

Title	心理学におけるファジイ理論の応用 : 情動カテゴリー研究を例として
Author(s)	中村, 真; 吉田, 光雄
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1992, 18, p. 213-235
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/12418
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

心理学におけるファジイ理論の応用

—情動カテゴリー研究を例として—

中 村 真・吉 田 光 雄

1. はじめに
2. ファジイ理論
 - 2.1 ファジイ理論とは
 - 2.2 メンバーシップ関数
 - 2.3 ファジイ演算
3. 心理学における情動概念の研究
 - 3.1 情動の定義
 - 3.2 情動概念研究におけるカテゴリカルアプローチと次元アプローチ
 - 3.3 アプローチ間の対立とその解決
4. 情動カテゴリー研究におけるファジイ理論の応用
 - 4.1 プロトタイプアプローチ
 - 4.2 心理学における応用の可能性—研究事例と応用
5. 要約と結論

心理学におけるファジイ理論の応用

—情動カテゴリー研究を例として—

1. はじめに

自然科学者は、基礎単位と明確に定義された用語・変数を使用し、それらの操作と関係の記述によって、自然環境を説明することを試みてきた。同様に、心理学者は、人間環境とでも言うべき、人間が日常的におかれた環境とそこでの人間の行動を、明確に定義された用語・変数によって記述し、説明することを試みている。

しかし、日常生活を振り返れば、そこにははっきりとは定義し得ないものごと、他と区別しがたい境界例とでも言うべき不確かさ、あいまいさが常につきまとうことに思い当たる。これは、単に現時点での人間についての学問が、人間を説明するための主たる要因を把握できないでいるが故に生じるあいまいさというよりは、むしろ、人間環境に生来備わった性質で、本質的なあいまいさであると考えられる (e.g., Labov, 1973; Lakoff, 1973)。

このような不確かさ、あいまいさを形式的に扱うことのできる理論として、工学の分野に登場したのがファジイ理論 (Zadeh, 1965) である。同理論は、心理学においても徐々に取り入れられ (e.g., 竹村, 1990)、日本心理学会第54回大会 (1990) においてはシンポジウムの一つとして取り上げられている。

ところで、心理学が、上述したようなあいまいな人間環境を直接的に研究の対象とするならば、なぜ今日までに、心理的ファジイ理論とでも呼ばれる形式的な理論を生み出すことができなかったのであろうか。この問に対しては、心理学においてあいまいさがどのように扱われてきたのかを考察することが有益であろう。

一つの答は、心理学において、あいまいさは暗黙の了解事項であったというものである。つまり、あいまいさは人間環境につきまとう本質的な性質であることを暗黙のうちに認めてしまい、それを心理学者が共有していたのではないか。すべての説明の背景には多少のあいまいさがあることを当然のこと、自然なこととして、あいまいさそのものを研究の対象としてこなかったのかも知れない。他方、あいまいさ、ファジイという用語が用いられることはなくとも、心理学においても独自の方法によって分析、研究されてきたという答も可能である。概念や意味を尺度化する方法は、まさにファジイ理論において現在行われていることである。セマンティック・ディファレンシャル (SD) 法を用い、意味を多次元の尺度プロフィールによって表現し、因子分析法等の多変量解析法によってその内的構造を分析するという方

法は、心理学と統計学がファジイ理論とは独立に行ってきたあいまいさの分析方法と捉えることができる。

さて、心理学における多次元尺度と多変量解析法を用いた概念・意味分析における中心テーマの一つに、感情、情動の分析がある (Russell, 1980; Schollosberg, 1952; Woodworth, 1938)。情動、例えば、喜怒哀楽と言葉で言えば、あたかも明確な概念であるように思えるが、実際は、他の日常的概念と同様に明確に定義することが困難で、境界も不明瞭である。この論文においては、心理学における情動概念の研究に焦点を当て、あいまいさを科学的に扱うことのできるファジイ理論が心理学的研究にどのような視点をもたらすか、また、心理学的研究がファジイ理論にどのようなデータを提供できるかについて考察する。第2章ではファジイ理論、特に、ファジイ集合とメンバーシップ関数について簡単に紹介し、第3章で、心理学における情動概念の研究をレビューする。第4章では、ファジイ理論を応用した情動研究を紹介し、心理学へのファジイ理論の応用という視点から考察する。第5章は要約と結論の章とする。

2. ファジイ理論

2. 1 ファジイ理論とは

Zadch がファジイ集合論を提唱して以来、ファジイ理論はあいまいな概念を取り扱う理論として、工学をはじめとする様々な領域に取り入れられ、発展をつづけている。ファジイ理論とは、集合論の拡張であるファジイ集合論を中心とし、ファジイ測度論、ファジイ論理等いくつかの理論の総称である (菅野, 1989)。ここでは、言葉の意味・概念を定量化し、数学的な操作を可能にするファジイ集合論について簡単に紹介する。

あいまいさの例として、「背が高い」という概念について考えることにする。概念の定義のために、身長を測定する対象となる個体を考え、仮に 150 cm から 190 cm の人に限定する。通常の集合論によれば、例えば、「背が高い」人は「180 cm 以上の人 (この場合、180 cm から 190 cm の人)」というように明確に定義され、ある要素 (個体) はその集合に属するか、属さないかのいずれかとなる (クリस्प集合と呼ばれる)。しかし、実際には背が高いという概念はこのようにはっきりと割り切れるものではない。178 cm の人もかなり背が高いと言えるし、175 cm にしてもまあまあ背が高い。また、180 cm が背が高いのであれば、190 cm は非常に背が高いというように、集合の要素に対して「背の高さ」の程度というものを考えることができる。ファジイ集合論では、この程度をグレードと呼び、0 から 1 までの数値で表す。例えば、190 cm は 1、180 cm は 0.8、175 cm は 0.5 というように、グレードによって要素がどの程度その集合に当てはまるのかを表現する。「背が中くらい」、「背が低い」と

いった概念に対しても同様にグレードを考えることができる。このようなあいまいな概念に関わるグレードは、当然それを考える人によって異なるものであろうし、また、同一人物においても時と場所を変えれば変動しうるものである。つまり、175cmの人が、「背が高い」という概念に対し0.5のグレードをもつと見なされるか、0.7と見なされるかは恣意的な問題である。これは、人間のあいまいな判断を数字に置き換えること、主観性そのものを数量化し、形式的な操作に取り込むことを意味しており、ファジイ理論が主観性についての科学と呼ばれるゆえんである（菅野、1989）。

あいまいさ、不確かさを扱う別の理論として確率論があるが、確率論の扱う不確かさは現象の生起に関わるものであり、ファジイ理論が対象とする現象そのものの不確かさとは本質的に異なるものである。例えば、コインの表がでる確率を考えるとすると、「表」という概念そのものはすでに明確に定義され、表の出方の程度といったものは考えない。これに対して、「背が高い」ということについて考える場合は、概念そのものがあいまいであり、そのあいまいさをどう扱うかがファジイ理論の問題となっているのである。

2. 2 メンバーシップ関数

前節での導入的な説明を、水本（1988）に基づいてより数学的に表現すると、ファジイ集合Aとは、メンバーシップ関数

$$\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$$

によって特性づけられた集合である。ここでは、要素 $x \in X$ に対する値 $\mu_A(x)$ $[0,1]$ によって、要素 x がファジイ集合Aに属する度合（グレード）を表している。ファジイ集合は

$$\begin{aligned} A &= \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n \\ &= \sum \mu_A(x_i)/x_i \end{aligned}$$

のように表現され、ここでは、要素 x_n のグレードが $\mu_A(x_n)$ で表され、+は"or"の意味を表している。 Σ についても同様である。

いま、Aを「背が高い」という概念とすると、そのメンバーシップ関数は例えば、

$$\begin{aligned} \mu_A(175) &= 0.5 & \mu_A(180) &= 0.8 \\ \mu_A(185) &= 0.9 & \mu_A(190) &= 1 \end{aligned}$$

のように表せるであろう。ファジイ理論では、このようなメンバーシップ関数を用いて概念のあいまいさを表すことによって、意味の定量化を行うと主張する。集合を辞書的に説明する内包的定義や、要素を羅列する外延的定義とは別に、メンバーシップ関数を用いて集合の属性を表すことは、あいまいな概念・意味（集合）を数量（メンバーシップ関数）で表現することであり、内包的定義では採用されることのなかった新しい定義の仕方である。例えば、「背が高い」、「中くらい」、「低い」といった概念の意味をファジイ理論によって解釈すれば、それは図1に示したようなメンバーシップ関数のグラフに基づいて行われることになり、グラフそのものが概念のあいまいさと意味を表していると見なされる（菅野, 1989）。

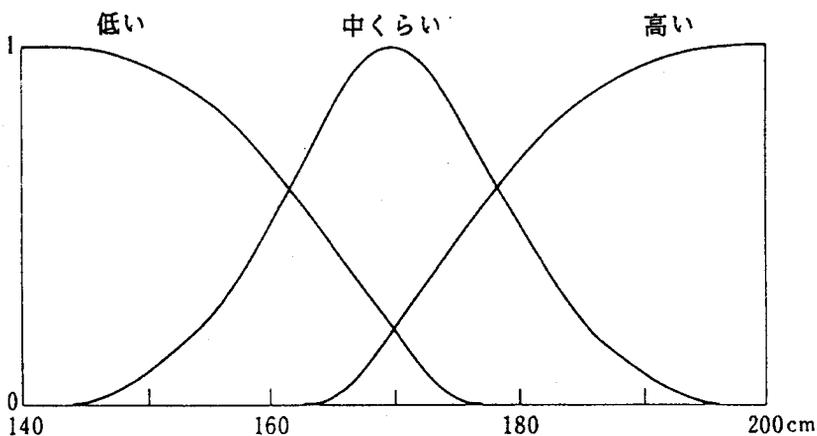


図1 背の高さについてのカテゴリーのメンバーシップ関数

2. 3 ファジイ演算

ファジイ集合に対する演算は、通常の集合の演算の自然な拡張として論じることができる。例えば、ファジイ集合AとBの和集合（ $A \cup B$ ）は次のように定義できる。

$$A \cup B \leftrightarrow \mu_{A \cup B}(x) = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$

具体例として、3らしい数と5らしい数の集合を考えると、その和集合（3らしい、または、5らしい数）は次のようになる。

$$3 \text{ らしい数} = \{0.7/2 + 1/3 + 0.6/4\} = \{0.7/2 + 1/3 + 0.6/4 + 0/5 + 0/6\}$$

$$5 \text{ らしい数} = \{0.7/4 + 1/5 + 0.6/6\} = \{0/2 + 0/3 + 0.7/4 + 1/5 + 0.6/6\}$$

3らしい、または、5らしい数

$$\begin{aligned}
 &= \max \{ (0.7, 0) / 2 + (1, 0) / 3 + (0.6, 0.7) / 4 + (0, 1) / 5 + (0, 0.6) / 6 \} \\
 &= \{ 0.7 / 2 + 1 / 3 + 0.7 / 4 + 1 / 5 + 0.6 / 6 \}
 \end{aligned}$$

ここで、max は各要素に対応するグレードの最大のものを選ぶことを意味する（グレードは便宜的に設定した）。また、3らしい数と5らしい数の共通集合を考えると以下のようになる。

$$3 \text{らしい数} = \{ 0.7 / 2 + 1 / 3 + 0.6 / 4 \} = \{ 0.7 / 2 + 1 / 3 + 0.6 / 4 + 0 / 5 + 0 / 6 \}$$

$$5 \text{らしい数} = \{ 0.7 / 4 + 1 / 5 + 0.6 / 6 \} = \{ 0 / 2 + 0 / 3 + 0.7 / 4 + 1 / 5 + 0.6 / 6 \}$$

3らしい数 \cap 5らしい数

$$= \min \{ (0.7, 0) / 2 + (1, 0) / 3 + (0.6, 0.7) / 4 + (0, 1) / 5 + (0, 0.6) / 6 \}$$

$$= \{ 0 / 2 + 0.5 / 3 + 0.6 / 4 + 0.4 / 5 + 0 / 6 \} = \{ 0.5 / 3 + 0.6 / 4 + 0.4 / 5 \}$$

ここで、min は各要素に対応するグレードの最小のものを選ぶことを意味している。これ以外にも、ファジイ集合においては、通常の集合における主要演算、例えば相等、包含、補集合が成立し、反対称律、推移律、交換律、結合律、分配律等といった集合の基本性質も成立する。

また、ファジイ集合においては、代数積、代数和といった四則演算も成立する。例として、3らしい数と5らしい数の和を考えよう。

$$3 \text{らしい数} = \{ 0.7 / 2 + 1 / 3 + 0.6 / 4 \}$$

$$5 \text{らしい数} = \{ 0.7 / 4 + 1 / 5 + 0.6 / 6 \}$$

$$3 \text{らしい数} + 5 \text{らしい数} = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$

$$= \max \{ \min(0.7, 0.7) / (2+4) + \min(0.7, 1) / (2+5) + \min(0.7, 0.6) / (2+6) +$$

$$\min(1, 0.7) / (3+4) + \min(1, 1) / (3+5) + \min(1, 0.6) / (3+6) +$$

$$\min(0.7, 0.7) / (4+4) + \min(0.6, 1) / (4+5) + \min(0.6, 0.6) / (4+6) \}$$

$$= \max \{ 0.7 / (2+4) + 0.7 / (2+5) + 0.6 / (2+6) +$$

$$0.7 / (3+4) + 1 / (3+5) + 0.6 / (3+6) +$$

$$0.7 / (4+4) + 0.6 / (4+5) + 0.6 / (4+6) \}$$

$$= \max \{ 0.7 / (2+4) +$$

$$0.7 / (2+5) + 0.7 / (3+4) +$$

$$0.6 / (2+6) + 1 / (3+5) + 0.7 / (4+4) +$$

$$0.6 / (3+6) + 0.6 / (4+5) +$$

$$\begin{aligned}
 & 0.6/(4+6)\} \\
 = & \max \{0.7/6 + 0.7/7 + 1/8 + 0.6/9 + 0.6/10\} \\
 = & 8 \text{らしい数}
 \end{aligned}$$

さらに、メンバーシップ関数を行列表示したファジイ行列についても、通常の行列にみられる演算や基本的性質は一般の行列と同様に成立し、同様の演算が可能であることも確かめられており、数学的に厳密に裏付けられた理論体系となっている。

3. 心理学における情動概念の研究

この章では、ファジイ理論からはいったん離れ、心理学における情動カテゴリーについての研究をレビューする。情動は近年、心理学、認知科学において徐々に脚光を浴びつつある研究分野の一つである。しかし、情動という概念の定義は未だかつて満足に行われたことはない。情動概念の研究を考察するにあたり、情動の定義について簡単に言及しておく。

3. 1 情動の定義

「情動は、非常に複雑で、定義することは難しいが・・・」という前口上で始まるのが、情動の定義の常であり、「その論理的分析が困難なことは昔からよく知られたことである(養老, 1989)」というのが現時点での共通した認識であろう。実際、情動を対象とした研究はこれまでに数多く行われてきており、ジェームズ・ランゲとキャノン・バードの論争以降も、様々な情動の理論が提唱されてきたが、これまでの研究の成果をまとめるような一般的な理論は確立されていない。しかし、以下に挙げるようなコンセンサスは得られているようである。

多くの最近の研究者は、情動には一般に、末梢的な生理的反応、表出行動、主観的経験、の3つの側面があると考えている(Buck, 1984, 1988; Ekman, Friesen, & Ellsworth, 1982a; Frijda, 1986; Izard, 1977; Izard, Kagan, & Zajonc, 1984; Pultchik, 1984; Scherer, 1984; Zajonc, 1984)。生理的反応とは、情動反応として生じる心拍や血圧の変化、発汗などをさし、表出行動とは、表情、身体動作、声の調子など外的に観察可能な様々な行動をさす。また、主観的経験とは、覚醒、快・不快、怒り、幸福などを主観的に感じる(自覚する)ことである。情動とは、これらの反応に反映される潜在の変数、もしくは、これらの反応を引き起こす内的プロセスと定義することができよう。

上述した情動の3つの側面のうち、末梢的な生理反応と主観的経験は、あくまでも私的な事象、つまり、自分自身だけがアクセス可能なものである。情動理論のいくつか(例えば、

ジェームズ・ランゲやキャノン・バード説)の対象は、この、情動の私的側面である。一方、表情に代表される情動の表出行動は、表出者自身よりはむしろ他者にとってアクセスしやすい、社会的事象だといえることができる。つまり、表出行動(特に表情)は、Tomkins(1980)らの顔面フィードバック仮説にあるような主観的情動経験のソースであるだけでなく、他者に対して自己の情動状態を知らせるための情報源だと見なすことができる。

ところで、情動についての概念は、情動の3つの側面とどのように関係しているのだろうか。ここで、概念を、指示対象の本質を言語化するための心的表象と考え、情動についての概念は、自己の情動経験の主観的状态と生理的反応の言語化(「不愉快だ」、「ムカムカする」、「頭に血がのぼる」)に関わる表象であるとともに、表出行動を解釈して、他者の情動状態を表現する(「怖い顔をしている」、「嬉しそうだ」)表象であると言えよう。実際これまでに行われてきた情動研究においては、情動語そのものの認知とともに、表情を刺激とした認知も繰り返し取り上げられている。次節では、情動(情動語と表情)カテゴリ認知の研究を2つのアプローチに分類し、紹介する。

3. 2 情動概念研究におけるカテゴリカルアプローチと次元アプローチ

【基本カテゴリアプローチ】

情動の種類はどれくらいあるのか、表情はいくつのカテゴリの情動を表示することができるのであろうか。対象領域が決まると、その領域の構成要素を分類することは最も自然なことである。情動研究においても古くから、情動という概念を構成する下位カテゴリを基本情動などと呼び、基本情動としていくつのカテゴリがあるのかについて研究が進められてきている。

これまでに多くの研究者が基本情動のカテゴリについて、独自の提案を行ってきたが、そこには相互に共通するものがある。表1は、Ekman, Friesen, and Ellsworth(1982b)が、先行研究の中から特に表情に関連して認知される情動カテゴリのリストとしてまとめたものである。それぞれの研究は、サンプル数の不十分さをはじめとする問題を抱えており、最終的にいくつのカテゴリが基本的なものとなるかは今後の研究にゆだねられているが、少なくとも7つの情動(幸福、驚き、恐れ、悲しみ、怒り、嫌悪(軽蔑)、興味)は共通して見いだされたと考えられる。この7つの情動のうち、興味を除く6カテゴリは、Ekmanらを中心に繰り返し行われた比較文化研究(e.g., Ekman & Friesen, 1969, 1971, 1975; Izard, 1971)によっても確認されており、現時点ではほぼ定説となっている。

基本カテゴリアプローチをとる研究に問題があるとすれば、そのひとつは、カテゴリ間関係についての分析が十分に行われていないことであろう。これまでに行われたカテゴリ間関係の分析としては、繰り返し生じる分類の誤りについての研究がある。例えば、あ

る表情に対しては60%が怒りと分類し40%は嫌悪と分類した、というように、刺激ごとに判断の誤りの分布を吟味し、どのカテゴリー間での誤りが多いかについて分析している。この誤りのパターンを分析することにより、情動カテゴリーの背景にある次元を見いだした古典的な研究に Woodworth 等の研究などがあるが、これについては以下で論じる。

表1 先行研究において提案されている基本情動のカテゴリー

Woodworth (1938)	Plutchik (1962)	Tomkins & McCarter (1964)	Osgood (1966) ^a	Frijda (1968) ^b	Proposed
Love	Coyness		Complacency Quiet pleasure		
Mirth Happiness	Happiness Joy	Enjoyment Joy	Joy Glee Worried laughter	Happy	Happiness
Surprise	Surprise Amazement Astonishment	Surprise Startle	Surprise Amazement Bewilderment Awe	Surprise	Surprise
Fear	Apprehension Fear Terror	Fear Terror	Fear Horror	Fear	Fear
Suffering	Pensiveness Sorrow Grief	Distress Anguish	Despair Boredom Dreamy sadness Acute sorrow Despair	Sad	Sadness
Anger Determination	Annoyance Anger Rage	Anger Rage	Sullen anger Rage Stubbornness Determination	Anger	Anger
Disgust Contempt	Tiresomeness Disgust Loathing	Disgust Contempt	Annoyance Disgust Contempt Scorn Loathing	Disgust	Disgust/ Contempt
	Attentiveness Expectancy Anticipation	Interest Excitement	Expectancy Interest	Attention	Interest
	Acceptance Incorporation	Shame Humiliation	Pity Distrust Anxiety	Calm Bitter Pride Irony Insecure Skepticism	

^aAll categories found in at least two of Osgood's three types of data analyses were listed.

^bAll categories that emerged in the analysis of judgments of both stimulus persons were listed.

注: Ekman, Friesen, Ellsworth, 1982, p.42 より転載。

【次元アプローチ】

判断の誤りの分析に基づきカテゴリー間の関係を吟味することによって、Woodworth and Schlosberg (1954) は誤りが特定のカテゴリー間で生じやすく、カテゴリーが相互に独立なものというより心理的に連続したものであることを見いだした。つまり、怒りは嫌悪と混同されやすく、幸福とは混同されにくいということは、怒りと嫌悪は仮想的連続体の近い位置にあり、怒りと幸福は相対的に遠い位置にあるからだと考えたのである。

さらに、このような連続体を、次元という抽象的な概念へと還元することを試みたのは Scholosberg (1954) であった。Scholosberg は、カテゴリー間の関係は1次元の連続体としてよりも、円環としてより適切に表現できることを主張した。つまり、情動カテゴリー間の関係は2次元空間で表され、各カテゴリーはその空間を構成する2つの基本次元（快-不快、注意-拒否）に還元して捉えることができるというわけである（図2、3参照）。この研究は、Osgood (1966) らによってさらに進められ、表情以外の一般的概念についても、それらの関係を規定する抽象的な次元が存在することが見いだされ、その次元によって規定される空間は意味空間と呼ばれた。

情動の基本カテゴリーがいくつかの抽象的次元へと還元されうるかどうかは別にして、上述した次元は、表情や情動語を用いた最近の研究においても、繰り返し見いだされている (Russell, 1980; Russell & Bullock, 1985, 1986)。

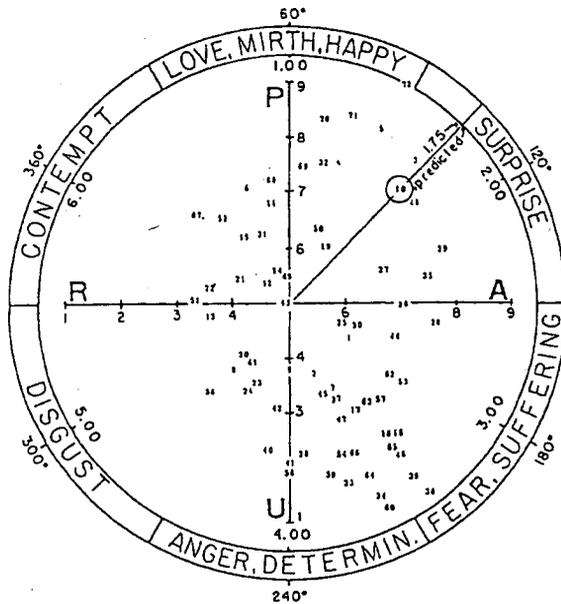


図2 Schlosberg の提唱した情動カテゴリーの円環モデル
注: Scholosberg, 1952, p. 235より転載。

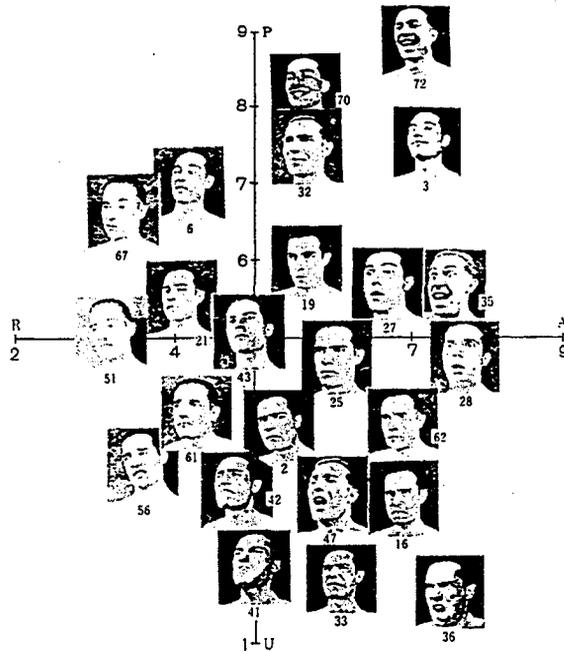


図3 Schlosberg の提唱した2次元空間上における表情刺激の布置
 注: Scholosberg, 1952, p.232より転載。

3. 3 アプローチ間の対立とその解決

上述したように、基本カテゴリーアプローチは、6つ程度の基本的な情動カテゴリー（概念）が存在し、それによって表情や情動語を大きく分類できると主張するが、基本カテゴリー間の関係については比較的無関心である。一方、次元アプローチは、いくつかの基本カテゴリーがさらに少数の情動次元によって表現でき、よって、カテゴリカルアプローチをさらに発展させたものであると自己認識している。

さて、カテゴリカルアプローチが主張するいくつかの基本情動カテゴリーが、快-不快、覚醒-睡眠、注意-拒否といったより少数の情動次元に還元されてしまうとすれば、今後このようなアプローチをとる意味はあるのであろうか。答はイエスである。この問題には、説明対象と説明力とが関係している。説明の対象を整理すると、基本カテゴリーを用いることによって表情や情動概念（語）といった刺激のカテゴリー化が効率的に行われる。また、情動次元によって基本カテゴリー間の関係、さらには、個々の表情や情動概念間の関係を分析することができる。

説明力において重要な点は、情動次元にまで還元することによって、表情や情動概念の分

類や記述の効率を必要以上に損なわないかということである。残念ながら、この損失は大きい。例えば、快-不快、覚醒-睡眠の2次元モデルに従って、ある表情に対して「恐れ」の代わりに、「かなり不快で」、「かなり覚醒レベルが高い」状態という記述を用いる場合を考えてみよう。確かに、恐れはかなり不快でかなり覚醒している状態であり、この情動次元への還元は適切なものであろう。しかし、「恐れ」というカテゴリーが、その恐れを喚起させた対象やその環境、また、それに対する反応といった、人間の行動や社会的相互作用を反映した概念であるのに対して、快-不快、覚醒-睡眠といった次元にはそのような意味は含まれておらず、むしろ、情動に伴う個人的状態が反映されている。よって、説明の対象を自然・社会環境における人間の行動におけば、基本カテゴリーを用いた説明は適切であり、また、必要であると思われる。実際、進化論に基づいて情動を捉えようとする Plutchik (1984)は、情動カテゴリー間の関係が情動次元によって表現されるとしながらも、恐れ、怒り、といったカテゴリーを用いた説明を行っている。

ここでの論議をまとめると、情動の基本カテゴリーは、少数の情動次元によって表現することができる。しかし、カテゴリーレベルでの説明は情動に伴う環境や社会的相互作用などを反映したものであり、情動次元を用いた説明には還元することができない。情動次元による説明は、より個人的なレベルでの情動経験を反映していると考えられる。よって、基本カテゴリーアプローチと次元アプローチはそれぞれ適切な説明の対象をもち、2律背反の関係にはない。基本カテゴリーが情動次元によって表現できることは、情動の社会的、行動的側面の背景に必ず個人的経験が伴っていることを示していると考えられる。

4. 情動カテゴリー研究におけるファジイ理論の応用

この章では、認知心理学の分野で提唱されたプロトタイプアプローチを情動カテゴリー研究の視点から紹介し、そのファジイ理論との関係について考察する。さらに、プロトタイプとファジイという概念を用いた研究例を紹介し、心理学におけるファジイ理論の応用の可能性とその応用に伴う課題について論じる。

4. 1 プロトタイプアプローチ

前章で考察した2つのアプローチは、プロトタイプアプローチと呼ばれる第3の視点を持ち込むことによって、より統合的に捉えることができる。認知心理学の領域においては、パターン認識や自然カテゴリーの認知についての研究が多く行われており、そのプロセスを説明するためのモデルとしてプロトタイプ照合モデルが提唱された (Rosch, 1973)。鳥や動物といった自然カテゴリーにおいては、それらのカテゴリーに属する事例の典型性の程度に大

幅な差異がある。その事例の典型性は、その事例がそのカテゴリーに属する他の成員と属性を共有する程度に応じて決定され、1つのカテゴリー内できわめて典型的な事例はプロトタイプと呼ばれる。与えられた刺激、例えばニワトリを見て、「鳥」というカテゴリーを判断するまでの過程を考えてみる。人の記憶には、過去の学習により多くの鳥の事例が鳥のプロトタイプという形で表象されている。入力刺激であるニワトリのパターンは、鳥をはじめとするいくつかのプロトタイプと照合され、あるプロトタイプ（鳥）と一致していると判断されたとき、そのプロトタイプに相当するパターン（鳥の一種）として認識されることになる。よって、より典型的な事例ほど確実に、また、速く照合され、認識されると予想される。

このモデルは情動カテゴリーの認知についても当てはまると考えられる。驚きというカテゴリーについて考えてみよう。表情認知を例にとると、ある表情がそのカテゴリーに属するか否かは決して2値的に決まるものではない。カテゴリカルな分類では驚きと見なされない表情も、カテゴリーへの典型性という指標においては一定の値をもつことが考えられるし、当該カテゴリーに分類された表情にも、その典型性の程度にはばらつきがあるだろう。この例は、ファジイ理論の導入によく用いられる「若い」という概念（カテゴリー）の説明とよく対応している。つまり、人は、若いというカテゴリーが何歳から何歳までというようにはっきりした境界をもって認識しているわけではなく、若さの程度、もしくはグレードには事例によって、また、判断する者によってばらつきがあるであろう。このように考えると、自然カテゴリー認識におけるプロトタイプモデルはまさにファジイ集合のモデルとも言えよう。そして、情動認知における情動カテゴリーもプロトタイプアプローチ、ファジイ集合論を用いることによってより組織的に研究することが可能となるであろう。次節では、プロトタイプ、ファジイ集合論を用いた情動概念研究の例を紹介する。

4. 2 心理学における応用の可能性—研究事例と応用

幸福、悲しみ、といった情動カテゴリー（概念）を、相互に重なりのある曖昧なものを見なすこと（ファジイ理論・プロトタイプアプローチ：Fehr & Russell, 1991; Russell, 1991; Russell & Bullock, 1986）は、単にカテゴリカルアプローチを柔軟にするというだけではなく、次元アプローチを生み出すきっかけとなったカテゴリー間の関係（距離）・重なりについての研究に対しても示唆的である。

具体的研究を紹介しよう。Russell and Bullock (1986) はファジイ理論、もしくはプロトタイプモデルに基づき、伝統的な情動認知研究を再現している。実験1では、20名の被験者（カナダの大学生：以下同様）は、14の表情刺激について、幸福、恐れ、怒りなどの情動カテゴリーに対するメンバーシップ（典型性）の程度を6段階で評定した。その結果、各カテゴリーは、様々な程度の典型性をもち他のカテゴリーとも重なりをもつ成員から構成

されることが分かった。言い換えると、表情刺激は、複数のカテゴリーに対して様々な程度の典型性を示した。各カテゴリーについて、メンバーシップの最も高い表情刺激から低いものへ順に並べてみると、ファジイ集合論におけるメンバーシップ関数として典型的な、なだらかな曲線のグラフとして表現できることが分かった（図4参照）。また、このカテゴリー間の関係を吟味するため刺激表情の類似性（メンバーシップの値から相関係数求め、それを類似性の指標とした）に基づいて多次元尺度法による分析を行ったところ、図5に示したように表情が円環上に分布するという結果が得られた。これは先行研究によって繰り返し見いだされている結果とよく対応している。

実験1の結果を再現し、発展させるためさらに3つの実験が行われた。実験2は、メンバーシップ評定による結果を伝統的なカテゴリー判断に基づく研究結果と比較するために行われた。50名の被験者は、実験1で用いた14の表情刺激のそれぞれに対して、特定のカテゴリーに属しているか否かをイエス・ノーで判断した。その結果は、実験1の結果と非常によく対応しており、情動カテゴリーをファジイなものとして捉えメンバーシップを直接評価させることの有効性を示唆している。実験3では、38名の被験者が、各情動カテゴリーに最も当てはまる表情刺激を、10の候補の中から3つ選択し、その選択の頻度を分析した。その結果、選択頻度の高い刺激は実験1、2において典型性が高く、当該カテゴリーに選ばれることの多い刺激であることが分かった。実験4では、刺激としてニューギニア人の表情を用い、50名の被験者に、各表情が特定的情動カテゴリーをどの程度正確に示しているかについての評定を8段階で行わせた。結果は実験1,2,3と一貫したものであった。

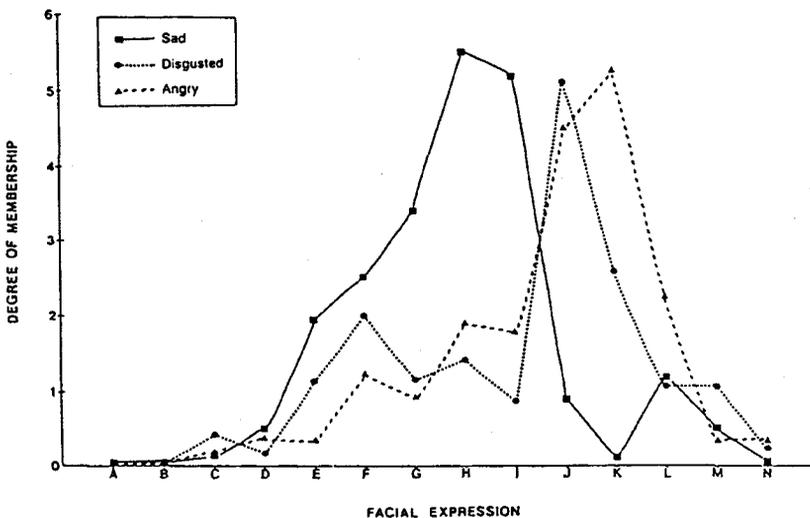


図4 「悲しみ」、「嫌悪」、「怒り」についてのメンバーシップの程度
注：横軸のアルファベットは各表情刺激に割り当てられたもの。Russell & Bullock (1986), p. 320 より転載。

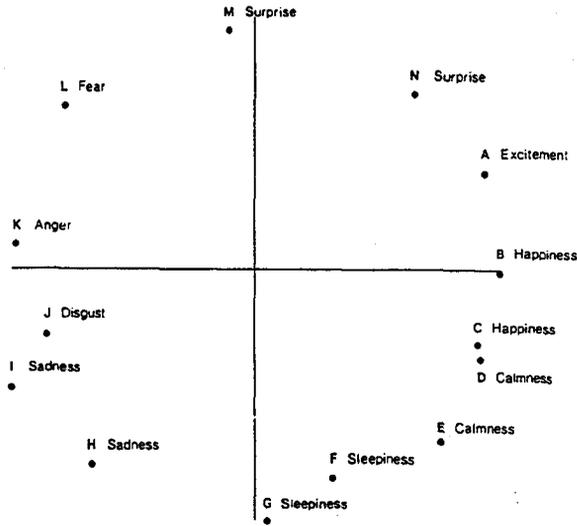


図5 情動カテゴリー間の構造

注：メンバーシップの評定値の相関係数を類似性の指標とし、多次元尺度化を行ったもの。Russell & Bullock (1986), p. 321 より転載。

結果を要約すると、表情刺激に対して明示的にメンバーシップを評定させた場合もそうでない場合（イエス・ノーのカテゴリー判断を含む）も、被験者は一貫して同じパターンでのメンバーシップのグレードを産出しているが、相互に完全に独立した情動カテゴリーは見いだされなかった。このことは、情動カテゴリーがプロトタイプ、もしくはファジイ集合としての特性をもっていることを示していると考えられる。

この研究をもとに、ファジイ理論、メンバーシップ関数を心理学研究にどのように応用していくことができるかについて考察してみる。表情刺激間の関係を吟味するため、各表情刺激についてメンバーシップの最も高いカテゴリーから低いものへ順に並べてみると、なだらかな曲線のグラフとして表現できる（図6参照）。この場合、カテゴリーを一定の順で横軸に並べることになるが、これによって、モードとしては同じカテゴリーに属する表情（図6のMとN）であっても、これらの間の微妙な差異等を説明することが可能となる。例えば、同じ「驚き」というカテゴリーを表している表情にも、相対的に肯定的な情動カテゴリーの要素を含んでいるものもあれば、逆にネガティブなカテゴリーの要素を含んでいる表情もあるということであり、このような差異はカテゴリーを独立なものとして捉えていたのでは分析不能である。

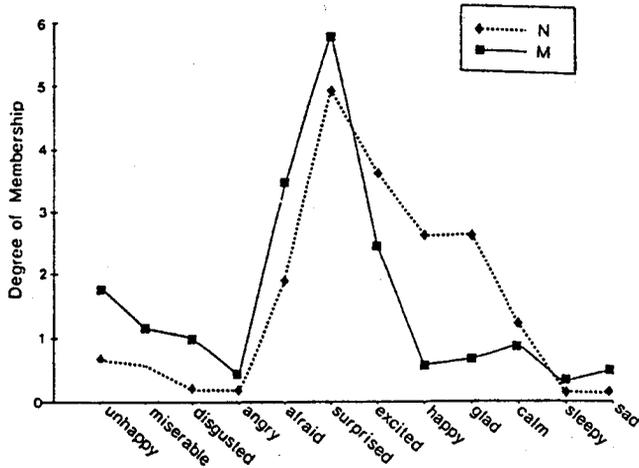


図6 2つの典型的な「驚き」の表情に対するメンバーシップ
注: Russell & Bullock (1986), p. 335 より転載。

ところで、上述した分析は、心理学でよく用いられるSD法によるプロフィールの比較・検討によく類似しているが、実際には両者は全く異なるものである。つまり、SD法の場合、プロフィールを構成する尺度の並べ方に一定の法則はないのに対して、ファジイ理論でメンバーシップ関数を仮定することは、要素を一定順に並べる次元が存在することを前提としている。さらに、あるカテゴリーが他のカテゴリーと組織的な関係をもつとすれば、それらのカテゴリーをも一定の順に並べる次元の存在を前提としていられる。例えば、「若さ」という概念(カテゴリー)について考えると、若さの典型性の程度(メンバーシップのグレード)は特定の年齢をもつ要素(個人)に対して与えられるものであり、この要素は年齢という次元にそって組織的に並べることができる。さらに、「中年の」、「老年の」といったカテゴリーを考えると、これら3つの背景には「若い」、「中年の」、「老年の」という順でカテゴリーを並べる次元、つまり、年齢という次元が存在することを前提としているのである。

このことは逆に、一組のカテゴリーを組織的に位置づけることのできる要素の並びを見いだすことができれば、そこにカテゴリー間の関係を記述する次元を見いだすことができることを意味している。つまり、情動カテゴリーのメンバーシップ関数を組織的に並べることのできる表情の並びを吟味することによって、カテゴリーカルな情動概念とその背景となる次元(軸)との関係を直接的に吟味することができるのである。

また、カテゴリーを位置づける次元の特徴をグループ間で比較することも可能である。例

として、図7と8に、「怒り」という情動カテゴリーに対するメンバーシップ関数を日米別に示した。同じ表情刺激に対するメンバーシップのグレードは、日本の被験者とアメリカの被験者によってかなり異なっているが、実際、表情刺激の並びを分析することによって、「怒り」という概念の背景に日米で異なる心理的評価次元を見いだすことができるかも知れ

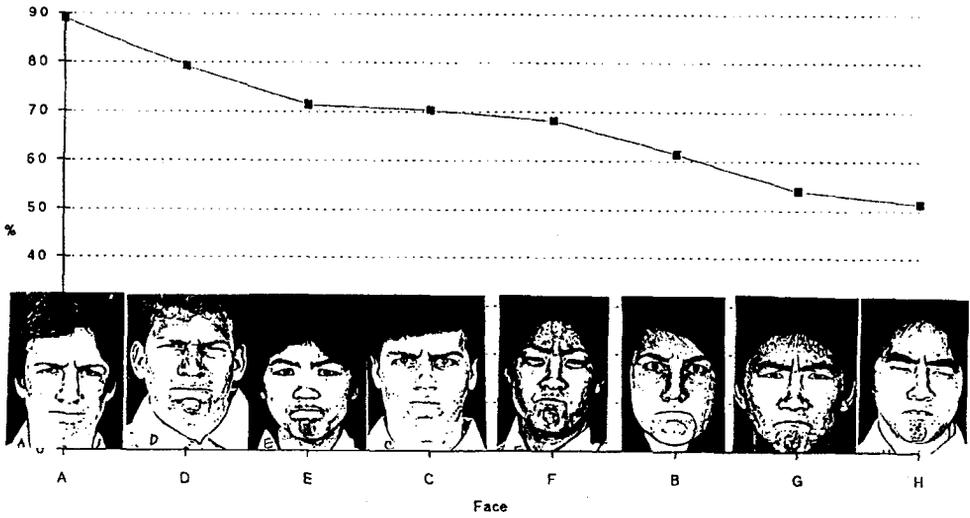


図7 「怒り」カテゴリーについての日本人評定者におけるメンバーシップ
注：怒りカテゴリーについての表情に対する判断の一致率をメンバーシップと見なした。
表情写真と評定データは Matsumoto & Ekmanによって作成されたものを用いた。

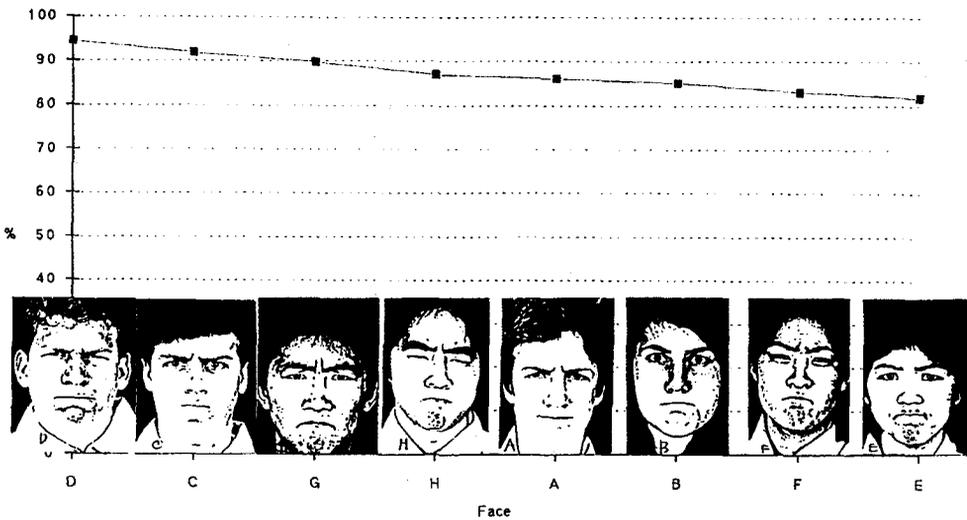


図8 「怒り」カテゴリーについてのアメリカ人評定者におけるメンバーシップ
注：怒りカテゴリーについての表情に対する判断の一致率をメンバーシップと見なした。
表情写真と評定データは Matsumoto & Ekmanによって作成されたものを用いた。

ない。例えば、快-不快といった抽象的な次元ではなく、顔のある部分の動きのような具体的な次元が見いだされるかも知れない。このような比較は、性や発達の変化をテーマとしても行うことができよう。

発達研究に関しては、メンバーシップ関数の推移・収束という視点からも分析することができよう。大人が、あるカテゴリーに対して比較的安定したメンバーシップ関数をもっていると仮定すると、そのようなメンバーシップ関数をもつにいたる発達の変化についての研究は、概念の獲得という視点からも有益なデータを提供できるのではないだろうか。

最後に、今後の研究を進めていく上での課題について簡単に触れておく。今までの論議では個々のカテゴリー、また、カテゴリー間の関係を示す次元として単一の次元を暗黙の内に想定していた。実際、ファジイ理論の導入によく紹介される、「若い」、「高い」、「重い」、「暑い」、「6時くらい」、「2らしい数字」といったカテゴリーにの背景には、「年齢」、「身長」、「体重」、「温度」、「時間」、「数直線」といった単一の次元が想定されている。一般に、これらのカテゴリーが、このような次元のある部分を記述するものであることは自明である。また、これらの次元はすべて数直線に還元することができ、数学的操作も容易である。ファジイ理論が工学の分野に登場し、また、現在ますます発展している背景には、主に数量を扱うという、領域に固有な条件も関係していたのではないかと思われる。

しかし、心理学的概念についてみれば、このことは必ずしも当てはまらない。カテゴリーの成員は必ずしも1次元に並ぶという保証はなく、むしろ、複数の次元が必要となることが通常である。例えば、「情動」という上位概念へのメンバーシップを「怒り」、「悲しみ」といった下位概念ごとに評価するとすれば、繰り返し報告されているように、これらの下位概念は少なくとも「快-不快」、「覚醒-睡眠」の2次元空間に分布することになるだろう。つまり、ファジイ理論を心理学に積極的に応用していくためには、多次元空間におけるメンバーシップ関数とカテゴリーの位置づけについて、さらに研究を進めていく必要があるということである。

また、通常、次元そのものが不明であることを考えると、メンバーシップ関数のパターンから背景次元を推定するという帰納的な方法とともに、因子分析法をはじめとする多変量解析法などを用いてあらかじめ次元を設定し、その上で成員のメンバーシップを測定していくという仮説演繹的なアプローチも必要となるであろう。この仮説演繹の方法は、心理学的アプローチからファジイ理論への提言の一つと言えよう。

5. 要約と結論

これまでに論じたことを要約し、結論を述べる。日常生活で用いられる概念・カテゴリー

は、多くの場合明確に定義することが困難で、本質的にあいまいなものである。このことは、心理学における情動認知研究で用いられる情動カテゴリー（幸福、悲しみ等）についても当てはまる。このような不確かさ、あいまいさを形式的に扱うことのできる理論として、ファジ理論（Zadeh, 1965）が注目を集めている。

ファジ集合論は通常の集合論を拡張したものであり、メンバーシップ関数とは、あいまいな概念を定義する一つの方法であり、意味の表現方法の一つでもある。あいまいなカテゴリーを研究対象とすることの多い心理学へ、この理論がどのように応用されるかについて、プロトタイプアプローチとの類似性に触れながら、情動概念（カテゴリー）の研究（Russell & Bullock, 1986）を例として紹介した。研究の結果は、メンバーシップを直接評価させた場合もカテゴリーカルな、2 値的判断を行わせた場合もよく対応し、一貫したメンバーシップのグレードを産出することを示している。このことは、情動カテゴリーがプロトタイプ、ファジ集合としての特徴をもっていることを意味している。

心理学への応用の可能性とそのメリットとして以下のことが考えられた。カテゴリーをファジ集合と見なすことによって、刺激間の微妙な差異を分析することができる。カテゴリーのメンバーシップ関数を組織的に並べることのできる刺激の並びを吟味することによって、カテゴリーカルな概念の背景にある次元（軸）を直接的に吟味することができる。さらに、カテゴリーを位置づける次元の特徴をグループ（性別・発達段階・異文化等）間で比較することも考えられる。発達研究に関しては、メンバーシップ関数の推移・収束という視点からも分析でき、安定したメンバーシップ関数をもつにいたる発達の变化についての研究は、概念の獲得のプロセスの解明に有益であろう。

また、課題として、ファジ理論を心理学に積極的に応用していくためには、多次元空間におけるメンバーシップ関数とカテゴリーの位置づけについて、さらに研究を進めていく必要があるということ述べた。また、次元そのものが不明なことが多いことを考えると、メンバーシップ関数のパターンから背景次元を推定するという帰納的な方法とともに、因子分析法をはじめとする多変量解析法などを用いてあらかじめ次元を設定し、その上で成員のメンバーシップを測定していくという仮説演繹的なアプローチも必要となるだろう。

謝 辞

この論文の作成にあたっては、平成3年度文部省科学研究費（課題番号・03229117, 02451016, 研究代表者・吉田光雄、及び、課題番号・03851019, 研究代表者・中村真）の助成を受けた。

引用文献

- Buck, R. (1984). *The communication of emotion*. New York: Guilford Press.
- Buck, R. (1988). *Human motivation and emotion*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Ekman, P. (1972). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. In J. Cole (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation*, 1971 (Vol.19). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Ekman, P. (1973). Cross-cultural studies of facial expression. In P. Ekman (Ed.), *Darwin and facial expression*. New York: Academic Press.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1969). The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, 1, 49-98.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17, 124-129.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1975). *Unmasking the face*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Ellsworth, P. (1982). Conceptual ambiguities. In P. Ekman (Ed.), *Emotion in the human face*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Ellsworth, P. (1982). What emotion categories or dimensions can observers judge from facial behavior? In P. Ekman (Ed.), *Emotion in the human face*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ekman, P., Sorenson, E. R., & Friesen, W. V. (1969). Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science*, 164(3875), 86-88.
- Fehr, B. & Russell, J. A. (1991). The concept of love viewed from a prototype perspective. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 425-438.
- Frijda, N. H. (1986). *The emotions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Izard, C. E., Kagan, J., & Zajonc, R. B. (1985). *Emotions, cognition, and behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Izard, C. E. (1971). *The face of emotion*. New York: Appleton.
- Labov, W. (1973). The boundaries of words and their meanings. In C. J. N. Barley & R. W. Shuy (Eds.), *New ways of analyzing variation in English* (pp.340-373). Washington, DC: Georgetown University Press.
- Lakoff, G. (1973). Hedges: A study in meaning criteria and the logic of fuzzy concepts. *Journal of Philosophical Logic*, 2, 458-508.
- Matsumoto, D. & Ekman, P. *Japanese and Caucasian facial expressions of emotion (JACFEE)*. (Slides provided by the authors).
- 水野雅晴 (1988). *ファジイ理論とその応用*. サイエンス社.

- Osgood, C. E. (1966). Dimensionality of the semantic space for communication via facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology*, 7, 1-30.
- Plutchik, R. (1984). Emotions: A general psychoevolutionary theory. In K. R. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to emotion*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Rosch, E. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4, 328-350.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161-1178.
- Russell, J. A. (1991). In defense of a prototype approach to emotion concepts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 37-47.
- Russell, J. A. & Bullock, M. (1985). Multidimensional scaling of emotional facial expressions: Similarity from preschoolers to adults. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 1290-1298.
- Russell, J. A. & Bullock, M. (1986). Fuzzy concepts and the perception of emotion in facial expressions. *Social Cognition*, 4, 309-341.
- Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion: A component process approach. In K. R. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to emotion*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Schlosberg, H. (1952). The description of facial expressions in terms of two dimensions. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 229-237.
- 菅野道夫 (1989). ファジイ理論の展開. サイエンス社.
- 竹村和久 (1990). 言語的確立表現用語の心理学的研究. 第6回 ファジイシステムシンポジウム論文集, 335-338.
- Tomkins, S. S. (1980). Affect as amplification: Some modifications in theory. In R. Plutchik & H. Kellerman (Eds.), *Emotion: Theory, research and experience*. New York: Academic Press.
- Woodworth, R. S. (1938). *Experimental psychology*. New York: Holt.
- Woodworth, R. S. & Schlosberg, H. (1954). *Experimental psychology*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- 養老孟司 (1989). 唯脳論. 青土社.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zajonc, R. B. (1984). On primacy of affect. In K. R. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to emotion*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.

FUZZY CONCEPTS IN PSYCHOLOGY:
FUZZY CONCEPTS AND THE COGNITION OF EMOTION CATEGORIES.

Makoto NAKAMURA and Mitsuo YOSHIDA

This paper examined fuzzy sets theory and the possibility of its application to psychological studies. Fuzzy sets (Zadeh, 1965) are the expansion of the ordinary sets and membership functions provide us with the new way of defining ambiguous categories or concepts. Because many of the concepts utilized or studied in psychological studies are not properly defined and vague, fuzzy concepts can help clarify some of the traditional issues in psychological studies.

As the examples of psychological studies, we analyzed those on cognition of emotion categories in facial expressions and emotion labels. Russell and Bullock (1986) found that when rating the degree to which facial expressions exemplify emotion categories (or membership of the categories), subjects produced reliably graded responses indicating that individual (even prototypical) expressions belong to more than one category. This further suggested that emotion categories can be adequately viewed as fuzzy sets rather than clear-cut ordinary sets.

Concerning the applicability of fuzzy sets theory to psychological studies, we made following remarks. Comparisons of membership functions among stimuli make it possible to analyze possible subtle and different natures of the stimuli which traditionally belong to a certain category. Dimensions underlying a set of categories can be analyzed in terms of group differences reflecting gender, age, culture of the subjects. Especially, studies on the age related changes of membership functions may be helpful for concepts acquisition studies. In order to promote the application of fuzzy concepts in psychology, further studies are needed to examine the method to analyze the memberships of multidimensional elements because most of psychological concepts are defined in multidimensional spaces.