

4章 岐阜高専におけるAL関連個別事例集

4. 総論：岐阜高専におけるAL関係個別事例集
研究主事 和田 清、 寮務主事 麻草 淳 p. 4-1

4. 1 授業参観週間等のAL授業実践報告集 p. 4-2

授業参観週間等の個別授業でのAL活用授業実践報告集

4. 2 各授業におけるAL展開事例やLMS上の学修支援教材コンテンツ集 p. 4-16

年間を通しての各授業でのALに関係した取組の事例やLMS等で展開中の学修支援コンテンツの紹介

岐阜高専で実施したALに関する事例集です。本校では教育AP推進室と連携して、実験系科目や専門科目でのALに加えて、平成26年度当初から**物理・化学・数学・応用物理・応用数学関係**の科目群について、後期からは**1年生**の科目群へとALの拡充を進めてきました。さらに平成27年度には、第3学年以下の低学年科目全体へALの活用を開始し、平成28年度には4.5年科目へもAL活用を拡充しました。平成29年度からには、教育課程全体でのAL活用の内容改善が進みつつあります。

また、全学年の教育課程科目へのLMS上の学修支援コンテンツ内容の拡充を開始し、推進してきました。現在はリテラシー活動や講演会参加など、国際交流や教育課程科目以外へのLMSの活用も推進されつつあります。

今年度も、前年度末のAPアンケートにて学生が好意的にとらえた授業を全クラス分可視化し、教職員のFD・SDとして、前期・後期の授業参観で活用しました。今年度の事例集は希望者からの事例紹介とし、各科へはキャリア教育やラーニングコモンズ等、学科独自の取り組みの紹介を依頼しました。

所からの電気回路系のコンテンツは、プログラムと数学活用を意識した事例紹介をICT活用により更に高度化し更新しました。岐阜高専のICT教育支援環境を用いたAL活用授業や学修支援コンテンツの事例として紹介しています。

4. 総論：岐阜高専における AL 関係個別事例集

和田 清^{※1}
Kiyoshi WADA

麻草 淳^{※2}
Atsushi MAGUSA

1. 本事例集の所在

本稿は本報告書の第4章の構成を明示するものである。

30年度は、6年間の本校教育 AP 事業の5年目にあたる。28年度には、双方向性電子黒板用プロジェクターとホワイトボードの設置、更に無線 LAN 環境が構築されるなど、5学年全クラスでの AL 環境改善工事が完了した。29年度には、各学科の要望を取り入れラーニングコモンズ環境の拡充を図り、学習支援環境がより充実することとなった。そして30年度は、教室、ラーニングコモンズでの ICT 活用教育の一層の充実や学習成果の可視化が推進された。

また、30年度も教育能力向上活動の一環として2回の授業参観週間が設置された。1回目は5月18日(金)から24日(木)、2回目は12月11日(火)から17日(月)に実施され、各教員は AL を取り入れた授業を積極的に行った。各教員には、それぞれの期間に1回以上の参観が義務づけられており、お互いの実践から学ぶ良い機会となった。

第4章は、上記環境や機会を利用した AL(Active Learning)の実施状況、AL 授業実施報告や各科目の AL 展開事例、ICT 活用教育、LMS コンテンツの一部を紹介するものである。

2. 構成

2-1. AL 授業実践報告集

4.1 は AL 手法を取り入れた授業の授業設計シートである。

2-2. 各科目の AL 展開事例や関係コンテンツ集

4.2 は、1回の授業設計シートに捉われず、開講期間を通じた授業での工夫や AL の活用、学修成果の可視化戦略や、LMS コンテンツを利用した授業、具体的な LMS コンテンツの紹介、専門5学科でのラーニングコモンズ活用事例の紹介である。

AP 事業として AL を推進する上で、学生の理解度に応じて、あるいは教科目をつなぐ部分の学修支援や補助コンテンツの開発と蓄積を目指し、30年度も本校の全学科において LMS への AL 用コンテンツの作成と集積が進められた。

^{※1} 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科

^{※2} 岐阜工業高等専門学校 一般自然科目

LMS 活用状況は年々活発になってきており、これら教材開発によって、様々なレベルにある学生の能力をそれぞれ向上させることが期待されている(第3章「本校の LMS 活用状況報告」参照)。

3. 今後の展開と課題

以上のように、第4章は30年度において本校で実施された AL の状況を報告するものである。教育 AP 事業の継続により、AL 授業の実施回数の増加、ならびに無線 LAN を利用した情報収集やグループ学習等に AL を積極的に活用し、自学自習等の習慣化や学びのプロセスを重視した視点が徐々に展開されている。また、AL 的な活動を支えるための空間づくりが、本校でも徐々に取り入れている。コモンスペースなどを活用し、利用形態に合わせて移動できる机や椅子、ディスカッションやプレゼンテーションを支える ICT 機器などを備え、授業以外の活動、「IT を活用した学生の主体的なグループによるプロジェクトマネジメント型学習」「異なる専門分野の学生グループが集まるコミュニティ」などを対象としている。

AL は、基本的に座学などの講義形式で情報や知識をインプットすることに並行して、それから発生する思考活動を促進させる方法である。学生の学習が最も効果的に行われるには、視覚的、聴覚的、身体的な学習活動を組み合わせられることが望ましく、そうした具体的な様々な方法で実践することが AL とも言い換えられる。最近、高等教育機関で導入が増加しているサービス・ラーニング (SL) は知識や情報を学生が実際の経験を通じてより具体化するという意味で、AL の一つである。

CBT (Community-Based Learning) は、経験を学習へと転化させる有効なプログラムである。コミュニティ活動に関わることによって、教室学習の補完だけでなく、思考活動が促進され、経験を熟考し、反省することで学習の深化へと繋がるというプロセスと学習サイクルが有機的になると考えられる。学生自分がコミュニティに関心を持ち、コミュニティが抱える課題に組み込み認識・分析して、社会の課題を解決する方向へと進むことができる。そのためには、教育目標とそれを遂行するプログラムの設計、学生の教育効果としての振り返りをいかに教員が支援できるかが不可欠である。

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 英語 A	通年・前期・後期	
実施授業の学年・学科： 3年 建築学科	実施日：平成 30 年 12 月 12 日（水曜日）	
実施時間： 限	教員名：	
アクティブラーニング授業のねらい： Eラーニング教材（ALC Net Academy Next! TOEIC テスト演習 I）を用い、各学生が授業内で自身の理解度を測り、それに合わせて自発的に学習活動を行う。 アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること； 授業スタイルに関する周知を徹底することで（シラバスに従い、年間を通し同様の授業を複数回実施）、「やり方」の説明を省き、学生らが自身の学習に十分な時間をかけることができるよう工夫している。 対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）； 1 月実施の TOEIC-IP 受験を想定しており、全体的な学習意識は高い。		
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など)； 高専学生にとって英語は苦手意識の高い科目といえるが、3 年生に限れば 1 月実施の TOEIC-IP が控えているため、先述の通り全体的な学習意識は高い。		

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (■:説明 ○:学習活動※:AL の山場 ※:チェックポイントの記号と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
13:00～ 14:00	60分	Eラーニング教材「TOEIC テスト演習」のハーブサイズ模試を解答	○TOEIC を想定したテスト形式のリスニング・リーディング教材の解答（実際の TOEIC の半分である 60 分で解答）	○
14:00～ 14:25	25分	先のテスト演習の結果をもとに不正解箇所を中心に解説を熟読、ノートにまとめる。 また、未知の単語・熟語についても同様にピククアアップ、辞書で意味を確認しノートにまとめる。	☆先のテスト演習の結果は学生ごとに異なるため、自身の苦手箇所を見極め、それを克服すべく自発的に学習活動に取り組み。なお、学生は解説を熟読しそれでも理解できない場合には教員に質問する。教員は適宜その質問に答える。	○
14:25～ 10:30	5分	多くの学生が不正解、理解困難だった箇所の解説、次回以降のスケジュール確認		

- 説明 — 講義で話す内容の概要
- 学習活動 — どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント — どうやろうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

なし	なし
----	----

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

<ul style="list-style-type: none"> ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？ できた。 ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと 特になし ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） なし 	<ul style="list-style-type: none"> ●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察： できた。 ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと 特になし ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） なし
--	--

●アクティブラーニング担当教員によるフシリテーションスキルのチェックリスト（指導力のふり返り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準		
	よい	ふつう	あまりよくない
① 学びの場づくり	○		
② 対人関係		○	
③ 構造化	○		
④ 合意形成	○		
⑤ 情報共有化	○		

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名：英語C	通年
実施授業の学年・学科：2年・電気情報工学科	実施日：平成30年12月5日（水曜日）
実施時間：1限	教員名：野々村咲子
アクティブラーニング授業のねらい： 英文法を自主的に理解する。自分で辞書を引いて単語の意味と発音を確認して使えるようにする。自分で英文の意味を理解する。演習問題を解く中で、文法項目を理解したうえで、自分で説明することができるようにする。ペアワークやグループワークによって、間違いを指摘したり、表現内容を補充したりして、より難解な英作文を完成させる。アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： まずは授業前の予習を徹底させ、教科書の設問に答えたうえで授業に臨むように指示し、授業の中で予習内容を確認できるようにしたこと。授業中に、自分で文法項目を説明できるように工夫したこと。授業内容の理解を徹底させるため、授業中に主な文法項目をペアワークやグループワークによって確認する。さらに次の授業時に小テストを行い、各自の理解を確認させたこと。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 教員の問いかけに対して、なるべく自発的に意見を言えるように工夫した。ペアワークやグループワークによって、個々の学生が自分で考えて発言する場ができた。多くの学生がはじめに取り組み、互いに教えあひながら学習できていた。小テストを毎回の授業で実施することにより、多くの学生が学習内容の復習を徹底して、理解を高めることができた。	
科目の特徴・特性（双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）： 文法項目の理解度により、小テストの出来にばらつきがある。毎回満点を取れる学生も多いが、予習の段階でつまづいている学生はもう少し簡単な問題からじっくり時間をかけて取り組み必要がある。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (■：説明 ○：学習活動 ☆：ALの山場 ※：チャックポイントの記号と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
9:00～ 9:15	15分	前回の学習内容についての小テスト	○学習活動 前回の授業の理解度の確認	○
9:15～ 10:00	45分	今回の授業での新しい文法項目の説明・演習問題の解説	■説明○学習活動 予習内容の確認 間違っていたところや理解不足のところは各自で確認	
10:00～ 10:20	20分	英作文の問題についてペアワーク・グループワーク	☆ALの山場 今回学習した内容について、ペアワークやグループワークによって、周りの学生と確認しあう。英作文の問題を解いてみて、互いの意見を交換し合う。	○

時間	分	学習内容	備考 (■：説明 ○：学習活動 ☆：ALの山場 ※：チャックポイントの記号と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
ま と め	10分 10:20～ 10:30	授業内容のまとめ	○学習活動 今回の授業内容を各自で理解できているか、参考書を参照しながら確認し、理解を徹底させる。	

- 説明—講義で話す内容の概要
- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チャックポイント—どうやうか迷った箇所、これでうまくいかなかった箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

特になし	
------	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
一年次よりも、文法項目が難解になってきており、予習の段階で理解できていない学生も出てきた。まずは各自が辞書を引き、教科書・参考書を確認しながら問題を解く必要があるが、100%個人の力で解くことは難しくなっている。まずは完璧でなくても英作文に取り組み、間違った部分などはペアワークやグループワークで補いながら、完成させていくことは重要だと思ふ。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
予習の段階でつまづいている学生にとつては、ノートを取るなどで追いつくだけで精いっぱいになってしまっているところがある。もう少し簡単な問題からじっくり時間をかけて取り組み必要がある。
- ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント）

●アクティブラーニング担当教員によるアシリテーションスキルのチェックリスト（指導力の振り返り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
① 学びの場づくり	○	あまりよくない
② 対人関係	○	
③ 構造化	○	
④ 合意形成	○	
⑤ 情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名：世界史	通年・前期・後期
実施授業の学年・学科：1年機械工学科(1M)	実施日：平成30年5月23日(火曜日)
1年環境都市工学科(1C)	*5月16日の授業で準備
実施時間：1限(1C) 2(1M)限	教員名：空 健太
アクティブラーニング授業のねらい：	
・現代史の授業の単元「グローバル化する現代世界」の中で、「日常生活のグローバル化」について学生らがグループで調べた成果をポスターセッション形式で発表し、活動を通してグローバル化の現状と課題の理解を深めるとともに、人に伝える面白さ難しさの双方に気づくことができる。	
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと(今回試みたこと)、今後改善したいと思っていること：	
・ポスターセッション方式を導入した。・自己評価、他者評価をどのように取り入れるかが今後の検討事項。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴(授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど)：	
・1M、1Cともに、入学して2ヶ月程度であり、適度な緊張感を持って学習に臨んでいる。しかし、世界史が座学であり覚えることが多いという社会科学への苦手意識を持っている学生が多く、世界史の知識への関心に乏しい。	
科目の特徴・特性(双方方向の授業、反転授業の導入のしやすさ(しにくさ)、アクティビティの活用など)：	
世界史は学習内容が多く、一般に双方方向の授業が難しく教員による説明や講義に終始しやすい。しかし高専の学生にとっては、世界史への興味が薄く、講義による学習では学習が成立しにくい。そこで、1時間に1つのアクティビティを授業で導入するように心がけている。今回のポスターセッションはその一つ。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間 カコ内は2限	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
9:00~9:10 (10:40~10:50)	「日常生活の中のグローバル化」についてのポスターセッションの準備	(■:説明 ○:学習活動)AL の山場 ※:チャレンジ ポインの記号と共に内容を記載する) ■今日は日常生活の中のグローバル化について調べ学習を行った成果を発表する。 基本的に前回の授業の時間に日常生活のグローバル化の例(東京におけるインド人学校の創設など)を概説し、準備を行わせている。	
9:10~9:15 (10:50~10:55)	ポスターセッションのやり方の説明	■15分で違うグループの発表を聴く。 ■発表は、1節=5分、2節=10分、3節=15分で行う。 ■1ラウンドごとに発表者を変える。また発表担当ラウンド以外は他のグループの発表場所へ移動する。 ■観衆に質問したり、分からない箇所を聞いてもらったり補足するなど、反応を見ながら進めさせる。	
9:15~9:30 (10:55~11:10)	ポスターセッション(ラウンド1)	※言語、スボーツ、アニメ、食生活、音楽、スポーツなど自分たちの身近な生活をグローバル化という観点で考察したことを発表する。 ※教師は発表の様子を巡視しながら、双方方向の発表ができていないポスターに対して質問を行ったり、質問を学生に促す。	○
9:32~9:47 (11:12~11:27)	ポスターセッション(ラウンド2)	■ラウンド2が終了したところでポスターセッションがうまくいっているグループの良さを説明する(約3分)。	○
9:52~10:07 (11:33~11:48)	ポスターセッション(ラウンド3)	※観衆の質問にその場で対応するには、さらに深い調べ学習が必要なることを実感した学生が多かった。 ※観衆に十分に理解させるが難しいためには、具体例などが必要だと必要だと実感している学生も	○

時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
10:10~10:25 (11:50~12:05)	15分	ポスターセッション(ラウンド4)	(■:説明 ○:学習活動)AL の山場 ※:チャレンジ ポインの記号と共に内容を記載する) いた。	○
10:27~10:30 (12:07~12:10)	3分	ポスターセッションによる学習とこれからの世界史の学習の整理	■活動を通して学生に他人に説明することの楽しさと難しさの両方を感じてもらったこと。特に、これからの世界史授業では、複雑な歴史事象をアウトプットできるようにするために、自分だけがわかるインプットではいけないことを補足。	

●アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

1M 学生によるポスターセッション



1C 学生によるポスターセッション



学生のポスターの一例



●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
基本的に想定通りの授業ができた。ポスターセッションは、低学年のプレゼンテーションの指導として有効。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
授業を参観した他教員のコメントで「1年生とは思えないようなしっかりした発表をしていた」という意見があり、これまで講義中心で授業を行っていた際には気づけなかった岐阜高専生が持っている力を感じることができた。
- ・その他気づいた点(例)：○、※に対するコメント
約40名のクラスで5グループで実施。1人が1観点で調べたことをA4用紙1枚に整理させた。各グループで複数の異なる事例(観点)があり、そこから総括することまでを意図していたが、その考察に課題があった。事例を帰納的に一般化して考察する力や、調べたことを構造化して伝えやすくするなど工夫にも課題を感じた。

●アクティブラーニング担当教員によるフィードバックスキルチェックリスト(指導力の振り返り)

①~⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
①学びの場づくり	○	あまりよくない
②対人関係	○	
③構造化	○	
④合意形成	○	
⑤情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名：化学 A	通年
実施授業の学年・学科：1 年電子制御工学科	実施日：平成 30 年 1 2 月 1 3 日 (木曜日)
実施制限：Ⅲ限	教員名：上原敏之
アクティブラーニング授業のねらい：	
<ul style="list-style-type: none"> 反応熱をテーマに，教科書や問題集の演習問題をを通して，お互いに説明し合うことで各自の理解度をさらに深めて，知識の定着を図る。 アクティブラーニングに関して改善工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること； グループ学習による演習の際に，白紙の A4 用紙を配布し，画面を 3 段に分けて解答させるようにした。これにより，どの問題に取り組んでいるか一目でわかるようになる。 人に教えることで理解度が深まることから，2 人のペアで交代に先生役となつて，演習問題 3 問を 1 問ずつ各々計 3 回，お互いに説明し教え合うことを実施した。さらに，先生役の学生の A4 用紙に，聞き役の学生が署名と感想を書かせた。 今回，各自の名列番号を使っての類似問題作成は，2 月末に実施する予定である。 	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）：	
<ul style="list-style-type: none"> 活気のあるクラスで反応は非常に良く，双方向の授業が展開しやすい。ただ，ややもすると，学生同士の言葉のキャッチボールが発展し，仕切り直しが必要になる。 	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ(しにくさ)、アクティビティの活用など)：	
<ul style="list-style-type: none"> 身近な現象から導入できるため，通常の授業でも，双方向の授業が展開しやすい。 基本的事項の確認は，教室外学修でも対応可能であるが，確認の意味で教科書の説明は必要であろう。 	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考	AL 欄所に○印を記入する
13:00～13:05	5分	燃焼熱，生成熱，溶解熱の定義の確認	<ul style="list-style-type: none"> ● 説明 ○：学習活動☆：AL の山場 ※：チェックポイントの記号の記載と共に内容を記載する) ■ 教員が，学習の目的と手順を説明し，3 つの反応熱について，教科書のどこに書かれているかを示す。 	
13:05～13:40	35分	教科書の演習問題	○ 3 問について，グループ学習により，全員の理解を目指す。	○
13:50～14:28	40分	問題集の演習問題	☆ 3 問について，グループ学習により全員の理解を目指す。その後，2 人ペアになり，交互に先生役として，1 問ずつ解法を説明する。	○
14:28～14:30	2分	次回の予告	■ 類似問題を 3 題作成することを伝える。	

■ 説明— 講義で話す内容の概要

- 学習活動— どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント— どうやうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

教科書 p.105 問 1. 2 20分	解説 問3(2)	解説 問1(3)
1. 上の反応よく読んで，自分で書く 2. 分からないときは教えあてもらう 3. 教科書 p.45 を見て答えを合わせさせる 4. 注意すべきことを赤で書き込む	$\frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{3}{2} \text{H}_2 = \text{NH}_3 + 46\text{kJ}$ 注意すべきことは？ ・生理熱は，生成するもの(反応)が 1 mol ・成分元素の単位から生成物 1 mol 左辺は 1 つ以上の単体，右辺は 1 つの化合物	NH ₄ Cl(固) + H ₂ = NH ₄ OH + 14.8kJ 多量の水，反応熱 注意すべきことは？ ・水は，H ₂ と書く，H ₂ O とは書かない。 ・右辺は，溶液の化学式に H ₂ O を付ける。

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- 教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
 類似問題作成の手前で 90 分を要した。例年通りであるが，最後の課題である類似問題作成は，期末試験後の最後の授業で行うことにした。
- 改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
 自発的に学習する学生が多く，こちらの指示がなくても課題をこなし，若干退屈する様子も見られた。
- その他気づいた点（例：○、※に対するコメント）
 次年度以降は，このような学生向けに特別な課題等を準備する必要がある。

●アクティブラーニング担当教員によるフシリテーションスキルのチェックリスト（指導力のふり返し）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
① 学びの場づくり	○	○
② 対人関係	○	○
③ 構造化	○	○
④ 合意形成	○	○
⑤ 情報共有化	○	○

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 法学	通年・前期・後期
実施授業の学年・学科： 4年法学・全学科	実施日：平成30年11月
実施時間：90分+教室外学修	教員名：空 健太
アクティブラーニング授業のねらい： 自分たちの身近な生活における具体的な問題に対処する新しい法を考える活動を通して、民主主義社会にふさわしい刑法のあり方について考察することができる。また、罰を与えることの難しさを実感することができる。	
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： 概念的な説明に留まらずに刑法の授業を、自ら法を作る活動を通して、概念を理解させるとともに、法のあり方を考えられるように構成した。今回は自分の身近な生活やニュースを踏まえて法を考えさせたが、例えば岐阜高専の校則に限定した方がより深い法の意味を考えられるかもしれない。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 4年生は総じて能力の高い学生が多い。しかし、専門科目のみにしか関心がない学生や、テストの点数のみにしか関心がない学生が多く見られる。そのため、法学については学習意欲は非常に低いのでは講義形式には課題がある。そこで将来の市民として法を身近なものとして考えることを目的に、アクティブな学習を取り入れている。	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（じくさ）、アクティビティの活用など）： 法学は一般教養としての授業のため、学習意欲に乏しい。そこで、就活や進学にも意義があるように、論述の書き方を合わせて指導することによって、法についての自らの理解を教室外学習として整理し、発表する活動を定期的に設定している。また、双方向の授業となるように、日常的に質問のほかにアクティビティを導入している。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間 (5教科あるため時間の表記は上3つのクラスを例として示した)	学習内容	備考	AL 個所に に○印を 記入する
9:00～ 9:20	刑法の意義と機能	■刑法はいかなる行為が犯罪か、それに對していかなる内容的な責任を負うかを規定した法で、その目的は社会の秩序にある。 ■そのため、刑法には規範的機能がある。規範的機能とは、評価機能と決定機能であり、刑法は「～すれば、…になる」という二重否定の構成文になっている。 ○「～すれば、…になる」という形で、新しい刑罰を考えよう。 ☆グループにより、自分たちの法益を保護するための刑法を考えよう。 ☆各グループで考えた刑法を全体で交流する。	○
9:45～ 10:15	刑法の基本原則 刑法の考え方	■刑法には、罪刑法定主義、法益保護主義、謙抑主義、責任主義の4つの基本原則がある（それぞれの原則を具体例を挙げて説明する）。 ■なぜ罰が課される必要があるのかに目を向けさせ、応報理論と目的理論の考え方を紹介する。現在は相対的応報理論が主流であることを説明。	

時間 (5教科あるため時間の表記は上3つのクラスを例として示した)	分	学習内容	備考	AL 個所に に○印を 記入する
10:15～ 10:30	15分	原則からの自分たちの法の評価と修正	○考案した刑法について、授業で学んだ刑法の基本原則を用いて、評価せよ。 ■教室外学修として来週までに実施し、翌週の授業で作成した課題を相互評価することを伝える。課題は翌週の相互評価を踏まえて修正したものを提出。	○

●アクティブラーニング授業の教材、関連の資料や様子の写真等

授業でのスライド例1

(1) 罪刑法定主義

刑法は、罪を科せざるを得ない場合にのみ適用されるべきである。これは、罪刑法定主義の原則である。この原則は、国家権力の濫用を防ぎ、個人の自由を保障するために必要である。

- 罪刑法定主義の原則
- 罪刑法定主義の意義
- 罪刑法定主義の歴史
- 罪刑法定主義の現況
- 罪刑法定主義の将来

グループでの話し合い(4M)

学生が考えた刑法の一例

- ・横断歩道で人がいるのに止まらなかったら、罰金刑。
- ・合理的な理由なく遅刻したら、追加課題を行わなければならない。
- ・自転車が曲がる際に手信号を出さなければ、罰金 3000円。

学生が考えた刑法の一例

切實な生活を送るための刑法

- 切實な生活を送るための刑法
- 切實な生活を送るための刑法
- 切實な生活を送るための刑法
- 切實な生活を送るための刑法
- 切實な生活を送るための刑法

学生の作成した課題

刑法は、罪を科せざるを得ない場合にのみ適用されるべきである。これは、罪刑法定主義の原則である。この原則は、国家権力の濫用を防ぎ、個人の自由を保障するために必要である。

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

・教員のならぬに授業が展開できたか？
学生が自分か考えた法を評価する活動を取り入れることで、一方的に刑法の概念を説明するよりも学生の反応は明らかに向上した。理解度については論述を見る限り不十分な点がある。

・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
最初に学生が考えた刑法は、自分のことだけを考えたものであったり、罰が常識外れのものであったりしたが、刑罰の原則を通して再評価させることで、多くの学生が修正し、より適切なものへと変化させようとしている。

・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント）
グループでの話し合いは互いに自由に議論できるので効果的だと感じた。

●アクティブラーニング担当教員によるアシリテーションスキルのチャェックリスト（指導力のふり返し）
①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
① 学びの場づくり	よい	あまりよくない
② 対人関係	○	○
③ 構造化	○	○
④ 合意形成	○	○
⑤ 情報共有化	○	○

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 社会倫理学特論	通年・前期・後期
実施授業の学年・学科： 専攻科2 学年	実施日：平成30年6月12日（火曜日） 7月3日（火曜日）、7月10日（火曜日）
実施時間：火曜3限（全15回の11、13、14回）	教員名：空 健太
<p>アクティブラーニング授業のねらい：</p> <ul style="list-style-type: none"> 多様な価値観を背景に成立している現代社会の中で求められる倫理的な判断を事例をもとに考察し、議論を通してこれからの技術者に望まれる判断力を形成する。 アクティブラーニングに関し改善工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること； フィッシュボウル（議論する者と観察する者での役割分担）を用いたグループでの発表を行った。なお、昨年度の学生の行った事例研究の具体例を示し、さらに事例研究の方法を説明したビデオ（室蘭工業大学作成「技術者倫理学習のスキル」）を視聴する時間を設けるなどして事例分析の方法を学習した。 <p>対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）；</p> <ul style="list-style-type: none"> 専攻科2年生は能力が高く、5年生で各学科での技術者倫理を受講している。そのため、課題をしっかりと行ってくるし、質疑応答なども積極的に行うことができる。「倫理」という名称に小難しさを感じている学生も多かったが、議論を中心として授業を組織している。 <p>科目の特徴・特性（双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）；</p> <ul style="list-style-type: none"> 本校の社会倫理学特論は、一般科目教員による講義、本校OB（技術者経験者）による講義、学生による活動を15回の授業に効果的に導入している（参照：岐阜高専紀要第52号）。反転授業も導入しやすい。 	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
6/12 に実施	40分	事例研究の方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 昨年度の学生が行った事例研究のテーマを紹介する。六本木ヒルズ回廊ドア事故や雪印集団食中毒事件、エクスボラント・ジェットコースター事件など、それぞれの学生が2つの事例を分析し、比較して、共通点や相違点を導いたことなどを説明する。 ■ ビデオを活用し、事例分析の方法を説明する。 ■ 10 グループ（4名ずつ）に分かれ、2つの教室（前後にプロジェクター有）で、発表を行う。発表時間は質疑応答を含めて20分（1 飾：10分、2 飾：15分、3 飾：20分）。聴衆の際は、質疑応答のほか、発表の概要とそこで得られたことを課題として提出することを説明する。 ■ この日の授業はテーマを設定し事例を選択することを先行させる。教員が各学生に適宜参考文献などを紹介。教室外学習として指定日までビデオ・ポイントで発表資料を準備し提出させる。 	○
7/3と7/10に実施	5分	資料の配布	<ul style="list-style-type: none"> ■ 学生の発表資料と課題を配布する。 ■ フィッシュボウルの発表方法を確認し、各グループの場所へ移動させる。7/3 の担当グループはそれぞれのグループ内で発表と議論を行う。その際に、7/10 の担当グループはその議論を観察し評価する。7/10 は役割を逆転。 	
13:00～13:05		発表方法の確認・発表場所への移動		

時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
13:05～14:25	20分	フィッシュボウルによる事例分析の発表	<ul style="list-style-type: none"> ☆ 複数の教室を利用（プロジェクター有）で、5つの場所でグループの発表と議論を行う。同時に、そのグループの議論を観察するグループが回りて観察。このような方法をフィッシュボウルと呼び、議論と観察と役割で分けることで理解を深めることを狙っている。 ○ 教員は巡視を行い、質問を促すなど、議論を促進する。 * 翌週（7/10）は役割を逆転して表裏、全員が発表可能となる。 ■ 巡視で気づいた点を学生に説明し、事例分析のまとめを行う。 	○
14:25～14:30	5分	事例分析の整理		
		1 グループが観察		

●アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

フィッシュボウルの説明

Fishbowl (金魚鉢)

議論する者(内側)と観察する者(外側)の役割分担

発表の様子 1

発表の様子 2

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
今年度の専攻科2年生は発表にも慣れており、作成する資料も優れていた。特に今年度はテキストに頼らず、独自の視点で事例を選択し、分析した学生が多く見られた。第4回から第8回までの本校OB（技術者経験者）である坂井先生が新聞の事例を用いた事例分析を講義していただいたが、効果的に影響していると感じた。
 - ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
フィッシュボウルの議論は、それぞれが役割を意識して議論に参加することを可能にする。グループ内の議論も盛り上がり、それぞれの価値観をぶつけていた。質問の出やすい発表と出にくい発表があることを観察の際に気づくなど、プレゼンテーションの方法についても学習することができた。
- アクティブラーニング担当教員によるアシリテーションスキルのチェックリスト（指導力のふり返し）
①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
① 学びの場づくり	○	あまりよくない
② 対人関係	○	
③ 構造化	○	
④ 合意形成	○	
⑤ 情報共有化	○	

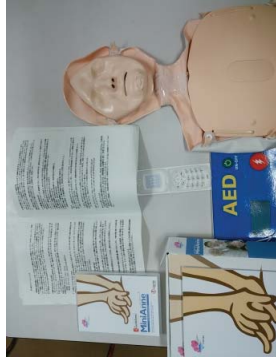
アクティブラーニング授業の実践報告

科目名：保健	通年
実施授業の学年・学科：1年M・E学科	実施日：平成30年4月17日(火曜日)
実施制限：1(1E), 2(1M)限	教員名：山本 浩貴
アクティブラーニング授業のねらい： 救急救命 CPR 2015 ガイドライン実習	
アクティブラーニングに関して改善工夫をしたこと(今回試みたこと)、今後改善したいと思っていること： 昨年度までは年度末に学習していたが、年度初めに実施し学習することで、日常生活の安全面の意識向上の配慮に工夫した。実習に際しては、CPR・AED 学習キット Mini Anne を使用。2名一組で21セットを準備して実習した。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴(授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど)： 年度初めでクラスの学生達が打ち解けていない時期であるが、救急救命の実習を通じるなかで協力し合う姿勢があり、実習が盛り上がるにつれてクラスの雰囲気が大変良くなった。	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ(しにくさ)、アクティビティの活用など)： 救急時の対応について実習し、学内のAED設置場所などについても確認することで、安全面への確認や意識を高める事ができた。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (●:説明 ○:学習活動※:ALの山場 ※:チェックポイントの記号と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
9:00~ 9:20	20分	資料による(2015ガイドライン)の確認	2015年改訂された救急救命 CPR ガイドライン資料を主に学習	
9:20~ 9:30	10分	CPR・AED 学習キットの準備(CDを見ながら)	キットに備え付けのCDを流し、クラスルームのスクリーンに映像を流しながら準備と説明を聞く	○
9:30~ 10:15	45分	CPRの実践 色タンバタンで実践	一人でCPRを行う場合 二人組でCPRを行う場合 人工呼吸を併用する場合 胸部圧迫のみで実施する場合	○
10:15~ 10:30	15分	2015ガイドラインに倣ってCPRが実施できたかを確認	学習キットに備えてある資料を見て、再確認。	

- 説明—講義で話す内容の概要
- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場(核となる部分)
- ※ チェックポイント—どうやうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等



●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のならいどおりに授業が展開できたか？
学生が興味を持って熱心に学習できて良かった
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
二人一つの数でキットを準備したため、繰り返し何度も学習できたことが良かった
- ・その他気づいた点(例：○、※に対するコメント)
4月始めの頃であり、新入生同士が打ち解ける機会となり、クラス内のコミュニケーションが向上できたことから、よい授業となった。

●アクティブラーニング担当教員によるアシリテーションスキルのチェックリスト(指導力のふり返り)

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
①学びの場づくり	○	あまりよくない
②対人関係	○	
③構造化		○
④合意形成	○	
⑤情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名：ものづくり入門	通年・前期・後期	
実施授業の学年・学科：1年 機械工学科	実施日：平成30年4月27日(金曜日)	
実施制限：1限	教員名：宮藤 義孝	
アクティブラーニング授業のねらい： ものづくりに関わる安全知識を習得し、適切に安全作業をすることができ、		
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと(今回試みたこと)、今後改善したいと思っていること： 安全対策に関して実際の例を動画で見せ、視覚的に印象に残るようにした。 一番最初が肝心であるとも思う。徹底的に安全が何よりも大切であることを理解させる。		
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴(授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど)： 例年同様、おとなしい感じがする。ただ、問いかけには皆答えてくれる。双方向授業は成り立っている。		
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ(しにくさ)、アクティビティの活用など)： 何が危険で何が安全か全く理解していないので、学生にとっては初めてのことが多く、双方向の授業と反転授業は導入がしやすい。昨年同様、職人にあこがれている学生が多いような気がする。		

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (●:説明 ○:学習活動☆:ALの山場 ※:チェックポイントの記号の記載と共に内容を記載する)	AL個所に○印を記入する
導入	9:00~9:10	安全について	■実際の例を見せて説明	
展開	9:10~9:50	危険予知(KYT)について	○何が危険かを学ぶ動画を活用	○
	9:50~12:00	安全に普段から気をつけることは？グループ討議を行う。実際の機械操作	☆何が危険か、が理解できれば、どうすれば安全かを考えることができる。丁寧に機械の操作方法を教える、	○
まとめ	9:50~10:00	片付け、整理整頓	片付け中も工具類の名前を口に出して言わせる	

■説明—講義で話す内容の概要

- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場(核となる部分)

- ※ チェックポイントで迷うか迷った箇所、これであまいく不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

教材・関連の資料は著作権があり、掲載不可。	
-----------------------	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
加工作業をしたことのない学生に何が危険かを教えることは座学のみでは、難しいが、実習とリンクさせることにより、スムーズに教授できるようになってきている。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
映像などの動画を見せると真剣に見ている。
視覚に訴える動画コンテンツは重要である。
- ・その他気づいた点(例：○、※に対するコメント)
ある程度、加工作業に慣れさせ、危険予知をさせている。1年に対しては助言を多くしている。

●アクティブラーニング担当教員によるフシリテーションスキルのチェックリスト(指導力の振り返り)

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
①学びの場づくり	○	あまりよくない
②対人関係	○	
③構造化	○	
④合意形成	○	
⑤情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 機械工作法 I	学年・学期： 2年 後期
実施授業の学年・学科： 2年 機械工学科	実施日： 平成 30年 5月 24日 (木曜日)
実施制限： I 限	教員名： 宮藤 義孝
アクティブラーニング授業のねらい： 応力-ひずみ線図に基づき金属材料の機械的性質を表す用語を説明できる。	
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： 昨年と同様に黒板に大きく応力-ひずみ線図を描かせた。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 昨年と比較すると真剣に考える学生が多い。技術を習得したいという意気込みが感じられる。	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）： 聞いたことのない専門用語が増えるので、学生は覚えるのに苦労するようである。 例年に比べ、学生の理解が早い。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (■:説明 ○:学習活動※:ALの山場 ※:チェックポイントの記号の記載と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
導入	9:00~ 9:30	30分 引張試験について	■用語についての説明	
展開	9:20~ 9:50	40分 応力-ひずみ線図について説明	○専門用語と特徴を学ぶ 問いかけを増やし、双方向での展開	○
	9:50~ 10:20	30分 応力-ひずみ線図を 板書させて学生に説明 してもらう。	☆クラスの学生全体へ問いかけ、その後、個人へ問いかける。	○
まとめ	10:20~ 10:30	10分 今日習ったことのおさらい。		

- 説明—講義で話す内容の概要
- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント—どうやろうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等
教材・関連の資料は著作権があり、
掲載不可。

--	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
鋼が伸びて破断することを感覚的に教えることは座学では、やはり難しいが、実習とリンクさせて行うように改善したので、理解がしやすいようである。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
加工の動画に画像を見せると真剣に見ている。特に金属顕微鏡で観察した試料など。動画コンテンツは有効である。
- ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント）
ある程度、鋼への加工に慣れさせてから応力等を教える方が効果的である。

●アクティブラーニング担当教員によるフシリテーションスキルのチェックリスト（指導力のふり回り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
①学びの場づくり	○	あまりよくない
②対人関係	○	
③構造化	○	
④合意形成	○	
⑤情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 機械工作法 II	通年・前期 (後期)
実施授業の学年・学科： 2年 機械工学科	実施日： 平成 30 年 10 月 9 日 (火曜日)
実施制限： I 限	教員名： 宮藤 義孝
アクティブラーニング授業のねらい： 製造方法の概要・特徴を説明できる。	
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： 黒板に大きく鑄型断面の図を描かせた。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 昨年と比較すると真剣に考える学生が多いです。技術を習得したいという意気込みが感じられます。 今年度の学生は理解度が早い。	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）： 聞いたことのない専門用語が増えるので、学生は覚えるのに苦労するようである。 鑄造の実習は 3 年生で行われるので、反転授業がしにくい。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (■:説明 ○:学習活動※:AL の山場 ※:チェックポイントの記号の記載と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
導入	10:00～ 10:20	鑄造について	■用語についての説明 黒板に図を描き丁寧に説明 その後、板書を消す	
展開	10:20～ 11:00	砂型鑄造の鑄型製造について	○専門用語と特徴を学ぶ 双方向での展開	○
	11:00～ 12:00	導入時の図（鑄型断面の図）を描かせて、説明させる。	☆クラスの学生全体へ問いかけ、その後、個人へ問いかける 間違いがあれば、学生同士で指摘する	○
まとめ	9:50～ 10:00	今日習ったことのおさらい。	専門用語を問いかけ、大きな声ではっきり言わせる	

- 説明—講義で話す内容の概要
- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント—どうやろうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等
教材・関連の資料は著作権があり、掲載不可。

--	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？
鋼が 1600℃で溶解することを感覚的に教えることは座学では、やはり難しいが、実習とリンクさせるように改善したので、理解しやすくなっている。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
鑄造などの動画を見せると真剣に見ている。特に製鉄所現場の動画は印象に残るようである。
動画コンテンツは有効である。
- ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント）
ある程度、実際の鑄造を作業させてから座学で教える方が効果的である。
(鑄造の実習は 3 年生で行われるのでなかなか難しい。)

●アクティブラーニング担当教員によるフシリテーションスキルのチェックリスト（指導力のふり回り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準		
	よい	ふつう	あまりよくない
① 学びの場づくり	○		
② 対人関係	○		
③ 構造化	○		
④ 合意形成	○		
⑤ 情報共有化	○		

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 機械工学実習Ⅰ	(通年)前期・後期
実施授業の学年・学科： 2年 機械工学科	実施日： 平成30年 5月 25日 (金曜日)
実施時間： Ⅲ・Ⅳ限	教員名： 宮藤 義孝
アクティブラーニング授業のねらい： 各種工作法を習得し、自ら考え、助言なしでフライス盤作業について機械操作ができる。	
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： 加工図面を理解するためのデイスカッションの導入、加工段取りをグループに分け考えさせた。 機械操作にあえて、助言をせず、できる限り学生一人で作業をさせた。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気・特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 昨年と比較すると真剣に取り組む学生が多い。 一人で加工する技術を習得したいという意気込みが感じられる。	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）： 触ったことのない機械の作業を習得させるために、操作を教えたあとは、学生自ら作業させるようにしている。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
導入	13:00～ 13:20	20分 フライス盤について	(■:説明 ○:学習活動※:ALの山場 ※:チェックポイントの記号と共に内容を記載する) ■用語についての説明および工作物を付けずに、フライス盤を操作させる。	
展開	13:20～ 14:00	40分 正しいフライス盤の操作方法の説明	○機械の部分名称と操作方法を学ぶ。双方向での展開。	○
	14:00～ 15:15	75分 フライス盤加工	☆加工段取りの学生全体へ問いかけ、その後、個人へ問いかける。必ず、加工順序の理由を聞き、正しい操作方法を徹底的に伝授する。片付け中も工具類の名前を口に出して言わせる	○
まとめ	15:15～ 15:30	15分 片付け、整理整頓		

- 説明—講義で話す内容の概要
- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント—どうやろうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

教材・関連の資料は著作権があり、掲載不可。	
-----------------------	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

<ul style="list-style-type: none"> ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？ 教員の助言なしで、自分で鋼を切削できることが学生は楽しいようで、保護メガネを装着して切削の様子をまじまじと見ている。段取り時のデイスカッションはねらいどおり、多様な意見が出た。 ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと 説明に、なるほど、と思わせることで操作の仕方に印象が残るようである。 教員はあえて助言を控えるべきである。（かわい子にはあえて旅をさせよ。） ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） 逐一教えるよりも、ある程度一人で作業を行わせるほうが、かえって効果的である。 	
--	--

●アクティブラーニング担当教員によるフィードバックスキルのチェックリスト（指導力のふり回り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
① 学びの場づくり	○	あまりよくない
② 対人関係	○	
③ 構造化	○	
④ 合意形成	○	
⑤ 情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 機械工学実習Ⅱ	期： 前期・後期
実施授業の学年・学科： 3年 機械工学科	実施日： 平成30年 5月 10日 (木曜日)
実施時間： Ⅲ・Ⅳ限	教員名： 宮藤 義孝
<p>アクティブラーニング授業のねらい： 各種工作法を習得し、自ら考え、助言なしでフライス盤作業について機械操作ができる。</p> <p>アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： 加工図面を理解するためのディスプレイの導入、加工段取りをグループに分け考えさせた。 機械操作にあえて、助言をせず、できる限り学生一人で作業をさせた。</p> <p>対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 昨年と比較すると真剣に取り組む学生が多い。 一人で加工する技術を習得したいという意気込みが感じられる。</p> <p>科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）： 触ったことのない機械の作業を習得させるために、操作を教えたあとは、学生自ら作業させるようにしている。</p>	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
導入	13:00～ 13:20	20分 フライス盤について	(■:説明 ○:学習活動※:ALの山場 ※:チェックポイントの記号と共に内容を記載する) ■用語についての説明および工作物を付けずに、フライス盤を操作させる。	
展開	13:20～ 14:00	40分 正しいフライス盤の操作方法の説明	○機械の部分名称と操作方法を学ぶ。双方向での展開。	○
	14:00～ 15:15	75分 フライス盤加工	☆加工段取りの学生全体へ問いかけ、その後、個人へ問いかける。必ず、加工順序の理由を聞き、正しい操作方法を徹底的に伝授する。片付け中も工具類の名前を口に出して言わせる	○
まとめ	15:15～ 15:30	15分 片付け、整理整頓		

- 説明—講義で話す内容の概要
- 学習活動—どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント—どうやろうか迷った箇所、これでうまくいか不安に思った箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

教材・関連の資料は著作権があり、掲載不可。	
-----------------------	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

<ul style="list-style-type: none"> ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？ 教員の助言なしで、自分で鋼を切削できることが学生は楽しいようで、保護メガネを装着して切削の様子をまじまじと見ている。段取り時のディスプレイはねらいどおり、多様な意見が出た。 ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと 説明に、なるほど、と思わせることで操作の仕方に印象が残るようである。 教員はあえて助言を控えるべきである。（かわい子にはあえて旅をさせよ。） ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） 逐一教えるよりも、ある程度一人で作業を行わせるほうが、かえって効果的である。
--

●アクティブラーニング担当教員によるフィードバックスキルのチェックリスト（指導力のふり返し）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
① 学びの場づくり	○	あまりよくない
② 対人関係	○	
③ 構造化	○	
④ 合意形成	○	
⑤ 情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 応用物理 I	通年・前期・後期
実施授業の学年・学科： 電気情報工学科	実施日： 平成 30 年 12 月 14 日（金曜日）
実施制限： 1 限	教員名： 富田 勲
アクティブラーニング授業のねらい： 学生の能動的な授業への参加により、学生の自発的な学習意欲と学習能力を高めることを目指す。	
アクティブラーニングに関して改善・工夫をしたこと（今回試みたこと）、今後改善したいと思っていること： 課題が出来ていない学生を先に出来ている学生が教えるように指導した。改善したいと思っていることは、特になし。	
対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）： 学生の能動的な学習の方が、教員の一方的な授業よりも課題への関心も高まり、集中して解いていた。	
科目の特徴・特性(双方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）： 双方向・反転授業は可能であるが、課題量が制限されるため、教科書を丸ごと一冊教えるようなことは困難である。	

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考 (■:説明 ○:学習活動 ☆:AL の山場 ※:チェックポイントの記号と共に内容を記載する)	AL 個所に○印を記入する
導入	9:00～ 9:05	5分 課題内容とその実施方法を学生に説明	説明	■
展開	9:05～ 9:20	15分 学生に課題を解かせる	学習活動 1	○
	9:20～ 10:00	40分 周囲と相談させながら課題を解かせる	学習活動 2	○
まとめ	10:00～ 10:30	30分 解いた課題を学生自身に説明させる	AL の山場	☆

- 説明 — 講義で話す内容の概要
- 学習活動 — どのような学習活動を取り入れるのか、注意事項など
- ☆ アクティブラーニング授業の山場（核となる部分）
- ※ チェックポイント — どうやろうか迷った箇所、これでうまくいかなかった箇所
- アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

--	--

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：

<ul style="list-style-type: none"> ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？ 上記のねらい通り実施できた。 ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと 学生が別の学生を教える際、教える学生自身の理解度を自らチェックでき、説明の際も分かりやすい表現を選んでいる。 ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） 特になし 	
--	--

●アクティブラーニング担当教員によるフシリテーションスキルのチェックリスト（指導力のふり返り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
	よい	ふつう
① 学びの場づくり	○	
② 対人関係		○
③ 構造化		○
④ 合意形成	○	
⑤ 情報共有化	○	

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名：情報伝送工学	通年
実施授業の学年・学科：4年 電気情報工学科	実施日：平成30年5月2日（水曜日）
実施時間：II 限	教員名：所 哲郎

アクティブラーニング授業のねらい：電気回路系の学修に於いて、たまたま積分は回路応答をマスターする上での最終目標の一つである。RとLとCからなる電気回路に任意の電圧波形を入力すると、どの様な応答が出力されるか、直流通過応答を3年生で、交流定常応答を2、3年生で学んだ。ラプラス変換は応用数学で4年で学ぶが、この前学期最初では学んでいない。電気回路では、3年次の過渡現象で、ラプラス変換を用いた解法を既に教えている。Mathcadを用いるので、s領域での回路方程式を立てることができれば、過渡応答が求まる。

この授業では、教科書にある例題の指数関数応答系に、指数関数を入力するの先に、単位階段関数を用いた波形のデジタル化、回路のインパルス応答を用いた出力波形の計算の仕方を学ぶ。ミラー法やEXCELを用いた計算手順をALLすることにより、たまたま積分のイメージを、より深く学ぶことを目標とする。

以上のたまたま積分を用いた電気回路の過渡応答に際しては、A Pで導入したノートパソコンとMathcadを用いて学修することにより、数式だけ、ノートによる計算のたまたま積分、ミラー法、EXCELによるそれらの自動計算、そしてMathcadによるグラフでの可視化など、全国No.1の学修になる様にコンテンツの改良に努めている。ALLとしては、入力波形と伝達関数またはインパルス応答を、2人のそれぞれがペアによる組み合わせ（それぞれ相手のものを伝達関数にするなど）で実施し、4つの解答が全て同じ回路応答となる事を確認させている。これらにより、単に数式の變形を導くのではなく、物理的・電気回路的・数学的な理解を深めることを目指している。

アクティブラーニングに関して改善工夫をしたこと（今後改善したいと思っていること）
 PPTやMathcadのみでは十分な理解が得られないので、紙ベースの資料も用意して、基本的なたまたま積分の計算手順をマスターさせ、次にお互いの波形をインパルス応答またはインパルス応答として、たまたま積分を実行させた。従前はEXCELを用いて自動計算、回路応答のグラフによる可視化を行っていた。セルの参照を多用するため、教科書の数式の対応シフト作成者以外には見えにくい。紙ベースの解答が正しいかの確認には役に立ってこれた。これに対してMathcadを用いれば、より数学的な表現の記述のみで計算が行われ、計算過程と結果の可視化を直接的に行う事が可能となる。今回の授業で改善工夫を施した部分を以下に示す。

- ① はじめにミラー法のシートでインパルスと入力波形とインパルス応答の表現方法を明示した。次に、1ステップごとのたまたま積分の計算方法を図と式で可視化した。
- ② インパルス応答の計算方法を求めさせた。次に、インパルス応答を積分し、インパルス応答を求めさせた。そして、インパルス応答の重ね合わせを計算させることで、応答波形を求めさせた。
- ③ 次に自分の好きなインパルス応答を定義させ、相方の波形を入力した時の応答波形を求めさせた。
- ④ 次に自分の好きな入力波形、相方の波形をインパルス応答として応答波形を求めさせた。
- ⑤ 次に自分のインパルス応答からインパルス応答を計算し、相方の波形を入力した時の応答波形を求めさせた。
- ⑥ 次に相方のインパルス応答からインパルス応答を計算し、自分の波形を入力した時の応答波形を求めさせた。
- ⑦ 最後にミラー法で同様に、入力波形とインパルス応答から図的に応答波形を求めさせ、以上全てが一致することを確認させた。
- ⑧ Mathcadを用いて、以上の計算手順をの様に表現するのかわ提示し、指数関数入力時の指数関数応答系の問題を解かせた。
- ⑨ この問題は色々な角度から、電気回路の応答問題として立っており、これを説明した。
- ⑩ コールアウト方式のノートパソコンを用いたため、わざわざ情報処理センターに移動すること無く、情報処理センターと同様なライセンストの活用が可能であった。

今後改善できると良い事は次の通りである。

- ① Mathcadを用いることで初めて解くことのできる、グループで検討できるようなたまたま積分課題やCBTの作成。
- ② 双方方向プロジェクトと従来のプロジェクトの利用による、更なるICT活用学修化と、反転授業への展開の検討。
- ③ 授業で教える内容の厳選も場合により必要である。

対象クラスについて感じている学生の雰囲気、特徴（授業中の反応や当該科目に対する関心度合いなど）：
 この学年は2年生から持ち上がりで電気回路を教授しており、Mathcadを用いた電気回路の解析など、単に数式変形を追うだけの授業から、数学を活用する授業へと、授業形態を大幅に変更してきた。このため、本来の基礎部分の理解が不十分である。授業で多く話しているような問題・いろいろな場面からの問題の検討は、その場での理解が困難である学生もいると推察している。授業で多く話す言・最大電力供給定理の状態」を授業のレベルとしているため、6割しか理解できない学生が存在する事を懸念とする授業設計で有る。このMCC（モジュール）が「最大電力供給定理の状態」を授業のレベルとしている。向度も繰り返して教授しているが、4割の学生には今更には理解できないかも知れないことを、学生が理解してくれたいことを期待している。普段の他の授業は理解できていると思う、やや成績の良い（表面的な理解は良くできる）学生に、より深い学習や理解を促すことを目指している。

科目の特徴・特性（双方方向の授業、反転授業の導入のしやすさ（しにくさ）、アクティビティの活用など）：
 所の提供する電気回路に関するLMS上のコンテンツでは、全ての希望する連絡に不足無く学修対応可能であることを目指している。すなわち、教室外学修環境をつくり提供することを目指している。

●アクティブラーニング授業実施の内訳

時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印化して記入する
導入	10:40～ 11:10	今日のALの内容紹介と回答例の説明	■:説明 ○:学習活動☆:ALの山場 ※:チャットポイントの記号と共に内容を記載する	
展開	11:10～ 11:50	ペア学修によるたまたま積分の実施	○:学習活動 教科書の例題の紹介と、今日の課題解決の手順の紹介。 ☆:ALの山場 ミラー法での回路応答の計算法。 インパルス応答とインパルス応答による計算。 ペアで入れ替えても同じ回路応答となることの確認。	○
まとめ	11:50～ 12:05 12:05～ 12:10	Mathcadを用いた波形応答計算への展開 学内用ホームページとLMSの活用を指示	※:チャットポイント たまたま積分や配列変数を用いて、簡単にMathcadで計算できることの確認。 ○:学習活動 入門・基本・展開の各レベルの問題や解説の詳細はLMSと学内用ホームページにて。	○

●アクティブラーニング授業の教材・関連の資料や様子の写真等

●アクティブラーニング講義担当教員による授業後の考察：Mathcad を使う事で簡単にたまたま積分やラプラス変換を計算可能であるが、その計算の意味を理解させ、LTI システムの応答について、実際に波形として可視化する事が可能となった。また、ペア学修の結果の可視化が明確なでLTI システムの理解もより進む。

- ・教員のねらいどおりに授業が展開できたか？ 課題学修への活性化は達成できた
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと ノートパソコンの電源問題に注意が必要である
- ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） 学生全員の理解へ繋げる繰り返しの教授も必須

●アクティブラーニング担当教員によるフィードバックシート（指導力の振り返り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

スキル項目	評価基準	
① 学びの場づくり	よい	あまりよくない
② 対人関係	○	○
③ 構造化	○	○
④ 合意形成	○	○
⑤ 情報共有化	○	○

4.2 高学年『英語 A』における AL 実践

菅原 崇^{※1}

Takashi SUGAHARA

1. はじめに

ビジネスという社会活動において用いられる英語をシミュレーションしているという点で、現在多くの企業がTOEICを社員の英語力を測る指標としている。それに準じ、高等教育機関でもTOEICは現在編入試験などで活用されている。

このような現状において、高専生は「就職」「編入学」いずれの場合においても自らの英語力を先のTOEICなどの客観的な数値で示さなければならない。実際、岐阜高専においても過去の「元気があれば英語などできなくてよい」といった盲信は払しょくされており、現在では自らの将来のため英語力向上に尽力する姿が特に高学年生の間で見られる。

本稿はそのような社会的ニーズおよび学生からのニーズに準じた授業として著者が今年度も含め近年4年生以上に行っているTOEIC準拠の授業を紹介したい。

2. 授業の構成

授業は「目標設定」「現状把握」「実際に問題を解答しながら苦手箇所を洗い出し、克服」というプロセスのなかで学生には英語学習を行なわせる。

年度初めに学生各人に目標設定をさせる。大学編入試験に合格を目指すようであれば、過去のデータなどからTOEICに換算し何点を獲るべきか、などを学生自身に調べさせる。各人の目標としての最低ラインとしては授業の単位取得であるが、それでも一定の努力が必要となることを学生により具体的に周知する。

次に「現状把握」として、実際のTOEICスコア(3年次1月に受験したもの)やTOEICに準じた模試の結果を参考に目標までの程度の開きがあり、年間を通じてどの程度英語学習に時間を割くべきか学習プランをこちらから提示する。

これらの前提の上で、TOEIC準拠の授業が進む。TOEICを基準に授業展開をする理由としては、先の社会的ニーズもあるが、学生自身が現状や将来的な目標、さらにそれに向けた努力量を客観的に把握でき、結果として長期的で自律的な学習を維持できる。また、これによって特に英語がそれほど得意でない学生が陥りやすい「どこまで勉強してよいのか分からない」といった悩みを解消できる。

授業は実際に問題を解答し苦手箇所を洗い出し、克

服する「Eラーニング教材を用いた自律学習」、ボキャブラリー増加のための「単語テスト」、Eラーニングや単語テストといった学習の進捗状況を測る「模擬試験」(=これによりその都度「現状把握」が可能)の3つで構成されるが、それらの大半は授業外学習を前提としている。実際、語学力は学習時間に比例することは科学的にも証明されていることから、学生らは自らの目標に向けどれほど時間をかけて英語に臨むかが本授業ならびに学生自身の英語力向上の鍵となる。

教員は学生各人の目標や実力に合わせて極力個別指導を意識しながら学生からの質問に対応するとともに、模擬試験などを行うことで各人の中間段階での学習到達度を見極め、その都度目標に合わせた学習の方向性を授業内外で学生と話し合うことで学期を通じて彼らをリードしていく。

3. 今後の展開と課題

以上のように、学生らが目標に向かい自ら努力する、教員は各人の目標に合わせて適切に彼らをサポートする、このような授業を今年度を含め近年高学年を対象に行っている。実際、ここ数年で学生らの英語に対する意識が大きく変わったことは教員である著者からも認識でき、また、過去の学生では取り得なかったTOEICスコアを実際に近年の学生らは獲得している。それは専攻科入試や編入学に臨む学生らのTOEICスコアの急激な上昇を見れば頷けるところであり、上記の授業の成果といえる。

今後の課題としては、低学年との英語教育とどのようにリンクさせるかである。多くの低学年生にとって英語は「将来必要だから」といってもそれほど好んで学習したいと思う教科ではないかもしれない。そのような低学年生の英語に対する学習意欲をどのようにくすぐるのかは著者ばかりでなく、英語教員全員で考えるべき課題といえる。

^{※1} 岐阜工業高等専門学校 一般人文科目

4.2 1 学年世界史におけるアクティブ・ラーニング授業

空 健太^{※1}
Kenta SORA

1. はじめに：1 学年の世界史の概要

本稿では岐阜高専におけるAP事業を背景に平成30年度に実施した1 学年世界史科目の学習の取り組みについて、特にアクティブ・ラーニング（以下、ALと表記）による学習を中心にして報告する。

一般的に、世界史教育はその学習内容の複雑さから活動的な学習が難しい。また内容的にも非常に多岐にわたる。岐阜高専の世界史は、週1回の90分授業が1年間続く2単位の授業である。2単位で古代から現代まで取り扱うことは難しいため、2018年度は近現代史を通史的に教える授業として計画した。本稿では、近現代史を通史的に教える授業においてどのようにALを導入することができるのかを報告したい。

2. 自ら学ぶことのできる学生を育てる世界史

2-1. 2018年度第1 学年世界史のシラバス

2018年度の第1 学年世界史（機械工学科：1M、環境都市工学科：1C）の試験を除いた1年間のシラバスを簡潔に示したものが表1である。

表1 2018年度世界史シラバス概要（1M、1C）

週	授業内容
前期1～7週	現代の世界
前期9～15週	冷戦の時代
後期1～7週	帝国主義の拡大と民族運動
後期9～15週	2つの世界大戦

現代史を学んだ上で、その原因を冷戦に探り、冷戦を学んだ上で、その原因を19世紀の世界史に探るという倒叙的な構成をとっているが、全体として近現代史を学習するシラバスとなっている。なお、時々資料の読解に基づく授業や、学生のアウトプットの力を育成することを目的とした授業（参照：本稿の4.1の実践報告）も実施している。

2-2. 教わるよりも、自ら学ぶことのできる世界史

ALを導入した特徴的な学習については、本稿の4.1の実践報告で報告しているように、ポスターセッション方式を導入したプレゼンテーションの授業などを実践している。例えばこの授業での目標は、アウトプットを行う力をつけることにある。では、世界史のイン

プットを行う学習で、どのように学生主体の学びを創造する取り組みを行なっているかを報告したい。ここで報告する授業の形式が2018年度に最も多く行なった一般的な授業であった。その目的は、教科書や資料集を教員が説明するのではなく、教員の補助を得ながら、授業を通して、学生が自らあるいは仲間と協働して学ぶことができることを目指したものである。

2-3. ALを導入した世界史学習の実践

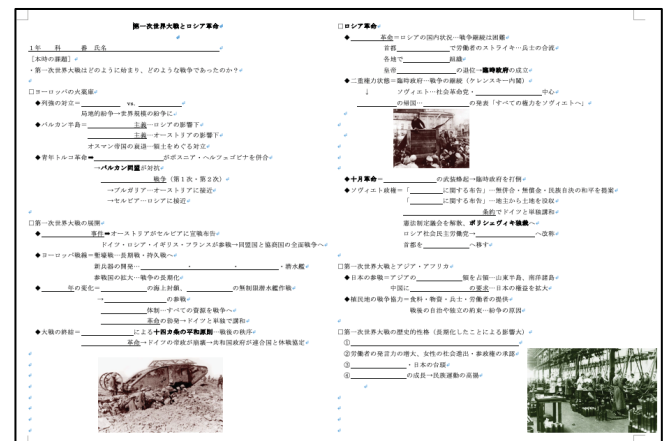
授業は3つのステップで実施する（表2）。

表2 世界史授業のステップ

ステップ (目安)	内容	目的
1 (30分)	教科書を読み、プリントの空欄を埋める	知識の整理
2 (40分)	提示された問いについての答えを教科書や資料集から整理する。	思考、表現(適切に要約する力)
3 (20分)	本時の課題として設定された課題に対して短い論述を行う	要約する力

ステップ1では、学生は配布された授業プリント（参照：資料1）の空欄を教科書を読みながら埋めていく。周りとは相談しても可としているが、基本的に静かに読み取っていく。教師は机間巡視し、学生の質問（難解な語句の意味や教科書の行間の説明など）に適宜行なっていく。授業プリントは、教科書のみで埋められるように作成しておく¹⁾。

資料1：授業プリントの例



^{※1} 岐阜工業高等専門学校 一般人文科目

ステップ2では、その時間の内容について考えてほしい問いを複数設定し、その問いをワークシートや教科書、資料集²⁾を活用して、思考し表現することを求めている。例えば、「第一次世界大戦とロシア革命」であれば、6つの問いを設定している。この問いは次のステップ3での本時の課題を考えるために必要な問いを設定している。学生は周りの学生と議論しながら、それぞれの問いに対する回答を作っていく。学生の回答は、指名された学生が黒板に板書し、さらに説明を行う。それに対して、教師は補足したり、質問を行っていく。

資料2：ステップ2での課題

「第一世界大戦とロシア革命」の場合
Q1. (1) バルカン同盟を結んだ国はどこか？(2) 2回のバルカン戦争による変化を図で整理せよ。
Q2. サライェヴォ事件とはどんな事件か？
Q3. ヨーロッパの戦争に関わらないという孤立主義をとっていたアメリカがなぜ第一次世界大戦に参戦したのか？
Q4. 総力戦体制とはどのようなものか？
Q5. 二月革命後のロシアで、臨時政府よりもソヴィエトが労働者や農民の支持を得たのはなぜか？
Q6. 第一次世界大戦を通して女性の社会進出や労働者の発言力が増大したのはなぜか？（例えばイギリスでは1918年に女性に参政権が認められた）

ステップ3では、その時間の内容を大きくまとめるための問い（本時の課題：参照資料3）についての論述を行う。ここでは学生は、基本的には一人で、これまでの学習を総括して課題に対する自分なりの理解を表現していく。

資料3：ステップ3でのまとめの課題

「第一世界大戦とロシア革命」の場合
[本時の課題] 第一次世界大戦はどのような戦争であったのか？

以上の3ステップが一つの学習のまとめである。90分の授業時間で全てを終わらせるためには、ステップ1を宿題として実施すれば可能である。このようなステップをとることで、講義中心になりやすい世界史の学習に方法としてALを導入することで、教科書や資料集を自ら要約したり読み取っていくことのできる学生を育成することを目指している。教科書も読みやすいものを選択し、2018年度は世界史Aの教科書を使用している。

この形式では、世界史の教師はファシリテーターとして学習を促すこと、さらに個別の学生の質問に答えられること、またステップ2の学習では生徒の理解に応じた解説を加えることなどが主な役割となってい

る。したがって、教師自身が世界史の内容について十分に理解していなければならない。

3. 今後の展開と課題

本稿で説明した世界史の授業は、学生の活動を中心として世界史の授業がいかに組織できるかに焦点を当てたものである。学生の回答や論述などを確認することで、学生が実際にどのような理解を行なっているのかを確認することができる。教師が講義をし、ワークシートに記入させることももちろんできるが、それではどこまで理解できたのかが明確ではないし、教師がいなければ学習できないことになる。提案した授業は、学生が教科書などをもとに自ら学ぶ力を伸ばす上で意義があるだろう。さらに、教師が授業を通して学生の不足している力を感じた際に、前述したポスターセッションの授業や、資料読解などの授業をタイミングよく導入することで、さらに効果的に学生の学ぶ力を育成することができる。

しかし、いくつかの課題もある。例えば、設定した問いによって学生の学習が方向付けられるため、どのような問いを設定すべきかという点が課題である。また、学生自身で探求する問いそのものを考案することができるようになることも課題である。

この世界史の学習は、あくまで方法的な改革の一例である。ALといっても様々な方法が考えられる。また、内容的な改革を伴うことで、より学習効果を高めることが期待できる。世界史の学習内容そのものも含めた改革が今後の最も大きな課題である。

謝辞

この授業は、筆者が継続的に行っている高校教師を対象とした世界史教育の研究の中で参観させていただいた岐阜北高校の高木一輝教諭の取り組みや工夫の一部を参考にしている。ここに記して謝辞を申し上げる。ただし、この授業についての責任は全て筆者にある。

註

- 1) ステップ1ができた者は、黒板に書いた自分の番号を消させるといった作業を行わせることで、全員ができることを確認する。時間がかかる学生には、できた学生が教えあうことを奨励している。
- 2) 2018年度の使用教材は次の通り。近藤和彦ほか『現代の世界史 改訂版』山川出版社、『最新世界史図説 タペストリー 十六訂版』帝国書院。

4.2 教科「保健体育」におけるAL実施状況

山本 浩貴※1
Hiroki YAMAMOTO

1. 実施報告

1-1.30年度のAL実施について

平成29年度より保健体育授業においては、特に「健康づくりのための実践学習」を目的にALを実施している。各授業の内容を、簡単に報告する。

①「生活と安全」という学習内容について、4月当初の授業で交通事故防止の注意点、ケガや熱中症に対する注意点などを、資料やビデオ学習を通じて実施した。中でも救命救急については、CPR2015ガイドラインについて実技と講義を行った。実技に際しては、CPR・AED学習キットMini Anneを使用し、2人一組で21セットを準備して実施した。備え付けのCD説明に合わせて何度も繰り返し反復学習することで、CPRの手順を学習することができたと思われる。

②生活習慣病の学習について

生活習慣病の中で15、16歳の年代に直接関わってくるのが肥満である。授業では、生活習慣病について学習し、各自の現状を把握するために、授業用に作成した資料に基づき、実際に肥満度の調査や体組成の調査を実施した。肥満度の調査では、標準体重法の計算、体格指数法の計算などから判定評価を行った。体組成の調査では、各グループ別にインピーダンス法や近赤外線分光法による体組成測定、WHR測定による肥満の型判定などを実施した。また、血圧測定も行い、各自の調査結果をレポートに纏め肥満について考察した。

実際に自分の身体に関する事を、色々な方法を用いて調査したことで、日頃の生活習慣を見直す良い機会となったという感想が多かった。

③栄養素についての学習

食育と言う観点も含め、各種栄養素の役割について教科書・資料・ビデオ教材を活用し学習させた。さらに、エネルギー摂取と消費のバランスについて、調査用の資料に基づき、各自のエネルギー消費量の調査に取り組ませた。調査は、「活動的であった日」と、「余り活動的ではなかった日」の2日間を選んで生活活動調査表を作成し、エネルギー消費量の差を比較するという内容とした。調査により自分の生活活動量を知り、

総エネルギーの消費と摂取のバランスを考察し生活習慣の在り方や見直しについて、レポートに纏めさせた。

肥満に関係するエネルギーの消費と摂取のバランスを知ることにより、より深く食事や運動の重要性を確認する事ができたと思われる。興味のある学生は、1週間から2週間の調査をした者もあり、自己の生活習慣の調査に対し、非常に関心が高かった。

④体力づくりについて

健康づくりに必要な運動と身体のしくみについて、運動生理学・解剖学・運動器である骨や筋肉の役割・身体活動のエネルギー供給について基礎知識を学習した。その後、運動を実践するために必要なトレーニングの原理・原則について、ビデオや教科書により学習し、各自の目的に合った「筋力の向上」を目的としたトレーニングプログラムの作成に取り組ませた。トレーニングの実施については、体育実技の中でウェイトトレーニングマシンを利用し、記録を取りながら実施させた。体力づくりに興味のある熱心な学生は、体育実技以外でもトレーニングルームに通い、日常的にトレーニングに取り組む姿勢が見られた。

2. まとめ 今後の見込と課題

今年度の保健講義では、入学当初に高専生活を安全に過ごすために基礎知識を学習し、その後健康づくりという観点から生活習慣病について学習させた。その中で、各自の肥満度・エネルギー代謝・エネルギー摂取量を調査することで、食事と運動のバランスを確認する学習に取り組んだ。さらに、体力づくりの学習では、筋力向上を目的としたトレーニングプログラム作りに取り組んだ。このトレーニングの実践については、体育実技と保健講義を合わせ、約3か月間トレーニングに取り組む中で、自己に見合った内容をPDCAの流れで学習させた。保健や体育実技を通じて、「健康のとらえ方」と「健康づくり」について、より身近な問題として考える機会とする事ができ、今後はこれが生涯スポーツへと発展するようになっていきたいと考える。

※1：岐阜高専一般自然科目(教授)

4.2 数学ソフトと連携した電気回路の学修支援コンテンツの開発

所 哲郎^{※1}
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

本校では、高専機構によるモデルコアカリキュラム (MCC) 対応に向けて、平成29年度入学生から全学科の教育課程表が大幅に変更された¹⁾。新カリキュラムでは、電気情報工学科の第2、第3学年の電気回路²⁾、第4学年半期の電気回路³⁾ (三相交流・回転磁界等) は継続されたが、第4学年通年の情報伝送工学は廃止となった。

これらに伴い、合計5コマで半期15回の授業がそれぞれ実施される。教科書は電気学会監修の「基礎からの交流理論²⁾」と「回路網理論³⁾」から、理工図書の実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ、「電気回路⁴⁾」へ変更となった。この新しい教科書は、電気電子系での採用を基本としているが、全ての工学系コース学生に役立つ様に、高専教員と大学教員により入念に編纂されたものである。

授業時間が5/7に減らされた中でも最新の数学ソフトを活用するなどして、より複雑な回路解析ができるようになることを目指している。そのため、学修をサポートする学修支援コンテンツ群をLMSや学内ホームページ等に蓄積中である。ここでは数学ソフトと連携した電気回路の学修支援コンテンツの開発について紹介する。数学的な解析部分についてはプログラミングも活用することで、APによる数学力・プログラミング力の強化と科目連携を目指している。

本稿では第2学年での学修範囲である、第1章電気回路の基礎、第2章交流回路の基礎、第3章交流回路についての数学活用学修支援コンテンツの開発状況を、具体的事例とともに紹介する。

2. 第1章直流回路の基礎

電気回路の直流定常状態はオームの法則($V=IR$)で、高専入学前に既に理解しているものと思われる。高専1年生の電気製図でも説明しているが、電気回路では線形・時不変・因果性・重ね合わせの理などの概念を加えつつ、学年を追って説明していく。

新しい教科書では、高専2年生から「電気回路」の学修が始まることを前提に、最大電力問題などでも微分を用いない解答方法から教授している。2次関数の

グラフなどを活用して解説している。オームの法則を学んだ後の最初の難関は電圧計と電流計を用いた中位抵抗の測定(図1)で、電圧優先と電流優先の違いである。計測器の内部抵抗を考慮すれば、数学的にはどちらであろうと正確に抵抗値を求められる。電池の内部抵抗の測定の解説を兼ねて、工学実験系とも連動する。

$$\begin{aligned} \bullet v_R &= (r_a + R)i_R = Ri_R + r_a i_R = Ri_R + \Delta v_a \quad (\text{V}) \quad (1.6) \\ \bullet i_R &= \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r_v}\right)v_R = \frac{v_R}{R} + \frac{v_R}{r_v} = \frac{v_R}{R} + \Delta i_v \quad (\text{A}) \quad (1.7) \end{aligned}$$

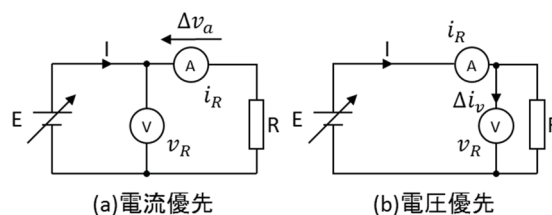


図1. 中位抵抗の測定

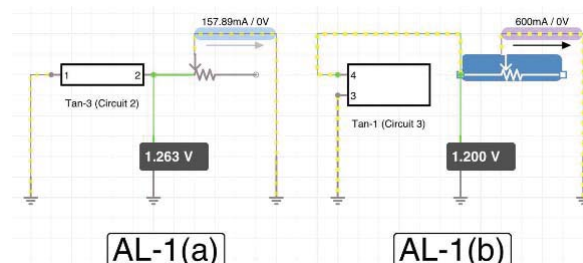
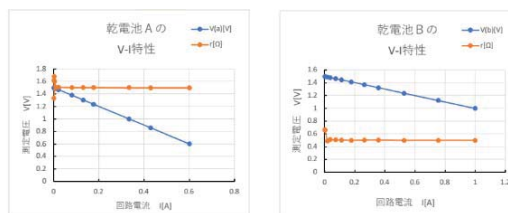


図2. iCircuitによる電池の内部抵抗の測定



A L 発展問題

- 1 電池の内部抵抗を求める式を考えてみよう
- 2 教科書の図では電流が大きくなったところで電圧が急激に下がっている。これは内部抵抗が変化することを意味している。その場合 (負荷電流が大きくなると)、電池の内部抵抗は大きくなったか、小さくなったか。
- 3 電池の内部抵抗は単1・単2・単3と、小さくなるにつれて大きくなるか、小さくなるか。
- 4 一定電圧の電源として電池を用いる場合単1・単2・単3のどれが良いか。
- 5 iCircuitでは電圧源は並列接続できないが、電池は並列に接続できる。なぜか。
- 6 電池に大電流を流すと電池が熱くなるのはなぜか。
- 7 外部回路を接続しなくても、電池はだんだん変化する (弱くなる) と言われている。電池の自己放電について調べてみよう。

図3. EXCELによる電池の内部抵抗の解析

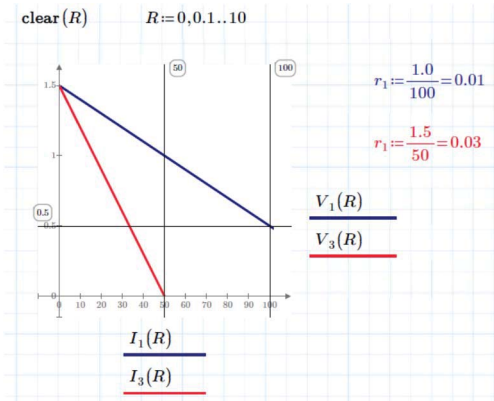


図 4. Mathcad による電池の内部抵抗の解析

図 2 は本校電気情報工学科情報工学演習室に導入した電子回路シミュレーションソフト iCircuit[®]による模擬実験結果である。本校 LMS の電気回路では、EXCEL[®]による模範的な解析シート (図 3) を紹介した後で、数学ソフト Mathcad[®]による解析結果を図 4 のように紹介している。実際に実験すること無く学生個人個人が模擬実験と実験結果の解析、そしてグラフによる解析と可視化を実行可能である。

Mathcad による解析・可視化と EXCEL による解析・可視化には一長一短があるが、Mathcad のホワイトボードインターフェースは、教科書の数学表記とほとんど同じであり、よりなじみやすい。なんと言っても複雑な数学の式がそのままの形で入力して解析可能となるので EXCEL より遙かに視認性や再利用性に富んでいる。図 5 は抵抗分圧回路を iCircuit により解析したもので有り、生きた教科書の図として学生個人ごとに、任意の回路位置の電圧や電流を測定し、グラフ化することが可能である。

また、今までは第 4 学年の情報伝送工学のカウアー回路などで紹介していた連分数の計算も、Mathcad を用いることで図 6 の様に簡単に可視化できる。直列回路の合成抵抗と並列回路の合成コンダクタンスが、それぞれ、抵抗とその逆数の和と対応していることを理解させることが可能となる。すなわち、数学的な式での表現と電気回路の回路図との対応を、直列回路と並列回路を対比させながら学ぶことが可能となる。

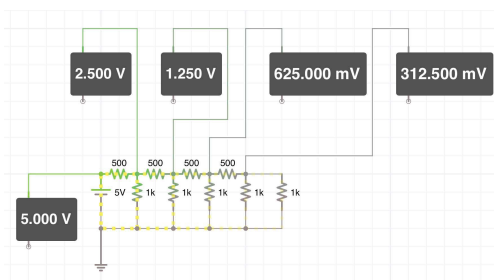


図 5. iCircuit による 4bitA/D コンバータ回路

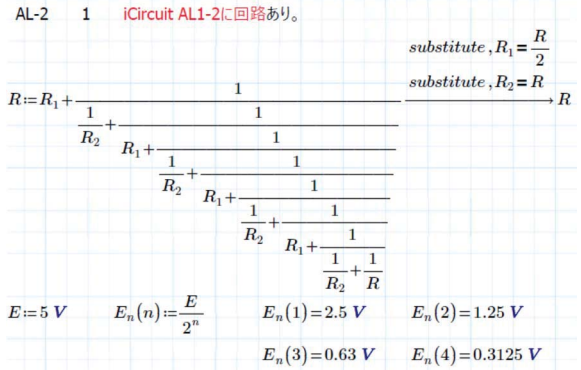


図 6. Mathcad による 4bitA/D コンバータ回路解析

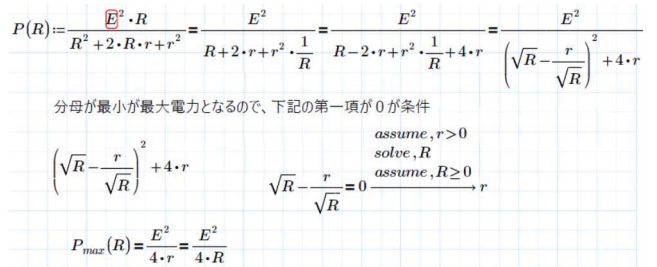


図 7. Mathcad による最大電力供給定理の回路解析

図 7 は最初に紹介した最大電力供給定理の Mathcad による解法であるが、この程度までであるとノートに書くのと同じ様な手間であり、数学ソフト活用やプログラム活用のメリットは可視化できていない。

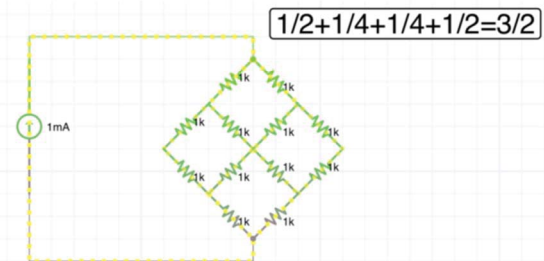


図 8. iCircuit による教科書例題の解法

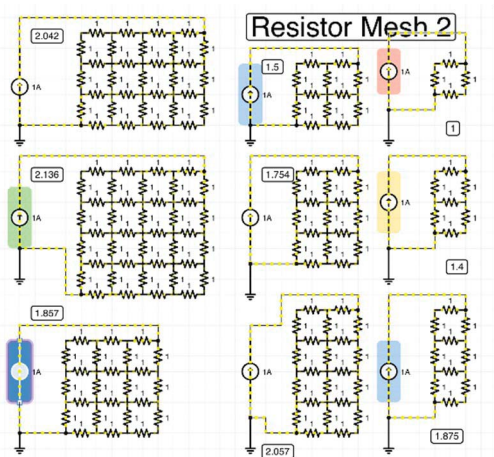


図 9. iCircuit による 3×3、4×4 その他の解法

図8は教科書の例題であり、対称性を用いて合成抵抗を簡単に求める事ができる。一方、図9の3×3以上では、対称回路ではあるがオームの法則のみでは簡単には解けない。iCircuitを用いれば1Aの定電流源の電圧降下から簡単に合成抵抗を求めることはできる。しかしながら解析解(3×3で13R/7、4×4で47R/22、5×5で1171R/495)を求めることは難しい。また、図9の非対称な回路では2×3でも数値解はiCircuitで1.754Rと簡単に求まるが、その解析解を理論的に求めることは難しい。これらは第3章のループ法やΔ-Y変換の解法を学んだ後に解くことが可能となる。

3. 第2章交流回路の基礎

さて、定常解ではあるが交流回路となると、グラフによる可視化が電気回路の理解には大いに役立つ。まずは正弦波の理解から始まる。Mathcadを用いれば簡単に正弦波波形をグラフで可視化する事ができ、フェーザとオシロスコープの波形の関係や、リサージュ図形などを数学的に求める事ができる。図10は回転ベクトル先端の軌跡とその縦軸成分が正弦波になる事の図的説明をMathcadで実施している様子である。Mathcad 15まではアニメーションも可能なので、パラメータを変化させた時の時系列変化をアニメーションとして動的に可視化する事も可能である。

図11はフェーザベクトルで表した交流の和と差の合成を、Mathcadで可視化したものである。もちろん

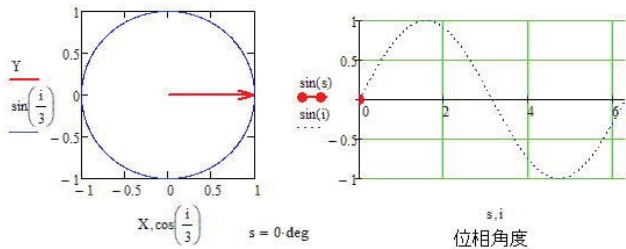


図10. Mathcadによるフェーザベクトルの回転と正弦波の時間的変化との対応の可視化

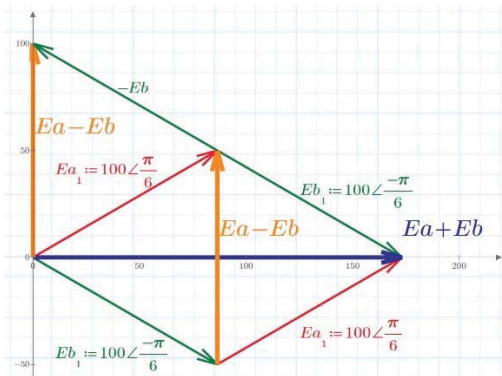


図11. Mathcadによるフェーザベクトルの和と差

角度や大きさを変化させて、正弦波との対応を動的に可視化する事が可能である。図12ではsin(0.7)=0.64であることを可視化しており位相値0.7radを変化させれば対応する矢印と値が連動して変化する。図13は遅れ位相差の説明を、Mathcadを用いている。当然位相差を変化させれば、ゼロクロスの縦の点線とその値も含めて動的に変化する。単位のdegをradに書き換えると計算された数値は自動的に正しい値に修正される。例えば90degはπ/2radと自動変換される。

図14は、sin(ωt + θ)の正弦成分と余弦成分への分解から正弦波の加法定理の公式を証明している様子である。加法定理が可視化され、正弦波と余弦波のフェーザの位相関係が視覚的にも理解できる。

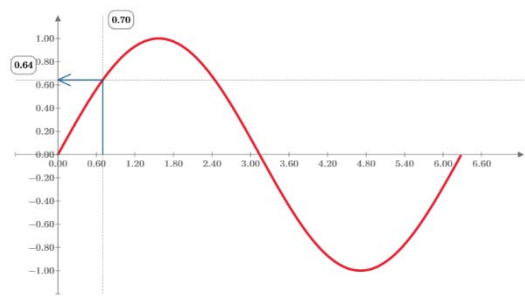


図12. Mathcadによる正弦波の位相と瞬時値の可視化

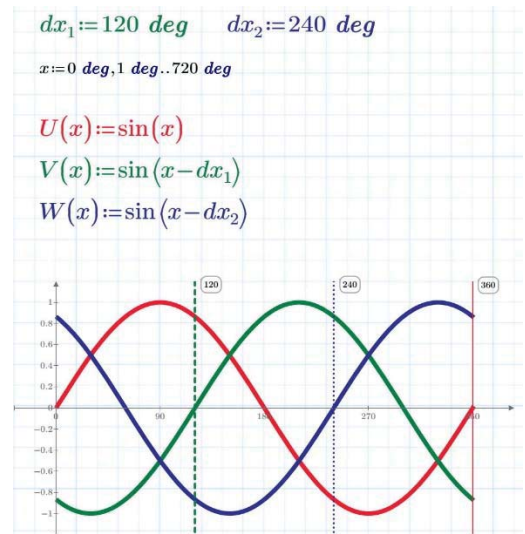


図13. Mathcadによる正弦波の位相差の可視化

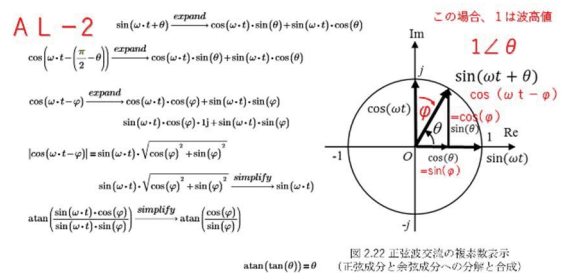


図2.22 正弦波交流の複素数表示 (正弦成分と余弦成分への分解と合成)

図14. Mathcadによる正弦波の加法定理の証明

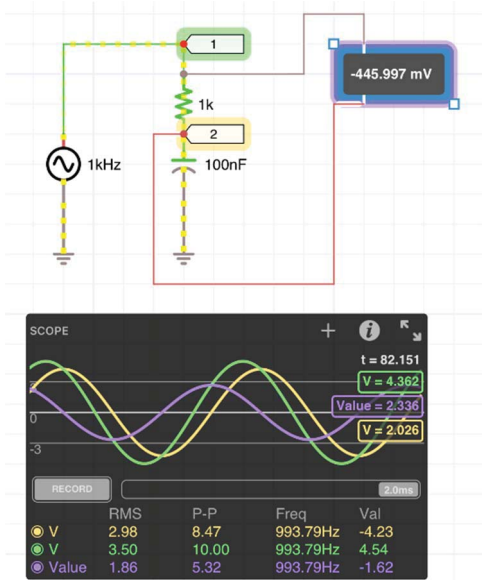


図 15. iCircuit による CR 回路の波形観測

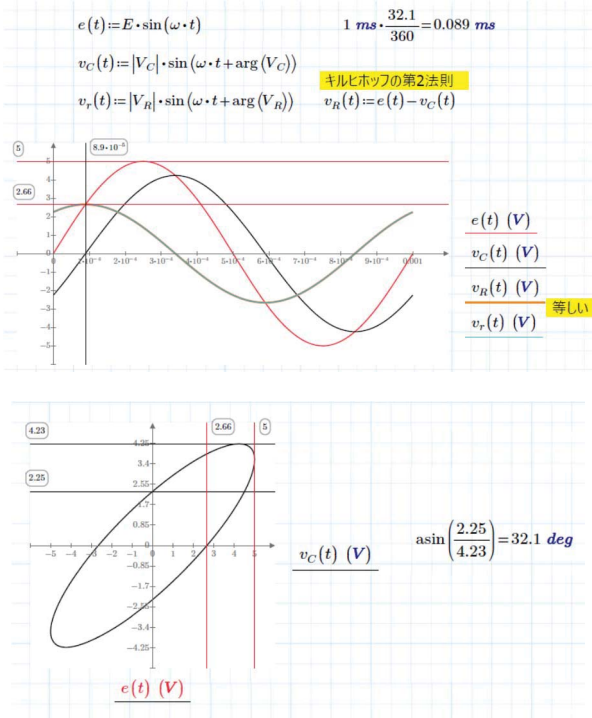


図 16. Mathcad による CR 回路の波形解析

図 15 と図 16 は、第 2 学年の工学実験で学ぶ CR 回路の交流電圧降下のオシロスコープによる観測を iCircuit で確認し Mathcad を用いて解析している様子である。オシロスコープではできないチャンネルごとの波形を色で区別して、実際の実験結果をより明示的に予想し解析し、交流理論を理解することが可能となる。

4. 第 3 章交流回路

第 2 学年後期に入ると第 3 章交流回路へ進む。ここでは、各種の回路解法や回路解析に用いる定理を学ぶ。

2 章で複素数や指数関数、ベクトルの取り扱いを電気回路の観点から学んだ。第 3 章では、これらに加えてクラーメルの公式と行列演算を電気回路の解法を通して学ぶ。数学的に意味と計算方法を理解できていても、実際の複素数の演算は手作業では時間がかかり間違ってしまうことが多い。そのため 2×2 程度での計算となる。

手計算の演習は数学の授業でも行われるので、AI 社会を想定して、Mathcad を用いた計算手順を教科書での丁寧な式の展開とともに並列教授した。よく、授業アンケートでは数式の変形が丁寧で分かりやすかったとの意見があるが、この部分は教科書に譲り、電気回路の授業ではキルヒホッフの法則の物理的イメージと、数学的解法の手順の教授を重視した。従って、従来はループ法での解法、しばらくして接続点法での解法、その他の定理を用いた解法へと章を追って移っていくことが多かったが⁵⁾⁻⁸⁾、今回からはほぼ同時に、並行してこれらの解法を「数学的な解法手順」をもとに教授している。電気回路の双対性や機械系との相似性なども、物理での数学的な取り扱いを意識して、連立方程式や微分・積分などの意味を電気回路に置き換えて説明する様に工夫している。

具体的には、直列回路と並列回路、抵抗とコンダクタンス、電圧源と電流源、複素数とフェーザ表記（極座標表記）、インピーダンスとアドミタンス、電圧基準と電流基準などが前期までの学修であったが、第 3 章では、キルヒホッフの第一法則と第二法則、テブナンの定理とノートンの定理、ループ法と接続点法、 Δ -Y 変換など、数学的な対称性がある項目をペアで教え、Mathcad を用いた計算手順が同じであることを意識させている。

さて、2 年後期に入った段階では、まだ数学での微積分の学修が十分に行われていない。しかしながら電気回路では、最大電力供給定理など、最適値や共振条件など特殊な条件となる解を求めることが多い。今回採用した電気回路の新教科書では、円線図による解法を積極的に活用し、微分等の数学演算を用いることなく、図的に数学的な最適解などを解く方法を学ばせている。以下にいくつかの内容を紹介する。

図 17 は教科書の例題である。直列と並列の混ざった回路の電流を求め、その電圧との位相差が最大となる条件を求めさせている。教科書の解説は位相差の方程式を求め、その微分=0 と二階微分の正負から最大値となる条件を求めている。まずは王道となる最大値問題の解法手順を紹介している。しかしながら、数学での微分の学修がわずかに遅れる事がある。このため、円線図による解法(図 18)を章の後半で紹介している。

図 19 は円線図による解法を活用するアクティブラーニング (AL) 課題である。新教科書の特徴として、

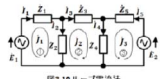
厳選したAL課題が各章に配置されている。特に向学心のある学生にもチャレンジしがいのある、かつ、良問を紹介している。

図20はループ法(ループ電流法)の教科書での解説である。2x2の2ループ回路で紹介されることが多いが、ここでは、3x3の3ループ回路で説明している。クラメールの公式による3元連立方程式の解法を紹介している。このMathcadを用いた解法が図21である。既知の行列EとZが定義できれば、未知の電流行列Iを文字式でも解くことが可能である。すると、同じ回路を図22の節点電位法でも同様に解けることが理解できる。これらの双対性をふまえて学修すれば理解度が深まる(間違える確率が半減する)ことを期待している。

図23は図9でiCircuitにより求めた2x3の抵抗格子の問題である。この回路の回路方程式をたてて、数式変形で解くことは可能ではあるが、数式変形の数学的ひらめきを必要とし、普通の学生には解けないと思われる。しかしながらMathcadを用いた解は図24の様

3・1・3 キルヒホッフの法則

(1) ループ電流法



$$j_1 = \begin{bmatrix} E_1 & -Z_2 & 0 \\ 0 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ E_2 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{bmatrix} \quad (A) \quad (3.39)$$

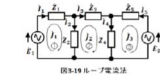
$$j_2 = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_2 & E_1 & 0 \\ -Z_2 & 0 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{bmatrix} \quad (A) \quad (3.40)$$

$$j_3 = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_2 & -Z_2 & 0 \\ -Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{bmatrix} \quad (A) \quad (3.41)$$

図20. ループ電流法の解説

3・1・3 キルヒホッフの法則

(1) ループ電流法



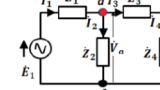
$$E := \begin{bmatrix} E_1 \\ 0 \\ E_2 \end{bmatrix} \quad Z := \begin{bmatrix} Z_1 + Z_2 & -Z_2 & 0 \\ -Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{bmatrix}$$

$$I := \text{solve}(Z, E) \quad \text{simplify}$$

図21. Mathcadによるループ電流法の解法

3・1・3 キルヒホッフの法則

(2) 節点電位法



$$I := \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix} \quad Y := \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_3} \\ -\frac{1}{Z_3} & \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_5} \end{bmatrix}$$

$$E := \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$$

$$V := \text{solve}(Y, I) \quad \text{simplify}$$

図22. Mathcadによる節点電位法の解法

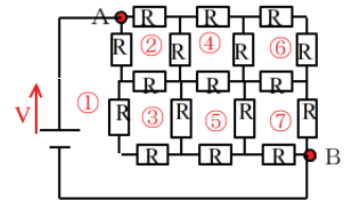


図23. 抵抗Rの2x3格子問題のループ電流法

$$\begin{bmatrix} V \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \cdot R & R & 0 & R & 0 & 2 \cdot R & R \\ R & 4 \cdot R & -R & -R & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R & 4 \cdot R & 0 & -R & 0 & 0 \\ R & -R & 0 & 4 \cdot R & -R & -R & 0 \\ 0 & 0 & -R & -R & 4 \cdot R & 0 & -R \\ 2 \cdot R & 0 & 0 & -R & 0 & 4 \cdot R & -R \\ R & 0 & 0 & 0 & -R & -R & 4 \cdot R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \\ I_7 \end{bmatrix}$$

$$I := \text{solve}(Z, E) \rightarrow \begin{bmatrix} 69 \cdot V \\ 121 \cdot R \\ 32 \cdot V \\ 121 \cdot R \\ 14 \cdot V \\ 121 \cdot R \\ 45 \cdot V \\ 121 \cdot R \\ 24 \cdot V \\ 121 \cdot R \\ 5 \cdot V \\ 11 \cdot R \\ 37 \cdot V \\ 121 \cdot R \end{bmatrix}$$

$$\frac{E_0}{I_0} \rightarrow \frac{121 \cdot R}{69}$$

図24. Mathcadによる2x3格子問題の解法

[例題3. 5]

図3.14の回路で容量リアクタンスXを変化させたとき、電源電圧と全電流の位相差が最大になるときのX及びその時の電流をフェーザ表示で求めよ。

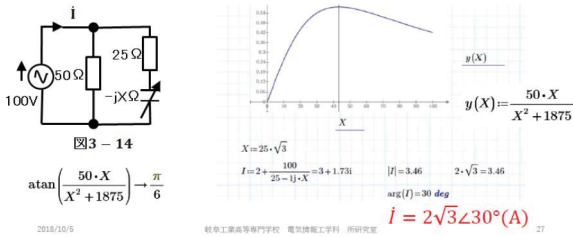


図17. 第3章の例題の一例

[例題3. 5]

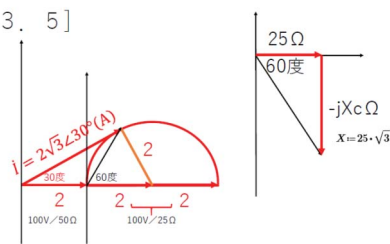


図18. 第3章の例題の円線図による解法

3章 AL-4

- 図AL-4の回路で抵抗Rを変化させたときの下記の値を求めよ。
- ①電流Iの最小値をフェーザ表示で求めよ。またその時のRの値を求めよ。
- ②電流Iの最大値をフェーザ表示で求めよ。またその時のRの値を求めよ。
- ③電流と電圧の位相差の最小値及びその時のRの値を求めよ。
- ④電流の実数成分の最大値とその時のRの値を求めよ。

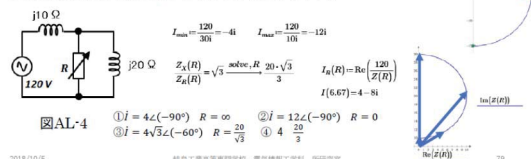


図19. 第3章の円線図による解法のAL

に、同じループ法の式の立て方を利用するだけで、簡単に解くことができる。

5 おわりに

電気系の学科で電気回路の学修を行うための新しい教科書を作成した。5年ほど前からの高専機構によるMCCの確定などを鑑み、高専教員が主体となって作成中の理工図書による「実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ」のひとつである。平成26年度からの文部科学省によるAP公募事業を鑑みて、アクティブラーニング課題として各章にチャレンジ的なAL課題を適宜紹介している。

この教科書は高専第2学年からの利用を想定しているため、電気系学科以外での電気回路の学修や大学学部での学修にも十分に耐えられる内容となっている。特に、同じ問題を色々な方法で解ける様に順を追って解説しており、新しく学ぶ章の意味合い(メリット)を可視化できる様に工夫している。また、極めて丁寧な解説から始まっているが、第4章から第8章は、多くの電気回路教科書の中から厳選した課題を創意工夫の有る例題や問題、章末問題として展開している(5)~(8)。

簡単すぎることも無く、難しすぎることも無く、絶妙なバランス設定を行っている。また、EXCELはもちろんiCircuitやMathcad等の最新のICT活用教育環境や数学ソフトを活用することを推奨した問題も多く設定されている。例えば円線図の問題やフーリエ解析の問題、過渡現象の問題などは、他の教科書には無い電気回路の良問であると自負している。

与えられた問題を解くことまでに留まっていた学修から、問題を発展させ、新しい問題を作って解いてみるという段階に進むことができる。自身でたてた仮設を確認し新しい知見を得るなど、発展的な学修形態へとステップアップすることが可能となる教科書である。これらがAPによるICT活用教育の醍醐味である。

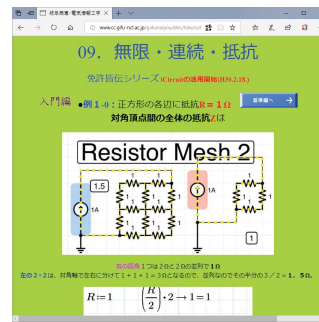
※1: 岐阜高専電気情報工学科(教授)

参考文献等

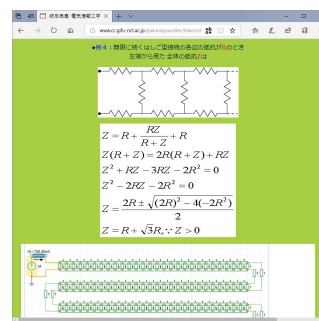
- 1) 平成29年度からの新教育課程表
<http://www.gifu-nct.ac.jp/syllabus/BrowsingPage/T/Tindex.html>
- 2) 小郷 寛他、「基礎からの交流理論」、電気学会監修。
- 3) 小郷 寛他、「回路網理論」、電気学会監修。
- 4) 遠山和之・稲葉成基・長谷川勝・所 哲郎著、「電気回路」、実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ、理工図書、pp.1-242、2018.4.24、ISBN978-4-8446-0875-2。
- 5) 佐治 學、「電気回路A」、オーム社。
- 6) 大崎博之、「電気回路理論」、数理工学社。
- 7) 津吉彰、「よくわかる電気回路」、電気書院。
- 8) 奥村浩士、「電気回路理論入門」、朝倉書店。

付録 ICT活用のAL課題例(学内用LMSより)

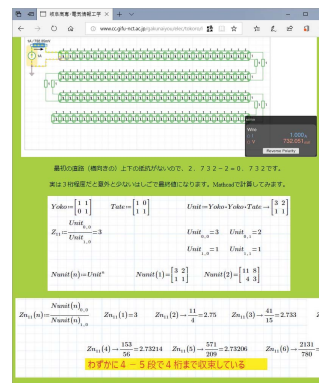
学内用ホームページには電気回路の課題ごとに多くの問題の解説がページ数の制限無く展開されている。



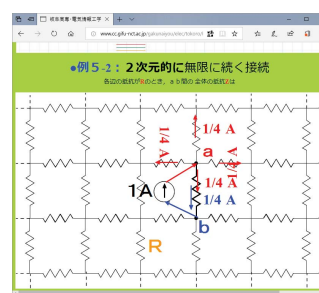
格子抵抗問題



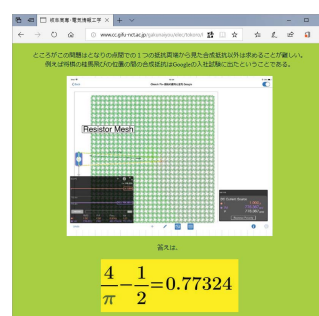
はしご形抵抗問題



Mathcadで任意段数



平面抵抗格子問題



桂馬飛び間の格子抵抗

4.2 数学ソフトと連携した回路網応答の学修支援コンテンツの開発

所 哲郎^{※1}
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

本校では前稿¹⁾に示した通り、平成29年度入学生から全学科の教育課程表が大幅に変更され²⁾、電気情報工学科の第2、第3学年の電気回路Ⅰ、第4学年半期の電気回路Ⅰ（三相交流・回転磁界等）は継続されたが、第4学年通年の情報伝送工学は廃止となる。これらに伴い、合計5コマで半期15回の授業がそれぞれ実施される。教科書は電気学会監修の「基礎からの交流理論³⁾」と「回路網理論⁴⁾」から、今年から理工図書の「電気回路⁵⁾」へ変更となった。

この新しい教科書には、以前のカリキュラムの第4学年通年科目である情報伝送工学の「回路網理論」に含まれる、以下のコンテンツが含まれていないため、信号処理などのいずれかの科目で学ぶか、必要に応じて内容を他の科目で紹介する必要がある。情報伝送工学で学んでいた主な学修内容を表1に示す。

表1. 情報伝送工学での学修内容と新カリ代替科目

No.	学修内容	代替科目等
1	LTIシステムの応答	信号処理・自動制御
2	2端子網の解析と合成	電気回路Ⅰ
3	4端子網の解析と合成	電気回路Ⅱ
4	分布定数回路	—
5	ラプラス変換と過渡現象	応用数学・電気回路Ⅰ

本稿ではこれらのうち、EXCEL[®]、iCircuit[®]、Mathcad[®]等によるICT活用が特に有効と思われる学修支援コンテンツの開発状況の一部を紹介する。最新の数学ソフトを活用するなどして、より複雑な回路解析も、基本的な学修内容を利用するだけで解くことが可能となることを目指している。そのため、学修をサポートする学修支援コンテンツ群をLMSや学内ホームページ等に蓄積中である。数学的な解析部分についてはプログラミングも活用することで、APによる数学力・プログラミング力強化の例示を目指している。

2. LTIシステムの応答

たたみ込み積分を用いた線形時不変システム（LTI;

Linear Time-Invariant System）の電気回路応答を理解することは、工学を学ぶ学生の最も基本となる必達事項である。筆者の多くの論文査読の経験からもこの部分の理解が不十分なまま論文執筆が成されていることもあり、学生にはより丁寧な解説をする必要がある。

電圧 V 印加時の抵抗 R の電流応答の線形定常状態はオームの法則 ($V=IR$) で記述されるが、複素インピーダンスを考えれば、入力電圧が無くても ($V=0$) 出力電流が有ったり ($i(t>0) \neq 0$)、入力電圧が有っても ($V=V$) 出力電流が無い ($i(t=\infty)=0$) ことは、電気回路の過渡現象を学んだ時には理解しているが、LTI システムのステップ電圧応答やインパルス応答を学ぶ時には理解が不十分となる（とりあえず教科書の例題や問題の解答のみ暗記するだけとなる）事が多かった。そこで、LMS 内に懇切丁寧な解説を追加していった。

図 1 は開発した学修支援サイトにある、単位階段関数を用いたステップ電圧応答（インディシャル応答）の項目である。前報⁶⁾との違いは、9 番目に信号処理の授業で利用されているミラー法によるたたみ込み積分を AL 用に改良して追加したこと、EXCEL によるたたみ込み積分の解説シートと Mathcad による改定版を並列提示したこと等がある。

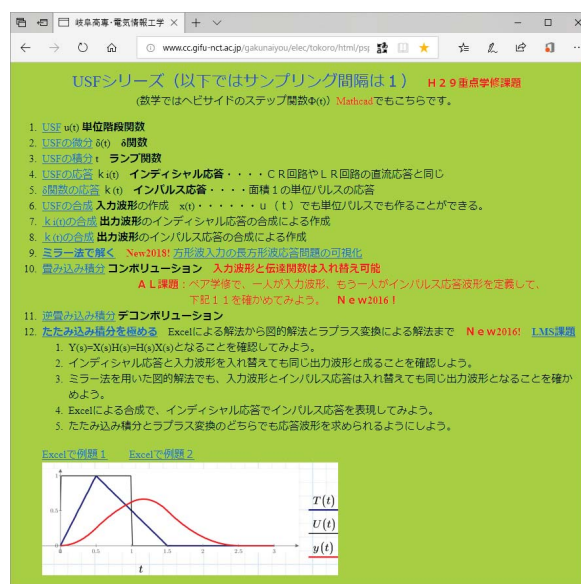


図 1. 単位階段関数 (USF) による波形応答の解説

このたたみ込み積分を用いた LTI システムの解説では、インディシャル応答とその微分形であるインパルス応答の関係を、EXCEL による離散系と Mathcad による離散系（配列演算）と連続系（シンボリック演算）の、それぞれの微分または積分演算との対応として可視化している。また、AL 課題として学生がペアとなり、それぞれが作成した離散波形を、自身の波形は入力波形として相方の波形はインパルス応答波形として、たたみ込み積分を実施させている。また、インパルス応答波形を積分したインディシャル応答波形からも各々の出力波形を合成させ、全てが等しくなることを体験させている。

3. LTIシステムの指数関数応答

電気回路では第 2 学年で直流応答と交流定常応答を学んだ、次に第 3 学年で直流過渡応答と交流過渡応答を学ぶ。これらはいずれも直流と交流正弦波波形の定常状態の応答であり、情報伝送工学で学ぶ回路網理論 1 章の指数関数応答の課題⁴⁾は、たたみ込み積分を学んだ後でも表面的な理解に留まる事が多かった。そこで、数学ソフトと連携して大幅に学修支援コンテンツを充実させた。図 2 は開発した学修支援サイトにある項目



図 2. 指数関数応答の問題解説の様子⁴⁾

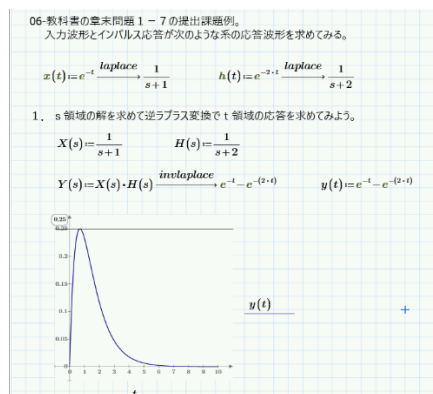


図 3. 指数関数応答問題を Mathcad でラプラス変換を用いて解く

の様子である。前報⁶⁾との違いは、7 番目に iCircuit による過度現象の観測結果を追加したことなどである。信号処理の授業で利用されているミラー法によるたたみ込み積分も行列を用いて Mathcad による改定版で実施し、デジタル化による注意点の解説を追記している。なお参考までに、本来の問題を Mathcad で解いたものを図 3 に紹介しておく。

4. 正弦波の合成波形の指数関数応答系での応答

電気回路では第 3 学年でひずみ波のフーリエ解析を詳細に学修する。その開発した学修支援サイトにある項目の様子は前報に示した通りである⁷⁾。前項 3 の指数関数応答系に交流波形の合成波を印加した場合の定常解は重ね合わせの理を用いて求める事ができるが、その過渡応答は各々の周波数の交流過渡応答を合成することとなる。

Mathcad を用いれば数学的には入力波形を指数関数から正弦波に置き換えるだけなので前項の流れをそのまま利用することが可能である。図 4 の真ん中のグラフにある様に、 $t=0$ から青の正弦波の合成波形を指数関数応答系に入力した場合の赤色の過渡応答を可視化できている。数式変形のみでこの流れを提示しても分かりにくいのが、指数関数の時定数を変化などで、過渡応答の範囲をグラフで可視化することができる。

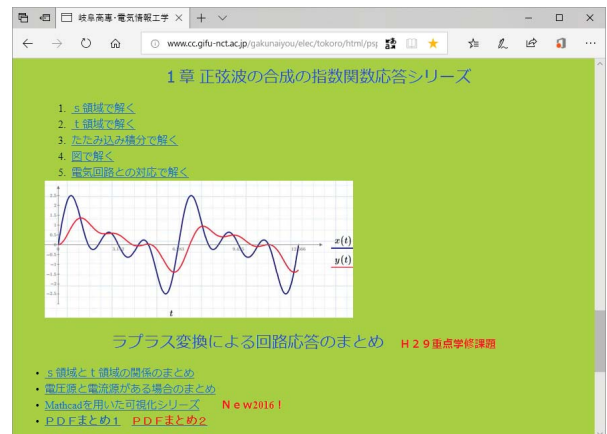


図 4. 正弦波の合成波形の指数関数応答系での応答

5. 2 端子および 4 端子網の合成と解析

前稿¹⁾で今年から電気回路 I の教科書を「電気回路⁵⁾」に更新したことを示した。その中では 2 端子網の解析方法の利用として、AL 課題にてカウアー型回路を示し、その解法を考えさせている。また、抵抗のはしご形分圧回路などを A/D コンバータ回路として紹介し、その計算方法を理解させている。情報伝送工学では 2 端子・4 端子網を学び、各 4 端子網の縦続接続は各回路の F 行列の積で求められることなどを学んでいた。

Mathcad を用いれば、これらの行列の積は簡単に計算

式として可視化する事が可能であり、複雑な回路の解法として今後の電気回路の授業時間の中でも紹介する事が可能である。開発したコンテンツの1事例を図5から図7に示す。

図5はコの字型の抵抗のFパラメータをMathcadで定義している様子である。1-1'端子から見た1段分の入力インピーダンスは3Zであり、F行列を計算するまでもない。次に2段になると、図6の中程の $Z_{n11}(2)$ にあるとおり、Z=1の場合簡単に求める事ができる。

iCircuitを用いれば図6の上にある様に、コピー&ペーストで多段はしご形回路を作り、1Aの定電流源の電圧降下から簡単に合成抵抗を求めることはできる。しかしながら任意段の解析解を求めることは困難である。Mathcadでは図6の下にある様に関数を定義することで簡単に計算することができる。更には無限大に繋いだ場合の収束値も予想することができる。図7は同様に、左右両方向に繋がるはしご形回路の入力抵抗をMathcadで、任意段数で求めている様子である。

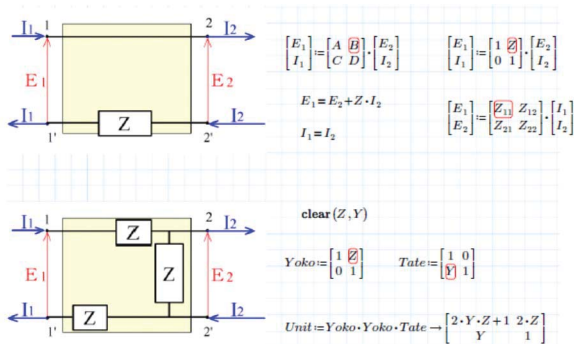


図5. Mathcadによるはしご形回路のF行列

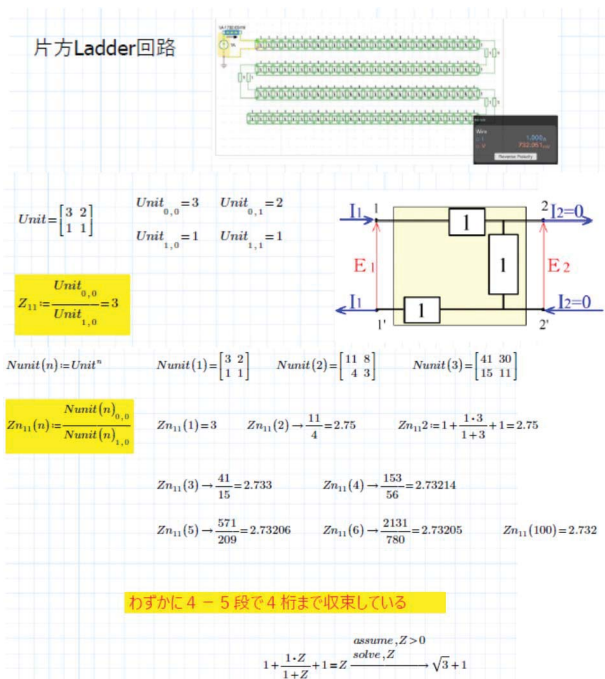


図6. Mathcadによる任意段のはしご形回路の抵抗

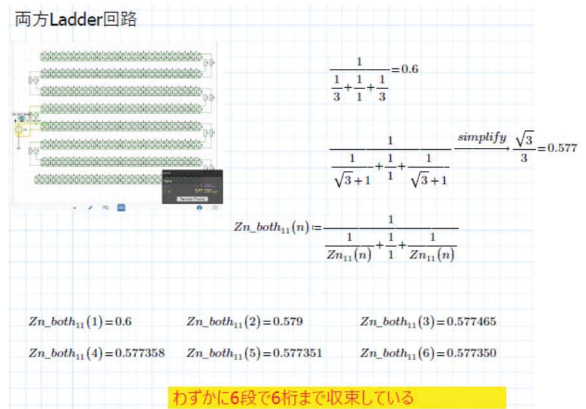


図7. Mathcadによる任意段両方はしご形回路の抵抗

6. 分布定数回路の学修支援コンテンツ

分布定数回路の学修は、今回のカリキュラム改定で削減された。しかしながら集中定数回路と対をなす分布定数回路を全く学ばないのも良くないので、通信工学や送配電工学その他、何らかの学修の参考にできる様に、学修支援システムのコンテンツ群を維持する予定である。現在のコンテンツ項目を図8に示す。各項目には解説と代表的な問題の丁寧な解説が示してある。

双曲線関数と指数関数が、三角関数とともに多用されるが、Mathcadのグラフ機能を用いると、より可視化した理解が得られることが期待できる。

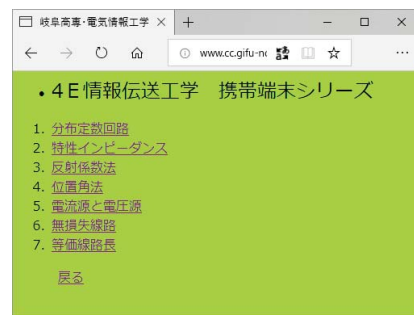


図8. 分布定数回路に関する学習支援コンテンツ群

7. ラプラス変換と過渡現象の学修支援コンテンツ

ラプラス変換と過渡現象の学修支援コンテンツについては、前報にても詳細を紹介している⁸⁾。平成29年度より前の教育課程表も現在の3年生以上では運用されている。過渡現象関係のコンテンツの学年配置を図9に示す。各1項目がおおよそ四半期ごとのコンテンツ量と成っている。図9より、第3学年後期・後半のコンテンツとして過渡現象がある。その内容を図10に示す。電気学会監修の「基礎からの交流理論³⁾」第14章を抜粋して教授している。基本的には微分方程式を解く形での学修であるが、項目7にラプラス変換が加わっている。

現在の教育課程では第4学年の応用数学でラプラス変換を学ぶので、今までは紹介程度に留めていた。しかしながら近年の大学編入学試験では過渡現象に関係する設問が多く大学の出題されつつあり、電圧源だけでなく電流源を用いたり交流電源を用いたり、色々な問題に対する理解が必要となりつつある⁹⁾⁻¹²⁾。

そこで図11のラプラス変換を用いた過渡現象の解法を第3学年のコンテンツに平成23年に追加した。微分方程式を用いなくてもこの部分のみでほとんどの問題に対応可能となった。図9では第4学年へもLTIシステム応答や過渡現象の関係でラプラス変換を活用することが多くなったので5番目の項目としてラプラス変換と電気回路としてこれらについてまとめている。

更には6番目の項目として、図12のラプラス変換と分布定数回路の過渡現象の項目を追加した。また、情

報伝送工学での教室外学修課題全般を図13に示す様に、図9の最後の項目としてMathcadで再構築し、数学ソフトの活用が如何に電気回路の理解と解法に役立つのかを可視化している。

8. おわりに

5年ほど前からの高専機構によるMCCの確定などを鑑み、高専教員が主体となって電気系の学科で電気回路の学修を行うための新しい教科書「実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ・電気回路⁵⁾」を作成した。この背景には、平成29年度からの新カリキュラムの進行に伴い、本校電気情報工学科の電気回路系の科目が半期2コマ削減される事、平成26年度からの文部科学省によるAP事業を鑑みて、アクティブラーニング課題として各章にチャレンジ的なAL課題を導入したかったこと等がある。

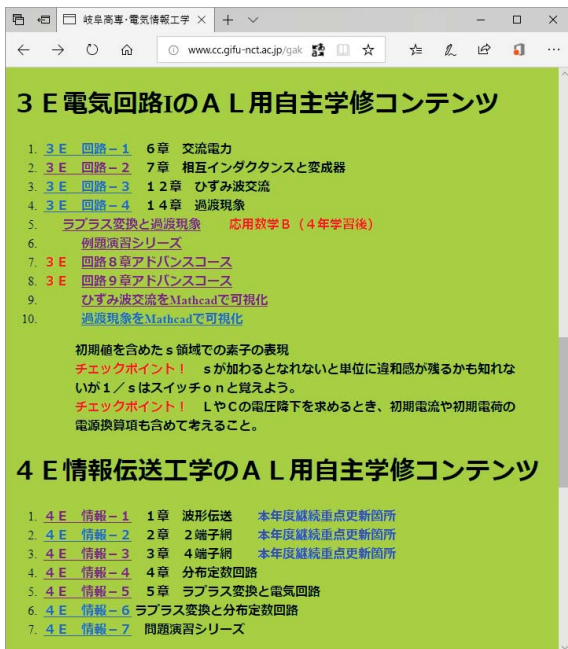


図9. 電気回路と情報伝送工学の学習支援コンテンツ群への項目リンクページ



図11. 図8の3Eの5番目の項目の内容

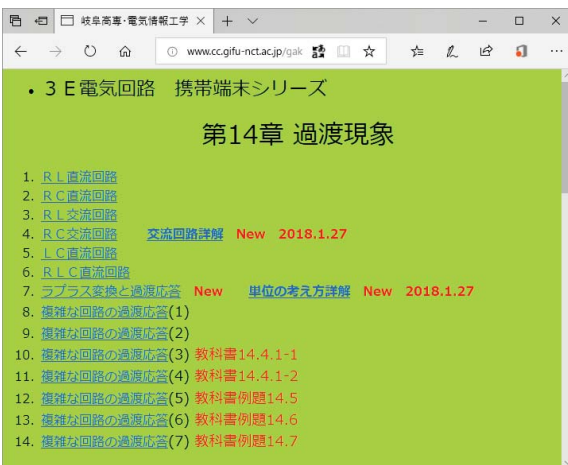


図10. 図8の3Eの4番目の項目の内容

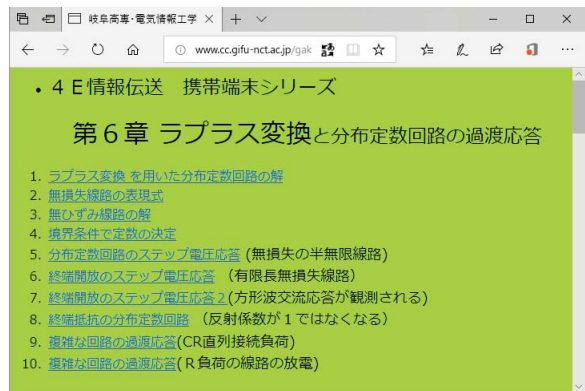


図12. 図8の4Eの6番目の項目の内容

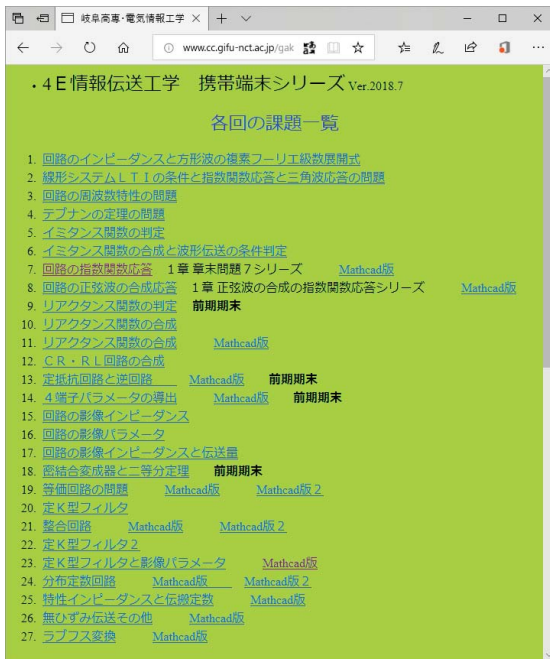


図 13. 図 8 の 4E の 7 番目の項目の内容

この教科書は高専第 2 学年からの利用を想定しているため、電気系学科以外での電気回路の学修や大学学部での学修にも十分に耐えられる内容となっている。

一方、現時点で教授している情報伝送工学の表 1 に示した各項目についても、本校の特色ある電気回路系の内容として、できるだけ学生に学修させることが望まれる。幸い、作成した学修支援システムは、入門部分から、大学教育レベルの内容まで網羅しているので、EXCEL や iCircuit、Mathcad 等の最新の ICT 活用教育環境と数学ソフトを活用して自修することも可能である。特にラプラス変換を活用した LTI システムのたまたみ込み積分と回路応答との関係、回路の過渡現象との関係については、市販の教科書を凌駕した、多くの教科書⁹⁾⁻¹²⁾ (他、多数) から選抜した電気回路の良問を多数含んでいると自負している。

与えられた問題を解くことまでに留まっていた学修から、問題を発展させて新しい問題を自分で作って解いてみるという段階に進むことを意識している。自身でたてた仮設的な問題を確認し新しい知見を得るなど、発展的な学修形態へとステップアップすることを可能とする学修支援システムを目指している。これらが AP による ICT 活用教育の醍醐味である。

※1：岐阜高専電気情報工学科(教授)

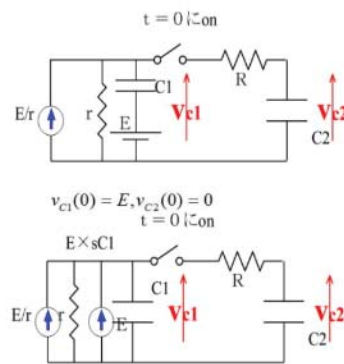
参考文献等

- 1) 所 哲郎、「数学ソフトと連携した電気回路の学修支援コンテンツの開発」、平成 30 年度岐阜工業高等専門学校 AP 成果報告書、4 章 pp.1-6、2019.03.
- 2) 平成 29 年度からの新教育課程表

<http://www.gifu-nct.ac.jp/syllabus/BrowsingPage/T/Tindex.html>

- 3) 小郷 寛他、「基礎からの交流理論」、電気学会監修.
- 4) 小郷 寛他、「回路網理論」、電気学会監修.
- 5) 遠山和之・稲葉成基・長谷川勝・所 哲郎著、「電気回路」、実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ、理工図書、pp.1-242、2018.4.24、ISBN978-4-8446-0875-2.
- 6) 所 哲郎、「数学ソフトと連携した電気回路応答の学修支援コンテンツの開発」、平成 29 年度岐阜工業高等専門学校 AP 成果報告書、4 章 pp.4-21-25、2018.03.
- 7) 所 哲郎、「数学ソフトと連携したひずみ波交流の学修支援コンテンツの開発」、平成 29 年度岐阜工業高等専門学校 AP 成果報告書、4 章 pp.4-17-20、2018.03.
- 8) 所 哲郎、「数学ソフトと連携した過渡現象とラプラス変換の学修支援コンテンツの開発」、平成 29 年度岐阜工業高等専門学校 AP 成果報告書、4 章 pp.4-26-33、2018.03.
- 9) 佐治 學、「電気回路 A」、オーム社.
- 10) 大崎博之、「電気回路理論」、数理工学社.
- 11) 津吉彰、「よくわかる電気回路」、電気書院.
- 12) 奥村浩士、「電気回路理論入門」、朝倉書店.

付録 Mathcad による過渡現象解析の例¹²⁾



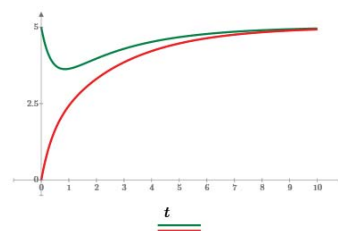
問題とヒントの回路図

$$V_{C1}(s) := \frac{\frac{E \cdot g}{s} + C_1 \cdot E}{g + s \cdot C_1 + \frac{1}{R + \frac{1}{s \cdot C_2}}}$$

*assume, ALL > 0
invlaplace
simplify*

$E := 5 \quad C_1 := 1 \quad C_2 := 1 \quad R := 1 \quad g := 1$

究解式の様子
条件の数値化



グラフ可視化

4.2 数学ソフトと連携した畳み込み積分の学修支援コンテンツの開発

所 哲郎*¹
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

本校では前年度の報告¹⁾に示した通り、電気情報工学科の電気回路系の学修に於いて、畳み込み積分の理解による回路応答の学修を最重点項目としている。科目的には第3学年後期後半の電気回路Ⅰの過渡現象、第4学年前期前半の情報伝送工学による指数関数応答系の応答問題、応用数学によるラプラス変換の学修等が関係している。情報工学系では更に、信号処理や画像解析などでもコンボリューションについて学ぶ。

筆者がこのことを強く意識する様になった背景は、関係する学会の論文査読に於いて、日本最高学府からの論文に於いても、その理解が不十分であると指摘されかねない記述・考察事例に遭遇したことがある。積分の数式は解けても、その物理的理解が不十分なことがあり、線形性や重ね合わせの理の理解との混同が生ずる可能性がある。幸い、AP事業によりICT活用やMathcadなどの数学ソフトの活用が可能となったので、教科書のページ数制限にとらわれることなく、十分な解説が可能となった。今年から採用した理工図書の「電気回路²⁾」でも、上記を意識して編纂している。

この新しい教科書でも、以前のカリキュラムの第4学年通年科目である情報伝送工学の「回路網理論³⁾」の1章に含まれる、LTIシステムの応答に関するコンテンツが不十分である。信号処理などの科目で学ぶことも考えられるが、電気回路の応答としての理解が最も優れていると思われるので、以下にその内容を紹介する。最新の数学ソフトを活用することで、より複雑な回路解析も、基本的な学修内容を利用するだけで解くことが可能となるとともに、理解の確認も可能となる。

2. LTIシステムの応答

畳み込み積分を用いた線形時不変システム (LTI; Linear Time-Invariant System) の電気回路応答を理解することは、工学を学ぶ学生の最も基本となる必達事項である。電圧 V 印加時の抵抗 R の電流応答の線形定常状態はオームの法則($V=IR$)で記述されるが、複素インピーダンスを考えれば、入力電圧が無くても($V=0$)出力電流が有る場合($i(t>0) \neq 0$)、入力電圧が有っても($V=V$)

出力電流が無い場合($i(t=\infty)=0$)の可能性のあることを、繰り返し学生に意識付けしている。線形性のイメージだけでは、入力ゼロで出力が有る事や、入力があるのに出力が無い事は理解しがたい。電気回路の過渡現象を学んだ時には上記を理解した事になるが、LTI システムのステップ電圧応答やインパルス応答を学ぶ時には理解が不連続となる学生が多かった。そこで、LMS 内に懇切丁寧な解説を更に追加し、更新していった。

開発した学修支援サイトにある、単位階段関数を用いたステップ電圧応答 (インディシャル応答) については、前報¹⁾と今回の報告⁴⁾のとおりである。両者の違いは、下記図 1 の 9 番目に信号処理の授業で利用されているミラー法による畳み込み積分を AL 用に改良して追加したこと、EXCEL による畳み込み積分の解説シートと Mathcad による改定版を並列提示したこと等である。

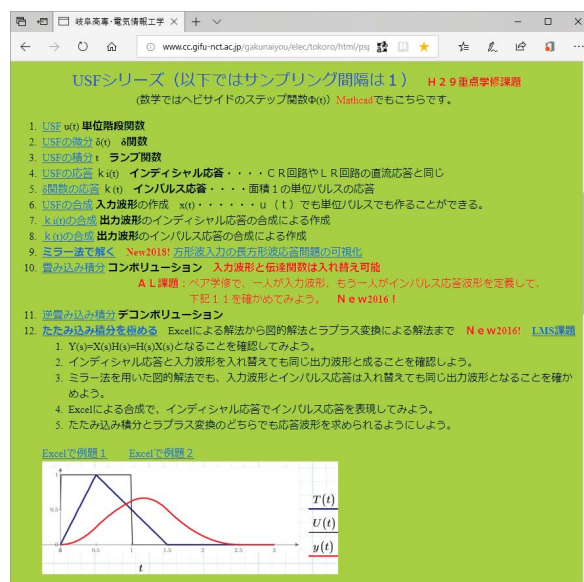


図 1. 単位階段関数(USF)による波形応答の解説

この畳み込み積分を用いた LTI システムの解説では、インディシャル応答とその微分形であるインパルス応答の関係を、EXCEL による離散系と Mathcad による離散系 (配列演算) と連続系 (シンボリック演算) の、それぞれの微分または積分演算との対応として可視化し

た。また、AL 課題として学生がペアとなり、それぞれが作成した離散波形を、自身の波形は入力波形として相方の波形はインパルス応答波形として、畳み込み積分を実施させている。また、インパルス応答波形を積分したインディシャル応答波形からも各々の出力波形を合成させ、全てが等しくなることを体験させている。この内容については本報告書のAL 授業の実践報告(4E 情報伝送工学・所)⁵⁾として事例紹介している。

3. LTIシステムの指数関数応答の詳解

情報伝送工学で学ぶ回路網理論³⁾の1章末課題7は指数関数応答系($h(t)=\exp(-2t)$)の指数関数($x(t)=\exp(-t)$)入力時の応答 $y(t)=x(t)*h(t)$ 問題である。その答えは s 領域で解けば極めて(1)式と極めて簡単である。

$$x(t) := e^{-t} \xrightarrow{\text{laplace}} \frac{1}{s+1}, \quad h(t) := e^{-2t} \xrightarrow{\text{laplace}} \frac{1}{s+2}$$

$$Y(s) := X(s) \cdot H(s) \rightarrow \frac{1}{(s+1) \cdot (s+2)} \quad (1)$$

この逆ラプラス変換結果が答えとなる式(2)の応答波形である。これをグラフにすると図2となる。

$$Y(s) := X(s) \cdot H(s) \xrightarrow{\text{invlaplace}} e^{-t} - e^{-2t} \quad (2)$$

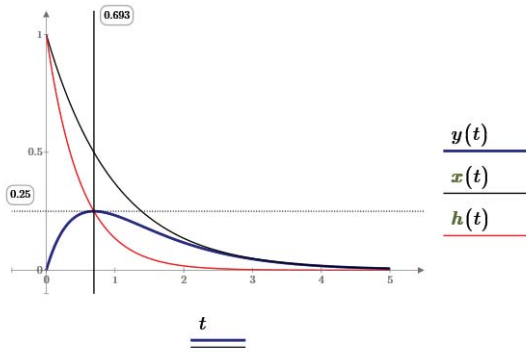


図2. 指数関数応答問題の解

図2の応答波形が最大値となる式(3)の時間やその値は、良い演習問題となる。

$$y'(t_1) = 0 \xrightarrow{\text{solve, } t_1} \ln(2), \quad y(t_1) = 0.25 \quad (3)$$

次にこの問題を畳み込み積分で解いてみる。

$$y_1(t) := \int_0^t x(\tau) \cdot h(t-\tau) d\tau \rightarrow e^{-t} - e^{-2t} \quad (4)$$

$$y_2(t) := \int_0^t x(t-\tau) \cdot h(\tau) d\tau \rightarrow e^{-t} - e^{-2t} \quad (5)$$

式(4)と(5)に示した様に、入力関数と伝達関数を入れ替えても同じ答えとなる。このことは s 領域の式(1)では一目瞭然である。

次に、この指数関数応答問題を RL 直列回路の指数関数電圧($e(t)=\exp(-t)$)入力時の電流過渡応答問題として考える。 $R=2 [\Omega]$ 、 $L=1 [H]$ とすると式(6)となり、電流の過渡応答が同じ波形となる。

$$I(s) := \frac{1}{s+1} \xrightarrow{\text{invlaplace}} e^{-t} - e^{-2t} \quad (6)$$

更には $Y(s)$ を下記の式(7)様に変形すれば、 $R=3 [\Omega]$ 、 $L=1 [H]$ 、 $C=0.5 [F]$ の直列回路に $1 [V]$ の直流ステップ電圧を与えた時の過渡電流波形も図3の様に同じ形となる。このことは iCircuit によるシミュレーション波形でも下記図4の様に確認することができる。電流の最大値は $t_1=0.693$ 秒後で、 $0.25A$ 、その時のコンデンサの電圧は式(8)の $0.25V$ であることなども確認できる。

$$Y(s) := X(s) \cdot H(s) = \frac{1}{s+1} \cdot \frac{1}{s+2} = \frac{1}{s^2+3s+2} = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{s+3+\frac{2}{s}} \quad (7)$$

$$q(t) := \int_0^t e^{-t} - e^{-2t} dt \rightarrow \frac{e^{-2t}}{2} - e^{-t} + \frac{1}{2}, \quad \frac{q(t_1)}{C} = 0.25 \quad (8)$$

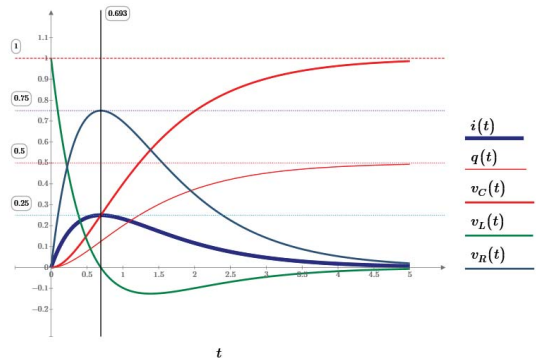


図3. MathcadによるRLC回路の直流過渡応答

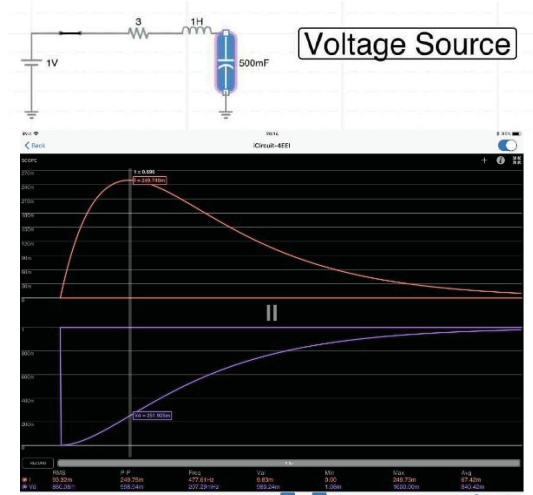


図4. iCircuitによるRLC回路の直流過渡応答

これらの他にも、このインディシャル応答問題を微分してインパルス応答問題として考えれば、RLC 直列回路に $t=0$ でインパルス電圧を入力したときのコンデンサの電圧降下を 2 で割ったものと同じ波形表現となる。また、この応答問題を RLC 直列回路にランプ波電圧を入力したときの応答問題の解とすれば、 $t=0$ で傾き 1 [V/s]のランプ電圧を入力したときの L の電圧波形の表現も同じになる。

また、この応答問題を RLC 並列回路に電流源を入力したときの電圧応答問題の解とすれば、 $t=0$ で 1 [A]の電流源を $G=3$ [S]と $C=1$ [F]と $L=0.5$ [H]の並列回路に入力したときの、電圧波形の表現となる。また、この応答問題を RC 並列回路に指数関数電流源を入力したときの応答問題の解とすれば、 $t=0$ で 1 [A]の指数関数電流源を $G=2$ [S]と $C=1$ [F]の並列回路に入力したときの電圧波形の、ミルマンの定理による表現となる。これらの様に、1 つの応答波形を色々な電気回路の過渡応答として考える事ができる。

4. LTI システムの指数関数応答の離散的解析

上記の 3 項での説明はアナログな解析であったが、離散的な解析についても EXCEL や Mathcad を活用して確認することができる。前報¹⁾では EXCEL を用いた解析方法について詳解したので、本報告では Mathcad を用いた解析手順を紹介する。図 1 の USF シリーズの次の手順となる。まず、図 5 の様に、ノートや EXCEL で計算していた畳み込み積分による簡単な応答波形を Mathcad で計算する方法を紹介する。次に図 6 に示す様に、指数関数応答系の信号波形をデジタル化して配列の畳み込み (コンボリューション) により計算できることを紹介する。この時 Mathcad には*のコンボリューション演算と*の循環コンボリューション演算の 2 種類あることを紹介しておく。なお、サンプリング数を少なくしていくと応答の最大値などがアナログ系の結果と一致しなくなる理由を考察させると良い。

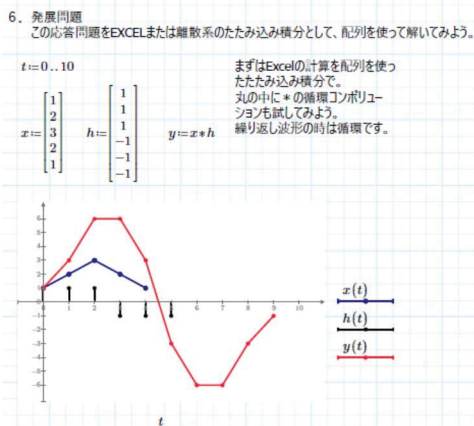


図 5. Mathcad による離散系の畳み込み積分

7. 発展問題
この応答問題をEXCELまたは離散系のたたみ込み積分として、配列を使って解いてみよう。上記の 6 個のデータから一挙に千個のデータでコンボリューションしてみよう。

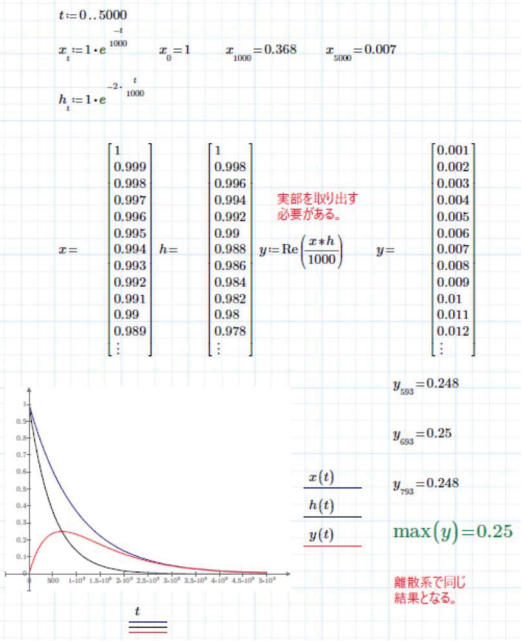


図 6. 離散系による指数関数応答問題の解

5. 正弦波の合成波形の指数関数応答系での解析

電気回路では第 3 学年でひずみ波のフーリエ解析を詳細に学修する。前項までの指数関数応答系に交流波形の合成波式(9)を印加した場合の定常解は「重ね合わせの理」を用いて求める事ができる。その過渡応答についても、各々の周波数成分の交流過渡応答を合成することとなる。Mathcad を用いれば数学的には入力波形を指数関数から正弦波に置き換えるだけなので前項の流れをそのまま利用することが可能である。

$$x(t) := (\sin(t) + \sin(2 \cdot t) + \sin(3 \cdot t)) \cdot \Phi(t) \quad (9)$$

図 7 の真ん中のグラフにある様に、 $t=0$ から式(9)の青の正弦波の合成波形を指数関数応答系に入力した場合の赤色の過渡応答を求めている。2 周期後の赤色の応答が 0 で無い事から、過渡応答を計算できていることが分かる。この事を Mathcad で更に拡張してみる。

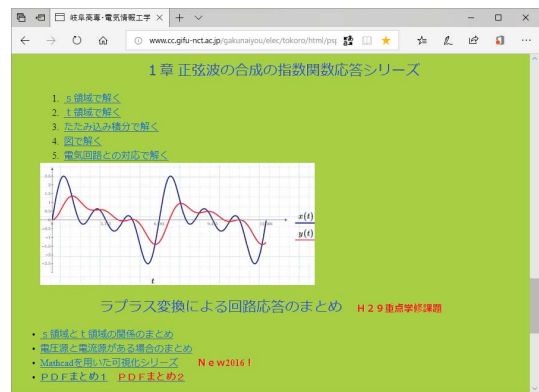


図 7. 正弦波の合成波形の指数関数応答系での応答

$$I(s) := \frac{1}{s^2 + 1} \xrightarrow{\text{invlaplace}} \frac{e^{-t}}{2} - \frac{\cos(t)}{2} + \frac{\sin(t)}{2} \quad (10)$$

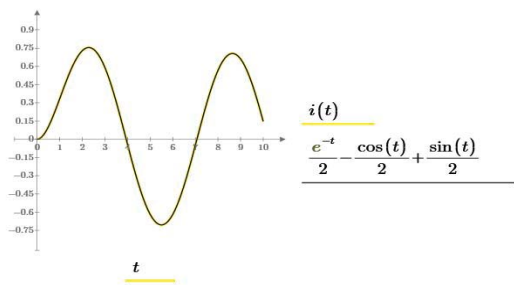


図8. 正弦波電圧印加時のRL回路の電流応答

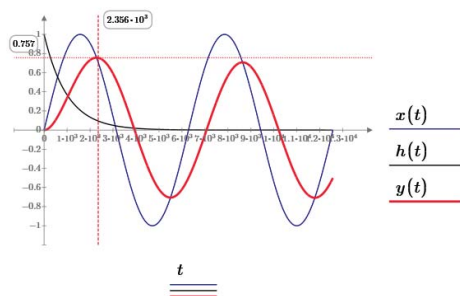


図9. 上記の離散系でのコンボリューション結果

ステップ電圧を方形波の前半として、フーリエ級数展開した100個の正弦波電圧の合成とし、全ての高調波成分によるRL回路の交流過渡応答を重ね合わせることを考えてみる。

まずは、 $\omega=1$ で振幅1の正弦波電圧波形 $\sin(t)$ を $R=1[\Omega]$ と $L=1[H]$ の直列回路に入力したときの過渡応答である電流波形の、s領域とt領域での表現は式(10)と図8となる。図9は図6と同様な離散系の畳み込み積分を配列のコンボリューションで求めた結果である。図8と同じ応答波形となっている。

ところで図9の正弦波データは繰り返し波形なのでMathcadで循環コンボリューションを実行してみる。その結果を図10に示す。RL回路の交流定常解を得ている。すなわちインピーダンスが $\sqrt{2} \angle \frac{\pi}{4}$ なので、交流定常解は式(11)の正弦波電流応答となる。

$$y(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin(t - \frac{\pi}{4}) \quad (11)$$

この計算を、方形波を構成する基本波成分から第199高調波までの100個の正弦波電圧による過渡応答の重ね合わせに拡張すれば、図11に示す様にRL回路の方形波電圧入力時の過渡電流応答が計算できる。図11には、 $\omega=0.1$ の基本波と第3および第5高調波の過渡応答波形も加えている。方形波電圧の第3高調波成分は基本波($4/\pi$)の1/3であるが、Lのインピーダンスも3倍になるので、応答波形は基本波の応答の1/3より小さくなることに注意が必要である。

6. 発展問題

この応答問題をEXCELまたは離散系のたたみ込み積分として、配列を使って解いてみよう。

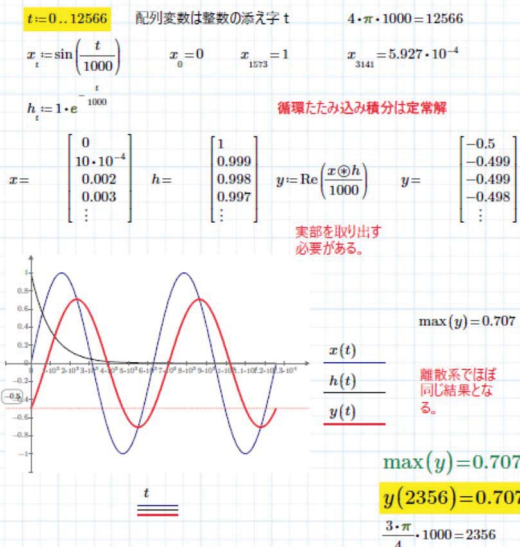


図10. 上記の循環コンボリューション結果

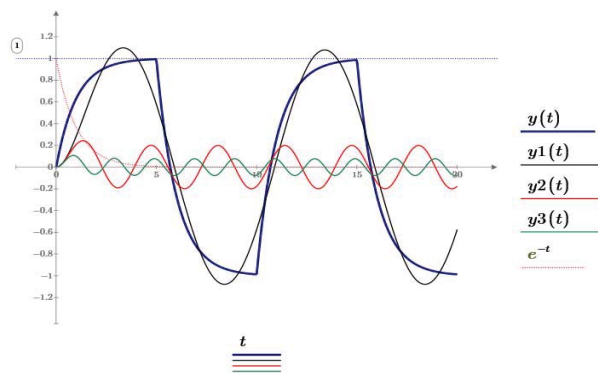


図11. RL回路の方形波電圧応答 (199高調波まで)

6. 正弦波応答の畳み込みによる解析

3項のアナログな解析手法と、4項のデジタルな離散的解析手法を5項の正弦波応答問題に応用してみる。まずは印加電圧波形を $e(t)=\sin(t)$ として1秒ごとにサンプリングする。図12の緑の●である。そして階段関数を用いて正弦波をデジタル化する。図12の黄色の線である。次にRL回路のそれぞれの階段関数によるインディシャル応答を畳み込み積分で求める。

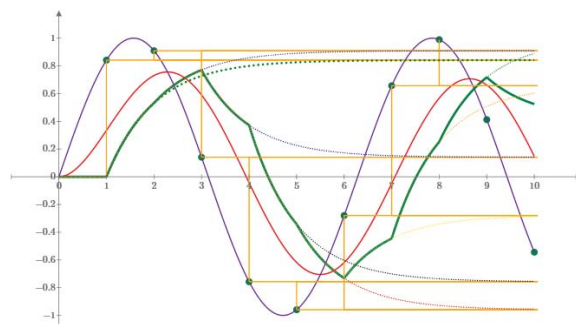


図12. RL回路の1秒サンプリングの正弦波応答

これらを全て足し合わせると、緑の応答波形となる。次に、正弦波のサンプリング間隔を0.1秒にする。このサンプリングごとの全てのインディシャル応答を重ね合わせると図13の緑のY(t)となる。アナログ系で求めた赤のy(t)と比較すると、わずかにY(t)が遅れている。このことを確認するため、4秒後を拡大してみると図14に示す様に、およそサンプリング間隔の半分の遅れがあることが分かる。

正弦波電圧のサンプリング間隔を更に0.01秒、0.001秒と短くして、同様に全てのインディシャル応答を重ね合わせると、アナログ系のy(t)に近づき、時間差も図14の1/10や1/100と、小さくなっていく。

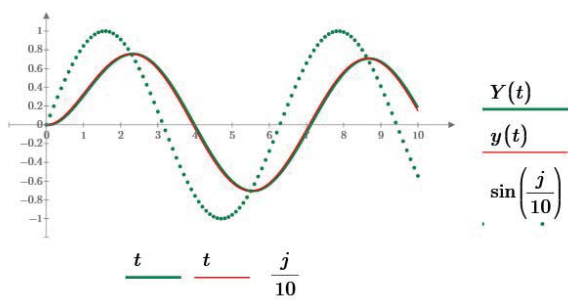


図13. RL回路の0.1秒サンプリングの正弦波応答

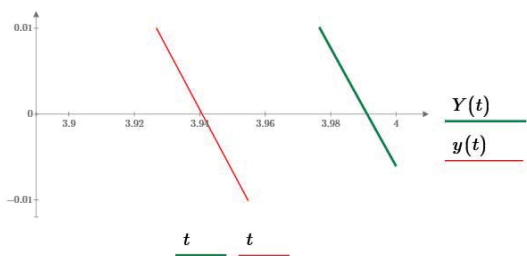


図14. RL回路の0.1秒サンプリングの正弦波応答

図15は、図1のインディシャル応答のサンプリング間隔後の差分で求めたインパルス（単位パルス）応答を用いて、上記のRL回路の正弦波応答問題を1秒サンプリングのデジタル波形の各サンプル値に対する応答の重ね合わせで求めている様子である。正確には0-1秒は0なのだがグラフ作成の関係でサンプリング時間を中心とする棒グラフとなっている。つまり0.5秒左にずれている。各サンプル値のパルス応答が緑の破線であり、その重ね合わせが緑の実線の応答波形となる。図12のインディシャル応答の重ね合わせ結果と同様な応答波形が得られている。

図16は、図15のサンプリング間隔を0.1秒としたものである。図13と同様にアナログ系で求めた解析解y(t)に重ね合わせによる解Y(t)が近づいている。インディシャル応答の場合と同様にインパルス（単位パルス）応答の重ね合わせもサンプリング間隔を小さくすれば、両者は一致することになる。

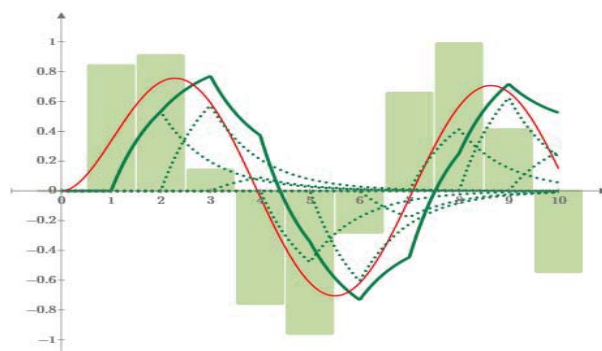


図15. RL回路の1秒サンプリングの正弦波応答

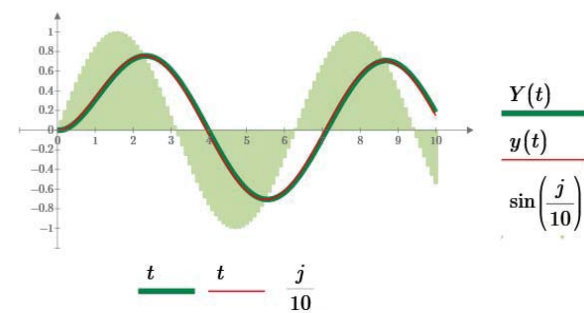


図16. RL回路の0.1秒サンプリングの正弦波応答

7. 時間領域のかけ算と畳み込み積分の違い

電気回路に於いて、線形時不変システムの時間関数のかけ算としては、瞬時電力 $p(t)=v(t) \cdot i(t)$ がある。瞬時電力はその時間 t の電圧と電流の瞬時値のみで確定し、過去の履歴に影響されない。これに対して時間領域の畳み込み積分が必要なのは、以上で示した微分及び積分要素を含むインピーダンスの電圧源による電流過渡応答や電流源による電圧過渡応答となる。これらの過渡現象は電圧源や電流源の入力波形の過去から現在までの波形履歴に影響されることになる。これが時間領域の畳み込み積分の意味であり、電気回路の過渡現象の解析となる。

時間領域のかけ算とs領域のかけ算の違いを具体的に示す。前者は単なる時間領域でのLTIシステムの線形線の意味するものであるが、後者は時間領域での畳み込み積分を意味するので全く違うことを確認する。図17はRLC回路の直流ステップ電圧応答を求めている。青の $i(t)$ が過渡応答であり、 $5 \cdot \sin(2 \cdot t)$ と $5 \cdot e^{-4 \cdot t}$ のかけ算の形である。一方、図18は上記2つの関数をラプラス変換し、その積を逆ラプラス変換した結果である。これは式(12)の赤い応答波形と成り、図19に求めた様に、RL回路の交流過渡応答である。

以上の様に、畳み込み積分は回路応答の過渡現象を与えるもので有り、今後の自然エネルギーを活用する持続可能社会の工学教育に於いては、最も大切な学修概念である。

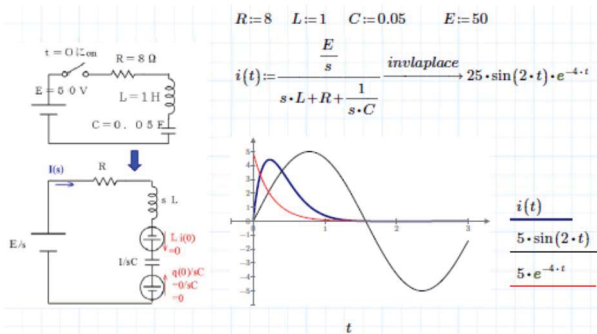


図17. RLC回路の直流過渡応答

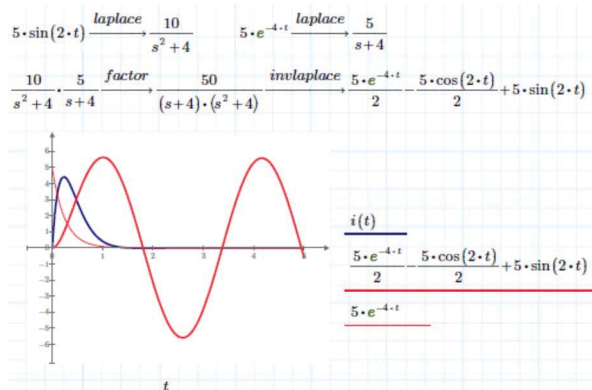


図18. RL回路の正弦波応答

$$i_{RLsin}(t) := \frac{5 \cdot e^{-4 \cdot t}}{2} - \frac{5 \cdot \cos(2 \cdot t)}{2} + 5 \cdot \sin(2 \cdot t) \quad (12)$$

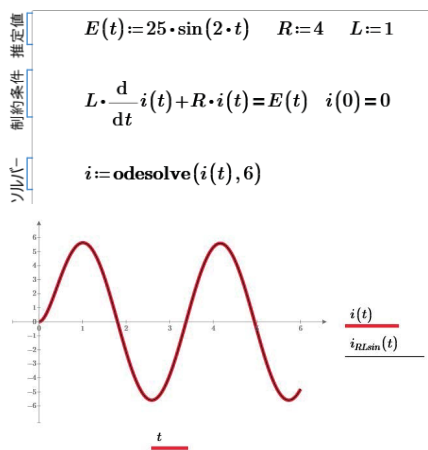


図19. RL回路の正弦波過渡応答解

8. おわりに

5年ほど前からの高専機構によるMCCの確定などを鑑み、高専教員が主体となって電気系の学科で電気回路の学修を行うための新しい教科書「実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ・電気回路²⁾」を作成した。一方、平成29年度からの本校新カリキュラムの進行に伴い、本校電気情報工学科の電気回路系の科目が通年90分×1コマ削減される事となった。

本校は平成26年度からの文部科学省によるAP事

業により、最先端のICT活用環境を整えつつある。しかしながら優良コンテンツが無いと宝の持ち腐れとなる。本稿ではアクティブラーニング課題を含めて、数学ソフトと連携した畳み込み積分の学修支援コンテンツ開発の現状を、その有益性と共に紹介した。

Mathcad等の数学ソフトを使うことで、授業で習った内容を確認したり、グラフにより可視化したり、変数を変えた場合の影響を確認したりすることが簡便に行えるようになった。筆者が従来の教科書の章末問題を全てMathcadで解いてみたところ、およそ1/5の時間で全ての問題を解くことができた。かつ、グラフの最大値や最小値、接線や円線図なども簡単にグラフで可視化し、定量的に数値を求める事ができた。Mathcadはシンボリックな演算も可能であるため、数式(文字式)のままでの解析も可能である。

今回編纂した教科書²⁾は高専第2学年からの利用を想定しているため、電気系学科以外での電気回路の学修や大学学部での学修にも十分に耐えられる内容となっている。幸い作成した学修支援システムは、入門部分から、大学教育レベルの内容まで網羅しているため、EXCELやiCircuit、Mathcad等の最新のICT活用教育環境を活用して自習することも可能である。

与えられた問題を解くことまでに留まっていた学修から、問題を発展させて「新しい問題を自分で作ってお互いに解いてみる」というアクティブラーニングの次の段階に進むことを意識している。自身でたてた仮設的な問題を確認し、新しい知見を得るなど、発展的な学修形態へとステップアップすることが可能である。

APによるICT活用学修支援システムを今後とも拡張し教育資産として育てていきたい。優れた教育コンテンツを見いだすことがICT活用教育の醍醐味である。

※1: 岐阜高専電気情報工学科(教授)

参考文献等

- 1) 所 哲郎、「数学ソフトと連携した電気回路応答の学修支援コンテンツの開発」、平成29年度岐阜工業高等専門学校AP成果報告書、4章 pp.4-21-25、2018.03.
- 2) 遠山和之・稲葉成基・長谷川勝・所 哲郎著、「電気回路」、実践的技術者のための電気電子系教科書シリーズ、理工図書、pp.1-242、2018.4.24、ISBN978-4-8446-0875-2.
- 3) 小郷 寛他、「回路網理論」、電気学会監修.
- 4) 所 哲郎、「数学ソフトと連携した回路網応答の学修支援コンテンツの開発」、平成30年度岐阜工業高等専門学校AP成果報告書、4章 pp.1-5、2019.03.
- 5) 所 哲郎、「AL授業の実践報告(4E情報伝送工学)」、平成30年度岐阜工業高等専門学校AP成果報告書、4章 p.1、2019.03.

4.2 数学ソフトと連携した数学力とプログラミング力の学修支援コンテンツの開発（2）

所 哲郎^{*1}
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

本校は、2000年からの高専教育のICT化に続き、独法化と共に高専教育の高度化と国際化に邁進してきている。文部科学省によるAP事業採択とも連携して、高専教育への更なるアクティブラーニング (AL) の活用や、学修成果の可視化に取り組んできている。その中で大学ICT推進協議会や米国EDUCAUSE等の情勢を鑑みると、高専教育にも更なるICT活用が望まれること、総務省や文部科学省の施策¹⁾や報告^{2,3)}を鑑みると、数学力とプログラミング力の強化がその具体的な課題である事が読み取れる。

一方、高専機構によるモデルコアカリキュラム (MCC)は、2017年度より本格採用され、特に情報系学科科目への要求の高度化が顕著となってきた。インダストリー4.0は全世界で展開され、AIやIoTの活用は全ての分野で拡大され、Society 5.0に対応可能な高専教育が必然的な情勢である。そのような中からも、高専の全学科において、プログラミング力と数学力の育成は、国際化に関連した英語教育以上に大切な学修要素となってきた。

プログラミング力と数学力の育成は、本校がAPと共に進めているICT活用教育推進事業とも、極めて親和性の高い項目である。筆者は電気・電子系の科目を担当しているが、本稿では、電気回路系の学修を意識しつつ、数学ソフトであるMathcadと連携したプログラミングの学修支援コンテンツの開発⁴⁾を継続しているので、その内容の一部を紹介する。もちろんAL的に各課題の要所を学ぶことも意識してコンテンツを展開している。

2. Mathcadの特徴

Mathcad は計算過程を可視化するツールとして、世界の 2,000 以上の大学で活用されており、主な技術系企業のほとんどが活用していると言われている。EXCEL よりも数学の可視化に優れていて、Word の数式よりも綺麗に数式を提示し、計算することができる。もちろん、グラフも簡単に作成できる。

本校のような工学系の学修に於いては、物理量の「単位」を意識することは極めて重要である。Mathcad は図

1に示す様に、単位を含めて取り扱うことができ、数値部分と連動して、自動的に処理される。たとえば、 $L=1[H]$ を定義すれば、補助単位を変化すれば数値部分が連動して変化する。また、 $V=I \cdot R$ で、 $2[A]$ と $5[\Omega]$ を掛けると $10[V]$ となる。

Lの定義	単位をmHやμHにすると。
$L=1 H$	$L=(1 \cdot 10^3) mH$ $L=(1 \cdot 10^6) \mu H$
IとRの定義	オームの法則で計算すると
$I=2 A$	$R=5 \Omega$ $V=I \cdot R=10 V$

図 1. Mathcad は単位と数値を可視化する (書体(イタリック)と文字色(紺)で単位である事を可視化している)

3. Mathcadにおけるプログラミング環境

Mathcad のプログラミング環境について見てみる。現行の最新バージョンは Prime 5.0 であるが、「数式」タブの、「演算子と記号」ブロックに「if」とあるプログラミングのアイコンがあり、この 5 年間で変化は無い。このプログラミングのアイコンを選択すると図 2 のメニューが表示される。Mathcad のプログラミングは、わずか 1 2 個のコマンドから構成されていることが分かる。最初の \parallel は、Mathcad のシート内でプログラミングの領域であることを可視化するもので、次の←は代入である。従って、プログラミングを構成するのは if, else, else if, also if の if 文関連、while, for 文、break, continue

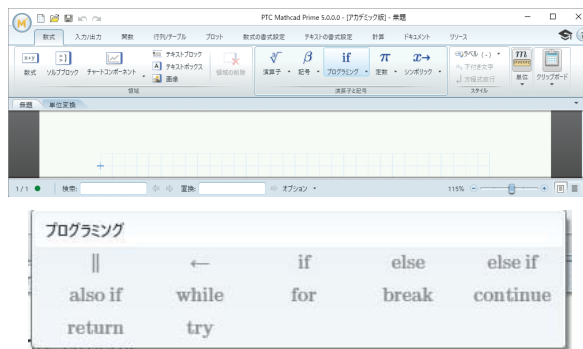


図 2. Mathcad プログラミングの 1 2 の要素

continue, return の文末処理関係、そして、エラー処理関係の try だけである。わずかこれだけで全てのプログラムの流れを処理することができる。もちろん、演算子を含む全ての数式や関数はプログラム内でも利用可能である。

4. Mathcadのプログラミングチュートリアル

図 3 はリソースタブのヘルプ環境から呼び出したプログラミングのチュートリアルの画面である。前のバージョンまでは日本語環境ではチュートリアルの数式やプログラムをコピー&ペーストできず、いちいち打ち直す必要があった（日本語環境固有のバグ）が、新バージョンからは本部サーバに統一され、言語環境に依らず数式のコピー&ペーストが可能となった。

Mathcad に慣れるまでは添え字が下付文字が配列の要素文字かなど、見分けが付きにくい部分も間違いなく利用することが可能となった。必要十分で最小限な記述で数学表記が成されるので、慣れるまではMathcadの練習用チュートリアルなどを実施すると良い。

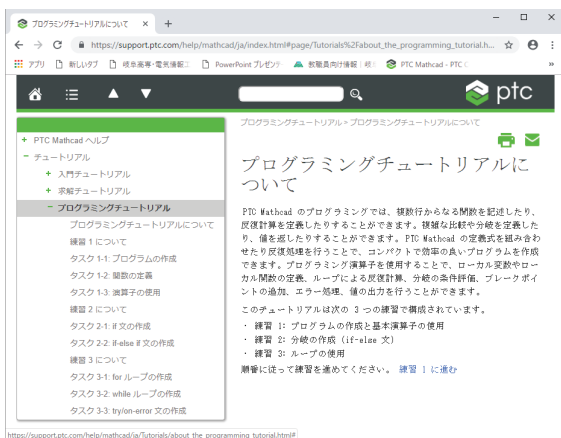


図 3. プログラミングのチュートリアルの様子

5. 作成したMathcadの機能紹介コンテンツ

図 4 は所の学内用ホームページにある Mathcad の簡単な機能紹介用の学修支援コンテンツリンク集である。Mathcad でどんなことができるかを簡単に説明している。6 番からの後半がプログラミングなどを活用している。また、前年度より 11 番以降が追加され、内容も全体的に更新されている。

図 5 は Mathcad の練習用課題(PDF)と、その Mathcad テンプレートファイルの紹介である。最初の内は、数学の演算子やギリシャ文字などで、添え字や単位の付け方など、メニューのどの部分を利用するか慣れていないことを考慮して、PDF の課題提示と共に Mathcad の実行ファイルもダウンロード可能としている。前年度までを大幅に見直し、Mathcad を利用することのメリットの可視化を進めた。例えば口頭で述べていた解

説を、適宜文章やグラフで可視化した。また、各課題には第 1 学年から専攻科まで、学年進行も可視化した。

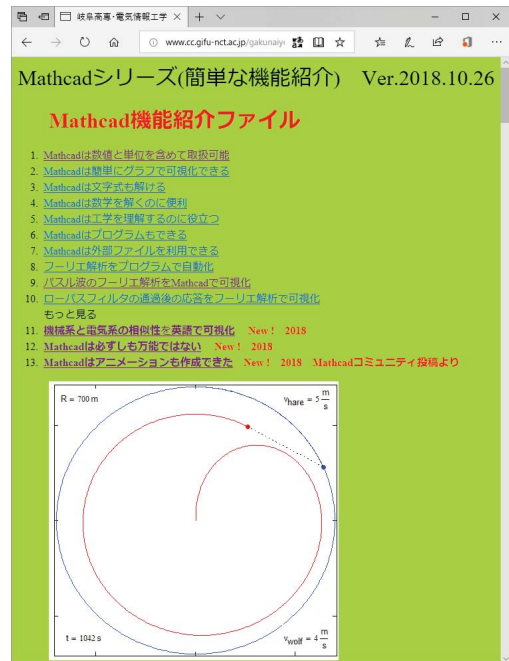


図 4. 学内用 Mathcad 機能紹介ファイルの様子

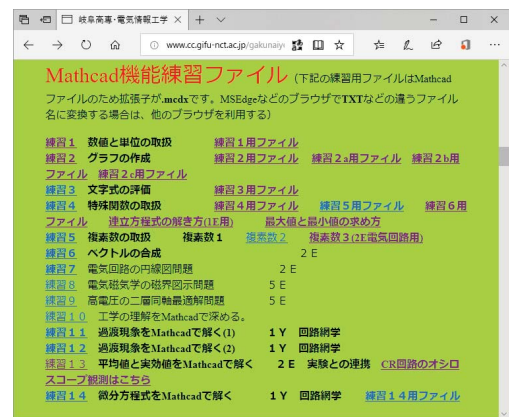


図 5. Mathcad 機能練習ファイルの様子

6. 作成したMathcadのProgramming活用コンテンツ

図 6 は、実際にプログラミングのチュートリアルを実施した後、Mathcad のプログラミングを電気系の課題に活用したものと、素数や π や自然対数の底の e を求めてみたものである。また、公開講座等の実施に向けて、Mathcad でパズル問題を解いてみるコンテンツも掲載している。

図 3 に示したチュートリアルは、Mathcad の入門チュートリアル、求解チュートリアル、プログラミングチュートリアルの 3 つの部分から成り立っている。まずは、入門で使い方をマスターし、求解で数学問題の解き方を理解し、最後にプログラミングで Mathcad による計算手順とその結果の制御を行う方法を学べる様になっている。

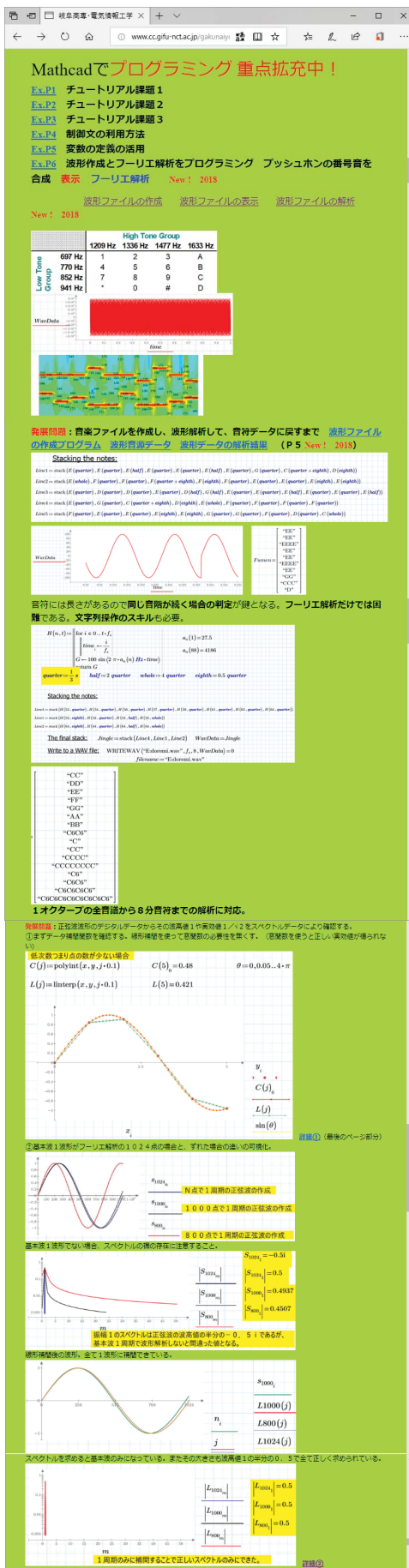


図 6. Mathcad でプログラミングの解説の様子(上)



図 6. Mathcad でプログラミングの解説の様子(下)

作成したチュートリアルやコンテンツの様子は、基本的には前報⁴⁾に示した通りである。Prime 5.0 のチュートリアルには、多くの例題もあり、そのまま活用できる数式や関数、プログラミングコードが日本語で解

説されており、音響データの利用や画像データの解析も可能である。Mathcadで実際の問題を解く手順は色々あるので、よりスマートな解き方や、限定した条件での解き方など多岐にわたる。本校では数学・応用数学、教育全般、電気工学の各分野でのMathcadによる計算手順を紹介する具体例のファイルを購入し、参照可能としている。それぞれ約500のMathcadの英語の解説ファイルが分野ごとにまとめられている。英語の学修と数学やプログラミングの学修を同時に行う事が可能である。

7. MathcadのProgramming活用例

図7はMathcadでプログラミングのチュートリアル of 文の課題の様子である。if文とelse if文で3択問題を解いている。 $y(-1)$ ="負です"、 $y(0)$ ="0です"、 $y(2)$ ="正です"と返す関数のプログラミングとなる。

プログラミングで最初につまずく事の多い再帰についても簡単に練習可能である。

$$\Sigma(n) := \text{if}(n \leq 0, 0, n + \Sigma(n-1)) \quad \Sigma(3) = 6 \quad \Sigma(5) = 15$$

$$\Pi(n) := \text{if}(n \leq 0, 1, n \cdot \Pi(n-1)) \quad \Pi(3) = 6 \quad \Pi(5) = 120$$

が1行の再帰プログラミングである。総和と総乗の計算が可能である。電気回路でよく取り扱う方形波についても、図8の様に再帰を用いれば簡単に作成可能である。図8では $x \geq 0$ しか定義できていない。 $x < 0$ 負の部分も必要であれば図9となる。

再帰を用いればすっきりとしたプログラムとなるが、自分自身の定義に自分自身が含まれるのは慣れないと変な感じかも知れない。たとえば $x := 2$ として x に2を代入した後に $x := x + 2$ とすれば、 $x = 4$ となる。一方、最後の $x = x + 2$ となる解は無い。

$$x := 2 \quad x := x + 2 \quad x = 4 \quad x = x + 2 \rightarrow 0$$

8. Mathcadのグラフ機能の活用例

図10はMathcadで赤と緑の2つの関数をグラフ表示し、更に両関数に挟まれる区間をハッチングしたものである。これらは全てx-yプロットにより作図されており、ハッチング部分はプログラムで関数化して作ってある。

図11はMathcadでローパスフィルターのゲインと位相の周波数特性を表したものである。赤と緑の2つの関数を別々の縦軸グラフで表示している。

$$y(x) := \begin{cases} \text{if } x < 0 \\ \quad \parallel y \leftarrow \text{"負です"} \\ \text{else if } x = 0 \\ \quad \parallel y \leftarrow \text{"0です"} \\ \text{else} \\ \quad \parallel y \leftarrow \text{"正です"} \end{cases}$$

図7. Mathcadでプログラミングの様子

$$y(x) := \begin{cases} \text{if } (0 \leq x) \wedge (x \leq 1) \\ \quad \parallel 1 \\ \text{else if } (1 \leq x) \wedge (x \leq 2) \\ \quad \parallel -1 \\ \text{else if } (x > 2) \\ \quad \parallel y(x-2) \end{cases}$$

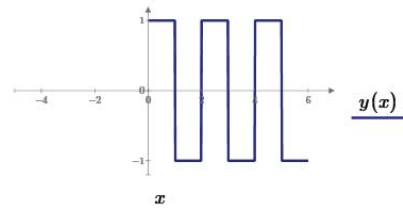


図8. 方形波(x>0)を再帰でプログラミング

$$y(x) := \begin{cases} \text{if } (x > -1) \wedge (x < 1) \\ \quad \parallel \text{sign}(x) \\ \text{else if } (x < -1) \\ \quad \parallel y(x+2) \\ \text{else} \\ \quad \parallel y(x-2) \end{cases}$$

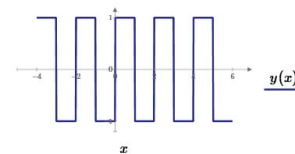


図9. 方形波の再帰プログラミング

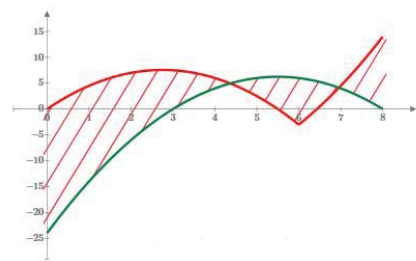


図10. Mathcadで2つの関数間をハッチング

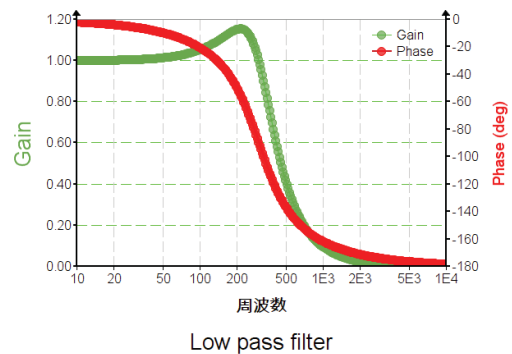


図11. Mathcadで第2縦軸を含む散布図作成

9. Mathcadで音響ファイルの作成と解析

図12はプッシュホンの音響ファイルをMathcadで作成・保存し、Windowsの音響再生ソフトで確認した後、音響ファイルをフーリエ解析し、電話番号の信号を復号し、電話番号に戻す過程をMathcadでプログラミングしたものである。

Mathcad では、音響ファイルはもちろん、画像ファイルや EXCEL ファイルも読み書き可能である。図 13 は上の 2 枚の画像のたたみ込み積分の結果と、その逆たたみ込み積分の結果の画像を示したものである。

		High Tone Group			
		1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
Low Tone Group	697 Hz	1	2	3	A
	770 Hz	4	5	6	B
	852 Hz	7	8	9	C
	941 Hz	*	0	#	D

$$h_{high} := \begin{bmatrix} 1209 \\ 1336 \\ 1477 \\ 1633 \end{bmatrix} \quad h_{low} := \begin{bmatrix} 697 \\ 770 \\ 852 \\ 941 \end{bmatrix}$$

Telnum := "0583201357" j := 1..10

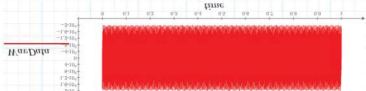
telstr := substr(Telnum, j-1, 1) 電話番号の合成

```

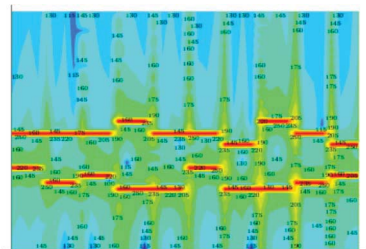
Signal :=
for j ∈ 1..10
n ← str2num(telstr)
f1 ← flow
f2 ← fhigh
for i ∈ 0..Nsample
Signali ← (Amplitude · sin(2 · π · f1 · τ) + sin(2 · π · f2 · τ))
return Signal
WRITEWAV(filename, SampleRate, Resolution, Signal) = 0
filename = "F-TEL.wav"

```

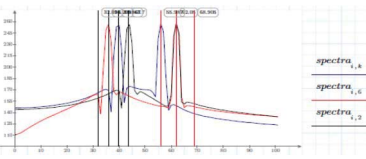
音響波形の合成



音響波形の表示



音響波形の解析



電話番号の推定

```

Telephone :=
Number ← ""
for j ∈ 2,6..38
Number ← concat(Number, num2str(TelNum))
return Number

```

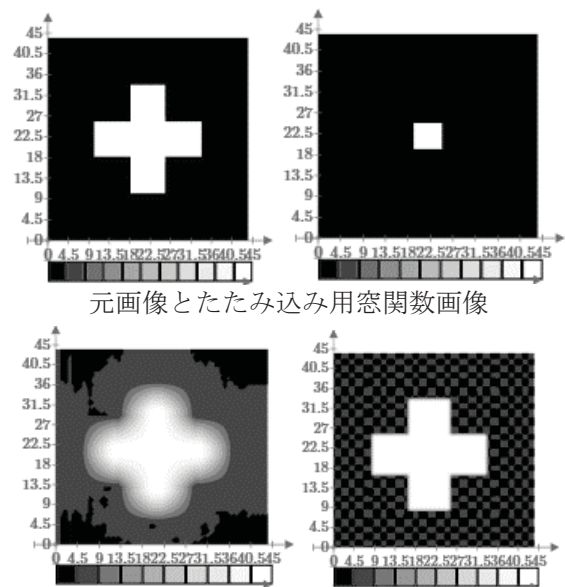
Telephone = "0583201357" 電話番号の合成

図 12. Mathcad で音響ファイルの合成と解析

10. おわりに

これからのリテラシーとして、特に工学系学生に必要なデータサイエンス系の学修項目の要である、「数学」と「プログラミング」について、最新の ICT 教育環境を用いた学修支援コンテンツの開発状況を紹介した。

Mathcad は全世界の多くの企業でも活用されており、数十年の開発履歴をもつソフトである。従って、21 世紀社会のインダストリー 4.0 に向けての、必要十分な機能や外部との連携・拡張性を有していると考えられる。本校 AP 事業では引き続き、AP による ICT を活用



元画像とたたみ込み用窓関数画像
たたみ込み結果画像と逆たたみ込み結果画像
図 13. Mathcad で画像のたたみ込み積分

した数学とプログラミングの、自立的学修支援環境の構築と改善を進めていきたい。

本校の情報処理センターの学修環境はリモートデスクトップ機能の活用により外部からも利用可能であり、LMS 上のコンテンツを学修する場合にも Mathcad を含めて利用可能である。現在は特に、普通教室での講義においても、このリモートデスクトップ機能を活用した双方向性のあるグラフや数式の活用を各教員に推奨している。

※1：岐阜高専電気情報工学科(教授)

参考文献

- 1) 総務省 若年層に対するプログラミング教育の普及推進 (平成 28 年度～)
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/jakunensou.html
- 2) 文部科学省平成 27 年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究報告書」平成 28 年 3 月千葉大学
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detAll/icsFiles/afieldfile/2016/06/17/1372465_01.pdf
- 3) 文部科学省平成 28 年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究報告書」平成 29 年 2 月千葉大学
http://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/jinzAI/pdf/1702_10_jinzAI02_shiryo02.pdf
- 4) 所 哲郎、「数学ソフトと連携した数学力とプログラミング力の学修支援コンテンツの開発」、平成 29 年度岐阜工業高等専門学校 AP 成果報告書、4 章 pp.4-34-41、2018.03.

4.2 4D 電子制御総合実験における AL の取り組み ～HDL を用いたデジタル回路設計とその FPGA 化～

福永 哲也[※]
Tetsuya FUKUNAGA

1. はじめに

電子制御工学科では4年前期に電子制御総合実験が配置されている。この科目は2単位科目であり、2コマ(月曜午後)続けて取り組む実験である。各教員が4～5名の学生を指導する。学生は1つの実験テーマを7週(14コマ)かけて実施し、各教員が用意した実験テーマの中から2テーマを選択して取り組んでいる。実験テーマは3グループに分けられている。学生は2つの実験テーマを別々のグループから選択して実施する。実験の最後に発表会があり、自分の行わなかった実験テーマについても他の学生の発表を通して概要を知ることになる。学生にとっては多くの時間をかけて自らが活動することを求められる実験であり、教員による説明よりも学生の行動が重要である。福永が担当している実験テーマは「HDLを用いたデジタル回路設計とそのFPGA化」であり、岐阜高専のLMSであるmoodleも利用して説明や課題の提出を管理している。ここでは実験においてLMSがどのように利用されているかと実験で主に取り扱う回路設計をコンピュータ上で行う手法について紹介する。

2. 電子制御総合実験

下記は電子制御総合実験の実験テーマの一覧である。
ロボット制御コース

- ① 電子回路と走行ロボットの作成
- ② 4脚移動ロボットの制御
- ③ レゴロボットによるロボット制御実験

情報制御コース

- ④ HDLを用いたデジタル回路設計とそのFPGA化
- ⑤ 画像処理ライブラリOpenCVを用いた画像処理システム

基盤技術コース

- ⑥ 電子計測・制御と半導体・誘電体デバイス評価
- ⑦ Scilab/XocsとArudinoマイコンを用いた制御実験
- ⑧ 音響計測とデジタル信号処理

これらの中で、福永は「④ HDLを用いたデジタル回路設計とそのFPGA化」を担当している。以後、この実

験テーマについて詳しく説明する。

3. 「HDLを用いたデジタル回路設計とそのFPGA化」の進め方

表1は実験の概要を示す。実験は7週間にわたって進める。また、図1はLMSの例(第3週)を示す。

表1. 実験概要

	内容
第1週	Quartus Prime ソフトウェアの起動と、回路の言語設計とは?の理解
第2週	VHDL ファイルの構造の理解
第3週	シミュレーションとテストベンチの記述
第4週	階層設計の方法
第5週	カラー表示
第6週	座標を利用した画像処理
第7週	自由設計課題



図1. LMS での実験ページ

[※]岐阜工業高等専門学校 電子制御工学科

各週の内容はLMS上にあり、学生はLMSにログインして実験を進める。180分(2コマ)の実験時間の最初に教員による説明があり、学生は実験の目的等の説明を受ける。その後学生はLMS上に用意されている解説を見ながら実験を進める。LMSには下記の3種類のページが用意されている。

- ①説明資料および説明のページ
- ②練習問題
- ③課題

学生はまず説明資料を読み、その日の実験の内容を理解する。次に練習問題を行うことで、理解した内容を確かなものにする。なお、この練習問題の得点は成績には反映しない。最後に課題に取り組み、実際に回路を設計し動作させることで設計を体験する。課題の提

図4. 課題

出はLMS上で行い、ほとんどの課題は次の週までに完成しなければならない。最後の週には全てをまとめてレポートを作成し提出する。図2は説明ページ、図3は練習問題、図4は課題を示す。

図2. 説明ページ

4. PCを利用する回路設計

回路の設計はVHDLで行い、その回路をFPGA上に構成して動作確認する。VHDLからFPGAに回路を構成するためにはコンパイルしなければならないが、そのためのソフトウェアとしてQuartus Primeを利用している。Quartus PrimeにはPro Edition, Standard Edition, Lite EditionがあるがLite Editionは無償であり、実験室のPCにはLite Editionがインストールされている。また、シミュレーションには業界標準のModel-simというソフトウェアを利用するが、これも無償のものを利用している。これらのソフトウェアはダウンロードして学生が自分のPCにもインストールできるものであり、学生が家で課題を進める場合などにも役立っている。学生が回路を構成するFPGAボードはterasicのDE2ボードを使用しており、課題ではDE2ボードの全回路面積の数パーセントのみを使用しており、十分な性能がある。

5. まとめ

電子制御工学科では4年前期に電子制御総合実験を配置している。この実験では学生が自ら活動し、電子制御に関する技術を身に着けている。説明と課題の提出にはLMSを利用しており、提出した課題とレポートによって成績をつけている。いろいろな実験テーマがあり、実験テーマ毎に実験の進め方が異なるが、全てのテーマに共通するのは実験時間が長く、学生が自ら行動する必要があることである。

図3. 練習問題

