

物理学基礎学力向上を目指した学習支援制度の進展Ⅲ

Development of a Supplementary Lesson System of Physics for First-year students, part III

水野 貴敏*, 黒田 潔*, 小林 和彦*, 石川 直弘**, 後藤 信夫**

Takatoshi Mizuno*, Kiyoshi Kuroda*, Kazuhiko Kobayashi*, Naohiro Ishikawa**, Nobuo Gotou**

*玉川大学 工学部 マネジメントサイエンス学科, **玉川大学 工学部 機械情報システム学科
194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

*Department of Management Science, College of Engineering, Tamagawa University

**Department of Intelligent Mechanical Systems, College of Engineering, Tamagawa University
6-1-1 Tamagawa-Gakuen, Machida, Tokyo 194-8610

Abstract

Last year, the first-year students in the Department of Intelligent Mechanical Systems in Tamagawa University have been forced to attend the physics supplementary lessons by means of making the attendance a part of the grade point of the regular lessons in order to improve the attendance at the supplementary lessons. This year, this modification of the valuation method has been kept on, and again the high rate of attendance at the lessons has been maintained in the semester. As a result, nearly half of the students have improved the academic performance of the fundamental physics.

Keywords: Physics Education, First-year Students, First-year Education, Supplementary Lesson System

1. はじめに

平成6年度からの高等学校の学習指導要領で理科の習得科目が3科目から2科目に減少し、平成15年度からの学習指導要領で更に科目選択制の拡大と履修時間の削減が進行したためか¹⁾、大学教育の現場では、いわゆる「工学部離れ」が拡大している感が否めない。平成21年度の改訂でポイントにあげられた「理数教育の充実」²⁾が、「工学部離れ」に歯止めをかけられるかは、しばらく経過を見守るしかないであろう。

一方で、物理学を未修得のまま工学部に進学してくる学生は、後を絶たない。大学教育現場では、このような学生への対応を迫られている。

本学工学部物理研究室では、本学の物理学教育を担う立場から、工学部導入科目群、農学部導入

科目群および教職関連科目群、全学コア科目自然科学科目群と多岐にわたる物理学の講義と実験を担当し、それぞれの目的に応じた授業を展開している。

例えば、全学コア科目・全学US科目では文理系問わず、社会人として身につけてほしい物理学リテラシー教育を使命とし、科目「物理学入門」や科目「実践の物理学」を実施している^{3,4)}。

また、対外的な活動として、小中学生に向けた理科啓蒙活動に従事している。例えば、(公社)応用物理学会青少年対象科学啓発活動・教育支援事業の一環として、過去4年に渡り開催してきた「リフレッシュ理科教室」⁵⁻⁸⁾や、平成22年度から本学コスモス祭の工学部展『テクノフェスタ』で企画・実施している「理科工作教室」⁸⁾がそれ

に相当する。

これら多岐にわたる物理研究室の活動の中でも、工学部・機械情報システム学科（旧機械システム学科）初年次学生における物理学の講義や実験は、2年次以降の発展科目や専門科目への接続を円滑にする重要な役割を担っており、授業数も多く、重きをなしている。この該当科目には必修科目「物理学A（力学）」、必修科目「物理学B（電気）」および必修科目「物理学実験」があり、中でも、講義科目である「物理学A（力学）」や「物理学B（電気）」で講義する内容は、工学系の物理学として標準的なものである。

一方で、高等学校で「物理I」を履修してこない学生や履修してきたといってもほとんど身につけていない学生、物理学の修得に不可欠なベクトルの概念や微積分の初歩的知識をほとんど持ち合わせていない学生も少なくなく、本来なら大学入学時までに身につけてきた物理学や数学の基礎知識を当てにした授業展開は非常に困難になってきた。

このような状況において、本学工学部機械情報システム学科（旧機械システム学科を含む）では、平成16年度から高等学校での履修内容に近い科目として、選択科目「物理学基礎I・II」（平成20年度以降は選択科目「物理学基礎」）を設置し、高等学校と大学間の物理学の接続を円滑にするように配慮してきた。この科目は、高等学校の復習としてばかりではなく、高等学校で物理学を未履修であっても、正課科目の物理学を習得できる措置としての意味を持っていた。しかし、最近では、選択科目「物理学基礎I・II」やその後継科目の選択科目「物理学基礎」にも対応できない学生が増加してきた。

そこで、平成20年度秋学期に、機械情報システム学科初年次学生を対象とした学習支援制度（以下、学習支援）を発足させた。学習支援は、大学1単位に必要な30時間の自学自習時間の補填として、高等学校での豊富な教育経験を有するチュー

ターの下で正課科目の内容に沿って、復習する機会を提供し、正課科目内容の理解の深化とそれによる単位取得、そして、その後の発展・専門科目への橋渡しを目的とする。平成20年度秋学期は、試行的に実施されたため、その結果について深い分析に至らなかったが、平成21年度は、春・秋両学期において、学生個々の試験結果の追跡を通じて、学習支援の結果を分析し、議論を行い^{9,10)}、平成22年度は、その議論を踏まえ、実施方法の改良した上で学習支援を実施し、その結果を分析し、論じてきた¹¹⁾。平成23年度は、学習支援制度の大幅な改正を行い、発足以来の最大の懸案である学習支援への出席の改善を果たし、成績向上に一定の効果を観ることができた¹²⁾。ただし、東日本大震災後の電力削減政策に伴い、春学期後半の学習支援の計画を大幅に変更せざるを得ず、前年度以前の結果と単純に比較することは困難であった¹²⁾。今年度は、出席率の改善を達成できた平成23年度の制度をそのまま継続して実施した。本稿では、その結果を分析し、過去3年間の結果との比較を交えて論じていく。

2. 学習支援制度の概要

平成24年度も過去3年間と同様、春・秋両学期ともそれぞれの必要に応じて、学習支援の支援対象科目（以下、対象科目）を決定し、対象科目の受講学生全員を対象学生として実施した。平成24年度の学習支援の対象科目及び対象学生の学年を以下に示す。

1 春学期

- 物理学基礎：1年生（主に力学）
- 物理学A（力学）：2年生

2 秋学期

- 物理学A（力学）：2年生
- 物理学B（電気）：2年生

このように春・秋両学期では対象科目や対象学生の学年が異なる。また、今年度から学習支援を担当するチューターが1名となったため、昨年度

より対象科目を絞る必要があり、必修科目「物理学A（力学）」および「物理学B（電気）」については2年生を中心に実施した。

本稿では初年次学生を対象とした学習支援の結果について論じるため、2年生を対象とした学習支援については割愛する。以下に、1年生が対象の選択科目「物理学基礎」に対する学習支援の実施方法を記述する。

2.1 物理学基礎

1年生の春学期は、特に高等学校からの接続を重視し、対象科目は「物理学基礎」とした。科目「物理学基礎」は前述の通り、高等学校の復習的な内容を多く含む。したがって、学科初年次の全学生が受講する必要はなく、本科目を受講するよう指導すべき学生を絞り込むために、過去2年と同様、自製の初期試験を実施し、40点未満の学生29名に受講するように指導した。これには、高等学校科目「物理I」未履修者11名を含む。さらに、初期試験50点以上得点した学生のうち、希望者3名を加え、32名が科目「物理学基礎」の受講学生となった。これは学科全学生の約55%に相当する。この受講生全員を学習支援の対象学生とした。この学習支援対象者指定に関する指導はシラバスに明記し、授業ガイダンス時にも資料を配布・説明することで、周知を徹底した。加えて、学習支援への出席を促すために、授業ガイダンス時に学習支援のチューターを紹介し、その後、学習支援室まで学生を引率し、“場”の雰囲気を紹介した。

科目「物理学基礎」は学年1～4組を1・2組と3・4組に分割し、2名の専任教員がそれぞれを担当した。学習支援も同様に学年1～4組を1・2組と3・4組に分割し、同一のチューターが両クラスを担当した。学習支援は授業同様、毎週決められた曜日と時間に2時間ずつ実施され、受講学生にはそれぞれ指定された時間の学習支援に出席するように指導した。一方で、決められた時間

に都合が悪い学生には、チューターと相談の上、可能な限り空き時間に学習支援を受けるように指導した。そこで、チューター1名がそれぞれ週二日フルタイムで待機している学習支援室を、決められた時間以外にも開放し、いつでも学習支援を受けられるように配慮した。

平成23年度から学習支援の出席率改善を目的として、単位認定の一部に学習支援への出席を点数として考慮し、学習支援への出席の完全義務化を実施した。しかし、学習支援を活用し、中間試験あるいは最終試験の結果へと反映することが本来の目的であり、学習支援に漫然と出席しただけで、点数を与えるというわけにはいかない。そこで、課題、小テストを通じて、学習支援の出席を点数化する制度を確立した。この制度の概要は次の通りである。まず、正課授業にて授業内容に沿った課題を提出し、学習支援の授業で解答した課題を提出することを学習支援の出席条件とする。次に、学習支援の授業でチューターが講義した内容を基に、小テストを作成し、正課授業内で、その小テストを抜き打ちで実施した。ただし、小テストの範囲を学習した該当回の学習支援に出席していることを小テストの受験資格とする。つまり、課題を提出せずに学習支援の授業を受けても、学習支援の出席とは認めず、該当する数回の学習支援の授業のうち、1回でも欠席すると、小テストを受験しても成績には考慮しないというわけである。

平成23年度と同様、課題や小テスト、そして中間・最終試験の内容を2クラスとも同一にするため、専任教員とチューターは学期前から打ち合わせを実施し、各回の進度を決めるとともに、昨年度に作成した課題を中心に物理研究室で編集した『物理学基礎問題集』の中から決まった問題を毎回課題として出題し、その授業内容にそってチューターが学習支援を実施することにした。また、各回の授業終了後にも授業を担当する専任教員2名とチューターは授業進行状況や学生の様子など

を毎週報告し合い、翌週以降の授業の進め方の確認などを行った。

学習支援は課題や自製プリント等を用いて、学生の疑問点にその都度個々に答えるという個別指導に近い形式で行われた。

3. 学習支援制度の効果の分析と評価

従来、学習支援への出席を個々の学生の自主性に任せてきた。平成23年度から学習支援を義務化する新制度を導入し、学習支援への出席を改善することを目指した。そこで、本稿では、新制度の導入により、出席状況がどう変化したかを分析し、出席の義務化により、正課授業の中間試験および最終試験への結果にどのような変化がみられたかを過去3年間の結果との比較を通じて議論していく。ただし、新制度を導入したのは春学期の選択科目「物理学基礎」だけであるので、本稿では、その結果のみを議論し、他科目の結果については割愛する。

3.1 初期試験の結果

図1に今年度実施した初期試験全体の得点率分布を示す。これは学科全学生を対象としている。初期試験全体の平均得点は40.5点であり、自製テストを実施して3年目で初めて40点を超えたが、基礎学力が乏しいことが窺える。また、全学生の1/3強にあたる20名が30点未満であり、そのうち高等学校科目「物理I」の未履修者が8名、履修者とも12名ずつであった。この傾向は過去3年と同じであり、たとえ履修者であってもその理解度は未履修者と大差がないことを示している。

図2にその初期試験の各問の正答数分布を示す。これも学科全学生を対象としている。初期試験の出題範囲は、問題1が単位、問題2, 3, 4がそれぞれベクトル、微分、積分、問題5, 6がそれぞれ力と運動、仕事とエネルギー、問題7がオームの法則である。問題1と問題5の平均得点

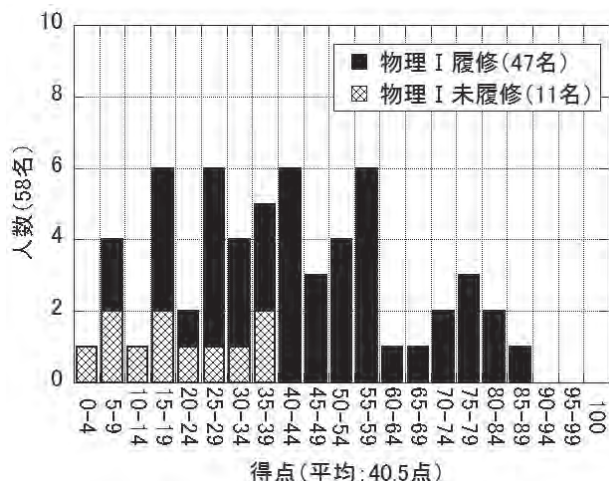


図1. 平成24年度初期試験得点分布

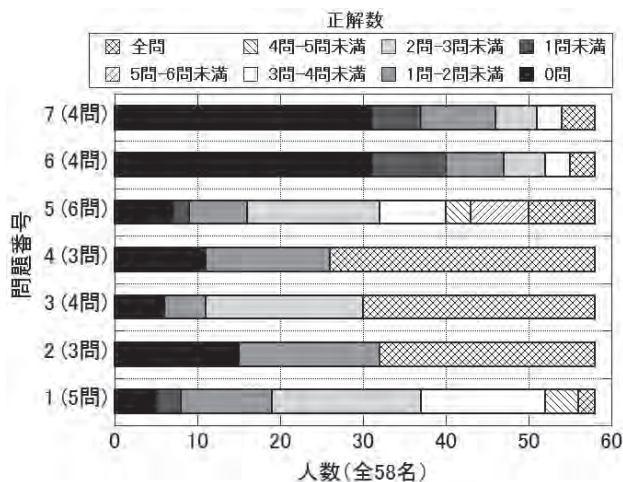


図2. 平成24年度・初期試験各問の正答数分布

率は45%程度であり、それなりの理解を示している。数学の力を示す問題2～4はほぼ60%以上と比較的高い理解度を示していることがわかる。一方、問題6と7の平均得点率は20%程度であり、ほとんど理解していないことを示している。特に全学生の半数以上の学生が零点であり、大学入学までに身につけているであろう物理学の基礎知識を当てにした授業展開は非常に困難であることがわかる。これらは過去3年間とほぼ同じ傾向である。科目「物理学基礎」は力学分野でも初歩的な部分、すなわち、ベクトルや物体の運動、運動方程式などを講義するが、その力学分野の基礎学力が乏しければ、エネルギーや電気について理解することはさらに困難となる。したがって、科目

「物理学基礎」において学習支援を行うという方向性は適当であると考える。

3.2 学習支援への出席状況

図3に平成21年度から平成24年度まで4年間の学習支援への出席回数分布の変遷を示す。ただし、学習支援の実施回数が年ごとに異なることを注意しておく。

平成21年度は全く出席しない学生が14でこれは対象者の29%であった。これは当時、学習支援への出席を強制はしないという考えから学生の自主性に任せた結果である。

平成22年度では全く出席しない学生が8名、すなわち、対象者の13%へと大幅に減少した。これは前述した“場”の雰囲気や事前に紹介したことによる効果であると考えられる。学習支援室へ学生を引率するなど、少々、子供じみた方法ではあったが、これが存外に効果的であったことがわかる。一方で、平成21年度と同様に分布が大きくばらついていることがわかる。

学習塾への出席を義務化した平成23年度および平成24年度は、過去2年と傾向が大きく変化し、出席状況は大きくばらつかず、全回出席側に大きく偏っていることがわかる。実施回数の8割以上に出席した学生数は平成23年度が41名（対象者の91%）、平成24年度が25名（対象者の86%）となり、出席を義務化したことにより、出席状況が大幅に改善されたことがわかる。ただし、この出席回数は純粋な出席回数であり、出席条件である課題を解答して提出することを怠った者も含まれている。

図4に平成22年度から平成24年度まで3年間の学習支援各回の出席率の変化を示す。

平成22年度は70%からスタートし、回を追うごとに緩やかに減少していき、最終的に55%程度になってしまった。

平成23度は100%でスタートしたが、翌週には欠席者が現れ、前年度同様に緩やかに減少してい

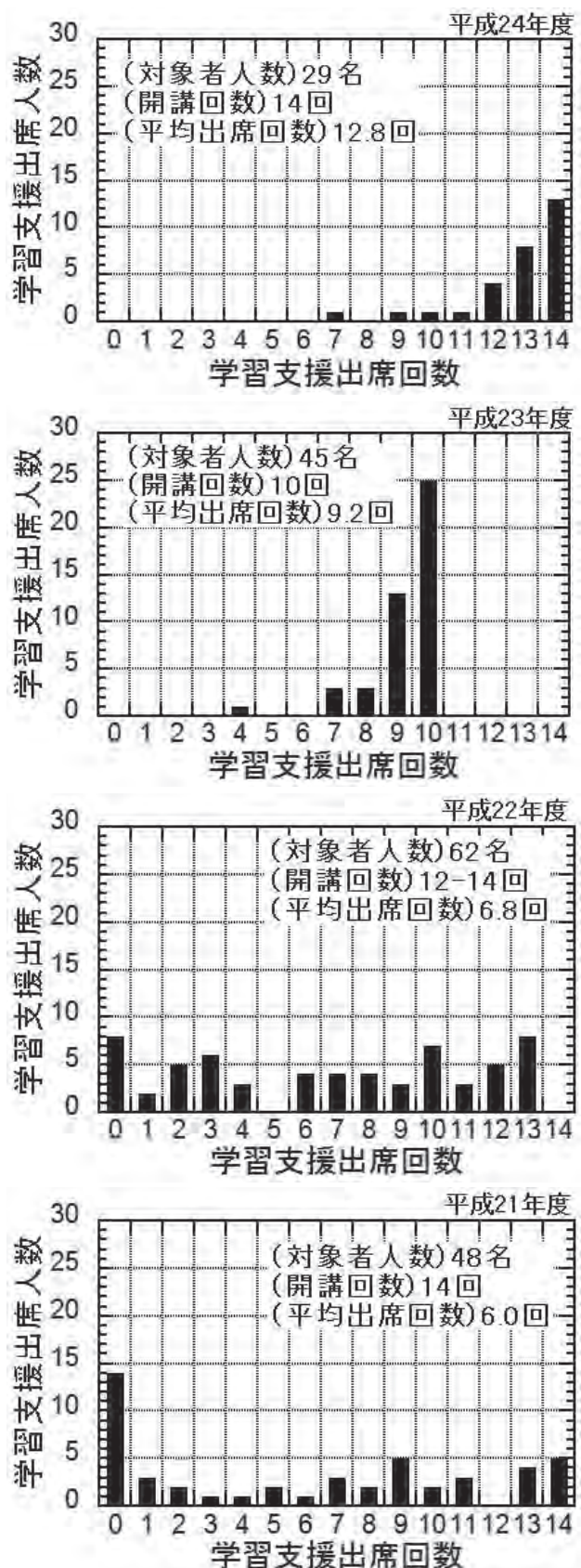


図3. 学習支援出席回数分布の4年間の変遷

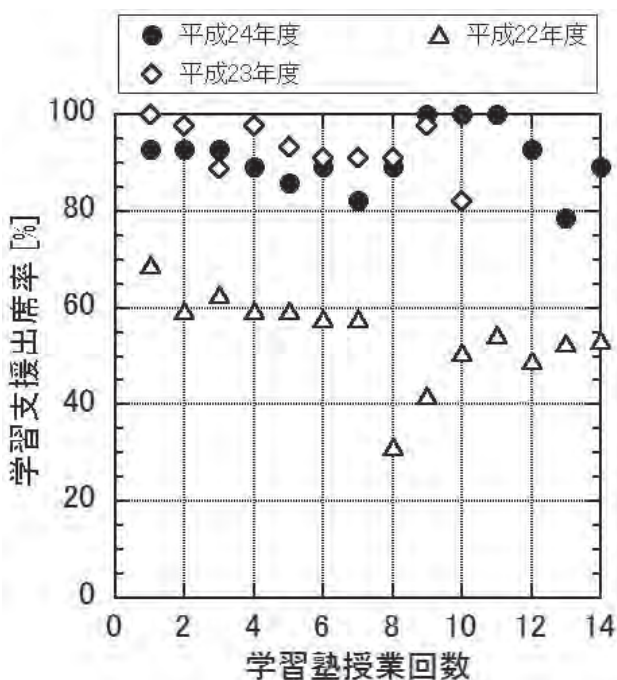


図4. 学習支援各回の出席率の変化

るものの、ほとんどの回で90%を維持している。節電対策により10回で打ち切りになってしまったが、平均で92%という高い出席率であった。

平成24年度は、平成23年度に比べると、出だしから中間まで90%前後に留まっていたが、中間以降に100%を達成し、結果的に、昨年度と同様、平均で91%という高い出席率を維持した。

図5 に平成23年度および平成24年度の出席条件である課題を提出して出席した者のみの出席回数分布を示す。図3と比較すると全回出席者が平成23年度は半減、平成24年度は30%ほど減少した。実施回数の8割以上に出席した学生数も平成23年で80%に、平成24年度は72%に減少し、真面目に出席している学生でも11%~14%程度は数回は課題を解答せずに、学習支援に出席していることになる。課題に解答して提出することを学習支援への真剣度と考えるならば、その真剣度を1学期中維持し続けることは難しいということであろうか。

3.3 学習支援の効果

まずは、正課科目「物理学基礎」で実施された

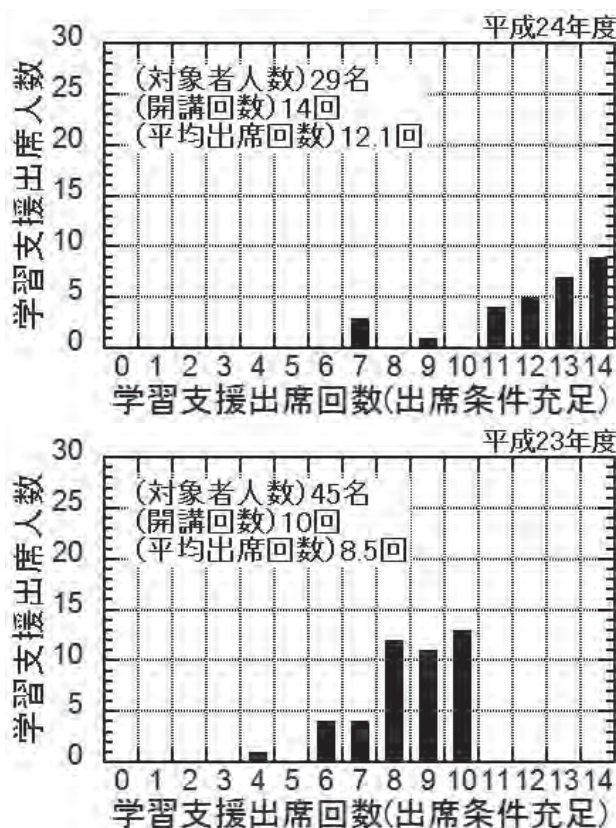


図5. 学習支援出席分布の2年間の変遷
(出席条件充足 = 課題提出者)

中間試験および最終試験における学習支援の効果について検討する。図6~8はそれぞれ平成22年度から平成24年度まで3年間の初期試験と中間試験、初期試験と最終試験、中間試験と最終試験の結果を比較したものである。当然のことながら、各年度の各試験はそれぞれ異なっているため、試験の得点を直接比較して議論するのは非常に困難である。そこで、結果は得点ではなく偏差値で示した。偏差値は相対評価ではあるが、成績の変動を観るには十分である。また、出席率により、

- ① 出席優良：出席率80%以上
- ② 出席及第：出席率60%以上
- ③ 出席不良：出席率60%未満

という3つのグループに分類し、それぞれプロットを変えて表した。グラフの対角線に引かれた点線は縦軸と横軸で示した2つの試験の偏差値が同一であること、すなわち、2つの試験において成

績（順位）を維持したことを示す直線である。一方、この成績維持を示す直線と平行に引かれた2本の直線は、縦軸で示した偏差値が横軸で示した試験の偏差値より ± 10 であることを示している。この2本の直線は成績変動の目安として、引いたものである。

この3本の直線に注目して図6をみると、平成22年度は出席優良のサンプル数が少なく、分析が難しいが、出席優良者の多くは偏差値が上昇させている。偏差値を下げている学生も偏差値 ± 10 の直線の範囲内に収まり、成績の下降は小さいことがわかる。一方で、出席不良の学生を中心に偏差値を10以上下げている人が目立つ。

平成23年度・平成24年度は、ほとんどが出席優良者のため、当然のことながら偏差値を上げている学生とほぼ同数だけ偏差値を下げている学生がいる。しかし、偏差値を上げている学生の中には、10より多くあげている学生がいるのに対し、偏差値を下げている学生は、10程度の降下にとどまっていることがわかる。図7に示す初期試験と最終試験の結果の比較や図8に示す中間試験と最終試験の結果の比較においてもほぼ同様のことが言える。ただし、出席及第もしくは出席不良の学生の多くが、最終試験において成績を下げていることが顕著に表れている。

学習支援への出席状況だけが大きく変化しており、正課科目「物理学基礎」の授業内容は大きく変わることがない。すなわち、出席状況改善後（平成23・24年）に見られる成績変動の抑制は、学習支援への出席の改善の効果と言える。そして、成績変動の抑制は、物理学基礎学力が全体的に底上げされた結果だとみることができる。

次に、より直接的に学習支援の効果を確かめるため、「物理学基礎」受講学生のみを対象として「物理学基礎」の最終授業日に初期試験と全く同一の試験を同一の試験時間で抜き打ちで実施した。初期試験は解答・解説、結果の通知、答案の返却など一切していないため、学生たちは入学直

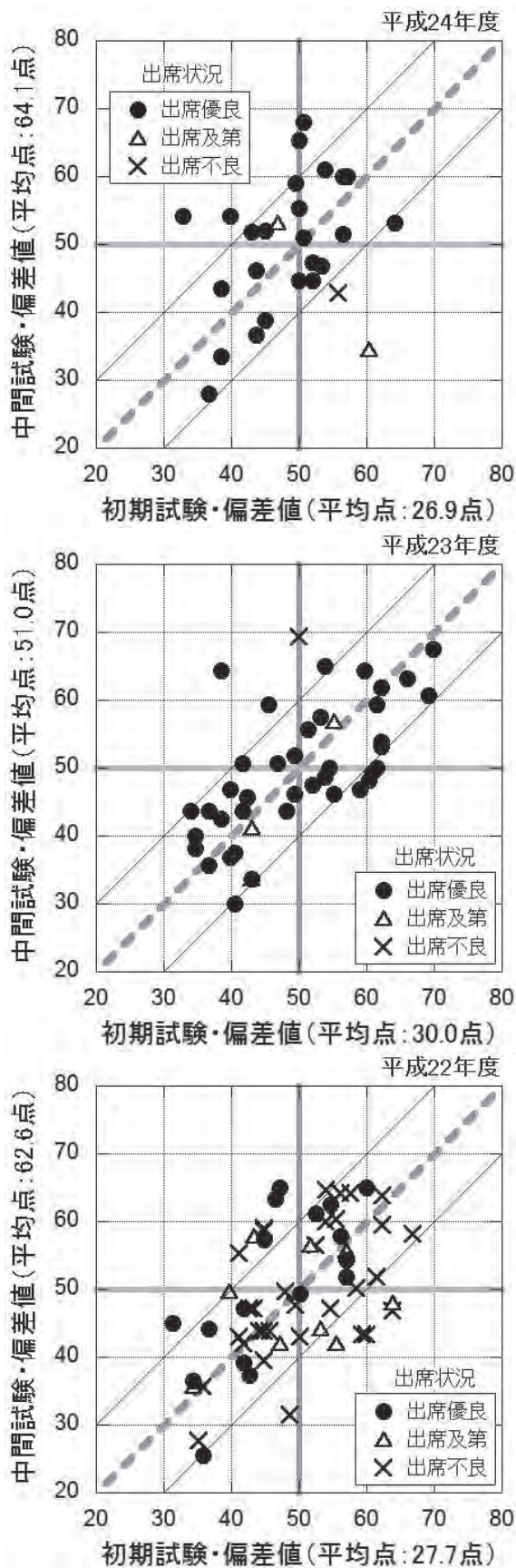


図6. 初期試験と中間試験結果の比較

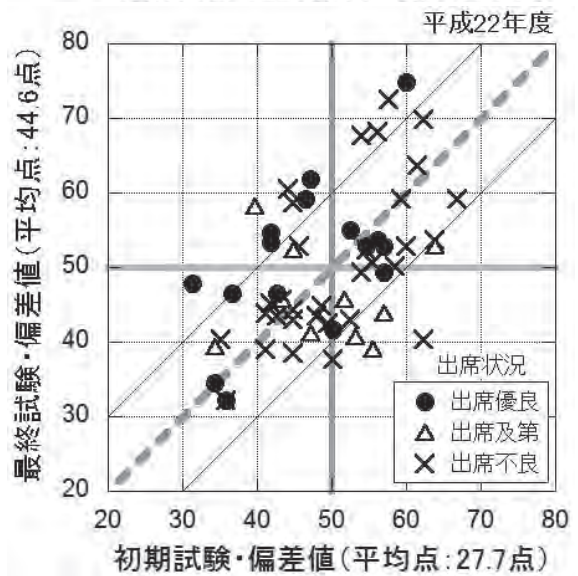
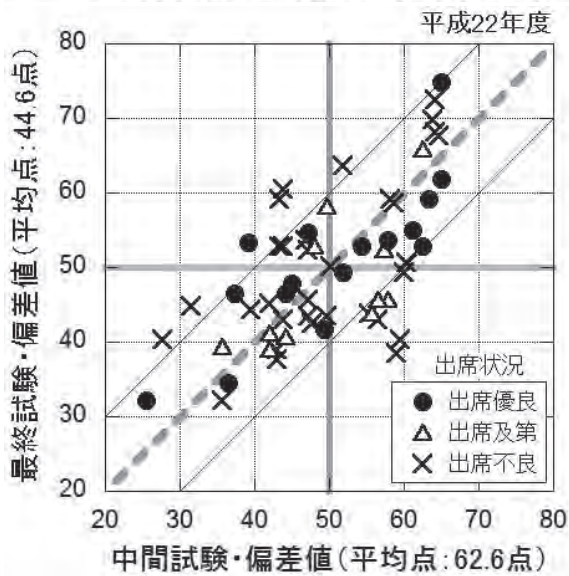
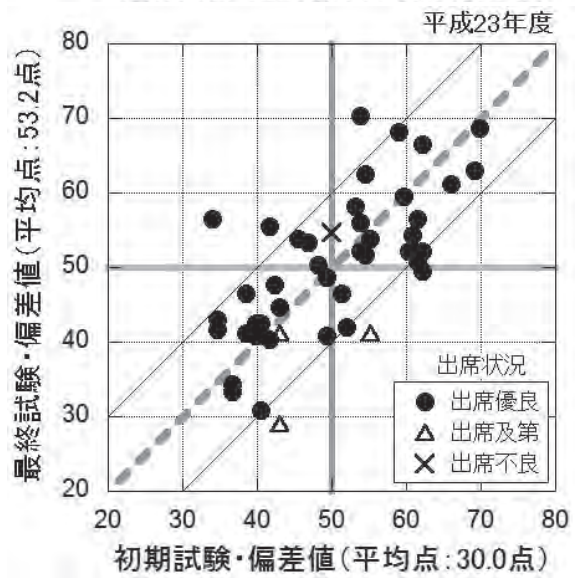
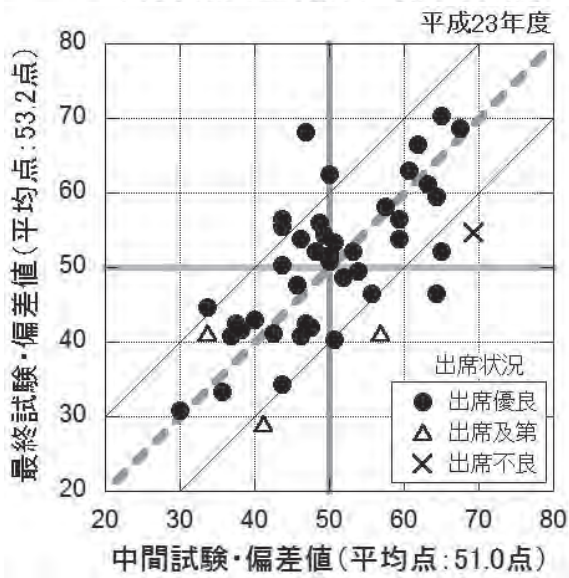
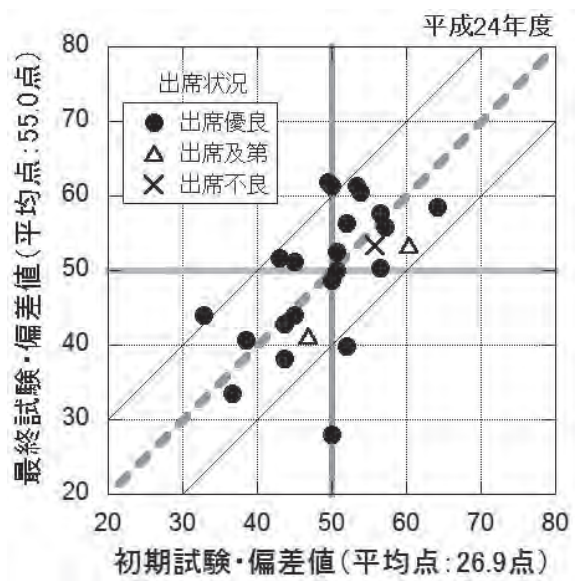
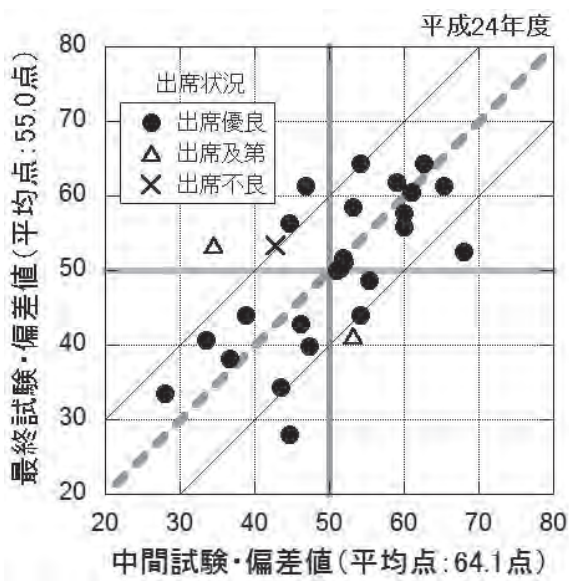


図7. 中間試験結果と最終試験結果の比較

図8. 初期試験結果と最終試験結果の比較

後に一度解いたきりで正答を知る由もない。そのため、2回目の結果は、正課授業ならびに学習支援の効果を観るのに妥当であると言える。

図9に入学直後に実施した初期試験1回目と「物理学基礎」の最終授業日に実施した初期試験2回目の結果の比較を示す。ただし、微分積分や電気回路など「物理学基礎」では取り扱わない内容を除き、100点満点のうちの65点分だけで比較を行った。また、2回目の受験者は28名であった。プロットは出席状況の違いを示す。平均点が16.6点から29.4点と約1.8倍に上昇しており、ほぼ全員が2回目に成績を上昇させている。この結果からも物理学基礎学力の全体的な底上げを達成していることがわかる。

成績の向上をもう少し詳細に分析していく。2回目で対象とした65点が全て解けるようになることが理想ではあるが、1回目の平均が16.6点であったことを考慮すると、2回目で約半分33点が取れるようになれば、まずは及第点と言えるだろう。また、1回目に平均点以下だったものが、平均点以上になれば、これも成績が十分向上したと言える。従って、これら2つの条件を満たす学生を“成績向上が高い”とすると、全部で13名であり、全体の46%に相当する。また、2回目に及第点までは到達しなかったが、1回目、2回目とも平均点以上を維持した学生を“成績向上が限定的”とすると、該当する学生は3名いた。残念ながら、2回目に平均点以下となった学生を“成績の向上が不十分”すると、該当する学生は12名いた。さらに、これを学習支援への出席頻度で分類し、出席優良および出席及第を“頻度が高い”，出席不良を“頻度が低い”として、これらをまとめると図10のようになる。“効果が大きい”および“効果が限定的”を学習支援の効果があつたとすると、全体の50%にあたる14名に効果があつたと考えられる。この中には高等学校で「物理I」を未履修であった学生3名を含む。一方で、全体の約40%にあたる11名には効果が不十分であつた

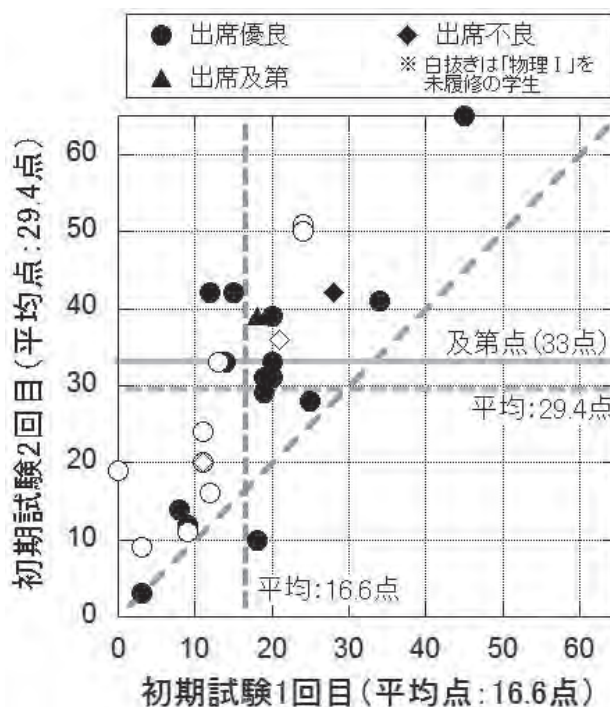


図9. 初期試験1回目(4月実施)と2回目(7月実施)の結果の比較

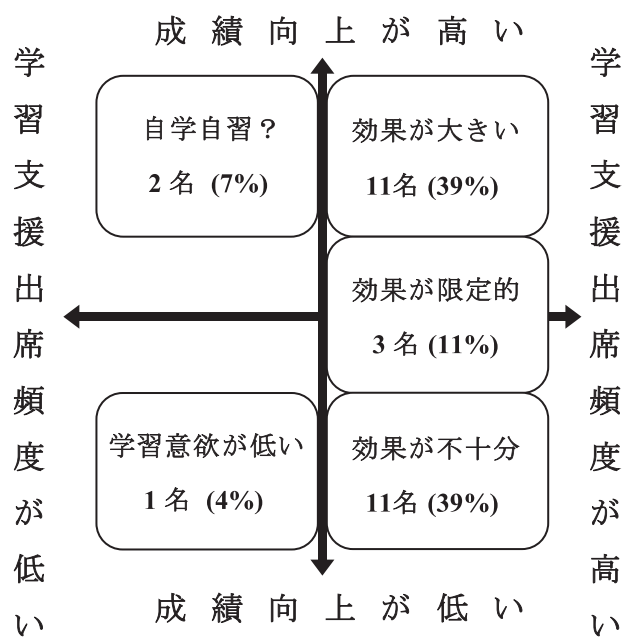


図10. 学習支援成果のまとめ

と考えられる。この中には高等学校で「物理I」を未履修であった学生6名を含む。効果が得られなかった原因については、今後さらなる検討が必要である。さらに、学習意欲が低い学生に対しては出席を義務化というシステム変更があまり効果

的ではことがわかった。自学自習の習慣を持っていて、独力で成績を向上させてくれるのなら、何ら問題はないだが、そうではない者もいることは結果が示している。これらの学生には、授業内容の理解の深化ではなく、学習への動機づけを行い、学習意欲を持たせるような支援も必要となってくると考えられる。

4. おわりに

本学工学部機械情報システム学科初年次学生に対する物理学学習支援制度について、平成24年度の実施内容を中心に、その成果について論じた。特に平成23年度から導入した学習支援への出席義務化に伴う新システムは学生の出席状況の改善およびそれに伴う成績の向上に効果があったと考えられる。

本学習支援制度の第一の目標は、学生が自学自習する学習態度を身につけることであり、第二の目標が発展・専攻科目への滑らかな接続を促すものである。第一の目標については自学自習の習慣とまではいかななくても、学習支援を活用して積極的に勉学に取り組む姿勢を身に付けた学生がいることは確かである。この1年間の支援で身につけた勉学に取り組む姿勢を今後も持続し、今後の専門科目での学習に役立ててくれることを切に願う。

また、来年度からカリキュラム変更に伴い、学習支援の制度も大きな改革を迫られている。新たな学習支援制度の構築に、この4年間で得られた知見を出来る限り活かしていきたいと考える。

謝 辞

本稿に記述した学習支援制度の実施に当たり、玉川大学工学部菅原昭博教授、同小倉研治教授、同鈴木夏夫教授をはじめ、関係各処にご支援頂きました。ここに深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 左巻健男・苅谷剛彦編：理科・数学教育の危機と再生，岩波書店（2001）。
- 2) 文部科学省：幼稚園教育要領、小中学校学習指導要領改訂のポイント，高等学校学習指導要領改訂のポイント
- 3) 蟻坂仲輝，小林和彦，黒田潔：大学の物理教育（日本物理学会刊），14[3](2008)144。
- 4) 黒田潔，小林和彦，蟻坂仲輝：玉川大学工学部紀要，44（2009），p.51-56。
- 5) 塚林功編：第7回，第8回関東地区「リフレッシュ理科教室」，（社）応用物理学会（2009, 2010）。
- 6) 塚林功，黒田潔編：第9回，第10回関東地区「リフレッシュ理科教室」，（公社）応用物理学会（2011, 2012）。
- 7) 黒田潔：玉川通信，No.684，2010年2月号 p. ii - iii。
- 8) 黒田潔，水野貴敏，小林和彦，勝尾彰仁，月岡邦夫：玉川大学工学部紀要，46（2011），p.86-94。
- 9) 黒田潔，小林和彦，石川直弘，後藤信夫，小倉研治：玉川大学工学部紀要，45（2010），p.100-111。
- 10) 黒田潔，水野貴敏，小林和彦，石川直弘，後藤信夫：応用物理教育，34（2010），p.35-46。
- 11) 水野貴敏，黒田潔，小林和彦，石川直弘，後藤信夫：玉川大学工学部紀要，46（2011），p.96-105。
- 12) 水野貴敏，黒田潔，小林和彦，石川直弘，後藤信夫：玉川大学工学部紀要，47（2012），p.51-60。

2013年3月1日原稿受付

Received, March 1, 2013