

平成21年 6月26日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700665
 研究課題名（和文） 工学技術者を育成するためのカリキュラム開発と数学の教授法についての研究
 研究課題名（英文） The Study on the Development of Curriculum and Mathematics Education in Engineer Training
 研究代表者
 川本 正治（KAWAMOTO MASAHARU）
 鈴鹿工業高等専門学校・教養教育科・講師
 研究者番号：00311035

研究成果の概要：工学技術者を育成する工業高等専門学校における「早期専門教育」に対応する数学のカリキュラムの考察として、数学的モデリングを取り入れた教材を開発し、高専2、3年次の授業で実践したところ、数学を活用する態度の向上がみられた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	500,000	0	500,000
2007年度	500,000	0	500,000
2008年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	1,400,000	120,000	1,520,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：カリキュラム開発、他分野との融合、工学技術者の育成、数学の授業方法

1. 研究開始当初の背景

(1) 高等専門学校（以下、高専とする）は実践的技術者を養成することを目的として設立された5年制の高等教育機関である。したがって、エンジニアとして必要な知識を習得し、その知識をもとに問題を解決する能力や新しい技術や製品を開発する能力を身につけることが求められている。そのため、高校課程の基本的な数学から大学課程の高度な数学までを、5年間で学ばなければならない。工学の専門的な知識を学ぶ中で、数学は道具として使われることが多く、様々な場面で使われる定理や計算をきちんと身につけさせる効果的な方法が必要であると考えた。

(2) 工学の専門科目を学ぶ上で必要とされる数学の内容は膨大であり、道具として使う数

学を授業で説明するだけの時間しかないのが現状であった。結果として学生は「数学は数学。工学は工学」というように、全く別のものとらえていた。こうした状況を改善するために、工学の専門科目と数学とを融合したカリキュラム開発を研究していく必要があると考えた。

2. 研究の目的

(1) 数学的モデリングを取り入れた教材を開発することにより、数学と工学の専門科目の融合を図り、数学を活用する能力を向上させる。数学的モデリングとは、実現象を理想化して数式を作り、その数式に数学的処理（計算など）を施して数学的結論（方程式の解など）を得て、その結論が現象を表現するのに

十分なものであるかどうかを吟味し、不十分であれば再度数式を作り直して、同じ過程を繰り返すことを言う。工学の専門科目では、条件を変えたり時間が経過したりすると、どのように変化するか、といったようなことをシミュレーションすることが多いが、その結果を予想するための方程式が必要である。この方程式を作ることは学生にとっては難しく、適切な教材を通して練習していく必要があると思われる。

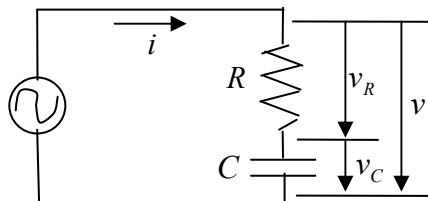
(2) 学生自らが法則や性質を発見できる「発見型授業」を実施するための教材を開発する。数学の授業内容の中で、工学の専門科目と関わりが深い部分を中心に数式処理ソフトやグラフ描画ソフトを使った教材を開発する。また、実験などの現象を数式化すること、数式化するためには数学的概念がイメージ化されていることが重要であると考えているので、そのための教材も合わせて開発する。

3. 研究の方法

(1) 数学的モデリングを取り入れた教材

数学的モデリングとは、現実の世界の問題を定式化あるいは理想化して数学的モデルを作り（過程A）、その数学的モデルから数学的作業や数学的理論により数学的結論を得て（過程B）、その結論を現実の世界と比較して解釈しなおし（過程C）、不十分であれば再度数学的モデルを作り直して同じ過程を繰り返し、数学的結論が現実の世界を解釈する上で意味があるものにする一連の過程をいう。専門科目の学習において数学が効果的に活用できるようになるには、単なる計算問題を解くだけでなく、現象をモデル化する経験を通して、数学を活用する場面を多く与えることが必要である。そこで、次のような教材を開発した。

電気系学科における基礎実験である、抵抗とコンデンサを直列につないだ交流回路において電圧を計測する実験を題材とする。通常は理論を学んだ後で、それが正しいことを確認する目的で実験が行われているが、



R-C直列交流回路

ここでは、 v_R の電圧計と v_C の電圧計を見て、全体の電圧を予想することから始める。このとき、直流と同じように2つの電圧の和になるのではないかと予想する。その後、全体の電圧計を見ると予想と違うことに気づき、

「なぜ和ではないのか？」という疑問により学習への好奇心が高められた。

この後、定式化により数学的モデルを作る過程へと入り、

$$v = Ri + \frac{1}{C} \int i dt$$

とモデルを作る。このモデルに数学的作業（計算）を行い、 $v = \sqrt{(v_R)^2 + (v_C)^2}$ という数学的結論が得られる。この結論を評価するために、電源の周波数を変化させ電圧計の値を変化させ、妥当なものであることを確認する。(2) 概念をイメージ化する教材の導入

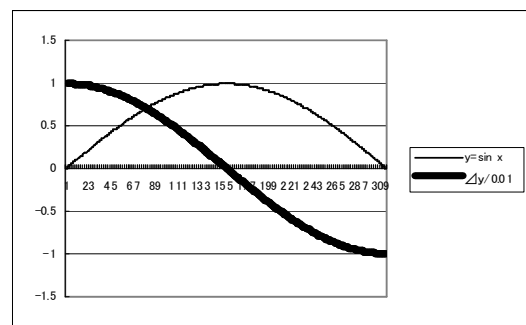
微分の定義式だけでは、微分が微小区間の変化率を表していることはイメージしにくい。そこで、次のような教材を合わせて扱うことにした。

下図はエクセルで、A列に0から3.14 (= π) までの値を0.01刻みで、B列は関数“=sin(A2)”を、C列は関数“=(B3-B2)/0.01”を入力したところである。

図 エクセルの入力画面（微分）

	A	B	C
1		=sin(A2)	=B3-B2
2	0	0	0
3	0.01	0.01	0.999983
4	0.02	0.019999	0.999883
5	0.03	0.029996	0.999683

次に「挿入→グラフ→折れ線」と選択し、グラフウィザードの「系列」でA列“x”を削除する。すると下図のようなグラフが描かれる。表示されたグラフが $y = \cos x$ であることは容易に理解できる。よって、微分が「微小区間の変化率」であるという概念を視覚的にイメージ化することができる。

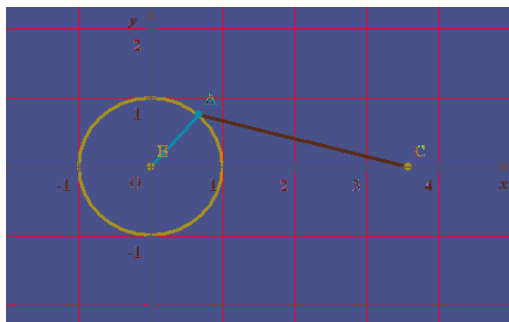


(3) グラフ描画ソフト Function View を使って動画を作る教材

機械工学で使われるプレス機械はモーターによる回転運動をスライドの直線運動に変える構造である。これをグラフ描画ソフト Function View で作成するという教材を開発した。動画を作成する際の条件は次のように

設定した。

- ①原点を中心とする半径1の円の円周上に点A ($\cos t, \sin t$) をとり、 t を変化させて、点Aを回転させる。
- ②点Aに長さ3の接続棒を付け、もう一端の点Cはx軸上を往復運動させる。接続棒は点Aと点Cを結ぶ線分とする。点Cの座標を t の関数で表す。



Function View で動画を作成する教材では、プレス機械の構造が「現実の世界」に該当する。回転運動をピストン運動に変える構造を理想化した「半径1の円を回転させ、接続棒の長さを3として、点Cがx軸上をピストン運動する」という設定が「数学的モデル」に該当する。本来これを自分で設定することが数学的モデリングで重要な部分であると考えられる。ピストン運動をする点Cの座標をの関数として定式化する部分と、接続棒の長さが一定でx軸上をピストン運動するかどうか評価する部分に重点を置くと、本来の数学的モデリングの目的である「現象を理想化したモデルを作ること」から外れることになるので、注意が必要だと感じた。

4. 研究成果

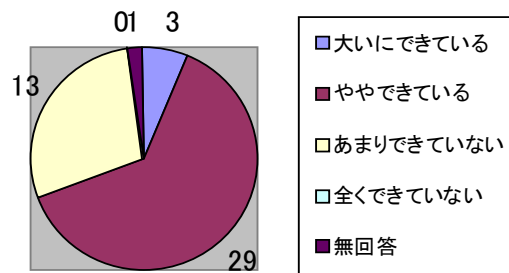
工学技術者を育成するための数学教育のあり方を考察する中で、数学的モデリング能力を高めることが有効な方法ではないかという仮説を立て、工学の専門科目の内容を題材とした、数学的モデリングの教材を開発した。工学においては、実験における現象から数式を立てて（モデルを作る）、数学的処理（計算）により数学的結論を得た後、現象に照らし合わせてモデルを評価する、といった数学的モデリングの過程が使われることが多い。現状の数学の授業においては、現象を捉えて数式を立てる部分の練習や、得られた結論を現象と比較して、よりよいモデルへと修正するといった部分の経験が少ないため、工学の専門科目などで数学を有効に活用できないという状況であった。そこで、数学と工学を融合させた数学的モデリング教材を開発するために、数学担当教員と工学の専門科目担当教員が連携した。これにより、数学を担当する教員は、工学の専門科目で扱う現

実問題がどのように定式化されているか、またどのような数学的作業（計算技術）を必要としているかを知ることができた。

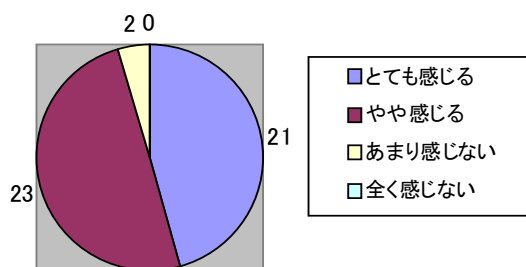
また、専門科目担当教員は数学の授業において概念や定理などがどのように説明されているか、学生はそれをどの程度理解しているか、などを把握することができた。数学の授業においてすでに学習した内容は、定理の成り立ちや計算などを簡略化して進めることができるようになった。

実践として、鈴鹿高専電気電子工学科3年生において授業を行った。3年生で実施した理由は、専門科目の数が増えて数学が使われる場面に多数遭遇していると同時に、数学の授業においても2変数関数の偏微分や重積分、複素数、ベクトル、行列などの内容を一通り済ませているが、それぞれにおいて学習した時期にギャップがあるため、実際には効果的に数学が使えていないのではないかと考えたからである。授業を実施した46名の学生を対象としてアンケート調査を実施した。

質問1：専門科目の授業を理解するには、数学の知識が必要だと感じますか。



質問2：数学の授業で学習した内容を、専門科目を学習する上で利用できていますか。

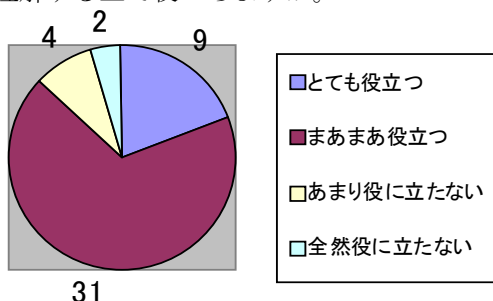


質問1より、46人中44人は基礎知識が必要だと感じていることがわかったが、実際に数学で学習した内容が利用できているかというと、あまりできていないと答えた学生が13名いた。また、自由記述欄には、基礎知識の不足から数学の授業で習ったことをどのように専門科目の授業内容と結びつけてよいかわからない、といった内容を5人が書

いていた。

数学科の教員と電気電子工学科の教員の連携による授業についてのアンケート結果は、次のようであった。

質問3：(連携した)授業は、専門科目の内容を理解する上で役立ちますか。



約 87%の学生が連携した授業は役に立つと感じており、工学の内容を使った数学的モデリングの教材が有効であることがわかった。

また、グラフ描画ソフト Function View を使って動画を作る教材については、鈴鹿高専 2 年機械工学科の学生を対象に授業を行った。使われている数学は三角関数と三平方の定理であり、2 年生の学生にとって決して難しいものではなかったのだが、三平方の定理を使うことに気がつかない中、点 C の座標を表す t の関数を自分で作ることに對して、かなり難しく感じていた。三平方の定理を利用することをヒントとして与えた後も、 t の関数で表すことができるまでに時間がかかった学生や作ることができた学生に教えてもらい、何とか理解できたという学生もいたが、動画を作るという教材は学生に興味を持たせ、さらに専門科目で学ぶ内容に関連していることがモチベーションを向上させた。

こうした教材を使って授業を実践した結果、特に成績中位層から上位層において、数学を活用する態度の向上がみられた。現象を的確にとらえることの大切さを知り、理想化するために既習の内容を活用して問題を解決することができた。こうした能力を支えるのは数学の基礎学力であり、そのためのドリルを出版した。現在、微分積分、線形代数についても出版の準備を進めている。同時に、数学の授業で学んだ内容を実際に活用して自分で問題を解決することも工学技術者には必要であり、数学を活用するための教材を今後とも開発していく必要がある。この研究で開発できた教材は、主に電気系、機械系の学生を対象としたものであったが、工業技術者を育成することを目的としている工業高専において幅広く使える教材を増やしていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

①川本正治、工学技術を学ぶ上で必要な数学授業の考察—電気系分野における数学の利用方法を中心として—、全国数学教育学会誌・数学教育学研究、第 12 巻、237—246、2006 年、査読有

②川本正治、工学技術者を育成するための数学教育のあり方—工学を学ぶ上で必要な概念のイメージ化を図る教材開発—、全国数学教育学会誌・数学教育学研究、第 13 巻、235—244、2007 年、査読有

③川本正治、工学技術者を育成するための数学授業の一方策、日本科学教育学会年会論文集、第 31 巻、101—102、2007 年、査読有

〔学会発表〕(計 7 件)

①川本正治、工学技術者を育成するための数学教育のあり方(3)—数学を活用する教材の開発—、全国数学教育学会・第 29 回研究発表会、2009 年 1 月 25 日、姫路

②川本正治、数学的モデリングの考え方を援用した教材の導入、日本数学教育学会高専・大学部会、2008 年 8 月 4 日、郡山

③川本正治、微分や積分の概念をイメージ化する教材の導入、日本数学教育学会高専・大学部会、2007 年 8 月 2 日、高知

④川本正治、工学技術者を育成するための数学教育のあり方(2)—工学への応用問題を使った授業実践とその効果—、全国数学教育学会・第 26 回研究発表会、2007 年 6 月 24 日、広島

⑤川本正治、工学技術者を育成するための数学教育のあり方—工学を学ぶ上で必要な概念のイメージ化を図る教材開発—、全国数学教育学会・第 25 回研究発表会、2007 年 1 月 27 日、奈良

⑥川本正治、グラフ描画ソフト Function View を使った探求型学習、日本数学教育学会高専・大学部会、2006 年 8 月 1 日、東京

⑦川本正治、工学に必要な数学的概念を修得させる指導のあり方—電気系科目における微分を中心として—、全国数学教育学会・第 24 回研究発表会、2006 年 7 月 1 日、広島

〔図書〕(計 1 件)

①日本数学教育学会高専・大学部会教材研究グループ TAMS 編(執筆：阿蘇和寿、川本正治ほか 24 名)、電気書院、ドリルと演習シリーズ・基礎数学、2009 年、137—206

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川本 正治 (KAWAMOTO MASAHARU)

鈴鹿工業高等専門学校・教養教育科・講師
研究者番号：00311035