

ティーチング・ポートフォリオ

$$e^{i\pi} = -1$$

進藤久和

福岡工業大学 工学部 電気工学科

第12回佐賀大学・第1回福岡工業大学

ティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップ

作成日：2015年3月10日

場所：FIT セミナーハウス

目次

1. 教育に関して負っている責任.....	1
2. 教育に対する理念・教育の目的.....	1
3. 教育方法.....	4
● 卒業研究以外の科目について.....	4
● 卒業研究について.....	5
4. 学習成果.....	6
5. 今後の目標.....	8

添付資料

- ① 平成26年度 PDCA 報告書、シラバス、試験問題
- ② 平成26年度授業評価アンケート
- ③ 平成26年度授業プリント
- ④ 平成25年度授業プリント
- ⑤ 授業ノート

1. 教育に関して負っている責任

私が福岡工業大学 工学部 電気工学科に着任して、間もなく3年が経とうとしている。着任以来、本学科に配属されている唯一の数学専門の教員として、大半の数学科目と数学をテーマにした卒業研究を担当している。この間の、担当科目は以下の一覧表の通りである。最後の欄の科目だけ、大学院科目であり、着任2年目から担当している。

科目名	受講者数	対象学年	開講期	種別
電気基礎数学 B	90～120	1	前期	必修
解析 I	90～120	1	後期	必修
解析 II	80～110	2	前期	必修
解析 III	80～110	2	後期	必修
微分方程式	10人前後	2	後期	選択
解析 IV	10人前後	3	前期	選択
卒業研究	2, 3人	4	通年	必修
応用解析 II	10人前後	大学院	後期	選択

学科の慣習と私の持ちコマ数とから、数学科目のうち、電気基礎数学 A（1年生前期必修）は工学が専門の先生が担当しており、線形代数 I（1年生後期必修）と同 II（2年生前期選択）は前任の数学の先生（現在非常勤講師）が担当されている。また、今年度は、卒業研究の配属先に当研究室を希望していた学生が留年し、卒研生がいなかったため、卒業研究を開講しなかった。

2. 教育に対する理念・教育の目的

数学界におけるノーベル賞と呼ばれるフィールズ賞を受賞された小平邦彦先生は、『怠け数学者の記』（岩波書店）で、次のようなことをおっしゃっている。数学を理解するとは、数学的現象を「数覚」という感覚で「見る」ことである。

「数覚」は感覚なので頭の良し悪しとは関係がない。

証明せずに定理の言っていることが分かるときは、「数覚」が働いていると思う。次の「ジョルダンの閉曲線定理」は、証明は非常に長いが、主張はよく分かる代表例である。この定理は「平面に曲線を一筆書きしたとき、ただし、途中で交わらずに出発点に戻ってくるとすると、曲線がどのような形状であっても、平面は曲線の内側と外側に分かれる」というものである。感覚的には明らかであろう。

私の教育理念は、小平先生のおっしゃる意味で、学生に数学を理解させつつ、工学上必要な数学の知識や技能を身に付けさせるというものである。

さらに卒業研究では、数学科目で理解した内容を用い、自主的に研究してほしい。この自主的に研究というのは、主に次の2つを指す。

- ・数学の本（教科書）を読み、本当に正しいかどうか自分で判断する。
- ・すでに習得した知識・技能を元に、新たな課題を自主的に研究する。

この理念を体現するための教育方法をここで述べておく。次項「教育方法」で述べることと一部重複するが、その方が理念と方法のつながりが見やすいと思う。

まず、授業において、定理を説明する際は、定理の意味合いを説明するようにする。事例は、教育方法で述べる（物理学的説明だが、その辺りには寛容である）。なお、証明が割と短く、記憶に残りやすい場合には、証明を行う。

続けて、その定理を使う演習問題を出題する。正確に使えるようになってほしいのはもちろんだが、単に使い方を記憶するだけだと、忘れやすいし、忘れたときに対処できない。定理の意味合いを思い出しつつ問題を解けば、定着すると思う。

この教育方法に加えて、今年度から、数学の記号の使い方・読み方も丁寧に教えることにした。なぜなら、これを教えないと定理が正確に読めないからである。例えば、逆関数の微分公式 $\frac{dy}{dx} = \frac{1}{dx/dy}$ の左辺と右辺の分母が同じと読んでしまったら、全く意味のない式になってしまう。

【理念に至る心理】

ここで、なぜこのような理念に至ったか、気持ちの整理をしたい。実は、私は、教育をするに当たって、相反する次の2つの気持ちを同時に抱いている。

- ・研究時間確保のため、授業は最低限にしたい。授業準備はしたくないし、できない学生には関わりたくない。

- ・小平先生の意味で数学を理解できていそう、または、できそうなのに、今までのテストの点が悪いために、数学ができないと思い込んでいる学生はかわいそう。

まず、1つ目の気持ちへ対処することは容易である。福岡工業大学の方針である丁寧な教育を行うと言って、この大学に採用された以上、丁寧な教育はしなければならない。研究時間を確保したければ、教育の質を上げることにより、授業の準備時間を減らしても、教育内容や学生の理解度・合格率が低下しないようにして、新たに生じた時間を研究に当てるのが筋である。

2つ目の気持ちに書いたことは理解されにくいかもしれない。テストの点が悪いのに「数覚」があるというのは想像しにくいというのももつともである。

ここで、1つ史実を思い出しておくと、ニュートンやライプニッツが微分積分学を打ち立てるはるか前、アルキメデスはほぼ定積分と同様の考えを用いて円錐の体積を求めている。したがって、微分の計算法を知らなくても、定積分の概念は理解可能である。

しかし、現代のテストにおいては、微分の計算ができれば点をもらえるが、定積分の概念だけ理解していても、定積分の値が求められなければ、点はもらえない。

私は、この状況は理不尽であると感じている。微分の計算しかできないのであれば、定積分の概念も重要であると言いたいし、定積分の概念は理解していても値が求められないのであれば、計算ができることも大切だと言いたい。

このように考えて、教育の理念に至っている。

3. 教育方法

● 卒業研究以外の科目について

大体の授業の最初の15～20分は講義に当てる。すなわち、重要な概念・定義の解説や定理の意味の説明とそれらの例の提示を行う。その際、今年度から記号の使い方・読み方の説明を詳しくした。その理由は、大学・大学院の恩師の言「記号を大切にしない人は、数学はできない」は確かにそうであると、経験的に知ったからである。その言が正しい理由を推察すると、数学では一見似たものを峻別しなければならないが、記号の扱いが雑だと、それができず、結局、曖昧にしか理解できないということだからだろう。そのため、今年度から、例えば、 $f(a+3)$ は関数 $f(x)$ の $x = a+3$ での値を表すが、 $a(x+3)$ は定数 a と変数 $x+3$ の積を表すことが多いと教えたり、 $\frac{dy}{dx}$ は分数とは異なり、上から「ディーワイ・ディーエックス」と読むと板書したりした。

これらのことは、数学をより良く理解するための一歩ではあるが、これだけでは数学は理解できない。こういった場合に、数学科や物理学科では、必要となる定理に証明をするのであるが、工学部の学生にはあまり厳密な証明は必要ないであろう。代わりに、定理の意味合いを教えて、証明は分からなくても正確に定理を使えることを目指している。例えば、関数 $f(x)$ は時刻 x での質点の高さを表すと解釈すると、 $f'(x) > 0$, $f''(x) > 0$ という範囲では、質点の速度 $f'(x)$ が正であるから、この質点は上の方（正の方向）に動いていて、なおかつ加速度 $f''(x)$ も正であるから、加速しながら上の方（正の方向）に動いている。したがって、この範囲での $f(x)$ のグラフは \curvearrowright という形状になる（グラフには矢先はないが、増減凹凸表にはこのように記入する習慣がある）。この物理学的説明は、数学でよく行われる説明（接線の傾きの変化を考えるもの）より簡潔であるため、学生の集中力が続いているうちに、説明ができたと思う。

このような説明の後、分かっているかどうかの確認問題を出題する。確認問題を学生が解いている間、教室内を見回り、質問を受け付ける。解答の間違っている学生には、その度合いに応じて、指摘したりしなかったりだが、その判断は今でも難しい。全く手の動いていない学生には、ノートの前の方を見返すよ

う促すが、そういう学生が解答し終えるまで待っている時間がないのが悩ましい。

学生の出来具合と時間とを考えて、適当な頃合いで解答をし、もう一度、同様の講義・演習を行うことが多い。そうすると、あとは、もう少し難易度を上げた演習問題を扱うくらいしか残り時間がなくなる。中には、概念や定理の説明と確認問題の演習1セットだけで1回の授業が終わってしまって、次の回1回分を使って問題演習を行うこともある。

以上の授業において、スライドは用いず、全て板書で解説を行っている。その理由は、スライドを、書き写すときのように注意深く読める人はいないと思うからである。また、書いた方が記憶に残りやすいとも思っている。

しかし、少なくない学生が、書き写すのが遅かったり、正確に写さなかったりする。それへの対応として、今年度から、重要な概念の解説もプリントに入れるようにした。場合によっては、所々を空欄にして、解説を聞いていないと文章が完全にならないようにしている。これにより、書き写すことに難のある学生は、プリントに書き込めば済むようになったが、できる学生は楽をするようになったとも言える。それについては、書き写すのが目的ではなく、教育理念に書いた意味で数学が理解できていれば良いと考えている。

なお、着任1年目は中間試験を行ったが、授業数が減ることと、採点時間を授業準備に当てた方が良いとの考えから、2年目から中間試験を行っていない。

● 卒業研究について

項目1で述べたように、今年度は卒業研究を開講していない。着任1, 2年目は開講しており、その内容は、円周率や定積分の近似値を求める種々の方法を、**Mathematica** でプログラミングして実行し、どの方法がより効率良く精度の高い近似値を出せるかを調べるというものであった。このテーマは、今後、常微分方程式や偏微分方程式の数値解析へと発展させる予定であり、そのように発展させたテーマは、電気工学科の専門科目の数学寄りの発展とも見られる。このように決めたテーマは、本学科の3年生全員を対象に12月に行う、卒研配属説明会で学生に紹介する。学生はこの説明会を受けて、配属先の希望を書くので、卒業研究のテーマは承知して来るはずである。

実際に配属されてきた学生の指導方法はゼミ形式が中心であったし、これからもそれを変えるつもりはない。より具体的に指導方法を述べると、私が教科書 1, 2 冊を決め、この先の卒業研究に必要な箇所を抜き出して小分けにし、学生に割り当てる。その際、学生には、教科書に書いてあることを鵜呑みにせず、書いてあることが本当に正しいかどうかを考えるよう注意しておく。学生は次回の卒業研究までに勉強し、勉強した内容をホワイトボードに書きながら説明しなければならない。ごくたまに、何も直さなくてよい説明がある。一方で、教科書に書いてあることをそのまま書き写す発表も多い。もちろん、先に注意しておいたように、それが正しい理由を尋ねる。時に教え、時にもう 1 週間勉強し直させる。

これを半年位続けた後、**Mathematica** を用いたプログラミングに移る。この前段階を飛ばすと、コンピュータがそれらしき答えを出しても、その理由が分からなくなってしまう。また、プログラミングする内容は、数式を **Mathematica** の仕様に従って書き換えたものであるから、この段階までに数式を正確に書く心掛けをしていた学生の方がプログラミングの要領も良い。特に、総和記号 Σ と添え字を理解していない学生は、**Mathematica** でも正しくプログラミングできない。

着任 1 年目で受け持った学生は、プログラミングし始めのときは閉じ括弧を忘れるなどの初歩的ミスが見付けられず、結局私が直したが、そのあとは先に入力した内容を参考にしながら、自主的にプログラミングをしていった。着任 2 年目で受け持った学生は、再履修科目が多かったせいか、プログラミング前の勉強がはかどらず、自主的にプログラミングをするには至らなかった。

またどちらの年の学生にしても、効率良く精度の高い近似値を出す方法が分かっても、それらの方法のどこが良かったのかまで考察できなかった。就職活動をやりつつ卒業研究を行うのは、やはり苦勞が多いのだろうと思った。

4. 学習成果

平成 26 年度の担当科目の合格率と期末に行う WEB 授業評価アンケート（学

生が回答)の「この授業の内容は全体として意義のあるものでしたか」の平均評価ポイント(4点満点)を、以下の表に示す。アンケート結果については、添付資料②参照。

科目名	対象学年	開講期	種別	合格率	アンケート
電気基礎数学 B	1	前期	必修	70.5%	3.23
解析 I	1	後期	必修	41.5%	3.50
解析 II	2	前期	必修	41.1%	2.63
解析 III	2	後期	必修	55.8%	3.00

項目 1 の一覧表のこれ以降の科目では、回答者が1名ないし0名、またはアンケートを実施していない。

解析 II のアンケート平均点が低いのは、欠席者が多かった回の欠席者全員を再試験の対象から外したことへの反発が含まれている可能性が高く、授業内容そのものへの評価ではないと思っている。

以下、教育理念に関連する授業がどの程度できたかを見て行き、最後に上表の結果について考える。

電気基礎数学 B では、これまで微分積分を扱っていなかったが、今年度は、電気基礎数学 A との協力と、昨年度、図を描いていて時間を取ってしまった関数の極限値の必要な図を、プリント(添付資料③電気基礎数学 B, 第7回、No.1)に入れ込んでおいたことなどから、微分積分のごく初歩を扱うことができた。ごく初歩とは言え、微分係数や定積分の図形的意味も解説した(それぞれ添付資料③電気基礎数学 B, 第9回、第15回のプリント参照)。これにより、期末試験において、計算問題だけでなく、微分係数の定義や図形的意味、定積分の図形的意味を問う問題を出題することができた。

解析 I では、これまでテイラー展開を扱ってこなかったが、今年度は微分積分の初歩を電気基礎数学 B で扱ったため、14, 15回目の授業でテイラー展開を扱うことができた(添付資料③参照)。また、2階導関数の応用の回で、教育

方法で述べたような説明をしたため、昨年度より、同じ内容でも解説時間が減り、問題演習を増やせた。以上のことから、期末試験は、昨年度より計算以外の要素を含む問題が増えた。

解析 II では、授業で扱った内容の全体量は、昨年度からそう変化はない。しかし、昨年度 15 回目の授業で行った期末試験を、試験期間に移したことから、1 回分余裕ができた（添付資料③と④）。その分、面積や体積を定積分で求める演習を増やせた。それに伴って、期末試験でも関連問題が増えた。

解析 III では、立体図形を取り扱う必要のある内容（例、2 変数関数のグラフを描く、接平面の方程式を求める、重積分を累次積分に直す）で、立体図形の扱い方を、座標軸に垂直な平面で切る方法に統一した。そのため、平面のベクトル方程式の復習はしなかったが、一つの方法を繰り返し用いることで、昨年度よりは学生に定着したように思う。

必修 4 科目では、教育理念に合うような内容を増やせた。しかし、それに関連する問題を試験に増やした結果、表にある 4 科目では解析 III 以外の 3 科目で合格率が下がった。特殊事情のある解析 II を除いて、アンケート結果からすると、学生も授業内容の意義は認識しているようである。しかしながら、合格率の下がった科目では、その理由を分析したい。

5. 今後の目標

- 教育理念に合った内容を講義しつつ、合格率を上げたい。
- どのような内容を教えるべきか数学の教員だけでは決められないので、専門科目の先生と話し合いを持ちたい。ただし、教育理念との整合性を吟味して内容を決めたい。
- もし専門科目を習得するために必要な数学、背景知識として知っておくべき数学を扱う時間や科目が不足している場合、教務委員を務めている間（来年度、再来年度）に、学科のカリキュラムの改定をしたい。
- 科目間連携をし、数学と専門科目とのつながりを明確に示したい。