

# 教育用ロボットとタブレットを活用した研究

～ロボットの遠隔制御を通じて実社会の問題を解決する手法を学ぶ～

ロボット タブレット 問題解決学習

兵庫県立西宮今津高等学校

〒663-8154  
兵庫県西宮市浜甲子園4丁目1番地5号

<http://www.hyogo-c.ed.jp/~imazu-hs/>

## 1. 研究の背景

ICT 機器が発達した現在において、コンピュータやインターネット、タブレットやスマートフォンなどの利用は、現在の高校生には欠くことのできない必須のものとなってきている。さらに ICT 機器を用いた授業の実践もすでに全校種で行われている。ところが、その ICT 機器を制御する仕組み(アルゴリズム等)については、中学校の技術家庭科の授業で「計測制御」の部分を選択履修している中学校の生徒が、若干学習している程度である。(本校に入学する生徒では、中学校でこの部分を選択履修してきた生徒は三割程度にすぎない)このようなことから、生徒は身近に存在する様々な ICT 機器がどのような仕組みで成り立ち動いているのか、といったことを全く意識せず、日常的に利用している現状がある、と推察される。

また、知識・情報・技術が社会の活動の基盤として重要性をもつ「知識基盤社会」では、問題を認識する力や問題解決能力が求められている。そのため、高等学校における学習活動においては、問題を認識する力や問題解決能力向上させる取り組みを実施する必要がある。情報教育がねらいとする教育目標は、最終的には“問題の認識とその解決手段を自ら工夫・実践・評価できる能力”の育成である。日々、高校生と接する中で、多くの生徒が知識を学び与えられた課題をこなしていくことには意欲を示し熱心に取り組んではいるが、自ら課題を発見し解決する学習には、失敗を恐れて臆病になり消極的になる傾向があるように感じられる。

## 2. 研究の目的

本校は、普通科を前身とする総合学科の高等学校である。1年次に高等学校の共通教科「情報」の科目から「情報の科学」「社会と情報」を生徒自身の興味・関心に合わせて選択履修させている。(「情報の科学」の分野の履修者は入学者の30%程度)また、総合学科である本校は、2年次・3年次で共通教科に加え、専門教科「情報」の授業を多く開講しており(2015年度は8科目、特にデザイン系・表現系の授業は充実している)、その中には、1年次の「情報の科学」の内容を発展させた学習を行っている科目がある。(2015年度は2科目)さらに、総合学科の特徴的な科目として、「課題研究」の授業があり、その中には機械工学の分野の研究を行う生徒もいる。

これらの授業で連携し、機器を制御する仕組み(アルゴリズム等)について学び、知識を広めることで、実社会での様々な問題を解決する技術のなりたちを知ることを、本研究の目的とした。また、このような活動の中から、実社会に存在する様々な問題と向き合い、それを解決するために思考し行動することのできる能力の育成を目指した。

### 3. 研究の方法

本研究では、ロボットの制御を学習するにあたって、レゴ社がMITと共同開発したレゴマインドストーム EV3 を用いる。レゴブロックは組み立ても特殊な工具を必要とせず、取り回しが簡単なため、実習教材として有効である。さらに万国共通の部品のサイズ・形状で、小さいころからなじみのある生徒も多いので、多くの説明を必要としない。また制御プログラムを構築するためのツールもあり、プログラム言語による制御にも対応した仕組みをもつため、プログラミングの教材としても有効である。さらに、タブレット端末からロボット制御を行うためのツールもあり、タブレットを利用して遠隔操作も可能である。

研究の実施教科については、「理科」と「情報」の2つの教科を横断し、それぞれの教科の特性を生かし、実践を行う。また、その2教科の実践を融合させるものとして、3年次の科目「課題研究」を活用していく。「理科」の分野としては、ロボットを製作するチームの生徒に、ロボットの動作・動力部分の原理等について力学などの観点から、理科の教員が様々な助言を行う。「情報」の分野では、理科の教員とも連携をとりつつ、3年次の「情報システム実習」の授業を通じて、主にロボットを制御するプログラム・アルゴリズムについて授業を展開し、制御プログラミングの製作、タブレット端末を用いた記録、プレゼンテーションなどを行う。さらに、これらをつなぐものとして、3年次の課題研究の授業を通して、どのような場面で遠隔操作ロボットの使用が有効なのか活用の場面を考え、必要な機能を洗い出し、できあがってきたものを用いて、実際の制御を行っていく。

### 4. 研究の内容・経過

#### (1) 実施科目の設定

本年度研究を実践するにあたり、複数の科目の中から担当する科目のバランス等を鑑み、3年次の「情報システム実習」と、「課題研究」に最も重きをおいて研究を行うこととした。

「情報システム実習」の受講者は、14名(男10名、女4名)であった。本校の在籍生徒の男女比は男4:女6だが、この科目に限っては女生徒の比率が他に比べて低い。これは、同じ選択科目群に保育系の学校への進学を目指す生徒向けの選択科目が設置されているためである。理系に進学を希望する生徒は、同じ選択科目群に理科の科目があり「情報システム実習」を受講することが出来ない。したがって、受講者は文系の大学や専門学校への進学または就職を希望する生徒である。

「課題研究」では生徒それぞれがテーマ設定をし、研究を行っている。そのうち、「物理・化学」系の領域で、「ロボットの制御」を研究テーマに設定した生徒2名(男2名)がチームを作った。そこに領域の統括を担当する理科の教員と、ロボット制御のアルゴリズムからプログラミング等を担当する情報科の教員を1名ずつ配置し、生徒の指導にあたることとした。

#### (2) 生徒の問題解決能力の把握と導入

研究を始めるにあたり、まず、生徒の現在の能力の把握をする必要があった。特に「情報システム実習」の生徒に関しては、若干差があることが予想されたので、簡単な実習を行い、生徒の問題解決発見、解決の能力を測ることとした。

実習の過程はコンピュータを用いずおこなった。20文字程度の短文を用意し、それを校舎4階の実習室から、1階のフロアで待つ仲間へ届ける、というものである。伝達方法は細かく指示はせず、どのように行うのかは生徒自らの力で考えた。ただし伝達には以下の3つのルールがある。

1. 短文は1文字ずつに分割し、カプセルに入れ、1人が1つのカプセルを持って移動する。同時に複数の人

間が移動してかまわない。(⇒パケット通信の原理)

2. カプセルを持って移動する途中、各階段の踊り場を関門とする。
3. 関門で待つ別の生徒とじゃんけんをし、負けるとその関門は通ることが出来ないなので別のルートを通る(⇒ルーターの原理の原理)

このルールに従い、生徒は実習を行った。



図1 分割された文字の入ったカプセル



図2 じゃんけんをする生徒

この実習の結果、様々な問題が生じたが、特に大きなポイントとなったのが、短文を分割する際、目印をつけていなかったため、最後にカプセルをあけて文字を並べても復元(復号)が出来なかったことである。彼らは、与えられた問題に対し、有効な問題解決の手法を見つけることが出来なかったことが、実習の結果からもわかった。

### (3) 実習の積み重ねによるアルゴリズムの考え方の習慣づけ

#### ①「情報システム実習」において

情報システム実習においては、各生徒の問題解決方法を発見する力が若干弱いことがわかったので、解決へと導く手段を自分で見つけることが出来る、ということを目指におき、ロボットを使って図形を描写させた。授業展開の手順は以下の通りで、出来るだけすべてのステップを経るよう心がけた。

1. 図形の形を把握する(頂点の内角、外角の大きさの把握など)。紙の上で手書きで描写。
2. 日本語プログラミングが可能なLOGO言語(今回はマイクロワールドEX)を利用して、手書きした手順と同じになるように、プログラムを日本語で入力。
3. 同じことが、レゴのロボットを使って可能になるよう、ロボットにプログラミングを実施。



図3 プログラミングを行う生徒



図4 図形を描くロボット

最初は四角形や三角形など、簡単な図形から始めたが、最後は星形や円など、少し複雑な形を描写出来るようになった。毎回同じ手順を踏むことにより、描写の際、どの部分に気をつけてプログラムを組み立てたらよいか自然と理解できるようになり、プログラミング作成で欠かせないアルゴリズムの考え方が身につき、問題解決方法を発見する力も徐々に獲得していった。

## ②「課題研究」において

課題研究のロボット制作チームは、もともとロボット制御に興味のある生徒だったため、問題解決能力は比較的高いレベルにあった。そのため、課題研究の目標を、「効率のよいライントレースを行う」という内容に設定し、研究を行った。

まずは、製作したロボットを利用して、白い机の上にビニールテープで描いた直線の上をライントレースさせた。徐々に難易度をあげていき、四角形、楕円など、様々な形状の線の上を走ることが出来るように、プログラムを改良していった。しかし、ラインの形状が複雑になるにつれ、ロボットがオーバーランして机から落下しかける、というケースが多発した。(段ボールで囲いをしていたので落下は防げた)

また、研究の一環として8月にWRO(World Robot Olympiad)大阪大会のベーシック競技に出場した。この部門は初心者を対象としていて、ライントレースとオブジェクト移動がメインの競技だった。残念ながら、結果は2位だった。外の競技会に出場することで目標が明確になり、スピードとトレースの正確性を両立させるために多くの工夫を凝らしたことが、あとの研究で有意義に作用した。

さらに、この大会の出場をきっかけに、ロボットの落下を心配しなくてすむように、コースを作成した。校務員さんの協力のもと完成したこのコースは、1畳ほどの大きさで、10cmの高さの壁で囲われており、落下の危険はない。走行面はプラスチックの化粧板が貼られており、汚れは拭き取りやすくテープを貼ってもはがしやすい。また、校内に大判プリンタがあるため、コースの形状にあわせたラインを描いてプリントアウトし走行面に貼り付けることも出来、より複雑なラインの形成が可能になった。



図5 WRO大阪大会表彰式にて

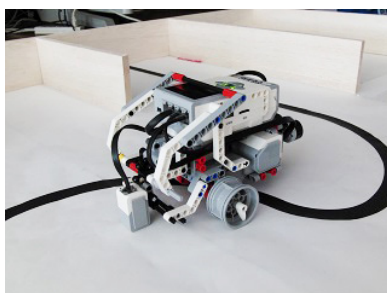


図6 ライン上を走るロボット

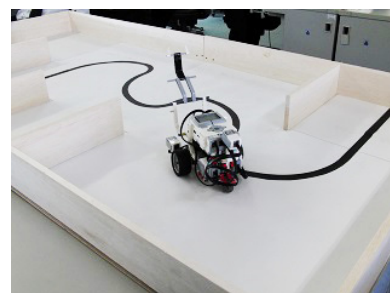


図7 ロボット用のコース

ライントレースは、色を識別するセンサーを複数搭載して行うことで精度が増すが、WROのルールでセンサーが1つしか使えなかった。(センサーが1つでは線を検知するために、ロボットは頭を大きく振りながら前進することになり、この動作に無駄が生じる。)そのため、生徒の課題研究では、センサーは1つでライントレースをすることにした。また、EV3には標準でついている超音波センサーやジャイロセンサーも外し、カラーセンサー1つで理想的なライントレースに近づくように、工夫を行った。

生徒たちは様々なアルゴリズムを考え、試行錯誤を繰り返した。理科の教員は力学的に無駄や無理があれば指摘をし、より効率的なロボットに近づくように助言を行った。(図6の写真ではタイヤの抵抗でどの程度結果が変わるのかを確認するためタイヤをとってホイールのみで走っている)情報科の教員は彼らが考えたアルゴリズムを確認し、不完全な部分は指摘をし、考えた動きを実現するためのプログラミングの助言を行った。

### (4) 問題解決の効率化を目指して

#### ①「情報システム実習」において

問題解決の際、アルゴリズムを意識させることにより、以前に比べ、手順を追った問題の解決が可能になったため、ベーシックな車型のロボットから、ジャイロセンサーをつかった2本の足で自立するタイプのロボットの製作へと移行し

た。この形状のロボットの組み立て図は、EV3 と同時に導入したプログラミング用のソフトウェアに手順のシートが入っていたため、組み立てはそれを参考にした。しかし、単純にシートを参考にするだけではなく、部品がどのように作用し、どういう動きをするのか、といったことを考え、組み立てをしたり、制御プログラミングを作成したりするようになっていた。また、グループでの作業の中で、以前は全員が同じ作業をし、手持ちぶさたな生徒が出る、ということがあったのだが、作業の流れを理解し、細かい部品の組み立てをする生徒、組み上がった部品をさらに併せていって大きなパーツを作る生徒、パーツを組み合わせてロボットを完成させていく生徒、プログラムを行う生徒、といったように、それぞれが作業の行程に併せて自分の動きを考え行動することで作業効率があがった。



図8 分担して作業を行う（左）細かい部品を作る生徒（右）

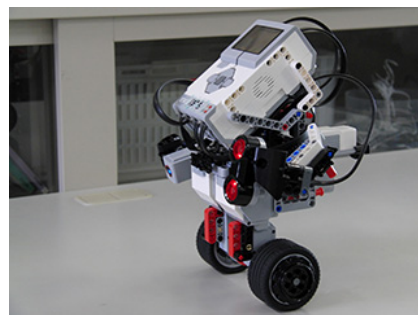


図9 2本の足で自立するロボット

## ②「課題研究」において

課題研究においては、ラインレースの効率化を求める上で、大変有用だったのがタブレットと無線機器の活用である。本校にもともとあった Windows タブレットに加え、iPad mini を購入し、それぞれの特性を活かして、ロボットの遠隔操作や、記録・ふり返りにタブレットが活躍した。

レゴマインドストーム EV3 は、Wi-Fi、Bluetooth、いずれの無線通信にも対応しており、Windows タブレット、iPad mini も同様だった。そのため、ロボットにプログラムを転送するための USB ケーブルを用いなくても、タブレットとロボットの間を無線通信でつなぐことが可能である。また、Windows タブレットはレゴマインドストーム EV3 のデスクトップ版プログラミングツールをそのままインストールして利用することが出来た。iOS 用のアプリも無料で提供されているので、iPad mini でも制御は可能である。マウスが利用可能である、デスクトップ版プログラミングツールをそのまま使える、などの理由から、遠隔操作の実習には、Windows タブレットを用いた。また、動画や静止画の記録には、多彩なアプリが出ている iPad mini が使い勝手がよかった。そのため、プログラムを作成・実行・停止・再構築などの作業は Windows タブレットで行い、動作の記録・検証などは iPad mini を活用することで、その場で動きをすぐに確認して修正する、ということが出来るようになった。さらに、Apple TV や HDMI ケーブルを利用してモニタに接続することで、大きな画面で動きを確認することもできるようになった。このことにより、チーム内で意思疎通を行う際に、どの部分で無駄が大きいのか、どの部分を改良すればいいのかがすぐわかるようになり、さらに作業の効率があがった。



図10 様々な場面をタブレットで記録



図11 タブレットを用いたプログラミング



図12 自分たちの発表も記録

## 5. 研究の成果

### (1)「情報システム実習」において

年度当初に行った実習で、生徒たちは与えられた問題に対し、有効な問題解決の手法を見つけることが出来ず、問題解決手段の発見、問題解決の実行に、若干苦手意識を持っているような部分があった。1年間の実習を通し、特に「こうすれば問題解決ができる」という手順を教えたわけではない。たった一度だけ、小さな手順を積み重ね整理して実行することを教え、あとは実習を数多く用意しただけだった。しかしながら、1年間で、彼らは自らの力で大きく成長した。

総合学科である本校では、1月の下旬に「総合学科発表会」という1年間の締めくくりの発表会がある。情報システム実習の選択者は、自ら作ったロボットを展示会場で展示し、来場した保護者、地元の中学生、地域の人たちに触ってもらい、プログラミングしてもらい、という企画を実行した。ところが当日、プログラミングの説明をするはずだった生徒が、来ることが出来なくなった。以前であれば、そのような事態に際すると、どうしていいのかわからず、不安になっていただろう。しかし、彼らは慌てずに、手順を踏んで役割分担をしておし、正確にプログラミングの方法を解説し、来場者を楽しませることが出来た。



図13 総合学科発表会、展示の様子。在校生だけでなく、保護者や地元の中学生にも説明をした

### (2)「課題研究」において

課題研究のロボット制作チームは、200以上のテーマの研究の中から、学年の代表研究の1つに選出され、11月6日に行われた「課題研究発表会」において、全校生徒の前で「効率のよいライトレースのために」というテーマで発表を行った。そして、この発表は学校代表に選ばれ、11月20日に神戸市立須磨翔風高等学校にて行われた「第17回近畿地区高等学校総合学科教育研究大会 兵庫大会」において、兵庫県の代表発表者の1グループとして、発表を行った。

効率のよいライトレースを求める過程で、様々な研究を重ね、彼らはカラーセンサーから得ることの出来る光の反射値が色によって異なり、その反射値を用いて演算を行い左右のタイヤのパワーをコントロールすることで、出来るだけ無駄を押さえ、どんな形状にも対応出来るようなプログラムを目指した。同時に、センサーが1個しかないことで起こりえる様々なリスクを知り、「フェールセーフ」の重要性を認識した。



図14 近畿総合学科研究大会にて

2人のうちの1人はこの研究を活かして、大学のAO入学試験を受験し合格し、進学の後もこの研究を引き続き行っていく予定である。もう1人も工学系の大学への進学し、機械の制御を勉強する予定である。今回の研究は、チームの2人にとっても、進路を決定する大きなきっかけとなったのである。

## 6. 今後の課題・展望

今年度は、ロボットの製作からプログラミングまで手探りの中で多くの時間を費やした結果、当初予定していた理科の科目との深い連携や、情報科すべての科目の中での体系的なアルゴリズム、プログラミングの導入まで、進めることは出来なかった。

さらに、タブレットの活用に関しては、「遠隔操作」というとりあえずの目的は達成されたが、現状ではリモコンと大差がなく、使い方の工夫が必要である。自律型ロボットの製作が可能なレゴマインドストーム EV3 の特徴を活かしつつも、駆動性の高いタブレットをより効率的に用いる方法を考えていきたい。

また、ロボットの製作に関し、生徒の創造力はこちらの想像を遙かに上回っており、基本部品だけでは部品が足りず、追加の部品を購入して対応した。最近では、国内製、海外製問わず、ロボット教材はレゴマインドストーム EV3 以外にも多くある。実際に、2年次生の3学期末の授業で、スマートフォンやタブレットなどに取り付けて使うことの出来る「Ozobot」というロボット教材を用いたところ、文系の生徒でも興味を示した。今回、レゴマインドストームのプログラミングに際し、最初に日本語プログラミングで動きの流れを確認したように、レゴマインドストーム EV3 以外のロボット教材も組み合わせ、生徒の学習レベルにあわせ柔軟な授業展開を模索していく必要がある。

併せて、無線環境の整備が今年度は十分とは言えず、Bluetooth をメインで活用したが、今後タブレットのさらなる活用を目指して行く上でも、無線LAN環境の整備を進めていきたい。

## 7. おわりに

この研究は火星探査機「はやぶさ」のニュースを見て、「こんなロボットを飼いたいな」とつぶやいたことから、実は始まったものである。この一声で、工業科ではなく普通科を前身とする総合学科の学校で、ロボット製作に必要な設備など何もないところから、ロボットを作る授業をする、という計画がスタートした。授業を受講する生徒たちは、個性の強い集団だった。「課題研究」の生徒は理系だったが、知識はまだまだ高校生のレベルを出てはいなかった。「情報システム実習」は文系の生徒で、正十角形を越える多角形の頂点の角度を求めることすら、最初は難しかった。授業を実施するにあたり、ロボットが動いたことに興奮して生徒が大声をあげてしまい、夏場だったため、隣の棟の授業にも迷惑をかけて、怒られてしまったこともある。それでも、彼らはロボット1体1体に名前をつけるほど熱心に授業に取り組んだ。生徒たちの弛まぬ熱意が、この研究を支えていた、といっても過言ではない。これからも、彼らのような生徒たちと、より発展的なロボットを用いた授業を実施していきたい。

最後に研究を進めるに当たり助成をいただいたパナソニック教育財団の皆様には感謝申し上げます。

### < 参考文献 >

- ・ 西之園晴夫・岡本敏雄『情報科教育の方法と技術』2007 ミネルヴァ書房
- ・ 高本孝頼『知的 LEGO Mindstorms NXT プログラミング入門』2012 CQ 出版
- ・ 瀬戸文美『絵でわかるロボットのしくみ』2014 講談社
- ・ Tim Bell/Ian H.Witten/Mike Fellows(著) Matt Powell (イラスト),兼宗 進 (翻訳)『コンピュータを使わない情報教育アンプラグドコンピュータサイエンス』2007 イーテキスト研究所
- ・ 中植正剛・太田和志・鴨谷真知子『Scratch で学ぶ プログラミングとアルゴリズムの基本』2015 日経 BP 社