論文

顔の表情表現と結びつけた経路決定システム[†]

岩田 満^{*1} 鬼沢 武久^{*2}

本論文では、人間とコンピュータとのコミュニケーションの一例として、目的地までの道順が自然言語で与えられた場合を想定している。そして与えられた道順を理解し、経路決定を行うモデル、およびその経路決定モデルの状況に応じて、「喜びの表情」「不安な表情」などを表現する表情表現モデルを計算機上に実現する。経路決定モデルでは、自然言語の持つ意味のあいまいさを処理するためにファジィ集合を用いている。教示で与えられた言葉の意味を表すファジィ集合とモデルの周囲に見える情報の意味を表すファジィ集合との適合度を定義し、この適合度を用いて経路を決定する。一方、表情表現モデルでは、経路決定モデルの状況からファジィ推論を用いて感情を推測し、学習したニューラルネットワークを用いて顔の各部の変化量を求め、顔の表情を表現している。いくつかのシミュレーション結果から、あいまいな教示が与えられたとしても経路決定モデルは目的地に到達できること、しかし、あいまいさの程度が大きくなると人間のように道に迷ってしまうことがあることがわかった。また表情表現モデルによって、経路決定モデルがどのような気持ちで目的地まで進んでいるかなどがわかるようになった。

キーワード：経路決定、表情表現、言語教示、人間とコンピュータとのコミュニケーション

1. はじめに

人間同士が向かい合ってコミュニケーションをする場合、自然言語で表されたバーバル情報と表情やジェスチャーなどのノンバーバル情報とを用いている。このバーバル情報とノンバーバル情報は一般に、コミュニケーションでは補完的な役割を担っており、両方の情報がコミュニケーションで活用されることが効率的なコミュニケーションを行うための重要条件である[1]。

さて、コンピュータの高性能、高機能化により、コンピュータは優れた演算処理能力を備えるようになってきている。しかし、コンピュータと人間とのコミュニケーションは人間同士の場合とは異なり、人間の方がコンピュータに歩み寄るといって、どちらかというところ、一方通行となっている。そこで最近ではコンピュータの数値的、論理的情報の演算処理能力だけでなく、人間と能動的にコミュニケーションできるインタフェースを備えることも必要であるとの認識にたつて、Active Human Interface という概念が提案される[2][3]など、コンピュータと人間とのコミュニケーション(インタフェース)に関する様々な研究がハードウェア

とソフトウェアの両面から行われている。

人間側にあまり負担をかけず、更にスムーズなインタフェースを実現するためには、一つには、人間がコンピュータへ入力する情報にあいまいさを許容し、そのあいまいな情報をコンピュータが理解できるようにする必要がある。また、バーバル情報のみではなく、表情やジェスチャーなどのノンバーバル情報も付加することも重要である。人間の表情は感情を表し、重要なノンバーバル情報の一つであるため[4]、表情を用いる研究は数多く行われており[5][6][7][8][9]、その有用性も確認されている。

本論文では、あいまいさの含まれた情報として、目的地までの道順が与えられたとき、その道順を理解し、処理を行う経路決定モデル、そして、経路決定モデルの状況に応じて、「喜びの表情」や「不安な表情」などを表現する表情表現モデルを計算機上に実現する。自然言語の持つ意味のあいまいさをコンピュータ上で取り扱うために、ファジィ集合論を用いる。また、経路決定モデルの状況に応じた表情の表現をするため、ファジィ推論、ニューラルネットワークモデルを用いている。最後に、いくつかのシミュレーションによって、提案するシステムの有用性を検討する。なお、表情表現モデルを持った経路決定モデルを経路決定システムと呼ぶことにする。

顔の表情に関する研究では、線画による顔の表情を用いたもの[10]と、人間の顔を忠実に表現した顔の表情を用いたもの[5][6][7][8][9]がある。それぞれを用いた顔の表情認識の研究では、顔刺激制御の容易性と刺激が持つ情報忠実性の間には二律背反の関係がある

[†] Route Decision System Associating with Facial Expression

Mitsuru IWATA and Takehisa ONISAWA

^{*1} 筑波大学 工学研究科

Doctoral Degree Program in Engineering, University of Tsukuba

^{*2} 筑波大学 構造工学科

Institute of Engineering Mechanics, University of Tsukuba

[10]。本論文では、顔刺激制御の容易性の利点を考え、前者の線画で描いた顔を用いる。なお、ファジィ理論を用いた顔の表情に関する研究については、主にファジィ積分を用いた研究がある[11][12]。

2. 経路決定モデル

本論文で述べる経路決定モデルは、地図作成部、教示受取部、経路決定部、経路記憶部から構成される。本論文で述べる経路決定モデルは、文献[13]のモデルを拡張したものである。

2.1 地図作成部

地図作成部は、街の地図を描く部分である。ポスト、レストラン、銀行、交差点、道路等が地図上に描かれる。経路決定モデルは、周囲の地図情報のみ受け取ることができる。

2.2 教示受取部

出発地点から目的地までの道順教示はすべて、自然言語で与えられる。与えられた教示文をチェックし、曲がるべき交差点など特徴のある地点をサブゴールとみなし、それぞれのサブゴールの位置を教示内容から推定する。目的地へ行くには、近道や回り道をする場合を除いて、すべてのサブゴールを通過する。経路決定モデルは、与えられた教示と周囲に見える地図情報とを比較しながら進んでいく。

本論文で教示のために用いる自然言語には、「ちょっと進む」、「少し進む」、「しばらく進む」、「数Km進む」、「約xKm進む」、「かなり進む」や、「右折する」、「まっすぐ進む」がある。教示受取部では、これらの自然言語に含まれるあいまいさを図1、図2に示すファジィ集合を用いて表現している。

図1 距離情報に関するファジィ集合

図2 方向情報に関するファジィ集合

また、実際に道路を歩いている人間にとって、今までに歩いてきた距離や、交差点で道路の延びている方向などを正確に知ることは計測器を用いない限り不可能である。そこで、経路決定モデルは、与えられた教示だけでなく、自分の歩いた距離や方向なども図1、図2のファジィ集合を用いて表現している。

2.3 経路決定部

経路決定部は、「右折する」や「ちょっと進む」などの教示と周囲に見える地図情報とを比較して行動を決定する部分である。比較は、(1)式[14]で定義された2つのファジィ集合の適合度(Degree of Matching: DM)を用いて行われる。

$$DM = \frac{1}{2} \{ \sup(\tilde{A} \cup \tilde{B}) + \inf(\tilde{A} \cap \tilde{B}) \} \quad (1)$$

ここで、 $\tilde{A}$ は与えられた教示の意味を表すファジィ集合であり、 $\tilde{B}$ はモデルが知覚した距離や方向などの情報のファジィ集合である。また、 $\tilde{B}^c$ は $\tilde{B}$ の補集合であり、 $\cap$ と $\cup$ はそれぞれ、ファジィ集合の共通集合と和集合である。

適合度は、いくつかの経路の候補に優先度を付けるために用いられる。それらの候補のうちで最も優先度の高いものが経路として選択される。しかし、最も優先度が高い候補が必ずしも正しい道順とは限らないため、選択した経路が間違っていると判断された場合には、次に優先度の高い候補が選択される。

例えば、経路決定モデルが、「交差点で右折する」という教示を与えられ、図3の地図上を矢印の方向に進んでいる場合を考える。経路A1、A2の「右方向」に対する適合度が、図4で示されたファジィ集合と(1)式を用いて計算される。この例の場合、計算された適合度はそれぞれ、0.64、0.44である。よって、経路A1が選択される。

図3 教示「右折する」の例

図4 経路A1、A2の方向を表すファジィ集合

また、適合度を与えられたしきい値と比較する場合もある。例えば、「約1Km先の交差点」という教示を受け、図5の地図上のB0地点から右方向に進んでいる場合を考える。B1とB2の交差点の「約1Km先」に対する適合度は、図6のファジィ集合と(1)式を用いて計算される。交差点B1の適合度は0.17である。距離のしきい値が0.25であるとする、B1の適合度はこのしきい値以下である。よって、経路決定モデルは

図5 教示「約1Km先の交差点」の例

図6 距離B1-B0、B2-B0、B3-B0を表すファジィ集合

図7 思考アルゴリズム

この交差点B1を選択せず、この交差点の情報を経路記憶部に記憶しておいて先へ進む。なお、経路記憶部については後で述べる。交差点B2での適合度は0.66であり、これはしきい値を超えている。経路決定モデルはB2の交差点を「約1Km先の交差点」として選択する。もし、この交差点が間違っていた場合には、経路決定モデルはさらに先へ進む。B3地点で「約1Km先」の適合度がしきい値0.25と等しくなり、指示された交差点を見つけることができず、前に記憶しておいた交差点B1に戻る。

図7に、経路決定部の思考アルゴリズムを示す。

2.4 経路記憶部

経路記憶部は、与えられた教示と経路決定モデルが途中で通過したサブゴールや交差点の情報などを記憶しておく部分である。選択された経路が間違っていた場合には、経路決定モデルは経路記憶部で記憶しておいた交差点の情報を利用して戻ることができ、またその交差点で次の候補を選択し直すことができる。

2.5 近道の選択

経路決定モデルは、与えられた教示から目的地の方向を推測し、周囲の地図情報との比較から近道ができると判断した場合には近道をする。経路決定モデルは現地点から目的地の方向を教示内容から推測し、道路の方向との適合度を計算し、適合度がしきい値を超えていれば、その道路を近道として採用する。近道をした後は、現地点がサブゴールと(サブ)ゴールの間であるかどうかを調べ、そうであれば教示で与えられた道路に出たと考えられるので、目的地に近い方の(サブ)ゴールへ向かって進む。サブゴール間でなければ、近道を始めた地点まで戻り、近道をせずに教示通りに進む。

図8は近道の例である。与えられた教示は地図上で点線の矢印で示される。経路決定モデルは地図上の実線で示されるように、交差点BでB-Dの道路を近道と

図8 近道の例

図9 推測した方向と知覚した方向のファジィ集合

して採用している。推論した目的地の方向とモデルが知覚した道路 B-D の方向を図 9 に示す。計算された適合度は 0.58 であり、これはしきい値(方向のしきい値は 0.4 とする)を超えている。交差点 D に到着した後は、この地点がサブゴール C と目的地の間であることを認識し、目的地へ進む。

2.6 回り道の選択

経路決定モデルは、指示された道路が通れないことがわかると、他の道路を探し始める。モデルが前に通過し、経路記憶部に記憶された交差点があれば、その情報を元にして回り道ができる道路を選択する。回り道をした後は、近道の場合と同様にサブゴールの間であるかチェックし、目的地に近づくように経路を選択する。

図 10 は回り道の例を示している。地図上で点線の矢印は指示経路を表している。経路決定モデルは、B-C の道路が通れないことを見つけると、前に通過した交差点 A を思いだし、交差点 A まで戻り、A-D の道路を進む。交差点 D からは D-C-Goal と進む。

文献[13]のモデルには、近道や回り道に関する知識は含まれていない。

図10 回り道の例

図11 表情表現モデル

表1 適合度が増加中の場合の喜びの程度

適合度	目的地までの距離				
	VS	S	M	B	VB
VS	M	M	S	VS	VS
S	M	M	S	S	VS
M	B	B	M	S	S
B	VB	B	B	M	M
VB	VB	VB	B	M	M

VS: Very Small S: Small M: Medium B: Big VB: Very Big

表2 適合度が減少中の場合の不安の程度

適合度	目的地までの距離				
	VS	S	M	B	VB
VS	M	M	B	VB	VB
S	M	M	B	B	B
M	S	S	M	M	M
B	VS	VS	S	S	S
VB	VS	VS	S	S	S

VS: Very Small S: Small M: Medium B: Big VB: Very Big

表3 適合度が減少中で道に迷いそうな場合の悲しみの程度

適合度	目的地までの距離				
	VS	S	M	B	VB
VS	M	M	B	VB	VB
S	M	M	B	B	B
M	S	S	M	M	M
B	VS	VS	S	S	S
VB	VS	VS	S	S	S

VS: Very Small S: Small M: Medium B: Big VB: Very Big

3. 表情表現モデル

人間が表情として表現する基本的な感情は、「喜び」、「悲しみ」、「恐れ」、「驚き」、「恐れ」、「嫌悪」の六種類であるといわれている[15]。本論文での表情表現モデルはこれらのうち、「喜び」、「悲しみ」、「恐れ(不安)」、「驚き」と、その他に「疲労」を表現対象とする。図 11 のように、表情表現モデルは、経路決定モデルからの情報をいったん感情のパラメータに変換し、さらに顔の各部の変化量に変換して表情を表現する。

3.1 ファジィ推論

表情表現モデルでは、まず、経路決定モデルからの出力情報を感情のパラメータに変換するルールを言葉で表現し、そのルールをもとに推論を行う。

サブゴールまでの距離の適合度、目的地までの距離と喜び、不安、悲しみを表 1 から表 3 のように対応させる。なお、目的地までの距離は、出発前に与えられ

た教示から目的地の場所を推定し、現在地から推定した目的地までの直線距離として定義されている。経路決定モデルからの情報のうち、適合度と目的地までの距離、喜びや悲しみなどの感情のパラメータは $[0.0, 1.0]$ で表す。表1～表3に示す、言葉の意味を図12に示すような $[0.0, 1.0]$ 上のファジィ集合で表す。

経路決定モデルの適合度は、出発前は0.0で、進むにつれて増加し、教示で与えられた距離を超えると減少する。よって、表1→表2の順にルール表を用いることになる。適合度が減少中で、経路記憶部に他の経路候補が残っていない場合は、そのまま進み続けると道に迷ってしまう可能性があるため、表2の代わりに表3を用い、不安ではなく悲しみの表情を表現するようにしている。

図12 ファジィ集合

図13 学習に用いたニューラルネットワーク

図14 どれか一つの感情を1.0として得られた表情

表4 その他の情報と感情パラメータとの関係

情報	感情パラメータの変化量
道が通行不可	驚きを1.0にする
回り道成功	喜びに0.3加える
近道発見	不安(恐れ)に0.3加える
近道成功	喜びに0.3加える

これらのファジィルールを元に、min-max法によるファジィ推論[16]を行い、推論結果を非ファジィ化して感情のパラメータを得る。

適合度と目的地までの距離の情報はいつでも得られる情報であるが、それ以外の情報は、ある特定の場所でのみ発生する情報である。そのため、これらの情報が発生した場合は、特別に以下のルールで感情のパラメータを決定する。

疲労のパラメータは、進むにつれて増加するようにしている。

3.2 ニューラルネットワークによる学習

表情表現に用いる顔は、被験者実験[17]でアンケート調査より得られた感情と顔の表情情報との対応を教師信号として、図13に示すニューラルネットワークを用い、バックプロパゲーション学習法[18]で学習させる。入力層側は3.1節で得られた $[0.0, 1.0]$ の感情のパラメータ値(喜び・悲しみ・驚き・怒り・恐れ・嫌悪)。ただし、怒りと嫌悪は本モデルでは用いていないので常に0.0であり、出力層側は $[0.0, 1.0]$ の顔の各部の変化量(眉の形・眉の傾き・目の大きさ・目の形・口の大きさ・口の形)のうちの一つである。したがって、出力層側が異なる6個のネットワークで1セットになっている。シグモイド関数の性質上、出力層の値は $[0.1, 0.9]$ にスケール変換している。

学習が完了したネットワークに、感情パラメータ値を入力すると、表情を構成する顔の各部の変化量が得られ、それをもとに表情を作成することができる。以下に、作成した表情の一例を示す。これらの表情は文献[10]で示された、被験者が描いた平均的表情図とほぼ同じ傾向を示している。

疲労は表情として表現することが困難であるため、ニューラルネットで作られた表情に、疲労の程度に応じて汗を表示している。疲労の程度が高くなるほど汗の粒を大きく表示している。

4. シミュレーション結果

4.1 例1

図15に示す地図で、経路決定モデルに以下の教示を与える。

- (1) 約1.5 Km先のレストランのある交差点で右折

する。(2) 約 2 Km 先のレストランのある交差点で左折する。(3) ちょっと進み、道路の左側にある学校が目的地。

この教示の道順は、図 15 上で Start-A-B-Goal の順である。また、同図の記号○は、この教示を与え、経路決定モデルが実際に進んだ経路を示している。矢印の先に、各地点における表情表現モデルが表示した表情を示している。

図 15 の結果から、経路決定システムは、与えられた教示通りに進んでいることがわかる。また、経路決定システムが目的地に近づくにつれて、喜びの程度が高くなっており、推論が正しく行われていることがわかる。

4.2 例 2(近道)

図 16 の地図で、例 1 の場合と全く同じ教示を与える。図 16 には、図 15 とは違い、A-B 間に道路がある。経路決定モデルは、A 地点で教示から推測した目的地の方向と、A 地点で知覚した道路 A-B の方向との適合度を計算する。計算された適合度は 0.7 であり、これは方向のしきい値 0.4 を超えているので、道路 A-B を近道として選択する。近道を発見した時、表情

図15 シミュレーション例1

図16 シミュレーション例2

表現モデルは少し不安な表情を表している。交差点 B がサブゴール間の交差点であることがわかると、表情表現モデルは少し喜びの表情を表す。交差点 B から先は、指示された教示通り B-C-Goal と進み、目的地に到着する。

4.3 例 3(回り道)

図 17 の地図で、例 1 の場合と全く同じ教示を経路決定モデルに与える。図 17 では、B-E 間が通行できないようになっている。経路決定モデルが進んだ道順は Start-A-B-C-D-E-F-Goal である。

経路決定モデルが、B-E 間の道路が通れないことがわかり、驚きの表情を表している。以前に交差点 A を通過したことを思い出し、交差点 A まで戻り、回り道として A(C)-D の経路を選択している。その後は目的地に接近するように交差点 D を曲がり、交差点 E がサブゴール間の交差点であることを認識し、表情表現モデルは少し喜びを表す。交差点 E から先は、指示された通り E-F-Goal の経路を進み、目的地である学校に無事到着する。

4.4 例 4

図 18 の地図で、次の教示を経路決定モデルに与える。

(1) 約 500 m 先の交差点を右折する。(2) 約 1 Km 先の交差点を左折する。(3) 約 1.5 Km 先の銀行のある交差点を右折する。(4) ちょっと進み、ビルをさがす。(5) ちょっと進み、道路の右側にある病院が目的地。

指示された経路は Start-A-B-C-Goal で、経路決定モデルが進んだ道順は、Start-A-B-C-D-E-F-G-H-I-Goal である。B-C 間の距離が実際には約 500 m であるのに、約 1.5 Km と教示を与えている。経路決定モデルは、銀行のある交差点 C で適合度を計算するが、0.0 であるため、この交差点は候補として経路記憶部に記憶して先へ進む。次の銀行のある交差点 D の適合度は

図17 シミュレーション例3

0.75であり、しきい値0.25を超えているので、この交差点で右折する。経路決定モデルはE地点まで進むが、教示(4)のビルが見つからないため不安な表情を表し、交差点D(F)まで戻り、この交差点は教示(3)で指示された交差点ではないと判断し、他の交差点を探してさらに先へ進む。G地点で教示(3)の交差点がこの先にはないと考え、不安な表情を表し、前に記憶しておいた交差点C(I)まで戻る。交差点C(I)での適合度はしきい値より小さいが、他に候補がないため、この交差点が教示(3)で指示された交差点であるとし、交差点C(I)で左折する。ちょっと進んだところでビルを見つけ、その先にある病院に到着することができた。目的地に到着した時、表情表現モデルは喜びの表情を表すが、経路決定モデルがかなり長い距離を歩いたため、汗を表示している。

4.5 例5

図19の地図において、以下の教示を経路決定モデルに与える。

- (1) 約1.5 Km先のレストランのある交差点で右折する。
- (2) 約1 Km先のレストランのある交差点で左折する。
- (3) ちょっと進み、道路の左側にある学校が目的地。

図18 シミュレーション例4

図19 シミュレーション例5

図19の地図は例1と同じであり、この教示の道順も、例1と同じでStart-A-B-C-D-E-Goalの順である。しかし、教示(2)が例1の場合とは異なっており、実際は2 Kmのところを1 Kmと指示している。経路決定モデルが進んだ道順は、Start-A-B-C-D-E-F-G-Hである。

経路決定モデルは、間違った教示(2)の指示通り、交差点Bで左折する。経路決定モデルはこの交差点は指示された交差点であると考え、表情表現モデルは喜びの表情を表している。経路決定モデルは、教示(3)で指示された、交差点Bからちょっと先の学校を見つけることができず、C地点で交差点Bからの距離と「ちょっと」の適合度がしきい値の0.25より小さくなったため、表情表現モデルは不安の表情を表して、経路決定モデルは交差点B(D)に戻る。教示(2)で指示された他の交差点を探し始めるが、E地点で教示(2)の交差点を見つけることができず、再び不安の表情を表している。交差点AからE地点までの距離と、「約1 Km」の適合度がしきい値0.25より小さくなったためである。経路決定モデルは交差点A(G)まで戻り、交差点Aは教示(1)で指示された交差点ではなかったと解釈する。その後、経路決定モデルは教示(1)の交差点を探し歩くが、H地点で出発地からの距離と「約1.5 Km」の適合度がしきい値の0.25より小さくなり、教示(1)の交差点を見つけることができないと判断する。経路決定モデルは道に迷ってしまい、表情表現モデルは悲しみを表し、また、かなり長い距離を歩いたために汗を表示している。

5. おわりに

本論文では、表情表現モデルを備えた経路決定システムを作成し、さらにそのシステムを用いていくつかのシミュレーションを行った。経路決定モデルは、あいまいな教示や不確かな教示を与えた場合でも、教示の言葉に含まれるあいまいさをファジィ集合論を用いて処理しているため、教示者が意図した目的地に到着できることがわかった。しかし、教示の不確かさが大きいと人間のように間違った推論をしてしまい、途中で道に迷うこともあった。また、経路決定モデルの状況に応じ、感情を表現する表情表現モデルを導入したことにより、経路決定モデルが交差点を曲がったり、途中で道に迷ったりした場合に、どのような感情を持っていたのかがわかるようになった。

本論文で作成したモデルは、コンピュータ側が、人間が話す言葉に含まれるあいまいさを処理し、また、コンピュータからの出力として文字情報ではなく、表情を用いるという点で人間にわかりやすくなっている。

しかし、本論文では、教示者からシステムへの教示が一方であるため、システムから教示者へ問い返すことが考慮されていない。システムからの問いかけを考慮すれば道に迷うこともなくなることが予想される。

参 考 文 献

- [1] 樋口一枝, 戸田正直: コミュニケーションの認知科学, 人工知能学会誌, Vol. 7, No. 5, pp. 764-771, 1992
- [2] 原文雄: 人工感情—生成のモデルと表出—, 数理科学, サイエンス社, No. 373, pp. 52-58, 1994
- [3] 小林宏, 原文雄: 表情のモニタリング, 計測と制御, Vol. 34, No. 4, pp. 248-254, 1995
- [4] 黒川隆夫: ノンバーバルインタフェース, オーム社, 1994
- [5] 原島博: 知的画像符号化と映像ロボット技術, 計測と制御, Vol. 30, No. 6, pp. 478-484, 1991
- [6] 原島博: 顔, 表情, そして感情—映像ロボット技術からのアプローチ—, 日本機械学会誌, Vol. 95, No. 883, pp. 503-507, 1992
- [7] 小林宏, 原文雄: ニューラルネットによる人の基本表情認識, 計測自動制御学会論文集, Vol. 29, No. 1, pp. 112-118, 1993
- [8] 小林宏, 原文雄: ニューラルネットによる人の顔の6基本表情の強さの計測に関する研究, 日本機械学会論文集(C編), Vol. 59, No. 567, pp. 3411-3417, 1993
- [9] 小林宏, 原文雄: ニューラルネットによる人の混合表情の認識, 日本機械学会論文集(C編), Vol. 59, No. 567, pp. 3418-3423, 1993
- [10] 山田寛: 顔面表情認識の心理学モデル, 計測と制御, Vol. 33, No. 12, pp. 1063-1069, 1994
- [11] 泉谷和昭, 三上達也, 井上和夫: Fuzzy 積分を用いた顔グラフの表情評価モデル, システムと制御, Vol. 28, No. 10, pp. 590-596, 1984
- [12] 椎塚久雄, 田島正博: フェイス法における表情について—主成分分析とファジィ積分によるフェイスチャートシステム—, 第10回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp. 817-820, 1994
- [13] H. Imaoka, T. Terano and M. Sugeno: Recognition of Linguistically Instructed Path to Destinations, in: M. M. Gupta and E. Sanchez, Eds., Approximate Reasoning in Decision Analysis, pp. 341-350, North-Holland, Amsterdam, 1982
- [14] M. M. Gupta, Y. Tsukamoto and P. N. Nikiforuk: Truth Qualifications and Numerical Truth Values, JACC, 1980
- [15] P. Ekman and W. V. Friesen 著, 工藤力訳: 表情分析入門, 誠信書房, pp. 1-277, 1987
- [16] 三矢直城, 田中一男: C 言語による実用ファジィブック, ラッセル社, pp. 73-81, 1989
- [17] 北崎幸子, 岩田満, 鬼沢武久: 顔の表情モデル, 第5回ワークショップ講演論文集, 日本ファジィ学会ノンエンジニアリング・ファジィ研究会, pp. 80-83, 1995
- [18] 安居院猛, 長橋宏, 高橋裕樹: ニューラルプログラム, 昭晃堂, pp.11-40, 1993

(1995年5月15日 受付)

[問い合わせ先]

〒305 つくば市天王台1-1-1
筑波大学工学システム学類/構造工学系
鬼沢研究室
岩田 満
TEL : 0298-53-6188
FAX : 0298-53-6471
E-mail : miwata@esys.tsukuba.ac.jp

著 者 紹 介

岩田 満 (いわた みつる)

筑波大学大学院 博士課程構造工学専攻
1994年3月 筑波大学第三学群基礎工学類 卒業。1994年4月 筑波大学大学院博士課程構造工学専攻入学、現在に至る。人間の知的行動モデルに関する研究に従事。

鬼沢 武久 (おにさわ たけひさ)

筑波大学 構造工学系
1975年3月 東京工業大学工学部制御工学科 卒業。1977年3月 同大学大学院理工学研究科制御工学専攻 修了。東京工業大学総合理工学研究科助手、熊本大学工学部講師、助教授を経て、現在、筑波大学構造工学系助教授。ファジィ理論とその応用に関する研究に従事。現在は人間の知的行動のモデル、知的インタフェース、顔表情の評価、感性工学などへの応用に関心がある。工学博士。1987年日本人間工学会から橋本賞受賞。著書、訳書:「ファジィ集合—自然言語演算とリスク解析」(啓学出版、1990)、「ファジィ経営科学入門」(分担、オーム社、1992)、「Reliability and Safety Analyses under Fuzziness」(Physica-Verlag, A Springer-Verlag Company、1995)などIFSA、IEEE、計測自動制御学会、日本人間工学会、電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会などの会員。

Route Decision System Associating with Facial Expression

by

Mitsuru IWATA and Takehisa ONISAWA

Abstract :

In this paper the case in which the way to an instructed destination is given by linguistic terms is considered as an example of human and computer interaction. Two models are considered. One is a route decision model that understands instructions and goes to the destination. The other is a facial expression model that expresses emotions according to the situation that the route decision model falls into. These two models are implemented on a computer. In the route decision model fuzzy sets are employed in order to deal with fuzziness inherent in linguistic terms. A degree of matching is defined to compare a fuzzy set representing the meaning of linguistic terms and a fuzzy set representing information on visual scene. The route decision model proceeds on its way by the use of the degree of matching. In the facial expression model emotions are inferred from the situation of the route decision model by the use of the fuzzy reasoning. Facial expressions are shown based on values of 6 variables related to eyes, eyebrows and mouth obtained by the use of a neural networks model. Some simulation results show that the route decision model can reach an instructed destination in spite of fuzzy and uncertain instructions, the model sometimes loses its way as human does, and that by the facial expression model it becomes clear what emotions the route decision model has when it reaches the destination or loses its way.

Keywords : Route Decision, Facial Expressions, Linguistic Instruction, Human and Computer Interaction

Contact Address : **Mitsuru IWATA**

Doctoral Degree Program in Engineering, University of Tsukuba
1-1-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305
TEL : 0298-53-6188
FAX : 0298-53-6471
E-mail : miwata@esys.tsukuba.ac.jp