

4 学習方法及び学習成果の評価方法に関する基本的な考え方

(1) 学習方法

数理科学は科学のインフラである。数学応用ということ を考慮すれば、学習しなければならない領域は広範囲にわたる。しかし、共通する学習の根幹は、数理科学の基本的知識ならびに専門知識の獲得と応用力の育成、及び論理的思考力の涵養である。

基本的知識の獲得は、主に講義を通して行われる。講義によって授けられた知識が確実なものとなり応用力を発揮できるようにするために、演習が活用される。専門的知識の獲得は、講義によってもなされるが、ここでは小人数で行われるセミナーが重要な役割を果たす。講義、演習、セミナーの3者が有機的に結びつくことによって、論理的思考力が育まれる。数理科学を専門として学んだ人材の論理的思考力は、社会での広範な活動領域を保障するものである。論理的思考力は、数理科学を学習していく過程において、自然にはぐくまれるのであって、その涵養だけを目指した講義や演習、セミナーというものは考えにくい。ここで、強調しておきたいのは数理科学の学習における小人数制のセミナーの重要性である。講義では表面的な知識の教授になりがちであるが、小人数セミナーにおいて、学生に十分な準備をさせて発表させることは、深い知識の定着につながり、論理的思考力を育むために大きな効果がある。また、セミナーは、学生の自主性を目覚めさせ、独創力を育てる教育の源になっている。

① さまざまな学習形態

数理科学の学習・教育の形態には、講義、演習、セミナー、自主ゼミ、個別の学習支援、論文作成などがある。とくに、講義、演習、小人数制セミナーは数理科学の教育の3本柱をなす。それらが、有機的に結びつくことによって大きな学習成果として結実する。数学は、講義に出席するだけで理解できるケースはまれであり、自主的な予習・復習が不可欠である。また、演習問題を自力で考えてみることによって講義の本質が明確になることも多い。教育方法においても、そのような自主的な学習を促す環境を作り出す必要がある。

ア 講義

講義は大学における教育方法の基本である。次世代を担う人材に教員が講義をし、学生は通常、重要な事柄のノートを取って学習する。基礎的知識については、授けなければならない一定の内容があるのが通例であり、この部分については懇切丁寧な解説が効果的であろう。専門的な知識については、教員の研究に裏打ちされた、学生の好奇心と研究意欲をそそるような講義が理想的である。講義を受けた学生は、講義ノートを見直すことによって知識を確実なものにし、理解を深めておく必要がある。講義は、それを受ける学生との呼吸如何では、絶大な教育効果が期待できる。

イ 演習

数理科学の学習において、講義の理解を深めるために演習が欠かせない。特に、基礎的な知識においては必須である。基礎的科目においては、学生の力量を最大限に引き出せるような問題を精選し、自分の力でまずは解いてみるようにしむけるべきである。演習の授業では、問題の本質はどこにあるのかを浮き彫りにすることによって、対象の本質的な理解に迫らせることが出来る。学生は問題をあらかじめ自力で解いてみることによって思考力を高め、また、自力で解けなかった問題については、演習のあとで解答のポイントを見直すことによって問題の本質を見抜く力を養成することが必要である。講義とそれに対する演習の繰り返しが、学生を次第に高いレベルへと導くのである。

エ セミナー

セミナーは、小人数で行われるべきである。学生が、出来上がった理論を解説した書籍をテキストとして、その内容を事前に解読し、セミナーの場において説明するというスタイルが一般的である。さらに進んで、最先端の数学の論文を解読して、発表する場合もある。ある程度基礎ができた段階での小人数セミナーは、数理科学の分野においては、教育効果が大変大きい。専門的知識の修得ばかりではなく、自主性を育て、独創力を培い、論理的思考力を涵養するのに有効である。学生は、自分が発表する順番のときは聴衆にわかりやすく解説する気持ちで話すことが必要である。わかりやすく話せるようになるまで準備することによって本人の理解が高まり、知識が確実なものになっていく。他の方式のセミナーとしては、教員の指導の下、参加者の討論で進める輪講形式も考えられるが、前者の方式の方が、担当者の責任が明確になり、効果的であろう。

オ 自主セミナー

授業の一環として、あるいは学生の自発的な活動として、学生が何人か集まって行う輪読会である。ふつうのセミナーとの相違点は、教員は事前あるいは事後に文献を指導したり質問に答えたりするだけで、セミナーそのものには参加しない。このような自主的な学生の勉強会は、授業の一環として公認されたものであれ、学生が自発的に行うプライベートなものであれ、自主性や独創力を育て、数学力を高めるために効果がある。

カ コンピュータの実習

最近では、純粋数学の分野でもコンピュータによる数式処理によって実験したり計算したりするケースが増えてきている。研究のためだけではなく、社会へ出てからの活躍の場を広げるためにも、プログラム言語の学習や数式処理の技術などのコンピュータ・リテラシーを身につけるための実習（講義、演習を含む）が必要である。

キ 個別の学習支援

教員自身、あるいはティーチングアシスタントによって行われる学生のケアである。学生の補習として活用されるわけであるが、学力が不十分な学生にとって救いとなるだけではなく、優秀な学生にとっても、未知の世界への水先案内として役立つ可能性がある。オフィスアワーや演習の時間を有効に用いて行うのが適当である。

ク 論文作成

理学部数学科では、ふつう、学生に卒業論文を課さない。学部レベルでは、最先端の数学はまだ遙か彼方であり、学部レベルで卒業論文を作成させて時間を使うより、少しでも最先端のレベルに近づくように学習を進める方が、学習効果が大きいからである。しかし、大学院に進学しない学生の場合や、コンピュータを用いて結果を出すような領域では、状況に応じて論文を書かせることは、学部での学習の集大成としての効果が期待できる場合もある。

② 教養科目としての数学の学習

数学の教養教育は、講義と演習が主力である。授業・演習では扱うことが難しい題材をテーマとしてセミナーを行う場合もある。数理科学関係の学科に進学する学生にとっては、教養課程の数学教育は、教養というよりも専門基礎という色合いが強い。ここで学ぶ主な内容は微分積分学と線形代数である。どちらも、これから学ぶ専門科目の基礎となるものであるから、基礎的知識として修得するだけでなく、使いこなせるようになる必要がある。教育方法は、講義とそれに付随した演習である。微分積分学も線形代数も基礎として学ばなければならない題材はほぼ決まっているから、その内容に即したシラバスを各大学の状況に合わせて作成し、教授することが合理的であろう。この段階での数学は、訓練という側面を有しているので、講義を聴いていて面白いというだけではすまない面がある。予習・復習を行わせるとともに、演習で実際に問題を解かせることによって、自由自在に使いこなせるよう体得させることが必要である。また、この段階で、数理科学で使われる基本的な用語・記号の説明や、論理、集合、数に関する基本的な知識の解説がなされる必要がある。コンピュータ・リテラシーもこの段階で身に付けることが望まれる。

将来の専門分野によっては、統計学の学習が重要になる分野もある。この段階での統計学の学習においても、できるだけ実際のデータに基づき、与えられたデータから統計的な手法を用いてどのくらい強い結論が導けるのかを経験することが、その後の学習にとっても重要である。ただし、このような教育には、人的及び設備面での多くの教育資源が必要となる。

③ 専門課程の数学の学習

専門課程での教育は、講義、演習、セミナー、自主セミナーなどを効果的に組み合わせ構成される。大学2年次、3年次の段階の専門教育でも教養教育と同様に、数理科学の基礎的な領域については、講義によって教授される知識が隅々まで確実なものとなるよう学習させることが必要である。この段階で、自主セミナーの枠を置き、自主性を育成するケースもある。専門分野に分かれてからの学習においては、専門に選んだ分野の研究を視野に入れた知識獲得が必要となる。研究力の養成である。そのためには、講義での知識獲得とともに小人数セミナーによる知識の定着が必要である。これによって将来研究するための専門知識の獲得ができるとともに、論理的思考力と独創性が育まれ、応用力が養成される。演習のウエイトは学年が進

むにつれて軽くなる。演習を行うより最先端のレベルに到達することに次第に重心が移るからである。学年が進むにつれて、このような学習法が可能になるという面もある。数学は、現在では高度に発展して膨大になっているため、代数学、幾何学、解析学、応用数理および基礎論などに分けて論じられ、専門領域についてはさらに細分化されている。しかし、数学は、本来、領域を分けられるものではなく、一体のはずである。選択した専門分野は孤立しているわけではなく、様々な分野がその専門分野と関係している。このことを理解し、できるだけ多くの分野の講義に出席し、選択した専門とは異なる数理科学の分野についても知識を広げ、視野を育てる努力も必要である。現在は、コンピュータを抜きにしては科学を語れない。数理科学の分野においても、その必要性は増大している。専門科目の1つとして、コンピュータの実習の授業を設け、数式処理を扱える程度の基本的な技術を身につける機会を作ることが必要である。すでに述べたように、数学科では、卒業論文を課さないことが多いが、分野あるいは学生の状況によっては、学部での学習の集大成として卒業論文を作成させることにより教育効果が増大するケースもある。

(2) 評価方法

数理科学における教育結果の評価方法は、その科目の目的、レベル、教育方法などにあわせて考えられるべきである。教科内容を隅々まで完璧に理解する必要があるものもあれば、全体の風景を把握すれば十分な場合もある。また、学習の形態が講義か演習かセミナーかによって評価方法も変わってくる。

教養教育における数学の講義、及び専門課程における基礎科目に関する講義については、達成度を計るには、ペーパーテストによる評価方法がもっとも適切なものであろう。この段階での学習は訓練という側面も強く、どのくらいのレベルまで到達したかをペーパーテストによって測定するのが合理的である。それによって、教員は学生の理解度の客観的な状況を把握するとともに、学生本人も自分の客観的な達成度の数値を知ることによって自分のおかれている水準を確認することができる。また、ペーパーテストは、学生に講義の隅々まで学習させる効果がある。数理科学を主とする学科におけるそれ以上専門性の高い講義については、必ずしもペーパーテストによる評価が適当であるとは限らない。これらの講義は内容の隅々まで訓練するという性質のものばかりではなく、数学の領域の全体像をつかむことが主眼になる場合も多いからである。この場合は、レポートによって、全体像が把握できているかどうかをチェックすることが適当な評価方法であろう。演習では、問題の解き具合、熱心さ、演習への参加意欲などを総合した評価が適当である。セミナーについては、学生の発表を聞いていればどのくらい理解しているかは明白にわかるから、準備状況、発表状況、発表時における質問への応答などを総合して、可否の判定を行えばよい。公認された自主セミナーについては、ペーパーテストを課してもよいが、事後の面接による口頭試問またはレポートで採点するのがちょうどよいバランスである。