

高等学校 工業

Arduino による自動制御学習の教材教具開発

青森県立青森工業高等学校 教諭 館 隆彦

要 旨

本研究は、マイコンボード「Arduino」を利用して、生徒が情報教育と自動制御に必要な基礎的知識を学習できる環境づくりをするものである。そのためにArduino に対する知識を習得し、生徒の興味関心と創意工夫を促す教材の開発を行った。

キーワード：Arduino 教材開発 課題研究 高等学校ロボット競技大会

I 主題設定の理由

全国高等学校ロボット競技大会の競技ルールは、自立ロボットの知識が必要不可欠になっている。そのため、創意工夫を凝らした自立ロボットを製作できるように、プログラムによる自動制御の指導を展開していかなければならない。そこで、パソコンに接続すれば初心者でもプログラム制御が容易であり、小型ロボットに搭載可能で安価なマイコンボード「Arduino」に着目した。

II 研究目標

本研究では、マイコンボード「Arduino」を用いて、プログラムによる自動制御を学習したことのない生徒を対象とした自動制御学習の教材開発を行うことを目標とする。

III 研究の実際とその考察

1 Arduino の特徴

マイコンボード「Arduino」(図1)は、小型ロボットへの組み込みが可能、オープンソースハードウェアであるため研究者が多いこと、研究内容を掲載した書籍やWeb ページが数多くあること、安価であることが挙げられる。

2 Arduino の環境設定

Arduino をパソコンへ接続し制御プログラムを開発するために、USB デバイスとして動作させるためのドライバ及びプログラム作成ソフトArduinoIDE (図2)をインストールする。ArduinoIDEではArduino のタイプや接続ポートなどの環境設定を行う。また、ArduinoIDEで作成されたプログラムのことをスケッチと呼ぶ。

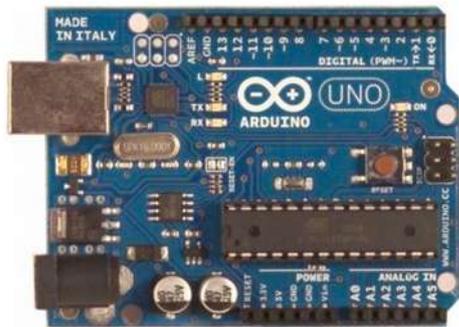


図1 Arduino の外観



図2 ArduinoIDEとスケッチ

3 Arduino の動作確認

サンプルスケッチ、ブレットボード、各種電子部品などを用いて動作確認した。

4 テキスト作成

(1) Arduino の概要について

マイコンボードArduino についての説明や入出力端子の種類や特徴, Arduino を用いてできることなどを解説した。

(2) スケッチについて

各種命令についてはスケッチ例を参考に解説した。手本となるスケッチを課題に合うように修正を施しながら各自のペースで進められるような構成とした。動作確認のための配線図や解答例も記載した。

(3) 課題の種類

デジタル入力, 論理演算回路, 自己保持回路, アナログ出力 (PWM), アナログ入力 (CdS セル・可変抵抗器), シリアル通信, DCモータ制御, サーボモータ制御, 半導体レーザーと赤外線距離センサ, スピーカー制御

以上の内容の知識を習得すると同時に, テキスト (図3) を作成した。テキストを作成するに当たり, 次の三点を考慮した。

プログラムによる自動制御を学習したことのない生徒に対して, 理解しやすい教材を作成する。C 言語をベースにしたプログラム言語ArduinoIDEで制御を行うため, プログラム一行ごとに命令内容が分かるようにすることで抵抗なく理解できる (図2囲み部分)。

学習内容を精選し, プログラムの意味と内容を知らないまま, ただプログラムを入力して制御を行うことがないように, 理解しやすい電子回路順にする。具体的には, 回路設計が容易であるLED デジタル出力制御を最初に学習できるようにする。

各項目を学習した生徒が学んだ内容を確認しやすくするため, 興味関心を持って取り組める課題 (図4) を設ける。

以上により, 生徒は自立ロボットの製作など, ものづくりに関する能力を育成できるのではないかと考えた。

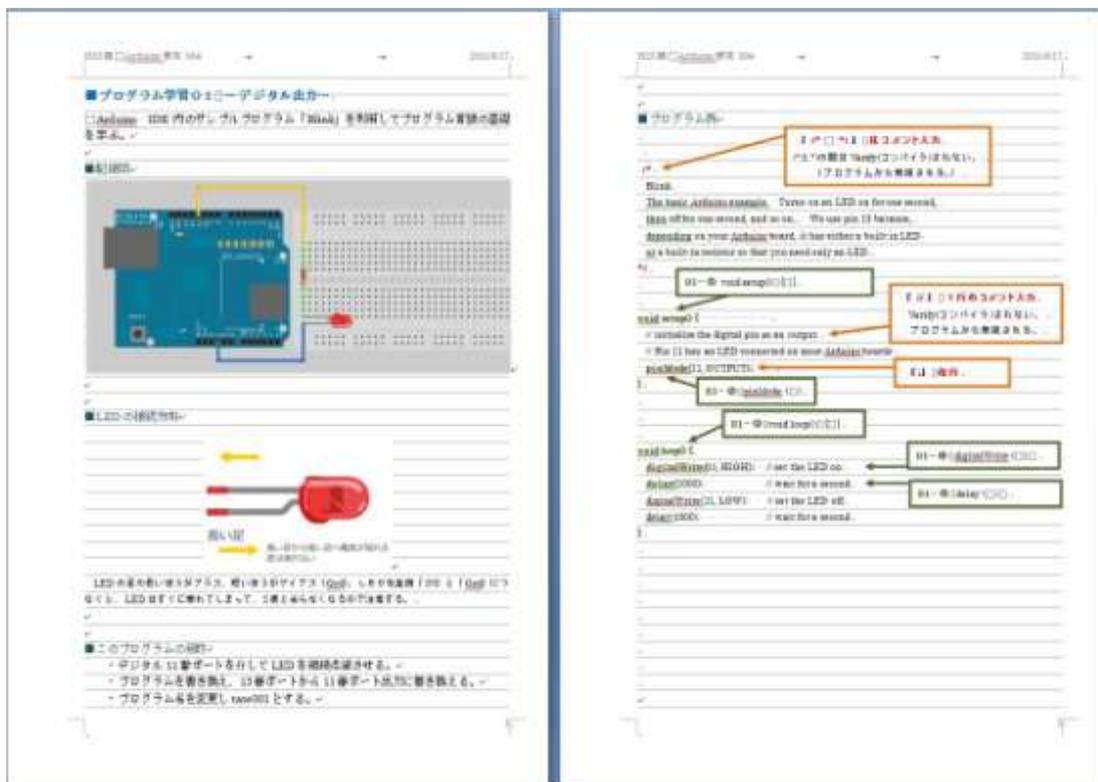


図3 Arduino 学習テキストの一部

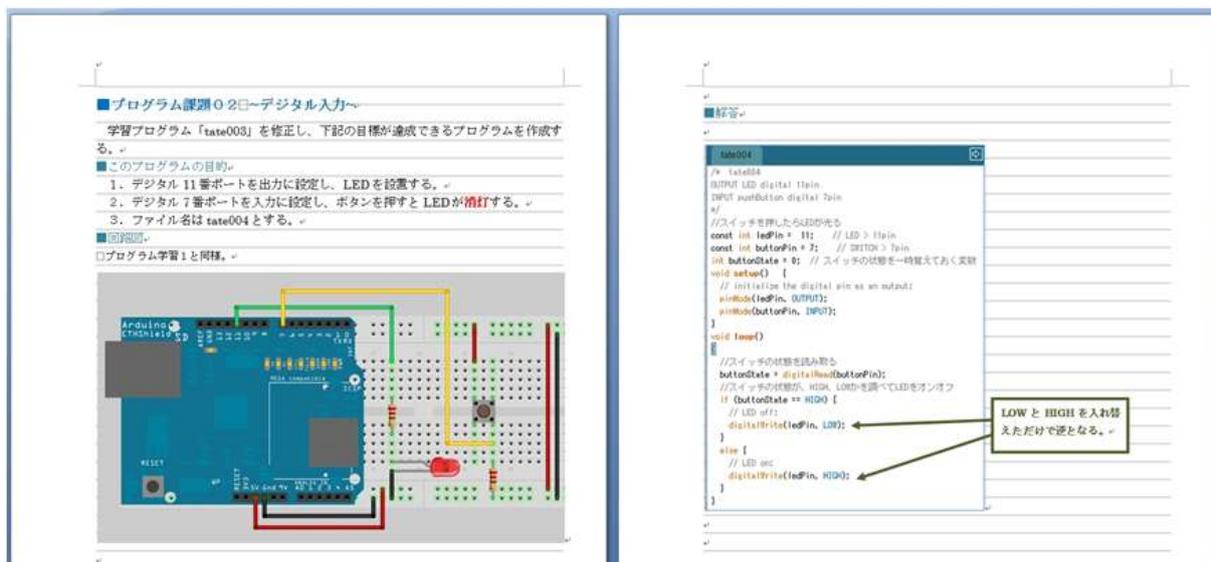


図4 プログラム課題と解答例

5 学習実践

(1) 高等学校ロボット競技大会への取組

平成23年11月5日に「青森県高等学校ロボット競技大会兼第19回全国高等学校ロボット競技大会青森県予選」(図5)が行われた。今年のルールでは、競技者が操縦するリモコンロボット以外に、ステンレス角パイプ(20mm×20mm)を登り、2000mm上にあるベニヤ板(300mm×300mm)を動かし、3分間その場で維持することができる自立ロボットが求められた。本校の1チームは、Arduinoに関心をもち、本研究のテキストを学習しながらArduinoを搭載した自立ロボット(図6)を製作し、大会に出場した。結果は入賞できなかったが、機構のアイデアとプログラム制御内容は、本校から出場した別チームの県大会三位入賞(全国大会出場)の足がかりとなった。



図5 県高等学校ロボット競技大会の様子

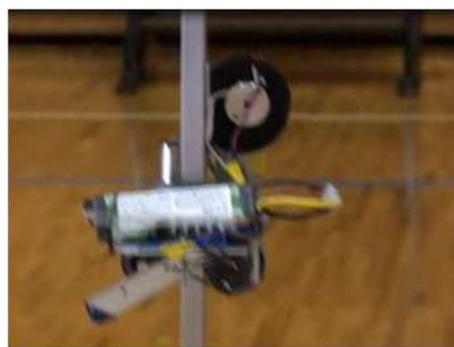


図6 角パイプを登る本校自立ロボット

(2) 課題研究への取組

平成23年度機械科三年生の課題研究で、「Arduinoを利用した電子楽器づくり」を研究テーマにした班を指導した。機械科では、実習でシーケンス制御による自動制御を学ぶが、BASICやC言語のようなプログラム言語を学ぶ授業はない。そのため、生徒は当初、一から学ばなければならないと困惑し、学習意欲が湧かなかったようである。その後、Arduinoについて知り、本研究のテキストを利用し、Arduinoを学習すること(図7)によって、生徒は半導体レーザー、圧電スピーカー、赤外線距離センサをArduinoで制御し、レーザーの照射距離によって違う音を奏でることができる電子楽器(図8)を製作することができた。生徒のアイデアにより、この電子楽器はドライアイスを入れた内部に入れてレーザー照射が可視できる構造となった。



図7 Arduino を学習する生徒

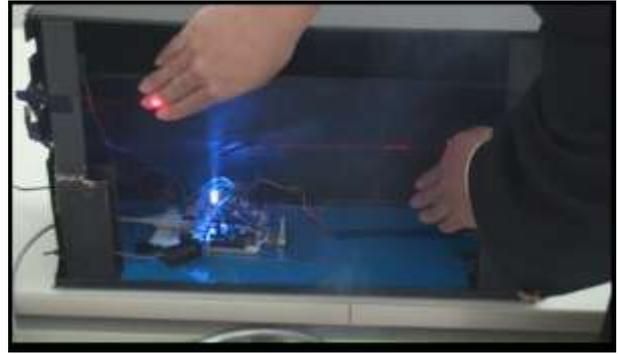


図8 Arduino によるレーザー電子楽器

6 Arduino 学習用装置の製作

本研究で学んだ内容を生徒に指導するため、表1の入出力部品を搭載し、本研究で作成した教材の流れに沿ってプログラムから動作確認までをスムーズに行うことができるArduino 学習用装置を設計した。図9は、使用した電子部品の配線図である。製作手順は以下のとおりに行った。

表1 Arduino 学習用装置の入出力部品

	入力装置	出力装置
部品名	① 押しボタンスイッチ	① LED
	① マイクロスイッチ	② DCモータ
	② 明るさセンサ (CdS セル)	③ サーボモータ
	③ 可変抵抗器	④ スピーカー
	④ 赤外線距離センサ	⑤ 半導体レーザー

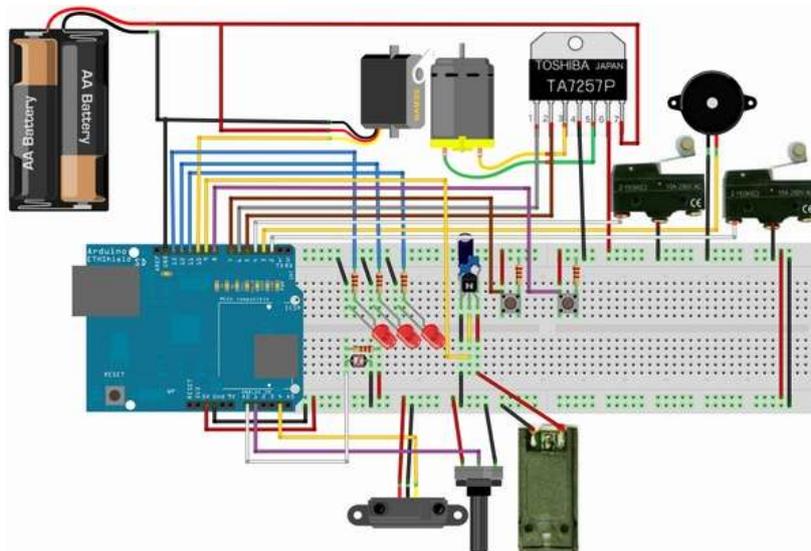


図9 Arduino 学習用装置の配線図

(1) 設計

設計は、方眼紙に入出力部品を置いて位置決めを行い、スケッチしたものをベースにして、CAD（コンピュータ支援設計）で描いた。図10はArduino 学習用装置の設計図である。Arduino 学習用装置を開発するに当たり、次の三点を考慮した。

安全に学習することができる装置を開発する。故障や火災などのアクシデントが発生してしまう恐れが

あるため、電源にはACアダプタを使用し、過電流防止のヒューズを装置内に設置した。また、電子部品と電流の方向を考えて接続し、抵抗やコンデンサ、レギュレータなどを使用した。モータドライブICやレギュレータなど熱が発生する電子部品は学習機器の内部に入れ、生徒が直接触れることのないようにした。

Arduino 端子に違う電子部品を接続する応用性を高める。Arduino 本体を装置上面に設置し、いつでも配線組み換えができるように設計した。

動作を目で確認できる制御を重視した。DCモータはベルトコンベアとし、モータの正転・逆転によってベルトが動くようにした。サーボモータは、角度指定制御の動作を確認できるように、分度をサーボモータ駆動部に表示した。このことによって、モータがアクチュエータとして物を運ぶ仕事や角度を指定する動作を目で確認し、プログラム制御できることで、学習者の興味関心が向上し、応用していくアイデアが湧くと考えた。

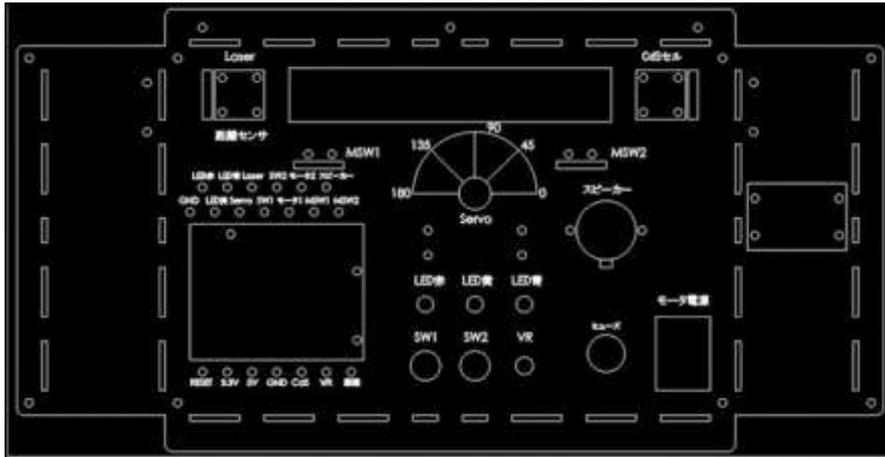


図10 CAD によるArduino 学習用装置の設計

(2) CAM

CAD で描いたArduino 学習用装置の設計をNC（数値制御）工作機械によって加工するため、CAM（コンピュータ支援製造）によってNC工作機械が動くプログラムに変換した。

(3) 加工

CAM によって変換した加工プログラムを本校機械科工場にあるレーザー加工機（Quattro : AMADA製）に転送し、ステンレス板（厚さ1.2 mm）の切り抜きを行った。図11は、加工の様子である。レーザー加工機を使うメリットとして、任意の形状を切り抜くことができること、プログラムを修正することによって調整が容易であること、複製が可能であることが挙げられる。また、ステンレス板の加工プログラムを修正して保護蓋（ぶた）となるアクリル板の加工（図12）も容易にできるメリットもあり、使用するに至った。加工したステンレス板は図13のようになった。

(4) 電子部品配線

加工したステンレス板に電子部品を配置し、結線した（図14）。



図11 レーザー加工機によるステンレス板加工



図12 アクリル板加工



図13 切り抜いたステンレス板



図14 完成したArduino 学習用装置

完成したArduino 学習用装置は、使用する入出力装置の組合せを変えることで多くの制御プログラムを作成し、動作確認することができる。生徒の興味関心が向上し、「ものづくり」へ発展させるきっかけとなる装置であると確信している。

IV 研究のまとめ

プログラムによる自動制御を学習したことのない生徒に指導した結果、抵抗なく高等学校ロボット競技大会出場用の自立ロボット製作へと発展させていった。このことから、Arduino の取組は容易であることが分かった。

Arduino 学習用装置は研修後半に作成したため、生徒にはまだ利用させていないが、今後実習や課題研究などにおいて使用することにより、プログラム制御の学習教材としての効果が期待できる。

V 本研究における課題

Arduino に関して研究すべき内容は数多くあり、誰でも理解できる教材の開発を目指し、更新していかなければならない。また、教材を使用した生徒の反応を確認し、入出力機器の精選を行いたい。そして、教材を使用して指導した結果、生徒がものづくりに応用できるきっかけの一つになるようにしたい。

平成23年12月17日、全国高等学校ロボット競技大会（図15）が鹿児島で開催された。成績上位チームは、マイコンボード搭載型の自立ロボット（図16）がほとんどであり、完成度が高かった。本校ロボット製作班が、全国レベルに追いつくためにも本研究の内容を生徒に指導することが必要であると感じた。



図15 全国高等学校ロボット競技大会の様子



図16 全国大会成績上位の自立ロボット

<参考文献>

Massimo Banzi 著 船田 巧 訳 2009 「Arduino をはじめよう」 オライリージャパン

小林 茂 2010 「Prototyping Lab『作りながら考える』ためのArduino 実践レシピ」 オライリージャパン

<参考URL>

Arduino のすすめ 2009

<http://n.mtng.org/ele/arduino/index.html> (2011. 5. 27)

建築発明工作ゼミ 2008

<http://kousaku-kousaku.blogspot.com/2008/07/arduino.html> (2011. 7. 29)