

高等学校共通教科情報における 「ドリトル」×「ロボティスト（スタディーノ）」を利用した 授業の実践報告

佐々木 寛^{1,a)} 奥本 拓哉^{2,b)} 島袋 舞子^{2,c)} 大村 基将^{2,d)} 兼宗 進^{2,e)}

概要：高等学校情報科の授業において、教育用プログラミング言語ドリトルでロボット教材ロボティストを制御する実習をおこなった。ロボティストはドリトルで制御することができ、構造がシンプルで初心者でも扱いやすいため、高校でのロボット実習に適した教材である。1学期に実施したドリトルプログラミング5回の授業、2学期に実施したロボティスト実習5回の授業の内容と生徒の制作課題を報告し、情報の授業におけるロボット制御実習の効果と今後の実施方法を検討したい。

キーワード：プログラミング教育, ドリトル, スタディーノ, ロボティスト, 情報教育

A report of using Dolittle and Robotist in high school informatics classes.

SASAKI HIROSHI^{1,a)} OKUMOTO TAKUYA^{2,b)} SHIMABUKU MAIKO^{2,c)} OMURA MOTOMASA^{2,d)}
KANEMUNE SUSUMU^{2,e)}

Abstract: We performed training to control a Robotist by the Dolittle language in informatics classes in high school. The Robotist can be controlled by Dolittle, even by beginners, since the structure is simple and easy to handle. This teaching material is suitable for robot training at high school. In this paper, we will report the contents of those classes and student's works.

Keywords: Programming education, Dolittle, Studuino, Robotist, Informatics education

1. はじめに

私たちの身の回りには家電製品や社会を支える様々な機器、情報システム等の仕組みの根幹にあるプログラミングの世界は、私たちの生活に欠かすことのできない重要な

要素であるにもかかわらず、現状ではハードウェアの制御やプログラミングの経験をすることなく大人になっていく生徒が多い。私たちの身の回りには多くのハードウェアがプログラムにより制御されていることを自らのプログラミング体験で実感し、より身近なものに感じてもらうことにより普段の生活そのものの意識や見える景色が変わってくるのではとの思いから以前よりロボット制御の実習を授業に取り入れたいと考えていた。しかし、普通高校の40名の一斉授業でロボットを題材として取り扱うことの難しさや費用面の問題等で導入のためのハードルは高く、これまででは踏み切れずにいた。そのような中で出会ったのが株式会社アーテック社製のロボット教材「ロボティスト」[9][10]である。この教材によって今までロボット実習導入を躊躇

¹ 北海道小樽潮陵高等学校
Otaru Choryo High School, Otaru, Hokkaido, 047-0002, Japan
² 大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication University, Shijonawate, Osaka 575-0063, Japan
a) hirochi@hokkaido-c.ed.jp
b) ht13a022@oecu.jp
c) shimabuku.m@gmail.com
d) esetanuki@gmail.com
e) kanemune@acm.org

していたすべての問題が解決し、本校生徒はロボット制御という貴重な経験をすることができ、その学習効果を実感している。

本校は一昨年に創立 110 周年を迎えた道内で 3 番目に古い歴史を持つ学校である。北海道教育委員会が実施する「地域医療を支える人づくりプロジェクト」の指定校（道内で指定校は 9 校）でもあり、9 割以上の生徒が大学へ進学する。2 年次から文系と理系・医進類型コース（医進類型選択者は理系クラスに含まれる）に分かれてクラス編成されるため、より各コースの生徒の特性に合わせた共通教科「情報」の授業を展開できるよう、文系クラスでは「社会と情報」、理系クラスでは「情報の科学」を 2 単位開設している。また、3 年次には選択科目として学校設定科目で「情報活用」を 2 単位開設しており、そのすべての科目でドリトルによるプログラミング教育とロボティストによるロボット実習を取り入れることができた。

本稿では 1 学期に実施したドリトルプログラミングの授業と 2 学期に実施したロボティストによるロボット制御実習の授業を分析し、その学習効果と次年度以降の実施に向けた授業の改善案を報告する。

2. 生徒のロボットに関する意識調査

授業開始前に事前アンケートを実施し、ロボットに対する生徒の現状を調査した。結果を表 1 に示す。Q1 ではロボット制御（操作）の経験を聞いた所、制御の経験があると答えた生徒は 3 名のみで、家庭や体験教室での LEGO 経験だった。操作の経験があると答えた生徒は 116 名と以外と多かったが、その多くはラジコン操作を指していた。少数の回答ではあるが、小学校の理科の授業で車を扱った経験や科学館等でサッカーロボットの経験をあげている生徒もいた。また、制御（操作）の経験はないが、見たことはあると答えた生徒は 106 名おり、ほとんどの生徒が何らかの形でロボットを認識する機会があることがわかった。自由記述で知っているロボットを挙げさせるとペッパー（50 名）、ルンバ（32 名）、アシモ（29 名）、アイボ（8 名）、エボルタ（2 名）等の回答があり、メディアで取り上げられることの多いロボットの認知度が高いことがわかった。また、ドラえもん、鉄腕アトム、ガンダム、トランスフォーマーなどの名前も挙がっており、アニメが私たちのロボットに対するイメージに大きな影響を与えていると改めて感じた。Q2 ではロボットに対する意識を聞いてみたが、将来ロボットに携わりたいと考えている生徒は 3 名と予想通り少なかったが、将来とは別に多少の経験はしてみたいと思う生徒が 87 名と一定数おり、ロボットが持つ人を引きつける魅力を垣間みることができた。ただ、自分には関係のない世界だと思っている生徒とまったく考えたことがなかったと答えた生徒が併せて 139 名おり、Q1 が示すように割と身近に感じているはずのロボットと自分との接点を

感じていない様子が浮き彫りになった。しかし、このような状況の中、Q3 の質問では 148 名もの生徒が多少なりともロボットに興味があると答えている。

表 1 事前アンケート（集計人数 229 名）

Q1: ロボットの経験について

回答	人数	割合
プログラムでロボットを制御したことがある	3	1.3%
ロボットを操作したことがある	116	50.7%
ロボットを見たことはある	106	46.3%
ロボットを見たことも聞いたこともない	4	1.7%

Q2: あなたはロボットについてどう思っていましたか？

回答	人数	割合
将来ロボットに携わりたいと思っていた	3	1.3%
少しは経験してみたいと思っていた	87	38.0%
自分には関係のない世界だと思っていた	111	48.5%
まったく考えたことがなかった	28	12.2%

Q3: あなたはロボットに興味がありますか？

回答	人数	割合
とても興味がある	36	15.7%
少し興味がある	112	48.9%
あまり興味がない	64	27.9%
まったく興味がない	17	7.4%

3. ロボティストを導入する狙い

「ロボティスト (Robotist)」とは、子供が簡単に作って遊べるアーテック社のアーテックブロックがそのままロボット教材になった形で、親しみやすく扱いやすい。制御基板に Arduino 互換のプログラミング教育用制御基板「スタディーノ (Studuino)」を搭載し、同じく教育用に開発されたプログラミング言語「ドリトル」で命令を送ることができる。本校ではドリトルによるプログラミング教育に力を入れて取り組んでいるため、ドリトルで制御できるロボット教材という点が一番の魅力であり、生徒は 1 学期に学んだドリトルでロボットも制御できることに驚き、プログラミングの多様性を実感することができる。また、授業支援が充実していて、生徒一人あたり、1,000 円程度の費用で副教材のテキストを購入すると、4 人につき 1 台のロボティスト実習キットを用意 (レンタル) することができる。Web 上でマニュアルや作品例も豊富にあり、授業で利用できる題材が充実している。そして、基板のスタディーノの構造がシンプルでわかりやすく扱いやすい。センサーやモーター類を各ポートにつなぎ、ドリトルから命令するとダイレクトに反応が返ってくるので自分が作ったプログラムで LED が光ったり、モーターが動いたりという感動体験を純

粋に味わうことができる。その上でロボットに目的通りの動きをさせるために分岐や繰り返しの構造を理解し、実践できるよう段階を追って指導することができた。具体的な内容は後述する。

4. 1 学期のドリトルの授業

1 学期はプログラミングを体験することにより、ソフトウェアが動く仕組みを実感させるため、ドリトルによるアニメーション作りをテーマに実施した。昨年度実施したドリトルによる授業で、課題制作を通して生徒が大きく成長する様子が見えかけたので、今年度はドリトルの授業をコンパクトにまとめ、ロボティストと併せて2回に分けて実施した。まずは、1 学期に5回の授業でタートルグラフィックスを利用したアニメーション作成に必要な各機能を指導し、その後の3回の授業でオリジナルプログラムの課題制作を実施した。各回の授業テーマとその内容を表2に示す。

オリジナルプログラムを作る際に必要となる機能を厳選し、5回の授業で繰り返し処理、図形オブジェクト、タイマーオブジェクト、命令定義、色オブジェクト、オブジェクトの複製、ラベルオブジェクト、乱数を中心に指導した後、3回の授業でアニメーション作品を作らせた。

表2 ドリトルを用いた授業内容

回	テーマ	内容
1	繰り返し処理 図形オブジェクト	三角形等の図形を作成し、 図形オブジェクトにする
2	タイマーオブジェクト 命令定義	タイマーで図形を回転させる。 オブジェクトに新しい命令追加
3	色オブジェクト オブジェクトの複製	新しい色を作る オブジェクトを複製して増やす
4	ラベルオブジェクト 乱数	文字を画面に表示する ラベルを乱数で配置する
5	アニメーション	船を作って川を走らせる
6	課題制作 1	生徒が自分でテーマを決めて
7	課題制作 2	オリジナルのアニメーションを
8	課題制作 3	作成

授業はコンピュータ教室にて、一人1台のコンピュータと授業プリントを用いて行った(図1)。

各回の授業の理解度を確認するため、次の授業の導入部で5分程度、筆記の小テスト(配点5点)を実施し、生徒の学習評価にも利用した。

授業の題材は主にドリトルのテキストである「ドリトルで学ぶプログラミング」[5]から選定しているが、授業時間の関係で本校実施用に授業プリントにまとめなおして実施している。また、筑波大学久野靖先生の「5時間でプログラミングを学ぶ(ドリトル編)」[6]、静岡大学紅林秀治先生の「ドリトルテキスト(ドリトルを覚えよう)」[7]に魅力的な題材が多く、参考にさせていただいた。



図1 高校での授業風景

5. 各回の授業内容と学習効果の分析

5.1 第1回「繰り返し処理・図形オブジェクト」

初回の授業は、ドリトルプログラミングの基礎を学ぶことを目的として実施した。基本操作を確認した後、「歩く」や「左回り」の命令で正方形を描き、繰り返し処理の必要性と方法を学んだ後、回転角度や繰り返し回数を変更させ、様々な図形作りに挑戦させた。最後に図形オブジェクトにすることで、色を塗ったり、位置を変更したりと図形独自に命令を加えることができるようになることを学習した。

小テストの平均点は2.7点で、ドリトルと小テストの出題形式に慣れていないこともあり、「」の使い方やオブジェクトの名前の付け方の理解が不十分でケアレスミスが多かった。

5.2 第2回「タイマーオブジェクト・命令定義」

2回目の授業では、まず、三角形を作り回転させる実習を通して、アニメーションやゲーム作りに欠かせないタイマーオブジェクトの利用方法を学んだ。タイマーの習得には時間が必要なので、今回は作成・実行・設定変更の基本のみを学習し、今後毎回タイマーを利用できる題材を用意し、慣れさせることを意識した。次に、オブジェクトに新たに自分で命令を追加(定義)する方法を学習した。タートルに正方形を作るための命令を定義する方法を指導した後、パラメータの受け渡しができるように改良し、大きさの違う正方形を3個描いた。そして、どのような場面で利用すると効果的か考えさせた。

小テストの平均点は1.8点で、5回の小テストの中で最も低かった。命令を定義する問題の正答率が26.3%、定義した命令を呼び出す問題が15.8%、また、タイマーの設定を変更する問題が34.2%、タイマーの実行が13.2%と非常に低かった。初学者にとって理解が難しい命令の定義とタイマーオブジェクトを同時に実施するのは難しいことがわかったため、来年度更に授業の構成を考え直す必要がある。

5.3 第3回「色オブジェクト・オブジェクトの複製」

ドリトルにはあらかじめ基本8色(黒・赤・緑・青・黄

色・紫・水色白)の色オブジェクトが用意されている。これ以外の色を利用する場合はこれらの色を混ぜたり、赤緑青 (RGB) の数値を指定して新しい色オブジェクトを作る必要がある。今回はアニメーション等を作成する際に必要な色オブジェクトを自分で用意できる技術を身につけるとともに、教科書で取り上げられている光の三原色等の理解を深めることを目的に実施した。タイマーの理解を深めるためにタートルが1歩、歩いては、1度回転する動作を0.01秒間隔で360回繰り返し実行するタイマー命令で円を描く方法を紹介した後、別の方法(「円」命令を利用)で描いた円に新しく作った色を塗った。最後に図形オブジェクト(円)を複製し、色や位置の新たな情報を加えることで効率よくオブジェクトを増やす方法を学習した。

生徒は色オブジェクトに関する内容をよく理解し、課題制作の際には各場面に合わせた効果的な色を作り出していた。

小テストの平均点は3.2点で、色オブジェクトに関する理解はある程度できていたが、オブジェクトの複製に関する問題は正答率が36.8%と低く、命令方法がまだ理解できていなかった。

5.4 第4回「ラベルオブジェクト・乱数」

画面に文字列を表示させるラベルオブジェクトの利用方法とゲームやアニメーション作成の際に敵やキャラクター等をランダムに配置することができるよう、乱数の使い方を学習した。ラベルオブジェクトでは、ただ文字を表示させるだけでなく、文字サイズ、文字色、位置を変更する練習も実施した。乱数は正の整数を作るところから始め、負の整数作りをタートルをランダムに配置することで練習した後、箱(正方形)を繰り返し処理でたくさん作り、それぞれの色と位置を乱数で指定して実行するたびに色と配置が変わるイラストを作った。

小テストの平均点は2.8点。ドリトル授業の終盤なので、1つの命令の中に乱数とオブジェクトの複製、色オブジェクトと乱数など、複数の要素が入った応用問題になり、各問の正答率が50%前後と低かったが、1つ1つの機能の基本は理解しているようだった。

5.5 第5回「アニメーション」

ここまで三角形や四角形等、繰り返し処理を利用した図形しか描いていなかったため、課題制作の際に作成できる図形オブジェクトの幅を広げる目的で、歩数と回転角度を細かく指示して帆掛け船のオブジェクトを作り、タイマーで川を走らせるイメージのアニメーションを作成した。課題制作の際には、生徒は城や車等、様々な図形オブジェクトに応用しており、アニメーションを作るイメージも膨らんだようだった。

小テストの平均点は3.75と5回の中で一番高かった。今

回はプログラムの全体は問題の中で与えておき、プログラムの内容を読み取って空欄を穴埋めする問題が多かったため、全体的に正答率が高かった。ただ、依然としてタイマー実行の問題の正答率が34.3%と低かった。課題制作の際にも質問が多かった内容で、受け身で授業を受けているうちはなかなか身に付かず、自作のプログラム作りに挑戦してみないと理解が深まらないことを再認識した。

5.6 第6~8回「課題制作」

5回のドリトル指導を終えた後の3回の授業で生徒はオリジナルプログラムの作成に取り組んだ。

昨年度は12回の授業を実施した後、アニメーションやゲームを中心として生徒に自由にテーマを決めさせオリジナル作品を作らせたが、対象が広すぎて計画段階で方針が決まらず最初で行き詰まる生徒が多かった。そこで、今年度はテーマをアニメーションに統一し、授業で指導する機能もそれに必要な最小限の機能に絞って説明し、生徒が混乱しないよう配慮した。そのねらい通り、生徒はそれほど大きな問題なく課題制作を進めることができた。

生徒の作品例を図2に示す。作品1はカメの手がキーボード上を動き、タートルグラフィックスで描いたPC画面上にドリトルでラベルを作る命令を入力していくアニメーション作品である。最後にキーボード入力を終えたカメがマウスで実行ボタンをクリックすると画面に「THANK YOU FOR YOUR WATCHING!」と表示される。この作品では、新たに8色の色を作り、全16色になった色オブジェクトを効果的に利用することができていた。また、タイピングに合わせて画面に文字が順番に表示されていく様子や、マウスに持ち替えて実行ボタンをクリックするとプログラムが実行される場面等、タイマーオブジェクトをよく理解し使いこなすことができていた。

作品2はタートルグラフィックスで描いた4個の歯車が噛み合いながら回転し、1番左の歯車に乗った赤い玉が隣の歯車に運ばれた後、2つの歯車の隙間から玉がこぼれ落ち、「終」の文字の点となるアニメーション作品である。歯車の形を繰り返し処理を利用して工夫して描き、完成した歯車をオブジェクトの複製で効率よく増やすことができていた。また、タイマーオブジェクトを細かく設定し、歯車と赤い玉を絶妙に動かしており、背景にも個性を發揮していた。

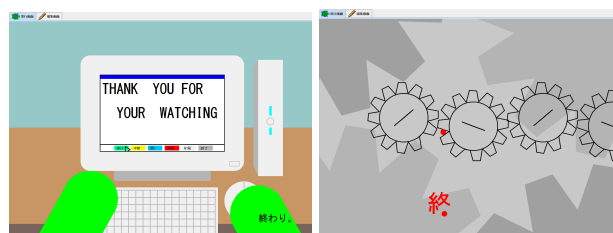


図2 生徒のアニメーション作品例(作品1、作品2)

6. 2学期ロボティストの授業

2学期は最初の4回の授業でドリトルからロボティストを制御する方法を段階的に指導し、5回目の授業ではモニタープログラムを利用して、各種センサーの値を計測した。そして、その後の4回の授業でグループごとにオリジナルロボットを作成し、その作業過程をスライドにまとめ、最後に発表会を実施した。各回の授業テーマとその内容を表3に示す。今年度のロボティスト実習で使用したセンサーは主に赤外線センサーで、その他、タッチセンサーや光センサーの利用方法も紹介した。また、使用したモーターはDCモーターとサーボモーターの2つである。

なお、コンピュータ室の準備としてはロボティストと通信するためのUSBデバイスドライバのインストールと制御プログラムを作るためのプログラム言語（本校ではドリトル）のインストールが必要となる。

表3 ロボティストを用いた授業内容

回	テーマ	内容
1	LEDの点灯・消灯	点灯・点滅・スイッチの利用
2	DCモーターの利用	モーターカーの作成
3	赤外線センサーの利用	ライトレースカーの作成
4	サーボモーターの利用	アーム等の作成
5	モニタープログラムの利用	各センサーの計測
6	課題制作1	テーマの設定・計画書作成
7	課題制作2	ロボット・プログラム作成
8	課題制作3	ロボット・スライド作成
9	課題制作4	ロボット完成・発表準備
10	発表	スライドで作品発表

授業はコンピュータ教室にて、一人1台のコンピュータと3~4人につき1台のロボティスト実習キット、授業プリントを用いて行った。

ドリトルの授業同様、各回の授業の理解度を確認するため、次の授業の導入部で5分程度、筆記の小テスト（配点5点）を実施した。

授業の題材は主にドリトルのテキストである「ドリトルで学ぶプログラミング」[5]とアーテック社Webサイト上[9]のロボティストのマニュアルや作品例から選定した。

7. 各回の授業内容と学習効果の分析

7.1 第1回「LEDの点灯・点滅・スイッチ」

初回の授業では、ハードウェアの制御が初めての生徒に、自分のプログラムにハードウェアが反応する感動を簡単に体験してもらうとともに、ロボティストの扱い方に慣れてもらう目的で、LEDを点灯させる実習に取り組んだ。まず導入で私たちの身の回りにありプログラムで制御されている自動販売機やエアコンを例に出し、ハードウェアを制御するとはどういうことかを考えさせた。そして、その仕組

みを学ぶためのロボット教材「ロボティスト」を紹介した後、基本的な使い方を説明し、ロボティストに搭載する基板「スタディーノ」の各ポートとドリトルから命令を送るための基本形を確認した。初めてスタディーノに送った命令でLEDが光ったときには歓声があがり、自分の書いた命令でLEDが反応する感動を純粋に味わっていた。次に1秒間隔で点滅させた後、最後には条件分岐を使って、スイッチを押した時だけ光る命令に挑戦した。条件分岐を習うのは今回が初めてだったので、理解するのに少し苦労している様子だったが、スイッチのON,OFFにLEDが反応することに素直に驚いていた。課題制作の際にはスイッチの仕組みと命令をタッチセンサーに応用し、壁に当たると方向を変える車やボタン操作によってアームを回転させる場面等に利用することができていた。小テストの平均点は3.0点で、まだドリトルからスタディーノへの基本的な命令方法を習得していない生徒も多かった。

7.2 第2回「DCモーターの利用」

2回目の授業ではDCモーターを利用してモーターカーを作り、走らせた。今回は車をブロックで形作る必要があり、前回よりも多くの部品を使いロボット実習らしくなってきた。ただ、各グループの進度に差がでないよう、使用するブロックを最低限に抑え、シンプルな形に統一した。ロボティストは基板のケースに直接ブロックを差し込めるようになっており、基板を中心に様々な形にロボットを組み立てることができる。車輪付きのDCモーターを基板に取り付け、ケーブルを基板のポートに差し込み、電池ボックスを固定するスペースをブロックで用意することで、簡単なモーターカーができあがった。次に、ドリトルでDCモーターを使用する命令を作り、モーターカーを走らせた。最初は単純に前進する命令を確かめた後、後退や右回り、左回りする動きを試し、最後にはSの字走行に挑戦した。LED同様、自分の作った命令で車を走らせることができ、自信を深めた。

小テストの平均点は3.6点で、車を単に走らせるだけであれば、DCモーターの使い方はシンプルなので、理解度が高かった。また、課題制作の際には車への利用だけでなく、車輪の代わりにブロックを取り付け、風車や観覧車等への応用方法にも気づくグループがあった。



図3 作業風景

7.3 第3回「ライトレースカー」

前回のモーターカーに赤外線センサーを取り付け、走行コースの線を辿りながら走るライトレースカーに発展させた。赤外線センサーは、赤外線 LED とセンサーが並んだ構造になっており、赤外線 LED から出た赤外線が、物体に当たって跳ね返ってきた強さを調べることで、物体の接近を感知することができる。今回はコースの黒い線を読み取りながら走らせるため、車の前方下向きに取り付け、赤外線センサーからの入力値を読み込み、ライン上にいれば右回り、ラインの外に出ると左回りの分岐命令を作った。そして、実際に走らせ動きを観察させることからその仕組みを考察させた。ライトレースして走る車を初めて見る生徒がほとんどで、その動きに驚き、どのような仕組みになっているか興味を持つ生徒が多かった。

小テストの平均点は3.2点で、条件分岐の正答率が低かったが、条件分岐そのものを理解していないというより、記述方法に慣れていないことにより使いこなせていない様子だった。課題制作の際には、車の前方前向きに取り付け、壁や物に接近すると停止したり、方向転換する車に適用しているグループが多かった。



図4 ライトレースカーと走行風景

7.4 第4回「サーボモーターの利用」

ロボティストの基本実習の最後にサーボモーターの使い方を学習した。サーボモーターは本体に付属している回転部分を0度から180度までの間で回転させることができ、ロボットの関節部分やアーム機構の連結等に利用されることが多い要のモーターである。最初は0度と180度の間を1秒間隔で回転する動きを入れ、サーボモーターへの命令方法と可動域を確認した後、次に実際の利用方法に近い形での実習を考えた。しかし、前半クラスはブロックでアームを作り動作させる実習を取り入れたが、ブロックを組み立てるのに時間を取られ、グループ間の作業スピードにも差が生じたので、後半クラスはサーボモーターにブロックで簡単な動物の顔を作り、スイッチに反応して首が回転する題材に変更するなど、題材の選定に苦慮した。小テストの平均点も2.8点と低く、課題制作の際にも上手に利用できているグループが少なかったことから、サーボモーターの利用方法を明確にイメージできるまで生徒の理解は深まらなかった。サーボモーターはロボットの二足歩行

やアームを作る際に欠かせない大事なモーターで、ロボットに高度な動きを求める際、その使い方が鍵となる。来年度以降の実施に向けて、サーボモーターの基本的な使い方を理解し、実践的な利用方法に応用できる題材を再度検討する必要がある。

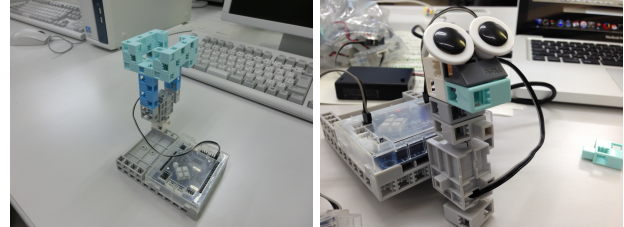


図5 サーボモーター実習の題材、アーム（左）と動物の顔（右）

7.5 第5回「モニタープログラムの利用」

ロボティストの基本的な使い方を指導する授業は前回までで終了し、次回からの課題制作の準備として、モニタープログラムを利用して赤外線センサーや光センサーの入力値を計測する実習を取り入れた。また、クラスによってはライトレースカーにノートPCをつなぎ、モニタープログラムでライン上を走る車の赤外線センサーからの入力値変動を確認しながら走らせる実習も体験できた。これまでは条件式等に設定する値は与えられた数値をそのまま入力することしかできず値の意味をイメージしにくかったが、モニタープログラムで各センサーの値を計測する手段を得たことで、生徒は自分の目的の動きに合わせて主体的に値を設定できるようになった。課題制作の際には赤外線センサーが物体に反応する距離を計測したり、光センサーの入力値を計測し、暗室で光に反応すると走る車の作成に利用するグループもあり、積極的に利用できていた。



図6 モニタープログラムを利用した計測風景

7.6 第6～9回「課題制作」

3～5名でチームを作り、それぞれテーマを決めてオリジナルのロボット制作に取り組んだ。4回の授業でロボット制作と発表の準備を終わらせなければならない状況で、各チームはロボット、プログラム、スライド作りを役割分担して、メンバーと協力しながらスピーディーに作業を進めることができていた。使えるブロックと各種センサー、モーターの数が限られていたこともあり、自分たちの望む動きを実現させることが難しく、挫折を繰り返しながらも、与えられた環境の中で精一杯の作品を作り上げた。

作品3はブロックで犬の顔を作り、口に取り付けた赤外線センサーが手や物を感知すると囁み付くロボットである。顎の部分にサーボモータを利用し、使用角度を工夫することで上手に囁み付いていた。また、赤外線的位置と閾値の値も適切で、赤外線センサーからの入力値による条件分岐でサーボモータを制御する方法を習得できていた。

作品4は見た目はシンプルな車だが、前と右に赤外線センサーを取り付け、右手法（迷路を解く方法のひとつで、壁に右手を当てて、その壁に沿って進む）で迷路をクリアするセンサーカーである。多分岐の構造を理解して、右と前に壁がある場合は左回り、右に壁があり前に壁がない場合は前進、右にも前にも壁がない場合は右回りする場合分けに適用することができていた。

授業後のアンケートでは、「みんなと楽しく学ぶことができてよかった」「チームのメンバーと意見を出し合ってロボットを作ることができてよかった」「友達と一緒に一つのものを作るのは楽しかった」等、グループ学習に対しても肯定的な意見が多かった。

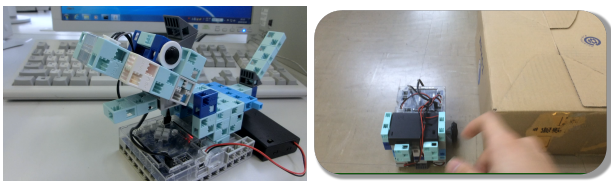


図7 生徒のロボティスト作品例（作品3, 作品4）

7.7 第10回「発表」

最後にオリジナルロボットの制作過程と完成作品を報告するスライドを作り、クラス内で発表会を行った。テーマ、使用部品、制作過程、制作にあたり苦労した点、完成品の動画、感想等をスライドに盛り込み、3分程度で発表した。中には物語仕立てでスライドを作るなど、発表の仕方に工夫を凝らすグループもあった。生徒は他のグループの発表を見ることでロボット作品のアイデアや発表方法を学ぶことができ、刺激を受けていた。

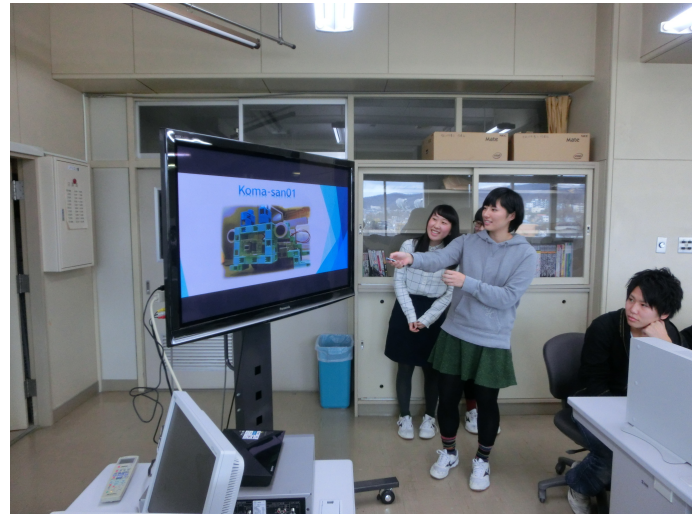


図8 発表の様子

8. 授業の振り返り

一通りロボティストの学習を終えた後、アンケート調査をおこなった。結果を表4に示す。

Q1の感想では楽しかったと答えた生徒が98.2%おり、あまり楽しくなかった答えた生徒は1.8%（4名）のみで、ドリトルとロボティストがいかに魅力的な教材であるかを表している。Q2でロボット制御に興味を持たなかったところ、87.6%の生徒が興味を持ったと答えており事前アンケートの64.6%より23.0ポイント（50名）アップし、実際にロボット制御を体験することで、よりロボットへの興味が増したことを表している。Q4の難易度では95.6%の生徒が難しかったと答えているが、これは課題制作の後にアンケートをとったためで、作品作りでとても苦労した様子がうかがえる。しかし、Q3のロボット制御の方法を理解できたかどうかでは79.2%（179名）の生徒が理解できたと答えており、ロボット教材にロボティストを利用する有効性を示している。また、Q3,Q4から制御方法を学習している時期はある程度内容を理解することはできるが、それを応用して独自のアイデアでプログラムを作り、ロボットを制御することは別物であり、課題制作を取り入れることの重要性を改めて実感した。

自由記述では「自分にもロボットを動かすことができたので、今までよりロボットを身近に感じるようになった」という内容の回答が多かった。自分でロボット制御を体験したことで、日常生活の中にあるハードウェアやソフトウェアの凄さを実感し、それを作っているプログラマーの方々に、敬意を表す回答が多かったのも印象的であった。

以上のアンケート結果から、私たちの生活の中の様々な場面でロボットが活躍していることはテレビ等で知っており、割と身近に感じているものの、それでいてどこか遠くの存在で自分とは関係ない世界のことと考えている生徒が多

かったが、実際にロボット制御を体験することで、ロボット制御に関する関心・意欲・態度を育むことができた。普段私たちの生活で利用しているハードウェアやその制御に欠かせないプログラミングを現状では多くの生徒が経験することなく大人になっている。早い時期からプログラミングとハードウェア制御の経験を持ち、体験的にハードウェアとソフトウェアの仕組みや性質を実感として理解するために「情報」の授業にロボット制御とプログラミングを取り入れることの重要性を改めて強く認識した。

表 4 事後アンケート (集計人数 226 名)

Q1: ロボットの制御を体験してみてどうでしたか?

回答	人数	割合	
とても楽しかった	142	62.8%	98.2%
まあまあ楽しかった	80	35.4%	
あまり楽しくなかった	4	1.8%	1.8%
まったく楽しくなかった	0	0.0%	

Q2: ロボットの制御に興味を持っていましたか?

回答	人数	割合	
とても興味を持った	62	27.4%	87.6%
まあまあ興味を持った	136	60.2%	
あまり興味を持ってなかった	25	11.1%	12.4%
まったく興味を持ってなかった	3	1.3%	

Q3: ロボット制御の方法を理解できましたか?

回答	人数	割合	
とてもよくわかった	23	10.2%	79.2%
まあまあわかった	156	69.0%	
あまりわからなかった	47	20.8%	20.8%
まったくわからなかった	0	0.0%	

Q4: ロボット制御の難易度はどうでしたか?

回答	人数	割合	
とても難しかった	86	38.1%	95.6%
少し難しかった	130	57.5%	
あまり難しくなかった	10	4.4%	4.4%
簡単だった	0	0.0%	

Q5: 今後もロボット制御を学んでみたいですか?

回答	人数	割合	
ぜひ、もっと深く学んでみたい	44	19.5%	77.4%
ちょっと学んでみたい	131	58.0%	
それほど学びたいとは思わない	47	20.8%	22.6%
まったくやりたくない	4	1.8%	

9. 次年度以降の改善点

今年度は実習キットを 15 台用意し、3~4 人に 1 台で実習を行った。最後の課題制作ではグループごとのロボット・プログラム作りだったので各チームで協力しながら上手にキットを利用することができた。しかし、基本的な使い方を指導する最初の 4 回の授業では、全員にドリトルでプログラムを作らせ、動作を確認する際にはロボティスト

を順番に回す必要があったので、待ち時間が生じてしまった。その時間を利用してエラーがあった際、隣の生徒や教員に相談したり、他のグループの様子をうかがったりと有効に活用できる時間でもあったが、作業の効率を考えると 2 人に 1 台が最適の台数だと考える。また、授業での演習がまだ足りなかったことや、実習キットで使用できるブロックやモーター、センサー類の数が限られているため、課題制作の際には、授業で実施したライトレースカーや壁に反応して方向転換する車をベースにサーボモーターで少し別の動きを加えるだけの作品が多くなってしまった。次年度は実習キットを 40 台用意し、状況に応じて 1~2 人に 1 台使用させ、課題制作の際には複数のキットを組み合わせることで、使えるサーボモーターの数を増やす計画である。生徒が自分のアイデアをロボットで表現するためには各種センサーとサーボモーターを自在に使いこなす力が必要となる。次年度は更にセンサー類とサーボモーターを利用した演習を増やし、センサーからの入力値をもとにロボットに多彩な動きを命令できるようセンサーとサーボモーターの指導を厚くする必要がある。

10. まとめ

普通に生活しているとプログラミングやロボット制御を経験する機会に恵まれないまま大人になる生徒が多い状況の中、普通科高校において自分で作ったプログラムでロボットが動く体験をさせる意義は大きい。その実現のためには構造がシンプルで扱いやすい入門的なロボット教材とわかりやすい制御プログラミング言語が必要で、ドリトルとロボティストに着目し授業を行った。

事前アンケートからも、実習前はロボットを目にする機会はあっても、それを自分で動かすことができるとは思えない特別な世界だと考える生徒が多かったが、事後アンケートの結果から、ドリトルとロボティストを利用した 10 回の授業と課題制作を経験することにより、それらが、ちょっと手を伸ばせば自分の手の届くところにあり、こんなにも魅力的な世界であることを感じ取ってもらうことができた。そして、生徒が作成したアニメーションとロボティストの作品から、プログラミングとハードウェア制御の基本的な概念を生徒が学ぶことができたと考えている。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 25350214) の補助を受けています。

参考文献

- [1] プログラミング言語「ドリトル」.
<http://dolittle.eplang.jp/>
- [2] 兼宗進. 工学系学科でのプログラミング入門教育-ドリトルを利用して-. 情報処理, Vol.52, No.6, pp.736-739, 2011.
- [3] 兼宗進, 久野靖. プロトタイプ階層を持つ教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」. コンピュータソフトウェア, 日本ソフトウェア科学会, Vol.28, No.1, pp43-48, 2011.

- [4] 兼宗進, 阿部和広, 原田康德. プログラミングが好きになる言語環境. 情報処理, 特集未来のコンピュータ好きを育てる, Vol.50, No.10, pp.986-995, 2009.
- [5] 兼宗進, 久野靖: プログラミング言語「ドリトル」. イーテキスト研究所, 2007.
- [6] 久野靖: 5時間でプログラミングを学ぶ(ドリトル編). <http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/staff/kuno/lectures/GEN/2009-09-Dolbook09.pdf>
- [7] 紅林秀治: ドリトルテキスト(ドリトルを覚えよう). <http://dolittle.eplang.jp/data/pdf/dolittleKurebayashi.pdf>
- [8] 兼宗進: 1時間で学ぶソフトウェアの仕組み, 2009. <http://dolittle.eplang.jp/?1h>
- [9] 株式会社アーテック. <http://www.artec-kk.co.jp>
- [10] 株式会社アーテック: ロボティスト学習テキストA・B.