

PBL 実習との連携を意識したメカトロニクス実験とその効果

平尾 康起*, 中谷 敬子**, 和田 健**, 土井 智晴**

Design and Effectiveness of Mechatronics Experiments for Collaboration with PBL Practice

Kohki HIRAO*, Keiko NAKATANI**, Takeshi WADA** and Tomoharu DOI**

要旨

メカトロニクスコース4年次で実施しているPBL形式の基礎研究の内容と連携する実験実習を実施した。近年の基礎研究の学生への課題として、画像認識によるロボットアームの制御及びロボットハンドの開発となっている。これらの制御のためには、今まで学習してこなかった情報分野の複合的な知識を必要とする。そのため、情報分野の基礎力向上を目的として本実験実習を計画した。主要な実習の機材として Raspberry Pi、開発言語に Python を用いて6テーマの実験実習とした。実施後、学生へアンケートを行い、本実験が6割以上の学生から将来的に役に立つという回答を得た。

キーワード : Python, Raspberry Pi, PBL 実習

1. はじめに

メカトロニクスコースの4年では基礎研究と呼ばれるPBL形式の実習を行っている。教員から出された課題について学生数名のグループ単位で課題を達成するためのシステムを4月から11月までの期間で作成する。過去の基礎研究のテーマとしては、「ワインを注ぐロボット」「ロボット台車」を課題として実施した。近年では、Dobot社製産業用ロボットアーム M1-Dobot[1]の制御とそのロボットアームの先端に取り付けるロボットハンドの制御を課題として、基礎研究活動を行っている。

過去のテーマに比べると、「ロボットアーム・ロボットハンド制御」は画像認識技術、ロボットアームとの通信、コントローラソフトの作成等と、今までの実験実習や講義であまりやっていない情報分野の知識・内容を複数必要としなければ達成できないような課題となっている。優秀な学生の自己学習によって達成できる班もある一方で、どういった事象を利用すれば課題を達成できるのか、プランさえ立てられない班もあり、学生が授業や実習以外の場で、どれだけ情報分野に対して触れてきたかが如実に差として表れてしまっている。本実験実習では、汎用プログラミング言語pythonとそれと関連深いワンボードコンピュータ Raspberry Pi の制御について実験実習を通じて学ぶことで、学生の情報分野の基礎能力の向上を目的とした、実験実習カリキュラムを作成し実施した。

2. 基礎研究の概要

2.1 基礎研究のカリキュラム 本コースにおける基礎研究の科目について説明する。基礎研究とはこれまで学んできた知識や技能を基礎として、それらを複合・融合し、計画的に研究・調査・計画・実験・製作などを総合的にを行い、研究活動の基盤となる能力を身につける総合的な学習である。通年を通して実施される必修科目となっている。学生は5~7名程度で一つの班をつくり、班単位で課題達成のための製作物作成に取り組む。スケジュールを以下の表1に示す。

表1 PBL 実習(基礎研究)と実験のスケジュール

月	PBL 実習(基礎研究)	メカトロニクス実験 (丸囲み数字は週数)	(別教員が担当) 制御回路実験
4	ガイダンス・班決定	【A班】①②Python 基礎	
5	概要設計	③GUI④通信技術、 ⑤⑥Raspberry Pi 活用	
6	アイデア発表会	【B班】①~⑥	
7	中間発表会		
8-9	製作開始	(夏季休暇)	
10	製作・プレゼン動画	IoT 実習	
11	高専祭展示		
12	発表会、 報告書提出		
1-3			

今年度の課題としては、「ランダムな位置に置かれたスポンジ状の物体を、変形させずに把持、搬送するハンドの作成およびロボットアームの制御システムの構築」を課題として行っている。

2021年8月27日 受理

* 総合工学システム学科 生産技術センター

(Dept. of Technological Systems Engineering: Technology solutions for education and research)

** 総合工学システム学科 メカトロニクスコース

(Dept. of Technological Systems Engineering : Mechatronics Course)

2.2 基礎研究に必要な専門知識と課題 ロボットハンドの作成とその制御については、どのように物体を把持するのか、アクチュエータには何を使うのかといった、今までの授業や実習で学んできた機械、電気知識で解決することができる。しかし、ロボットアームの制御に関しては、決まった位置から決まった位置へ搬送するといった簡単な挙動であれば人の手によるティーチングや、ブロックプログラム等の方法を用いて比較的簡単に制御できる。しかし今年度のようにランダムな位置に並べられた物品をカメラやセンサー類からの情報をもとにロボットアームを動かすといった複雑な動作をするためには、画像認識やソフトウェア間の通信、カメラや各種センサー類からの情報取得等の幅広い情報分野の知識を必要とする。

これらの課題を達成するためには、センサー等からのデータの入出力だけでなく、コンピュータとの通信や複雑なコンピュータでの処理のできる制御コンピュータが必要となる。また基礎研究の期間で考えると、実際にプログラムを作成していただける期間はハンドの仕様等が決まって製作が始まる8月~10月末までの60~70日程度しか時間がない。ロボットアーム自体が高価なため本コースでは1台しか実機がなく、各班でロボットアームの実機を触って調整できる時間は、単純化し班ごとで均等割りにして上記時間の1/5程度となる。まったく情報分野について知らない学生が1から取り組むにはやるべきことが多く、10月末~11月の高専祭展示前の期間には、残ってプログラムの調整を行っている学生が多く、過去には当初のコンセプトを下方修正して、期限内に「形だけでも間に合わせる」といった事例も何度か見られた。

2.3 機材選定 これらの点から情報分野の基礎力向上のために本実験実習では、主要な実習機材としてワンボードコンピュータ Raspberry Pi を選定した。本体価格5000円程度でありながら、数年前のスマートフォン程度の処理能力やインターネットへの接続、さらにGPIOピンと呼ばれるセンサーからの信号の入出力の行えるピンも有しており、プログラム言語 python との強い関係性も持つ。上記の課題達成のためのデバイスとしてはこれ一個で賄うことができる。本実験実習ではそれ以外にも Raspberry Pi と Arduino との連動方法や、MI-Dobot との通信やコントロールソフトの作成方法、データのインプットアウトプット等例年の過去の基礎研究で詰まってきた問題について取り扱うことで、学生のより高度な基礎研究の目標の達成を支援する。

3. 4H 実験実習の設計

3.1 目的と目標 本実験実習の目的及び目標は以下

のように設定した。

<目的>

基礎研究・卒業研究等で活用できるようなマイコン制御方法やプログラミング技術の取得

<目標>

プログラミング言語 python を利用して、メカトロニクス機器の制御の方法を学ぶ

3.2 方針 本実験実習は、基礎研究科目との連携であること、またメカトロニクスコースの学生であることを鑑みて以下の工夫を行った。

- (1) プログラム技術に関して、得意な学生と不得意な学生が混在しており、実験実習のレベルを不得意な学生のレベルに合わせた。
- (2) プログラムコードの打ち間違いによる、構文エラーの修正やコード入力時間削減のため、プログラムコードはこちら側で配布したものを学生が実行する形式とした。
- (3) 項目の説明の際に、実施する内容が「どういった領域に使えるのか」の説明や2・3年生で学習した内容とどのように関連するのかの説明を行った。
- (4) 実験実習の時間のうち、最初の30分程度でその日の内容の説明と全員が見える位置でのプロジェクター等を用いて実演を行った後、学生が各個でサンプルプログラムの実行、修正、小改造を行い、実習残り1時間程度を、簡単な応用課題の時間とした。
- (5) 実験実習の最後5分の時間に、「総括」の時間を設けて、その日に何をやったのか、それがどういった意味をするのか、どういったところで利用可能なのかの振り返りを行った。

3.3 具体的なカリキュラム 実験実習のカリキュラムについては、前期期間に40人クラスを出席番号の前半後半で分け、20人弱の班にした。機材に関しては、前半3回は情報基盤センターのパソコンを利用して、一人パソコンを一台とした。後半3回の Raspberry Pi の制御については難易度が上がる為、二人一組での作業するように機材準備を行った。

3.4 実験実習細目 最終的なゴールを「Raspberry Pi の制御」と設定した。それに至るために必要な要素を6項目設定し、6週間で6項目達成するような実験構成とした。以下に詳細について説明する。

3.4.1 python 基礎 第1週ではpythonの導入教育を実施している。構文の解説の後、学生には設定した課題を達成しうるプログラムを作成した。テキストは京都大

学が無料公開しているテキスト[2]を一部抜粋して用いた。実行環境として Google Colaboratory[3]を用いた。

第1週目の学習項目は下記のとおりである。

- Google Colaboratory の使い方
- print 関数/input 関数
- if 文/for 文/while 文
- 関数

3.4.2 python を用いたデータの活用 第2週では、先週からの python 基礎の続きとして、(1)python での配列(list 型)の取り扱い方法(2)複数データ入出力するためのファイル読み書き(3)データを用いたグラフ描画を学んだ。

第2週目の学習項目は下記のとおりである。

- python の配列(list 型)の扱い方
- ファイル入出力
- Matplotlib を用いたグラフ描画

3.4.3 GUI プログラミング 第3週の実験実習項目は「GUI(graphical user interface)プログラミング」である。

ウィンドウ出力の標準ライブラリは Tkinter を利用した。実行環境は情報センターPCにインストールされている spyder を用いた(図1)。

第3週目の学習項目は下記のとおりである

- Tkinter
- イベント駆動型プログラム



図1 作成した GUI プログラム

3.4.4 Serial 通信/Socket 通信 第4週では今まで単独で実行してきたプログラムを他の機器やソフトウェアと通信するための通信プロトコルとして、Socket 通信、Serial 通信の実習を行った。

Serial 通信の実習では、Arduino と圧電ブザーを用意し、第3回の GUI プログラミングで行ったような、制御パネルプログラムを作成し、画面の特定のボタンを押すと、指定した周波数の音が鳴るシステムを作成した。

本実験実習の学習項目は下記のとおりである。

- Socket 通信

- Serial 通信

3.4.5 Raspberry Pi 基礎 第5週の実験実習項目はワンボードコンピュータ Raspberry Pi の取り扱いについて学ぶ。2人に対して1台の Raspberry Pi を用意し、ノートパソコンと LAN ケーブルで接続し、Teraturn での ssh 接続でログインした。

第5週目の学習項目は下記のとおりである

- Raspberry Pi の機能と特性
- Linux OS の操作方法と観念
- テキストエディタ Vim の取り扱い
- ラズパイとウェブカメラの連動方法

3.4.6 Raspberry Pi GPIO 制御 第6週の実験実習項目は Raspberry Pi に実装されている外部出力端子 GPIO への信号の入出力方法について学ぶ。GPIO の取り扱い方法を説明した後、回路を作成し、サンプルプログラム動作の確認を行った。本実験実習では、LED、圧電ブザー、押しボタンスイッチ、超音波センサーの回路と動作するプログラム作成を行った(図2)。

第6週目の学習項目は下記のとおりである

- GPIO の機能と特性
- 超音波センサーの取り扱い方



図2 GPIO を用いた LED 点灯制御

4. 実験実習の効果の検討

本実験実習が、受講学生に対してどのような意識変化をもたらしたかを検討するために、以下の方法による調査を行った。

4.1 学生のアンケート 実習終了後の8月22日に本実験実習と基礎研究の連携について Google Form を用いてアンケート調査を実施し、24名から、アンケートの結果を得ることができた。その結果を以下に示す。質問事項は、本実験実習の第1回から第6回までの内容について、(1)基礎研究で役立つ内容か、(2)卒業研究や将来役に立つ内容かを学生が5段階で評価した(図3および図4)。

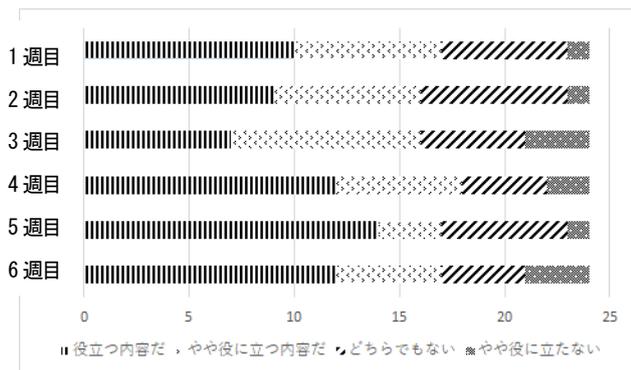


図3 質問「基礎研究に役立つ内容か」への回答

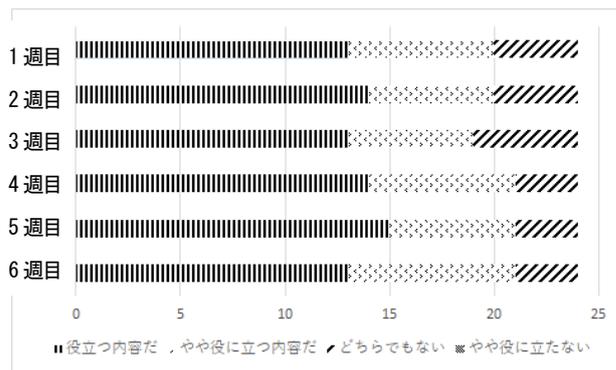


図4 質問「卒業研究や将来役に立つ内容か」への回答

4.2 基礎研究に役立つ内容か

図3の結果について、全体としては役立つ内容だ やや役に立つ内容 を含めて6割の学生が、本実験実習の内容について役に立ったと回答した。特にRaspberry Piを扱う実習の5、6回目目、2、3回目よりも役に立つ内容だと回答した割合が多くなった。これは実験実習でArduinoやRaspberry Pi等の現実のものに触ることで、基礎研究でも似たようなことをするイメージアップにつながったからではないのかと考察する。また第3回目GUIプログラムについて「役に立つ」の回答が少なかったのは、pythonでのTkinterの使い勝手が良くて、他の言語でウィンドウを生成するよりはるかに簡単にできるため、難易度を勘違いしていることや、コンピュータで何かパラメータを制御する場合には、プログラムコードを直接いじったりするよりも、コントローラソフトを作成したほうが使い勝手がいいのだが、そこまでシステムを学生が作ったことがなく、わざわざ回りくどい手法を使っているなど学生が感じているのではないのかと考えられる。自由記述に「画像認識によるオートなので操作画面は必要ない」という意見も見受けられたので、コントローラとしてのGUIソフトの必要性を次回以降、より強く訴えていく必要がある。

4.3 卒業研究や将来に役に立つ内容か

卒業研究や将来役に立つ内容かという質問に対しては、最も低い第3回の実験実習でも8割以上の学生が、将来的に活用できそうと考えている(図4)。回答にやや役に立たない、役に立たないの回答はなかったため、学生自身も今後本実験実習で学習したことを活用する機会があると考えていることが言える。

5. まとめ

本稿では、メカトロニクスコースの4年で現状行われているPBL実習である基礎研究との連携を意識した実験実習カリキュラムを設計・実施した結果の効果について報告した。得られた結果は以下のとおりである。

(1) PBL実習と連携した実験実習カリキュラムの実施

汎用プログラミング言語pythonとそれと関連深いワンボードコンピュータRaspberry Piの制御について実験実習を体験的に学ぶことを通じて、連携を意識した基礎研究での学生の情報分野の基礎能力の向上を目的とした、実験実習カリキュラムを作成し実施した。実験実習内容は入門的ではあるが、学生が後に、PBL実習をはじめとするメカトロニクス領域のシステムを構築の際に実用的な知識と経験となった。

(2) 合理的なシステム設計力の育成

例年、開発環境の構築に多くの時間がかかるなどの非効率的な開発や、強い環境依存のあるシステムや柔軟性のないプログラムを構築するなどして当初設定した目標を達成するために、教員の支援を必要とする場面が多かった。しかし、今年度は、実験実習の学びで、全員の共通言語としてのpythonとRaspberry Piを獲得しているため、合理的なシステム設計がなされているだけでなく、学生同士の議論も活発になりPBL実習の意義がより達成されている様子が観察されている。

(3) 学生のアンケート調査による実習の有効性の確認

実験実習後のアンケートの調査の結果からも多くの学生が実施した実験実習は基礎研究や将来的に役立つ、有意義な実験実習だったと感じていることが確認できた。

次年度以降の改善案としては、それぞれの実験がどのような関係性・位置づけに相当するのかをより説明する時間・機会を設けるよう調整を行いたい。

参考文献

- [1]dobot M1, <https://techshare.co.jp/product/dobot/m1/>
- [2]プログラミング演習 Python 2019 喜多一, <http://hdl.handle.net/2433/245698>
- [3]Google Colab, <https://colab.research.google.com/>