

# 平成21年度 国立高等専門学校学習到達度試験実施結果について

国立高等専門学校  
学習到達度試験実施専門部会

## 1. 学習到達度試験の概要

### (1) 試験の趣旨

この試験は、高等専門学校教育の基礎となる科目の学習到達度を調査し、高等専門学校における教育内容・方法の改善に資するとともに、学生自らが自己の学習到達度を把握することを通じて学習意欲を喚起し、主体的な学習姿勢の形成を促すことを目的としている。

### (2) 試験の内容

第4回目となる平成21年度は、「数学」、「物理」の2科目で実施した。

受験の対象者は、第3学年とし、出題範囲を「数学」は10の領域に、「物理」は8の領域にそれぞれ分け、受験する領域を各学校の学科単位で「数学」は6領域以上、「物理」は5領域以上から予め選択できるようにし、試験時間は選択した領域の数にかかわらず一律90分とした。

また、出題は客観式の検査方式、解答はマークシート方式によった。

#### <数学の領域>

領域1. 数と式の計算	領域2. 方程式・不等式
領域3. 関数とグラフ	領域4. 場合の数と数列
領域5. 平面ベクトルの性質	領域6. 微分・積分の計算
領域7. 微分・積分の応用	領域8. 空間ベクトル・行列の計算
領域9. 行列の固有値と行列式	領域10. 2変数関数の微分・積分

#### <物理の領域>

領域1. 速度・加速度・変位	領域2. 力のつりあいと運動方程式
領域3. 力学的エネルギー・衝突	領域4. 円運動・万有引力・単振動
領域5. 熱	領域6. 波動
領域7. 電気	領域8. 磁気

### (3) 試験結果の概要

・試験期日	平成22年1月13日(水)
・参加校	国立高等専門学校 全 51校 及び 神戸市立工業高等専門学校
・受験者	第3学年在籍者のうち 数学 9,735人 物理 9,719人
・配点	1領域50点満点

・各領域の受験者数、平均点等

<数学>

21年度										
	① 数と式の計算	② 方程式・不等式	③ 関数とグラフ	④ 場合の数と数列	⑤ 平面ベクトルの性質	⑥ 微分・積分の計算	⑦ 微分・積分の応用	⑧ 空間ベクトル、行列の計算	⑨ 行列の固有値と行列式	⑩ 2変数関数の微分・積分
学校数	49校	49校	50校	40校	50校	51校	48校	41校	14校	15校
学科数	227学科	227学科	234学科	180学科	234学科	239学科	224学科	184学科	67学科	69学科
学生数	9048人	9048人	9333人	7194人	9340人	9526人	8950人	7363人	2707人	2785人
平均点 (50点満点)	30.9点	22.9点	20.1点	20.2点	17.4点	24.2点	12.9点	12.7点	14.3点	12.6点

[参考]20年度

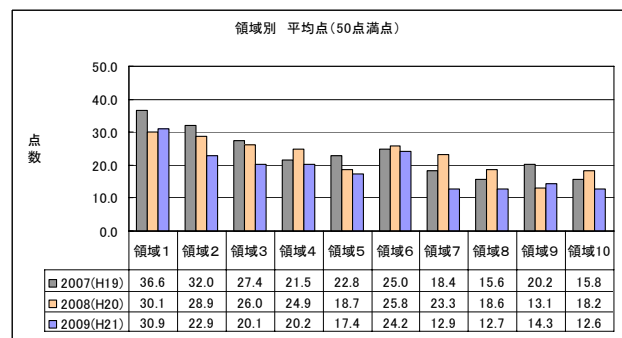
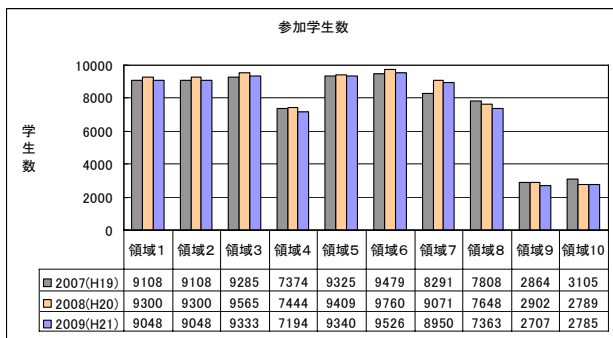
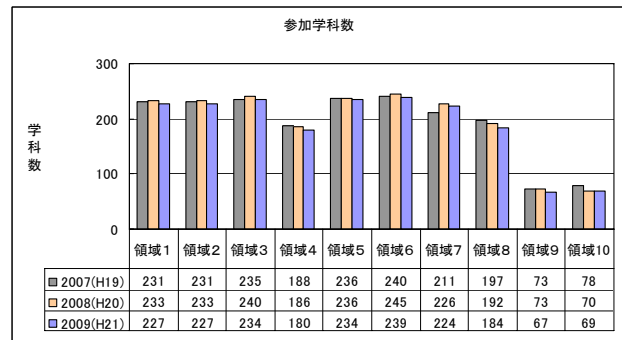
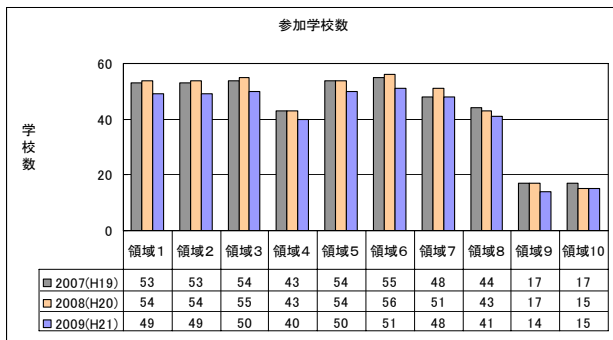
学校数	54校	54校	55校	43校	54校	56校	51校	43校	17校	15校
学科数	233学科	233学科	240学科	186学科	236学科	245学科	226学科	192学科	73学科	70学科
学生数	9300人	9300人	9565人	7444人	9409人	9760人	9071人	7648人	2902人	2789人
平均点 (50点満点)	30.1点	28.9点	26.0点	24.9点	18.7点	25.8点	23.3点	18.6点	13.1点	18.2点

[参考]19年度

学校数	53校	53校	54校	43校	54校	55校	48校	44校	17校	17校
学科数	231学科	231学科	235学科	188学科	236学科	240学科	211学科	197学科	73学科	78学科
学生数	9108人	9108人	9285人	7374人	9325人	9479人	8291人	7808人	2864人	3105人
平均点 (50点満点)	36.6点	32.0点	27.4点	21.5点	22.8点	25.0点	18.4点	15.6点	20.2点	15.8点

※21年度の「数学」には、神戸市立工業高等専門学校の5学科222人が参加。

※20年度の「数学」には、神戸市立工業高等専門学校が5学科214人が参加。



<物理>

21年度										
	① 速度・加速度・変位	② 力のつりあいと運動方程式	③ 力学的エネルギー・衝突	④ 円運動・万有引力・単振動	⑤ 熱	⑥ 波動	⑦ 電気	⑧ 磁気		
学校数	51校	51校	51校	47校	42校	48校	44校	20校		
学科数	238学科	238学科	238学科	216学科	180学科	215学科	181学科	74学科		
学生数	9512人	9512人	9512人	8663人	7256人	8569人	7179人	2909人		
平均点 (50点満点)	24.0点	24.5点	21.8点	17.0点	14.6点	13.3点	9.0点	6.2点		

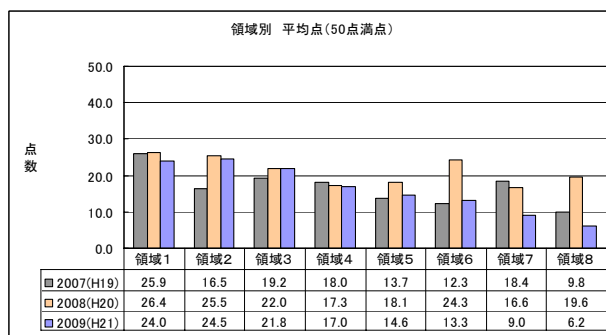
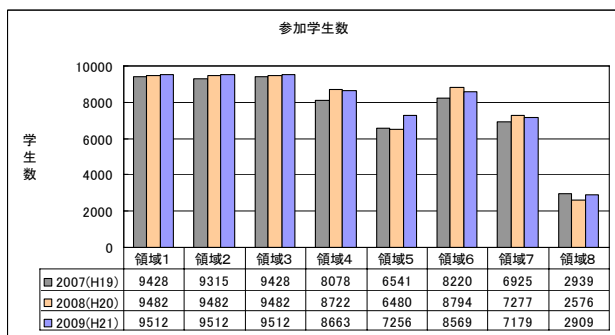
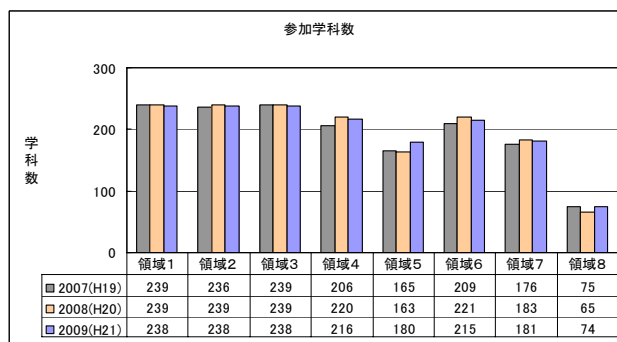
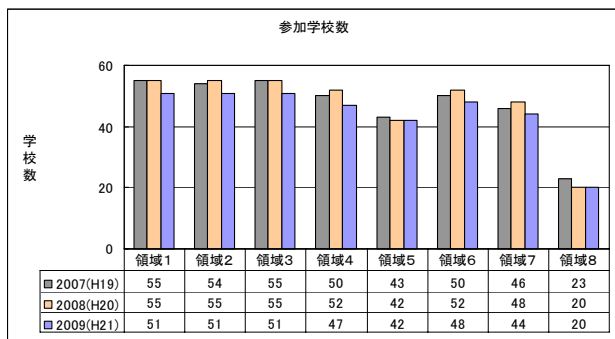
[参考]20年度

学校数	55校	55校	55校	52校	42校	52校	48校	20校		
学科数	239学科	239学科	239学科	220学科	163学科	221学科	183学科	65学科		
学生数	9482人	9482人	9482人	8722人	6480人	8794人	7277人	2576人		
平均点 (50点満点)	26.4点	25.5点	22.0点	17.3点	18.1点	24.3点	16.6点	19.6点		

[参考]19年度

学校数	55校	54校	55校	50校	43校	50校	46校	23校		
学科数	239学科	236学科	239学科	206学科	165学科	209学科	176学科	75学科		
学生数	9428人	9315人	9428人	8078人	6541人	8220人	6925人	2939人		
平均点 (50点満点)	25.9点	16.5点	19.2点	18.0点	13.7点	12.3点	18.4点	9.8点		

※21年度の「物理」には、神戸市立工業高等専門学校の5学科224人が参加。



## 2. 「数学」試験結果の分析

### (1) 出題のねらい

学習領域と学習到達目標はこれまでとほぼ同様の内容とし、各学校・学科においては指定した10領域の中から6領域以上を選択して実施することとした。

問題は試験時間(90分)に対し8領域程度が標準的な分量となるようにし、各領域の構成は大問4問とそれらの下にいくつかの小問を配した。問題については、大きく次の3つの観点から作成した。基礎的理解力を測るもの、計算処理力を測るもの、数学的思考力を測るものである。1つの領域では目安として、基礎的理解力を20点、計算処理力を20点、数学的思考力を10点として作成した。どの問題も3つの観定のいずれかに厳密に区分されるものではないが作成に当たっての概ねの方針とした。

また、過去の試験問題や教科書の例題等との重複をできるだけ避け、なおかつ各領域における重要で基礎的な問題となるように作成上配慮した。そのため、問いかけ方やその表現には工夫をした。このような工夫はかえって受験者にとっては難しい問いかけに見えたかもしれない。

### (2) 領域別分析

以下に、領域別に見た分析の結果を示す。領域の平均点とは、学生の得点の平均であり、満点は50点である。各問ごとに示した正答率は、その問いを正解した者の割合で%で表示した。

## 領域1. 数と式の計算

領域全体での平均正答率は 61.7%と昨年度（60.8%）並で内容は定着していると考えられる。計算力はある程度あるものの基礎的事項の理解がまだ十分ではなく、繰り返し学習することが必要と考えられる。

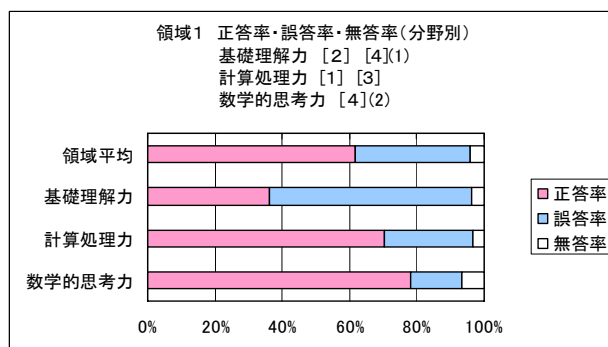
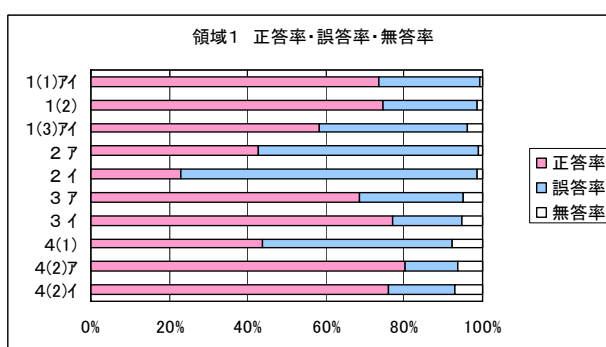
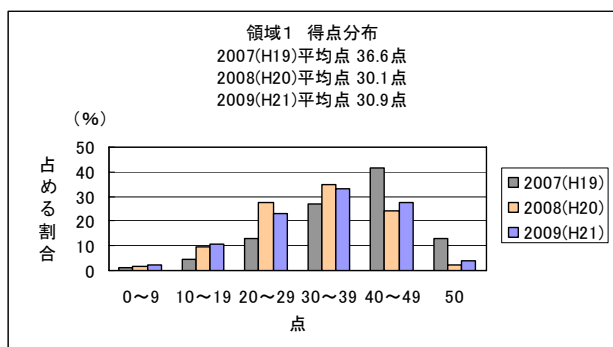
① (1)、(2) は式の展開、指数計算であるが、正答率は 70%以上で内容はほぼ定着している。

(3) は複素数の除法で正答率は 58.2%である。 $5+i, 5+4i$  となっている誤答(9.5%)は計算の仕方を間違っていて覚えている可能性があると考えられる。

② の正答率はそれぞれアが 42.7%、イが 22.8%である。不注意もあると考えられるが、非常に基本的な事柄が理解できていない。誤答で目立つのは、誤答率 52.3% の「 $\sqrt{4}=\pm 2$ 」、誤答率 26.6%の「 $a^2=a$ ならば $a=1$ 」である。

③ は恒等式の問題であるが内容はほぼ定着している。ア、イの正答率の差 8.3%は単純な計算ミスと考えられる。

④ (1) は因数定理の問題で正答率は 43.8%である。 $x+1$  で割った余り 0 を求めるのに  $x=1$  を代入した誤答が 21.8%もある。定理の正確な理解が必要である。(2) は整式の除法であるが正答率 70%以上でほぼ内容は定着していると考えられる。



## 領域2. 方程式・不等式

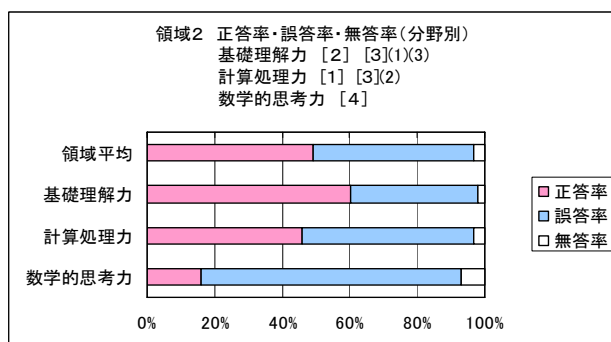
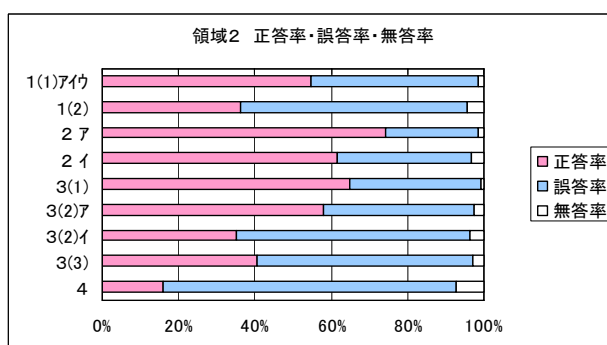
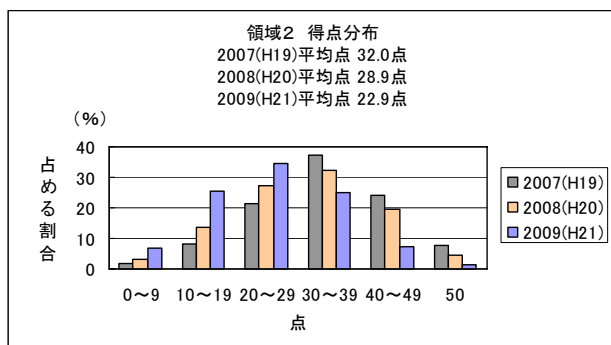
領域全体での平均正答率は 49.0%と昨年度の 60.0%より下がっているが、これは単純ミスが重なったことと、思考力を問う問題での正答率が低かったことに起因しており、内容はほぼ定着していると考えられる。

① (1)は2次方程式の解の公式を問う問題である。昨年度の正答率は 59.9%であったが、今年度は 54.6%と低下している。昨年度と類似の問題なので正答率の向上を期待していた。(2)は分数方程式である。計算はできているが、分母を 0 とするものも解とした誤答が 37.9%もあったため、正答率は 36.1%に留まっている。基本事項への注意が足りないと考えられる。

② は2次方程式の解の判別であるが、内容はほぼ定着していると考えられる。

③ は(1) 2次不等式であるが、正答率は 64.9%である。注意不足により、両辺を  $x$  で割るという単純ミスによる誤答が 13.5%もある。(2)は三角不等式で、 $\tan x$  は  $x$  が第2象限のとき負であることに気付かなかったようで、正答率はアが 58.1%、イが 35.0%である。解から 0 を省いた単純な誤答も 18.0%あった。(3)は連立1次不等式で正答率は 40.6%と低かった。解の和集合を求めた誤答が 15.3%、不等式を負の数で割ったとき不等号の向きを変えなかった誤答が 19.8%と単純なミスがあったためと考えられる。

④ は解と係数、因数分解いずれの問題とも捉えることができる。判別式から答えを求めたと考えられる誤答が 37%以上あり、問題慣れしていなかったためか解き方が解らなかったと考えられ、正答率は 15.9%にとどまった。



### 領域3. 関数とグラフ

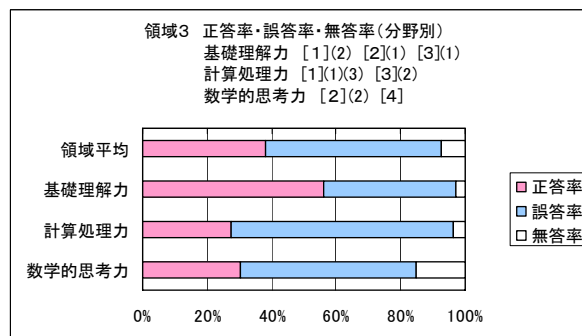
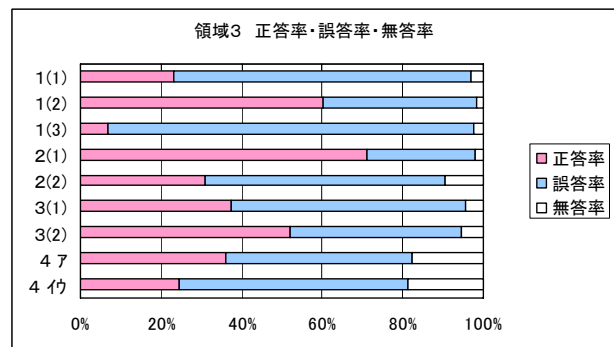
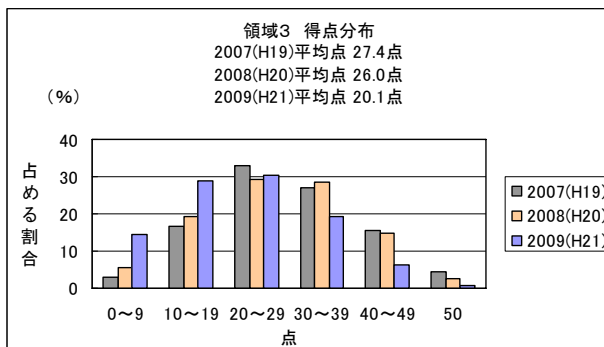
領域全体での平均正答率は 38.0%となった。昨年度のこの領域全体の正答率 50.4%と比べてかなりの落ち込みが見られる。

① (1)は極めてオーソドックスな累乗根の問題だが正答率は 23.1%と低い。誤答した者の多くが $\sqrt{2}$ と $\sqrt[3]{3}$ の大小を誤っている。なにがしかの共通の誤解があるようである。(2)は正答率 60.0%とまずまずである。基本関数のグラフを読み解く力はあると思われる。(3)の正答率は 6.7%と全ての問題の中で最低の正答率となった。これがこの領域全体の正答率を低くしている。(3)の問題はグラフの拡大・縮小、対称移動に関するものであり、これは1年次に学習する内容で、公式としては覚えづらい面を持つものではあるが、もう少し高い正答率を期待したい。

② (1)は 71.0%という高い正答率となった。これは基礎理解力の問題として対数の定義を問うたものである。しかし、これに続く対数に関して数学的思考力を問う(2)では正答率は 31.1%に落ちてしまう。定義の理解は定着しているが更に進んだ公式の運用という点では練習不足であると考えられる。

③ (1)は「対数の真数は正の値である」という基本事項に関する問題だが、誤答パターンを見るとその知識と簡単な不等式の扱いが非常にあいまいであることがうかがえる。それが正答率 37.4%という低さの原因であろう。これに続く(2)の簡単な対数方程式の問題では正答率 52.1%とまずまずで、②(1)と同様、対数の定義に準ずる内容は比較的によく定着しているようである。

④ は指数関数と2次関数を融合した数学的思考力を問う問題である。これは関数の最小値とそれをとるときの変数の値を答えさせる問題のためア、イ、ウの全てができないと意味がない。誤答パターンを見ると平方完成を行うことに気付き、かつそれを正しく行うことができる者が少数であることがうかがえる。



## 領域4. 場合の数と数列

領域全体での平均正答率は 43.5%であり昨年度の正答率 51.3%と比べ大分下がっている。

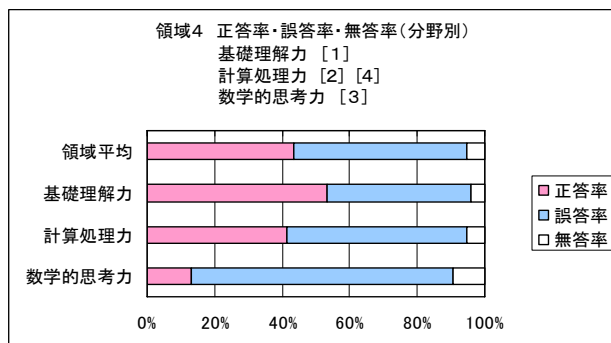
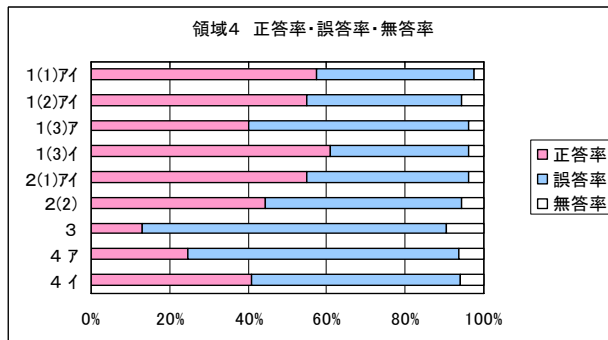
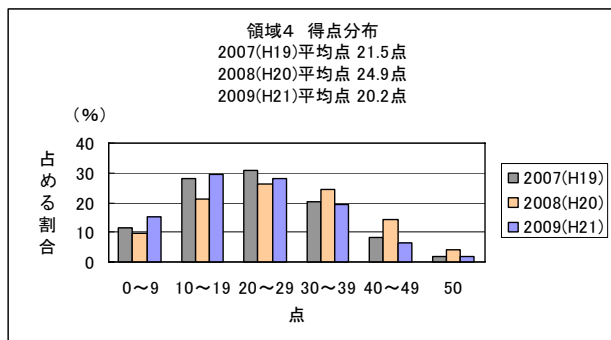
① (1)は場合の数の中で最も基本的な順列についての問題だが正答率は 57.5%にとどまっている。誤答者の多くが組合せの問題と勘違いしているようである。逆に(2)が「…組合せの総数は…」と問うているように組合せの問題だがこれも正答率は 55.1%と(1)とほぼ同じである。(2)の誤答は、順列の問題としたものが最も多かった。(3)の  ${}_nP_r$  と  ${}_nC_r$  に関する基本公式を問う問題については、60.8%の正答率がある。(1)(2)の解答傾向と合わせて見ると、公式の理解が不十分で活用がうまくできていないのかもしれない。

② (1)の等差数列の一般項の計算処理力問題は正答率が 55.1%ではあったが、20.4%の者が項番号がずれた誤答をしている。 $a_n = a + (n-1)d$  の意味をとらえて欲しい。(2)は等比数列の一般項の問題で、 $\sqrt{3}$  が式中にあるせいか正答率は 44.4%と前問より低く誤答もばらついている。

③ は等比数列の和の公式の問題だが、与えられた等比数列の第 5 項からの和を求めさせる思考力も見ようとしたものである。正答率は 13.1%と低かった。第 1 誤答パターンの選択者が 25.7%、第 2 誤答パターンの選択者が 19.9%、第 3 誤答パターンの選択者が 14.6%といずれも正答率を上回った。この問題に関しては、公式を正確に覚えて適用することが定着していないと言えるだろう。

④ は  $\Sigma$  の用法を問う問題である。 $\sum_{k=1}^3 a_k = a_1 + a_2 + a_3$  を間違いとして選んでいるものはほとんどないが、 $\sum_{k=2}^4 k = 9$  を間違いとしたものが 40%いる。一般論としての「公式」から具体的問題への応用

という場面での練習量が不足しているようだ。



## 領域5. 平面ベクトルの性質

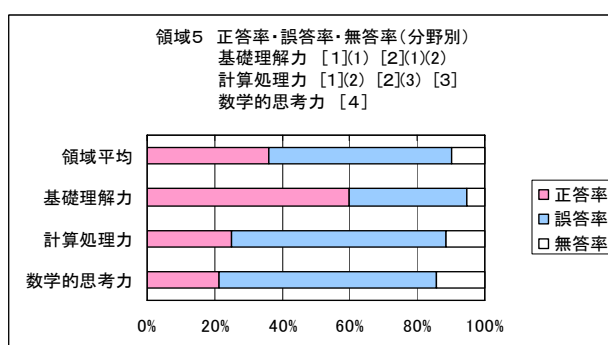
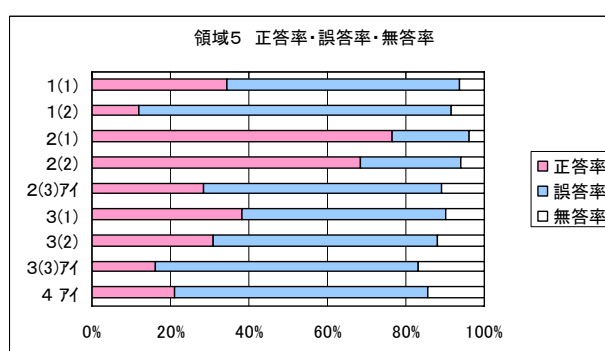
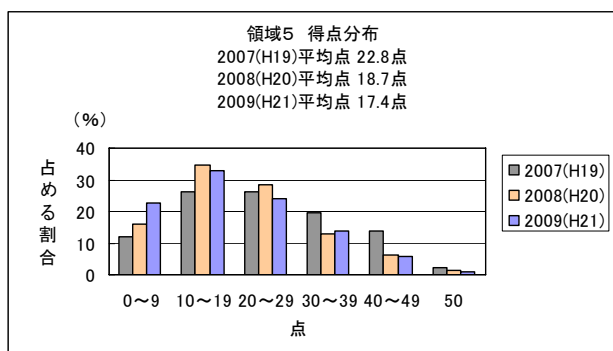
領域全体での平均正答率は36.2%であり、昨年度の39.9%より低かった。基礎理解力・計算処理力・数学的思考力ともに正答率が昨年度より少し低くなっており、ベクトルへの苦手意識は増しているようである。

① (1)の正答率が34.5%、(2)の正答率が11.9%と低く、ベクトルの内積の定義が定着していないようである。特に(2)は2つのベクトルのなす角が鈍角となる問題であったが、内積の符号を間違えた者が正解した者を上回っていた。

② 成分表示されている場合についてのベクトルの大きさを問う(1)と内積の計算(2)は、正答率がそれぞれ76.4%、68.3%と高かった。特に、(2)は前年度も類題があったが、正答率58.5%から大幅に上昇した。だが、(3)の2つのベクトルのなす角は、鈍角を答える問題であったためか、前年度の類題の正答率37.8%から28.5%へと大幅に下がってしまった。無解答が10.8%あることも気になるところである。

③ 成分表示されているベクトルについて、(1)は等価関係、(2)は垂直関係、(3)は平行関係を問う問題であったが、正答率がそれぞれ38.3%、31.0%、16.1%と低かった。特に(2)は(-2, 1)と(2, -1)を垂直だと考える者が12.1%もあり、さらに(2)、(3)ともに無解答の者が10%以上であったことは憂慮するところである。

④ は、正答率が21.2%で、見た目だけで答えた者が10.8%、無解答の者が14.3%であった。具体的な図の中でのベクトルも苦手なようである。



## 領域6. 微分・積分の計算

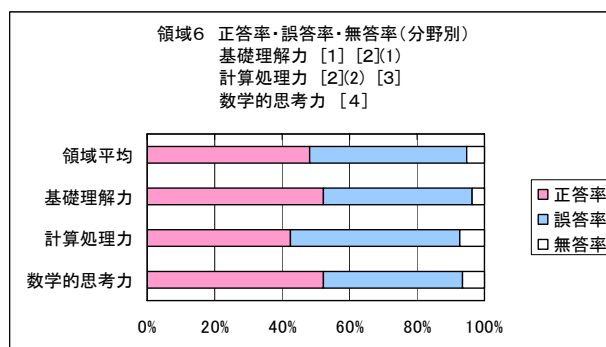
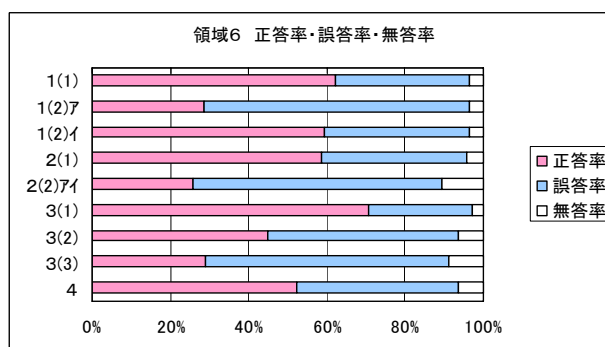
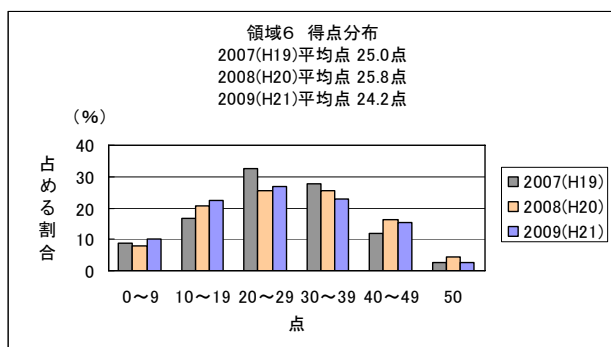
領域全体での平均正答率は 48.0%であり、昨年度の 51.6%より低くなったが、他の分野と比較すると、微分・積分の基礎的な部分に関しては、比較的良好に定着していると考えられる。

① (1)の微分係数の定義は、正答率が 62.1%とよく定着している。(2)の微分の問題は、⑤が積分の公式との兼ね合いもあり正答率が 59.5%と高かったが、合成関数の導関数の定着が悪く、④を正答と答えた者が 28.6%しかいなかったのに対して、③を正答と間違えた者が 42.1%あった。②の商の導関数の公式を間違えた者が 42.1%いたことも特筆される。

② (1)の微分係数を求める計算は、正答率 58.8%と定着していると考えられる。(2)は(1)の関連問題で接線の方程式を求める問題であるが、正答率が 25.9%だった。(1)を正解できた者のうち(2)も正解できた者が半数にも満たなかったことになる。微分係数が接線の傾きだと気が付いていても直線の方程式を求める段階で間違える者が多いようである。

③ (1)の微分は正答率が 70.8%と高く、前年度の類題の正答率 66.4%よりも高くなった。(2)の定積分の正答率は 44.8%と低く、不定積分ができて  $x=0$  を代入することを忘れた者が 17.0%いた。(3)の部分積分の問題も正答率が 29.0%と低かった。指数関数を 2 回きちんと積分できなかったようである。

④ の定積分の置換積分は、正答率 52.4%と、昨年度の類題の正答率 30.7%よりも大幅に上昇した。



## 領域7. 微分積分の応用

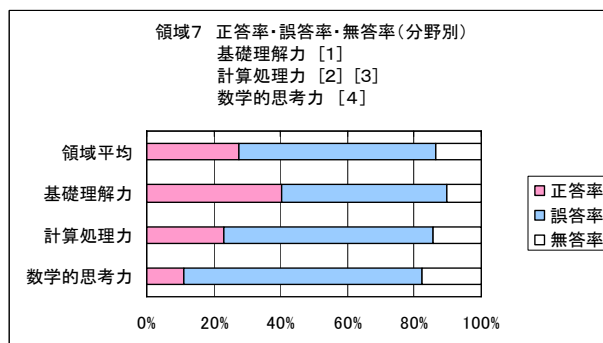
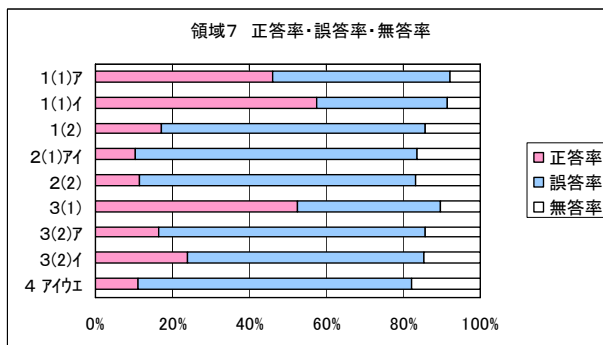
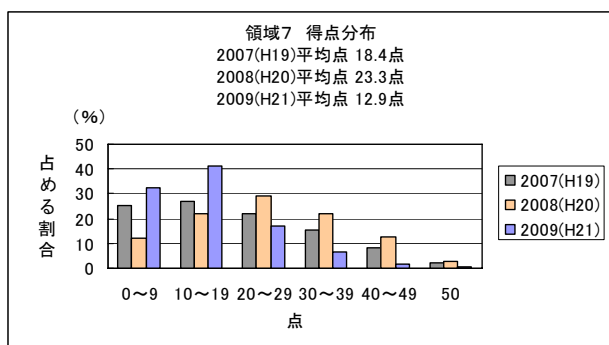
領域全体での平均正答率は27.4%である。

① (1)は導関数の符号が正となる範囲を求めるもので、2次不等式の問題である。正解は①と④であるが、正答率は①を選んだ者が46.0%、④を選んだ者が57.4%であった。誤答の中では②を選んだ者が22.7%、③を選んだ者が25.0%ほどいた。これは、2次不等式の解について逆に理解していたものと考えられる。(2)は第2次導関数の符号と曲線の凹凸を問う問題である。正答率は17.2%と定着していない。

② (1)は媒介変数で表された曲線において、接線の傾きを求める問題である。正答率は10.3%と定着していない。誤答で最も多いものはア:3、イ:2であり、26.6%にのぼる。これは、単に $x$ の値を $y$ の値で割ってしまったからであると考えられる。(2)はロピタルの定理を用いる問題であり、正答率は11.6%であった。誤答としては⑦を選んだ者が19.7%、⑧を選んだものが17.1%と正答率を上回った。⑦は $\log$ の真数が1に近づくと判断し、⑧は分母が0になるから正の無限大に発散と判断したことからの誤りであろう。極限に関する問題は今回が初めてであるが、考える極限が不定形であるか否か及びロピタルの定理が使える場合かどうか今一度確認をする必要がある。

③ 簡単な分数関数の増減を調べる問題である。(1)は分数関数の導関数を求める問題であり、正答率は52.6%と概ね定着している。誤答としては①が一番多く、 $1/x$ の微分の際、符号を誤ったからであると考えられる。(2)は(1)の結果から極値を調べる問題である。正答率は20%程度となった。導関数の分母は定符号であるため、符号は分子だけを調べればよい。 $x=-2$ では導関数の符号が正から負へ変わるので極大、 $x=2$ では導関数の符号が負から正へ変わるので極小となる。極値かどうかはその点の周りで導関数の符号が変化するかどうかに注目すればそれだけで正解することができる。

④ 回転体の体積を求める問題である。正答率は11.1%であった。体積を求めるために内側にある回転体の体積を引く必要があるが、誤答で最も多かったのは積分範囲を誤ったものが10.9%であった。



## 領域8. 空間ベクトル, 行列の計算

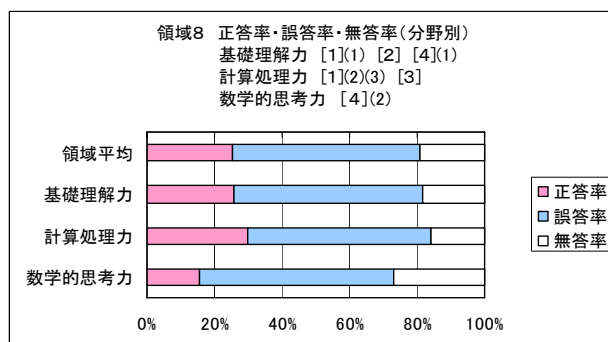
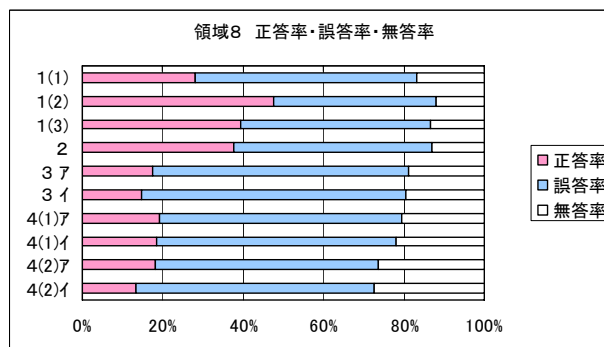
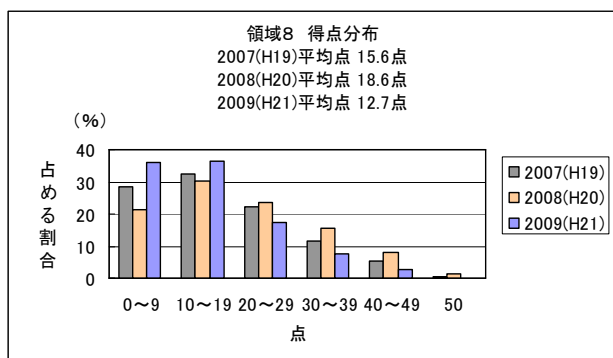
領域全体での平均正答率は 25.4%である。

① (1)は行列の和・差・定数倍に関する問題であり正答率は 28.0%であった。最も多い誤答は②であり誤答率は 19.1%にのぼる。(2, 1)成分と勘違いをしたともの考えられる。(2)は行列の積に関する問題で、正答率は 47.5%であった。積の定義の定着が不十分な者がいることがうかがえる。(3)は 2 次正方行列の逆行列を求める問題である。今年度の正答率は 39.3%であり、依然として正答率が低い。

② 連立方程式を行列によって解く場合の行うべき操作を問う問題で、正答率は 37.8%であった。誤答で最も多いのは①であり 25.2%であった。単に係数行列をみてそのまま解答してしまったものと考えられる。

③ 球の方程式の標準形と一般形に関する問題である。正答率はアが 17.5%、イが 14.8%と定着していない。アの誤答で最も多いのは④の  $-4$  であり、中心の  $x$  座標が  $-2$  であるのにも関わらず  $(x-2)^2$  と判断してしまった符号のミスであると考えられる。それに伴いイも誤りが出てしまった。中心と半径が予め問題文にあるので式をたてて問題文の式と比較すれば正解できる。

④ (1)は直線と平面の方程式の基本形を問う問題である。今年度はア(直線)の正答率は 19.3%、イ(平面)の正答率は 18.4%と昨年度と比べて大幅に低下した。アの誤答で一番多い④ (18.7%)、イの誤答で一番多い⑧ (13.2%)は、いずれも点 B の座標を直線の方向ベクトルの成分あるいは平面の法線ベクトルの成分としているものである。また、直線の方程式と平面の方程式とを混同しているものも 1 割程度見られた。(2)は直線が垂直に交わる条件である。直線のなす角は方向ベクトルのなす角であること、直線の方程式から方向ベクトルの成分を採ること、ベクトルの垂直条件が「内積=0」であることの 3 点を理解していることが必要となる。正答率は 18.0%であった。また、イの正答率は 13.3%であった。交わるという条件を直線の媒介変数表示から表現できないことが理由として考えられる。



## 領域9 行列の固有値と行列式

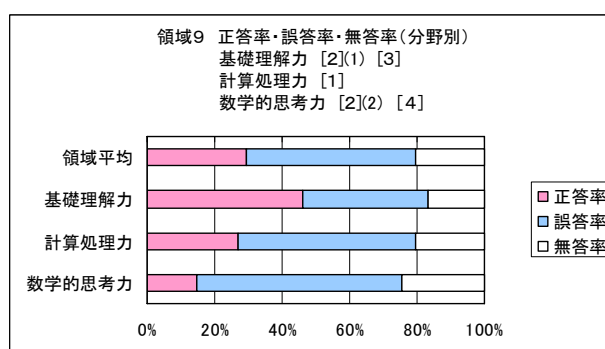
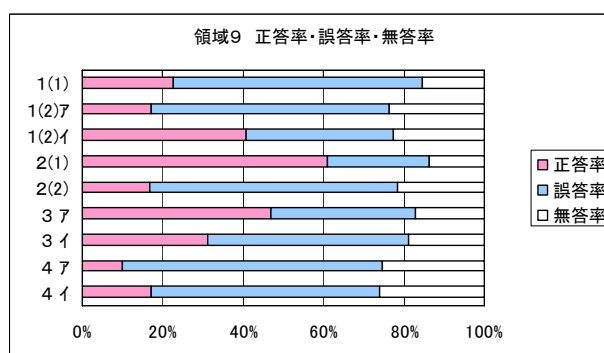
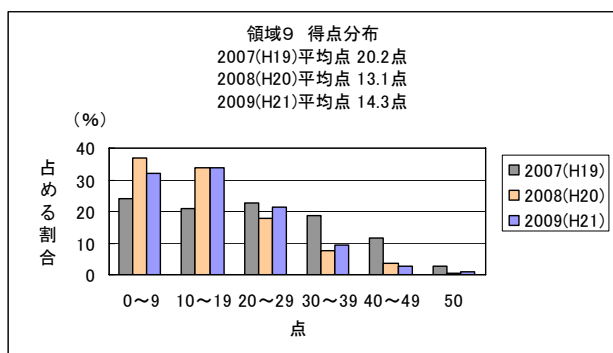
領域全体での平均正答率は昨年度よりも約1%の増加であるが、領域平均の無答率が20.5%であり、今年度も受験生の5分の1以上が無得点であった。

① (1)の正答率が22.6%であるのに比べ、②(1)の正答率は61.0%である。③の正答率もほどほどであることから、基本性質を利用して行列式の値を求めることができないのではないかとと思われる。①(2)は連立方程式が自明な解以外の解を持つときの性質を知らなければならない問題である。行列式と連立方程式の性質の関連づけを再度確認する必要があると思われる。

② (1)の正答率はこの領域の中では比較的良く、3次の行列式の値の求め方は確実に定着していることが分かる。②(2)は、行列のかけ算に対する行列式の性質にあわせて、転置行列の行列式の性質の理解も必要である。誤答パターンを見ると、転置行列の行列式の値と逆行列の行列式の値を混同しているように見受けられるので、注意が必要である。

③ は、アの正答率の方がイの正答率より高いことから、列で展開することが苦手であるように見受けられるが、これは、2列目で展開することに戸惑いを覚えているのではないかとと思われる。

④ の正答率は、非常に低い。数学的思考を問う問題ではあるが、固有値とは何か固有ベクトルとは何かという基本的なことさえ理解していれば解ける問題である。諦めてしまわずにもう少しの踏ん張りが欲しいところであった。



## 領域10. 2変数関数の微分・積分

領域全体での平均正答率は28.1%であり、過去4年間では最も低い結果となった。また、最初の2問以外は無答率が20%を超え、領域9に勝る無答率の多さであった。10領域の最後の領域であることから、時間が不足したことも考えられる。

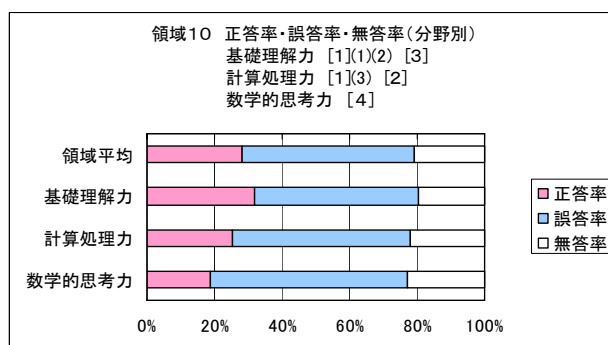
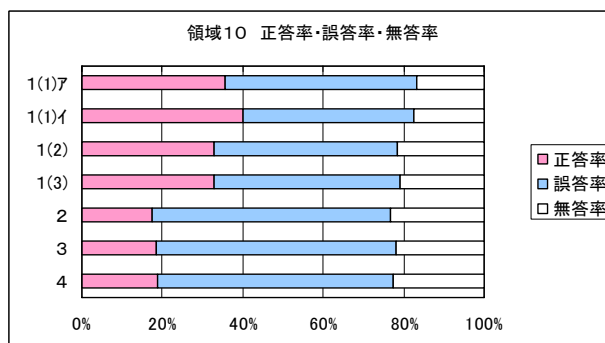
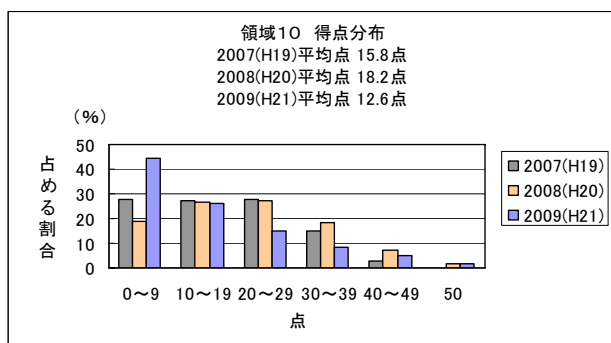
① (1)(2)は偏導関数を求める基本的な計算である。特に(2)は微分の計算としては非常に容易な問題であるため、微分の計算につまずいたというよりは、偏導関数自体に慣れていない様子がうかがえる。また、(3)の重積分に対しても正答率が芳しくなく、基本的な関数に対する繰り返しの計算練習が必要である。

② は合成関数の微分法に関する平易な問題であるが、誤答率が50%を超えた結果となった。合成関数を無視して単純に偏微分をしている誤答が多く見受けられた。これを機会に正しく理解しておいて欲しい。

以下の③と④は、いずれも重積分の積分領域を判断しなければならない問題である。

③ の誤答パターンを見ると、昨年度と同様に極座標変換時の $r$ の掛け忘れが多く、また、円の方程式の半径を誤解している解答も多かった。重積分の分野を勉強する前に、図形の方程式に関する復習が必要なのではないかと考える。

④ では、12.1%が単に記号を入れ換えただけの選択肢を選び、15.4%が $0 \leq x \leq 1$ では $x^2 \leq x$ であることに気づいていなかった。積分領域を図示することができるように繰り返し練習する必要がある。



### (3) 総括

全体を通して3つの観点別に正答率を見ると、基礎的理解力を問う問題では46.3%、計算処理力を問う問題では35.7%、数学的思考力を問う問題では27.2%であった。領域別平均得点は10領域中8領域が前年度を下回った。また、領域間では後半に進むに従って平均得点がる傾向となった。1から順に解くことに慣れた学生にとっては8領域前後であっても時間的な負担が大きいものと推察される。傾向としては、低学年での学習領域(領域1、2)と微分積分(領域6)が比較的高得点となっている。逆に線形代数分野と微積分の応用的分野、2変数関数の微分積分の分野などの得点率が他の分野と比較して低く、この部分の学習とその定着が課題となっている。基礎的な力の定着と充実を支援することができる試験として今後も3つの観点にもとづく問題作成が望まれる。

### 3. 「物理」試験結果の分析

#### (1) 出題のねらい

学習領域と学習到達目標はこれまでと同様の内容とし、各学校・学科においては指定した8領域の中から5領域以上を選択して実施することとした。

問題は、試験時間(90分)に対しすべての領域(8領域)が解ける分量とした。

また、前年度に引き続き、全問題を「基礎知識」と「物理的思考力」の2つに分類した。前者は、物理の基礎に関して正確な知識を持っているかどうかを見る問題である。単に物理法則の名前を知っているだけではなく、その意味を正確に把握しているかどうかを確認することを意識して出題した。後者は、基礎知識をいくつか用いて物理的に思考し、問題を解決する力を見ることを主眼とした。

昨年度は三角関数を用いる問題の正答率が低かった。このことから、数学で学んだ三角関数を物理の問題を解く道具として十分に活かすことができていないことがうかがえる。三角関数のほかに物理の初歩でよく使われる数学にベクトルがある。そこで、今年度はベクトルを使うことができるかどうかを見る問題を意識的に取り入れた。

#### (2) 領域別分析

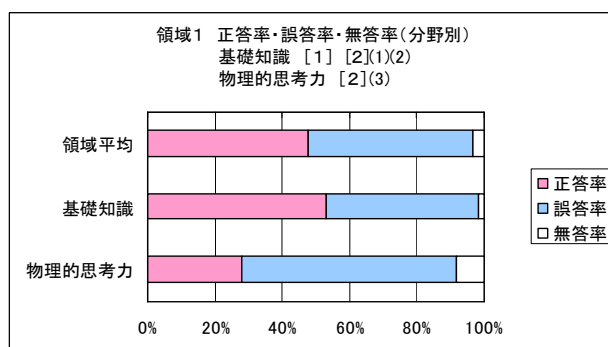
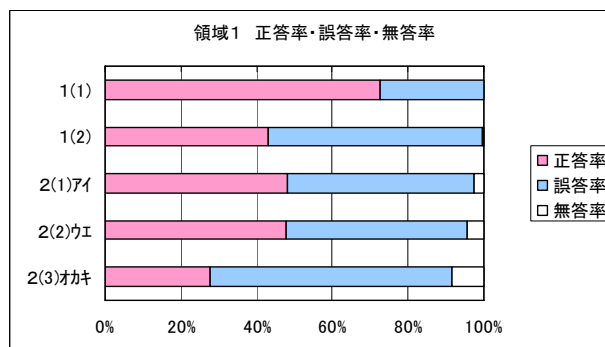
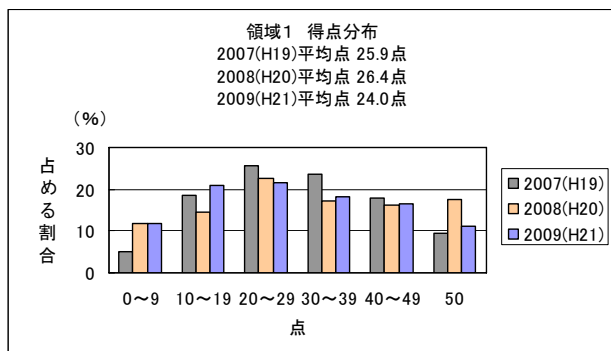
以下に、領域別に見た分析の結果を示す。領域の平均点とは、学生の得点の平均であり、満点は50点である。各問ごとに示した正答率は、その問いを正解した者の割合%で表示した。

## 領域1 速度・加速度・変位

領域の平均点は24.0点（昨年度は26.4点）であった。昨年度より低下したが、その差はわずかである。この領域は物理の基礎に属するものであり、繰り返し復習する機会があるためか、定着度が高いようであり、他の領域と比較すると平均点は高かった。

① 相対速度の問題である。(1)は一直線上での相対速度で正答率は73%と高かった。(2)は二次元平面における相対速度の問題であり、速度および相対速度をベクトルとして捉えることができるかどうかを確認する問題であった。(2)の正答率は43%に低下した。これらの結果より、一次元での相対速度は大多数の者が理解しているが、平面ベクトルとして認識できていないことがうかがえる。物理量をベクトルとしてきちんと使えるようになるにはギャップがあるようである。

② 鉛直投げ上げの問題であるが、物理量を一次元ベクトルとして、＋で表現できることが要求される。(1)(2)はそれぞれ式を一度だけ使う基礎問題であり、正答率は約50%であった。(3)は任意の位置（今回は負の位置）に達するまでの時間を求める問題で、正答率は28%であった。(3)は(1)(2)が解ける者でなければ正答できない問であり、(1)(2)の正答者のうち約60%の者が(3)を正答することができた。



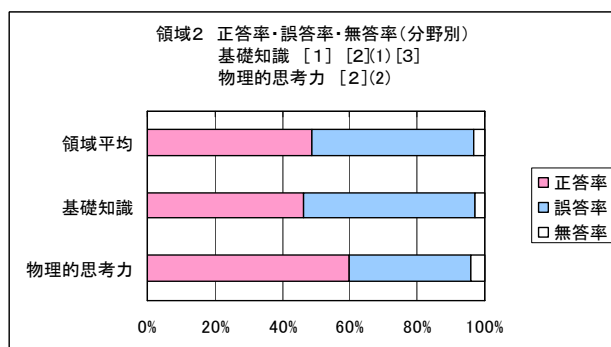
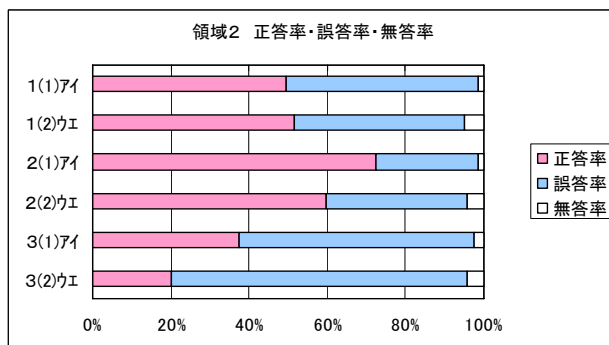
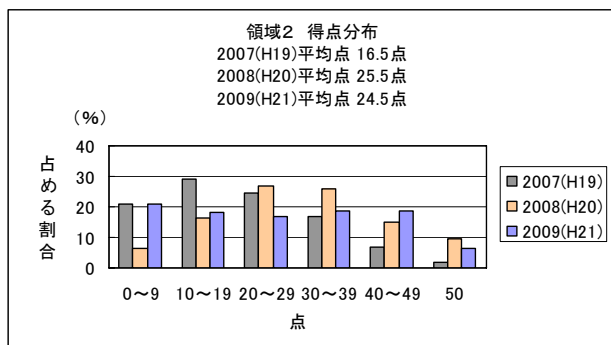
## 領域2 力のつりあいと運動方程式

領域の平均点は24.5点（昨年度は25.5点）で昨年度よりわずかに低下したものの、領域1と同様に比較的定着度は高かった。

① は斜面上の物体にはたらく力のつりあいの問題。(1)は斜面に垂直な方向、(2)は斜面に平行な方向のつりあいである。ともに正答率は約50%であった。ただし誤答者のうち三角関数を誤っただけの者は約10%なので、約60%の者は斜面上の力のつりあいはほぼ学習できているとみてよい。昨年度までは、斜面上の物体に関する問題の正答率は約20%と低かったが、今回は静止状態に限定したところ、正答率は50%まで上がった。動力学との間にギャップがみられる。

② 物体に2力が $90^\circ$ の角度ではたらいした場合の動力学。(1)は力のベクトル合成で、正答率73%であった。これは領域1の相対速度の正答率より高い。相対速度がベクトルの差であるのに対し、ベクトル和の概念は定着度が高いと言える。(2)は(1)の結果を運動方程式に適用する。そのため「物理的思考力」に分類したが、運動方程式の基本的な問題でもあり、正答率は60%であった。

③ 慣性力の考え方を問う問題。検定教科書では物理Ⅱの扱いなので、学習していない高専もあるかもしれない。(1)の重力と慣性力の合成の正答率は約40%だった。合成の際、正負を間違えた者が約20%いた。あわせて約60%は慣性力を一応知っていると思なせるだろう。(2)は慣性の法則そのものだが、かえって正答率が落ち、20%だった。うっかりした者（等速度と等加速度をとりちがえた者が25%）もいるようだが慣性力を正確に理解している者はそれほど多くはないかもしれない。

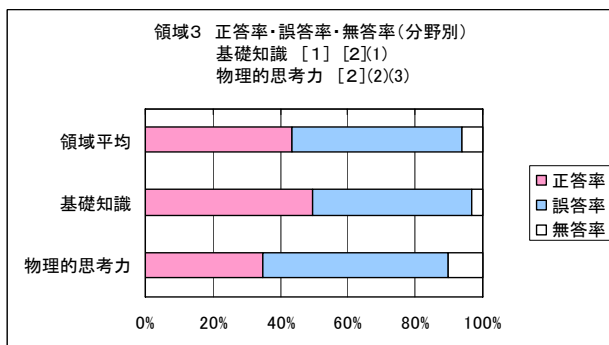
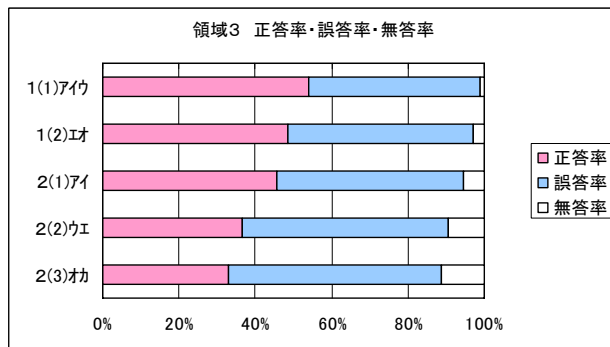
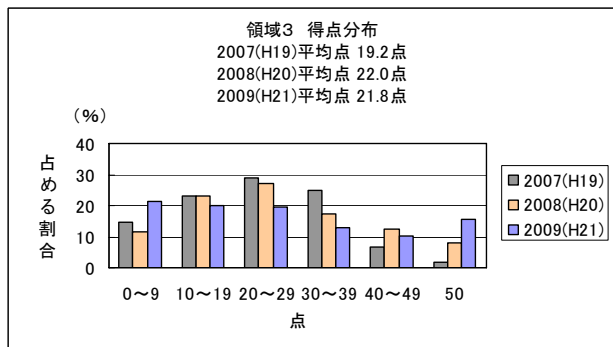


### 領域3 力学的エネルギー・衝突

領域の平均点は21.8点（昨年度は22.0点）であった。力学の中核とも入れる（←言える？）内容なので、どの高専でも力を入れて教えていると思われる。

① 追突の問題。(1)は運動量の計算。運動量  $mv$  の計算だけは86%の者が正答できていたが、単位まで正しかった者は54%であった。式は覚えていても、単位や次元に結びついていない学生が26%いる。(2)は運動量保存則で、正答率は約50%であった。(1)の運動量の計算ができた者の大多数が、運動量保存則まで適用できていた。

② (1)弾性力の位置エネルギー  $kx^2/2$  を正確に解答できたものが46%であった。誤答者のうち、 $1/2$ という係数を落としてしまった者が20%もいた。(2)は弾性力の位置エネルギーと運動エネルギーの間のエネルギー保存則で正答率37%であった。(1)を正答した者のうち80%が正答できた。エネルギー保存則そのものの正答率は高かったと言える。(3)は重力の位置エネルギーとの間のエネルギー保存則で正答率は33%であった。やはり(1)を正答した者のうちの72%である。前問の答を用いて次の問題を解くので、正答率が徐々に落ちていくのはある程度仕方がないが、力学的エネルギーは熱など他の領域におけるエネルギーの理解の基礎となっているので、もう少しできて欲しい。

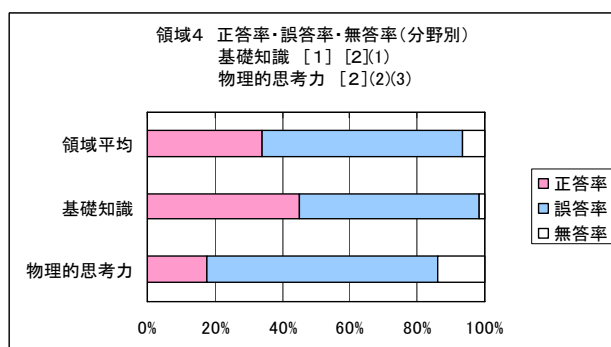
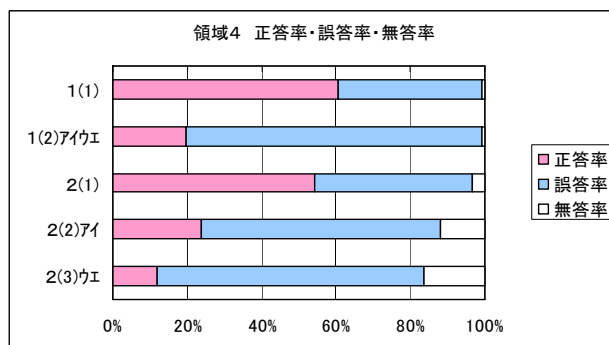
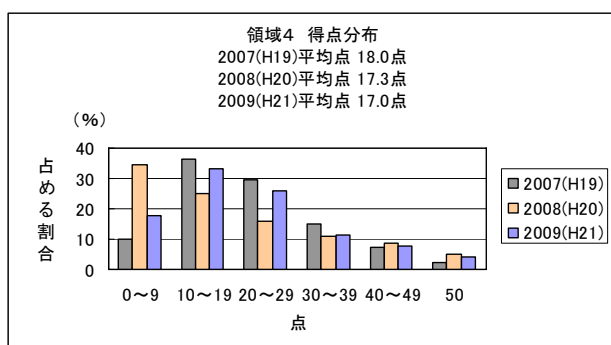


## 領域4 円運動・万有引力・単振動

領域の平均点は17.0点で、昨年度(17.3点)とほとんど変わらなかった。基礎知識に属する問題の正答率が45%であったのに対して、物理的思考力に属する問題の正答率が17.8%と低かったのが平均点を下げた原因であろう。物理的思考力に属する問題は、検定教科書の物理Ⅱで扱われる内容がほとんどであったため、多くの高専では十分な授業時間が確保されず、応用問題にまで手が回らなかったことがうかがえる。

① (1)は振り子に働く重力と張力を示す問題で、正答率は61%であった。定性的な問題なので高い正答率となった。(2)は単振り子の周期を決定する物理量を選ぶ問題で、正答率は20%であった。定性的な問いだったにもかかわらず正答率が低かったのは、出題形式によるものと思われる。質量、糸の長さ、振幅、重力加速度のそれぞれの物理量について、周期に関与するかしないかを答えなければならない形式で、全て正しく答えないと正解にならない。個々の物理量に関しては60%から70%ほどの正答率だったが、全て正しく答えた者は少なかった。誤りが多かったのは、振幅が関与するとした者(33%)、重力加速度が関与しないとした者(38%)であった。単振り子の周期のような、ごく基本的なものでも正確に理解している者は多くはない。

② (1)は向心力を与える式を選ぶもので、正答率54%であった。(2)は万有引力の公式を用いて計算する問題で、正答率は24%であった。計算が煩雑なので、計算ミスもあった可能性がある。(3)は上の2つの公式を結びつける問題で、正答率は12%と低かった。多くの高専では、単振動や向心力には時間を割いても万有引力は軽く扱われている(時間的にそうせざるを得ない)のかもしれない。

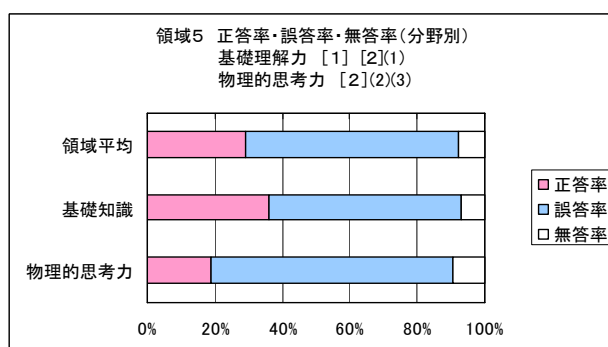
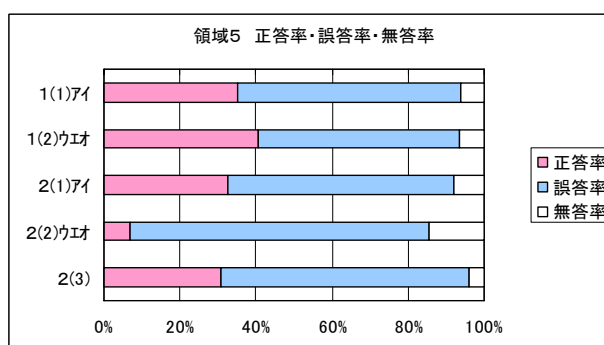
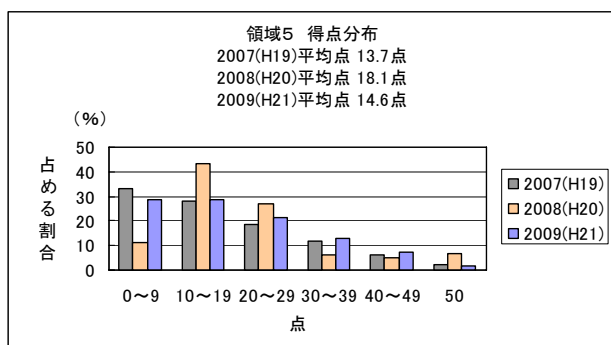


## 領域5 熱

毎年、熱は平均点が20点以下の領域であるが、今年は、昨年度(18.1点)よりさらに低下し、平均点は14.6点だった。熱を専門として扱うことが多い化学系の学科でも16点ほどで、他の学科よりそれほど優位ではなかった。基礎知識に属する問題の正答率は36%、物理的思考力に属する問題の正答率は19%だった。後者は、**2**(2)の正答率が極めて低かったことが影響している。

**1** (1)は熱量保存の法則であり、正答率は35%であった。(2)は熱力学第1法則を用いた計算問題で、正答率は41%だった。(1)(2)とも熱の基本公式を用いて答えるのだが、力学の公式を使う場合に比べると、正答率はやや低かった。熱が目に見えにくい現象であり、直感的に理解しにくいことと、力学と違い多くの学科で繰り返し学習する機会に乏しいことがその理由と思われる。

**2** (1)はボイルの法則またはシャルルの法則を用いる基礎問題で、正答率は33%だった。(2)は気体のする仕事( $P\Delta V$ )を計算する問題で、正答率は7%であった。熱の諸公式の中では基礎に属するが、(1)と比較して著しく定着率が低かった。検定教科書において物理Ⅱで扱われていることが影響しているのだろうか。(3)はボイルシャルルの法則(または理想気体の状態方程式)を使うもので、グラフから $PV$ の値が最も大きいものを選べばよいのだが、気体の分子運動と温度の関係を知らないと答えられない。物理的考察が必要な問いではあるが、正答率は31%と比較的高く、公式をそのままあてはめればよい基礎的な問題と同程度だった。分子運動と温度の関係は、ある程度常識として定着しているものと思われる。

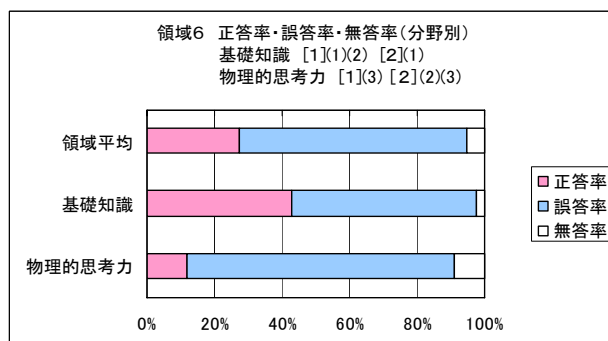
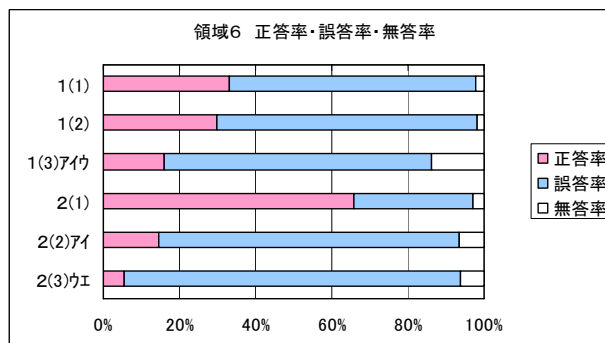
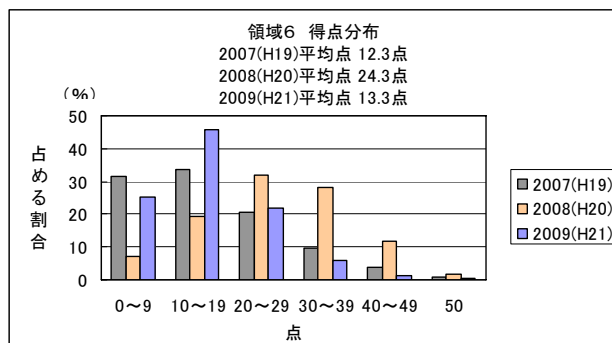


## 領域6 波動

平均得点は、昨年度(24.3点)を大きく下回り、13.7点だった。昨年度は、比較的素直な問題が多かったのだが、今年度は応用的な問題や波の動的な概念を扱う(思考的な)問題が多かったため、平均点を下げたものと思われる。基礎知識に属する問題の正答率は43%だったのに対して、物理的思考力に属する問題の正答率は12%と低かった。

① (1)は、光の屈折率と速度・振動数・波長の関係を定性的に問う問題である。「振動数のみ不変」が正解であるが、正答率は33%だった。誤答の分析から、「速度が不変」と考えた者が25%もあった。光速度不変という言葉は何となく聞いたことがあるため、混乱したのかもしれない。(2)はプリズムによる光の屈折現象を扱った定性的な問題である。正答率は30%であった。(1)(2)は、どちらも光の屈折に関する定性的かつ基礎的な問いであるが、正答率はあまり高くなかった。(3)は全反射の条件を問う問題である。教科書では、光が水中から空気中に向かって照射される例で説明されることが多いが、本問は光ファイバーを通過する光を対象にした。見慣れない例であったためか、正答率は16%であった。

② 波の固定端での反射と定常波に関する問題である。(1)はグラフから波の速度を読み取る基本問題である。グラフの意味がわかれば難なく解けるため、正答率は66%と高かった。(2)は定常波の振幅の問題で、正答率は15%であった。定常波を、進行する波と反射して反対方向へ進む波との重ね合わせで表すことが理解しにくかったものと思われる。(3)は定常波の瞬間的な変位を問う問題だが、正答率は6%だった。(2)(3)とも、進行する波の概念を扱ったものだが、ともに正答率がきわめて低かった。波動の概念を理解することはこの領域の重要な到達目標であるが、教科書と黒板だけで、その動的なイメージを持たせることは容易ではないだろう。動画などの教材の積極的な利用を考えたい。



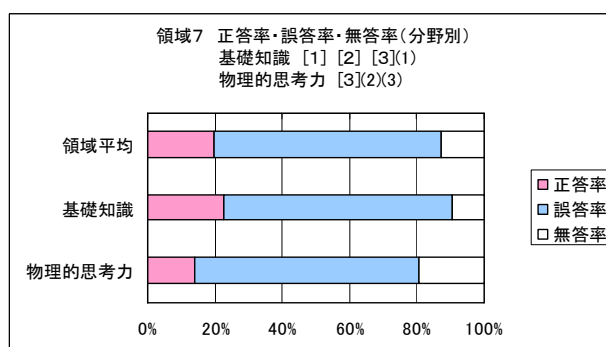
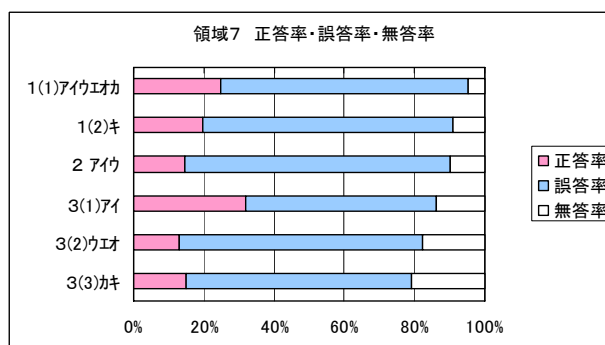
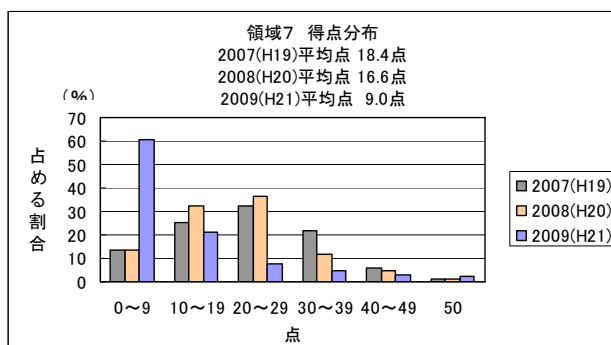
## 領域7 電気

今年度は、定性的な問がなかった。理解が曖昧で、定量的な計算までできない者にとっては、得点源がなかったことになる。このためか、この領域の平均点は昨年度（16.6点）に比べて大きく低下し9.0点だった。定量的な計算まで含めて、電気現象を確実に理解できている者が極めて少なかったと言える。基礎知識に属する問題の正答率は23%、物理的思考力に属する問題の正答率は14%であった。

① (1)はオームの法則と電位の問題で、単にオームの法則だけでなく、電位の概念を理解できているかを問う問題である。正答率は25%であった。それほど難しい問題ではなかったが、2つの設問の両方に正解しないと得点にならないことが正答率を下げた要因と思われる。(2)は電流の定義を知っているかどうかの問題である。正答率は20%であった。「電流」という言葉はふだん使っているであろうが、これを電荷の移動として捉えることはあまりできていない。

② 電場の基本的な問題であるが、正答率は14%と低かった。電気の領域において電場の概念は重要であり、毎年のように出題しているが、今年度の正答率は低かった。複数の電荷からの寄与を重ね合わせる作業に戸惑ったのかも知れない。

③ コンデンサーの問題である。(1)は $Q = CV$ を使う基本問題で、正答率は32%であった。(2)は、静電容量と極板間距離と極板の面積の関係を用いる。基本問題ではあるが、正答率は13%しかなく(1)ほど確実に理解されているわけではなさそうである。(3)は $E = V/d$ を用いるのだが、(1)で求めた $d$ を使って計算するため、正答率は15%となった。(1)で正解した者の約半数が正解できたことになる。



## 領域8 磁気

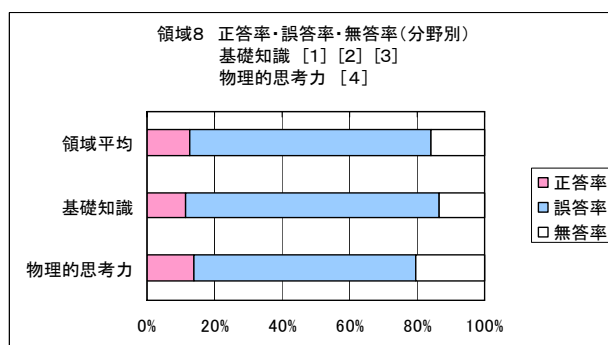
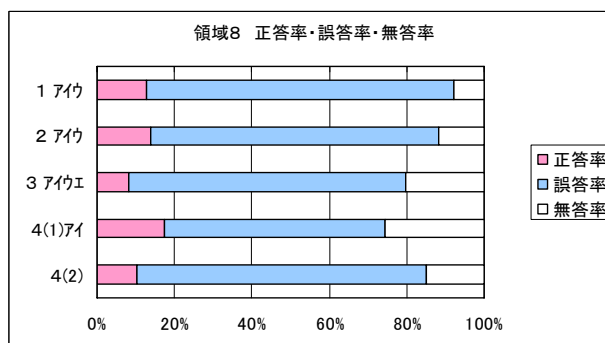
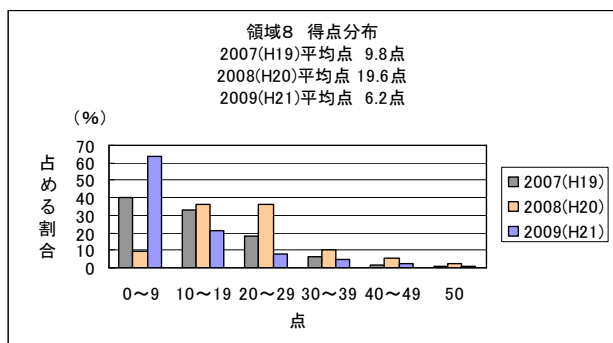
この領域も、平均点（6.2点）が昨年度（19.6点）より大きく低下した。電気の領域と同様、定性的な問が少なかったことが原因と思われる。数多い公式を使いこなして定量的な議論ができるだけの学力をつけることが課題であろう。基礎知識に属する問題の正答率は12%、物理的思考力に属する問題の正答率は14%であった。基礎知識の問題でも、理解が正確でないと答えられない問が多かったため、何となく知っている程度の者が得点できなかつたものと思われる。

① 正答率は13%であったが、公式  $H = I / (2r)$  に出てくるファクター2を見落とした者が多数(34%)いた。電磁気分野は公式が（それもよく似た公式が）数多く出てくる。こうした公式を正確に理解し使えるように指導したい。

② 電流が磁場から受ける力の問題である。電流と磁場の分野における基本的な問題であるが、電流と磁場の間に角度（30°）をつけたため、正答率が低く（14%）なつたと思われる。誤答パターンの解析から、力の向きを正しく理解している者は20%であった。

③ コイルに生じる誘導起電力の問題である。電流が変化するときと変化しないときとの両方について出題した。両方できて正解としたため、正解率は8%と低かつた。誘導起電力の大きさ  $L(dI/dt)$  が計算できた者は13%であった（電気系学科では19%）。

④ (1)はローレンツ力の公式を覚えていればできる問題で、正答率18%はであった。(2)は定性的な問ではあるが、向心力と円運動まで理解できていないと正解できないため、正答率は10%と低かつた。



### (3) 総括

- ① 全体的に、高校の「物理Ⅱ」で扱う事項（平面上の運動、電磁気など）の定着率が低かった。高専でも、高等学校の検定教科書を使用している学校が多いが、検定教科書の物理Ⅱに十分な時間をかけることができないのかもしれない。
- ② 反復して学ぶ機会の多い領域（力学）は比較的好成績であった。時間数の制限から、物理の教科内で反復学習できるのは、力学の一部分に限られてしまうことが多い。専門教科の中で、物理的な内容を反復して学習することができるように、物理－専門教科間での教員同士の情報交換、または連携が望まれる。
- ③ 三角関数やベクトルは、学生にとっては、高専に入って新たに学んだ概念である。これをすぐに使いこなすのは簡単なことではないだろう。当然、物理の中で三角関数やベクトルを用いて表現したり計算したりする問題は、正答率が低くなることが予想される。物理の学習を始めるにあたって次元の簡単な数学から始めることは適切であるが、本来ベクトルで記述されるべき物理量については、やはりどこかの段階でベクトルとしての扱いを学習する必要がある、それが物理法則の正しい理解となる。時間が不足していて十分な授業が難しい状況の中で、こうした訓練をどのように行うか課題である。
- ④ 公式を単独で用いる場合は、力学では 50%程度、熱や波では 30%程度の正答率だったが、複数の公式を組み合わせ、物理的な思考力を必要とする問題は、正答率がほぼ半減する。基礎知識を知らない者は論外だが、知識を覚えていることと、それを使いこなすことの間には、大きなギャップがあるものと思われる。知識を使いこなすためには、その知識の物理的な意味をきちんと理解する必要がある。授業では、通り一遍の知識を教えることで終わらず、物理的意味を理解させるように工夫をしたいが、これも教員人数や時間的制約が大きく課題となっている。
- ⑤ 今年度は領域 7「電気」、8「磁気」などで昨年度より平均点が低下したが、これは、主に定性的な問題の数が減ったことと対応しているように思われる。現象の定性的な理解ももちろん大切だが、工業系の高専生としては、現象を定量的に評価できることが要請されるだろう。物理概念の正確な理解と共に、定量的な扱いにも習熟してほしい。

また、これまでの到達度試験で感じられていることだが、回路など電磁気学の工学的扱いについては比較的答えられているようだが、電場・磁場といった物理学的扱いについては、なかなか理解されていないようである。工学と物理学といった面についても、今後出題の中で調査していきたい。