

# 実験スキル評価シートを利用した電気情報工学実験の改善 その1. 電子回路実験

白濱正尋<sup>1</sup>

## Improvement of Experiments for Electrical and Computer Engineering using Experiment Skill Sheet Part 1. Electronic Circuits Experiments

Masahiro SHIRAHAMA<sup>1</sup>

(Accepted October 1, 2019)

**Abstract** National Institute of Technology has launched a project which developed the evaluation indicator of experiments. We evaluate a student's *Experiment Skill* (ES) using an *Experiment Skill Sheet* (ES Sheet). This project is called the *Experiment Skill Project* (ES Project). The ES Project proposed a model experimental textbook and the evaluation indicator for an experiment in each Engineering Course. Our Department of Electrical and Computer Engineering (DECE) has cooperated with the ES Project of an Electric and Electronic system. 1st, we wrote the experimental textbook and the evaluation indicator of the ES Sheet about 2 experiments in the ES Project. 2nd, this method was put into effect in 6 experiments of our DECE. I rewrote the textbook and wrote the ES Sheet for our 6 experiments. 3rd, I estimated the student's experiment skill using the ES Sheet of our experiments.

Therefore, this paper reports 1) two themes of experiments in the ES Project, 2) improvement of 6 experiments in our DECE, and 3) the value using these ES Sheets.

**Keywords** [Experiment, Skill, Evaluation, Model core curriculum, Electronic circuits]

### 1 序論

国立高等専門学校（以下、高専と略す。）機構の教育改革推進本部は、プロジェクト（以下、実験スキルPJと略す。）「専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」を始動させた。この目的は、モデルコアカリキュラム<sup>1)</sup> (MCC ; Model Core Curriculum、以下 MCC と略す。)に記載されている、技術者が備えるべき「専門分野別の専門的能力の実質化」に示めされている工学実験・実習能力の到達目標を達成することにある。そして、平成30年(2018年)に、到達レベルに応じたモデル実験書<sup>注1)</sup>と、評価指標の策定方法を報告した<sup>2,3)</sup>。

このモデルコアカリキュラム(MCC)<sup>1)</sup>は、国立高専のすべての学生に到達させることを目標とする最低限の能力水準・修得内容である「コア(基礎的

小能力基準、ミニマムスタンダード)」と、高専教育のより一層の高度化を図るための指針「モデル」を提示したものである。この「コア」では、「数学」「自然科学」「人文社会学」「工学基礎」といった技術者が共通で備えるべき基礎的能力の到達目標と、「実験・実習」を含む専門分野別能力の到達目標が明示されている。以上のことについては、まず、モデルコアカリキュラム(試案)<sup>1)</sup>が公表された。現在、試案の内容が一部見直され、モデルコアカリキュラム改訂版<sup>4)</sup>が公表されている。一方、「モデル」では、「汎用的技能」や「態度・志向性(人間力)」「総合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者が備えるべき分野横断的能力の到達目標が明示されている。この「モデル」については、別のプロジェクト「分野横断的能力に関するアセスメント評価モデルの構築」が実施されている。そして、平成30年

表 1 実験系共通ルーブリック 2.5)

レベル(Lv)	Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5	Lv6
対象	工学実験・実習			卒業研究・PBL	特別研究	教員
計画と実施	教員等の助言を受けながら、予め用意された手順書に基づいて実験を施できる	予め用意された手順書に基づいて、自ら実験を実施できる	基本的な実験について自ら実験を実施できる	問題解決のために必要な実験に気づき、実験を実施できる	問題解決に適切な実験方法を選択・実施できる	必要な実験計画や分析結果の妥当性を評価して実験計画等を再構築できる
機器・器具の準備と操作	指示された実験機器・具を教員やTAの指示に従い正しく使用できる	指示された実験機器・器具を操作マニュアルに従って正しく使用できる	必要な実験機器・器具を準備し、基本的な操作ができる	機能や適用範囲に応じて実験機器・具を自ら選択し、正しく操作ができる	←左 Lv4 に同動作原理も理解している。	←左 Lv4 に同学生に機器・器具の説明ができ、動作原理も理解している。
結果・分析・考察	予め用意された形式で結果のまとめ・分析・考察ができる	指示に従って結果をまとめ・分析・考察ができる	指示に従って結果をまとめ、自ら分析・考察ができる	得られた結果から論理的に分析・考察ができる	複数の側面から論理的に分析・考察ができる	考察の妥協性を評価できる

表 2 電気電子系分野の実験テーマ  
(a)MCC 到達目標と実験テーマとの対応

学習内容	到達目標要目	実験テーマNo.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
計測技術	測定が実践できる。	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	R、Zの測定が実践できる。	○		○			○				
	オシロスコープにより波形観測が実践できる。				○	○	○				
	安全に実験する。	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
電気回路	キルヒホッフ		○								
	分圧・分流	○									
	ブリッジの平衡	○		○							
	重ねの理	○	○								
	インピーダンスZの周波数特性						○	○			
電子回路	共振					○					
	ダイオード								○		
	トランジスタ									○	
	増幅回路										○
	論理回路										○
	デジタルIC										○

(b) テーマ No.とテーマ名

No.	テーマ名
1	電圧電流抵抗の測定
2	キルヒホッフの法則
3	ホイットストーンブリッジ
4	オシロスコープ
5	RLC回路
6	インピーダンス(Lv1,2:RLCの単素子、Lv3:RCおよびRL直列回路)
7	交流電力の測定
8	半導体素子
9	増幅回路
10	論理回路

表 3 情報系分野の実験テーマ  
(a)MCC 到達目標と実験テーマとの対応

学習内容	到達目標要目	実験テーマNo.					
		1_1	1_2	2_1	2_2	3_1	3_2
1 プログラミング基礎実習	ソースプログラム			○	○		
	フローチャート			○	○		
	ロードモジュールに変換			○	○		
	アルゴリズム			○	○		
2 論理回路設計実習	ソフトウェア開発、動作確認			○	○		
	基礎的論理回路						○
3 開発環境構築実習	電気電子測定					○	○
	組み合わせ論理回路、順序回路						○
4 アプリケーションの設計と作成	開発環境が構築できる	○	○				
	ソフトウェア(アプリケーション)	○	○				
	要求仕様に従ってプログラムを設計し、適切な実行結果を得ることができる。						○

(b) テーマ No.とテーマ名

No.	学習内容	テーマ名
1_1	3 開発環境構築	Linux開発環境の構築
1_2		タブレット用アプリ作成の環境開発
2_1	1 プログラミング基礎実習	2次方程式の解の計算
2_2		連立1次方程式の解の計算
3_1	2 基礎的な電気電子回路実験	基礎電気電子回路実験
3_2		キルヒホッフ則と抵抗の直並列
4	1, 2 マイコンによるハードウェア制御	ADC, DAC, LED点灯制御、7セグLED, キャラクタLCD
5	2 論理回路設計実習	論理回路設計実習
6	4 アプリ設計と製作	タブレット用アプリ作成の基礎

(2018年)に、合同シンポジウムも行われた。その結果は、報告書にある<sup>3)</sup>。

実験スキルPJ「専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」が開始された時、都城高専(以下、本校)の電気情報工学科(以下、本学科)は、連携校として加わった。その成果は、シンポジウム<sup>3)</sup>で報告された。このプロジェクトの中で、本学科は、電気・電子系分野の電気回路実験(2テーマ)において、モデル実験書の作成、その実験の評価指標である実験スキル評価シートの作成に携わった。その後、本著者は、本学科担当の電子回路学生実験に、この方法を適用し、実施し、評価した。

以上、本論文は、1) 実験スキルPJにおける著者担当実験テーマと、2) 本学科電子回路実験書の改訂、3) 実験スキル評価シートの作成、4) 実験スキル評価シートの実施結果について報告する。

## 2 専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発プロジェクト(実験スキルPJ)

### 2.1 概略

専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発プロジェクト(実験スキルPJ)は、函館高専らの進めた大学間連携共同推進事業<sup>5)</sup>「専門分野別到達目標に対するラーニングアウトカム<sup>注2)</sup>評価による質保証」をもとに開発し、展開されてきた。その連携事業で、初めて提案された「実験・実習スキル系ルーブリック<sup>2,5)</sup>」(実験系共通ルーブリック)を表1に示す。ここで、著者が、太枠内を付け加えている。本実験スキルPJは、表1の到達レベル1-3(Lv1-Lv3)の工学実験・実習を対象に実施した。

そして、実験スキルPJを実施した高専は、旭川高専を拠点校とし、函館、仙台、鶴岡、小山、木更津、長岡、久留米、都城高専の計9高専である。この9高専が連携して、実験スキルPJの開発、実践を行った。各校の担当者は、MCCに記載の7分野に分かれ、分野別リーダーを中心に実践を行った。本学科が協力した電気・電子系分野では、鈴木氏(小山高専)をリーダーとし、7高専でプロジェクトを実施した<sup>3)</sup>。

この実験スキルPJの成果は、報告書<sup>3)</sup>にある。

### 2.2 著者担当実験テーマの実験書の作成

電気電子系分野実験テーマを表2に示す。参考のため、情報系分野の実験テーマも表3に示す。そして、表2(a)にMCCと対応させた。その実験12テ

ーマを表2(b)に示す。本著者は、電気・電子系分野の電気回路実験の2テーマを担当した。その実験テーマは、1) インピーダンスの測定(テーマNo.6)、2) 交流電力(テーマNo.7)である。次に、到達レベル(Lv1-Lv3)ごとの「全分野共通の実験書作成のための指針」のもと、担当実験テーマの実験書を作成した。以下に、その指針<sup>3)</sup>を抜き出して、箇条書きで示す。重要項目には下線が引かれる。

#### ● 到達レベル1の実験書作成について

##### レベル1(Lv1)

##### 計画と実施

教員等の助言を受けながら、予め用意された手順書に基づいて実験を実施できる。

##### 機器・器具の準備と操作

指示された実験機器・器具を教員やTAの指示に従い正しく使用できる。

##### 結果・分析・考察

予め用意された形式で結果のまとめ・分析・考察ができる。

・原則として、学生が実施する部分の文書は、かっこ抜きや空欄、表を埋める形式で作成する。

・実験方法、機器の使用方法は詳細に記述する。

・実験手順を予め記述する。

・結果を記述するための表、空欄または形式を用意する。

・分析、考察するための方法または手順等を記述する。

・補足: 実験結果や分析、考察をするために誘導する形でかっこ抜きや文書の量を指定した枠(例えば50字以内)を作ることもよい。

#### ● 到達レベル2の実験書作成について

##### レベル2(Lv2)

##### 計画と実施

予め用意された手順書に基づいて、自ら実験を実施できる

##### 機器・器具の準備と操作

指示された実験機器・器具を操作マニュアルに従って正しく使用できる

##### 結果・分析・考察

指示に従って結果をまとめ・分析・考察ができる

・原則として、学生が実験書を見ながら実施できるように詳しく丁寧に作成する。

・実験方法、機器の使用方法は、詳細に記述する。

・実験手順を予め記述する。

・分析、考察するための方法を記述する。

・補足: 実験方法や機器の使用法、および実験手順は、実際に使用する機器を図示するなどし、指導者の助言がなくても実施できるよう工夫する。

表 4 インピーダンスの測定 (No.6) の評価スキルシート

分野名		電気電子分野		学年配当		2~3年		到達レベル		全体	
実験テーマ名		テーマ6. インピーダンス		到達レベル		全体					
項目	スキル	到達目標	レベル3相当		レベル2相当		レベル1相当		C	D	自己評価
			3A	3B	2A	2B	1A	1B			
計画と実施	インピーダンスの測定	インピーダンスを測定できる	自らインピーダンスを測定できる	教員等の若干の助言を受けて、自らインピーダンスを測定できる	実験手順に従って、インピーダンスを測定できる	教員等の若干の助言を受けて、実験手順に従って、インピーダンスを測定できる	実験書のかっこや空欄を埋めながら、インピーダンスを測定できる	教員等の助言を受けながら、実験書のかっこや空欄をうめるなどして、インピーダンスを測定できる	教員等の詳細な助言を受けながら、インピーダンスを測定できる	教員等の助言を受けても、インピーダンスを測定できない	
計画と実施	交流回路	実験回路図どおりに回路を作成できる	自ら回路を作成できる	教員等の若干の助言を受けて、自ら回路を作成できる	実験書の手順に従って、回路を作成できる	教員等の若干の助言を受けて、実験書の手順に従って、回路を作成できる	実験書のかっこや空欄を埋めながら、回路を作成できる	教員等の助言を受けながら、実験書のかっこや空欄をうめるなどして、回路を作成できる	教員等の詳細な助言を受けながら、回路を作成できる	教員等の助言を受けても、回路の作成もインピーダンスの測定もできない	
機器・器具の準備と操作	電流計、電圧計、電力計、力率計、周波数カウンタ、オシロスコープ	電流計、電圧計、電力計、力率計、周波数カウンタ、オシロスコープなど、必要な計測器を使って被測定物のインピーダンスを測定できる	自らデジタルマルチメータの必要性を理解し、自らインピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	教員等の若干の助言を受けて、デジタルマルチメータの必要性を理解し、自らインピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	実験書に記載された使用方法を適切に理解し、インピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	教員等の若干の助言を受けて、実験書に記載された使用方法を理解し、インピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	詳細に記述された使用方法を適切に理解し、インピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	教員等の助言を受けながら、詳細に記述された使用方法を理解し、インピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	教員等の詳細な助言を受けながら、インピーダンスの測定に必要な計測器を操作することができる	教員等の助言を受けても、インピーダンスの測定に必要な計測器を操作できない	
結果・分析・考察	インピーダンスの説明	実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	自ら考えて、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	教員等の若干の助言を受けて、自ら考えて、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	記述された方法に則って、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	教員等の若干の助言を受けて、記述された方法に則って、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	詳細に記述された方法や手順に基づき、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	教員等の助言を受けながら、詳細に記述された方法や手順に基づき、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	教員等の詳細な助言を受けながら、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できる	教員等の助言を受けても、実験結果から被測定物のインピーダンスを説明できない	

A: 「優」相当、B: 「良」相当、C: 「可」相当、D: 「不可」相当

表 5 交流電力の測定 (No.7) の実験スキル評価シート

分野名		電気電子分野		学年配当		2~3年		到達レベル		1~3	
実験テーマ名		テーマ7. 交流電力		到達レベル		1~3					
項目	スキル	到達目標	レベル3相当		レベル2相当		レベル1相当		C	D	自己評価
			3A	3B	2A	2B	1A	1B			
計画と実施	交流回路	回路図どおりに実験回路を作成し、電力を測定できる	自ら実験回路を作成し、電力を測定できる	教員等の若干の助言を受けて、実験回路を作成し、電力を測定できる	実験書に従って、実験回路を作成し、電力を測定できる	教員等の若干の助言を受けて、実験書に従って実験回路を作成し、電力を測定できる	実験書に従って実験回路を作成し、かっこや空欄を埋めながら電力を測定できる	教員等の助言を受けながら、実験書に従って実験回路を作成し、かっこや空欄をうめるなどして電力を測定できる	教員等の詳細な助言を受けながら、実験回路を作成し、電力を測定できる	教員等の助言を受けても、実験回路の作成も電力の測定もできない	
機器・器具の準備と操作	電力計	電力計を正しく操作することができる	自ら電力計を操作することができる	教員等の若干の助言を受けて、自ら電力計を操作することができる	使用方法を適切に理解し、電力計を操作することができる	教員等の若干の助言を受けて、実験書に記載された使用方法を理解し、電力計を操作することができる	詳細に記述された使用方法を適切に理解し、電力計を操作することができる	教員等の助言を受けながら、詳細に記述された使用方法を理解し、電力計を操作することができる	教員等の詳細な助言を受けながら、電力計を操作することができる	教員等の助言を受けても、電力計を操作できない	
結果・分析・考察	交流電力	他の実験結果と合わせて、力率、無効電力、皮相電力を求められることができる	自ら考えて、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	教員等の若干の助言を受けて、自ら考えて、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	実験書に記載された方法に則って、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	教員等の若干の助言を受けて、実験書に記載された方法に則って、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	詳細に記述された方法や手順に基づき、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	教員等の助言を受けながら、詳細に記述された方法や手順に基づき、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	教員等の詳細な助言を受けながら、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができる	教員等の助言を受けても、他の実験結果と合わせて力率、無効電力、皮相電力等を求めることができない	

評価基準 A: 「優」相当、B: 「良」相当、C: 「可」相当、D: 「不可」相当

● 到達レベル3の実験書作成について

<p><b>レベル3 (Lv3)</b></p> <p><b>計画と実施</b> 基本的な実験について自ら実験を実施できる</p> <p><b>機器・器具の準備と操作</b> 自ら必要な実験機器・器具を準備し、基本的な操作ができる</p> <p><b>結果・分析・考察</b> 指示に従って結果をまとめ、自ら分析・考察ができる</p>
---

- ・原則として、学生が自ら実施できるよう作成する。
- ・実験方法、機器の使用方法は、マニュアルを別途用意するなどして基本的な操作ができるようにする。
- ・実験手順については、指示を出すのみで詳細に記述しない。
- ・分析、考察については、指示を出すのみで、学生自身で考えるよう促す。
- ・補足：実験書に参考文献を載せたり、実験室に常備しているマニュアルを見たり、JIS 準拠の試験方法手順書を別途用意するなど、学生が自ら実施できるよう工夫する。実験を通して得られた知見を学生自らが分析、考察し、文章で報告できるように工夫する。

次に、本著者が担当した2テーマについて説明する。以上の指針に従い、Lv ごとに実験書を作成した。

2.2.1 インピーダンスの測定

インピーダンスの測定 (Lv1) の実験目的を以下に示す。

- 1) R、C、L における電圧、電流の大きさと位相差を理解する。
  - 2) そして、インピーダンスについて理解を深める。
- 実験では、オシロスコープによる波形観測を中心として測定する。

Lv2 の目的を以下に示す。

- 1) C、L の周波数特性を理解する。
- 2) R、C、L における電圧、電流の大きさと位相差を理解する。

- 1) では、電子電圧計でより正確に電圧を測定する。
- 2) は、Lv1 と同様の内容である。

Lv 3 の目的を以下に示す。

- 1) RC 直列インピーダンスの周波数特性とベクトル図を理解する。
- 2) RL 直列インピーダンスの周波数特性とベクトル図を理解する。

ここで、実験測定の注意として、オシロスコープによる波形観測では、2ch を用い電圧を測定のため、プローブのグランド共通とすることが重要である。以上、Lv ごとに作成した実験書は、参考文献<sup>3)</sup>にある。

2.2.2 交流電力

交流電力の実験の目的を以下に示す。

- 1) 電流、電圧、電力の電気諸量の測定が実践できる。
- 2) 交流電力について理解を深める。
- 3) アナログ電力計の使い方と、力率、無効電力、皮相電力の求め方を学ぶことである。

以上、Lv ごとに作成した実験書は、参考文献<sup>3)</sup>にある。

2.3 実験スキル評価シートの作成

先の 2.2 中の Lv ごとにおける指針のもとで作成した各テーマ実験書の作成と同時に、その実験の評価指標である実験評価スキルシートを作成した。

本著者が担当した2テーマ、インピーダンスの測定と、交流電力の評価スキルシートを、それぞれ表4、表5に示す。2テーマのLv ごとにおける作成した実験スキルシートは、参考文献<sup>3)</sup>にある。

表6 4年電子回路実験テーマ  
(a) MCC 到達目標と実験テーマとの対応

学習内容	到達目標要目	実験テーマNo.					
		1	2	3	4	5	6
計測技術	測定が実践できる。	○	○	○	○	○	○
	R、Z の測定が実践できる。	○	○			○	
	オシロスコープにより波形観測が実践できる。				○	○	○
	安全に実験する。	○	○	○	○	○	○
電気回路	キルヒホッフ		○				
	分圧・分流			○			
	ブリッジの平衡						
	重ねの理	○	○				
	インピーダンスZの周波数特性				○	○	
電子回路	ダイオード						○
	トランジスタ	○	○				○
	増幅回路		○	○	○	○	○
	論理回路						○
	デジタルIC						○

(b) テーマ No.とテーマ名

No.	テーマ名
1	トランジスタのhパラメータ
2	トランジスタを用いた増幅回路
3	演算増幅器 (オペアンプ) の基礎特性
4	オペアンプを用いた発振回路の作製
5	アクティブフィルタ回路の作製とシミュレーション解析
6	V-F/F-Vコンバータの作製

表7 実験テーマ (No.5) AF 回路実験の実験スキル評価シート

分野名		電子回路		学年 4年			
実験テーマ名		後期テーマ9アクティブフィルタ(AF)回路の特性解析と実験-シミュレーションによる交流動作解析-		4ENo. 名前			
項目	スキル	到達目標	A 優80点	B 良70点	C 可60点	D 不可59点以下	自己評価
計画と実施	入出力電圧測定、電圧波形測定、シミュレーション実験	・入出力電圧を電子電圧計により測定できる。そして、オシロスコープにより波形を測定できる。また、パソコンによりシミュレーションができる。	自ら入出力電圧を電子電圧計により測定できる。そして、オシロスコープにより波形を測定できる。また、パソコンによりシミュレーションができる。	教員等の若干の助言を受けて、入出力電圧を電子電圧計により測定できる。そして、オシロスコープにより波形を測定できる。また、パソコンによりシミュレーションができる。	教員等の詳細な助言を受けながら、入出力電圧を電子電圧計により測定できる。そして、オシロスコープにより波形を測定できる。また、パソコンによりシミュレーションができる。	教員等の助言を受けても、入出力電圧を電子電圧計により測定できない。また、オシロスコープにより波形を測定できない。そして、パソコンによりシミュレーションができない。	
計画と実施	AF回路、シミュレーションプログラム	・AF回路を作製できる。また、パソコンによりプログラムを実行できる。	自らAF回路を作製できる。また、パソコンによりプログラムを実行できる。	教員等の若干の助言を受けて、AF回路を作製できる。また、パソコンによりプログラムを実行できる。	教員等の詳細な助言を受けながら、AF回路を作製できる。また、パソコンによりプログラムを実行できる。	教員等の助言を受けても、AF回路を作製できない。また、パソコンによりプログラムを実行できない。	
機器・器具の準備と操作	直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコン	・直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコンを操作できる。	自ら直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコンを操作できる。	教員等の若干の助言を受けて、直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコンを操作できる。	教員等の詳細な助言を受けながら、直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコンを操作できる。	教員等の助言を受けても、直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコンを操作できない。	
結果・分析・考察	AF回路、利得(伝達関数)、シミュレーション	・AF回路、利得(伝達関数)、シミュレーション結果について説明できる。	自らAF回路、ループ利得、シミュレーション結果について説明できる。	教員等の若干の助言を受けて、自ら考えて、AF回路、ループ利得、シミュレーション結果について説明できる。	教員等の詳細な助言を受けながら、AF回路、ループ利得、シミュレーション結果について説明できる。	教員等の詳細な助言を受けても、AF回路、ループ利得、シミュレーション結果について説明できない。	

【評価水準】A=自ら考えてできる。B=教員、友人の若干の助言を受け、自らできる。C=詳細な説明を受け、指示を受けできる。D=できない。  
A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当

表8 実験スキル評価マークシート

後期9アクティブフィルタ (AF) 回路の特性解析と実験 4ENo. 氏名 H3Q

実験名(電気情報工学実験~電子回路編)

### <平成30年度 4E実験スキル評価シート>

【回答方法】1) 評価、回答欄の該当数字のある( )内を鉛筆または黒ペンで、しっかり塗りつぶしてください。(1つ)  
2) 実験への要望がある場合、Q7に記入してください。  
3) この結果の統計は学生に公開します。

【評価基準】A=自ら考えてできる。B=教員、友人の若干の助言を受け、自らできる。C=詳細な説明を受け、指示を受けできる。D=できない。

( 4 ) 学年 ( E ) 学科 実験テーマ名(後期9アクティブフィルタ(AF)回路の特性解析と実験-シミュレーションによる交流動作解析-)

テーマ	NO	スキルS 到達目標	評価、回答欄 優 良 可 不可
12	S1 目標	入出力電圧測定、電圧波形測定、シミュレーション実験 電子電圧計により入出力電圧(利得)を測定できる。 オシロスコープにより波形を測定できる。パソコンによりシミュレーションができる。	( A ) ( B ) ( C ) ( D )
	Q1	A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当	
	S2 目標	AF回路、シミュレーションプログラム AF回路を作製できる。パソコンによりプログラムを実行できる。	( A ) ( B ) ( C ) ( D )
	Q2	A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当	
12	S3 目標	直流電源、マルチメータ、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコン 直流電源、マルチメータ(DC)、電子電圧計(AC)、オシロスコープ、パソコンを操作できる。	( A ) ( B ) ( C ) ( D )
	Q3	A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当	
12	S4 目標	AF回路、利得(伝達関数)、シミュレーション AF回路、利得(伝達関数)、シミュレーション結果について説明できる。	( A ) ( B ) ( C ) ( D )
	Q4	A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当	
他	Q5	このスキル評価シートは、この実験の理解を深めるために効果的でしたか。 ③ 非常に効果的 ④ 効果的 ⑤ 普通 ⑥ あまり効果的でない ⑦ 全く効果的でない	( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) ( 6 ) ( 7 )
	Q6	以上の評価を考慮に入れ、この実験を総合評価するとどうなりますか。 ⑥ 高く評価する ⑦ 評価する ⑧ まあまあである ⑨ あまり評価しない ⑩ 全く評価しない	( 6 ) ( 7 ) ( 8 ) ( 9 ) ( 10 )
	Q7	実験への要望、意見、その他を書け。	( 0 ) ( 0 ) ( 0 ) ( 0 ) ( 0 )

### 3 本学科での4年学生実験（電子回路）の改善

#### 3.1 概略

著者が担当する本校本学科の電子回路実験テーマを、表6(b)に示す。また、MCC到達目標と電子回路実験テーマの対応を表6(a)に示す。

電子回路実験テーマ(No.2)増幅回路の実験は、実験スキルPJの実験テーマ(No.9)増幅回路と一致している。このように、実験スキルPJの12テーマの中のテーマと、完全に一致するテーマはこの1つだけであった。しかしながら、他のテーマも、Lvの指針と比べると、これらの実験のレベルはLv3に相当する。よって、Lv3の指針に従い、電子回路実験の実験書、実験スキル評価シートの作成を行った。

#### 3.2 実験書とスキル評価シートの作成

H30年度は、実験評価スキルPJの実験書作成のための指針(レベル3)に沿って、実験書を大きく改訂した。これは、H30年度版テキストとして製版されている<sup>6)</sup>。

次に、作成した実験スキル評価シートの例を表7に示す。これは、先の実験スキルPJで提案された実験スキル評価シート表4、表5では、表が煩雑過ぎ、字が小さく、学生にはわかりにくい。そこで、学生にはレベルはあえて表示しなかった。これは、レベル123と、ABCD評価、54321評価と混乱するのを避けるためである。

そして、作成した実験スキル評価マークシートの例を表8に示す。このマークシートは、本校の授業評価アンケートを改良し、使用した。このマークシートにより、到達目標の明確化、評価結果の集計時間の改善となる。

到達目標の評価(Q1)～(Q4)においては、評価A～Dで自己評価する。評価の基準として、A「優」80点相当 B「良」70点相当 C「可」60点相当 D「不可」59点以下相当である。本校の評価と一致させた。本校学生便覧<sup>7)</sup>の学業成績の評価基準を表9に示す。左側の点数、評語、評点に対して、右に、実験スキルを自己評価するための、スキル評価、評価基準を対応させた。

また、新たな質問も加えた。付け加えた新たな質問(Q5)～(Q7)は、以下の通りである。

Q5) このスキル評価シートは、この実験の理解を深めるために効果的でしたか。

Q6) 以上の(Q1)～(Q2)実験スキル評価を考慮に入れ、この実験の到達目標に対する到達度を、総合的に自

己評価するとどうなりますか。

Q7) 実験への要望、意見、その他を書け。

この(Q5)、(Q6)は、5段階評価5～1で評価する。評点5「優」80点相当、4「良」70点相当、3「可」60点相当、2「不可」59点以下相当、1「不可」29点以下相当である。これは、先の学業成績の評価基準の表9にある。

学生は、実験終了後、実験スキル評価シートで自己評価をA～Dで、自己評価欄に記入する。このシートは、自分で保存する。それと合わせて、マークシートに、A～D、5～1をマークする。そして、実験報告書と実験スキル評価マークシートを提出させる。

H30年度は、実験スキル評価シート、マークシートを配布した。この評価スキルシートを用い、評価を実施した。本論文では、H30年度の結果を次に述べる。H31年度版<sup>8)</sup>からは、実験スキル評価シートも実験書内に印刷した。現在H31年度(令和元年)も実施中であり、実験スキル評価マークシートのみを配布し、自己評価させ、提出させた。この結果は、来年度に報告予定である。

そして、H31年度(令和元年)は、電子回路実験に加え、通信工学実験を担当した。この通信工学実験においても、実験スキル評価シートを作成し、評価を実施した。この結果も、来年度に報告予定である。

表9 本校学生便覧の評価基準<sup>7)</sup>

学業成績の点数	評語	評点	スキル評価	評価基準
80点～100点	優	5	A	自ら考えられる
70点～79点	良	4	B	教員、互人の若干の指導を受け、自らできる
60点～69点	可	3	C	詳細な説明、指示を受けてできる。
30点～59点	不可	2	D	できない。
29点以下	不可	1		

#### 3.3 実験の進め方の改善

実験書、実験スキル評価シートの作成に加え、実験の進め方の改善も行った。まず、実験の事前説明では、学生に以下の4点を説明した。

- 1) 注意事項(安全第一)。
- 2) 実験の目的。
- 3) 実験スキル評価シート。
- 4) 各実験テーマにおける、特に注意する点、重要な要点。
- 5) 学習到達目標に対する到達度評価(実験成績)の決め方。

学科	学年	N <sub>o</sub>	テーマ名
電気情報工学科	4	1	hパラメータ

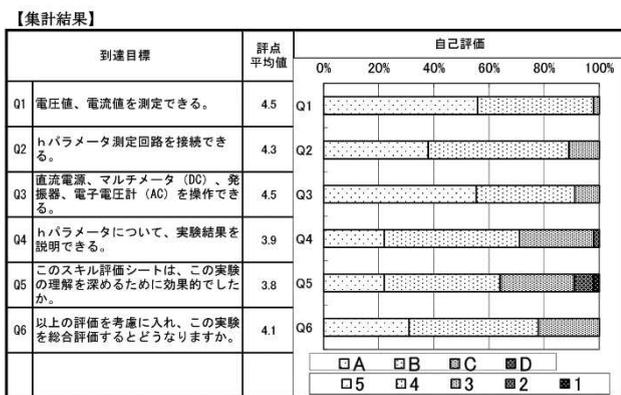


図1 実験テーマNo.1における  
実験スキル評価の集計結果

そして、実験方法として、以下の3点を改善した。

- 1) 実験テーマごとに実験テキスト (Leaning of Volunteer Experiment Textbook; LVE テキスト) を準備する。
- 2) 各実験のなかに予習の項を付け加えた。
- 3) 実験当日の説明、質疑応答を工夫した。

この1)では、注意事項を学生が書き込む、自発的に行うことができるようにする実験テキストを、実験テーマごとに準備する。そして、予め実験書をよく読むように指導する。

次に、2)では、各実験に、予習項目を付け加え、実験を行う際の参考になるとともに、実験終了後、データの取りまとめ、考察の際に、役に立つようにした。

さらに、3)では、実験最初の10分程度、前の班の学生が実験の説明を行う。そして、実験始め2時間程度は、学生が実験を行っている所を見守るだけにする。そして、学生の質問には詳しく回答せず、学生各々に考えさせるヒントのみを与えるようにした。

### 3.4 評価実践と考察

実験テーマ No.1「トランジスタのhパラメータ」について、実験スキル評価シートによる自己評価の集計結果を図1に示す。以下、各到達目標の評価について、結果を述べる。

Q1「電圧値、電流値が測定できるか」は、実験テーマ No.1について、「A 自らできる」が約55%、「B 指示を受け自らできる」が約40%となった。よって、約95%が、到達目標を自らできると評価した。その評点の平均値は4.5となった。

Q2「測定回路を接続できるか」、Q3「測定機器を操作できるか」は、約90%が到達目標を自らでき

学科	学年	テーマ名
電気情報工学科	4	総合

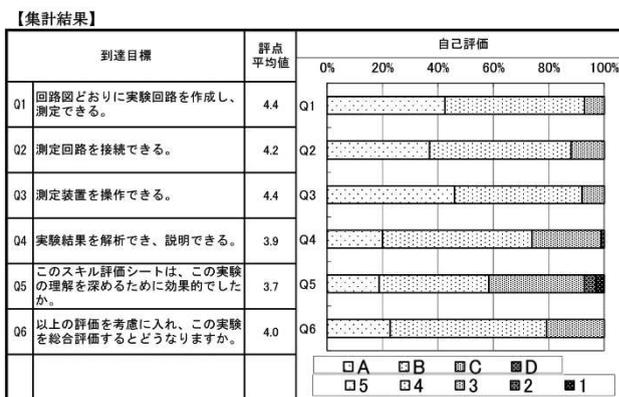


図2 全実験におけるスキル評価シート  
の総合集計結果

ると評価した。Q2) 評点平均値4.3、Q3) 評点平均値4.5であった。

Q4)「hパラメータについて実験結果を説明できるか」は、約70%が到達目標を自らできると評価した。評点平均値は3.9であった。

Q5)「このスキル評価シートが効果的であるか。」は、評点4以上が約60%となった。評点平均値は3.8となった。

Q6) 総合自己評価は、評点4以上が約80%となった。評点平均値4.1となった。

Q7)についてもいろいろな意見、感想が述べられた。ここでは、紙面の関係で割愛する。これについては、次回の論文で紹介したいと思う。

以上のように、実験テーマごとに、集計をとった。この結果により、実験スキルをどのように評価しているか、実験スキル評価シートが効果的であるかを知ることができる。

そして、全ての実験6テーマの実験スキル評価の集計をとった。その総合集計結果を図2に示す。その結果、各到達目標の評価について、Q1)~Q4)を総合すると、約80%の学生が到達目標を自らできると評価した。その評点の平均値は4.2となった。

Q5)「このスキル評価シートが効果的であるか。」では、評点4以上が約60%となった。その評点平均値は3.7となった。Q6)総合自己評価は、評点4以上が約80%となった。その評点平均値4.0となった。

次に、教員と学生の評価の比較を図3に示す。同図中左側に、教員評価を示す。この教員評価は、実験成績(点数評価)の平均値から、先の表9評価基準により、点数評価(100点満点)をスキル評価ABCDに対応させた。

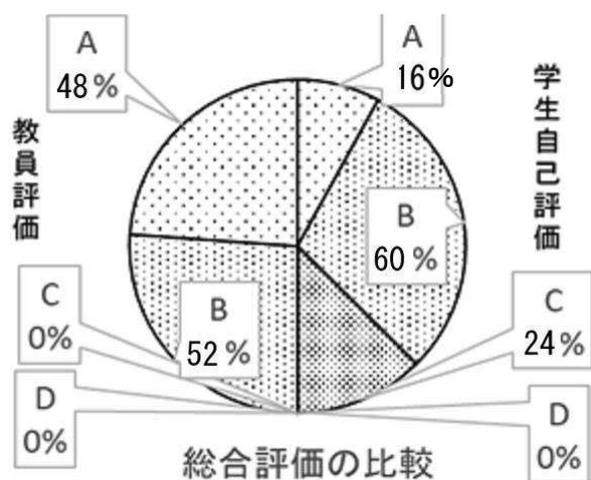


図3 教員と学生の評価の比較

その結果、A、B、C、Dの割合は、それぞれ、48%、52%、0%、0%となった。そして、同図中右側に、学生の自己評価を示す。これは、全実験6テーマの実験スキル評価(AからD)を集計した。そのA、B、C、Dの割合は、それぞれ、16%、60%、24%、0%となった。これより、学生は、教員より低く自己評価していることが分かる。しかし、教員は実験報告書から、実験到達目標に対する学生の到達度評価(実験成績)を決定している。これに対しては、今後検討する。

今度は、学生個人に対する点数評価(100点満点)とスキル評価(ABCD)の対応を調べた。まず、学生個々のQ1)~Q4)を点数化し、全ての実験の平均値をとって、点数評価(100点満点)した。これは、先の表9(評価基準)により、実験スキル評価(ABCD)を点数評価(100点満点)に対応させ、数値化した。その教員と学生の評価の点数比較を、図4に示す。

点数評価の比較では、大きく差が出た評価を以下に示す。

- ①の学生；学生評価 80.0 点、教員評価 70.0 点、
- ②の学生；学生評価 71.9 点、教員評価 86.3 点、
- ③の学生；学生評価 64.1 点、教員評価 70.0 点である。

①では、学生の自己評価に比べ、教員は低く評価している。②は、教員評価の最高得点である。先の総合評価と同様に、点数評価も、学生は、教員より低く自己評価していることが分かる。

次に、その点数比較を評価(ABCD)に換算し、総合評価し、集計した人数を表10に示す。教員と学生の評価が一致した割合は、51% (45名中23人)であった。ここでも、学生は、教員より低く自己評価している。この結果も、今年度(令和元年)の結

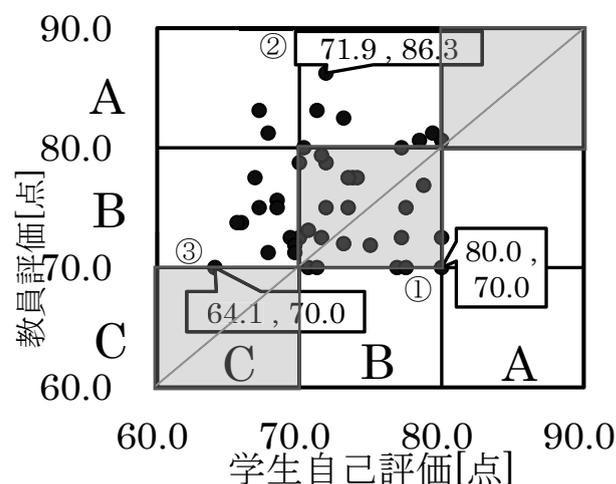


図4 教員と学生の評価の点数比較

表10 総合評価人数の比較

評価	評価	学生の自己評価			
		C	B	A	計[人]
教員 評価	A	2	7	1	10
	B	11	22	2	35
	C	0	0	0	0
	計[人]	13	29	3	45

果と年度比較するなどして、実験スキル評価シートの有効性を高めたい。

## 4 結論

### 4.1 実験スキルプロジェクト

本高专電気情報工学科は、実験スキルプロジェクト(実験スキルPJ)「専門分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」に連携校として加わった。その成果は、シンポジウム<sup>3)</sup>で報告された。その後、本著者は、電気・電子系分野の電気回路実験2テーマにおいて、実験書モデルの作成、その実験の評価指標である実験スキルシートの作成に協力した。本論文では、その2テーマについて説明した。

### 4.2 本学科の取り組み

実験スキルPJの方法を、本学科の著者担当電子回路実験に適用した。その評価結果では、教員と学生の実験スキル評価を比較した。その教員と学生との評価が一致した割合は、51%であった。そして、学生は、教員より低く自己評価していた。今後も、継

続的に、実験スキル評価シートを利用する。そして、年度経過の統計を調べ、さらに実験スキル評価シートの有効性を高めたい。

### 4.3 今後の方針

#### 4.3.1 実験スキルPJ

本校担当の電気回路実験2テーマについては、実験スキルPJ開始から3年かけ完成された。その実践は数回行った。さらに実施検証を行い、さらなる改善を行う。

他のテーマにおいても実践を行い、実験書の改訂、実験スキル評価シートの作成、改良を行う。

#### 4.3.2 本学科実験の改良

本学科では、2学年から5学年まで、84テーマの学生実験がある。電子回路実験以外のその他の実験テーマの実験書の改訂と、実験スキル評価シートの作成を行いたい。これは、各実験担当の本学科の先生方に協力を仰ぎたい。とくに、情報系実験について、本学科は情報系(実験スキルPJ)に参加していないので、実験スキルPJ情報系の報告を参考に実施する。

教員と学生の評価の比較では、教員の到達度評価(実験成績)の妥当性を、今後検討していく。また、点数評価(100点満点)と実験スキル評価(ABCD)、評点(54321)の評価基準の比較について、表9(評価基準)の検証を行っていく。

### 謝辞

まず、本高専本学科は、本実験スキルPJに、平成27年度から連携して協力している。平成27年担当御園勝秀先生、平成28年度担当野地英樹先生から引き継ぎました。野地先生には引き継ぎの時に大変お世話になりました。

次に、実験スキルPJ電気・電子系分野リーダー鈴木真ノ介先生(小山高専)には全てにわたり親切にご指導頂きました。実験書の校正には、藤原亮先生(函館高専)に大変お世話になりました。指導書作成時には、森田孝先生(函館高専)に有効なご助言を頂きました。

さらに、平成29年度に、本プロジェクトから共同研究費を配分していただいた。その経費で、実験装置として、デジタル電力計を購入した。

そして、実験スキル評価マークシートの集計には、本学科事務員の上村衆子様にお手伝いいただきました。

以上、ここに記して、感謝の意を表します。

### 注

- 1) 本学科では、慣例的に実験指導書と言っている。実験スキルPJでは、実験書と言う。本論文では、実験書という名称で統一した。
- 2) 学生に身につけさせる、学ぶべき到達目標。

### 参考文献

- 1) 高専機構改革推進本部：モデルコアカリキュラム(試案), [http://www.kosen-k.go.jp/documents/mcc\\_20171128.pdf](http://www.kosen-k.go.jp/documents/mcc_20171128.pdf)
- 2) 三井聡ら6名:「高専機構におけるモデルコアカリキュラムに対する質保証⑥—実験実習の評価指標の策定と評価実践—」,第64回年次大会,平成28年度工学教育研究講演会講演論文集,pp.446-447,2016
- 3) 高専機構改革推進本部プロジェクト(実験スキルプロジェクト):「分野別工学実験・実習能力および実質化に関する評価指標の開発」および「分野横断的能力に関するアセスメント評価モデルの構築」合同シンポジウム報告書,2018
- 4) 高専機構改革推進本部：モデルコアカリキュラム改訂版, [https://www.kosen-k.go.jp/about/profile/main\\_super\\_kosen.html](https://www.kosen-k.go.jp/about/profile/main_super_kosen.html)
- 5) 矢島ら6名:「高専機構のモデルコアカリキュラムに対する質保証④—組み込み技術に関する実験系スキルシートの開発—」,第62回年次大会、平成26年度工学教育研究講演会講演論文集,pp.296-297,2014
- 6) 白濱正尋,小森雅和,永野孝：4年電気情報工学実験指導書,2018
- 7) 本校学生便覧：第3章 学業成績の評価(評語および評点)第14条,pp.96-97,2019
- 8) 白濱正尋,小森雅和,永野孝：4年電気情報工学実験指導書,2019