

質保証・学習成果・参照基準

岡本和夫（大学改革支援・学位授与機構）

0. はじめに

2014年2月12日から14日まで開催された研究集会「教育数学の一側面 ― 高等教育における数学の規格とは一」において、表題の内容の話をし、この主題についても参加者で議論をした。それから2年以上過ぎてこの原稿を仕上げている。すべては筆者の責任であり、参加された皆様と関係各位に深くお詫びしたい。ともかくこの2年間大学をめぐる状況は相変わらず変化し続けており、高大接続を始めとして新聞紙上にも多様な意見が表明されている。筆者の所属している機関も、行政改革の一環で統合により名前、もちろん機能も、変わった。数学の教育に関係することでも、高大接続と大学入学者選抜や指導要領の改定の動向など少なからぬ変化が起きつつある。ただ一昔前のように「数学を勉強して何の意味がある」という方向の議論は、少なくとも見かけ上、教育行政の中でも、沈静化している。

大学から少し離れて、「大学評価」というような仕事に関係していると、これまであからさまには見えていなかったことが見える。特に数学界の先進性と自由性が改めて自覚された。数学の世界で普通のことながら通用しない学術分野も多い、という謙遜のしすぎで、数学者が必ずしも自覚していない優れた数学界の構造が、特別な状況であると思っていた方が良さそうである。

良いところを良いと自覚するだけでは不十分で、世の中に分かってもらわなければならない、という意味で対外的説明の仕方に工夫の余地が大いにあり、と思う。一方これは数学界に限ったことではなく、大学全体に言えることである。大学の教育システムやプログラムのモニターをしているときに、現場で行われている教育の優れているところ、他大学にも大いに参考になるような優れた点が当事者に認識されていない場面に度々遭遇する。例えば学生は半数以上海外からの留学生、当然共通言語は英語になっている国際的な教育プログラムで、日本人学生を含めて授業や演習も英語で行われている。そのことは当該研究科では当たり前、わざわざ言及する必要もないとして「自己評価書」には書かれていない。しかし書かれていないことは外部第三者には伝わらない。

1. 前提とすべきいくつかのこと

折角の機会であるから、数学から離れた立場にあえて立ち、そこから数学界に身を置く方々に話をしよう、この動機に基づいて話をしたのが2年半前である。今回原稿の形でまとめるにあたって、幾つかの前提を確認しておきたい。いわゆる高等教育研究者からは前提になっていないと非難されることは覚悟の上で、私見を述べる。数学界からも意見はいろいろあろうが、以下の議論を進めるための初期条件のようなもの、とご理解いただきたい。

1. 1 日本の高等教育

検討し解決しなければならない個別の課題は少なからずあるとしても、我が国の高等教育は総体としてよくできている、これが第一の前提である。高等教育の制度と実際について改善すべき点はそうすればもっと良くなる点であり、欠点にこだわって角を矯めて牛を殺す愚は絶対に避けなければならない。最近議論されている大学入学者選抜試験、要するに大学入試、の在り方の改善の方向性にも、良い点を正しく認識し正すべきは正す、という当たり前の視点が欠けているようにも見える。

一言でいえば、人材は確実に育成されており、財政を含む諸困難を勘案すれば高等教育の機能は着実に果たされていると言えよう。こんなことを外で言うと山のような非難が降ってきそうである。大学は社会に対して十分貢献していないと非難する人も高等教育を受けている。では貴方の学生生活は、と尋ねると、いやアルバイトとサークル活動に一生懸命で、などとのたまう。なるほど貴方を見ていると我が国の高等教育には問題がありますね、などと言ったら身も蓋もないがそんな議論が蔓延している。筆者が身を置いている現場はそのような場所である。脱線したので元に戻る。

我が国の高等教育機関はその設置形態によって、国立、公立、私立と分類されているが、いずれの機関にも国費が投入されている。運営費交付金や私学助成だけではなく、学生の奨学金や科学研究費など多様な面で財政支援が行われている。ただ、国際標準から見て十分とは言えない現実がある。この点で、いわゆるランキングで日本の大学が教育の質では上位を占めながら、トップクラスに入れられないのは、財務的に分相応ともいえる。

1. 2 社会に対する説明

一方では、成果が的確に説明されていない、つまり外から見えない、ことも事実である。これが第二のポイントである。具体的な説明を怠れば、たとえ制度を「グローバルスタンダード」に合わせたとしても、日本の大学は外から見えないという批判は変わらない。各大学の特徴が外からよく見えているか、大学の設置目的や憲章は公表されているがこれらは一般的抽象的な表現にとどまってははいないか、ということもある。教育機関としての大学の成果は学生に現れる。教育の成果は長いスパンでないといけないものではあるが、だから教育の成果は問うてはならないということにもならない。

大学の Accreditation は説明責任に関する「評価」という考えもあって、この点では課題がずっと残っている。しかし大学にのみその「責任」があるとは言えない。数学がどれくらい世の中で大切か、数学界では多くの数学者が社会に説明するための努力を払ってきたところである。十分な理解が得られているとも思えないけれど、頑張ってきた甲斐はそれなりに現れている。疲れる仕事だが、数学界がしなければ誰も助けてくれない。

1. 3 言葉は踊る

高等教育に関係する仕事をしていると、その方面の新しい言葉をたくさん学習する。大学に籍を置いている数学者も、「評価」、さらには FD や IR など次から次へと遭遇されていることだろう。とりわけ部局長とか大学行政に関わっている方は、もう聞きたくもない、という気分かもしれない。この言葉についての注意が第三の点である。すなわち、高等教育界ではまず言葉があつてそれから概念が作られる、概念に関する議論が始まる、らしい。一言で「評価」とはいうけれど、それは Accreditation なのか Assessment なのか Audit あるいは単純に Evaluation か、対象と手法により違う。こういう議論をしたくないので評価をいちいち「評価」と書いている次第である。本稿の表題にある質保証、学習成果も概念が明確にあるとは思っていない。さらに質保証や学習成果は、結局のところ何がなされどのような成果が得られたか、という実践的な物差しで測るものである。

当たり前のことだが、数学では概念が確定してそれを表現する言葉がある。概念が進歩しても同じ言葉を使うことはある。また概念は同じでも言語により表現は違うし、分野によって異なる言葉や記号をあてることもある。だから、作用素

を演算子と言っても、英語では同じだが、違和感はそんなに、少なくとも筆者には、ない。数学の授業で、 α の複素共役を $\bar{\alpha}$ と書くか $\alpha^\dagger$ とするか、縦ベクトルを $\vec{x}$ と書かずにケットベクトル $|x\rangle$ を使う、これは個人の趣味で済まされるだろう。

もちろん数学の講義、とりわけ大学初年次の数学の授業では学生が混乱しない手当が必要である。電気電子の分野では、 $e^{i\theta}$ を $e^{j\theta}$ と表す習慣があるが、これも使っているうちに結構慣れてしまう。筆者は $e^{\sqrt{-1}\theta}$ という記法を愛用しているが、

非負実数でない場合は $\sqrt{a}\sqrt{b} \neq \sqrt{ab}$ であること、を一々注意しなければならないこともあり推奨はしない。

蛇足のついでながら、理系 1 年生の線型代数の講義で、縦ベクトルは $|x\rangle$ 、横ベクトルは $\langle x|$ 、を始めから終わりまで通じたことがある。内積の定義 $\langle x|x\rangle$ に関し、て横ベクトルの複素共役、必ずしもエルミートではない行列 A について $\langle x|A|x\rangle$ と記すわけにはいかない、など不便なこともあり、これも推奨しない。ただ、量子力学の講義の最初に何の断りもなく黒板に $|\lambda\rangle$ と書かれたが、固有値 λ に属する固有ベクトル、とすぐ分かったのは良かった、と物理系に進んだ学生が言っていた。

何時ものように余談が長くなっているがご容赦願いたい。

2. 質保証

最近「評価」よりも質保証が使われる。大学に関係する「評価」には、国公立などの設置形態を問わず義務化されている「認証評価」と、国立大学法人や法人化されている公立大学の「法人評価」がある。「認証評価」とは、大学等を「認証」するための「評価」ではない。一応の定義は

文部科学大臣の認証を受けた者（認証評価機関）が、大学、短期大学、高等専門学校及び専門職大学院の教育研究活動等の総合的な状況について、評価基準に基づき行う評価

である。英語では Certified Evaluation and Accreditation というが、「認証」の意味をきちんと説明しないと海外の「質保証機関」に、国以外の機関が認証権を持っているような誤解を生むおそれがある。

筆者の所属する「大学改革支援・学位授与機構」も、法定では「認証評価機関」であるが質保証機関 Quality Assurance Agency と自称している。ちなみに正式名称は National Institution for Academic Degrees and Quality Enhancement of the Higher Education である。

2. 1 教育の質を保証すること

定義が不明確であるにしても、言葉の意味はあるわけで、それを『高等教育に関する質保証関係用語集』(大学改革支援・学位授与機構 編)から引用する。

まず、質保証とは

高等教育機関が、大学設置基準等の法令に明記された最低基準としての要件や認証評価等で設定される評価基準に対する適合性の確保に加え、自らが意図する成果の達成や関係者のニーズの充足といった様々な質を確保することにより、高等教育の利害関係者の信頼を確立することを指す

ものであり、さらに

国境を越えた教育提供の活発化等による国際的競争環境下における高等教育の質保証についても重要な要因となっており、大学設置認可制度等の事前規制、自己点検・評価や認証評価制度等の事後評価等を通じて、高等教育の国際化に対応するため、高等教育機関の質の向上や多様化・個性化の推進とともに、それぞれの制度自体の改善向上も重要

とされている。特に日本では、評価は他人がするもの、という意識が強いが、質保証は、高等教育機関自ら主体的に行うもの、であることが強調されている。

質保証とは何かというような哲学的理論的検討はその方面の専門家に任せておけばよい。そんなことよりも、具体的に何をしたら質の保証をしたことになるのか、これこそが数学界に課せられた課題である。数学の課程を修了した学生が、外部のあるところで、たとえばどこかの企業で、就活をしているとして、どのように質の保証をするのか。大学が学生に対してなすべきこと、出来ることは第一に教育であるから、その成果の質を保証する。学生にしてみれば、何々大学の数学科を修了していますからこれだけの能力を身に付けています、と主張できるだけの質を大学が保証する。

学生の立場に立てば、教育の質保証とは単なる学歴や学校歴ではなく、どこに出ても認められるようなものでなければならない。最近では一国内に留まらず国際的な質保証が求められる。貴大学貴教室を修了した某氏が外国の大学か企業に応募したとき、貴教室での教育の質保証が問われる。逆に、某国の某大学数学科を修了した某氏が進学あるいは就職のため貴教室に応募した場合には、

貴教室が某氏について、たとえばその学力の質の保証を求めることになる。

2. 2 数学科修了者の質保証

質保証が問題となっているのが大学院ならば、話が少し単純化する。学生は修士論文とか博士論文とか、客観的に評価可能な成果物を持っている。だから一つの質保証は、どんな基準で修了論文の質を担保しているか、に集約される。若干の修正をすればレフェリー付国際誌に掲載される質の論文を良い修士論文と定め、学生もその点をよく理解している状態にあれば、その数学教室の質は担保され、当該の学生さんが教育の成果を表すエビデンスとなる。数学は客観的な評価が可能、という前提がある以上「良い修士論文を書く学生を育てます」が教育の目標になりうるし、実際に機能する。

言うまでもなく大学はもちろん一数学教室についても、その教室の特徴により質保証の内容は大学ごとに異なるのは当然である。一般的には学力の質が問われるのだが、「当教室では修士論文のレベルはともかく、コミュニケーション力の育成が第一の目標です」という教室があっても不思議ではない。その場合には質の高い修士論文ではない、それ以外の質保証のエビデンスが求められる。

エビデンスは証拠、あるいは証明という場合もある。数学関係者に証明というと正しく理解され、誤解を生じるのでカタカナを使っている。それにしても、修士課程の学生が立派な論文を単著で書き、これが国際的に認知される、そんな学問分野ばかりだと良いのだが…。独白

では学部学生についての質保証はどのようなのだろうか。日本学術会議の数理科学委員会、数理科学分野の参照基準検討分科会がまとめた「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 数理科学分野」が重要参考文献である。これは本稿と並行して論じられるテーマなので議論はそちらにお任せする。ただ、これは教育課程編成上の参照基準であり、教育課程がそのように作られていたとしても、それだけでは質の保証をしたことにはならない。

また、学生の半数以上が大学院に進学する教室と、必ずしもそうではない教室とでは教育の目標も同じではないことから、質保証の実際も異なった形で表れてくるはずである。一方では、学生が何を身に付けて修了するのかという観点、学習成果、については数学科に共通する何者かがあるのではないかと。共通項があるということが、数学科だけに固有の事とまでは言わないが、学習成果については少しあとで検討する。

2. 3 複数のものさし

最重要であることは、質保証について具体的に議論するときには視点を複数持たなくてはならない。「自己点検・評価」にせよ、「認証評価」のような第三者「評価」にせよ、およそ「評価」においては、物差しは複数無ければいけない。同じものでも見方を変えれば形が変わる、複数の視点を総合することによって理解が深まる。

ある「評価」において観点が 100 あるとして、各観点を何らかの形で数量化したとしよう。こうすれば、「評価」されるもの、たとえば大学、は 100 次元の点で表される。782 大学であれば、100 次元空間の 782 点、これに対して 100 次元ベクトル $|w\rangle$ を一つ決め、これをウェイトとして足し合わせば、大学の「評価」が 1 次元化される。この数量で 782 点を比較したものが大学ランキングである。ウェイト $|w\rangle$ を変えれば当然ランキングの結果も異なる。

時々新聞紙上を賑わすイギリス某社の世界大学ランキングも、実はウェイトは毎年変えている。だから、順位が上がった、順序が下がった、というのはあまり意味がない。実際、某社はランキングを発表する毎に「このランキングを過去のものと比較することは勧められない」と冒頭に断っているが、なぜか新聞ではこの部分は翻訳紹介されていない。

当然、各大学が自分の強みを強調できるようなウェイト $|w\rangle$ を選ぶこともできるわけで、このようなマルチランキングのシステムが、単純ランキングへの反論として提案されている。凸包の支持超平面みたいなもの、と言ったら数学関係者には受けたけれど。

マルチランキングも含めて、複数のものさしによって現れるのが、そのもののあるべき姿、質、である。質を測るために定量化することもある必要であろうが、そのときにたった一つの量だけで質を量ることの危うさを思えば、複数の物差しの必要性は明らかであろう。

さらに、複数の物差しには時間軸も加えておきたい。何を今更、と思われたとすればそれは本稿を読まれている方が数学界乃至その近傍に身を置いているからである。

2. 4 高等教育の国際化と質保証

ここ数年、キャンパスアジア構想に基づく学生交流のための「パイロットプログラム」に関するモニタリングの仕事をしている。大学評価・学位授与機構 (NIAD-UE)、中国教育部高等教育教学評価センター (HEEC)、韓国大学教育協議会 (KCUE) の三機関により構成されている日中韓質保証機関協議会では、以下の三項目をテーマとするプロジェクトグループが組織され検討が進められている。

- (1) 日中韓3国の質保証システムの相互理解促進に向けた情報の共有化
- (2) 教育の国際化に伴う質保証における新たな課題の把握と共同ガイドライン作成に向けた検討
- (3) 評価者等の人材交流

キャンパスアジア「パイロットプログラム」は今年度から「パイロット」が取れて本格実施される。キャンパスアジアに触れたのは、パイロットプログラムの成果と実際について紹介をするためではなく、質保証がすでに一か国の国内に閉じた話ではないことを示す一例として挙げたのである。

高等教育について国際化とグローバル化が曖昧に使われている。もちろん大学が国際化しグローバル人材を育成することが重要なのである。大学がグローバル化するとは、究極的には世界は一つと同じで、理想としてはありうるかもしれないが、現実性はない。実際大学を含む高等教育はその国や地域の文化と制度を担っているもので、普遍性だけで成り立っているわけではない。学術の意味からもむしろ多様性が大事なのである。

「普遍主義は、多様性を包摂するのではなく、反対に排除する。この問題提起は、アメリカの人間科学の転換だった」、これは、ファビエンヌ・ブルジェール『ケアの倫理』(原山哲／山下りえ子 訳、文庫クセジュ)からの引用である。

繰り返しになるが、今後国際的に生じるであろう事態は、譬えてみると次のようなことである。A国のB大学を卒業したXさんがC国の企業Dに就職する、ということが頻繁に起こると予想されるので、Xさんの学位の質がいかなるものであるか保証する。これが教育の質保証の原点である。

数学関係で博士論文を書いていれば明らかに説明可能であろうが、学部修了者についてはどうだろうか。学生の高等教育を修了したことで得た成果を企業Dに説明すること、それも個別ではなく国際的な基準にそって、大学として質を保証することがいやでも求められる。

2. 5 内部質保証

質保証には内部質保証と外部質保証があり、前者が基本である。上述の用語集で内部質保証の項を見ると以下のようである。

大学等が、自らの責任で自学の諸活動について点検・評価を行い、その結果をもとに改革・改善に努め、それによってその質を自ら保証すること。教育の内部質保証とは、大学等の教育研究活動の質や学生の学習成果の水準等を自ら継続的に保証することを言う。それぞれの教育課程の編成・実施に責任を持つ組織が、当該過程における教育研究への取組状況や、学生が身に付けるべき能力や課程における学習成果等を分析・評価して改善に活かすとともに、大学等が各教育課程におけるこうした取組みを把握し、総体として改革・改善の仕組みが機能していること、およびそれによって、教育研究の質が確保されていることを保証する責任を有する。

一言で言えば、以前「自己点検・評価」などと言われたものに、ステークホルダーに対する説明が加味されている。

また、改革・改善に即しては「PDCA サイクル」が回っているか、と言われることもある。Plan-Do-Check-Act Cycle という生産管理に関する用語を高等教育に頻繁に導入して良いが、議論はあるだろうが、まあ、物事を進めるための必要条件程度に理解をしておこう。なお、『高等教育に関する質保証関係用語集』は日英対訳なので参考にしてください。英語については「英国高等教育質保証機構」からアドバイスを受けている。

「評価機関」が行う「評価」は外部質保証であるが、その際にも内部質保証が重要である。もし、内部質保証が完璧になされているならば、ある意味で第三者評価は不要となる。ただ国際的質保証という観点は残る。

「評価」は、「自己・点検評価」に基づく内部質保証が根幹であり、第三者による外部質保証は、各教育機関が自らの質をステークホルダー、国内外に明示するための一つの、しかし有効な手段である。このことを繰り返しておく。

3. 学習成果と参照基準

質保証の観点では、学習成果と IR が国際的なキーワードになる。言葉の意味の統一のため再び用語集から引用する。まず IR は

高等教育機関において、機関に関する情報の調査及び分析を実施する機能または部門

であり

機関情報を一元的に収集、分析する事で、機関が計画立案、政策形成、意思決定を円滑に行うことを可能とさせる。また、必要に応じて内外に対し機関情報の提供を行う

と説明されている。内部質保証の基本が IR であるが、テーマとずれるので詳しくは述べない。ただ、今回の研究集会で「質保証・学習成果・参照基準」が議論されていること自体が、数学界における IR であり、内部質保証の活動であることは強調しておこう。

3. 1 学習成果

「学習成果」と対応する言葉として「教育成果」がある。どちらも成果であるが、学生が実際に何を身に付けたかという内容が学習成果である。もう一度引用すると、学習成果とは

学生が、授業科目、プログラム、教育課程などにおける所定の学習期間終了時に獲得し得る知識、技術、態度などの成果を指す

とある。「教育成果」から「学習成果」へ、と言われる文脈については少し長くなるが、以下のように説明されている。

「教員の視点にたった教育 (teacher-centered education)」から「学生の視点にたった教育 (student-centered education)」への転換が国際的な流れとなっている今日、大学は、学生が習得すべき学習成果を明確に示すことにより、「何を教えるか」よりも「学生がそのカリキュラムによって、どのような能力が身に付くのか」が重要視されている。具体的で、測定可能な学習成果を定めることが求められ、学習成果の評価 (アセスメント) と結果の公表を通じて、大学の社会に対する説明責任が高まることが期待されている。わが国の大学が社会の発展を支える人材を育成するという社会的使命を十分に果たす上で、学生が専攻分野に関わらず共通に身に付けるべき学習成果を明確に示すとともに、適切な測定方法により学習成果を把握し、学習成果を重視した評価を実施すること、さらに、学習成果の達成を目指した教育内容・方法の充実改善を図ることが求められている

ここでは、教育機関としての大学全体の学習成果が論じられているので、「専攻分野に関わらず共通に身に付けるべき学習成果」が強調されている。もちろん専攻分野ごとの学習成果が否定されるはずはない。理学部の学習成果、工学部の学習成果、教育学部の学習成果など問われてしかるべきである。

なお、「学習成果」は官制用語としては「学修成果」が使われている。日本学術会議の報告でも「学修成果」となっている。ラーニングアウトカムズの日本語訳として学習成果を使っているだけで他意はない。「学習成果」をどのように

測るか、その結果何が見えてくるのか、これは今後の質保証の活動が進展し実際に行われる中で明らかになっていくだろう。成果は実践の結果に現れる。

もしもイングランドの質保証機関のメンバーに「学習成果をどのように測っているか」と尋ねれば「試験で測る」と、明快な回答が得られる。学部修了時に統一テストをするのも一つの解答である。いかに試験が好きな日本国民であっても、全国一斉共通テストという回答には違和感が残る。学習成果はテストだけで測れるのか、別の物差しはないのか、理念としても現実としても考えなければならない。

3. 2 数学の学習成果

数学についてはどうなのか、例えば理学部数学科の想定する学習成果は何か、実際学生はそれを身に付けているか、それをどのように測定するのか。もちろん学習成果は国によって異なり、大学によって異なり、学問分野によって異なる。例えば、学部学生の9割以上が大学院に進学する学科ならば、大学院に進学する学力は学習成果の指標となるだろう。医学部医学科ならばもっと明快であろう。

では数学科ではどうか。コーシーの積分定理が解っている、コホモロジーの計算ができる、それならばカリキュラムに組み込んだ上で筆記試験等で測定することはできる。しかし数学科にはそういうものを積み重ねたのとは違う何かがあると考え。大学院ならば修士論文や博士論文があり、これである種の学習成果が測れる。それでも、それ以外の何か、数学、数理科学、を修めたことによる成果があるような気がする。ここでは、学部教育について数学の学習成果を問う。残念ながら、当然のことながら、筆者には、この問いに対する明解な解答は用意されていない。問題提起と受け止めていただきたい。

大学内で、あるいは社会の中で、「数学者は変わった方が多いですね」などと言われる。教授会で突飛な発言をされるとか思われているが、発言を受け取る側の問題もあろうし、発言する側に通俗的な意味での社会的な訓練が十分ではない、ということもあるから、特段気にする必要はなかろう。

筆者が現在関わっている、繰り返すと数学とは直接関係しない、仕事の場面では、大学関係者と議論や会話をする機会が多い。そのとき何故か数学を修めた人達はすぐそれと識別できる。社会的な訓練を積んだ彼等、彼女等、に共通する何かがある。実際最近では数学者の学長や副学長は少なくない。数学者変人説の人にこのことを指摘すると、「あの人は例外」なんて言う。例外が多すぎる。

3. 2 参照基準

「参照基準」については森田氏の講演で詳しく紹介されているが、学術会議の報告で述べられている学習（学修）成果をどのように測り如何に発信するのか、合わせて問題提起しておきたい。参照基準は教育課程編成上のものなので、数学界としては学習成果について明快な答えを持ち、それをきちんと測っている、と少なくとも近い将来には言わなければならない。折角この主題を研究集会で扱ったのだから、ここにも先駆性を発揮したい。

森田氏も指摘していた通り、「参照基準」にはその性格上、数学に深く関係する大学の学部入試、さらには初年次や共通教育、教養教育、の数学と中等教育のそれとの接続、については十分には述べられていない。しかし数学は学問として、かつ教育として、専門課程のみならず「専攻分野に関わらず共通に身に付けるべき学習成果」にも関わっている。加えて、大学のアドミッション・ポリシー、カリキュラム・ポリシー、ディプロマ・ポリシーが強調されている最近の状況からも、共通認識を数学界として醸成する必要があるだろう。

このことに限らず、参照基準本体も時間の経過とともに変更の必要があるかもしれない。その時々状況に合わせて改定すること、参照基準のメンテナンスは学術会議から引き継いでアカデミア、今の場合はたとえば日本数学会、が行わなければならないと考える。その場合にも、繰り返し述べている多様性が確保されることが大切である。

上述の通り、表現論を理解しているか、というようなコンテンツに関係することがらは試験などで測れる。一部業界用語の「単位の実質化」が図られていればよい。このことに加えて「参照基準」にはセミナーの重要性が強調されている。卒業論文は数学科では一般的ではないけれど、セミナーは広く行われているのではないか。セミナーの「評価」を工夫し、新しいものさしを創ることで、「数理科学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力」（「参照基準」から引用）は測れるのではないか。

最近の中央教育審議会答申等では、アクティブ・ラーニングの重要性が言われている。アクティブではないラーニングはあるのでしょうか、と突っ込みたくなるが、それはそれとして、セミナー、さらに自主セミナー、とはまさにアクティブ・ラーニングではないか。

藤澤利喜太郎がドイツの大学から「セミナリー」を導入して、高木貞治学生がアーベル方程式について報告していることから、我が国の近代数学は創設以来アクティブ・ラーニングが重要視されていました、と機会があるごとに言っている。

最近のトレンドに「ラーニング・ポートフォリオ」がある。詳しくは調べていただくことにして、一言でいえば学生の学習記録である。企業等が求めるので職業高等学校などでも導入されつつあり、いくつかの大学でも実行されつつある。セミナーの学習成果はポートフォリオの形でも測れるだろう。

4. まとめに代えて

数学科に限らず学生が数学を学ぶことにより身に付けるべきこと、あるいはそのように期待されていることについて、学習成果から少し逸脱するかもしれないが、筆者が考えていることを標語的に表すと次のようになる。

- ・明晰であること
- ・想像力をゆたかにすること
- ・知的好奇心を持ち続けること
- ・数学的な論理を身につけること
- ・数学を使うことの楽しみを知ること

結局は最後のものが一番大切である。ここでは、数学や数理科学を専門にする者は最大の数学ユーザーである、としている。自然や社会の現象から数理モデルを構成しそれを数学的に解析することは楽しい仕事である。純粋数学を専門とする者は数学自身から何者かを抽出し自分なりのモデルを創り解析しているのだから同じ楽しみを共有していることになる。

もちろんこういうことは、個人の興味と関心によるにせよ、必要がそうさせるにせよ、具体的な内容を学ぶことで獲得していくものである。そのときのコンテンツが教育数学のなかみ、となる。

上の標語は抽象的に過ぎると思われるかもしれないが、少なくとも筆者が数学者や数理科学者と話をするとときに共感する部分である。ガロア理論や可積分系について学んでいるということに加える何か、について、これ以上の説明をするだけの用意は今のところできていない。

本稿は教育数学に直接貢献していないし、現今話題の高大接続関係のことに触れてもいないが、一応の問題提起として受け止めていただければ幸いである。