

先進理工学科における2年次専門実験(電気・電子回路実験)の準備と実施について

奥野剛史*, 大家明広**, 山崎典昌**, 高橋光生**, 早川義彦**, 矢崎和幸**, 和田紀子**, 藁科 崇**,
坂本克好*, Choo Cheow Keong*, 永井 豊*, 守屋雅隆*, 沈 青*, 島田 宏*, 林 茂雄*

Electric and Electronic Circuit Laboratory at the Department of Engineering Science

Tsuyoshi OKUNO, Akihiro OOE, Norimasa YAMAZAKI, Mitsuo TAKAHASHI, Yoshihiko HAYAKAWA, Kazuyuki YAZAKI, Noriko WADA, Takashi WARASHINA, Katsuyoshi SAKAMOTO, Cheow Keong CHOO, Yutaka NAGAI, Masataka MORIYA, Qing SHEN, Hiroshi SHIMADA, Shigeo HAYASHI

Abstract

The new laboratory class of Electric and Electronic Circuit Laboratory has been conducted. All of the second year students at the Department of Engineering Science are required to take this class. An example of preparation for new classes in the new department is shown. Academic engineers and faculties formerly belonging to different departments are cooperatively involved in the preparation and teaching for the laboratory class. The class has been successfully completed in 2011 for the first time after the reorganization of the Faculty of Informatics and Engineering in April 2010. The results concerning report scores of students, answers of students' questionnaires, and e-Learning are shown and discussed.

Keywords : Laboratory Class, Electronic Circuit, Academic Engineer, Reorganization of Faculty

1. はじめに

電気通信大学は2010年4月から改組後の新4学科体制にて新入生を受け入れている。2012年度現在は3年生がはじめてのカリキュラムを受講中である。専門実験は、総合情報学科、情報・通信工学科、知能機械工学科では3年次からはじまるが、先進理工学科(S)では2年の後期から開始された。本稿では、先進理工学科で2011年度に実施を終えた2年次の「電気・電子回路実験」の概要を報告する。どの新学科においても旧学科の経験をふまえて新学科の授業を設計していると思われる。学科全体の必修科目で、参画する担当者も多い実験科目が、新学科への移行に際してどのように準備されて実施されたかを記録しておくことは、大学の教育経験の蓄積という意味で重要だと考える。また技術部に所属していた技

術職員は、2012年度から教育研究技師部の学術技師に移行した。新学科の専門実験において学術技師が担っている役割紹介の一例でもある[1-6]。さらに、実験実習支援センターが2010年度に設立されて全学で行われている実験実習科目の情報を集約し、教育用実験実習設備の有効利用の促進をはかっている。本報告はそのような目的にも資すると考えられる。

2. 先進理工学科における「電気・電子回路実験」

本学の情報理工学部生はどの学科においても、3年次以降は3ないし4つに分かれたコースに所属する。Sでは、電子工学、光エレクトロニクス、応用物理工学(以上が物理系3コース)、生体機能システムコースに分かれて専門実験を3年次に実施する。その前の2年次には

Received on August 30, 2012.

* 電気通信大学先進理工学科

** 電気通信大学教育研究技師部

共通の科目を履修している。後期に開講している「電気・電子回路実験」は、電気・電子回路の基礎的知識と技術を実践して修得するものである。2年の前期と後期に開講している講義科目「基礎電気・電子回路第一、第二」で学習している内容を、実際に回路を自分の手で組んで動作させてみることにより理解を深めようというものである。3年次に生体機能システムコースに進む学生は生命科学や化学を専門とすることになり、そのような学生がこれほど詳しい回路実験を履修している例は他大学ではないと思われ、本学の大きな特徴といえる。

表1には実際に実施している7つの実験課題を順に示す。木曜日の3、4限に学生全員が表1の順番で実施している。実験は1週で行い、翌週は報告書講評週である。Sの新入生定員の190人が同時に実施できる実験装置と部屋は確保できないため、第1週のガイダンスの後は半分ずつXとYに分けて、Xの学生は第2、4、6…週に、Yの学生は第3、5、7…週に実験をしている。

表1 電気・電子回路実験の実験課題

1. 抵抗 (R) のインピーダンス測定
2. インダクタ (L) とコンデンサ (C) のインピーダンス測定
3. LC共振回路
4. RC回路のフィルター特性と過渡応答
5. ダイオードとトランジスタ
6. オペアンプ
7. 組合せ論理回路

3. 回路実験の準備

2011年10月から新しい実験科目を開始するにあたり、2009年10月から新学科において、2、3年次の学生実験を検討するワーキンググループを組織して準備作業を開始した。表2に旧学科最終年度と新学科開始年度の2年後期の必修実験を示す。教員の旧学科所属は情報通信工学科、電子工学科(E)、量子・物質工学科(F)である。Eでは、2年後期から3年前期にかけて、物性や回路シミュレーションの内容も含めて表1に類するような実験を西8号館3階で実施していた。Fでは2年後期に表1に近い電子回路学実験という科目を東6号館2階で実施していた。情報通信工学科では3年次に表1のような回路実験を西1号館1階で4週と、回路シミュレーションを東3号館(総合研究棟)1階の演習教室で4週行っていた。先進理工学科の2年次に実施すべき基本的な回路実験としては、どの旧学科でも行われていた表1のようなものを実施すべきだと判断した。旧所属がEとFの教員が多いこともあり、EとFの施設と実験内容をもとに具体的な検討を行った。

新学科の電気・電子回路実験は、旧学科のときと比べ

て実験の時限数が3から2に減少した。また表2のようにEとFでは担当人員数も異なり、基本方針に差があったようである。Eでは学生本人がじっくり自分で考えて実験を実施することを重視していた。Fではできるだけ学生の大多数が実験内容を十分消化できることを重視していた。Eでは、時間割上で実験日を週2日とり、ひとりの学生は毎週1回実験を行い、関わる担当者数も多く、実験の終了時間も定められた時間を越えて遅くなることも学生によってはあった。Fでは、実験日は週1日でひとりの学生の実験実施は2週に1回で、担当者数もEに比べると少なく、実験終了が遅くなることはあまりなかった。テキストの記述の仕方も、Eでは限定的でFでは細かく指示が記されていた。例えばRC回路のフィルター特性の実験を行う際に、Eでは回路素子の値や測定すべき周波数を学生に考えさせていたが、Fでは具体的にテキストに記述していた。

議論を経て新学科のSでは、Fに近いやり方で回路実験を実施することにした。理由は以下の3点である。(1)Eのやり方が理想的ではある。しかし、実験時限数が3から2時限に減少し、参加できる担当者の数と可能な時間割編成が確定していない段階で最大限の教育効果を期待するためには、まずは「効率的な」Fに近いやり方で開始するのが妥当である。(2)Eでも近年は学生の自主性を重んじるやり方では指導に困難を感じる場面が増えてきていた。対象学生がSであればなおさらとも予想される。3年次以降の専門分野が生命科学や化学を含み、電気や回路に関してはあまり得意でない学生の割合は増えると思われる。(3)3年次で物理系の3コースを対象にEに近いやり方で電子回路に関する実験を実施する計画にした。

表2 新旧学科の2年後期の必修実験と担当人数

担当	教授・准教授・助教	学術技師・非常勤職員	TA 大学院生
2011年10月 - S 定員190人 木3,4限	8人 E4, F4	7人 E5, F2	5人 E2, F3
2010年10月 - E 定員140人 水3-5限70人 木3-5限70人	10人 水担当5人 木担当5人	8人 水木両方を4人が担当	8人
F 定員110人 木2-4限	4人	3人	3人

実験室は、西8号館と東6号館の両方を使えることになった。西8で60人分、東6で55人分の実験セットを整備し、2年目以降に再履修者が現れた場合にも受講生の半分が一度に実験できる体制を整えた。その際、新学科専門実験立ち上げ整備費を大学から援助していただいた。担当の教授、准教授、助教は2009年10月にはほぼ決まっていたのに続き、2010年10月から2011年3月頃には学術技師の担当も定まっていた。

実験テキストはFのものを雛形にして2010年10月には表1のような原案がおおよそ出来上がり、担当者間で回覧検討を開始した。Fで実施していたものと比較して、R、L、Cの電気回路の課題を2回分から4回分に増やしてより丁寧に実施するようにした。トランジスタ増幅回路などの電子回路の多くを物理系3年次の実験にまわした。それらを3年次には行わない生体機能システムコースのことも考え、ダイオード、トランジスタ、オペアンプ、論理回路のひとつとおりには触れるようにした。1年間かけて事前実験も行いながらテキストの詳細を検討し、2011年9月に全86ページのものを印刷した。受講生には1冊分の実費の600円で販売し、初年度なので全S関係教職員にも配布した。

4. 回路実験の実施

2011年10月から、ガイダンス1回および7回の実験と7回の報告書講評の計15回の実験授業を実施した。担当者のうち、世話人や国際科目、Fの再履修クラス、実験室とりまとめなどを除いた10人のそれぞれが、約18人の学生の実験指導と翌週の報告書講評指導を一貫して担当した。Teaching Assistant (TA) はそれぞれが18人に対する実験指導を担当者といっしょに行った。報告書の提出は実験週の翌週で、報告書講評は実験室とは別に小講義室を計5ヶ所確保して行った。報告書講評指導では、受講生ひとりひとりに対して、提出された報告書についてコメントを加えたり議論や試問をしたりした。担当者と学生との1対1の対話を重視し、個別指導により実験内容の深い理解と定着を目指した。きちんとした報告書を作成できる能力も理工系の学生にとって極めて重要であり、その点についても注意しながら指導した。学生にとっても2週に1回じっくり考えながら報告書作成を行うことができ、次回の実験の予習も余裕をもって取り組むことができたのではないと思われる。

本実験は全員が7つの課題を表1の順番で実施している。そのため指導する側もお互いに相談し合うことが比較的容易である。担当者の事前実験の情報[3]をウェブで共有するなどして連絡を密にした。多くの担当者にとって新しい実験課題であったり報告書講評指導の形態であったりしたが、徐々に慣れて全員でうまく指導していくことができたと考えている。実験や報告書の指導に加えて、実験装置の入れ替えを含めた実験室内の維持管理整備、名簿作りや出欠管理、テキスト執筆を含む編集などは旧学科のときと同様に学術技師が担当している。

5. 初年度の回路実験を終えて

2011年度は、東西を行き来しながらの担当者間での

個別の相談やメーリングリストを用いた日常のメール会議に加えて、科目開始前の9月と終了後の2月に全員で集まって準備会と反省会を行った。10人の担当者それぞれが7回の実験の報告書を採点し、集計して担当者全員で審議をして成績判定を行った。Sの入学定員190人に対して、本科目を履修登録したものは180人で、そのうち173人を合格と判定した。不合格となったものは全員が2回以下の出席であった。

報告書の採点結果や学生のアンケート結果をもとに、本実験科目について考察を加える。アンケートは本科目独自のものを最終回に実施し無記名で集めた。過去の結果と比較している場合の対象は、Fの2年次後期の電子回路学実験である。図1の総合評価は、「総合的にみて、この授業はよかったですか。そう思う、ややそう思う、どちらでもない、あまりそう思わない、そう思わない」という5択の質問の回答を、それぞれ+2、+1、0、-1、-2として平均したものである。過去4年と大きく変わらないおおよそ一定した評価を2011年度も得られたとみなせる。ただ詳細にみると、残念ながら2010年度からは少し低下してしまった。次に記すが西と東の2ヶ所で分かれて行っており実験装置が完全に共通ではないこと、初年度の科目実施でありテキストの記述の不備が皆無ではないこと、などが影響したと考えている。図2は、表1の実験課題に対して自分がどのくらい理解できたと思うかの自己評価である。3択の回答「理解できた、だいたい理解できた、あまり理解できなかった」を+2、+1、-1と対応させて平均した。詳細な実験内容は時限数の減少に伴い2010年度までと同一ではないが、オペアンプを除いてすべて良くなっている。新科目での実験課題の設定は適切に行うことができたと考えられる。

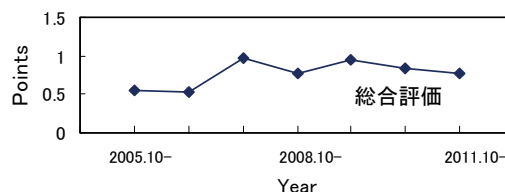


図1 授業アンケートの「総合評価」
(0: 良くも悪くもない 1: やや良い 2: 良い)

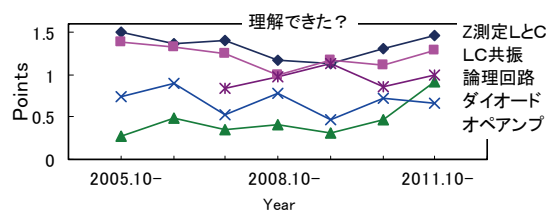


図2 実験課題の理解度の自己評価
(-1: あまりできなかった 1: だいたい 2: 理解できた)

本実験科目は、西8号館で120人、東6号館で60人が受講した。ひとりの学生にとってはどちらか一方で全部の実験を行った。ガイダンスやテキスト、実験課題などはすべて共通で行ったが、実験装置は西と東で少し異なる。例えば電圧計として西ではマルチメータを用いたが東では小さいテスターを用いた。ダイオードやトランジスタに直流電圧を印加する際に西では可変電圧源を用いたが東では5V電源を可変抵抗で分割して代用した。担当者も、今後入れ替わるつもりであるが初年度はそれぞれが慣れた場所で行った。すなわち旧Eの担当者は西で指導し、旧Fのものは東で指導した。そして西内および東内で担当者は2から4課題ごとにローテーションした。打ち合わせでは、テキストに沿った基本方針は皆でふまえながらも、各担当者の裁量も尊重することにした。結果として、東では定められた4限の終わりに近い4から5時頃に実験が終了することが多かった。一方西では5から6時頃までやってもよいとする回も少なくなかった。図3(a)は、各課題の理解度の自己評価を、西と東の受講生で分けてプロットしたものである。すべての課題で西の方が高い値となっている。一方図1の総合評価を西と東で分けてみると、東が0.83で、西の0.74よりも高くなっている。西で遅い時間まで実験をして鍛えられると学生の理解度は上がるが、学生の科目に対する印象は下がってしまう、という解釈が可能かもしれない。アンケート調査は継続して行う予定である。図3(b)は、各課題に対して「おもしろかった、あまりおもしろくなかった」のどちらだったかを尋ねてそれぞれ+1、-1に対応させたものの平均である。西と東で差はなかった。

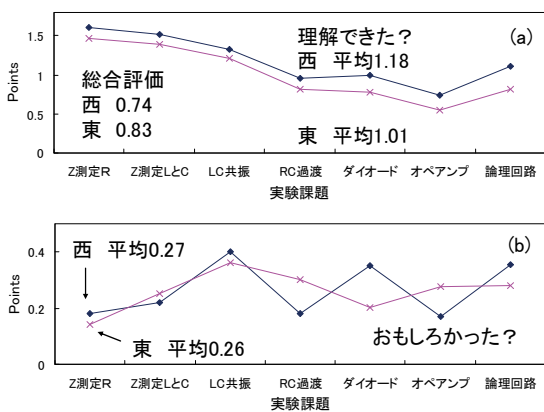


図3 西と東での (a)理解度の自己評価 および (b)実験課題への興味 (-1:あまりおもしろくなかった +1:おもしろかった)

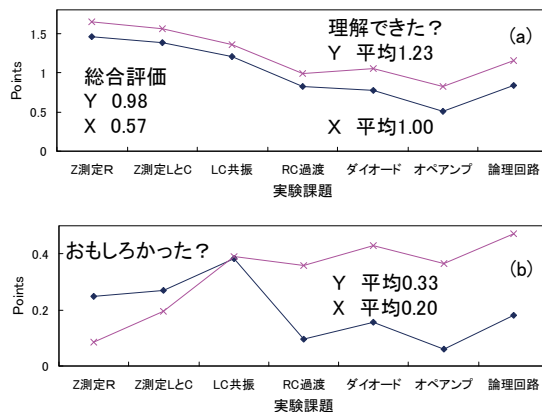


図4 X (先に実験)とY (Xの後で実験)での (a)理解度の自己評価と(b)実験課題への興味

図4は、(a)理解度と (b)興味についてのアンケート結果を、先に実験を行うXと、1週後に実験するYについて示したものである。どちらもYの方が高くなっている。総合評価もYは0.98で、Xの0.57よりも高い。Yの学生はXの友人から実験前に話を聞くことができたり、担当者もXでの経験を経てYでは実験をスムーズに進められたりしたことが原因であろう。実験の翌週に報告書提出を課しているため、7つの実験課題と15回の授業回数を確保するためには途中でXとYの学生を入れ替えるのは難しく、現在のところ妙案はない。週に2日実験日を設定することも困難である。Sの2年生の時間割では、多くの講義科目の曜日時限が一学年全体で同じになるようにして共通の中間試験や期末試験を実施しているからである。成績評価ではXがYよりも不利にならないように考慮している。

記述式の学生アンケートからいくつか記しておく。「講義で習った回路の動作を実際に自分で組んで確認することができ回路の理解が深まって良かった」という期待どおりのコメントは多かった(26人)。「報告書提出が毎週ではなくて2週に1回であるのは余裕があって良かった」というコメントもみられた(6人)。西と東で実験装置が異なることに関する不満が散見された(6人)。完全に同じにする必要はないと思うが、徐々に差は少なくしていくつもりである。現時点ではテキストの記述が東向け中心なのでそれを改善していけば不満は減ると思われる。実験装置の不良を訴えるものもあったが(7人)、Yではゼロだったので2年目からは大幅に減るであろう。ひとりの学生にとって複数の担当者が指導にあたるようにローテーションしているが、「指導方針に差があって困惑する」(9人)、というコメントは少なくなるように常に心がけねばならない。大枠として、実験や指導のやり方を変更せねばならない点はないようで、2012年度は小さな改善を加えながら実施する予定である。

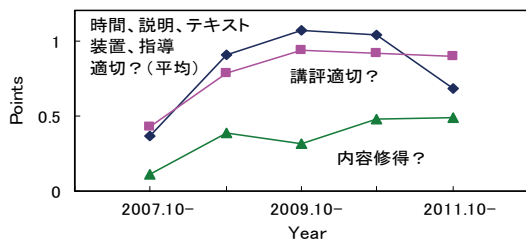


図5 全学での授業評価アンケート結果
(0: どちらでもない 1: だいたい 2: そう思う)

ここまで記したのと同様の結果は、全学で実施している授業評価アンケートでも確認することができた。実験時間、実験の説明、テキスト、実験装置、実験中の指導について適切かどうかを尋ねた5つの質問ではいずれも2011年度は低下してしまった。図5では5つの回答に関して平均してプロットしている。初年度という言い訳は良くなく、改善はしていかなければならない。実験報告書の講評、および、授業内容の修得に関する質問については2011年度と同等あるいは微増の結果を得ることができた。

6. eラーニング

2007年度からFでは回路実験にeラーニングも用いていた[7, 8]。eラーニングセンターのWebClassを使って、主に予習に取り入れて効果を得ていた。2011年度のSでは実験課題が変わったが、eラーニングの内容を課題に即して一新して実施した[1]。表1の各実験課題に対して、1問1分程度を必要とする易しい設問を25から30問準備した。学生が実験前に必ずテキストを開かねばならないように工夫している。そして実験当日のはじめの10分間に、学習者応答システム[9]を用いてeラーニングの問題からとった小テストを実施している[4]。eラーニングは満点をとれるまで何度も実施するように、かつ、実験後に報告書を作成する際にも開いて参考にするように、という指導をしている。図6は、ひとりの学生がeラーニングにアクセスした回数（左軸）と、eラーニングの点数（右軸）とを、2007から2011までの年度に対してプロットしたものである。1年次の物理学概論やコンピュータリテラシーなど多くの科目でeラーニングが使われるようになってきているのに伴って、学生が実際にアクセスする回数が増えて点数も上がっていることがわかる。図7は、実験報告書の点数と相関しているeラーニングの要素について調べたものである。ひとつの点がひとりの学生を表し、横軸は適当な階級値を用いている。縦軸の報告書の点数は、実験内容に対する理解度を表す指標だと考えており、5点満点で採点された報告書の平均である。相関をとる要素として、(a)eラーニングの点数、(b)eラーニングにアクセスした回数、および (c)eラーニングにアクセスしていた時間を選ん

でみた。相関係数はそれぞれ、(a)0.32、(b)0.44、および (c)0.39であった。この中では(b)の値がいちばん大きい。eラーニングを何度も見直した学生は実験内容をより理解できたとみなせる。eラーニングによる学習効果は上がっていると考えられる。

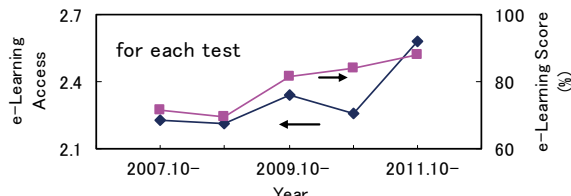


図6 eラーニングへのアクセス回数と正答率

7. おわりに

先進理工学科で2011年度後期に改組後はじめて実施した科目「電気・電子回路実験」について紹介した。EとFで実施していた実験科目の担当者、実験室、および実験設備を融合して、学術技師を含む15人がひとつのグループとして協力しながら実験指導と報告書講評指導を行った。2時限での実験課題の設定やテキストなどに小さな問題点は残っているものの、180人という大人数での必修実験科目を大きな問題はなく終えることができた。実験科目において学生にどの程度まで教えてやらせるべきなのか、どれくらいを自分で考えさせてやらせるべきなのかは、常に議論になるところである。西と東での同じ科目での実験実施の違いからヒントが得られるかもしれない。今後も結果を考察しながら最大の教育効果を得るように本科目を実施していく。

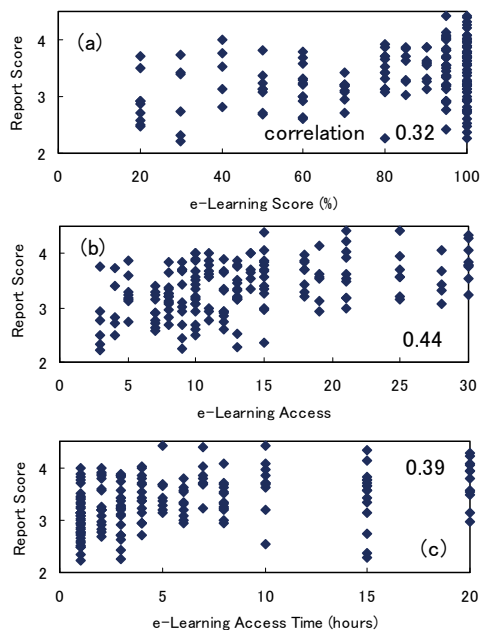


図7 eラーニングと報告書採点結果との相関。
(a)eラーニングの点数、(b)eラーニングへのアクセス回数、および (c)eラーニングへのアクセス時間。図中の数値は相関係数

日頃からご指導をいただき実験実習支援センターの桑田正行先生に感謝いたします。

参考文献

- [1] 大家明広:教育研究技師部2011年度業務報告書(全2ページ).「学生実験の指導とe-Learning用テスト問題の作成」
- [2] 山崎典昌:同上.「2011年度業務報告」
- [3] 高橋光生:同上.「技術職員向け電子工学実験実習指導法と先進理工学科電気・電子回路実験指導案内」
- [4] 早川義彦:同上.「学生実験担当業務とネットワーク保守管理業務」
- [5] 矢崎和幸:同上.「学生実験に携わる上での備品管理、会計業務」
- [6] 和田紀子:同上.「授業担当のための研修と実験的な開発」
- [7] 奥野剛史,阿部浩二,山崎典昌,大家明広,五十嵐清,林茂雄:電気通信大学紀要 第21巻 pp.59-66 (2009).「電子回路学実験(量子・物質工学科)におけるeラーニング実施について」
- [8] T. Okuno, K. Abe, N. Yamazaki, A. Ooe, K. Igarashi, S. Hayashi, M. Suzuki: International Conference on Physics Education 2009, American Institute of Physics Conference Proceedings Volume 1263 (September 2010, AIP, edited by B. Paosawatyanong and P. Wattanakasich), pp.130-133, "Effective Inclusion of e-Learning in a Subject of Physics Experiments: Introductory Electronics Laboratory"
- [9] <http://www.keepad.com/jp> (参照2012-07-24). 2009-2011年度実施の大学教育推進プログラム「チーム教育で育てる学力と教育力」により2010年度から全新生には学習者応答デバイスが貸与されている。