

<2011年度特色あるFDへの取組み>FD助成 金成果報告：体験型授業導入のための実施 例の構築

伊藤, 一之 / Ito, Kazuyuki

(出版者 / Publisher)

法政大学教育開発支援機構FD推進センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学教育研究 / Journal of Hosei Educational Research and Practice

(巻 / Volume)

4

(開始ページ / Start Page)

43

(終了ページ / End Page)

48

(発行年 / Year)

2013-07-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00023675>

体験型授業導入のための実施例の構築

Formulation of a practical procedure for starting PBL

伊藤一之（法政大学理工学部 准教授）

キーワード

体験型学習、PBL、ロボット

要旨

本報告書では、FD助成金に基づき、体験型学習導入のための実施例の構築を目標に行われた3つテーマについてその概要を報告する。各テーマは、本学電気電子工学科知能ロボットコースの学生を対象として、ソフトウェアおよびハードウェアの基礎的事項が網羅されるように考案されたものである。これらのテーマは、今後改善すべき点はあるものの、現象の直接的な理解という点において高い効果のあることが確認された。

1. はじめに

近年、理工系分野においても暗記型の学習スタイルをとる学生が増えてきており、公式は暗記しているものの理解が伴っておらず、成績の割に応用力や創造力が乏しいといった傾向が見られる。この背景の一つには、理論の高度化や細分化によって、各理論式が表している実際の現象が学生にとって想像しにくいものとなっていることがあげられる。この「理論」と「実際」との乖離を埋める一つの方法として体験型学習が注目されており、本学理工学部においても、PBLをはじめとする体験型の授業が導入されている。しかし、導入されて間もないこともあり、情報の共有は十分とは言えず、各教員が手探りで実施方法を検討している段階である。

本申請課題では、ロボットを用いた体験学習を対象として実施例を構築し、これをWebを

通して学内に公開（必要に応じて一部学外にも公開）することを目的とした。本稿では、助成に基づいて実施された3つの体験型授業について概要を報告する。

2. 授業概要と各科目の関連

体験型授業として電気電子ゼミナール（3年前期）、PBL（3年後期）、電気電子実験III研究室別テーマ（4年前期）の3つの授業を取り上げ、また、関連する講義として、電気電子工学科知能ロボットコース関連の8つの講義を想定した。

具体的なテーマとして「ドアの進化」、「おにごっこ」、及び、「だるまさんがころんだ」の3つの実施例を構築した。

「ドアの進化」は、ドアを仮想の生物と見立て、シミュレーション上で進化させる課題である。

進化計算のアルゴリズムを実装するというプログラミングの能力を鍛えるとともに、ドアの運動を動力学を用いて表現することで、物理学の基礎および運動方程式の数値的解法を学ぶ。これらは、制御工学の基礎となるものであり、テーマ全体を通してロボット工学に必要なソフトウェア技術を身に着けることが期待される。

「おにごっこ」は、光源からの逃避行動を自動的に行うロボットをアナログ回路を用いて、製作する課題である。限られた素子を組み合わせることにより、非常にシンプルな回路で知的な振る舞いを実現することが必要であり、昆虫をはじめとする下等な生物の仕組みをロボットに取り入れるなど、関連する講義のなかで紹介された手法を実際に応用することが求められる。また、ロボットの設計・製作にあたって、電気・電子回路などの知識も必要とされる。

「だるまさんがころんだ」は、点滅する光源に向かって、光が点灯している間だけ前進するように倒立振りロボットの制御プログラムを構築する課題であり、マイコンを用いてロボットのハードウェアをどのように制御するかを学ぶ。このテーマは、ハードウェアを制御するためのソフトウェアを学ぶテーマであり、ハードウェアとソフトウェアとのインターフェースを理解することが期待される。これら三つのテーマを通して、ソフトウェアからハードウェアに至るまで、ロボットを制御するために必要な知識の基礎を一通り学ぶことができる。

3. 各テーマと実施内容

ここでは、各テーマについて実施内容を報告する。理想的には最終目標のみを学生に提示し、学生自身の手で目標が達成されることが望ましい。しかし実際には、各学生の持つ知識やスキルにばらつきがあり、また、多くの学生は、自身の知識やスキルだけでは目標の達成が困難である。したがって、今回は、各テーマを前半と

後半の二つに分け、前半では最終目標を達成する上で必要となる要素技術に基づいて中間目標を設定し、これらをクリアすることで必要最小限の知識及びスキルを獲得できるような構成とした。後半は、前半で身に着けた要素技術に加え、各学生のもつ知識やスキルを総動員して最終目標を達成する構成とした。

3.1 GAを用いたドアの進化

3.1.1 概要

このテーマでは、ドアを仮定の生物に見立てコンピュータ上で進化させることを目的とする。ドアの表現方法は各学生に委ねられるが、最低限必要な事項として図1に示すように、ドアは、質量、バネ、ダンパーの各要素を含むものとし、これらをもとにドアの運動は、運動方程式（通常は二階の微分方程式）によって表されるものとする。各ドアの性能は、この運動をもとに評価され、より性能の高いものが生き残り子孫を増やすことで進化が行われる。ドアの運動を評価するための評価関数（進化における適応度に相当）も各学生により設定される。

このテーマでは、進化計算（GA）のアルゴリズムをC#を用いたプログラムとして実装するための能力、ドアの運動を物理学の知識をもとに微分方程式を用いて表現する能力、この微分方程式をコンピュータを用いて自動的に解く能力が求められる。また、バネとダンパーの大きさを適切に設定することで、ドアが自動的に滑らかに閉まるという現象を制御工学の観点から考察し、制御工学の基礎的な事項を確認する。

3.1.2 中間目標の設定

中間目標として以下の4つを設定した。各中間目標は90分授業1、2回分の目標である。

<1 運動方程式の導出>

質量、バネ、ダンパーからなる系の運動を運動方程式を用いて表し、この運動方程式を手計算によって解くことで時間応答を求める。特に、

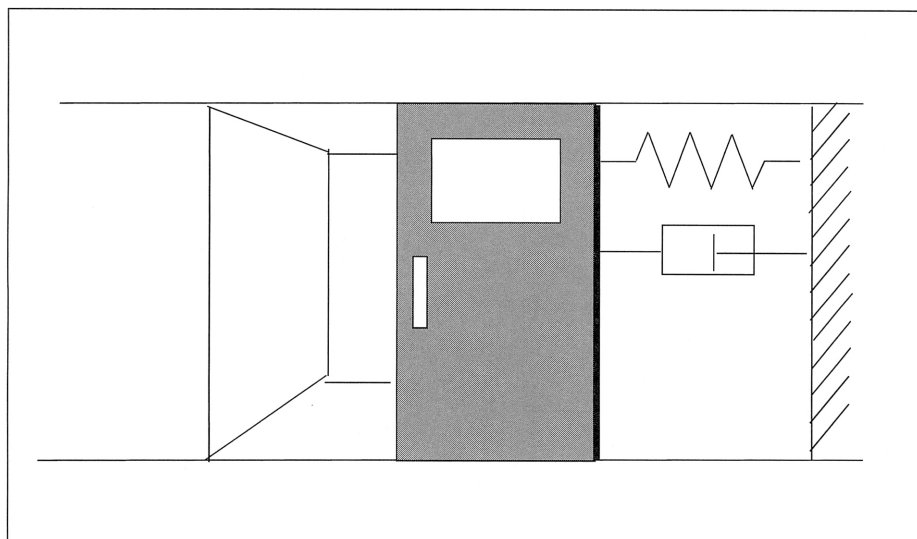


図1 ドアのモデル

振動現象が起こるメカニズムについて数学的に理解する。

< 2 数値積分法の実装 >

微分方程式をコンピュータを用いて解くための第一歩として、コンピュータを用いて積分を計算するためのアルゴリズムを紹介し、数値計算による積分の考え方を理解する。また、C # を用いて矩形則および台形則のアルゴリズムを実装する。特に、数値計算における誤差について考察する。

< 3 微分方程式の数値解法の実装 >

微分方程式の数値解法の一例としてルンゲクッタ法を紹介し、このアルゴリズムをC # を用いて実装するとともに、手計算の結果と比較する。また、二階の微分方程式は、一階の連立微分方程式に書き換えることが可能であることを理解し、ドアの運動方程式を解けるよう、プログラムを変更する。

< 4 進化計算の実装 >

進化計算のアルゴリズムとしてGAを紹介し、C # を用いて実装する。ここでは、遺伝子を0または1とし、1の遺伝子の個数を適応度とする簡単な設定でGAを行い、GAの流れを理解する。また、符号化、交叉、適応度関数の重要性を理解し、GAをドアの進化に適用する上で留意しなければならない点を確認する。

3.1.3 実施結果と今後の課題

関連する講義において基礎的な知識を身に付けていることもあり、中間目標については概ねスケジュール通りに達成された。しかし、一部にプログラムが極めて不得意な者もあり、彼らについては時間外に補習を行うなど特別な対応が必要であった。

最終目標についても、全ての学生が達成できたものの、授業時間内に達成できた者はおらず、長期休暇中に各自実施し、休み明けにレポートとして提出する形とした。また、この間、必要に応じて、補習、質問への対応などを行った。

提出されたレポートでは、ドアを開けるときに必要な力の大きさ、ドアが閉まるまでの時間、ドアが閉まる際に振動を起こさないなど、様々な尺度からドアが評価されており、学生各自の創意工夫が見られた。図2に学生により提出された進化後のドアの運動の一例を示す。なお、学生のレポートからそのまま転載したため、記述不足の部分があるが、横軸が時間 [s] であり、上側の線がドアの位置 x [m]。下の線がドアの速度 v [m/s] である。図2から、滑らかにドアが閉まるような設定となっており、目標が達成されていることが確認できる。学生ごとに設定が異なるため、応答時間やドアの開く距離など、違いはあるものの、概ね同様の結果となっ

ており、使いやすいドアのパラメータが進化により求められていることが確認できた。

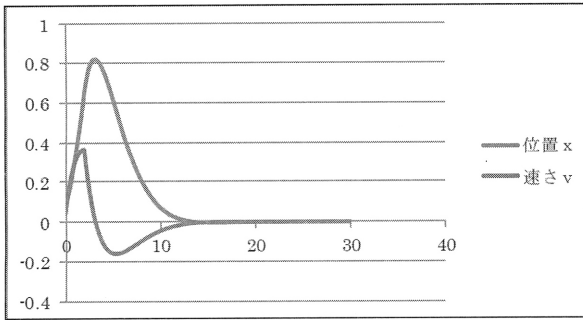


図2 ドアの運動

3.2 おにごっこ

3.2.1 概要

このテーマでは、光源を追いかけるロボットの実現を目標とする。ただし、アナログ素子を主体とする電子回路のみを用いてロボットの制御を行い、マイコンをはじめとするコンピュータは一切用いない。前半では、各電子部品の特性やそれらを用いた基本的な回路の動作を理解する。後半では、これらの簡単な回路を組み合わせることにより知的な振る舞いを実現可能であることを学ぶとともに、下等な生物における知能の発現原理との比較を行う。

今回は、主な電子部品として図3に示すように、抵抗、コンデンサ、オペアンプ、モータドライバ、CdS素子を用意し、ロボットの機体を作る部品として、タミヤ模型製の模型部品を複数用意した。

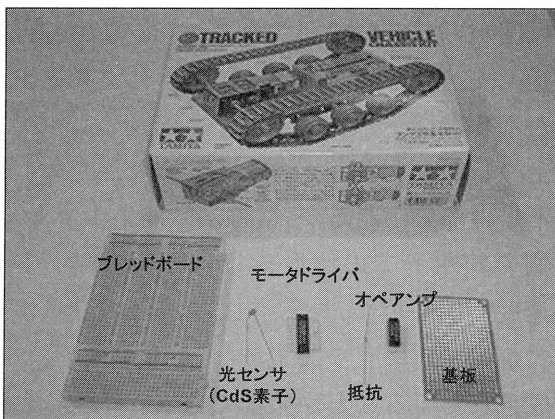


図3 主な部品

3.2.2 中間目標の設定

<1 分圧回路とボルテージフォロワ>

電圧、電流、電力の関係を確認するとともに、電圧を信号として扱う方法を学ぶ。また、オペアンプの基本動作について理解する。

<2 増幅回路>

反転増幅器、非反転増幅器の動作原理を理解するとともに、実際にハンダゴテを用いて回路を作成し、各種工具の使い方、回路を作成する上での注意点を確認する。また、オシロスコープをはじめとする測定器の使用方法についても確認する。

<3 加算器>

加算器を例にアナログ回路を用いた演算回路の原理を理解する。また、実際に回路を製作し動作を確認する。

<4 CdS素子とコンパレータ>

CdS素子の特性を理解するとともに、分圧回路、増幅器などと組み合わせ、光の強さを電圧に変換して取得する方法を学ぶ。また、コンパレータを用いてセンサーから得られた値を二値化する方法を学ぶ。

<5 PWMとモータドライバ>

PWMによるモータの制御方法を理解するとともに、モータドライバを実装し、モータの制御を行う。

3.2.3 実施結果と今後の課題

中間目標、最終目標ともに、全ての学生が達成することができた。学生らによって製作されたロボットの一部を図4から6に示す。光の方向に向けて舵を切って進行方向を制御するもの(図4)、左右のタイヤの回転速度の差を利用して進行方向を制御するもの(図5)、光センサーを一つだけ搭載し、光が見えないときはその場で回転し、光が見えると直進するもの(図6)など、さまざまなロボットが実現されており、個々の学生による創意工夫が見られた。また、ホワイトボードに回路図を表記させ、製作したロボットの動作原理を発表させたところ(図

7)、今回使用した素子の特性や基本回路の動作原理を理解したうえで、これらを適切に組み合わせることによりロボットが実現されていることが確認でき、体験型授業として高い効果が上がっていることが確かめられた。

問題点としては、マンパワーと時間の問題が挙げられる。授業時間内にすべてをやりきることは難しく、また、デバッグ作業では、ある程度の知識がある者の助言が必要であり、研究室の院生などによるサポートが必要であった。

3.3 だるまさんがころんだ

3.3.1 概要

このテーマでは、不規則に点滅する光源に向かって、光が点灯している間だけ前進するように倒立振子ロボットを制御することを目標とする。マイコンを用いてロボットを制御する必要

があり、ハードウェアを制御するためのソフトウェアの知識およびプログラミングスキルが必要とされる。また、上述の2つのテーマにおいて習得した知識やスキルを必要とするテーマでもあり、制御、プログラミング、電子回路など、ロボットを動かすために必要となる知識および技能の基礎を一通り学ぶことができる。

ロボットとして、ヴィストン株式会社製のビュートバランサー（図8左）および、ビュートバランサーデュオ（図8右）を用いた。これらのロボットには、予めマイコンがおよびジャイロセンサ、ロータリーエンコーダが搭載されており、単体で倒立振子ロボットとして動作させることができる。また、AD/D A変換器、デジタルI Oなどの各種I Oが装備されており、光センサなどの外部センサを追加することが可能である。今回は、光センサとしてCdS

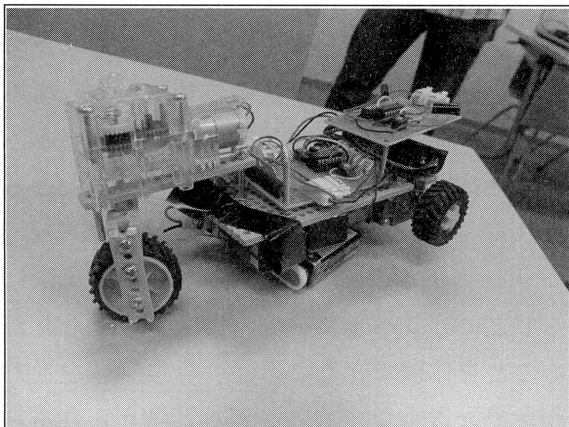


図4 舵を有するロボット

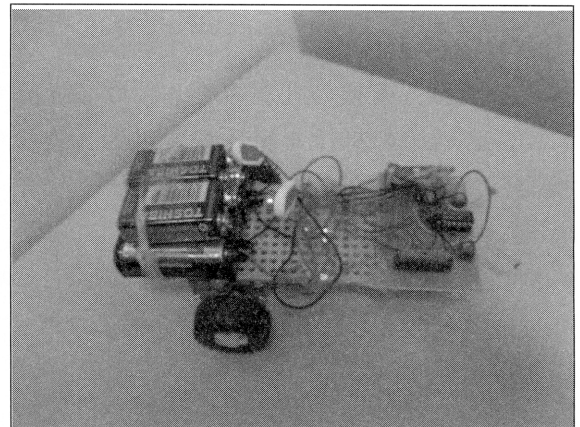


図5 車輪の回転速度差を利用して旋回するロボット

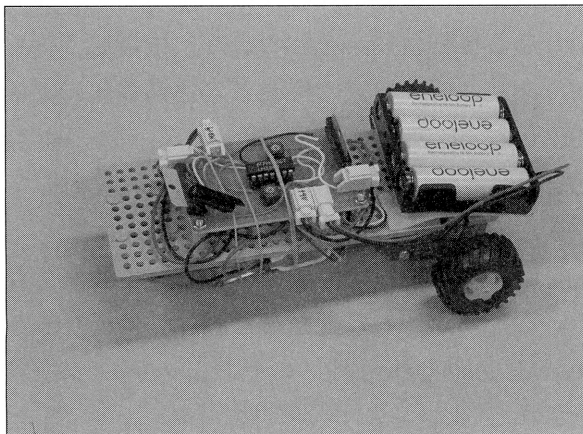


図6 その場で旋回し光を見つけると直進するロボット

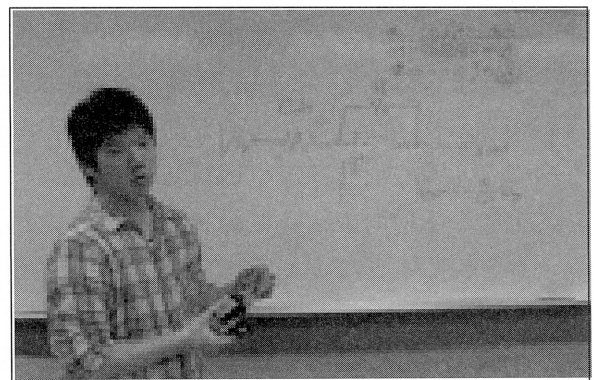


図7 発表風景

素子を搭載し、AD変換器を介してマイコンに値を取り込む設定とした。

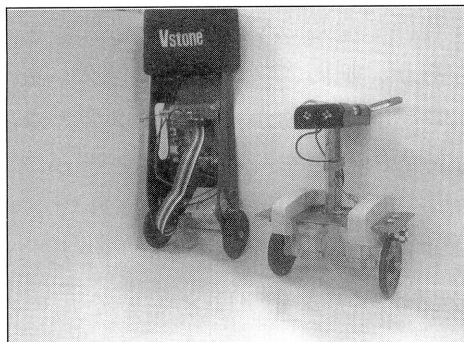


図8 倒立振子ロボット

3.3.2 中間目標の設定

< 1 開発環境の構築 >

マイコンのプログラムを開発するための手順を確認するとともに、各自のPCに開発環境を整備する。

< 2 AD / DA変換 >

AD / DA変換の仕組みを理解するとともに、CdS素子の抵抗を電圧に変換し、AD変換器を介してマイコンに取り込む。

< 3 制御系の実装 >

倒立振子を安定化させるための制御系について理解するとともに、実際に倒立振子ロボットの制御を行う。

3.3.3 実施結果と今後の課題

全てのロボットを同時に稼働させ、転倒することなく最も早く光源に到達したものを優勝とするというルールのもと競技会を実施した。図9にその様子を示す。制御系の設定において個人差がみられ、高速で前進するように設定したものの、光源の消灯に合わせて止まる際にバランスを崩して転倒するロボットや、逆に、バランスを重視しすぎたことにより、移動速度が非常に遅く、なかなか光源に到達できないロボットなど、様々なものが見られた。これらの制御系のパラメータをチューニングするなかで、これまで、単に数式の係数としてしか理解されてい

なかったパラメータの値が、実際にロボットの運動にどのような影響を与えるかを体験的に理解することができ、本テーマも体験型学習のテーマとして非常に有効であることが確認された。

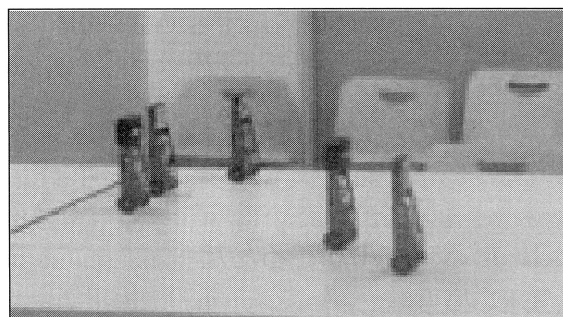


図9 競技会の様子

4 まとめ

本申請課題では、体験学習の実施例を構築することを目的として3つのテーマを実施した。全てのテーマにおいて学生の主体的な取り組みが見られ、従来の講義式授業において弱いとされていた体験に基づく理解が可能になったと考えられる。特に、「頭でなんとなく理解している」というレベルと、「正しく動作する物を実際に作る」というレベルに、非常に大きな隔りがあることを体験できたことは、今後学習を進めるうえで、貴重な経験になったと考えられる。

今後の課題は、マンパワー、設備、時間、予算措置など、講義形式の授業に比べて大きな負担となる体験型授業をどのように維持して行くかであり、講義形式の授業との連携強化による効率化や、ピアサポート制度、チューター制度、TA制度の活用など、今後も継続して検討して行きたい。

なお、本申請課題の成果はWEBで公開されている。ロボットの動画など詳しくは、<http://www.k.hosei.ac.jp/~ito/>のPBLのページを参照されたい。