

情報化社会に対応した教育内容の研究(4) —ファジィ論理の教材化の試み(3)—

守屋 誠司 (山形大学教育学部)

協力者：池田 雄介 (平成8年度山形大学教育学部4年次学生)

1. 研究の目的

情報化社会に対応した数学教育を考える場合、情報化が教育方法及び影響と、教育内容及び影響を考慮しなければならない。筆者は、後者において新たな教育内容の開発を試みてきた。それは、中学校での課題学習や選択学習での指導を前提として、5・6時間程度でコンパクトに指導できる内容である。

守屋(1994,1995)では、内容の一つとしてファジィ理論を提案し、それを学校数学で取り上げる教育的意義を次のように述べた。

- 1) 2値論理の発展としての数学
- 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
- 3) 1次関数の応用としての数学
- 4) 問題解決における数学的モデルの構成とその利用

特に守屋(1994)では、ファジィ論理の中でファジィ推論に焦点を当て、生徒がファジィ洗濯機の仕組みを理解することを目的に教育実験を行い、その結果を報告している。中学2年生に対して、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、生徒が興味を持ち、ここで指導した程度のファジィ論理は、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。しかし、生徒が2名と少ないことや、メンバーシップ関数の決定方法につまずくこと、脱ファジィ化では計算が大変であることが課題としてあ

げられている。そこで、本稿では、次のことを目的に教育実験を試みた。

- ① 中学3年生16名を実験対象にし一斉授業でファジィ推論を指導することの可能性と問題点を明らかにする。
- ② ファジィ推論を指導することが1次関数や連立方程式の応用場面となるかを明らかにする。
- ③ 授業で使用するファジィ洗濯機のシミュレーションソフトを開発する。
- ④ 実際のファジィ洗濯機の仕組みを調べ、モデルの妥当性を検証する。

2. ファジィ推論の授業内容

(1) 方法

実施日：1996年11月2日(3時間)3日(3時間)

生徒：公立M中学校3年生の学習希望者16名
(男6名・女10名)。

場所：M中学校3年C組教室。

方法：協力者の池田が実験者となり、中学3年生16名に対して1時間50分単位で6時間指導した。授業形態は、実験のために作成された自作教科書にそって進め、練習問題も解かせる。適時、机間巡視し必要に応じて助言を与えるなど、一般の学校での一斉授業の形態に近づける。最後の授業では、パソコンを用いてファジィ制御の流れをまとめる。以下では、学校現場で実践がしやすいように、授業の流れを学習指導案形式で示す。

----- ファジィ推論の指導案 -----

I. 題材 ファジィ推論

II. 目標

- ① 身の回りにある、定義が曖昧な事象を取り出し、2値論理との違いを調べ、その特徴をとらえていこうとする態度を養う。
- ② 考察の対象とするいろいろな事象の中に潜む関係を、数理的にとらえていこうとする見方や考え方を一層伸ばす。
- ③ ファジィ推論の例を考察する過程を記述によって表すことができる。
- ④ ファジィ推論についての意味や仕組みについて理解することができる。

III. 指導計画(5時間扱い)

学習内容	展開の概要
1. ファジィとは何か	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2値論理を理解する ○ ファジィがどのような製品に使われているかを確認する ○ 「ファジィ」という言葉の意味を知る ○ ファジィ論理を理解する ○ メンバシップ関数の決め方を理解する
2. ファジィ推論について	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2値論理における推論を理解する ○ ファジィ推論を理解する
3. ファジィコントロール	<ul style="list-style-type: none"> ○ ファジィコントロールのルールを考える ○ 脱ファジィ化を考える ○ 「洗濯ソフト」を用いて、ファジィコントロールの仕組みを理解する
4. まとめと応用	<ul style="list-style-type: none"> ○ これまで学習したファジィ論理をまとめる ○ ファジィコントロールの例を考える ○ まとめの問題をする

第1時間目 ファジィとは何か

1. 目標

- ① ファジィという言葉の意味から、なぜそう呼ばれるかを考え、2値論理とファジィ論理の違いを理解し、ファジィ論理の必要性に気付く。
- ② メンバシップ関数を正確に表現することができる

2. 過程

学習活動	主な発問(○)・指示(△)・まとめ(☆)	指導上の留意点
1. 2値論理について考える	<p>☆意味がはっきりしていて、正しいか正しくないかが明確に分かるような主張や文を命題と言います。</p> <p>①水は100度で沸騰する</p> <p>②$1-1=0$である</p> <p>③山形県の県庁所在地は仙台である。</p> <p>は命題の例です。この場合①と②は正しく、③は正しくありません。</p> <p>☆命題では、正しいことを1で、正しくないことを0で表します。また、1と0のことを真理値と言います。</p> <p>☆このように、正しい(真理値1)と正しくない(真理値0)の2つのみを取り扱う論理のことを2値論理と言います。</p> <p>問1 2値論理の命題を作り、その真理値を述べよ。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2値論理の例を3つ提示する ・ 説明した後に前述の①、②、③の真理値を生徒とともに確認する。 ①、②の真理値は1 ③の真理値は0 ・ 練習問題No.1を配布する
2. ファジィ論理について考える	<p>○①テストの点数が良い</p> <p>②今日は天気が良い</p> <p>のような主張を2値論理のときと同じように、1と0のどちらかのみで答えることができるでしょうか。</p> <p>☆このように、真理値として1と0とその間の値も取り扱う主張や文のことをファジィ命題と言います。このような論理のことをファジィ論理と言います。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 点数を70点とか30点とか表現するように 点数の良さを0.7とか0.3のように真理値として1と0の間の値で表現できることを説明する。 ・ ①、②がファジィ命題であることを説明する。
3. メンバシップ関数について考える	<p>△「あなたの髪は長いですか」というファジィ命題について実際に考えてみましょう。</p> <p>△どのくらいの髪の長さを「髪が長い」(真理値1)「髪が長くない」(真理値0)とするのかという基準を決めましょう。</p> <p>耳たぶの下から20cm以上の髪の長さ・・・1</p> <p>耳たぶの下よりも短い髪の長さ・・・0</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 学級の中の生徒を実例にしながら進めていく。 ・ 何cm以上の髪の長さを「髪が長い」とするか、といった基準は自由に決めることができることを説明する。
4. メンバシップ関数のグラフの描き方	<p>○耳たぶの下から10cmの髪の長さは真理値で表すとどのように表すことができるでしょうか。</p> <p>① 耳たぶの下から20cm以上の髪の長さの真理値1の点を取る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1と0の間の値で表現できることに気付かせる。

<p>を理解する</p> <p>5. 練習問題をやる</p>	<p>② 耳たぶの下よりも短い髪の長さの真理値0の点を取る。</p> <p>③ ①, ②の点を結ぶ。</p> <p>○このグラフから、耳たぶの下から10cmの髪の長さの真理値はいくつですか。</p> <p>☆このように、ある事柄についてどの程度所属しているのかを1と0とその間の値を用いて表した関数をメンバーシップ関数と言います。</p> <p>問2 (1)耳たぶの下から2cmの髪の長さの真理値を求めよ。 (2)耳たぶの下から25cmの髪の長さの真理値を求めよ。</p> <p>問3 次のファジイ命題の真理値の基準を考え、メンバーシップ関数のグラフを作りなさい。 (1)テストの点数が良い (2)背の高さが普通である</p> <p>△プリントの問題を解いて下さい。</p>	<p>●予想される答え・・・0.5</p> <p>・「普通」というようなメンバーシップ関数については今まで触れていなかったもので、生徒と考えながら進めていく。</p> <p>・練習問題No.2を配布して、髪の長さのメンバーシップ関数を作らせる。 ・机間指導をしながら、理解できていない生徒がいたら直接指導する。</p>
--------------------------------	---	---

第2時間目 ファジイ推論

1. 目標

2値論理における推論とファジイ推論との違いを理解し、ファジイコントロールがどのような考えがもたれているかを理解する。

2. 過程

学習活動	主な発問(○)・指示(△)・まとめ(☆)	指導上の留意点
<p>1. 2値論理における推論を考える。</p>	<p>○次の2つの文からどのようなことが分かりますか。</p> <p>(1)人間ならば死ぬ (2)孔子は人間である →(3)孔子は死ぬ</p> <p>(1)を規則, (2)を事実, (3)を結論と言います。</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出すことを推論と言います。</p> <p>☆推論を記号を用いて表すと次のようになります。</p> <p>規則: AならばBである 事実: Aである 結果: Bである</p> <p>最初の例の場合Aが人間, Bが死ぬにあたります。</p>	
<p>2. ファジイ推論について考える</p>	<p>○次の推論をしてみましょう。</p> <p>規則: 健康な人は長生きする 事実: 孔子はかなり健康である。</p> <p>○最初の推論とどこが違うのでしょうか。</p> <p>○「健康」と「非常に健康」は違うのになぜ結論が出たのですか。</p> <p>☆実は私たちはこのようなことを日常的に行っているのです。</p> <p>☆このような推論のことをファジイ推論と言います。</p> <p>☆ファジイ推論を記号で表すと次のようになります。</p> <p>規則: AならばBである 事実: A'である 結果: B'である</p> <p>☆ファジイ推論は「洗濯機」などのファジイコントロールで使</p>	<p>●予想される答え・・・結論: 孔子はかなり長生きする</p> <p>●予想される答え・・・「健康」と「非常に健康」は違うのに答えを出している</p> <p>●予想される答え・・・「健康」と「非常に健康」は似通っているから結論を出すことができる</p>

3. ファジィコントロール	われています。 ○ファジィ洗濯機を例にしてファジィコントロールを考えてみましょう。 ○洗濯をするときにどのようなことに注意しますか。 ○そのような洗い方をするにはどんなことが分かり、またどのような洗い方をすれば良いですか。	●予想される答え・・・水・洗剤の無駄・布の痛みを少なく洗う。 ●予想される答え・・・布量や布の汚れ具合が分かりそれらに応じた洗濯をすると良い
4. 練習問題を解く	△プリントの問題を解いて下さい。	・練習問題№3を配布して実際にファジィ推論を行わせる。 ・2値論理における推論とファジィ推論を確実に理解しているかを確認する。

第3時間目 ファジィコントロール(1)

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を理解する。

2. 過程

学習活動	主な発問(○)・指示(△)・まとめ(☆)	指導上の留意点																																				
1. 簡単なファジィコントロールのルールを考える	☆ファジィコントロールはファジィ推論のルールを用います。 <table border="1" data-bbox="296 847 837 961"> <thead> <tr> <th>ルール</th> <th>布量</th> <th>時間</th> <th>ルール</th> <th>布量</th> <th>水量</th> <th>ルール</th> <th>布質</th> <th>水温</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>少量</td> <td>短い</td> <td>1</td> <td>少量</td> <td>少量</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>普通</td> <td>2</td> <td>普通</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>多量</td> <td>長い</td> <td>3</td> <td>多量</td> <td>多量</td> <td>3</td> <td>ゴウゴウ</td> <td>強</td> </tr> </tbody> </table>	ルール	布量	時間	ルール	布量	水量	ルール	布質	水温	1	少量	短い	1	少量	少量	1	しなやか	弱	2	普通	普通	2	普通	普通	2	普通	中	3	多量	長い	3	多量	多量	3	ゴウゴウ	強	・ファジィ推論で記号化したものにあてはめる
ルール	布量	時間	ルール	布量	水量	ルール	布質	水温																														
1	少量	短い	1	少量	少量	1	しなやか	弱																														
2	普通	普通	2	普通	普通	2	普通	中																														
3	多量	長い	3	多量	多量	3	ゴウゴウ	強																														
2. ルールをもとにメンバーシップ関数を作る	△前回の授業で「洗濯するときに注意すること」と「洗い方」を考えましたが、ルールを本にメンバーシップ関数を作ってみましょう。 △それでは、このルールを用いてどのように結論が導かれるかを考えてみましょう。 例：布量と時間の関係で考える。布量が「少し少ない」の時 1. ルールをもとに布量と時間のメンバーシップ関数をグラフに表す。 2. それぞれのルールでの「少し少ない」の時の真理値を求める。 3. 2で求めた真理値で時間のグラフを上下に分け、その下の部分を斜線で表す 4. ルール1, 2, 3の時間のグラフを重ねる。この事を合成と言う。 5. 4が結果の取りうる範囲となる。 △他のルールについても同様に考えてやってみてください。	・練習問題№5を配布してルールをもとにメンバーシップ関数を作らせる。 ・例を提示する。 ・メンバーシップ関数を1次関数として考えさせて、y座標(真理値)を求めさせる。																																				

第4時間目 ファジィコントロール(2)

1. 目標

脱ファジィ化を理解する。

2. 過程

学習活動	主な発問(○)・指示(△)・まとめ(☆)	指導上の留意点
1. 脱ファジィ化を考える	☆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。この1つの値を決めることを脱ファジィ化と言います。 ○その値を求めてみましょう。 (求め方)面積を2分する線(y軸に平行な)を求める。	・例を提示する。 ・前回の授業で布量と時間の関

<ol style="list-style-type: none"> 1. 全体の面積を求める。 2. 面積の半分を求める。 3. y軸に平行な直線で台形・三角形・長方形に区切りそれぞれの面積を求める。 4. 3で求めた図形の面積を左から足していき、2で求めた値を超えた時点の図形を考える。 5. 4の図形において、y軸に平行な直線を平行移動させ、この直線の左側の面積が2の値と同じになる位置を探す。 6. 2の値と同じ面積になったときのx座標を読み取る。 <p>△他のものについても同様に考えてみてください。</p>	係から合成を使って求めた図形を利用する。 ・それぞれの面積を求める際に、直線と直線の交点を連立方程式を用いて求めさせる。
--	---

第5時間目 まとめと応用

1. 目標

ファジィコントロールを例題などを通してより深く理解する。

2. 過程

学習活動	主な発問(○)・指示(△)・まとめ(☆)	指導上の留意点
1. 実際にどのように使われているかをパソコンのシミュレーションを通して理解する	△洗濯機がどのように動くのかを見てみましょう。	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコンでシミュレートし、数値を設定することで動くようにする。 ・パソコンを用いることで興味を引く。
2. ファジィコントロールのまとめ	☆ファジィコントロールは「少し少ない」「少し多い」といった、感覚的な表現を数学で扱うことができるようになっていきます。 <ol style="list-style-type: none"> 1. 命題ごとにメンバーシップ関数を作る。 2. ルールを作る。 3. ある感覚値のときの頭切りをし、メンバーシップ関数を合成する。 4. 脱ファジィ化をし、1つの値を決める。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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理解できているか。 ・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	△自分でファジィコントロールを考えてみましょう。	<ul style="list-style-type: none"> ・ビデオカメラ・エアコンなどでファジィコントロールが使われていることを伝え、自由にファジィコントロールを考えさせる。 ・理解できていない生徒には直接指導する。
4. ファジィのまとめ	☆ファジィの授業はこれで終わりますが、ファジィに興味を持った人は、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るのも面白いのではないのでしょうか。 ☆最後にアンケートを取りますので協力して下さい。	<ul style="list-style-type: none"> ・仙台の地下鉄でファジィが使われていることを伝え、一層関心を増させる。 ・ファジィに対する興味を持たせることができたかをアンケートによって調査する。

3. 結果と考察

第1節の研究の目的別に考察していく。

①ファジィ推論を指導することは可能か否か

第2節で、5時間のファジィ推論までの指導計画を提案したが、計画の1時間目が2時間かかったため、実際は6時間を要した。それぞれの時間の様子を以下に示す。

●1時間目

・「ファジィ」という言葉は約半数の生徒が知っていた。「どのようなものに使われているか」の質問に対して、洗濯機に使われているという答えがあった。しかし、ほとんどの生徒は「ファジィ」の仕組みまでは知らないようであった。教室では、ビデオカメラを使用していたので、それに使われている手ぶれ補正で使われているファジィ制御や仙台の地下鉄に使われているファジィ制御について

で説明したところ強い関心を示していた。

・「命題」、「真理値」、「2値論理」について実例を用いて説明したが、言葉の定義にはかなり戸惑いを見せていた。特に「論理」という言葉がいかに複雑なもののように感じさせているのではないと思われる。最初の言葉の定義だけに、ここで抵抗感を持たれないような展開をさらに工夫する必要はある。

・「ファジィ論理」の真理値を「テストの点数が良い」を用いて説明した。テスト100点を真理値1としたとき90点は真理値1でいいが、1点だけ少ない89点を真理値0とできないであろうことから、真理値1と0の間の値の必要性を考えさせた。さらに「思春期である」や「天気が良い」を例に説明した。「天気が良い」の例が生徒には理解しやすかった。

●2時間目

・「髪の長さ」でメンバーシップ関数の決め方を説明した後、練習として「テストの点数が良い」と「背の高さが普通である」を取り上げた。最初は、どこを1とし、どこを0とするかを自分で決定できなかった。そこで、それらは、自分の基準で決められることを再度指導した。数人が決めた1と0になる値が発表されるなかで、それぞれに違いがあることや、大きくは異なっていないことを理解した。ここで行った基準を自由に決めるという考えは、ファジィ論理では初出であり、丁寧に指導する内容である。

・先の基準を基に折れ線でメンバーシップ関数を表現させ、 x に対する y の値を真理値とすることを指導した。次に、グラフを $y=ax+b$ で表現させた。これは、1次関数の式とグラフ、連立方程式の復習になった。

●3時間目

・2値論理における推論は例題に対して正しく答えることができた。ファジィ推論を行う時には、当初「かなり」、「ものすごく」、「非常に」の程度を表す言葉の使い方にとまどいがみられたが、練習問題では、正解に至っている。

しかし、例えば、

A:「Bさんは数学が好きですか」。

B:「いいえ、好きではありません」。

A:「それじゃ、Bさんは数学が嫌いなんだ」

のように

「・・・が好きではない」=「・・・が嫌い」という2値論理に基づいた考え方が根強いので、ファジィ論理の場合は、丁寧に指導する必要がある。

●4時間目

・ファジィ制御のルールを作るために、洗濯をする際に注意することと、そこから分かるルールを考えさせると、布質から水量、水流、洗剤の種類が、また、布量から水量、時間とのルールがあることを発表した。しかし、自分であまり洗濯をしていない男子生徒には、考えづらい内容でもあった。

●5時間目

・前時の続きで脱ファジィ化を指導した。脱ファジィ化については「面積を2分する点を求める」方法を指導した。

・手順を指導した後で、先の時間に各自で決めた布量と時間の関係のメンバーシップ関数から、適当な布量を決めて、そのときの時間を各自で計算させたところ、ほとんど生徒が正解した。間違っている生徒でも見当違いな間違いではなく、少しの助言で間違いに気づき正解を出していた。守屋(1994)では2年生が計算で相当に苦労したが、3年生では計算慣れが十分出来ていたためであろう。脱ファジィ化の指導内容は、かなり理解できたものと思われる。

●6時間目

・今まで学習した内容を復習してまとめるために、パソコンを用いて洗濯機のファジィ推論過程をシミュレートした。これには非常に強い関心を示し、なかには「このソフトが欲しい」という生徒も現れた。このことは、今まで手計算で苦労して求めた値を、パソコンでは、数秒で求められたという驚きからであると考ええる。パソコンの有用性に気付くことができたので、これも1つの成果と言えよう。

この実験授業への生徒の態度をMSD(淡三郎1983)によって調査した。実験授業前に通常の数学に対する態度を調べ、実験授業終了後に、この授業に対する態度を調べた。図1では、好意的反応を+3、非好意的反応を-3とした7点尺度で各項目ごとに16名の平均値を算出した。図2では、個人ごとにすべての項目の平均値を算出した。

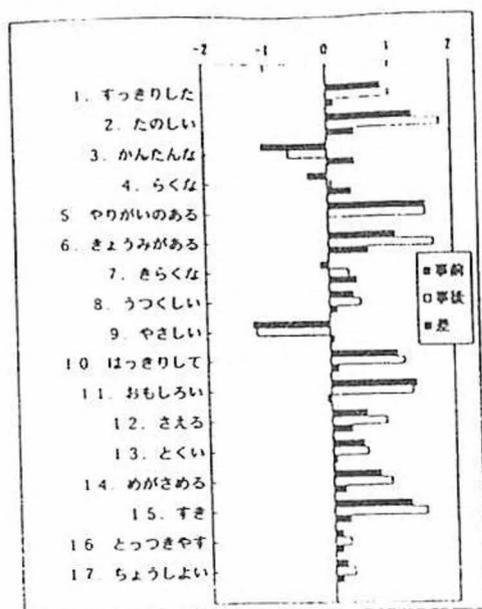


図1 項目から見た事前と事後の結果とその差

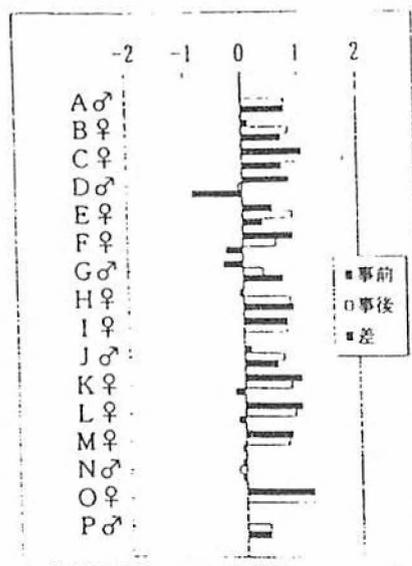


図2 各生徒の変化

まず、項目の側面から分析すると、事前・事後とも、数学に対して全体的に好意的であることが分かる。非好意的なものとして「ややこしい」、「むずかしい」といった項目が挙げられるが、事後の時点で好意的な方向へと向かっていることがわかる。ほとんどの項目において事後の時点で、事前に比べて好意的な方向に向かっている。「(ファジィに対して) 興味がない・興味がある」の項目では、好意的な方向へ大きく変化しており、今回

の内容を興味ある数学として受け捉えられていることが分かる。逆に、事後の時点で事前に比べて非好意的な方向へ向かったのは「つまらない・おもしろい」の項目であるが、好意的な範囲での、しかも小さなものにとどまっている。

個々の生徒を分析すると、約半数の生徒が事後の時点で事前に比べ好意的な方向へと向かっていることがわかる。しかも、その変化量はかなり大きい。好意的な中で非好意的な方向へと向かった生徒もいるが、その変化量は生徒Dを除いて非常に小さい。生徒Dは、練習問題もできていたが、感想文から読み取ると、徐々に難しくなることに抵抗があったようだ。

以上より、中学3年生であるならば、6時間程度でファジィ推論までを指導できる。また、ほとんどの生徒がこの授業を好意的に捉えていたことも分かり、ここで扱った程度のファジィ論理は生徒が心理的抵抗を持たない内容であることも示された。生徒数が16名と、一般の教室環境に近づけて得たこの教育実験の結果は、ファジィ論理を通常の学校数学でも指導できること示唆していると考えられる。

②ファジィ推論を指導することは1次関数や連立方程式の応用場面となるか

メンバーシップ関数を作り、合成するには1次関数や連立方程式の内容が必要である。メンバーシップ関数のような現実的な意味を持っている1次関数を扱うことによって、単なる計算問題としてではなく、計算する必然性をもってこれらを学習できると考える。

1次関数のグラフをかく力や連立方程式を解く力が変化しているかどうかを調査するために、次の式を使い事前・事後テストを行った。連立方程式を解き、それぞれのグラフをかかせる課題である。結果は次のようになった。

事前テスト課題

$$(1) \begin{cases} y=2x+1 \\ y=-x+4 \end{cases} \quad (2) \begin{cases} y=3x-2 \\ y=-2x+3 \end{cases}$$

事後テスト課題

$$(1) \begin{cases} y=\frac{1}{3}x-3 \\ y=-2x+4 \end{cases} \quad (2) \begin{cases} y=-\frac{1}{2}x-1 \\ y=2x-2 \end{cases} \quad (3) \begin{cases} y=\frac{1}{5}x+2 \\ y=-3x-4 \end{cases}$$

生徒	連立方程式の計算					
	授業前			授業後		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
A	BD	C	A	CD	CD	
B	A	A	A	A	A	
C	A	A	A	CD	CD	
D	A	A	A	A	BD	
E	A	A	A	A	A	
F	CD	A	A	A	A	
G	A	A	A	A	CD	
H	A	A	A	A	A	
I	A	A	CD	A	BD	
J	CD	A	A	A	A	
K	A	A	A	CD	CD	
L	A	A	A	CD	A	
M	A	A	A	A	A	
N	A	A	A	A	A	
O	A	A	A	A	A	
P	A	A	A	A	A	

表1 連立方程式課題の結果

生徒	グラフの作図					
	授業前			授業後		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
A	C	D	A	A	B	
B	A	A	A	A	A	
C	D	D	A	A	A	
D	A	A	A	A	A	
E	A	A	A	A	A	
F	A	A	A	A	A	
G	A	A	B	A	A	
H	B	A	B	A	A	
I	A	A	A	B	A	
J	D	D	A	A	A	
K	D	D	A	C	A	
L	A	A	A	A	A	
M	A	A	A	A	A	
N	D	D	A	A	A	
O	A	A	A	A	A	
P	A	A	A	A	A	

表2 グラフ課題の結果

正誤の分類
(連立方程式の計算)
A: 正解
B: 片方のみ正解
C: 不正解
D: 計算間違い
(グラフ)
A: 正解
B: 符号の間違い
C: 片方のみ正解
D: 不正解

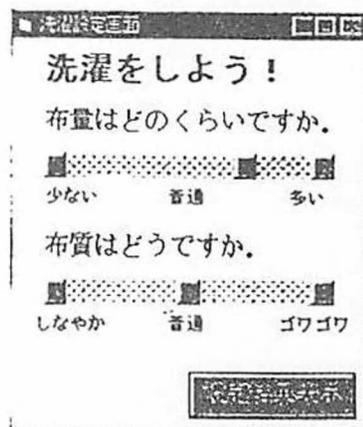
連立方程式課題では、事後テストで計算間違いが目立つ。これは、事前テストでは係数が整数であったのに対して、事後テストでは分数の係数を扱ったからであると思われる。係数の整数化での間違いがほとんどであった。

グラフがき課題では、事前テストにおいて生徒A, C, J, K, Nは原点を通るグラフしかかけなかったが、事後テストにおいては、それ以外のグラフもかけるようになっていく。グラフでの間違いは正負符号の見落としにあるが、全体としては、係数が分数であることも考えあわせると、この授業によってグラフがき能力は向上したと判断できる。ファジィ推論を指導することが1次関数の特にグラフをかく場面での復習と応用として位置づけられることが分かる。

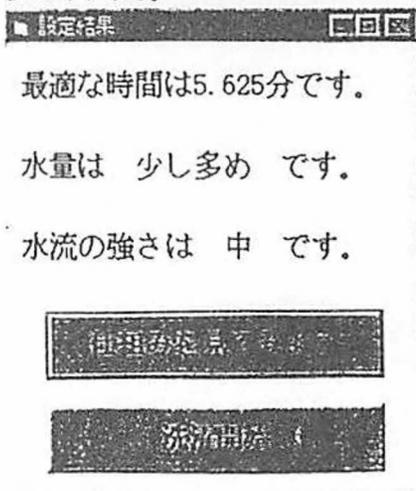
③ファジィ洗濯機のシミュレーションソフトの作成

Visual Basic2.0(マイクロソフト社)を用いて、マウスでスクロールバーを動かして水量を決定するだけで最適な洗濯時間が表示され、画面上の洗濯機が結果に応じた動きをするようなソフトを作った。その画面の一部を以下に紹介する。

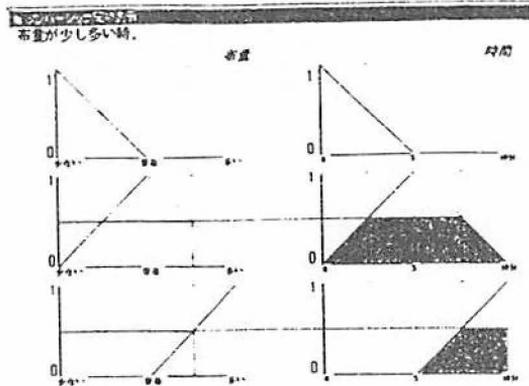
(1) ソフト起動後最初の画面。水量、汚れ具合の程度をマウスでスクロールバーを操作して決定した後、設定結果表示のボタンをクリックする。



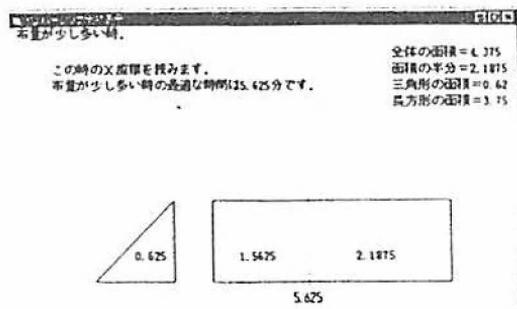
(2) 条件設定をもとに最適な洗濯時間、水量、水流が表示される。次に「仕組みを見てみよう」ボタンをクリックする。



(3) メンバーシップ関数の頭きり・合成が表示される。



(4) 脱ファジ化の様子



(5) 設定した布量・汚れ具合に応じたファジィ洗濯機のアニメーションを表示する。



④ファジィ洗濯機の仕組みを調べる

本研究のファジィ推論の授業において、ファジィ制御としてファジィ洗濯機を例にした。しかし、その仕組みが学習できても、まだ生徒には現実性に乏しく、学習したモデルの検証もできていない。そこで、1次関数を利用したファジィ洗濯機モデルは、生徒自身でも、時間があれば検証を行える素材であること確かめてみる。

実際のファジィ洗濯機を使つての洗濯時間を調べ、布量と時間の関係からメンバーシップ関数を予想し、布量と洗濯時間のファジィ制御のモデルを作った。

(1)方法: 布の重さを計り、実際にファジィ洗濯機で洗濯をし、すすぎ・脱水時間を除く洗濯時間を調べる。その結果をもとにメンバーシップ関数を予想する。まず、以下の布量について時間を調べてみた。

	布量	実際の洗濯時間	計算による洗濯時間
1	1.11kg	12分31秒	12分34秒
2	2.12kg	14分24秒	14分29秒
3	2.25kg	14分29秒	14分30秒
4	2.66kg	14分40秒	14分39秒
5	4.5 kg	24分21秒	24分45秒

表3 実際とモデル計算による洗濯時間

また、布質によって時間にどのような変化があるかを調べるためにYシャツ類約2.25kgとジーンズ類約2.25kgで実験した。その結果は、表4のように、ほとんど違いはなかった。すなわち、洗濯時間は、布質にはあまり影響を受けていないということである。

布質	時間
Yシャツ	14分27秒
ジーンズ	14分30秒

表4 布質による洗濯時間の違い

(2)メンバーシップ関数を決める手順

1) 洗濯機の布量の許容範囲が0~4.5kgであることから、その中間の2.25kgでの洗濯時間14分29秒に着目する。ただし、計算を容易にするために14分30秒とする。

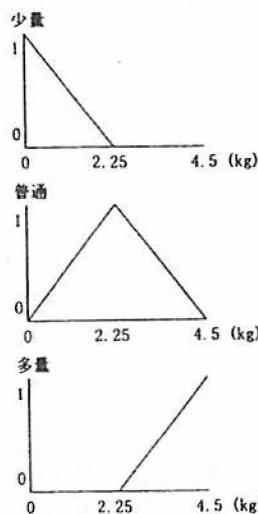
2) 布量「普通」のメンバーシップ関数において2.25kgの真理値を1とすると、2.25kgに対応す

る洗濯時間14分30秒の真値は、時間「普通」のメンバーシップ関数において1と決めることができる。

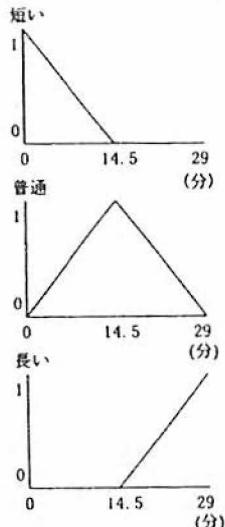
3) 時間「普通」のメンバーシップ関数の中心を14分30秒としたので、時間のメンバーシップ関数の範囲を単純に2倍して0～29分とする。

このようにしてできたメンバーシップ関数を以下に示す。

布量のメンバーシップ関数



時間のメンバーシップ関数



このメンバーシップ関数で、実験した布量の値で計算すると、その結果は、表3に示されているように実際の結果と数秒しか違わない。この実験は汚れ具合を考慮していない第1次近似的なものであって、洗濯機の実際のファジィ制御を忠実にモデル化したものではない。しかし、条件を限定した場合にも、授業で扱ったモデルの検証に使えるようなことが分かる。

Abstract

The School Mathematics Curriculum in the Information-intensive Society(4)
-An Attempt to Develop Materials for the Teaching of Fuzzy Theory(3)-

Yamagata University Seiji MORIYA

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 mathematics used to study the structure of society and nature.
- 3) Membership function is one good application for linear function and simultaneous equations.
- 4) Fuzzy Theory is good for Problem Solving in the real world.

An experiment in the teaching of Fuzzy Theory was carried out using sixteen students in the ninth grade as subjects. And we came to the conclusion that students could understand membership function, Fuzzy inference, Fuzzy control of a Fuzzy washing machine, that Fuzzy Theory would make a good teaching material in school mathematics.

4. まとめ

ファジィ理論を学校数学に導入するために、一斉授業の形態に近づけた教育実験を行った。その結果、中学3年生で指導可能な内容であり、生徒のとっても興味のある内容であることが分かった。しかし、次のような問題点もある。

1) 新しい内容が多いので、教える場面が多い授業過程になっている。生徒にもっと考えさせる場面を設定するなどの改善が必要である。

2) 自分達で作ったファジィ洗濯機モデルが、実際の洗濯機をどの程度シミュレートしているかを、つまり、モデルの妥当性の検証が必要である。これに関しては、④で教師側では確かめているが、これを、生徒にも実際に経験してもらう方が、現実とモデルとの関係をより理解できるであろう。

3) 現行の学習指導要領に準ずると、この単元で初めて「論理」や「推論」等の言葉や意味を学ぶことになる。小学校から高校にかけての体系的な指導過程の作成も必要である。この際に、集合と論理に関する内容の新たな指導内容の創造が要求される。

<参考及び引用文献>

- 1) 守屋誠司, 「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 -」, 東北数学教育学会年報第25号, 1994, 37-44
- 2) 守屋誠司, 「情報化社会に対応した教育内容の研究(3)- ファジィ理論の教材化の試み(2)-」, 東北数学教育学会年報第26号, 1995, 56-64
- 3) 湊三郎, 「算数・数学に対する態度を測定するために開発されたSDについて」, 『数学教育学論究』Vol.39-40, 1983, 1-25