

大学数学における数式処理教育

関西学院大学・理工学部 示野 信一 (Nobukazu Shimeno)
School of Science and Technology,
Kwansei Gakuin University

1 はじめに

関西学院大学理工学部数理科学科では、2 年生対象の「数式処理演習 I, II」という科目があり、Maple を用いた数式処理の実習を行っている。実習の概要について報告する。

1.1 対象

関西学院大学理工学部数理科学科は、2009 年度設置された、数理科学（≡ 数学と応用数学）を専門とする学科であり、1 学年の定員は 75 名である。計算機関連の科目は、以下の 5 つ（各 2 単位）がある。

コンピュータ演習（1 年次：Microsoft Office, L^AT_EX）

数式処理演習 I（2 年次：Maple, 数学全般）

数式処理演習 II（2 年次：Maple, 数学全般）

シミュレーション演習（3 年次：C 言語, 力学系）

統計コンピュータ演習（3 年次：MATLAB, 統計）

これらの科目は、ゆるやかに連携しつつも、互いに独立な科目であり、演習形式で数学の学習や研究に関連したツールを扱う形になっている。いずれも必修科目ではなく、卒業要件として学生はこの中から 6 単位以上を取得することが要求されている。

1.2 環境

関西学院大学は、Maple のサイトライセンスと学生ライセンスの契約をしている。学内に複数ある演習室のパソコンには、Maple がインストールされており、授業時間や時間外に Maple を利用することができる。また、希望する学生は個人のパソコンに Maple をインストールして使うことができる。

1.3 目的

「数式処理演習 I, II」の目的は、Maple の使用を通して、受講者が、数式処理ソフトウェア（Maple）を通して通常の授業とは違った角度から数学に取り組むこと、Maple にできることの一端を知ることにある。数学系の学科は、他の理工系の学科に比べて実験・

実習の側面が弱いと見ており、「数式処理演習」はそれを補完する機会として位置づけている。受講者は必ずしもコンピュータの操作や高校や大学初年級の数学に習熟しているとは限らないので、コンピュータの操作に慣れる、既に学んだ数学を復習をする機会としての役割も兼ねている¹。

2 演習の実際

2.1 演習の流れ

教員1名、契約助手2名、TA2名で演習にあたっている²。受講者は75名前後だが、1つの実習室の容量を超える場合は、2部屋に分けて同時進行で演習を行っている。

Mapleはコマンド入力で使用している（入力支援やメニューからの操作など、より便利な方法を使わない）。

解説や指示を口頭で説明することは最低限にとどめ、自己完結的な配布資料を毎回配布し、その中の例題と演習問題を受講者が各自実行する。受講者どうしで相談することを許し、途中で教員、助手、TAが適宜アドバイスを与えながら実習を進める。全員に対するヒントや伝達事項があれば、随時机間のモニターに映す。これは、実習室の環境で説明を聞かせることが困難であることや実際にMapleを操作する実習時間を多く確保したいためである。

授業の終わりに、指示された設問の答えと感想・質問を提出用紙に記して提出してもらう。受講者が、Mapleで何を実行したか理解していること、Mapleで得られた結果について考察し、説明を明解な文章で記すことを重視している。提出物は次の回にコメントと評価を記して返却し、解説も配布する。さらに、授業時間外の作業を要する復習的なレポート課題を2回課している。成績評価は、毎回の提出物、2回の復習レポートと定期試験（持ち込み可のペーパーテスト）により行っている³。

2.2 内容

2年生前期の「数式処理演習I」は、Mapleの基本操作を実習しながら、数学面では高校数学や大学1年の微分積分、線形代数の一部の題材を扱う。

後期の「数式処理演習II」では、複数行にわたるMapleのコマンドやリスト操作、簡単なプログラミングを扱いながら、数学面では、曲線のアニメーション、曲面、微分方程式、初等整数論、数列や関数の極限、確率論、フラクタル、カオスなどの話題を扱う。

¹「数式処理演習」でMapleを使うのは、サイトライセンスがあるからである。また、10単位の計算機科目の中で数式処理が4単位分を占めるに至ったのは、関西学院大学理工学部の西谷滋人先生が、情報科学科でMapleを用いた「数式処理演習」を担当されていることに影響を受け、さらに数理科学と数式処理ソフトウェアの親和性を重視してのことと想像している。

²2010、2011年度の数式処理演習Iを除いて、数式処理演習I、IIとも筆者が担当している。

³文章による説明や考察を重視する点、授業時間外のレポートの頻度、ペーパーテストによる定期試験、という3点は、筆者の考えに基づくものであり、別の授業担当者の場合には、若干の違いがある。

数学の話題は、既に学んだものや今後学ぶことになる大学の数学の授業と補完し合う内容を意図して選んでいる。Maple の実行結果からわかることを考察させ、関連する数学を既習の場合にはその証明（あるいは既習の数学を用いた説明）を考えるように誘導し、未習の場合には、キーワードや概要を解説として配布することにより、受講者たちが知らない数学を紹介する機会になるように意図している。

研究集会では、演習で扱っているいくつかの実例を紹介したが、ここでは割愛する。それらの多くは、Maple に限らず Mathematica などの数式処理ソフトウェアやグラフ電卓の数学教育における利用で紹介されているものを借用した。[1, 4, 5, 6] などの書籍、数式処理と教育に関する研究会、ウェブ上で公開されているリソースなどを参考にさせていただいている⁴。「数式処理演習」の教材作成は現在、拡充、改訂の途上にある。

注意事項

全般にわたっては、受講者が Maple のコマンドを打ち込んで結果が出力されて終わりにするのではなく、やっていることの数学的意味を意識してもらう、得られた結果を考察することを重視している。数式処理ソフトウェアがあれば数学を学ぶ必要はないといった安易な誤解を与えず、人間がやるべきことを考えてコンピューターに指示するためには数学の理解が必要なこと、観察された結果を見て次にやることを考えたり、数学的に証明することの大部分は、コンピューターに任せられず人がやらなければならないことを意識させるような課題を与えるよう意識している。

とはいえ、受講者のコンピューター、数学への習熟度は様々であり、何をやっているかわからずただ打ち込むことになりがちな受講者も見られる。

2.3 受講者の反応

「数式処理演習」特有の設問を設定して回答の分布をみるアンケートは行っていない。演習への感想や、Maple の有用性を問う自由記述の提出物（記名）からピックアップしたものを（文面を若干修正して）以下に記す。

- 難しい 楽しい
- 苦労して課題ができたときものすごい達成感がある
- 友達と難しい問題を討論しながら考えられるのがよかった
- 教えてくれる人がたくさん（助手と TA の 4 人）いてよかった
- 考察で、何をやっているか、何がわからないかを意識できた
- （実行結果に対する考察を促す設問に対して）何を答えればいいのかわからない

⁴その一部は以前 [2] にまとめた。基本的な考えが変わった訳ではないが、今となって見ると練れていない稚拙なものに感じる。

- コンピューターに慣れて苦手意識が少し無くなった
- 高校や大学で習った数学を別の視点から見るよい機会だった
- 教材プリントが、 わかりやすい 見にくい
- Maple の利点について：
 - － 図示することで数学の理解が深まる
 - － 計算する手間が省ける分、考えることに時間を使える
 - － 検算や試験問題の作成に便利だろう（教員志望者）
 - － 非常に便利ではあるが、使いこなせればの話である
 - － 使いこなすには数学がわかっていることが重要

別に行った汎用の授業アンケート（無記名）の結果も良好であり、数学と Maple（コンピュータ）に取り組む機会としてはある程度成功していると見ている。

3 今後の課題

経験の蓄積

担当教員が計算機を用いた演習に携わった経験に乏しいため、教材内容や演習の進行にぎこちない部分がある。経験をフィードバックして改善していく必要がある。

受講者の個人差への対応

75 名前後の受講者のコンピュータ・数学への習熟度、意欲は様々である。数式処理演習 I から II に回が進むにつれて、受講者の Maple への習熟度や取り組みの姿勢は開く一方であり、難しいがやりがいのある演習と感じる受講者とコンピュータや Maple が嫌いだが単位取得のために嫌々取り組んでいる受講者の両方に分離していく印象を受ける。受講者どうしの相談を許す、教員側からアドバイスするなどの対応をしているが、さらに検討すべき課題である。興味をひく

担当者の連携

教材作成、レポート、試験の採点などは担当教員が 1 人で行い、助手や TA は授業前の打ち合わせと授業内の補助を行っている。数学やコンピュータに対する考え方や理解に担当教員と補助者の間で食い違いがあるため、受講者へのアドバイスが必ずしも一貫したものになっていない。打ち合わせを十分行う必要がある。また、毎回の提出物、復習レポートの採点、コメントの労力が大きいため、補助者と分担することも今後の検討課題である。

利用機会を増やす

「数式処理演習」の受講者が Maple の使い方をマスターして、演習の課題以外にも必要に応じて Maple を使うようになることは、当然期待されることである。自主的に Maple を使う学生や Maple を頻繁に使う学科内の研究室は限られているのが現状だが、教室での通常の数学の授業で Maple の使用を促すなどの連携や学生が Maple を使用するための情報の提供を強化していく方向で考えている。

ただし、受講者が Maple を使う機会が演習時間内だけに終わったとしても、数理科学を学ぶ学生が数式処理ソフトウェアを使うことには、意義があると思う。数学は紙と鉛筆があればできるとよく言われるが、その中でどの部分はコンピュータが得意で、どの部分は人間がやるべき部分かという感覚をつかんでおくことは、数学を活用していく上で大切であり、また、C 言語や MATLAB、表計算ソフトウェア、あるいは Maple 以外の数式処理ソフトウェアを使うときにも Maple を使った経験が活きることもある、ソフトウェアの違いを比較して理解する材料になると考えるからである。

教材の整備・情報の提供

「数式処理演習」の概要について担当者の主観的立場から紹介した。本稿では触れなかったが、研究室所属の学生による実践も行っている。受講者に提供する教材を整備し、受講者がさらに数理科学の様々な分野で Maple を使うためのレファレンスや使用事例を蓄積することが今後の課題である。

Maple に限らず、数学ソフトウェアと教育に関する実践・研究をご教示いただきながら進めていきたい。

参考文献

- [1] T.W. グレイ, J. グリン, 『Mathematica 数学の探索』トッパン, 1994.
- [2] 示野信一, 『Maple V で見る数学ワールド』シュプリンガー・フェアラーク東京, 1999.
- [3] 示野信一, 「大学数学教育における Maple の活用」, 数式処理 17 (1), 29-30, 2010.
- [4] 山本芳彦, 『実験数学入門』岩波書店, 2000.
- [5] S. ワゴン, E. パッケル, 『Mathematica アニメで微積分』トッパン, 1995.
- [6] S. ワゴン, 『Mathematica 現代数学探求 基礎篇・応用篇・発展篇』シュプリンガー・フェアラーク東京, 2001.