

平成 29 年度 SPH における機械科の 取り組みとその成果について

福島県立小高産業技術高等学校 機械科 安齋 光一

1. はじめに

福島県では、東日本大震災ならびに東京電力福島第一原子力発電所事故からの復興を実現するために、人材育成などを目的とした福島イノベーション・コースト構想が進められている。そこで本校は平成 29 年から文部科学省スーパー・プロフェッショナル・ハイスクール(SPH)の指定を受けて「東日本大震災・原発事故からの地域復興を担う人材育成」に向けた学習プログラムの開発に 3 年間取り組んできた。

SPH の成果としては、令和 2 年 3 月に発行された『平成 29 年度文部科学省指定スーパー・プロフェッショナル・ハイスクール(SPH) 研究実践報告書【第 3 年次】』にまとめられているが、内容は、目的・学習プログラムの概要、生徒の変容が中心となっており、工業分野における技術的な取り組みや成果物について詳しい内容が割愛されている。

本稿は、機械科における SPH の指導内容と生徒の変容について、前述の報告書には掲載されていない学習プログラムとしての実践内容を提示し、工業教育への発展に貢献することを目的としている。

2. スーパー・プロフェッショナル・ハイスクール(SPH)の概要

小高産業技術高校は、平成 29 年 4 月に小高商業高校と小高工業高校が合併した実業系の高校である。工業系（機械科、電気科、産業革新科環境化学コース・電子制御コース）、商業系（産業革新科 ICT コース・経済金融コース、流通ビジネス科）の 5 学科が、それぞれの取り組みを実践した。

SPH の、取り組みの中で、平成 29 年度入学生の機械科 A 組(33 名)ならびに機械科 B 組(32 名)を対象に 3 年間を通した指導を行い、入学時から SPH 終了時までの意識の変化や学習の達成度を調査してきた。

計画として、1 年目は「基礎作り」、2 年目は「発展的・応用的」、3 年目は「実践的・総括的」と段階的に取り組んだ。特に工業分野においては、「新たな産業集積に対応できる技術・技能を習得した工業人の育成」を目標として「多面的、総合的に考える力」「未来を予測して計画できる力」「批判的に考える力」の育成に力を入れた。

3. 1 年目の取り組み

1 年目は、人材育成のための基礎作りのため、地域の抱える問題の理解や問題意識の向上についての取り組みが中心となった。工業科では共通理解をするため、全体で同じ取り組みを行った。

問題発見・解決能力の向上及び地域の復興を担う人材として、多角的な視野を養うため「教員間連携授業」という取り組みを行った。工業と商業の先生を互いに入れ替えて、それぞれの生徒に指導を行い、視点の異なる学習活動を通して、相互理解を促した。工業科ではマーケティングの授業を実施し、アンケートした結果「他学科に興味を持てるようになった」52.4%、「他学科と連携した学習をしたと思った」62%、「他学科と協力して地域貢献したいと思った」81.2%となり、他学科について興味関心を持つと共に、「連携したい」「地域貢献したい」という生徒が半数以上となり、意識付けをすることができたと考えられる。



図 1. 1 年目の授業の様子

4. 2 年目の取り組み

2 年目では、発展的・応用的な取り組みとして、クラスごとに 4 班に編成し、「制御プログラミング」「制御回路設計」「3D-CAD(solidworks)及び 3D プリント」「機械加工」の 4 分野の講習会を、それぞれの班に 4 週にわたって指導した。4 分野の専門に特化した人材育成を行い、ロボット作りをするための必要な知識や理解を促した。

4-1. 「制御プログラミング」について

多くの電化製品やロボットには、コンピュータ(マイコン)が搭載されており、プログラムによって制御されている。プログラミングを学ぶ上での使用率が高いC言語についての理解を深めるために、フリーソフトの「CPad」を使い指導した。

表1. 「制御プログラミング」の指導計画

	内容
1 週目	C 言語、記述方法、変数(整数型)、コンパイル、printf 関数について
2 週目	変数(実数型、文字型)、scanf 関数、2 進数、16 進数
3 週目	条件分岐、if_else 文、switch_case 文
4 週目	繰り返し処理、for 文、while 文

指導内容は、実教出版株式会社より発行されている「情報技術基礎」を参考に基礎的な部分について指導した。4 週目になると、与えられた課題に対して、自ら進んで取り組む様子が見られ、簡単なプログラムならひとりでデバッグをして完成させることができるようになっていた。事後アンケートでは、「(資料を見ながら)プログラムができる」・「自分で考えてプログラムが構成できる」が合わせて 75%となっており、プログラムについて理解を深めることができたと考えられる。ただ、「プログラムが苦手・難しい」が 25%となり、得手不得手が見られる結果となった。

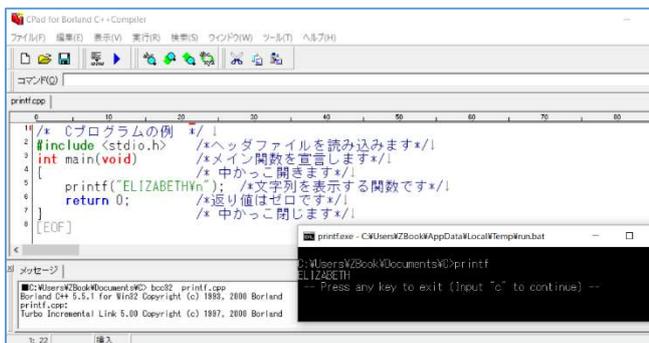


図2. CPadによるプログラム画面と実行結果

4-2. 「制御回路設計」について

活躍しているロボットやドローンは、そのほとんどにセンサーが備え付けられており、人間が感知できない状態を数値化し、機械の自動化に役立っている。センサーを理解する上で、周辺に用いられる電子部品や構成方法について学ぶために、電気や電子について理解を促し、提示されたセンサー部品や回路を構築する。今回使用したセンサーは、光センサーであり、光を当てると、センサーの反応をトランジスタで増幅し、イルミネーションLEDを点灯させる回路である。ユニバーサル基板

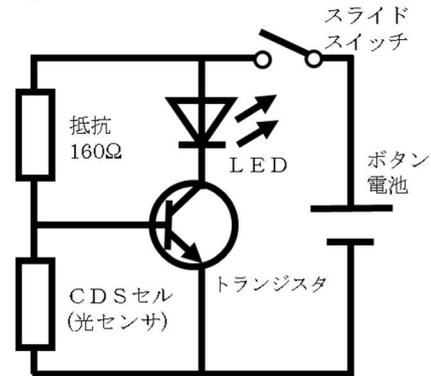
上で、回路を構成し、はんだ付け、動作確認をする。

表2. 「制御プログラミング」の指導計画

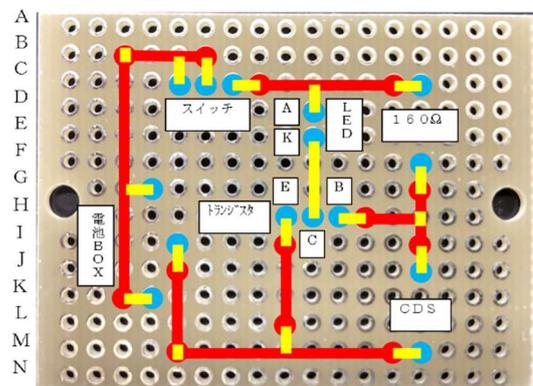
	内容
1 週目	オームの法則、抵抗、カラーコード、接頭語、テスターの使い方
2 週目	直列抵抗・並列抵抗の合成抵抗、抵抗の理論値と実測値の比較
3 週目	回路の説明、回路設計、部品実装
4 週目	部品実装、はんだ付け、動作確認

1・2 週目は、実技を伴いながら中学校の内容や電気の理論についての説明だったため、難なくできたが、3・4 週目に入り、回路を構成できない、出来てもはんだ付けで失敗する生徒が約半数おり、生徒たちは苦戦を強いられていたように感じた。回路図と実態配線図を見せて、構成させたが、基板の表と裏を間違えたり、部品の向きを間違える生徒が多く、回路が構成できていなかった。

基板を用いた回路作りに慣れていない生徒たちは、口頭説明や見本を見せるだけでは、回路を構成することは難しく、非常に困難であることが分かった。



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17



赤線：ジャンパー線
青点：電子部品
黄線：はんだ付け

図3. 回路図と実態配線図

4-3. 「3D-CAD 及び 3D プリンタ」について

福島県は廃炉ロボットの研究に力が入られている。狭小空間へ突入するロボットは、小型かつ、必要な機能を搭載する必要があり、あらかじめ、3D-CAD による設計やシミュレーションを用いた検証が必要になる。

3D-CAD による部品設計する方法について学び、強度の検証をしながら組み立てをすることで、機械やロボットを設計する能力を養う。また、先端技術として普及してきた 3D プリンタの使い方について学び、簡単な試作ができるようになることで次世代を担う人材育成に役立てる。

表 3. 「3D-CAD 及び 3D プリンタ」の指導計画

	内容
1 週目	CAD について、solid works について、円筒、立方体の作り方
2 週目	部品の挿入・合致・組立てについて
3 週目	3D プリンタ・制御ソフトについて、課題作成
4 週目	3D プリンタによる印刷、CAE 強度設計

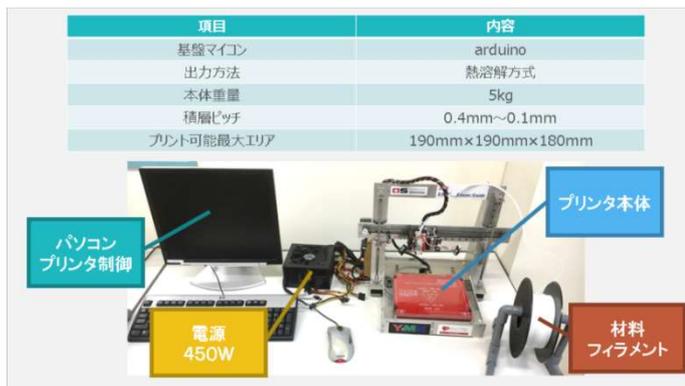


図 4. 使用した 3D プリンタの構成

当初、生徒はパソコンによる作図や設計に戸惑っていたが、2 週目以降からはほぼ全員が作業に慣れ、難なく作業に取り組んでいた。これは 1 年次から、教科「製図」において作図や図形を読むことを繰り返してきたため、空間認識能力が高くなっていたことが理由として考えられる。

4-4. 「機械加工」について

機械やロボットを構成する機械要素は、高負荷を受けながら繰り返し動作をする必要があり、その機械部品は高い強度を維持しつつ円滑な動作をするための精密かつ正確な品質が求められる。

機械科の実習を踏まえて、「小型万力」を構成する精度の高い部品を製作し、それらの組み立て・調整・仕上げまで取り組むことにより、製品を完成させるための技術や注意点について理解する。

表 4. 「機械加工」の指導計画

	内容
1 週目	加工機について、六面体の製作
2 週目	研ぎ作業、フライ作業、ねじ加工
3 週目	ねじ加工、穴あけ作業
4 週目	タップ・ダイス作業、仕上げ

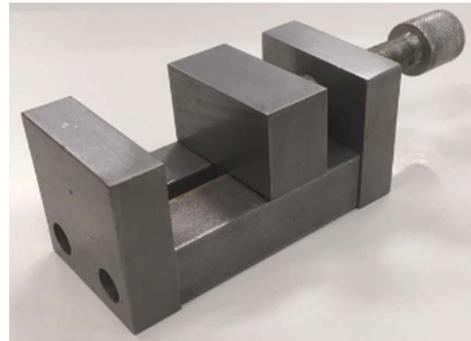


図 5. 製作した「小型万力」

実習で行っていた内容を元にして発展させた講習会だったため、最も指導が円滑にすることができた。加工機の台数に制約があったため、全員が同時に同じ作業ができず、一部の指導に工夫が必要であったが、問題なく進行することができた。

指導内容が普段の実習の応用だったため、生徒たちは作業内容について難なく理解し、使い慣れている加工機を用いた作業だったため、加工を円滑に進めることができた。

5. 2 年目の成果

4 分野の講習会を 4 週にわたって指導した結果、「専門分野の理解を深めることができた・よくわかった」が 73.8%となり、半数以上が専門分野への理解を深めることができた。ただし、「専門分野の理解を深めることができなかった・よくわからなかった」が 26.2%となり、不慣れな分野を学ぶことに難しさを感じる生徒が 4 人に 1 人以上発生したため、あらかじめ手立てを準備しておく必要があると分かった。

6. 3 年目の取り組み

3 年目、これまでに学んだ専門分野を生かした地域復興を担うものづくりとして、「無線操縦ロボットの製作」に取り組むことにした。無線技術は、ドローンや廃炉ロボットに必要な技術であり、今後の産業に深く関わる技術になると考えられる。

ロボット製作を通して、CAD 設計、機械加工、電子回路、制御(プログラム)のメンバーが協力し、話し合いながら製作する過程を通して次世代につながる人材の育成を図る。3 年目は全体で 5 週行った。

1週目は、無線操縦ロボットを製作するために必要な技術について説明し、カメラを搭載した廃炉体験ロボットによる廃炉作業を体験させた。ロボットには、Bluetooth Dongleが接続された Arduino MEGA が搭載されており、ペアリングされた PS4 コントローラによって操作する。足回りにはメカニカルが使われており、左スティックで平行移動、右スティックで旋回ができるため直感的な操作ができる。ロボットアームはイペット社の「グリッパーアームロボット」を搭載し、モータードライバの TA7267BP を経由して Arduino MEGA に接続することで無線操作ができるようになっている。カメラには中古スマホにフリーソフトの「IP Webcam」をインストールして、同じ Wi-Fi ネットワークにある PC に画像を送信することで無線カメラを実現している。このカメラは、実際の無線カメラと同様に映像の遅延が 1～2 秒ほど発生する。



図 6. 廃炉体験ロボットとカメラ画像による操作

このロボットを使用し、デブリに見立てたペットボトルのキャップを取る作業を体験させた。ロボットを直接見ながら操作することは、生徒の誰もが簡単にできたが、カメラ画像だけを見て作業すると、画面が遅延しているため、とても操作しにくく、キャップを掴むことができたのは全体の 15.4% だった。

操作体験を終えた後に、必要になると考えられる技術、改良したほうが良いと考えられる技術について調査すると、「遅延しないカメラが必要」、「微調整する制御ができると思う」といなど、具体性を持った改善案があげられ、ロボット技術に関する向上心や問題意識を高められたと考えられる。

6-1. 「無線操縦ロボットの製作」について

2週目より、各クラス6班ごとに分かれて協力してロボットを製作することを説明し、材料を配布した。配布したのは、タミヤ模型の「リモコンロボット製作セット(クローラータイプ)」、Arduino UNO、自作モータードライバ、配線、電池ケース、基板ボックス、秋月電子の「Arduino 用 赤外線キット」である。また設計や試行錯誤に必要になると考え、タミヤ模型のエバーサルプレート、エバーサルルーム、変速ギアボックスなどを余分に準備し、誰でも使用可能な状態にした。プログラムは秋月電子が配布しているプログラムを参考にサンプルプログラムを準備しておき、簡単な編集で機能を実現できるようにした。

サンプルプログラムの内部に、前進するための forward() 関数などの自作関数を配置することでプログラムの難易度を下げた。

Arduino UNO への配線は、黒板に提示した。



図 7. リモコンロボット製作セット (クローラータイプ)

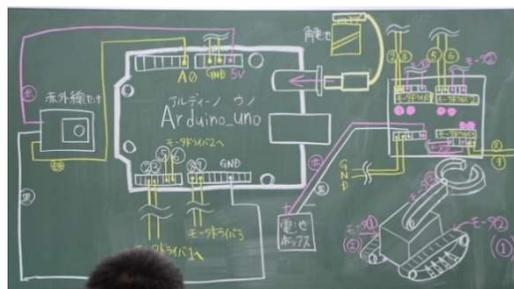


図 8. 黒板に提示した配線図

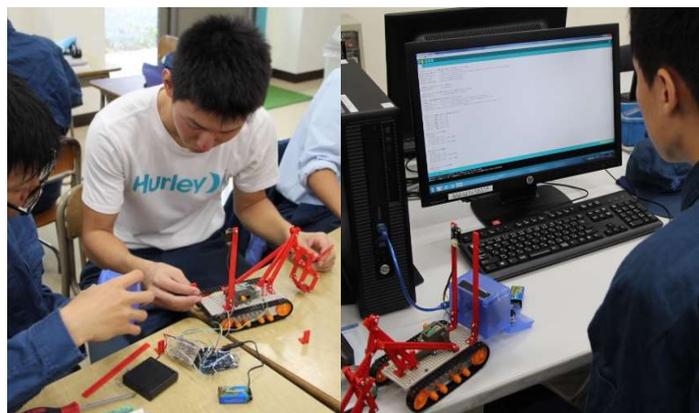


図 9. 組立て・配線作業とプログラム作業

7. まとめ

3年間の取り組みの中で、専門分野の知識や経験を活かしてロボット製作に取り組み、創意工夫あるロボット製作ができる能力が身についた。また、自ら問題を設定し、解決するための工夫や設計変更が見られ、問題を発見し解決能力を養うことができた。さらにロボット技術を応用した廃炉作業についても関心をもって取り組もうとする態度も見られ、地域の復興への意識も高まったと考えられる。SPH の取り組みを通し、専門知識を養いながら地域復興を担う意識を高めた人材を育成できた。

SPH 終了後も、開発した学習プログラムをさらに発展させ、この地域ならではの課題解決能力を養うものにしてゆくことが今後の課題である。