

ファジィ技術の展望

—ファジィ情報処理をめざして—

馬野元秀*



Perspectives of Fuzzy, Technique

—Towards Fuzzy Information Processing—

Key Words : Fuzzy Theory, Fuzzy Information Processing, Fuzzy Control, Linguistic Modelling

1. はじめに

最近、ファジィを組み込んだ家電製品が、新聞やテレビで宣伝されるようになり、「ファジィ」という言葉は多くの人々の知るところとなった。筆者は「ファジィ集合論の応用」に関してずっと研究してきているが、10年くらい前と比べると、隔世の感がある（今やファジィは日本語の名詞である！新しい広辞苑を見よ）。しかし、ファジィという言葉が知られている割には、その実態はまだ知られていない。本稿では、ファジィという技術がどのようなもので、どのような考え方をしているのかについて述べ、最後にごく簡単に筆者の研究について触れる。

2. ファジィ制御

我々は、家電製品で使われている技術を「ファジィ制御」と呼んでおり、「ファジィ理論」のなかでは最も成功した技術の1つであると考えている。まず、この「ファジィ制御」とは何かということについて説明しよう。

我々が何かを制御することを考えてみよう。初めは適当に制御しているが、失敗を重ねていくうちに、いろいろなことが分かってくる。例えば、部屋の温度を決められた温度に保つように制御する場合ならば、

(ルール1)

if 温度がほぼ設定値であるが、
少し上昇中である
then 調整つまみを少し下げる

(ルール2)

if 温度がほぼ設定値であり、
変化もほぼ一定である
then つまみはまあそのままよい

(ルール3)

if 温度が設定値より少し低く、
温度変化がほぼ一定である
then つまみを少し上げる

などが分かってくるであろう（もちろん、実際には、もっと多くのルールが必要である）。そして、これは

E : 設定温度との差

 ΔE : 温度の変化量 ΔU : つまみの操作量

のような変数を考えると、

(ルール1')

if E = ほぼゼロ & ΔE = 正で小さい
then ΔU = 負で小さい

(ルール2')

if E = ほぼゼロ & ΔE = ほぼゼロ
then ΔU = ほぼゼロ

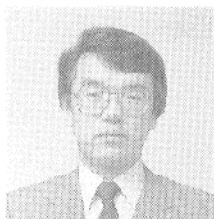
(ルール3')

if E = 負で小さい & ΔE = ほぼゼロ
then ΔU = 正で小さい

のように書き換えることができる。このとき、「ほぼゼロ」、「正で小さい」、「負で小さい」という言葉は我々には十分理解できる（むしろ理解しやすい）が、よく考えてみると問題があることが分かる。要素（例えば、1や2）が

*Motohide UMANO

1951年10月29日生
昭和49年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業、昭和54年基礎工学研究科物理系情報工学分野後期課程修了
現在、大阪大学工学部、精密工学教室、助教授、工学博士、情報工学、
TEL 06-877-5111



「ほぼゼロ」, 「正で小さい」, 「負で小さい」に属するかどうかを考えてみると, yesとnoだけでは判断できない. そこで, 属する度合いを考えて, yesを1にし, noを0にして, 0.7や0.3などのような0と1の中間の値を考えることにする. すると, これらは, 例えば,

ほぼゼロ＝

{0.3/-2, 0.7/-1, 1/0, 0.7/1, 0.3/2}

正で小さい＝

{0.3/0, 0.7/1, 1/2, 0.7/3, 0.3/4}

負で小さい＝

{0.3/-4, 0.7/-3, 1/-2, 0.7/-1, 0.3/0}

と定義することができる(記号/の前が属する度合いの値である). これが「ファジィ集合」と呼ばれるもので, これを使うと境界があいまいな言葉の意味を表現できるようになる.

結局, ルール1～ルール3という部屋の温度を制御する方法は, ルール1'～ルール3'とファジィ集合「ほぼゼロ」, 「正で小さい」, 「負で小さい」により書くことができた.

そして, 今の部屋の温度が分かったときに, つまみをどのくらい動かせばよいかを決める方法を与える必要があるが, ここでは, 次の5つのステップ, すなわち,

- ① 観測値とルールの各条件との一致度を計算する
- ② 条件部全体の一一致度を計算する
- ③ 一致度により結論のファジィ集合に重みを付ける
- ④ 重みを付けた各ルールの結論を結合する
- ⑤ 結合された結論のファジィ集合から1つの値を選び出す

に基づいて行なわれるということだけを記しておこう.

このようなファジィ制御を使った家電製品は, ほとんどの家電メーカーからさまざまなものが発売されている. しかし, 従来, 各社で蓄えてきた様々なノウハウを実現しているため, 同じ製品でも, ファジィ制御を使う部分はかなり異なっている(逆にいうと, どのようなノウハウが使われているかで, 製品の質がかなり異なっている).

さらに, ファジィ制御は家電製品に使われて

いるだけではなくて, より大規模なシステム(例えば, 地下鉄の自動運転や工業用プラントなど)の制御にも使われている.

3. 言語によるモデル化

この世の中の対象をモデル化するには, 対象を観察し, それを数学的に厳密にモデル化して, その数学モデルを調べることにより, 有用な情報や結果を得る方法がある. これは従来の科学的方法であり, もっぱら数式を使うもので, 長い歴史がある. 比較的単純な対象を記述するのに向いており, いったんモデル化できると, 非常に正確で詳細な解析ができる.

一方, 対象を長年実際に取り扱ってきた人間の知識をモデル化して, そこから有用な情報や結果を得る方法がある. この方法は, 人工知能的な(知識工学的な)方法で, 人間の(すばらしい)能力を使って得たものをモデル化するため, 結果的にみて, かなり複雑な対象をモデル化できる(ただし, 人間の能力には片寄りがあるので, すべての複雑な対象をモデル化できる訳ではないし, 数式で書くと簡単なものでも, うまくモデル化できないこともある).

そして, 最近では, 複雑な対象をモデル化する必要が多くなり, 後者の方法が使われるようになってきたというわけである(もちろん, 数式モデルが重要なことは, 変わらない).

ところが, 人間の持っている知識をモデル化しようとしても, 人間の知識は, 言語に基づいていることが多い(言語ですら表現できないものも多い). 実際, 「あのビルは高いですね」と言われれば, すぐに分かるが, 「あるビルは高さが123メートルあります」と言われても, ピンとこない. 人間をモデル化しようとすると言語を使った方がうまく表現できそうである.

しかし, 人間が使う言葉の多くは, ファジィ的である. 特に, 日常レベルでは, ほとんどのものがファジィ的である. 例えば, 「高い」, 「低い」, 「大きい」, 「小さい」, 「長い」, 「短い」, 「暑い」, 「寒い」, 「多い」, 「少ない」, 「美しい」, 「おもしろい」, 「楽しい」などという言葉がその例である. したがって, 人間の知識を表現し, モデル化するには, ファ

ジイな言葉を使わざるを得なくなる。

このように考えてくると、なぜファジィ制御を用いた家電製品が従来のものより賢いのか、理解できると思われる。すなわち、数式だけではうまく表現できない、人間が持っているファジィな知識をファジィ集合を含むルールにより表現し、利用しているからである。

ファジィ理論により、ある程度のあいまいさは、十分に有効であることが分かってきた。うまく使えば有効で、従来の方法ではモデル化できなかったものがモデル化できたり、他によい方法がなくて無理に従来の方法でモデル化していたもの（結果的には、あまりうまくモデル化できていないので、いくら正確に詳細に計算しても、実際のものとは合わない）が、自然な形でモデル化できるようになる。また、モデルが言語で記述されていて、分かりやすいので、作りやすく、修正しやすいという利点もある。

4. ファジィと情報処理

さて、筆者はファジィ集合論と情報処理のはざままで研究を行なってきた。具体的には、ファジィ集合処理システム、ファジィ・データベース、ファジィ・プロダクション・システム、ファジィ Prolog、ファジィ制御用シミュレータ、ファジィ・エキスパート・システム、日本語質問応答システムなどをコンピュータ上に作成してきた。このなかには、かなり使えそうなものから、まったくの試作システムまでさまざまな段階のものがある。そのうちに、これらを統合して、人間のように賢いコンピュータを作るのが夢である（実現するかどうかはともかく、大きな目標を持つというのは非常に大切なことである）。

従来のプログラムは、ファジィ的なものはすべて排除し、詳細まできちんと定義している。しかし、対象によっては、ファジィなままでも、十分なことがある。例えば、データベースにおいては、質問がファジィであっても十分に使える。むしろ、ファジィな質問の方が、幅のあるデータを度合い付きで検索できるので、柔軟で使いやすいとも言える。さらに、データがファジィなデータベースなどは非常に有用で、応用

範囲を広げるものと思われる。

また、ファジィ制御はルールをファジィ化したものを使っている。この意味で、ルールに基づくプログラミングの方法（プログラミング・パラダイム）は、ファジィによく合っているのかもしれない。それでは、他にもファジィとうまく合うパラダイムはあるのか。もっと広く、ファジィな情報を処理するためのパラダイムとしては、どのようなものが最適なのか。ここから、新たな分野が開ける可能性があるように思われる（ENIACの時代に、現在のCやPrologのような言語を想像できただろうか？）。

また、ファジィな情報を超高速に処理できるコンピュータが必要になるだろう。それはどのようなものであろうか。現在のコンピュータの延長線上にあるのだろうか。それとも、まったく新しいアーキテクチャを考える必要があるのだろうか。また、このようなコンピュータのオペレーティング・システムはどのようなものであるべきか。これはファジィ・コンピュータの研究分野である。

さらに、このようなファジィ・コンピュータを使って、人間の知恵にどこまでせまれるであろうか。これはファジィ人口知能の問題である。これらファジィ情報処理とでも呼べる分野（図1参照）の研究は、まだ、ほとんど端緒に着いたばかりである。何も研究されていない。多くの研究分野が残っている。



図1 ファジィ情報処理

5. おわりに

現在のところ、情報処理の研究者・技術者で、ファジィ理論に興味を持っている者の人数はあまりに多くない。本稿が、1人でも多くの方がファジィ理論に興味を持つきっかけになれば幸いである。