

電気系学生実験におけるスマートデバイスを活用した学習意欲の向上

金義鎮^{†1} 門傳賢治^{†1} 金惠鎮^{†2}

概要: 近年, 社会の急激な変化を切り拓く人材育成のために, 主体的な学修を促す質の高い教育を大学に求めている. そのため, 各大学では, 従来のような教員の一方的な授業形式の教育とは異なる能動的学修を授業に取り入れて, 教育の質的転換に努めている. そこで本研究では, 電気系学生実験における学生の学習意欲を高めるために, スマートデバイスの学習教材を一提案する. 提案する学習教材は, 既存の実験装置と実験指針書に含まれている ARCS モデルの4つ要因の良さを最大限に引き出せることを目指して設計・開発する. 提案する学習教材は, 実際の2年生の論理回路に関する実験で実施されて, 事前・事後のアンケート調査から学生の学習意欲の向上を確かめた. その際, アンケートの設問は ARCS モデルの測定ツールの1つである学習意欲調査 (Instructional Materials Motivation Survey: IMMS) を基に作成した.

キーワード: 論理回路に関する実験, ARCS モデル, スマートデバイス, BLE 版クリッカー

Improvement of motivation for learning by utilizing smart devices in experiments of electrical and electronic engineering

EUIJIN KIM^{†1} KENJI MONDEN^{†1} HYEJIN KIM^{†2}

1. はじめに

社会の急激な変化を切り拓く人材育成のために, 中央教育審議会の答申[1]では, 主体的な学修を促す質の高い教育を大学に求めている. そのため, 各大学では能動的学修を授業に取り入れて, 教育の質的転換に努めている. 能動的学修とは, 従来における教員の一方的な授業形式とは異なる教育形態で, PBL (Problem/Project Based Learning), ディベート, グループワーク, 双方向型学修, フィールド・ワーク, 実験などのように, 学習者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法を指している.

これらの様々な能動的学修の中で, 実験とは, 講義で学んだ理論や原理を学生の主体的な行動で理解を深める教授・学習法である[2]. この教授・学習法は, 古くから理工学系大学で実施されていて, 実験を通して研究態度の育成, 原理・理論の把握, 機器・測定器の取り扱い方法などを習得し, 最後に実験報告書を作成することで, 完成する教育を目指している. 筆者が所属する学科では, これらに加えて, 少人数教育と協調的な態度の訓練を2年生の学生実験で取り組んでいる. 例えば, 1つの班は数名で構成されて, 教員一人は2つの班の実験指導を担当する.

一方, 近年の大学全入時代に伴い, 基礎学力や自習が不足する学生が増えつつある. また, 急速な理工系離れで, 高等学校で物理学を学んでいない学生も理工学系大学に入学している. このように多様な学力を持つ学生を対象にし

ている学生実験では, 実験自体が面白くない退屈のまま実験を終わらせる学生も少なくない. つまり, 近年の学生実験では, 学生が自ら学びたい意欲の低下がみられている.

筆者が担当する論理回路に関する実験の中でも, 学習意欲の低下が表れている. 例えば, 一部の学生が実験を主導すると, 余りの学生はデータ整理などの消極的な実験態度を示す. 多くの班は, 実験に関する本質的な原理や理論を十分に理解せず, 限られた時間内で実験を無事終了することを目指している. 少人数教育にも関わらず, 教員の質問に対する学生からの反応や学生から教員への発言は十分と言いがたい. 特に, 本学科の科目配置の変更に伴い, 班の人枠と教員一人が担当する班の数も増えた最近では, 時間内で実験が終了できず, 再実験を行う班が増えつつある. この実験は難しくはないが誤りが起きやすい. そのため, 班の全員が実験指針書をもとに, 積極的に実験装置に取り込む姿勢や教員の適切な指導によって, 学習意欲を高めることが望ましい. しかし, 以前と比べて約2倍に増えた学生数や1台の実験装置に対して4~5名が実験を行う現状において, 学生の学習意欲を高めることは簡単ではない.

そこで本研究では, 論理回路に関する実験における学生の学習意欲を高めるために, スマートデバイスの学習教材を一提案する. 提案する学習教材は, 既存の実験装置と実験指針書に含まれている ARCS モデル[3]の4つ要因の良さを最大限に引き出せることを目指して設計・開発する.

以下の2.では, 論理回路に関する実験の現状から改善す

^{†1} 東北学院大学工学部
Faculty of Engineering, Tohoku gakuin University
^{†2} 日本大学商学部
College of Commerce, Nihon University

べき課題を明らかにする。これらの課題の解決に向けて、3と4では学習教材の具体的な設計と開発を行う。提案した教授・学習法の有効性は、5で ARCS モデルの測定ツールである学習意欲調査 (Instructional Materials Motivation Survey: IMMS) を参考に作問したアンケート評価・分析から確かめる。

2. 論理回路に関する実験の現状

2.1 学生実験運用の変更

従来から本学科では、実践的な技術者の養成のために、2年生で電気・電子工学実験を必修科目で開講している。実験は前・後期の Semester 制で、2コマ (1コマは90分) の授業時間で実施している。授業計画は、10回の実験とガイダンス、実験報告書指導日、再実験や追実験の予備日で編成されていた。実験はテーマごとに行い、前・後期にそれぞれ10テーマを実施していた。また、少人数教育と協調的な態度の訓練を目指して、学生を二つのクラス (A・B) に分けて月曜日と火曜日にクラスごとに実験を実施していた。各クラスの学生は3~4名の班構成の20班に小分けされていて、教員一人は1テーマに対して、2つ班 (6~8名) の実験指導を担当していた。

一方、非常勤講師の確保困難、実験指導員の減員、専任教員の科目担当数の上限などの人的資源の理由で、クラス分けなしで2年生の学生実験を運用する案が検討された。その際、できる限り少人数教育と協調的な態度の育成を目指す基本方針を変えず、また無線技士免許や電気主任技術者免状に支障がないように工夫をした。その結果、2015年度からの学生実験は、2つテーマを1回の実験に統合し、従来の10テーマを維持しながら、9回の実験とガイダンス日、実験報告書指導日、再実験や追実験の予備日で授業計画が変更された。この変更により、新たな実験運用は、従来の基本方針を守りつつ、人的資源の問題も解決できたと考えられる。その反面、教員の負担は以前と比べて増えて、現状では4~5名の班構成の3つ班の約2倍 (12~15名) の学生を指導しなければならない。

2.2 学生の変化

近年の大学全入時代に伴い、基礎学力や自習が不足する学生が増えつつある。また、急速な理工系離れにより、高等学校で物理学も学んでいない学生や、物理と数学の学力が十分と言えない工業高校からの推薦入学者も多い。そのため、本学科では十数年前から入学前教育と1年生に高校の物理と数学を再教育するブリッジ教育も実施している。

これらの学生の多様な学力に加えて、近年本学科では実験関連の科目が縮小されている。2012年度までは、物理と化学の実験が必修に近い選択科目で、1年生のほぼ全員が受けていた。しかし、2013年度のカリキュラム変更に伴い、それらの実験科目は、自然科学実験ファンダメンタルズという学部共通の1科目 (選択) に縮小・統合された。統合

された実験科目は他の選択科目と比べて、長い授業時間と少ない単位数で、学生は受講申請を回避する傾向が顕著に表れている。その結果、電気系学科にも関わらず、2年生で初めて実験科目を受講する学生も多い。

2.3 論理回路に関する実験における課題

このように、本学科の学生実験運用の変更、多様な学力を持つ学生、実験に慣れていない学生を対象とする最近の学生実験では、従来と比べて基礎技術の習得が困難な学生が多くみられている。筆者が担当している論理回路に関する実験でも同じ傾向がみられている。この実験の目的は、他の専門科目で学んだトランジスタ、真理値、デジタル基本回路などの既知内容をもとに、論理演算機構を理解することである。実験内容は他のテーマと比べて極端に難しくはないが、論理回路実験装置の上で数十本の配線を結合する複雑さで誤りが生じやすい。そのため、学生同士の協力と実験指針書とをもとに、積極的に実験装置を取り組む姿勢と教員のタイムリーなコメントや指導が望ましい。

しかし、最近の論理回路に関する実験では、時間内に実験が終わらず、再実験を行う班が増えつつある。また、実験が無事終了しても、実験自体が面白くない退屈のまま実験を終える学生も少なくない。これらの状況により、この実験では自ら学びたい意欲が低下していると考えられる。特に、新たな実験運用がスタートした2015年度には、学生の学習意欲の低下が顕著に表れて、全体の33班の中で約18%の6班が再実験を行なった。これらの班では、次のような状況がよくみられている。一部の学生が実験を主導すると、余りの学生は傍観者の態度を示し、班で共通で進められる実験内容に理解が追いつかず、自ら学びたい意欲を失ってしまう。学生は実験に関する本質的な原理や理論を十分に理解せず、漠然と配線の結合で時間内に実験を無事終了することを最優先している。そのため、回路が正常に動作しても、学生にはその動作原理が直感的に理解できていない。また、少人数教育にも関わらず、教員の質問に対する学生からの反応や学生から教員への発言は十分と難しい。

これらの現状により、実験における学習効果は期待できず、学生の主体的な行動で理解を深める実験の意義も生かされていない。これらの課題を解決するために、本研究では論理回路に関する実験における学生の学習意欲を高める学習教材を提案する。

3. 学習教材の設計

3.1 ARCS モデル

論理回路に関する実験の現状で明らかになった課題を解決するために、ここでは実験における学習教材への動機付けという観点から、ARCS モデルを用いる。ARCS モデルとは、Keller が学習意欲に関する文献を詳細に調査し、学習意欲に関する要因を注意 (Attention)、関連性

(Relevance), 自信 (Confidence), 満足 (Satisfaction) の 4 つに分類したモデルである。「注意」とは、学習内容や教材に興味を持たせ引きつけることで、学習を刺激的で面白くすることを引き出す要因である。「関連性」とは、学生と学習内容を関連付けさせることで、学習を学生にとって意義のあるものにする要因である。「自信」とは、成功への期待感を持たせることで、学生が学習達成への確信や実感を引き出す要因である。「満足感」とは、学習を通して満足感が得られて、継続的な学習意欲に繋がることを引き出す要因である。

3.2 従来の教授・学習法と ARCS モデル

これまでの論理回路に関する実験では、学生の主体的な行動で理解を深めるために、少人数教育、協調的態様の育成、実験装置、実験指針書、公平な評価などを用いて学生の能動的な学修への参加を取り入れる。具体的な従来における教授・学習法の項目は以下である。

- 項目① 少人数教育で、教員と学生間で自由な意思疎通ができ、教員の適切な助言も可能である。
- 項目② 実験では既知の原理や理論が多く含まれている。
- 項目③ 数名が 1 つ班になって、主体的な行動で原理や理論の理解を深めるので、協調的態様の育成に繋がる。
- 項目④ 実験指針書には具体的な図や表も豊富である。
- 項目⑤ 実験指針書では、目的、概要、実験手順、報告事項などが明確で、実験は時間内で着実に成功できるように段階的に設計されている。
- 項目⑥ 実験装置の活用で、学生の好奇心が起きやすい。
- 項目⑦ 実験が無事終了することで、達成感が高まる。
- 項目⑧ 担当教員はやむを得ず欠席した学生に対しても、必ず追実験を実施しなければならない。
- 項目⑨ 実験は 1 回の授業で終了し、次回の実験日に報告書を作成・提出と教員の受理で完成することで、1 テーマでも実験を行なわぬ学生、また 1 通でも報告書を提出しない学生は、単位が取得できない。

これらの教授・学習法は ARCS モデルをもとに設計されたものではないが、その 4 つの要因と関係する内容も多い(表 1)。それにも関わらず、現状の実験では自ら学びたい学生の意欲が十分とは言えない。これらの理由の 1 つとして、従来の教授・学習法に含まれている ARCS モデルの 4 つの要因が相互に機能していないことが挙げられる。

そこで本研究では、既存の実験装置と実験指針書の学習教材に潜在されている ARCS モデルの各要因の良さを最大限に引き出せることを目指し、論理回路に関する実験に対する学生の学習意欲を高める。例えば、項目①を改善することで、ARCS モデルにおける全ての要因の良さを高める。そのため、提案する学習教材では、教員が実験の中で学生の理解度を常に把握可能で、タイムリーなコメントと助言ができるクリッカー機能を設ける。教員はこの機能を活用することで、個々の学生へのフィードバックなどのコミュ

表 1 従来の教授・学習法と ARCS モデルの関係

Table 1 Relationship between conventional learning method and ARCS model.

注意	関連性	自信	満足感
①, ④, ⑥	①, ②, ③	①, ⑤, ⑦	①, ⑧, ⑨

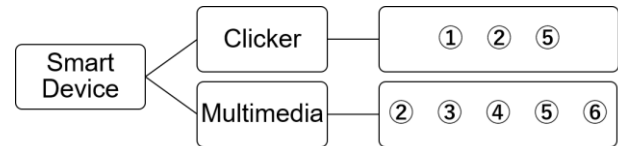


図 1 提案する学習教材の概略図

Figure 1 Outline of the proposed method.

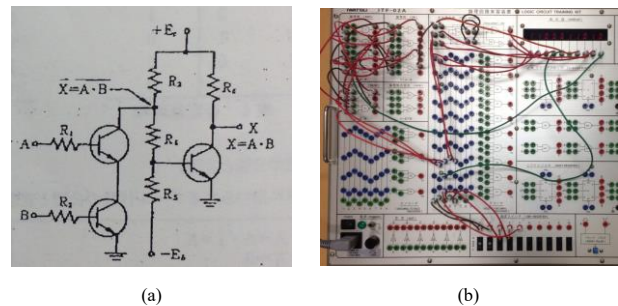


図 2 実験指針書と論理回路実験装置の一部

Figure 2 Samples of an experimental guidance document and an experimental equipment.

ニケーションの向上をねらう。この機能は、項目②、⑤の「関連性」と「自信」の良さも引き出せると考えられる。さらに、項目②～⑥に関係する「注意」、「関連性」、「自信」の良さを引き出せるため、提案する学習教材では、マルチメディアの機能を用いて実験に関する既知の内容の復習や回路の動作を表す。この機能により、学生は実験内容が直感的に理解しやすくなると考えられる。以上のことが提案する学習教材にうまく設計されると実験自体も柔軟に行われて、項目⑦、⑧、⑨の「自信」と「満足感」も自然に引き出せると考えられる。その際、新たな学習教材の媒体は、実験装置と 4～5 名分の実験指針書、電卓や筆記道具などが置かれる実験スペースを考慮し、スマートデバイスを用いる。提案する学習教材の概略を図 1 に示す。

3.3 マルチメディアの活用

ここでは、既存の実験指針書と論理回路実験装置の学習教材に潜在されている「注意」、「関連性」、「自信」を最大限に引き出せるために、マルチメディアを活用する学習教材の設計を行う。

まず、「注意」の項目④、⑥に関わる設計について述べる。従来の実験指針書でも図や表は豊富であった。例えば、図 2 (a) と (b) はそれぞれ実験指針書で書かれた AND のデジタル基本回路図と実験装置 (IWATSU 社の ITF-02B) である。実験では実験指針書の回路を段階的に理解し、その回路の動作を実験装置で確かめることである。この装置

は、論理回路の基礎から応用まで手軽に実験できるように、パネル面に各回路素子、信号源、表示器を装備し、それらの組み合わせにより、視覚的に学習できる実習装置である。しかし、視覚的に学習できる部分は、入・出力の信号のみで、回路上の電流の流れは目で確認できない。また、教員は実験指針書の回路における電流の流れを説明するが、基礎内容が十分に定着していない学生は、教員の説明を聞いてもその動作原理の理解に追い付かないことが少なくない。理解が不十分のまま次の単元に進むと、数十本の配線の結合で完成する実験装置の回路上で何が起きているのかが分からず、学生の興味や好奇心も湧きにくい。

これらの課題を解決するために、提案する学習教材では、マルチメディアを活用して、実験指針書における回路図や表の可視化を行い、実験内容が直感的に理解しやすくする。

次は、「関連性」の項目②、③に関わる設計について述べる。従来では4~5名の学生が1台の実験装置を囲み、実験を行なったので、理解が追い付かない学生がいても、次の単元に進むことが多い。そのため、回路が正常に動作しても、班全員がその動作原理を理解できたとは言えず、自ら学びたい意欲を失う学生も少なくない。

これらの課題を解決するために、本研究では提案する学習教材を全ての学生に配布し、1つの単元が終わる度に、個人のペースで主体的に動作原理や理論の理解を深める時間を設ける。単元には既知の原理や理論の内容も含まれているので、復習機能も兼ねている。単元の最後の画面は学生の理解度を把握する機能を配置し、教員は単元ごとに全体と個々の理解度を即時に把握できる。教員は把握した理解度をもとに、必要によって再説明や個々の学生にフィードバックが容易である。また、この機能は、「自信」の項目⑤の改善にも寄与すると考えられる。

これらのことを満たすため、提案する学習教材では詳細内容を画面進行に合わせて操作できるように編成する。表示内容が多い画面には、切り替えが容易にできるUI (User Interface) パーツを活用し、すぐに回路などの動作が確認できるように設計する。これらの全構成を表2に示す。

3.4 クリッカー

ここでは、既存の実験指針書と論理回路実験装置の学習教材に潜在されている「注意」、「関連性」、「自信」、「満足感」を最大限に引き出せるために、クリッカーを活用する学習教材の設計を行う。

これまでの論理回路に関する実験では、少人数教育にも関わらず、教員の質問に対する学生からの反応や学生から教員への発言は十分と言えない。さらに、2015年度から実験運用が変更されて、教員は以前と比べて約2倍の学生を指導しなければならない現状で、全ての学生を把握することは容易ではない。そのため、提案する学習教材では、教員が実験の中で学生の理解度を常に把握できるクリッカー機能を設けて、タイムリーなコメントと助言によって、教

表2 スマートデバイス学習教材の設計

Table 2 A Design of a smart device learning material.

	画面1	画面2	画面3	画面4	画面5	画面6
トランジスタ	概要	動作確認	理解度確認			
真理値	OR	AND	NOT	NOR	NAND	理解度確認
基本回路	概要	OR回路動作確認	AND回路動作確認	理解度確認		
半加算器	動作確認	入・出力確認	理解度確認			
全加算器	動作確認	入・出力確認	理解度確認			
複数桁の全加算器	桁上がり確認	動作確認	入・出力確認	理解度確認		

表3 Bluetooth 3.0以前とBluetooth 4.0の比較

Table 3 Comparison of Bluetooth versions.

	Bluetooth 3.0以前	Bluetooth 4.0
通信距離	15m	10m
データレート	1~3Mbps	1Mbps
消費電力	約50mW	50μW~1mW
最大同時接続数	7台(3bit)	無制限(32bit)

員と学生間でコミュニケーションの活性化をねらう。

クリッカー[4]とは、教員用レシーバーと学生用リモコンでデータの送受信を行う携帯用端末で、学生応答や理解度が比較的容易にどの普通教室でも把握・実施できる。また、ネットワーク環境と学習管理サーバに頼らない特長をもち、その効果も報告されている[5~7]。また、最近ではスマートデバイスを用いたWeb版クリッカーが提案されている[8, 9]。Web版クリッカーは従来のリモコン式の選択問題のほかに自由記述式にも対応できるなど、新たな方法で学修を促す試みは高く評価できる。しかし、Web版クリッカーは無線LAN環境と学習管理サーバの設備を基盤としている。一方、学校の無線LAN環境は十分とは言えない。学術情報基盤実態調査[10] (2016年公表)によると、大学の無線LAN導入率は92.4%までに達しているが、施設・設備面における全学的な無線LAN構築は約半分の49.4%に留まっている。従って、大学のどの普通教室でも無線LANが使えるとは限らない。これらの実態は全国の公立学校で一段と悪くなり、校内LAN整備率86.4%の内(2015年公表)[11]、無線LANが利用できる普通教室は3割の27.2%も満たしていない。

このような状況を鑑みて、本研究ではスマートデバイスの基本機能であるBLE (Bluetooth Low Energy) を用いる。BLE[12]とは、無線PAN技術であるBluetooth 4.0の呼称で、表3に示すように従来のBluetooth 3.0以前と比べて長所が多い。例えば、従来では最大同時接続台数が7台と限りがあったが、BLEでは理論上無制限になった。また、消費電力が極めて低いこと、端末の発見・接続の高速処理、ペアリングが不要などの特長をもつ。欠点は通信距離と低データレ

トが挙げられるが、小さい実験スペースでクリッカーとしての運用には障害にならないと考えられる。従って、本研究では別途の管理サーバや無線環境に依存せず、スマートデバイスの中で基本装着している BLE 通信を用いてデータ送受信を行う BLE 版クリッカーを開発する。

4. 学習教材の開発

ここでは、学生の理解度把握とマルチメディアが活用できる学習教材の開発について述べる。

4.1 マルチメディアの学習教材の開発

ここでは Table 2 に示す設計をもとに、各単元に関する学習教材を開発する。開発に使用したスマートデバイスの OS は iOS 9.0 であり、Xcode 9.1 の開発環境で swift 3.0 を用いて開発した。図 3(a) がメイン画面で、学習内容はトランジスタ、真理値、トランジスタを用いた基本デジタル回路、半加算器、全加算器、複数桁の全加算器の 6 つの単元で構成されている。その内、1~2 の単元は既知の内容で、3~6 の単元はこの実験で新たに学ぶ内容である。各単元の学習内容は、実験装置と実験指針書をもとに、班全員の協力で段階別の実験を終了した後、個々の学生は自分のペースで視覚的に再確認・復習ができる。以下では、具体的な内容について説明する。

[単元1] ここではトランジスタを学ぶ。学生は、コレクタからエミッタに流れる電量はベースに流れる電流を加減することによって制御できることを確かめる。図 3 (b) に示すように、コレクタとベースにスイッチという UI (User Interface) 機能を設けて、電流の流れを可視化するので、学生はその動作が直感的に理解しやすい。

[単元2] コンピュータなどで一般的に扱われる情報は 2 進数である。この 2 進数法の演算は論理代数によって表現されて、論理和 (OR)、論理積 (AND) および否定 (NOT) の 3 つの基本演算の組み合わせで作られる。ここでは、否定論理和 (NOR)、否定論理積 (NAND) も加えて、5 つの真理値を作成する。その際、図 3 (c) に示すように、ピッカーという UI 機能を設けて、入力値に対応する出力の値が直感的に理解しやすい。

[単元3] ここでは、トランジスタを用いてデジタル基本回路を学ぶ。学生は、トランジスタを用いて OR と AND の基本論理回路の動作原理が確かめる。図 3 (d) に示すように、入力にスイッチという UI 機能を設けて、電流の流れを可視化するので、学生はその動作が直感的に理解しやすい。

[単元4] ここでは、組み合わせ回路の半加算器を学ぶ。学生は、実験装置を用いて半加算回路を制作した後、再度半加算回路の動作を学習教材で確かめる。図 3 (e) に示すように、入力にスイッチという UI 機能を設けて、電流の流れを可視化するので、学生はその動作が直感的に理解しやすい。

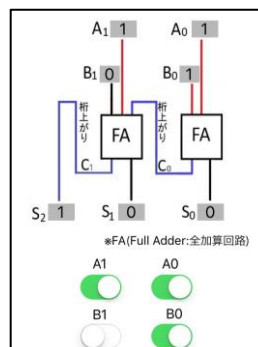
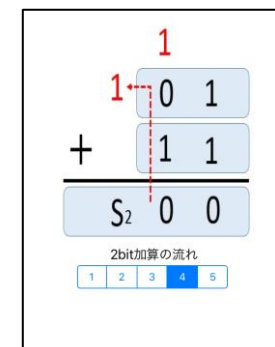
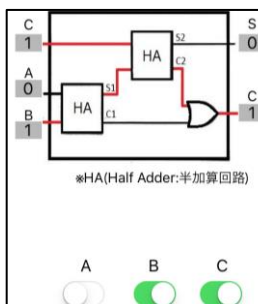
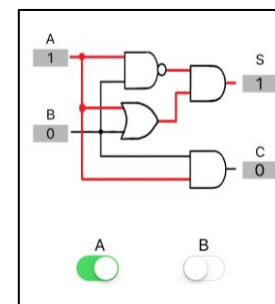
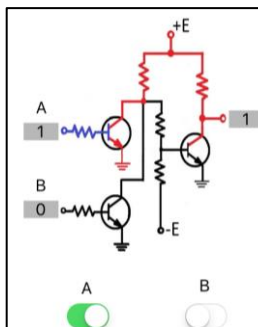
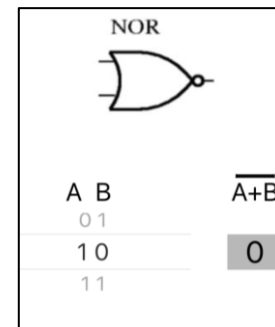
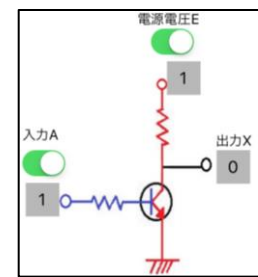
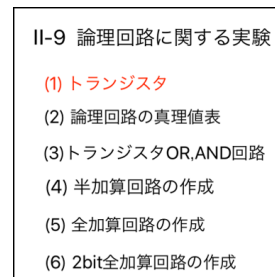


図 3 マルチメディアの学習教材の一部

Figure 3 Samples of multimedia learning materials.

[単元5] ここでは、組み合わせ回路の全加算器を学ぶ。学生は、実験装置を用いて全加算回路を制作した後、再度全加算回路の動作を学習教材で確かめる。図 3 (f) に示すように、入力にスイッチという UI 機能を設けて、電流の流れを可視化するので、学生はその動作が直感的に理解しやすい。

[単元6] ここでは、論理回路に関する実験の最終ゴールの複数桁の全加算回路を学ぶ。学生は、実験装置を用い

て複数桁の全加算回路を制作した後、再度複数桁の全加算回路の動作を学習教材で確かめる。図3(g)に示すように、セグメントというUI機能を設けて、1画面内で2bit全加算における桁上がりの流れを確かめる。また、図3(h)に示すように、入力にスイッチというUI機能を設けて、電流の流れを可視化するので、学生はその動作が直感的に理解しやすい。

4.2 BLE版クリッカーの開発

ここでは、スマートデバイスのBluetooth 4.0を用いて、少人数教育で活用できるBLE版クリッカーの開発について説明する。

BLEは、セントラルとペリフェラルという2つの役割で行う通信方式である。セントラルの役割は、ペリフェラルから発信されたアドバタイジングパケットをスキャンにより受信し、ペリフェラルとの接続を確立することである。ペリフェラルの役割は、セントラル側から自身が発見できるようにアドバタイジングパケットを発信し、セントラルとの接続を確立することである。本研究では、図4に示すように、教員側と学生側のスマートデバイスの役割をそれぞれセントラルとペリフェラルに設定する。

教員は各単元の学習を学生に指示すると同時に、スキャンを開始する。学生は自分のペースで単元を学習し、最後の理解度確認の画面へ進むと自動的に、アドバタイジングパケットを送信する。セントラル側の教員端末とペリフェラル側の学生端末間でBLE接続が確立すると、学生端末では図5(a)に示す理解度の画面が表示される。学生は、単元で確かめた内容について評価・回答を行うと、そのデータは教員端末に送信されて、図5(b)に示す集計表に表示される。学生からの全ての回答が終わると、教員端末側から学生端末との接続を切断する。

教員は、これらの結果をもとに、学生全体の単元の理解度、学生個人の理解度の把握が容易にできるので、班全体や個人へのタイムリーなコメントや助言もできる。

5. アンケート評価および分析

5.1 アンケート評価

提案した学習教材の活用で、学生の学習意欲がどのように変化したかを確かめるために、本研究では論理回路に関する実験(2016年10月~2017年1月)の中で、27班を対象に比較評価を行った。評価では、18班が従来とおりの実験を、9班が提案した学習教材を用いて実験を行なった。従来とおりの実験で、14班(以下、G_Aと呼ぶ)の57名の学生は無事実験を終えたが、4班(以下、G_Bと呼ぶ)の17名の学生は時間内に実験が終わらず、別の日に再実験を行なった。提案した学習教材で実験を行なった9班(以下、G_Cと呼ぶ)の学生36名は時間内で実験が無事に終わった。

比較方法はアンケート評価を用いた。アンケートの質問はKellerが提案したARCSモデルの測定ツールである学習

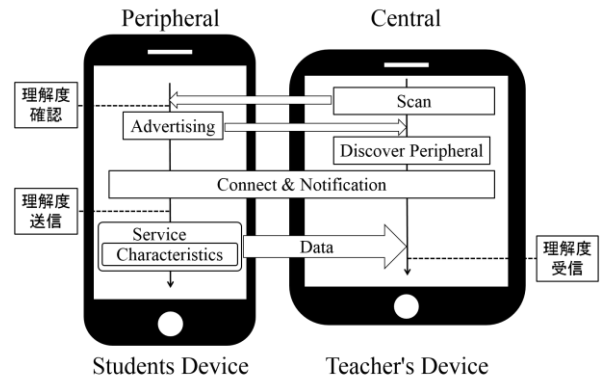


図4 BLE版クリッカーの動作概念

Figure 4 Outline of the BLE version clicker

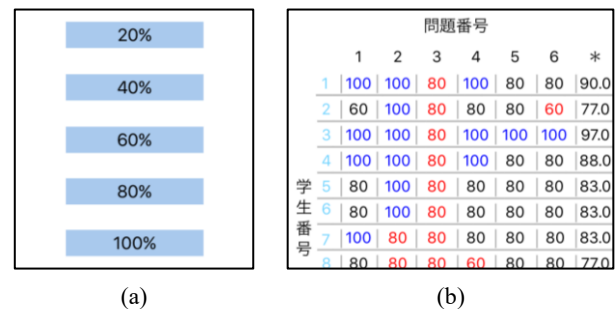


図5 理解度に関する画面

Figure 5 Screens of the student's understanding level.

意欲調査 (Instructional Materials Motivation Survey: IMMS) を参照して作成した。提案した学習教材は、従来の実験に潜在されているARCSモデルの各要因の良さを最大限に引き出せることが目的であったので、質問内容では特定の状況ではなく、実験全体に適応させた。質問数はARCSモデルの各要因に対し、6問ずつ総24問を作成し、その内容を表4に示す。また、各要因において内容が似ている質問もいくつかあった。そのため、類似する質問への評価が他の質問への評価に影響を与えないように、実際のアンケート評価では、質問をランダム順に並べた。質問は、「1=まったくあてはまらない」、「2=わずかにあてはまる」、「3=半分くらいあてあまる」、「4=あてはまる」、「5=とてもあてはまる」の5段階評価で、学生に回答してもらった。ただし、質問C4は否定的な文章の質問であるため、集計する際には1=5, 2=4, 4=2, 5=1と評価値を反転した。アンケート評価は、実験終了直後に行なったが、再実験の班は別の日に実施した再実験終了直後に行なった。

5.2 回答結果

ここでは、3つのグループ(G_A, G_B, G_C)の回答結果について述べる。まず、ARCSモデルの各要因に対する各グループの平均点を図6(a)に示す。各要因における6問の平均に対して、G_Cで最も高い評価が得られた。提案手法を用いず実験を行なったG_AとG_Bでは、概ね同じ傾向がみられたが、満足感のみでG_AとG_Bの回答結果が異なった。なお、

表 4 アンケートの質問内容

Category	Item	Content
注意	A1	この実験の教材は面白みがあり魅力的に感じた。
	A2	教材の情報の配置は私の注意を引きつけておくことに役立った。
	A3	この実験には私の好奇心を刺激するものがあった。
	A4	私は驚きのある意外なことをいくつか学んだ。
	A5	様々な説明・練習・図解などによってこの実験に注意を引きつけられた。
	A6	教材には文章だけでなく図説があり分かりやすかった。
関連性	R1	実験がいかに重要であるかを示すためのストーリーや絵、あるいは例などがあった。
	R2	この実験の内容は、自分の興味と関連していた。
	R3	この実験で学べる知識をどのように利用するか説明や例があった。
	R4	実験で初めて学ぶ内容も多く、ニーズに合っていた。
	R5	これまでの生活の中で見たり行ったり考えたりしたこと、実験の内容を関連付けることができた。
	R6	この実験で学んだ内容は私にとって役に立っだろう。
自信	C1	実験の指針を読んだ後で、この実験で何を学習するのが分かったという自信を持った。
	C2	教材の情報が整理されており、重要なポイントが分かりやすかった。
	C3	この実験を学習しているときに内容を習得できる自信があった。
	C4	この実験は私にとって非常に難しかった。
	C5	この実験のかなりの部分を理解できた。
	C6	実験内容や実験の教材が適切に整理されていたため、学習できるという自信へと繋がった。
満足感	S1	この実験を終えたときに、十分な達成感に満足した。
	S2	私はこのトピックスについてもっと知りたいと思うほど実験を楽しんだ。
	S3	私はこの実験をすることが楽しかった。
	S4	実験内容へのフィードバックやその他のコメントが私の努力に対してふさわしい報酬と感じた。
	S5	この実験が無事に終了できたことは気持ち良かった。
	S6	うまく設計された実験内容で学習できてよかった。

「満足感」は、時間内で実験が無事に終わるか終わらないかによって大きく変わると考えられる。

次は、ARCSモデルの各要因の問題ごとの回答結果について述べる。図6(b)に示すのは、「注意」Aと「関連性」Rに関する6問ごとの平均である。「注意」のA1とA6の質問では、3つのグループ間で大きな差はみられなかったが、A2~A4の質問でG_AとG_Bの回答結果は、G_Cと比べて低かった。「関連性」では、R4のみでG_AとG_Bの回答結果がG_Cと比べても高く、他の質問では低かった。図6(c)では「自信」Cと「満足感」Sに関する6問ごとの平均である。「自信」のC4では、G_Bの回答結果がG_AとG_Cと比べて高く、C5では3つのグループで同じ回答結果であった。「満足感」では、S1とS5では、概ね各グループでの評価は高かったが、他の質問ではG_Cの評価が高かった。

5.3 統計的手法を用いた分析

これらの評価結果について、より詳しい分析を行うために、本研究では各グループにおける人数の偏りを統計的手法で確かめた。そのため、各グループの人数を5段階の評価で集計したが、少ない人数のセルが多かったので、本研

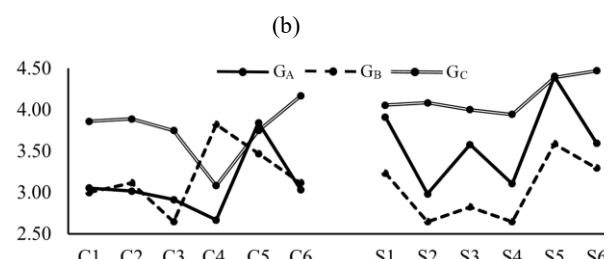
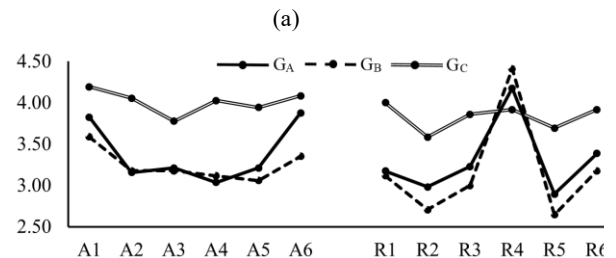
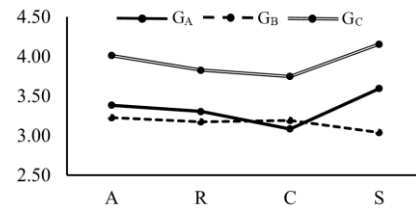


図 6 アンケートの評価結果

Figure 6 Evaluation result of the questionnaire.

表 5 直接確率計算の結果

Table 5 Results of Fisher's exact test.

	A	R	C	S
1	$p(=.074) > .05$	$p(=.008) < .01$	$p(=.005) < .01$	$p(=.099) > .05$
2	$p(=.001) < .01$	$p(=.1 \times 10^{-3}) < .01$	$p(=.7 \times 10^{-4}) < .01$	$p(=.3 \times 10^{-5}) < .01$
3	$p(=.034) < .05$	$p(=.034) < .05$	$p(=.4 \times 10^{-3}) < .01$	$p(=.009) < .01$
4	$p(=.6 \times 10^{-3}) < .01$	$p(=.01) < .05$	$p(=.038) < .05$	$p(=.1 \times 10^{-4}) < .01$
5	$p(=.002) < .01$	$p(=.007) < .01$	$p(=.924) > .05$	$p(=.036) < .05$
6	$p(=.36) > .05$	$p(=.053) > .05$	$p(=.2 \times 10^{-6}) < .01$	$p(=.4 \times 10^{-4}) < .01$

究では評価1~2を否定的な回答、評価3を中間的な回答、評価4~5を肯定的な回答、と3つに分けて人数を再集計した。この集計表に対して、直接確率計算の統計的手法を施した。その結果を表5に示し、以下に各質問に関する分析結果を述べる。

(1) 注意について：質問A1とA6に対して、3つのグループでは、実験の教材に面白みと魅力を感じていることや、図説が分かりやすかったという肯定的な評価が多かったため、各グループ間で人数に偏りに有意の差はなかった。一方、質問A2~A5に対しては、各グループ間における人数に偏りに有意の差がみられた。従って、提案手法を用いたG_Cの学生はG_A, G_Bと比べて、実験の教材で注意が引き付けられて、好奇心も刺激されていたと言える。特に、同じ

内容の実験にも関わらず、提案手法を用いた G_C は G_A、G_B と比べて、多くの学生が驚きのあることを学んだと答えた。この結果により、提案した学習教材の活用で、学生から ARCS モデルにおける「注意」の要因を引き出すことができたと考えられる。

(2) **関連性について**：質問 R6 に対して、3 つのグループでは、実験で学んだ内容が役立つと肯定的な評価が多かったため、各グループ間で人数に偏りに有意の差はなかった。一方、質問 R1~R5 に対して、各グループ間における人数に偏りに有意の差がみられた。従って、提案手法を用いた G_C の学生にとって、実験を通してストーリーや例と、知識の活用に関する説明は G_A、G_B と比べて、十分であったと言える。特に、同じ内容の実験にも関わらず、提案手法を用いた G_C では実験内容に対する理解や興味が高まったことで、実験内容と自分の興味が関連されたと考えられる。また、質問 R4 では、G_A、G_B と比べて G_C で平均評価が低かったが、理解度の高い G_C では既知の内容の肯定的な回答はしなかったのではないかと考えられる。この結果により、提案した学習教材の活用は、ARCS モデルにおける「関連性」の要因として、学生に学習内容と既存の知識を結び付けることができたと考えられる。

(3) **自信について**：質問 C5 に対して、3 つのグループでは、実験を通してかなりの部分が理解できたという肯定的な評価が多かったため、各グループ間で人数に偏りに有意の差はなかった。一方、質問 C1~C4、C6 に対して、各グループ間における人数に偏りに有意の差がみられた。従って、提案手法を用いた G_C の学生は、学習内容が整理されることで学生の理解を助け、学習に対する自信に繋がったと言える。しかし、質問 C4 では、他の質問とは異なる傾向で、肯定的な評価は G_B が最も高く G_A が最も低かった。このような傾向から、一度実験を失敗した G_B の学生は、2 度の挑戦でこの実験を成功させたので、難しくはないという回答が多かったが、時間内で実験を終わらせた G_A と G_C の学生は実験自体に難しさを感じたと考えられる。この結果により、提案した学習教材の活用は、ARCS モデルにおける「自信」の要因を引き出すことができたと考えられる。

(4) **満足感について**：質問 S1 に対して、3 つのグループでは実験を終えた時に、十分な達成感に満足したという肯定的な評価が多かったため、各グループ間で人数に偏りに有意の差はなかった。一方、質問 S2~S6 に対して、各グループ間における人数に偏りに有意の差がみられた。従って、提案手法を用いた G_C の学生は、実験を楽しみ、継続的な学習への意欲にも繋がり、十分なフィードバックやコメントを得られたと言える。この結果により、提案手法の学習教材の活用は、ARCS モデルにおける「満足感」の要因を引き出すことができたと考えられる。

6. おわりに

本研究では、本学科の学生実験運用の変更、多様な学力を持つ学生、実験に慣れていない学生を対象とする最近の論理回路に関する実験でみられている学習意欲の低下を改善することを目的とした。そのため、本研究では論理回路に関する実験の現状から改善すべき課題を明らかにし、学生の学習意欲を高めるために、スマートデバイスの学習教材を用いた教授・学習法を一提案した。提案した学習教材は、既存の実験装置と実験指針書の学習教材に含まれている ARCS モデルの 4 つ要因の良さを最大限に引き出せることを目指して設計・開発した。提案した学習教材の有効性は、ARCS モデルの測定ツールである学習意欲調査(IMMS)を参考に確かめた。その結果、ARCS モデルの全ての要因で、明らかな改善が示唆された。

今後は、提案した学習教材を他の実験テーマにも適用することで、実験科目における本来の意義が最大限に生かされることを期待している。

参考文献

- [1] “文部科学省：中央教育審議会（答申）”，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm (参照 2016-10-5).
- [2] 武田邦彦, 中島江梨香. 工学教育における実験・実習の今日的意味と新しい概念. 工学教育, 2011, vol. 59, no. 1, p. 40-47.
- [3] J.M.ケラー, 鈴木克明. 学習意欲をデザインする—ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン. 北大路書房, 2010, (参照 2016-02-20).
- [4] J E, Caldwell. Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips. CBE Life Sci. Educ., 2007, Vol.16, No.1, pp.9-20.
- [5] 山田 邦雅. 自作クリッカーシステムによる授業. 高等教育ジャーナル, 2008, Vol.16, pp.19-29.
- [6] J. Middendorf and A. Kalish. The “Change-Up” in Lectures”, *Matl. Teach. Learn. Fourm.* 1996, Vol.5, No.2, pp.1-5.
- [7] J. Roschelle B. Penuel, and L. Abrahamson. The networked classroom”, *Educ. Leadership.* 2004, Vol.61, No.5, pp.50-54.
- [8] <http://clica.jp/>, (参照 2016-11-20).
- [9] 大鹿 智基. 10 分だけ反転授業」とスマートフォン版クリッカーの 2 年間. ICT 活用教育方法研究論文誌, 2015, Vol.18, pp31-36.
- [10] “学術情報基盤実態調査”, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001015878>, (参照 2016-5-4).
- [11] “平成 26 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果”, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1361390.htm, (参照 2016-5-4).
- [12] 堤修一, 松村礼央. iOS×BLE Core Bluetooth プログラミング. ソシム, 2015.