

## PBLによる実践的プログラミング教育の事例

中茂 睦裕<sup>1)</sup>, 山田 猛矢<sup>1)</sup>, 福永 知哉<sup>2)</sup>

1) 第一工業大学 工学部 情報電子システム工学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

2) 第一工業大学 共通教育センター (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

## Case study of practical programming education using PBL

Mutsuhiro NAKASHIGE<sup>1)</sup>, Takeshi YAMADA<sup>1)</sup> and Tomoya FUKUNAGA<sup>2)</sup>

1) Department of Informatics and Electronics, Daiichi Institute of Technology

2) Common Education Center, Daiichi Institute of Technology

**Abstract:** Importance of the PBL(Problem/Project-based Learning), the dynamic problem solving type of learning approach has been pointed out. Programming is a required subject in elementary education since 2020, and it is expected to foster logical thinking, creativity and problem solving ability of the children in primary phase. In this study, we present the practical example of introducing PBL to C language programming lecture. In particular, we mounted the idea to solve surrounding problems on a compact motherboard called Arduino. Furthermore, we provided that system to the people concerned and verified the operation so we present the process.

### 1. はじめに

PBL(Problem/Project-based Learning)と呼ばれる、いわゆる課題解決型学習による動的な学修アプローチの重要性が指摘されている。2020年よりプログラミング教育が小学校でも必修化され、小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成が期待されている。本稿では、C言語プログラミングの講義を対象に、PBLを導入した取り組み事例を紹介する。具体的には、Arduinoと呼ばれるマイコンボードを用い、身の回りの課題を解決するアイデアを実装した。さらに、それらのシステムの動作を確認するとともにユーザへ提供してその効果を検証したのでその過程を報告する。

### 2. 背景と課題

小学生など若年者向けのプログラミング教育でScratchのようなビジュアル言語が使われるように、プログラミング教育には学修者の興味を惹く要素が必要である。しかし、Scratchを学んでマスターしたとしても、それを卒業研究のテーマに

応用する事は困難である。Scratchが実際の業務に利用されることが無いことから、あるところに限界があり高レベルな処理には向いていないことは明白である。

高等教育では一般的にC言語に代表される手続き型のプログラミング言語から修得する。プログラムを記述するためには、まずIDE(Integrated Development Environment)と呼ばれる統合開発環境をPCへインストールし、ソースコードと呼ばれるコンピュータへの命令文をテキストで入力していく。完成したソースコードをコンパイルという処理でコンピュータが分かる唯一の言語である機械語へ変換しておき、実行するとPCのスクリーン上でその結果を観察できる。しかし、その変化は、注意していないと気付かないほど少ない刺激である。

学部2年生で履修するC言語プログラミングI/IIでは、条件分岐、繰り返し、再帰処理など、アルゴリズムを活用した論理的な設計手順を次々に学修していくが、4年生でいざ卒業研究にプログラミングの知識やスキルを活かそうとしても、身に付いておらず基礎から学修し直すというケー

スが散見される。

他の教育でも同様であるが、特にプログラミング教育においては、テキストや教示に従って文法を反復するだけでは知識を身に付けることは難しい。また、知識を実践した際の結果フィードバックとしてコンソール出力に頼っており、刺激が不足していることも一因である。そこで、我々は **Arduino** と呼ばれるマイコンボードを用い、学修効果を高めるためにプログラミング教育に PBL を取り入れることにした。次章では、その具体的な方針を示す。

### 3. アプローチ

前章で、プログラミング教育において、コンソールに出力させて結果を確認させるだけでは学修効果を高めることが困難であることを述べた。そこで、PBL を導入して学修効果を改善する取り組みを企画する。PBL とはいわゆるアクティブラーニングの手法の1つであり、プログラミング教育のみならず、多種多様な科目を対象としている。直訳すると課題解決型の学習であるが、知識の暗記などのような生徒が受動的な学習ではなく、自ら問題を発見し解決する能力を養うことを目的とした教育法のことを指す。正しい答えにたどり着くことが重要ではなく、答えにたどり着くまでの過程（プロセス）が大切であるという学習理論のことで、1900年代初頭アメリカの教育学者ジョン・デューイが初めて教育現場で実践に取り入れたとされる。本稿で紹介する取り組みでは、身の回りを観察し、そこに存在する課題を見出し、それを解決するためにプログラミングの知識やスキルを活用することで学修効果を高める。

まず、**Arduino** と呼ばれるマイコンボードを用い、制御する対象をコンピュータスクリーンではなく物理メディアとした。LCD や LED による視覚フィードバックだけでなく、ボリュームやボタンの操作(触覚)、ブザーの鳴動(聴覚)によるフィードバックで刺激を高めることができる。そもそも **Arduino** は学生たちがこれを使って何かを「する」ことを主眼に開発されており、PBL の素材として



図1 マイコンボードと専用のシールド

は都合が良い。また、配線などのワイヤリングをさせると別のスキルが必要となり学修者によっては難易度が高くなってしまいうため、マイコンボードと一体となったシールド(拡張基板)を設計した。開発したシールドを図1に示す。こうすることで、ハードウェアを扱うにも関わらず、学修者はプログラミングのみに集中できる。15回ある講義は実践的なプログラミング Tips を紹介しながら進め、並行して何らかの社会ニーズに対処する作品を立案して実装し、最終回の講義で発表会を実施することとした。

今回の PBL の取り組みに必要な社会ニーズの抽出は、プログラミング教育の講義ではおこなわず、既知とした。具体的には、既に教材開発で協力関係にあった特別支援学校と、課外のサークル活動の中で立案したアイデアを採用した。次章で、これらのニーズに応えるためのプログラミング教育の取り組み事例を3つ紹介する。

### 4. 事例: 特別支援学校における教具・遊具開発

本学は高等学校教諭(工業)の免許を取得できることから、特別支援教育の現場で教鞭を取っている OB 教員がいる。定期的な情報交換の機会に、特別支援学校の教育現場で必要な教具や遊具を試作するために協力を求められた。学部3年生を対象にしたプログラミング演習 I の講義を活用して実装した3つのシステムを紹介する。

1つ目は特別支援学校の運動会で使用するためのボウリング遊具である。傾斜した雨どいに輪ゴムがストッパーとして取り付けられており、硬式

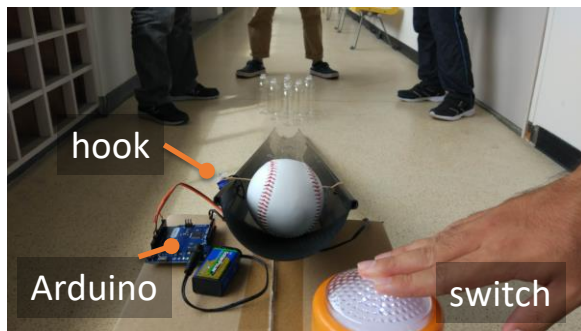


図2 ボウリング遊具の外観

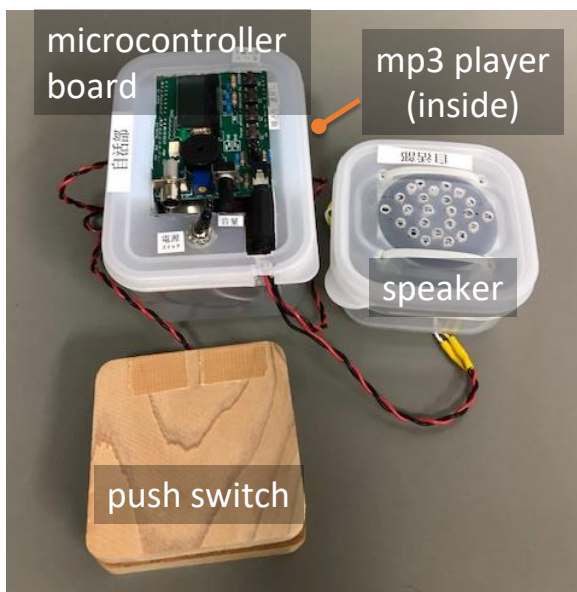


図3 タッチスイッチで朝の会を進行するシステム

野球用のボールを固定している。生徒がスイッチを押すと、ボールを固定していた輪ゴムが外れ、雨どいをボールが転がり、その先に並べられているピンに見立てた色水が入ったペットボトルが倒れる。試作したシステムの外観を図2に示す。スイッチが押されると、マイコンボードがそれを感じ、サーボモーターを回転させる。ストッパーの輪ゴムの一端はサーボモーターの羽根に引っ掛かっており、モーターの回転で輪ゴムが外れる。ストッパーが無くなると勢いよくボールが飛び出すが、ちょうどピンに当たるであろうタイミングを見計らって、ボールがピンに当たる音と拍手の音が再生される。このケースでは既存のマイコンボード+シールドに対し、MP3再生モジュールとスピーカを追加で接続した。また、条件分岐やイベントハンドリング、MP3モジュールとの通信な

ど、基本的なプログラム実装で実現している。

2つ目は、同じく特別支援学校の朝の会または帰りの会を司会するシステムである。試作した装置を図3に示す。前者と同様にMP3モジュールとスピーカを追加してある。本システムの対象ユーザは、筋力の衰えなどの理由で発声が困難な生徒である。自らの声を発することは難しいため、合成音声を予めMP3形式のオーディオファイルで録音しておき、指示があったら再生する仕組みである。生徒のハンディーキャップの種類や程度はさまざまであるが、それぞれ常時の意思表示などに使用しているスイッチがある。このスイッチをシステムへ接続し、入力があるたびに次のセリフを再生していく。誤って2回操作してしまった場合には1つ前のセリフへ戻れる機能も実装した。このセリフを戻す操作は介助者がおこなう。また、このシステムは用途を変え、音楽の授業でリズム学修を対象にすることもできる。前者と同様に個々の生徒が担当するパートの楽器音を録音しておき、タイミング良くスイッチを押すとスピーカから楽器の音が鳴動するというものである。

3つ目は、音スイッチである。音の入力を契機として2次側の回路がオンになるシステムを実装した。そのユニットの外観を図4に示す。ぬいぐるみなど様々な玩具や装置へ組み込むため、小型化している。Attiny85と呼ばれるマイコンで、Arduinoのファミリーとして開発することができる。プロトタイプ実装まではArduinoのマイコンボードで進めたが、ぬいぐるみへの組み込みをする際に小型のボードを新規にデザインした。ユニットの基板サイズは30x17.3mmである。+1.5~

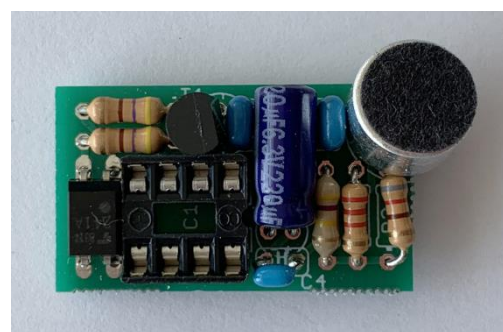


図4 音スイッチの検知・制御ユニット

5V程度の電源で動作し、2次側の回路にも柔軟に対応する。スイッチング素子にフォト MOSFET と赤外発光ダイオードを光結合させた東芝製のフォトリレーTLP241A を使用しており、2次側の回路は電圧40Vまで、電流6Aまで対応する。今回は、犬のぬいぐるみに実装し、言語の獲得に遅れがある生徒が音によるインタラクションで二項関係を獲得することを目的に試作した。ECMによる入力波形をサンプリングし、過去の時系列から音量の偏差が一定の値を超えたときに入力があったと判定し、2次側の回路をオンにする。音声を認識することはできないが、掛け声や呼び声に反応して、犬のぬいぐるみが動いたりワンワンと鳴いたりする。

## 5. 評価と考察

ボウリング遊具について、過去の運動会では特別支援学校の教諭または父兄が生徒の手を引き、手に握ったひもがストッパーを外す仕組みであった。しかし、それでは自分でボールを転がしたという意識はあまり持たず、介助者の手を借りて実行したという認識になってしまうことが分かった。提供した遊具には、生徒が通常使用している任意のスイッチを接続できるようにしてあり、自分の意識するタイミングでボールを転がすことができた。事後のヒアリングから、アクティビティに対する満足度が向上したことが分かった。

音楽のリズム学修を知的障害を持つ一部の特別支援学校の生徒に対して実施するとき、例えば太鼓のバチを渡しておいてリズムに合わせて叩く指示をしてもスムーズに学修を進めることが難しい。リズム学修の内容に踏み込む前に、バチの形や大きさ、持ち方が気になってしまいその先へ進めない様子を観察できた。そこで、生徒が常用しているスイッチを操作対象にし、本システムを利用させたところ、他へ注意が散ってしまうことなくリズム学修の授業を進めることができた。

音スイッチについて、音によるインタラクションについての二項関係を獲得しようとしている生徒に2か月ほど使用させた。担当する教諭へヒア

リングしたところ、さあ勉強するよと絵本を出して練習を始めるよりも、遊びの一環としてトレーニングに取り組むことができ、想像していたよりも早く自然なタイミングでの発声ができるようになるなど学修効果が上がったと回答があった。

このようなPBLを取り入れたプログラミング教育を実施することで、何らかのニーズを持つ当事者の立場に立ち、自己の持つ知識やスキルを活用して解決できることを実証することができた。この取り組みを通じて、教員への質問が増えたり、チームで議論する姿が多く見られるようになったり、主体的に学修する姿勢を観察できた。また、学修者をヒアリングすると、自己肯定感が向上したり、自信につながったという回答を得られ、知的な学修効果だけでなく、心理的な学修効果も得られる機会となったことが分かった。

## 6. おわりに

プログラミング教育を対象に、知識やスキルの獲得を確実なものとするを目的にPBLを導入する取り組みを実践した。プログラミング演習の講義で最終成果物として作品制作を求めたところ、社会のニーズに応える具体的なシステムを完成させることができた。

学修者の知識やスキルを総動員して制作した作品が、ニーズを持つ当事者やその関係者にとって何らかの効果を提供し、外部から評価を受けることは通常の講義スタイルでは経験することができない。これらのプロセスを通じて、学修者が知識やスキルを獲得し確実なものにすることに寄与しただけでなく、学修の姿勢や気持ちの面に良い影響を及ぼすメリットもあることが分かった。

事例紹介した音スイッチはその後、別の展開があった。音に反応するライトを多数製作して並べ、音が伝わる速度を可視化し、かぎん空間演出事業映像コンテストへ出品して賞を得た。

今後、PBLによるプロトタイプ教育を履修した学修者のその後をトラッキングし、卒業研究やその他の活動に変化があるのか長期的に観察していきたいと考えている。