

応用数学の変遷

井手 慎司
環境政策・計画学科

1. はじめに

昨年11月、環境政策・計画学科では開学20周年を記念して学科としての同窓会を開催した。その席上、開会の挨拶に立った金谷先生から、光栄にも？、この学科で開学からずっと変わらないもののひとつとして挙げてもらったのが、学科の1回生向けに私が開講している応用数学(その厳しさ)である。しかし実際のところは、後述するように、同科目は決してずっと厳しかったわけでもなければ、同じような形でやってきたわけでもなかった。本稿では、私が開学から20年間(正確には21年間)担当してきた同科目の歴史を振り返ることで、学科としてのあゆみの一端を書き記しておくとともに、これからを考える一助としたい。

なお、話題の性格上、本学科の学生や卒業生以外にはピンとこないところがあったり、あるいは興味の湧かない話になるかもしれないが、そこはご容赦願いたい。

2. 環境数理Ⅱの時代

応用数学の歴史を振り返るため、過去の資料をひっくり返してまとめたその変遷を図表1に示す。図表からまずわかるように、同科目は、「応用数学」という名称で開学からずっとやってきたわけではない。当初の4年間は「環境数理Ⅱ」という科目名だった。その名称からわかるように「環境数理Ⅰ」という、奥野先生(2004年度末に退職)が担当していた科目とセットで開講されていた。

さらに言えば、環境数理ⅠとⅡは、学部の全1回生を対象としており、それぞれ前期と後期に配当された科目だった。両科目とも、学部1回生全員を相手に一度に講義することは難しいことから、1回生を生態・資源

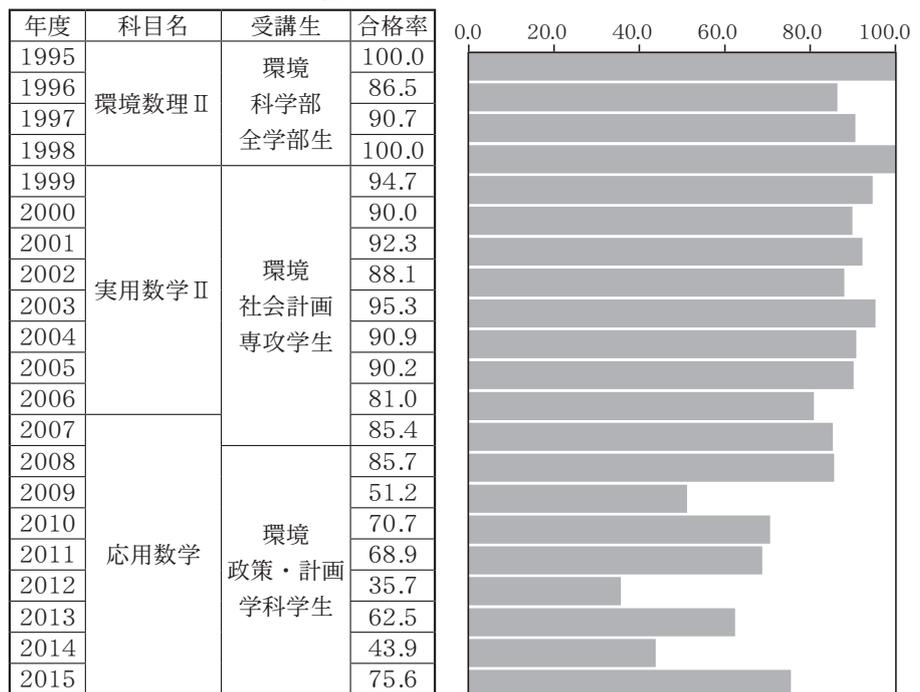
と計画学科(当時は環境計画学科の中に環境社会計画専攻と環境・建築デザイン専攻があった)の2クラスに分け、1週間に2回ずつ同じ講義をやっていた。これが開学から4年間つづいた。

環境数理Ⅱの講義内容としては、数理Ⅰで自然界のさまざまな事象がどのように数学で表せるか(定式化できるか)を講義したのを受けて、定式化された問題をいかに解くか、微分積分や行列・行列式など、大学のいわゆる理工系の学部で必要とされる基礎科目を一通りやっていくというものだった。

教科書は、いまでも使用している『科学技術者のための基礎数学』(裳華房)である。全400頁を超える同書の内容をわずか半年で教えようとするのだから、かなり無謀な試みである。

ちなみに、同書は初版がなんといまから約50年前の1968年という名著である。開学の前、教科書として何を使うかさんざん迷ったあげく、選定したのがこの本である。理工系分野で必要となる数学のすべての基礎科目が一冊にまとまった本はとにかく同書しかなく、それで選んだ記憶がある。おそらく、そのような本はいまでも同書しかないのではないだろうか。受講生もこの教科書には(後述する試験時の力

図表1 応用数学の変遷



ンニングペーパー?として)ずいぶんお世話になったはずである。

ただし、成績のつけ方はいまとはずいぶん違っていた。当時は、出席評価と定期試験の結果のうち点数の高い方を採用するといった方法だった。つまり、まじめに出席して課題さえ出していれば、あるいはまじめにしていなくても試験の成績さえよければ合格させましようという考え方である。

このうち出席評価は、出席点と宿題点、それに数学に関する図書の感想文の評価点の合計だった。ちなみに宿題点は、教科書に載っている演習・練習問題から自主的に解いてきた問題の数に応じて与えていたが、半年で、教科書のすべての問題を解いてきた学生が1人だけいたことを記憶している。一方の定期試験は、教科書に載っている演習問題などの中から問題を選んで出していたが、他人と相談しなければ、教科書を見てもノートを見てもよいというものであった。それでも、ほとんどの学生は出席評価で合格しており、定期試験を受けた学生数は4年間で(専攻の学生では)たった11人に過ぎなかった。

そう言ったこともあり、この4年間の1回生の合格率はほぼ9割以上である。ちなみに図表1の合格率は、政策・計画学科(あるいは社会計画専攻)の1回生について、各年度の定員に対する可以上となった学生の割合を表している。逆に言えば、このようなあまり成績評価の方法で、なぜ96年度に9割を切っているのが不思議なくらいである。

3. 実用数学Ⅱの時代

環境数理Ⅱでは、先に述べたように、学部の1回生全員を対象にしなけりばならなかつたが、これは大変だった。同じ授業を1週間に2回ずつやらなければならなかつたこともさることながら、何より、興味も関心も、必要となるであろう数学の分野も違う、学科や専攻の異なる学生と一緒に教えることのやり難さである。必修科目として、他の専攻や学科の学生を大量に落とすわけにはいかない、といった遠慮もあった。

そんなこともあり、カリキュラムの固定期間が終わった1999年度から、数学教育は学科・専攻ごとにやることになり、これを機に、科目名も「実用数学Ⅱ」と変えた(なお、実用数学Ⅰとの役割分担は環境数理の時代と同じ)。受講生は専攻の学生だけである。

ところが、専攻の学生に必要なとなる数学だけを教えればよいとなったことで、かえって何を教えるべきか私自身が迷ってしまったところがある。実用数学Ⅱとなってからはしばらく、毎年のように教える内容や成績のつけ方が変わっている。

たとえば、1999年度と2000年度は、出席評価は廃止し、11回の小テストと定期試験だけで成績をつけている。さすがに、それだけでは不合格となる人数が増えそうだったので、99年度から現在のように追試を行うようになった。

この時代、試行錯誤の末にたどり着いたのが、技術士第一次試験の数学の問題を解けることを目標にしようというやり方である。どのようにしてたどり着いたか、はっきりした記憶はないが、技術士補となる資格試験である技術士第一次試験の数学の問題が、専攻の学生の到達目標としてちょうどよかった。理工系分野で必要となる数学の基礎科目をバランスよく網羅しており、難易度も、教科書の例題程度で、基本的なところさえ理解していれば十分に解くことができるレベルである。何より、在学中に技術士補の資格を取ろうとする学生にとっては、その受験勉強となった。事実、かつては何人かの専攻・学科学生が、在学中に技術士の第一次試験に合格している。

技術士の問題は2001年度から使用しはじめた。この年は過去5年の計100問の問題の中から乱数で選んだ20問(各問5点)を定期試験に出している。特にこの年は、出席点も追試もなく、定期試験の一発のみである。続く02年度は、過去6年の計120問の中から20問を出題する定期試験と追試(いずれも各問5点)を行っている。ただし、この2年間は、いまの学生が聞いたら怒るだろうが、5者択一の問題の解答結果だけで点数をつけていた。つまり、計算途中は一切採点対象としていなかったのである。

しかし、いくらなんでも選択肢の解答だけでは、答えだけを丸暗記してくる学生が目立ってきたことから、これではまずいと考え、正解であっても、計算途中の記述内容によって減点することを2003年度から始めている。成績評価も、人間探求学の個別クラス単位で課題の問題を事前に指定して、授業中に乱数で学生を指名してその問題を解かせる出席点と、それに中間試験(4点×10問)と定期試験(4点×20問)(ただし、試験の問題は技術士の過去7年の140問の中から出題)の合計で成績をつけ、それで不

合格の学生には追試を1回だけ行うという、現在まで続いているシステムがこの時期にほぼ完成する。

4. 応用数学の時代

次なる転機は2006年度に訪れる。この年度末には奥野先生の後を受けて実用数学Ⅰを担当していた石川先生も退官されたことから、同科目を廃止(後継科目は基礎統計)、翌07年度から実用数学Ⅱを「応用数学」へと改称した。ちなみに、環境社会計画専攻(いわゆる社計)は、その次の08年度に現在の環境政策・計画学科へと名称変更している。

話を戻して、06年度からの変更点は、試験において「答えだけ正解の場合は1点」としたことである。それまでも、計算途中がおかしい場合などには何点か減点していたが、この年からは、初回の授業で配付するスケジュール表で、答えだけの場合は1点にすることをはっきりと宣言した。また、試験への教科書の持ち込みをそれまでも可としていたが、現在までつづく減点と加点のルール(教科書に試験問題の解答などの書き込みがある場合は中間試験-1問、定期試験(追試)-2問分の減点。逆に書き込みなしなら減点なし。まったく教科書を使用しない場合は、中間試験1問、定期試験(追試)2問分のボーナス点を与える)が確立したのもこの年からである。出題範囲こそ、06年度は過去7年の140問、翌07年度は過去8年の160問と、現在まで続く過去10年の200問となるのは08年度以降であるが、それ以外はほぼ現在と同じ採点方法がこの06年度から始まっている。

さて、読者が一番、関心があるであろう合格率についてであるが、図表1に示すように、その前年の2005年度までは悪くとも9割前後で推移していたものが、採点基準を明確にしたためか、同06年度には8割に低下している。ただし、この年度は、いわゆる「ゆとり世代」が最初に入学してきた年でもあるため、その影響もあったのかもしれない。しかし、続く07年度と08年度には、再び85%前後に回復しているため、本当に上記のような理由で06年度の合格率が下がったのかどうかはよくわからない。それ以上に、よくわからないのが、09年度以降に始まる合格率の乱高下である。

図表1に示すように、合格率は2009年度に一気に51%にまで落ち込む。12年度には過去最低の36%を、14年度には二番目に低い44%を記録している。ただ

し、グラフからわかるように、これらの間にも10年度や11年度、13年度のように、高くはないものの、7割あるいは6割に合格率が回復した年もあるため、傾向を捉えづらい。あえて言えば、上記の特異的な3か年を除いても、06年度から14年度にかけて、全体に合格率が徐々に下がっている傾向が見られるということだろうか。この間、その他の特記事項としては、08年度から学科の一般選抜前期の試験科目から数学がなくなっている(開学から07年度までは英語と数学(範囲は数Ⅲ・数Cまで)であった)。

前述したように、06年度以降、成績評価や採点の方法はほとんど変わっていないことから、導き出される結論は、この間の「ゆとり教育」によって学生の学力がやはり徐々に低下しており、それに入試科目から数学をなくしたことが追い打ちをかけたのではないかと、ということになる。15年度は久しぶりに合格率が76%に回復しているが、この年度の学生は「脱ゆとり世代」の第一号であり、また、前期の試験科目に数学が復活した(英語または数学の選択になった)年でもあることが、そのことを逆に裏付けていると考えられる。

残る疑問は、なぜ09年度と12年度、14年度の3か年にわたり、合格率が特に低かったのかという点である。

全体的な学力低下の中で、たまたまそれらの年に乱数で選定した問題が難しかっただけなのかもしれないが、ひとつ気になったのが、合格率と志願倍率(特に一般選抜の前期)との間に見られた逆相関(2006年度から15年度の間的相关係数 $r = -0.58$)の関係である。合格率が低かった3か年のうち少なくとも09年度と14年度の前期の志願倍率はそれぞれ4.75と3.55と、本学科としては過去10年でそれぞれ1位と2位の高倍率であった(12年度も3.05と低くはない)。逆に、合格率がそれほど悪くなかった15年度と13年度、08年度は、それぞれ1.8、2.15、2.15と過去10年でも最も志願倍率が低い年度であった。

両者の間に本当に関係があるのか、また、あるとしてそれをどう説明できるのかはひとまず置くとして、少なくとも、本学科に関する限り、志願倍率が高かったからといって、かならずしも入学生の数学の学力が高くなるとは限らないということなのかもしれない。

5. おわりに

改めて振り返ったとき、自分としては、特に意識して応用数学の成績を厳しくつけようとしたつもりはない、というのが正直なところである。あえて言えば、学生の試験の答案があまりにひどかったので、気がつけば、計算途中の記述内容まで評価するようになっていたということだろうか。

そもそも同科目の試験では、教科書の持ち込みや、その教科書への書き込みまで許しているのだから、友達から写させてもらった解答であっても、完璧なものであれば、それはそれでいいのである。しかし、多くの学生の解答に見られるのは“伝言ゲームの悲しさ”である。まったく理解できていない問題の解答を教科書に書き写そうとして、理解できていないだけに、ところどころ写し間違える。それをまた試験のとき、答案用紙に書き写す段階で、さらに間違える。往々にして、最初に写させてもらった友達の解答そのものも怪しいので、結果としての答案は意味不明の惨憺たるものとなる。たとえば、まったく日本語を知らない外国人が日本語の文章を書き写したらどうなるかを考えてもらえれば容易に想像できるだろう。しかし、当たり前のことながら数学では、ちょっとした写し間違いであっても、たとえばマイナスが付くつかない、()か | | では、まったく違った意味になるのだ。

つまり、私が学生に求めているのは、自力で問題を解けるまでいかなくても、解答を正しく書き写せるくらいまでには内容を理解してもらいたいということである。加えて、たとえ正答にたどりついていても、文字が読みにくかったり、計算途中に必要な式などが抜けていたりすれば容赦なく減点するが、これは、採点する私を納得させるような論理的な解答の記述を求めているということに他ならない。

最近、特に感じるのが、論理的な文章を書くことが苦手な学生が多いことである。データから結論を導き出す際に説得力のある理由づけのロジックを展開することができない。「ゆとり教育」の弊害のひとつとして、数学教育の内容をスカスカにしてしまったことが大きな原因ではないかと個人的には考えている。

ひとつひとつの数字や記号、公式、定理について、それぞれの意味が厳密に定義されている数学ですら、読む人を納得させる解答を論理的に記述できないよ

うな学生が、たとえば卒論において、定義が一般にあいまいで多義的な言語を使って、どうやって読む人を納得させられるロジックを展開できるというのだろうか？

もちろん数学には、実用的な面もある。統計分析などがそのよい例である。しかし、数学教育の持つより重要な意義は、論理的思考能力を鍛える点にあると私は考えている。その意味で、数学は学科の教育にとってやはり不可欠であり、今後も、応用数学のいまのやり方を大きく変えるつもりはない。数学を教えることは、頭の体操、ボケ防止になるので、自分のためにも若手にバトンタッチするつもりは当面はない、と言っておこう(笑)。

ただ、若干心配なのが、2013年度から技術士の第一次試験から数学がなくなったことである(数学に関する知識はそれぞれの専門科目の問題の中で問うことになった)。そのため、同年度以降は、試験問題が毎年同じ過去10年の200問からの出題となっているのが悩みの種である。替わりの題材として数学検定なども検討はしているが、(理工系分野の学生に必要な数学として見ると)出題分野・科目に偏りがあり、いまひとつである。……といったことを、まだ当分は、悩みながら教えていくのだろうと思う。それもまた楽しいのである。