報　文

新たな時代における「数学」の役割
―ポスト構造主義を踏まえて―

茨城職業訓練短期大学校　小谷　博志

Role of "Mathematics" in the Coming New Ages
―In Consideration of Post Structuralism―

Hiroshi Kotani

要　約　当短大では、1989年にカリキュラムの見直しを行った。ここでは一般教養の「数学」について、一般教養とは何か、また、その一般教養における数学とは何かについて3年間模索して得た問題意識等について示した上で、今回は特に現代数学の構造主義の限界について考える。この構造主義は数学を普遍的な真理体系として構築するための方法として、現代数学に大きく貢献している。しかし、ソ連邦の解体や地球環境問題などを考えると、イデア論まで遡り、それをもっとも忠実に反映している構造主義まで問題にせざるを得ない。この点を、構造主義について「形式論理の根本要原理」、「線形性の要請」、「厳密な形式体系」を踏まえて、若干の考察を示した。その結果、ここにはイデア的で、人間に分かりやすい要請という人間中心主義的な思想が見て取れた。しかし、現状を直視した場合、そのような要請まで凝視する必要がある。このような視点から、柔らかい体系、論理の多様性、非線形性という全く新しい方法・思想が誕生してくる。このような根本を変更した数学をポスト構造主義的数学と言うことにする。これは構造主義的数学と相補関係に位置づけられる。このように今日、構造主義とそれと相補関係にあるポスト構造主義的な視点をもつことが重要になった。これは、未来を嘱望される若者にとって必要な視点であり、これからの一般教養に必要な視点である。

I　はじめに

1989年度の再編整備において、当短大では大幅なカリキュラムの見直しを行った。その際に一般教養についても見直しの必要性が指摘され、一般教養とは何か、一般教養で行う「数学」（以下では一般教養の数学を「数学」と表す。また、「物理」についても問題になったが、ここでは「数学」について示す。）とは何か、どうあるべきかが問題提起された。これは、理工系の大学や短大の教養部（一般教育においても同様）の数学といえば、微分・積分や線形代数を中心に、専門科目の基礎学科に位置づけられ、配置されるのが普通である。これに対し、当短大の一般教養に対する問題意識は文字通り、教養という字句に重きを置いた視点であった。これについては以下で示すが、確かに、今日的状況を踏まえた場合、将来を嘱望される若者にとってこのような視点が必要になっているに違いない。

このような問題提起を踏まえ、取り合えずスタートし、暗中模索ながら3年間が経過した。以下ではその実践の中で得た一つの結論とも言える視点について紹介する。

その結論とは、当短大で専門科目に配した構造主義的な色彩の強い微積や線形代数等の現代数学を補う意味で、ポスト構造主義としての数学（数学とは言えないかも知れないが）的アプローチが必要になっていることである。この場合、この構造主義とポスト構造主義は必ずしも整合性はもたない（互いに矛盾要因を含

論文受付日　1992.1.21

むが）が、共に必要であり、相補的な関係として理解すべきものである。そしてこのような相補的な関係は専門科目と一般教養科目の関係に反映されるべきものでもある。これは、今日の不透明な状況が、ターレス・ピタゴラス・プラトンからデカルト・ニュートンの系譜を骨格とする「原子論」的、「イデア論」的科学技術文明の限界や閉息性を踏まえた新たなパラダイムの模索とも符号するからである。

II　時代認識のための「数学」の模索

このようなカリキュラムの見直しを踏まえた「数学」は試行錯誤を繰り返し、3年を経過した。ここで「数学」を行う際に、国大協の「専門教育の体系教育に対し、一般教育は専門とは異質であったり、整合性を持ち得ない、相補的関係に立つべきである。」[(1)]　や現代のオピニオンリーダである浅田氏の「教養部は専門過程に備える予備学習の場としてではなく、視野の多様化のために活用する場と考えるべきである。」[(2)]のような意見を参考に、時代認識のための「数学」と位置づけ、内容の選定に取り掛かった。数学をこのような対象に選ぶ理由としては、今日、科学技術が両刃の剣であるとの認識が一般的になっている折り、科学技術の中核を担う信頼の篤い数学を検証する必要があると考えられるからである。このようにもう一度数学について、数学とは何かを検証するために、歴史を軸に、人間、社会、自然など、ホーリスティック（全体論的）な視点で再考することにした。今回はこれらについて詳しく示す紙面はないので、表1，表2に3年間で得たテーマ、及び疑問点、問題意識等を掲載しておく。

このような「数学」の模索については、茨城職業訓練短期大学校の紀要の第4号、第5号、第6号において「新たな時代における「数学」の役割」として発表してきた。

ここにおいて第4号では、絶対的に信頼の篤い数学の限界を最も厳格な、記号列（自然数論の対応する）を扱う体系の中で、証明不可能な問題群の存在を証明したゲーデルの不完全性定理を援用して示し、第5号

表1　「数学」で扱う内容

(1)　自然哲学と論証的数学の誕生。

(2)　ピタゴラス、パルメニデス、プラトンの系譜である「イデア論」と数学の関係。

(3)　無理量の発見、ゼノンのパラドックス、ギリシャの民主主義などと幾何学の関係。

(4)　エウクレイデスの「原論」に於ける演繹的体系と、「プリンキピア」や「エチカ」など、「原論」が後世に及ぼした影響。

(5)　「原論」における「第五公準（平行線の公理）」の問題から「非ユークリッド幾何学」の誕生へ。更に、その「非ユークリッド幾何学」がその後の数学や物理学へ及ぼした影響。

(6)　デカルトとパスカルが果たした数学や科学などに対する役割と、今日的不透明な状況との関係。

(7)　ニュートン、ライプニッツの微積分にある極限概念の矛盾点と、その矛盾を解消のために研究され確立された、実数論及び数学の厳密性追求の問題。

(8)　集合論の誕生とパラドックスの問題、及びその解決にむけての公理的集合論やヒルベルトによる絶対証明の思想。

(9)　数学的真理体系を予定調和的に獲得するためのヒルベルトのプログラムと、ゲーデルの形式化の限界証明（不完全性定理）による挫折。

(10)　万能チューリング・マシンと計算可能性の問題及ノイマン型コンピュータでできる仕事とできない仕事。

(11)　現代数学におけるイデア的な構造主義がもつ整合的、体系的数学の役割と限界及び、写像、集合、形式論理、線形性などの問題。

(12)　人工知能やファジー、ニューロ、カオスなど新科学技術のもつ本質的な問題である線形性と非線形性の問題及び、論理の根本原理の問題。

(13)　以上の内容や表1，表2の疑問点、問題意識及び、考察を踏まえた「新しい数学」の可能性。

表２　疑問点、問題点および問題意識

（１）	数学は今後も現代数学の枠組み内でのみ発展するのか。つまり、現在の数学の枠組みがすべてなのか。特に、構造主義で数学全体を体系化しようという企てはうまくいくのか。現在の集合論や関係（写像）の概念に変更はないのか。
（２）	論理はなぜ正しいか。数学的枠組みの中で恒真命題の正しさは証明できるが、何に対しても、また、適用限界はないのか。形式論理の根本原理であ「同一律」「排中律」「矛盾律」は絶対的に真か。また、これに変わるものはないのか。自然環境や社会環境と人間の脳の進化過程との関係はないのか。
（３）	数学や科学のほとんどが線形性の概念（論理自身も線形であるが）を用いて展開されるが、線形性の適用限界はないのか。また、線形性でどれだけ問題の解決になるのか。人間はなぜ線形性を用いると分かりやすいのか。人間の認識能力と線形性の関係はどのようであるのか。
（４）	人間自身が自然であるからその思考自身も自然である。それ故に、人間にとって分かりやすい論理や線形性の概念で様々な問題がうまく適合するという考えがあるが、どうなのか。仮に、正しいとしても人間の認識能力の限界はどうなのか。
（５）	古代インドやメソポタミア、中国において、数学はかなりのレベルにあったのに、その後停滞したのはなぜか。イデア論や近代西洋の行き詰まりが指摘される今日、東洋的な思考などは今後の新しい展開に寄与できないのか。
（６）	自然や社会現象、環境問題に現代数学はどう寄与しているか。今後はどうなのか。現代数学自身の中に環境問題の元凶になるものはないのか。あるとすればどう対処すべきか。
（７）	最近流行っているファジーや、ニューロ、カオス、自己組織化などの問題を本質的にアプローチできる数学はないのか。

では、ファジー・カオス・自己組織化などの現状を踏まえた新たな科学技術の登場により、形式論理の根本原理をも凝視する必要が生じていることを示した。また、この報文は第６号の「新たな時代における「数学」の役割　第３報」に加筆、修正したものであるが、ここでは線形性の問題を中心に、イデア的な構造主義が陥っている限界や閉息性を踏まえ、やはり、新たな時代の認識方法としてポスト構造主義的アプローチが必要になってきていることを示している。以下では、このような試行錯誤を踏まえて到達した、２１世紀に向けての１つの結論である、ポスト構造主義時代の数学的アプローチの必要性について示す。

尚、「数学」というタイトルがふさわしくないと考えられるが言語の意味の「ゆらぎ」も「数学」の内容に含まれている。

Ⅲ　「数学」で得た問題意識

科学技術文明は、歴史的経緯の中で、社会、文化、自然などと相互に影響しあい、切磋琢磨し、今日に至っている。しかし、この発展はマクロに見ると、必ずしも予定調和的で直線的なものではなく、知識の蓄積とともに生じた様々な矛盾や限界の壁を乗り越えるために、その時代のもつ思想や価値観など全体を含む枠組みの転換（パラダイム・シフト）を伴うものであった。

このような発展の仕方は数学についても見受けられる。例えば、「第五公準（平行線の公理）の問題」、「代数方程式の解法」、そして「集合論のパラドックスの回避」の研究などを通して段階的な発展を経て、今日の公理主義的な現代数学に至っている。この現代数学もいくつかの段階があったが、近年の現代数学はブルバキの構造主義の影響が大きい。ブルバキとは、当時のドイツ数学の活況に対し、フランス数学界の高齢化や解析学などの不十分さに危惧を抱いたヴェイユやディドロなどの若手数学者により１９３５年結成された架空の数学者名である。

このブルバキは、ギリシャ以来の数学をユークリッドの「原論」にちなんで「数学原論」と命名し、今日までに約40巻を体系的に再構築している。ブルバキは

「数学原論」を記述するにあたって、ヒルベルトの思想に従い、集合論（集合の概念の方がより基本的と考えて）の上に全ての数学を記述しようと考えた。そして、万人が正しいと認められる公理からはじめ、数学を統一的で厳密な論理的方法で構築しようと考えた。そこでは順序構造（順序集合、束など）、代数構造（群、環、体など）、位相構造（位相空間、一様空間、距離空間など）を母構造として、組合せ、より大きな体系を構築した。その結果、代数学、幾何学、解析学、力学、確率論などを対象に図1に示すように現在も構築中である。このような試みは、中世ヨーロッパの大学で、音楽、幾何学、算術、天文学の四科が全体で数学を構成していたように、ブルバキは数学を統一した科学と見なしていた。(3)

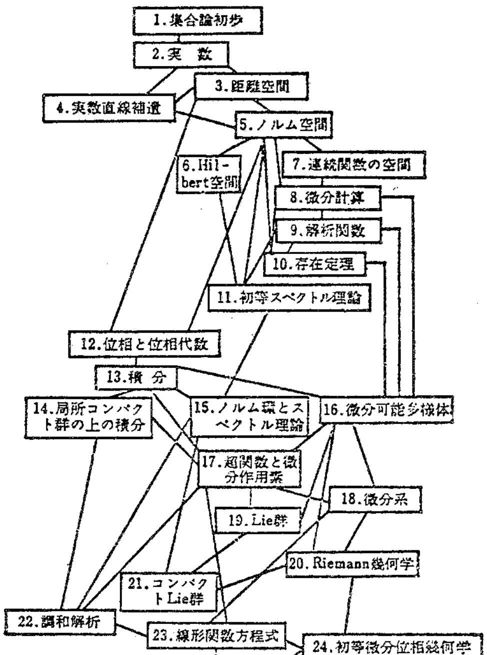


図1　デュドネ「解析原論」の構造

（井関、近藤、「現代数学」(成立と課題)、日本評論社）

このような数学における構造主義ほどではないが、構造主義は客観的科学主義を真理獲得の御旗に今日、言語学や文化人類学、心理学など多方面に適用され大きな成果を挙げている。この構造主義は、その背後に潜む構造というギリシャ的なイデア論を内包する思想であり方法である。

しかし、近年の唯物論やロゴス（普遍的な神の言葉）中心主義などの思想・方法の限界や凋落、機械論や要素還元主義の閉息性と限界。そして、地球環境問題の創出などを見ると、ギリシャ・ヨーロッパ形の文明が曲がり角にきていることがわかる。この中心思想がイデア論にほかならない。また、このイデア論をもっとも厳格かつ忠実に反映させている思想が現代数学における構造主義である。このイデア的な構造主義を考察することが今日的状況を理解するために最も重要であると考える。

Ⅳ　構造主義のイデア的性質

静的で線形、また、それ故に、普遍的、抽象的な客観科学の方法として、イデア的な構造主義は予定調和的に絶対的な真理体系を構築すると期待されていた。しかし、すでに指摘したように様々な分野で限界を生じてきたり、問題を引き起こしている。以下では、この問題点を、構造主義のもつイデア的な性質として「形式論理の根本原理」と「線形性」を中心に検証し、さらに、これらの下に真理体系構築の獲得方法として期待される「厳密な形式的体系」の性質について述べる。また、次節において、これらの中で特に、線形性の問題を取り上げ、今日的問題である人間との関係に言及する。

1　形式論理の根本原理について

数学のみでなく、科学的と言われる対象は論理を用いて、構築される。詭弁とか、へ理屈などと現実との乖離が指摘されることもあるが、論理に対する信頼は篤い。

しかし、理想とのギャップが無視できなくなっている現状を踏まえた場合、論理についても検証が必要になっている。

現在の論理がすべてだろうか。このような論理に対する問題意識は数学基礎論などでも取り上げられてい

る。つまり、これまでの論理（ここでは特に、数学で用いられている形式論理のこと。）がすべてなのかという疑問である。なるほど今日、量子論理、様相論理、ファジー論理などが考えられている。しかし、このような論理にしても、人間の思考の仕方、さらに人間の生き方が変わったとき、それに見合う新しい論理がでてこないのか。[4] 思考の変更、特に、ピュシス（生の自然）とのズレを強く認識したり、有限の大きさの地球を認識した後においてそのような視点が誕生しないだろうか。

この形式論理に対する疑問点は根本原理の、同一律（AはAである。）、排中律（AであるかAでないかどちらかである。）、矛盾律（AはAでないものではない。）に対するものになるだろう。

現在は必ずしも、数学の範疇とは言えない対象も多いが、将来の数学に影響を及ぼすであろうと思われる対象をいくつか示す。

例えば、排中律についての疑問は、次の例で示せる。

(1)　命題が真か偽のどちらかであるという要請に対し直観主義のブローエルは「ゴールド・バッハの予想」などをあげ、排中律の無制限な使用に異議を唱えた。（コンピュータ理論の有限主義の立場という考えはここから生まれている。）

(2)　ファジー理論の中心的概念であるメンバー・シップ関数は本質的には、0と1の間を連続的に補完する関数である。ここではあきらかに排中律が成立しない。

(3)　ニューロンの機構はミクロで見ると電気信号のon,offによる信号の伝達に還元できるといわれるが、重み関数に対応する シナプスによる結合の仕方は本質的にはアナログと解すべきものである。また、平面的な集積回路と3次元のニューロンではトポロジーの相違が本質的である。

次に、同一律についてみる。

(1)　A＝Aであるという同一律も、生命現象や宇宙進化の過程で自らを秩序づくる自己組織化現象ではゆらぎにより、AがA自身を生成変化させることで、常に新たな秩序形成を繰り返している。同一律の要請はこのような問題の本質を失わせるものとなる。

(2)　欧米における言語はもともとロゴス（神の言葉）に由来している。この言語は普遍的で意味の確定しているという意味で同一律を要請したものである。そして、この言語により、予定調和で普遍的な理想世界をつくることができると長い間考えられていた。しかし、すでに指摘した東欧・ソ連邦の崩壊をみるまでもなく、言語はそのような存在ではなかった。仮に、言語が記号として変わらなくとも、その意味は常にズレ続けていることがデリダなどに指摘されている。しかし、当然のことながら、言葉で記述し、実現しようとする理想社会については常に書換え続けるという過程しか存在しないのである。

矛盾律についても同一律や排中律との相関関係から同様のことがいえる。このように現実を直視したとき、論理の根本原理も、普遍的で絶対的とはいえなくなっている。ＡＩにおける自然言語処理、感性、カン、コツなども論理の根本原理が成立しない問題である。このような根本原理を変更するようなものは、すでに論理とはいえないかもしれない。余りに論理に馴染んだ我々は奇異に感じるかもしれないが、今日生じている限界や矛盾を乗り切るには、論理の根本原理まで凝視し、現実に対応していかなければならない。

2　線形性の問題点について

次に、やはり、数学や科学における強い要請である線形性について考える。

線形性というと、線形代数がすぐイメージされが、この線形代数は、線形性という抽象的な構造の仮定の上に構築された理論体系である。この線形代数は線形空間（加法と定数倍の可能な集合）における線形写像（比例関係からきまる写像）と定義されるように、狭義の線形性とは加法と定数倍という演算と正射影とい

う写像を合わせもつ概念である。また、これより線形代数は$y=ax$という正比例の関係をn次元化した理論、言い替えれば、多次元量の正比例の理論である。この線形性の概念で、多次元と反対の方向、つまり局所化に向かった場合、例えば、$\{af(x)+bg(x)\}'=af'(x)+bg'(x)$や$\int\{af(x)+bg(x)\}dx=a\int f(x)dx+b\int g(x)dx$　(a,bは定数）のように微分・積分学にいたる。このような線形性をもつ数学は、ベクトル・行列、微分・積分のみでなく、ガロアの理論、微分方程式論、関数解析、ホモロジー代数など広い範囲に及んでいる。[5]

ここで線形性の定義はある強い要請（イデアによる）によっていたから、これと補集合をなす異なる要請の数学的対象が考えられる。これは非線形である。例えば、$\sin(x)$は$\sin(x+y)\neq\sin(x)+\sin(y)$である。これは定義によれば､明らかに非線形である。また、x^2も$(x+y)^2\neq x^2+y^2$である。このような関数はいくらでもある。しかし、数学ではこのような関数に、加法・定数倍や重ね合わせなどの線形の概念を併用して構築、発展させることは一般的である。これは非線形な関数を用いているが、発展させていくときには線形性という見通しのよい方法を選んでいることになる。このような点を考慮すると、些か、飛躍があるかもしれないが、広義の線形性の概念は人間にとって「理解しやすい」ところまで拡張されていることになる。なぜ、このような概念拡張ができるかについては、次節で人間の認識能力の問題との関係で考える。また、以下で、線形性という場合、拡張された概念のことを指すことにする。

このように広義の意味では、等質、平明、静的、普遍などの要請も線形性の概念に含まれる。また、形式論理の根本原理にも強い要請が伺える。さらに可付番集合にある無限概念や実数の連続性などのもとに保証される極限の概念及び推論の過程で変更されることのない、いくつかの論理規則や一定の推論規則で展開される計算、演繹、証明及び体系などの数学概念も線形性という構造をもつと考えても良いだろう。このように見たとき、現代数学のほとんどは線形性の要請を受けていると考えられる。また、分析・総合、分類、予測、決定、制御などの科学技術概念にも線形性の概念が見てとれる。

3　厳密な形式的体系について

このような線形性の概念を用いて、厳密な形式的な論理体系（これ自身も線形）により真理を獲得しようという試みは「原論」以来、デカルト・ニュートンを経て、今日に至っている。しかし、厳密な形式的論理体系でいつかは、あらゆる問題が解決するだろうか。

ヒルベルトは20世紀初頭において、これから解を得るべき問題として、23の問題を提示した。そして、さらにライプニッツが「普遍数学」を夢みたように、数学を無矛盾な絶対的な真理体系として構築するため、有限主義（有限個の記号を土台として展開する公理論の主張）の立場から、数学の全分科を公理化、記号化、形式化し形式論理を用いて、各公理系の無矛盾性を証明することを計画した。また、ヒルベルトはこの公理主義的方法を数学のみでなく、物理学、心理学、経済学等多方面での適用を考えていた。[6]

しかし、このヒルベルトのプログラムによる数学的命題の無矛盾性の証明（決定問題）はゲーデルの不完全性定理でその限界（計算不可能な問題の存在）が与えられた。これは厳密な形式体系すべてに適用できるものであり、単に数学のみの問題ではない。例えば、今日のバイナリィ・コンピュータの数学的モデルはチューリング・マシンで示されるが、このチューリング・マシンは不完全性定理により限界をもつ（体系の内部で計算不可能の問題をもつ）。また、チューリング・マシンは計算可能な関数に対応するから、計算可能な関数（できる仕事の数）は高々可算個（$\aleph_0$）である。しかし、チューリング・マシンで扱える自然数上で定義できる関数の全体は可算個をはるかに越えているから、[5] このような記号化と形式論理ですべての問題を網羅することはできない。

つまり、いくら体系を大きくしても、また、そのような体系をいくらつくってもその体系で覆いきれない問題ははるかに多い。[7] 例えば、自己言及的な自動停止プログラムができないことはその一例である。また、形式的体系からこぼれ落ちる問題としては、先に示した形式論理の根本原理が異なるものも考慮すると、そ

れらとは必ずしも整合性をもたない小さな体系がいくらでも考えられる。カオスティック・コンピュータの研究ではチューリング・マシンを越えたという最新の報告もある。[(9)] これが事実であれば、この中に、チューリング・マシンとは異質な論理体系が含まれている可能性が高い。

V 線形性と人間の認識能力

1 何故、線形なのか

今日の数学や科学技術の多くは広義の線形な構造をもつ理論体系のもとにあり、イデア的な線形性の概念と、イデア的なロゴスを用いて客観的、絶対的、普遍的な真理体系を築こうとしていた。しかし、現状を考えた場合、大きな成果をもたらすと同時に、非常に困難な問題を沢山抱え込む状況をつくってきた。ここでは更に、線形性について、人間との関係について考える。

それにしても、何故、線形性だったのかという疑問が残る。これに対して、物理学者のグロスなどは、思考の産物である数学で、何故自然現象などを記述できるかという点について、「人間自身が自然そのものであり、思考自身も自然であるから」と述べている。これを解釈すれば、線形性でうまくいくのは、それが自然の産物だからということだろうか。確かに、線形性の概念を用いると分かりやすいが、これはあくまでも人間にとって分かりやすいということであって、森羅万象が線形性で記述できるということではないだろう。これまで検証してきたように、線形性とはイデア的で、人間を中心に据えた方法であり、これですべての問題を解決できるという考えは傲慢といえるのではないか。上記したように線形性は人間の都合による強い要請（定義）であり、これだけが絶対的という保証はどこにもないし、それらの限界について見てきた。線形性とは異なる定義を仮定して、それを記号列で表すということだけを考えても可算個をはるかに上回る。このことは圧倒的に多い非線形問題の存在を認めるということであり、論理の根本原理などの変更に伴う問題群も含めると、一気に混迷の度を増し、混沌とした状況に陥る。今日がまさにこのような状況にほかならない。この混迷した状況は一過性ではなく、知的生物としての人類の一つの到達点である。このような状況下で、分かりやすさを求めても、それでこれまでの知識や問題の海が整理される訳ではない。

2 自然環境と人間の認識能力

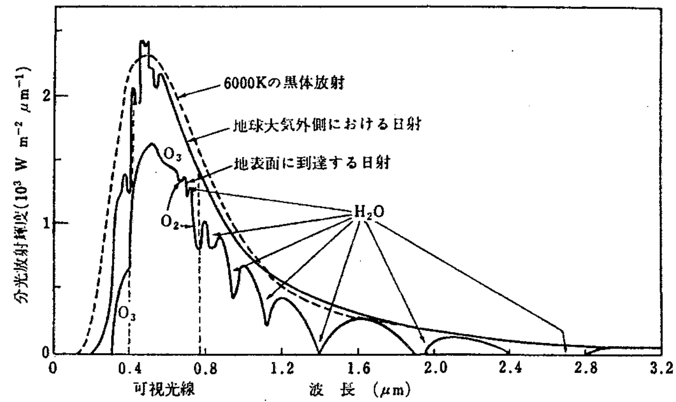
しかし、人間にとって線形性の概念を用いる方が分かりやすく、非線形問題も、例えば、有限要素法や境界要素法などのように（例え、それぞれの要素の内部を高次関数で表しても）離散化し、最終的に多元連立一次方程式の解法に帰着させるように、我々が解を得た場合、ほとんどが線形性の問題に還元されている。このような点を踏まえると、圧倒的に多いとされる非線形問題をまえにして躊躇せざるを得ない。これは人間の認識能力に関係している可能性が高い。これについては、近年、人間の認識能力の限界が様々なところで問題になっている。例えば、ハイゼンベルクは量子力学の不確定性原理について「我々は電子を見ているのではなく、そこに人間の意識構造をみているのだ」と指摘しているし、宇宙の始まりにおける特異点の問題や、プレ・クオーク及び超ひも理論における線形でイデア論的な還元主義の問題も根源探しの行き詰まりが指摘されている。しかし、仮に根源が見つかっても、それを誰が、何のために創造したかという素朴な疑問が残ってしまう。

それでも、このような問題や限界をもつ人間が、これまでの科学技術文明を進めていくとしたら、この線形性に頼らざるを得ないだろう。しかし、何故、線形性に頼らざるを得ないのか、という人間の認識能力と線形性についての問題は、グロスなどのイデア的な理解の仕方とは別に、これからの重要な研究課題になるだろう。これについては、まだ問題意識をもったばかりであり、まだ仮説という段階にも遠いが、一部を紹介することで、今後の議論としたい。

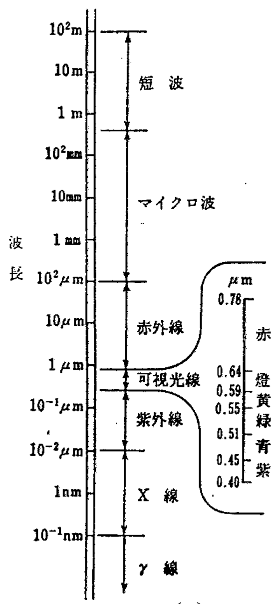
これは、「人間の認識能力を支配する線形性の概念は可視光との相関にある。」とする仮説である。これは以下に示す点を踏まえた仮説である。

まず、太陽からの輻射スペクトルの約50%を占めるのは可視光である。[(10)] そして、地球においては電離

層、大気により、宇宙から来る硬い紫外線やエネルギーの大きいX線、γ線などを防御し、可視光や赤外線などは地上に到達している。



(a)



(b)

図2　(a) 地表面に到達する日射、地球大気外側における日射、6000Kの黒体放射のスペクトル分布　Coulson,1975による
(b) 電磁波スペクトルの名称

(図2) この太陽光を受け、地球が進化し、これらを恵みとして生態系が誕生し、自然環境が出来上がった。そして、人間の脳の約70%は視覚情報に関係しているといわれる。つまり、可視光からの情報処理をつかさどっている。そのような能力を身につけ食物を得、外敵から身を守り、生存し続ける過程で人類の脳の情報処理は抽象的な思考ができるように進化してきた。現在、世界の様々な民族は多様な思考方法をもつが、これまで考察してきた数学や、科学技術文明をもたらした思考方法は、ギリシャ時代にイデア論を得、一気に加速し、今日に至ったものである。

このギリシャ時代の文明は、地中海沿岸周辺の植民地で展開された。その地は強く、明るい日差しによる明確な明暗のコントラストで、かつ平明な風景が多かったのではないか。視覚情報処理を中心としたハードが進化した脳はこのような比較的、はっきりと、変化の少ない風景からの影響を大きく受けているのではないだろうか。これは自然の多様性や四季おりおりの豊かな変化の中で文明を構築してきた日本や東洋の一部と対比してみると、この違いが理解できるはずである。

VI　21世紀に向かって

1　イデア的思考への反省

線形性が人間になじみ易かったのではという仮説に対して、非線形で多様な世界に踏み込んだ人類はこれからどう対処していけばよいだろうか。このような今日的状況における様々な問題群は線形というドクサ(認識の眼鏡)をいくら磨いてもズレやゆらぎとして視野にはいってこない。いくら線形性が馴染み易いからといっても、新しい科学技術、環境問題、人間、言語などの問題も正面からアプローチすれば非線形性が

より本質的である。

さきに、可視光と人間の認識能力についてという仮説を紹介したが、可視光は電磁波の中で極く狭いレンジを占めているに過ぎない。その可視光に依存する脳をもつ人間は認識能力の限界をそれにより規定されていないか。人間が可視光以外の電磁波の存在を知っていることと矛盾しているかもしれないが、長い脳の進化の過程でこのような存在を知ったのはここ 100年ばかりである。このような存在はたまたま線形で捉えられた自然界の一部なのかもしれない。コンピュータで行う、高速で、大量のデータの処理で得られる結果も線形な計算で得られたものであるが、人間の能力をはるかに越えている。このように、本来の人間の能力を越えるような範囲まで理解できる程人間の知能は進んでいるが、一方で、物質の根源問題や、不確定性原理にある人間の認識能力の限界及び、自然、人間、社会そのものこそ本質的な非線形と考えれば、そのような非線形問題群の前で人間は能力的限界を認識せざるをえないだろう。

このように、限界をもつ人間が、圧倒的に多いとされる非線形問題や現象を前に、あくまでも人間にとって分かり易いという論理や線形性に頼らざるをえないとしたら、取り合えず、線形性でなんでもできるという姿勢を改めなければならない。つまり、論理的とか線形性というイデア的で人間中心主義的思想への反省が必要となる。

2　ポスト構造主義時代の数学

このように予定調和的な理想社会の挫折、欧米社会の経済環境の失墜、地球環境問題の創出や科学技術などの閉息性における今日の不透明な状況を乗り越えるには、厳密な体系や形式論理の根本原理の問題、そして線形性の問題といった構造主義のもつイデア論的な認識方法のみでは困難であることをみてきた。

しかし、これはこのような方法が間違っていたということではなく、あらゆる問題に適用しようとしたところに限界や問題があったのである。これらの限界や問題を踏まえた新しい方法は、論理の根本原理が異なったり、非線形であったりするから、イデア的な体系や問題解決方法とは必ずしも整合性を持たない。なぜなら、整合性とは線形で、論理の根本原理の範疇にあるからである。つまり、新しい方法は本質的にイデア的、構造主義的な方法とは異質であり、それ故、互いに相補う方法と認識すべきである。このような方法は一種のポスト構造主義ともいえるものだろう。構造主義は数学において最も理想的な方法として現代数学において骨格をなしていた。しかし、ポスト構造主義時代を迎えて、数学もポスト構造主義の影響とは無関係とはいえないだろう。すでに論理の根本原理を変更したり、非線形現象を新しい科学が追求し始めているし、線形な視線で見たときに生ずるピュシスとのズレやゆらぎが本質的な問題である環境問題の解決は急務である。数学は純粋な人間の思考であった。しかし、これからは「ピュシスとの共鳴思考」や「ガイアとの共鳴思考」が重要になる。ポスト構造主義時代の数学があるとすればこのような時代状況を反映するものではないか。数学という名前がふさわしくなくとも、イデア論に支えられているという意味で、現代数学のような構造主義的（人間中心的）色彩の強い数学と相補な関係として、（余りイデア的でないという意味で）ポスト構造主義的（生の自然や生態系寄り、そして環境にやさしい）数学が必要になっている。

また、ここで示した構造主義とポスト構造主義の相補的な関係は、専門科目と一般教養科目の関係でもあるし、これらの相補的な関係についての認識の必要性は、一般教養の「数学」に取り込むべき重要な視点である。

付記

この原稿は茨城職業訓練短期大学校の紀要，第６号の「新しい時代における「数学」の役割　第３報」に加筆、修正を加えたものである。

参考文献

(1)　関　正夫：日本の大学教育改革，玉川大学出版部，1988，P86－88

(2)　浅田　彰：構造と力，勁草書房，1983，P19

(3)　梅村　浩：カルチェが語ったブルバキの現在,数学セミナー,日本評論社,1991.1,p41
(4)　竹内　外史：数学的世界観,紀伊国屋書店,1982,p62
(5)　長野　正：数学セミナー・リーディングス,線形代数学,日本評論社,1990,p27
(6)　井関,近藤：現代数学,日本評論社,1977,
(7)　小谷博志：新たな時代における数学の役割,第1報,茨城職業訓練短期大学校,紀要第4号,1990.1.16
(8)　有川節夫：数と形の文化,九州大学出版会,1988,P172
(9)　合原一幸：ニューラルネットとカオス,電気学会誌,第111巻,第4号,1991年,p27
(10)　関岡　満：気象学,東京教学社,1981,p31
(11)　ブルバキ：数学史,東京図書,1970
(12)　小谷,伊藤：茨城職業訓練短期大学校,紀要第5号,1991.1.16