

# 詫間キャンパス数学の授業進度改善への取り組み

上原 成功<sup>\*1</sup>, 橋本 竜太<sup>\*1</sup>, 南 貴之<sup>\*1</sup>

## Report on curriculum of mathematics in Takuma campus

Shigenori UEHARA, Ryūta HASHIMOTO, Takayuki MINAMI

概要．詫間キャンパスの数学科では，3年生までの数学の授業進度を早められるよう，25年度から27年度に渡って授業の項目や内容について改良を行ってきた。これにより，2年生の微分積分学Ⅰ終了時点で積分の基本項目が一通り学習し終わられており，香川高専として統合される以前の授業進度を取り戻しつつある。ここでは，数学の授業進度を詫間キャンパス内に周知することを目的とし，加えて，詫間キャンパスで実施した理数教科と専門学科の連携を図る会議における数学科からの説明の補足として，これまでの経緯と状況をまとめてみたい。

KEYWORDS: 高専数学, カリキュラム, 検定教科書

### 1. はじめに

香川高専の発足に伴って二つのキャンパスで数学のカリキュラムを統一することになり，詫間キャンパスの低学年も，高松キャンパスと同様の検定教科書を併用したカリキュラムを導入して授業を行ってきた。高松キャンパスでは検定教科書導入によると思われる成果が順調に得られているが<sup>(1)–(3)</sup>，詫間キャンパスにおいては授業進度の遅さが問題視され，しばしば数学と専門の授業進度のミスマッチが指摘される状態が続いていた。例えば，平成25年度の2年生は数学の授業で全く積分を学習していなかったため，3年生の最初から積分を使う専門科目に支障が出ていたことがあった。また，複数の教科書を途中から行ったり来たりして学習する，言わばパッチワークのような授業進行は学生の混乱を招いていたようで，授業アンケート等において学生からの苦情もあった。

このような不具合を少しでも解消し，適切な授業進行を実現するために，数学科では学習内容の工夫と改善に取り組んできたのだが，27年度までの授業進度をキャンパス内に周知することを主目的として，これまでの経緯や状況をまとめてみたい。ここで述べる内容は，平成27年12月に実施した理数教科と専門学科の連携を図る会議において，数学科が説明した内容を補足するものである。

### 2. これまでの経緯

現在，香川高専両キャンパスの数学の授業で検定教科書を使用している。高松キャンパスでは，まだ高松高専の世代であった平成20年度入学の1年生から使用し始めた。詫間キャンパスにおいては，平成22年度の香川高専への統合に伴って検定教科書を使用することとなった。それまでの高専用の教科書だけを用了カリキュラムと比べ

<sup>\*1</sup>香川高等専門学校詫間キャンパス一般教育科

て最も特徴的であるのは、1年生の基礎数学Ⅰおよび基礎数学Ⅱで学習する内容が質・量ともに充実することになった点である。検定教科書を利用しはじめてみると、やはり学生からも教える側からしても非常に使い易くて、後節で述べるような検定教科書のメリットが上手く機能していることが実感できた。実際に、高松キャンパスでは検定教科書を使用してからというもの、学習到達度試験において飛躍的に成績を伸ばしている。ただし、成績が向上しているのは検定教科書による取り組みによるだけではなくて、高松キャンパス数学科によるいくつかの取り組みのうち、例えば、1年生2年生に対する特別補習、3年生の夏休み明けに実施する実力試験（数学・物理）、2年生の数理演習（1単位の授業）の存在、更には、到達度試験の得点が定期試験と同様のウエイトで成績に組み込まれることが好成績に影響していると考えられる。

その一方で、検定教科書を導入したことにより、高校数学に相当する基礎数学を学ぶ時間が長くなって、その分、高校卒業後に相当する微分積分や線形代数に割ける時間が短くなった。授業時間数を増やさずに内容だけを充実させることは難しいようで、以前の高専用の教科書を使ったカリキュラムでは2年生から微分積分と線形代数を学習し始められていたが、検定教科書を使用したカリキュラムの場合には、微分積分と線形代数に取り掛かることができるのは、大まかに言って、2年生の後半あたりになる。詫間キャンパスにおいては、3年生の授業はもとより、2年生の専門の授業でも微分積分や行列・行列式を利用するので、検定教科書を用いるカリキュラムを導入してからは、内容の充実より、むしろ学習の遅れの方が問題視されるようになった。そもそも、検定教科書によるカリキュラムは、高松キャンパスの数学科が高松の専門学科との間で立ち上げた「数学科目と専門学科による連携協議会」において専門学科の了解を得ながら、数学科が担当する1年生から4年生の応用数学までのカリキュラムを検定教科書を導入したものへ一新させたもので、高松の実情に合わせて設計されたものであるから、やはり、事情の異なる詫間キャンパスには馴染まなかったのである。

そのため、平成25年から27年度現在に渡り、学習の順番を工夫したり、検定教科書傍用の参考書や高専教科書等を取り入れたりとしながら、授

業進行が効率的なものとなるよう改良を重ねてきた。これにより、まだまだ大部分の他高専には及ばないものの、1年生から3年生までの数学の授業で扱う項目は増加し、また、検定教科書を行ったり来たりする分かり難い授業進行も幾分解消されてきた。各年度毎で改善してきた状況は後の節において説明する。

### 3. 検定教科書について

平成10年代前半に所謂「ゆとり教育」が始まり、中学で学習する数学の内容が大幅に削減された。加えて、中学生の人口は減少し続けており、高専を志願する受験生の偏差値が以前に比べて上がるような傾向も見られてはいない。このような世代の高専の新生生に対して、理解のペースにも配慮しながら授業して行くなれば、それ以前の要領で進めて行ける筈はない。高専の教科書も中学数学の指導要領に合わせ改定されてきたが、それまでカラフルで分かりやすい中学の教科書に慣れている学生にとって、高専の教科書はモノクロで難しい表現が多く、少なくとも中学を卒業したばかりの学生が手軽に予習をこなせるような代物ではなかった。同世代全体の1パーセントにも満たない学生を対象とした教科書に多くを望む方が無理なのかもしれない。その点、高校生用の検定教科書は配慮が行き届いていて、新指導要領に対応する改訂や対策がしっかりとなされており、何より抜群に読み易い。

検定教科書には、学生だけでなく教える側にもメリットがある。詳細な指導書はもとより、プリント作成ソフト、様々な量・難易度の問題集、教科書や参考書のデータも入手できる。様々なレベルの学生のために、様々なタイプの副教材が存在して、安価に購入できる。便利になった分、これまで手が回らなかった部分に時間を掛けられるようになる。

また、高専においてもアクティブラーニングによる授業方法が推奨されているが、その授業プリントを作成する際には、かなりの時間と労力を要するものと思われる。検定教科書であれば、アクティブラーニングのための教材もいくつかあって、実際に高専で利用している所もある。もし既成の教材に一長一短があって実際に高専で利用することを躊躇する場合は、プリント作成ソフトを利用すれば授業に合った教材を効率よく作るこ

ができて、練習問題もその解答についても誤植のない美しいものを作成することができる。これらのように、高専の数学の授業において検定教科書を使用することには沢山のメリットがあり、学生のために分かり易い教材を提示したいときや、教える側の仕事の効率化の面において特に有効と考えられる。

しかし、検定教科書には使い難い面もある。検定教科書は高校過程のための教科書であり、文系を選択する高校生は数学Ⅰ、数学A、数学Ⅱ、数学Bなどを学習し、更に理系に進む生徒が数学Ⅲを学習する。高専は理系なので数学Ⅲまでを使うことになるが、その後は大学教養程度の数学に移ることになるから、更に大学の工学部を対象とする教科書を選定しなければならない。このように、目的の異なる複数の教科書を繋いで学習して行く場合には、接続の不具合が避けられない。説明が二度手間となって時間のロスが生じたり、重要な項目が抜けてしまったりということが起こり得るのである。

また、検定教科書だと大学受験を目指した例題が多く含まれ、高専数学では学習しなくてもよいと思われる項目も数多く見受けられる。二度手間ということなら良い復習の機会と受け入れればよい、逆に無駄やロスと考えられるものなら省けばよい、などと思われるかもしれないが、教科書を使って授業を進めるとなるとなかなかそうもゆかず、これが意外に時間を浪費するのである。やはり、文系の生徒でも理系の生徒でも両立できるように作られた検定教科書を高専で使用するのは非常に効率が悪い。

例えば、微分積分学について、数学Ⅱで3次関数までに限定した微分積分を学習し、数学Ⅲに移って三角関数や対数関数などの超越関数を含んだ微分積分を一般的に学習するが、数学Ⅱと数学Ⅲで重複する項目や二度手間の説明が出てくる。数学Ⅲで微分積分を授業する場合、授業担当者によっては、数学Ⅱの積分を学習していてもしてなくても数学Ⅲで積分の授業にかかる時間数は変わらなかった。つまり、数学Ⅲで積分を学習するのなら、数学Ⅱの積分は無駄ということにもなる。検定教科書を採用している数校の高専の中には、数学Ⅲを使用しないで、数学Ⅱの微分積分を終えた後は高専用の教科書に切り替えるようにしている学校もある。この辺りの微積分は高専数学において最も重要な項目の一つであるが、同時

に、検定教科書を導入する場合に最も意見の分かれる所であり、学校毎に教科書の使い方は様々である。

その他に、教科書間の接続において二度手間となるような場面として、数学Ⅰの三角比から数学Ⅱの三角関数を学習するときや、数学Bの平面ベクトルから高専の線形代数へ繋げる際にも同様のロスが存在する。高専のシリーズの教科書だけで全ての数学の授業を賄うのであれば、このような無駄もなくスムーズに進めることができるであろう。しかし、高専で検定教科書を用いる場合には、低学年の定着を充実させることができる反面、その先の内容を学ぶ際には上記のようなロスが生じる場合があるので、カリキュラムを組み立てるときには注意しなければならない。

#### 4. 年度毎の改善状況

香川高専両キャンパスでは、微分積分学を検定教科書の数学Ⅱと数学Ⅲの両方を用いて学習してきたが、詫間キャンパスでは平成25年度から、微分積分の授業を数学Ⅲだけで行い、数学Ⅱの微分積分は学習しない方針へ切り換えた。数学Ⅱの微分積分は数学Ⅲに含まれて二度手間であるから省略することにしたのである。このとき、微分積分に要する授業時間を大幅に削減することができたのだが、2年終了までの内容が微分の途中で中途半端となるため、削減された時間の代わりに二次曲線、媒介変数を用いた曲線、極座標など数学Ⅲの中からいくつかの項目を新たに付け加えて調整した。

平成26年度には、1年生の授業進度を早めることを主目的として、東京書籍の新編シリーズの検定教科書を使用することにした。これにより基礎数学Ⅰでは、それまでの範囲に加えて集合と論理も学習項目に加えることができた。微分積分学Ⅰについては、人間的な事情のため後期からの修正となったが、進度の改善に取り組んでおり、前年度の項目に加えて数学Ⅱの積分を更に学習することができた。

平成27年度では、2年生の微分積分学Ⅰについて更に進度を早めることができ、微分の範囲は年内に全て終え、加えて、置換積分、部分積分、面積までの積分の基本事項を全て学習することができた。これは、前節で述べたように検定教科書を用いて授業をしていたのでは必要な項目を効率よく

学習して行くことが難しいため、高専生を対象とする教科書である数理工学社の微分積分を採用して授業内容を練り直すことにより実現できた。平成27年12月に実施した連携を図るための会議では、モデルコアカリキュラムで積分の応用に分類されている項目も2年生で全て学習する予定と発表したが、実際の授業では無理をせず、学習範囲を積分の基礎までに留めて（進度を抑えて）、その代わりに、微積の計算練習を増やして基礎の充実に努めた。

このような学習内容の改良により、平成28年度では、1年生には使い易い検定教科書で基礎数学分野を学んでもらい、2年生の前期中間までに基礎数学を全て済ませて、2年生終了時には微分積分の基礎まで、線形代数では平面ベクトルを完了し、3年生は微分積分の応用から偏微分と重積分まで、線形代数については行列の基礎と行列の対角化まで学習し終わられる予定である。

このとき、検定教科書と高専用教科書との接続の不具合は最小限に抑えられているが、それでもカバーしきれない一部の項目が出てくるため、全ての学習範囲を網羅するならば、更に教科書を購入する必要が出てくる。しかし、その一部の項目のために新たな教科書を購入するのは学生に申し訳ないため、27年度2年生については同時購入している参考書を代用させてもらった。28年度のシラバスでは、このようなことが起こらぬよう、2年生で学習するいくつかの項目の学習時期を早めて、1年生の基礎数学Ⅰおよび基礎数学Ⅱの最後の時期に組み込んだ。

ここまでの改良により、教科書の接続の不具合はかなり解消できていて、少なくとも、教科書のかなり先の内容を突然やって、また教科書の前の項目に戻ることを繰り返すような、教科書の流れを無視した授業進行はかなり解消することができている。

以上のような年度毎の改善状況を記した表1を文末に添付しておく。なお、この表1は平成27年12月に実施した理数科目と専門学科との連携を図る会議で提示した資料を一部修正したものとなっている。今回の改良によって、授業進度は統合時のカリキュラムよりも速くなっているが、それでも統合前のペースより遅く、全国の大多数の高専と比較するならば更に遅いペースではある。

## 5. 今後のカリキュラムについて

詫間キャンパスの数学科は常勤3名と非常勤2名の体制により、1年必修6単位、2年必修6単位、3年必修6単位、4年選択2単位、5年選択1単位、専攻科選択2単位の授業を賄っている。確率統計および、ベクトル解析、ラプラス変換、フーリエ解析は専門学科による応用数学等で学習する。数学科による、4年生の数学概論ⅠおよびⅡ、5年生の数学概論Ⅲは選択科目であるが、履修しない学生が実際のところ少なからずいるので、詫間キャンパスにおいて数学のカリキュラムを考える場合には、1年生から3年生までの必修科目の範囲の中で、ある程度の項目が完結できるようカリキュラムを組むのが理想であろう。教員および学生の状況など諸事情を考えると現実には難しいが、確率・統計を除くモデルコアカリキュラム（案）の全項目を3年生までの数学の必修科目において学習できるよう目指して、今後もカリキュラムの改良を続けたい。

## 6. おわりに

統合時のカリキュラムはそのままでは詫間キャンパスに合わない部分があったので、詫間キャンパスの事情に馴染むものへと少しずつ修正を重ねてきた。授業進度を早めた所があるので、その点については学生にとって負担になったと思われるが、不評であった授業進行はかなり分かり易いものになったはずである。また、進度を早めた分、定着度低下が心配される所であるが、その間の学習到達度試験の結果を見ると、全国平均を100パーセントとした比較において数ポイントずつであるが向上し続けていて学力は維持できている。

ここ数年詫間キャンパス数学科が取り組んでいる学習内容の改良はある程度順調に進んでいると言える。この間、モデルコアカリキュラムや、高専7年化、学科再編など、先行きの定まらない話が舞い込んできてはいるが、今後も更なる改良に取り組んで行きたい。

### 参考文献

- 1) 上原成功, 高橋宏明, 田上隆徳: 低学年における効率的な演習を取り入れた数学教育 O A機器を用いたマーク式テストの導入, 論文集「高専教育」, 第35号 (2012)

- 2) 高橋宏明，田口淳，佐藤文敏，上原成功，宇野光範：  
高学年の学生による補習指導補助 香川高専高松キャンパスにおける「特別補習」での試みと成果，論文集「高専教育」，第 37 号 (2014)
- 3) 上原成功，鎌田弘：数学演習の授業報告とその成果について，香川高専研究紀要，第 1 号 (2009)

表1. 平成25・26・27・28年度の数学科授業における学習項目進度の変遷

凡例：  
 ■は、院間電波または高松高専時代の、高専用教科書使用による学習学年を表す。  
 ○は、香川高専合併後、検定教科書導入による学習学年を表す。平成25年度まではこの進度で授業した。  
 ○は、平成26年度から(授業進度を早められて)下の学年で学習することになったことを表す。  
 27, 28も同様に、平成27, 28年度から(授業進度を早められて)下の学年で学習することになったことを表す。

モデルコアカリキュラム が指定する学習内容	モデルコアカリキュラム にない学習内容	学習の 有無	学習内容の到達目標	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生
数と式の計算		○	整式の加減乗除の計算ができる。	○				
		○	公式等を利用して因数分解ができる。	○				
		○	分数式の加減乗除の計算ができる。	○				
		○	実数・絶対値の意味を理解し、絶対値の基本的な計算ができる。	○				
		○	平方根の基本的な計算ができる(分母の有理化も含む)。	○				
		○	複素数の相等を理解し、その加減乗除の計算ができる。	○				
		○		○				
		○		○				
		○		○				
		○		○				
集合と論証	3次式の展開因数分解 式と証明	○		○				
		○		○				
方程式 不等式		○	2次方程式を解くことができる(解の公式も含む)。	○				
		○	因数分解を利用して、基本的な高次方程式を解くことができる。	○				
		○	基本的な連立方程式を解くことができる。具体的には、1次式と2次式の連立方程式	○				
		○	基本的な無理方程式・分数方程式を解くことができる。	○				
		○	基本的な1次不等式を解くことができる。	○				
		○	1元連立1次不等式を解くことができる。	○				
関数とグラフ	相加相乗平均の関係式	○	基本的な2次不等式を解くことができる。	○				
		○	恒等式と方程式の違いを理解している。	○				
指数関数 対数関数		○	2次関数の性質を理解し、グラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	○				
		○	分数関数の性質を理解し、グラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	28	○			
		○	基本的な関数の逆関数を求め、そのグラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	28	○			
		○	無理関数の性質を理解し、グラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	28	○			
		○	関数のグラフと座標軸との共有点を求めることができる。	○				
		○	素乗根の意味を理解し、指数法則を拡張し、計算に利用することができる。	○				
常用対数		○	指数関数の性質を理解し、グラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	○				
		○	指数関数を含む基本的な方程式を解くことができる。	○				
		○	対数を利用した計算ができる。	○				
		○	対数関数の性質を理解し、グラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	○				
三角関数		○	対数関数を含む基本的な方程式を解くことができる。	○				
		○	三角比を理解し、三角関数表を用いて三角比を求めることができる。一般角の三角	○				
		○	角を弧度法で表現することができる。	○				
		○	三角関数の性質を理解し、グラフをかき、最大値・最小値を求めることができ	○				
正弦定理余弦定理		○	加法定理および加法定理から導出される公式等を使うことができる。	○				
		○	三角関数を含む基本的な方程式を解くことができる。	○				
		○		○				
		○		○				
図形と式		○	2点間の距離を求めることができる。	○				
		○	内分点の座標を求めることができる。	○				
		○	通る点や傾きから直線の方程式を求めることができる。	○				
		○	2つの直線の平行・垂直条件を理解している。	○				
平面幾何 軌跡と領域		○	基本的な円の方程式を求めることができる。	○				
		○		○				
場合の数		○	積の法則と和の法則の違いを理解している。	○				
		○	順列・組合せの基本的な計算ができる。	○				
二項定理		○		○				
		○		○				
数列		○	等差数列・等比数列の一般項やその和を求めることができる。	○				
		○	総和記号を用いた基本的な数列の和を計算することができる。	○				
漸化式・数学的帰納法		○	いろいろな数列の極限を求めることができる(不定形の意味も理解している)。	○				
		○	無限等比級数等の基本的な級数の収束・発散を調べ、その和を求めることができる	○				
ベクトル		○	ベクトルの定義を理解し、ベクトルの基本的な計算(和・差・数乗)ができ、大きさを	○				
		○	平面および空間ベクトルの成分表示ができ、基本的な計算ができる。	○				
		○	平面および空間ベクトルの内積を求めることができる。	○				
		○	ベクトルの平行・垂直条件を利用することができる。	○				
行列		○	空間内の直線・平面・球の方程式を求めることができる(必要に応じてベクトル方	○				
		○	行列の定義を理解している。	○				
		○	行列の和・差・数との積の計算ができる。	○				
		○	行列の積の計算ができる。	○				
消去法 n次行列の逆行列 連立1次方程式		○	逆行列の定義を理解し、2次の正方行列の逆行列を求めることができる。	○				
		○	行列式の定義および性質を理解し、基本的な行列式の値を求めることができる。	○				
線形変換 固有値問題・対角化 ベクトル空間		○		○				
		○		○				
微分法		○	線形変換の定義を理解している。	○				
		○	合成変換と逆変換を求めることができる。	○				
		○	平面内の回転を表す線形変換を求めることができる。	○				
		○		○				
微分法の応用		○	いろいろな関数の極限を求めることができる。	○				
		○	微分係数の意味を理解し、求めることができる。	○				
		○	導関数の定義を理解している。	○				
		○	積・商の導関数の公式を使うことができる。	○				
		○	合成関数の導関数を求めることができる。	○				
		○	三角関数・指数関数・対数関数の導関数を求めることができる。	○				
積分法		○	逆三角関数を利用して、逆三角関数の導関数を求めることができる。	○				
		○	関数の増減表をかいて、極値を求め、グラフの概形をかき、最大値・最小値を	27	○			
		○	関数の最大値・最小値を求めることができる。	27	○			
		○	基本的な関数の接線の方程式を求めることができる。	27	○			
積分法の応用		○	2次以上の導関数を求めることができる。	○				
		○	関数の媒介変数表示を理解し、その導関数を計算できる。	○				
		○	不定積分の定義を理解している。	26	○			
		○	置換積分および部分積分を用いて、不定積分を求めることができる。	26	○			
		○	定積分の定義を理解している(区分求積法)。	26	○			
		○	微積分の基本定理を理解している。	26	○			
偏微分		○	定積分の基本的な計算ができる。	○				
		○	置換積分および部分積分を用いて、定積分を求めることができる。	27	○			
		○	分数関数・無理関数・三角関数・指数関数・対数関数の不定積分・定積分の計算が	26	○			
		○	基本的な曲線で囲まれた図形の面積を求めることができる。	26	○			
重積分		○	いろいろな曲線の長さを求めることができる。	○				
		○	基本的な立体の体積を求めることができる。	27	○			
		○	2変数関数の定義域がグラフを理解している。	○				
		○	いろいろな関数の偏導関数を求めることができる。	○				
微分方程式		○	合成関数の偏微分法を利用した計算ができる。	○				
		○	いろいろな関数について、2次までの偏導関数を計算できる。	○				
		○	基本的な関数について、2次までの偏導関数を計算できる。	○				
		○	偏導関数を用いて、基本的な2変数関数の極値を求めることができる。	○				
確率・統計	複素関数論	○	数値	2重積分の定義を理解している。	○			
		○	数値	2重積分を累次積分にわたって計算することができる。	28	○		
一般変数変換ヤコビアン		○	数値	2重積分を累次積分にわたって計算することができる。	28	○		
		○	数値	極座標に変換することによって2重積分を計算することができる。	28	○		
		○	数値	2重積分を用いて、基本的な立体の体積を求めることができる。	28	○		
		○	数値	2重積分を用いて、基本的な立体の体積を求めることができる。	28	○		
複素関数論		○	微分方程式の意味を理解している。	○				
		○	基本的な変数変換の微分方程式を解くことができる。	○				
確率・統計		○	基本的な1階線形微分方程式を解くことができる。	○				
		○	定数係数2階線形微分方程式を解くことができる。	○				
確率・統計		○	数値	いろいろな確率を求めることができる。余事象の確率、確率の加法定理、排反事象	○			
		○	数値	条件付き確率を求めることができる。確率の乗法定理、独立事象の確率を理解して	○			
		○	数値	1次元および2次元のデータを整理して、平均・分散・標準偏差・相関係数・回帰曲線	○			