

## 情報ハードシステム実習の進め方

公立千歳科学技術大学	理工学部	情報システム工学科	三澤明
公立千歳科学技術大学	理工学部	情報システム工学科	福田浩
公立千歳科学技術大学	理工学部	情報システム工学科	高野泰洋
公立千歳科学技術大学	理工学部	情報システム工学科	山林由明

### 1. はじめに

IoT (Internet of Things) が急速に普及する中、センサ、クラウド環境等を統合的に使いこなす技術教育が喫緊の課題である。初等から中等教育におけるプログラミング教育は盛んに議論されているが、情報機器の仕組み、制御対象となるハードウェア教育に関する関心はまだ低い。特に、大学入試を控える中等教育において実験の機会が減少し、日常生活でも完成品を使うことが多いため、ハードウェアの仕組みや原理に対して意識が低い大学生が多い。物理現象を体感・理解する機会は減る一方である。

情報システム工学科では、2年秋学期に電子回路の講義と電子回路実習、3年生春学期でシステムデザインプロジェクトと基礎的な電子回路学からシステム設計へと移行する講義トレインとなっている。

電子回路実習では、基本的な電子回路部品と測定器の扱いについて学び、スキルの向上を図る。その測定結果をまとめ、レポート提出を課しており、実験結果として説明する文章技法を習得させる。レポートの書き方を個別に指導することに重点を置いている。3年春学期は、システムデザインプロジェクト (以下 SDP) という科目において、学年の半数に分け、前半後半の7週ずつマイコンとセンサを用いて、電子回路の構成とプログラミングを学ぶ実習を行っている。卒業研究を実施する上での基本的な能力を取得することを目的としている。

### 2. 学生の電子回路離れ

近年、電子回路を不得意とする学生が増加している。日常生活には、電子制御の家電、情報機器であふれているが、電気回路を体感する環境にないことが原因と考えられる。中には商用電源の電圧値が答えられない学生もあり、すべての家電や情報家電もヒューマンインターフェイスにより感覚的に操作が可能であり、電気回路を操作しているという意識は得られない。家電や情報家電は、封止されており、ハードウェア的な修理や機能追加などはできず、ブラックボックス化され内部構造を見ることができないことにある。情報システム工学科の学生は、とりわけハードウェアへの興味が薄い。

日常生活や遊びの中で、立体的な模型等に触る機会が少ないためか、2次元ディスプレイ上のゲームのためか、空間配置の認知能力が低い。回路図のような論理的な設計図から、実装図に展開すること、つまりブレッドボード上にジャンパ配線による回路を構成することが不得意である。学習や日常生活で、空間認知能力を鍛える機会が少ないと推測している。



図 3-1 実験室 (D105) の風景



図 3-2 電子回路実習で用いる実験機器 測定器と部品類

このような中で、電子回路実習の在り方は再検討が必要である。LCR の回路応答といった電子回路部品の理論的を確認することに主眼をおいた伝統的な実験では、その意義や意味を学生が理解しづらくなっている。古典的な電子回路の実験では、アナログ部品の原理を理解することを目的にすることが多く、デジタル機器を使いこなすための実務的な知識が身に付かない。例えば、プログラミングはクラウド環境で行うため、性能上のボトルネックを感じることはない。アプリケーションが用意した環境内のみ閉じたプログラミングでは、

システム間を接続するインターフェイスのボトルネックを防ぐための設計の重要性を意識できない。高等教育におけるハードウェア・ソフトウェアのバランス良い知識と経験の獲得を目指し、ソフトウェアに比べ軽視されがちなハードウェア教育について検討を行った。

一方、2020 年春からコロナ感染が広がり、大学の講義や実習において、密を避けるため、大学への通学が制限され、講義室や実験室での密対策が課題となった[1]。緊急避難的に自宅でも実習ができるシミュレータを使う実習を取り入れた。この密対策としての個々人での実験実習とシミュレータとの組み合わせにより、学習効果が高まることが期待された。2021 年度は、積極的に実験とシミュレータを組み合わせた実習方法を検討した。この結果について報告する。

### 3. ハードウェア実習科目の概要と進め方

#### 3.1. コロナ以前のハードウェア実習

図 3-1 の実験室には、24 台の実験台に設置した測定機器を履修生で共有する。図 3-2 に電子回路実習で用いた測定器と測定部品を示す。抵抗や発光ダイオードやオペアンプ IC、論理 IC などの電子部品をブレッドボード上で配線し、定電圧源、マルチメータ、任意波形発生器、オシロスコープなどの測定器を使って、電気的特性を測定する。

コロナ禍前の 2019 年度までは、スペースや設備の制限から 3 人あるいは 4 人一組で実習を行っていた。以下の電子回路自習と SDP の実習方法の概要について説明する。

##### 3.1.1. 電子回路実習

前述したように、実験室の設備キャパシティに比較して、履修する学生数が多い。複数講を開講することも、教員数や、時間割上の制約から難しい。2019 年の電子回路実習は、履修者数が 111 名とかなり大人数であった。全員を一度に実習させるスペースがないことから、A グループ 57 名と B グループ 54 名の 2 つに分け、A1 から A6 の 6 回の実験実習を実施した。表 3-1 に学習項目を示す。表 3-2 に示す様に、A、B のグループは隔週で実験し、実験室を交互に利用する。実習時間は 2 講分 180 分である。A、B グループはさらに 3 名×19 班、3 名×18 班に分け、1 班 3 名で測定器や測定部品を共有する。

表 3-1. 2019 年度電子回路実習の学習項目

	ガイダンス	レポートの書き方
A1	抵抗回路	抵抗の直列・並列回路、分圧・分流回路
A2	整流回路	発光回路、ダイオードの整流回路
A3	コンデンサとフィルタ回路	静電容量の測定、RC 回路の過渡応答、ローパスフィルタとハイパスフィルタの測定
A4	比較回路	オペアンプの比較回路
A5	増幅回路	負帰還回路による反転増幅、非反転増幅
A6	発振回路	正帰還回路による発振回路

毎回、実験概要を説明した後、3 名グループごとに実験を行った。実習レポートを翌週に提出させ、翌週にレポートの評価の通知と期待すべき実験結果の解説を実施した。レポートの評価は、3 名の教員で実施し、1 教員あたり 12 班程度 36 名分のレポートを評価、フィードバックを行った。

表 3-2. 2019 年度電子回路実習で学ぶデバイスと測定器

		デバイス	測定器
G	ガイダンス		
A1	抵抗回路	ブレッドボード、抵抗、可変抵抗、スイッチ	マルチメータ (抵抗計、直流電圧計、電流計)
A2	整流回路	LED、ダイオード	任意波形発生器、オシロスコープ、交流電圧計
A3	コンデンサとフィルタ回路	コンデンサ	
A4	比較回路	オペアンプ、IC	
A5	増幅回路		
A6	発振回路		

表 3-3 2019 年度までの電子回路実習割り付け

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	G	A1	—	A2	—	A3	—	A4	—	A5	—	A6	—	S	—
B		—	A1	—	A2	—	A3	—	A4	—	A5	—	A6	—	S

### 3.1.2. SDP

2019 年のシステムデザインプロジェクトでは、全体ガイダンスの後、履修者 95 名を A グループ 48 名、B グループ 47 名の 2 つに分け、ハードウェアシステム技術とデータの扱い方を学ぶソフトウェア技術の 2 つの実習をそれぞれ 7 講行った。表 3-4 にハードウェアシステム技術の学習項目を、表 3-5 に A、B グループの講義の割り付けを示す。

表 3-4 2019 年度の SDP での学習項目

		内容	取得技術
C1	LED 点灯回路	Arduino の基本操作 LED の点灯	アナログ・デジタル入出力、PWM
C2	文字・数字入力回路	PC からの文字入力による LED 点灯・消灯の制御	シリアル通信 条件判断
C3	距離測定	赤外線距離センサ、超音波センサ	
C4	明るさ検出	CdS 受光素子、フォトリフレクタ	抵抗・電圧変換
C5	ディスプレイ	LCD ディスプレイ	
C6	自作システム		
C7	グループ発表		

表 3-5 2019 年度の SDP 割り付け

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	G	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	ソフトウェア実習						
B		ソフトウェア実習							C1	C2	C3	C4	C1	C6	C7

ここでは、マイコン Arduino UNO [2] を使い、センサや LED などの電子部品を制御する方法を学ぶ [3]。実習の最後は自由課題として自作システムを設計し、設計と実験結果をグループで発表するという形式であった。この実習でも AB グループ、それぞれ 3 名を単位とした班 (16 班) とし、班ごとに実習を行った。

### 3.1.3. 実習の課題

どちらの科目も、実験室 D105 に 50 名以上の学生を、3 名程度のグループで測定器や部材等を共有して実習を行う形態で実施した。実習内容や実験課題は、紙媒体の冊子テキストを実習前に配布した。レポート提出は、翌週レポートボックスへ提出する。

課題としては、特に電子回路実習では、電子回路ビギナーには、習得すべき項目が多いことがある。表 3-1 に示したように、実験自体は、抵抗等のデバイス特性を測定することであるが、ブレッドボードへの配線方法や測定器を使いこなす必要がある。測定器を使うスキルがないために実験に非常に時間がかかる。教員が想定する以上の時間がかかり、実習時間内に終わらない学生が多々いた。

回路がうまく動作しない場合に、自分でデバックすることができず、教員やティーチングアシスタントへ質問し、修正をゆだねる学生が多い。グラウンドという概念が理解できず、未接続な開放した回路になっているとか、自己が作成した実装配線を確認するにも、シャンパー線のカラーリングポリシー (正極を赤、負極を黒) により実装を見やすくするというノウハウも身につけていないため配線誤りに気が付かない、という割合単純なミスにより実験が止まってしまう学生が多い。電流測定では、配線ミスにより電流計を故障させることがある。回路に直列に挿入すべき電流計を、電圧計と同様に並列に接続することで短絡が発生したり、測定中にレンジを切り替えることが原因である。テキストにも記載し、実習開始前にも説明行っているにも関わらず、これらの初期に起こすミスが非常に多い。

SDP においては、センサ部品の回路実装のミスが多く、実習時間が予想以上にかかる。距離や光量を測定する結果も 2, 3 点を取るだけで、物理的な測定をグラフで視覚化し相関を取る事が不得意である。最後に様々なセンサやアクチュエータを組み合わせシステムを自由に設計する課題を出したが、実習で実験したセンサを組み合わせシステムを報告する安易な例が多かった。

## 3.2 コロナ禍に対応した実習

2020 年 2 月 28 日に北海道独自の緊急事態宣言 (3 月 18 日終了) が出され、小中学校・高等学校等の臨時休校が要請された。4 月からの新学期についても大学の講義へ感染症対策が

求められた。いわゆる第1波である全国的な感染の広がりにより、国より2020年4月17日から5月25日まで全国に緊急事態宣言が発出された。年度当初は、実習科目においても通学が禁じられ、4月からの実習開始ができず、1か月の準備期間を経て、5月15日に実習を開始した。北海道ではその後感染が落ち着いて段階的に規制が緩和されていたが、10月末から感染が再度拡大し、往来自粛や飲食店の時短営業が始まった。こうした状況の中、通学せず自宅のできる実習講義方法にせざるを得なかった。具体的な対応方法を概説する。

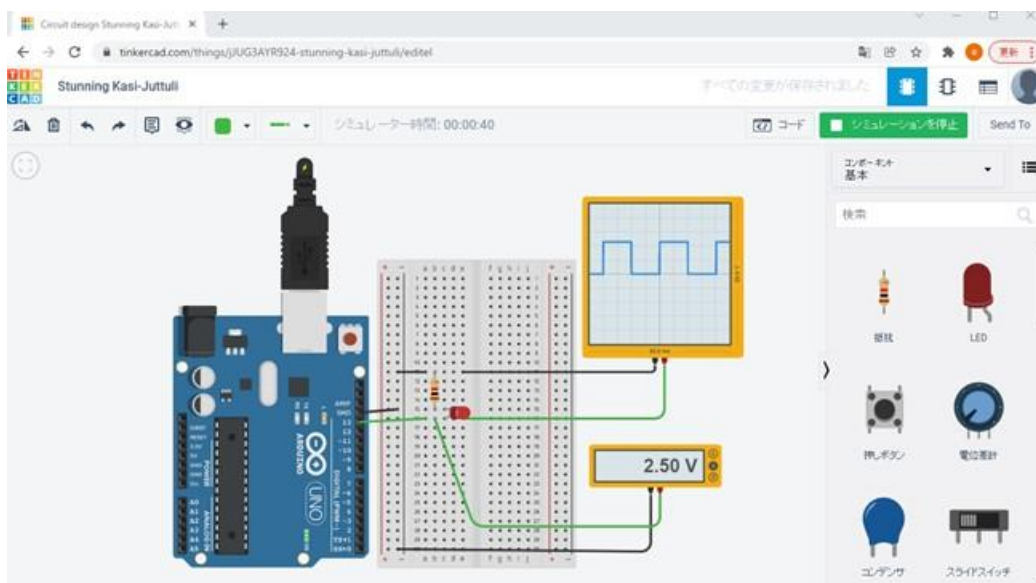


図3-3 Tinkercadによるシミュレーション画面



図3-4 電子ブックによるテキスト

### 3.2.1. 2020 年度の SDP

SDP では、自宅での実習を可能とするため、緊急避難的に電子回路のシミュレータである Tinkercad[4]を用いることとした。図 3-3 にシミュレーション画面を示す。Tinkercad は Web ベースの無料アプリケーションであり、登録者はインターネットへの接続環境があれば、どこでも利用することが可能である。ブレッドボードへの配線等の実装は実機との違いが少なく、マルチメータやオシロスコープなどの測定器も用いることができる。この年度当初は、PC を持たない学生もいたため、実習用のノート PC を貸与した。

テキスト冊子配布ができないため、図 3-4 に示す電子ブック eBook5[5]により配信した。レポートの提出は、ポータルにより PDF での電子提出とし、翌週レポート評価結果を Zoom で遠隔講義の形式で伝えた。実習中の質問や個別レポートのフィードバックは、Zoom のブレイクアウトルームを利用した。

履修者は 100 名（再履修 11 名）であり、前半ハード後半ソフト 55 名、前半ソフト後半ハード 45 名とした。担当教員は、4 名で、10～15 名程度の A から G 班に分けた（D 班は再履修者）。

表 3-6 に 2020 年度の学習項目を示す。2019 年度の学習項目と比較すると（表 3-3）、シミュレータで実装されていないセンサの項目を除き、DC モータなど新たな項目を追加している。実機とシミュレーションとの違い、物理的な動作を理解させるため、1 講は大学・実験室での実習をさせることとした。C5 講が実験実習である。

表 3-6 2020 年度の SDP での学習項目

		内容	
S1	LED 点灯回路	Arduino の基本操作 LED の点灯	シミュレーション実習 (自宅学習)
S2	文字・数字入力回路	PC からの文字入力による LED 点灯・消灯の制御	シミュレーション実習
S3	アナログセンサ	温度センサ、CdS 受光素子	シミュレーション実習
S4	アクチュエータ	DC モータ、サーボモータ	シミュレーション実習
C5	アクチュエータと距離測定	DC モータ、超音波センサ	実験実習 (実験室)
S6	出力表示	LCD ディスプレイ、セグメントディスプレイ	シミュレーション実習
S7	自作システム		

表 3-7 に講義の割り当てを示す。2020 年度の SDP では、実機実習のスケジュールが不透明であったため、事前に実機実習のコンテンツの一部をシミュレーションで実施した。実習の順を入れ替えられるように S1～S4 で基礎的なスキルを身に付けさせたあとに、センサー等の測定実習をするようにした。これは、コロナ感染者数が減り、通学可能な状況となつてから、実機実習を行うことも意図している。実習のため通学するときに、実験室での実習時の密を避けるため、最大学生数を 20 名程度以下とすし、班ごとに実習する週を変えた。1 度

の実機実習での教育効果を高めるため、シミュレーションでは物理的な動作を実感じづらい  
ため、動作を観察できる項目を実験実習とした。

表 3-7 2020 年度の SDP 割り付け

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A 班	G	S1	S2	S3	S4	C5	S6	S7	ソフト実習						
B 班			S2	S3	S4	S6	C5	S7							
C 班			S2	S3	S4	S6	S7	C5							
D 班			S2	S3	S4	C5	S6	S7							
E 班		ソフト実習							S1	S2	S3	S4	C5	S6	S7
F 班										S2	S3	S4		S6	S7
G 班										S2	S3	S4	S6	C5	S7
H 班										S2	S3	S4	S6		S7

### 3.2.2. 2020 年度の電子回路実習

2020 年度秋学期の電子回路実習では、他の実習科目である情報処理プロジェクトの科目  
担当と協力し、2 年生を半数ずつに分け、それぞれ週 2 回の開講とした。学習項目を表 3-8  
に、割り付けを表 3-9 に示す。

表 3-8. 2020 年度電子回路実習での学習項目

		機能・デバイス	
A1	抵抗回路	ブレッドボード、抵抗、スイッチ	実機実習
A2	整流回路	LED、ダイオード	
A3	コンデンサとフィルタ回路	コンデンサ	
A4	オペアンプ	オペアンプ、IC	
D1	DA 変換回路	論理 IC (NOT、AND、OR、XOR)	シミュレー ション実習 (D2 のみ PC 教室)
D2	加算回路	FF-IC (JK-FF、D-FF)	
D3	コード変換と表示回路		

表 3-9 2020 年度の実習割り付け

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
月	A 班	A1	R1	A2	R2	A3	R3	A4	R4	D1	D2	D3	R5	
	B 班		A1	R1	A2	R2	A3	R3	A4	R4	D1	D2	D3	R5
火	C 班	A1	R1	A2	R2	A3	R3	A4	R4	D1	D2	D3	R5	
	D 班		A1	R1	A2	R2	A3	R3	A4	R4	D1	D2	D3	R5

電子回路実習では、履修者 111 名（うち再履修 14 名）を 27 名程度の 4 つのグループに分  
けて、それぞれ別の教員が担当し、4 パラレルでの実習とした。実験室の総人数を制限し、  
部材と測定器等の設備を共有せず、個々人が独立に実験できるようにした。その前年度まで



は隔週で実習であったが、翌週に期待する測定結果を解説し、個別にレポートのフィードバックを対面で行い、個別実験により理解度が難しい学生へのフォローを充実させた。

冬時期の感染者増加による自粛要請などが懸念されたので、最悪自宅でのシミュレーション実習に切り替えられるようにすること、翌年の SDP への接続を考慮し、それまでオペアンプの増幅回路や発振回路などアナログ回路の実験項目を減らし、加算器等のデジタル回路の実習に切り替えた。最終的には、D1 と D3 は自宅での実習として、D2 講だけは通学させて PC 教室でのシミュレーション実習を行わせた。

### 3.2.3 個別実習とシミュレーション実習のメリット

2020 年度はコロナ対策を主眼にした実習の組み立てであったが、2020 年度の実習結果を振り返ると実習スキルの向上効果があがるように感じられた。これは、複数のグループでの実習だと回路の得意な学生が主導し、あまり積極的ではない学生は測定データのメモを取るだけなど実質的に参加していない状況があったが、個人個人に測定器を用いた実験を行うため、実習の効果が高まり、個別のスキルアップにつながったと推定した。

加えて、シミュレーション実習が、実機実習に対する予習として効果的に機能する可能性も見出すことが出来た。

表 3-10 2019 年度と 2020 年度の実習方法の違い

	2019 年度	2020 年度
講義 (解説等)	実験室での対面講義・実習	Zoom による遠隔講義
実習方法	実機による測定実習 (グループで測定器共有)	シミュレーション (PC 教室あるいは自宅) と実機実習のハイブリット 基本的に個人での測定
質問	対面 (SA 含む)	Zoom の Breakout Room やチャット機能を利用
テキスト	冊子テキストの配布	Web ベースの電子テキスト
レポート提出	紙でのボックス提出	ポータルによる電子提出

多くの学生は回路図から配線実装を組み立てることが不得意である。空間認知能力が不足している学生にとっては、シミュレータ上での回路配線が 3 次元実機実習での回路配線への事前準備学習として有効に機能する場合があると考えられた。これは実機ではジャンパ線の長さが固定であるが、シミュレータでは長さが可変なので、測定デバイスの配置を考えなくてもよくなり、実装しやすい。デジタル IC ジャンパは、配線が非常に多くなるため、実機実習よりもシミュレータ実習の方が実装時間を短縮できる。

配線作業や測定器の操作、誤差を含むセンサ測定データの吟味などは実機実習時とは大きく異なるものの、マイコンのプログラミング、大まかなセンサの振る舞いなどはシミュレーション実習で動作確認出来るため、実機実習の成功イメージをつかみやすい。やるべきこ

とが予め整理されているので、実機実習の時間が短縮されるとともに、ハードウェアに対する理解が促進されたと感じられた。

#### 4. 学習効果を高める新たな実習方法

2021 年度もコロナ感染は広がり、全国的には 4 月下旬から第 4 波という状況となり、5 月 9 日から北海道にまん延防止等重点措置、5 月 16 日から 6 月 20 日は、北海道に緊急事態宣言となり、6 月 21 日から 7 月 11 日に北海道にまん延防止等重点措置以降した。夏から第 5 波に突入し、8 月 2 日から再び、北海道にまん延防止等重点措置が取られ、8 月 27 日から 9 月 30 日まで北海道は緊急事態宣言の状態となった。

2020 年度の振り返りから、個々のスキルアップを上げるため、当初から実機実習とシミュレーション実習を組み合わせる方法で実習を行った。以下に具体的な取り組みを示す。

##### 4.1. 2021 年度の SDP

履修者 111 名（うち再履修者 21 名）を前後半で分けた。A、B、C、D 班 23、24 名、E 班 21 名に分け、3 名の教員で講義を行った（E 班は、CD 班と重ならないように午後に割り当てた）。レポートの採点等は、5 名の教員で行った。A～D 班は、シミュレーションを B203、実験では D105 実験室を用いた。E 班は、シミュレーションは G202、実験は D104 実験室を用いて、それぞれ 20 名程度の小人数で実習を行った。

表 4-1 に学習項目を示す。シミュレーションと実機実習を交互に実施した。A1 と S2 では、Arduino で電圧を読み込むこと、電圧を出力することをプログラミングで制御することが基本である。制御対象が異なり、A1 では周波数の高低によりブザーから出力される音の高低が変わること、S2 ではパルス幅を変えることで LED の光強度が変わることを学ぶ。このような配置により、制御方法は繰り返し学習し、A1 と S2 のどちらから始めても学習できるように構成している。A3 の DC モータや A5 の距離センサなど物理を体感できるもの

表 4-1 2021 年度の SDP での学習項目

		内容	
A1	圧電ブザーと周波数	Arduino の基本操作 周波数変化による音の高低制御	実験実習
S2	LED 点灯回路と PWM	LED 点灯・消灯の制御、PWM による明るさ制御	シミュレーション実習 (PC 教室)
A3	アクチュエータ	DC モータ、サーボモータ	実験実習
S4	アナログセンサ	温度センサ、CdS 受光素子	シミュレーション実習
A5	光センサと距離測定	受光素子と偏光、超音波距離センサ	実験実習
S6	出力表示	LCD ディスプレイ、セグメントディスプレイ	シミュレーション実習
S7	自作システム	自由課題	シミュレーション実習

を実験実習項目とし、温度センサやディスプレイなどシミュレーションでも理解できるものを選んでいく。

表 4-2 2021 年度の実習割り付け

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C 班	G	A1	S2	A3	S4	A5	S6	S7	ソフト実習						
D 班		S2	A1	S4	A3	S6	A5	S7							
E 班		A1	S2	A3	S4	A5	S6	S7							
A 班		ソフト実習							A1	S2	A3	S4	A5	S6	S7
B 班									S2	A1	S4	A3	S6	A5	S7

表 4-3 2021 年度電子回路実習での学習項目

		デバイス	測定器
A1	抵抗回路	ブレッドボード、抵抗、可変抵抗、スイッチ	マルチメータ (抵抗計、直流電圧計、電流計)
A2	出力回路	LED、セグメントディスプレイ、DC モータ	回転計
A3	交流回路	圧電ブザー、ダイオード	任意波形発生器、オシロスコープ、交流電圧計
A4	PWM 回路	オペアンプ、IC	
D1	組み合わせ回路	論理 IC (NOT、AND、OR、XOR)	
D2	順序回路	FF-IC (JK-FF、D-FF)	

#### 4.2. 2021 年度の電子回路実習

履修者 102 名 (うち再履修者 16 名) を A、B、C、D 班 21、22 名、E 班 16 名に分け、5 名の教員で講義を行った。2021 年度は、前述のシミュレーション実数による予習効果の検証も兼ね、電子回路実習においてもシミュレータを活用し、同じ回路の実験をシミュレータと実機の両方を行い、反復した実習スケジュールとした。表 4-4 に示す様に、アナログ回路 4 回 (抵抗回路、モータの回転、LED による整流回路、オペアンプによる比較回路)、デジタル回路 2 回 (組み合わせ回路、順序回路) の 6 回をシミュレーション実習と実機実験の 2 回づつ実施した (再履修の学生は、進度や知識の差があることから、別のグループとした)。

表 4-4. 2021 年度電子回路実習の講義内容

		①	ガイダンス	レポートの書き方、シミュレータの使い方
アナログ	A1	②③	抵抗回路	抵抗の直列・並列回路、分圧・分流回路
	A2	④⑤	出力回路	発光回路、ディスプレイ回路、モータ回路
	A3	⑥⑦	交流回路	ダイオードの整流回路
	A4	⑧⑨	PWM 回路	比較回路、AD 変換器、PWM、発振回路
デジタル	D1	⑩⑪	組み合わせ回路	半加算器、全加算器、マルチプレクサ
	D2	⑫⑬	順序回路	フリップフロップ、カウンタ

実験項目は大きく 4 つとした。そのため、学生になじみの薄く、理解が難しいコンデンサの過渡応答や周波数フィルタなどの実験は削減した。デジタル回路も 2 回は、シミュレーションを先行させ、実験を後にした。

シミュレータで用意されている部品型番に合わせて、実機実習のデバイスを用意し、できる限り同じ実装配線となるようにした。マルチメータやオシロスコープなどは、実機とシミュレータでは、多少使い方が異なるものの、機能としては同じである。シミュレーションと実機実習で同じような実験を 2 回行うことで測定器の使い方に慣れることができた。電流測定では、シミュレータでわざと短絡させて、測定器が故障することを体感させ、実機実習でのミスを減らすようにした。

### 4.3. 個別内容の工夫点

#### 4.3.1. スチューデントアシスタント(以下、SA)によるデモンストレーション

電子回路実習は内容が基礎的・初歩的であるが故に無味乾燥な実習課題になることは否めない。そこで、いくつかの実習項目で、実習冒頭にデモンストレーションを実施した。SA が、これから行う実習課題の延長線上にある、より現実的で魅力的なアプリケーションの実装を披露し、その動作をデモンストレーションした。家電や情報家電など普段利用しているものの原理となっていることがわかるように解説した。具体的な実習課題とデモンストレーションアイテム、その狙いの対応を表 4-5 に示す。

表 4-5 実習する回路を用いたデモンストレーション

	実習課題	デモンストレーションアイテム	狙い
1	抵抗回路		
2	出力回路	白色 LED、振動モータ	日常生活で触れる LED シーリングライトの調光やスマートフォンのバイブレーション機能を実体験する
3	交流回路	LED 電球  振動モータ	照明に使われている LED の明るさが電流によって変化することを体感する。 スマートフォンのバイブレーションが振動モータによるものであり、電流により振動が変化することを体感する。
4	PWM 回路		
1	組み合わせ回路	ディスクリット IC 版 4bit 全加算器、FPGA 版 4bit 全加算器	多 bit 演算の回路規模を実体験し、その限界を実感するとともに、FPGA 化の可能性を理解する
2	順序回路	メロディ演奏	簡単な電子回路実装で、身近なゲームメロディ・効果音を実現できることを実体験する

### 4.3.2. 物理量の測定

情報機器の出力装置は、ディスプレイやスピーカーであり、光、音という物理量を映像や音声という形で出力するものである。また、スマートフォンやウェアブル端末でも、光や音をセンシングすることでユーザや環境の状況を把握するものである。このように情報機器を入出力の基本物理量である光、音などを情報に変換する仕組みを理解させることを目的に、光や音など体感できる実験要素を入れた。

センシングする物理量として、熱、速度、光量を想定する。これらは日常生活に根差した馴染み深い物理量である。熱や速度についてはその物理単位(°C, キロメートル毎時)も日常的に使われることから、想起しやすく、定量値についても、例えば0°Cであれば冷たいと感じ、50°Cであれば熱いと感じ、200°Cであれば危険と察知できるように、直感的な理解が及びやすい。動体の速度についても自動車の速度と比較・推察する、一般的な球技での球体の速度との比較から推察するなど、定量値の吟味において、これまでの経験の多少をあまり問わない物理量である。温度のセンシング実習は、実験で温度を変える設備の準備が大変であることから、シミュレータを用いた。センサ上の温度バーを動かすことで環境温度を変えられ、そのときの出力電圧変化により温度に変換することができる。モータの回転数は、回転計を用いた実験を行った。目視で見た回転の速さを測定できることを体感させた。

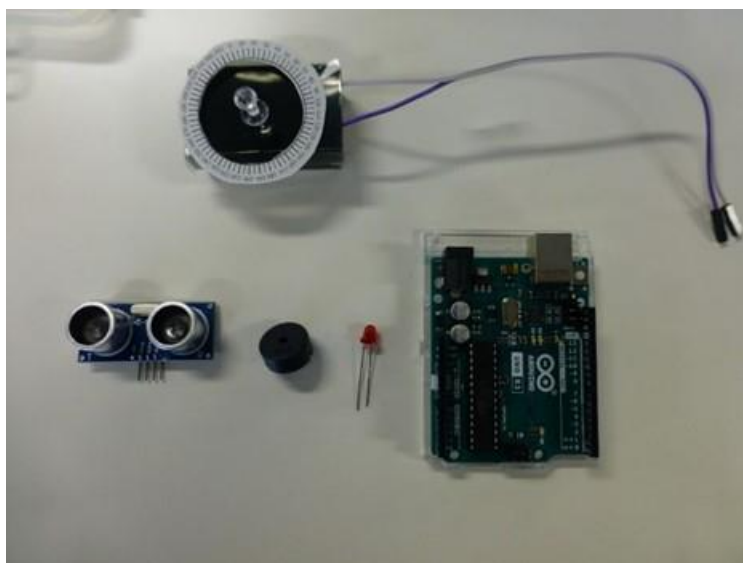


図 4-1 システムデザイン P でのマイコンとセンサ

一方で、光量については視覚情報として非常に直感的でありながら、多くの学生においてその定量化(ルクス、カンデラ等)についてはほとんど経験がない物理量であろう。理解しやすい物理量とそうでない物理量を共に取り扱うことで、直感による数値の吟味の限界を実体験させ、その理解を促すことが出来る。

図 4-1 に実習で使ったセンサとマイコンを示す。図の上部が作成した治具である。この治具は、光センサを箱に入れて、2枚の偏光板を使って光量を調整するものである。偏光板の

向きにより光の明暗を連続的に変えることができる。センサボックスは個体あたりの平均単価が 500 円以下と安価である。このことにより、対象学生 1 人に 1 つの割合で支給することが出来、個の能力開発に直結することが出来る。

#### 4.3.3. ジャンパ配線

学生は回路図から回路を実装するのが不得意である。実験で用いているジャンパ線が比較的長いので、結線の間隔を追うのが難しくなると推測される。そこで、長さの異なるジャンパ線を用いて、直線状に回路結線を行えるようにした。図は全波整流回路の例である。ダイオードを 4 つブリッジ状に配線実装する。右が従来のジャンパ線を使った実装配線である。ジャンパの余長により結線状態が見づらい。図 4-2 左が、直線状のジャンパ線を使った配線例である。

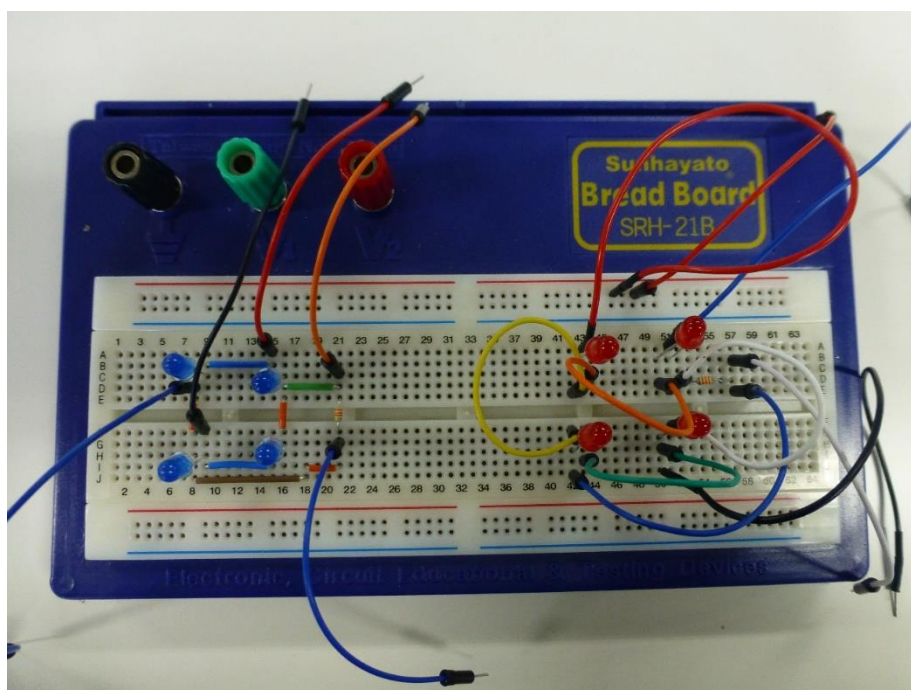


図 4-2 全波整流回路の実装例

#### 4.4. 2021 年度での実施効果と今後の改善点

2. 2 節で述べたシミュレーション実習が実機実習に対する予習として効果的に機能する可能性については、一定の検証結果を得たものと判断している。2020 年度の電子回路実習では、実習課題によっては多くの学生が実習時間内に実習を終えることが出来ず、補習・再実験となったが、2021 年度ではその割合が減少した。成功イメージと実験手順を事前に把握していたためだと思われる。手際よく実習を進めることに一定の効果があることは認められたと判断できる。一方で、レポート内容を見る限り、理解が促進されたとは言い切れない。シミュレーションと実機の違いを明確に認識している学生は稀であった。寧ろシミュレーション実習の手順を忠実にトレースすることに意識が集中し、実機実習の意義を理解

しないまま作業を進め、ジャンパ線不良などの実機実習ならではの不測の事態に対応できないことが多かった。情報ハードウェア実習における学生の理解促進については、別視点で更なる検討が必要であろう。

また、シミュレーション実習では容易に物理量を測定できるが、実機実習では測定器の取り扱いを理解していないと実習が進まないことも理解促進不足の一員である。誤った位置に電流計を挿入した場合、シミュレーション実習ではエラーになるだけだが、実機実習では電流計のヒューズが破断するだけでなく、場合によっては他の回路素子の故障にもつながり、トラブルシューティングで実習時間を圧迫することになる。これを防ぐためには実機実習で起こり得るトラブルを事前に認識した上でのシミュレーション実習が不可欠である。しかしながら2年生の電子回路実習のように実機実習経験が浅い時点は、期待は出来ない。シミュレーション実習と実機実習のバランスと順序・タイミングにも更なる検討が必要であろう。

## 5. まとめ

IoTシステムが普及し、ハードや物理を制御する情報処理技術が必要とされている。一方で、情報家電がブラックボックス化し、日常生活で電気回路の機能を実感することがないため、学生のハード実験に対するモチベーションが低く、測定器の使い方や配線実装等のスキルが低い。このギャップを解消するため、電気回路実習とSDPという二つのハード系実習を実施している。

実習は設備の制約を受けるため、グループで測定器等を共有するなど学生が十分に時間を取ることができない。コロナ感染対策として取り入れたシミュレータは、この設備のボトルネックを解消することが可能となる。本稿は、2019年度から2021年度にわたる実習構成の変遷を示している。個々のスキルアップを図るため、実機実習と趣味レーション実習を交互に組み合わせる方法で実習によるスキルアップが図れることを紹介した。

学生の実習のモチベーションを高めるためには、単に機能を測定するだけではなく、どのように実用・商用化されている機能なのかを示すことが大事である。普段使用している情報家電が電気により物理を制御していることを体感させることを実習に盛り込んだ。

## 文献

- [1] “新型コロナのインパクトを受け、大学教員は何をすべきか、何をしたいかについて知恵と情報を共有するグループ運営者” Facebook
- [2] 神崎康宏、“Arduinoで計る、測る、量る”，CQ出版社
- [3] <https://www.arduino.cc>
- [4] <https://www.inkercad.com>
- [5] <https://www.ebook5.net>