

## 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）－

山形大学 守屋 誠司

山形県金山中学校 京野 亮

## 1. 問題の設定理由と研究目的

コンピュータや通信網・手段の発達により今後においても情報化社会が益々進展していくことは疑い得ない。その発展に対応した学校数学の内容の研究も重要である。筆者は、この考えのもとにたって中学校の課題学習、または、選択教科の数学で指導されるべき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（守屋 1992）、変換の考えに基づいたフラクタルの指導（守屋 1994a）やファジィ推論の適用例であるファジィ制御をテーマにした指導（守屋 1994b）を試みてきた。いずれの教材も、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。本稿では、これら研究の延長として、ファジィ数の演算と一致度によるファジィ推論の教材化を試み、授業実践を行ったのでその結果を報告することにする。

ところで、ファジィ理論の学校教育への導入の試みは、高等学校で本間（1991）、鈴木（1992）、本間ら（1993）、金谷ら（1994）がある。ファジィ理論を小学校、中学校、高等学校のそれぞれの数学として教材化する必要があるが、前述のように高等学校での教材としての検討はなされてきているものの、中学校での教材化の試みは、守屋（1994）、金谷ら（1994）があるにすぎない。守屋（1994）では、ファジィ理論の教育的意義の検討と具体的指導内容を示し教育実験を行っている。それによると、メンバーシップ関数を折れ線で表現される連続関数でとり、ファジィ制御の仕組みの解析を目的に MAX-MIN 合成によるファジィ推論を、中学2年生でも理解し、簡単な場合に推論をシミュレートできるという。しかし、脱フ

ァジィ化の段階では、平面図形の重心を求めるという作業があり、中学生への指導では工夫を要することも明らかにされた。そこで、本研究では、メンバーシップ関数が離散的であるファジィ理論を採り上げた。なお、新内容を学校教育に導入するにあたっては、教育的意義や内容の検討、教育実験とその結果の検討が必要である。特に指導結果の分析は重要となるので、1時間ごとの生徒の反応をMSD（湊 1984）を評価の道具に利用して分析することにした。

## 2. ファジィ理論について

ファジィ理論が必要になった背景には、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。また、定性的な性質は分かっているが、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。さらに、コンピュータと人間との良きインターフェースのためや人間の知識をコンピュータに理解させるために、あいまいさをうまく取り扱える論理が必要になったと言われている（向殿 1989）。

このように、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てきた数学なのである。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拡張原理と一致度の部分を、向殿（1993）から抜き出し簡単に紹介しておく。

拡張原理とは、通常関数が定義されているとき、入力がファジィ集合になった場合の出力をどのように拡張定義したらよいかを示す一つの指導原理である。 $f(x, y)$  を二つの入力値  $x \in U$ ,  $y \in V$  に対して一つの出力値  $z = f(x, y) \in W$  を返す関数とする。

いま、 $U$ と $V$ 上のファジィ集合 $A$ 、 $B$ が入力された。このとき、 $W$ 上にある要素 $z$ に対するファジィ集合 $C$ の所属度 $\mu_c(z)$ は、 $f$ により $z$ を出力値とする入力の組み合わせ $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ の $A \times B$ における一致度の一番大きなものをとる。ただし、 $A \times B$ における $(x_i, y_i)$ の所属度とは、 $\mu_A(x_i)$ と $\mu_B(y_i)$ との小さい方とする。式としては次のように表現される。

$$\begin{aligned}\mu_c(z) &= \mu_{f((A, B))}(z) \\ &= \bigvee_{f((x, y))=z} (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y))\end{aligned}$$

ファジィ集合 $A$ の所属度の一番大きな値、

$$\bigvee_{i=1}^n \mu_A(x_i) = \bigvee_{x \in U} \mu_A(x)$$

を $A$ の高さといい、 $U$ 上のある二つのファジィ集合 $A$ と $B$ との一致度または適合度 $\alpha$ は、高さの定義を使って、

$$\alpha = \text{Height}(A \cap B)$$

と定義される。また、メンバーシップ関数を使って定義すると、

$$\alpha = \bigvee_{x \in U} (\mu_A(x) \wedge \mu_B(x))$$

になる。

### 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の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中で、次のような教育的意義をファジィ理論に見出している(守屋 1994b)。

- 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) 一次関数の応用としての数学

さらに、本稿では次のことも付加する。

- 4) 問題解決における数学的モデルの構成とその利用

問題解決は次の図式で表されることが多い。

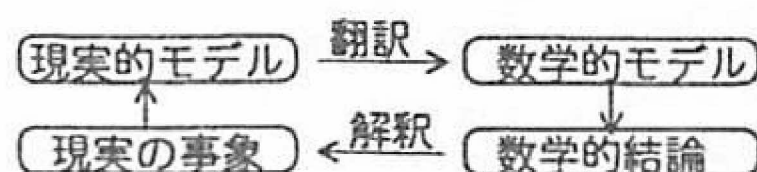


図1 問題解決の過程

数学への翻訳の段階では、現実事象に対する数学的モデルを構成することが重要になっている。前節で述べられているように、ファジィ理論はまさにこの数学的モデルの構成を容易にすることを目的に発展してきた数学である。数学教育で問題解決の重要性が強調されている今日、現実事象を解析する具体的手だての一つとしてファジィ論理は採り上げられる価値がある。

### 4. 教育実験

ファジィ理論の利用場面として芋煮会を取り上げた。芋煮会は山形県の秋の風物誌の一つで、里芋、肉、葱、茸等を、しょうゆ又は味噌仕立てで煮込んだ食べ物である。家族や職場のグループで集まり、河原で調理し、食べるのである。秋の庶民的なレクリエーションの一つである。学校行事として年間計画に取り込まれているところもある。この実験授業でも、学級規模で芋煮会を行おうという設定の中で、材料の集金金額や味付けの場面でファジィ理論を応用しようとしたものである。

#### 1. 教育実験の目的

教育実験を通して次のことをことを明らかにしたい。

- 1) ファジィ演算、一致度をどの程度に理解できるか。
- 2) 自分でメンバーシップ関数を作成できるか。
- 3) ファジィ理論への情意的側面はどうか。

#### 2. 教育実験の方法

- 1) 実施日： 1994年11月上旬
- 2) 被験者： 公立K中学校2年生の3クラスを対象に行われた。
- 3) 手続き： 第2著者の京野が指導者となり、一斉授業の形態をとった。指導時間は6時間である。1・2・4・6時間目の各授業の終了直後にMSD調査用紙を配付し生徒に記入させた。なお、特に選択肢の両極端を選択した場合は、その理由等もあわせて記入



するように指示した。

実験授業の展開の概略を以下で示す。なお、実験授業を行った結果をもとに修正した指導案を資料として掲載したので参考にして欲しい。

#### ●1時限目 だいたいの数（ファジィ数）

目標：だいたいの数と言う意味でファジィ数を知る。

また、メンバーシップ関数とその決定方法について理解し、ファジィ数を表す。

内容：班ごとに芋煮会の計画を立てる。芋煮の材料の個々値段から一人当たりの集金額を算出する。例えば、肉は90円±10円といったように範囲のある数で表す。ここで、だいたいの数のことをファジィ数と言うことを指導する。また、各材料の値段のメンバーシップ関数を班ごとに決定する。

#### ●2・3時限目 ファジィ数の演算

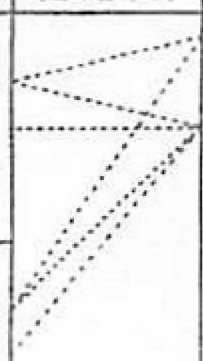

目標：MAX-MIN 合成の考え方でファジィ数の加法ができる。

内容：だいたい40円とだいたい60円を加えると何円になるかを学習課題とする。台集合（ $\mu A(r) \leq 0$ を除いたファジィ集合）を指導する。台集合の要素の組み合わせによってできる数、また組み合わせの種類を見つけ新たな台集合を作る。MAX-MIN 合成を行いだいたい100円のメンバーシップ関数を計算する。

ファジィ数の計算方法（MIN-MAX合成）

「だいたい40」+「だいたい60」=「だいたい100」

「だいたい100」

ファジィ数	台集合	所属度	（組み合わせ）	台集合	MIN-MAX	所属度
40	35	0.8		85	0.2	0.2
	40	1		90	0.6, 0.2	0.6
	45	0.8		95		
60	50	0.2		100		
	55	0.6		105		
	60	1		110		
	65	0.9				
	70	0.8		115		

「だいたい100」のメンバーシップ関数

{0.2/85, 0.6/90, 0.8/95, 1/100, 0.9/105, 0.8/110, 0.8/115}

図2 学習プリントの一部

ここでの授業では最初に MIN を取って次に MAX を取ることを間違えさせないために、本来の「MAX-MIN 合成」を「MIN-MAX 合成」と言うことにした。

「だいたい90円の肉」と「だいたい20円のシメジ」を加えるとだいたい何円になるかを手計算する。計算方法が理解できた班から、パソコンを使って集金予定額のメンバーシップ関数を求める。所属度 0.8 で $\alpha$ カットした台集合の中の最大値の要素を一人当たりの集金額とする。この後、評価問題テストを行う。

#### ●4時限目 ファジィ集合

目標：クリスプ集合との比較からファジィ集合の有用性を知る。

内容：美人という言葉の曖昧さに気づかせ、Yes/No だけでは表すことのできない中間の意識の存在を扱う。「少年と言われる年代は何歳から何歳までだろう」という課題をメンバーシップ関数をつかって定義する。

「AとBの待ち合わせ時間」をAとBの一致度

$\alpha = \text{Height}(A \cap B)$  で推定する。仙台地下鉄のファジィ制御の例をあげ、有用性を強調する。

#### ●5・6時限目 ファジィ集合の利用

目標：ファジィ集合の一致度について理解し、演算ができる。

内容：芋煮の味付けの濃さを決定する方法を考える。5段階の塩分濃度に分けられた味噌汁を味見させ、おいしさの度合いをメンバーシップ関数で表す。それをOHPシートに記入し、1班6人分を重ね、一致度を見つける。その値の濃さになるように塩分濃度計を使って味付けをする。その後、芋煮会を行う。

#### 3. 実験授業の結果と考察

ある1クラス分の結果を分析する。このクラスの4班の計画は表1である。価格の動向を考慮してメンバーシップ関数を決めている。ファジィ演算の結果が表2である。この中で0.8の $\alpha$ カットを行い最大値の235円を集金額とした。表3は、各班の集金額と芋煮会で実際にかかった費用の一覧である。残念だが4班は一人当たり-3円の赤字になってしまった。

具	1人当金額	だいたいの金額	メンバーシップ関数						価格の傾向
			台集合可能性	80円	85	90	95	100	
豚肉	90円	90±10円	0.2	0.6	1	0.6	0.2		→
里芋	70	70±10	0.2	0.6	1	0.6	0.2		→
コンニャク	30	30±5	0.6	1	0.6				→
ネギ	20	20±10	0.8	0.9	1	0.6	0.2		↘
しめじ	20	20±10	0.2	0.6	1	0.8	0.6		↗

表1 第4班の計画

台集合可能性	185円	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8
台集合可能性	240	245	250	255	260	265	270	275			↑
0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2	0.2	0.2			集金額

表2 第4班の集金額のメンバーシップ関数

	1班	2班	3班	4班	5班	6班
集金額・ファジィ集金額	250円	245	305	235	275	270
豚肉	91	91	91	91	91	91
里芋	76			76	76	76
じゃがいも			24			
さつまいも		46				
コンニャク	31	31	31	31	31	31
ネギ	13	13	13	13	13	13
しめじ		27	27	27	27	27
えのき	25					
合計	236円	208	186	238	238	238
差し引き	14円	37	119	-3	37	32

表3 各班の実施結果

このことは改めてメンバーシップ関数の決定方法の重要性を生徒に印象づけ、価格の動向をより詳しく調査しておくことや台集合をさらに細かく設定する必要があることなどを学ぶ結果となった。

1・2・4・6時間目の各授業の終了時に、生徒のその授業に対する態度をMSDで調査した。点数化は好意的側（+3，+2，+1），反好意的側（-3，-2，-1）の7点尺度を採り、各項目のクラスの平均値を算出した。図3～図6がその結果である。

1時目では、+項目で「やりがいのある」のみで、ほとんどが-項目になっており「ややこしい，苦しい，難しい，不得意」が目立つ。新鮮な感じを受けたが，初出の概念が多かったので相当戸惑ったであろうことが窺える。2時間目では，-項目は1時間目と同じ傾向であるが，「すっきりした，楽しい，やりがいのあ

る，興味がある，面白い」など+項目が増えた。授業の内容が生徒にハッキリしてきたためと考えられる。ファジィ演算を難しいと感じながらも理解はされていることを示していよう。4時間目や6時間目も同様な傾向が認められる。「すっきりした」割合が時間ごとに増加しているが，これは「ファジィ」になれてきた結果と思われる。全体的には，「難しい」という印象を与えたことが分かる。

2時間目指導後にメンバーシップ関数が決められている「だいたい90」と「だいたい40」を加える評価問題を行った。40名中29名(72.5%)が15分以内に正解した。その後2名は正解したが，9名(22.5%)は途中までだった。班ごとの学習に埋もれ個人差が表れ難くかったために，内容の未消化な者への個別指導が不足したことは否めない。

6時間目は，学級活動の時間を使った。一致度による味の決定については違和感がなく素直に受け取れた様子であった。

5. まとめ

中学3年生でもメンバーシップ関数を作ることは可能であった。また，それは様々な情報を集めた上で作られなければ有効でないことも学習できた。ファジィ演算（加法）については，この実験的授業案でも $\frac{2}{3}$ 以上が理解された。演習を行うなど指導上の工夫で十分理解させることができると考える。



図3 1時間目終了時

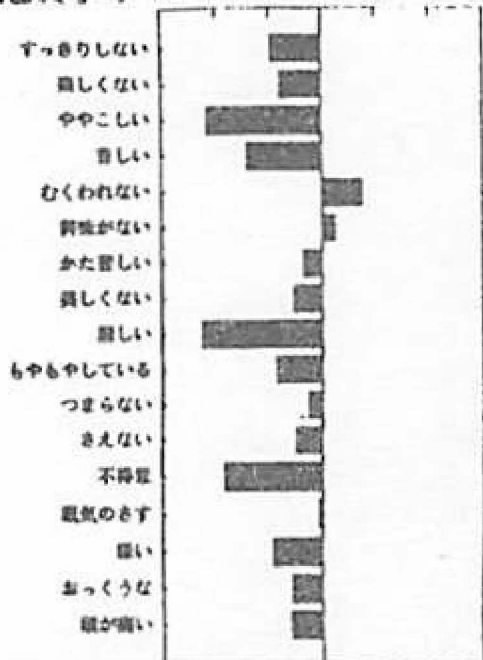


図4 2時間目終了時

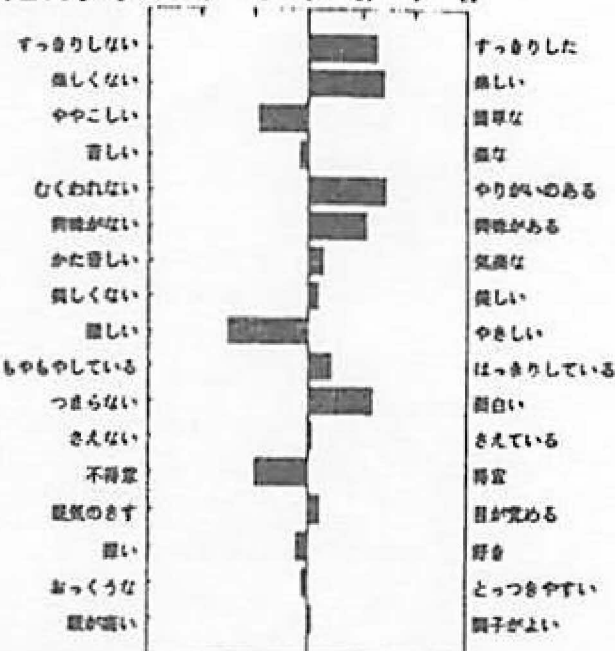


図5 4時間目終了時

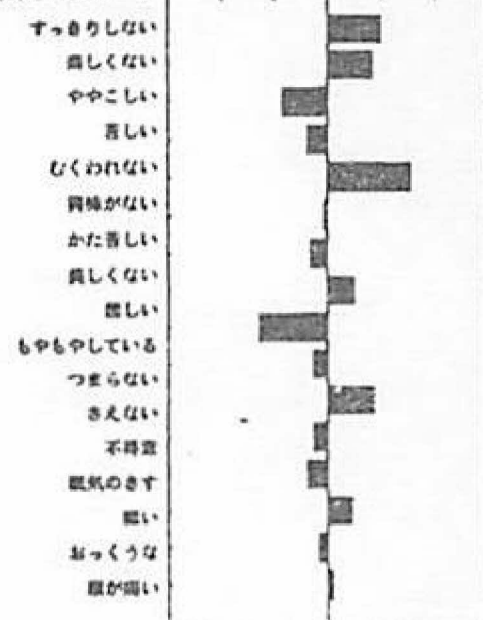
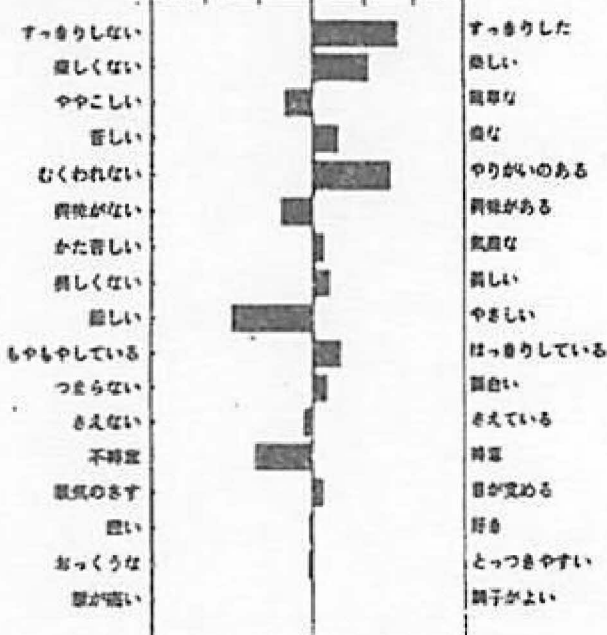


図6 6時間目終了時



### <参考文献>

- 1) 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) 第 20 号, 1992, 32-46
- 2) 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』Vol.34/No.3・4, 1994a, 15-36
- 3) 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, 1994b, 37-44
- 4) 鈴木雄, 「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考察 - 」, 日本数学教育学会誌 1993 第 75 巻第 7 号『数学教育 47-4』, 1993, 199-206

- 5) 本間俊宏, 「高等学校の数学の『応用』について - ファジィ理論の導入」, 数学教育学会秋季例会発表論文集, 1991, 75-78
- 6) 本間俊宏・寺田幹治・相澤寛・金谷博史, 「高校生のためのファジィ理論入門」, 数学教育学会秋季例会発表論文集, 1993, 67-70
- 7) 金谷博史・寺田幹治・本間俊宏, 「中・高校生のためのファジィ理論入門II」, 数学教育学会春季年会発表論文集, 1994, 149-150
- 8) 渡三郎, 「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」, 『数学教育研究』Vol.39・40, 1983, 1-25
- 9) 向藤政男, 「ファジィのななし」, 日刊工業新聞, 1989
- 10) 向藤政男, 「ファジィ論理」, 日刊工業新聞社, 1993

### Abstract

#### The School Mathematics Curriculum in the Information-intensive Society(3) - An Attempt to Develop materials for the Teaching of Fuzzy Theory (2)-

Yamagata University Seiji MORIYA

Kaneyama Junior High School Makoto KYONO

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.
- 4) Fuzzy Theory is good for Problem Solving in the real world.

An experiment in the teaching of Fuzzy Theory was carried out using three class room in the ninth grade as subjects. And we came to the conclusion that students could understand Extension principle, Max-Min composition, Calculations of Fuzzy number and Compatibility degree of Fuzzy Theory, that Fuzzy Theory would make a good teaching material. However, we must reconsider the reactions of students that many students had felt difficult on Fuzzy Theory at the beginning of this learning.

<資料>

指導計画の詳細を指導案の形式で記述する。

指導過程

(1時限目)

- (1)目標
- だいたいの数と言う意味でファジィ数を知る。  
メンバーシップ関数とその決定方法について理解し、ファジィ数を表す。
- (2)指導課程

	学習活動	主な発問(○)と指示(△)	指導上の留意点
導入 10	1. 班毎に芋に会の計画を立てる。 ＜条件＞ ①鍋にいれる具は5種類以内(町内で購入すること。) ②ジュースや菓子を買わない。 ③薪、鍋、包丁、調味料などは各自が持ち寄る。 ＜準備するもの＞ ①まな板・包丁②鍋・クッパ-・たわし ③ざる・お玉・菜箸④薪・新聞紙⑤調味料⑥その他 ＜仕事＞ ①かまど作り②火おこし③調理④あくとり・味付け・盛りつけ⑤買い物⑥集金	△条件に注意し、芋に会の計画を班毎に話し合いなさい。	・6班編成とし班長を中心に計画し、記録用紙にまとめさせ黒板に貼る。 ・記録用紙を工夫し2種類用意し、計画しやすいように配慮する。
	学習課題 一人当たりいくら集金すればよいか。		
展開 開	2. 一人当たりの集金額を決める。 ・肉 90円 ・里いも 70円 ・ねぎ 20円 ・コシナリ 30円 ・しめじ 20円 集金額合計 230円 3. 個々の金額を±で表す ・肉 90円±10円 ・里いも 70円±10円 ・ねぎ 20円±10円 ・コシナリ 30円±5円 ・しめじ 20円±10円 集金額合計185円～275円 (差 90円) 4. だいたいの数(ファジィ数)について知る。	△一人当たりいくら集金すればよいか、5種類の具についてそれぞれかんがえてみよう。  △経験者の意見を参考にしましょう。(ビデオを見る)  ○購入する店や購入する時期によっての価格の変動も考慮しなければいけないので、集金額をどんなふうに表示必要があるだろうか。 △集金額を決定するときは、できるだけお金が余らないようにしてください。 △班毎にどのように考えて集金額を決定したか、その理由を説明してください。 △150円±10円を「だいたい150円」として表してみましょう。	・1週間前の新庄市のチラシを参考にさせる。 *購入する時期による値段の差を考慮する。 ・芋煮鍋の専門家に聞き、一人当たりの必要な量と単価を知らせる。 (肉 1人当たり90g、100g当たり80円～100円位、秋は高いなど) ・金額を±で捉えることの必要性を知らせる。(肉 90円±10円など) ・メンバーシップ関数が決め易いように5円単位で考えさせる。  ・拡張原理でファジィ数の計算を行いαカットしたときの考察ができるように配慮しておく。 ・発表された考え方を類型し、問題点を明らかにする。  ・一致の度合いをとらえさせる。 (例) 100円と見なせる度合いを(1)としたとき105円は(0.6)であり110円は(0.2)である。 ・ファジィ数について知らせ、「だいたい〇〇円」のメンバーシップ関数(5円単位)を班毎に決めさせる。 ・メンバーシップ関数をどのようにして決めたか、班ごとに発表させる。
終末	5. 次時の学習に興味を持つ。	△次の時間は、ファジィ数の計算について学習します。	・MSDで評価し、授業の感想を書かせ次時に興味を持たせる。



## (2・3時限目)

(1)目標 MAX-MIN合成の考え方が分かり、ファジィ数の計算ができる。

## (2)指導課程

	学習活動	主な発問(○)と指示(△)	指導上の留意点
導入	1. 前時の授業の感想を発表する	△前時の授業の感想を発表してください。	・前時の終末で書かせた感想を事前に点検し、意図的な指名を心がける。
	<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>&lt;予想される生徒の感想&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・いろいろな条件を考えてファジィ数を決めるので、予想が確実になる。</li> <li>・ファジィとは、エアコンなどに使われている。</li> <li>・日常の出来事に、数学が使えるのはすばらしい。(関連 モデリング)</li> </ul> </div>		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>学習課題 「肉90円」と「しめじ20円」の合計はいくらか。</p> </div>		
35	2. ファジィ数の加算の方法について知る。	△「だいたい40」と「だいたい60」の合計はいくつになるでしょうか。	・台集合に知らせ、台集合の組み合わせによってできる数、また組み合わせの種類を見つけさせる。
	3. ファジィ数の加算を行う。	△ファジィ数を合計してみましょう。	・MAX-MIN合成をの考え方で、「だいたい100」を求める。
	<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>「だいたい40」={0.6/35, 1/40, 0.6/45}</p> <p>「だいたい60」={0.2/50, 0.6/55, 1/60, 0.8/65, 0.6/70}</p> <p>「だいたい100」={0.2/85, 0.6/90, 0.6/95, 1/100, 0.8/105, 0.6/110, 0.6/115}</p> </div>		
	4. 学習課題を解く。	○学習課題を今勉強した方法で解いてみましょう。	・班ごとのデータを使い、手計算で行わせる。
	5. 芋に会の集金の額を決める。	△芋に会の集金の額を班ごとに決めてください。	・班ごとに、5つの具の値段のメンバーシップ関数をもとに、コンピュータを使って、加算をさせる。
			・コンピュータの使用法は、技術家庭科で事前に取り扱っているが、TT方式で行い、操作に混乱がないように配慮する。
			・楽観的に見積もる場合として、0.8でαカットしたとき台集合が100-105(円)になることを見つけさせ、ファジィ理論の有効性を感じさせる。
			・ファジィ数を使って、芋に会の集金の額を決めることの良さをまとめさせる。
	6. 練習問題を解く。	△ファジィ数の計算を練習しましょう。	・班での学習から個々にファジィ数の計算を行わせる。理解が不十分な生徒には、カード表を使わせる。
終末	7. 次時の学習に興味を持つ。	△次の時間までファジィの使われているものについて、調べてきてください。	・ファジィ数の計算の方法についてまとめる。
			・MSDで評価し、前時の生徒の反応と比較する。

(4 時限目)

(1)目標 クリスプ集合との比較からファジィ集合のよさや有用性を知る。

(2)指導課程

	学習活動	主な発問(○)と指示(△)	指導上の留意点
導 入	1. 前時の課題の感想を発表する。	△ファジィの使われているものについて発表してください。	・興味のある生徒には事前に資料などを渡して、意図的な指名を心がける
展 開	2. ファジィ理論について知る。  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">           ・ファジィの言葉の意味            ・ファジィ理論の歴史(ザデー教授 1965)            ・ファジィ理論で扱うあいまいさ(fuzziness)            ・可能性理論としてのファジィ理論(例 天気予報)         </div>	△絵を見て美人だと思う人は手を挙げてください。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平安時代、江戸時代、現代の代表的な美人の絵を見せ美人という言葉のあいまいさに気づかせ、ファジィ理論に興味を持たせる。</li> <li>・yes, noだけ(二値論理)では表すことのできないその中間の意識の存在を認め、扱うことのよさを感じさせる。(多値論理)</li> <li>・ファジィ理論が数学の一つの理論体系であることをおさえる。</li> <li>・確率論(randomness)と混同しないように配慮する。</li> <li>・ファジィ集合論を中心に扱うが深入りしない</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">           学習課題 少年といわれる年代は何才から何才まででしょうか。         </div>			
	3. 従来の考え方で、少年を定義する。	○少年は何才から何才までのことを言うのだと思いますか。	・個々によって、感覚が違ったり1才年が増えれば少年になってしまうというクリस्प集合の矛盾を感じさせる。
	4. ファジィ理論で、少年を定義する。	○ファジィ理論を使って少年を定義してみましょう。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・班を作らせ座標をとったOHPシートにメンバーシップ関数を記入させる。</li> <li>・1時限目のファジィ数と関連させ、メンバーシップ関数がそれぞれの主観に基づいて自由に決められることを知らせる。</li> <li>・クリस्प集合の拡張としてファジィ集合を捉えさせ、ファジィ集合の方がより表現しやすいことに気づかせる。</li> </ul>
	5. ファジィ理論が、社会の中でどのように使うことができるのかを知る。(ファジィ集合の一致度)	○ファジィ理論は社会の中でどのように使うことができるのでしょうか。 △am 8:15(登校時間)についてメンバーシップ関数をきめてもらいました。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・意図的に数名の生徒にOHPシートに記入させ、「AとBの待ち合わせ時間」に焦点を当てAとBの一致度<math>\alpha = \text{Height}(A \cap B)</math>より2人が会える可能性を考えさせる。</li> <li>・仙台市の地下鉄のファジィ制御の例をあげ、その有用性を強調する。</li> </ul>
終 末	6. 次時の学習に興味を持つ。	△次の時間は、ファジィ集合を使って芋煮の味つけを決めます。	・ファジィ理論についてまとめMSDで評価し、それを第1時限目の評価と比較し、生徒の反応をつかむ。



## (5・6時限目)

(1)目標 ファジィ集合の一致度について理解し、演算ができる。

(2)指導課程

	学習活動	主な発問(○)と指示(△)	指導上の留意点
導入	1. 芋煮の味を決める。	△各班毎に、味噌味かしょうゆ味か決めてください。	・調理室で各班毎に班長を中心に相談させる。
展開	2. 班毎に味の濃さを決める。	○味の濃さはどのようにして決めたらよいでしょうか。	・多数決という意見が出されることが予想されるが、全員が楽しく食べる
	<div>学習課題 味の濃さはどのようにして決めたらよいのだろう</div>		
	3. 個々の味覚のファジィ集合を作る。	△5種類の味噌汁を味見し、おいしさの度合いをメンバーシップ関数で表し、OHPシートに記入しなさい。	<p>には、まあまあおいしいと思えるような味付けにする必要があることを感じさせる。</p> <p>・おいしさの度合いをメンバーシップ関数で表し、座標を取ったOHPシートに記入させる。</p> <p>・本だしを入れた味噌汁の塩分濃度を5段階に分け味見させる。</p> <p>①相当にからい 1.6%以上            ②からい 1.4%以上            ③まあまあからい 1.2%以上            ④ふつう 1.0%以上            ⑤うすい 0.8%以上</p> <p>・味噌は、一般的なよく練られた合わせ味噌を使用する。また、味噌汁の温度は60°くらいで薄味の方から味見させる。</p>
	4. 各々の味覚のファジィ集合の一致度を求める。	○それぞれの班の芋煮の味をどのようにして決めたらよいだろうか。	・OHPシートに記入された、個々の味覚のメンバーシップ関数を、座標軸を重ねて写す。
	5. 班毎に味付けをし、全員がおいしいと思うかを確かめる。	△塩分濃度計で濃さを計り、味付けをしてください。	<p>・AとBの一致度 <math>\alpha = \text{height}(A \cap B)</math> を使って、班の味付けを決定することのよさを知らせる。</p> <p>・味を見ながら、味付けをさせるのではなく、ファジィ理論の一致度を使って決定した濃度を、塩分濃度計で計らせながら味付けを行わせる。</p> <p>・よくかき混ぜるようにし、測定するときは、汁の動きが収まってから行う。</p> <p>・味付けが終わったら試食し、班の全員がおいしいと思うかどうか確かめる。</p> <p>・日常生活で数学が役に立つことを感じさせ、ファジィ理論(数学)の有用性に気づかせる。</p>
終末	6. 感想をまとめる。	○ファジィ理論の学習から数学に対するイメージはどう変化しましたか。	・数学の有用性、必要性に気づかせ、今後の学習意欲を高めさせる。

