特集 ファジィ数学

ファジィ数学概説

— ファジィ数学特集にあたって —[†]

中島 信之*

昨今、ファジィ数学が注目されている。だが、少し前までののファジィ・ブームがそうであったように、名前が実体より先走っているきらいがある。

ファジィ数学とは何か、ファジィと数学が結びついたものをファジィ数学と呼ぶのはいささか芸がない。

では、ファジィ数学とは何物なのか、この小論において、「数学」と「ファジィ」の両面からファジィ数学を考え直してみる。

1. はじめに

最近、ファジィ数学に関心を寄せるひとが増えてきている。だが、ファジィ数学とは何なのかについて共通理解ができているようには思えない。共通認識がないままに、関心と期待が先走っているのなら問題である。

ファジィ数学に関心が集まっているのは、ひょっとしてファジィ理論が行きづまっているからではなかろうか。竹内外史[11]は、『現在のファジィの応用は現実的であり、現在のファジィの流儀だけでも無限に応用することが可能であろう。その現実の強みとは裏腹になんとなく貧弱な感じがするのは私の偏見だけではなさそうである。』と述べて、「応用のファジィ」の現状にいささかの懸念を表明している。

理論的裏づけも不十分なままに遮二無二前進してきたところにファジィのよさはあったと思う。だが、多くの科学がそうであったように、ファジィ理論もその発展のある段階で、主として数学によってということになるだろうが、整理・体系化し、新たな方向性を獲得する時期がくるはずである。今がその時期かもしれない。あるいはすでに手遅れかもしれない。

このようにファジィは、一面で数学を必要としている。「だからファジィ数学」と短絡するのはどんなものであろうか。

そもそもファジィ数学とは何であろうか。

2. ひとによって異なるファジィ数学

1つの言葉は、ときに全く異なった意味で受けとられる。ファジィ数学もそうである。ファジィ数学にはファジィ(工学)と数学とが関わるが、この両方で受け取り方は異なる。ファジィ数学の受け取り方が違う理由としては、数学に対する理解がそもそも異なるということが一番大きいと思う。

数学は浮き世離れた学問と見られているが、やはり我々人間の生活に役立つことが究極の目標なのである。ところが、次節でくわしく述べるように、数学は現実世界から離れた抽象的な概念ばかりを対象としているので、油断すると空理空論に陥ってしまう危険性がある。そこで、数学は自らに対してかなり強い規範を設け、そうならないように努めている。数学が独自の価値観と論理をもつようになった背景には、こういった事情がある。だから、数学自身は、数学を相当狭くとらえており、数式が出てくるから、あるいは数学という名前がついているからという理由で、数学だと認めることはしない。

それに対して工学者が数学だと考える範囲はもう少し広い。極論をすれば、現場が抱えるさまざ

[†] An Introduction to Fuzzy Mathematics

* Nobuyuki NAKAJIMA

富山大学経済学部経営学科

Faculty of Economics, Toyama University

まの問題に答えてくれさえすれば、それが(数学者の考える)数学でなくても、ファジィ数学でなくてもよい。とりあえず、数式の展開で答が出てくれば、その過程を数学と呼んでいる趣もある(数学と呼んでいなければ何と呼んだらよいのだろうか?)。

筆者に対する私信[9]の中で、高木は、

『過去にも、数学的道具が不足していることをほとんど認識しないまま、物理学者や工学者は、既存の道具をうまくアレンジして理論づけしてきた、平たくいうと計算してきたと思う。』

数学的厳密さを欠くとしても、現象を説明できたり設計できたりしてきたわけで、云々』と述べている。

このように、数学に対する数学自身の理解と工学の理解との隔たりは大きい。ファジィが必要としている数学は、おそらくどちらの数学でもない。数学者の考える数学よりもゆるやかで、工学者のいう数学より厳密な数学なのではないか。

しかも、ファジィが必要とする数学即ちファジィ数学ではない。ファジィ数学とは、ファジィが必要とする数学をも含み、それよりも膨らみをもった数学ということができようか。もう少し考えてみたい。とりあえず、ファジィ数学と呼べそうな分野を列举しておく([16])。

- 1)ファジィのための数学
- 2)ファジィの中で使われている数学
- 3)ファジィを整理する数学
- 4)ファジィを体系づける数学
- 5)ファジィを取り入れた数学
- 6)ファジィの上に乗る数学

3. 数学の変身

前節で、ファジィ数学がひとによって異なって受け取られるのは、そもそも数学に対する理解が異なるからだろうと述べた。本稿の読者は、それらのうち、数学者が考える数学には馴染みが少ないと思うので、そちらを中心に解説を試みる。

こういったことがらに関して、すでに赤攝也が

訳書「数学の哲学」([8])の「訳者覚え書き」において論じている。筆者が不勉強なまま焼き直しの論をなすのは愚の極みでしかない。引用をさせていただき、それを軸に論じることにする。

『数学は、二十世紀の初頭を境い目として、その根本思想を本質的に変えたのである。』(p.173)が示すように、同じく数学と呼ばれても、内容までみると同じではない。すなわち、『誇張していえば、いわば自然科学の手段であった』19世紀までの数学(p.173)と、『自然科学からの自らの独立を高らかに宣言するに至った』20世紀に入ってから数学(p.175)とは異なった学問なのである。

20世紀の数学とはどんな数学であるのか。氏はまず自然科学について『人間は、この現象時空間(の諸局面)について思惟し、これを解明する能力をもっている。』と述べたあと、『しかし人間は、さらに進んで、この現実の現象時空間“以外”の現象時空間を仮想し、それについて思惟する能力をもっている。思惟することができるだけではない。現実の現象時空間と同程度にそれらを解明していくこともまた可能なのである。』(p.174)というように、仮想の現象時空間を思惟し、解明するものとして数学を位置づけている。さらに『現象時空間とは“無関係”に思惟することが、数学の応用範囲をひろげる所以だという信念の誕生である。』(p.175)という文や、『この思想の下に展開される数学の理論にとって、その対象が現実の現象時空間内にあるかどうかは、全然問題ではない。』(p.175)が示すとおり、現実の事物から離れた抽象性を数学の特徴としている。

数学は、その抽象性にもかかわらず、あるいは抽象性の故に、我々の生活に役に立っているとも主張する。『“空想”の産物の解明が何の役に立つのか。(…中略…)空想の産物についての考察の結果が、間接的に物理数学に寄与し、数学の機動力を飛躍的に向上せしめる』(p.174-175)。

空想の産物が役に立つのは、『人間の思考は、いかに自由奔放たらんとしても、所詮は釈迦掌上の孫悟空である。はじめは、いかにも奇想天外であるかに見えた理念的存在が、実は現実の現象時空

間内にれっきとしたモデルをもっていた、というたぐいの発見も少なからず集積した。』(p.175)という理由によるのであろう。その結果、『数学は、ありとあらゆる理念的存在を追求する。(…中略…)したがって、いかなる学問いかなる思索に登場する対象も、その本質的な構造にのみ注目すれば、必ず現代数学の取り扱いうる理念的存在となるのである。』(p.176)ということになる。

ところが、『(20世紀初頭の)その変革は旧来の諸理論を決して破壊するものではなく、“形の上では”そのまま保存するもので』(p.174)あったし、学校の数学教育もまた旧来の数学を踏襲した。そういった教育を受けてきた一般の人々、なかんづく数学を手段として利用してきた人々は、数学の変身に気づかないまま現在に至っている。

その旧来の数学、学校教育で教えられている数学を、赤氏は物理数学と呼ぶ。というのは『物理学の発展は、人類の幸福のバロメーターの一つ』であったからであり、その物理学を支えるのは数学だったからである。『物理学に必要な限りでの数学—物理数学—が学校教育の必須の科目として課せられるようになった。—これが私の(やや邪推に近い)推測である。』(p.171)と述懐している。

4. 純粋数学と応用数学

ところで、赤の「訳者覚え書き」は、もともと旧来の“物理数学”だけが数学であるかのように理解されている現状を憂えて書かれたからであろうか、氏のいう旧来の物理数学に対して少しばかり厳しすぎるようである。氏が数学基礎論を専門とするが故ではないと思う。

‘数学’を現代数学に限ってしまうのは、必ずしも得策と思えないので、現代の数学と旧来の数学という分類軸とは別の分類軸を考え、その軸にそって数学を見直してみよう。

数理統計学者の竹内啓は、数学を『ここで数学それ自体と、いろいろな科学・技術における手段としての数学』の2つに分け、『前者を仮に**純粋数学**、後者を**応用数学**』([12], p.264)と呼ぶ。ま

た、スウェーデンの数学者、L.ゴールディングは、それらを(数学の)**理論的面**と**実用的面**と呼び、『この分裂は、数学と同じくらい古くからある。』([5], p.310)とつけ加えている。

我々がこれから考えようというのは「純粋数学—応用数学」という分類軸である。この分類軸上には、さまざまな数学が並んでいる。現実を研究対象とする学問が分類軸の外にあり、原初的な応用数学がそれに隣接する形で一端を占める。そして、もう一方の端には純粋数学が位置し、その間にさまざまな段階の数学がそれぞれの位置を占めている(図1)。

図1 数学の分類軸

数理工学者の甘利は『最近私にも数学と応用数学の違いがよくわかってきた。純粋数学の目から見れば、対象の構造に縛られた数学(…中略…)などは、まことに不自由きわまりないものだろう。大がかりな例題をやっているだけなのに例題に固有の論理に縛られたのではたまらないという彼らの考えもよくわかるが、我々が面白いのはその例題に固有の論理なのである。』と述べ、‘固有の論理’の意味を説く。その上で『もちろん、こうした現象の面白さには共通した面がある。こうして、個々の現象の面白さから出発しても、それを調べる道具として使う共通の数学的構造に興味を感じ、それを取り出してそれ自体を調べていこうという行き方も当然でてくる。』と書き、固有の論理からの解放により数学が生み出されてくる過程を示す。そして『これは応用から生じ、応用に役立つ数学を研究するわけで、まさに応用数学という名にふさわしいことかもしれない。』([1], pp.254-255)と結んでいる。

応用数学は、一方において元となった学問と強く結びつき、その一方でそれ自身が数学でもあるという両面性をもつ。それ故に、竹内啓は『(「応

用数学」)は単なる「数学の応用」ではなく、一つの論理体系性を持ち、理論としての美しさを持った「応用数学」として作り上げられる』べきだと主張する。そして『やや奇妙ないい方をすれば「応用数学」の中にも「理論」と「応用」の区別がなされるべきであり、そうしてその「理論」を作ることは、数学者というより「応用数学者」とくに「理論家」としての応用数学者の責任であろう。それが数学理論の美しさや完成度を基準とする数学者に必ずしも期待できないのは、「応用数学」の「理論」においては、数学的な論理と客観的な世界の論理とが本質的なところで照応していなければならないからである。』([12], p.272)といている。

最後の点については、もう少し詳しく『要するに応用数学の「理論」においては、適度なレベルの抽象化、一般化が必要であるが、それを判断するには対象の論理と数学の論理の双方についての高度の理解力が必要である。そこに数学者と応用家(ということは本来の分野の専門科学者であるかもしれない)の外に、応用数学の「理論家」が必要とされる理由がある。』([12], p.275)と説明している。

これまでは、自然科学が数学からどのような恩恵を受けているかという見方で論じてきたが、反対向きの貢献についてみてみよう。数学は、その性格上、現実とのかかわりが小さく自己完結的であるために、自分自身によって新しい問題を見つけてくることは容易でない。常に現実からの問題提起が必要とされる。

この点について、デービスらは『実験家は理論家は互いに他を必要とします。実験家は自分が行った実験を整理するのに助けとなるモデルを必要とします。それがないと彼はどこをねらえばよいかわかりません。彼は暗闇の中で研究することになるでしょう。理論家は世の中において進んでいる事柄を話してくれる実験家を必要とします。それがないと彼の理論化は空虚になるでしょう。両者の間には適当な交流がなければなりません。』

([4], p.41)と、竹内啓もまた『人間の想像力には限界があるから、数学者といえども全く主観的な思考の中だけから「新しい」数学をいくらでも作り出せるものではないであろう。』([13], p.275)と述べている。

5. ファジィの諸様相

ファジィもまた多面的である。まず、我々がふだん接しているところのファジィ理論がある。このファジィはさらに応用のファジィ(ファジィ応用、あるいはファジィ技術)と理論のファジィとに分けられる。ファジィにはさらにこれと異なった一面、数学の構造にかかわる要素がある(図2)。

図2 ファジィの分類

まず、最も広く知られ、多くの研究者が関心をもつのは、『応用のファジィ』(竹内外史[11])である。これに関しては今更多くを要しないだろう。氏の『工学的にはファジィとは複雑で手に負えないものをカンタンに処理する一般的な方法をいうことになる。そして一つキイポイントは、多くの場合長年のカンというような人間の古典論理の世界では表現できないような知識を表現して利用するところである。』(同上)という説明に尽きる。

工学者(それも技術者)が求めているものは、『複雑で手に負えないものをカンタンに処理する方法』であって、必ずしも現在のファジィにこだわるものではないという一面がある。例えば室伏[16]は、現在のファジィ理論、メンバーシップ関数で規定されるファジィ集合に基づくファジィ理論にこだわるべきではないという。そして、ファジィ(あいまいさを扱う手法)の数学による理論化・体系化も、適度なレベルを越えると、そのこと自体がかえって我々の手を縛り、応用の範囲を

狭くしかねないので疑問だという。

ただ、技術優先・現実への追従が過ぎると、1つ1つがバラバラに点在する技術の集積ということで終わってしまい、それ以上の発展は望めそうもない。さらに高度な技法・手法に高めようとするれば、何らかの理論化・体系化が必然である。その役割を担うのは理論のファジィでなければならないと思うのだが、現在のファジィ理論がそれに応えているかは分らない。

ファジィのもつ全く異なった一面について考える。数学は真と偽の2値からなる世界であるが、ファジィはその枠にははまらない。真偽以外の真理値をもつ多値論理は古くからあったから、2値でないこと自体が別段目新しいわけではない。これまでの多値論理とは異なるタイプの非2値論理(非古典論理)が注目されるようになってきているとのことである(竹内外史[10], p.112)。

こうした動きは量子論理に始まるもののようである。量子論の世界は、古典的な2値の論理にも、これまでの多値論理にもしたがわかない。量子論の解明のために、その論理構造の研究が必要となった。

量子論理の研究に合わせて、在来の多値論理に合わないそれ以外の論理も研究の対象となってきた。ファジィ論理もその1つであったようである。このような経緯があって、最初にファジィ論理に注目したのは、数学ではなく物理学であった。数学と諸学問の関係という点できわめて興味深い挿話である。(柳瀬[13], 竹内[10]など)

量子論理はこれまでの多値論理の延長上にはないタイプの多値論理だから、数学の内部だけの研究からは発見されることはなかったであろう。このように、量子論は数学に刺激を与え、数学に新たな方向を示唆した。ファジィ論理もそうであってほしいし、その可能性は十分あると思う。

もしファジィが数学の新しい土台を提供するのであれば、ファジィと数学との関係は片側通行でなく、双方向的なものとなる。双方向性はファジィのもう1つの顔である。

6. ファジィと数学：現状と将来

この節では、ファジィと数学の結びつきのありようについて調べ、これからファジィ数学が進む方向を模索したい。

2つのモノの結びつきによる利のありようを生物どうしの共生についての言葉を借りていえば、どちらにとっても利のない場合を除いて、片利共生と相利共生とがある。すなわち、1)Aに利がありBには利がない、2)Bに利がありAには利がない、3)A, B双方にとって利がある、である。

ここでAをファジィ、Bを数学とすると、ファジィと数学の結びつきもつぎの3種に分類される。

- 1)ファジィにとって利のある結びつき。
- 2)数学にとって利のある結びつき。
- 3)双方にとって利のある結びつき。

もう少し詳しく分類し、解説を加えると、

- 1)ファジィにとって利のある結びつき。

①ファジィのための数学

‘物理学を学び、さらに研究を進めるときに必要な’物理数学、‘情報科学のための’情報数学などと同様、‘ファジィ理論を学ぶため、あるいはファジィ理論を展開するのに必要とされる’数学のことである。

②ファジィの中で使われている数学

ファジィ理論や技術の展開において、数学の技法が利用されている。こういった数学の一分野あるいは技法のことである。

③ファジィを整理する数学

④ファジィを体系づける数学

以上の2つは、堀内[6]によれば『数学と呼ぶには不可能な荒削りな考えを整理して数学の中に入れようとしているモノ』である。「整理する」は各論的、「体系づける」は総論的と位置づけて考えればよい。

- 2)数学にとって利のある結びつき。

⑤ファジィを取り入れた数学

堀内[6]の言葉を借りれば、『すでに数学として確立された概念を拡張しようとしてファジィ化を

試みているモノ』である。

3) 双方にとって利のある結びつき。

⑥ファジィの上に乗る数学

閉区間 $[0,1]$ に真理値をとるファジィの考え方で、公理的に集合論を構成するという数学の方法を組み合わせて、ファジィの上に数学を作り上げるといえるものである(竹内[11], 千谷[3])。

ある意味では、最もファジィ数学の名にふさわしいようにも思える。

すでに述べたように、工学者と数学者ではファジィ数学に対する見方がそもそも異なっている。大ざっぱに言えば、工学者は主に1)をファジィ数学と考えており、数学者がファジィ数学と認めるのは2)または3)である。例えば、ベーシック数学のファジィ数学特集[2]も飯野[7]も⑤の意味でファジィ数学を用いている。

このあたりでファジィ数学についての結論めいたものを一応筆者なりに出しておこう。

まず、ファジィ性と数学性の両方を兼ね備えたものは、確かにファジィ数学の名に値する。そこまではよろしい。だが、もう少し柔軟に幅広いファジィ数学を考えてもよいのではないだろうか。

例えば、ファジィの概念を取り入れて、数学の守備領域を広げようとしている数学はファジィ数学の名に値するではないか——少なくとも、数学としてきちんとしたものであれば。そして、数学の力を借りてきちんと整備しようとしているファジィ理論も、またファジィ数学と呼んでもよいのではないか——少なくとも、ファジィの精神が生きている限りは。

これから上に掲げた‘ファジィ数学’を1つ1つを取り上げ検討してみよう。

まず、⑥ファジィの上に乗る数学：これは、ファジィの基礎の上に集合論から始まる全数学体系を構築しようとするものである。悲しいことに筆者には十分に読みこなす能力がないので、聞いたことから判断するよりないが、これこそファジィ数学の名にふさわしいファジィ数学だという気がする。他の体系からは得られない興味のある結果

が得られるようであれば、ファジィに対しても数学に対しても大きな貢献となろう。

つぎに、⑤ファジィを取り入れた数学：数学にとっては、それが‘数学’であるか、数学として新しい何物かがふくまれているかが問題で、‘ファジィ’のついた数学であるか否かは問題ではない。数学として興味をもてれば、数学は取り上げて研究の対象とするし、興味がなければ放置しておしまいである。この意味で、多くの数学者にとってファジィが関心外であることに不思議はない。

しかし、一方からいうと、‘ファジィ’数学であるか否かを問わない——ということは、ファジィ数学であってもよいということでもある。ただ、現在までのところでは、高木も『従来の数学的概念をファジィ化し、従来の数学的手法で体系化するというもので、単なる形式的な一般化にすぎず、自明なことといえないまでも、数学的に実ある成果が期待できるとは思いません。』([9])といているとおり、未だしの感は強い。

このファジィ数学は、まだ未成熟で目立った成果をあげていない。数学に何物かをつけ加えるところには達していない。しかし、今後研究が進むにつれて、成熟し、内容も豊かになるだろうと期待できる。その萌芽は少しずつ見え始めている。

以上は、どちらかというと数学からの視点でファジィ数学を見てきたが、つづいて、ファジィ側からファジィ数学をながめてみよう。これには上の分類の①から④が属し、多岐にわたる。①は別とすれば、②から③の一部までは竹内啓のいうところの『数学の応用』にあたり、③の一部から④までは『応用数学』にあたる。

これらはいずれも現段階では、ファジィ理論自体の体系化が十分でなく、ファジィ数学といえる域までは達していないと思う。例えば、①について：現在の(特に応用の)ファジィを学ぶために、それほど高度な数学は必要でない。また、②について：現在使われている数学といっても、数式の利用の範囲を越えているようではない。どちらもファジィ数学というには程遠い。

ファジィには現在多くの問題が解き明かされる

のを待っている。そのあるものは実験を通じて明らかにされるだろう問題で、残りのあるものは数学の助けを必要とする問題である。ここに数学の出番がある。そういった問題を、筆者の思いつく範囲でとりあえず列挙してみた。

まず、ファジィ集合・論理の理論的な課題について—

- 1) メンバーシップ関数をどう同定するか. あるいはファジィ集合とメンバーシップ関数の関連について.
- 2) 集合演算, 論理演算の妥当性の問題. 特に補集合演算・否定演算および含意演算はどう定めたらよいか.
- などがある. また, 応用特にファジィ推論に関連して—
- 3) その理論的根拠, 特にマムダニの含意の正当性をどう保証するか.
- 4) Min-Max-重心法と代数積-加算-重心法の比較の問題.

などがある。

これらの問題に対して数学はどう答えるだろうか。答を導く過程が単なる数学の応用ではなく、きっちりした論理的体系をもつ理論によるときには、ファジィ数学と呼んでよいであろう。

筆者はこれまで数学を用いてファジィを整理する試みを、いくつかの問題を通しておこなってきた。本特集においても、上記問題3)に対する筆者なりの解答を用意したが、はたしてどうであったか。ファジィの整理という点ではいささかの貢献していると思うが、数学として新しい内容をつけ加えていないし、応用の仕方に新しさがあるというのでもない。

高木は『ファジィ理論を裏付ける数学的道具が求められているが、現時点では不足している、と思われる』と述べ、数学的道具の開発の必要性を強調している。さらに『ファジィ理論を裏付ける数学的道具を求めているのは、少なくとも数学者ではない』と述べて、数学的道具を開発するのは我々であって、数学に期待すべきでないと主張する。

筆者としては、ファジィの側からみてファジィ数学というイメージに最も近いのは、ファジィを体系化する数学(④)だと思う。だが、その必要が切実でないためか、これに相当するファジィ数学はまだない。現状では、ファジィを整理する数学(③)がファジィ数学に最も近接しているといつてよさそうである。

ここまで論じてきたファジィ数学は、ファジィと数学というどちらかというところまっとうすぎるファジィ数学であった。しかしながら、もっと異なった発想に立つファジィ数学もあり得るのではないだろうか。

この点について、高木は『まったく新しい概念と方法論、言い替えればファジィな数学の出現を期待している』と述べる。氏の考えるファジィ数学とは『ファジィ数学は、数学を包含した新しい概念で、しかもそれは現代の数学では記述できない概念だというのが私のファジィ数学の曖昧な定義です。』とのことである。この定義自体は賛否の分かれるところかもしれない。

これとは別に、竹内外史もファジィの将来に関してつぎのような発言をしている。

『応用に用いられているファジィと我々の理論的なファジィとは余りにもかけ離れすぎている。その中間に意味のある領域が存在するであろうか？』

もしその中間で大きな意味のある仕事が可能であるとしたら、それはどのようなものであるであろうか?』([11])。

氏はさらに『現在の応用のファジィと理論的なファジィ(…中略…)の中間のファジィ——これは私見によれば理論からのヒントを得て現在の応用のファジィを改良するというよりは、まったく新しい構造的な使い方をするということであろう——そのファジィの新分野(…後略…)』と述べている(同上)。

こういった発言を、我々はどう理解したらよいのだろうか。氏のいう『ファジィの新分野』とはこういったものなのか。ファジィ数学との接点は

あるのだろうか。

7. 今回の特集のファジィ数学

前節でファジィ数学について一応の結論めいたものを出すといいいながら、なおこの期に及んで筆者のファジィ数学像は定っていない。今しばらくは態度未決定のまま進むだけ進んで、多くの研究者の赴くところにしたがうよりなさそうである。あまりきっちり決めてしまわない方が、ファジィにとっても、あるいは数学にとってもよいのかもしれない。

もう少しくわしくいうと、ファジィについては、なるべく厳密にせず、現在のファジィにとらわれず、広くあいまいな現象の解明・取り扱いというあたりまでを視野におく。数学についても、いわゆる『純粹数学』よりももっと広く数学を解釈した方がよい。さらにファジィと数学の結合も、もう少しゆるやかでよい。

そこで、ファジィを数学の力で整理し直すという意味でのファジィ数学と、数学の概念をファジィ化して、数学に新しい方向を与えようとするファジィ数学とを峻別せず、等しくファジィ数学の名前の下で集め、今回の特集とした。

数学出身で、かねてからファジィに関心をもっていた3氏には、数学側からの視点からファジィ数学を見た姿の解説をお願いした。小寺氏には、ファジィの数学的基礎づけと、今回残念ながら割愛したファジィ代数を併せて解説していただいた。近藤氏には、ファジィ論理とその表現である論理代数の解説を、寺尾氏には、ファジィ位相、特にファジィ線形位相を解説願うこととした。メンバーシップ関数の同定問題へのファジィ線形位相からのアプローチが紹介されると聞いている。

ファジィの側からは、数学との接点を模索し続けている室伏氏にファジィ測度とファジィ積分に関して、また堀内・田村の両氏にはファジィ数について、それぞれ数学の助力でファジィを如何にきちんと記述するかという角度からファジィ数学

をとらえ、解説論文としていただいた。また、筆者自身も長い間懸案だったファジィ推論の数学側面をこの機会にまとめることとした。

ただ、今回の特集では、計画が進むにつれて筆者の考えが揺れ動いたこともあり、統一の取れない特集で終わってしまったのはいささか心残りである。

8. おわりに

かなり意気込んでファジィ数学に挑み、今後のファジィ数学の展望を明らかにしようという狙いに反してほど遠い竜頭蛇尾(あるいは羊頭狗肉というべきか)の内容で終わってしまった。お許しを乞う。

ファジィ数学に関心を寄せる諸兄姉の協力をいただいて、ファジィとファジィ数学をさらに発展させたいと望んでいる。

最後に、竹内先生のつぎの言葉([11])で締めくくりたい。

『私自身この夢の中間分野の実現についてできるだけの協力をしたいと思っているが、若い人の新鮮な寄与を何より期待したいものである。』

参 考 文 献

- [1] 甘利 俊一, 数学・応用数学・数理工学, 森毅編, 数学近未来, 培風館, pp.243-256, 1986
- [2] ベーシック数学, ファジィ数学特集, ベーシック数学, 第25巻第11号, pp.4-16, 1992
- [3] 千谷 慧子, ファジィ集合論の世界と V^I における数学とファジィ数学, Fuzzy の数理的基礎研究会・定例研究会資料, 1994
- [4] P.J. Davis & R. Hers, 柴垣和三雄・清水邦雄・田中裕訳, 数学的経験, 森北出版, 1986
- [5] L. Garding, 竹之内脩訳, 数学との出会い, 岩波書店
- [6] 堀内 清光, ファジィ数学とファジィ工学, 情報処理, 第34巻第1号, pp.52-57, 1993
- [7] 飯野 理一, ファジィ数学概説, 早稲田理工学研究所報告第132輯, pp.1-59, 1991

- [8] 赤堀也, 訳者覚え書き, in S.F.Barker, 赤堀也
訳, 数学の哲学, 培風館, pp.171-178, 1968
- [9] 高木 繁則, 私信, 1994
- [10] 竹内 外史, 線形代数学と量子力学, 裳華房, 1981
- [11] 竹内 外史, 世界ファジィコンgresに於いて
1, 数学セミナー1990年1月号, pp.42-47; 2,
同2月号, pp.64-71
- [12] 竹内 啓, 数学に何をのぞむか, 森毅編, 数学近
未来, 培風館, pp.259-275, 1986
- [13] 柳瀬 睦男, 現代物理学と新しい世界像, 岩波現
代選書, 1984
- [14] ファジィの数学的基礎研究会報告, 第1号, 1992
- [15] ファジィ論理に関するフォーラム'93 予稿, 1993
- [16] 第10回ファジィシステムシンポジウム/パネル
討論報告, 日本ファジィ学会誌, 第6巻第5号,
1994

(1994年9月25日 受付)

[問い合わせ先]

〒930 富山市五福3190

富山大学経済学部経営学科

中島 信之

TEL: 0764-41-1271(内)2685

FAX: 0764-33-8744

—— 著 者 紹 介 ——

中島 信之(なかじま のぶゆき)

富山大学経済学部経営学科

1965年, 大阪大学大学院理学研究
科修士課程修了, 大阪府立大学工学
部助手, 大阪大学工学部助手, 和歌山
県立医大講師・助教授を経て, 1990年
4月より富山大学経済学部教授, 著書
に「おはなしファジィ」(共著), 「フ
ァジィ集合(講座ファジィ第2巻)」,
「社会科学の数理・ファジィ理論入
門」(共著), 日本ファジィ学会, 日本
数学会などの会員, 工学博士,