「相手は不快に思っている」、「自分の行いが不快な出来事を招く」という状況が認識されるため、《苦しみ》、《気の毒》、《羞恥》、《自責の念》の情緒が生起する。本研究では情緒計算手法を用い、これらの情緒を自動的に計算する。情緒計算手法については、4章で説明する。

また、たけまるくんシステムには気分が【平常】以外のときの質問応答対が用意されていないため、各気分に対して平常時と異なる応答とリアクションを用意する必要がある。平常以外の気分については、まず質問文とそのときの気分から、応答文とリアクションを作成する。そして、気分-質問-応答文-リアクションの内容を考慮して、生起情緒を計算する。図7に怒り時のデータ作成例を示す。まず、気分【怒り】のときに

4.2 好感度

我々は、ある対象について発話者が思っている好き／嫌いの度合を好感度という形でデータベースに保存している。好感度は、自分の好きな事物に対して正、嫌いな事物に対して負の値を持つ。何とも思っていないければ好感度は0である。好感度の値は区間[-1.0, 1.0]の実数値で表される。

これらの好感度データは個人差が大きく、また一度得たデータも変化することがあるため、各個人の感性に対応するようそれぞれの語に対する好感度をエンロールメントすべきである。本研究では一部の特徴的な好感度データ以外はデフォルトの値を情緒計算手法に用いる。

4.3 入力事象に対する快／不快の計算

情緒計算手法では、岡田が分類した12種類の事象のタイプ[27]をもとに、各タイプにおける高々3種類の必須要素(主体, 対象, 動作)の好感度を三次元空間(情緒空間)の直交軸に感情ベクトルとして配置する。

生起情緒の快／不快の判別は、情緒空間内で感情ベクトルが指している領域を対応させることで行う。感情ベクトルがどの領域にも属さない(座標軸上に存在する)場合は、快でも不快でもないとみなす。

4.4 生起情緒の分類

情緒計算手法ではさらに、この快／不快がどのような意味合いを持つかを考え、快／不快を20種類のより具体的な情緒に分類する[23][24]。快／不快を分類する際には、入力事象の状況の情報を用いる。本手法では、Elliottの提案した感情誘発条件理論[28][29](表1)をもとに、各状況と生起情緒を対応づけた。なお、感情誘発条件理論に出現する情緒のうち、《好き》、《嫌い》、《愛》、《憎しみ》の4つは、事象から関心という状況を取得できないため、情緒計算手法では生起しない。

4.4.1 他者の運命

「他者の運命」に属する情緒は、ある事象が生起したとき、それを他者がどう感じるかによって生じる。これには《嬉しい》、《ほくそ笑む》、《憤慨》、《気の毒》がある。

感情誘発条件理論では、他者が事象に対してどのように感じるかを推測することによって、その人に対する情緒が生起する。そこで、情緒計算式に代入する好感度データを、エージェントではなく他者のものに変えることによって、その他者が感じる快／不快を求めることができる。そして、“エージェント自身にとっての望ましきの判別”と同様に、情緒計算式の出力が

表1 感情誘発条件理論

群	規定	名称と感情型
幸福	ある状況を、ある事象として評価	喜び: ある事象について喜ぶ 苦しみ: ある事象について不快である
他者の運命	ある状況を、他者に影響を与える事象として価値を推定	嬉しい: 他者にとって望ましい事象について喜ぶ ほくそ笑む: 他者にとって望ましくない事象について喜ぶ 憤慨: 他者にとって望ましい事象について不快である 気の毒な: 他者にとって望ましくない事象について不快である
将来的	ある状況を、ある将来的事象として評価	望み: 将来の望ましい事象について喜ぶ 恐れ: 将来の望ましくない事象について不快である
確認	ある状況を、期待を確認するもの、またはしないものとして評価	満足: 確認された望ましい事象について喜ぶ 安堵: 確認されなかった望ましくない事象について喜ぶ 恐れていた通りの: 確認された望ましくない事象について不快である 失望: 確認されなかった望ましい事象について不快である
帰属	ある状況を、ある行為者が責任を持つ行為として評価	誇り: 自分自身の行為を承認 賞賛: 他者の行為を承認 羞恥: 自分自身の行為を非難 叱責: 他者の行為を非難
魅力	ある状況を、魅力的あるいは非魅力的な対象を含むものとして評価	好き: ある対象に関心をひくものと感じる 嫌い: ある対象に関心をひかないものと感じる
幸福／帰属	複合感情	感謝: 賞賛+喜び 怒り: 叱責+苦しみ 自己満足: 誇り+喜び 自責の念: 羞恥+苦しみ
魅力／帰属	複合感情の拡張	愛: 賞賛+好き 憎しみ: 叱責+嫌い

快ならばその人にとって望ましい事象、不快ならばその人にとって望ましくない事象と判別する。他者の好感度データは、エージェントが推測した他者の嗜好情報に基づいて決定する。未知のものに対しては、defaultの好感度データを適用する。

本研究では、望ましい事象が起こった他者のことを自分が好きならば《喜び》、《嫌い》なら不快と判断する。つまり、好きな人に良いことがあれば嬉しく、嫌いな人に良いことがあれば不快であると考えられる。

これに基づき、他者にとっての事象の望ましきと自分にとっての他者の好感度を用いて、他者の運命に関する情緒を表2のように求める。表中のAは自分以外のある他者を表している。また、事象(A)はAの視点から見た事象の快／不快を表し、A(自分)は自分の視点から見たAの好感度を表す。Aの好感度の値が0より大きい場合、自分はAのことが好きであることを表す。逆に、Aの好感度の値が0より小さい場合、自分はAのことが嫌いであることを表す。

表2 他者の運命に関する情緒生起

A(自分)	事象 (A)		
	快	どちらでもない ない	不快
好き	嬉しい	φ	気の毒
どちらでもない	φ	φ	φ
嫌い	憤慨	φ	ほくそ笑む

4.4.2 将来的

「将来的」に属する情緒は、未来に起こると予想した事象が自分自身にとってどういうものかを考慮することにより生じる。これには《望み》、《恐れ》がある。起こると推測している事象が望ましいものであれば《望み》、望ましくなければ《恐れ》を算出する。予測した事象は、予測事象リストに蓄えられ、4.4.3節の確認の評価に利用される。

4.4.3 結果の確認

「確認」に属する情緒は、予測していた事象が生じた／しなかった時に、その事象の自分自身にとっての望ましきによって生じる。これには《満足》、《安堵》、《恐れていた通り》、《失望》がある。

現在認識した事象が以前に予測したものである、つまり「将来的」の処理で蓄積した予測事象リストに存在するか、“予測通りであったことを暗示する副詞(表3)”が含まれていれば、その事象の望ましきによって《満足》、《恐れていた通り》を算出する。また、現在認識した事象によって予測した事象が生じなかったことが判明すれば、予測事象の望ましきにより《安堵》、《失望》を算出する。この関係を表4に示す。

表3 予測を暗示する副詞

予測通りの結果	さすがに、ついに、やっと、案の定、なんなく、やっぱり、ようやく、なんとか
予測に反する結果	一向に、意外に、かえって、結構、つい、ついつい、どうしても、なかなか、案外

表4 結果の確認に関する情緒生起

予測事象の確認	自身にとって予測事象が…		
	快	どちらでもない	不快
生起した	満足	φ	怖れていた 通り
生起しなかった	失望	φ	安堵

4.4.4 幸福

「幸福」に属する情緒は、ある事象が自分にとって望ましいか否かによって生じる。これには《喜び》、《苦しみ》がある。ある事象に対して快反応を生起すれば《喜び》、不快反応を生起すれば《苦しみ》を生起する。

ここでまず喜びを生起する事象に注目する。表4によると、この“ある事象”には、自分自身が望ましいと思う事象だけでなく、他者の運命、将来、確認の情緒群に含まれる以下の情緒も該当する。

- ・ 自分自身にとって望ましい事象
- ・ 好きな他者にとって望ましい事象(嬉しい)
- ・ 嫌いな他者にとって望ましくない事象(ほくそ笑む)
- ・ 将来の望ましい事象(望み)
- ・ 確認された望ましい事象(満足)
- ・ 確認されなかった望ましくない事象(安堵)

このうち、「自分自身にとって望ましい」の判断は従来の情緒計算式の出力をそのまま適用すればよい、それ以外は4.4.1～4.4.3節で求めた情緒から判断できる。なお、ここで述べた条件は快の場合についてであり、不快の場合はこの逆となる。

4.4.5 帰属

「帰属」に属する情緒は、ある事象が生起した時、その行為者に対して生じる。これには《誇り》、《賞賛》、《羞恥》、《叱責》がある。ある望ましい事象に対して、その事象を行ったのが自分であれば《誇り》、他者であれば《賞賛》を算出する。また、望ましくない事象に対して、その事象を行ったのが自分であれば《羞恥》、他者であれば《叱責》を算出する。この関係を表5に示す。

表5 帰属に関する情緒生起

行為者	事象(自分)		
	快	どちらでもない	不快
自分	誇り	φ	羞恥
他者	賞賛	φ	叱責

表6 幸福／帰属に関する情緒生起

幸福	帰属			
	賞賛	叱責	誇り	羞恥
喜び	感謝	(C)	自己満足	(C)
苦しみ	(C)	怒り	(C)	自責の念

4.4.6 幸福／帰属

「幸福／帰属」に属する情緒は、幸福に関する情緒と帰属に関する情緒が同時に生じた場合にそれらの複合情緒として生じる。これには《感謝》、《怒り》、《自己満足》、《自責の念》がある。表6に示した通り、幸福、帰属それぞれの情緒の組み合わせによってさらに複合情緒が算出される。なお表6で(C)となっているところは、2つの情緒が複合せず葛藤を起こすと考えられるが、葛藤については考慮せず、同じ強度の相対する情緒として扱う。

5. 心的状態遷移ネットワークを用いた気分更新

5.1 心的状態遷移ネットワーク

任らは言語・音声・表情などの外観情報のみならず、人間の心的状態遷移メカニズムにも着目して人間の感情認知を研究している[26]。人間の感情はいくつかの状態に位置し、情報処理過程に対応するいくつかの離散的状態の間を遷移すると仮定し、これを“心的状態”と呼ぶ。人間の心的状態は、ある条件で、一つの状態から別の状態へ遷移することができる。状態間の遷移は同じ確率ではないが、外界の要因を無視すると一定の期待値が存在する。人間がある感情状態にある場合に、外部刺激および内的思考の推移により感情エネルギーがある一定の閾値を越えた場合に、他の感情状態に遷移する。感情エネルギーに基づく“心的状態遷移ネットワーク”モデルを考案した。

心的状態遷移ネットワークでは、ノードを感情状態とし、感情状態の集合を S 、現在の感情状態を S_{cur} とする。外から影響を受け感情状態が遷移する確率として、遷移コスト $cost(S_{cur}, S_i)$ が設定されている(図10)。

心的状態遷移ネットワークモデルを導出するために、任らは以下のような実験を行った。まず、あらかじめ7種感情状態の遷移表 $(S_i, S_j); i=7, j=7$ を作成する。外部刺激がない条件で、状態 i から状態 j に遷移する可能性を被験者により1から10までの数字で記入する。数字の大きさは遷移の可能性の大きさと一致す

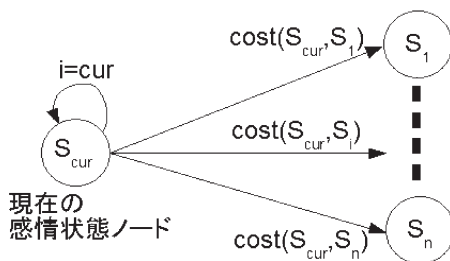


図10 遷移コスト

表7 心的状態遷移ネットワークの遷移コスト

next current	happy	quiet	sad	sur- prise	angry	fear	disgust
happy	0.421	0.362	0.061	0.060	0.027	0.034	0.032
quiet	0.213	0.059	0.090	0.055	0.039	0.051	0.042
sad	0.084	0.296	0.320	0.058	0.108	0.064	0.068
surprise	0.190	0.264	0.091	0.243	0.086	0.076	0.048
angry	0.056	0.262	0.123	0.075	0.293	0.069	0.121
fear	0.050	0.244	0.137	0.101	0.096	0.279	0.092
disgust	0.047	0.252	0.092	0.056	0.164	0.075	0.313

る。そして、外部刺激がある場合に、同じ実験を行った。200名の被験者を通じて原始データを得たが、統計的な手法で、表7を導出した。これを外部刺激がない場合の心的状態遷移ネットワークとする[26]。

5.2 心的モデルを用いた会話エージェントの表情生成

袴田らは、分類器と遷移コストを用いた心的状態遷移ネットワークを心的モデルとし、心的モデルを用いた会話エージェントの表情生成手法を提案している。具体的には、発話文に対して感情タグを付与し、発話文から分類器と心的状態遷移ネットワークの遷移コストを作成する[25]。

心的状態遷移ネットワークの遷移コストは、タグ付与を行った発話文から計算している。タグ付与に用いる感情は、Ekmanの基本感情[30][31]である“喜び”、“怒り”、“驚き”、“悲しみ”、“嫌悪”、“恐怖”の6種類の感情に、“平常”、“不安”、“希望”を追加した9種類としている。

発話文中の感情タグを感情状態とし、感情状態 $S_i (1 \leq i \leq 9)$ から $S_j (1 \leq j \leq 9)$ に遷移する回数 $S_i \rightarrow S_j$ と、感情状態 S_i から全ての感情状態に遷移が行われる総回数 $S_i \rightarrow S_1, \dots, S_9$ から遷移コストを計算する。計算式を式(1)に示す。

$$cost(S_i, S_j) = 1 - \frac{\#(S_i \rightarrow S_j)}{\sum_{k=1}^9 \#(S_i \rightarrow S_k)} \quad (1)$$

文献[25]ではSVMで作成した9個の分類器でユーザ発話文全文を処理し、分類器から計算されたそれぞれの感情の確かさの値を発話文の感情重みベクトル $\mathbf{e} = (e_1, e_2, \dots, e_9)$ とした。感情重みベクトルとは、心的状態を遷移する際に参照する、発話に対して現在生起している各感情の重みを表す。

SVMへの学習方法と感情重みベクトルの算出を図11に示す。感情タグを付与した対話シナリオを形態素解析し、それぞれの単語を重み1の特徴量として、“平常”に属するか否かを分類するSVM、“喜び”に属する

	やっほー	久しぶり	一年	くらい	金えて	嬉しい	…	
文1:	1	0	0	0	0	0	0	— 平常
文2:	0	1	1	1	0	0	0	— 平常
文3:	0	0	0	0	1	1	0	— 喜び
…								
発話文: 嬉しいな	0	0	0	0	0	1	1	
								平常用SVM → 平常0.1
								喜び用SVM → 喜び0.8
								驚き用SVM → 驚き0.2
								怒り用SVM → 怒り0.1
								…

図11 SVMの学習方法と感情重みベクトルの算出

か否かを分類するSVM, …と各感情ごとに特徴量の学習を行い, 分類器を作成する. ユーザ発話文を分類するときは, 発話文全文の単語の出現頻度を各感情のSVMで処理し, それぞれの感情の確からしさの値を合わせて発話文の感情重みベクトルとする.

現在の感情状態 $S_{cur} \subset S$ を始点として, 遷移コスト $cost(S_{cur}, S_i)$ と発話文から生成された感情ベクトルの値を用いて次の感情 $next$ を計算する. 計算式を式(2)に示す.

$$next = \arg \max_i \left(\frac{e_i}{cost(S_{cur}, S_i)} \right), \quad 1 \leq i \leq 9 \quad (2)$$

5.3 本手法における気分状態の算出

本研究では, エージェントの感情を表現するために心的状態遷移ネットワークを用いて気分を遷移させる. 前述のように, 7種類の気分, 28種類の情緒を使用する.

どの情緒がどの気分に対して遷移の影響を持つかを表すため, 本研究では28種類の情緒を9グループに分類し(表8), 各情緒グループごとに心的状態遷移ネットワークのアーキに割り当てた(図12). このネットワークは, 感情誘発条件理論による情緒の定義と, 実際の対話事例をもとに, 2人の研究者(20代女性, 30代男性)の協議のもと作成された. 本論文ではこの作成された図12の心的状態遷移ネットワークおよび表7の遷移コストの値をもとに実験システムを構築しているが, このネットワークの設計が異なればエージェントの性格(楽観的, 怒りっぽいなど)も変わってくる. 今後は本手法を拡張し, 各ユーザーごとの対話ログや表出感情を自動解析することで, ネットワークの遷移コストやノードのつながりを自動で学習し, 更新するような手法を提案していく予定である.

表8中の①~⑨は, 同じ遷移を行う情緒を複数まとめたものである. ①のグループは, 【喜び】に向かう弱いベクトルを持つポジティブな情緒をまとめたものである. 情緒計算手法では間接的な快として扱われている. 気分【平常】からは【喜び】に遷移するが, 【怒り】な

表8 生起情緒の分類

番号	情緒
①	ほくそ笑む, 望み, 満足, 安堵, 誇り, 賞賛, 好き, 感謝, 自己満足, 愛, 照れ
②	喜び, 嬉しい
③	気の毒な, 羞恥, 自責の念
④	恐れていた通りの, 失望, 悲しみ
⑤	苦しみ, 困惑
⑥	嫌い, 憎しみ
⑦	憤慨, 叱責, 怒り
⑧	恐れ
⑨	驚き

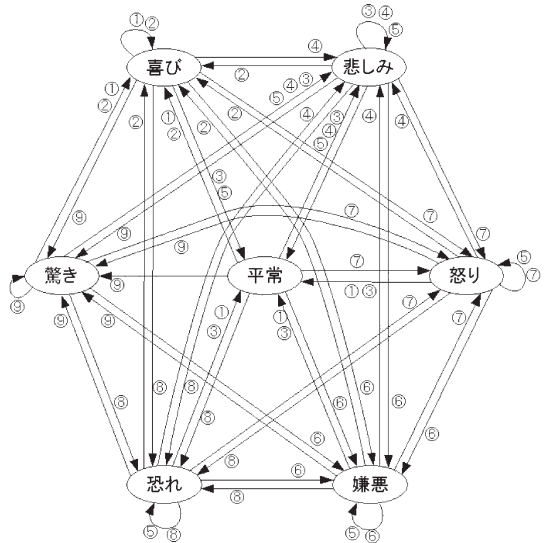


図12 本手法で用いる心的状態遷移ネットワーク

どのネガティブな気分からは【平常】に遷移する程度である. ②は, 【喜び】に向かう強いベクトルを持つ情緒をまとめたグループである. 情緒計算手法では直接的な快として扱われている. 全ての気分から【喜び】に遷移する. ③のグループは, 【悲しみ】へ向かう弱いベクトルをまとめたもので, 他者に起こった事象や自身が引き起こした事象に関する情緒をまとめている. 【平常】と【驚き】からは【悲しみ】へ遷移するが, その他の気分からは【平常】へ遷移する. ④のグループは, 【悲しみ】に向かう強いベクトルを持つ情緒をまとめたもので, 完結した事象に対する情緒や直接的な悲しみがある. ⑤は不快な情緒をまとめたグループである. ⑤のグループの情緒は, 【喜び】から【平常】に, 【平常】と【驚き】から【悲しみ】に遷移するが, 【怒り】などのネガ

ティブな気分では遷移は起こらない。⑥は【嫌悪】へ向かう強いベクトルを持つ情緒の集まりで、⑦は【怒り】へ向かう強いベクトルを持つ情緒のグループである。⑧は【恐れ】に遷移する情緒、⑨は【驚き】に遷移する情緒である。

袴田らは、全ての感情に対してSVMを用いて感情重みを実数値で算出し、その値を複合的な感情重みベクトルとして使用している。また、心的状態遷移ネットワークの遷移コストもテキストと計算式によって算出している。本研究では、情緒計算手法によって算出した各情緒の強度と、任の計算した遷移コスト(表7)から、気分の遷移先を計算する。

気分の遷移先は以下の式によって計算される。質問文に対して生起する各情緒の強さを e_i で表し、情緒グループ①から⑨の $e_1 \sim e_9$ を以下のように最大値から求める。

$$\begin{aligned} e_1 &= \max(e_{\text{ほくそ笑む}}, e_{\text{望み}}, \dots, e_{\text{照れ}}) \\ e_2 &= \max(e_{\text{喜び}}, e_{\text{嬉しい}}) \\ e_3 &= \max(e_{\text{気の毒な}}, e_{\text{羞恥}}, e_{\text{自責の念}}) \\ &\vdots \\ e_9 &= e_{\text{驚き}} \end{aligned}$$

さらに、 $e_1 \sim e_9$ から、感情ベクトル $e = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_9\}$ を得る。また、現在の気分 S_{cur} で情緒グループ i の情緒が生起したときの遷移先を $next(S_{cur}, i)$ とおくと、

$$emo = \arg \max_i \left(\frac{e_i}{cost(S_{cur}, next(S_{cur}, i))} \right), 1 \leq i \leq 9 \quad (3)$$

式(3)の emo が求められ、 $next(S_{cur}, emo)$ から次の気分が算出される。

従来のシステムに質問文の内容によってエージェントの気分の遷移を行う処理を追加することで、エージェントが気分次第で異なる反応をすることが可能となった。従来の手法と本研究の手法での同一の発話に対する反応の違いを付録1, 2に示す。

6. 評価実験

6.1 実験システム

本手法に基づいて感情を考慮した対話システムを構築した(図13)。CGエージェントは「メイプー」と名付けられたキャラクターである。ベースとしてたけまるくんのシステムおよびデータベースを使用し、メイプーに対する質問応答の設定(身長や特技など)や広島についての情報(原爆ドーム、宮島、広島市立大学など)を新たに追加・修正した。

本実験ではプロトタイプとして、【平常】、【喜び】、



図13 自然言語対話エージェント「メイプー」

【怒り】の3つの気分状態を遷移するエージェントを作成した。登録されている質問文数は従来のたけまるくんシステムと同じ4465文だが、返答発話文は202文から346文に、アニメーションは38種類から69種類に増えた。

このエージェントを用いて感情を考慮したシステムと感情を考慮しない従来のシステムを作成し、評価実験を行った。

6.2 質問紙調査

従来手法は自然言語対話を通じて情報案内を行うことを目的として開発されているが、一部のユーザ(特に子供、高齢者など)はエージェントからの情報提供よりも日常会話に見られるような音声による自然言語対話会話的な発話をする事が多い。しかし、従来手法は同じ発言に対して常に同じリアクションを返すため、どうしても単調で無機質な対話になりがちである。そこで従来の対話システムに生起情緒に基づく気分変化処理を加えることにより、エージェントとの自然言語対話がより楽しく親しみやすいものになると考え、その有効性に対する評価実験を行う。

本論文では、自然言語対話エージェント「メイプー」に感情の有る／無し2種類の振る舞いをさせ、同じ被験者にその印象を評定させることで、自然言語対話エージェントにおける感情処理の有効性を明らかにする。

実験手法としては、感情を考慮したエージェントの動作を取録したビデオと感情を考慮していないエージェントの動作を取録したビデオを連続で視聴し、それぞれの振る舞いについて、大学生41名(男性23名、女性18名)の被験者がどう感じるかを調査した。2つのビデオにおいて発話者が入力する質問文は同一である。付録1, 2に各対話内容を示す。対話の状況としては、情報案内を目的に対話しているのではなく、エージェントとのコミュニケーションを目的として対話している状況を想定している。ビデオの長さは約2分であり、2つのビデオを視聴し、2つ見終わった時

表9 質問紙調査の評価項目

グループ	形容詞の項目
好感因子	外交的, 真似したい, 格好いい, 感じがいい, 仲良くなれそう, また会いたい, 優しそう, 共感が持てる, 気が利く
性格的要因に関する項目	真面目そう, おとなしい, やんちゃ, 不真面目
機械らしさ・生物らしさに関する項目	機械らしい, 生物らしい
使用感に関する項目	楽しめそう, イライラする, 規則的

点でそれぞれのエージェントに対する印象を質問紙により回答してもらった。なお順序効果を無くすため、被験者を2群に分け、それぞれ感情有り→無しと感情無し→有りの順序でビデオを提示した。

印象の評価は、エージェントの印象を表す評価項目に対する5段階評価(2: そう思う, 1: ややそう思う, 0: 普通, -1: あまりそう思わない, -2: そう思わない)によって行った。評価項目は、高吉がロボットの印象調査に用いた手法[32]を参考に、“好感因子”、“性格的要因に関する項目”、“機械らしさ・生物らしさに関する項目”に属する形容詞15個、さらに本実験向けにユーザがエージェントに対して感じる“使用感に関する項目”として、「楽しめそう」、「イライラする」、「規則的」の3つの項目についても調査し、分析した(表9)。

6.3 結果

好感因子および各項目の平均得点と標準偏差を表10に示す。なお好感因子の得点は、各因子内の項目の得点の和となっている。

好感因子について：好感因子が高いことは、直接的にエージェントへの親しみやすさにつながる。本手法の平均得点が有意に高いことがわかった。これは、感情によって反応に変化があるため、被験者が興味をひかれた結果と考えられる。特に「また会いたい」の項目での差が著しかったが、これは本来情報案内システムとして開発された従来のエージェントに比べて、日常的な発話への反応に長けている本手法のエージェントの振る舞いにより親しみを感じたためと思われる。

性格に関する項目：「やんちゃ」の項目で両者の差が顕著に出ているが、これは本手法のエージェントが気分によって質問に真面目に答えないなど、感情によって反応が変わるさまから精神的に未熟な子供っぽい印象を受けたためと考えられる。これは「不真面目」の項目

表10 各因子・項目の平均得点および標準偏差

		感情を考慮したシステム	従来のシステム
	N	41	41
好感因子*	Mean	2.68	-0.93
	SD	1.07	0.97
真面目そう*	Mean	0.24	1.07
	SD	1.07	0.82
おとなしい*	Mean	-0.63	0.32
	SD	1.11	1.08
やんちゃ**	Mean	0.80	-0.73
	SD	1.19	0.98
不真面目**	Mean	-0.39	-1.07
	SD	1.12	0.85
機械らしい**	Mean	0.17	1.49
	SD	0.86	0.68
生物らしい**	Mean	0.27	-1.05
	SD	0.98	0.80
楽しめそう**	Mean	1.20	-0.12
	SD	0.95	0.93
イライラする	Mean	-0.63	-0.61
	SD	1.02	0.95
規則的**	Mean	0.07	1.34
	SD	0.98	0.76

**p<.01 *p<.05

にも影響していると考えられる。逆に、「真面目そう」の項目で従来手法のエージェントの平均点が高いのは、どんな状況でも質問文に的確に返答しているためと考えられる。不真面目でやんちゃというイメージは我々が従来コンピュータに対して持っている真面目で規則的に動くというイメージとは異なる。施設案内などのツールとして考えた場合には無機的に処理をこなせば良いが、子供の話し相手などコミュニケーションツールとして見た場合には、このような性格付けがより人間らしさを感じさせるため、エージェントへの愛着が湧きやすいと考えられる。

使用感に関する項目：「楽しめそう」の項目において、本手法のエージェントが高い平均得点を得ている。これは、気分毎に回答が変化するため、エージェントの反応を楽しむような被験者の気持ちによるものと思われる。逆に、「規則的」の項目では従来手法のエージェントが高い平均値を得ている。これは、従来手法では質問に対する返答が固定なため、被験者がエージェントの反応に対し規則性を感じた結果と考えられる。

機械らしさ・生物らしさに関する項目：「機械らしい」における条件の違いによる差を調べたところ、従来手法の方が平均得点が有意に高いことがわかった。これは、「規則的」の項目と同様に、どんな発話を受けても質問文に対して固定の応答を返し続けるため、機械的な印象を被験者に与えた結果と考えられる。このような影響は「生物らしい」においても生じており、従来手法の平均得点は本手法に比べ低い結果となった。これにより、本手法は従来手法より機械的でない印象を与えているといえる。

自由記述による意見：「感情によって返答が変わるのは楽しい・可愛い」などと、本手法に対する意見はおおむね好印象な評価が多かった。感情を考慮した振る舞いに対して多くの被験者が興味を抱いた結果と考えられる。しかし、気分【怒り】を分かりやすく表現するために、すねたように質問に対してきちんと返答しない処理を加えたが、「情報案内システムがすねるのは困る」といった意見もあった。今後本提案手法を情報案内システムのエージェントに適用することになれば、観光案内や天気予報など緊急性や重要性が高い質問文に対しては的確に応答し、エージェント自身に関する身長や体重などのあまり重要でない質問に対してははぐらかすといった区別をつける必要があると思われる。

7. おわりに

本論文では、感情を考慮した自然言語対話エージェントを実現するため、相手発話と現在の気分に基づいて情緒を生起し、生起情緒から次の気分に移るような手法を提案した。

対話の発話内容によってエージェントの気分を遷移させるために、心的状態遷移ネットワークを用いた。心的状態遷移ネットワークのノードには気分、エッジには情緒を割り当て、気分の変化をシミュレートする。各気分に対して生起する情緒を付与し、その生起情緒を基に心的状態遷移ネットワークに沿って気分状態を遷移する。また、各気分状態に合わせた応答文データベースとリアクションデータベースを作成し、気分ごとに反応の変化を持たせた。

評価実験では、従来のエージェントと本手法のエージェントの同一の発話に対する振る舞いの違いをビデオで被験者に見てもらい、それぞれに対する印象を18の形容詞に5段階による評価実験を行った。その結果、本手法においては好感因子の平均得点が高く、感情によって返答が変化する処理は被験者にとっておおよそ好評であると思われる。また、性格に関する項目においては、「やんちゃ」や「不真面目」の項目の平均得

点が従来手法に比べて高かった。使用感に関する項目では、「楽しめそう」の項目で高い平均得点を得た。これは、気分によって返答がころころ変わるので、本来音声情報案内として開発された従来のエージェントに比べて日常的な会話でも返答の違いによって楽しめるという印象を与えたためと思われる。

今後の課題としては、事前にデータベースに用意した入力発話以外に対しても情緒を生起して気分を推移させられるようなシステムを構築する予定である。

謝辞

本研究に対して多大な協力をいただいた奈良先端科学技術大学院大学教授鹿野清宏先生に深く感謝します。また、アニメーションの作成および評価実験を手伝っていただいた伏見愛実氏に深く感謝します。

参考文献

- [1] 翠輝久, 河原達也, 正司哲朗, 美濃導彦, “質問応答・情報推薦機能を備えた音声による情報案内システム,” 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3602-3611, 2007.
- [2] 小暮悟, 中川聖一, “音声対話システムにおける頑健な意味理解と対話システムの移植性に関する研究,” 豊橋技術科学大学院博士論文, 2002.
- [3] V. Zue, S. Seneff, J. Glass, J. Polifroni, C. Pao, T.J. Hazen, and L. Hetherington, “JUPITAR: A telephone-based conversational interface for weather information,” IEEE Trans. Speech Audio Process, Vol.8, No.1, pp.100-112, 2000.
- [4] 堂坂浩二, 安田宜仁, 中川清明, “システム知識制限下での効率的対話制御法,” 自然言語処理, Vol.9, No.1, pp.43-63, 2002.
- [5] 安達史博, 河原達也, 奥乃博, 岡本隆志, 中嶋宏, “VoiceXMLの動的生成に基づく自然言語音声対話システム,” 情報処理学会研究報告, 2002-SLP-40-23, pp.133-138, 2002.
- [6] R. Nisimura, T. Uchida, A. Lee, H. Saruwatari, K. Shikano, and Y. Matsumoto, “ASKA: Receptionist robot with speech dialog system,” Proc. 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.1314-1317, 2002.
- [7] M. Fujita, “AIBO; Towards the era of digital creature,” Int. J. Robotics Research, Vol.20, No.10, pp.781-794, 2001.
- [8] C. Breazeal and B. Scassellati, “A context-dependent attention system for a social robot,” Proc. Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, pp.1146-1151, 1999.
- [9] 加納政芳, 後藤みの理, 加藤昇平, 中村剛士, 伊藤英則, “ロボットの混合感情表出のための表情制御手法(〈特集〉エンタテインメントコンピューティング),” 知能と情報: 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.17, No.2, pp.250-255, 2005.
- [10] N. Humphrey, “The Inner Eye,” Faber and Faber, London, 1986.

[11] W. James, "The Principles of Psychology," Dover Publications, 1972.

[12] 戸田正直, "感情," 東京大学出版, 1992.

[13] A.R.Damico, "Descartes' Error," New York, 1994.

[14] 牛田博英, 中嶋宏, "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 (特集) 感情のモデルと工学的応用の動向)," 日本ファジィ学会誌, Vol.12, No.6, pp.44-51, 2000.

[15] B. Reeves and C. Nass, "The Media Equation," Cambridge University Press, 1996.

[16] 徳久雅人, 岡田直之, "パターン理解的手法に基づく知能エージェントの情緒生起," 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.8, pp.2440-2451, 1998.

[17] 牛田博英, 中嶋宏, "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-", 日本ファジィ学会誌, Vol.12, No.6, pp.762-769, 2000.

[18] 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).

[19] A. Lee, T. Kawahara, and K. Shikano, "Julius - An open source real-time large vocabulary recognition engine," Proc. 7th European Conference on Speech Communication and Technology, pp.1691-1694, 2001.

[20] 西村竜一, 西原洋平, 鶴身玲典, 李晃伸, 猿渡洋, 鹿野清宏, "実環境研究プラットフォームとしての音声情報案内システムの運用," 電子情報通信学会論文誌, D-II, 情報・システム, II-パターン処理, J87-D-II (3), pp.789-798, 2004.

[21] 鹿野清広, C. Tobias, 川波弘道, 西村竜一, 李晃伸, "音声情報案内システム「たけまるくん」および「キタちゃん」の開発," 情報処理学会研究報告 (SLP), 音声言語情報処理, Vol.2006, No.107, pp.33-38, 2006.

[22] 目良和也, 市村匠, 相沢輝昭, 山下利之, "語の好感度に基づく自然言語発話からの情緒生起手法," 人工知能学会論文誌, Vol.17, No.3-A, pp.186-195, 2002.

[23] 目良和也, 市村匠, 山下利之, 吉田勝美, "感情誘発条件を用いた多様な情緒の分類手法," 東京都立科学技術大学紀要, Vol.16, pp.11-16, 2002.

[24] K. Mera, "Emotion Oriented Intelligent Interface," 東京都立科学技術大学博士 (学術) 学位論文, 2003.

[25] 袴田愛, 土屋誠司, 任福継, "心的モデルを用いた会話エージェントの表情生成手法," 人工知能学会研究会資料, pp.3-8, 2008.

[26] 任福継, "言語・表情など外観情報と心的状態遷移に基づく人間感情の認知について," 情報処理学会研究報告 (SLP), 音声言語情報処理, Vol.2006, No.73, pp.43-48, 2006.

[27] 岡田直之, "語の概念の表現と蓄積," 電子情報通信学会出版, 1991.

[28] C. Elliott, "The Affective Reasoner: A process model of emotions in a multi-agent system," Ph.D. thesis, Northwestern University, The Institute for the Learning Sciences, Technical Report No.32 (1992).

[29] C. Elliott, 高砂美樹訳 "人間とコンピュータの間の双方向感情的コミュニケーションの構成要素: 感情と人格に関する広範な基本モデルを用いて," 認知科学, Vol.1, No.2, pp.16-30, 1994.

[30] P. Ekman, W. V. Friesen, "The repertoire of nonverbal behavior," Semiotica, Vol.1, pp.49-98, 1969.

[31] P. Ekman, W. V. Friesen, "Unmasking the Face: A Guide to Recognizing Emotion from Facial Clues," N.J.:Prentice-Hall, 1975.

[32] 高吉幸治, 田中俊也, "ロボットの振る舞いと知性・性格の印象の関係," 情報処理学会研究報告 (CVIM), コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.2007, No.87, pp.43-48, 2007.

付録1: 感情を考慮したエージェントとの対話

発話	生起情緒	リアクション	気分
ユーザ (以降ユ) 「おはようございます」	無し		
メイプー (以降メ) 「おはようございます」		おじぎ	平常
ユ 「歌ってください」	誇り		
メ 「あなた追って出雲崎ー」	怒り	歌う	喜び
ユ 「馬鹿だね」		怒り顔	怒り
メ 「馬鹿って言わないで」	無し		
ユ 「身長は？」		そっぽを向く	怒り
メ 「答える必要はありません」			
ユ 「調子はどうですか？」	無し		
メ 「なかなかイマイチです」		拗ねる	怒り
ユ 「ごめんなさい」	賞賛		
メ 「気にしないでください」		機嫌を直す	平常
ユ 「天気予報は？」	無し		
メ 「広島府の天気予報は、今日は晴れ、明日は晴れ時々曇りです」		天気予報を表示	平常
ユ 「賢いね」	自己満足		
メ 「賢いでしょ」		飛び跳ねる	喜び
ユ 「調子はどうですか？」	無し		
メ 「絶対調だぜ」		笑顔で飛び跳ねる	喜び
ユ 「身長は？」	無し		
メ 「身長は柿5個分だよ」		柿と並んで立つ	喜び
ユ 「ありがとう」	喜び		
メ 「どういたしまして、今後ともひとつよろしく願います」		笑顔で飛び跳ねる	喜び
ユ 「さようなら」	無し		
メ 「さようなら、またね」		手を振る	喜び

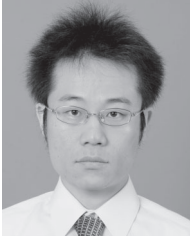
付録2: 感情を考慮していないエージェントとの対話

発話	リアクション
ユ 「おはようございます」	
メ 「おはようございます」	おじぎ
ユ 「歌ってください」	
メ 「あなた追って出雲崎ー」	歌う
ユ 「馬鹿だね」	
メ 「馬鹿にしないでよ」	困り顔
ユ 「身長は？」	
メ 「身長は柿5個分です」	柿と並んで立つ
ユ 「調子はどうですか？」	
メ 「いつも絶対調です」	飛び跳ねる
ユ 「ごめんなさい」	
メ 「どういたしまして、今後ともご最良にしてください」	おじぎ
ユ 「天気予報は？」	
メ 「広島府の天気予報は、今日は晴れ、明日は晴れ時々曇りです」	天気予報を表示
ユ 「賢いね」	
メ 「賢いでしょ」	飛び跳ねる
ユ 「調子はどうですか？」	
メ 「いつも絶対調です」	飛び跳ねる
ユ 「身長は？」	
メ 「身長は柿5個分です」	柿と並んで立つ
ユ 「ありがとう」	
メ 「どういたしまして、今後ともご最良にしてください」	おじぎ
ユ 「さようなら」	
メ 「さようなら、またよろしく願います」	手を振る

(2009年6月16日 受付)
(2009年11月30日 採録)

[問い合わせ先]
〒731-3194 広島市安佐南区大塚東3-4-1
広島市立大学大学院情報科学研究科
目良 和也
TEL: 082-830-1677
FAX: 082-830-1677
E-mail: mera@hiroshima-cu.ac.jp

著者紹介



めら かずよし
目良 和也 [正会員]

1996年九州工業大学大学院情報工学研究科博士前期課程修了。2003年東京都立科学技術大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士(学術)。1996年より広島市立大学情報科学部助手。現在に至る。感情(感性)情報処理と自然言語対話処理等の研究に従事。現在、これら以外にニューラルネットワーク、ファジィ推論を用いた知識獲得処理、自己組織化マップなどにも関心を持つ。情報処理学会、言語処理学会、日本知能情報ファジィ学会、人工知能学会の会員。



いちむら たくみ
市村 匠 [正会員]

1997年桐蔭横浜大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。同年広島市立大学情報科学部助手。2007年同大学院情報科学研究科講師。ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム、ファジィ理論による学習アルゴリズムを開発。医療診断システムに応用した研究で博士を取得。自己組織化マップ、進化計算、免疫システムの理論的研究や感情インタラクションシステムの研究開発に従事。日本知能情報ファジィ学会、IEEEなどの会員。IEEE SMC Hiroshima Chapter Vice Chair(2008-09)。



くろさわ よしあき
黒澤 義明 [正会員]

1991年名古屋大学文学部哲学科(心理学専攻)卒業。1994年京都大学大学院人間・環境学研究科修了。同年より、広島市立大学情報科学部助手。発話研究に従事。言語処理学会、日本知能情報ファジィ学会、日本心理学会各会員。



たけかわ としゆき
竹澤 寿幸 [非会員]

1984年、早稲田大学理工学部電気工学科卒業。1989年、同大学大学院博士後期課程修了。同年、(株)国際電気通信基礎技術研究所入社。2007年、広島市立大学大学院情報科学研究科教授。現在に至る。工学博士。音声対話翻訳の研究開発に従事。2006年電子情報通信学会ISS論文賞受賞。電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、日本音響学会、言語処理学会各会員。

Mood Calculating Method for Speech Interface Agent by using Emotion Generating Calculation Method and Mental State Transition Network

by

Kazuya MERA, Takumi ICHIMURA, Yoshiaki KUROSAWA and Toshiyuki TAKEZAWA

Abstract :

This paper proposes a human-computer interaction system that the computer agent has an emotion calculation process in order that the user feels familiar to the agent. The interaction system is developed based on a speech interface system "Takemaru-kun" constructed by Shikano et al. 4465 question-example texts are prepared for Takemaru-kun and all the texts are determined suitable response texts and animation gestures. When speech recognition result is inputted, the most similar question-example text is chosen and its corresponding response and gesture are presented to the user.

However, the Takemaru-kun system always replies the same reaction for the same input. It makes us feel monotonous and mechanical. The variation of reaction is one of the factors to be able to decrease such images. In order to reply different response for same input and different mood, a set of response text is prepared for each mood. Next mood is calculated from present mood and emotions aroused from input utterance. The emotion is calculated from events which are recognized when human hears input utterance and reply response at the present mood. Emotion Generating Calculation method is used to calculate emotions. Then, the mood transits on Mental State Transition Network based on aroused emotions and the transition cost.

41 subjects evaluated the impression of proposed system using 18 adjectives. As a result, average of "preference" factor of proposed system was higher than that of non-emotion system. And the averages of "mischievous," "light-minded," and "entertain" were also high.

Keywords : Conversation Agent, Meipu, Mental State Transition Network, Emotion Eliciting Condition Theory, Emotion Generating Calculations method

Contact Address : **Kazuya MERA**

*Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University
3-4-1, Ozuka-higashi, Asa-minami-ku, Hiroshima, 731-3194, JAPAN*
TEL : 082-830-1677
FAX : 082-830-1677
E-mail : mera@hiroshima-cu.ac.jp