高専電気系学科における 専門学科教員による低学年からの数学授業

Mathematics Class from the First Year by Electrical Engineering Subject Teachers
in Electrical Department of College of Technology

徳田 将 敏^{※1}
Masatoshi TOKUDA

藤 本 晶^{※1}
Akira FUJIMOTO

森 徹^{※1}
Tohru MORI

佐久間 敏 幸^{※1}
Toshiyuki SAKUMA

Electrical engineering staff has been teaching mathematics to electrical engineering students at Wakayama National College of Technology (WNCT) since 2007. Effect of the mathematics classes by specialty staffs was evaluated by using the results of the mathematics placement test of Institute of National College of Technology. The results of the tests are compared with average result of other National Colleges of Technology and other departments of WNCT. The results show that the mathematical ability of electrical engineering students has improved with the increase in ratio of mathematics classes taught by the electrical engineering staff. It should seem that these good results were achieved by eagerness and strong motivation of the electrical department staff to improve the ability of their department's students. In this paper, the reasons for the improvement are discussed and the unique class of mathematics for college of technology is also introduced.

Keywords : Engineering Education, Engineer Education, Mathematics Class, Electrical and Computer Engineering Division, Electrical and Computer Engineering Staff

キーワード : 工学教育, 技術者教育, 数学授業, 電気情報工学科, 電気情報工学科教員

1. はじめに

高等専門学校は実践的技術者の養成を目的として設立された学校で, (1)早期からの技術者教育, (2)十代後半の5年一貫教育, (3)卒業者(進学者を含む)のほぼ全員が将来は技術者として就職という特徴を持っている。すなわち, 卒業後の進路が明確であるため, 教育内容も目的に沿ったものに重点を置くことができる。

したがって, 高専関係者には学生に対して卒業までの5年間という限られた期間内に, 技術者として必要な知識や技能を身につけさせることが求められる。そのため高専教員には授業内容を精査し, 学生が所属する学科に必要な事柄とそうで無い事柄とを考慮し, 効率良く授業をすることが要求される。

電気情報工学科においても, 学生が将来電気情報工学のエンジニアとして活躍していけるように, 必要な電気情報工学の基礎学力を徹底的に身につけさせる必要がある。一般的に専門科目の授業内容は, 卒業後にどのように役立つかを示しやすく, 学生に興味を持たせやすいが, 低学年の一般科目では, その関係を示す

ことが困難である。低学年で学ぶ一般科目の中で, 数学はすべての専門科目の基礎であり, 特に電気情報工学を学ぶためには大変重要な科目であるため, 専門科目を理解する為の手段として, 内容を理解させ, 修得させる必要がある。そこで電気情報工学科では, 学生に電磁気や電気回路等の専門科目に必要な数学内容に興味を持たせ, 効率的に基礎学力を身に付けさせるための検討を進めてきた¹⁾。

内容の検討と平行して, それまで一般科目の数学教員が担当してきた授業を, 徐々に電気情報工学科の専門教員が担当する試みを2004年度から始め, 2007年度からは電気情報工学科の必修であるすべての数学授業を専門教員が担当するようになり, 今日に至っている。またこの取り組みは, 平成18年度の国立高専機構の特別教育研究経費事業の支援の下で, 28高専1大学計41名の教員と協力して1年間の検討を行っている²⁾。本稿では, これらの取り組みと, これまでに得られた結果の概要を報告する。

2. 数学授業改善にむけての検討

前述の背景のもと, 2002年度から一般科目教員と電気情報工学科教員でワーキンググループ(WG)を作

2013年1月28日受付
※1 和歌山高等専門学校

り、専門科目に必要な数学知識の精査や到達目標の検討を開始した。まず、電気情報工学の基礎科目である電気磁気学や電気回路、情報通信の内容とその履修に必要なとされる数学の知識の関連性について整理した。電気回路の結果整理例を表1に示す。

同時に専門科目と数学の履修時期の整合性について検討を加えた。専門科目の履修に必要な数学と、数学の進度の整合がとれていれば、学生は数学で習った内容を専門ですぐに活かすことができ、理解を深めることができる。表2に専門科目の履修時期と数学の履修時期を比較した結果の一例を示す。

3. 改善策と実施

これまで和高专電気情報工学科の数学の授業は分野により「数学 α 」、「数学 β 」、「電気数学」、「応用数学」、「信号処理基礎」の科目に分かれていたが、WGでの検討の結果、(1)学科によらず、卒業生が身につけておくべき内容を集めた「基礎数学」(必修)、(2)専門科目と結びついた「数学」(必修)、(3)大学進学者向けの「数学特論」(選択)の3つに整理した。「信号処理基礎」と「応用数学」はより専門性を深めた専門科目「確率・統計」、「応用数学」とした。この様子を表3に示す。この検討結果は、前述の特別教育研究経費事業の中でも、他高专の関係者とともに更なる検討を加えている²⁾。

表1 電気回路の履修に必要な数学の内容

数学関連事項	電気回路論の履修項目	数学の到達目標
第1学年		
連立方程式の解法、(クラメルの公式)	直流回路網(直流電源および等価回路、オームの法則、抵抗の直列および並列接続、分圧、分流、直並列回路、Y- Δ 変換、キルヒホッフの法則、キルヒホッフ則の適用、網目電流法)、直流回路網の諸定理、鳳-テブナンの定理の応用法、ノートンの定理、諸定理の総合演習	(1)連立方程式の解法(キルヒホッフの法則を用いて回路網解析を行う際、3変数までの連立方程式を解ける。) (2)Y- Δ 変換をする際に連立方程式を解ける。 (3)網目電流法で回路解析をする際、連立方程式を解く。 (4)クラメルの公式(回路解法の際、用いる公式、結果を用いるのみであり、公式の導出は必要ではない。あるいは、ここでは、クラメルの公式をまったく省略してもよい。)
第2学年		
三角関数、ベクトル、複素数、(微分、積分)	正弦波交流(正弦波のフェーザ表示、回路要素の性質とフェーザ表示、正弦波の複素数表示、回路要素の複素数表示、回路要素の接続、フェーザ表示と極座標表示、回路計算の基本、並列接続、インピーダンスとアドミタンスの接続)、2端子回路(インピーダンスの直列接続、インピーダンスとアドミタンスの直列接続、アドミタンスの並列接続、インピーダンスの並列接続)	(1)三角関数の計算(三角関数のグラフを理解できる。) (2)平面上ベクトルの演算(矢印、成分表示を用いたベクトルの和が計算できる。) (3)複素数(複素数の位相表示がわかる。複素平面上の複素数の演算ができる。) (4)微分(三角関数の微分の意味がわかる。) (5)積分(ここで、実効値を学ぶ際には、三角関数の積分の方法を知る必要はないが、その意味がわかればよい。⇒数学で三角関数の積分を学ぶ際に、計算方法をマスターする。) (6)ベクトルの演算(作図、成分表示のベクトルの和、差の計算が出来る。) (7)複素数(複素数の和、積が直交および極座標表示を使って計算できる。)

表2 電気工学科における数学と専門科目との連携図

年	電気磁気学	年	数学 α	年	数学 β	年	電気数学	年	電気回路論
		1	数学Ⅰ α (3)	1	数学Ⅰ β (3)	1	電気数学Ⅰ(1)	1	基礎電気回路論(2)
		前期	方程式	前期	整式の計算	前期	数と数式	前期	基礎電気量
			不等式		実数と平方根		連立方程式		回路要素
					関数とグラフ		ベクトル		直流回路網
		後期	図形と式	後期	指数関数	後期	複素数	後期	直流回路網の諸定理
			三角関数		対数関数		三角関数		直流回路網の総合演習
					図形と式				
2	基礎電気磁気学(1)	2	数学Ⅱ α (4)	2	数学Ⅱ β (2)	2	電気数学Ⅱ(1)	2	電気回路論(2)
前期	静電界	前期	微分法	前期	平面上のベクトル	前期	微分	前期	正弦波交流
	静磁界				行列		級数展開		回路要素の接続
					行列式		積分		
後期	変位電流	後期	微分法の応用	後期	一次変換	後期	行列・行列式	後期	2端子回路
	電磁誘導の法則		積分		数列		微分方程式		交流回路の諸定理
					場合の数				
					確率				

表3 検討前後の数学系科目比較

変更前	変更後	区 分	内 容
数学 α	基礎数学	一般	必修 基礎教養的な内容を中心、 専門理解に必要な数学、 主に進学者を対象、
数学 β	数学		
電気数学	数学特論		
応用数学	確率・統計	専門	必修 確率と統計、 フーリエ、ラプラス変換、
信号処理基礎	応用数学		

表4 一般科目教員と専門科目教員の数学授業比率の推移

年度	1 年		2 年		3 年	
	基礎数学		数 学		数 学	
	一般科目	電情教員	一般科目	電情教員	一般科目	電情教員
2003	100%	0%	100%	0%	100%	0%
2004	67%	33%	100%	0%	100%	0%
2005	67%	33%	67%	33%	100%	0%
2006	67%	33%	67%	33%	67%	33%
2007	0%	100%	0%	100%	0%	100%
2008	0%	100%	0%	100%	0%	100%
2009	0%	100%	0%	100%	0%	100%
2010	0%	100%	0%	100%	0%	100%
2011	0%	100%	0%	100%	0%	100%

図1 鉄鋼業で溶けた銑鉄を運搬するトーチカー³⁾ 図2 トーチカーの断面図⁴⁾

学科別入試を経て本校に入学する学生には、専門に強い興味を持っている者が少なくない。そのため、数学を専門科目の内容と関連付けて教えることで、学生の理解度の向上を図った。すなわち、数学は独立したものではなく、専門を学ぶ上での基礎であることを示すことにより、学生の身に付く数学につながるものと考えた。

数学と専門科目との内容を関連付けて教え易いように、専門教員が数学の授業を分担するようにし、専門教員の担当比率を学年進行で徐々に増やした(表4)。

専門教員が数学を教えることで、特段意識しなくても数学を専門科目の内容と関連付けて教えられると期待したからである。例えば、積分の回転体の体積を求める单元では、鉄鋼業において高炉でつくられた銑鉄を鋼に精錬する製鋼工場の転炉に運搬する際に、ラグビーボールを大きくしたような形状のトーチカー(図1:写真, 図2:断面図)が用いられるが、その中に注入される溶けた銑鉄の量が企業では重要であり、

溶けた銑鉄の高さ方向のレベルと体積の関係が鉄鋼業では使われるという説明をし、実際に計算を行うなど実際の企業で活用されていることを取り入れて、学生に興味を持たせるような工夫をしている。この方針に従い、数学教員1名を新規に補充する機会に、電気工学が専門の教員を電気情報工学科の数学専任教員として採用した。

4. 実施結果および考察^{5), 6)}

これらの施策の効果を評価する指標として、2006年度より全国高専の3年生を対象として導入された「学習到達度試験」の結果を用いた。

4.1 数学

本校電気情報工学科の学生が受験した学習到達度試験の数学の8分野で、全国の平均、全国の電気系および情報系の平均と比較し、その推移および1～3年生の数学授業の専門教員の担当比率との関係を調べた。その結果を図3に示す。なお、図3において、電気系教員授業比率とは、3年生で学習到達度試験を受けた学生が1年生から3年生の数学授業において、電気系教員による数学授業を受けた割合を示す。例えば、2006年度の学習到達度試験を受験した3年生は2004年度で

図3 学習到達度試験（数学）平均点と専門教員担当比率

図5 専門教員の担当比率と学習到達度試験における対全国、電気系、情報系平均点の比較

図4 学習到達度試験（物理）の電気情報工学科平均点と全国、電気系、情報系平均点の比較と推移

図6 本校他学科と電気情報工学科の学習到達度試験（数学）における平均点比率の変化

は1年生であり、表4より1年生で電気系教員による数学授業を33%が受けている。2005年度では2年生であり、同様に電気系教員による数学授業を33%受けている。2006年度では3年生で表4より同じく電気系教員による数学授業を33%受けている。従って、2006年度に3年生で学習到達度試験を受けた学生が1年生から3年生で電気系教員から数学授業を受けた割合は、 $1/3 \times (33 + 33 + 33) = 33\%$ となる。同様に、2007年度に3年生で学習到達度試験を受けた学生については、 $1/3 \times (33 + 33 + 100) = 55.3\%$ となる。

学習到達度試験が導入された2006年度には、本校電気情報工学科の平均は全国の平均、電気系および情報系の平均のいずれよりも2割程度低かったが、専門教員の担当比率の上昇に伴って徐々に上昇し、専門教員の担当比率が8割となった平成20年度には2割程度高くなり、その後も優位を保っていることが分かる。全国平均に対して2割程度の優位性というのは、学習到達度試験に特化した授業をしていない状況においては、ほぼ上限に近いのではないかと考えている。したがって、その後の停滞は引き続き優位性を保っているものと解釈している。

4.2 物理

図4に数学から1年遅れで始まった物理の学習到達度試験の結果を示す。当初、物理においては数学のような平均点の上昇は見られなかったが、低学年から数学の授業で、専門や物理との関連性を示す授業内容や進め方が浸透してきた2010年度以降は、図3に示した数学と同等の学力の向上効果を確認できた。すなわち、物理の試験においても本校電気情報工学科の平均は全国の平均、電気系および情報系の平均と同等か1割程度低かったものが、2010年度以降には2割程度高くなっている。

4.3 専門教員の数学授業割合と学習到達度試験結果

図5の横軸は学習到達度試験を受けた学生が1～3年生の期間に専門教員が数学授業を担当した比率を示す。なお、専門学科教員の数学授業比率とは4.1の数学において説明した割合を示す。縦軸は本校の電気情報工学科学生の数学平均点を対全国、電気系、情報系の数学平均点で割った比率を示す。この図より、専門教員の担当比率の増加に伴って平均点が増加しており、そ

これらの間に強い相関があることが明らかになった。また、専門教員の担当比率が80%以上では、全国平均、電気系平均、情報系平均に対して20%程度の優位性ではほぼ一定となっているが、学習到達度試験に特化した授業をしていない状況においては、20%程度の優位性というのがほぼ上限に近いのではないかと考えている。

4.4 和高専の他学科との比較

(1) 数学 (図6)

学習到達度試験が導入された2006年度には、本校電気情報工学科の平均は本校の他学科に対し1割弱の優位性はあるものの、大差はなかった。専門教員の電気情報工学科の数学授業比率が8割程度以上となった2008年度以降は他学科に対して1～3割程度の優位性を示す結果が得られている。なお、本校の他の3学科では専門学科の教員ではなく、従来通りの一般科目の数学教員が数学の授業を行っている。2008年度では他の全学科に対して2割以上の優位性を示す結果が得られたが、その後0.5～2割程度となり優位性が小さくなっているが、これは全校集会での結果発表等により、他学科の数学を教えている一般科目の教員の努力による

図7 本校他学科と電気情報工学科の学習到達度試験（物理）における平均点比率の変化

図8 数学、物理の和高専対全国平均の推移

ものと考えられる。というのは、図3に示したように、全国平均と比較した電気情報工学科の優位性については、大きく変化がないため、他学科の成績が向上して電気情報工学科の成績との差異を縮めてきたと考えられるためである。

(2) 物理 (図7)

数学から1年遅れで始まった物理の学習到達度試験の結果を図7に示す。当初、本校電気情報工学科の平均は本校の他学科に対し1～2割程度の優位性を示すに留まっていたが、低学年からの数学と物理との関連性を示す数学の授業内容や進め方が浸透してきたと考えられる2010年度以降は2～4割程度の優位性を示す効果を確認できた。

(3) 他学科への影響

学習到達度試験が導入された2006年度には、本校の数学の平均点は全国平均と比べ2割以上劣っていたが、2009年度以降は本校の平均点が全国平均を上回るという結果が得られた（図8）。この理由の一つに、電気情報工学科の平均点が上がったことが全校集会等で公表され、また成績優秀者が表彰されるようになり、他の3学科を受け持つ一般科目教員が刺激を受け、努力をした結果、学校全体としても当初全国平均に比べて20%以上下回っていた数学の平均点が、全国平均を上回るようになるという好結果につながったということが考えられる。これは、図6からも他の3学科が電気情報工学科の平均点に近づいていることが読み取れる。一方、物理については本校の平均点はまだ全国平均には届いていないが、開始当初の2006年度に全国平均の85%程度だったのが、2011年度にはほぼ全国平均（97%）にまで改善されている。

(4) 和高専入学時の各学科の数学成績

和高専では、入学時の4月に全新生に対して、毎年

図9 和高専入学時の学科別数学試験結果

同じ問題を用いた数学学力確認試験を行っている。試験の範囲は中学校で学んだ内容である。この試験は採点後も学生には返却しないため、問題が次年度以降に入学する学生に伝わることはない。最近9年間の試験結果を図9に示す。やや電気情報工学科の平均点は他学科より高いが、ほとんど差はないことがわかる。したがって、入学時の各学科の学生の数学のレベルに大きな差はなく、3年生で受ける学習到達度試験は、入学後の約3年間の教育の効果を反映しているものと考えられる。

4.5 考察

専門教員が授業を担当することが学生の理解度向上に繋がった理由には、(1)実社会で必要度が高い部分とそうでない部分とを、電気情報工学科教員で議論し、電気情報工学科の学生に必要な内容を重点的に扱い、整理した授業とすることができた、(2)専門科目の内容と関連づけて数学を教えることができた、(3)自らの体験を基に、実社会で数学がどのように使われているかを実企業で使われている事例を挙げるなど、学生に興味を持たせることで動機付けを図れた、等が考えられる。

それらに加えて、自らの所属する学科の学生に直接数学を教えることになるため、「数学の理解度が専門科目の理解度に直結し、専門の習得度向上のためには、数学の理解度を上げなければならない」という危機意識も強く働き、自学科の学生を一人前の電気情報技術者として育てなければならないという強い意識を持っていることも、学生の理解度向上に一役買っているものと考えられる。

5. おわりに

和歌山高専電気情報工学科で行った数学の検討の状況と、専門教員が数学を担当した結果を紹介した。学習到達度試験の結果からは、専門教員の担当比率と平均点とに強い相関が見られ、専門教員の数学担当に効果があることが示された。

この理由として、専門科目の教員には企業で働いた経験者が多く、自らの体験を基に専門科目の内容と関連づけて数学を教えることができること、「自分達の学生」という意識が強く働き、自学科の学生を一人前の電気情報技術者として育てなければならないという強い意識を持っていることなどが考えられる。高校生の年代の数学は数学の専門家が担当するべきであるという根強い意見を聞くことがあるが、今回の専門科目教員による数学授業取り組みに関してはデータから判断して好結果が得られたといえる。

電気情報工学科以外の他学科の数学を教えている数

学を専門にする一般科目の教員については、企業経験者がほとんどいないため、実際の企業で使われている例と結びつけるのは困難であるが、近年、学習到達度試験結果等で、電気情報工学科の結果に近づく好結果が得られており、その努力が認められる。数学を専門にする一般科目の教員は、特に、より高度な専門性を必要とし、大学3年生への編入学を希望する学生を対象とする高学年の数学授業では、数学教員が自らの経験も活かした効果的な授業ができるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 藤本 晶, 高木浩一: 高等専門学校の特色を生かしたカリキュラムの策定－電気工学科の数学を例にして－, 平成16年度高専教育講演論文集, pp.185－188, 2004
- 2) 和歌山工業高等専門学校編: 平成18年度特別教育研究経費事業「高専だからできる一般科目カリキュラム－高専の独自性を活かした教育プログラムの構築」報告書, 2007
- 3) 新日本製鐵資料: 北九州イノベーションギャラリー
- 4) 津田信二, 杉生 功, 青木 孝, 水野 豊: トーピード型溶銑車の使用について, 日本鉄鋼協会第64回講演大会講演大要, p.1210
- 5) 徳田将敏, 藤本 晶: 専門科目担当教員による電気情報工学科の数学授業, 関西工学会高専部会だより, 69, pp.10－11, 2012
- 6) 藤本 晶: シリーズ・高専教育に学ぶ 和歌山高専の特色ある教育・研究⑤ 専門教育に特化した高等教育機関へ－与えられた自由度を活用して技術者を育成する－, 文部科学教育通信, 297, pp.30－31, 2012

.....

著 者 紹 介

徳田 将敏

1974年 神戸大学工学部計測工学科卒業
 同 年 住友金属工業株式会社入社
 2003年 和歌山高専教授
 同 年 博士(工学) 大阪大学
 受 賞 計測自動制御学会新製品開発賞
 システム制御情報学会賞産業技術賞, 日本鉄鋼協会計測・制御・システム技術賞
 所属学会 計測自動制御学会, システム制御情報学会, 日本機械学会, 日本鉄鋼協会
 連絡先 和歌山県御坊市名田町野島77
 和歌山工業高等専門学校
 電気情報工学科