

1 はじめに

本論文では、ファジィ理論についての記号論的な考察を行う。これによりファジィ集合の特質を捉えようとするものであるが、特にファジィ理論を使ったエキスパートシステムが、どのような過程を経てエキスパートの知識を使っているのかを明らかにしたい。またファジィ真理値と呼ばれるものの持つ意味を、記号論的に考察することによって捉えていきたい。

2 記号論

本章では、記号論で用いられる基本的な概念や用語について、3章以降でファジィ理論を考察する際に重要であると思われるものを取り出し簡単にまとめておく。⁽¹⁾ 記号論においては記号として考えられるものは種々ある。しかしファジィ理論が、日常われわれが用いているあいまいなことばを扱うものであるので、ここでの記号は言語と考える。

2.1 記号過程と諸関係

われわれがものを認識しそれを表現するときに、三つの要素を考えることができる。一つ目は認識主体であり記号を使用する解釈者 (interpreter) である。二つ目はその解釈者によって使用される記号 (sign) である。そして三つ目は記号が指示する対象、すなわち指示対象 (designatum) である。まず解釈者と指示対象があり、解釈者が指示対象を記号化する。この過程が記号過程と呼ばれる。

この三つの関係を表すと図1のようになる。解釈者と記号の関係を表現関係という。記号と指示対象の関係が指示関係であり、記号間関係が形式的関係と呼ばれる。また解釈者によって記号の意味が変わってくるが、その解釈者と記号との表現関係を扱う領域が、記号論における語用論 (pragmatics) と呼ばれる分野である。記号がどの対象を指しているのかという指示関係を扱う領域が意味論 (semantics)、そして記号と記号との形式的関係を扱う領域が構文論 (syntax) である。

前述したように、本論文での検討対象はファジィ理論に関するものであるので、ここでの記号は日常われわれが使っていることば (日本語) とする。またその記号が指示する対象によって、それを個体記号、述語、文と三つに分ける。

2.2 外延 (extension) と内包 (intension)

集合の定義をする場合、一般に外延と内包という二つの方法で行う。本節では指示対象の外延と内包を考える。

(1) 個体記号

指示対象が個別のものを指示する場合、そ

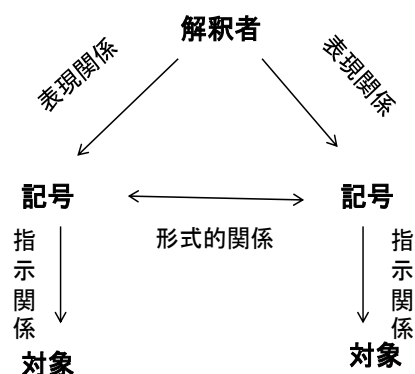


図1 記号過程

の記号は個体記号と呼ばれる。例えば、「安倍晋三」という人物の名前が個体記号である。この個体記号に対応する具体的な人物が、この個体記号が指示するものであり、それが個体記号の外延となる。この場合は安倍晋三という人物そのものである。個体記号の内包は個体概念とか個体性と呼ばれるもので、個体記号が指示する対象を説明したものである。例えば「現在の日本の総理大臣」が個体記号「安倍晋三」の内包と考えられる。

(2) 述語

「A は B である」という文の B にあたるものが述語である。述語の外延は集合として、内包は性質として捉えられる。例えば文「ポチは犬である」において、述語は「犬（である）」である。この述語の外延は、ポチ、シロ、ハチ公といった個体の集合である。内包は、「ワンとなくもの」とか「嬉しいと尻尾を振る動物」というような、犬の性質をあらわすものが考えられよう。述語として個体の組み合わせを考える場合もある。例えば「親子」や「親友」である。「親子」の場合、外延は個体の組、例えば（晋太郎、晋三）、（純一郎、進次郎）であり、内包はその関係を説明したものとなる。

ファジィ理論においては述語として「高い」といった形容詞が用いられる。この場合、形容詞を名詞化して考える。例えば「高い」は「高いもの」となる。全体集合（議論領域）を明確にすれば、「高いもの」は「高い山」や「高い点数」というように指示するものの領域が明確になってくる。「高い山」の外延としては、「エベレスト」や「富士山」が挙げられるだろう。

(3) 文

最後に文の外延と内包を考える。ここでいう文とは真理値、すなわち真偽を決定できるとされる文（命題）のことである。例えば「富士山は世界遺産である」や「日本において5月5日は国民の祝日である」は文であり、その真理値はともに真である。「早稲田大学の創立者は福沢諭吉である」という文は偽である。文の外延とは、この真理値を指す。したがって最初の二つの文の外延は等しい。しかしもちろん、その意味するところは異なっている。この場合の「意味するところ」が事態（state of affairs）と呼ばれる。「富士山は世界遺産である」の事態は富士山が世界遺産であるということである。真理値が真か偽かは次のようにして決まる。すなわち、ある文が指示している事態が事実であるとき、その文は真である。富士山が世界遺産であることと5月5日が国民の祝日であることとはもちろん違う事態を指しているが、文の外延である真理値はともに真である。

さて、ある文が真であるということと、その文が真であることを知ることとを区別する。⁽²⁾ 後者は検証と呼ばれる過程であり、解釈者が関係してくる。また偽であることを知ることが反証と呼ばれる。真か偽かを知ることができない（解釈者が）ときが不確定の状態、要するに真理値がわからないという状態であるとされる。

文の真理値、すなわち外延は意味論にかかわるものである。前述したようにある文が真であるとは、その文の指示対象が事実であるということであり、これは解釈者に依存しないからである。これに対して真であることを知ることが知ろうとする解釈者にかかわることであり、語用論の範疇である。すなわち検証や反証は語用論的概念といえる。「来週、台風が来る」という文は、現在のところ真か偽かを決められない状態であり、「不確定」と呼ばれるあいまいな状態である。この語も語用論的概念である。「不確定」については4章でさらに検討する。

3 ファジィ集合

前章で述べたような記号論的な概念を用いて、ファジィ理論をとらえなおしていきたい。本章ではまず、ファジィ理論の中でファジィ集合と呼ばれる領域についてまとめ、ファジィな語を2章で述べた述語として見直していく。⁽³⁾

3.1 ファジィなことば

ことばのあいまい性と一口で言っても、それはいろいろなタイプがある。あいまいさの原因がことばの多義性ならば、別のことばで言い直すことにより多少はそのあいまいさを減らすことができる。つまり言い直せば相手にその意味しようとする事がわかる場合がある。しかし、「大きい」という述語を厳密に定義することはできない。したがって、どのくらい大きいのかをことばを変えてある程度は説明できたとしても、特に対象が大きいか中くらいか判断が難しいときに厳密に「大きい」とか「大きくない」と区別して言うことは難しい。例えば「(ある人が) 大きい」の定義として、身長が 175 cm 以上と説明する。では 174 cm の人は大きくないとはっきり言いえることができるか。つまり 174 cm の人と 176 cm の人は「大きい人」と「大きくない人」と別の集合に属すると言ってよいのか。大きさに関する違いは別の集合に属するほど明確なのか。ここに「大きい」ということばの本質的なあいまいさ、なくすことのできないあいまいさがある。ファジィ理論で扱うあいまいなことばはこのようなものである。ただし通常は 1 次元的なものに限られ、しかも大きさ (1 次元的、2 次元的、3 次元的)、速さなど計量化でき数値で置き換えられるものである。⁽⁴⁾ つまり「幸福である」といったさまざまな要因によって決定されるようなあいまいさについては扱わない。また 1 次元のあいまいさしか取り扱わないが、「大きい (人)」という述語を身長と体重といったように 1 次元のあいまいさの組み合わせとしての直積を考えて扱うことはできる。

3.2 絶対的な述語と相対的な述語

ファジィな述語を考えた場合、二つのタイプに分けることができると考えられる。絶対的な述語と相対的な述語である。

(1) 絶対的な述語

絶対的な述語としては、例えば「赤い」を考えることができる。全体集合が明確になっていなくても、「赤いリンゴ」「赤いポスト」などと言うことができる。つまり、リンゴがたくさんある中で「この」リンゴについて語らなくても、リンゴが一つだけでも「赤いリンゴ」と言うことができる。ただし前提として、「赤いリンゴ」と言った人とそれを聞いている人が赤以外のほかの色を知っていなければならない。赤であって青や黄色ではないという色の区別ができる、白黒の世界に住んでいるのではない、といった条件が必要である。

(2) 相対的な述語

相対的な述語はファジィ理論においてよく使われるものである。「長い」、「大きい」などが挙げられる。このことばを使う場合、全体集合が明確になっていなければならない。そうすることにより要素どうしを比較することが可能になり、相対的に「長い」「短い」、「大きい」「小さい」がいえようになる。たとえば、「大きい家」と言う場合、全体集合は「家」であ、その対象の家の大きさを他の家と比べているのである。

比較をする場合はあいまいさが消える。相対的な述語を用いた場合、たとえば「X は Y よりも大きい」という命題はファジィな述語が使われているにもかかわらず、そこにあいまいさはない。もちろん X と Y がほとんど同じ場合、測定機械の精度により結果が変わってくるということはあるかもしれない。⁽⁵⁾ この測定能力によるあいまいさは相対的な述語が持つ本来のあいまいさとは違うものである。ちなみに絶対的な述語の場合、「X は Y よりも赤い」という文は比較をしているが、より赤いかどうかの判定に関して相変わらずあいまいさは存在している。

3.3 メンバーシップ関数

ファジィな述語の持つこういったあいまいさを、メンバーシップ関数 (MF) を用いて表す。たとえば「高い (人)」の MF は、身長と高い度合いを関数として表す。ただし「高い (人)」というファジィ集合を、MF を与えて定義するのではない。先に MF を作り、その関数に「若い」という名前をつける。いろいろな関数があり、それぞれに「高い」とか「中くらい」、あるいは「すごく高い」と言った名をつける。したがって関数の中には名前が付いていないものも当然ある。関数の形は無限に考えられるが、すべてに名前をつけずにある程度のあいまいさをことばに残すのは、思考時間の短縮になるからである。すべてを厳密に考えていたら思考は進まない。⁽⁶⁾ 確かにそうかもしれないが、はじめにことばがあり、それを MF で表すという手順どおり、実際にはファジィ集合の定義を MF によって定義していると考えてここでは特に問題ないだろう。

3.4 ファジィ理論における内包と外延について

述語としての机を考える。「机」はクリस्प集合 (あいまいさのない、外延を挙げることでできる集合。机と机でないものの境界がはっきりしている集合) であると通常は考えるが、机と判断してよいか迷う場合があるのでファジィな述語であるとも考えることもできる。また、人によってある対象が机であると判断するかが異なる場合があるという点からもファジィな述語であるともいえる。そもそも机の内包、すなわち机がなんであるかの定義があいまいであるから、机かどうか迷う場合が起きてくるのである。われわれは机のそのようなあいまいな属性、すなわち内包をもとに、対象が机という集合の外延としてよいかどうかを判断する。

一方、ある国が ASEAN に加盟している国の集合の外延であるかどうかは明確である。すなわちこの集合は、机の集合とは違ってクリस्प集合であると明言できる。クリस्प集合の場合の定義は、内包または外延によってなされる。

$A = \{ x \mid x \text{ 国は ASEAN に加盟している} \}$

これは A という集合を内包的に定義したものである。この定義にしたがって x 国が A という集合に入るかどうか決定される。それは (日時を決定すれば) 明確に決まる。

外延的定義をすると次のようになる。

$A = \{ \text{インドネシア、カンボジア、ラオス} \dots \}$

クリस्प集合の定義はこのように内包や外延を使って表すことができる。この場合の A は特に名づけられていないが、「ASEAN 加盟国」という名前でもよいし (これだと内包とほ

とんど同じだが)、「アセカコク」という名前をつけて呼ぶことも可能である。

菅野は定義の方法として置換と還元があると述べている。⁽⁷⁾ すなわち、次に述べるような二つの方法である。

① $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \dots (\rightarrow A)$

② a,b,c の組み合わせ

①は辞書的な定義といえよう。アセアン $\rightarrow$ ASEAN $\rightarrow$ Association of Southeast Asian Nations $\rightarrow$ 東南アジア諸国連合 $\rightarrow \dots$ といったような定義の方法である。①の場合、別の一般名で言い換える場合もあるし、またそのものの持つ性質(属性)を用いて言い換える場合もある。菅野が挙げているように「本」を「書籍」で言い換える場合もあるし、また机の定義を「物を書いたり何か作業をしたりするときに用いる、通常は足のついた台」と内包を用いることもできる。

②は外延で定義する方法である。集合の要素を考えて、それを列挙する。前述したように ASEAN に加盟している国名を一つずつ挙げていけばよい。ある要素 x が集合 S に入るかどうかは、すなわち x が S の外延になるかはその述語の意味、すなわち前章で述語の性質とした内包を考えて決定される。

一方、MF によって定義されるファジィ集合の内包・外延はどう考えればよいのだろうか。まず、ファジィ集合は上記②のような外延的定義ができない。外延的な定義をするには、ASEAN 加盟国のようにその集合に含まれるか含まれないかが明確になっていないといけませんが、それができたらもちろんそれはクリस्प集合であり、ファジィ集合ではないことになるからだ。

①による定義は内包を用いればよいので可能である。しかしその場合、クリस्प集合の場合よりも言い換えが多い、またはあいまいなままになる。たとえば「机」も厳密に言えばあいまいな部分があることばであるが、前述したような定義で、完全に理解できなくてもそれなりの理解は可能になる。しかし「小さい」という述語の内包的定義は難しい。いろいろなことばで言い直す必要がある。述語のあいまいさが大きくなればなるほど、その定義をするのは大変になるだろう。そのもとものことばの持つ性質(属性)のあいまいさを言い換えが大変なことばではなく、MFで行うのがファジィ集合の定義の方法である。

次に、クリस्प集合とファジィ集合の内包的な定義の違いについて見てみたい。クリस्प集合の場合、内包的な定義で用いられた性質についてはそれ以上問わない。シンプルな言い換えで終わる。一方のファジィ集合は、性質の意味内容をさらに問題にする。内包で用いた述語の性質をさらに考えるということだ。ファジィであってもクリस्पであっても内包で定義することはできる。「机」ということばはクリस्प集合として考えることもできるが、同時にファジィ集合としても考えることが可能である。しかし、内包で定義したときに出てくる性質を問うかどうか異なる。クリस्प集合では「小さい」という説明でそれ以上は考えないが、「小さい」でいったい何を意味しようとしているのか、その度合いをどう考えるかといったことまで問題にするのがファジィ集合である。

さて、絶対的な述語と相対的な述語では何か違うところがあるだろうか。相対的な述語はあいまいな述語であっても、基準の話をするれば内包的な説明がしやすい。たとえば、日本人の平均身長がどのくらいであるとか、日本で一番高い山の高さがどのくらいであるか

といったことを基準として考えればよい。その基準をもとに大きいとか高いと言えよ。しかし絶対的な述語はそういった基準を考えることができないので、内包がさらにあいまいに、すなわち説明が複雑になる可能性がある。

本節の最後に、性質と集合を分ける必要性について述べる。菅野は、偶数を例に挙げて「偶数という性質」が「偶数からなる集合」と同じであるといっているが、⁽⁸⁾ 性質と集合は必ずしも同じにはならない。たしかに偶数の場合は、「偶数という性質」を満たすものが「偶数からなる集合」の外延と同じだが、すべての場合に当てはまるわけではない。たとえば ASEAN 加盟国の集合は、内包は変わらなくても外延は変わる可能性があるからである。実際に、当初の加盟国の集合の外延としては 5 カ国だったが、現在は 10 カ国となっている。したがって、性質と集合は区別する必要があるということだ。⁽⁹⁾

ではファジィ集合の場合はどうだろうか。ファジィ集合は外延で定義することはできない。性質と集合を分ける必要性は、上述のように二つの集合が同一になったり包含関係になったりする可能性があるからである。しかし二つの集合ともに、各々それ以外の集合(補集合)との境界があいまいである。もちろん二つの集合同士の境界もあいまいであるから、そもそも同一であることも包含関係であることも明白ではない。したがって内包だけの定義で十分であり、性質と集合を分けることを考慮する必要はないといえる。

4 ファジィ真理値

ファジィ集合論に対してファジィ測度論と呼ばれる分野がある。ファジィ集合は要素ははっきりしているが、その要素が含まれるべき領域がどこからどこまでなのかがあいまいな場合の理論である。一方のファジィ測度論は要素があいまいで、しかしそれが含まれるべき領域は明確な場合の理論である。たとえば身長 170 cm の A さんが「大きい人」の集合に入るかどうかは前者の問題であり、サイコロを振ってどの目が出るかわからないというあいまいさが後者の問題になる。ただし確率ではなく可能性としてとらえられている。⁽¹⁹⁾

前章では述語についてみたが、この章では文について検討する。2.2 で述べたように文の外延である真理値は、事態が現実是否存在するか否かで決定される。すなわち事態が存在していたら真、存在していなかったら偽である。これは解釈者によらないので意味論的概念である。また、真か偽かわからないという不確定の状態というものは、解釈者による問題であるので語用論の属するということもすでに述べた。では、ファジィな述語が含まれるときの真理値はどのように考えればよいのであろうか。ファジィな述語は MF によって定義されるが、それは解釈者によって異なる。その場合でも意味論の範疇と考えてよいのであろうか。

4.1 数値的真理値とファジィ真理値

真理値を考えた場合、それは文の外延であり、真とは文が指示している事態が事実であるということであった。しかし日常では真か偽かを決められないことも多い。多値論理における真理値はそこを考えたものである。

「A は B である」という文の真と偽との間には、真か偽かわからないという状態がある。ウカシェーヴィチはそこに $1/2 = 0.5$ という数値を当てはめた。真偽を決められない不確定

(indeterminate) の状態を意味している。真の可能性もあるし偽の可能性もあるという状態である。

真の場合に 1、偽なら 0、そして不確定の状態なら 0.5 という数値で真理値を表現する場合の真理値を、数値的真理値と呼ぶ。数値ではなく、日常使っていることばを用いて表現するのがファジィ真理値である。たとえば数値的真理値では 0.8 などと表現するが、ファジィ真理値では「やや真」とか「とても偽」と表現する。

4.2 あいまいな真理値とあいまいな述語の意味すること

「箱根山は高い山だ」この可能性は 0.8 である。これはいったい何を言おうとしているのか。この 0.8 という数値は何を意味しているのか。箱根山が高い山である可能性が 0.8、つまりたぶん高い山であろうという判断であろう。なぜ 1 ではないのかというと、箱根山の高さについて十分な知識を持ち合わせていないからだと考えられる。もし箱根山の高い度合いが 0.4 なら、「箱根山は高い山だ」という文は偽か。真の可能性が 0.4 ということか。そうではない。情報量の不足と述語のあいまいさは関係ないのではないか。本節ではこのような情報と真理値について考えていく。

上記の文を真理値を考慮して書き直してみる。〈「箱根山は高い山だ」は真〉で、この可能性が 0.8 とする。このとき、高い山である可能性が高い、つまり高い気がするということ、〈「箱根山は高い山だ」は偽〉の可能性は 0.8 とすれば、高い山ではない可能性が高い、だから高くないだろうと思っていると理解できる。まとめたものを以下に示す。

〈「檜ヶ岳は高い山だ」は真〉この可能性は 0.9 (高いはずだ)

〈「檜ヶ岳は高い山だ」は偽〉この可能性は 0.1 (高くない (→偽) はずがない = 高いはず)

〈「檜ヶ岳は低い山だ」は真〉この可能性は 0.1 (低いはずがない)

〈「檜ヶ岳は低い山だ」は偽〉この可能性は 0.9 (高いはずだ)

檜ヶ岳が高いことは多くの人が知っているが、箱根山はどうだろうか。もし箱根山について知らなければ 0.8 とか 0.3 とか言えないのではないか。

〈「箱根山は高い山だ」は真〉この可能性は 0.5 (箱根山って知らない…)

〈「箱根山は高い山だ」は偽〉この可能性は 0.5 (箱根山って知らない…)

箱根山が高いかどうか判断するためには、すなわち真理値を知るためには、箱根山だけでなく高いかどうかを比較するための (相対的述語だから) 他の山の高さの情報が必要である。完全に山々やそれらの高さに関する情報を揃えられないので、可能性で語る。それは山の「高い」度合いではなく、高いか低いかに関する不確定な状況における確信度と言えよう。これは文に関するものである。〈「この山は高い」が真〉の可能性が 0.9 としたとき、この山の高さの度合いが 0.9 で「この山は高い」、とは言えない。高さの度合いは述語に関することである。

さて次にファジィ真理値を考えてみる。「とても真」というファジィ真理値が意味するのは「絶対あつて！」ということだろう。〈「これはバラだ」がとても真〉は絶対にバラだ！と思っているということだ。少なくとも普通はそのように理解する。

真かどうか判断するには、判断しようとする事態をまず認識する。絶対あつて！と思

うかは人により違う。ある人にとってはバラには見えないかもしれない。そもそも遠くに見えている花だったら、見間違えている可能性もあるだろう。本当にバラであるかどうか、すなわち「これはバラだ」という文の真理値とこのファジィ真理値とは関係ないのではないか。

真であることを知ることが検証、偽であることを知ることが反証、そしてまだわからないという状態が不確定である。まだわからないのは情報がないからで語用論的あいまいさであるが、検証も反証も情報を集めてなされることである。確実な情報が増えればあいまいさは減り、検証もしくは反証される。本節のタイトルにある「あいまいな真理値」という表現は実はおかしい。真理値のあいまいさではなく、真理値を知ることのあいまいさである。真理値のあいまいさを情報の確からしさと結びつけるのではなく、真理値を知ることのあいまいさを考えなければならない。情報（源）が不確かならば真理値を知ること（真か偽を知ること）、すなわち確証度は下がる。かといって反証されたわけではない。

十分な情報のもと、確実に検証されれば真となる。したがって、

〈「槍ヶ岳は高い山だ」は真〉この可能性は 0.8

という表現を用いたがこれは正しい表現ではないだろう。

〈「槍ヶ岳は高い山だ」は真であることを知ること〉の可能性が 0.8

これならば問題ない表現と言えるだろう。情報不足により検証も反証もされていない不確定な状態としてのファジィ真理値、少なくとも「とても真」という表現に、真であることを知ることができ、あっているというための情報が十分であると理解できる。「明日は雨が降る」絶対そうだ！＝ファジィ真理値「とても真」。なぜなら天気予報でそう言っていたから。「明日は雨が降る」かもしれない＝ファジィ真理値「やや真」。なぜなら猫が顔を洗っていたから。このように情報源や情報量で不確定さの度合いが決まり、不確定さの度合いが小さければ、検証されるまたは反証されるであろうという信念の度合いが大きい。「とても真」というファジィ真理値ならば検証、「とても偽」ならば反証されるであろうという信念の度合いである。しかし真か偽かという問題とは関係ない。実際には「とても真」でも偽の可能性はある。つまり勘違いをしていて、〈「槍ヶ岳は低い山だ」はとても真〉と判断しても、実際には槍ヶ岳は高い山（日本の山の中では）なので、「槍ヶ岳は高い山だ」という文は偽となるからである。

情報に左右されないあいまいさがある。「小さい」の該当する範囲とか、「机」の厳密な定義などである。これらは情報の有無によらないものであり、解釈者によらずに存在するあいまいさであり、意味論の範疇である。次に、こういった述語の持つあいまいさについて考えてみたい。

「リンゴは赤い」は日本語において真とされる。「赤い」はファジィな述語であり、MFで定義することができる。リンゴの赤さがこの MF を使って赤い度合いが 0.8 ならば、「リンゴは赤い」という文の真理値は 0.8 というようになる。対象言語に対するメタ言語を考えると同様に、使う MF によって真理値を考えなければならない。したがって、「リンゴは赤い」は別の MF を用いると真理値が 0.9 になるかもしれない。

以上のように考えてしまいがちだが、誤りがある。0.8 や 0.9 はリンゴの赤さである。「リンゴは赤い」という文の真理値とは関係ない。またリンゴの赤さの度合いは情報量ではなく MF で決まる。MF が決まっていれば、解釈者に関係なく赤さの度合いは同じとなる。

4.3 真理値限定

ところがファジィ論理において、「 x は小さい」の真理値がやや真であるとき、これを「 x はやや小さい」に置き換える。これが真理値限定と呼ばれるものであるが、次にこの真理値限定について考える。

まず「 x は小さい」という文のあいまいさがどこにあるか考えると、「小さい」という述語があいまいであるところにある。人により「小さい」が意味する範囲が異なる（語用論の問題）。一方、「やや真」というファジィ真理値は前節で述べたように情報の確かさによるものと考えられる（これも語用論の問題）。文の真理値を知ろうとすると、指示対象 x の大きさに関する情報を集める。そして得られた情報の量や情報源の信頼度により、この文の意味内容に対する信頼度も変わってくる。それを反映したものが「やや真」というファジィ真理値の表現になる。日本語の表現としては少なくともそのように考えてしまう。つまり、「小さい」と「やや真」のあいまいさがどこからくるかが異なっている。したがって、「 x は小さい」を「 x はやや小さい」に置き換える、すなわち真理値を述語に振り替えるのはおかしいのではないか。

真理値限定では、「小さい」の MF の値が m のとき、「やや小さい」の MF の値は $m^{1/2}$ として計算され、「とても小さい」のときには m^2 で計算される。このようにファジィ真理値が述語のあいまいさに反映されるのである。MF の値は $[0,1]$ であるから、「やや小さい」場合は「小さい」よりも大きな値に、「とても小さい」の場合は、より小さい値に修正されることになる。たとえば「小さい」度合いが 0.8 のとき、「やや小さい」は「小さい」度合いがおよそ 0.9 ($=0.8^{1/2}$) になる。

通常「やや小さい」というとき、小ささの度合いが減る、すなわち大きい値に修正されるのは納得がいく。しかし真理値に「やや」とつけた場合（真理値に「やや」とか「とても」をつけることに関しては別の議論だが）、ややあっているということなので、「小さい」の度合いが幅を持つと考えられる。それなのになぜ「やや小さい」に修正され、「とても小さい」の側には偏らないのか。つまり「やや真」を「やや小さい」に置き換えることはできないのではないか。

「小さい」という語の解釈が全員同じであれば、すなわち同じ MF を使うのであれば、小ささの度合いは皆 0.8 になる。「彼女は小さい」という文において、小さい度合いが 0.8 というとき、この 0.8 は述語のあいまいさを数値で置き換えたものであり、文の真理値のあいまいさではない。また文があっているか間違っているかを推測するその判断には関係しない。こちらは情報に関してのあいまいさだからである。真であるか偽であるかを知る前のあいまいさ、不確定さがファジィ真理値として言語化されている。絶対あつて！というのは本人にとってはあいまいな部分はないという表明であり、そのように自分は信じ込んでいるということである。

5 ファジィ推論の記号論的考察

真偽がわからないということは真偽を知ることができないということであり、これは語用論に関わる問題である。本章ではまずこのことについて検討していきたい。

5.1 文のあいまいさと真理値を知ることのあいまいさ

文のあいまいさとは、文の真理値のあいまいさのことではなく文の持つ意味のあいまいさとここでは理解する。具体的には文に含まれるファジィ語によるものである。真理値のあいまいさという表現はおかしくて、「真理値を知ることのあいまいさ」である。これは情報の確からしさによる。そしてそれは真理値が 1 に近いのか 0 に近いかということではない。真か偽のどちらだと思ふかという信念の強さに関わってくるものである。

後者の真理値を知ることにおけるあいまいさ、言い換えると確信度はその文に含まれるファジィ語の影響は受けない。ファジィな述語を含まない文であれば、真か偽かは意味論に関わる問題である。ではファジィな述語を含む場合、どのように考えればよいか。

「真か偽かは解釈者により変わってくる。真 = 1 ではなく $[0,1]$ で表される。したがって語用論の範疇である」。しかしこれまで述べてきたようにそうではない。真理値は真か偽であり、真理値を知ることが $[0,1]$ で表せる。ファジィ真理値ではたとえば「やや真」と表現されるものである。解釈者によって変わるのは文の真理値ではなく真理値を知ることと述語の意味することである。述語に関しては、同じ MF で定義されたものであれば、そのあいまいさは解釈者によらない。

クリスプ集合であれば、3.4 で述べた①,②いずれの定義であっても指示対象がその述語で表される集合に属するかどうかは解釈者によらない。ファジィ集合は解釈者により異なってくる。170 cm の身長の人が「高い」かどうかの判断は解釈者による。では 170cm の人に「高い」という述語を使うのは語用論に属することだろうか。

「大きい」かどうかは見て判断される。見る人によって判断結果は変わってくる。「大きいリンゴ」の集合を考えてみれば、人により紅玉を入れたり入れなかったりするだろう。ヒメリンゴのみ小さいリンゴとするかもしれない。しかし大きいという性質を持つと思われるものに対して「大きい」という述語を使うのは解釈者によらない。したがってこれは意味論の領域と考えられる。また「大きい」の定義をファジィ化、すなわち MF で表した場合、この MF は人によって異なる。しかしその「大きい」の度合いを決められる MF を解釈者が指示対象に対して使うということは、どの解釈者にとっても同じである。さらに「大きい」という述語が解釈者によっていろいろあり、それぞれに「大きい 1」「大きい 2」などと別の名前をつけるとする。その中の一つ「大きい 1」を皆が使うとすれば、すなわち同じ MF で定義された述語を使うとすれば、「大きい 1」と指示対象の関係は解釈者によらず、「大きい 1」の度合いは同じになる。(図 2)

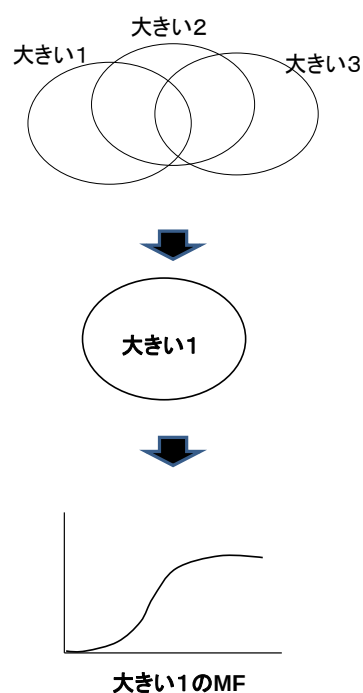


図2 「大きい1」

5.2 ファジィエキスパートシステム

ファジィ理論を用いたエキスパートシステムというものがある。これは熟練者が使っている、いわゆるワザを使ってシステム等の制御をしようとするものである。このときに、熟練者が物理法則に基づいて何か計算を行い、それで制御しているのではない。ワザをそのまま日常使っていることばを用いて、制御するためのルールを記述していく。これにより熟練者の知識を使ったシステムができあがる。さて、熟練者の知識を、ファジィ理論を用いてルール化していくときにはどのようなことが行われているのか。

そもそも、たとえば「大きい」という述語と各解釈者との関係はどうなっているのか。この述語はあいまいであるので、解釈者によって意味が少しずつ違う。それを「大きい1」「大きい2」「大きい3」…と表すことにする。ただしそれぞれを用いて解釈者が対象を指示するとき、指示されるものはほとんど同じになるだろう。そこで共通の「大きい」という基準を作る。すなわち共通の基準としてのMFを作成する。基準としては「大きい」の平均値のようなものを考える。それにより対象を指示するのに用いられる述語が一つに決定される。(図3(1))

しかし、エキスパートシステムで用いられる述語はこのようにして決められるわけではない。(図3(2))対象を一番うまく操作できる人、すなわちエキスパートの「大きいx」(図では「大きい3」)が共通の「大きい」として選択される。それをもとにMFを作成し、「大きい」の基準とする。それを使って対象に働きかけるルールが決められていく。

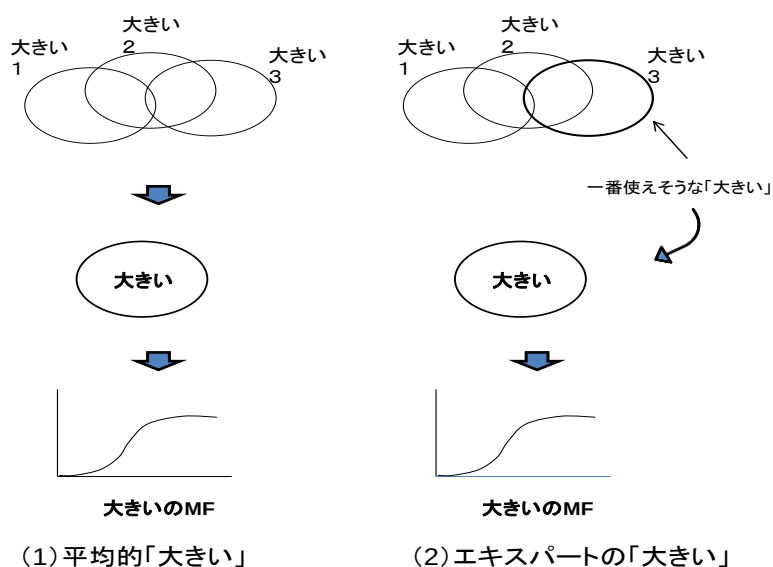


図3 「大きい」の基準

「大きい」ということばで指し示す対象が解釈者毎に違う(語用論)のではなく、そもそも「大きい」の意味が解釈者によって違う。しかし皆が「大きい」という同じことばを使ってしまっているので、指し示す対象が少しずつ違ってくるといことである。「赤い」という述語の例を図4に示す。

それぞれの人が使っている「大きい」ということばの意味はぴったり同じではない。しかしコミュニケーションを図るためにもことばの数は有限である方が都合がよい。そのために「大きい」という一つのことばが使われる。あいまい性を避けるためにMFを用いて

そのことばの共通化を図るが、単に平均的なものを考えるのではなく、エキスパートシステムの場合はエキスパートの「大きい」が採用されるのである。

6 おわりに

本論文ではファジィ理論の様々な特質について、記号論という観点からとらえなおしてみた。特に、意味論と語用論という観点から整理しなおしてみることにより、ファジィ真理値と文のあいまいさとの関係が明確にできたのではないかと思う。ファジィ真理値が何を目的として考え出されたのかについての研究が不十分であるため、もしかしたらたとえば「やや真」の意味することを、本論文に書いたように単純に解釈してはいけなかった可能性がある。それについては今後の課題としていきたい。

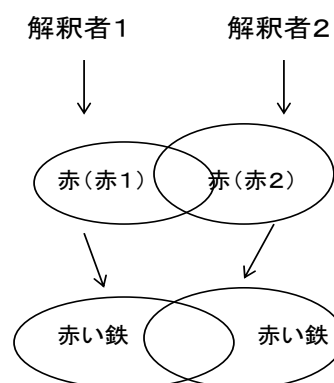


図4 「赤い」

注

- (1) 大窪・和田 I 章、永井(1986) II 章などによる。
- (2) 大窪・和田 p.12
- (3) ファジィ理論については、おもに参考文献(4)をもとにまとめた。
- (4) 菅野 p.4
- (5) オルストン p.167
- (6) 菅野 p.83
- (7) 菅野 p.69
- (8) 菅野 p.212
- (9) 大窪・和田 p.10、永井(1986)、永井(1984)など
- (10) マクニール・フライバーガー p.108

参考文献

- (1) 大窪・和田編著『21世紀の論理』八千代出版(2007)
- (2) 永井成男『科学と論理』河出書房新社(1986)
- (3) 永井成男『認識と価値』早稲田大学出版部(1984)
- (4) 菅野道夫『ファジィ理論の展開』サイエンス社(1989)
- (5) マクニール、フライバーガー『ファジィ・ロジック』新曜社(1995)(McNeill & Freiburger “Fuzzy Logic” Simon and Schuster 1993)
- (6) オルストン『ことばの哲学』村上陽一郎訳 培風館(1968)(Alston “Philosophy of Language” Prentice-Hall 1964)

(日本大学准教授)