

東北数学教育学会年報

1994 3. 31 第25号

## 情報化社会に対応した教育内容の研究(2) —ファジィ理論の教材化の試み—

守屋誠司  
山形大学

協力者：佐々木ひとみ  
(平成5年度山形大学教育学部4年次生)

### 1. 研究の目的

今世紀初頭に起きたペリー運動にみられたように、産業革命から続く社会の発展と数学それ自身の発展は、数学教育の内容に多大な影響を及ぼした。この歴史的教訓からすれば、今後、情報化社会が益々進展していく中で、学校教育も変化していくことは十分予想できることであり、それはむしろ当然のこととも考えられる。従って、今日及び将来の情報化社会に対応する数学教育を主要なテーマとする研究の必要性はさらに高まるべきであろう。

情報化社会の担い手であるコンピュータの数学教育での利用研究は、従来から多く行われてきた。しかし、その研究内容を検討すると、現行の教育内容を如何に効率よく指導するかという、教育方法の一手段としての研究が多くを占めている。つまり、情報化社会の恩恵としては情報のノイズの少ない伝達手段という側面が強調されていたのである。そのために、今日の情報化社会は教育内容へも影響を及ぼすという立場で、パソコンを利用する新たな教育内容を構築しようという試みは、横地のプログラム電卓の教育利用等<sup>12)</sup>や佐伯の「ふくらまし教材」<sup>3)</sup>にみられるものの、パソコン利用の研究全体の中では少なかった。

教育方法と教育内容とは切り離せないものである。従って、今後の研究では、現代化において新教材を導入した

が失敗したという経緯も反省しながら、改めて情報化社会に対応する教育内容を検討する必要がある。

この考えに立ち筆者は、中学校の課題学習、または、選択教科の数学で指導される教材の開発を試みている。これまでに、Prolog言語を利用した論理の指導<sup>4)</sup>、変換の考えに基づいたフラクタルの指導<sup>5)</sup>を試みてきた。これらの教材は、指導時間として5時間程度、社会や自然事象を扱う内容で、読み切り小説的にまとまる数学を指向している。もちろん、パソコンは様々な利用される。この研究の一環として、本稿では、ファジィ理論に注目し、

- ①中学生を対象にしたファジィ制御の教材化を行う。
  - ②教育実験を通し、そこから得られた生徒の反応から、ファジィ理論の指導の可能性について探る。
- ことを目的とした。

### 2. ファジィ理論と推論、制御

ファジィ理論とは、1965年にザデー(L. A. Zadeh)が提唱したファジィ集合論に始まる新しい数学である。しかし、理論の実用化は急速に進み、今日では、家庭電化製品を初めとして様々な機械の中に組み込まれ、ファジィ制御として応用されている。

ファジィとは、一般には「あいまい」と訳されるが、ファジィ理論自身が曖昧であるのではなく、その理論で「曖

味さ] 自身を数学の対象とできるという理論である。この様な理論が必要になった背景には次のことがあったと言われている<sup>6)</sup>。

1) 現代の科学技術が取り扱うべき対象が巨大化してきて、すべてのことを細部にわたって厳密に間違いなく定義することが困難になってきた。従って、大規模で複雑なシステムを大雑把に、そして大局的に把握して取り扱う理論が必要になってきた。

2) 取り扱うべき対象の数学的性質が良く分かっていない場合には、従来の科学技術のアプローチでは役に立たない。従って、定性的な性質はわかっているが、厳密な数学的モデルが構築できないようなシステムを取り扱うための理論が必要になった。

3) コンピュータと人間との良きインターフェース、また、人間の知識をコンピュータに理解させるには、従来の2値論理に基づくコンピュータの推論では役立たない。従って、言葉にまつわりつくあいまいさ、主観によるあいまいさをうまく取り扱える論理が必要になった。

以上のように、ファジィ理論は正に情報化社会に対応するために生まれた数学であることが分かる。ファジィ理論の詳細は専門書に譲り、ここでは本稿に直接関係する部分を簡単に紹介しておく。

#### 1) ファジィ命題、論理

真と偽の間の真理値を0と1の間の実数で表した命題をファジィ命題という。ファジィ命題を扱う論理を一般にファジィ論理という。

#### 2) ファジィ集合

対象領域  $X$  が与えられたとき、 $X$  の各元  $x$  に対し、'  $x$  が  $A$  に属する' がファジィ命題ならば、 $A$  は  $X$  上のファジィ集合という。

#### 3) メンバシップ関数

対象領域  $X$  の上のファジィ集合  $A$  が与えられたとき、対象  $x$  を  $x \in A$  の真理値に対応させる対応を  $\mu_A$  で表し、これをメンバシップ関数という。これは、 $x$  がファジィ集合  $A$  に所属している度合が  $\mu_A(x)$  であることを示す。

メンバシップ関数の決め方は、ファジィ集合を使いたい人の主観に基づいて決めてよく、客観的に決める方法はないために自由性があり人間の知識や主観、気持ちなどを表現することができる。計算の行い易さから本プランでは、この関数を折れ線で近似している。

#### 4) ファジー推論

ファジィ推論とは、ファジィ関係  $A \rightarrow B$  が分かっている場合、事実としてファジィ集合が  $A'$  として与えられると結論としてファジィ集合  $B'$  が得られる、推論である。機械を制御する場合には、 $A'$  の代わりに一つの  $a_0 \in X$  が与えられ、ファジィ推論の結果一つの値  $b_0$  をみいだすという脱ファジィ化を行う必要がある。

ルール  $A \rightarrow B$  において、事実を  $a_0 \in X$  とするとき、ルールの前件部  $A$  と事実  $a_0$  の一致度  $\alpha$  を  $\alpha = \mu_A(a_0)$  とする。この  $\alpha$  で後件部  $B$  のメンバシップ関数の頭をカットし、カットされて残った面積の中心等を取って  $b_0$  とする。ルールがいくつもある場合は、同様な方法で後件の頭をカットし各  $B'$  を求め、それらの和集合を求めた後で脱ファジィ化を行う(指導案参照)。ファジィ制御で実用として用いられているファジィ推論は、この方法に基づくものがほとんどであるという。

### 3. ファジィ理論の教育的意義

前節で述べたようにファジィ理論が生まれてきた背景から、この理論は情



報化社会に対応した数学の一つであることが分かる。実際に広く応用されている状況を見るならば、学校教育でこの数学を完全に無視することはできないのであるが、さらに、現行の学校数学との関わりの中で、次のような教育的意義をファジィ理論にみいだすことができよう。

#### 1) 2値論理の発展としての数学

この場合は、金谷<sup>8)</sup>や鈴木<sup>9)</sup>にみられるように、2値論理との違いや集合など数学的構造の指導という側面が強調される教育内容となる。これは、高等学校の内容としては適当と思われる。しかし、本稿では対象を中学生に限定している。そこで、集合には深入りせず、ファジィ理論の実用的な側面に中心を置き、中学校段階では、後に学ぶであろうファジィ理論に対する素養を身に付けることが目的になる。

#### 2) 社会で利用されている数学的仕組みを探るための数学。

生徒の身の回りにおいて数学が機械の中にソフトウェアとして組み込まれ、しかもそれが重要な判断を行っているという場合が、情報化社会では益々多くなると予想される。ブラックボックス化している機器の仕組みの中の数学的内容を取り上げ、解析することでその仕組みを知り、また、新たな数学と出会う中で数学の社会での有用性を生徒に理解させたい。ファジィ理論は、情報化社会を生徒が正しく認識するた

めに数学科として貢献できる内容の一つであると考えられる。

#### 3) 一次関数の応用としての数学

本プランではメンバーシップ関数を折れ線で表現している。そのために、推論結果を求める過程は、連立方程式の解法、多角形の求積を含んだ一次関数の応用場面となりうる。中学生には、ファジィ理論を独立に指導するのではなく、既習の一次関数との関連を重視し、その応用として導入することが、生徒の理解しやすさやカリキュラム上からも無理のかからない方法だと考える。このような一次関数の利用は、生徒の興味を引くものと考えられる。

### 4. 教育実験

#### 1) 実験の目的

- ①教材化されたファジィ理論を、どの程度生徒が理解できるか把握する。
- ②今後、ファジィの教材化を行うとき、どのようなことが問題点となるかを考察する。

#### 2) 実験方法

- ①実施日：1993年12月25日
- ②被験者：Y大学附属中学校2年男子2人。学校の授業で2値論理に基づく推論、逆の問題などを学習済みである。
- ③方法：佐々木が実験者になり、中学2年生2名に45分単位で4時間、授業形式で実験を行った。指導案は以下である。

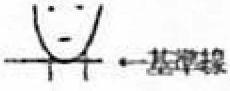
ファジィ理論の指導案

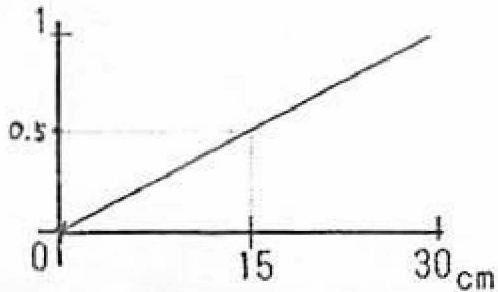
第1時間目 ファジィとは

1 目標

- ・ファジィという言葉の意味を考え、2値論理とファジィ論理の違いを理解する。
- ・メンバーシップ関数の決め方を理解する。

2 過程

| 学習活動                                                                                                        | 主な発問 (○)・指示 (△)                                                                            | 指導上の留意点 (◎)・生徒の反応 (●)                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 ファジィという言葉の意味を考える<br>・生徒の興味を引く導入                                                                           | ○ファジィが使われている製品がありますがファジィという言葉の意味を知っていますか<br>△英和辞典で調べてみましょう                                 | ◎最初にファジィが使われている製品のパンフレットなどを用いて興味をもたせる<br>●言葉は知っているけれど意味は知らない<br>●fuzzy: けぼのような・産毛の・はやけたあいまいとなる                                                           |
| 2 ファジィ論理と2値論理の違いを理解することができる<br>・yesかnoかで答える事ができる2値論理について理解する                                                | ○ファジィの考えがどのようなものであるか考えてみましょう<br>○あなたは眼鏡をかけていますか                                            | ◎はいかいいえで答えさせ、yesかnoかで答えられることに着目させる (ファジィ論理との比較)                                                                                                          |
| このようにyesかnoかで答えられることを2値論理という                                                                                |                                                                                            |                                                                                                                                                          |
| ・ファジィ論理の導入                                                                                                  | ○あなたは髪の毛が長いですか<br>・クラスで1番長い子<br>・ショートカットの子<br><br>・中間くらいの長さの子                              | ◎実際に、3種類の髪の毛の長さの子を前に出して比較する<br>●はい<br>●いいえ<br>◎ここではまだyesかnoかで答えられる事に気づかせる<br>●はっきり答えられない                                                                 |
| yesかnoかで答えられないことをファジィという                                                                                    |                                                                                            |                                                                                                                                                          |
| 3 メンバーシップ関数の決め方を理解する<br> | ○(中間くらいの長さの子について)どの程度長いか考えて見よう<br>△0と1の基準を決めよう                                             | ◎yes=1, no=0で表す<br>1-"髪の毛が長い"に完全に所属している<br>0-"髪の毛が長い"に全く所属していない<br><br>◎自分達で基準が決められることに着目する<br>●1-線のところより20cm以上長い子<br>0-線のところより短い子                       |
| ・メンバーシップ関数を決める                                                                                              | ○1と0の間の長さの子についてはどうなりますか<br><br>△プリントにそれを記入して、そのほかの値についても同様に考え記入してください<br>○どの様にかくと分かりやすいですか | ◎線のところから15cmの子が何%くらい"髪が長い"に所属するか考えさせる<br>●だいたい50%くらい<br>0と1の間に置き換えると0.5となる<br>◎数字はすべて自分達で考えて決めて良いことに着目させる<br><br>●直線だと分かりやすい<br>◎今後メンバーシップ関数を直線で表すよう統一する |
| ある事柄についてどの程度所属しているか0~1の値で表したものをメンバーシップ関数という                                                                 |                                                                                            |                                                                                                                                                          |
| 4 理解できたか、練習問題を出して考えさせる                                                                                      | △次の問題をファジィで表してみましょう                                                                        | ◎第3時間目のために、布量、布質、時間、水流の強さを問題にする                                                                                                                          |





第2時間目 ファジィ推論とファジィコントロール

1 目標

ファジィ推論を理解し、ファジィコントロールがどのような考え方をもっているか理解する。

2 過程

| 学習活動                             | 主な発問 (○)・指示 (△)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 指導上の留意点 (◎)・生徒の反応 (●)                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 推論を理解する                        | <p>○次の2つの文から、何か分かることはありますか<br/>                     (i)人間ならば死ぬ<br/>                     (ii)孔子は人間である</p> <p>○このように既に分かっていることから未知の答えを考えることを推論といいます</p> <p>○さっきの推論を記号で表すと次のようになります</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                     規則: If x is A then x is B<br/>                     事実: a is A<br/>                     結論: a is B                 </div> | <p>●(iii)孔子は死ぬ</p> <p>◎(i)を規則、(ii)を事実、(iii)を結論という</p>                                                                                                                                                                 |
| 2 ファジィ推論を理解する<br>・一般的な推論と比較して考える | <p>△次の推論を試みよう</p> <p>規則: 健康な人は長生きする<br/>                     事実: 孔子は非常に健康である</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                     結論: ???                 </div> <p>○さっきの推論とどこが違うだろうか<br/>                     ○等しくないのになぜこのような結論が出たのですか</p> <p>○このような推論をファジィ推論といいます</p>                                                                                        | <p>●予想される答え<br/>                     結論: 孔子はかなり長生きするだろう</p> <p>●”健康”と”非常に健康”は等しくないのに結論を出している</p> <p>●似通っているのでこのような結論を考えることができる</p> <p>◎日常的に私たちが行っていることに気づかせる</p> <p>◎人間が行っているこのような日常的推論をファジィを用いてまねることが出来ることに注目させる</p> |
| ・練習問題をする<br>・定式化する               | <p>△(プリントを配布)プリントの問題をやってください</p> <p>○ファジィ推論を形式で表してみよう</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                     規則: If x is A then x is B<br/>                     事実: a is A'<br/>                     結論: a is B'                 </div>                                                                                                                          | <p>◎どの程度理解できているのか把握する</p> <p>◎ファジィコントロールへ向けての準備となるので、しっかり理解させる</p>                                                                                                                                                    |
| 3 ファジィコントロールの利点について理解する          | <p>○ファジィ推論を使って行うのが、ファジィ洗濯機などで使われているファジィコントロールである</p> <p>○洗濯するとき何に注意しますか</p> <p>○そのように洗うには何が分かり、どの様な洗い方をすればいいですか</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>◎ファジィコントロールへの導入へとつなげる</p> <p>●予想される答え<br/>                     ・水・洗剤の無駄を少なく洗う<br/>                     ・布傷みを少なく洗う<br/>                     ・洗い残し、洗いすぎを少なく洗う</p> <p>◎布量・布質・汚れなどが分かりそれらの度合に応じた洗い方を洗濯できればよい</p>       |
| 4 ファジィコントロールがどの様に行われているか理解する     | <p>○ファジィコントロールがどの様に行われているか考えてみましょう(ファジィ洗濯機)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>◎流れ図により、どの様な仕組みになっているか理解させる</p> <p>◎パンフレットなどを用いて興味をもたせる</p>                                                                                                                                                        |

ファジィコントロールはそれぞれの条件について幅広く考えて最適な条件を選択することができる

ファジィ全自動洗濯機概要 (廣田(1991), p. 169より)

第3・4時間目 ファジィコントロール

1 目標

ファジィコントロールにおいて、ファジィ推論がどのように使われているか理解する

2 過程

| 学習活動                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 主な発問 (○)・指示 (△)                                                                                 | 指導上の留意点 (◎)・生徒の反応 (●)                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----|-----------|--|--|-----|----|----|-----|----|----|---|-----|----|---|------|---|---|----|----|---|----|---|---|----|----|---|------|---|
| 1 簡単なファジィコントロールを考える                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ○簡単なファジィコントロールを考えてみましょう                                                                         | ◎第1時の練習問題で求めた、布量・布質・時間・水流のメンバーシップ関数を使う                                                                                                                                                                                                                                                               |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="3">(1) 布量と時間</td> <td colspan="3">(2) 布質と水流</td> </tr> <tr> <th>ルール</th> <th>布量</th> <th>時間</th> <th>ルール</th> <th>布質</th> <th>水流</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>少ない</td> <td>短い</td> <td>1</td> <td>しなやか</td> <td>弱</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>普通</td> <td>普通</td> <td>2</td> <td>普通</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>多い</td> <td>長い</td> <td>3</td> <td>ゴワゴワ</td> <td>強</td> </tr> </table> <p>表1 ファジィ推論のルール</p> |                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (1) 布量と時間 |      |    | (2) 布質と水流 |  |  | ルール | 布量 | 時間 | ルール | 布質 | 水流 | 1 | 少ない | 短い | 1 | しなやか | 弱 | 2 | 普通 | 普通 | 2 | 普通 | 中 | 3 | 多い | 長い | 3 | ゴワゴワ | 強 |
| (1) 布量と時間                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (2) 布質と水流 |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| ルール                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 布量                                                                                              | 時間                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ルール       | 布質   | 水流 |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 少ない                                                                                             | 短い                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1         | しなやか | 弱  |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 普通                                                                                              | 普通                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2         | 普通   | 中  |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 多い                                                                                              | 長い                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3         | ゴワゴワ | 強  |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>○ファジィコントロールはファジィ推論のルールを使います</p> <p>○布量が1.5kgのときの洗濯時間を求めましょう</p>                              | <p>◎ルール表(1)を参照させる</p> <p>ファジィ推論で定式化したものに当てはめて考える</p> <p>◎求め方</p> <p>①布量と時間のメンバーシップ関数を利用して各ルールを表現する</p> <p>②ルール1の布量から <math>\alpha_1 = \mu_{A_1}(1.5)</math> を求める</p> <p>③時間から <math>B'_1 = \min(\alpha_1, B_1)</math> を求める</p> <p>④ルール2, 3で同様にする</p> <p>⑤ルール1からルール3で求めた <math>B'_i</math> の合成をする</p> |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>○ファジィコントロールでは、機械に操作させるので1つの値を決めなければなりません(脱ファジィ化) その値を求めましょう</p> <p>△布質が3のときの水流の強さを求めて下さい</p> | <p>◎求め方</p> <p>⑥⑥部分の面積を求める</p> <p>⑦面積を2分する <math>b_0</math> を求める</p>                                                                                                                                                                                                                                 |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| ・練習問題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                 | ●先の例を参考にして求める                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| 2 ファジィコントロールのまとめ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ○では、洗濯機がどのように動くか確かめてみましょう                                                                       | ◎コンピュータ・シミュレーションを用意する                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ○では、今までやってきた事のまとめをしましょう                                                                         | ◎評価のポイント                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 | ・メンバーシップ関数が理解できているか                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 | ・ファジィ推論のルールが書けているか                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 | ・脱ファジィ化が理解できているか                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| 3 ファジィコントロールの応用・練習問題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ○今度は、自分でファジィコントロールを考えて作りましょう                                                                    | ◎なかには、理解できていない生徒がいるので机回巡視をして、指導しながら進める                                                                                                                                                                                                                                                               |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 | ●掃除機やビデオカメラ、車などのファジィコントロールを行う                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 | ・ファジィに対する興味を持たせることができたか、最後にアンケート調査を行ってもよい                                                                                                                                                                                                                                                            |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |
| 4 ファジィのまとめ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ○ファジィについての授業は終わりますが興味を持った人は、身の回りに使われているファジィについて自分で調べてみてください                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |      |    |           |  |  |     |    |    |     |    |    |   |     |    |   |      |   |   |    |    |   |    |   |   |    |    |   |      |   |

### 3) 実験結果と考察

各時間ごとに要点のみを記述する。

●第1時間目：・2人とも「ファジィ」という言葉は知っていたが、具体的にどのような機能なのかは知らなかった。もっと詳しく知りたいという欲求は持っているようである。

・ここであげた例だけでも2値論理とファジィ論理との違いを感覚的に捉えられることができるが、より明確にするためには多くの具体例を示したり、生徒が見つげ出す活動を行うと良いであろう。

・メンバーシップ関数を自分で決定するということが生徒の戸惑いがみられた。それは、生徒が感じていると思われる数学の厳密性とメンバーシップ関数を決定する際の自由性との、いわば矛盾が、生徒には相当の不安となるからである。メンバーシップ関数の決定方法に慣れさせることが必要である。

●第2時間目：・2値論理に基づく推論は、例題に対して正答することができた。ファジィ推論については、当初2値論理に基づく推論と同様な結論を解答した。そこで、先の例文と違う部分を指摘させてから結論を問うと、「孔子は非常に長生きする」という結論が得られた。また、次のような練習問題でも正解を得た。

◎ファジィ推論をやってみよう！  
次の規則と事実からどの様な結論が考えられますか

(1) 規則：もし車のスピードが速ければ、その車は危険である

事実：あの赤い車のスピードはすごく速い

赤い車はすごく危険である

#### 練習問題の一部

この様に、ファジィ推論は2値論理による推論の拡張として考えることができるので、2値論理による簡単な推論を学習しているならば、言葉の上でのファジィ推論を理解し、行うことは容易であることが確かめられた。

●第3時間目：・日常的な身近な例としてファジィ洗濯機のファジィ制御を題材にしたが、被験者が男子生徒だったためか、メンバーシップ関数で扱う布量などをどの程度の数値で表わすかということが決めづらいうようであった。なお、ファジィコントロールの仕組みについては理解された。

・ファジィ合成や脱ファジィ化の方法は、「この様な手順である」と指導したうえで、実際にそれらを紙上でシミュレーションすると理解が深まった。ただし、脱ファジィ化では面積を求めるのに生徒がかなり苦勞をしていた。これは、一次関数を忘れていたためでもあるが、直線の式や2直線の交点を求める計算に時間がかかってしまうからである。この計算はパソコンに任せるとか、グラフ上でおおよその値を読み取るように指導の工夫を必要とする。

●第4時間目：・K君は、「洗濯物の汚れ具合と洗濯時間」に対しメンバーシップ関数やファジィ推論のルールを決め、ファジィ合成等もすぐに行うことができ、ここでの学習内容を十分理解できたと思われる。Y君は、最初は戸惑っていたが説明を受けながらだと、求めることができた。しかし、ここでもファジィ合成や脱ファジィ化で苦勞している様子であった。手計算では教科書に掲載されている程度の問題が精一杯であり、係数が小数になる場合では一次関数の知識が十分でも実用で生かすににくいことも明らかになった。日頃から電卓等を使いながら一次関数等を実際問題に適用する学習も必要であろう。

・パソコンによるシミュレーションには、二人とも非常に興味を示した。それは、さんざんに苦勞した計算をパソコンは一瞬で行い、その結果をグラフィック表示したからである。



#### 4. 一つのまとめとして

中学生を対象として、ファジィ推論を中心としたファジィ理論の指導案を作成し、教育実験を行った。その結果、メンバーシップ関数の決定方法につまづくこと、また、脱ファジィ化では実際の計算が大変であることも認められた。今後は、これらを回避する手だてを講じた上で、実際の授業実験を行う必要がある。しかし、素材をファジィ制御に置くことで機械が行っている推論や結果の求め方に、生徒は興味を持つことができる。また、ここで扱った程度のファジィ理論は、中学生に対して指導できる可能性がかなり高いことが示唆された。

生徒は様々なメディアを通して新しい言葉を受け入れ、それらに関心を持っていることはこの実験中の生徒の反応からも分かる。ただし、言葉が先行して内容が分からないままでも確かである。学んだ数学を使ってそれらを調べようとする積極性が生徒にないと考える前に、調べる機会を教師側で準備し、その方法を指導するのが必要であることは認識されるべきであろう。

#### <参考及び引用文献>

##### 1)横地清編著『数学教育学序説』ぎょ

The School Mathematics Curriculum in the Information-intensive Society (2)  
- An Attempt to Developing Materials for the Teaching of Fuzzy Theory -  
Moriya Seiji  
Yamagata University

Fuzzy Theory is a type of mathematics which is developing to cope with the information-intensive society. We are trying to develop materials for the teaching this theory. This theory has educational purposes as follows:

- 1) Fuzzy logic is an extended logic of binary logic.
- 2) Fuzzy theory is good for Problem Solving in the real world.
- 3) Membership function is one good application for linear function.

An experiment in the teaching of Fuzzy Theory was carried out using two students in the eighth grade as subjects. And we came to the conclusion that Fuzzy logic would make a good teaching material. However, we must be aware of the possible following reactions of the students:

- 1) It is difficult for them to understand how to apply the membership function.
- 2) They spend too much time completing the calculations.

うせい, 1980-1981

- 2)横地清編著『現代算数・数学講座 全4巻』, ぎょうせい, 1981-1982
- 3)佐伯卓也, 「非C A I的授業で効果があがる中学校数学のパソコン教材の事例」, 東北・北陸数学教育基礎的研究会発表資料, 1992
- 4)守屋誠司, 「Prolog言語の論理教育への応用(2)」, 東北・北陸数学教育基礎的研究会年報, 1992,
- 5)守屋誠司, 「情報化社会に対応した教育内容の研究-フラクタルの教材化の試み-」, 数学教育学会『研究紀要』投稿中
- 6)向殿政男, 『ファジィのはなし』, 日刊工業新聞, 1989
- 7)和泉孔二・他編『ファジィの数学的基礎』, 日刊工業新聞, 1992
- 8)金谷博史, 「高校生のためのファジィ数学入門」, 数学教育実践研究会『発表論文報告集』1993, 93-96
- 9)鈴木靖, 「ファジィ概念の教材化の試み-ファジィ概念の高等学校数学カリキュラムへの導入の一考察-」, 日本数学教育学会会誌1993第75巻第7号『数学教育47-4』, 1993, 199-206
- 10)廣田薫編著『ファジィ活用事例集』, 工業調査会, 1991