

機械工学科学生における数学の修得度及び 数学と専門科目の関連性

— 4 学年授業「工学演習」を通して —

戸谷順信*・風間悦夫**・長坂明彦*・岡田 学***・北山光也***

Level of acquisition of mathematics for the students in a department of mechanical engineering and the relevancy between mathematics and the subjects of mechanical engineering

— From Mechanical engineering practice as a subject of 4th year —

Yorinobu TOYA, Etsuo KAZAMA, Akihiko NAGASAKA,
Manabu OKADA, Mitsuya KITAYAMA

キーワード：機械工学，工学教育，数学教育

1. はじめに

5年間で実践的な工業技術者を育てることを目指している高専においては、本格的な専門教育を受けるに必要な基礎学力を身につける目的で5年間の内の初めの3年間は一般科目を中心に受講するようにカリキュラムが構成されている。特に数学においては、1年から3年の間に大学の教育課程の前半程度まで教育され、その結果学生は専門教科が無理なく理解できるようになっている。

昨今の技術の発展は目覚ましいものがあり、特にコンピュータ社会の到来により、新たな分野の技術者が必要とされていることは周知の通りである。このような日々変化している工業社会に貢献すべく勉学に励んでいる機械工学科の学生は、従来からの機械工学に関する知識・技術・技能に加えて、メカトロニクス技術、コンピュータ技術に関する能力を要求される。ところが、学生がこれらの多分野の知識・技能の理解に学生自身で修得して行くことは困難を伴うのが現状である。知識は理解するだけでなく、使用して初めて生きてくるものであり、できれば理解した直後に使用するのがいっそう理解を深めるこ

とになる。

長野高専は、平成4年度に従来2学科あった機械工学科を機械工学科と電子制御工学科の2学科に分離改組した。新機械工学科は改組したのを機会にカリキュラムの改善を行い、その中の一つとして、4年生向けに工学演習を新たに開設した。これは、特に理論科目においては、講義を中心とした授業形態から演習に重点をおいた教育を増やしたいという視点から設けられたものである。

以上のような観点から、工学演習は、平成4年度入学の新機械工学科学生の4年の授業において、特に数学、工業力学と材料力学の理解を深める目的で始められた。工学演習は授業開始とともに教官、学生の意見を取り入れ、現状に合わせつつ1単位から2単位へと増加し、現在4年目に入っている。しかしながら、さらに学生が工学に興味を持ち、知識・技術・技能を修得して行くためには、過去4年間の結果から学生の現状を把握し、より良い教育方法を見出して行く必要があると考える。

本報では、工学演習の中でも特に機械工学全般の基礎となる数学に着目した。特に数学と機械工学との関連性という観点に注目すると、数学は工学の基礎となる最も重要な科目の一つであり、数学の理解度が機械工学の理解度を決定する重要な要因の一つと言える。しかしながら、数学を講義する一般科教官と専門科目担当の機械工学科教官の連携は必ずし

* 機械工学科助教授

** 機械工学科教授

*** 機械工学科助手

原稿受付 1998年9月29日

も十分とは言えず、完全に把握しきれていないのが現状である。ここでは機械工学科の学生の数学の内容別の修得の程度、内容による理解度の違い、学生の感じている内容を調査し、工学演習の現状を確認した。また、機械工学で使用されている数学と専門科目との関連性を調査し、数学の重要性と今後機械工学をどのように教育したら良いかを考えた。本報は、今後の学生の勉学意欲の向上を図る一翼となることを期待している。

2. 工学演習の内容及び評価法

平成7年度の4年生から始まった工学演習は、平成9年度までは1単位で行われており、平成10年度から2単位に増加している。1単位は年1時間の授業であり、その中で数学、工業力学と材料力学の演習を行っていた。その後、平成10年度に2時間の授業になり、工業力学は材料力学演習となり現在にいたっている。ここでは数学に関する工学演習の平成9年度(1997年)度の内容を表1に示す。

表1 工学演習内容

<p>【到達目標】 機械工学に必要な初等数学の基礎を修練し、その後の応用的教科の修得に生かす。</p> <p>【演習内容】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 数と式 2. 関数とグラフ 3. 三角関数・指数関数・対数関数 4. 数列と場合の数 5. 平面図形 6. ベクトル・空間図形 7. 行列と行列式 8. 極限・微分 9. 微分法の応用 10. 積分法 11. 極限・偏微分 12. 二重積分・微分方程式

授業は1単位では50分で2単位では90分間であり、その中で50分から60分間で学生が演習問題を解答する形式で行った。教科書及び参考書は本校の数学の授業で使用したものをを使い、演習問題はほとんどその教科書から作成した。演習開始当初から4年間に渡り授業に使用している学生の教科書が3度替っており、そのたびに教科書に準拠して出題範囲は変わっている。しかし、1年から3年までの学習内容は大きく変更されていないので、ほぼ同様の出題内容である。また、4年間にわたり1人の教官が出題問題を作成しているので、難易度は低いものから高いものまでであるが、年度による演習全体の難易度の差

はあまりないと考える。

成績評価については、シラバスに提示してあるように演習の得点平均より算出することにした。一般の授業とは異なり、出席の状況、レポート、日常の授業態度等は評価の対象にしなかった。ただし、演習日に都合により欠席した学生がいた場合には、学生の申し出により演習を別に行い、評価に加えた。よって欠席して演習を受けなかった場合にはその評価は0点とした。この評価方法はシラバスだけでなく口頭と掲示で学生に理解させた。

3. 学生の内容別理解度

過去4年間における演習の内容別理解度を図1に示す。平成7年(1995年)度～平成10年(1998年)度に行なった演習の全体の平均点を示している。その年により、出題範囲が異なる場合があったので、内容によっては2回に行った点数を平均して求めたものもある。また、本報における目的から鑑み、学生の成績評価方法とは異なり、欠席した学生の点数は除いた。

内容別に見ると、「ベクトル・平面・空間」が理解できていないことがわかる。ベクトルの演算は比較的理解されているようであるが、特に直線・平面・空間図形の方程式が理解されていない。「微分の応用」については、関数の増減、凹凸等、特に高次関数になると微分法を利用して解答することができないようである。一般に微分は高次関数になると理解度が低い。一方で、行列・行列式については理解されている。

各年毎のばらつきを確認するために各年で最も点数の差が小さい「指数関数・対数関数・三角関数」の平均点を基準として正規化した結果を図2に示す。この結果から「行列・行列式」は年による差が小さく誰にでも理解され易いといえる。「ベクトル・平面・空間」、「微分の応用」、「関数とグラフ」は年毎のばらつきが大きい。また、年度による点数の順番が同じであると言えないが、平成7年(1995年)度と平成8年(1996年)度は低くなっているためばらつきが大きいと言える。年毎のばらつきが小さい「指数関数・対数関数・三角関数」、「数列・二項定理・場合の数」、「行列・行列式」、「極限・微分」、は比較的理解しやすいことがわかる。

4. 学生の工学演習における意識

学生自身が工学演習に対しどのような考え方を持っているかを知るために、平成10年度に在籍している4・5年生から工学演習に関する意識アンケート

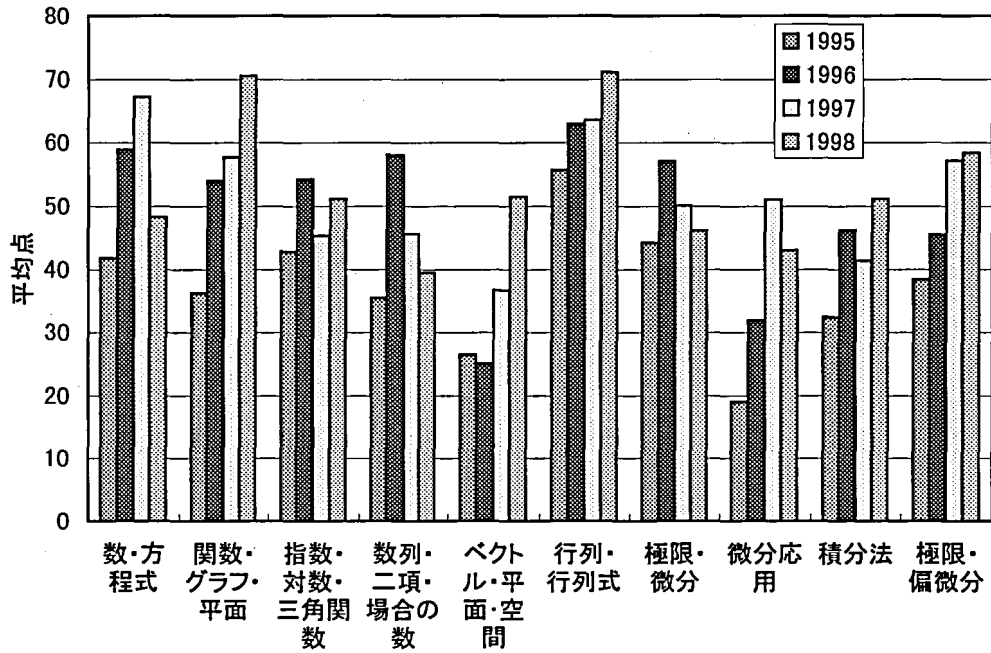


図1 数学の内容別理解度

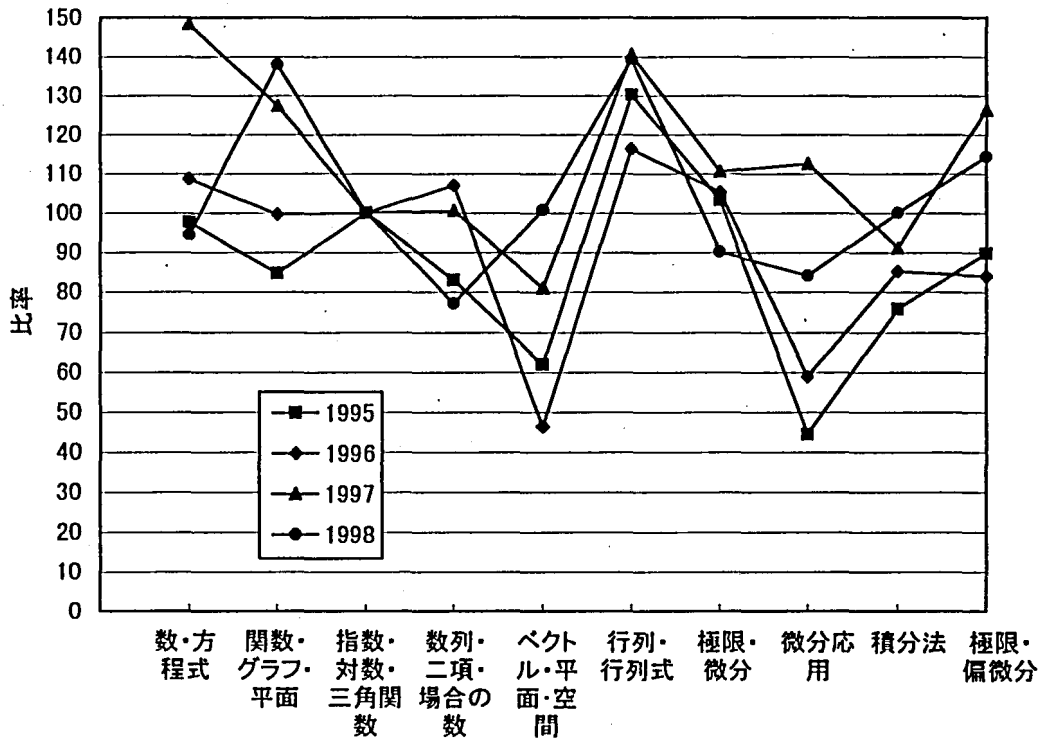


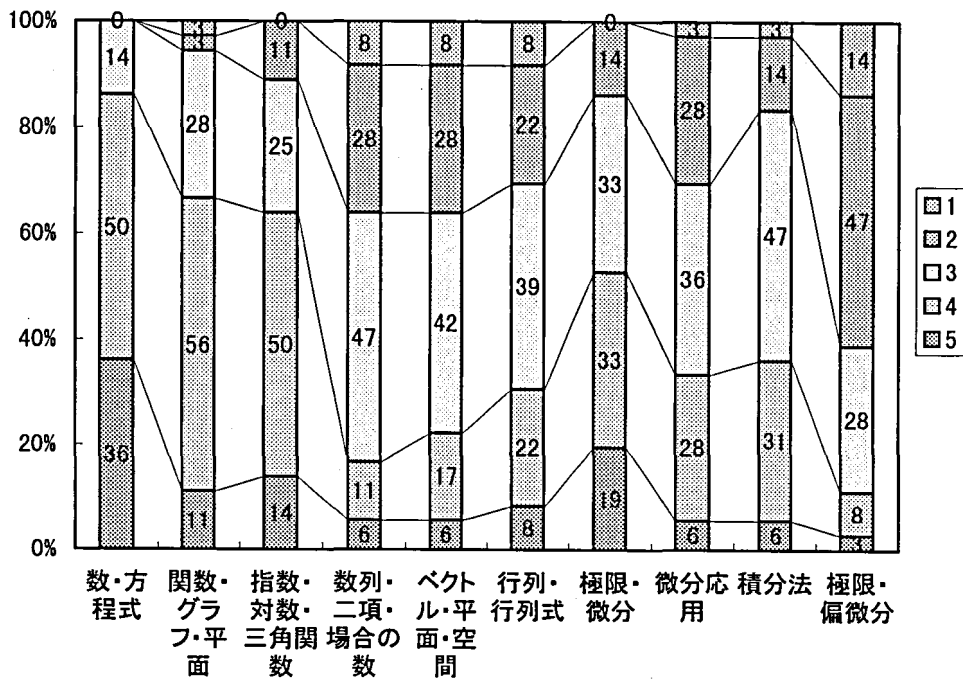
図2 内容別理解度の各年のばらつき

調査を行なった。アンケートの調査時期は、4・5年生とも9月の時点でされており、5年生は、就職・進学が一通り終了した時期であり、4年生は工学演習が終了した時点である。

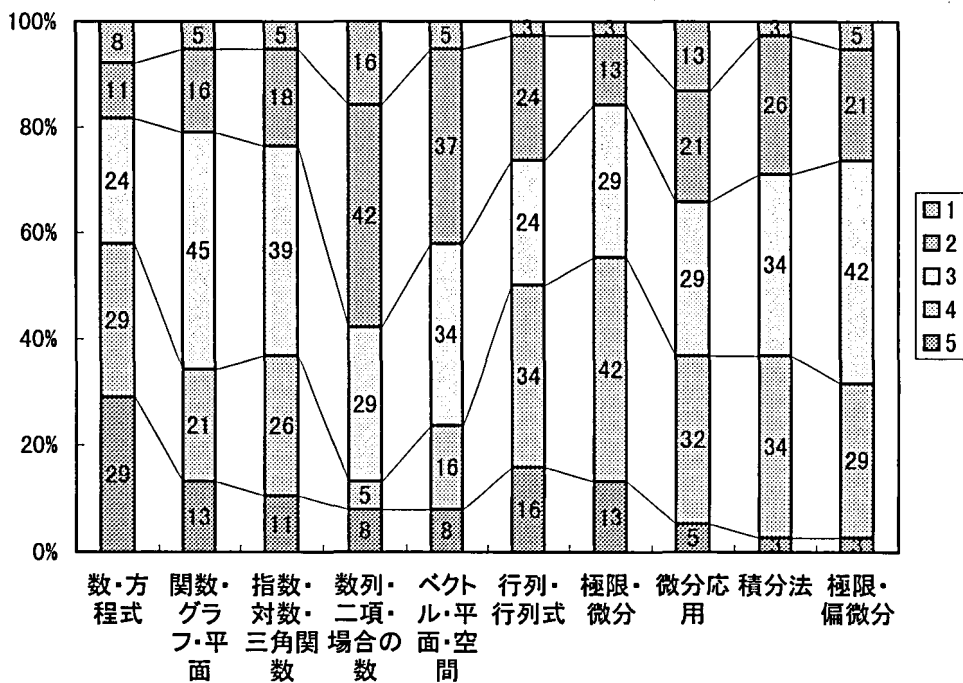
4-1 学生自身の評価

学生自身が数学の各内容に関してどの程度の評価をしているかを図3に示す。学生に対する設問とし

て、各内容における理解度を5段階で評価したら、どのようになるか、ただし、演習の点数の結果から評価せず自分の理解度として評価するようにとした。図に表示してある1~5は5段階の数値である。5年生においては、図3(1)にあるように「極限・偏微分」の内容を除いて60%以上の学生が3以上の評価をしており、理解していると考えている。また、評



(1) 5年生の評価



(2) 4年生の評価

図3 学生自身の内容別評価

図中の各内容は下から5, 4, 3, 2, 1の評価点である。
 グラフ中の数値は割合(%)を示す。

価の程度は、図1における内容別理解度と類似しており、「数・方程式」、「関数・グラフ・平面」、「極限・微分」等は比較的 understanding していると意識しており、演習の評価と学生側の意識に近いことがわかる。5年生は、工学演習が終了してから既に1年が経過し

ているにもかかわらずほぼ一致していることは、両者の認識が同じであるということであり興味ある結果と言える。

4年生における結果を図3(2)に示す。4年生は各評価値が均等にばらついており、高い評価をしてい

る者から、低い評価をしている者までいることがわかる。特に、「数列・二項分布・場合の数」の内容に関してはかなりの学生が理解していないと感じている。これは、この学年の平均点が低いことから影響していると考えられるが、次の5節で述べるように、この内容があまり専門の授業で生かされておらず、学生にとっては、数学の時間にのみ勉強ただけで、その後使用していないことが原因と思われる。また、彼らの評価が、図1にある内容別理解度と類似していることが言え、これは演習が終了したばかりであり、自分の演習の結果を知っていることも一因と思われる。

4-2 勉学時間

演習を受けるに際し、学生が勉学に割いた時間を表2に示す。ただし、演習は半期にわたるため勉強時間はその時の状況によって異なるであろうと考え、この設問は複数回答を可能にした。結果は4・5年生とも傾向は一致している。その日によっては、まったく勉強をしなかった学生がいる。4年生は、2時間程度勉強している学生がかなりの人数いる。これは既に工学演習をすることで数学の復習ができるばかりでなく5年次における進路決定に重要であるという認識があるためであると思われる。その年度によってはその他の教科におけるレポートの提出と重なっている時もあり、学生にとっては時間の使い方が重要になると考える。

4-3 演習時間

表3に演習の時間について示す。ほとんどの学生がちょうど良い時間と感じている。通常の定期試験が60分で行われていることから、問題の数を増やし時間を長くしても集中力が持続しないと考える。問題の量と時間は適切であったと思われる。

4-4 授業の仕方

授業に関して希望を尋ねたところ、表4の結果になった。5年生に補講や解答の説明をして欲しいという希望者が多かったことは、5年生は、1回の授業に1時間であり、4年生は2時間で行なったことから、4年生に対しては十分な時間が取れたが、5年生は時間が少なかったことによると思われる。5年生の意見を基に本年度の4年生より単位数を増やしたことは、効果を上げているといえる。しかし、4年生においてもさらに補講の不足を訴えている学生もおり、さらに授業の工夫が必要であると考え。

4-5 演習の効果について

演習を行って効果があると感じているかどうかを尋ねた。結果を表5に示す。5年生は就職・進学等の進路をほぼ決めてしまったこともあり、就職や進

表2 演習に対する勉強時間 単位：人

	5年生	4年生
しなかった	1	5
学校でその日にした	13	15
30分以内	8	6
1時間以内	11	12
2時間以内	8	10
2時間以上	1	12

表3 演習時間の長さについて 単位：人

	5年生	4年生
長い	3	9
短い	6	2
ちょうど良い	27	21

表4 授業に対する希望 単位：人

	5年生	4年生
補講を希望	7	4
解答の説明希望	15	9
時間が短い	1	2

表5 演習の効果について 単位：人

	5年生	4年生
授業に役立った	11	22
就職に役立った	5	
大学編入に役立った	12	
役立っていない	8	13

学に効果があったと感じている。しかし、5年生のうち8名が特に役立ったと感じていないことが判った。4年生は授業に役に立つと感じている学生が半数以上いた。

4-6 学生の数学における評価

学生の数学における評価・印象について表6に示す。5年生では演習を受講する以前は、数学が不得意であった者が受講後不得意でなくなったという者が減少している。しかし、得意であると感じていた者が得意と感じなくなったという結果もでた。これは数学を勉学して内容を深める間に難しさを覚えてきたのが原因か、または、演習を行うことにより数学嫌いを増やしたかは明らかでない。少なくとも数学嫌いの学生を少なくして行くことは演習においても重要であると考え。

表6 数学に対する印象について 単位：人

	5年生		4年生	
	演習受講前	演習受講後	演習受講前	演習受講後
不得意	9	4	7	7
どちらでもない	16	23	18	25
得意	10	8	13	6

4-7 その他学生の意見

アンケートにおける設問以外に学生の意見を述べてもらった。5年生からは、「大学編入学のための学習のとき、内容が簡単に思い出せて試験勉強がわかりやすかった。しかし、1週に1回の演習はつらかった。」「以前に1度勉強したことをやると意外にできるようになるので良いと思う。」という意見が多かった。実際、本校機械工学科の4年生は、工学実験、工作実習、設計製図等でかなりレポート等による提出物が多く、さらに1週間に1度の割合で試験形式で演習をこなして行くことは、学生自身の強い意志と努力が必要となる。学生の中には、「理解できたことより理解できなかったことの方が多く、演習の進捗についていけなかった。今になって後悔している。」という意見もあった。4年生からは、「基礎的な内容が理解していないことがわかった。きちんと勉強してから演習を受ければよかった。」「あまりにも1・2年生の時の内容を忘れていた。焦りが出て勉強をしなければならぬと感じた。勉強するきっかけができたと思う。」という意見が多かった。これらのことから、工学演習を行うことによって学生自身が自分の学力の現状を認識し、勉学の必要性を再認識させる効果が大きいことが窺える。

5. 機械工学専門教科における数学の利用度

機械工学の専門教科において、数学が理論の理解に不可欠であり、数学の理解が工学の理解力を決定する重要な因子であることは自明であるが、実際その程度については曖昧な点もある。その点を確認するために改めて教官よりアンケート調査した。アンケートは、現在機械工学科で授業を担当している常勤、非常勤の教官であり、担当授業毎に演習で行なった数学の項目について重要度（重要、必要、必要無）を問う方法を採用した。参考までにアンケートで回答のあった授業科目を学年と単位数とともに表7に示す。

表7 アンケートにおける授業科目

機械工作学（1年：2単位，3年：1単位）
機構学（2年：2単位）

プログラミング演習（3年：2単位）
工業力学（3年：2単位）
材料力学（3年：2単位，4年：1単位）
材料学（3年：2単位）
電気工学（4年：2単位）
熱力学（4年：2単位）
流体工学（4年：2単位）
設計工学（4年：2単位）
計測工学（4年：2単位）
情報処理応用（5年：1単位）
機械力学（5年：1単位）
生産工学（5年：1単位）
制御工学（5年：2単位）
システム工学（5年：2単位）
伝熱工学（5年：2単位）
内燃機関（5年：1単位）
マイクロコンピュータ（5年：1単位）
ロボット工学（5年：2単位）
CAD（5年：2単位）
流体機械（5年：1単位）
工作機械（5年：1単位）

アンケートの結果を図4に示す。各数値は総数に対する回答数の割合である。アンケートの結果から、「数と方程式」、「微分」、「微分応用」が最も必要性、重要性が高い結果となった。重要・必要の合計割合が60%に達している。これは機械工学の中で力学の分野が多くを占めることから当然であると考えられる。「積分法」、「偏微分」の分野もかなり利用されているといえる。一方で、「数列、二項定理、場合の数」は必要としている分野が少ない。材料力学、設計工学、制御工学、システム工学、情報処理応用で利用されているのみである。また、「行列・行列式」も予想と異なりあまり利用されていない。しかし、重要とされる割合は多いので、利用される分野はある程度限られるが、理解しておかなければならない内容であると考えられる。全体を通して、数学を必要としないという教科が50%を超えている内容があるが、これは具体的に数学の公式や考え方を使用していないという意味であり、数学を必要としないという結論にはならない。機械工学の中では機械工作、

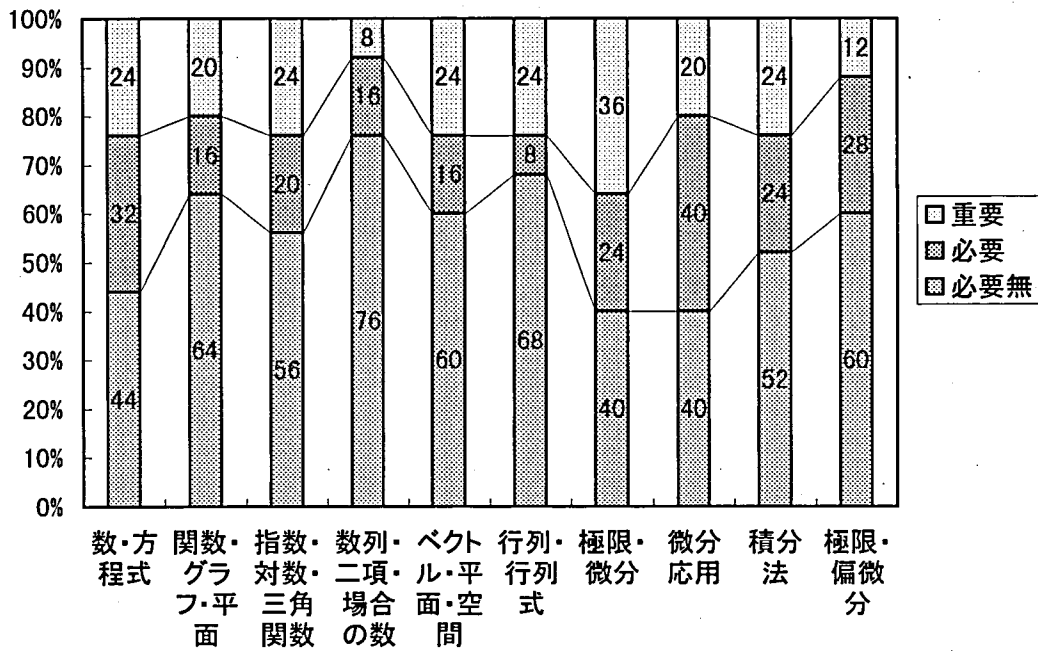


図4 数学の専門教科における重要性
グラフ中の数値は割合 (%) を示す。

材料学のように、一般的な数学のセンスが必要であるという意見が教官の中にあった。

6. 現在の問題点及び今後の方向性

6-1 授業における問題点及び方向性

平成7年度から始められた工学演習は、平成10年度の現在、2単位に増加された。この理由は、学生にとっては、既に学習してある内容であっても、2年前に学習したままであり、常に復習しなければならないにもかかわらず、従来の工学演習の時間では十分な時間がなかったために、各自復習を行うことを前提として演習を行っていたが、担当教官と学生側からの授業中における数学の講義の要求もあり、補講という形で行われるようになったためである。単位数の増加は学生の理解に効果があると思われる一方で、問題点としては、学生の中には基本的な内容を理解していない学生も見うけられることである。例えば、指数関数・対数関数・三角関数の微分ができない者、2行×2列の行列の掛け算ができない者、簡単な2次方程式が解けない者等である。これらの数学を理解していない者は、当然ながら専門科目の中で、特に力学関係の内容が理解できていないことに通じる。よって、今後、最低限の基本的内容を学生が理解できるような教育方法が臨まれる。また、数学の中でも重要と判断される微分・積分関係は教育時間に重点をおくような方策も必要になって行く

と思われる。

6-2 専門教科と数学の関連性

5年間の教育で技術者を育成するという高専の教育方針及び教育制度を考えると数学教官と専門教官との教育方法の連携も必要になって行くと思われる。専門学科の教官、特に数学理論を使用する科目の担当教官は基礎的数学の内容をも含めて専門教科を教授する必要があると思われる。また、数学科の教官にも専門との関連も認識してもらう必要性がある。高専を卒業して技術者となる学生の職務内容を考えるとあまりに高度な数学は必要としない。さらに高度な内容を学びたいという希望者は大学に編入する道も広く開かれており、さらに大学院へ進む学生が多い実態を考えると、むしろ高専においては数学の基本的内容の理解に重点をおくべきではないかと考えられる。重要なのは、数学が工学にどのように具体的に利用されているかであり、数学が工学を理解する上での基礎となっていることを学生が認識することであると考えられる。これらのことを考えると工学の応用例を使いながら数学を理解するという逆学習法も必要ではないかと考える。

最後に、本報は、1～3年生のいわば高等学校の数学、及び大学前半の数学の程度に言及したが、4・5年生の授業で行われている応用数学との関連も興味のあるところである。例えば、品質工学と統計理論との関連については、重要な領域であると思わ

れる。企業によっては品質管理に統計数学を積極的に利用している。またさらに、開発・設計に必要な数学は何なのかは、工学教育に携わる者として非常に興味ある内容である。このような視点から見ると、卒業生も含めた第1線の技術者から「技術に必要な数学は何か」という情報を収集しながら今後の工学

及び数学教育を考えて行く必要がある。

参考文献

- 1) 平成10年度シラバス, 長野工業高等専門学校