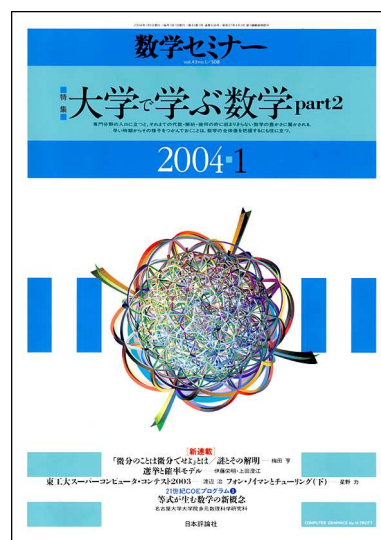


この記事は「数学セミナー 2004年1月号(日本評論社)」に掲載されたものを同誌の承諾を得て転載したものです。

等式が生む数学の新概念

名古屋大学大学院多元数理科学研究科

2003年7月、平成15年度の21世紀中核的研究拠点プログラム(通称:21世紀COEプログラム)が採択され、数学・物理学・地球科学系で24,うち数学系7つ(=数学系研究科が中心となっているもの)が選ばれた。平成14年度から文部科学省の新規事業としてスタートした21世紀COEプログラムは、「我が国の大学が世界のトップレベルの大学と伍して、教育及び研究水準の向上や世界をリードする創造的人材を育成していくために、競争的環境を醸成し、学問分野ごとに世界的な研究教育拠点の形成を重点的に支援することにより、活力に富み、国際競争力のある世界最高水準の大学づくりを推進」することを目的として、採択された拠点には5年間にわたって活動予算が計上される。『数学セミナー』ではこれから7回にわたり、7大学のプログラムを紹介する。



数の概念と空間の概念に迫る

第1回目は名古屋大学大学院多元数理科学研究科(以下、多元と略す)の「等式が生む数学の新概念」。ここでいう「等式」とはどのようなものであり、そこから何を生み出そうというのであろうか。拠点リーダーである宇澤達氏は次のように語る。

「プログラム名ですが、もともと自然科学が強い名古屋大学のなかで数理科学の研究をする部局として、多元がどのように特色を見せることができるか、ということから考えていきました。数理科学の特色を出さないと大学の外はもちろん、学内にもアピールできないと思ったのです。数理科学で何が一番大切かという、数、空間の概念だろう、それを検証できる仮説ということこれは“等式”だろう、ということで「等式が生む数学の新概念」という名称になりました。」

11月11日にCOEオープン・コンファレンス「数・対称性・空間」が学内で開かれた。これから進められるプログラムの内容を広くアピールし、方向性を打ち出すための研究集会である。ここで宇澤氏のほかにプログラムのメンバーの菅野浩明氏、金銅誠之氏にもお話を聞くことができた。

「自然科学では、仮説を立てて検証する、ということが研究姿勢として自然だろうと思います。それを数学に当てはめると、「等式」という形で予想などを設定して、それを検証していくというのが一つの典型だと思うのです。」(菅野氏)

「今回、私達は具体的に2つの予想——ラングランズ予想とミラー対称性予想に注目しました。それぞれ数の概念、空間の概念に深く関係しています。ラングランズ予想には L -関数の間の等式が、ミラー対称性予想には分配関数の間の等式が現れ、この2つの等式は類似しているのです。この類似を正確に記述することで、新しい数や空間の概念が生まれてくるだろう、それをこのプロジェクトで見つけていこうということです。」(宇澤氏)

ここで2つの予想について簡単に触れておこう。ラングランズ予想とは保型形式、表現論、ガロア表現の間の関係を考えるもので、数論的な L -関数と保型表現から定義される L -関数の間の等式

$$L(\pi, s) = L(\rho, s)$$

を予想したものである。一方、ミラー対称性予想は具体的には

1. 3次元カラビ-ヤウ多様体 M に対して、 M とミラー対称な W が存在する

2. 超弦理論の等価性からくるさまざまな数学的帰結が成り立つ

ことを予想したもので、

$$\sum_{n, \vec{k}} \frac{T_{\vec{k}}}{n!} \Psi_{abc}(\vec{k})_A = \frac{\partial^3 \mathcal{F}_B(T)}{\partial T^a \partial T^b \partial T^c}$$

という等式が出てくる。普段から「この2つの式は似ているのでは?」と話題に上っていたという。お互いにより興味のあるところなのだ。

プログラムが終了する5年後の目標は「数論と数理論物理学が表現論を介して自然な形で結びつくこと」。そのために数論、表現論、幾何、数理論物理学の4つの研究グループが相互にプロジェクトを組んで、分野横断的なアプローチをこの5年間で進めていく。プログラムのメンバーは以下の通り(敬称略)。

- [数論] 齊藤秀司, 藤原一宏
- [代数幾何] 梅村 浩, 金銅誠之
- [表現論] 宇澤 達, 落合啓之, 行者明彦, 庄司俊明
- [幾何] 太田啓史, 金井雅彦, 小林亮一, 納谷 信
- [数理論物理学] 粟田英資, 菅野浩明, 土屋昭博

今後は月2回のセミナー、年1回のワークショップという形で具体的な共同研究を、異なる分野の研究者が円滑にコミュニケーションをとるため(博士後期課程と連動した)講義形式のレクチャーを行いながら、研究を進めていくことになる。

プロジェクト制

多元のプログラムには大きく4つの柱がある。

- 教育と研究の強化
- プロジェクト制
- カフェ・ダビド
- 海外や他分野との連携

その中でも一番の注目は「プロジェクト制」であろう。まず中核となるCOEプロジェクトがあり、始動時は「数論・表現論グループ」と「幾何・数理論物理学グループ」に分かれている。また、必要に応じてさまざまなプロジェクトを立ち上げていき、参加者が幅広い問題意識の中で研究に取り組んでいける土壌を作っていくというのだが、具体的にはどのようなことなのだろうか。

「日本の数学科での指導の一つのカリキュアは、一人の学生が一人の教官について1つの分野を研究していく、というスタイルです。例えば加藤和也先生(京都大学)のところは、これまでも研究者を輩出している成功例といえますが、意識的に集団指導体制になっていて、学生の行き来も盛んで活気がある。そこに着目して、一人の先生ではなく何人かの先生と議論をしながら問題解決の糸口を探るようなプロジェクト制というものを考えました。」(宇澤氏)

大勢で一つの問題に取り組むという形は、物理学や工学などに見られる「大講座制」のようにも思える。たしかに数学ではこれまで大講座制はほとんど行われていなかったが...

「大講座制と大きく違うのは、固定化されているのではなく、教官一人一人は独立しているが、プロジェクトに応じてグループが作られる、ということなんです。大講座制は一つグループを固定して、教授を中心に組織的に一つのことを行いますが、プロジェクト制ではその人の研究の進行や興味に伴って参加すればよいし、自分自身でプロジェクトを立ち上げてよい。プロジェクトごとにいろいろなスタッフ、学生の組合せで研究ができる自由なものなのです。」(菅野氏)

多元では、私達がこれまで大学・学科という形では見たことのない、人の行き来も自由で研究の幅が広がっていく形態を作り出そうとしているのだ。

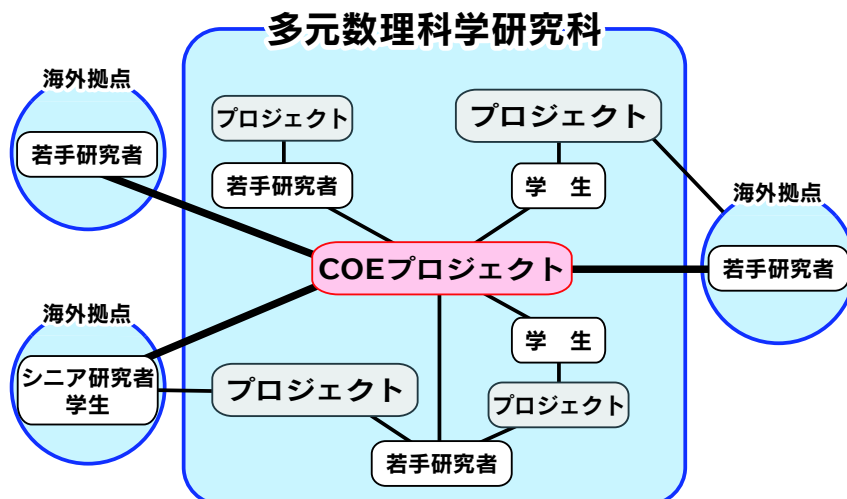


図 1: プロジェクト制とは

若手研究者の育成

21世紀 COE プログラムは研究と教育の両方に目標を設定する。そこでいう教育は「世界をリードする創造的な人材育成」という立場から、大学院博士課程の学生の教育が主となるだろう。多元ではここ数年、博士課程の学生がほとんどいないという状況だった。それに対し、学内で「数学の人はエリート主義なのでは?」という批判があった。つまり、数学ができる人を差別化し、学生は自分達で育てるのではなく、できる学生が自然発生的に数学者として生まれてくると考えているのではないか、という批判である。多元はそれだけ教育に対して消極的な印象を持たれていた。

「ほかの研究科を見ると、研究ももちろんですが、教育面でもさまざまな努力をして学生を育成しているところが多い。多元でもそのような努力ができるのか、ということが大きな争点になり、厳しく追及されもしました。」(宇澤氏)

数学の研究は、一つの問題を見つけると本を読んだりして一人で考えていく、ともすると独りよがりになりがちなスタイルだろう。それをそのまま実行するような学生は大学で学ぶメリットがあまりない。また、自分が見つけた問題にこだわりすぎると、もっと大きな本質的な問題を見失ってしまう危険性もある。

「興味や問題意識が同じ方向性の人と議論したり、熟練した経験を積んだ教官ともに問題を設定し解決していく機会を持たないと、将来的に面白い仕事ができないと思うのです。たとえば若手研究者といえば助手の人も含まれますが、助手の選考を実際に行った経験からいえば、数学の考え方や自分で問題を設定して解くという能力を引き出す、若手研究者に対する指導者側のサポートがかなり欠けているように思うのです。名古屋大でも、たとえば生命理学専攻などは教育・研究両面でうまくいっていて、学生にまず基礎的なことを徹底的に訓練してから、そのあとそれぞれの専門に進むようなシステムになっています。」(宇澤氏)

ほかの研究科ではどんな教育が行われてきたのか。そういう良い例も COE 申請過程でわかってきたことで、多元もプログラムを考える上で参考にしていった。

「致命的なのは、一人の先生についてしまうと問題も限られてくるしその人自身の良さが出てこない、ということです。多元ではそのデメリットを回避するために集団指導体制＝プロジェクト制で問題意識をはっきりさせ、必要な技術を身につけて問題解決型の学生を作ろうというのです。そのためのプロジェクト制でもあるのです。」(宇澤氏)

プロジェクト制という新たな研究スタイルで、教育面もカバーしていこうというのである。そのほかにも、いくつかの試みがすでに始まっている。

教育研究支援室

多元では2003年4月に「教育研究支援室」を立ち上げた。ここではおもに成績に関すること以外の教育のサポート、科研費やCOEなど大型研究経費の管理や研究集会の準備、webやパンフレットなどの広報活動のサポート、海外からの研究者の受け入れ準備、人事のこと、ジャーナルの編集に携わっている。それらは現場を強力にサポートする体制が必要との教官側の要望に基づいているものだ。ここ数年、大学事務の定員が減っているところが多い中で、教務とは別に研究科の活動全般をサポートする体制ができているのは特徴的である。

現在スタッフは4人(うち3人がCOE関連の非常勤)。スタッフの一人、小崎和子さんに話を伺った。彼女はこれまでジャーナル編集の仕事に携わっていたが、「大学の事務方としては、トップダウン的な仕事が多いと思いますが、現場でのいろいろなことを細かくサポートできるようにしたいと長年思っていましたので、こういう部署を作っていただいたことは大変うれしいです。これからもできるだけ現場のニーズに迅速に responding できるようにがんばりたいですね。」

教官が雑務に手を煩わされることなく、研究・教育に専念できる環境作り。実現したくても実際は費用の面で難しかったことだが、COEのおかげでより充実したサポート体制ができそうだ。

カフェ・ダビド

学部生・大学院生がお茶を飲みながら自由に数学を語り合う場として、週3回「開店」しているカフェ・ダビド。もともとは小森靖氏、坂内健一氏の助手お二人がオフィス・アワーを一緒にやろう、というところから始まった。

現在は助手の方々を中心に運営され、開店しているときには助手2人程度、大学院生が3、4人常駐し、学部生の質問やTAどうしの情報交換の場になっている。

「学生や院生の質問が研究に繋がっている、ということもありますし、教え方にもいろいろあることをこの場で教えられます。このCOEの精神でもあるのですが、教育と研究は繋がっていることをとても実感しています。」(坂内氏)

取材当日は(残念ながら)学部生からの質問はなかったが、院生同士が和気藹々とした雰囲気の中で演習の解答を考えていたり、セミナーの準備などをしていた。

一般的に、最近の学生が内向的で閉鎖的だという話を聞いていただけに、彼らの活発な議論の様子は新鮮に映った。

お金の遣い道

ここでお金の話も少し。多元では2003年度、4000万円を得ることができた。遣い道はおもに支援室の3人、COE特別研究員として招聘したA. Langer氏(Bielefeld大学)とI. Vidal氏(Paris 13大学)、山内淳生氏(京都大学)の滞在費や大学院生のRA(Research Assistant, 研究補助員)など人件費や、年1回開かれる予定のワークショップやコンファレンスなど研究集会の費用に充てられる。かなり綿密に予算を立て、ほぼその通りの額を得ることができたので、無駄なく使われるだろう。

総合大学としてどうあるべきか

COEプログラムを申請するためには、大学の総長の推薦が必要である。名古屋大学では学内でワーキング・グループを設け、申請したい全学部学科のプログラムをまず内部で議論を重ね、そこでOKが出たものについて正式に申請できるというシステムを取った。また、COEの審査では大学総長(学長)のヒアリングも行われる。多元の場合は学内のサポートがしっかりしていることがCOE採択の1つの決め手となったと思われる。

「学内審査でかなり細かいところまで厳しくチェックしていくのですが、多元のプログラムも忌憚のない批判にさらされました。そのなかで出した回答がプロジェクト制だったりするのです。」(宇澤氏)

それらの活発な議論の根底にあったのは、「名古屋大学の総合大学としての意味・位置づけ」の議論にある。「総

合大学はどうあるべきか」「名古屋大学の存在理由」といったことを COE 以前から学内のワーキング・グループで議論し、2000 年度(平成 12 年度)には学内組織の大改編を行っている。COE 総長ヒヤリングではおもに大学の将来構想や目標などが聞かれるそうだが、名古屋大学はそれまで議論されてきた明確なビジョンや新しい大学作りのための改革、環境作りが評価された。

「名古屋大学の人には 学科があるからそれを続けなければいけない、という考え方はないのです。なぜそういう学科が必要なのか、そこでどういう研究ができるのか、将来性があるのか、というところから探っていく、その学科の必要性を議論していくのです。たとえば、理学研究科をみると分かると思いますが、素粒子宇宙物理専攻、物質化学専攻、生命理学専攻、地球惑星理学専攻の 4 つから成り、独立大学院として多元数理科学研究科、環境学研究科がある、という状況です。学科・研究科も必要に応じて新しく生まれ変わる。そういう柔軟な発想をもっている大学といえると思います。」(宇澤氏)

COE は単なる通過点にすぎない

COE を機に、多元はどのような研究科を目指そうとしているのだろうか。最後に質問した。

「学部から修士 2 年までの教育システムを順次改革しているところですが、このプロジェクト制を契機にそれらを完成させようとしています。COE で行う研究はプロジェクト制の核になるものですが、それとは独立のテーマのプロジェクトも 2004 年度から立ち上げ、全体の活性化を図ろうとしています。」(金銅氏)

プロジェクト制の導入はこのプログラム独自のものではなく研究科としての最終的な目標だったという。多元の教育改革 特に博士課程の教育体制の見直しを進める中で COE が採択されたため「等式が生む...」のプロジェクトがこれで先行する形でスタートしたのだ。

「COE と我々の改革が相互に作用しあって、今回のような良い結果になったのだと思います。ただ自分達だけで改革を考えてはいても、大学としては、大学全体にとって良い数理科学の環境ができなければ多元のサポートはしない、という姿勢でした。結局は大学のなかで教育と研究においてどういう役割を果たしていくか、多元としての第 1 の回答が COE だった、ということだと思います。」(宇澤氏)

COE は 5 年間だけのものだが、多元にとっては研究科の改革、しいては大学改革のはじめの一步を踏み出すきっかけになったと言えるのではないだろうか。

最後に宇澤氏は「問題意識をもった院生や研究者にどんどんプロジェクトに参加して欲しいですね。またこれは名古屋大学だけのことではありませんので、他の大学でも試して欲しいと思います。きっと数学の研究のあり方も良い方向に変わっていくのではないのでしょうか」と締めくくった。

* * *

今回取材して、大学の生まれ変わろうという努力を強く感じる事ができた。また、「プロジェクト制」という、始まったばかりだがこれからの大学の研究・教育のプロトタイプになるであろう新しいシステムにも期待を持った。研究者が雑務に追われ、本来やるべきことがやれない状況を(外野から見て)常々感じていたことが、強力なサポート体制とともに研究者のあるべき姿を取り戻し、健全な研究環境を作っていこうとする多元の姿勢に今後も注目していきたい。

[編集部]