

第3学年数学標準テストの結果と分析: 1995-2000

池田盛一* 山 俊博* 林 義實* 澤柳博文*

The Results and Analyses of a Mathematical Standard

Test for Third-year Students: 1995-2000

Seiichi Ikeda Toshihiro Yamazaki Yoshimi Hayashi

Hirohumi Sawayanagi

1 はじめに

本校では1988(昭和63)年度より、3年生全員を対象に数学標準テストを行っている。当初は、4年の応用数学を学ぶ為に必要な最低限の項目を明らかにし、それを習得させることを念頭に置いて、微分積分の基礎計算を出題していた[1]。その後1992(平成4)年度より旭川高専も加わり、内容も微分積分だけでなく、基礎数学や線形代数の基礎なども含まれるようになった(注1)。更に、1995(平成7)年度には函館高専も参加し、以後この出題範囲で、3高専持ち回りで問題を作成し、冬休み明けにほぼ同時に試験を行っている(注2)。

毎年同じ試験問題で行っているテストではないため、学力の年次変化を見ることは不可能であり、最近話題になっている「学生の学力低下」を確認することは難しい。しかし、現時点でこれまでのデータをまとめ特徴を見ておく事は、今後の学生指導を考える上でも、又、標準テストの今後の在り方を考える上でも意味がある。3高専共同となった1995年度から2000年度までの本校学生の得点データを公開し、そのデータから見て取れる特徴を明らかにする事、正規分布ではないデータに対する一つの評価方法を提案し、それを適応してデータを分析する事、そして今後の発展方向を検討する事がこの論文の目的である。

2 データ分布の特徴

標本数が多い場合、データは正規分布をなすと期待される。しかし、本校での試験データは正規分布に近いことの方がまれである[2]。下位に学生が集中するクラス、上中下に3分割できるクラスなどが多く見られる(図1)。このような分布で平均値・分散など、通常の統計量を扱うことは

あまり意味がない。これについては第4節で議論することとし、本節及び次節では、その集団を特徴付ける一つの指標として平均値は使用する。

クラス毎の比較では、その年の担当教官の標準試験に対する姿勢やそのクラスとの相性、学生のやる気等が影響する為、一般的な傾向が見えないこともある。そこで、各年度について全学生の得点分布を取ってみた(図2)。下位に分布する傾向は顕著であり、基礎事項が習得できていない学生が大多数を占めることが分かる。

ところで、1996年度までと1997年度以降で、明らかに分布に差があることが分かる。すなわち、得点15点未満にあったピークが15点以上にシフトしている。1996年度までと1997年度以降の差は平均点でも現れている。

実は1996年度までは、冬休み前に試験範囲のみを学生に告知していた。しかし、1997年度からは旭川にあわせ、冬休み前に過去2年分の問題と解答を学生に配布するようにした。学生にとっては標準テストの勉強がやり易くなったはずであり、その結果が上述の変化を生んだと考えられる。

過去の問題を知ることができて5点ほど(問題数にして1問から1問半)ピークが上がっただけ、ということはどう評価すべきであろうか。確かに、簡単な項目を中心に少し勉強する学生が増えた、と好意的に解釈する事もできる。しかしもう一方では、勉強習慣のついていない学生にとっては、出題範囲の広い標準テストの場合、過去の問題が分っていてもほとんど勉強してこない、と見ることもできる。

3 学科による特徴

図3は学科毎の平均点の年度変化を表している。平均すれば電子、情報がほぼ同じ、電気、建築、機械と続く。次の点が注目される。

*一般教科

1995年度クラス別度数分布

100 -					
95 -					
90 -					
85 -					
80 -					
75 -					
70 -					
65 -					
60 -					
55 -					
50 -					
45 -					
40 -					
35 -					
30 -					
25 -					
20 -					
15 -					
10 -					
5 -					
0 -					
最高	49	77	90	87	71
平均	8.4	27.1	32.6	34.7	28.3
最低	0	0	0	3	5

1996年度クラス別度数分布

100 -					
95 -					
90 -					
85 -					
80 -					
75 -					
70 -					
65 -					
60 -					
55 -					
50 -					
45 -					
40 -					
35 -					
30 -					
25 -					
20 -					
15 -					
10 -					
5 -					
0 -					
最高	67	68	80	73	67
平均	19.4	21.9	34.7	36.9	20.0
最低	6	0	6	6	0

1997年度クラス別度数分布

100 -					
95 -					
90 -					
85 -					
80 -					
75 -					
70 -					
65 -					
60 -					
55 -					
50 -					
45 -					
40 -					
35 -					
30 -					
25 -					
20 -					
15 -					
10 -					
5 -					
0 -					
最高	68	82	90	84	92
平均	20.4	27.6	36.7	28.0	32.2
最低	0	6	3	3	5

1998年度クラス別度数分布

100 -					
95 -					
90 -					
85 -					
80 -					
75 -					
70 -					
65 -					
60 -					
55 -					
50 -					
45 -					
40 -					
35 -					
30 -					
25 -					
20 -					
15 -					
10 -					
5 -					
0 -					
最高	76	78	88	77	83
平均	28.7	37.9	33.2	31.3	26.9
最低	0	0	5	0	0

1999年度クラス別度数分布

100 -					
95 -					
90 -					
85 -					
80 -					
75 -					
70 -					
65 -					
60 -					
55 -					
50 -					
45 -					
40 -					
35 -					
30 -					
25 -					
20 -					
15 -					
10 -					
5 -					
0 -					
最高	77	90	58	79	81
平均	27.5	27.9	33.1	48.3	19.6
最低	3	0	9	0	3

2000年度クラス別度数分布

100 -					
95 -					
90 -					
85 -					
80 -					
75 -					
70 -					
65 -					
60 -					
55 -					
50 -					
45 -					
40 -					
35 -					
30 -					
25 -					
20 -					
15 -					
10 -					
5 -					
0 -					
最高	61	73	83	66	68
平均	20.5	23.1	40.3	30.4	30.5
最低	0	3	4	0	6

図 1: 3 年数学標準テストのクラス別得点分布と平均点。M,E,D,J,A はそれぞれ機械, 電気, 電子, 情報, 建築を、R は留学生を表す。

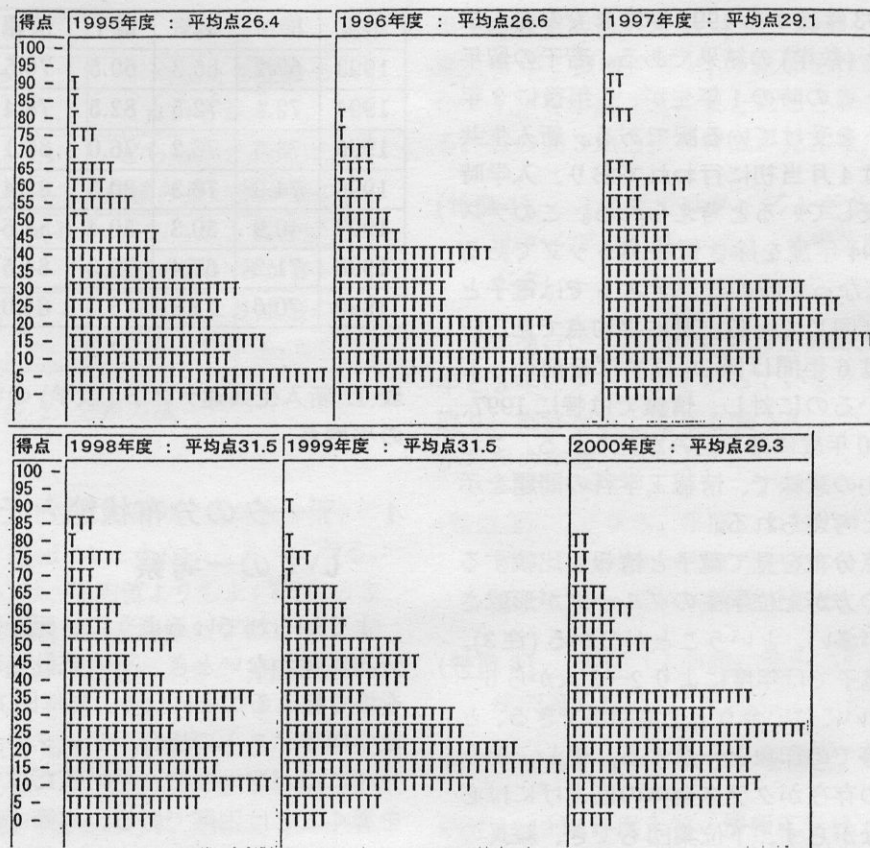


図 2: 全学生の得点分布と平均点

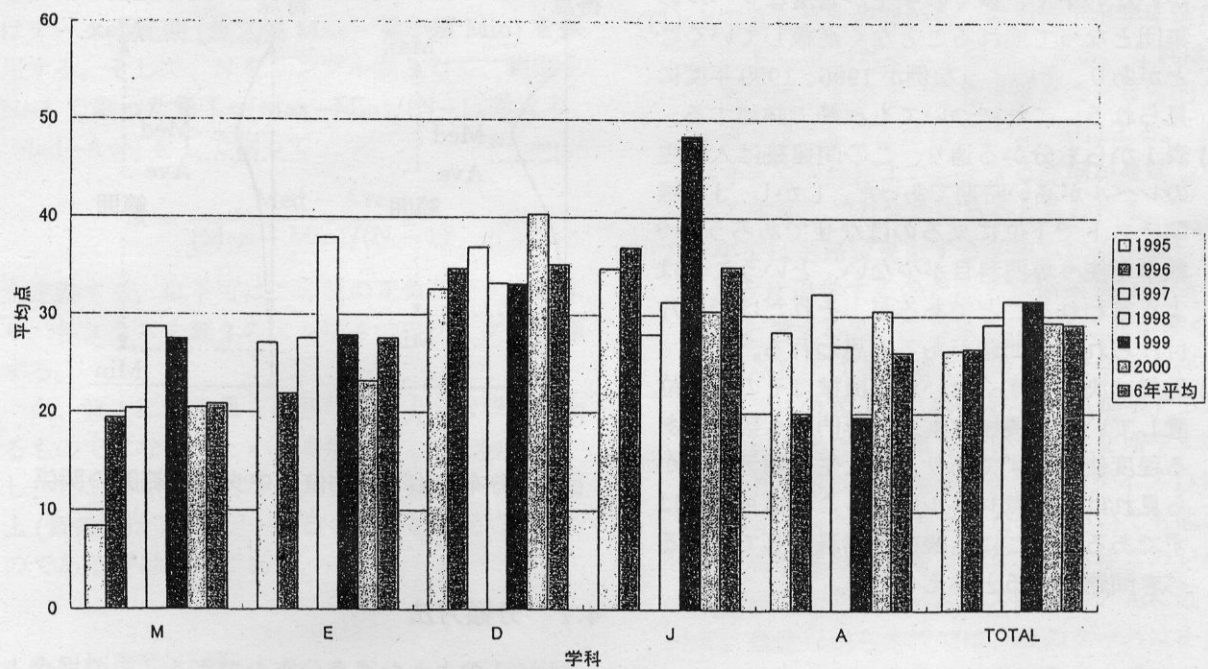


図 3: 学科毎の平均点年度変化 (1995-2000 年度) と 6 年間の平均点

- (1) 表1は1993年度から1999年度までの新入生共通テスト(数学)の結果である。若干の留年生を除き、この時の1年生が、2年後に3年標準テストを受けている訳である。新入生共通テストは4月当初に行われており、入学時の学力を表していると考えられる。このテストでは1994年度を除き情報がトップであるが、3年になった時の標準テストでは電子と情報がほぼ同じである。更に平均点で見ると、電子は6年間ほぼ30点半ばを前後して安定しているのに対し、情報では特に1997、1998、2000年度に落ち込みが見られる。これらは何らかの意味で、情報工学科の問題を示していると考えられる。
- (2) 図1の得点分布を見て電子と情報を比較すると、電子の方が上位学生のグループが形成されることが多い、ということが分かる(注3)。これは、電子では年度により2-3人から6-7人のお互いに競い合う上位集団ができる、という授業等での印象と一致する。但し、そうした集団の存在がクラス全体の底上げには必ずしもつながらず、下位集団もでき、縦長の分布になることが多い。この点は次節の分析で顕著になる。
- (3) 情報の場合、最近はこのように上位集団が形成された印象を受けない。むしろ際立った学生がいない中で、多くの学生が適度なレベルの集団となって崩れることなく進級していくことがあり、そのような例が1996、1999年度に見られる。これについても次節で詳述する。
- (4) 表1からも分かる通り、この間建築は入学生のレベルが高い時期であった。しかし、3年標準テストで下位に来るのはなぜだろうか？ 数学を使う専門科目が少ない、ということとはよく言われることであるが、それだけでは片付けられない問題があると思われる。
- (5) 電気は決して高くないが、機械はその下に位置している。機械は本来、専門でも数学をある程度使うはずであり、新入生共通テストから見れば、電気レベルになることは可能なはずである。ここにも機械工学科として考えるべき問題があると考えられる。

年度	機械	電気	電子	情報	建築	全体
1993	62.2	65.3	69.5	76.5	66.9	68.1
1994	72.1	72.5	82.5	78.4	81.4	77.4
1995	73.5	76.2	76.0	80.1	81.5	77.5
1996	74.9	76.3	80.5	82.4	80.4	78.9
1997	40.9	50.3	50.4	54.6	48.3	48.9
1998	71.2	67.4	79.3	84.5	75.1	75.5
1999	70.6	71.8	78.4	84.0	75.7	76.1

表1: 新入生共通テスト(数学)の各学科及び全体の平均点

4 データの分布状態とその分類についての一考察

よく知られているように、データの分布が正規分布に従わないとき、その統計処理は難しい問題を多く抱えることになる。先に図1で見たように、数学標準テストの場合、データの分布状態は正規分布にほど遠いので、平均値だけで議論して結論を導くことは困難である。本節では、このようなデータの特徴を見るために、代表値として平均値と中央値(メジアン)を、散布度として範囲(レンジ)を用いた分類方法を提案し、図1のデータを解析する。

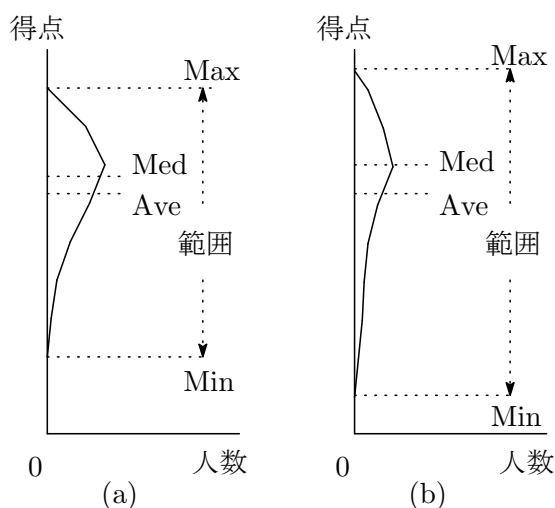


図4: 分布の山と平均値、中央値、範囲の関係

4.1 分類方法

図4(a)のような得点分布を考える。この場合、下位に分布する学生の影響で、平均値(Ave)は中央値(Med)より小さくなり、それらの差(Med-Ave)

タイプ	条件	特徴
A	$\lambda > 1$	平均値より成績の良い者が多い。
B	$0 < \lambda < 1$	どちらかと言えば、成績の良い者が多い。
C	$-1 < \lambda < 0$	どちらかと言えば、成績の悪い者が多い。
D	$\lambda < -1$	平均値より成績の悪い者が多い。

表 2: 分類方法

は正になる。逆に、下位に多数の学生が来る図2のような分布では、 $\text{Med} < \text{Ave}$ となるため負になる。即ち、 $(\text{Med} - \text{Ave})$ は、平均値よりも上(下)に分布の山がある時に正(負)で、平均値よりも上(負の場合は下)のデータが多い程その大きさ $|\text{Med} - \text{Ave}|$ は大きくなるため、これを用いてデータ分布の特徴が表せる可能性がある。

但し、大きさについては注意が必要である。図4の(a)と(b)の比較で分るように、 $|\text{Med} - \text{Ave}|$ は、平均値よりも上(負の時は下)のデータの数だけでなく、データの散布度にも依存する。従って、データの数に注目する場合には、散布度の影響を除く必要がある。分布が正規分布とほど遠く、散布度として標準偏差を使うのは意味がないため、ここではデータの範囲(最大値 Max- 最小値 Min)を採用する。そして、Nをサンプル数として、範囲を $N-1$ で割った量 $L = (\text{Max} - \text{Min}) / (N-1)$ をとり、 $(\text{Med} - \text{Ave})$ を L で割って

$$\lambda = \frac{\text{Med} - \text{Ave}}{(\text{Max} - \text{Min}) / (N - 1)}$$

を定義する。以下ではこの値の正負及び大小により、各クラスを表2のように4つのタイプに分類する。

尚、判定に使う量 λ は数学的に十分な根拠があるものではない、という事は注意しておく。しかし、ここまでの説明から分るように、平均値よりも上(負の時は下)のデータ数の多少を評価できるものである事は確かである。

4.2 年度別分類

上で提案した判定方法に基づいて、1994年度から2001年度に行われた各種の数学共通テスト(1

年：新入生共通テスト、2年：共通テスト(4月実施)、3年：標準テスト)の結果を判定し、クラスのタイプを年度ごとにまとめると表3のようになる。この表3から次の特徴が見える。

(特徴1) 1年生ではタイプAが多く、2年生ではタイプB,C,Dが増え、3年生ではタイプDが多い。

学年進行による変化を見るために、表3から「1年と3年のデータがそろっているクラス」を抜き取り、推移をまとめると表4のようになる。表4から次の特徴が分かる。

(特徴2) クラス、年度によらず「入学当初はタイプA,Bであったクラスも、3年生になると悪くなる」傾向が顕著である。

(特徴3) 逆に「入学時に悪かったクラスが3年生で良くなる」ことはほとんどない。

但し、例外的なクラスが2つある。

例外1 1997年度入学・情報工学科：「C $\rightarrow$ B」

例外2 1994年度入学・情報工学科：「A $\rightarrow$ A」

4.3 分類結果についての考察

- (1) 上で見られた特徴から、学力低下が学年進行とともに現われる、と結論できる。これは、一部の学生を除き、予習・復習など日常的な勉強がほとんどなされていない事による。「進級さえできればよい」とする風潮が蔓延している事が、この背景にあると思われる。
- (2) 3年では進路変更をする学生もいる。彼らは「どうせ退学するのだから試験結果は関係ない」と考える為、10点未満になることが多く、平均点を下げる。又、このような学生の存在はクラスの雰囲気に影響を与え、「退学する気はないが勉強する気もない」学生を増やす事がありうる。その場合、クラスはタイプDに近づく。一方、このような学生がいても他の多くの学生は影響を受けず、ある程度のレベルを維持できれば、クラスはタイプAに近づく。残念ながら本校では、後のケースはあまり期待できないが、上で見た例外クラスはこれに当てはまる可能性がある。この点は次の4.4節で詳しく調べる。

年度	M			E			D			J			A		
	1年	2年	3年	1年	2年	3年	1年	2年	3年	1年	2年	3年	1年	2年	3年
2001	B	D		C	C		A	A		A	B		D	D	
2000	B	D	D	A	D	D	C	D	D	A	D	D	A	D	C
1999	A		D	B		D	A		D	B		B	A		D
1998	A	D	C	D	C	B	A	C	D	B	B	C	A	C	D
1997	D		D	A		D	B		D	C		D	A		C
1996	A		C	A		D	A		D	A		A	B		D
1994	B		D	D		D	A		C	B		D	A		C
1993	A			A			D			A			A		

表 3: 数学共通テスト結果のλによる分類

入学年度	M	E	D	J	A
	1年～3年	1年～3年	1年～3年	1年～3年	1年～3年
1998	A ↓ D	D → D	A ↓ D	B ↓ D	A ↓ C
1997	D → D	A ↓ D	B ↓ D	C ↑ B	A ↓ D
1996	A ↓ C	A ↓ B	A ↓ D	A ↓ C	B ↓ D
1995	B ↓ D	D → D	A ↓ D	B ↓ D	A ↓ C
1994	A ↓ C	A ↓ D	D → D	A → A	A ↓ D

表 4: 学年進行に伴うタイプの変化

(3) 標準テストの平均点で1～2番に位置する3年電子であるが、ほとんどの年度でDタイプとなっている。これは前節(2)で述べた、「競い合う一部の上位集団と、多数からなる下位集団ができる」という、電子に見られる傾向に対応している。下位集団でも、機械・電気・建築の下位集団よりは上に来る事が多いとはいえ、上位集団の影響をクラス全体に広げる課題は、電子工学科として考える必要があろう。

4.4 例外クラスについての考察

4.2節のような特徴がいつまでも続くことは放置できない問題である。学生たちにやる気を起こさせる為に、動機づけ、教授方法、クラス編成等で様々な工夫や試みが行われているが、なかなか改善されていない。そこで以下では、本節での分析方法により浮き彫りになった例外的な2クラスに対して、「その背景として何があるか(あったか)」を考える。この考察は、「今後の指導方法について何かヒントを与えるかもしれない」という意味で重要である。

まず、この分析方法で扱っている統計値をまとめておく(表5)。3年ではどちらのクラスにおいても、極端に得点の低い者が平均値を下げているため、それより得点の高い者が多くいるという結果になっている(図1も参照)。

この2クラスには次のような共通点がある。

(1) **高専の数学を学習できる能力や態度を持った学生が多い。**

情報工学科は入学試験でトップに位置しており、そこに入れる能力があるか、それだけまじめに勉強した学生が集まっている。

(2) **退学や留年がある事を早い時期に経験している。**

1997年度クラスは1年で1人、2年で1人、3年で1人、1994年度クラスも2年で1人、3年で1人、落第した留年生が入ってきた。彼らはクラスにあまり溶け込むことなく、悪影響も与えなかった。又、1997年度クラスでは2年で2人退学しており、1994年度クラスでは1年で1人留年、1人退学、2年でも1人留年、1人退学、となっている。どちらのクラスの学生も、自己責任で退学や留年があるこ

クラス	学年	Min~Max	Ave	Med	Med-Ave	L	タイプ
1997 年度入学 情報	1	24~92	54.61	54.50	-0.11	1.55	C
	3	0~79	48.30	50.00	+1.70	1.80	B
1994 年度入学 情報	1	54~100	78.36	79.50	+1.14	1.10	A
	3	6~73	36.87	41.00	+4.13	1.76	A

表 5: 例外クラスの統計値

とを、早くに理解できたと思われる。

(3) 継続して努力する学生がいた。

能力的にはクラスの上位ではないが、日常的に努力する学生がいた。彼らは学年が上がるに従い実力をつけ、学力で大学に編入した。もちろん確定的な事は言えないが、彼らの存在がクラスに何らかの影響を与えたかもしれない。

残念ながらこれらのクラスでも、日常的に勉強する学生はごく一部であった。しかし、多くの学生は、

- ・ 授業中はきちんと勉強する、
- ・ 課題等は出す、
- ・ 試験前は勉強する、

といった最低限のまじめさを持っていた。つまり、学力的に問題があったり、本校や情報工学科に順応できなかった学生がある程度抜け、残りの学生の多くが、このようなまじめさを持った集団を成していた、と見られる。もちろんこの集団から外れた者もあり、3 年終了時において、1997 年度クラスで 4 人 (内 1 人は標準テスト未受験)、1994 年度クラスで 7 人 (内 3 人は未受験) が退学又は留年となっている。彼らは標準テストの平均点を下げる元になっている。

さて、最後に述べたような集団に対し、その中の下位の学生でも理解でき、上位の学生も退屈せず、やる気の出るような授業を提供すれば、その集団を維持できると考えられる。こうして例外的な 2 クラスができたというのが、可能な解釈の一つである。

5 まとめと議論

(1) 3 年数学標準テスト 6 年分の分析より

- ・ 本校学生の勉強習慣が養われていないこと、学科間に学力格差があり拡大していくことなど、これまで授業等で感じていた事柄が再確認できた。

- ・ 学科間格差の拡大には、入学生の学力とは違う要素が大きく作用している、と見られる事も確認できた。
- ・ 本校内では上位の電子、情報であるが、それぞれに第 3 節で述べたような問題がある事が分った。

- (2) データの分布状態に注目し、平均点より下に分布する学生の割合を数値的に評価する 1 つの方法を提案した。直感的に言えば、「クラスが下に崩れているか否か」を、この方法で簡便に見ることが出来る。
- (3) (2) の方法でデータの揃っている 5 年分を分析し、本校ではほとんどのクラスが、学年進行に伴い崩れていく事が確認できた。一方、例外も 2 クラスあり、他クラスと違う原因を議論した。

第 4 節で行ったように、このテストの結果から良いクラスを見つけ出し、そのクラスの分析から指導方法を検討する事は、今後も継続する必要がある。又、より直接的な教科指導への応用として、「項目ごとの正答率を調べ、不十分な項目について指導方法の改善をはかる」という事が考えられ、その為の準備は、2001 年度の試験より始まっている。

さて、13 年間にわたり、「3 年生全員に共通テストを行う」という試みをする中で、いくつかの変化があった。例えば、

- (1) 教官が、自分の担当クラスだけでなく 3 年全体を意識するようになった。
- (2) 「標準テストに向けて勉強させよう」という教官の姿勢が確立されて来ると同時に、それに応じて勉強する学生も増える傾向にある。
- (3) 定期試験などでも、できる範囲で共通問題を取り入れ、共通の土台で学生の学力評価をするようになった。

等である。更に、現在は 3 高専で行っているため、

3 高専のいろいろな学科の学生の学力を比較できるようになった。その結果、教官も学生も視野が広がり、お互いに刺激を受けるようになった。

こうした動きは、「客観的な成績評価」という考え方に通じていく。今後進むと予想される情報公開や、日本技術者教育認定機構 (JABEE) との関わりを考える時、より客観的な評価を行い、学生に全国レベルで通用する学力をつける事が一層重要になるであろう。この点からも、標準テストはより充実して行く価値があると考えられる。

(注)

- 旭川高専において 4 年次への編入学生に要求していた内容に準拠。1 年から 3 年前半までに学ぶ項目より基本的問題を選んでいく。参考の為、以下に 2000 年度の問題を掲載しておく。

2000 年度 第 3 学年 標準テスト

[問題 1] 次の各問に答えなさい (答のみでよい)。

- $3x^2 + 7x - 6$ を因数分解しなさい。
- $\frac{1}{x^3 + 1} = \frac{a}{x + 1} + \frac{bx + c}{x^2 - x + 1}$ が x について恒等式となるように a, b, c の値を求めなさい。
- $\frac{1}{2 - 3i}$ を $a + bi$ の形に直しなさい。但し、 $\sqrt{-1} = i$ とする。
- 方程式 $x^3 - 3x^2 + x + 1 = 0$ の解を求めなさい。
- 不等式 $x^2 - 2x - 4 > 0$ を解きなさい。
- 方程式 $\sqrt{-x + 3} - 3 = x$ の解を求めなさい。
- 方程式 $\log_3(x + 6) = 2$ の解を求めなさい。
- 方程式 $\cos x = -\frac{\sqrt{3}}{2}$ の解を求めなさい。但し、 $0 \leq x < 2\pi$ とする。
- $a^{\frac{2}{3}}b^{-\frac{1}{2}} \times a^{-\frac{1}{6}}b^{\frac{1}{3}} \div ab^{\frac{5}{6}}$ の式を簡単な指数の形で表しなさい。
- 放物線 $y = x^2 - 4x + 2$ を x 軸方向に -3 、 y 軸方向に 4 だけ平行移動したグラフの式を $y = ax^2 + bx + c$ の形で表しなさい。
- $\sin(\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{4})$ の値を求めなさい。
- 二つのベクトル $\vec{a} = (3, 2, 1), \vec{b} = (-1, 4, k)$ が直交するように k の値を定めなさい。
- 行列の積 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ を計算しなさい。
- 行列式 $\begin{vmatrix} 3 & 4 & -1 \\ 2 & 3 & 5 \\ 1 & 2 & 4 \end{vmatrix}$ の値を計算しなさい。
- 40 人のクラスから 3 人の代表を選ぶ選び方は何通りあるか。
- 円 $x^2 + y^2 = 1$ と直線 $y = x + k$ が異なる 2 点で交わる時、定数 k の値の範囲を求めなさい。

- 無限等比級数 $1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{9} - \frac{1}{27} + \dots$ を求めなさい。

- $\sum_{k=1}^n (2k + 3)$ を計算しなさい。

- 次の極限値を求めなさい。

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x}{\sin 2x} \quad \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{x+7} - 3}{x - 2}$$

[問題 2] 次の関数を微分しなさい。

$$(1) y = \frac{1}{\cos x} \quad (2) y = e^x \log 2x$$

[問題 3] 次の積分をしなさい。

$$(1) \int (2x - 3)^5 dx \quad (2) \int x e^{2x} dx$$

$$(3) \int_0^1 \frac{1-x}{x^2+1} dx$$

[問題 4] 関数 $f(x) = \frac{\log x}{x}$ ($x > 0$) について、次の問に答えなさい。

- 増減・凹凸を調べ、極値・変曲点を求めなさい。
- $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$ を求めなさい。
- $\lim_{x \rightarrow +0} f(x)$ を求めなさい。
- グラフの概形をかきなさい。

[問題 5] 2 つの関数 $y = \sin 2x$ ($0 \leq x \leq \pi$) $\dots$

$$y = \log \frac{2}{\pi} x \dots$$

- のグラフをかきなさい。
- の関数の定義域及び漸近線を述べ、のグラフをかきなさい。但し、軸との交点は必ず記入すること。
- 不定積分 $\int \log \frac{2}{\pi} x dx$ を求めなさい。
- と のグラフ及び $x = \frac{\pi}{4}$ で囲まれる部分の面積を求めなさい。

- 1995 年度は苫小牧高専電気工学科も参加した。又、1999 年度は釧路高専のみ、同種ながら他高専と異なる問題で 2 月に行った。
- 1995 年度電子及び 1997 年度情報のトップは 3 年次編入の留学生なので、除外して考える必要がある。

(謝辞)

有益なコメントを頂いた大貫和永先生、東正慶先生に感謝致します。

参考文献

- 松田：釧路高専紀要 第 20 号 (1986), 19.
- 柴田・吉田・佐藤：釧路高専紀要 第 24 号 (1990), 77.