

電気電子工学科のプロジェクトデザイン入門（実験） －専門科目との接続を指向した PD 教育の取り組み－

Introduction to Project Design for Electrical and Electronic Engineering - Practical Education of Project Design Oriented to Major Subjects -

野口 啓介、池永 訓昭、津田 敏宏、坂本 康正、平間 淳司、
廣田 哲夫、大澤 直樹、深田 晴己、芦野 慎

*Keisuke NOGUCHI, Noriaki IKENAGA, Toshihiro TSUDA,
Yasutada SAKAMOTO, Junji HIRAMA, Tetsuo HIROTA,
Naoki OSAWA, Haruki FUKADA, Makoto ASHINO*

電気電子工学科（EL 学科）の平成 30 年度における新たな取り組みとして、プロジェクトデザイン入門（実験）（以下、PD 入門（実験））の検討を行い、前学期に実施した。ここではその内容について報告する。専門科目との接続を重視した PD 入門（実験）のカリキュラムにおける位置付けを示すとともに、EL 学科の実験科目との関係について説明している。これまでのいきさつとして電気系ワーキングの取り組みについても説明する。PD 入門（実験）の学習支援計画書に盛り込んだ内容を示し、6つのテーマ、運営方法などを紹介する。実施結果の検証として受講学生および TA 学生に対するアンケート調査を行い、その結果について検討している。さらに過去 3 年間の電気回路 I の中間試験結果について比較検討し、PD 入門（実験）と並行して開講された電気回路 I の理解度について考察する。

キーワード：プロジェクトデザイン、専門科目、実験、ミッション型課題

We have developed practical education of the introduction to project design (PD introduction (experiment)) as a new approach of the department of electrical and electronic engineering in this academic year. This paper reports the detail of the development. Position of the curriculum of PD introduction (experiment) is shown for orientation of major subjects. Relationship with the major experiment subjects is also explained. As the past efforts, related activities in our department are described. Contents of the developed syllabus are explained, and then it shows six themes and steering methods. As a verification of the implementation results, we conducted a questionnaire survey on students attending and TA students. The summary results and graphs are shown. In addition, based on the results of the intermediate test of Electric Circuit I in the past three years, understanding degree of students with respect to PD introduction (experiment) is discussed.

Keywords: project design, major subject, experiment,
mission-oriented exercise

1. はじめに

1. 1 新しい取り組みの経緯

電気電子工学科（以下、EL 学科）は、平成 30 年度より新たなカリキュラムをスタートした。従来、電気系は 2 学科体制を取り、電気エネルギーを主として学ぶ電気電子工学科と、情報を伝える技術を主に学ぶ電子情報通信工学科に分かれていた。EL 学科では、時代の情勢を鑑み、2 学科を統合した 1 学科内に 2 コース（電気工学コース、電子工学コース）を設け、次代を担う人材育成に取り組んでいる。

新たな学科体制とカリキュラムの準備は平成 28 年度より本格的に進められ、その重要な検討事項の一つとしてプロジェクトデザイン関連科目と実験科目の精査が挙げられた。平成 7 年度の専門コア体制に基づく教育改革以降、時代のニーズに応じて設置された「プロジェクトデザイン入門」(PD 入門)、「プロジェクトデザインⅠ・Ⅱ」(PDⅠ・Ⅱ) および「プロジェクトデザイン実践」(PD 実践) の各科目は、金沢工業大学の重要な教育の柱として位置付けられ、基礎実技教育課程において推進された。これまでの永きに亘るプロジェクトデザイン教育 (PD 教育) の取り組みでは、学生が創造性を養うとともにチーム活動能力、問題発見・解決能力を高めることなどの目標を掲げ、解が多様な問題に対して工学的な手法を用いて課題解決することをねらいとしてきた¹⁾。従来、電気系では PD 教育に対して積極的に関わりを持ち、毎年、専門教員による関連科目の担当と、「PDⅡ」「PD 実践」での専門領域に近い課題の設定などに取り組んできた。新たな EL 学科では、さらに専門の特色を生かした教育の実践を行い、専門科目との接続を重視した PD 教育を推進するために、「PD 入門 (実験)」、「PD 実践 (実験)」の 2 科目を実験・実技科目として位置付け、これまでの PD 教育の思想を維持しつつ、より専門性を高める実験の取り組みを進めることとした。また、経済産業省からの認定資格である電気主任技術者について、学生の実験時間の確保と必要な設備を整えることが重要な要件であり、その改善は喫緊の課題であった。

EL 学科の PD 関連科目と実験科目を図 1 に示す。従来、専門に関係する実験科目は「電気電子専門実験・演習 A/B」および「電子情報通信専門実験・演習 A/B」のみであったが、EL 学科では入学当初から専門の実験を行うために「PD 入門 (実験)」を 1 年次前学期に行い、すべてのテーマを EL 学科の教員が取り組む方針となった。また、2 年次後学期には「PD 実践 (実験)」を「PD 入門 (実験)」から連動して専門性を高めた内容を扱うこととし、さらに 3 年次前・後学期に「電気電子工学専門実験 A/B」を行い、3 年間をかけて実験を通じた学生の専門的能力向上を図ることができるカリキュラム編成とすることが学科の方針として示された。

「PD 入門 (実験)」および「PD 実践 (実験)」の 2 科目は基礎実技教育課程の科目であり、専門の実験内容を組み入れるにあたって、基礎実技教育課程と綿密な打合せが代表者によって行われた。その打合せにおいて、これら 2 科目には (1) データ取扱いスキル、(2) ミッション型課題を組み入れ、学生に「科学実験基礎技術 (専門基礎理論・知識・測定技術)」「科学基礎技術 (データ取得・整理・分析・視覚化・報告)」「プロジェクト基礎技術 (合意形成・意思決定・板書術・レポート・プレゼン)」および「専門プロジェクト基礎技術 (ミッション型プロジェクト)」を教授することが必要とされた。PD 教育として重要な要素は「PD 入門 (実験)」にすべて含めるよう、EL 学科内で十分な検討を行った。

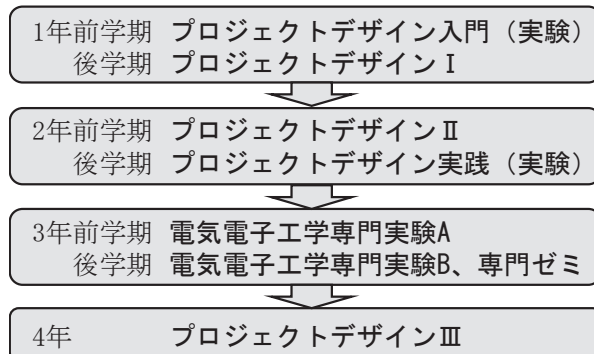


図 1 EL 学科のプロジェクトデザイン
関連科目と実験科目

1. 2 学科内ワーキングの取り組み

平成 29 年度は EL 学科をスタートする前年度であり、かつて経験のない「PD 入門 (実験)」の立ち上げのための議論が行われた。その議論は、電気系に設けられた 4 つのワーキング (WG) の一つである基礎・専門実験 WG において進められた。この WG の目的は「PD 入門 (実験)」をはじめ、「PD 実践 (実験)」および「電気電子工学専門実験 A/B」の連動性を持たせた具体的な運用方法、実験テーマを決めることであった。これら 3 つの実験科目の関連性については、図 2 に示す。初年次に実施する「PD 入門 (実験)」では、PD 教育の入門であるとともに、電気の専門を学ぶ初心者に適するように「直流」主体の内容とすることが方針として挙げられ、6 テーマに絞って運用することとした。入学者 240 名に対し、4 名ずつ 60 班に分け、1 テーマ当たり 1 教員が 40 名の学生に対して講義と実験を実施する内容とした。1 テーマは 2 週間かけて行い、1 週目を基礎実験、2 週目を応用実験と位置付け、先に挙げた PD 教育としての重要な要素をこの 2 週間に組み入れた。WG による検討は 11 回の打合せで収束し、具体的な実施に向けて、実験科目の関連性のほか、学習支援計画書の作成、テーマの決定、教科書選定、設備購入計画、実験場所の選定、テストランおよび配布資料作成等々、多くの事項について WG 内で検討してきた。

著者らは基礎・専門実験 WG メンバー (野口、坂本、平間、廣田、大澤、深田、芦野、池永)、PD 入門 (実験) の科目担当者 (池永、津田、坂本、平間、廣田、深田、芦野) である。WG メンバーは PD 入門 (実験) の具体的な内容を検討し、主として 2. の学習支援計画書作成をはじめとする内容全般を担当した。科目担当者は平成 30 年度前学期中の授業運営を行い、3. および 4. に示すアンケート調査を実施するとともに分析を行った。

2. 電気電子工学科の PD 入門 (実験)

2. 1 学習支援計画書

学習支援計画書の内容については、基礎実技教育課程において学習教育目標などの共通事項を決め、その他の達成度評価や運用の記載、授業明細表については EL 学科内で検討を行い作成した。「授業の概要および学習上の助言」には 1. で示したように PD 教育の要素を説明するとともに、6 つのテーマについて示した。そのテーマ一覧を表 1 に示す。各テーマには、学生に英語の専門用語を意識してもらうよう、英語のテーマ名も付記した。これらのテーマは主として電気回路および電気磁気学の入門的内容であり、1 年次の学生が電気電子工学の分野に興味を持ち、実験に親しみを持てるように、座学だけでは分からない測定機器の取扱い、実験を通じた問題発見・解決能力の養成を考慮したものである。なお、テキストには市販のものをを用い²⁾、主として第 1 週の講義と基礎実験にて使用する。第 2 週はミッシ

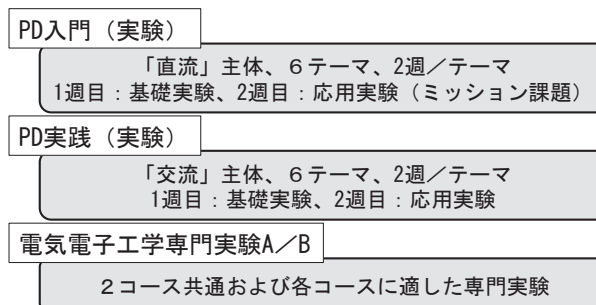


図2 3つの実験科目の関連性

表1 「PD 入門 (実験)」で扱う 6 つのテーマ

- (1) オームの法則の検証と応用 (Ohm's Law)
- (2) 電源の電気的特性測定と応用 (Power Supplies)
- (3) 電気力線と等電位線の可視化と応用 (Electric Flux Lines & Equipotential Lines)
- (4) 抵抗の直列・並列接続回路の特性測定と応用 (Resistors in Series & in Parallel)
- (5) キルヒホッフの法則と重畳法の検証と応用 (Kirchhoff's Laws & Superposition Theorem)
- (6) ジュールの法則の検証と応用 (Joule's Law)

ン型課題に取り組むために、テキストでは不十分な点を配布資料で補うこととした。

2. 2 具体的な内容

達成度評価について「成果発表」を 10%、「その他」を 90%とし、「成果発表」は第 15 週に実施するポスター発表により評価する。「その他」についてはレポートの内容により個人およびチーム活動の成果を評価する。

第 1 回目の授業は 1 年次学生全員を集めたガイダンスを行い、教員及び TA 学生の紹介とともに、チーム分けを行う。さらに 1 時間の安全講習についてスライドを用いて講義を行い、引き続き測定機器の取扱い、テーマの概要説明など、第 2 回目から始まる具体的な実験の運用について説明している。第 2 回目以降、テーマ毎に分かれて実験を行い、前述したように 2 週間かけて 1 テーマを完結する。第 15 回目はポスター発表であり、6 つのテーマすべてについて目的、工夫した点をまとめた内容を各テーマ A4 一枚ずつに整理し、発表する形式とした。なお、ポスター作成は各テーマの実験終了時点（2 週目のミッション型課題の実験）において宿題として学生に課し、次週の実験テーマ開始前に提出させて検印を受けさせた。

表 2 受講学生を対象としたアンケートの内容

設 問	選 択 肢 な ど
1 - ① 出身高校は普通科、それとも工業科（電気・電子）のどちらでしたか。	「普通科（理数科含）」「工業科（電気電子）」「その他」の中からいずれか一つを選択
1 - ② PD 入門（実験）を受講する時点で、電気を扱う知識（配線、計測器の取り扱い）はありましたか。	「あった」「なかった」「どちらとも言えない」の中からいずれか一つを選択
2 - ① PD 入門（実験）は、専門科目（電気回路 I など）の理解を深めるために役立ったと思いますか。	「とても役立った」「どちらともいえない」「役立たなかった」の観点で、番号 7 から 1 を選択
2 - ② 6 テーマについて、どのテーマが専門科目（電気回路 I など）の理解が深まったと思いますか。（図 3）	テーマ(1)～(6)の中から最も理解が深まったものに◎、理解が深まったものに○印を記載。複数回答可
2 - ③ 興味を持って楽しく実験できましたか。（図 4）	「できた」「どちらともいえない」「できなかった」の観点で、番号 7 から 1 を選択
2 - ④ 最も楽しいと思ったテーマはどれですか。（図 5）	テーマ(1)～(6)の中から最も楽しいと思ったものに◎、楽しいと思ったものに○印を記載。複数回答可
2 - ⑤ それぞれのテーマで実験はうまくできましたか。	テーマ(1)～(6)に対し「できた」「どちらともいえない」「できなかった」の観点で、番号 7 から 1 を選択
2 - ⑥(a) ミッション型課題に積極的に参加することはできましたか。（図 6）	「できた」「どちらともいえない」「できなかった」の観点で、番号 7 から 1 を選択
2 - ⑥(b) ミッション型課題に楽しく取り組むことはできましたか。（図 7）	「できた」「どちらともいえない」「できなかった」の観点で、番号 7 から 1 を選択
2 - ⑥(c) ミッション型課題があることで専門科目（電気回路 I など）の理解が深まったと思いますか。（図 7）	「思う」「どちらともいえない」「思わない」の観点で、番号 7 から 1 を選択

表3 TA学生を対象としたアンケートの内容

設 問	選 択 肢 な ど
1 自身の専門基礎力の向上に役立ちましたか。	「とても役立った」「どちらともいえない」「役立たなかった」の観点で、番号7から1を選択
2 自身が大学1年の時に、この科目を受講したいと思いますか。	「強く思う」「どちらともいえない」「まったく思わない」の観点で、番号7から1を選択
3 PD入門（実験）は専門科目（電気回路Ⅰなど）の理解度向上に役立つと思いますか。	「強く思う」「どちらともいえない」「まったく思わない」の観点で、番号7から1を選択

表4 アンケートに回答した受講学生数

普通科	工業科	その他	全体
170 (70.8%)	55 (22.9%)	15 (6.3%)	240 (100%)

括弧内の数値は全体に対する割合を表す。

認定資格の電気主任技術者については、経済産業省の告示³⁾に示される可変抵抗器、微小電流測定装置、磁束計など新しい測定機器を導入するとともに、複数のテーマにおいて実質的に使用する体制づくりを行った。なお、資格に関する測定機器の導入は、「PD 入門（実験）」のほか、図2に示した3つの実験科目に関連して進められている。

3. アンケートの実施

3. 1 アンケートの内容

平成30年度前学期、「PD 入門（実験）」に取り組んだ内容を検証するために、受講学生とTA学生に対してアンケート調査を実施した。その内容を表2および表3にそれぞれ示す。また、表4にアンケートに回答した受講学生数を示す。表4は、表2の設問1 - ①により得られた回答であり、これより全体240名の学生のうち、約7割の学生が普通科出身であり、約2割が工業科出身の学生である。アンケートは第16週の自己点検授業において実施した。

3. 2 アンケートの集計結果と考察

3. 2. 1 受講学生の結果

表2の設問1 - ②において、受講する時点での電気を扱う知識の有無を質問した。結果としては、全体のうち「あった」と回答した学生が34.6%、「なかった」が41.7%、「どちらとも言えない」が22.9%であった。「あった」と回答した割合34.6%のうち、12.1%が普通科出身学生、20.0%が工業科出身学生であった。

設問2 - ①～⑥は、「PD 入門（実験）」の講義に関する質問である。これらのうち、結果として有用と思われる②～④および⑥(a)～(c)についてグラフにまとめた。その結果を図3から図7に示す。図3より、表1に示したテーマ(1)～(6)のうち、最も理解が深まった(◎)と選択した学生が全体の2割を超えたテーマは(1)「オームの法則の検証と応用」および(5)「キルヒホッフの法則と重畳法の検証と応用」であった。このような結果が得られ

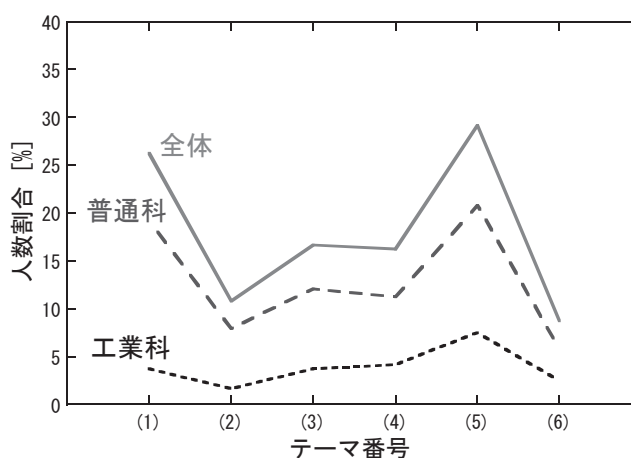


図3 設問2 - ②に対する回答 (◎のみ)

た要因の一つとしては、「PD 入門（実験）」と並行して「電気回路Ⅰ」を開講しており、その講義の中でオームの法則とキルヒホッフの法則・重畳法について、比較的時間をかけて学習していることが考えられる。出身科による傾向の変化は見られず、普通科、工業科ともに全体の傾向と同様であった。

図4に示す設問2 - ③（興味を持って楽しく実験できたか）について、全体の傾向としては「できた」と回答した割合が高く、番号「6」にピークがある。一方で、「どちらともいえない」「できなかった」に近い番号を選択した学生もあり、興味を持たせる工夫、楽しく実験できる工夫について検討が必要であると考えられる。

図5の設問2 - ④（最も楽しいと思ったテーマはどれか）について、2割を超えた学生が最も楽しい（◎）を選択したのは(3)「電気力線と等電位線の可視化と応用」および(5)「キルヒホッフの法則と重畳法の検証と応用」であった。これは図3に示す最も理解が深まったテーマとやや傾向が異なる。テーマ(3)は後学期に開講される「電気磁気学Ⅰ」に強く関連した内容であるため、実験を行った時点ではテーマ(3)に関する知識が乏しく、学生は理解が深まったことを実感できなかったためと考えられる。

設問2 - ⑥(a)～(c)はミッション型課題に対する質問を扱った。図6の設問2 - ⑥(a)（ミッション型課題に積極的に参加できたか）については、出身科にかかわらず、全体の傾向と同様であり、「できた」に近い番号「6」にピークがある。一方で「4」より小さい番号を選択した学生もあり、積極的姿勢を促す方策が検討課題と考える。

図7に示す設問2 - ⑥(b)(c)（ミッション型課題に(b)楽しく取り組めたか (c)専門科目の理解が深まったか）について、ピークの割合は異なるものの、ほぼ一致する結果となった。図3および図5の結果を踏まえると、学生は座学で得た知識を実験で体験することによって、より理解が深まると実感していることが窺える。

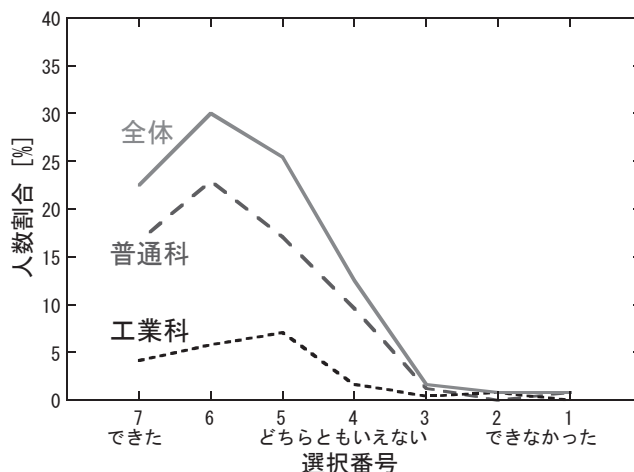


図4 設問2 - ③に対する回答

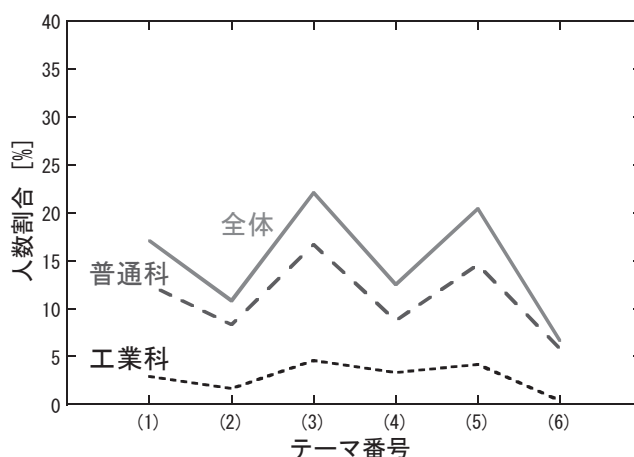


図5 設問2 - ④に対する回答（◎のみ）

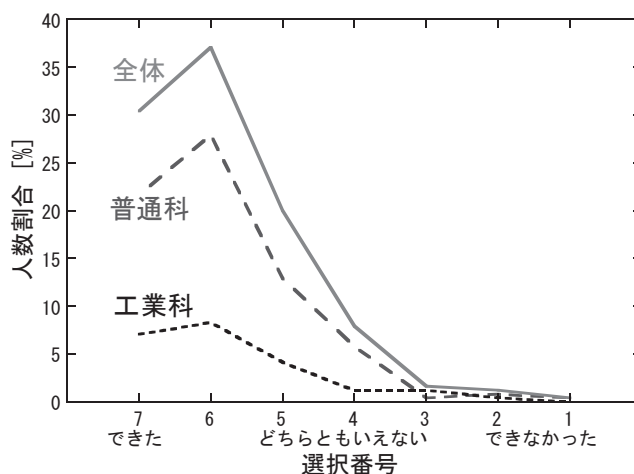


図6 設問2 - ⑥(a)に対する回答

3. 2. 2 TA 学生の結果

「PD 入門（実験）」の TA を担当した学生 11 名に対し、表 3 に示したアンケートを実施した。TA 学生に対しては、前年度までのカリキュラムを受講した経験を踏まえて回答してもらった。設問 1（自身の専門基礎力の向上に役立ったか）について、約 5 割（6 名）の学生が「とても役立った」（番号「7」「6」）を選択したものの、番号「5」を選択した学生も約 5 割であった。

設問 2（自身が大学 1 年の時に、この科目を受講したいと思うか）について、番号「7」を選択した学生が 5 割に上ったが、番号「5」「4」「3」を選択した学生もそれぞれ 1 名ずつ

ついた。設問 3（PD 入門（実験）は専門科目の理解度向上に役立つと思うか）については、「強く思う」に近い番号「7」「6」が 82%（9 名）あった。TA 学生に対するアンケートより、全体の傾向としては「PD 入門（実験）」が 1 年次学生に対して有効な印象を持っているものの、この科目が「受講したくなる科目」と学生が思える工夫が必要であることを示唆しているものと考えられる。

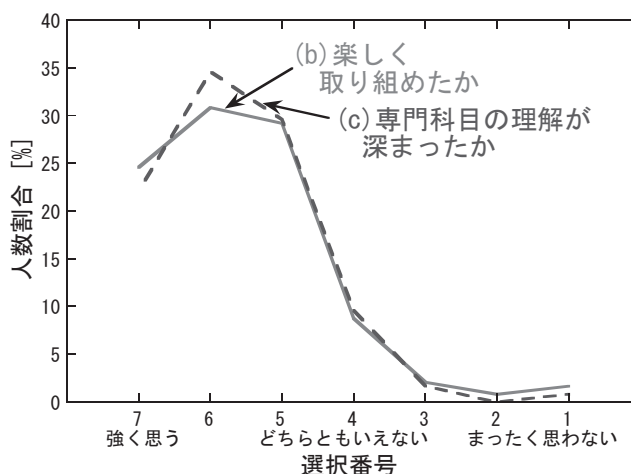


図 7 設問 2 - ⑥(b) (c) に対する回答

4. 専門科目の成績との関連

「PD 入門（実験）」への期待の一つに専門科目の理解度向上が挙げられる。特に同時期に並行して開講している「電気回路 I」については、入学後すぐに学習する専門基礎科目であり、EL 学科では重要な位置付けの科目である。この「電気回路 I」でつまずく学生の多くは、その後に続くあらゆる専門科目でつまずく傾向が強く、入学直後に学生自身の専門に対する親しみを強め、理解するとともに前向きな姿勢を身につけてもらう意味からも、「電気回路 I」は大変重要な科目である。

「電気回路 I」では中間試験を第 16 回（8 週目）に実施しており、その内容は主として

直流回路に関するもので、オームの法則、キルヒホッフの法則、重ね合わせの理、鳳 - テブナンの定理、電力および電力量の計算について出題している。今年度を含む過去 3 年間（平成 28～30 年度、受験者数は平成 28 年度から順に 242 名、219 名、263 名）の中間試験の点数分布について図 8 に示す。各年度における全体の分布については大きな違いは見られないが、平成 30 年度について言えば、前年度に対して「59 点以下」は 4.7 ポイント低下し、「90 点以上」では 3.7 ポイント上昇している。有意な差異かどうかは今後、十分な検討が必要である。なお、60 班に分かれて 6 テーマを順番に実施していくために、第 8 週までの間に中間試験に関連するテーマを実験で扱わない学生も生じる。また、1 テーマ当たりの学生数は 40 名と、指導を伴う実験を行うには学生数が多く、1 名の教員と 2 名の TA 学生だけでは十分な指導に当たれない場合がある。現状では、実験における細かい指示、適切なアドバイスを受講学

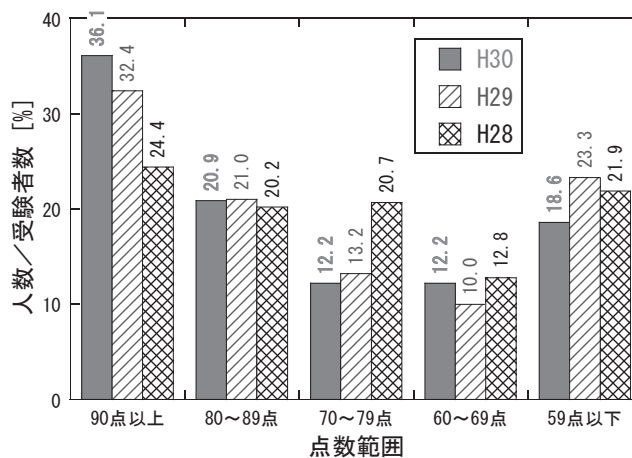


図 8 平成 28～30 年度に実施した「電気回路 I」中間試験の点数分布

生に対して行うには限界があり、限られた教育指導時間の中でどのようにして学生の理解度を高めていくかが今後の課題と考える。

5. むすび

電気電子工学科における平成 30 年度の新たな取り組みとして、プロジェクトデザイン入門（実験）について報告した。本プロジェクトデザイン入門（実験）は、学科の専門科目とプロジェクトデザイン教育の融合を図ったものである。本報告では、専門カリキュラムにおける位置付けを示すとともに、当該科目の具体的な枠組み、取り扱うテーマ、ミッション型課題および認定資格への対処などについて説明した。平成 30 年度前学期終了時にプロジェクトデザイン入門の受講学生にアンケート調査を実施し、その内容と結果についても示した。

謝辞

電気電子工学科において「PD 入門（実験）」「PD 実践（実験）」を実施することにご理解とご協力を賜りました大澤 敏 学長、谷 正史 事務局長、基礎実技教育課程 松本 重男 主任およびプロジェクトデザイン教育推進室の皆様には謝意を表します。基礎・専門実験 WG に毎回ご参加いただき、ご意見を賜りました西川 幸延 先生に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 学校法人金沢工業大学、CAMPUS 2017、pp. 7-11、July 2017.
- 2) オーム社（編）、実習 電気基礎、Feb. 2013.
- 3) 経済産業省「電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示」
<http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/denjikokuji.html>（2018 年 8 月 17 日アクセス）

[原稿受付日 平成 30 年 8 月 20 日、採択決定日 平成 30 年 11 月 12 日]



野口 啓介
教授・博士(工学)
工学部
電気電子工学科・副主任
アンテナ工学



池永 訓昭
准教授・博士（工学）
工学部
電気電子工学科
プラズマ工学(プラズマプロセス)、薄膜材料



津田 敏宏
講師・博士(工学)
基礎教育部
基礎実技教育課程
電気機器（モータ、発電機）



坂本 康正
教授・工学博士
工学部
電気電子工学科
画像ディスプレイ工学、アナログ電子回路、3次元ディスプレイ



平間 淳司
教授・博士（工学）
工学部
電気電子工学科
生体情報工学、電子回路工
学、計測・制御工学



廣田 哲夫
教授・博士（工学）
工学部
電気電子工学科
マイクロ波～ミリ波回路、
無線通信装置



大澤 直樹
准教授・博士（工学）
工学部
電気電子工学科
大気圧低温プラズマ、大気
圧低温プラズマ応用、高電
圧工学ほか



深田 晴己
准教授・博士（工学）
工学部
電気電子工学科
光物性、蛍光体材料、電子
デバイス



芦野 慎
准教授・博士（工学）
工学部
電気電子工学科
走査型プローブ顕微鏡と各
種分光法の新規開発ほか