

4 章 岐阜高専における A L 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 A L 授業実践報告集

p. 4-2

授業参観週間等の個別授業での A L 活用授業実践報告集

4. 2 各授業における A L 展開事例や L M S 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 A L に関係した取組の事例や L M S 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 A L に関する事例集です。本校では A P 推進室と連携して、実験系科目や専門科目での A L に加えて、平成 2 6 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 A L の拡充を進めました。さらに平成 2 7 年度には、第 3 学年以下の低学年科目全体へ A L の活用を開始し、平成 2 8 年度には 4. 5 年科目へも A L 活用を拡充しました。平成 2 9 年度には、教育課程全体での A L 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 L M S 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、教育課程科目以外への L M S の活用が推進されつつあります。

今年度も、前年度末の A P 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可視化し、教職員の F D ・ S D 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、各科への提出を特に義務づけることはしませんでした。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です。岐阜高専の I C T 教育支援環境を用いた A L 活用授業や学修支援コンテンツとして事例紹介しています。

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。本校における教育AP事業の全体像を示した第1～3章を受けて、第4章では個々の授業におけるAL(Active Learning)の実施状況、AL授業実施報告や各授業のAL展開事例、コンテンツ集の一部を紹介する。

2. 構成

2-1. AL授業実践報告集

4.1 は AL 授業実践報告集である。

本校の教育 AP 事業は 5 ヶ年計画で進められている。29 年度はその 4 年目にあたる。28 年度には、27 年度の第 3 学年までに加え、第 5 学年までの全教室に AL 環境改善工事が実施され完了した。この工事により全教室後方にホワイトボードが設置されると共にプロジェクターを含むスクリーンが増設され、更に無線 LAN 環境が構築され、学年進行に応じ継続した AL(主に ICT 機器を利用した教育)の実施が可能となった。このような環境改善工事を受け、29 年度には全学年全教育課程科目においてますますの AL 導入が期待された。

また、本校では教育能力向上活動の一環として年度に 2 回の授業参観週間を設置している。29 年度は 5 月 18 日(木)から 24 日(水)と 12 月 6 日(水)から 12 日(火)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。

2-2. 各授業のAL展開事例や関係コンテンツ集

4.2 は、本校 1-5 学年で常勤教員によって実施されている全教育課程科目を対象に募った事例報告である。

4.1 との違いは 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 コンテンツの紹介となっている点である。

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、29 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。

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 29 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 6 年間の折り返し段階を過ぎ、AL 授業の実施回数の増加、ならびに無線 LAN を利用した学修者による情報収集やグループ学修等に 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、あるいは 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修」「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。また、研究室のゼミなどでは、LMS 使用によって話し合いのまとめをふり返り、日常の学びと課外の学びをどのように連動させて有機的に結合し可視化するかなども進められつつある。

知識やスキルを積み上げて、その検証として実験・実習を行うこれまでの教育(山登り型)が果たす役割は、高専の実践教育を考える上で不可欠である。これらは、ICT 機器などを活用しながら、正規のカリキュラムの中で徐々に実現している。一方、課題解決型の人材育成の観点からは、課題・テーマを先に与え、それらに取り組む経験を通じて、必要な知識・スキル・思考力・実践力を自ら獲得するパラシュート型の教育の両輪が必要である。個別授業での PBL 導入などにより、自分で PDCA を継続的に回す力が涵養されている。

今後、これらを発展させるためには、くさび型教育だけに依存するだけではなく、副専攻、外部単位を広く認め、異分野との協働(学年・学科横断・卒業研究など)、様々なフィールドにおける経験(地域のリアルな課題解決、国際協働プロジェクトなど)を得ることで個性を認め育むことを重視したコアカリキュラム編成と多様な選択を検討する時期に来ている。

※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

アクティブラーニング授業の実践報告

科目名： 英語 B		通年・前期・後期
実施授業の学年・学科： 1 年生全学科		実施日：平成29年10月 日（ 曜日）
実施時間： 限		教員名： 佐竹 直喜
アクティブラーニング授業のねらい： ・フォーカスオンフォーム学習 コミュニケーション活動、会話活動を通して文法の学習 を目指す ・自主的に文法を学習する		
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： ・教員の介入のタイミングが重要、さらに改善したい ・アクティブラーニングでも飽きさせない工夫がどれだけできるかが大切だと思う		
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）： ・作業はできる、一方的に話を聞くだけでは飽きてしまう		
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）： 新しく教える項目が多すぎるので、一方通行にもなりやすい 双方向でやりとり・ペアやグループの活動後に教員の説明で理解が深まるといと思う		

●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 (■：説明 ○：学習活動 ☆：AL の山場 ※：チャック 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
展 開	9：00	20分	不定詞・動名詞の基 本を復習	対話文の理解、対話文を使って不 定詞を復習、 <u>ペアやグループで対話 練習</u> など	○
	9：20	55分	プリントでのペア活動な ど&テキスト問題	フォーカスオンフォーム…いきなり「関 係詞について学習しよう」などと言 って文法説明をするのではなく、学 習者が関係詞を使用する必要がある 時に、つまづいたり、知らなかつ たり、うまく産出できない時に形式 に注意を向けさせることが必要と なる。フォーカス・オン・フォー ムというのは、生徒が「そうか、こ ういう時にはこんな言い方をす るんだな」と単に言語形式だけでなく、 それが何を意味しているか、という 場面で使われているかということ に関する気づき(noticing)を支援 するものである。	○

	時 間	分	学 習 内 容	備 考 (■：説明 ○：学習活動 ☆：AL の山場 ※：チャック ポイントの記号の記載と共に内容を記載する)	AL 個所 に○印を 記入する
ま と め	10：15	15分	ワークの答えを板書させ 説明・発声練習	プリント、練習問題の答えを板書さ せ、説明した。板書も単に答えを書 かせるのではなく、 <u>答えをかかせると 授業の流れが分かるように</u> まとめた。	

- 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、これでうまくいかなかった箇所

●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？
- ・教員が話しすぎる授業にならなかった。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
- ・教員の介入のタイミングが重要、さらに改善したい
- ・アクティブラーニングでも飽きさせない工夫がどれだけできるかが大切だと思う
- ・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	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 B		通年
実施授業の学年・学科： 1 年・電気情報工学科		実施日：平成29年10月5日（木曜日）
実施時間： 2 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。自分で辞書を引き、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上で、自分で説明することができるようにする。		
アクティブラーニングに関して改善・工夫したこと（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上で授業に臨むよう指示し、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グループ学習によって確認、さらに次の授業で小テストを行い、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うように工夫した。グループ学習により、個々の学生が自分で考えて発言する場ができた。多くの学生が真面目に取り組み、互いに教え合いながら学習できていた。次の授業で小テストを実施し、その理解度を確認できた。		
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む必要がある。		

●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	10:40～ 10:50	10 分	前回の授業内容につ いての小テスト	○学習活動 前回の授業の理解度の確認	○
	10:50～ 11:45	55 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こ ろは各自で確認	
展 開	11:45～ 12:00	15 分	次回の小テストの内容 についてグループ学 習	☆A L の山場 今回学習した内容について、グルー プ学習により、周りの学生と確認し合 う。自分で英作文できるかを確認。 間違っていたら教え合う。	○

	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
ま と め	12:00～ 12:10	10 分	授業内容のまとめ	○学習活動 今回の授業内容を理解できている 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）
- ※ チェックポイント—どうだろうか迷った箇所、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

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？ 予習の段階でかなり理解できている学生が多いので、学生自身で文法事項を説明できることが多い。多くの学生が自主的に学習しており、十分理解できているように思われる。予習復習をしっかりとできている学生が多く、小テストの出来もかなりよかった。 ・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ってはノートを取るなどして追いつくだけで精一杯になってしまっていることがあり、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ファ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	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：地理		通年・前期・後期	
実施授業の学年・学科：1 学年環境都市工学科		実施日：平成 30 年 1 月 23 日（火曜日）	
実施時間：Ⅱ 限		教員名：阪上弘彬（人文）・川端光昭（C 科）	
アクティブラーニング授業のねらい：			
本単元は、地理と土木（交通政策・街づくり）の科目横断的授業である。地理では年間の学習のまとめとして学科に関連した地球的・地域的課題をテーマ扱い、C 科ではコンパシビリティを題材に持続可能な街づくりをとり挙げた。持続可能な街づくりに対して、地理からは地域性および多様な利害関係者の存在の認識、交通政策の環境・経済・社会への影響の認識および判断・評価、土木の視点からは交通政策提案の過程、多様な交通政策とその利点・欠点の認識および判断からそれぞれテーマにアプローチする。			
C 科の学生は将来的に交通政策の立案者・提案者に就く可能性が考えられる。学生に立案者・提案者の役割を意識させながら、持続可能な街づくりに関する交通政策に関して、地理および C 科の専門的な知識や判断基準を用いて考え、交通政策にかかわる当事者（立案者・提案者）として問題に取り組む姿勢を育みたい。そのために、とくに 2 時間目では、交通政策の立案者として、実際の政策者がたどる過程を追体験させるような学習課題を設定することで、当事者としての意識を高めながら主体的、他者と協力的に学習課題に取り組めるような構成にした。なお 1 時間目（本報告）では、とくに地理・専門科目（CE）の視点を繋げる、様々な交通手段の利点・欠点を挙げることで、持続可能な街づくりに関する交通政策の認識を深めることに焦点化した授業を設計・実践した。			
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：			
学習課題を 2 時間の学習を通じて 5 つ設定したが、それぞれ質（段階）の異なるものを設定したことである。 （1：既習事項の再確認、2：似た現象・概念の比較、3：地域の現状把握、4：多様な意見の分布とその背景、5：多様な利害関係・影響に基づく判断や代替案の作成）			
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）：			
授業に対して積極的に取り組む雰囲気（教員からの問いに対する受け答え、作業と説明を聞く場面の切り替え）がしっかりとできており、課題に対してどのように考えるか、取り組みべきかを考えてグループ内での議論に参加できる学生が多いという印象がある。またわからない点や補足してほしい点なども教員にしっかりと質問ができています。			
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）：			
地理の特性としては、専門科目と重なる学習領域が多い点であり、また学習過程において調べ学習や様々な意見分布を調べたり、ロールプレイングしたりするなどの多様なアクティビティや学習方法を取り入れて授業しやすいといった利点もある。			

●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 ※：チャット ポイントの記号の記載と共に内容を記載する)	AL 箇所 に○印を 記入する
導 入	10:40～ 11:05	25 分	学習の振り返り （持続可能な開発、 街づくり・都市） 【阪上】	■ 持続可能な街づくりと SDGs の関係性について説明する。 ○ 学習課題 1：「街づくりに関して地理で学習したキーワードを振り返り、ワークシートに 5 つ以上書き出し、みよう。」（グループ活動）	
	11:05～ 11:40	35 分	土木の視点から見た街づくり（一部 CE で学習済み） 【川端】 コンパシビリティ LRT 【川端】 コンパシビリティの考え 【阪上・川端】	■ CE で学習したコンパシビリティについて、交通（移動のしやすさ）を視点を再度その考え方について説明する。 ■ 国内外のコンパシビリティにおける LRT の普及やその特徴に関する映像資料を視聴させる。	
展 開	11:40～ 12:05	25 分	様々な交通手段 【阪上・川端】 様々な交通手段の利点・欠点の比較 【阪上・川端】	■ 映像で出てきた LRT や BRT 以外にもコンパシビリティが必要になりそうな交通手段について学生に質問する。 （学生からはレンタサイクル、カーシェアリング） ○ ☆ ※ 学習課題 2：「コンパシビリティが必要になりそうな LRT、BRT、レンタサイクル、カーシェアリングそれぞれの利点・欠点について書き出してみよう。」（グループ活動：班のなかで調べる項目を分担させ、その結果を共有させる）	
	12:05～ 12:10	5 分	様々な交通手段 【阪上・川端】	■ 学生が調べたものに対して、補足を加える（交通の定時性、輸送力、整備費や維持費などのコスト面）	

- アクティブラーニング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—どうやるうか迷った箇所、これでうまくいくか不安に思った箇所

■ 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—どうやるうか迷った箇所、これでうまくいく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 □動画共有サイトの活用 講義では動画共有サイトを活用し、国内外のまちづくり事例を通して、公共交通の役割について理解を促した。 ※他機関が作成した動画資料を用いたが著作権に配慮し使用動画は非掲載	□グループワークの状況 右上写真： グループ活動の様子 右下写真： 学習の様子  

● 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？ 時間的な制約があるなか、グループ内で意見交換、スマートフォンを活用し情報を収集し他の学生と共有するなど、多くのグループで共同作業の雰囲気形成されている様子であった。一方で、個人作業が先行し学生同士の話し合いが活発でないグループもあり、教員が頻繁に話題提供するなどグループの状況に応じた動機づけが必要であると感じた。(川端) ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと まちづくりなど都市計画は地理との親和性が高く、学生も違和感なく取り組んでいる様子であった。交通ネットワークをいかに形成するかという題材に対して、シェアリングエコノミーの概念が学生から自発的にでるなど、教員の想定外の視点からの議論も見られた。(川端)	
・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント） グループ間だけでなく、グループ内でも取り組み姿勢に差が見られる。学生一人ひとりに役割を与えるなど、更なる工夫が必要であると感じた。(川端)	

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：地理		通年・前期・後期
実施授業の学年・学科：1 学年環境都市工学科		実施日：平成 30 年 1 月 31 日（水曜日）
実施時間：I 限		教員名：阪上弘彬（人文）・川端光昭（C 科）
アクティブラーニング授業のねらい：		
本単元は、地理と土木（交通政策・街づくり）の科目横断的授業である。地理では年間の学習のまとめとして学科に関連した地球的・地域的課題をテーマ扱い、C 科ではコンパシニティを題材に持続可能な街づくりをとり挙げた。持続可能な街づくりに対して、地理からは地域性および多様な利害関係者の存在の認識、交通政策の環境・経済・社会への影響の認識および判断・評価、土木の視点からは交通政策提案の過程、多様な交通政策とその利点・欠点の認識および判断からそれぞれテーマにアプローチする。		
C 科の学生は将来的に交通政策の立案者・提案者に就く可能性が考えられる。学生に立案者・提案者の役割を意識させながら、持続可能な街づくりに関する交通政策に関して、地理および C 科の専門的な知識や判断基準を用いて考え、交通政策にかかわる当事者（立案者・提案者）として問題に取り組む姿勢を育みたい。そのために、とくに 2 時間目では、交通政策の提案者として、実際の政策者がたどる過程を追体験させるような学習課題を設定することで、当事者としての意識を高めながら主体的、他者と協力的に学習課題に取り組めるような構成にした。		
なお 2 時間目（本報告）では、学生に交通政策の提案者・立案者（授業中では「県の LRT 推進課」という言葉を用いた）という役割を与え、交通政策の策定プロセスを疑似体験させながら、持続可能な街づくりに関する問題に取り組む方法、取り組み姿勢を育む授業を設計・実践した。		
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：学習課題を 2 時間の学習を通じて 5 つ設定したが、それぞれ質（段階）の異なるものを設定したことである。		
（1：既習事項の再確認、2：似た現象・概念の比較、3：地域の現状把握、4：多様な意見の分布とその背景、5：多様な利害関係・影響に基づく判断や代替案の作成）		
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）：授業に対して積極的に取り組む雰囲気（教員からの問いに対する受け答え、作業と説明を聞く場面の切り替え）がしっかりとできており、課題に対してどのように考えるか、取り組みべきかを考えてグループ内での議論に参加できる学生が多いという印象がある。またわからない点や補足してほしい点なども教員にしっかりと質問ができています。		
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）：地理の特性としては、専門科目と重なる学習領域が多い点であり、また学習過程において調べ学習や様々な意見分布を調べたり、ロールプレイングしたりするなどの多様なアクティビティや学習方法を取り入れて授業しやすいといった利点もある。		

●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 ※：チャレンジ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
9:00～ 9:15	15 分	前時の振り返り (多様な交通手段)	■グループ内で、各交通手段の利点・欠点の情報共有を指示する。 (グループ活動)	

時 間	分	学 習 内 容	備 考 (■：説明 ○：学習活動 ☆：AL の山場 ※：チャレンジ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
9:15～ 9:40	25 分	交通政策の策定プロセス 【川端】	■学生に役割（交通政策者・立案者）を与え、交通政策がどのような手続きを経て実施されるかについて質問する。 (学生は予想して答える)	
展 開		岐阜市内の交通事情の把握（策定プロセスにおける現状把握） 【阪上・川端】	■交通政策の策定プロセス（現状認識、目標設定、多様な意見の収集など）について説明する。	
			○学習課題 3：「交通政策を提案するために、岐阜市内の交通事情を、①交通手段の種類、②分布、③頻度、④具体的な問題について調査しよう。」（グループ活動：班のなかで調べる項目を分担させ、その結果を共有させる） 【グループを適宜巡回し、岐阜市内の交通の起点はどこか？など補助質問を学生に与える】	
9:40～ 10:25	45 分	LRT を通することによる影響（策定プロセスにおける多様な意見の収集） 【阪上・川端】	○☆☆学習課題 4：「LRT が岐阜市内を通ることによる影響を、①環境、社会、経済面、②影響によって損する人・損する人、から書き出して、整理しよう。」（グループ活動：グループ内で話し合ったり、別の街の事例をスマホを使ったりして調べる） 【グループを適宜巡回し、LRT 等の質問に答えたり、考える視点を与えたりする】	
			○☆☆学習課題 5：「多様な影響・意見を踏まえ、LRT の推進の是非を判断しよう。賛成および反対の立場から、LRT あるいは別の交通手段が持続可能な街づくりにどう貢献できるかを短文で書いてみよう。」（個人活動） 【必ずしも LRT 推進でなくてもよい】	

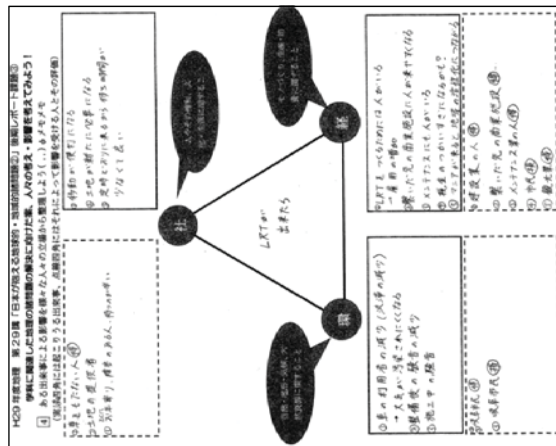
ま と め	10:25～ 10:30	5 分	学習内容	備考 (■:説明 ○:学習活動 ☆:AL の山場 ※:チェック ポイントの記号と共に内容を記載する)	AL 個所 に○印を 記入する
			持続可能な街づくり おける交通手段の提 案について 【阪上・川端】	と、反対に関しては LRT に替わる代 替手段の提案をすることを伝える】	
				■各グループを回りながら、学習課 題 5 までできている学生については適 宜、コメントをする。	

- 説明・講義と話す内容の概要
- 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—どうやらここ迷った箇所、これどうもいかに不安に思った箇所

●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

左図：教材(レポートを兼ねる)の一部

(学習課題4に対応：社会・環境・経済の各側面で起こりうる出来事とそれに対応する利害関係者を書き出す)



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が講義担当教員による授業後の考察：
- 教員のねらいどりに授業が展開できたか？
- 1 時間目同様、時間的な制約があるなか、グループ内で意見交換、スマートフォンを活用し学生と共有するなど、多くのグループで共同作業の雰囲気形成されている様子であった。学習課題の理解の部分が多いため、すんなり記述できる学生が多かったが、学習課題 4 以降は、将来を予想するをふまえて記述させたりするものだったため、時間が他の学生よりもかかった学生もいた。(版上)
- 改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
- 今回は学生に一律に交通政策の提案者としての役割を与えて、課題に取り組みさせたが、今後さまざまな学生ごとに異なる立場(同じ交通でも LRT 関係者、バス関係者、市民、政治家など)から考えさせ、法的な学習や、さらに多様な意見・視点から思考できる能力を向上させられると感じた。また、多様な課題に対して、的確に記述できていた。
- 知らないことに対して調べる姿勢はしっかり身につけている一方で、まずはスマホを見てみようというので、ある程度までは自身あるいはグループで考えさせたい、スマホで調べるといった時間を感じた。また、今回は時間的な制約上できないと考えたため省略したが、班ごとの意見を発表し、とてもいいと思った。(版上)
- 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ファ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の該当する箇所には○印を記入

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29年4月20日（木曜日）
実施時間：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～ 9：20	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	
展 開	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 色タンパターンの実践	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	○
ま と め	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：
 - ・教員のね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
二人に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）

- アクティブラーニング担当教員によるフシリレ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：化学A		通年
実施授業の学年・学科：1 年機械工学科		実施日：平成29年12月6日（水曜日） 平成29年12月12日（火曜日）
実施時間：Ⅲ, IVa 限		教員名：上原敏之
アクティブラーニング授業のねらい：		
・反応熱をテーマに，教科書や問題集の演習問題を通して，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。また，それらの類似問題の作成を通して，出題者の意図を理解する。		
アクティブラーニングに関して改善・工夫したこと（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，両面を 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った。		
・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って，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ることにした。		
・今回も，各自の名列番号を使って問題を作成させたが，趣旨が十分伝わっていなかったようで，提出された課題を再提出させる必要が生じた。今後は，具体的に名列番号 50 番の場合を例示して説明しようと思う。		
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）：		
・非常に反応の良いクラスで，こちらの問い掛けに対して複数の応答があり，双方方向の授業に慣れた雰囲気がある。そのためか，アクティブラーニング授業では，かなり賑やかになる。		
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）：		
・身近な現象から導入できるため，通常の授業でも，双方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 (■：説明 ○：学習活動 ☆：AL の山場 ※：チャ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	13:00～	5 分	燃焼熱，生成熱，溶解熱の定義の確認	■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～	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。	○
展 開	13:40～	10 分	教科書の演習問題の解説	■教員が模範解答を示し，注意点などを解説する。	
	13:50～	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 問ずつ解説を説明する。	○
	14:40～	45 分	演習問題の類似問題の作成	☆名列番号に g を付けた質量を使って類似問題を 3 問作成し，解説と解答をつくり，課題として提出する。	○

	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の記載と共に内容を記載する)	AL 個所 に○印を記入する
ま と め	15:25～	5 分	問題作成のポイント	■問題作成の難しさを学生と共有し，作成のポイントを伝授する。	
	15:30				

- 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—どうやらうか迷った箇所、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

学習の目的	解説 類題 1	課題 1 15分
★いろいろな反応熱を熱化学方程式で表そう	$\text{CH}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 1561\text{kJ}$ 1 mol 分数でもよい 液体の水 ・素目する物質の係数を 1 にする ・使って、係数が分数になることがある ・通常、固・液・気の状態を付ける	次の反応を熱化学方程式で表わせ。 (1) アセチレン C ₂ H ₂ 1.0g が燃焼すると、50J の発熱がある。 問題集 p.130(p.104)1 解答 熱化学方程式を書く ●説明を聞いた人の署名と感想

●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？
例年時間通りに進まないため，今回も，残りの課題を教室外学修として課した。
- ・改善や工夫に対する学生の反応や気づいたこと
今回も，各自の名列番号を課題として問題作成に使わせてため，理解の早い学生が，自分の作成した問題に基づいて簡単な方法を指南していた。
- ・その他気づいた点（例：○、※に対するコメント）
グループ学習で学び，さらにお互いに説明し合っ理解が深まった内容を，改めて教員が丁寧に解説するのは，学生にとっては退屈なようだ。今回は，思い切って解説のスライドを見せるだけにした。

●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	
スル項目		よい	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：ものづくり入門		④前・後期
実施授業の学年・学科：1年 機械工学科		実施日：平成29年 5月 12日（金曜日）
実施時間：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： 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： 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いうも思う。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 箇所 に○印を 記入する
導 入	9:00～ 9:10	10 分	安全について	■ 実際の例を見せて説明	
	9:10～ 9:50	40 分	危険予知 (KYT)につ いて	○何が危険かを学ぶ 動画を活用	○
展 開	9:50～ 12:00	70 分	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	10 分	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）

- ※ チェックポイントどうやるうか迷った箇所、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： 機械工学実習Ⅰ		④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29年 5 月 9 日（火曜日）
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ィ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習得したいという意気込みが感じられる。 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 (■説明 ○：学習活動☆AL の山場 ※：チェックポイントの記号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	13:00～ 13:20	20 分	フライス盤について	■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。	○
ま と め	15:15～ 15:30	15 分	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 ― どういうふうか迷った箇所、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

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？ 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ァ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： 機械工作法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 29 年 4 月 19 日 (水曜日)
実施時間： 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： 応カーひずみ線図に基づく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カー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	
	9:20～ 9:50	40 分	応カーひずみ線図について説明	○専門用語と特徴を学ぶ 問かけを増やし、双方向での展開	○
展 開	9:50～ 10:20	30 分	応カーひずみ線図を 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かけ、その後、個人へ問かけける。	○
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 ― どうやらうか迷った箇所、これでうまくいかなかった不安に思った箇所
- 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 加工の動画と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ァ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： 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 29 年 10 月 3 日 (火曜日)	
実施時間： 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： 黒板に大きく鋳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。 鋳造の実習は 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 ※:チャ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	20 分	鋳造について	■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	
	10:20～ 11:00	40 分	砂型鋳造の鋳型製造について	○専門用語と特徴を学ぶ 双方向での展開	○
展 開	11:00～ 12:00	60 分	導入時の図 (鋳型断面の図) 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	10 分	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）
- ※ チャックポイント ― どうやらうか迷った箇所、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

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 鋳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、実際の鋳造を作業させてから座学で教える方が効果的である。 （鋳造の実習は 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ァ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： 機械工学実習Ⅱ		④⑤⑥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29年 5 月 11 日（木曜日）	
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ィ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習得したいという意気込みが感じられる。 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 (■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	13:00～ 13:20	20 分	フライス盤について	■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。	○
ま と め	15:15～ 15:30	15 分	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 ― どういうふうか迷った箇所、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

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？ 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ァ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

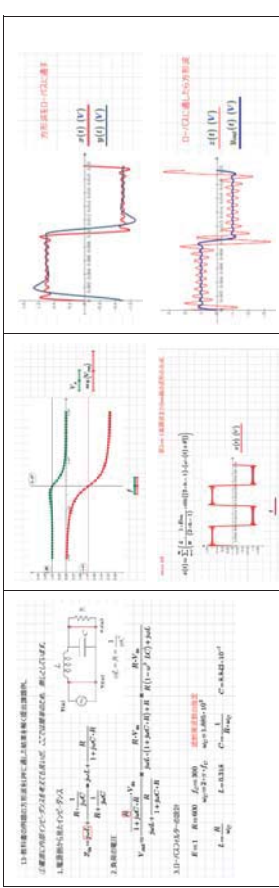
科目名：電気回路Ⅰ		通年	
実施授業の学年・学科：3年 電気情報工学科		実施日：平成29年11月22日（水曜日）	
実施時間：Ⅲ限	教員名：所哲郎		
アクティブラーニング授業のねらい：電気回路系の学修に於いて、4端子網の周波数特性を活用した回路にフィルター回路がある。RとCからなる電気回路に周波数の異なる正弦波を通すと、特定の周波数成分のみが出力される回路である。この授業では、教科書にある例題のローパスフィルタを設計することに留まらず、回路への入力波形として方形波電圧を印加した場合の出力電圧波形の求め方を学ぶ。次に、このローパスフィルタを通した出力波形が、先の方形波となる入力波形の求め方を学ぶ。			
以上の電気回路の周波数応答に関しては、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、回路の周波数特性をわかりやすい数式表現で確認すると共に、その log スケールでのゲイン・位相特性や入出力波形の可視化を実施する。これらにより、単に数式の変形を追うのではなく、物理的・電気回路的・数学的な理解を深めることを目指した。			
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：課題となるローパスフィルタ設計問題は、数式だけで有ればよく解けるが、その振る舞いを理解することは困難である。従前は EXCEL を用いて回路の周波数特性を計算し、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、教科書の数式と対応がシート作成者以外には見えにくく、再利用等も困難であった。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 Mathcad の活用は、やはりある程度の準備が必要であるため、PDF 化した模範解答（回路設計手順）を示すと共に、いくつかの部分を予め記入済みの Mathcad テンプレートを LMS に用意した。			
② このレポート提出用のテンプレートには、余白となるノート部分に、対応する部分の PDF 画像を埋め込み、教員の説明と連動しなくても、学修の流れが学生に理解できるようにした。とくに授業中に説明する部分を緑色のコメントなどの文章で追記し、復習などにも役立つようにした。			
③ 一人一人の設計する遮断周波数の値や、方形波の解析周波数の値や、方形波の解析周波数の上限など、全ての値をパラメータとして可視化したのにより、簡単に別の問題にも対応できるようにした。			
④ ハイパスフィルタとバンドパスフィルタも同様に設計し、出力波形を予想でき、授業の最後に紹介した。Mathcad により数式が可視化されているため、変更部分が簡単に理解できる。			
⑤ ギャルテンワート方式のノートパソコンを用意したため、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のライセンスソフトの利用が可能であった。			
⑥ 今後改善できると良い事は次の通りである。			
⑦ グループで検討できるような課題や CBT の作成。			
⑧ 双方向プロジェクトと従来のプロジェクトの利用による、更なるグループ学修化と、反転授業への展開の検討。			
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、何人かの学生は才能を開花しつつある。Mathcad を用いた4端子網の解析など、単に数式変形を追うのみの授業から、数学を活用する授業へと、授業形態を大幅に変更している。このため、本当の基礎部分の理解が困難である、授業で多く話すいろいろな問題の紹介は、その場での理解が困難であると推察している。電気回路で言う「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認めての授業設計である。この MLC（モラルコアカリキュラム）質保証部分については、全員が理解できるように、何度も繰り返し教授しているが、4割の学生には今すぐは理解できないかも知れないとも教えていることを、学生が理解してくれる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っている、やや成績の良い（表面的な理解は良くなる）学生に、より深い学習や理解を促すことを目指している。このことを確かめると、その弊害が、下位レベルの学生の集中力を途切れさせることになると感じている。			
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）：所の提供する電気回路に関する LMS 上のコンテンツでは、全ての希望する進路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、教室外学修環境をしっかりと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○印を記入する
導入	14:40～15:10	30分	今日のALの内容紹介と回答例の説明	■:説明 課題説明 ○: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。	

	時間	分	学習内容	備考	AL 個所に○印を記入する
展開	15:10～15:50	40分	Mathcadを用いた波形応答の計算	■: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	
	15:50～16:05	15分	HPFやBPFへの展開	☆:ALの山場 Mathcadでの回路応答の算出。 Logスケール周波数特性グラフの作り方。 方形波の高周波成分のグラフ表示。 LPF通過後のスペクトルの表示と波形の作成。 LPF通過後に方形波となる波形の作成。	○
	16:05～16:10	5分	LMSを活用するように指示	※:チェックポイント 同じ考え方で、HPFやBPFなども簡単にMathcadで処理できることの確認。 ○:学習活動 入門・基本・展開の各レベルの問題や解説をLMSにて紹介していることの確認。	○

●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を使う事で簡単に複素数の計算ができ、logスケールのグラフなども作成可能となった。頭の中で予想できていたことを、実際に波形として可視化できる事が可能となった。また、内容の可視化が明確なのでシートの再利用もしやすい。

・教員のねらいどおり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要

●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（指導力の振り返り）

①～⑤の該当する箇所に○印を記入

評価基準		
スキル項目	よい	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	○	

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. 29年度のAL実施について

平成29年度に実施した保健体育授業におけるALの実施状況について、主に前期の期間を通じ「健康づくりのための学習」として行ってきた各授業の内容を、大まかに説明しながら報告する。

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していきたいと考える。

※1：岐阜高専一般自然科目(教授)

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

所 哲郎※¹
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

本校電気情報工学科では、第2、第3学年の電気回路Ⅰ、第4学年半期の電気回路Ⅱ（三相交流・回転磁界等）と第4学年通年の情報伝送工学を教えている。合計7コマの半期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^[1]」と「回路網理論^[2]」を採用している。電気電子コース学生への第4学年の必須科目は、情報コース学生へは第5学年での選択科目として提供されている。

高専機構によるモデルコアカリキュラム（MCC）のV-C-1が電気回路であり、直流及び交流回路の電圧・電流・インピーダンスの関係と、実効値や電力、過渡応答などを学習内容として規定している。ひずみ波交流は結合回路部分などを除き、これら全ての項目を包括する優れた内容を含んでいるが、重ね合わせの理だけで表面的にフーリエ級数の理解と共に学習されることが多い。本稿では、このひずみ波交流のフーリエ級数展開を用いた、電気回路の数学ソフト（Mathcad）と連携した学修支援コンテンツの開発状況を紹介する。一部課題はAL的に各課題の要所を学ぶことも意識して、ICT活用学修支援コンテンツとして展開している。

2. 方形波のフーリエ級数展開

ひずみ波の代表である方形波は、振幅が±1である場合、最大値・実効値・平均値が全て1であり、直流1と同じである。そのフーリエ級数展開式（式1）を計算する上でも、±1を掛けることは、正弦波または余弦波の形を変化させず、簡単に積分値が計算できる。では、直流と方形波は何が違うのか？まずはそのフーリエ級数を図的に求めさせている。

$$e(t) := a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t)$$

$$a_0 := \frac{1}{T} \int_0^T e(t) dt$$

$$a_n(n) := \frac{2}{T} \int_0^T e(t) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) dt$$

$$b_n(n) := \frac{2}{T} \int_0^T e(t) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t) dt \quad \text{式 1}$$

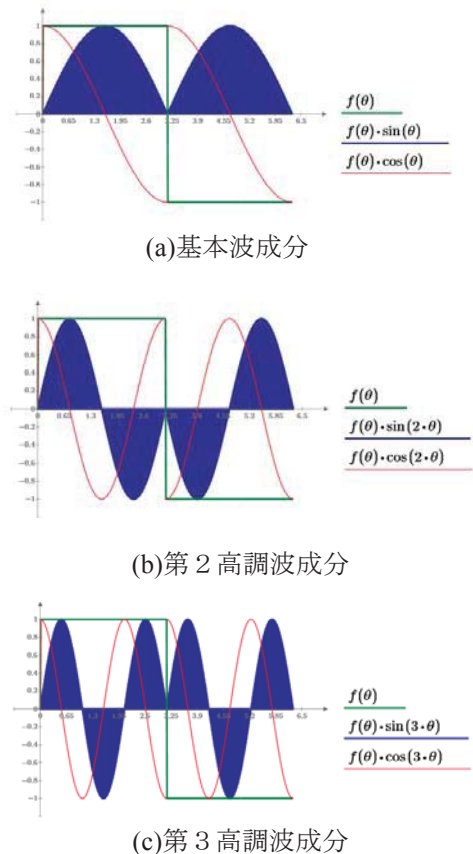


図1. 単位方形波と正弦波および余弦波の積

式1の1周期Tが 2π の位相である式も同時に示しておき、フーリエ級数は時間波形だけでなく、画像等にも活用できることを紹介しておく。また、第4学年の応用数学で、その数学的な学習へと続くことを紹介しておく。さて、式1のフーリエ級数を求めるための積分演算は、方形波に於いては図1に示した様に、簡単に図的にも求めることが可能である。

まず、上下対称な方形波であり、直流分は $a_0=0$ である。次に、正弦波半周期位相 π までの面積は2であるため、(a)の基本波成分の一周期の平均値は $2/\pi$ であり、式1では、その2倍を求めているため $b_0=4/\pi$ である。もちろん、奇関数である正弦波位相の方形波に偶関数である余弦成分は含まれないため、 $a_1=0$ であることも図より明らかである。次に(b)の第2高調波成分のフー

リエ級数を求めてみると、余弦成分・正弦成分とも±で打ち消し合い、 $a_2=b_2=0$ である事が分かる。

次に、(c)の第3高調波成分を見てみると、余弦成分は±が打ち消し合うため $a_3=0$ であるが、正弦成分は1/3が残ることが分かる。従って $b_3=4/\pi$ の1/3である。以下、これが繰り返されるため、振幅±1の正弦波位相(奇関数)の方形波のフーリエ展開式は式2であることが理解できる。

$$e(\theta) := \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \cdot \sin((2 \cdot n - 1) \cdot \theta) \right) \quad \text{式 2}$$

3. 方形波の実効値と平均値

さて、ひずみ波交流における最も大切な学習要素が式3に示す、ひずみ波の実効値である。直流分を含めて、全ての高調波成分の実効値を二乗し、その総和の平方根を求める事となる。今考えている方形波の場合、たとえば第7高調波までの実効値は $E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + E_7^2}$

$$E = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} E_n(n)^2} \quad \text{式 3}$$

となる。式1に示したフーリエ級数は、直流分は実効値であるが、交流分は全て波高値である事に注意が必要である。従って、振幅±1ボルトの方形波分圧の実効値は、各フーリエ級数を $\sqrt{2}$ で割って、

$$E := \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{4}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \right)^2} \rightarrow 1 \quad \text{式 4}$$

となる。Mathcadではシンボリック演算($\rightarrow$)が可能であり、 ∞ 項までの計算結果を求める事ができる。フーリエ級数を用いても、方形波の実効値が1であることが分かる。逆に言えば、式4は電気回路的に1となるはずなので、奇数分の1の二乗和は式5となる。

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \right)^2 \rightarrow \frac{\pi^2}{8} \quad \text{式 5}$$

次に、方形波の平均値をひずみ波のフーリエ展開式から求めてみる。電気回路では(1周期を平均すると0になるため)正の半周期の平均値を求めていることに注意が必要である。式2より $0 \sim \pi$ までの半周期の平均値は、図1の半周期を考慮すると第3高調波では縦方向の振幅が1/3になるだけで無く、横方向の位相方向の寄与も1/3に減ることが分かる。従って、基本波の平均値は $\frac{4}{\pi} \cdot \frac{2}{\pi}$ であり、第3高調波ではその $\frac{1}{3^2}$ である。これらを全て足し合わせると式6の1となり、ここでも式5の関係が表れている。

$$\frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2 \cdot n - 1)^2} \rightarrow 1 \quad \text{式 6}$$

4. 方形波の電力

ひずみ波交流におけるもう一つの最も大切な学習要素が式7に示す、ひずみ波交流の電力である。直流分と基本波及び各高調波成分の電力を足し合わせるだけで良い。 $\cos(\theta_n)$ は第n高調波における回路の力率であり、電圧と電流の位相差の余弦である。MCCの電気回路を学ぶ範囲に置いては、力率は正であると学ぶことになる。

$$P = E_0 \cdot I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} E_n I_n \cdot \cos(\theta_n) \quad \text{式 7}$$

では、簡単のため、1Ωの抵抗に±1Vの方形波電圧を印加する場合を考える。当然、電流波形も式2と同じ波形となる(もちろん単位はAである)。この場合、力率は全て1なので、式7を計算すると式8となる。これは式6と同じで、1Wとなる。

$$P := \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(\frac{4}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \right) \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \right) \cdot 1 \right) \rightarrow 1 \quad \text{式 8}$$

5. 半波整流方形波の実効値と平均値と電力

ひずみ波交流波形を整流することは、実社会でも多く行われると予想される。そこで、方形波の整流波形について学修する。まず、全波整流波形は1Vの直流となるだけである。次に半波整流について考える。

$$\text{半波整流波形} = \frac{1}{2} \text{全波} + \frac{1}{2} \text{全波整流波形} \quad \text{式 9}$$

半波整流波形は式9の関係にあるので、フーリエ級数を用いても式9が正しいかを確認して見る。まず、式9を半波整流方形波に適用し、時間波形で表現すると、式10となる。これをグラフにしたのが図2である。確かに半波整流方形波が表現できている。

$$e(t) := \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cdot \left(\sum_{n=1}^m \left(\frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \cdot \sin((2 \cdot n - 1) \cdot \omega \cdot t) \right) \right) \quad \text{式 10}$$

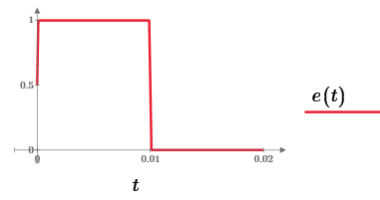


図2. 半波整流方形波のフーリエ級数による合成

半波整流波形の実効値は全波の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 、平均値は $\frac{1}{2}$ である。

このことを確かめてみる。式10の実効値は、式3を用いて式11となり、確かに成り立っている。

$$E := \sqrt{\left(\frac{1}{2} \right)^2 + \left(\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{2}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \right)^2 \right)} \xrightarrow{\text{simplify}} \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{式 11}$$

平均値については、後半の半周期の平均値が 0 となり、式 6 の前半の平均値の 1 との平均であるので、やはり正しいことが分かる。これらより、式 1 に示したフーリエ級数は、直流分は実効値であるが、交流分は全て波高値である事が確認できる。

6. ALで活用可能なひずみ波の応答問題

次に、AL 的な発展問題として、以上で述べた方形波のフーリエ級数展開に関する学修を、正弦波と三角波についても学んだ後の学修を展開していく。

6-1. 方形波電圧と三角波電流の電力

まず、振幅 1A の奇関数である対称三角波電流のフーリエ級数展開式を式 12 に示す。方形波の式 2 と比較すると符号が±変化する事が分かる。-1 がついたフーリエ級数は、正弦波の位相が 180 度ずれて、反転して始まることを説明しておく。

$$i(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{8}{\pi^2} \frac{-(-1)^n}{(2 \cdot n - 1)^2} \cdot \sin((2 \cdot n - 1) \cdot \theta) \right) \quad \text{式 12}$$

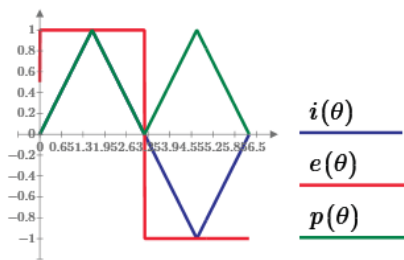


図 3. 方形波電圧と三角波電流による瞬時電力

図 3 は問題を可視化したものであり、電気学会監修の「基礎からの交流理論^[1]」でも第 12 章のひずみ波交流の例題 12.6 として、等価正弦波の考え方を学修させている。瞬時電力 p は簡単に、電流波形の全波整流波形と同じであることが分かる。従って、平均電力 P は 1/2 である。この平均電力を式 7 のひずみ波交流の電力の式から求めてみる。ここで、電流のスペクトルが負であることが関係してくる。電圧のスペクトルは全て正なので、高調波成分では印加電圧と電流の向きが逆であり、力率が -1 となる場合がある事を意味している。それらを式で表すと式 13 となり、正しいことが分かる。

$$P(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\left(\frac{4}{\sqrt{2} \cdot \pi} \frac{1}{(2 \cdot n - 1)} \right) \cdot \left(\frac{8}{\sqrt{2} \cdot \pi^2} \frac{1}{(2 \cdot n - 1)^2} \right) \cdot (-(-1)^n) \right) \quad \text{式 13}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{16}{\pi^3} \frac{1}{(4 \cdot n - 3)} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{16}{\pi^3} \frac{1}{(4 \cdot n - 1)} \right) \xrightarrow{\text{simplify}} \frac{1}{2}$$

ところで、方形波と三角波の実効値はそれぞれ 1 と $\frac{1}{\sqrt{3}}$

である。そこで、これらを基本波成分の等価正弦波電圧と電流として考えると、両者による電力は式 14 となり、共に正弦波位相の奇関数である方形波電圧と三角波電流を等価正弦波として扱うと、電圧と電流の位相差が 30 度であることが確認できる。

$$P = EI \cos \theta = 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \cos \theta = \frac{1}{2}, \therefore \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{式 14}$$

6-2. 正弦波電圧とひずみ波電流の電力^[3]

図 4 に示す、振幅 1V の奇関数である正弦波電圧と、同じ波形の電流に非線形応答による第 3 高調波成分が式 15 の様に含まれている電気回路のひずみ波問題を解いてみる。^[3]

$$E_m = I_m = 1 \quad e(t) = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i(t) = I_m \cdot \left(\sin(\omega \cdot t) - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sin(3 \cdot \omega \cdot t) \right) \quad \text{式 15}$$

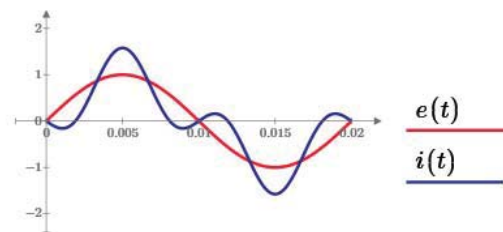


図 4. 正弦波電圧と非線形応答電流による電力

まず、電圧と電流の実効値は式 3 により、

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} \quad I = \sqrt{\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{I_m}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}} \right)^2} \rightarrow \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{3}$$

よって、電力と等価正弦波としての力率は、

$$P = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 1 = 0.5 \quad \cos \theta = \frac{P}{E \cdot I} = 0.866$$

となり、式 14 とおなじ等価力率を得る。

6-3. 階段状電圧波形の実効値^[4]

図 5 に示す、60 度ごとに振幅が変化する、正弦波位相の階段状電圧波形を考える。この平均値は 2/3 であることが簡単に求められる。実効値についても、RMS の考え方から簡単に $\frac{1}{\sqrt{2}}$ である事が分かる。そこで、この波形のフーリエ級数を求め、式 3 により振幅 1 の等価正弦波であることを確認してみることは良い AL 課題となる。このときに式 16 の関係が必要となる。

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(2 \cdot n - 1)^2} - \frac{1}{(6 \cdot n - 3)^2} \right) \rightarrow \frac{\pi^2}{9} \quad \text{式 16}$$

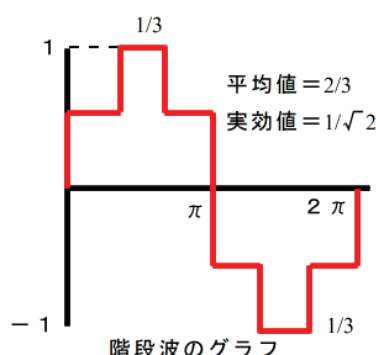


図 5. 正弦波と等価である階段状波形^[4]

6-4. のこぎり波状電流波形の実効値

図 6 に示すのこぎり波電流波形は、奇関数三角波と同じで、実効値は $\frac{I_m}{\sqrt{3}}$ 、平均値は $\frac{I_m}{2}$ である。この平均値や実効値をフーリエ級数展開式から求めることも良い AL 課題となる。なお、三角波の実効値をフーリエ級数展開式から求めるときと、のこぎり波の実効値をフーリエ級数展開式から求めるときに、次の式を用いる。

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^4} \rightarrow \frac{\pi^4}{96}, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \rightarrow \frac{\pi^2}{6} \quad \text{式 17}$$

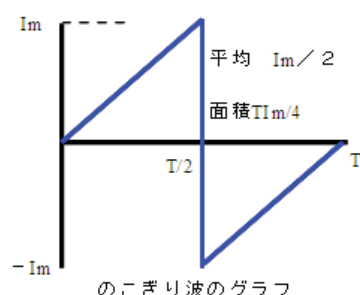


図 6. 偶数高調波を有する奇関数のこぎり波

6. おわりに

電気系の学科で電気回路は最初に学ぶ基幹科目であり、低学年から学ぶことも多い。そのため、やや数学的な取り扱いを十分にしないまま、概念的に計算方法を学ぶこともあるものと思われる。今後のインダストリー 4.0 などの高度情報化ネットワーク社会での活躍を考える時、数学力やプログラミング力の育成は ICT 活用教育の要となる。

Mathcad などの数学ソフトを活用した AL を展開することで、板書のコピー(数式変形)にほとんどの時間を費やしていた学修を、本来学ぶべきことの理解に集中させ、自分で問題を作ったり、与えられた問題を発展させたりして考えてみることは、電気回路の学修にも大変役立つものである。

たとえば、方形波を積分すると三角波となるが、そのフーリエ級数を積分しても、ひずみ波合成波形は三角波となるか、逆に三角波のフーリエ級数を微分すると方形波のフーリエ級数が得られるかなど、時間領域の表現と周波数領域の表現の関係性をより深く理解することにつながる。なお、式 6 の証明が上記方形波の積分の $t=0$ での値の整合性から得られることなども分かる。

EXCEL などを用いても、フーリエ級数の計算やグラフ表示による可視化は可能であるが、数学ソフトを用いる方が、無限までの展開式のシンボリックな解答など、数学や電気回路の教科書の式との整合性が取りやすい。また、第 n 高調波までのひずみ波合成波形や、実効値なども、変数に代入する数値を変えるだけで計算でき、作成されたコンテンツ内容の視認性（数学で習う数式と同じ形式）と再利用性に格段の有意性がある。すなわち数学で習うままの表記で済むため、グラフ化やシンボリック演算により、結果の可視化や逆問題に対する検討などが飛躍的に簡便化され、学修を進めることが可能となる。

岐阜高専は文部科学省 AP により、全国最先端の ICT 活用教育環境を構築するだけでなく、実際に多くの教員がコンテンツの作成を、LMS などを活用して進めつつある。また、実践技術単位によるポイント制度を、全高専教育による学修成果の可視化に展開中であり、これらの取り組みが両輪となり、本校工学教育の高度化へと繋がっている。

※1：岐阜高専電気情報工学科(教授)

注）本文中のコンテンツは抜粋であり、実際のコンテンツでは授業時間やページ数の縛り、学修場所の縛りを意識すること無く、能動的な学習意欲さえあれば、連続して順を追って解説しているので、自律的学修が可能となっている。LMS 内や学内用サーバには、各学修項目の詳細な解説や練習用の EXCEL シートや Mathcad 課題なども用意されている。

なお、学校ライセンスされた Mathcad の利用に関しても、情報処理センターの演習室での利用はもちろんであるが、AP により用意した貸し出しノートパソコンを用いても利用可能な体制を整えた。現在は更にリモートデスクトップ機能により、岐阜高専の内外問わず、いつでも・どこでも ICT 活用学修を可能とするよう計画中である。

参考文献

- [1] 「基礎からの交流理論」、小郷寛原著、電気学会
- [2] 「回路網理論」、小郷寛他、電気学会
- [3] 「基礎からの交流理論」、小亀英己他、電気学会
- [4] 「例題で学ぶやさしい電気回路」、堀浩雄著、森北出版

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

所 哲郎※1
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

本校電気情報工学科では、第2、第3学年の電気回路Ⅰ、第4学年半期の電気回路Ⅱ（三相交流・回転磁界等）と第4学年通年の情報伝送工学を教えている。合計7コマの半期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」と「回路網理論」を採用している。電気電子コース学生への第4学年の必須科目は、情報コース学生へは第5学年での選択科目として提供されている。

これらを通して線形時不変システム（LTI; Linear Time-Invariant System）の応答を学ぶ事となる。直流定常回路と $j\omega$ を用いた交流定常回路の電圧・電流応答は理解しやすいが、例えば「回路網理論」1章の章末問題7番の指数関数応答になると、数学的な理解はできても電気回路的なイメージが突然つかみにくくなる。本事例紹介では、この電気回路の応答を、数学ソフトであるMathcadと連携した学修支援コンテンツとして紹介する。一部課題はAL的に各課題の要所を学ぶことも意識して、ICT活用学修支援コンテンツを展開している。

2. 直流定常状態から直流過渡状態へ

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る。

次に直流回路の過渡現象の説明は、微分方程式を解く形で電気回路3年生後期・後半で学んでいる。この時、筆者はラプラス変換（応用数学では4年時に学修）についても紹介し、電気回路の初期値と最終値の考え方を学ばせている。

さて、第4学年の電気回路系の学修では、回路網に関する定常時の重畳性に加えて、時系列的な重畳性が理解できれば、単位階段関数(Mathcadでは $\phi(t)$:ヘビサイドのステップ関数)を用いてデジタルサンプリングした任意の波形が形成できることを最初に学ぶ。図1にその学修の流れを示す。

任意の入力波形を $\phi(t)$ で作れるようになったら(6)、

インディシャル応答 $k_i(t)$ を任意に $\phi(t)$ で作る(7)。この $k_i(t) - k_i(t-1)$ によりインパルス応答 $k(t)$ を作る(8)。そして、これらによりたたみ込み積分となる合成を行い、出力波形を求める(9)。以上の手順を、方眼シートを用いて学ぶと共に EXECL で確認する。最後に、インパルス応答を時間反転させ、ミラー法を使ってたたみ込み積分の図的解析イメージを学ぶ(11)。

これらに項目10の逆たたみ込み積分を追加する事は、現時点では説明のみの記述で有り、意味合いの紹介に留めている。回路網理論の後半のフィルターの応答波形を求める部分で、方形波入力時のフィルター出力波形の応答計算と、出力波形が方形波となる入力波形を作成することで、たたみ込み積分と逆たたみ込み積分の概念を学修していく。

以上の離散的なイメージのたたみ込み積分の学修の後、連続的でアナログなたたみ込み積分の学修へ移っていく。本校LMSの該当回の部分を図2に示す。デジタル（離散的）なミラー法では、単位パルス入力時の伝達関数 $h(t)$ が単位パルスである場合に、単位パルスを入力したときの応答(出力)は単位パルスであるが、サンプリングを倍にして面積1/2のパルス2つの、1/2時間ずれた応答の合成波形は1/4、1/2、1/4のパルス列



図1. 単位階段関数(USF)による波形応答の解説

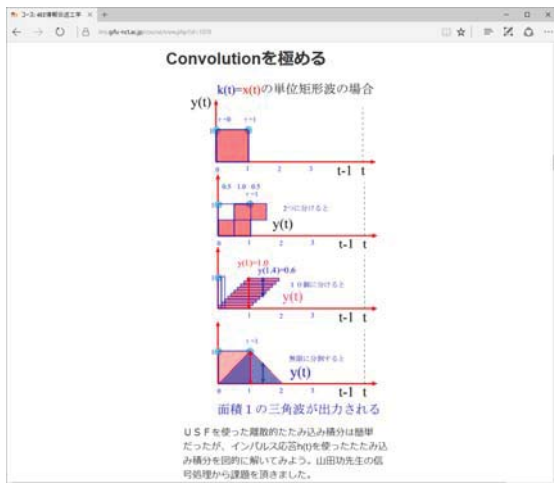


図2. インパルス応答が単位方形パルスである回路の単位方形パルス入力時の応答を求める問題の解説（離散系をアナログ系に拡張し三角波が出力される）

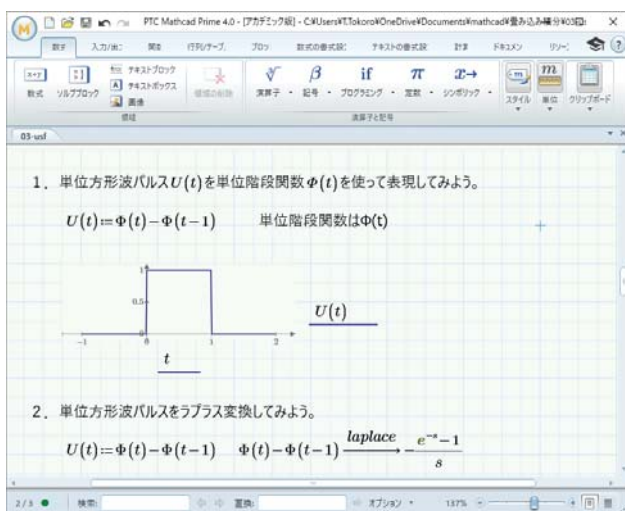


図3. 単位方形波パルスの Mathcad での表現とそのラプラス変換

となる。同様に、サンプリングを 10 倍にすれば 1/10 の振幅のパルスが 1/10 時間ずつずれた 10 個の合成波形となり、出力波形は三角波に近づいていく。

以上の応答問題を、Mathcad を用いて計算すると、s 領域と t 領域について、それぞれ図 3 と図 4 に示すように、簡単にラプラス変換やたたみ込み積分を用いた解法を可視化可能であり、図 5 に示すように、ミラー法によるコンボリューションの計算式のイメージも簡単に可視化することができる。しかしながら、電気回路（網）との対応がイメージできない。

3. 電気回路の指数関数応答問題を極める

さて、回路網理論の教科書の 1 章の章末問題 7 番は「伝達関数が $G(s)=1/(s+1)$ で与えられるとき、入力電圧が $\exp(-2t)$ のときの出力電圧を求めよ」というもの

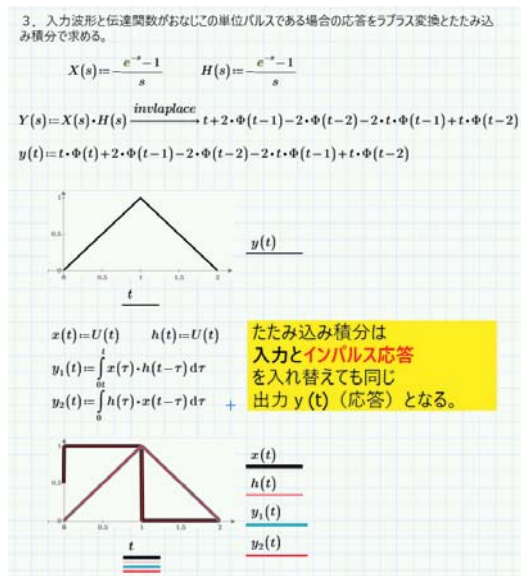


図4. インパルス応答が単位方形波である回路の単位方形波入力時の応答をラプラス変換とたたみ込み積分を使って Mathcad で解く

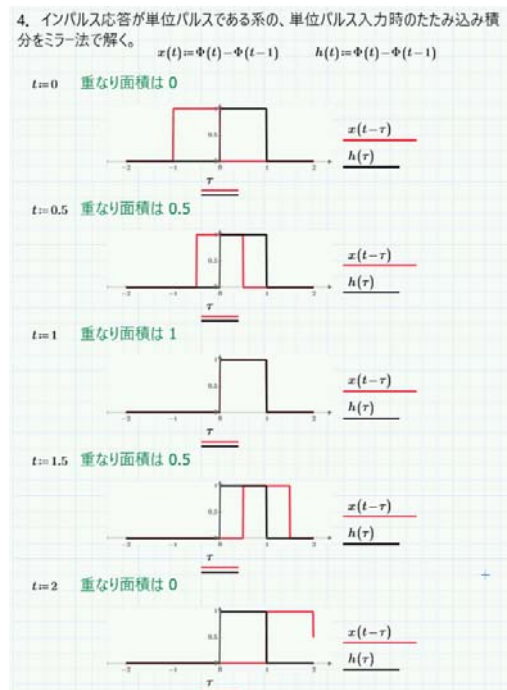


図5. インパルス応答が単位方形波である回路の単位方形波入力時の応答をミラー法で考える

である。

直流と交流について電気回路で学んできた学生にとって、指数関数で減衰する電圧波形の入力は、簡単にはイメージできないが、ラプラス変換を用いれば、簡単に答えは求められる。この部分を筆者は図 6 の様に深掘りし、教授している。

まず図 7 の様にラプラス変換を持ちいて、s 領域で求めた解を t 領域に変換して解答を示す。教科書では



図 6. 指数関数応答問題の解説手順

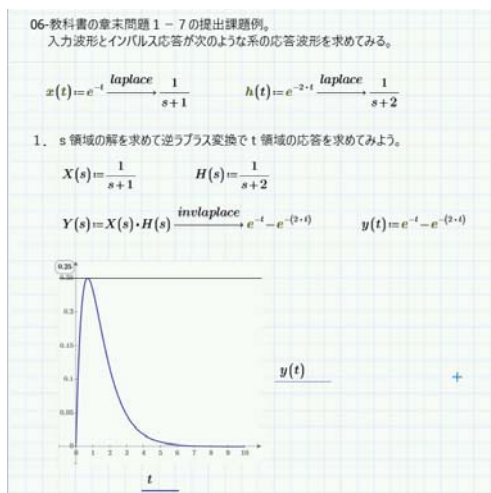
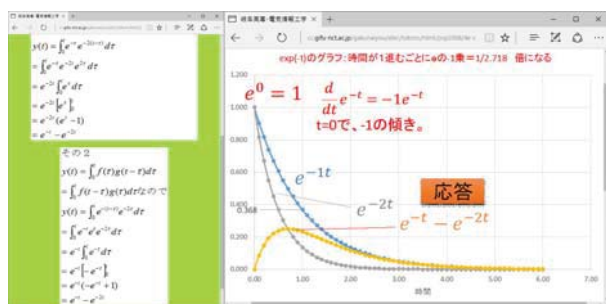


図 7. 指数関数応答問題を Mathcad とラプラス変換を用いて解く



2. この応答をたたみ込み積分で求めグラフで示す。

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

$$y_2(t) := \int_0^t x(t-\tau) \cdot h(\tau) d\tau$$

$t := 0, 0.01 \dots 5$

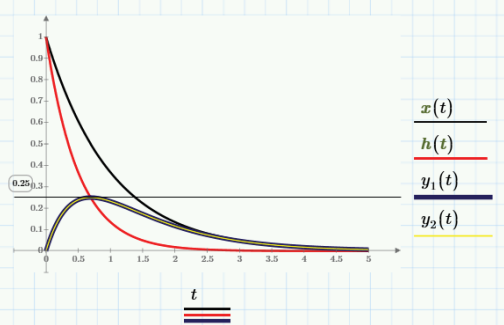


図 8. 指数関数応答問題を詳解し Mathcad とたたみ込み積分を用いて解く

この解を期待しているが、電気回路としてのイメージがつかみにくい。次に、図 8 の様に数学的なたたみ込み積分の計算過程を詳解し、グラフを含めて解説し、Mathcad でも解いている。しかしながら、これでも今までの電気回路の定常状態のイメージとは異なっている。一方、この問題の応答波形の最大値(0.25)や、最大値となる時間 (0.693) を求める問題は、試験問題や Mathcad の演習問題として良い問題となる。

さて、第 3 学年までの電気回路の学習を終えた時点での、電気回路の問題で指数関数応答が表れるのは、RL や CR の過渡現象問題であった。第 4 学年はじめまでに、ラプラス変換や伝達関数を用いた回路の応答問題を学修した後は、この指数関数応答問題を次の様に電気回路の応答問題として捉えることが可能となる。

図 9 は入力波形と伝達関数が指数関数であるこの問題を RL 回路の過渡応答問題として Mathcad で解い

3. この応答問題をRL直列電気回路に入力したときの応答問題として解く。

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

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

これは指数関数波形x(t)をR = 2 [Ω] とL = 1 [H] の直列回路に入力したときの電流波形の s 領域での表現である。

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

4. この応答問題をRLC直列電気回路に入力したときの応答問題として微分方程式で解く。

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

これはt=0で1 [V] の直流電圧をR = 3 [Ω] とL = 1 [H] とC = 0.5 [F] の直列回路に入力したときの電流波形の s 領域での表現である。

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

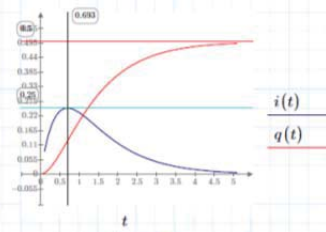
$$E := 1 \quad C := 0.5 \quad R := 3 \quad L := 1$$

$$\frac{1}{C} \cdot q(t) + R \cdot \frac{d}{dt} q(t) + L \cdot \frac{d^2}{dt^2} q(t) = E \quad q(0) = 0 \quad q'(0) = 0$$

$$q := \text{odesolve}(q(t), 20)$$

$$t := 0, 1 \dots 20 \quad R := 3 \quad C := 0.5 \quad L := 1 \quad E := 1$$

$$i(t) := \frac{d}{dt} q(t)$$



$$i(t) := e^{-t} - e^{-2 \cdot t}$$

$$i(hi) = 0.25$$

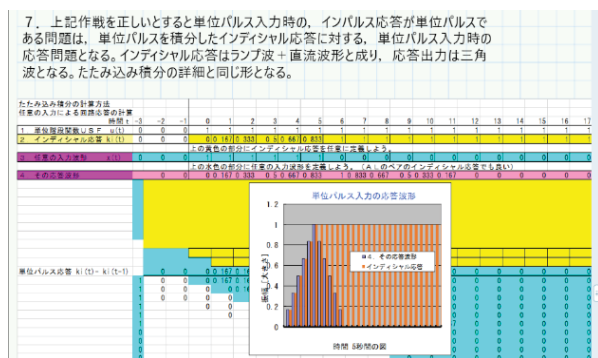
$$i(t) := e^{-t} - e^{-2 \cdot t}$$

$$hi := \text{maximize}(i, t) = 0.693$$

$$t := 0$$

$$t > 0$$

図 9. 指数関数応答の電気回路の過渡応答問題化



(c) の計算

図 12. EXCEL を用いた方形パルス電圧応答回路問題(図 4)のたたみ込み積分による計算結果

RL 直列回路のステップ電圧印加に対する過渡応答を計算できることを確認する。図 11(a)は直流ステップ電圧応答の計算結果で有り、指数関数状の過渡現象応答が計算できている。図 11(b)は指数関数型の電圧応答の計算結果で有り、指数関数応答問題の答えとなる応答波形が計算できている。これらのインディシャル応答とインパルス応答の関係性を用いると、EXCEL による離散的なたたみ込み積分シートを用いて、図 12 に示す様な図 4 のインパルス応答が単位方形波である回路の単位方形波応答が三角波となることを確認することもできる。サンプリング数を変化するなどして、連続系と離散系の関係性を AL 的に学ぶこともできる。

5. Mathcadを用いた離散的なたたみ込み積分問題への展開

Mathcad では、行列の線形コンボリューション演算子が用意されている。図 11 の単位階段関数とインディシャル応答を用いた EXCEL によるたたみ込み積分の可視化をベクトル要素に対して実行するものである。図 8 の入力と伝達関数(インパルス応答)が共に指数関数である系の 0.001s ごとのデータを配列変数に与え、5 秒間の 5000 個のデータをそれぞれ作成し、線形コンボリューションを実施した結果を図 13 に示す。横軸は 0-5000 であるが、0-5s に対応している。この事を除けば、指数関数応答の最大値や最大値となる時間を含めて、離散系でもアナログ系の解析結果と同じ解を得られている。なお、このサンプリング数を少なくしていくと、最大値や最大値となる時間に誤差(変化)が生じてくるので、その理由を考察させると良い。

図 14 はこの指数関数応答を示す電気回路(RL 直列回路)の、正弦波応答を求める問題を発展させ、方形波応答をフーリエ解析した正弦波の重ね合わせにより求めたものである。アナログ系の RL 直列回路の直流過渡応答が、正弦波応答の合成により求められている。この他にもフィルター回路との過渡応答を含めた応用問題

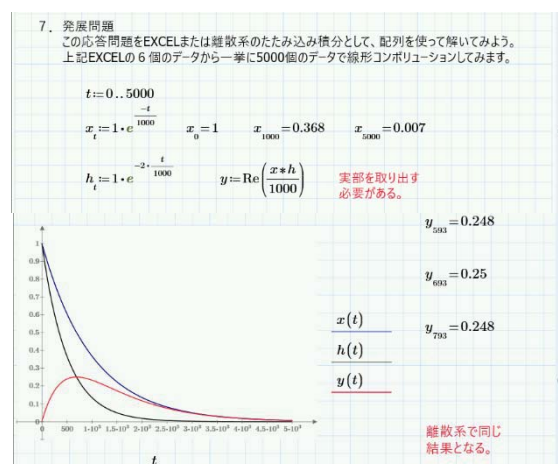


図 13. 行列の線形コンボリューションを用いた解

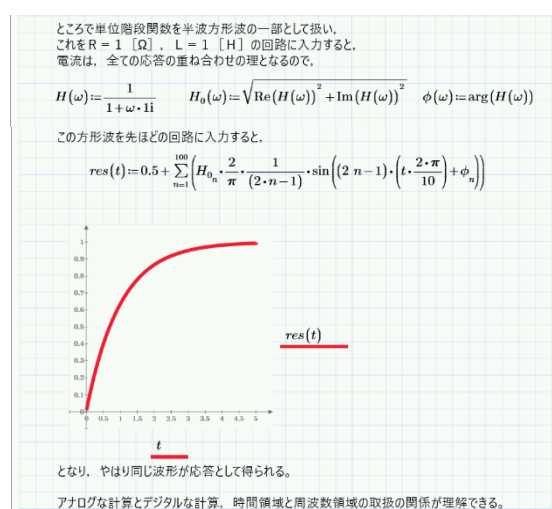


図 14. 指数関数応答回路への方形波電圧入力時の定常応答を回路の周波数特性により求める

や、機械系の応答問題への展開など、s 領域では同じ答えとなる現象を、色々な問題へと展開可能である。(平成 28 年度成果報告書 pp.4-20-25 参照)例えば、任意の伝達関数を有する系の出力波形が方形波となる入力波形をデコンボリューションにより求めたり、希望する出力となる入力波形を推定したりすることが可能となる。これらの可視化は、工学の理解に大変役に立つ。

6 おわりに

電気系の学科で電気回路の波形伝送や波形応答を学修するにあたり、Mathcad 等の数学ソフトを活用すると、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。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。これが 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)

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

所 哲郎※¹
Tetsuro TOKORO

1. はじめに

高専機構によるモデルコアカリキュラム（MCC）のV-C-Iは電気回路であり、直流及び交流回路の電圧・電流・インピーダンスの関係と、実効値や電力、過渡応答などを学習内容として規定している。本校電気情報工学科では、第2. 第3学年の電気回路□、第4学年半期の電気回路□（三相交流・回転磁界等）と第4学年通年の情報伝送工学が、該当する科目となる。合計7コマの半期15回の授業がそれぞれ実施され、教科書は電気学会監修の「基礎からの交流理論^[1]」と「回路網理論^[2]」を採用している。

この7コマの中で、過渡現象に関係するのは電気回路□の3年後期7回である。また、ラプラス変換に関しては第4学年の応用数学に加えて、第4学年の情報伝送工学の教科書の第4章の分布定数回路の後に、第5章のラプラス変換法と分布定数回路として、詳細な記述がある。この部分はMCCで規定する学習範囲を超える部分であるが、インダストリー4.0が全世界で展開され、AIやIoTの活用が全ての分野で拡大されていくことを考えると、数学と工学を結びつける学修項目として、「電気回路系の過渡現象とラプラス変換の学修支援コンテンツの開発」は、これからの高専教育においても必然的な情勢である。

本稿では、MCC電気回路系の学修の最終関門の1つである過渡現象について、数学ソフトであるMathcadと連携した学修支援コンテンツの開発を行ったので紹介する。最近のAIの進歩をヒントに高専での電気回路の「ディープラーニング」だと学生に説明している。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. 電気回路の教科書ベースでの過渡現象の学修

多くの電気回路の教科書において過渡現象の学修は、直流RL回路、直流RC回路、直流LC回路、そして直流RLC回路の電源印加と電源除去について、微分方程式を解くことで解説されている。本校で採用している電気学会監修の教科書では、それらの電力やエネルギー、更には交流電源印加時の各種応答へと展開されて

いる。これらを、板書を主体に実施していくと、MCCで規定する範囲程度までの学修が可能である。近年の編入学試験を考慮すると、電圧源に加えて電流源の過渡応答、交流電源印加時の過渡応答、やや複雑な回路の過渡応答なども、自律的学修により展開可能としておくことが望ましい。学生の感覚によると、近年は編入学試験の方が大学院入試の問題より難しい大学がいくつも有るとのことである。

図1に学内用ホームページにて展開している、3年電気回路Iと4年情報伝送工学のAL用自主学修コンテンツの目次を示す。3Eの6番以降と4Eの5番以降が過渡現象やMathcadによる過渡現象の解析例である。教科書の例題や問題はもちろん、「基礎からの交流理論例題演習^[3]」など^[4]からも問題解説している。

図2は、図1の3Eの6番の項目を展開したものである。RL回路およびRC回路の直流および交流過渡応答と、LC回路およびRLC回路の直流過渡応答について概説した後、教科書の例題を解説している。従来はRLC回路の微分方程式について、判別式の正負および0の3つのパターンについて、教科書の詳細な記述を追っていたが、現在はこれらについては簡単に紹介する事に止め、ラプラス変換を用いた微分方程式の解法を積極的に学修させている。

図3と図4は、それぞれ図2の1番と7番の項目を示したものである。学内用で展開している緑のページは、従来の解説の要約パターンであり、式の展開とグラフによる可視化に重点を置いている。

3E 電気回路 I のAL用自主学修コンテンツ	
1. 3E_回路-1_6章_交流電力	本年改訂版更新箇所
2. 3E_回路-2_7章_相互インダクタンスと電磁誘起	New H24.1
3. 3E_回路-3_12章_ひずみ過渡	
4. PDF版1 PDF版2 PDF版3	New H23.7.14
5. ひずみ過渡を解く、Mathcadで可視化	New H29
6. 3E_回路-4_14章_過渡現象	
7. ラプラス変換と過渡現象	New H23.11.30 応用数学B (4年学習後)
8. 例題演習シリーズ	New H23.12.15
9. 3E_回路8章アドバンスコース	New H25.11.27
10. 3E_回路9章アドバンスコース	New H25.11.27
11. 過渡現象を解く、Mathcadで可視化	New H27.12

4E 情報伝送工学のAL用自主学修コンテンツ	
1. 4E_情報-1_1章_波の伝送	LMSにて新シリーズを掲載更新中！ 本年改訂版改訂更新箇所
2. 4E_情報-2_2章_2端子網	本年改訂版改訂更新箇所
3. 4E_情報-3_3章_4端子網	本年改訂版改訂更新箇所
4. 4E_情報-4_4章_分布定数回路	本年改訂版改訂更新箇所
5. 4E_情報-5_5章_ラプラス変換と電気回路	H23-H27.7-New
6. 4E_情報-6_ラプラス変換と分布定数回路	H23-H25-New

図1. 学内用電気回路系学修支援コンテンツリンク集



図2. 図1の3E-6学内用学修支援コンテンツリンク集

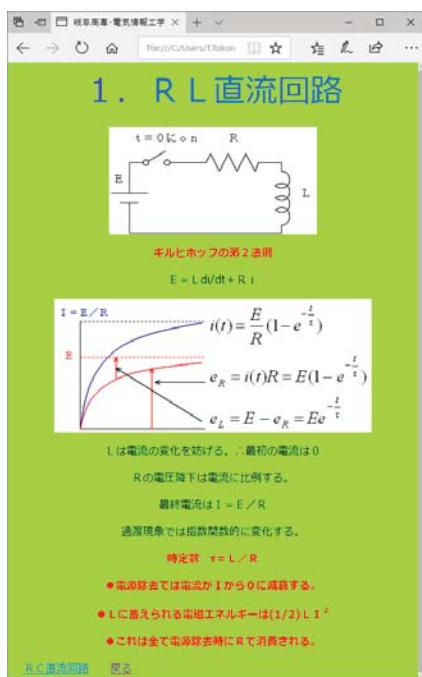


図3. 図2の過渡現象の1の内容

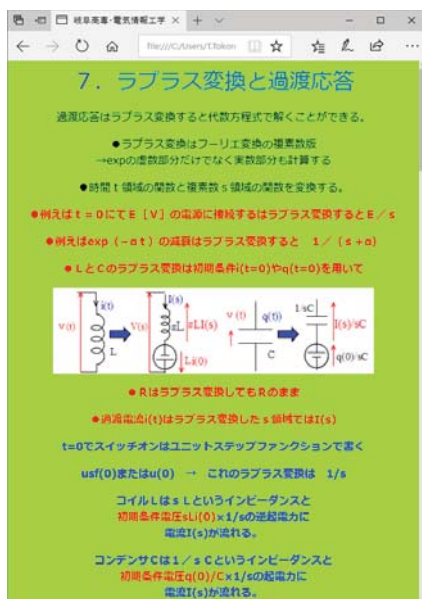


図4. 図2の過渡現象の7の内容

3. Mathcadと連携した回路の過渡現象の学修^[1-4]

図5は、図1の3Eの7番のラプラス変換と過渡現象として、微分方程式をラプラス変換により代数演算に置き換えて過渡現象を解く手法を解説している部分の目次である。回路網理論第5章の「ラプラス変換法と分布定数回路」^[2]での記述などを参考に、ラプラス変換を用いることの利点を含めて順に解説している。

図6は図5の1番の部分分数への展開公式の内容である。上の緑のものが従来の解説で、下の方眼紙のものがMathcadによる解析結果である。従来のものでは、図による問題と答えの可視化と共に、式の展開を詳細に解説し、板書を補足している。一方、Mathcadに依るものは、問題数式の与え方と、結果の表示の仕方を解説するもので、問題から答えの過程は→のシンボリック演算子のみである。

図7は、図5の2番の実部と虚部の利用で、指数関数のラプラス変換とオイラーの公式の関係を用いて、電気回路で多く用いる $\sin \omega t$ と $\cos \omega t$ のラプラス変換を求めている。s領域とt領域で、実部と虚部の対応関係があることを理解させている。このs領域とt領域の対応関係が、この後も展開されていく。



図5. 図1の3E-7の学内用学修支援コンテンツリンク集

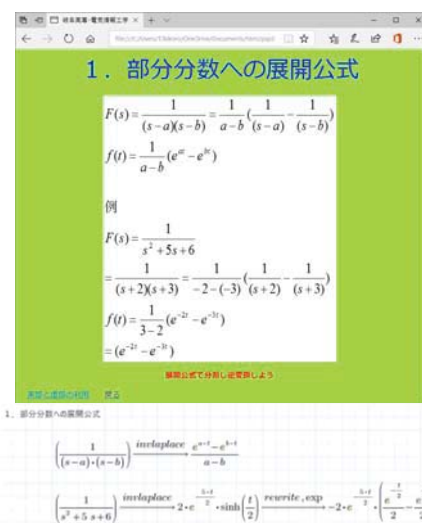


図6. 図5の1の内容とそのMathcadによる表記

図 8 では、直流電圧印加とその T_w 後の除去の数式表記を説明している。第 4 学年の情報伝送工学の最初で単位階段関数を学ぶが、この利用で簡単に電源の on, off 問題を取り扱うことができ、そのラプラス変換も比較的簡単な表記で済むことを学修する。RL 回路や RC 回路の一階の微分方程式問題でも、 $t=0$ にての on, off 問題以外は、微分方程式での表記に慣れないと戸惑うが、簡単に Mathcad 用に問題表記できることが分かる。

図 9 は、図 5 の 4 番の周期波の表記方法の説明である。フーリエ級数展開との決定的な違いは、 $t=0$ から始まる過渡応答を含むか、 $-\infty$ から ∞ まで続く連続的な周期波の定常解かということを説明しておく。 $t=0$ から始まる周期波の s 領域での表現は、等比数列の和の公式で簡単に求められる。しかしながらこの必要性や正しさが理解しにくいので、時間領域過渡応答との関係性を続けて学修していく。

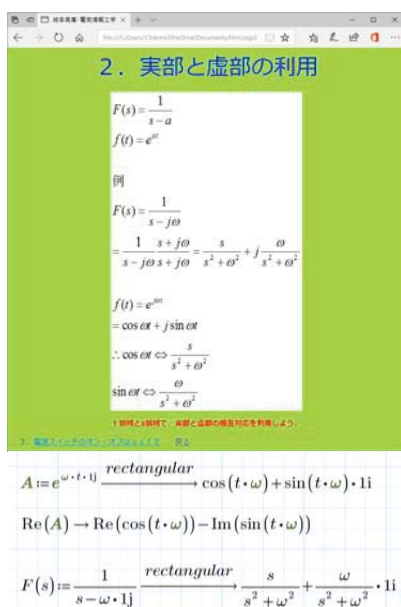


図7. 図5の2の内容とそのMathcadによる表記

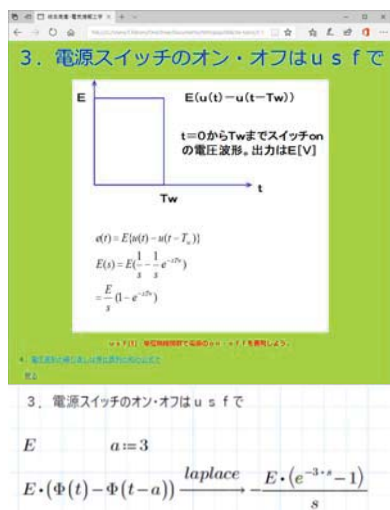


図8. 電源on-offとそのMathcadによる表記

図 10 は $t=0$ から始まる、 $\pm E[V]$ の方形波電圧のラプラス変換を求めたものである。図 11 は同様に、 $t=0$ から始まる、半波整流正弦波電圧をラプラス変換したものである。この様に $t=0$ から始まる任意の繰り返し波形のラプラス変換を簡単に求める事ができる。これらの電圧波形を RL 回路や RC 回路へ印加した時の定常解が、フーリエ級数により求めたものと一致することへと繋がっていく。

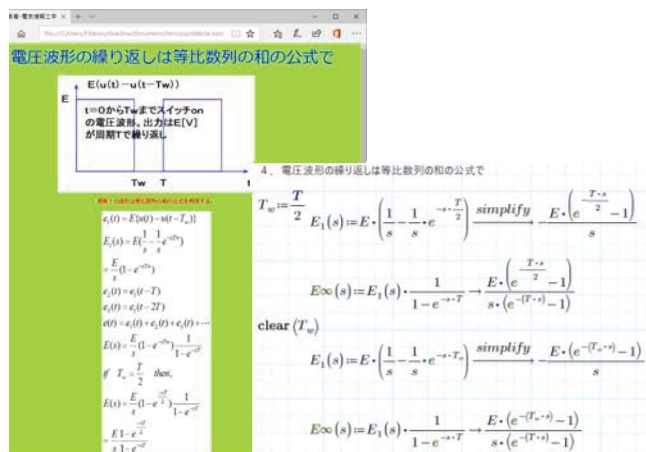


図9. 周期波の公式とそのMathcadによる表記

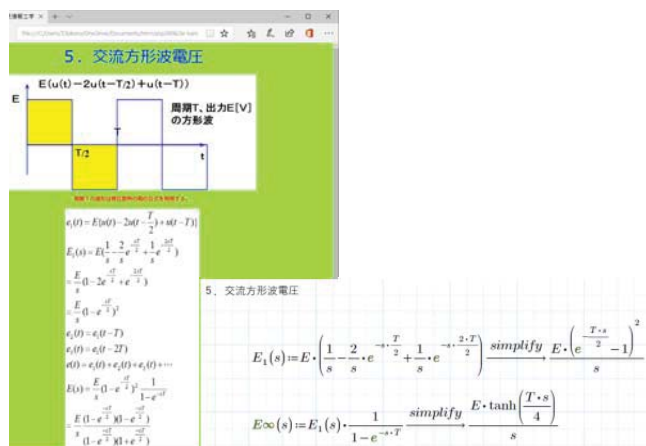


図10. 方形波のラプラス変換とそのMathcadによる表記

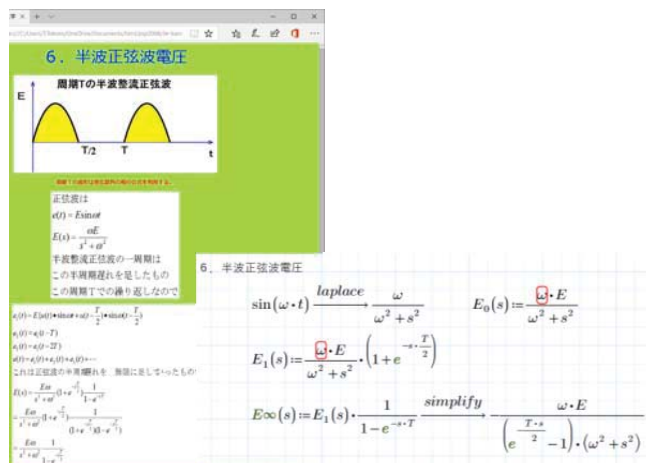


図11. 半波整流正弦波とそのMathcadによる表記

図12は、RL回路の直流電源Eのon, off問題である。
 $t=Tw$ にて電源の起電力を0にしている。(このとき、
 電源除去問題は回路を開放にしたのでは無く、起電力
 を0として、電圧源部分は短絡である事を説明しておく)
 $t=0$ の電源 on 問題が解ければ、その過渡応答式に
 $t=Tw$ を代入したときの電流値を初期値とする $t=Tw$ から
 の電源除去問題との重ね合わせであることを学修する。
 両者の式を1つの式で表す方法を学ぶこととなる。

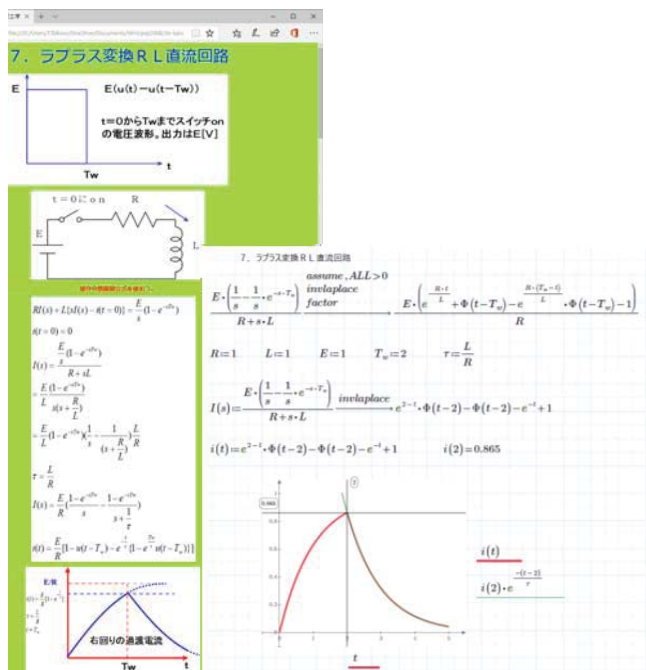


図12. RL回路の直流電源on-off問題のMathcad解析結果

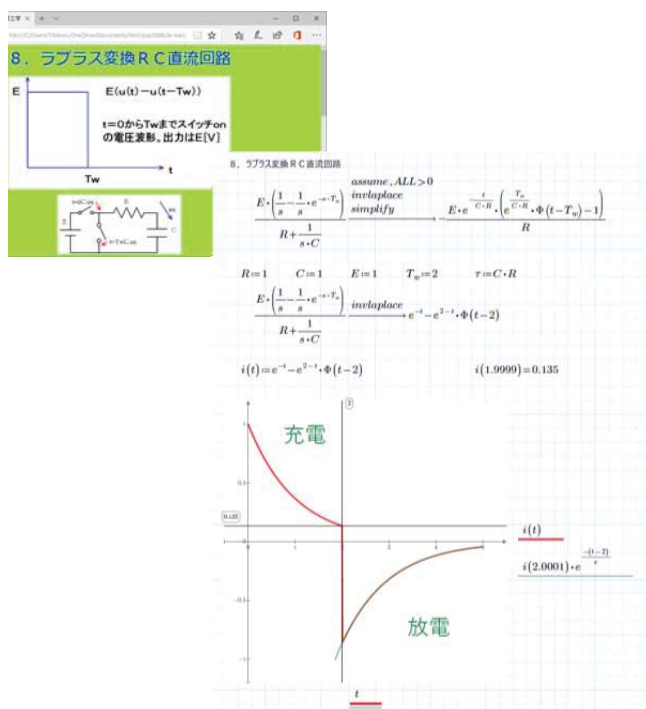


図13. RC回路の直流電源on-off問題のMathcad解析結果

図13は、RC回路の直流電源Eのon, off問題である。

$t=Tw$ にて電源の起電力を0にしている。 $t=0$ の電源 on
 問題が解ければ、その過渡応答式に $t=Tw$ を代入した
 ときのコンデンサの分担電圧を初期値とする $t=Tw$ から
 の電源除去問題との重ね合わせであることを学修する。
 両者の式を1つの式で表す方法を学ぶこととなるが、
 微分方程式で解く場合は、コンデンサの電荷量の
 過渡応答を求めて、その微分値から電流値を求めたり、
 $q(t)=C \cdot v(t)$ の関係からコンデンサの電圧値を求める事
 となるが、Mathcad を用いたラプラス変換では、いき
 なり電流を求めることができ、その積分値からコンデ
 ンサの電圧を求めることができる。

図14に示したLC回路の直流電圧印加問題において
 も、以上と全く同じように s 領域でのオームの法則から、
 LC回路の電流や各素子の電圧を求めることができる。
 電気回路の教科書^[1]ではこの直流電源Eのon また
 は off 問題を解いているが、図12や13と同様に、この
 直流電源Eのon- off 過渡問題も全く同じ手順で、ラプ
 ラス変換とオームの法則のみで解くことができる。

その様子を図15に示す。 $i(t)$ や $e_C(t)$ は連続している
 が、 $e_L(t)$ は $t=Tw$ で不連続となる事に注意が必要である。
 もちろん、任意の時刻の各値を計算することも可能で
 あり、最大値や微分値や積分値なども簡単に計算する
 ことができる。例えば、上記の $e_L(Tw)$ は、電源 off 直
 前で $e_L(1.9999)=-0.416$ 、直後で $e_L(2.0001)=-1.416$
 である。Eをoffで1V下がり、 $e_L(2)+e_C(2)=0$ となる。
 また、 $t=2-$ での状態を初期状態としてこの回路を解けば、
 図15の下のように成り、やはり、その初期電圧は-1.416となる。

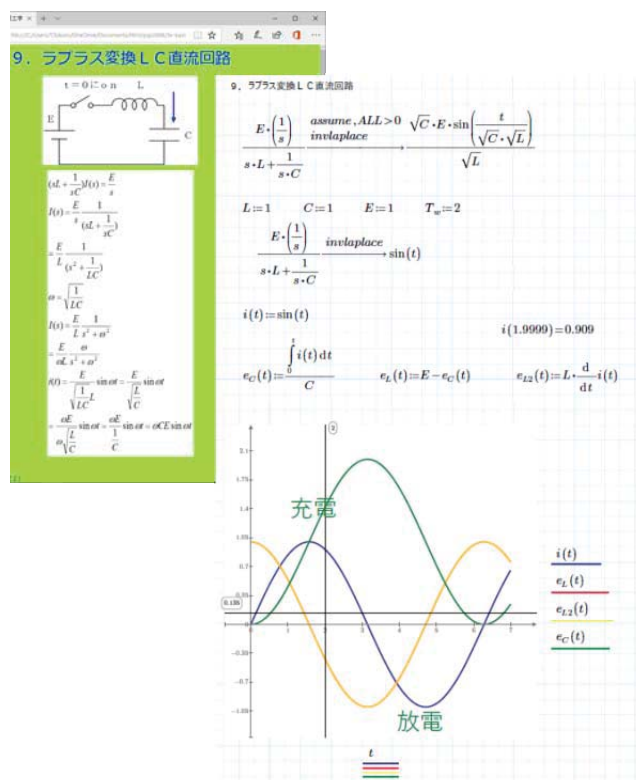


図14. LC回路の直流電源印加問題のMathcad解析結果

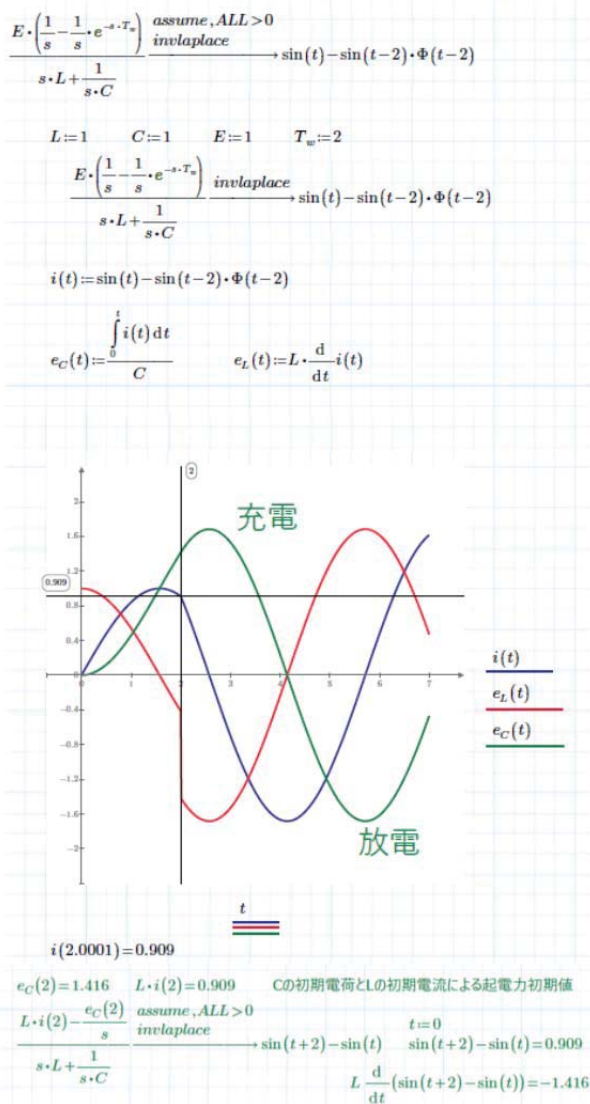


図15. LC回路の直流電源on-off問題のMathcad解析結果

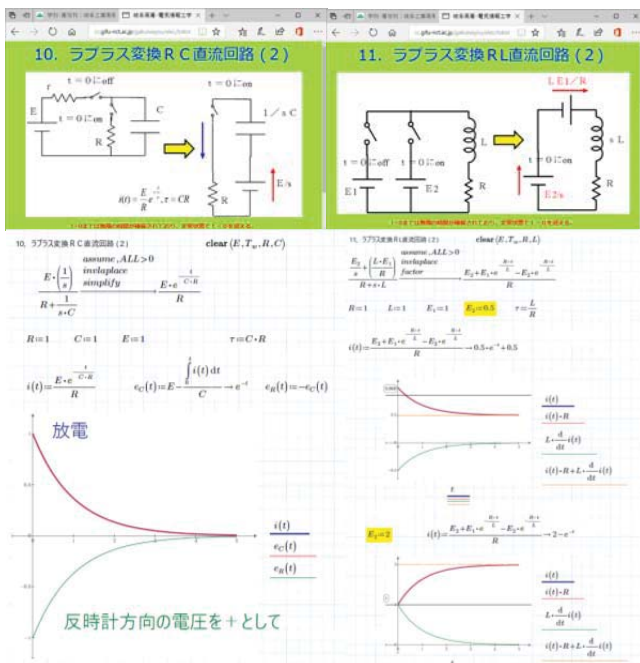


図16. 他の直流電源on-off問題のMathcad解析結果

図 16 は初期電荷のある RC 回路と、直流電源の大きさを $t=0$ に変化させた場合の RL 回路の Mathcad 解析結果である。これらからもコンデンサの初期電荷や、コイルの初期電流の電源（起電力）としての取り扱いが理解できる。前者は充電電圧 E の逆起電力として働き、後者は sL というインピーダンスに $i(0)$ が流れ、そのスイッチオンとしての単位階段波のラプラス変換 $1/s$ の関係から、 $sL \cdot i(0)/s = L \cdot i(0)$ の起電力となる。

図 17 は初期電荷のある LC 回路で、 L が並列の場合である。この場合も、 t 領域での L の並列回路と同じ考え方、並列インピーダンスの分流則を s 領域で活用するだけである。もちろん並列回路の L_1 と L_2 の電圧降下は等しく、反時計方向の起電力を+とすると、 L の起電力は C と逆となり、両者の和は 0 となる。

図 18 と図 19 はそれぞれ RL および RC 回路の交流過渡応答問題の教科書での解説とその Mathcad への展開例である。初期位相 Ψ が無い問題は比較的簡単に解くことができるが、初期位相のある問題は、実部や虚部の取り出し作業が必要である。更に RC 回路の場合は、時間領域においては $q(t)$ の微分方程式を解き、その微分から電流の過渡応答を求めるなどの手順が必要であり、計算過程がいずれにしても複雑になる。

しかしながら Mathcad でラプラス変換を用いて解析すれば、 s 領域のオームの法則のみで簡単に過渡電流を解くことができ、グラフを用いた可視化や各種の検証を行う事ができる。

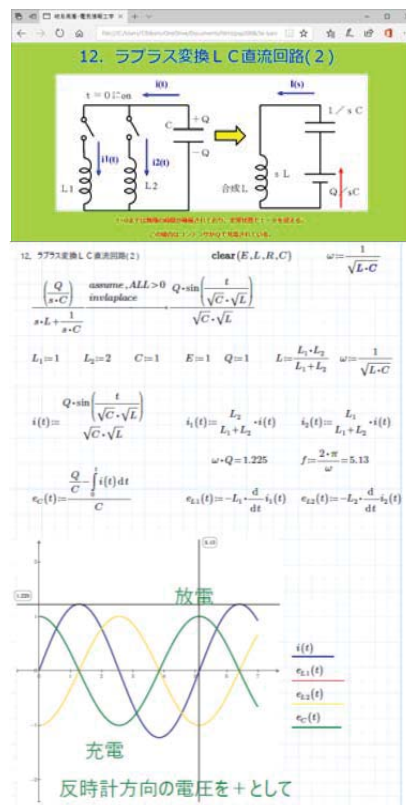


図17. 他のLC回路問題のMathcad解析結果

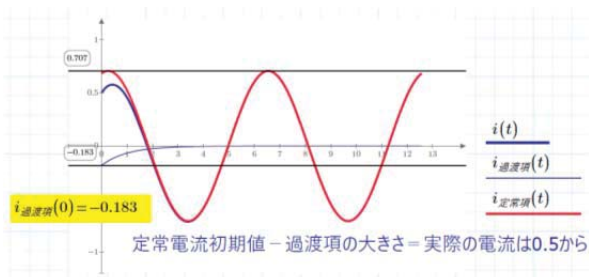
図18. RL交流過渡応答問題のMathcad解析結果

と過渡解、 $t=0$ で $i(t)=0$ より、

図19. RC交流過渡応答問題のMathcad解析結果

$$i_{\text{過渡解}}(t) := \frac{-V_m}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}} \cdot \frac{1}{\omega \cdot \tau} \cdot e^{\frac{-t}{\tau}} \cdot \cos(\Psi + \theta) \quad \tau := C \cdot R$$

より、過渡項の大きさは $-0.183[A]$ であることは題意より明らかである。(図 20 参照) すなわち、一階の微分方程式では、過渡項はこの初期値と最終値の差を大きさとする、時定数 τ の指数関数的な変化である。



以上により、RL および RC 回路の過渡応答問題は、直流または交流定常状態の定常解に、指数関数的に変化する過渡解を加えるのみで良い事が分かる。また、ラプラス変換を用いて s 領域で電気回路を表現すれば、オームの法則や分流則など、t 領域で学んだ手法が s 領域でも成り立つことを理解させる。

このことを更に展開するため、AL 用自主学修コンテンツでは次の様に学修を深化させている。図 21 は「基礎からの交流理論例題演習^[3]」から、以上に無いパターンの問題などを解説したものである。また、図 22 は、「電気回路理論入門^[4]」の問題を参考に、Mathcad との連携を強化した自己学修コンテンツである。電圧源・電流源変換の s 領域での表現を、第 3 学年までに習った電気回路の MCC 項目の発展形として可視化し、活用している。

図 23 は、第 4 学年の情報伝送工学での図 1 の 4E-5 と 6 の目次である。第 5 章では、電気回路に用いる各種定理や解法を、s 領域で活用したものを紹介している。最後の 12 番と 13 番は近年編入学試験で出されることのある、電流源を含む過渡応答問題を解説している。

最後に第 6 章では、本科での電気回路の MCC には含まれていないが、教科書にある分布常数回路の過渡応答について、概略を解説している。本科を卒業後、就職し電気関係で活躍する学生への、大卒学生と遜色なく活躍できるようにするための導入教育である。

以上の様に緑の学内用ホームページでは、できるだけ、図と数式で学修の要点やまとめを示す様に工夫している。その様子を図 24 に示す（図 22 の後半の部分にも同様なまとめの図を示している）。図 24 は図 23

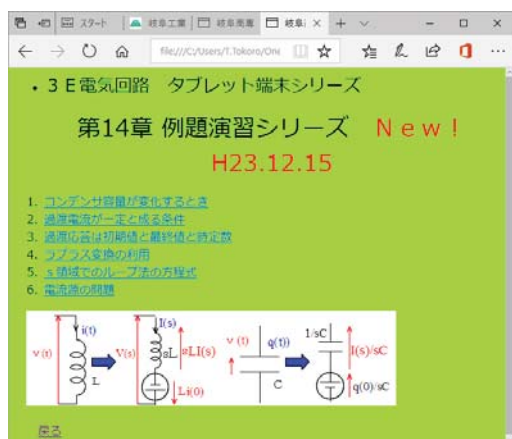


図21. 例題演習シリーズの過渡現象部分^[3]

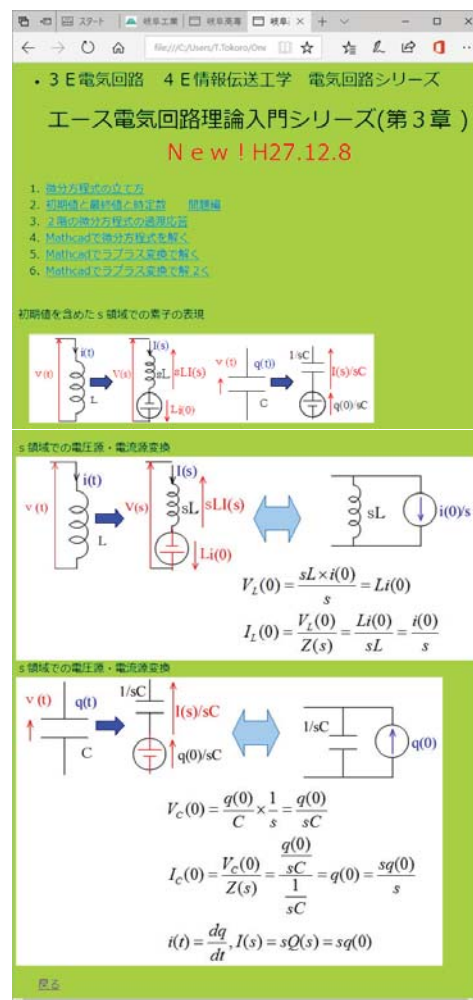


図22. 電気回路理論入門シリーズの過渡現象部分^[4]

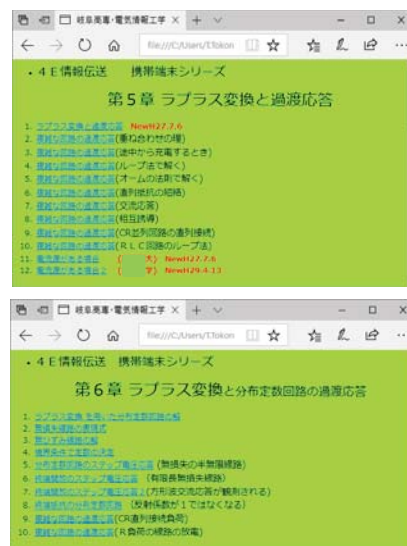


図23. 図1の4E-5, 6の学修支援コンテンツ

の目次項目に続く要点可視化部分で、この図の内容が理解できていれば、各項目の内容を自主的に学修可能であることを示している。特に初期値が0でない場合の考え方、LとCの初期条件による起電力項の向きと、その大きさの考え方を可視化している。

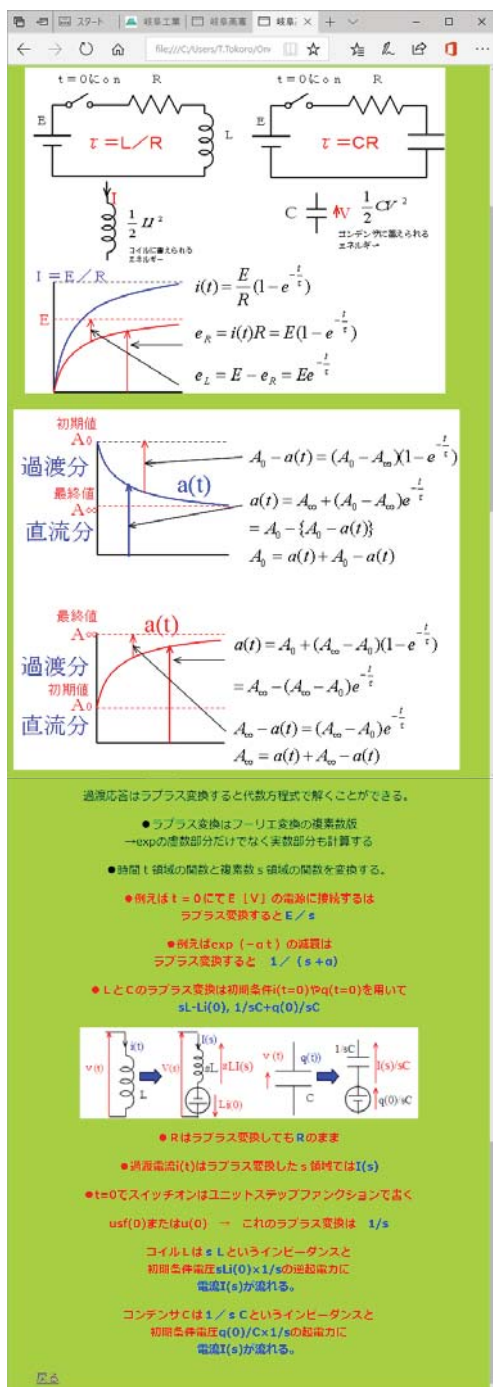


図24. 図23の第6章の目次の後に続く解説部分

6. おわりに

電気系の学科で電気回路の過渡応答を学修することは、再生可能エネルギーとしての太陽光発電や、電池で動く電気自動車に採用される技術を想定する上で、今後ひずみ波の学修と共に益々重要になるものと思われる。本稿では本校第5代・小崎正光校長により開始された西暦2000年の、岐阜高専のICT教育改革から構築してきた電気回路系コンテンツの過渡現象部分を、APにより推進してきたMathcad活用による数学ICT環境とリンクさせた自律的学修支援コンテンツを紹介した。

ICT活用の推進やLMSなどの活用までは多く議論され、大学ICT推進協議会や高専機構主導の高専教育改革推進事業では、多くの努力が成されつつあるが、肝心の学修支援コンテンツの形がなかなか可視化できていない。そのため、高専機構による教育改革戦略も、余分な（二度手間となる）活動を全国高専の教員に強いるのみで、何らメリットが可視化できていないと感ずる教員は少なからず存在するのではと危惧している。

本年度のAP成果報告書では、この工学教育における共通活用コンテンツの事例として、電気回路系のコンテンツをいくつか紹介した。ひずみ波のフーリエ級数展開、過渡現象のラプラス変換を用いた解法、そして、回路応答のたたみ込み積分を用いた解法である。また、Mathcadとプログラミングの活用についても紹介し、APによる本校のICT推進教育環境が、大きな可能性を秘めていることを紹介した。

岐阜高専の全教員が、各担当科目の教育改革の推進において、このような学修支援環境が提供されていることを理解し、活用して頂ければ幸いである。

※1：岐阜高専電気情報工学科(教授)

注）本文図中の番号は実際のコンテンツでは連続して存在しており、順を追って解説しているが、本論文では要約して図としているため、一部で飛び飛びの値となっている。LMS内や学内用サーバには、各学修項目の詳細の解説や練習用のEXCELシートなども用意されている。

また、Mathcadの利用に関しても、情報処理センターの演習室での利用はもちろんであるが、APにより用意した貸しだし用ノートパソコンを用いても利用可能な体制を整えた。これらにより、岐阜高専内での、いつでも・どこでも・だれでも、最新のICT活用学修を可能としている。

参考文献

- [1]「基礎からの交流理論」、小郷寛原著、電気学会
- [2]「回路網理論」、小郷寛他、電気学会
- [3]「基礎からの交流理論例題演習」、小亀英己他、電気学会
- [4]「電気回路理論入門」、奥村浩士著、朝倉書店

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

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AP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。

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ていくことは、今後は必然的な情勢である。そのような中、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。

これらは、総務省や文部科学省の施策^[1]や報告^[2,3]に依っても、疑う余地の無い最重要学修項目であり、本校でAPと共に進めているICT活用教育推進事業とは、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を行ったので紹介する。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

図1にMathcadのWeb講習会で提示された、Mathcadの紹介スライドを示す^[4]。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。図2はMITでの活用の紹介である。EXCELよりも数学の可視化に優れているとしている。また、図3にMathcadの3つの特徴を示す。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4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、 $x=\sin(90 \text{ deg})=\sin(\pi/2)=1$ など、単位を指定すると、自

動的に数値が換算される。また、 $V=I \cdot R$ で、 $2[A]$ と $5[\Omega]$ を掛けると $10[V]$ となる。



図1. Mathcad は計算過程を可視化する^[4]

PTC Mathcad の活用事例・・・MIT（マサチューセツ） Mathcad を推奨

工学計算をソフトウェア使用を指示しているMITでは3つの製品の使用を認め、その中でも PTC Mathcad を推奨ツールとして通達しています。

PTC Mathcad

最も使いやすいツールである。複雑な方程式も素早く入力でき、いつ見返しても判りやすい。だから、とても記述しやすく、エラーを発見できる。

Microsoft Excel

集計された数値を左右比較して表現するには良いだろう。だがセルの内部に何が記録されているかを押解することは出来ない。なぜなら何が使われたのかをチェックする際に追跡することが困難を極めるからだ。だからセルの相関関係を把握するのに別の作業が必要だ。線形システムの解法にはとてもうんざりする。

MATLAB

数値分析には向いているだろう。プログラムコードは読むのも理解するのも困難だし、コメントが無ければ有効な定義が何かを判断できない。線形は得意だが行列となると・・・。

The Solution in Mathcad

Mathcadは上記の3つの中で最も気に入ったパッケージツールである。

・・・（中略）・・・また、Mathcadに取っては単位認識をすることが出来るために、mからinchにプレートを変更しても解は同じく算出される。

図2. Mathcad はMIT でも推奨されている^[4]

PTC Mathcad・・・主な3つの特長

PTC Mathcad は、工学技術計算の悩みを解決します

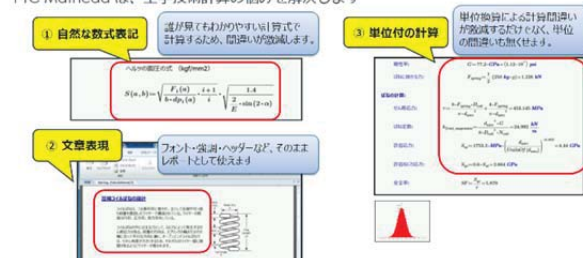


図3. Mathcad の3つの特徴^[4]

$L := 1 \text{ H}$	$L = (1 \cdot 10^3) \text{ mH}$	$L = (1 \cdot 10^6) \text{ }\mu\text{H}$
$V := 1 \text{ V}$	$R := 1 \text{ }\Omega$	$C := 1 \text{ F}$
$V \cdot C = 1 \text{ C}$	$\frac{L}{R} = 1 \text{ s}$	$C \cdot R = 1 \text{ s}$
$d := 1 \text{ nm}$	$S := 10000 \text{ m}^2$	$\frac{1}{L \cdot C} = 1 \frac{1}{\text{s}^2}$
$C_0 := \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$	$C_0 = 88.542 \text{ F}$	

図 4. Mathcad による単位変換の様子
(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。
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る。このプログラミングのアイ
コンを選択すると図 5 のメニューが表示される。Mathcad
のプログラミングは、わずか 12 個のコマンドから構成
されていることが分かる。

最初の 11 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、for 文、break, continue, return
の文末処理関係、そして、エラー処理関係の try だけだ
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、全ての数式や関数は
プログラム内で利用可能である。

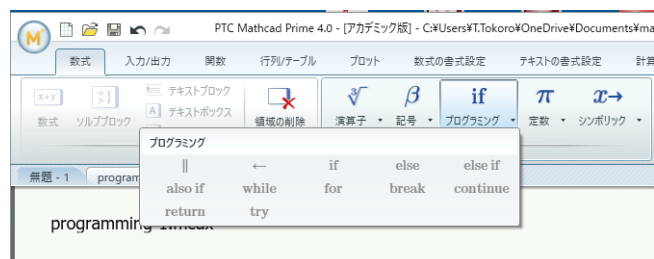


図 5. Mathcad プログラミングの 12 の要素

図 6 はリソースタブのヘルプ環境から図 7 のプログラ
ミングのチュートリアルを呼び出す過程を示してい
る。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 8 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。

図 9 は図 8 の練習用課題と、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。

図 10 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。図 11 は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
を現在作成中であり、その様子である。

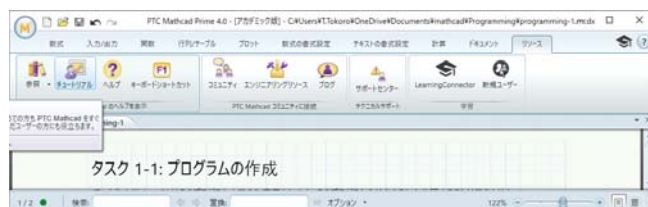


図 6. リソースタブの充実したヘルプ環境

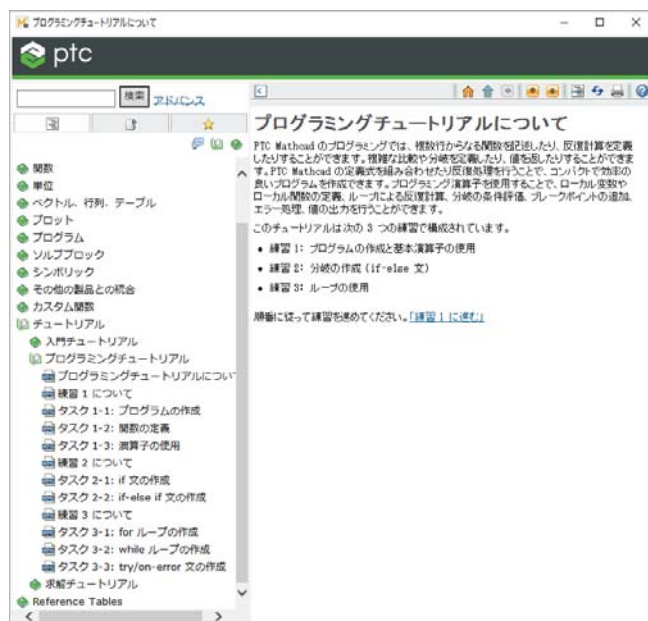


図 7. プログラミングのチュートリアルの様子



図 8. 学内用 Mathcad 機能紹介ファイルの様子

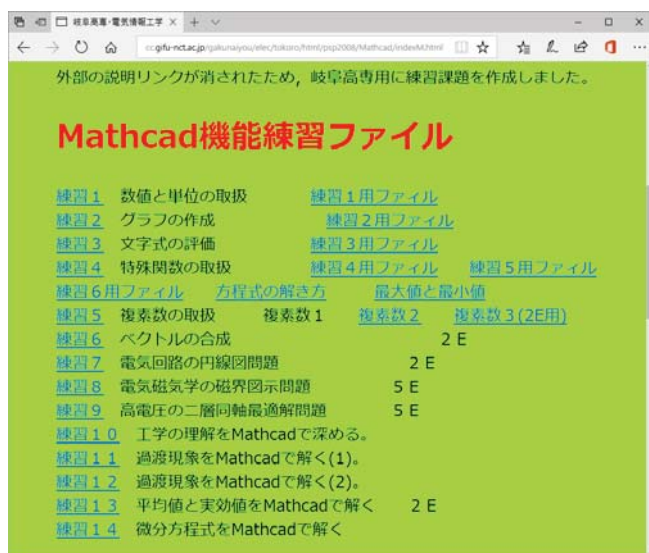


図 9. Mathcad 機能練習ファイルの様子

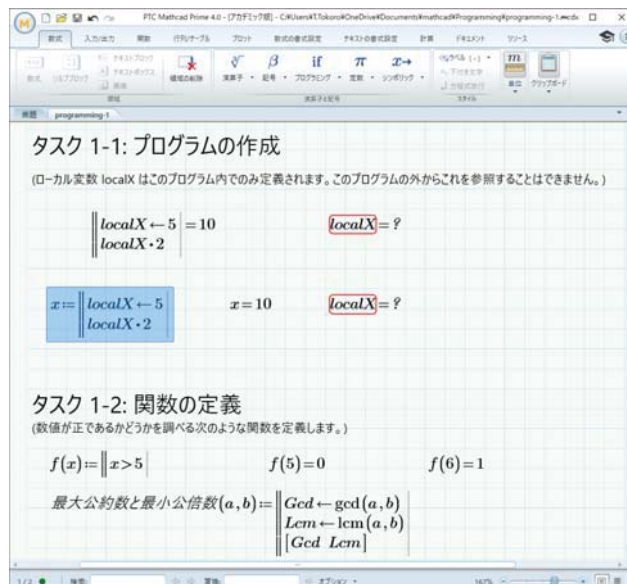


図 12. Mathcad のチュートリアル課題 1 の様子

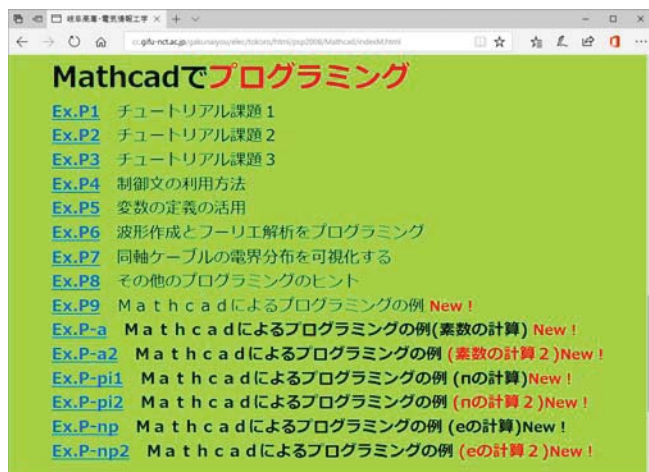


図 10. Mathcad でプログラミングのメニュー



図 11. Mathcad でパズルを解く公開講座のメニュー

4. Mathcadのプログラミングチュートリアル

図 12 は図 10 の Mathcad でプログラミングのチュートリアル課題 1 の様子である。わずか 2 行のプログラムが示してある。最初のプログラムは、プログラムの結果を $=$ で 10 と評価している。次のハイライトされた 2 行のプログラムは、変数 x にプログラムの結果を代入している。プログラムの中では、変数名 $localX$ と $\leftarrow$ の代入演算子、及び数値の 2 とかけ算の演算子 $\cdot$ のみが使われている。これらのように、数学で習った表記をプログラミング演算子で制御していくだけである。

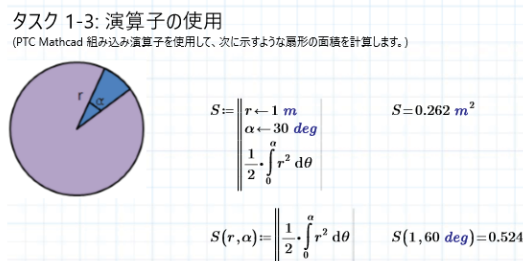


図 13. Mathcad のチュートリアル課題 1-3 の様子

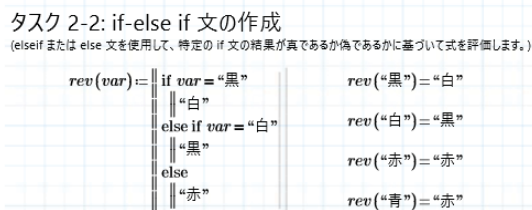


図 14. Mathcad のチュートリアル課題 2 の様子

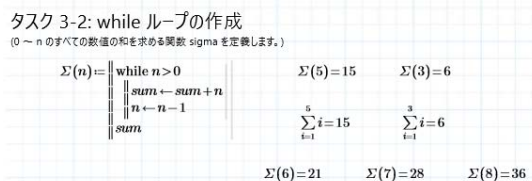


図 15. Mathcad のチュートリアル課題 3 の様子

図 13 は、チュートリアル課題 1-3 の様子である。単位を含めた面積を求めたり、 $S(r, \alpha)$ として、半径 r と内角 α を引数とする関数 S をプログラムしたりしている。図 14 は、チュートリアル課題 2 の様子である。If 文と else if 文が使われた、3 択問題をプログラムしている。図 15 はチュートリアル課題 3 の様子である。While 文を用いて、総和を求めている。 Σ の上下に引数があるのは数式演算子で、無いのがプログラムである。

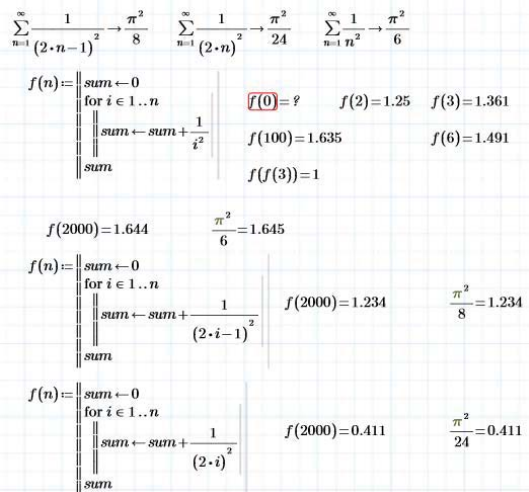


図 16. Mathcad でプログラミング 4 の様子

タスク 5-1: 変数の定義

$x \equiv 5$ グローバル定義: ワークシート全体で定義される。以降で変更定義不可

$x \equiv 8$:= 定義: グローバル変数は定義不可

$x \equiv 5$ solve, C

$x = 7 + C \rightarrow -2$:= 左辺と右辺が等しい

$C \equiv 2$

$C \equiv C + 3 = 5$:= 定義: プログラムのように上までの C の右辺を左辺の C に定義可能

$(19 + 5^2) \cdot 3 = 132$ 括弧を入力しなくてもスペースで選択されていれば、
・の計算記号を入力すると自動的に括弧が選択範囲につく

$x \in \mathbb{Z} = 1$ $x \in \mathbb{Z}$ は x が $\mathbb{Z}$ (整数) であれば 1 を、そうでなければ 0

$0.5 \in \mathbb{Z} = 0$

図 17. Mathcad でプログラミング 5 の様子

周期関数を生成するプログラムと フーリエ級数を求めるプログラム

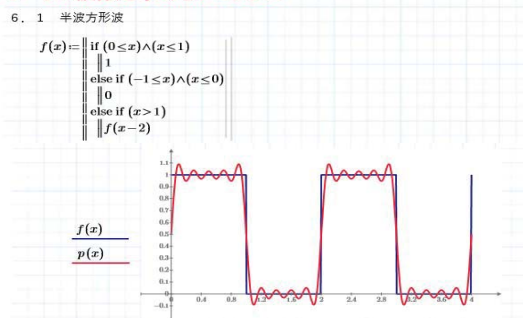


図 18. Mathcad でプログラミング 6 の様子

図 16 は、チュートリアル課題 4 の様子である。For 文を用いて、ひずみ波のフーリエ級数展開の学修にて利用する、自然数および偶数と奇数の、二乗分の 1 の総和を求めている。一番上の式は ∞ までのシンボリックな評価を実施しているが、プログラムでは有効数字の桁数を意識する必要がある。

図 17 は、チュートリアル課題 5 の Mathcad で用いる変数の定義について解説している。図 18 は、チュートリアル課題 6 の、周期関数の作成として、半波整流方形波を再帰を使ってプログラムしている。

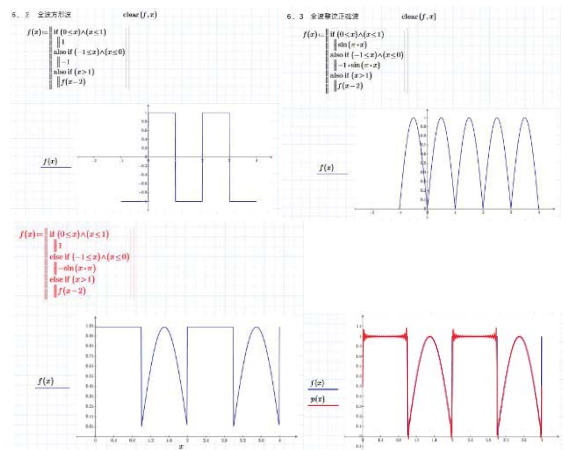


図 19. Mathcad でプログラミング 6 の展開

タスク 7-1: 内半径 r_0 で外径がその e 倍の同軸ケーブルの電界。

$$e_1 = \epsilon_0 \cdot 2 \quad r_0 = 0.1 \text{ m} \quad E(r) = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot e_1 \cdot r} \quad V = 10 \text{ kV}$$

Q.9-1 上記同軸問題の解を用いて電界分布をグラフに示せ。

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} < r_0 \quad E(x, y) = 0 \quad e_1 = (1.771 \cdot 10^{-10}) \frac{F}{m}$$

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} > r_0 \quad E(x, y) = \frac{V}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1 \text{ m}}$$

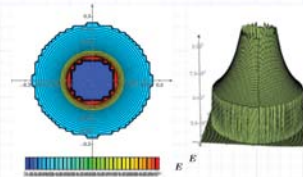
$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} > r_0 \quad E(x, y) = 0$$

$$E \leftarrow \text{CreateMesh}(E, -0.3, 0.3, -0.3, 0.3, 20, 20)$$

$$E(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } ((x^2 + y^2) < 0.01) \\ 0 & \text{else if } ((x^2 + y^2) < 0.01 \cdot e^4) \\ \frac{V}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1 \text{ m}} & \text{else} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$E(0, 0.1) = (1 \cdot 10^5) \frac{V}{m}$$

100%



タスク 7-2: 上記同軸問題を 2 のまでの誘電率が 2 倍の 2 層同軸問題として電界分布をグラフに示せ。

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} < r_0 \quad E(x, y) = 0 \quad 2 \cdot \ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right) = 1.307$$

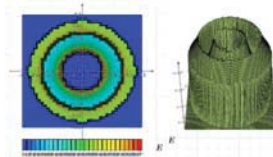
$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} > r_0 \quad E(x, y) = \frac{V}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1.307} \quad (0.1 \cdot e)^2 = 0.0739$$

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} > 2 \cdot r_0 \quad E(x, y) = \frac{2 \cdot V}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1.307}$$

$$E(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } ((x^2 + y^2) < 0.01) \\ 0 & \text{else if } ((x^2 + y^2) < 0.04) \\ \frac{1.307 \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot V} & \text{else if } ((x^2 + y^2) < 0.0739) \\ \frac{1.307 \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot V} & \text{else} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$E(0, 0.1) = (7.65 \cdot 10^4) \frac{V}{m}$$

77%



タスク 7-3: 上記同軸問題を誘電率が半導に反比例する誘電率を用いたとして電界分布をグラフに示せ。

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} < r_0 \quad E(x, y) = 0 \quad Q = (6.475 \cdot 10^{-9}) \frac{C}{m}$$

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} > r_0 \quad E(x, y) = \frac{Q}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1 \text{ m}}$$

$$\sqrt{(x)^2 + (y)^2} > 2 \cdot r_0 \quad E(x, y) = 0$$

$$E(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } ((x^2 + y^2) < 0.01) \\ 0 & \text{else if } ((x^2 + y^2) < 0.0739) \\ \frac{Q}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot 1 \text{ m}} & \text{else} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$E(0, 0.1) = (5.82 \cdot 10^4) \frac{V}{m}$$

58%

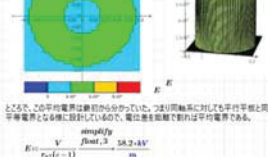


図 20. Mathcad でプログラミング 7 での展開

図 19 は、図 18 の波形生成と、フーリエ解析、その逆変換などへの展開例である。全波整流方形・正弦波などもフーリエ級数展開できる。図 20 は電力用同軸ケーブルの電界分布の二層誘電体最適化問題と、理想最適化問題の可視化用のプログラム解析結果である。

タスク 8-1: ベクトルの局所最小値/最大値の計算

条件文とループを組み合わせて、データセットの局所最小値を求めるプログラムを作成します。

```

Lmin(v) :=
  j ← 0
  if v0 ≤ v1
    mj ←  $\begin{bmatrix} 0 \\ v_0 \end{bmatrix}$ 
    j ← j + 1
  n ← rows(v) - 1
  for k ∈ 1..n - 1
    if (vk-1 ≥ vk) ∧ (vk ≤ vk+1)
      mj ←  $\begin{bmatrix} k \\ v_k \end{bmatrix}$ 
      j ← j + 1
  if vn-1 ≥ vn
    mj ←  $\begin{bmatrix} n \\ v_n \end{bmatrix}$ 
  m
  
```

図 21. Mathcad でプログラミング 8 の様子

タスク 9-1: else if と also if の違い

条件文とループを組み合わせて、データセットの局所最小値を求めるプログラムを作成します。

if	also if
if x > 1 R _i ← "x>1"	if x > 1 R _i ← "x>1"
else if x > 2 R _i ← "x>2"	also if x > 2 R _i ← "x>2"
else if x > 3 R _i ← "x>3"	also if x > 3 R _i ← "x>3"
else R _i ← "x<=3"	else R _i ← "x<=3"

else if は 最初の真で終わり

also if は 最後まで実施して終わり
ひとつも真が無ければ
else が帰される

for i は i が 0 から n まで 1 刻みなど
while は 条件が成り立つ間
つまり、評価値が変化する必要がある。
変化しないと無限ループの可能性

```

f(n) :=
  for i ∈ 0..n
    s ← s + i2
    while (s ≥ n2)
      s ← s - 1
  
```

図 22. Mathcad でプログラミング 9 の様子

タスク 9-2: 再帰プログラムの利用。再帰により最大公約数や階乗を求める。波形を作る。

```

再帰 clear(f, x, y)

f(x, y) := if x = 0
  y
else
  f(mod(y, x), x)

clear(n, II, x)
II(n) := if n ≤ 0, 1, n • II(n - 1)

F(n) := if n > 1
  n • F(n - 1)
else
  1

f(x) := 2 • x      T := 2      h(x) := if x ≤ T, f(x), h(x - T)
  
```

f(3, 27) = 3 f(27, 27) = 27

f(9, 27) = 9 f(27, 9) = 9

f(945, 90) = 45

II(3) = 6 II(4) = 24 II(2.5) = 1.875

2.5 • 1.5 • 0.5 = 1.875

F(0) = 1 F(1) = 1 F(2) = 2

F(3) = 6 F(4) = 24 F(2.5) = 3.75

2.5 • 1.5 = 3.75

図 23. Mathcad でプログラミング 9 再帰の様子

図 21 は、チュートリアル課題 8 の様子である。配列と条件文とループを組み合わせて、プログラムの流れの視認性を向上させている。図 22 は、else if と also if の違いのチュートリアルである。try などのエラー処理に用いるプログラム演算子についても解説されている。

図 23 は再帰プログラムの利用についてのチュートリアルである。定義する関数の中にその関数が入っている。階乗Πなど、再帰を利用することにより、極めて簡潔にプログラムできることが分かる。

タスク 10-1: 素数の生成2

```

p(n) :=
  if n = 2
    [0]
  if n > 2
    an ← 0
    r ← p(ceil(sqrt(n)))
    for i ∈ 2..length(r)
      for j ∈ 2..n/ri-1
        ari-1•j ← 1
    j ← 1
    for i ∈ 2..n
      if ai = 0
        qj ← i
        j ← j + 1
    1
    q

n := 20      素数一覧(n) = [2 3 5 7 11 13 17 19 "計8個"]

n := 200      素数一覧(n) = [2 3 5 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 53 59 61 67 71 73 79 83 89 97 101 103 107 109 113 127 131 137 139 149 151 157 163 167 173 179 181 191 193 197 199 "計46個"]
  
```

図 24. Mathcad でプログラミング 10 (素数)

<http://円周率.jp/program/spigot.html>

```

133 Byte で 15000 桁 [F802]
こちらを基本的には上記と同じ方式である。グローバル変数での宣言では 0 が代入されること、0 の値は条件分岐で「偽」と判断されることを利用することで上記プログラムの 2 (==a/5) を代入するループ部分を計算用ループに置き換え、プログラムのサイズを削減している。

a[52514], b, c = 52514, d, e, f = 1e4, g, h;
main() { for (b = c = 14; h = printf("%04d", e = d/f); for (e = d = f = g = 0; d = d * b + f * (h[a[b]/5], a[b] = d % -g); #include <stdio.h>

int a[52514];
int b;
int c;
int d = 0;
int e;
int f = 10000;
int g;
int h = 0;

int main() {
  for (c = 52500; c > 0; c -= 14) {
    d %= f;
    e = d;
    for (b = c - 1; b > 0; --b) {
      g = 2 * b - 1;
      d = d * b + f * (h * a[b]);
    }
    (f / 5);
    a[b] = d % g;
    d /= g;

    printf(2) = ["3.1"]
    printf(20) = ["3.141592653589793238462643383279502884197169399375105820974944592"]
    printf(100) = ["3.141592653589793238462643383279502884197169399375105820974944592"]
    printf(1000) = ["3.141592653589793238462643383279502884197169399375105820974944592"]
    printf(15000) = ["3.141592653589793238462643383279502884197169399375105820974944592"]
  }
}
  
```

図 25. Mathcad でプログラミング 10 (π) ^[5]


```

np(1)=2.7
np(2)=2.71
np(10)=2.7182818284
np(12)→ 2718281828459 = 2.718281828459
1000000000000
np(20)  $\xrightarrow{\text{float}, 20}$  2.7182818284590452354
np(100)  $\xrightarrow{\text{float}, 100}$  2.718281828459045235360287471352662497757247093699959574

```

図 26. Mathcad でプログラミング 10 (e)

図 24-26 では、それぞれ素数、 π 、自然対数の底 e をプログラムにより求めている。図 24 のプログラムの下に横線が見えるが、これは Mathcad シートの折りたたみ機能を利用した、答えを表示する部分のプログラムの「非可視化」部分である。補足や付則的な部分を非表示にすることや、改編できない様にロックを掛けることなどができる。

円周率 π の計算では、わずかに 133 バイトで 15000 桁の計算ができる c プログラムが紹介されていた^[5]ので、その Mathcad 版を作成している。やはり、結果を表示する部分に多くの作業時間を必要とした。図 24 のネーパー数も同じで、結果表示の方が手間取る感じがかった。結果の文字列を可視化するプログラムなどを別途作っておくと良いかも知れない。

図 27-30 は、図 11 の Mathcad やそのプログラミング機能を活用した、公開講座向けの教材を開発している様子である。図 27 はネットで紹介されているパズル問題^[6]であるが、答えは 13 だけでは無く、黄色で示した様に、他にも 3 つある事が確認できる。

Lesson 1. Mathcad でクイズ問題を解こう

Q.1

```

D·D=16  $\xrightarrow{\text{solve}, D}$   $\begin{bmatrix} 4 \\ -4 \end{bmatrix}$ 
substitute, D=4
D·C·C=36  $\xrightarrow{\text{solve}, C}$   $\begin{bmatrix} 3 \\ -3 \end{bmatrix}$ 
substitute, D=4
D·C·C=36  $\xrightarrow{\text{solve}, C}$   $\begin{bmatrix} 3i \\ -3i \end{bmatrix}$ 
substitute, D=4
substitute, C=3
D·C·P=72  $\xrightarrow{\text{solve}, P}$  6
D+C+P=13
P=6

clear(D, C, P)
substitute, D=4
substitute, C=-3
D·C·P=72  $\xrightarrow{\text{solve}, P}$  -6
D+C+P=-5

clear(D, C, P)
substitute, D=-4
substitute, C=3i
D·C·P=72  $\xrightarrow{\text{solve}, P}$  6i
D+C+P=-4+9i

clear(D, C, P)
substitute, D=-4
substitute, C=-3i
D·C·P=72  $\xrightarrow{\text{solve}, P}$  -6i
D+C+P=-4-9i

```

図 27. Mathcad でパズル 1 (クイズ)^[6]

てんびんは 1. つり合う、2. 左が上がる、3. 右が上がる
の 3 つの状態のいずれかを返すことができる。
従って、1 回の利用では 3 とおり
2 回の利用では 9 とおり
3 回の利用では 27 とおり
の場合数となる。
12 個で重いが軽いが分からないと 24 通りの場合数となるので 3 回のてんびん利用が必要

```

ans1:=if (A+B+C+D)>(E+F+G+H)
ans0←"L"
else if (A+B+C+D)=(E+F+G+H)
ans0←"E"
else if (A+B+C+D)<(E+F+G+H)
ans0←"R"
else
return ans0
Hantei:=for i=0..23
if showAns_i=ans0
Hantei←viewAns_i
if Hantei=0
Hantei←"解答なし"
ans1="R"
ans2="R"
ans3="R"

```

Hantei="Aが軽い"

図 28. Mathcad でパズル 2 (12 個のボール)

Lesson 4. ランダムウォーク問題を可視化

X Y 座標の中心から ± 1 だけ、X または Y 方向にランダムに動く点の軌跡を可視化せよ。

```

P:=P0←0
for i=1..10000
R←rnd(4)
if 0<R<1
step←1
else if 1<R<2
step←-1
else if 2<R<3
step←-1i
else if 3<R<4
step←-1i
Pi←Pi-1+step
return P

```

P=

$$\begin{bmatrix} 0 \\ -1i \\ 0 \\ -1i \\ 1-1i \\ -1i \\ 1-1i \\ -1i \\ 0 \\ -1 \\ -1-1i \\ -1i \\ -1-1i \\ -1-2i \\ \vdots \end{bmatrix}$$

```

X:=X0←0
for i=1..10000
Xi←Re(Pi)
return X

```

```

Y:=Y0←0
for i=1..10000
Yi←Im(Pi)
return Y

```

図 29. Mathcad でパズル 3 (ランダムウォーク)

図 28 では、有名な偽コイン問題を Mathcad のプログラム機能を用いて解いている。てんびんの結果の *ans1* は可視化されているが、他の 2 回は非可視化している。解答表示プログラムで答えを表示している。この場合、問題の定義部分をどの様に Mathcad に与えるかが最も困難な部分である。EXCEL などはマクロや VB 機能を活用すれば、ラジオボタンや上下ボタンなどを活用して、簡単に問題設定をマウスだけで行う事ができる。その一例を図 31 に示す。EXCEL マクロを使う事で、12 個のボール A-L の内、どのボールが重いか軽いかをマウスで指定することができる。問題を設定したら別の EXCEL シートにその内容を図 32 の様に保存する。

Lesson 5. 7 * 7 点ランダムウォーク問題

7 * 7 の原点から±1 だけ、X または Y 方向に動いて全ての点をつなげ。

$m=7$ 点の数を可変とした

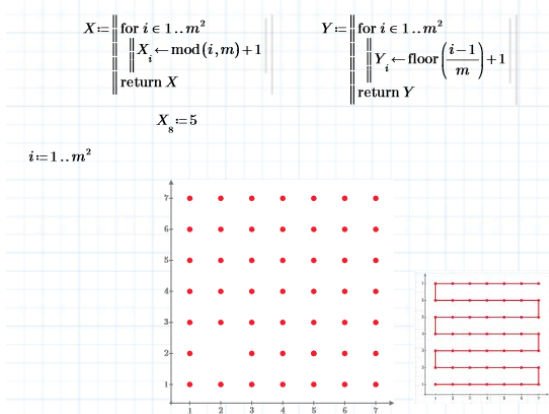


図 30. Mathcad でパズル 4 (一筆書き)

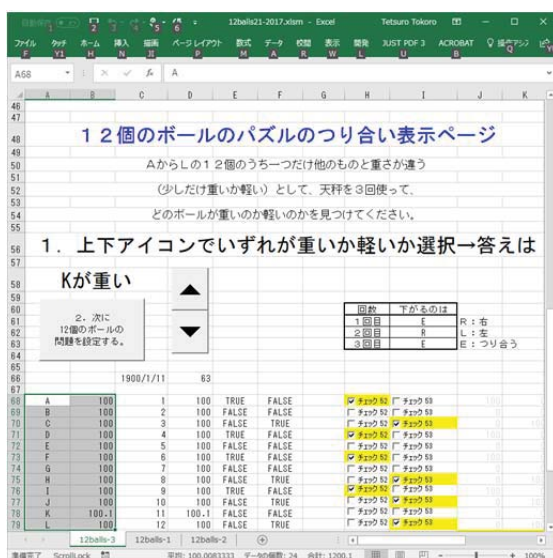


図 31. パズル 2 設定用の EXCEL マクロの利用

図 32. パズル 2 設定結果の EXCEL シートへの保存

図 32 はマクロの無い、単なる数値と文字の EXCEL シートであり、Mathcad で読み込むことができる。図 33 に示す様に、入力/出力タブに READExcel コマンドがあり、簡単に EXCEL シートとのデータのやりと

りができる。図 33 では、図 31 の EXCEL で設定した問題条件が *balls* 配列に読み込まれている。3 回のもてんぴん判定結果処理プログラムにより、K が重いことが判定されている。

図 29 は、学生時代に実施した記憶のあるランダムウォーク問題を Mathcad で実施したものである。簡単に軌跡をグラフ化できる。この各位置を通過した頻度グラフを右下に書いているが、この部分に 3 次元的な配列処理が必要であり、良いプログラム課題となった。

図 30 は一筆書きパズルの問題シート作成用プログラムである。今までは「花子」などの CDA ソフトを活用して作成していたが、プログラムであるため、任意の点数までの拡張が簡単となった。このパズルの問題は一筆書きであるが、右下の様な簡単な場合は解くことができた。図 30 の様に任意の点が無い場合は、解くことが難しくなる。

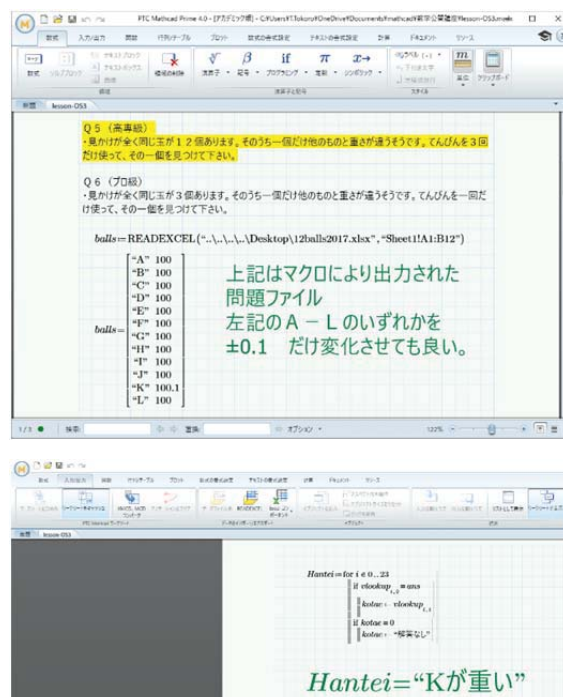


図 33. Mathcad での EXCEL データの活用

5. 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 を活用した数学とプログラミングの、自律的学修支援

環境の構築と改善を進めていきたい。

※1：岐阜高専電気情報工学科(教授)

注) 本文図中の番号は実際のコンテンツでは連続して存在しており、順を追って解説しているが、本論文では要約して図としているため、一部で飛び飛びの値となっている。LMS 内や学内用サーバには、各学修項目の詳細な解説や練習用の EXCEL シートなども用意されている。

また、Mathcad の利用に関しても、情報処理センターの演習室での利用はもちろんであるが、AP により用意した貸しだし用ノートパソコンを用いても利用可能な体制を整えた。これにより、岐阜高専内での、いつでも・どこでも ICT 活用による学修を可能としている。

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_jo-ho-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/detAI/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/170210_jinzAI02_shiryo02.pdf
- [4] PTC ジャパン山本氏、「Mathcad Web セミナー(テーマ：MathCAD の技術共有・事例)」、2017/6/14 より。
- [5] <http://円周率.jp/program/spigot.html>
- [6] ガジェット通信 GetNews、「【脳トレ 4 問】5 分以内にすべて解けたら、あなたの脳はまだまだ若い」より。
<http://getnews.jp/archives/1874915>

参考 Mathcad のメインメニューの各タブの様子



数式タブ：ほとんどの活用はこの部分にある



入力/出力タブ：EXCEL など外部ファイルとの入出力



関数タブ：分野ごとの全ての関数の選択・一覧



行列テーブルタブ：行列やベクトルの利用はここから



プロットタブ：グラフによる可視化と編集



数式の書式設定タブ：数式部分の書式を自由に設定



テキストの書式設定タブ：テキストの書式を自由に設定



計算タブ：計算の停止と開始、デバッグ用



ドキュメントタブ：ヘッダ・フッタその他文章の設定



リソースタブ：ヘルプやチュートリアル、外部連携

数値演算ソフト Scilab/Xcos を活用した 機械運動学Ⅱの学習支援コンテンツ

小林 義光^{※1}
Yoshimitsu KOBAYASHI

1. はじめに

電子制御工学科では、複合融合学科として、機械系と電気系の専門性を均等に学ぶモデルコアカリキュラムを選択している。機械運動学Ⅱでは、モデルコアカリキュラムの「V-A機械系」の「V-A-3 力学」の機械の振動現象（機械力学）に関する内容を学修する。対象は、電子制御工学科の4年生の半期科目である。

機械運動学Ⅱ（力学系）の科目では、数学の知識（特に微分方程式を解く知識）が必要であるため、数学に苦手意識がある学生は、機械運動学Ⅱの科目に対しても、微分方程式が示されたところで、苦手意識を示すところがある。

一方で、電子制御工学科では、ロボット、自動車、航空機および家電機器の制御システムが設計できるエンジニア育成を目指す必要があり、制御工学の分野や自動車業界の制御現場では、高度化する制御システムの仕様をブロック線図で可視化するモデルベース開発の手法が利用されている⁽¹⁾。そのため、制御工学の分野を学修するためには、機械・電気システムをブロック線図で表現できる能力も必要である。

そこで、機械運動学Ⅱの授業では、数値演算のフリーソフトウェアであるScilab/Xcos⁽²⁾を利用し、機械系（力学系）をブロック線図で表現し、数値シミュレーションで機械の振動現象を学ぶ授業方法を試みた。

2. Scilab/Xcosの基本操作

機械運動学ⅡでScilab/Xcosを利用するために、授業の最初にScilab/Xcosの基本操作を学習する。Scilabの基本操作やサンプルプログラムは、岐阜高専のLMSであるMoodleの機械運動学Ⅱのコース（図1）から閲覧およびダウンロードが可能である。Scilab入門のコンテンツでは、Scilabの基本操作としてスクリプトによるプログラム実行、ブロック線図によるシミュレーション実行、CSVデータの読み込みや書き出しの実行方法を学び、主にブロック線図での物理シミュレーションの実行方法やデータの解析方法を理解する。Scilabの基本操作を理解したところで、Scilabの例題コンテ

ンツを実行しながら、機械運動学Ⅱの理論の理解を深める方法で授業を進めた。今回の機械運動学Ⅱコースで用意したコンテンツは以下の通りである。

- ① Scilab 入門
- ② 減衰のない1自由度系の自由振動
- ③ 減衰のある1自由度系の自由振動
- ④ 衝撃入力を受ける1自由度系の振動
- ⑤ 力入力を受ける1自由度系の強制振動
- ⑥ 変位入力を受ける1自由度系の強制振動
- ⑦ 2自由度系の固有振動数と固有振動モード



図1. 岐阜高専 LMS の機械運動学Ⅱコース画面

3. 授業の進め方

図2に機械系の一般的な振動系のモデルに対して、減衰のある1自由度系の自由振動を考える。変数 $y(t)[m]$ は物体の変位、 $M=1[kg]$ は質量、 $D=1[Ns/m]$ はダンパー、 $K=10[N/m]$ はバネ要素、 $f(t)[N]$ は外力である。

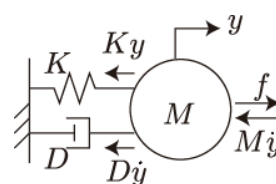


図2. 振動系モデル

図2の物体（質量）にかかる力を図示すると、運動方

^{※1} 岐阜工業高等専門学校 電子制御工学科

程式（力のつりあい式）が導出できる。

$$-M \frac{d^2 y(t)}{dt^2} - D \frac{dy(t)}{dt} - Ky(t) + f(t) = 0 \quad (1)$$

次に Scilab のブロック線図機能 Xcos を利用して、式(1)の運動方程式をブロック線図で記述する。

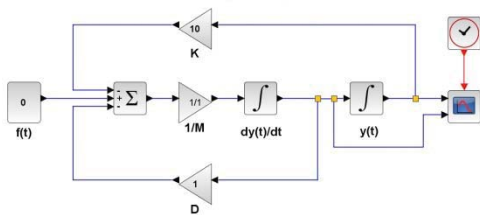


図 3. 振動系のブロック線図

図 3 のブロック線図は、直接、数値シミュレーションの実行が可能である。図 4 は、初期位置 $y(0) = y_0 = 1[m]$ 、初速度 $dy(0)/dt = v_0 = 1[m/s]$ 、外力 $f(t) = 0[N]$ の自由振動の数値シミュレーションの実行結果（物体の変位と速度）である。実行結果から、微分方程式を解くことなく、力のつりあいの関係と振動現象を視覚的に確認することができる。

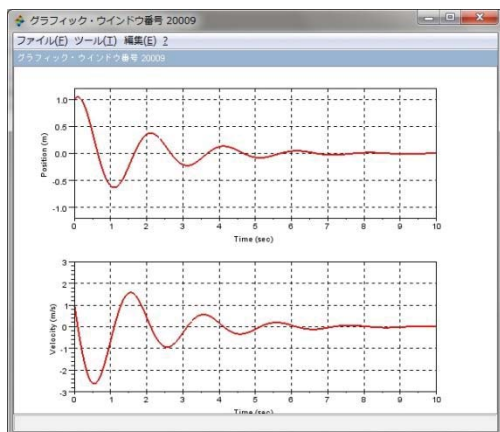


図 4. 自由振動の数値シミュレーション結果

自由振動の現象を確認した後、授業では式(1)の微分方程式の解法を解説する。次式は自由振動の解である。

$$y(t) = Y e^{-\zeta \omega_n t} \sin(\sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n t + \phi), \quad \zeta < 1 \quad (2)$$

ここで、 ζ 、 ω_n 、 Y 、 ϕ は、以下で与えられる。

$$\zeta = \frac{D}{2\sqrt{MK}}, \quad \omega_n = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$Y = \sqrt{y_0^2 + \left(\frac{v_0 + \zeta \omega_n y_0}{\sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n} \right)^2}, \quad \phi = \tan^{-1} \left(\frac{y_0 \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n}{v_0 + \zeta \omega_n y_0} \right)$$

式(2)の自由振動の解が正しいことを確認するため、式(2)を図 5 で示す Scilab のプログラムで直接実行し、ブロック線図と数値シミュレーション結果と比較する。図 6 は比較結果であり、数値シミュレーション（赤線）と式(2)の解（青色+線）が等しいことが理解できる。

```
M=1; //質量[kg]
K=10; //バネ定数[N/m]
D=1; //減衰係数[Ns/m]
zeta=D/2/sqrt(M*K); //減衰比[-]
omega_n=sqrt(K/M); //固有振動数[rad/s]
y0=1; //位置の初期値[m]
v0=1; //速度の初期値[m/s]
Y=sqrt(y0^2+((v0+zeta*omega_n*y0)/(sqrt(1-zeta^2)*omega_n))^2);
phi=atan(y0*sqrt(1-zeta^2)*omega_n/(v0+zeta*omega_n*y0));
t=0:0.1:10;
y=Y*exp(-zeta*omega_n*t).*sin(sqrt(1-zeta^2)*omega_n*t+phi);
plot(t,y,'+')
xgrid
xtitle('Free Response','Time (sec)', 'Position (m)');
```

図 5. 自由振動の解の Scilab スクリプト

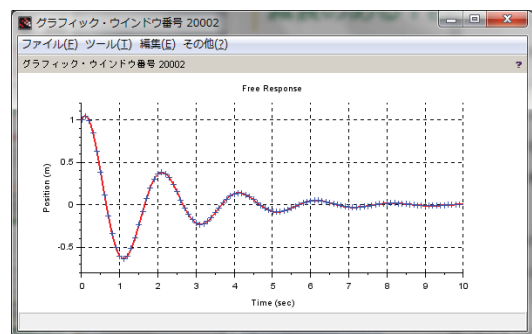


図 6. ブロック線図と Scilab プログラムの比較結果

3. 評価とまとめ

評価として、講義終了後に 40 名の学生にアンケートを実施した。アンケート結果より、85%は Scilab を使って良かった、70%は理解に役立ったとの回答であり、授業での Scilab の利用は有効であったと考える。数学に苦手意識がある学生も含めて学生全員が、ブロック線図の記述に取り組み、お互いに教え合いながら、シミュレーション実行まで実施し、結果に対して考察できたことは授業の活性化に繋がったと考える。しかし、60%は難しかったとの回答であり、Scilab の使い方に慣れていないところで、ブロック線図の概念を導入したため、やや難易度が高かったと思われる。今後は、Scilab とブロック線図の説明には注意したい。また、70%は今後も利用していくべきであると回答があり、今後も Scilab の授業利用を検討したい。

参考文献

- (1) dSPACE Japan : モデルベース開発-モデリング, プラント・モデル, コントロール・モデル-, 日経 BP 社 (2013)
- (2) Scilab ホームページ : <http://www.scilab.org>

岐阜工業高等専門学校
環境都市工学科 学科長 教授

吉村優治
YOSHIMURA Yuji

岐阜工業高等専門学校
環境都市工学科 講師

菊 雅美
KIKU Masami

1 はじめに

高専制度ができてから40数年が経過し、実験と実習を重視した高専のものづくり教育は広く認められるところとなった。岐阜高専は昭和38年に設置され、創立以来、即戦力となる技術者を育成し続けているが、平成7年度には専攻科設置、平成16年4月1日に独立行政法人国立高等専門学校機構設置、同年5月にJABEE技術者教育プログラムが認定されるなど大きな変革を経て現在に至っている。環境都市工学科も平成5年に土木工学科から改組されると同時に大きなカリキュラム変更が行われた。

本学科での、情報技術IT(Information Technology)教育は、すでに平成5年度の改組の頃から行われており、学校としては文部科学省現代的教育ニーズ取組支援プログラム(現代GP: Good Practice)に2件採択(平成16～18年度: 単位互換を伴う実践型講義

配信授業、平成17～19年度: 創発的なものづくりリテラシー教育活動)され、問題解決型授業PBL(Problem Based Learning)を含めて学生の自発的な学びを啓発するための教育内容の開発、“自発的な学び”にインセンティブを与える教育方法など約10年の実績がある。

本校の情報通信ICT(Information and Communication Technology)教育は、平成26～31年度に採択された「文部科学省大学教育再生加速プログラム(AP): テーマⅠ・Ⅱ複合型(アクティブラーニング導入とその学習成果の可視化)」に関する予算措置、たとえば平成26年導入のコンテンツサーバー(学習管理システムLMS: Learning Management System用、データベース用)¹⁾などの充実(写真-1参照)により飛躍的に加速したといえる。

2 外部講師によるICTに関する講習事例

国土交通省は建設現場の生産性向上に向けて、測量・設計から、施工、さらに管理にいたる全プロセスにおいて、情報化を前提とした新基準「i-Construction」を2016年度より導入した。このような建設業界の動向については、現場の最前線で活躍している技術者から学ぶことが重要である。本学科では、これまでに卒業生等を含む外部講師による特別講演や現場見学会を積極的に実施し、高い評価を得ている²⁾。平成29年度は、本学科3・4年生を対象にした「ICT講座」(9月28日(木)9:00～12:10)、本学科3・4年生(建築学科3・4年生合同)を対象にした「電子入札に関わる情報セキュリティ」(9月



写真-1 コンテンツサーバー (LMS用、データベース用)

28日(木)13:00~14:30)、本学科3・4年生および先端融合開発専攻1年を対象とした「道路・交通業務におけるIoT・ビッグデータの活用事例と今後の展望」(12月7日(木)13:00~14:30)など、建設業界のICTに関わる講習を数多く実施した。このうち、「ICT講座」は、国土交通省中部地方整備局が日本建設機械施工協会中部支部と合同で、岐阜県で初めて土木系学生のために開催したICT講座であり、建通新聞の1面にも大きく取り上げられた³⁾。本講座では、地上レーザースキャナの3次元データを使った教室内再現や、UAV(ドローン)による測量の紹介と操縦体験(写真-2参照)が行われた。本学科では、測量の習得を目的として、2~4年次に測量学、2・3年次に測量実習を実施しているが、巻き尺やセオドライト、レベル



写真-2 ICT講座:最新の測量技術((株)シーティーエス、9月28日)

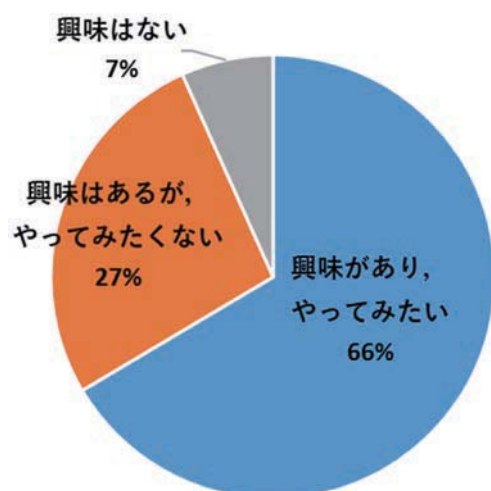


図-1 最新の測量技術に興味はあるか聞いた質問に対する回答

といった基本的な機器を使用した測量方法の修得に留まっている。2~5年生に測量の授業・実習に関するアンケートを実施したところ、図-1に示すように、回答者164名のうち9割以上の学生が最新の測量技術に興味を持っており、6割以上の学生が最新の測量技術を実際にやってみたいと答えた⁴⁾。学生の測量への関心度を高めるためにも、国土交通省や日本建設機械施工協会の協力を得て、今後も最新の測量技術について体験する取り組みを積極的に活用したいと考えている。

また、毎年、岐阜県および一般社団法人岐阜県建設業協会によって女性限定の現場体験バスツアーが実施されている。平成28・29年度に本学科の女性教職員と女子学生がこのツアーに参加し、ドローンによる測量やICT建機による施工技術を体験した。本学科では約3割が女子学生であり、卒業後のキャリアパスの参考にしてもらうためにも、今後も外部機関が実施する見学会への積極的な参加を勧めていく。

3 授業および実験へのICTの導入

本学科では、前述のLMSが様々な授業・実習に導入されている。LMSを活用している授業・実習例として、3年生の水理学および4年生の水理実験を取り上げる。

水理学は、土木工学の中でも最も基本的な科目の1つであるが、現象を想像しにくく、苦手意識をもつ学生が少なくない。水理学への理解を深めるためには、演習問題を数多く解くことが重要となるが、授業時間の中で取り組める演習問題の数には限りがある。そこで、時間外学修を促進させるためのLMSコンテンツを整備し、受講者に公開した。公開したコンテンツは、図-2および図-3に例示する小テストモジュールを用いた演習問題と、授業資料である。LMSには、小テストモジュールとして多肢選択問題や計算問題など多様な出題形式が提供されていることから、水理学に関する語句問題・式の導出・計算問題など様々な形式の演習問題を作成した。計算問題は、取り組むたびに表示される数値が変わるため、学生は繰り返し問題に取り組むことができる。また、コンテンツを利用した学生の声を受けて、小テストモ

ジュール内のフィードバック機能により、演習問題の解説を詳しく記述するようにした。学生の利用状況を確認したところ、時間や曜日に問わず、コンテンツを利用していることがわかった。授業資料については、普段から閲覧している様子が認められた。一方、演習問題は、定期試験前の利用が増加しており、試験勉強の一環として取り組む学生が多いと考えられる。

実験は、座学によって学んだ理論を実験によって体得する重要な機会である。しかし、従来の実験では、理論的な知識や実験方法を理解しないまま実験に臨み、教員に手順を説明されるまで実験を始められないという時間的な無駄が生じていた。また、計測値から多くの結果を整理する中で、計算方法を誤ってしまうことが少なくなく、その間違いに学生だけ

で気づくことは困難であるため、誤った計算結果に基づいて考察を行っている様子もみられた。さらに、実験値と理論値の差を単なる人為的誤差と結論づける学生が多く、実験を通じて理論を理解しているとはいえない状況であった。そこで、水理実験の本来の目的である主体的・能動的な実験を通じた理論の体得を実現するため、水理実験用教材を作成した⁵⁾。作成した教材は、実験の説明動画(図-4参照)、予習クイズ(図-5参照)、正誤判定用データシート、ディスカッション用の考察シートである。実験の説明動画と予習クイズはLMSで受講者に公開し、実験前の受

管路における層流・乱流

管路における層流・乱流の説明動画



次のページ

図-4 Moodleに掲載した実験の説明動画の例

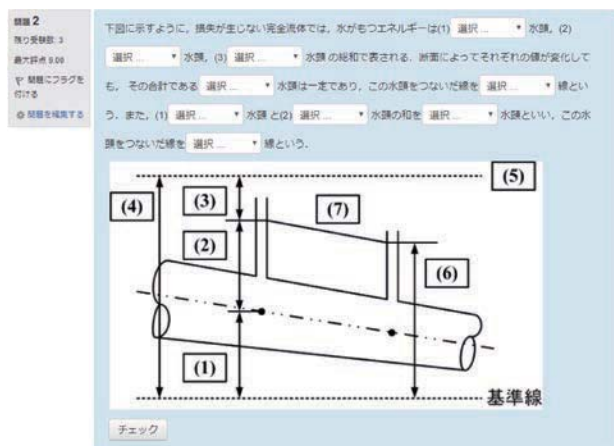


図-2 演習問題の一例

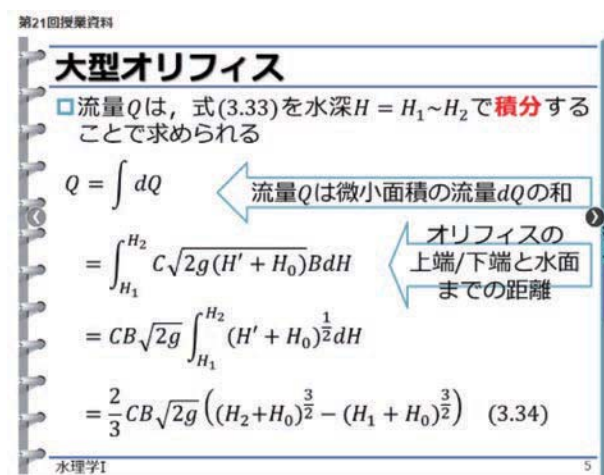


図-3 授業資料の一例

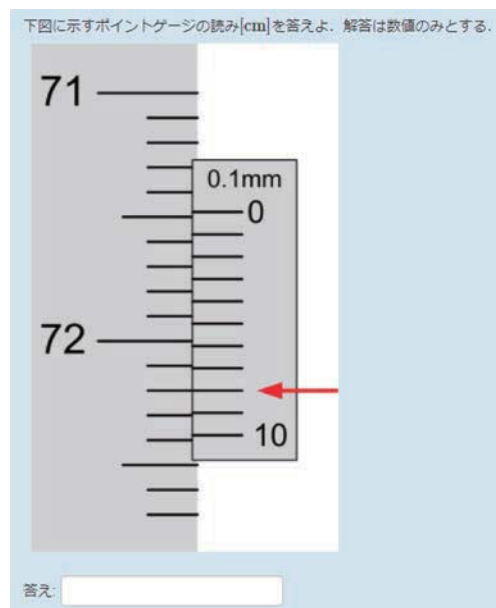


図-5 予習クイズにおけるポイントゲージの問題例

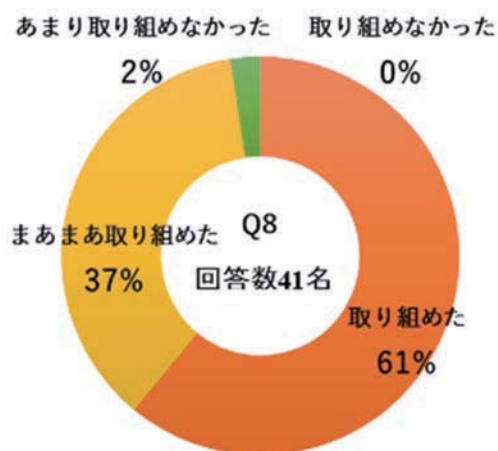


図-6 実験に主体的・能動的に取り組めたかを聞いた質問に対する回答

講を実験参加の条件とした。実験中は、前述のAP事業によって整備されたタブレット端末を学生に貸し出し、正誤判定用データシートを用いたデータ整理と、班員同士によるディスカッションを通じた考察シートへの回答を促した。実験後は、LMS上へのデータシートの提出を義務づけ、データ整理の最終確認結果やグラフの描き方などをLMSのフォーラム機能により通知した。

開発した教材を利用した4年生41名を対象にアンケートを実施したところ、コンテンツがあったことで能動的・主体的に水理実験に取り組めたと思う学生は図-6のように9割以上に達した。開発した教材により、水理実験の本来の目的である能動的・主体的な学びを実現できたといえる。

4 おわりに

本校の情報通信ICT教育は、2で紹介したように、外部講師による講習や女性限定ではあるが現場体験バスツアー(今年度、筆者の一人が主催者に申し出を行ったところ、平成30年度からは男性の参加も認められる予定である。)により、現場のICT導入状況等を知り、さらには現場の最前線で活躍している技術者から学ぶことによって行ってきた。また、平成26～31年度に採択された「文部科学省大学教育再生加速プログラム(AP): テーマⅠ・Ⅱ複合型(アクティブ

ラーニング導入とその学習成果の可視化)」に関する予算措置により学内の教育環境が整ったことから、3で紹介したようにコンテンツサーバーを利用した水理学Iや水理実験のように自学自習コンテンツの制作が進み、より能動的・主体的な学びを実現しつつある。

しかしながら、2で述べたように、たとえば測定の授業・実習に関して実施したアンケート回答者の9割以上の学生が最新の測量技術に興味を持っており、6割以上の学生が最新の測量技術を実際にやってみたいと答えているが、学内に準備されている測量機材ではこの要望に応えられないのも事実である。

今後も、本校に導入された情報通信ICT関連器機を有効に活用し、また、現場のICT導入状況に学校での教育が近づけるよう、学科の全教員が協力して、ICT教育(ICT活用および現場ICT導入)に取り組みたいと考えている。

謝辞: 本学科のICT教育は、本校が平成26年度に採択された「文部科学省大学教育再生加速プログラム(AP): テーマⅠ・Ⅱ複合型(アクティブラーニング導入とその学習成果の可視化)」経費、そして、国土交通省中部地方整備局、日本建設機械施工協会中部支部、(株)シーティーエスらの支援により、円滑に進められています。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 岐阜工業高等専門学校: 「大学教育再生加速プログラム (AP): テーマⅠ・Ⅱ複合型」初年度報告書、2017.3
- 2) 吉村優治: 地域やOBの人材力を活用した専門科目への初年次導入教育システムの確立及び地元小中学生への環境教育の実践、日本工業教育協会賞(業績賞)、日本工業教育協会、2012.8.22
- 3) 建通新聞: 土木系学生向けICT講座、(株)建通新聞社、2017.9.29
- 4) 山川奈巳、菊 雅美、長屋佑美: 岐阜高専学生のアンケート調査に基づいた測量に対する意識に関する一考察、平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM)、2018.3.2(発表予定)
- 5) 菊 雅美、渡邊和也: LMSを利用した効果的な水理実験実施のための教材開発に関する研究、土木学会論文集H(教育)、Vol. 73, No. 1, pp. 43-52、2017.7

建築設計教育における Active Learning に関する考察

櫻木 耕史^{※1}
Koshi Sakuragi

1. はじめに

建築設計教育は学生自身が主体的に学び、表現する場として、建築学教育の根幹に据えられている。

人間が生活する空間を設計することは、多様な概念や計画を許容し、総合的な学術的視点と、生活の観察、空間への問題意識によって成立している。

一方、従来手書きを主体としてきた建築設計教育は、コンピュータを利用した設計が一般的となった。学生への課題の取組み状況をみると、手書きの図面は、設計を得意とする限られた学生しか挑戦しない。

しかし教育の現場においては、コンピュータによる CAD とインターネット環境の普及が、設計能力向上に影響がある事例が見受けられることから、本稿ではその事例と解決に向けた取り組みについて考察する。

2. 建築設計教育とコンピュータ

建築設計教育は、専門教育の早い段階から始められる。教育の手順は、①製図器具・CAD 等の使用方法の習得 ②製図法の習得 ③造形の表現方法の習得 ④図面の種類や表現方法の習得 ⑤設計課題への取り組み、の順に進められる。

①～④は、最初トレース（模写）から始まるが、これを本校では1年半かけて行っている。第2学年後期から、小規模建物の設計することにより、①から④の技能を完成させる。自ら設計するため、本や資料をたよりに、教員等とのやりとりによって解決の糸口を発見し、自分の考えをまとめて図面に反映させる。

しかし、コンピュータによる設計を行う上では、作図と、情報の収集に関する影響の2点を考慮する必要がある。

① 作図に関する影響

作図に関しては、検討・検証範囲の狭小化と、スケール感の欠如が挙げられる。

設計課題について相談する場合、手書き図面では、全体を見た上で、その部分の適性を検証できた。しかし、CAD 化により、相談時は CAD 画面となり、作図している部分のみとなった。部分だけを提示して、その設計に至ったプロセスを省略して相談するため、質問の意図が理解できず、適切な指導ができない。

また CAD では 1 / 1 スケールで画面を拡大縮小して入力する。手書き図面では、三角スケールを常に見ながら、建物の 1 つ 1 つのパーツを書いたため、廊下の幅、出入口の幅、梁幅や壁厚、建具などを全体のバランスとして習得し、また 1 本の線の意味を考えながら製図をした。しかし、現在では、CAD ソフトに付属した図形や、インターネット上で公開されている他人が作図したファイルを活用することが多くなり、自分で全て書くという感覚が薄れている。その結果、学生の「寸法感覚」の欠如を感じるが増えている。

結果として、建物の計画として不十分であるばかりでなく、計画をまとめるための自己分析や他者の指摘が得られにくく、学びを仕組む必要性が生じている。

② 情報の収集に関する影響

情報の収集に関しては、インターネットによる情報入手の容易さが、アイデアの安易な模倣や、情報の局部化を招き、主体的な学びや表現を阻害している。

設計では、建物の形態や要求される機能の連携など、平面的、立面的、断面的に検討を行い、3 次元的に建築物としての姿を作りあげる。そのため、従来は必要な情報を得るために、様々な資料を読み解きながら自分で考える必要があった。

現在では、簡単なキーワードで多くの情報が得られてしまう。この検索してでてくる「画像情報」のみを参考にするため、断片的な形態に重点がおかれ、大きさや機能が全く考慮されない、建物に組み立てられない形態が多く見られる。

これは、その情報が採用に足る情報かどうかを総合的に検討する力が不足していると考えられる。

③ 改善に対する考え方

学生に手元にある書籍で調べるように指導しても、すぐにスマートフォンで検索して情報を得ようとする。書籍の目次を見ることもしない。目の前の物の大きさを知る場合でも、見たり、触ったりするのではなく、インターネットで検索して調べている。目の前の「もの」を知覚し、感覚的に記憶することを放棄しているように見える。小学校 3 年生の算数で、手や歩幅から長さを測定するというのを学んでいるが、利用されていない。建築設計は人間の使う空間の創造であり、自分の身体寸法感覚は必須のものである。

見て大きさを考える習慣や、その数値を意識して体

^{※1} 岐阜工業高等専門学校 建築学科

験することが、自己の計画の検証や、寸法感覚の獲得、情報の判断根拠の構築に有効であると考えられるため、自らの経験を促し、建築を意識して考えられるような取組みを模索することとした。

3. 建築設計教育とフィールドワーク

今回授業で行ったフィールドワークの事例を以下に述べる。

基本的な取組み姿勢は、学生からの質問に対して、必ず回答のある場所まで連れて行って、自分で計測させるか、見て確認させる方法とし、できる限りの質問について実際に体験させるよう試みた。

はじめに、取組み前のエスキース（設計前段階の構想図）から、問題があると判断した例を図1に示す。必要な情報を整理できていない左側と、右側は自分の計画への反映ができていない。これらは、いずれも実体験としての空間把握ができていないため、自分が得た情報を、どのように計画に反映するかを理解できていないものと考えられる。

なぜ、このような表現になるか探るため、教員への質問後に必ず学生達の行動に見受けられる、インターネットの検索サイトでの検索例を図2に示す。

この例では、画像として出てくる直接的な寸法の情報が必要でなく、その下に表示される文書を確認することが適切である。また、最終的には、廊下などの動線、設備配管など周囲の状況も加味して、位置や形状、寸法を決めるが、インターネット上の情報は断片的すぎて、把握できないことが分かった。

このような、トイレブースの寸法が知りたいという質問に対して、まず、近くのトイレへ連れて行き、実際に使ったときに寸法を意識させる。その際、自分の手を広げた長さを基準に空間の寸法を計測させる。洋便器であれば、膝前の寸法がどのくらいだと使いやすいかを測らせ、自席に戻って今度は資料を見てどういう意図でその寸法になっているかを理解させる。その上で、自分の設計している建物にトイレを配置するように指導した。

4. 取組みを通じた課題と今後の展開

最終成果図面をみると、大きな違和感のある図面はなく、エスキースの段階から、大幅な能力の向上が見られた。学生それぞれの取組みに応じて差はあるものの、学びがあったと感じられる。

初期の設計教育の図面は、書き込みを重ねて必要な精度を上げ、建築図として求められている表現にしていく。そのため、完成形は基本的に差がなく、ほぼ横並びの表現状態となる。結果から個人の学びの度合いを知ることは困難である。

エスキースの例	
問題点	情報の確認が不十分 ①引き戸 ②便器の位置が奥 寸法のみの情報しか得ていない。 ①と②は、使用できないため、致命的欠陥を有する計画。 計画への反映が不十分 ③出入口 真ん中の通路寸法確保を優先したため、上下の通路が極度に狭い ④寸法 内法寸法での反映ができていない

図1 取組み前のエスキース

検索結果の一例	
情報の検証	縦と横の寸法例 縦横とも2,000mmとの記述があるが、正確には「2,000mm以上」であり寸法の下限値のみ記載されているので注意が必要。 この場合、画像の下にある国土交通省のPDF文書を併せて確認するとよいが、目的としている情報かどうか初見で判断できない。 検索サイト https://www.yahoo.co.jp 検索語「バリアフリー、トイレ、寸法」 2018/02/06

図2 インターネット上の検索結果

そのため、学びの度合いを可視化するための、方策を見出すことが大きな課題である。

今回の場合は、学生の会話から成果を実感することができた。

階段で学生達が話をしているところを通りがかった際に、学生達が階段を見て、「頭が建築脳になっている。階段を見るとどんな風に作られているのかを見たくなる。」と会話していた。この会話から、興味を持てばその分だけ、学びの度合いが深く、自発性を高める効果もあり、意義があったと感じることができた。

一方、今回の取組みは、実際に視認できる部分や、体験できる部分のみに焦点をあて、少しでも主体的な学びにつなげようと取組んだものである。建築設計教育では、実際にある空間を設計することを教育しているわけではない。課題に応じて、個々の学生のオリジナルな空間が表現され、学年が上位になれば、設計課題の難易度も上がり、より未知で高度な空間を設計することが求められる。その場合には、今回取組んだような、経験的な空間把握は困難となる。

今回の経験を通した学びが、未知なる空間への応用性を生み出す鍵になると考えられ、学年の進行とともに、どのような影響を及ぼすのかを今後も注視し、建築設計教育の全体の質の向上を図っていきたい。

テレビCMを活用した住まいづくりの キーワード把握に関する授業

青木 哲^{※1}
Tetsu AOKI

1. はじめに

建築学科では、第1学年の専門科目として「建築学通論」という半期科目を設けている。計画系、構造系、環境系からそれぞれ1名、計3名の教員が担当するオムニバス形式を取っており、建築学をこれから学んで行く上での基礎知識を習得することに加えて、各学問領域に対する学習の意義を理解してもらうことを目的としている。

建築学科に入学する学生の動機としては、「将来、自分の住宅を建てたい」「建築士になりたい」などさまざまではあるが、入学段階では、建築物≒住宅をイメージしている学生が多い。つまり、建築学科の専門科目の導入部としては、最も身近な建築物である住宅を例に取ることが有効であると考えられる。また、住宅に関する新しい知識の習得や発見が得られることによる楽しさを知ってもらうことで、今後の専門知識に関する勉学を継続的に行っていく上で重要である。そこで、ハウスメーカーが公式ホームページや公式YouTubeチャンネルで公開しているテレビCM（以下、TVCM）を授業で活用する取組を「建築学通論」の授業内で行っている。TVCMの映像や音声の中には、住まいのセールスポイント、言い換えれば、住まいとしての重要なキーワードが含まれており、住まいの「今」を知るにも非常に有用である。本報では、TVCMを用いた授業の方法やその内容について紹介する。

2. 授業への導入について

2-1. コンテンツの選定

まず、岐阜県あるいは愛知県で住宅を建設しているハウスメーカーを選定し、さらにTVCMを放映しており、ホームページ上にも公開しているハウスメーカーを抽出して、その放映内容について大きく3つに分類することとした。

分類① セールスポイントを1つに絞っているもの
・耐震性が高い、天井が高い など、セールスポイントを1つに絞っていて、キーワードが少ないもの。

分類② セールスポイントとして多くのキーワードを含むもの

・安全性、快適性、間取りなど、多くのキーワードを取り上げ、トータルをセールスポイントとするもの。
・省エネルギーとセールスポイントは絞られているが、太陽光発電、蓄電池、HEMSなど、それに関わるキーワードを多数含むもの。

分類③ イメージ戦略的なもの

・印象的な音楽・歌などで、企業名や製品名を覚えてもらうことを意識したもの
・ストーリー仕立てで、具体的なキーワードが出てこない場合もある。企業イメージを高めるためのもの。

なお、これら分類は研究分析に基づいたものではなく、あくまでも主観によるものであり、学生にTVCMを提示する上で、分かりやすい順に並べることを意図したものである。

筆者が担当するのは建築環境系の内容であり、健康で快適な都市・建築環境を、省エネルギーで実現することを目的とした学問領域となる。使用するTVCMをその領域に限定することも考えられたが、H29年度の実施においては、環境工学領域のTVCMを優先しつつも、その他の領域のCMも放映することとした。

なおTVCMは、著作権第35条により、著作者に許諾を得ずに複製し、学校の授業の中で利用できることになっている。

2-2. 授業の進め方

TVCMを使う授業は1回のみである。90分のうち前半の70分程度をTVCMの放映と学生の意見交換に当て、残り20分で総括することとした。授業時間を加味して、図1に示す12個のTVCMを選定した。

01セキスイハイム社のCMは全館暖房に関する内容、02パナホーム社はスマートハウスに関する内容、03三井ホーム社は空気質に関する内容、04ミサワホーム社は断熱性の技術に関する内容、05三井ホーム社および06パナホーム社は耐震性に関する内容である。これは上記の分類①あるは②に該当する内容となる。なお、練習としてエサキホーム社のCMを最初に学生に手指示した。その理由として、ナレーションで「エサキ

^{※1} 岐阜工業高等専門学校 建築学科



図1 授業で放映した TVCM のサムネイル ¹⁾⁻⁹⁾

ホームは〇〇の家」と、キーワードを取り上げており、最も分かりやすかったからである。なお、07トヨタホーム社、08積水ハウス社および09大和ハウス工業社のTVCMは分類③に該当するものとなる。

まず、練習TVCMを放映して、キーワードの拾い方を説明した後、各TVCMを3回程度プロジェクターで投影した。その後、学生が率直に感じたTVCMの「イメージ」や「キーワード」を書き取ってもらい、発表させる。なお、キーワードを拾うためのプリントを最初に配布している。その後、拾えなかったキーワードについては、教員側から今一度着目して欲しい点として補足して、再度放送する。最後に、拾ったキーワードから、該当するTVCMのセールスポイントをまとめることとした。

教員からの補足例としては、次の例が挙げられる。図2のようにリビングから寒いキッチンや廊下が暖まってくる模式図になっており、温まる仕組みや、色彩の使い方（温かいところは暖色系、寒いところは寒色系）は視覚的な効果を生むところなどである。



図2 セキスイハイム社の全館暖房の模式図の一部¹⁾

それ以外にも、親しみのない専門用語などが出てくる場合があるが、「〇年生の〇〇の授業で詳しく習うよ」と、将来に期待を持たせる方向としている。

分類①や②のTVCMを複数見ていく中で、別の視点で共通項があることを教員側から示唆すると、それを見いだす学生も出てくる。例えば、登場する家族構成は、顧客のターゲット層を示していること（夫婦に子ども）、時代に沿ったニーズを意識してTVCMが作られていること（耐震性、PM2.5）、カーテンが風でゆれており、風通しの良さや心地よさを示していることなどである。

最後の分類③になると、キーワードの読み取りが急に難しくなる。07トヨタホーム社および08積水ハウス

社は、娘が家から（進学・結婚などにより）出て行くシーンを描いているものであり、住まいのことよりも「ストーリーに感動する」「犬がかわいい」など、学生からの意見は家から逸れてしまう。09大和ハウス工業社についても何気ない夫婦の日常を描いたものとなっている。なお、これらは長寿命がキーワードである。さらに、最後の統括の部分では、住まいは暮らす家族の安全、安心、そして快適性・健康性を提供するだけでなく、分類③のCMのように長い人生のドラマの場でもある。その舞台（住まい）を作ることが、みんなの役目、建築士の醍醐味であることを伝えることになる。

3. 授業評価

授業実施後には、学生に対して、4段階評価と自由記述式のアンケートを実施している。項目は以下の3つで、その結果を図3に示す。

- ・項目1（授業評価）4：良←→1：悪
- ・項目2（狙い理解）4：気づけた←→1：気づけなかった
- ・項目3（住宅TVCMへの興味の変化）4：変わった←→1：変わらなかった

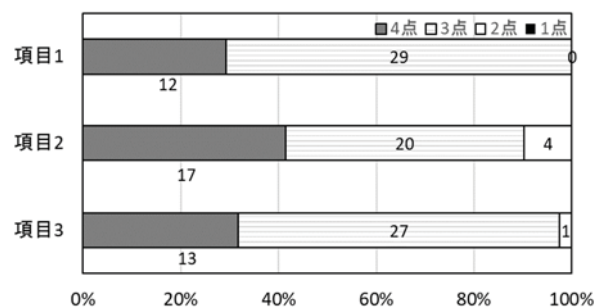


図3 アンケート集計結果（4段階評価）

アンケート結果より、ほとんどの学生が良好な印象を示しており、自由記述からは、これから建築学科でどんなことを勉強していくのか、住宅に何が求められているかなどについて考えるきっかけとなったと回答している学生も居た。授業進行においては、議論にまでは至っていないため、もう少し時間に余裕を持たせて議論できるようにすることや、TVCM案の作成なども試みてみたい。

引用：1)積水ハウス HP, 2)パナホーム HP, 3)三井ホーム HP, 4)ミサワホーム HP, 5)トヨタホーム HP, 6)積水ハウス HP, 7)大和ハウス工業 HP 8)タマホーム HP, 9)エサキホーム HP（HPアドレス略）

