工業高等専門学校における数学教育のあり方　II

菅　原　道　弘*・小野寺　　隆**

The Ideal Way about the Education System in Mathematics in the Technical College, II

Michihiro SUGAWARA and Takashi ONODERA

要　旨

前稿［1］を発表して以来数年，われわれの主張を裏付けるために種々の実践を重ねてきた。その体験を踏まえて工業高等専門学校における数学教育の真のあるべき姿を総括しておく。

Abstract

It has been many years since we expressed our educational opinions on the last paper. We have often practiced what we stood our emphasis.

Now, from our experiences, we have made a summary of the ideal style about the education system in mathematics in the technical college.

§1．は　じ　め　に

昭和51年に高等専門学校（以下「高専」と略記する。）の教育課程が大巾に改正された。長い教育経験のもとに，高専における数学教育の真にあるべき姿を考え続けてきたわれわれは，教育課程の改正を機に，首題に関して詳論した([1])。その中で特に力説しておいたのは，数学の純粋性を固執してその殻の中に閉じこもったり，或は単なる計算技術の指導のみに専念したりするのではなく，教学的思考の基盤の上に他教科へ通用する実践力を養成するように心掛けねばならないということであった。それから8年，特に数学と他教科との関連に主眼を置き，本校の他学科科目の教材を数学教育の上から見直しての実践結果を逐次発表してきた([2]，[3]，[4]，[5]，[6])。その実践を経てわれわれの主張に強い確信を得た現在，再度高専における数学教育のあり方について総括しておく。

*　助教授　一般教科数学

**　名誉教授

***　［　］の中の番号は論文末の文献番号を示す。

§2．数学教育の目標

従来数学教育の重要性は，周知のように実用説，形式陶冶説（判断力，推理力，忍耐力等の人間精神の形式陶冶），教養説の3説によって主張されてきた。このことに関して赤摂也（1980）は「1940年代までは教養説と形式陶冶説とが強調されて，実用説には余り重きをおかれずにきた」と述べている([7])。実際に一部理科系の仕事や職業を離れては一般の人達はその日常生活での数学の実用性を殆んど認めていないし，数学を教育するわれわれの側にも数学の純粋性を損うものとして実用を避けたがる傾向にすらある。続いて赤摂也は「1950年代の電算機の出現はその後の社会に急速な情報化をもたらし，あらゆる職業に数学が入り込み数学の実用性に新しい根拠を与えるようになった。従って今や数学教育は教養説，形式陶冶説そして実用説という3つの柱によって支えられることになった」と述べている。この状況変化は理工科内部へも大きな影響を及ぼしている。身近な一例を上げると工業化学科において今まで余り数学的な取扱いをされなかった原子や分子を対象とする離散的なデーター処理に，または複雑な平

衡問題の解法に電算機の利用が重要視されている等である。従ってこの現実を前向きに受け止めて数学教育に当らねばならないのである。

§3．専門学科の授業科目内容

専門学科の各科目で扱われている教学内容を知るために採用教科書を調べた結果を前稿［1］に掲げておいた。今回も前回と同様に全国高専の昭和60年度採用教科書一覧表（資料入手48校）から本校設置の4学科（機械，電気，工業化学，土木）と同一学科分を，特に数学使用頻度の高いと見たものを各学科毎に選んだのが表1である。

先ず各科目とも前回よりも採用校が特定の教科書に集中してきたことに気がつく。つぎに採用教科書の殆んどが大学課程用標準教科書であることは8年前の調査と同じである。教育課程の改正，その後の社会環境や学生の気質の変化等は教科書採用の表面上には何も現われていない。その点では常に教育の持ち続けている理想性と，その実現に当っては拙速改変が禁物であるとの現実性の二

表1の1　機械工学科採用教科書

科目	教科書	発行所	採用校数
応用物理	物理学	裳華房	16
	工業基礎物理学(上)	東京書籍	5
材料力学	材料力学	森北出版	12
	材料力学	共立出版	5
	材料力学（上）	養賢堂	5
	材料力学（下）	養賢堂	5
熱力学	改訂応用熱力学	産業図書	13
	わかりやすい熱力学	森北出版	6
水力学	水力学	森北出版	13
	水力学	産業図書	7
設計法	機械設計法	森北出版	14
	機械設計法	朝倉書店	9
	機械要素設計	裳華堂	5
機構学	大学課程機構学	オーム社	12
	機構学	コロナ社	6
	機構学	実教出版	5
工業力学	工業力学	森北出版	9
	詳解工業力学	理工学社	7
	工業力学	コロナ社	6
自動制御	自動制御	森北出版	8
	基礎制御工学	森北出版	7
	自動制御	朝倉書店	5
計測工学	最新工業計測	共立出版	6
	計測工学	コロナ社	6
	計測工学	森北出版	5
	計測工学	産業図書	5

（注）採用校が5校以上の教科書のみ掲げた
調査校数は46校

表1の2　電気工学科採用教科書

科目	教科書	発行所	採用校数
応用物理	物理学	裳華房	23
電気磁気学	基礎電磁気学	電気学会	16
	電気磁気学	朝倉書店	9
	電磁気学ノート	コロナ社	6
	電気磁気学	学献社	5
電気計測	改訂電気計測	コロナ社	12
	電磁気計測	電気学会	11
	電気計測	朝倉書店	5
	電磁気計測	オーム社	5
電子工学	改訂電子工学	コロナ社	26
	電子工学	朝倉書店	6
	半導体デバイス	コロナ社	5
電気材料	基礎電気材料	実教出版	8
	電気材料	コロナ社	6
電気回路	交流理論	電気学会	20
	回路網理論	電気学会	17
	電気回路Ⅰ	コロナ社	8
電子回路	改訂電子回路	コロナ社	15
	現代電子回路	オーム社	6
	電子回路	朝倉書店	5
電気機器	電気機械工学	電気学会	14
	電気機器Ⅰ	森北出版	14
	電気機器Ⅱ	森北出版	10
	最新電気機器学	丸善	6
	電機概論	丸善	5
送配電工学	送配学	東京電機大	7
	送配電工学	電気学会	5
	送配電工学	コロナ社	5
	送配電工学	オーム社	5
電気通信	電気通信Ⅱ	朝倉書店	12
	電気通信概論	電気通信協会	7

（注）採用校が5校以上の教科書のみ掲げた
調査校数は46校

表1の3　工業化学科採用教科書

科目	教科書	発行所	採用校数
応用物理	物理学	裳華房	13
物理化学	物理化学序論	培風館	5
	基礎物理化学（下）	朝倉書店	4
	物理化学（下）	東京化学同人	4
化学工学	化学工学通論Ⅰ	朝倉書店	5
	化学工学通論Ⅱ	朝倉書店	4
	初歩化学工学	明文書房	4
	化学工学の基礎と計算	培風館	4
無機工業化学	無機工業化学	東京化学同人	7
	無機工業化学概論	培風館	6
機器分析	機器分析	裳華房	7
	機器分析	日刊工業新聞社	4
熱力学	（化学熱力学）	（東京化学同人）	（3）
反応工学	反応工学概論	日刊工業新聞社	11
	反応工学	培風館	5

（注）採用校が4校以上の教科書を掲げた
調査校数は28校（化学工学科を含む）

表1の4　土木工学科採用教科書

科　目	教　科　書	発行所	採用校数
応用物理	物理学	裳華房	7
土木材料	土木材料	コロナ社	12
	最新土木材料	森北出版	5
構造力学	構造力学 I	コロナ社	10
	構造力学 II	コロナ社	8
	不静定構造力学	共立出版	5
水理学	水理学	コロナ社	13
測量学	測量 II	コロナ社	18
	測量 I	コロナ社	14
土質工学	土質力学	森北出版	9
	土質工学	コロナ社	4
	土質工学	彰国社	4
土木地学	土木地学	コロナ社	7
土木計画	地域および都市計画	コロナ社	6
	最新都市計画	森北出版	4
	土木計画学序説	森北出版	4
交通工学	交通工学	国民科学社	4
道路工学	道路工学	森北出版	10
鉄道工学	鉄道工学	森北出版	7

（注）採用校が4校以上の教科書のみ掲げた
調査校数は23校（土木建築工学科を含む）

面性を垣間見る思いがする。しかし教科書は教授上の一つの手懸りにすぎずその活用内容までは窺い知り得ないが，工業高等学校と同年代の高専低学年を往時と同程度の教科書で指導しているということから講義者個々人の苦心の程が思いやられるのである。

教科書を調べた限りでは各学科科目の数学内容は従来通りとみてよいので，前に掲げておいた専門科目毎の数学内容一覧表（[3]，[4]，[5]，[6]）はそのまゝ用いることにする。

表2の1　機械工学科授業科目

	科　目	学年別配当（校数）1年	2年	3年	4年	5年	備　考
A	応用物理			38	38	1	
	情報処理	6	22	23	23	3	
	材料力学		1	38	38	12	
	材料学		19	35	21	3	金属材料を含む
	熱力学				38	2	熱工学，工業熱力学を含む
	水力学			1	38	4	流体力学を含む
	機械工作法	6	26	35	18	1	機械製作法を含む
	設計法	1	1	22	33	7	
	設計製図	38	38	37	37	37	図学を含む
B	機構学		8	33	5	1	機構と力学を含む
	工業力学		2	25	10	3	機械力学を含む
	自動制御				5	32	制御工学を含む
	計測工学			1	20	15	計測制御，機械計測を含む

（注）数字は延数である（科目により2ヶ学年以上にわたっているものあり）調査校数は38校

つぎに教授内容と学年進行の状況を知るために各科目の学年配当を調べたのが表2である。資料としては昭和60年度学校要覧（資料入手40校）を用いた。科目名とその配列順は高等専門学校設置基準［8］に従った。表中A項は［8］に示された「基本的な授業科目」でB項は「その他の授業科目」である。

表2から明らかなように入学早々の第一学年には専門科目の負担が急激にかゝるような科目配当にはなっていない。従って専門科目使用教科書の数学内容は第2・3学年に焦点を合わせるようにして第1学年における性急な指導を必要としない。

表2の2　電気工学科授業科目

	科　目	学年別配当（校数）1年	2年	3年	4年	5年	備　考
A	応用物理			37	38	4	
	情報処理	9	17	20	14	5	プログラム入門を含む
	電気磁気学	9	27	35	19	5	
	電気計測		16	35	10		
	電子工学		4	32	30	5	
	電気回路		36	38	30	11	交流理論，回路理論を含む
	電気材料			1	22	22	
	電気製図	37	15	1	1		図学を含む
	電子計算機	2	4	5	14	21	
B	電気機器		4	35	33	4	電気機械を含む
	送配電工学				2	27	
	電子回路			10	32	14	
	電気通信				8	34	通信工学を含む

（注）数字は延数である（科目により2ヶ学年以上にわたっているものあり）調査校数は38校

表2の3　工業化学科授業科目

	科　目	学年別配当（校数）1年	2年	3年	4年	5年	備　考
A	応用物理			23	23		
	情報処理	3	4	14	14		計算機概論を含む
	無機化学		20	19	2		
	有機化学		18	23	10		
	物理化学		2	23	23	4	
	分析化学	1	22	3			
	化学工学		1	11	23	20	
	工業化学総論			3	4	12	
	無機工業化学			2	19	9	
	有機工業化学			1	18	17	
	工業化学製図	20	16	5	3	5	図学を含む
B	材料工学				5	13	
	機器分析			2	20	6	
	熱力学		1		2	6	工業熱力学，化学熱力学を含む
	反応工学				3	15	

（注）数字は延数である（科目により2ヶ学年以上にわたっているものあり）調査校数は23校（化学工学科を含む）

表2の4　土木工学科授業科目

科目		学年別配当（校数） 1年	2年	3年	4年	5年	備考
A	応用物理			23	12	1	
A	情報処理	3	7	17	16	2	概論を含む
A	土木材料	9	21	3			
A	構造力学		17	23	23	16	
A	水理学			22	23	3	
A	測量学	20	22	20	16	4	
A	土質工学			21	22	1	
A	土木施工			1	18	8	
A	鉄筋コンクリート工学			20	23	4	
A	土木工学設計製図	21	21	19	23	23	図学を含む
B	土木地学	6	6	4	4	5	土木地質，地学を含む
B	土木計画				3	20	計画学を含む
B	道路工学				6	9	

（注）数字は延数である（科目により2ヶ学年仕上にわたっているものあり）調査校数は23校（土木建築工学科を含む）

つぎに見逃せない事実は教育課程改正時に全学科を通して基本的な授業科目の一つとなった「情報処理」がきっちり定着したことである。しかも低学年へ移行の傾向にある一方，表には掲げなかったが高学年のB項科目への組入れが全学科にわたって行われている。このことは前節にも触れたように，電算機の他科目への盛んな活用の実態とも合せて十分留意せねばならないことである。

§4．数学の授業項目

前に本校の数学授業項目は学科毎に多少の移動変更はあり得るものとして扱ってきた（[4]，[5]，[6]）が，その後の専門科目教科書の慎重な検討，教科進行の現状や専門科目担当教官との接触の中から今ではその必要性もなく全学科同一歩調でよいとの考えに到達した。例えば[4]，[6]において論及した電気，土木両学科に対する「微積分の早期導入」は時期尚早の感は免れず，第2学年の初めに微分法を学ぶ従来からの進行で十分であるとの方針に落着いた。

しかし次節に範例を示すように授業項目は共通であっても，随時教材の取捨選択を行うのは当然のことである。たゞし応用数学は専門学科別に授業項目を設定することとする。

なお数学と応用数学とは，教育方法等改善調査会数学分科会[9]での共通理解のように，1～3学年で履修するものを数学，4年で履修するものを応用数学とし，内容によってでなく形式的な区別と考えている。

以上述べて来たような長年の試行錯誤を経て到達した本校の数学授業項目を表3に示す。項目の呼称は［9］の教育課程編成のための基礎資料に準ずる。

表3　数学授業項目（応用数学を含む）

学年	A系列 項目	単位数	B系列 項目	単位数
1	(1) 数と式		(1) 3角関数（その1）	
	(2) 方程式と不等式		(2) 平面の図形	
	(3) 関数とグラフ		(3) ベクトル	
	(4) 指数関数と対数関数		(4) 順列と組合せ	
	(5) 3角関数（その2）			
	(6) 数列と級数	4		2
2	(1) 微分法		(1) 空間の図形	
	(2) 微分法の応用		(2) 行列と行列式	
	(3) 積分法			
	(4) 積分法の応用	4		2
3	(1) 2変数の関数の微分積分		(1) 確率・統計	
	イ）偏微分		(2) ベクトル解析	
	ロ）二重積分			
	(2) 微分方程式（その1）	4		2
4	(1) 微分方程式（その2）	4	(1) フーリエ級数	
	（含偏微分方程式）		(2) ラプラス変換	
	(2) 複素変数の関数		(3) 数値計算	
		2	(4) 特殊関数	2
計		14		8

高専における数学は微分・積分を太い柱とし，線形代数を側面として組立てるという基本方針に変更はない。表３のA系列は前者を，B系列は後者を主として配置している。たゞし応用数学にはこの枠分けはない。

B系列の３角関数（その１）は現在中学校で欠いている項目であり３角比および一般角・弧度法までを最初に扱い，実際の３角関数はA系列の（その２）で行うことにする。また集合・論理の項目は特に設けずに必要あればその都度触れることにしている。その他の授業項目の内容および指導上の留意点は前稿（[1]，[4]，[5]，[6]）に詳細に示しておいた通りである。

表３の数学授業項目の効果的な指導には，教材の精選が第一であると力説し実践し続けてきたわれわれは一層その声を大にするに吝かでない。実は長年われわれが用いてきた数学の教科書には勝れたものが非常に多く，数学本来の教材には全く苦労はない。しかし他科目の中から数学に関係あるものや日常生活の中から有益な話題を拾い上げるのには予期以上の困難さがある。しかもその応用教材を用いての実際の指導に当っては極めて慎重でなければならない。数学に利用する他教材だからといって無責任に軽く扱っては百害あって一利ない。多くの数学参考書に応用例題として羅列されてあるものを，そのまま機械的に用いてはならない。専門科目で既習の事項に関するものを各学年通年２〜３題でよい。しかも１回に１題ずつでよいから充分時間をかけて学生に復習させるつもりで丁寧に扱うことが大切である。そうする時は予想以上の反響があるのに驚かされるであろう。つぎに範例として上げておくが実際に機械科１年の製図図面紙の例題や工業化学科１年のpHの例題のような小さな問題でも数学の授業で扱ったときの学生の目の異常な輝きが忘れられない。そしてその雰囲気が数学への親近感を産み，後の数学学習への大きな支えとなって行くのである。

つぎに既に発表したものであるが，専門科目教材の中から選び実施してきたものに物理・化学からのを加え多少の組替をして設問形式に直したものを列挙しておく。たゞし第３学年までとする。第４学年すなわち応用数学では教科の性格上この種の教材への配慮は当然のことであろう。なお実際の指導に当っては以下の説問形式そのままに用いるのではなく前稿通りの講義形式によることは前述した通りである。

§5．範　　　例

〔機械工学科〕

例題　１．（１年 —— 対数関数。この項目名称は表３の数学授業項目に従う）。

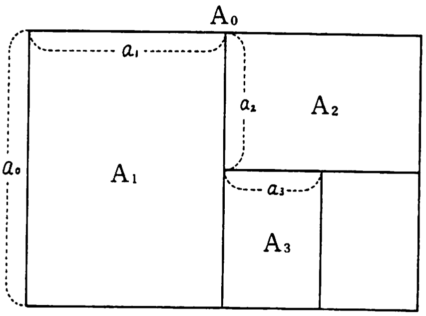
音の強さを I とするとき，感覚上の音の強さ X は $X=a+b\log_{10}I$ で定義される。この X を音の強さのレベル（デシベル）といい a，b は定数である。いま耳に感ずる最弱音の強さ I_0 は 10^{-12}（watt・m^{-2}）であり，このとき $X=0$ と定め，$I=10\,I_0$ のとき $X=10$ と約束する。このとき定数 a，b を求めよ。つぎに $I=100\,I_0$，$1000\,I_0$ のときの X を求めよ。

例題　２．（１年 —— 数列と級数）

製図通則によると図面紙の仕上り寸法はA列０番（A_0）からA列６番（A_6）までによると定められている。こゝで A_0 は１ m^2 の長方形で A_1 は A_0 の半截，A_2 は更にその半截の相似形というように定められている。いま図−１において $A_n(n=0,1,\cdots 6,)$ の縦の長さをそれぞれ $a_n(n=0,1,\cdots 6)$ とするとき

$$a_n=\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^n a_0 \qquad (n=1,2,\cdots,6)$$

となることを確かめよ。



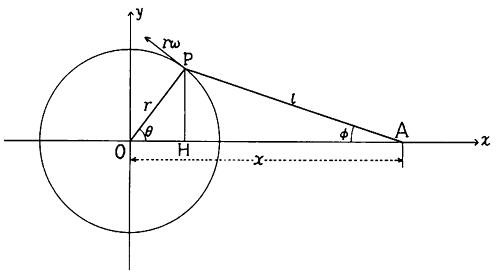
図−１

例題　３．（２年 —— 微分法）

図−２のピストン−クランク機構でPは円周上を等角速度 ω で回転している。Pの極座標を（r，θ），$OA=x$，$PA=l$ とおき x を θ の関数とみるとき

$$x=r\left(\cos\theta+\frac{1}{\lambda}\sqrt{1-\lambda^2\sin^2\theta}\right)$$

と表わされることを示し，ピストンの速度 v および加速度 α を求めよ。たゞし $\lambda=r/l$ とする。



図－2

例題　4．（2年 —— 積分法）

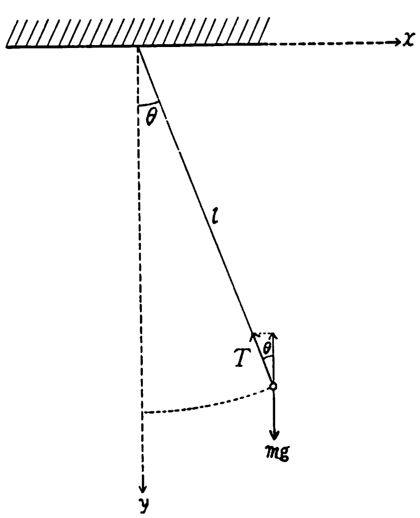
重力の加速度を g（一定）とする。質量 m の質点が静止の位置から落下する場合の速度 v および落下距離 s を求めよ。つぎに初速 v_0 で落下させた場合の v および s はどうなるか。たゞし空気の抵抗はないものとする。

例題　5．（3年 —— 偏微分法）

曲線 $y-f(x)=0$ 上の点 $(t,\ f(t))$ における法線は $(x-t)+f'(t)(y-f(t))=0$ である。こゝで t を変数とみて，この法線族の包絡線を t の媒介変数表示で求め，この包絡線が曲線 $y-f(x)=0$ の曲率の中心の軌跡となることを確かめよ。

例題　6．（3年 —— 微分方程式）

単振子において質量 m の質点に働く力は重力 mg と糸の張力 T のみであるとする。図－3のように座標軸をとり振子の鉛直からの変位角を θ，



図－3

糸の長さを l とするとき $x,\ y$ を t の関数とみて微分方程式

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=-T\sin\theta,\quad m\frac{d^2y}{dt^2}=mg-T\cos\theta$$

を導き出し，糸の振れの小さいときすなわち $\sin\theta\fallingdotseq\theta$，$\cos\theta\fallingdotseq 1$ とみたときの $x,\ y$ を求めよ。

〔電気工学科〕

例題　1．（1年 —— ベクトル）

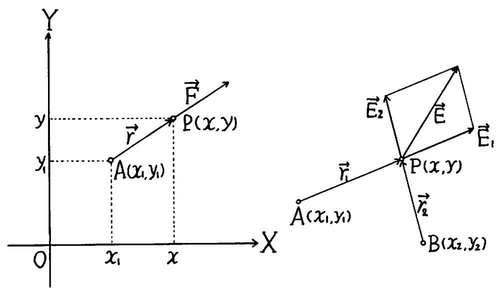
図－4のように点 A $(x_1,\ y_1)$ に q の正電荷があり，A より r の点 P $(x,\ y)$ に単位電荷をおくとき，これに作用する力の大きさ F はクーロンの法則（MKSA 系）から

$F=q/(4\pi\varepsilon r^2)$　（ε は真空誘導率）

で与えられその方向は $\overrightarrow{\mathrm{AP}}$ と同一である。よって $\vec{F}$ が P 点の電界の強さ $\vec{\mathrm{E}}$ となるので

$$\vec{E}=F\cdot\vec{r}/r$$

である。いま図－4の右図のように点 A $(x_1,\ y_1)$ に q_1，点 B $(x_2,\ y_2)$ に q_2 の電荷があるとき，この2個の電荷による点 P $(x,\ y)$ の電界の強さを求めよ。



図－4

例題　2．（1年 —— 3角関数（その2））

極形式による複素数 $z_1=r(\cos\theta+j\sin\theta)$ がある。z_1 の偏角を正の方向に ϕ だけ回転させた複素数を z_2 とするとき $z_2=z_1(\cos\phi+j\sin\phi)$ となることを確かめてからつぎの問に答えよ。

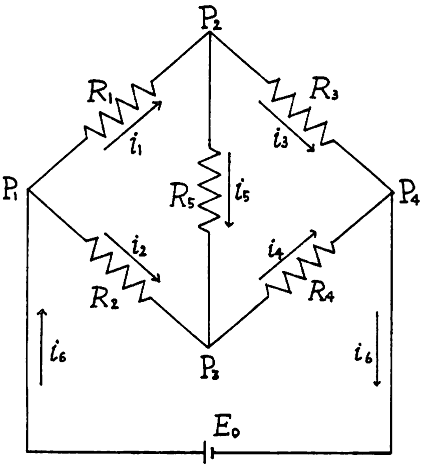
いま平衡3相電圧の1相の電圧が $E_1=200$

$$E_1=200\left(-\frac{1}{2}\quad+j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

であるとき，他の2相の電圧はどんな複素数で表わされるか。

例題　3．（2年 —— 行列）

起電力 E_0 の電池に5個の抵抗 $R_i(i=1,\ 2,\cdots 5)$ を図－5のようなブリッジ回路に連絡するとき，各部分に流れる電流 $i_k(k=1,\ 2,\ \cdots 6)$ を行列を用いて表わせ。



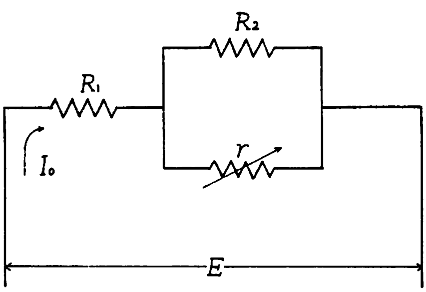
図－5

例題　4．（2年——微分法）

図－6のように抵抗 R_1, R_2, r を接続し，これに一定電圧Eを加えるとき回路電流を I_0 とすると

$$I_0=E/\left(R_1+\frac{rR_2}{r+R_2}\right)$$

である。いま R_1, R_2を一定とし r を可変抵抗とする。r に流れる電流 I は $I=I_0\times R_2/(r+R_2)$ である。こゝで r の如何なる値に対して r に消費される電力 P が最大となるか。たゞし $R=I^2r$ である。



図－6

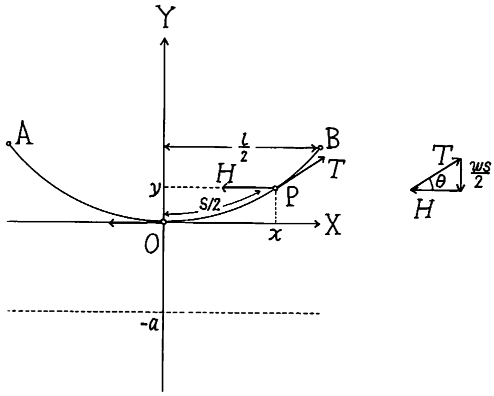
例題　5．（3年——積分法の応用）

電線が図－7のように同一高さの2点A，Bに支持されている場合を考える。電線の単位長さの重量を w、AB＝1とし $\overset{\frown}{\mathrm{OB}}$ 上に1点P$(x,\ y)$をとる。$\overset{\frown}{\mathrm{OP}}=s/2$，P点における張力を T，その水平分力を H（これは各点で等しい）とすれば $\overset{\frown}{\mathrm{OP}}$ に働く力は電線の重量 ws と H および T の3者で右図のように約合っていて

$\tan\theta=ws/2H=dy/dx$ となり $\overset{\frown}{\mathrm{OP}}$ の長さは

$$\frac{s}{2}=\int_0^x\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\,dx$$

であることより $y=\frac{a}{2}(e^{\frac{x}{a}}+e^{-\frac{x}{a}})-a$ を導き出せ。こゝで $a=H/w$ である。



図－7

例題　6．（3年——微分方程式）

起電力 E の電池に抵抗 R とインダクタンス L のコイルを直列した回路において，電流 i を時間 t の関数とみて微分方程式を導き i を求めよ。たゞし R および L による電圧降下はそれぞれ R_i，$L\cdot di/dt$ である。

つぎに電池を交流電圧 $E_m\sin\omega t$ の発電機に置き変えたらどうなるか。こゝで E_m は電圧の最大値，ω は角速度である。

更に容量 C のコンデンサーが直列に接続されたときはどうか。たゞし C による電圧降下は $\frac{1}{C}\int i\,dt$ である。

〔工業化学科〕

例題　1．（1年——対数関数）

(A) 水素イオンのモル濃度を〔H^+〕で表すとき，水素イオン指数 pH は次式で与えられる。

pH＝$-\log_{10}$〔H^+〕

〔H^+〕$=10^{-8}$ の海水の pH を求めよ。つぎに pH＝8.5のときの水溶液の〔H^+〕を求めよ。

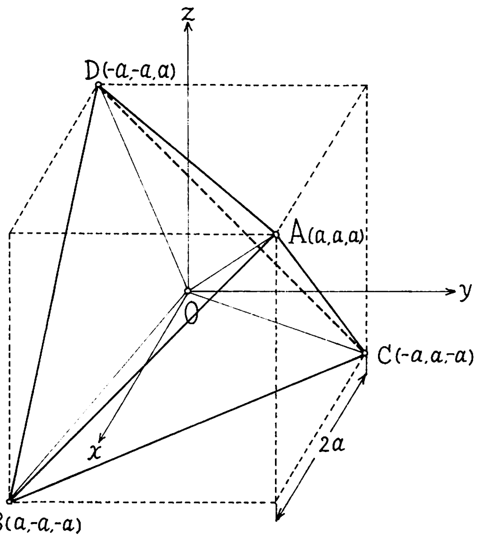
(B) 一定量の気体を断熱変化させたとき，その気体の圧力 p と容積 v との間に $pv^{r}=\mathrm{const}$ という関係がある。こゝで r は比熱比といわれ分子構造から定まる定数である。

いま N_2の気体を25℃で100 atm の気体に断熱膨張させて10 atm にしたら－119℃に下った。r

を求めよ。たゞし膨張前後における気体の圧力，容積，温度をそれぞれ p_1，v_1，T_1および p_2，v_2，T_2 としたときボイルシャールの法則より $pv_1/T_1 = p_2v_2/T_2$ であることを用いよ。

例題　2．（2年 —— 空間図形）

メタン CH_4 の炭素原子Cに結合している4個の水素原子Hは，Cを中心とする正四面体の各頂点に位置している。いま図－8のように座標軸をとりC原子を原点におくときH原子はA, B, C, Dの4頂点にくる。ベクトル $\overrightarrow{OA}$, $\overrightarrow{OB}$ の方向余弦を求めよ。また結合角∠AOBは何度になるか。



図－8

例題　3．（2年 —— 行列）

4つの成分を含みその1つずつを主成分とする4種の原料油があり，組成割合が**表4**の通りであるとする。いま表の右欄に示した組成をもつ製品油を作ったとき各原料油の混合割合はどうなるか。

表4　原料油の組成割合（%）

		原料油				製品油
		1	2	3	4	
成分別	A	89	5	2	2	11.6
	B	8	70	10	3	44.7
	C	2	20	80	30	29.0
	D	1	5	8	65	14.7

例題　4．（2年 —— 積分法の応用）

1 atm で温度 t^0F における CO_2 の比熱 y は

$$y = 9.00 + 2.71\times10^{-3}t - 0.256\times10^{-6}t^2$$

で与えられる。一般に

$$y = a + bt + \frac{c}{t^2}\quad (a,\ b,\ c \text{ は定数})$$

である物質の t_1 から t_2 の温度範囲における平均の比熱を求めよ。

例題　5．（3年 —— 偏微分法）

物体の容積 V は絶対温度 T と圧力 p との関数とみて $V=f(T,\ p)$ と表わす。いま熱膨張率 α および等温圧縮率 β をそれぞれ

$$\alpha = \frac{1}{V}\,\frac{dV}{dT},\quad \beta = -\frac{1}{V}\,\frac{\partial V}{\partial p}$$

と定義する。容積一定すなわち $dv=0$ のとき，圧力の等温変化に対する割合 $\partial p/\partial T$ を求めよ。これにより100℃目盛の水銀温度計が100℃以上に加熱されて水銀が毛細管一杯に膨張した後（すなわちVが一定）の圧力変化を求めよ。たゞし100℃における水銀の熱膨張率および等温圧縮率はそれぞれ $\alpha = 1.8\times10^{-10}(\mathrm{deg}^{-1})$，$\beta = 4.1\times10^{-6}$ (atm^{-1}) である。

例題　6．（3年 —— 微分方程式）

化学反応によって単位時間内に原料成分の濃度が減少する割合を反応速度という。

希薄溶液中のショ糖は加水分解によってブドウ糖と果糖とに分解する。このときの反応速度 v はある条件のもとで残存ショ糖の濃度 x に比例するので $v = dx/dt = -kx$ の関係式を得る。こゝで k は一定温度のとき原料の濃度に無関係な定数である。t を求めよ。たゞし $t=0$ のとき $x=x_0$ とする。一般にショ糖の初めの濃度を a とし，t 時間後に x 濃度だけ減少した時の反応速度の関係式を導いて t を求めよ。

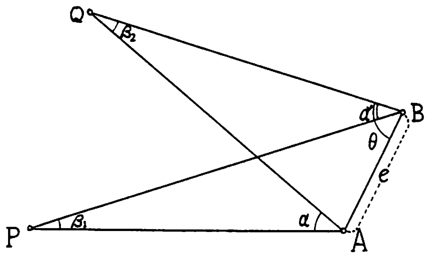
〔土木工学科〕

例題　1．（1年 —— 3角関数（その1））

O点にトランシットを据えて150 m離れたP点に杭を打とうとしたが，トランシットの視準線に1′20″の狂いがあり実際にP′点に打った。このときのずれPP′は何程か。たゞしPとP′はOを中心とする同一円周上にあると考えてラジァンを活用して計算せよ。

例題　2．（1年 —— 3角関数（その2））

3角点Aから他の3角点PおよびQに対する水平角を観測しようとしたが，見通し線上に障害があるので図－9のようにAB＝e の距離の点Bに



図－9

偏心して観測したところ2点P, QがAを挾む角αをB点ではα'と読みとれた。従って誤差$\Delta\alpha$は$\alpha'-\alpha$である。いまBP$=a$, BQ$=b$, $\angle$ABP$=\theta$のとき，これらの可測量を用いてAPおよびAQを表わせ。つぎに$\Delta\alpha$を求めよ。

例題　3．（2年――不定積分）

図－10のように横断面積がそれぞれ，A, Bである2つの水槽が断面積αの小孔で連結されている場合を考える。初めの水面差がh, 時間tたった後をx, A面の下降をyとするとき小孔からの瞬間流水量はトリチェリーの定理を用いると

$$dQ/dt=cav=ca\sqrt{2gx} \qquad (1)$$

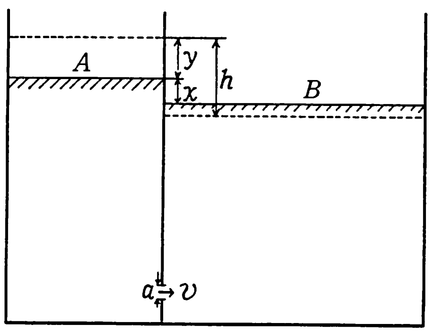
で与えられる。こゝにcは流量係数, gは重力の加速度である。つぎにA面の下降水量とB面の上昇水量は等しいので

$$Ay=B(h-x-y) \qquad (2)$$

を得る。(1), (2)両式より

$$t=\frac{(\sqrt{h}-\sqrt{x})}{ca\sqrt{2g}}\cdot\frac{2AB}{A+B}$$

を導き出せ。



図－10

例題　4．（2年――積分の応用）

断面積がAである図形のx軸に関する断面積2次モーメントは

$$I_x=\int_A y^2dA$$

で与えられる。つぎの各図形のI_xを求めよ。

(1)　中心軸をx軸とし底辺a, 高さhの長方形。

(2)　x軸を底辺としてその長さb, 高さhである3角形。

(3)　原点を中心とする半径aの円。

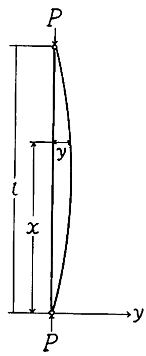
例題　5．（3年――偏微分法）

完全流体において，流体粒子が時刻tにおいて点P(x, y, z)でx, y, z軸方向の速度成分がそれぞれ$u(x, y, z, t)$, $v(x, y, z, t)$, $w(x, y, z, t)$であるとする。この流体粒子が微小時間Δtの後に点P$'(x', y', z')$に移動したとき$x'=x+u\Delta t$, $y'=y+v\Delta t$, $z'=z+w\Delta t$であるから，P$'$における速度のx成分u'は$u'=u(x+u\Delta t, y+v\Delta t, w+w\Delta t, t+\Delta t)$と表わされる。このときの加速度の$x$成分を$\alpha_x$とすると

$$\alpha_x=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{1}{\Delta t}\quad(u'-u)$$

である。この式にテーラ展開を用いてΔtの2次以上の微小項を拾てることにより次式を導き出せ。

$$\alpha_x=u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial u}{\partial t}$$



図－11

例題　6．（3年――微分方程式）

図－11のように両端が回転支点の長柱に対して，材軸方向にx, これと直角にy軸をとり下端を原点とする。いま荷重Pによって僅かにたわみy

が生ずるときの曲げモーメント M は Py である。
弾性曲線の微分方程式

$$\frac{d^2y}{dx^2}=-\frac{M}{EI}$$

を用いて y を求めよ。こゝで E は弾性係数，I は断面2次モーメントで定数である。

文　　献

[1] 菅原道弘, 小野寺隆：工業高等専門学校における数学教育のあり方，苫小牧高専紀要，13号 (1978)，131－140。

[2] 小野寺隆：高等専門学校における数学と他教科との関連, 苫小牧高専紀要, 16号(1981), 155－166。

[3] ────：高等専門学校における数学と他教科との関連II，苫小牧高専紀要，17号 (1982)，115－125。

[4] ────：高等専門学校における数学と他教科との関連III，苫小牧高専紀要，18号 (1983)，133－143。

[5] ────：高等専門学校における数学と他教科との関連IV，苫小牧高専紀要，19号 (1984)，131－140。

[6] 小野寺隆, 菅原道弘：高等専門学校における数学と他教科との関連V，苫小牧高専紀要，20号 (1985)，169－178。

[7] 赤　攝也：算数･数学教育の理論と構造，教育学講座第11巻 (1980)，316－325。

[9] 高等専門学校教育方法改善調査会一般部会数学分科会報告：高専教育，創刊号 (1978)，17－42。

[8] 文部省大学局技術教育課：高等専門学校の新しい教育課程の基準について，昭和51年11月 (1976)。

(昭和60年11月30日受理)