

基礎数学の教育効果向上に向けての提案

日 高 潤¹

A Proposal toward Improvement of the Mathematical Education

Jun HIDAKA¹

In this article, we propose several plans to improve mathematical education for the science and engineering students of Meisei University. The new scheme is based on the idea which unifies training of basic mathematics and classes for each major. We also show more effective semester or quarter system without drastic change of the current system.

キーワード：数学教育

Keywords : Mathematical Education

1. はじめに

基礎的な数学能力の向上は理工学系の科目の修得には欠かすことの出来ない事案である。ここで述べる数学能力とは、数学を道具として使える能力を指す。日本では、小学校教育の算数から始まって高等学校の数学に至るまで、試験での高得点を目指す教育が連続的に続けられた結果、数学本来の必要性・有用性が教育から失われてしまっている。一部の学生（特に純粋数学を目指す学生）を除いて、全ての理工学系の学生に必要なのは、数学を道具として認識させながら教育することである。ところが、使い道の分からない数学の知識を高校まで与えられ続けられた結果、ほとんどの学生は、本来あるべき数学の有用性を知らずに大学での理工学教育を受けるに至っている。本論文では、明星大学の機械工学系で担当する「数学演習」での経験に基づき、明星大学の理工学教育に有用と思われる提言を行う。

2. 本学学生の数学能力

上でも述べたように、日本の数学教育では、実際に数学を使いながら学ぶことが少ない。従って、有用性を知らずに行う数学の修得には、かなりの忍耐力が必要になる。結局のところ、数学修得の最大の動機付けは試験対策用のその場限りの計算方法を暗記することに終始してしまう。基本的な知識を持たずに進学、しかも、理工学系を専攻してくる者が、本学にも多数存在すると思われる。本学では入学前に、基礎的な学力の確認のために数学の試験を行い、その結果に基づいて数学演習（筆者も担当している）を履修することが求められていて、その履修者数は相当なものになっている。仮に、この入学前試験の成績が最低基準を上回っていたとしても、専門課程の講義の準備が十分出来ているとは考えにくい。

筆者は米国での滞在経験が長く、米国の大学の学部の数学教育の現場を見る機会が多かった。よく知られているように、米国では大学入学のための試験は、厳しくなく、また、高校までの数学のカリキュラムで教えられている知識は限られたものになっている。従って、専攻を決め専門教育を受けるための数学の準備は、基本的には大学入学後に始めることになる。微分、積分、三角関数、行列、様々なグラフの特徴等、日本の高校で取り扱う分野が、大学入学後に行われる。しかし、その内容は、日本のいい加減なものとは比べようが無いほど充実したものであり、良質の教科書に基づいた徹底的なものになっている¹⁾。このようなカリキュラムを見るにつけ、日本の、特に高校での数学教育の無意味さに驚かざるを得なかった。しかし、考えようによっては、理工学系の数学教育は大学入学後で十分間に合うということを、この事実は示しているとも言える。ただし、徹底的な教育カリキュラムが必要である。このことは、あとで述べる本学での数学教育の再構築の基礎になるものであるが、その前に、本年度の数学演習の内容とその授業の進め方、および、その習得状況を述べておきたい。

本学の数学演習は前期 15 回（各 90 分）のみである。この限られた時間の中で取り扱ったものは、以下の通りである。

1. 基本的な計算のルール
2. 冪の計算
3. 指数表現
4. 計算式を簡単にする（整える）こと
5. 方程式を解く
6. 連立方程式を解く
7. 2 次方程式を解く
8. 不等式を解く
9. 三角比、三角関数とその逆関数

¹ 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系 非常勤講師, 担当科目: 機械製図, 3D-CAD, 数学演習、物理演習

10. 角度の測り方（度とラジアン）
11. 弧の長さや角度
12. 様々なグラフの描き方
13. 指数関数と対数関数のグラフ
14. 方程式のグラフによる解法
15. 連立方程式のグラフによる解法
16. 微分の法則、合成関数の微分
17. 微分の応用
18. 三角関数の微分
19. 片対数グラフの使い方
20. 対数関数の性質
21. 指数関数と対数関数の微分
22. 積分
23. 積分の応用

それぞれにおいて、講義ノートを用いて解説を行い、宿題を配布し授業中にその問題に取り組み始めることにした。次回の授業開始前には、宿題の内容に関する小テストを毎回行った。中間テスト、期末テストは行わず、最終的な評価は宿題（50%）、小テスト（50%）とし、小テストは持ち込み可として毎週行った。図1は、その結果を宿題と小テストの相関として表したものである。この図より、宿題の得点と小テストとの正の相関がはっきりと見て取れる。このデータだけでは、毎回の宿題への取り組みが、小テストでの得点につながっているのかは断定できないが、ひとつの目安にはなると思われる。小テストの問題は宿題の問題と大差がないため、宿題への取り組みの向上が単位修得への最善の方法なのであるが、そもそも単位修得自体に意欲のない学生も見受けられるのが現状である。

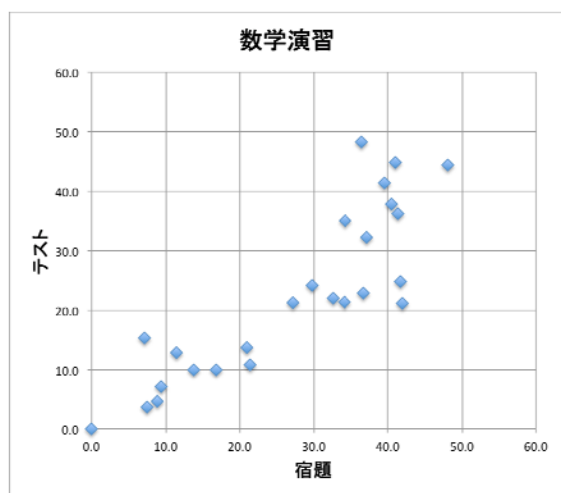


図1 小テストと宿題の得点の相関

3. 数学教育改善への提言

明星大学の理工学系学生の現状を鑑み、各学系との協力体制等も考慮した数学教育への取り組みへの提言を以下に述べていきたい。

3・1 専門教育前の取り組み

現在筆者が担当している「数学演習」の内容は、専門科目を履修し始めるための最低条件と考えられる。恐らく、学生の数学知識の低下により、専門科目の授業がスムーズに進められなくなって来たことが、この授業が設けられた原因であろう。そこで、2節で述べた内容で数学演習を行ったわけであるが、現状の数学演習の方式では、この目的が達せられるか疑わしい点がある。まず、数学演習の履修期間が前期だけであることが大きな問題点のひとつとして挙げられる。今年度（平成29年度）の数学演習では中間&期末試験を行わなかった。昨年度の学生たちの学習状況を見た結果、「習得した知識を復習しテストに向けて準備をする」といった学習の基本的なプロセスが身につけていない学生が大多数だと感じたのが、その理由である。この見解が正しいければ、1年次の夏休み前に学習したことなど、専門科目の履修時には何も残っていないのは明らかである。更に、既に述べたように、「良い成績で単位を取得したい」という意欲は一部の学生を除いて、全く感じられない。一週間を通じてほぼ一日中オフィスアワーとして質問を受け付けることにしていても（これは、筆者固有の特別な例だが）、ほとんど質問には来ない。そこで、直近に学んだ内容が小テストとして課されれば、宿題への取り組みの向上、さらに、質問頻度の増加が見込まれるのではないかと考え、今年度は、昨年度と異なる評価方式に変えてみたわけであるが、学生の学習への取り組みに特別な変化は見られなかった。

学習意欲の向上には大きく分けて2つの動機付けが必要であると考えられる。ひとつは、何かを深く理解したいという「探究心」であり、より現実的な「必要性」、例えば、就職もしくは卒業に必要なかどうか2つ目の動機であろう。米国では、成績が悪いと就職に極めて不利になる。そのため、記録上の成績を良くするため同じ科目を取り直すこともある。残念ながら、日本では成績と就職の結びつきは弱く、動機付けにはならない。したがって、数学演習を卒業条件もしくは専門科目履修条件とすることが必要になるはずである。いずれにしても、現状のまま数学演習を課しても効果は少ないであろう。

学習内容についても再考が必要である。専門科目履修時に、「体系的に学んだ数学の知識を応用すること」は本学の学生には、少なくとも現在のところ、あまり期待できない。そこで、ひとつの解決策を提案したい。まず、各学系での専門科目の内容を精査し、数学の使われる状況を全て抜き

出す作業が必要になる。それには、各学系での専門科目の授業において、しっかりと教科書を使用することが前提条件になる。授業担当者自身の個人的な講義ノートの使用は禁止にする。それぞれの教科書における数式の使われ方、数式の変形の仕方、方程式の解き方、グラフを使った説明など、全てを採りだすとともに、それに基づいて数学演習等の授業内容を決めていくのである。教科書に出てくる数式及びその解説のみで十分である。体系的に数学を教えるのではなく、近い将来直面する内容だけを教えるのである。これによって、専門科目での数学の記述に遭遇しても、計算方法等は学習済みになっているわけで、過去の授業のノート、宿題等を参照すれば分かるわけである。このようにすると、数学演習の講義は前期だけでは不足、通年の授業になることになるであろう。

3・2 専門教育開始後の取り組み

専門科目の履修が始まっても、同時並行で進められる数学の講義は必要である。講義内容は、専門教育前の場合と同様に、教科書に出てくるもののみを教えるのが得策である。しかも、専門科目の進捗状況を注視し、その数学的部分を予め解説するように講義内容を選んでいく必要がある。既に述べてあるように、体系的に学習した数学の知識の中から、必要な物を必要な場合に应用することを本学生には期待できないため、必要な物を必要な時に学ぶようにすることが鍵となる。元々数学は、利用するために発展してきたもので、必ず具体例が存在していたわけであるが、体系的に整備されるに連れて、それを数学単体として分けて修得するようになってしまった。しかし、具体的な応用例を想定した数学教育は、より分かりやすいものになるはずである。ただし、従来よりも時間と手間（具体的には宿題の提出とその採点など）がかかることになるので、TAもしくはSAを活用し、採点をまかせる制度作りも必要になる。当然、この数学の講義は必修科目としなければならない。現在の必修専門科目の週当たりの授業数を増やし、数学に関する部分をその専門科目の一部として一体化することも良いかも知れない。これは数学の部分に限らないが、大学の専門科目では毎週の宿題を課することが絶対に必要であることも強調しておきたい。

最後に期末テスト等、試験の実施方法について述べたい。これは、専門教育前の場合でも同様である。日本では、持ち込み不可の試験を課すことが慣例になっているが、これは、全く意味のない方法であると筆者は考えている。問題を解くために必要な情報が教科書のどこにあるのかを知っておくことが将来にわたって一番重要なことである。そのために、教科書を使うわけである。一生の宝となるべき教科書と、それと強く結び付けられた知識を作り出す絶好の機会を奪ってしまうのは愚の骨頂である。直ちに、全ての試験を持ち込み可に変更するべきであろう。

3・3 現行の学期制に対する提案

米国で学生生活を送った筆者にとって、日本の学期制には異常に映る点がある。夏休みの存在である。大抵の学生はこの期間に勉強からは遠ざかる。勿論、米国にも夏休みがある。しかも、その期間はずっと長い。問題は、そのタイミングである。米国を始め、大抵の国は秋学期がアカデミックイヤーの開始時期であり、夏休み前に一年間の標準的な授業が終了する。夏休みの期間には、特別な集中講義が行われる程度である。したがって、米国の学生は、秋から春まで連続的に学び続けるわけである（学期間の短い休みを除いて）。夏休みは、インターンや、もし可能であるならば大学の研究プロジェクトに参加するなど、より実践的な体験（大抵は給料が出る）に費やされる。対する日本の場合を考えると、その差は歴然である。4月から学び始めて、「さあ、いよいよ本格的なテーマに入る」という時期に夏休みが入り、秋にはそれまでに学んだ内容をすっかり忘れてしまうわけである。これが、毎年のように繰り返されるわけである。どういう経緯でこのような非効率的な制度が日本に導入され、現在も踏襲されているのかと疑問に思わざるをえない。かといって、学期制は大学全体の問題でも有り、日本社会の制度であるため（特に就職の時期が決まっている点）変更するのは容易ではない。しかし、たったひとつの工夫で実質的に秋学期からのアカデミックイヤーの開始にすることが可能になる。方法はいたって簡単である。各専門科目の開始時を秋にすればいいのである。例えば、機械力学Ⅰ&Ⅱと続く科目であれば、機械力学Ⅰの開講を秋にすればいいのである。入学から夏休みまでの間は、様々な準備期間にあて、秋から本格的に授業を開始する。当然、ある科目は学年を挟んで夏前に終了する場合もある。学期間の休みは1週間程度にとどめ、可能な限り連続的にある科目を学び続けるように工夫する必要がある。明星大学では夏休み以外にも、2月から3月の間に授業のない期間がある。この休みを短くし、本校の比較的短い夏休みを長くすることが、教育の効率化と言う点では望ましい制度である。勿論、4年次に夏休み直前まで続く必修科目の履修をする場合は、自動的に留年になる。さらに、この新しいカリキュラムの採用により、入試の選考の時期が通常の学期と近接もしくは重複する可能性も生じる。しかし、重要なことは、「如何に質の高い教育を提供し学生を鍛え、育て上げるか」であり、まずこの点を優先し、学期制の再構築を図るべきであると考ええる。

4. おわりに

明星大学の理工学系の学生の、特に数学能力の向上に絞っての解決策を述べた。これは、一教員の努力で出来るものではなく、学系全体および大学としての協力が欠かせないものである。学生一人ひとりを大切に鍛え育て上げるシステムは学生の実力を高め、やがては、その卒業生への社

会的評価を通じて明星大学の教育に対する高い信頼に繋がることになるであろう。他大学に遅れることなく、早い段階で教育改革に取り組むことが求められていると考え、本提案を示すこととした。

参考文献

- (1) 例えば、William L. Briggs, Lyle Cochran, Bernard Gillett, and Eric L. Schulz : Calculus for Scientists and Engineers: Early Transcendentals 1st Ed. (2012)