

高専4年次編入学生に対する数学教育の現状と対策

著者	有末 宏明, 片山 登場, 松野 高典, 稗田 吉成, 佐藤 修, 佐々木 哲夫, 檜崎 亮
引用	大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, 2013, 47, p.29-32
URL	http://doi.org/10.24729/00007560

高専4年次編入学生に対する数学教育の現状と対策

有末宏明*, 片山登揚**, 松野高典***, 稗田吉成***, 佐藤修***, 佐々木哲夫***, 檜崎亮***

Mathematics Education for the Transfer Admitted Students to the Fourth Grade of OPUCT

Hiroaki ARISUE*, Noriaki KATAYAMA**, Takanori MATSUNO***, Yoshimasa HIEDA***, Osamu SATO***, Tetsuo SASAKI***, and Ryo NARASAKI***

要旨

大阪府立大学高専4年次編入生が受けてきた数学教育の現状を把握するために、工科高校への聴き取り調査、編入生へのアンケート調査、編入生を担当する専門科目教員へのアンケート、近隣高専の取組状況の調査を実施した。そのデータを分析する。また分析結果に基づいて編入生の数学対策のための教科書を編纂した。その内容を紹介する。

キーワード: 高専, 4年次編入, 数学教育, 教科書

1. はじめに

大阪府立大学工業高等専門学校(以下、府大高専)では本科5年間の課程の4年次に毎年10数名程度の編入生を工科高校や工業高校等(以下、工科高校と総称)から受け入れている。

平成24年度に、数学、応用数学、物理を担当する教員が中心になり、4年次編入生の数学教育について、現状の調査と分析を行った。まず、工科高校の数学教育の実情を知るために、大阪府内の工科高校の数学カリキュラムの調査とあわせて、府大高専に在学中の編入生に工科高校で受けた数学教育についてアンケート調査を行った。さらに府大高専の専門科目教員に、担当する科目で編入生の数学的能力にどのような問題があるかをアンケート形式で訊ねた。また、主に近畿地区の各高専が編入生の数学教育についてどのような対策をとっているかを調査した。それらの結果を踏まえて、『高等専門学校4年生への基礎数学』と題する編入生のための教科書を編纂した。

以下では、これらの調査研究の結果および分析と編纂した教科書の内容について報告する。

2. 高専編入生の数学教育の課題

高専は15歳から20歳までの5年間で大学工学部卒業と同程度の能力を持った工学技術者を養成することを目指している。その教育課程は、専門科目がくさび形に配置され、1年から5年にかけて学年が上がるほどその割合が大きくなっている。このため、3年次から4年次の始めでも大学低学年の数学の知識が要求される。このため、高校から大学工学部へと進む場合と比較したとき、大学で初めて学習する項目の相当の部分を高専では3年次で先取りしてカリキュラムに組み込んでいる。この先取り学習の具体的な内容は以下のとおりである。

- ・テラー展開
- ・偏微分
- ・重積分
- ・常微分方程式
- ・行列式、行列の固有値と固有ベクトル

これらの項目に高専の3年次の数学で当てている時間は正規の授業だけで合計100時間に及ぶ。

工科高校から高専への編入学生が抱えるもう一つの重要な問題がある。

高校の数学の科目は以下のとおりである。

- 数学I：方程式と不等式、二次関数、図形と計量
- 数学II：式と証明・高次方程式、図形と方程式、
いろいろな関数、微分・積分の考え
- 数学III：極限、微分法、積分法
- 数学A：平面図形、集合と論理、場合の数と確率
- 数学B：数列、ベクトル、統計とコンピュータ、
数値計算とコンピュータ
- 数学C：行列とその応用、式と曲線、
確率分布、統計処理

2013年8月19日受理

* 総合工学システム学科 機械システムコース

(Dept. of Technological Systems : Mechanical Systems Course)

** メカトロニクスコース (Mechatronics Course)

*** 一般科目 (Natural Science)

これらの全科目の履修および修得が、高専編入の 4 年次以降に学ぶ数学(および専門科目)の前提となっている。ところが多くの工科高校では数学Ⅲと数学 C が必修科目に含まれていない。さらに数学Ⅱや数学 A, B の内容でさえも選択科目の扱いとなっているケースが多い。

府大高専の 3 年次までの数学のカリキュラムと編入生の 4 年編入時の数学的能力とのこのような大きなギャップを埋めることは、編入生個人の努力なしには実現しないが、そのための支援体制を整えることについては編入生を受け入れる高専として責任がある。

3. 従来の編入生の数学指導

府大高専では編入生の数学教育について、これまでは以下のような対策を行ってきた。

まず、編入学試験の合格者登校日(8月)に、府大高専の 1 年から 3 年の数学の教科書¹⁾を紹介し、編入学前の春休みまでにできるだけ目を通し、学んでいない分野については高校の数学の先生等に援助を仰ぎながら、自分で学習しておくように勧めてきた。

編入学前の春休み期間では 4 月からの学習にスムーズに入っていけるように、微分積分学の計算問題を宿題として課している。提出は、4 月の入学式の翌日としており添削・採点后、答案の書き方を含めての注意とともに返却している。学生には高校のとき許された書き方でなく、論証の大切さを解らせるようにしている。4 年次の科目「一般課題学習」(30 時間 1 単位、5 つの並列科目から 1 科目を選択)に「数学 B」という科目を設け、編入生は必ずこの科目を選択するように指導している。「数学 B」の内容は「空間のベクトル・微分積分・1 階微分方程式・偏導関数・重積分の基礎知識を学ぶ」となっており、微分積分の分野を中心に、府大高専の 1 年から 3 年の数学の基本事項を復習し演習を行う科目である。

2 つ目は、上記の数学 B の授業ではカバーできていない分野について、数学、応用数学、物理の担当教員が放課後に行う補習で、今年度は以下のテーマについて実施した。

- ・ 2 階常微分方程式 (4 時間)
- ・ テーラー展開 (2 時間)
- ・ 数列, 級数, 数学的帰納法 (2 時間)
- ・ 行列と行列式 (4 時間)
- ・ 複素数 (4 時間)

4. 工科高校における数学の履修科目と内容

府大高専への編入学実績の高い工科高校 5 校については直接訪問して、また 1 校についてはホームページ上の情報から、数学のカリキュラム内容を調査した。

工科高校では、数学 I, II は各校とも必修となっているが、府大高専への編入学実績の高いある工科高校で、数学 II の内容のうち三角関数は教えず指数関数と対数関数も値の計算ができるようにするだけで関数の性質は詳しく教えていないところが 1 校あった。数学Ⅲについては必修となっているのは 1 校のみで、他校は選択科目となっている。

また、数学 A は必修が 2 校、選択が 3 校、開講せずが 1 校で、数学 B は必修が 1 校、選択が 5 校であった。数学 C については、必修が 1 校で他校は開講していない。

選択科目となっている場合も多数の教科から 1 科目を選択するケースがかなり見うけられ、府大高専編入生が確実に選択できているとはいえない状況と推察される。数学Ⅲで学習する三角関数の微積分・部分積分や数学 B で学習するベクトルについては、高校で十分に学習できていない編入生が大半である可能性が高い。数学 C で学習する行列については 1 校を除いて全く学習していない。

また府大高専の物質化学コースでは工科高校以外の高校からの編入も認めているが、編入実績がある工科系以外のある高校ではカリキュラム表には数学 I と、数学 II の半分だけが必修で、他の科目は選択でも開講されていない。

このように、編入生が学んだ高校の数学のカリキュラムにおいては、高専が期待している数学 I, II, III, 数学 A, B, C の全てを履修していることを期待できるのはほんの一部の学校で、多くの学校では数学Ⅲ, 数学 A, B が選択となっており、数学 C はほとんど開講されていない。一部には、数学 I と数学 II の半分しか学んでいない高校もある。

なお、工科高校を訪問して数学や進路指導の先生方と懇談することで分かったことが他にもいくつかある。

まず、工科高校側が高専編入予定者にどのような支援をすることができるかについては以下の意見や情報があった。

- ・ 高専が編入前に宿題や課題を出せば編入予定者からの質問に対応することはできる。
- ・ 特定の項目(例えばベクトル)について補習あるいは個別指導をしている。
- ・ 編入予定者が初めての内容を一から補習するのは難しい。
- ・ 図書館に教科書『高専の数学』¹⁾を置いている。
- ・ 大学進学予定者に工科高校校長会が数物英について 10 日間×4 時間の勉強会を開いている(持ち回り)。

また、工科高校側から府大高専へ以下のような要望も出

されている。

- ・事前課題の解答を予め送付してもらえると助かる。
- ・事前課題をもっと沢山与えてもらったほうがよい。
- ・春休みに数学の事前指導をしてもらえると有難い。
- ・数学Ⅲの履修を受験の条件にした方がよいのではないか。

高校での選択科目を含めた数学の履修状況については編入生に個別に訊ねるのが有効な調査方法である。平成24年度に府大高専に在籍する編入生にアンケートを実施し17名から回答を得た。結果は以下のとおりであった。

まず、前節で述べた、通常は大学で初めて学ぶ内容を高専では3年次に前倒して学ぶ項目について述べる。この項目については予想どおり、「編入時には知らなかった」と答えた学生が17名のうち、項目により9～15名と大半を占めた(偏微分10名、テーラー展開13名、固有値・固有ベクトル14名等)。一方で「高校の補習で習った」と答えた学生が項目により0～5名と相当数おり、送り出す高校の先生方にも努力いただいていることが分かる(偏微分5名、微分方程式3名、テーラー展開0名、固有値・固有ベクトル0名等)。また編入生が「自分で勉強した」と答えたケースも1～3名おり、編入生自身も努力していることがうかがえる(偏微分2名、テーラー展開2名、固有値・固有ベクトル3名等)。

次に、高校のカリキュラムで履修していることが期待される項目について述べる。

数学Ⅱはほとんどの編入生が履修しているが、その内容である三角関数・指数関数・対数関数を「高校の補習で習った」「自分で勉強した」「知らなかった」者が計4名、無理関数についても同じく計4名いた。数学Ⅲの内容である部分積分については同じく計6名、回転体の体積の求め方については同じく計10名いた。数学Ⅲの高校での履修率はおおよそ半分程度であることが推察される。また、数学Aの内容である組合せ・二項定理については履修率がおおよそ3分の2程度、数学Bの内容であるベクトルと図形についても履修率がおおよそ3分の2程度と推察される。数学Cの内容である行列については、逆行列、行列式を高校で習った者がそれぞれ9名、10名(補習は含まない)となっており、数学Cを開講していない高校がほとんどであることとは整合していない。

以上、高校での数学の各科目の開講状況と府大高専在校中の編入生へのアンケート結果から、数学C、数学Ⅲについては授業での未履修率が半分あるいはそれ以上、数学Aと数学Bについては未履修率が3分の1程度と推察される。高校での補習や編入生の独学のおかげで、その内容が全く初めてだという割合はこれよりも低くなっているものの、一定の支援が必要なが示された。

5. 専門科目担当教員から見た編入生の数学的能力

次に、府大高専で実際に専門科目を担当する専門コースの教員に、編入学生は数学のどの項目が弱いと感じられるかを問うアンケートを行った。専門科目担当教員50名にアンケートを配り25名から回答を得た。回答のうち専門科目を学ぶ上で理解できていないと判断された割合が多かった項目は以下のとおりである。

- ・微分方程式(1階および2階の微分方程式)：44%
- ・関数の微分法(三角関数、指数関数の微分法、合成関数の微分法など)：32%
- ・関数の積分法(三角関数、指数関数の積分法、部分積分法、重積分等)：32%
- ・ベクトルの扱い(和、差、内積、有向線分としての幾何ベクトル)：28%
- ・行列の扱い(行列計算、和、差、積、逆行列、行列の役目)：28%

アンケートでは同時に、編入学後に4年次の応用数学²⁾で学ぶ内容であるベクトル関数の微積分、ラプラス変換の基礎、フーリエ解析の基礎についても質問しているが、専門科目を学ぶ上で理解できていないとする回答の割合はそれぞれについて24%、28%、24%であった。

この結果より、専門でよく用いられる項目の中では微積分、とりわけ微分方程式の理解が不十分であること、またそれ以外にベクトルや行列の扱いについても十分に習熟しているとはいえないことが分かった。

アンケートでは自由記述も依頼したが、以下のような意見が寄せられた。

- ・学校間格差が大きい。同様に個人差が大きい。
- ・微分方程式が弱いと感じる。
- ・内部進学生の方が学習意欲が弱く、編入学生は入学後意欲があるので、最終的には内部進学生よりよく数学を理解している。
- ・計算能力が内部進学生、編入学生ともに弱い。
- ・入学後の補講の成果が現れていると思う。
- ・近年工科高校において、三角関数の微積分に力を入れていると、編入生に対する聞き取りで聞いている。

6. 他高専の編入生への数学支援の現状

府大高専の編入生に対する数学の学習支援の取組を発展させる上で、他高専の取組状況を知ることは有意義である。主に近畿圏内の高専を対象に、訪問するかメールなどの手段で編入学生に対する数学指導について聞き取り調査を行った。この結果をまとめておく。

編入学試験の形態は、近畿圏では学力のみで、6 月から 7 月に実施している高専が多い。普通科高校も編入学募集対象としているが、実際の受験は無いが、少ないところが多い。志願者数と合格者数の推移は各校において状況が異なり、高専への編入という括りでは傾向を読むことは難しい。

編入学前の編入学生への指導は各高専により、さらには各学科により対応が異なる。数学については高専での学習内容を紹介することも含め、教科書を紹介し、自学自習をさせるところが多く、特別な指導はしていないところが多い。中には所属高校教員のサポートを依頼している高専もある。

入学後の指導については、補講や授業として指導しているところが多い。中には数学、英語、国語で編入学生みみのクラスを編成している高専もある。

工科高校と高専の連携については、都道府県教育委員会や工業高校校長会を通じて連携しているケースが目をつけた。中には指定校推薦の形で連携しているところもある。また、中学校訪問と同様に編入学実績のある高校を訪問したり、卒業後の進路（高専での成長の報告）を伝えている高専もある。

その他、数学教育に限らず、編入学生の指導上特筆すべき事項として以下のことを挙げることができる。

- ・編入学生一人に専攻科生を一人ずつサポート係として付けている高専がある。
- ・編入学前に指導する教員と編入学後の受講科目の担当教員を同一人物としている高専がある。
- ・編入学後の 5 月に 3 者面談を実施し、その後の指導に活かしている高専がある。
- ・国立高専では 100% の編入生が入寮するので寮におけるサポートが大きいようである。

7. 編入生用の数学基礎の教科書の編纂

4 節から 6 節までに述べた調査・分析の結果をふまえ、編入生のための数学の教科書としてどのようなものが適切かを検討した。その結果、次の 14 章からなる 105 ページの教科書『高等専門学校 4 年生への基礎数学』を作成した。各章には演習問題も盛り込まれている。

- 1 章. 数列と級数
- 2 章. 数学的帰納法
- 3 章. 場合の数・順列・組み合わせ
- 4 章. 行列と行列式
- 5 章. 三角関数
- 6 章. 指数関数と対数関数
- 7 章. 極限
- 8 章. 微分法

9 章. 積分法

- 10 章. 微分方程式
- 11 章. テーラー展開
- 12 章. 偏微分
- 13 章. 重積分
- 14 章. 複素数

微分方程式、テーラー展開、偏微分、重積分の各章は、通常は大学で学ぶものを高専では 3 年次に教えている内容である。これら以外の章でも、同じく大学の数学を高専では 3 年次に教えている内容として、以下の項目を取り入れている。

- ・級数（数列と級数の章）
- ・写像（場合の数・順列・組合せの章）
- ・固有値と固有ベクトル（行列と行列式の章）
- ・ロピタルの定理（極限の章）
- ・極表示、オイラーの公式（複素数の章）

また、微分法の章では、微分係数の図形的意味についても解説している。この項目は高校の数学Ⅱで取り扱っているはずであるが、編入生の理解度が低いのでとくに取り入れている。

本来取り入れるべき項目であるにもかかわらず含まれていないものもある。そのうち最も大きな項目はベクトルである。そのほかに積分の分野で区分求積法および定積分の応用としての立体の体積計算は取り入れておくべきである。

なお、この教科書の 1 つの特徴として、演習問題のあとに空白部分を設け、その部分に自らの演習結果を書き込むことができることを挙げることができる。

この教科書は平成 25 年度より、入学前期間の自習書として 8 月に編入学試験合格者に配布するとともに、編入学後の編入生向けの授業「数学 B」の教科書として、さらに編入学後の補講授業にも活用している。

8. まとめ

編入生が高校で受けた数学のカリキュラムと内部進学生が 3 年生までに受けている数学のカリキュラムのギャップを埋めるために編入生に対して行っている学習支援をより効果的なものとするために、各種の調査を行い分析した。またその結果を取り入れた編入生用の数学の教科書を編纂し、平成 25 年度より活用を始めた。

参考文献

- 1) 田代嘉宏 他；新編 高専への数学 1, 2, 3 森北出版 (2010)
- 2) 有末宏明 他；わかりやすい応用数学, コロナ社 (2010)