特集論文 人文・社会科学へのファジィ理論の応用

主観観測モデル理論に基づく感情表現[†]

矢鳴 虎夫^{*1} 白浜 成希^{*1} 玉木 明和^{*1} 廣田 豊彦^{*2}

まず、感情心理学の発達史について簡単に触れ、その中で特に、本研究に用いた混合感情に関する2つの理論を簡単に紹介する。そして、これらの混合感情に対応するイメージコード表の作成方法と、入力される単語列（もしくは述語列）の影響によって感情変化を与える機構の実現方法について述べる。

次に、主観観測モデル理論 [10] のうち、応用上特に本研究に関係する部分を説明する。そして、同じ単語列でも「喚起される感情は主観に依存して変化する」ような機構と、それでいて「色々な主観を総合すれば客観的感情に落ち着く」ような機構を合わせもつ感情処理システム（数学的モデル）の構築方法について理論的に説明する。

最後に、数編の「詩」を入力信号としたとき、計算機シミュレーションによる感情処理システムから、どのような感情が喚起され、また主観とともにどのように推移していくか、など極めて興味ある結果を示しながら、このモデル理論の高い応用可能性について述べる。

キーワード：感情心理、感情処理、混合感情、主観観測モデル、ファジィ推論

まえがき

ファジィ推論は、一般に定式化が極めて困難な対象のシステム分析やモデル作成に適用すると効果的である [5], [8], [9]。このことは、すでに実際例をもってある程度示した [1]。筆者らは、この研究において、更に人間的なもの、つまり、感情処理への適用を考えてみたい。今回は「詩」という極めてあいまいな、しかし最も人間的な感性に対して、ファジィ推論でどの程度接近できるか、最近筆者らが提唱している主観モデル理論 [10] とあわせて、その理論構築の方法とシミュレーション実験を示す。

一方において、人間の感情に対する研究は心理学の分野で、すでに数多くの研究が成されている。

そのうち、とくに感情の反応を基本としたものに焦点をしばって見てみると (例えば, [4], [6], [7], [13], [14]) ;

- 1) W.McDougal の本能の立場からの分類,
 - 2) J.B.Watson の恐れ, 怒り, 愛情 の3つを基本的感情とした分類,
 - 3) P.N.Johnson-Laird の幸福, 悲しみ, 怒り, 恐れ, 嫌悪の5つを基本感情とした分類,
 - 4) M.B.Arnold の感情の認知的側面を重視した分類,
 - 5) R.Pultchik の8つの純粹感情にもとづく分類,
 - 6) P.T.Young の感情過程理論,
- などが上げられる。

このように、基本的な感情の分類や情動については、心理学の分野で数多く研究が成されて来てはいるものの、感情の動き方に関してファジィ理論に基づいたシステム論的研究は見あたらない。

そこで、一般的感情の動きに対してはファジィ推論の手法を適用し、人間各個人のそのときの気持ちによって対象 (ここでは詩) の受けとめかたが異なるような、いわゆる文脈依存的な感情の動きに対しては主観観測モデル理論を適用してシステムを構築した。

[†] Expression of Emotions Based on the Theory for Subjective Observation Model
Torao YANARU, Naruki SIRAHAMA, Akikazu TAMAKI and Toyohiko HIROTA

^{*1} 九州工業大学 電気工学科
Department of Electric, Electronics and Computer Engineering, Kyushu Institute of Technology

^{*2} 九州工業大学・知能情報工学科
Department of Artificial Intelligence, Kyushu Institute of Technology

一方、このような手法で数理モデルを構築しようとする場合、心理学的見地からも一般によく知られている数量的基準があれば極めて便利である。つまり、その基準に基づくモデルはある程度の一般性が保証されることになる。この観点から見たとき、数多くの心理学上の研究成果があるにもかかわらず利用できるものは極めて少ない。この点、心理学の分野ではよく知られている R.Plutchik と P.T.Young の理論は、ある程度感情の動きに関して数量的基準を与えているので、この 2 人の理論を筆者らのモデル構築の基本においた。この理論の概要は付録に示す。

1. 単語の入力による感情変化

1.1 単語のファジィイメージコード

本研究で扱う感情は、R.Plutchik と P.T.Young の理論を背景にして、8つの基本行動次元(付録参照)に対応した8つの純粹感情語(具体的にこのような感情があるわけではない、あくまで属性表現のための記号)、つまり、「喜び」、「悲しみ」、「怒り」、「恐れ」、「期待」、「驚き」、「嫌悪」、「受容」、を基本属性(8次元ファジィ集合の定義空間)とし、この上で複雑な感情(混合感情)はファジィ集合として定義・表現できるものと仮定する。この際、各感情の属性(空間が $[-1, 1]$)に対する重みづけは、R.Plutchik が提示している基準を参考にして行う。つまり、付録の表付1のように彼が30人の大学生による調査で、混合感情34個の同義語とその強度を11段階で表示しているので、この値を基準にして ± 100 (有効数字2桁、4捨5入) $\times 0.01$ のレンジで規格化する(以後、この0.01は簡潔をきすため省略)。例えば、幸福という混合感情では、表付1中の値は7.1であるから、 $7.1/11 \times 100 \rightarrow 65$ のようにして、「喜び」の属性に対して65を割り付ける。したがって「喜び」と対になる「悲しみ」に対しては、-65を与える。一方、高等動物としての人間の幸福感のなかには、動物的基本行動の生殖に対応する純粹感情「喜び」だけでなく、精神的な「期待」や

「受容」などの感情もある程度含まれた方が一般的である。この意味で、筆者らの主観に基づいて、「期待」と「驚き」に対してそれぞれ50と-50を、そして、「受容」と「嫌悪」に対して30と-30を与えた。表1はこのような方法で作成された混合感情のイメージコード表である。ところで、このイメージコード表は、まさに筆者らの個人的イメージに強く依存したものであるが、特殊な異常感覚の持ち主でないかぎり、一般的感覚の持ち主の場合は、定性的には同じような傾向をもつコードを与えることを実験的に確かめている。実際、イ

表1 複合感情を表す単語のイメージコード辞書例
(一部分、全部で68個)

混合感情	Mix. Em. Wd.	喜 怒 期 嫌 悲 恐 驚 受 JoyAngExpHatSadFeaSurAcc
エクスタシ	ecstasy	91 0 30-30-91 0-30 30
喜び	joy	74 0 50-30-74 0-50 30
幸福	happiness	65 0 50-30-65 0-50 30
快	pleasant	52 0 30-30-52 0-30 30
穏やか	quiet	40 0 10-30-40 0-10 30
平静	calm	30 0 10-30-30 0-10 30
自尊心	pride	55 55 0-30-55-55 0 30
楽観	optimism	48 0 48-30-48 0-48 30
希望	hope	67 0 67-30-67 0-67 30
不健全	unhealthy	45 0 30 45-45 0-30-45
激怒	rage	0 90-50 0 0-90 50 0
怒り	anger	0 76-50 0 0-76 50 0
当惑	perplexity	-45 45-45 0 45-45 45 0
攻撃	attack	0 80 80 0 0-80-80 0
強情	obstinate	0 55 55 0 0-55-55 0
憎悪	abhorrence	0 78-50 78 0-78 50-78
敵意	hostility	0 50-46 50 0-50 46-50
軽蔑	contempt	0 43-45 43 0-43 45-43
羨望	envy	-42 42-44 0 42-42 44 0
期待	expectati.	20 0 66-30-20 0-66 30
予期	anticipat.	10 0 61-35-10 0-61 35
注意深い	careful	-10 0 53-30 10 0-53 30
構え	posture	0-20 32-30 0 20-32 30
皮肉	irony	0 0 48 48 0 0-48-48
悲観	pessimism	-59 0 59 0 59 0-59 0
不安	uneasiness	0-63 63 0 0 63-63 0
心配	anxiety	0-50 50 0 0 50-50 0
忌み嫌う	detest	0 83 0 83 0-83 0-83
嫌悪	hatred	0 30 0 69 0-30 0-69
嫌気	dislike	0 30 0 50 0-30 0-50

メージコードの値そのものは、主観的で、かつ、いい加減さ(変化)が含まれていても、モデル(処理システム)の出力には、客観的共通語が得られることをシミュレーション実験で示す(3章参照)。したがって、取り合えずこれを静的なイメージコードとしたうえで、文脈に応じてこのコードを動的に修飾できる仕組みを主観観測モデル理論をもちいて導入する(2章参照)。このように、個人の主観的なものを基礎データとして作成される複数システムから、それらの処理結果を通して、何が共通で、何が個人依存として保存されるものかといったことを見い出していく研究は極めて新しく、価値があると思われる。つまり従来のサイエンスがとってきた客観→主観でなくて、主観→客観への研究によって、今まで困難だった問題が極めて容易に解決出来る可能性がある。

1.2 単語の影響による感情変化を与える機構

— 1属性ごとのファジィ推論 —

感情は8つの属性としての純粹感情の内部状態をもって表現する。内部状態を変化(または、遷移)させるものは、イメージコードをもつ単語列入力によって起こり、その変化はファジィ推論によって行われる。つまり、ある属性に対して「強度の強い単語が入力されると、その属性の内部状態の強度は、その単語の強度に応じて強められる」といった類のことが、ファジィルールとして客観的に認められるという立場に立って、各属性ごとに図.1のような9個のファジィ推論ルールを設定した。例えばルール6は「現在の内部状態の強度が中間ぐらい(zero)であり、かつ、入力単語の強度が高ければ(positive)、新内部状態の強度をやや高い(zero-positive)にする」という意味を表している。実際に使用したメンバシップ関数の形は三角形を基本にしており、推論は一般によく知られた mamdani の方法を用いた(例えば、[2])。

2. 感情推移の主観表現

2.1 感情のベクトル表現と条件付ユークリッド空間

一般に混合感情を表す単語のイメージコード $\{x_k\}$ ($k=1,2,\dots,68$) は、8個の属性(純粹感情)を正規直交基底、 $\{e_i\}$ ($e_i \cdot e_j = 0$) ($i,j=1,2,\dots,8$) のどれかの基底ベクトルとそれぞれ対応させることによって、ベクトル列 $\{x_k\}$ として、

$$x_k = x_{k1}e_1 + x_{k2}e_2 + \dots + x_{k8}e_8, \quad (1)$$

ただし、 $(e_1, e_2, \dots, e_8) = (\text{喜び}, \text{怒り}, \text{期待}, \text{嫌悪}, \text{悲しみ}, \text{恐れ}, \text{驚き}, \text{受容})$ (2)

で表すことが出来る[8]。

この際、どの属性を、どの基底ベクトルに対応させるかで、ベクトル x_k は変化するが、任意に取り出される2つのベクトル、 x_i と x_j の関係を、内積関係 $x_i \cdot x_j$ で定義する限り、この関係は組み合わせ方に依らず一定に保存される。つまり(2)式の固定された組み合わせによる理論展開で一般性を失わない。

また、一般の単語のイメージも、直接的な方法

ル-ル1	if old=N, and word=N then new=N
ル-ル2	if old=N, and word=Z then new=NZ
ル-ル3	if old=N, and word=P then new=Z
ル-ル4	if old=Z, and word=N then new=NZ
ル-ル5	if old=Z, and word=Z then new=Z
ル-ル6	if old=Z, and word=P then new=ZP
ル-ル7	if old=P, and word=N then new=Z
ル-ル8	if old=P, and word=Z then new=ZP
ル-ル9	if old=P, and word=P then new=P

図1 単語入力によって感情変化を起こさせる機構 (1つの属性におけるルール群)

old: 旧内部状態, word: 入力単語, new: 新内部状態.
N: Negative, Z: Zero, P: Positive, NZ: Negative Zero, ZP: Zero Positive

で個々の純粹感情の重みを計量(個人的に,あるいはグループ的に)する[5], [9]. あるいは,更に柔軟に混合感情との間接的結び付きとして表すことにする. ところで, この結び付け方に関して, 残念ながら利用できるような心理学的知見はいっさい見出せない. そのため今回のモデルは, まずは最も単純な線形結合から始めて, その仕方で形成されるイメージコードでもって構築されるモデルから, むしろどの程度我々の感覚に合うものが得られるかに焦点をしばった. いずれにしても, 単語 s_k (添字の k は, 一般に, 単語列の中の k 番目の単語という意味) のイメージコードは拡張されたファジィコードベクトル, $\mathbf{s}_k$ として,

$$\mathbf{s}_k = s_{k1}\mathbf{e}_1 + s_{k2}\mathbf{e}_2 + \cdots + s_{k8}\mathbf{e}_8, \\ s_{ki} (i=1, \dots, 8) \in R (\text{実数体}) \quad (3)$$

として表現することが出来る.

さて, イメージコードベクトル列, $\{\mathbf{s}_k\} (k=1, 2, \dots)$ を信号として受取り, 各属性, $\mathbf{e}_i$ ごとのファジィ推論を行うプロセッサを, $\mathbf{P}_1 = (p_{11}, p_{12}, \dots, p_{18})$ とすると, 出力, $\mathbf{s}_{kout}$ は,

$$\mathbf{s}_{kout} = \sum_{i=1}^8 p_{1i}(s_{ki}) \mathbf{e}_i = \sum_{i=1}^8 y_{ki} \mathbf{e}_i \quad (4)$$

のように表現することが出来る. したがって $\mathbf{s}_{kout}$ を言葉としての感情表現(感情語)にするとすれば, 一般にノルム, $\|\mathbf{s}_{kout} - \mathbf{x}_k\|$ (ベクトル間の距離)が小さい順に選び出すことになる. つまり, ある定数 δ に対して,

$$\|\mathbf{s}_{kout} - \mathbf{x}_k\| = \left\{ \sum_{i=1}^8 (y_{ki} - x_{ki})^2 \right\}^{1/2} < \delta, \quad (5)$$

であるような混合感情を選び出すことができる. 一般に δ が大きければ選び出される単語の数は増し, 小さければ選ばれる単語数は少なく, 時にはその内部状態を表現する適当な単語は存在しない(たとえば日常生活でただ「涙あるのみ」というような非言語の世界)ことすらある. このような選択手法をソフトマッチング法ということにしよう. このようにして, 例えば, 1つの詩のイメージコード列, $\{\mathbf{s}_1 \rightarrow \mathbf{s}_2 \rightarrow \cdots\}$ の入力によって起こる内部状態(混合感情)の推移は, $\{\mathbf{s}_{1out} \rightarrow \mathbf{s}_{2out} \rightarrow \cdots\}$ で

あり, $\{\mathbf{s}_{k1} \rightarrow \mathbf{s}_{k2} \rightarrow \cdots\}$ がイメージコード辞書「記号とそのイメージコードベクトルとの連結集合 ($\{x_k - \mathbf{x}_k\}, \{y_k - \mathbf{y}_k\}, \dots$)」から選択され(例えば, $\mathbf{s}_{k1} = \mathbf{x}_5, \mathbf{s}_{k2} = \mathbf{y}_{10}$ のように), 対応する単語列, $\{s_{k1} \rightarrow s_{k2} \rightarrow \cdots\}$ と結びつき表現される. 一般的には1つの入力記号 s_k に対して, 複数の記号 $\{s_k\}$ が選ばれるが, ここでは表現を簡潔にするために1つの s_{kj} で代表させた.

図2は, 以上のような信号の流れと変換をイメージ的に分かり易く描いたものである(表現の都合上, 3次元の直交基底 $\{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3\}$ で描いているが, 本来は $\{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_8\}$ である).

まず, 図2(a)においてこの感情表現モデルは

- 1) 属性値 $\{\mathbf{e}_i\}$ に対応した座標規定 $\{\mathbf{e}_i'\}$ の上に,
- 2) 基本要素としての混合感情ベクトル層(群), $\{\mathbf{x}_k\}$,
- 3) それらの混合感情との線形結合で, 新しく合成されて出来る更に高次の感情ベクトル層(群), $\{\mathbf{y}_k\}$,
- 4) 入力記号系列, $\{s_k\} \in S_1$ (記号集合) を $\{\mathbf{x}_k\}$ や $\{\mathbf{y}_k\}$ の線形結合でベクトル化して $\{\mathbf{s}_k\} \in S_1$ にするための変換用プロセッサ, E_1
- 5) 各属性ごとのファジィ推論プロセッサ, $\mathbf{P}_1 = \{p_{1i}\}$,

などの構造物で構成されている装置であることを示している. (図中の, $S_1, \mathbf{S}_1, \mathbf{P}_1$ そして E_1, Ω_1 などの添え字の1は, このような集合や装置が複数個集まって更に高次の処理装置が考えられることの意味を暗に含ませている).

一方において, この感情処理モデルは数学的な記号法を用いて以下のように記述出来る. つまり, 感情モデルを構成する要素(各ベクトル)は, 基本ベクトル, $\{\mathbf{x}_k\}$ と, その原点と基底をそれぞれ, O_{E_1} と $(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_8)$ にする正規直交基底座標枠, $\Omega_1 = (O_{E_1} : \mathbf{e}_1, \dots, \mathbf{e}_8)$ によって規定される条件付ユークリッド空間(あるいは, 部分ユークリッド空間), $(X_1, V_1^8 | E_1)$ の中で等価に表現されるので(図2(b)参照, 本来8次元で表現すべきところを3次元で描いている);

V_1^8 は内積関係が許された8次元のベクトル集

合(8次元内積ベクトル空間)(例えば, [3])で,

$$\{\mathbf{x}_k\}, \{\mathbf{y}_k\}, \dots, \{\mathbf{s}_k\}, \dots \in V_1^8,$$

であり、また、 X_1 はベクトルの起点や座標の原点の集合で、

$$O_{E_1}, \dots \in X_1,$$

である,そして, 条件は,

$$E_1 = (\Omega_1, \{\mathbf{x}_k\})$$

で表される.

ところで3次元以上の空間内で定義されたベク

トルの位置関係をイメージ的に把握することは一般に困難である。そのため我々人間は多次元のオブジェクトに対しては次元を落とし色々な角度から観測して全体を認識することが多い。

このため、今まで述べてきた感情モデル(図 2 (a))に、特別に設けた観測用 2 次元空間(平面)、 $(X_o, V_o^2 | E_o)$ で観測する機能を追加することにする。つまり、その出力ベクトルから、8 次元の世界で直接記号(感情語)系列にもどすのではなく、2 次元世界に写像してはじめて観測・認識で

図2 主観観測モデルの図解

きるという考え方に則ったモデルに拡張する。この意味では、(5)式で述べたプロセッサ P_1 の出力をただちに辞書内の記号に変換することの意味が失われるが、これはモデルの診断用内部機能として考えることにする。

ところで、観測用平面には初めから存在する基本ベクトルは存在しないので、条件 E_o は、

$$E_o = (\Omega_o, \varepsilon) \quad (\varepsilon \text{ は empty の意}), \text{であり, 座標枠は, } \Omega_o = \{0_o; \mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2\}, \quad (6)$$

である。

このようにして設けられた2つの空間に対して、我々はアフィン写像(例えば, [3])という手段を用いることによって、8次元空間で定義されている基本ベクトル群(混合感情)、合成された更に高次のベクトル群、そして入・出力信号ベクトルなどの動きを、色々な角度から2次元平面上で観測できる。この主観観測面上の2次元ベクトルはプロセッサ P によって内積演算と統合がなされ、得られたイメージコード(2.4節参照)はソフトマッチングによって主観観測上の混合感情を取り出すことが出来る(図2(c)参照)[10]。

2.2 アフィン写像と主観観測ベクトル対

まず、アフィン写像の一般的定義(例えば, [3])から紹介しよう。今、写像される空間が複数個あるとする。このとき、 i 番目の条件付 n 次元ユークリッド空間、 $(X_i, V_i^n | E_i)$ 上の原点、 $O_{E_i} \in X_i$ が、観測用2次元平面、 $(X_o, V_o^2 | E_o)$ へ、写像関数 f によって写像されると、平面上の原点 O_o を起点として、

$$\mathbf{f}_0 = \overrightarrow{O_o f(O_{E_i})} = f_{01} \mathbf{O}_1 + f_{02} \mathbf{O}_2, \quad (7)$$

ただし、 f_{01}, f_{02} は直交基底 $(\mathbf{O}_1, \mathbf{O}_2)$ 上の係数。のようなベクトル $\mathbf{f}_0$ になる。

また、空間、 $(X_i, V_i^n | E_i)$ の座標枠、 $\Omega_i = (O_{E_i}; \mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n)$ を形成する基底ベクトル、 $\mathbf{e}_i (i=1, 2, \dots, n)$ の写像は、線形写像関数 Φ によって、

$$\Phi(\mathbf{e}_i) = \alpha_i \mathbf{o}_1 + \beta_i \mathbf{o}_2, \quad (8)$$

ただし、 α_i, β_i は直交基底 $(\mathbf{O}_1, \mathbf{O}_2)$ 上の係数、で

定義される。したがって、任意のベクトル、 $\mathbf{a} \in V_i^n$ の写像は、関数 Φ が線形であることから、次のように表わされる。つまり、

$$\mathbf{a} = a_1 \mathbf{e}_1 + \dots + a_n \mathbf{e}_n \quad (9)$$

に対して、

$$\begin{aligned} \Phi(\mathbf{a}) &= \sum_{i=1}^n a_i \Phi(\mathbf{e}_i) \\ &= \left(\sum_{i=1}^n a_i \alpha_i \right) \mathbf{o}_1 + \left(\sum_{i=1}^n a_i \beta_i \right) \mathbf{o}_2, \end{aligned} \quad (10)$$

となる。

以上が、アフィン写像の一般的定義である。

さて、空間、 $(X_i, V_i^n | E_i)$ の中から任意に、2つのベクトル、

$$\boldsymbol{\xi} = \xi_1 \mathbf{e}_1 + \dots + \xi_n \mathbf{e}_n \quad (11)$$

$$\boldsymbol{\eta} = \eta_1 \mathbf{e}_1 + \dots + \eta_n \mathbf{e}_n \quad (12)$$

を取り出し、関数 Ψ を、

$$\Psi(\mathbf{e}_i) = (\boldsymbol{\xi} \cdot \mathbf{e}_i) \mathbf{o}_1 + (\boldsymbol{\eta} \cdot \mathbf{e}_i) \mathbf{o}_2 \quad (i=1, \dots, n), \quad (13)$$

のように定義すると、係数としての2つの内積は、

$$\boldsymbol{\xi} \cdot \mathbf{e}_i = \xi_i, \quad \boldsymbol{\eta} \cdot \mathbf{e}_i = \eta_i, \quad (14)$$

となる。理由は、基底として正規直交ベクトルを用い、次のような性質、

$$\mathbf{e}_i \cdot \mathbf{e}_i = 1, \quad \mathbf{e}_i \cdot \mathbf{e}_j = 0 \quad (i \neq j), \quad (15)$$

を満足するからである。したがって (13) 式は改めて、

$$\Psi(\mathbf{e}_i) = \xi_i \mathbf{o}_1 + \eta_i \mathbf{o}_2 \quad (16)$$

と書き替えられる。また任意のベクトル $\mathbf{a}$ に対しても、

$$\Psi(\mathbf{a}) = (\boldsymbol{\xi} \cdot \mathbf{a}) \mathbf{o}_1 + (\boldsymbol{\eta} \cdot \mathbf{a}) \mathbf{o}_2 \quad (17)$$

で定義すると、

$$\Psi(\mathbf{a}) = \left(\sum_{i=1}^n a_i \xi_i \right) \mathbf{o}_1 + \left(\sum_{i=1}^n a_i \eta_i \right) \mathbf{o}_2 \quad (18)$$

となる。したがって、(8)式と(16)式、(10)式と(18)式をそれぞれ比較すると、関数 Ψ は写像関数 Φ と等価であることがわかる。

なお、本感情処理モデルでは、原点に関する写像

は

$$f(\mathbf{O}_{E1}) = \mathbf{O}_0$$

としている.

以上のことから原点 $\mathbf{O}_{E1}$ と原点 $\mathbf{O}_0$ との写像 f が与えられているかぎり, 空間から任意に取り出される2つのベクトル対 (ξ, η) をもって空間上のすべてのベクトルを写像することができる. このような理由から, このベクトル対を, 以後主観観測ベクトル対ということにする.

2.3 複数の主観観測から客観的内積関係を見出す方法

空間 $(X_i, V_i^n | E_i)$ から取り出される任意のベクトル(簡潔に記すため, 座標枠の原点, $\mathbf{O}_{Ei}, \mathbf{O}_0$ は, 特に必要とするところ以外は表記しない),

$$\mathbf{A} = a_1 \mathbf{e}_1 + \cdots + a_n \mathbf{e}_n \quad (19)$$

$$\mathbf{B} = b_1 \mathbf{e}_1 + \cdots + b_n \mathbf{e}_n \quad (20)$$

に対して, ベクトル $\mathbf{A}, \mathbf{B}$ 間の関係, $\mathbf{R}$ が内積で関係づけられるものとする,

$$\mathbf{R}(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (21)$$

である(特に, ベクトル $\mathbf{B}$ が基底 $\mathbf{e}_i$ である場合は, $\mathbf{R}(\mathbf{A}, \mathbf{e}_i) = a_i$ となり成分の大きさそのものである).

今, 主観観測ベクトル対, (ξ, η) で写像すると, (18)式を用いて,

$$\Phi(\mathbf{A}) = (\sum a_i \xi_i) \mathbf{O}_1 + (\sum a_i \eta_i) \mathbf{O}_2 \quad (22)$$

$$\Phi(\mathbf{B}) = (\sum b_i \xi_i) \mathbf{O}_1 + (\sum b_i \eta_i) \mathbf{O}_2 \quad (23)$$

となる. したがって, 観測平面上での内積関係は

$$\begin{aligned} R_o(\Phi(\mathbf{A}), \Phi(\mathbf{B})) &= (\sum a_i \xi_i) \times (\sum b_i \xi_i) \\ &+ (\sum a_i \eta_i) \times (\sum b_i \eta_i) \end{aligned} \quad (24)$$

となる.

さて, 主観観測を様々な方面から行うことによって, 客観視としての真の内積関係が推測できるとすれば, 式(24)で (ξ, η) の組をいろいろ変えて式(20)と等価になることを考えればよい.

つまり $\{\xi_i\}$, $\{\eta_i\}$ などを確率変数と考えると,

$$E[R_o(\Phi(\mathbf{A}), \Phi(\mathbf{B}))] = \mathbf{R}(\mathbf{A}, \mathbf{B}), \quad (25)$$

ただし, E は期待値, Φ は Φ のための確率変数が成立しなければならない. つまり, 式(25)は,

$$E\{\sum a_i [\xi_i \sum b_j \xi_j + \eta_i \sum b_j \eta_j]\} = \sum a_i b_i \quad (26)$$

ただし, ξ_j, η_j は標本 ξ_j, η_j のための確率変数または

$$E\{\sum b_i [\xi_i \sum a_j \xi_j + \eta_i \sum a_j \eta_j]\} = \sum a_i b_i \quad (27)$$

となる. また, 式(26), (27)は,

$$\sum a_i [\{\sum b_j E(\xi_i \xi_j) + \sum b_j E(\eta_i \eta_j)\}] = \sum a_i b_i \quad (28)$$

または,

$$\sum b_i [\{\sum a_j E(\xi_i \xi_j) + \sum a_j E(\eta_i \eta_j)\}] = \sum a_i b_i \quad (29)$$

さらに変形すると,

$$\sum a_i [\{\sum b_j E(\xi_i \xi_j) + \sum b_j E(\eta_i \eta_j)\} - b_i] = 0 \quad (30)$$

または

$$\sum b_i [\{\sum a_j E(\xi_i \xi_j) + \sum a_j E(\eta_i \eta_j)\} - a_i] = 0 \quad (31)$$

式(30), (31)がどのような $\mathbf{A}, \mathbf{B}$, つまり $\{a_i\}$, $\{b_i\}$ に対しても恒等的に成り立つためには,

$$\sum b_j \{E(\xi_i \xi_j) + E(\eta_i \eta_j)\} - b_i = 0 \quad (32)$$

または

$$\begin{aligned} \sum a_j \{E(\xi_i \xi_j) + E(\eta_i \eta_j)\} - a_i &= 0 \\ (i=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad (33)$$

でなければならない. 式(32), (33)を更に変形して,

$$\begin{aligned} b_i \{E(\xi_i^2 + \eta_i^2) - 1\} \\ + \sum b_j \{E(\xi_i \xi_j) + E(\eta_i \eta_j)\} &= 0 \end{aligned} \quad (34)$$

または

$$\begin{aligned} a_i \{E(\xi_{i2} + \eta_{i2}) - 1\} \\ + \sum a_j \{E(\xi_i \xi_j) + E(\eta_i \eta_j)\} &= 0 \end{aligned} \quad (35)$$

式(34), (35)がどのような $\{a_i\}$, $\{b_i\}$ に対しても恒等的に成立するためには, $\{a_i\}$, $\{b_i\}$ の各項の係数がすべて0でなければならない. このことから,

$$E(\xi_i^2 + \eta_i^2) - 1 = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (36)$$

$$\begin{aligned} E(\xi_i \xi_j) + E(\eta_i \eta_j) &= 0 \\ (i=1, 2, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, n \quad j \neq i) \end{aligned} \quad (37)$$

を得る. これは(25)式が成立するための必要条件である.

一方において、関数 Φ によって各基底ベクトルは、

$$\Phi(e_i) = \xi_i o_1 + \eta_i o_2 \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

のように観測平面に写像されるので、これらの写像される n 個の基底ベクトルが、互いに一か所にかたまらないで、一様に独立性を保って単位円の周りに分布するときを考えてみよう。この時は、以下の等式 (38) (39) (40) が成立たなければならない。

$$E(\xi_i) = E(\eta_i) = 0, \quad (38)$$

$$E(\xi_i^2 + \eta_i^2) = 1, \quad (39)$$

$$E(\xi_i \xi_j) = E(\eta_i \eta_j) = 0 \quad (j=1, 2, \dots, n \ j \neq i). \quad (40)$$

これらの数式 (38), (39), (40) は (36), (37) 式が成立するための十分条件になっていることは明らかである。つまり「他のベクトルとの客観的相対関係（もしくは自己ベクトルの基底ベクトルに対する絶対的関係）を見い出す（推測する）1つの方法は、写像される基底ベクトルの分布が単位円の近傍でしかも 360 度全体に一様に広がるべく不規則・独立にいろいろな角度から写像して、それらの写像ベクトルを平均することである」。

もっとも、(38), (40) 式は、(37) 式を満足させるための極めて強い条件であるが、もう少し弱い条件つまり、 ξ_i や η_i の平均値が 0 でなく、また ξ_i と ξ_j 、 η_i と η_j の関係が独立でなくて従属的である場合においても、 $\Phi(e_i)$ ($i=1, 2, \dots, n$) が出来るだけ互にかたまらないように分布させることが (37) 式を満足させることになる。例えば、平均値が $E(\xi_i) = E(\eta_i) = m \neq 0$ 、かつ分散が $E(\xi_i - m)^2 = E(\eta_i - m)^2 = \sigma^2$ の場合には、(37) 式は次の (41) 式のように書き替えることが出来る。

$$(corr(\xi_i, \xi_j) + 1/c^2) + (corr(\eta_i, \eta_j) + 1/c^2) = 0 \quad (41)$$

ここに、 $corr$ は相関係数を、 $c = \sigma/m$ は変動係数。したがって、(41) 式を満足させる 1つの方法は、 $corr(\xi_i, \xi_j) = -1/c^2 < 0$ 、 $corr(\eta_i, \eta_j) = -1/c^2 < 0$ となるような組、 $\{\xi_i, \xi_j\}$ と $\{\eta_i, \eta_j\}$ ($i \neq j$) を選ぶようにすることである。つまり 写像される

基底ベクトルに対して、 $\Phi(e_i)$ と $\Phi(e_j)$ の向きが全体的に逆になるように分布させることである。

2.4 観測平面上のベクトルのイメージコードと混合感情を表す単語の抽出

主観ベクトル対、 (ξ, η) によって、今任意のベクトル、

$$a = a_1 e_1 + \dots + a_8 e_8 \in V_i^8$$

が観測平面にベクトル $\Phi(a)$ として写像されるものとする。このとき、同じ主観で写像される基底ベクトル、 $\Phi(e_i)$ ($i=1, \dots, 8$) との内積、つまり (8) と (10) 式を用いて、

$$R_o(\Phi(a), \Phi(e_i)) = \xi_i \left(\sum_{k=1}^8 a_k \xi_k \right) + \eta_i \left(\sum_{k=1}^8 a_k \eta_k \right) \quad (i=1, \dots, 8) \quad (39)$$

を計算すると、この値は $\Phi(a)$ の写像基底 $\Phi(e_i)$ に対する帰属度とみなすことができる。したがって、この値をもって、イメージコードベクトルの各係数とする (図 2 (c) のプロセッサ、 P)。

このようにして得られるイメージコードベクトルから、ソフトマッチング法によって、主観観測されたときの混合感情語を取り出すことができる。

3. シミュレーション実験とその結果

3.1 イメージコードの差と抽出される単語 (混合感情) の客観性に関する実験

さて、下記の詩 [12] を用いて実験してみよう。

雨粒が一つ 頬に落ちた
堪えていた涙を
突然に 優しく 裏切るように

まず、この詩の形態素解析がなされたという前提のもとに、表 2 のような構成単語列に分解し、それらのイメージコード列を間接的方法で作成する。つまり、筆者らの研究室に関係する大学生、男女 5 人ずつのアンケートの調査によって、その構成単語から連想する混合感情語を高々 3 個選ばれる仕方で整理し、総合して最も多いものから 3 個取り上げた (表 2 参照、中には全員 1 個しか選

ばなかったものもある)。この際、選択される感情語の個数や、選択順序なども、これらの単語のイメージコードを作成する場合、多分に重要なことと思われるが、このことに対して利用出来る適当な心理学的研究は見あたらないので、まずは最も単純な、係数1の線形結合によってこれらの構成語のイメージコードを形成することにした。例えば、

$$\text{雨粒のコード(男の場合)} = (\text{悲しみのコード} + \text{落胆のコード} + \text{嫌気のコード}) / 3$$

表2 例示の「詩」を構成する基本単語から連想される混合感情
(学生男女5人づつのアンケート)と、その線形結合によるイメージコード

構成単語	被験者別	被験者によって連想された混合感情	各属性ごとのイメージコード値 喜 怒 期 嫌 悲 恐 驚 受
雨粒	男	悲しみ, 落胆, 嫌気	-41 10 -13 40 41 -10 13 -40
	女	物思い, 不安	-20 -31 31 10 20 31 -31 -10
	男女	悲しみ, 物思い, 不安	-56 0 -13 40 56 0 13 -40
一つ	男	愛情, 希望, 期待	52 0 57 -43 -52 0 -57 43
	女	運命	0 0 40 -40 0 0 -40 40
	男女	運命, 希望, 不安	2 0 35 -3 -2 0 -35 3
頬	男	喜び, 期待	47 0 58 -30 -47 0 -58 30
	女	喜び	74 0 50 -30 -74 0 -50 30
	男女	喜び, 快い	42 -6 37 -30 -42 6 -37 30
落ちる	男	不安, 絶望, 失望	-45 -46 1 23 45 46 -1 -23
	女	不安, 恐れ	-5 -67 16 15 5 66 -16 -15
	男女	不安, 失望, 恐れ	-23 -45 -9 20 23 45 9 -20
堪える	男	容認	0 0 40 -42 0 0 -40 42
	女	怒り, 悲しみ	-34 38 -45 20 34 -38 45 -20
	男女	容認, 悲嘆	-40 0 -5 -1 40 0 5 1
涙	男	怒り, 悲嘆, 喜び	-2 25 -16 3 2 -25 16 -3
	女	悲しみ, 感傷	-56 0 -20 -2 56 0 20 2
	男女	悲しみ, 感傷, 怒り	-37 25 -30 -1 37 -25 30 1
突然に	男	期待, 喜び, 狼狽	28 -29 28 -10 -28 29 -28 10
	女	期待, 驚き	10 0 0 -15 -10 0 0 15
	男女	期待, 驚き, 恐れ	3 -24 -10 0 -3 24 10 0
優しい	男	幸福, 愛情	67 0 45 -50 -67 0 -45 50
	女	穏やか, 愛情	55 0 25 -50 -55 0 -25 50
	男女	愛情, 幸福, 穏やか	58 0 33 -43 -58 0 -33 43
裏切る	男	嫌気, 悲嘆, 罪悪感	-11 -5 -16 36 11 5 16 -36
	女	怒り	0 76 -50 0 0 -76 50 0
	男女	嫌悪, 罪悪感, 怒り	15 20 -16 23 -15 -20 16 -23

のように計算する。表2の最右欄の数値はこの方法をすべての構成語(被験者別)に適用して得たものである。

表3は、それぞれ、表2の「男性」、「女性」、「男女」の場合における構成単語のイメージコード列に基づいて実行された推論過程を示している。とくに表3の最右欄は、 $\|S_{kj} - S_{kout}\| < 0.6$ の範囲でソフトマッチング法で選び出された混合感情喚起過程(各行左から順にノルムの値が小さいも

表3 「詩」の入力と混合感情喚起過程

(1) 男性の場合

入力単語列	属性ごとのデファジィ値 喜 怒 期 嫌 悲 恐 驚 受	辞書から選ばれた混合感情
雨粒	-21 6 -7 20 21 -6 7 -20	物思い, 面倒, 陰気
一つ	13 4 23 -10 -13 -4 -23 10	平静, 合一, 受容
頬	32 2 42 -23 -32 -2 -42 23	樂觀, 快, 期待
落ちる	-5 -22 22 0 5 22 -22 0	臆病, 構え, 謙遜
堪える	-3 -12 34 -21 3 12 -34 21	構え, 平静, 合一
涙	-4 6 8 -9 4 -6 -8 9	合一, 平静, 構え
突然に	12 -11 20 -13 -12 11 -20 13	構え, 平静, 合一
優しい	40 -6 35 -34 -40 6 -35 34	快, 樂觀, 穏やか
裏切る	13 -8 8 1 -13 8 -8 -1	平静, 臆病, 謙遜

(2) 女性の場合

入力単語列	属性ごとのデファジィ値 喜 怒 期 嫌 悲 恐 驚 受	辞書から選ばれた混合感情
雨粒	-11 -16 16 6 11 16 -16 -6	臆病, 物思い, 構え
一つ	-6 -9 31 -16 6 9 -31 16	構え, 合一, 受容
頬	32 -5 43 -26 -32 5 -43 26	樂觀, 快, 期待
落ちる	13 -36 32 -5 -13 36 -32 5	心配, 構え
堪える	-10 1 -5 8 10 -1 5 -8	物思い, 面倒, 臆病
涙	-35 1 -15 3 35 -1 15 -3	物思い, 陽気, 落胆
突然に	-12 1 -8 -7 12 -1 8 7	物思い, 謙遜
優しい	19 1 8 -30 -19 -1 -8 30	平静, 穏やか, 構え
裏切る	10 38 -19 -16 -10 -38 19 16	

(3) 男女の場合

入力単語列	属性ごとのデファジィ値 喜 怒 期 嫌 悲 恐 驚 受	辞書から選ばれた混合感情
雨粒	-28 0 -7 20 28 0 7 -20	物思い, 陰気, 落胆
一つ	-13 0 13 9 13 0 -13 -9	物思い, 面倒, 臆病
頬	13 -4 28 -10 -13 4 -28 10	合一, 構え, 受容
落ちる	-5 -25 9 5 5 25 -9 -5	臆病, 謙遜
堪える	-24 -13 2 2 24 13 -2 -2	物思い, 臆病, 陰気
涙	-34 6 -14 1 34 -6 14 -1	物思い, 陰気, 落胆
突然に	-15 -9 -15 1 15 9 15 -1	臆病, 物思い, 謙遜
優しい	19 -5 8 -21 -19 5 -8 21	平静, 穏やか, 謙遜
裏切る	21 8 -4 1 -21 -8 4 -1	平静, 穏やか

のから並んでいる)を示している。

これらの結果から、各単語のもつイメージコードは被験者によってかなり大きな定量的差異(例えば、「雨粒」にたいしては図3のような違いがある)があるにもかかわらず、最終的な感情のなかには、いずれの場合も「平静」という同じ感情語が見い出される。このことはデファジィ処理によって取り出される出力イメージベクトル S_{kout} を、人間の物理的刺激の大きさや心理的反応の強さに対応させてみると、我々人間が、その内部反応状態に1語でぴったり合致する語がない場合には、複数個の語を並べたてて意を尽くそうとし、またその複数個の語の中に他人との共通語を見い出して、対話をすすめていることのアナログとして見ることも出来る。

更にイメージコード辞書の影響(イメージコード作成にあたっての個人的主観の違い)を調べるため、各コード列に $\pm 10\%$ と $\pm 20\%$ の変化(各コードの属性値に対して、 $[0,10]$ と $[0,20]$ 乱数を用いて変動を加える、ただし加えた値の絶対値が100を越える場合は100とする)を与え、同様のシミュレーション実験を行った。表4(1),(2),(3)はその結果である。イメージコード列に $\pm 20\%$ の

図3 構成単語の一つ、「雨粒」に対する被験者ごとのイメージコードの差異
(表2の陰影部分のグラフ化)

変化を与えても、なお「平静」という感情語が支配的である。

以上のことから、このようにして取り出された最終的な共通の感情語を後半の主観処理実験での結果と区別するために**客観的感情**と呼ぶことにする。

尚、表5は同じ単語の繰り返し効果を実験したものである。「好き,好き,・・・」と繰り返し言われ、最後に「愛してる」と言われることで、この感情処理システムの反応が、「平静」な感情から「友情」という感情に変化していくことを示している。

3.2 時間によって移り変わる主観観測に関する実験

「一般に、人が物事を繰り返し考えたり、何回か接触すると、その感じ方(感情)が変わってくる」[4],[7]。これは、その物事に対する先入観がなくなるまで、繰り返し新たな主観で見る、ことと対応させてよいであろう。しかし、物事によっては、根本的な見方を変えない限り、その物事から受ける感情は同じということもある。つまり、2.3節において、単位円の360度全体に渡ってまんべんに観測すれば客観視できることを理論的に導いたが、この実験は、このことを背景にして、初期主観から抽出される感情によって次々に主観を変えていったときどのような感情に落ち着くかを調べる実験である。したがって、以下のように時間(1つの文を読むことを、1単位時間とする)によって移り変わる主観観測ベクトル対を用いる。つまり；

◇まず、時刻 t において、2つの混合感情ベクトル x_1 と x_2 を混合感情のイメージコード辞書から選択する。それらを主観観測ベクトル対に代入し、つまり、 $\xi(t) = x_1, \eta(t) = x_2$ として主観観測する[8],[9],[11],[12]。

◇次に、この主観で求められた感情ベクトル g_1 を $x(t) = g_1$ とし、 $\xi(t+1)$ に $\eta(t)$ を代入し、 $\eta(t+1)$ に $x(t)$ を代入して、再び主観観測する、

表4 イメージコード辞書の変化と混合感情喚起過程

(1) 男性

構成 単語	変化のレンジ[-10,10]			変化のレンジ[-20,20]		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
雨粒	物思い 面倒 陰気	面倒 物思い 陰気	物思い 陰気 面倒	物思い 陰気 面倒	物思い 陰気 失望	面倒 物思い 臆病
一つ	合一 平静 受容	平静 合一 穏やか	合一 平静 構え	合一 平静 構え	合一 受容 構え	平静 構え 楽観
頬	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 期待 予期	快 平静
落ちる	臆病 構え 謙虚	臆病 構え 謙虚	臆病 構え 謙虚	臆病 構え 謙虚	臆病 構え 謙虚	臆病 構え 謙虚
堪える	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容
涙	平静 合一 構え	合一	平静 合一	平静 合一	平静 合一	合一
突然に	構え 平静 合一	構え 平静 合一	平静 構え 合一	平静 構え 合一	平静 構え 穏やか	構え 平静 合一
優しく	快 楽観 穏やか	快 楽観 穏やか	快 楽観 穏やか	快 楽観 穏やか	快 楽観 穏やか	快 楽観 穏やか
裏切る	平静 臆病 穏やか	平静 面倒 臆病	平静 面倒 臆病	平静 面倒 臆病	平静 穏やか	平静 面倒

(2) 女性

構成 単語	変化のレンジ[-10,10]			変化のレンジ[-20,20]		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
雨粒	臆病 謙虚 構え	臆病 構え 物思い	臆病 物思い 構え	臆病 謙虚 構え	臆病 物思い 構え	臆病 物思い
一つ	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容	構え 合一 受容
頬	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 快 期待	楽観 快 期待
落ちる	心配 構え 臆病	心配 構え 臆病	心配 構え 臆病	心配 構え 臆病	心配 構え 臆病	心配 構え 臆病
堪える	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病
涙	物思い 陰気 落胆	物思い 陰気 落胆	物思い 陰気 落胆	物思い 陰気 落胆	物思い 陰気 落胆	物思い 陰気 落胆
突然に	物思い	物思い	物思い	謙虚 物思い 臆病	謙虚 物思い	物思い 謙虚
優しく	平静 穏やか 合一	平静 穏やか 合一	平静 穏やか	平静 穏やか 構え	平静 穏やか 謙虚	平静 穏やか 快
裏切る						優越

(3) 男女

構成 単語	変化のレンジ[-10,10]			変化のレンジ[-20,20]		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
雨粒	物思い 陰気 失望	物思い 陰気 面倒	物思い 陰気 面倒	物思い 面倒 陰気	物思い 陰気 面倒	物思い 陰気 臆病
一つ	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病	物思い 面倒 臆病
頬	合一 構え 受容	合一 構え 平静	合一 構え 合一	合一 構え	合一 構え	合一 構え 受容
落ちる	臆病 謙虚 謹み	臆病 謙虚 謹み	臆病 謙虚 謹み	臆病 謙虚 謹み	臆病 謙虚 謹み	臆病 謙虚 謹み
堪える	物思い 臆病 陰気	臆病 物思い 陰気	臆病 物思い 陰気	臆病 物思い 謙虚	臆病 物思い 陰気	物思い 臆病 陰気
涙	物思い 陰気	物思い 陰気	物思い 陰気 失望	物思い 陰気	物思い 陰気	物思い 陰気 失望
突然に	臆病 物思い 謙虚	臆病 物思い 謙虚	臆病 物思い 謙虚	臆病 謙虚 物思い	臆病 謙虚 物思い	臆病 物思い 面倒
優しく	平静 穏やか 謙虚	平静 穏やか 謙虚	平静 穏やか 謙虚	平静 穏やか 謙虚	平静 穏やか 謙虚	平静 穏やか 謙虚
裏切る	平静 穏やか	平静 穏やか	平静 穏やか	平静 穏やか	平静 穏やか	平静 穏やか

表5 基本感情, 好き=(69 0 46 -43 -69 0 -46 43), と
愛してる=(70 0 40 -70 -70 0 -40 70)の繰り返しで
構成される入力単語列と、その混合感情喚起過程

入力 単語列	属性ごとのデファジィ値								辞書から選ばれた 混合感情
	喜	怒	期	嫌	悲	恐	驚	受	
好き	34	0	23	-22	-34	0	-23	22	平静, 穏やか, 快い
好き	51	0	37	-35	-51	0	-37	35	快い, 楽観, 幸福
好き	57	0	44	-41	-57	0	-44	41	楽観, 幸福, 快い
好き	60	0	46	-44	-60	0	-46	44	幸福, 友情, 楽観
好き	62	0	47	-45	-62	0	-47	45	幸福, 友情, 喜び
好き	63	0	47	-45	-63	0	-47	45	幸福, 友情, 喜び
愛してる	64	0	45	-56	-64	0	-45	56	友情, 愛情, 喜び

◇それを $\xi(t+n) = \eta(t+n) = \kappa(t+n)$ となるまで繰り返す,

◇こうして得られた $\kappa(t+n)$ の混合感情が, その物事から受ける感情とみなす.

図4と図5は, このイメージコード表を用いて感情変化を主観処理した結果である(表2の「男女」の場合). この詩の, 主観処理する前の(ファジィ推論だけの)最終感情(客観的感情語)は「平静, calm」である. 図4の(a), (b), (c)は「楽観,

optimism」的で「好奇心, curiosity」旺盛な模擬人間(このような性格の実際の人物に, この詩をサラッと読ませての感想は, “解放された感じ”である)を想定して(つまり, この2つの混合感情を初期主観ベクトル対として)の処理である. すぐに客観的感情に落ちつくのがわかる. 一方, 図5の(a), (b), (c), (d)のように, 「絶望, despair」と「激怒, rage」の状態に陥っている模擬人間が, この詩を読むと, 「自尊心, pride」の感情を経て,

(a) 主観ベクトル対(楽観, 好奇心)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「平静」

(b) 主観ベクトル対(好奇心, 平静)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「平静」

(c) 主観ベクトル対(平静, 平静)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「平静」

s — : 詩(構成単語)の入力による感情の推移

図4 詩「雨粒…」を入力したときの客観的感情推移を初期主観ベクトル対(楽観, 好奇心)で見たときの主観的感情推移

4 回読んで、客観的感情に落ちつくのがわかる。その他、ここにはスペースの関係で示していないが、「恐れ, fear」と「皮肉, irony」の混合感情を初期主観ベクトル対として処理すると、もっと時間がかかって、7 回読んでやっと客観的感情に落ちつく、などの結果が得られた。

4. まとめ

「主観観測モデルのための基礎理論」の重要な応用例の一つとして、このような感情処理にあててみた。かなり実際の人間の感覚に合う処理系になることがわかった。まずは、入力単語列のイメ

(a) 主観ベクトル対(絶望, 激怒)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「自尊心」

(b) 主観ベクトル対(激怒, 自尊心)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「平静」

(c) 主観ベクトル対(自尊心, 平静)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「平静」

(d) 主観ベクトル対(平静, 平静)で処理したときの感情推移, このときに検出された感情は「平静」

s —— : 詩(構成単語)の入力による感情の推移

図 5 詩「雨粒…」を入力したときの客観的感情推移を初期主観ベクトル対(絶望, 激怒)で見たときの主観的感情推移

ージコードにたいしてある程度の差異はあっても、処理結果得られる混合感情語には同じものが含まれること、またイメージコード辞書自身に20%程度の差異がある場合も客観的な共通語が抽出できることが確認できた。目下コードがカオス的に変化する場合の研究に発展させ、どの程度までの振幅や位相変動で客観的単語が抽出できるかを調べている。

また、主観観測で得られる結果においても、あたかも人間が、言葉を連想する際に、その時の感情に左右されるのと同じような現象を見出すことが出来た(現在、複数個の詩を入力して主観観測下で、どのような詩が連想されるかといった研究に発展させている)。

いずれにしてもこの研究は始めたばかりである。応用上の高い可能性は潜めているものの、更なる理論的発展と実験的検証が必要である。従って、ここで例示した結果をもって、即人間に置き換えて考えることは危険であることはいうまでのないが、将来情緒や感性に関する基本的処理系に仕上げられる可能性を潜めている。

付 録

1. プルチック理論の概要(文献[4]より引用)

1.1 基本行動次元

人間の行動には、快楽が伴うものと、苦痛が伴うものがある。R.Plutchik はこれらの順応形式

を整理して、基本行動次元として、次の8つの行動次元を提案した。

合一：外界から自己の中にもものを取り込んで同一化する行動型。合一される刺激は一般に快適で有益なものである。

拒絶：排泄や嘔吐に見られるような、一度取り入れた有害なものを除去する行動型。

破壊：欲求の満足を阻止された時に生ずる行動型。また、その妨害や傷害を破壊しようとする行動

保護：苦痛や破壊、あるいはその脅威のもとで生ずる行動型。

生殖：性行動と関係する行動型。性行動は接近あるいは接触を保持しようとする傾向があり、性行動に関連するあらゆる行動の型は、すべて快に結合していると考えられる。

喪失：接触や合一によってすでに獲得した快適な対象を失う時に生ずる行動型。

定位：新しい奇妙な対象に遭遇した時に生ずる行動型。その対象が自分にとって有益か有害か、快か不快かが不明のままであるときに生じ、瞬間的に短時間存在するものである。

探索：環境を探索するランダムな活動をする行動型。探索行動は、自発的な持続的な活動であり、人間の場合には好奇心や遊びと呼ばれるものであろう。

以上の8つの基本行動次元は、2つずつ対にするとその働きがより明確にわかる。つまり、破壊と保護、合一と拒絶、生殖と喪失、定位づけと探

表付1 基本行動次元と感情の強度

破壊	生殖	合一	定位づけ	保護	喪失	拒絶	探索
激怒 (9.90)	エクスタシ (10.00)	容認 (4.61)	仰天 (9.30)	戦慄 (10.13)	悲嘆 (8.83)	忌み嫌う (9.10)	期待 (7.30)
怒り (8.40)	喜び (8.10)	受容 (4.00)	喫驚 (8.30)	狼狽 (9.75)	悲しみ (7.53)	嫌悪 (7.60)	予期 (6.76)
当惑 (5.00)	幸福 (7.10)	合一 (3.30)	驚き (7.26)	恐れ (7.96)	落胆 (6.26)	いやけ (5.50)	注意深さ (5.86)
	快 (5.70)			懸念 (6.40)	陰気 (5.50)	退屈 (4.70)	構え (3.56)
	穏やか (4.36)			臆病 (4.06)	物思い (4.40)	面倒 (4.50)	
	平静 (3.30)						

索は、それぞれ対立的な動きを示す行動次元である。

1.2 感情の立体モデル

R.Plutchik は、更に知覚における色立体の考え方や混色の問題から類推して感情についての立体モデルを提案している。彼はこの立体モデルの構成のために次の6つの公準を提示している。

- 公準1：数個の純粋(1次)感情がある、これは8つの行動次元に対応づけられる。
- 公準2：1次感情の結合の仕方によって複雑な混合感情が生まれる。
- 公準3：各1次感情はその生理的基本行動において特異である。
- 公準4：日常生活でわれわれのしている感情は混合感情であり、純粋感情は混合感情により推測される。
- 公準5：1次感情は両極的に布位され、2つの感情がそれぞれ対になって位置付けられる。
- 公準6：感情にはそれぞれ強度差がある。

R.Plutchik はこれらの公準に基づいて、8つの基本行動次元に、それぞれ対応する8つの純粋感情の存在を仮定し、合一には受容、拒絶には嫌悪、破壊には怒り、保護には恐れ、生殖には喜び、喪失には悲しみ、定位づけには驚き、探索には期待を対応させた。また彼は、公準6にあるように感情には強度差があるとしているので、それぞれの感情に強さの概念を導入した。実際に感情の強度を決定するために、各行動次元における同義語を集め、30人の大学生に1から11までの尺度で評価させ、表付1のような感情の主要次元の強度表を提示した。

2. ヤングの感情過程論

P.T.Young は感情喚起過程を、符号、強度、持続、を用いて感情過程を規定している。

- 1) 符号：行動には目標に対する接近と回避とがみられる。接近を引き起こす感情過程は、符号がプラスであり、回避の場合の感情

過程はマイナスである。

- 2) 強度：感情過程はその強度によって変化する。その感情過程はプラスとマイナスの両極をもった連続体の上に生起する。
- 3) 持続：感情過程は持続、あるいは時間的な流れの中であらわれる刺激に接触する時間の永さによって感情喚起を規定することができる。

参 考 文 献

- [1] Yanaru, T., Hirota, T., Uchino, E., Yamakawa, T.: "Application of fuzzy logic to evaluation for amount of study", Proc. of Inter. Conf. on Fuzzy Logic & Neural Networks(Iizuka'90), pp.793-798, 1990.
- [2] 菅野道夫："ファジィ制御", 日刊工業新聞社, 1988.
- [3] 河田敬義："アフィン幾何・写影幾何"(岩波講座基礎数. 学線形代数V), 岩波書店, 1976.
- [4] 松山義則, 浜治世："感情心理学", 誠信書房, 1974.
- [5] 中村祥紀, 矢鳴虎夫, 廣田豊彦："ファジィ推論を用いた感情表現", 第7回ファジィシステムシンポジウム論文集, W6-3(R2), 1991.
- [6] Plutchik, R.: "The multifactor-analytic theory of emotion", Journal of Psychology, 50, pp. 153-171, 1960.
- [7] Young, P.T.: "Affective arousal", American Psychologist, 22, pp.32-40, 1967.
- [8] 矢鳴虎夫："ファジィ推論を用いた感情処理と主観表現", 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-第2回ワークショップ講演論文集, pp.42-45, 1992.
- [9] 矢鳴虎夫, 廣田豊彦："主観処理系構築理論に基づく感情処理システム", 第8回ファジィシステムシンポジウム, 1992.
- [10] Yanaru, T., Hirota, T.: "Basic theory for subjective observation model and its applications", Proc. of Inter. Symposium on Fuzzy Systems (ISKIT'92), pp.5-8, 1992.
- [11] Yanaru, T., Hirota, T., Kimura, N.: "An emotion

processing system based on fuzzy inference and its subjective observations", Proc.of 2nd Int.Conf.on Fuzzy Logic & Neural Networks (IIZUKA'92), pp.103-106, 1992.

- [12] やなせたかし: "詩とメルヘン", サンリオ, 1991
 [13] Johnson-Laird, P.N.: "The computer and the mind", chap.20, ("心のシミュレーション", 海保博之他訳, 第20章), 新曜社, 1989.
 [14] 戸田正直: "感情", 東京大学出版会, 1992.

(1992年9月9日 受付)

(1993年6月1日 再受付)

[問い合わせ先]

〒804 北九州市戸畑区仙水町1丁目1番
 九州工業大学 電気工学科 情報工学教室
 矢鳴 虎夫
 ☎: 093-871-1931(内)613
 ㊟: 093-871-5835

著者紹介

矢鳴 虎夫 (やなる とらお)

九州工業大学 電気工学科 情報工学教室

昭和42年 九州工業大学 大学院工学研究科 電気工学専攻修士課程修了。同年 同大学工学部 助手、同工学部情報処理教育センタ 講師、助教授、同大学情報科学センタ助教授を経て、平成2年 同大学情報工学部教授、平成4年4月より同大学工学部電気工学科教授、現在に至る。工学博士。現在は、学習理論や主観観測モデル論などの研究のほか、その応用として、感情処理に関する研究に従事。著書「ファジィ情報科学教育」(共著、早稲田大学出版)、電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、日本ファジィ学会、教育工学学会、日本行動計量学会 各会員。

玉木 明和 (たまき あきかず)

九州工業大学 工学部

昭和48年 九州工業大学 大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了、同年 同大学工学部助手、平成5年 同工学部講師、主として、画像処理及びコンピュータミュージックに関する研究に従事。電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、日本リモートセンシング学会、IEEE学会 各会員。

白濱 成希 (しらはま なるき)

九州工業大学 大学院 工学研究科

平成5年3月 九州工業大学 工学部電気工学科卒業。現在、同大学院工学研究科電気工学専攻在学中。

廣田 豊彦 (ひろた とよひこ)

九州工業大学 知能情報工学科 昭和56年 京都大学 大学院 工学研究科博士後期課程 研究指導認定退学、同年 同大学 情報処理教育センター助手、昭和63年 九州工業大学情報科学センター助教授、平成元年 同大学情報工学部助教授、現在に至る。工学博士。ソフトウェア工学、ファジィ推論、知的設計支援システムなどの研究に従事。著書「Cプログラミングの基礎」(培風館)など。日本ファジィ学会、情報処理学会、ソフトウェア科学会、人工知能学会 各会員。