

導入科目「機械工学基礎」における基礎学力向上の試み

貞本 晃、十河 拓也、行本 正雄、椿下 庸二

1 まえがき

学生の入学時学力の低下及びばらつきの拡大は周知のことであり¹⁾、その対策は急務である。この状況に鑑み、機械工学科は平成18年度に大幅なカリキュラム変更を行い、教育目標の柱の一つに「基礎学力」を掲げた²⁾。その目玉として、学科としてこれまで以上の少人数教育を基本とした導入科目「機械工学基礎」を1年次春学期に新規に設けた。開講初年度の授業を終えたところで、この科目の概要と実施結果をまとめ、今後の当科目運営のための礎のひとつとしたい。

なお、当科目は発展・標準・基礎の3クラス編成であるが、導入科目の趣旨に基づき、本稿では標準・基礎クラスについて主に論じる。

2 授業の実施計画及び概要

2.1 授業計画の骨子

当科目の実施にあたって、機械工学科カリキュラム検討会議で入念な事前検討を行った。その骨子は以下のとおりである。

- ① 入学時学力の大きなばらつきに対応するため、発展・標準・基礎の3クラス編成とする。このうち発展の対象者は、工業力学を直ちに受講してよいレベルの学生とする。(注：工業力学は、機械工学科で学ぶ力学系科目に対する導入科目である)
- ② できるだけ多くの教員で担当し、少人数教育を実現させ、個別指導を図る。
(以下は、標準・基礎クラスに関する事項)
- ③ 工業力学の習得に必要な内容に絞って、必要最小限の数学・物理の単元から構成する。
- ④ 演習主体の内容とし、座学形式での内容説明にかける時間をできるだけ少なくする。
- ⑤ 宿題を課し、学習習慣を身につけさせる。

2.2 授業内容(単元)

骨子に基づき、授業を計画した。その内容はシラバスに詳述してあるので、本学webより参照いただきたい。紙面の都合上、扱う単元のみを以下に記す。

2.2.1 基礎クラス

分数の計算、関数とグラフ、連立方程式、因数分解・解の公式、ラジアン・三角関数、関数電卓の操作、静

力学の基礎(力とベクトル、1点にはたらく力の合成・分解および釣合い)、微分・積分(整式、三角関数の単純計算のみ)、直線運動(速度、加速度、等加速度直線運動)。

2.2.2 標準クラス

ラジアン・三角関数、関数電卓の操作、静力学の基礎(力のモーメントを追加)、指数・対数関数、微分・積分(指数・対数、各種計算公式を追加)、運動学(等加速度直線運動での変位、速度、加速度と微分積分との関係)、運動方程式(作用・反作用の法則、物体にはたらく力の見つけ方)、放物運動、簡単な微分方程式。

2.3 授業方法(授業の準備)

学科の専任教員11名で担当することとし、発展クラスを2名(2教室)とする。残り9教室は基礎・標準クラスとするが、それぞれに配分する教室数は、学生の状況に応じて定めることとする(後述)。

当科目の教育単元に合致するような書籍は存在しないが、数学に関しては平易な内容の書籍³⁾を、物理に関しては数社の高校教科書の該当部分を参考にして、資料を作成し活用した。

骨子に基づき、演習問題を与えて個別指導を行う。問題の準備は、資料をもとに各担当教員で行う。ただし基礎クラスに関しては、全期間に渡って各教室で統一した問題を作成し、これを用いた。

試験を3回実施する。第1週目にクラス分けのための試験を実施し、この結果も成績評価に加える。以後、2～7週目の授業内容を8週目に、9～14週目の内容を15週目に試験する。(注：試験を複数回に分けたほうが、学生に勉強を促す効果が大きいと判断した)

各試験の結果に平常点を加味して成績判定し、60点に満たない者には再試験を課す。

3 授業実施結果

3.1 クラス分け

3つのクラスで授業内容が大きく異なるが、一方で学生を3つのカテゴリーに分割する確固たる指標は存在しない。従って、テストの得点によって機械的に割り振ることとし、第1週目に物理、特に力学に限って

のテストを課した。これは、力と運動の範囲から、工業力学履修に必要なと思われる問題を独自に作成したものである。この得点にフレッシュマンテスト（数学）の得点を加えて、その合計点を基準とした。なお、高校での物理の履修履歴も参考のため調査したが、物理を履修せずに高得点を得た者はいなかった。

結果より、合計点が140点以上（200点満点）の29名を発展クラス（2教室）とした。これを除いて合計が80点以上の者、及び数学が40点以上の者83名を標準クラス（5教室）とした。基礎クラスではかなり低レベルの数学を中心に扱うので（2.2.1項参照）、ある程度の数学力を有する学生は標準クラスで受講すべきとの判断をし、残りの57名を基礎クラス（4教室）とした。

なお、各クラス内での教室分けは、テストの得点順とした。これは、学力がなるべく揃っている学生で教室を構成し、学ぶ範囲やスピードをそろえることで学習内容の理解を深めたいとの判断に基づく。

3.2 出席状況

欠席者数の推移は表1のとおりである。ただし、基礎・標準各1名ずつ、入学直後より不登校となった学生を含む。4週目はゴールデンウィーク期間中であり、欠席がやや多い。これを除くと10週目頃より欠席が増えているが、理由ははっきりしない。不登校の2名を除いて、最終的に出席不良に陥った学生は、基礎3名、標準1名である。欠席理由には病気等も含まれており、総じて言えば、出席状況は良好であった。なお、当科目は指定科目であるが、必修科目ではない。

欠席が継続する学生の情報は随時1年生指導教授に伝え、指導に役立てた。何名かの学生については個別に面談し、他の授業の出席状況も併せて確認のうえ、受講させる方向に導くことができた。

3.3 試験の結果（成績判定）

図1に各試験での得点分布を示す。試験の内容及びレベルは、基礎と標準で大きく異なる。

標準クラスは、どちらかといえば偏差の小さい分布になっており、平均的な学力を持つ学生がクラス分けによってうまく抽出されたことが分かる。なお、8週目に対して15週目の得点が下がっているが、授業で扱う内容（単元）が数学主体から物理主体に変わったためと思われる（4章参照）。

一方、基礎クラスの分布は、横に広い。また、8週目より15週目の得点が高い。8週目試験での低得点学生に合格の可能性を残したいと考えて、15週目の試験問題をかなり易しくしたというのが実態である。しかし結果として、低得点学生が取った点数は伸びず、上

位の学生の得点が伸びただけの結果に終わった。

15週目終了時点で成績判定を行い、表2のとおりとなった。クラス分け試験の点数を加えることで、標準クラス学生の成績が良くなることを期待したが、図1のとおり基礎クラスのほうが15週目試験の得点が高いため、結果的に両クラスとも同様の成績分布となった。

表1 欠席者数の推移（標準83名、基礎57名）

週	2	3	4	5	6	7	8
標準	1	3	6	2	6	3	3
基礎	1	2	6	5	3	4	3
週	9	10	11	12	13	14	15
標準	4	6	7	9	3	9	3
基礎	3	7	9	7	7	9	4

表2 成績評価（標準83名、基礎57名）

評価	S	A	B	C	R	E
標準	1人 1%	7人 8%	18人 22%	31人 37%	23人 28%	3人 4%
基礎	0人 0%	4人 7%	11人 19%	16人 28%	18人 32%	8人 14%

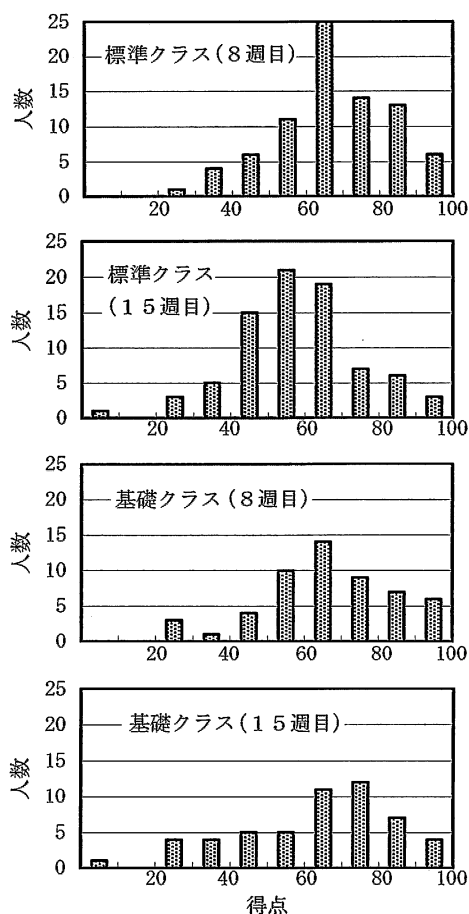


図1 試験の得点分布

本年度より「得点での成績報告」が実施されたが、単一科目内に学習内容の異なるクラスを併設する場合の評価点決定の困難さを実感した。

E判定の原因は、出席不良もしくは(極端な)成績不良である。上述のとおり、基礎クラスの低得点者を救うことは残念ながらできなかった。

3.4 再試験

再試験該当者は、表2のR評価学生(基礎18名、標準23名)である。再試験欠席者は1名のみであり、単位取得への意欲が伺えた。受験したうえでE判定となったのは各クラス1名ずつであった。当科目の最終的な不合格者は、発展クラス学生及び不登校の2名を含めて、169名中14名であった。

4 授業の様子(担当教員の感想)

4.1 標準クラス

クラス分け基準点の中位83名を点数順に16名~17名に分け5教室で5名の教員がそれぞれ担当した。以下はその中の1教室を担当した教員の報告である。

比較的少人数の学生ではあるが彼らの学習を半年にわたって見てきて気づいたのは、数学(計算)はどの学生もある程度はでき、また、できない場合も演習によって向上が見られたが、物理はできる者とできない者の差が大きくその差がなかなか埋まらなかったということである。その原因として、高校での物理履修の有無を疑ったが、未履修であってもこの科目の教材を通じて問題を解けるようになる学生も見られたので、履修歴だけでは帰着できないように思えた。それよりも、物理に対する個々の学生の得手・不得手がいままでも尾を引く、つまり、物理は履修したが苦手という学生がなかなか挽回できないで見えた。この点について考えるため、この授業で用いた演習問題を解くプロセスを次のように分けて眺めてみたい。

※ 数学：記号操作→解答

※ 物理：問題の定式化(記号化)→記号操作→解答
この授業の数学の分野では、例えば置換積分や部分積分といった比較的難しいトピックも扱い、この場合最初からすらすら解ける学生はほとんどいない。しかし、配布した教材の解答・解説を読んでどの学生もある程度は解けるようになる様子が見られた。これは多くの学生が、記号操作のルールを学んでそれを適用していく能力は劣っていないことを表していると思われる。それに対して、物理ではまず図や文章で表された現象を記号化する段階があり、この段階をうまくクリアできるか否かが学生によって二分されてしまうように感じられた。一般論として、物理は実際の現象を扱う学問であり、授業でとりあげる問題も我々人間が直接見

たり触ったりすることもできるような具体的現象を取り上げている。それゆえに日常経験に基づいた直感が働いてしまう。例えば「力が加わる向きに物体は動く」、「動いていなければ力は働いていない」、「重い物は軽い物より速く落下する」等々のように、正しい力学原理からみれば誤った日常経験的直感は少なくない。このような直感がなまじ働いてしまうことが物理の正しい定式化の妨げになっており、その日常経験的直感に個人差があるために学生の得手・不得手が分かれてしまうとも考えられる。数学の場合は抽象的ゆえに紛らわしい直感が働かないのが幸いしていると考えれば、その感をより一層強くする。したがって、物理が不得手な学生がその困難を克服するには、問題の定式化の演習を繰り返し行い、正しい物理学的直感が誤った日常経験的直感より先にはたらくような脳内回路を作ってしまうより他ないと思われる。逆説的だが、物理の問題定式化能力の向上には理論よりパターン暗記が重要で、ちょうど英文法学習より英会話訓練に似ているように感じられた。そこで、来年度以降は記号操作よりも物理の問題定式化の演習に重点を置き、その繰り返し練習を通じて正しい問題定式化のための物理学的直感を養うことを第一の目標とすることを提案したい。工業力学を含めこの科目のあとに引き続く力学系科目の標準的教科書では、そのような直感は前提としていながらほとんど明示されていないことから導入科目が重点をおいて扱うべき点だと思われる。

4.2 基礎クラス

前述のとおり、テストの点数順に教室を分けたが、基礎クラスの最下位教室については担当者の荷が重いが懸念された。そこで、下位28名を2教室に分けて2教員で分担した(学科のa組、b組14名ずつだったので、各組の指導教授が受け持った)。以下は、この中の1教室を担当した教員の率直な感想である。

1年生全員の中で下位17%に入る学生群とはいえ、その中でも学生間の学力差をかなり感じた。おおまかに言うと3カテゴリーに分けられる：①比較的できる学生；②単元によって出来・不出来が分かれる学生；③ほとんどできない学生。

②の学生は、教育(あるいは本人の努力)によって伸びる可能性を有すると期待できるが、問題は③の学生である。この学生群は、図1の30点付近に分布し、15週目試験でも得点が伸びなかった。しかし、その原因が学習態度に依存するとは考えにくい。むしろ入学までの12年間で真面目に学校で過ごしてきただろうと思えるような学生達である。だからこそ(彼らには何の罪もないと心底思うのだが)、何らかの適性を欠いているように思えてならない。前節での言葉を借りる

と、「パターン暗記に持ち込めるだけの力を有さない」ということになるのだろうか。

入学を許可した彼らに何がしてやれるのか、教員として心の痛む問題である。反面、多くの教員は様々な業務を抱えているのが実態であり、彼らのために多くの時間を割くことが本学の発展に利することなのかという葛藤もある。いずれにせよ今後、本学ではこのような学生の教育法も研究していく必要があるだろう。

4.3 新任教員の感想

本年4月より本学に赴任し、標準クラスを担当した。16名という少人数の学生と机を囲み、半年間、数学と物理の基礎に関する演習問題を中心に取り組んだ。私のクラスは標準クラスでも優秀な学生が集まっており、図2に示すように、中間、最終試験とも上位の成績を取める学生が半数を占めていた。なお、16名中13名は無欠席であった。

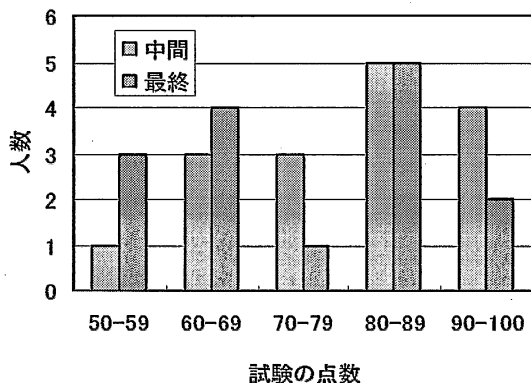


図2 中間、最終試験の成績分布

昨年まで勤務していた企業において、新入社員研修や技能訓練基礎科目などで数学、物理、化学などの基礎講座の教育担当を経験したが、今回のような少人数での対話型教育は初体験であった。16名の学生の名前を覚えた頃、このクラスでは数学が得意で、物理が不得意と思われる学生が半数いることがわかった。案の定、中間試験までは数学が中心の演習問題の内容を良く把握していた学生が剛体のつりあいや運動方程式が理解できず、最終試験で70点以下の採点結果となった。机をサークルにして2ヶ所の黒板を利用し、1回に4名の学生に演習問題の解答を書かせ、簡単な説明をさせた。数学の授業では2回で8名の学生が演習に取り組むことができる。学生の間でも自由にまた活発に会話させ、説明の矛盾や別解答の提案などやる気をおこさせた。しかし、物理の授業ではそうはいかなかった。一部の学生は力の向き、大きさや単位が理解できないからである。従って、演習も1回となり答えは書いて

も説明できないケースがあった。明らかに二極化した学生の知識習得レベルを担当教員が迅速に把握でき、適切な学習指導ができるかが重要と感じた。私はこの課題に以下の方法で取り組み、一定の手応えを掴んだ。

- ① 授業の始めに10分間の単位や公式など基礎内容を講義し、理解度を確認する。
- ② 演習の難易度に合わせ、解答させる学生を指名する。
- ③ 半数以上が理解できていない問題は翌週も繰り返す行う。
- ④ 宿題はできるだけ簡単な課題を与える。
- ⑤ 演習の説明や解答を必ずノートにとらせる。場合によっては個別指導する。

5 学生による授業評価 (アンケート結果)

授業の最終日にアンケートを実施した。結果をまとめて図3 (基礎クラス) 及び図4 (標準クラス) に示す。以下、項目ごとに簡単な考察を加える。

5.1 選択式の設問について (図3、4参照)

- ① 高校の内容を学習することへの抵抗感は少なく、来年度以降も学習内容の見直しは (多くの学生にとっては) 必要ないと思われる。なお、抵抗感を持つ学生は標準クラスのほうに多い。入学時学力から考えて当然のことである。
- ②及び⑬ 学力でクラス分けすることへの抵抗感は少ない。幅広い学力分布を持って同時に入学していることを、学生達もよく認識しているようである。また、別クラスへの移動希望も少ない。強いて言えば、標準クラスでは少々きついと感じる学生が、基礎クラスを希望する傾向が若干現れている。
- ④及び⑤ 演習問題のレベル及び量について、妥当であったと思われる。「簡単すぎた」と答えている者はわずかであり、現状よりさらに難しい問題を扱うのは適切ではない。また、量の多少についてもこれを判断できる結果ではなく、来年度以降も同様のレベル・量で行うべきである。
- ⑥、⑦及び⑪ 「演習主体の授業」について、過半数の学生が肯定しているものの、大多数の同意が得られたとは言い難い。また、「教員の説明」については肯定者が約半数である。さらに、「授業に親しみが持てた」とする者は半数を割っている。記述回答 (後の5.2節に掲載) では「解説が欲しかった」旨の意見がいくつかあり、全体として「演習ばかりで説明が少ない」という印象を持たれたのではないかとと思われる。しかし、「演習中心で、できるだけ説明を短くする」ことが当科目の大前提であり、この考え方を安易に改めるわけにはいかない。

もちろん授業の進め方については吟味が必要であるが、扱う単元が基礎的なものであるが故に、安易な解説は「この公式に数値を代入すると答えが出る」となる恐れがある。「演習を与えておいて、じっくり考えさせようで、できない学生だけを残して分かるまで解説をする」とするのが理想だが、人的・時間的に難しいのが実態である。

- ⑧及び⑨ 学習内容の重要性については、かなりの学生が理解を示している。数学・物理のハードルを越えない限り、機械工学の学習が成立しないことについては同意を得ていると考えてよいだろう。一方で、このような基礎単元を演習中心で学ばせても、なかなか学習意欲の高揚には結びつかない。例えば「三角関数が分からないと、ロボット製作に必要な機械力学や制御工学の理解は難しいよ」ということを、実例をあげて説明できればよいのだが、しかし三角関数が分からない学生を相手にそれを説明するのは非常に難しい。スポーツ同様、ある程度の基礎トレーニングを積まないと楽しみは見えてこないということとで理解してもらうしかない。
- ⑧及び⑫ 両クラスとも「理解のための努力をした」という学生が半数を越えており、学生の取り組みを評価してよいと思う。その結果、「基礎学力が身についた」と感じている学生も半数ほど居り、授業担当者としてひとまず安堵できる次第である。
- ⑩ 少人数教育については7割の学生が「良かった」としている。今後も可能な範囲で少人数教育を実現させるべきと思われる。

5.2 記述式の設問について

『具体的な要望や感想があれば書いてください』として、記述してもらった。以下に原文のまま列記する。

5.2.1 基礎クラスでの回答

「問題の解説がほしいです。」「わかりやすかったです。」「エアコンをはやいじきからつかいたい。」「中間テストの点をおしえてほしい。」「授業のはじめにいきなりプリントを配ってただひたすらに問題を解くだけでなく解き方や解説をしてほしかった。」「最初は工学部の授業についていけるかとても心配だったけどこの授業で高校の復習などもできてよかった。」「エンジンをバラしたい。実習がやりたい。体を動かしたい。」「9号館の5階（教室）まで行くのに時間がかかる」「最終的な答えがどうしてもわからなかったりしたためテスト前などに答えのプリントなどをくれるとうれしい。」「教科書とかが欲しかった。」

5.2.2 標準クラスでの回答

「テストの計算用紙がほしい」「よかった。」「週に2回くらいあるととっても良かったかもしれない。」「計算の分野で説明より問題をする方が多かったのどうすうすうとしか頭に入らなかったような気がする もう少し説明に時間をとってほしかった」「高校でやったことがないところもあったので、わからないところもあった。高校で使っていた記号が、大学ではあまり使わないのでたまに困った。」「演習主体の授業でやりやすかったです。問題をといてまなぶことができてよかったです。」「クラスと自分の能力にあまりあってなくてとても苦労した。」「テストの時は計算用紙をわけてほしかった」「演習の答えにもっと具体的な式を乗せてほしい」「問題の量が少し多かった。」「このような授業がよく行われると助かる。」「高校で習った物理Ⅰ・Ⅱの基礎的な授業をこれからもしてほしい。」「勉強をしなかったら、高校レベルの問題さえ解けなくなっていた。この半年間で僕はバカになった。」「問題を解いても、まちがったところがそのままになっているし、説明も少ないので、せめて答えの解き方でもいいからくばってほしい」「まーまー」「解説がもうすこしほしかった。」

5.3 学生による評価点

「この授業を総合的に評価すると何点になりますか？皆さんの成績同様に『100点満点で60点以上が合格』となるように考えてみてください」という問いかけを試みた。その結果（全回答の平均点）が図3と図4の⑭である。両クラスとも合格点を得ているが、C評価である。来年度はB評価が得られるように、さらなる努力をしたい。

なお蛇足であるが、両クラスの得点差は0.1点であり、実質的に同点といえる。いずれかのクラスに偏った結果にならず幸いである。実際には1点から90点までの幅広いランダムな評価点を平均したのだが、これが偶然にも同点になったということは、ある意味、統計処理の妥当性を示しているのであろう。

6 まとめ

いくつかの問題提起をして、まとめとする。

- ① 基礎クラスでは、同一教室の中でも学生間のばらつきが大きい。学習内容をさらに細分化する必要があるかもしれない。
- ② 標準クラスでは、物理が不得手な学生が目立った。学習内容・教育方法の工夫が必要である。
- ③ 現状の人数でも個別指導には限界がある。「基礎学力」を学科の教育目標に据えた以上は、学科全教員での担当を考えてみてよい。

- ④ シラバスで定めた単元をすべて消化することが無理な学生もいる。学生の努力が報われ、その結果として成績不良によるE判定を無くす等、科目毎の教育手法や成績評価など前向きな議論が必要である。
- ⑤ 上記を踏まえ、機械工学基礎A、B、…といった完全な別科目を並列開講して、例えば入試区分に応じて受講科目を定めるといった、ある程度ドラスティックなことも考えるべきではないか。

参考文献

- 1) 工学部学生の成績および就職に関する現状分析、工学部教育改革推進支援室、2006.3
- 2) 2006年度工学部履修ガイドブック、中部大学工学部、2006.4
- 3) 石村園子、大学新入生のための微分積分入門、共立出版、2004.3

助教授	工学部	機械工学科	貞本	晃
助教授	工学部	機械工学科	十河	拓也
教 授	工学部	機械工学科	行本	正雄
教 授	工学部	機械工学科	椿下	庸二

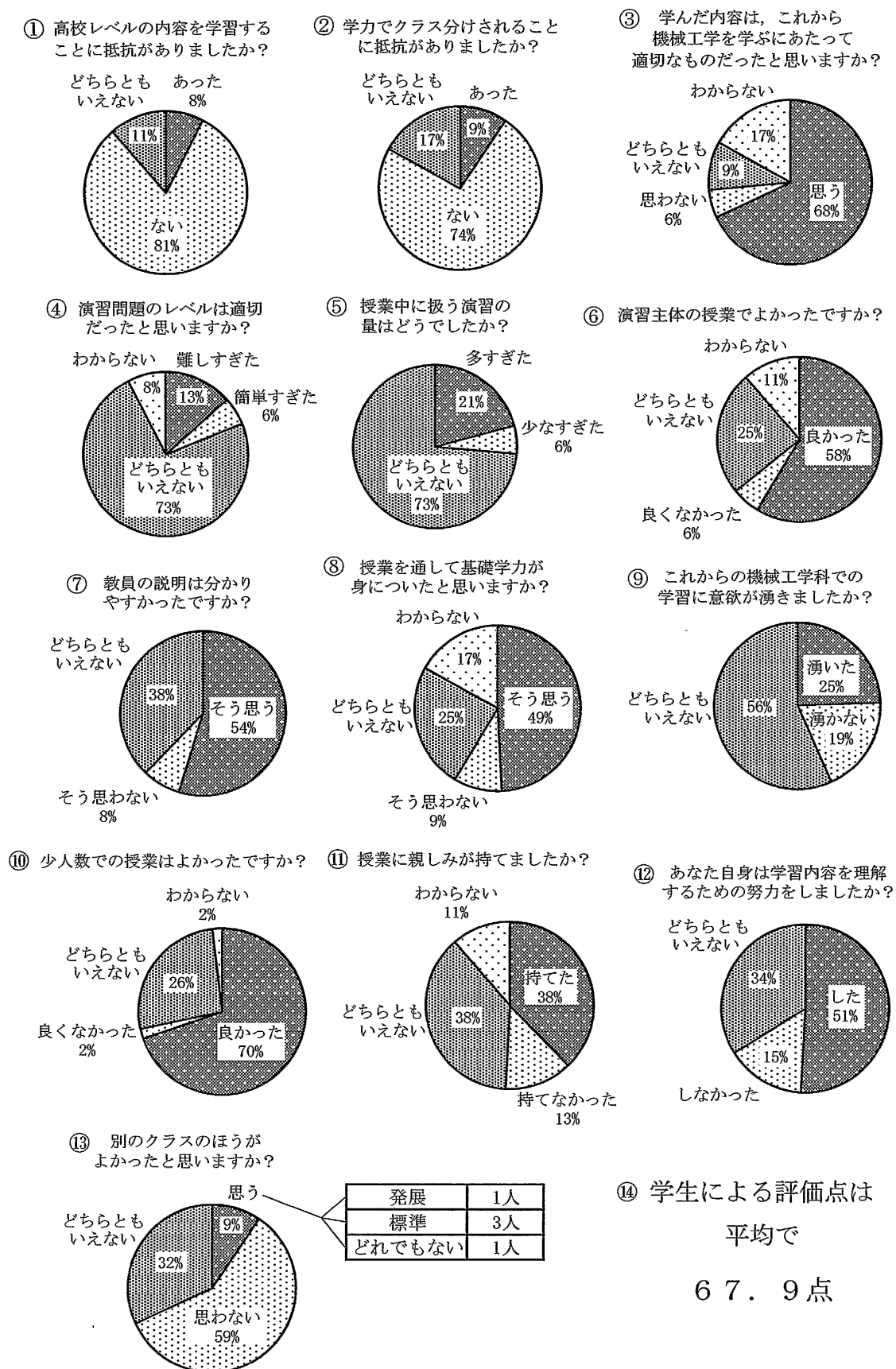


図3 アンケート集計結果：基礎クラス

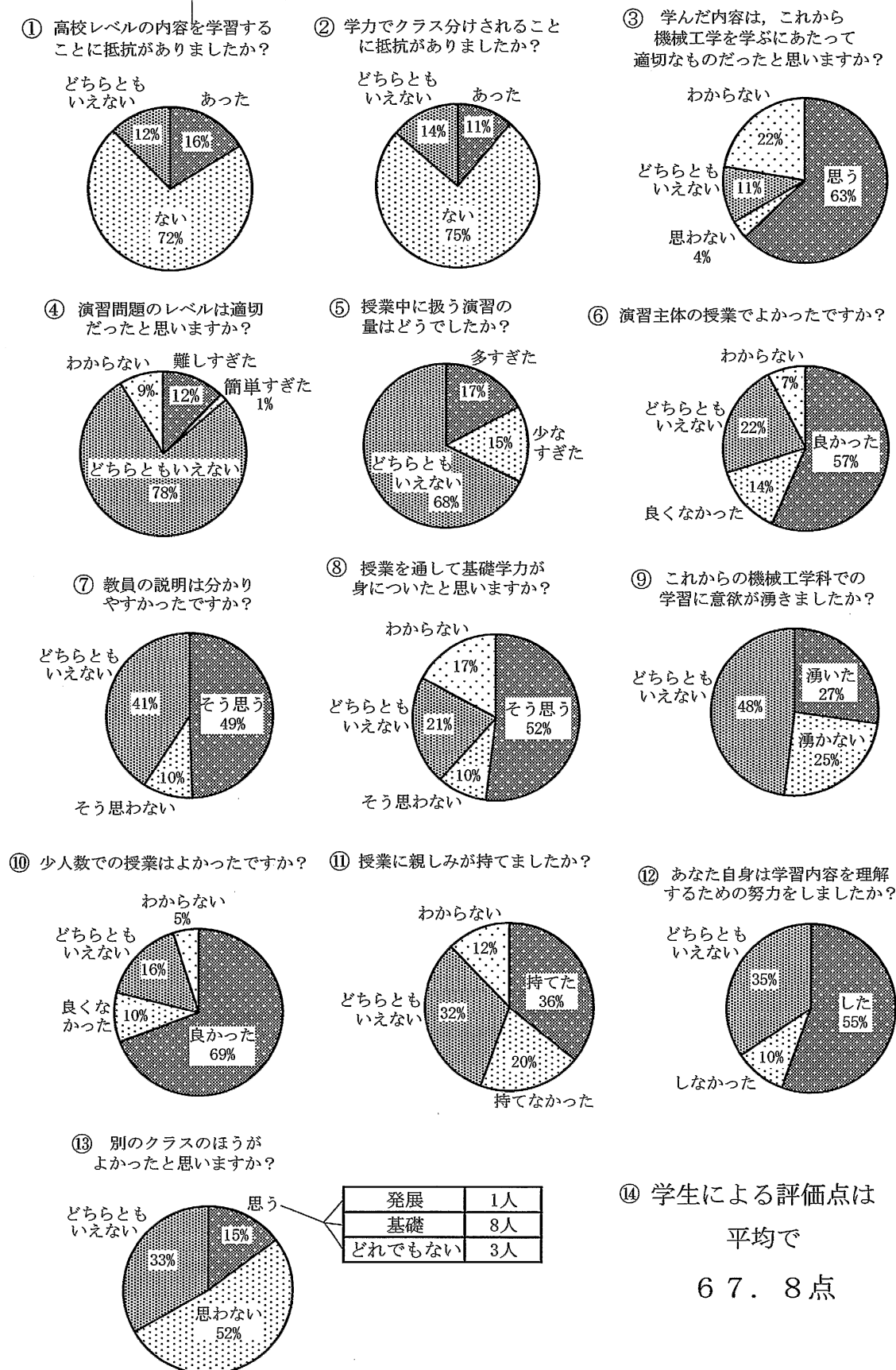


図4 アンケート集計結果：標準クラス