

研究課題	ロボットで学ぶ動力伝達のしくみと制御技術
副題	～協働的活動で工夫する機構とプログラミングの複合的な実習を通じて～
キーワード	プログラミング 協働学習 制御 計測
学校名	五條市教科等研究会技術部会
所在地	〒637-0037 奈良県五條市野原中 3-5-43
ホームページ アドレス	http://www.gojo-nar.ed.jp/nochu/

1. 研究の背景

五條市の技術担当教員が集まり、「エネルギー変換の技術」の学習と「制御と計測」におけるプログラミング学習を密接に関連づけて指導計画をたて、協働的なペア学習またはグループ学習を2名から3名で行うことを目標に研究を進めてきた。「エネルギー変換の技術」領域では、ディファレンシャルギアやユニバーサルジョイント、遊星ギアなどの発展的な動力伝達のしくみを組み立てながら学習でき、さらに「情報の技術」のプログラミング学習と組み合わせることにより、課題の解決についてソフトウェアとハードウェアの両方を改善する余地のある教材を使って学習をすすめようと考えた。無線LANやタブレット端末は未導入なのでデスクトップ機での実習を基本とし、プログラムのデバッグはロボットを動かしながら行う方がより有効であると考えられブルートゥースによる転送が望ましいと考えた。

五條市では各校各教科への年間備品予算が6万円程度で、ロボット教材(EV3)の整備は各校年間1台が限界であり消耗品費は全く認められない学校もある状況である。現在EV3は市内4中学校で6台保有しているが、一校分12台程度そろえば何とか数校で共有して実習できる環境になると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、2年次に学習する動力伝達のしくみの知識を生かしてEV3のブロックを組み合わせで課題に応じてカム、リンク機構、ギア等を組み立てて目的の動きを工夫することと、制御プログラムを使って目的の動作を工夫することの2つについてグループでの協働で課題を解決する活動を通じ、コミュニケーション能力の育成と工夫し創造する意欲と能力をはぐくむことを目的とした。また技術の免許担当者のいない学校もふくめ、複数校の技術科の教員で教材と授業を協同運営し、大学等からの助言をもらいながら、複数校で均質で質の高い授業が展開できる可能性を模索しようと考えた。

実際に機械を制御するソフトウェアを考えることと、動力の形を変換できるハードウェアの組み立ての両方の学習に適した教材を有効に使うこと、グループ間で成果を競い他者とコミュニケーションをとりながらよりよいものをつくるために協働して取り組むことに重点をおいた。

課題に挑戦する中でプログラムのデバッグや機構の改善を繰り返し、プログラミングの楽しさと機械への興味の双方を喚起することを想定した。

特に本市の小規模な学校ばかりの中で、生徒が作成した多様なプログラムをロボコンやプログラム作品の例示で交流することにより、自分たちとは全く違った問題解決のアルゴリズムに触れる機会も増えることも期待した。

3. 研究の経過

①時期	②取組内容	③評価のための記録
4月18日	五條市教科研究会技術部会 研修会	
5月8日	学習前調査実施	アンケート調査（生徒）
5月15日	制御と計測のしくみ、問題解決のアルゴリズム	ノート
16日	フローチャートの書き方学習	
6月5日	EV3 本体の説明と基本部分のグループでの組立て	
6月6日	EV3 アプリケーションを使った授業開始 簡単な順次処理プログラムの作成と実行	観察記録・写真（生徒）
6月15日	EducationExpo2019 FutureClassroom 参加 LEGO ブースでの指導法相談, MicrosoftMakecode ベータ版デモ体験	
6月19日	課題①色ラインで停止（カラーセンサの利用）	観察記録・写真（生徒）
6月26日	課題②障害物手前で停止（超音波センサの利用）	作成画面プリント出力
7月3日	課題③条件分岐（光センサの利用）ライントレース	デモ走行の記録
7月4日	公開授業 五條市教科研究会技術部会研修会	参観者からの意見聴取
7月10日	生徒用課題コースの立案と見本プログラムの作成	
7月11日	課題④-1 規定角度分の旋回(ジャイロセンサ利用)	観察記録・ビデオ
7月17日	課題④-2 旋回後の誤差の自己修正プログラム 課題⑤迷路脱出プログラム（超音波・ジャイロセンサ利用）	動作テストの記録 動作テストの記録
8月5日	技術部会研修会 例示用・模範例プログラムの作成	プログラム結果印刷
9月11日	ミニロボコン（迷路脱出）課題提示	
9月18日	グループ別トライアル（ミニロボコン実施）	
10月16日	ロボコン（文化祭発表）課題提示（ライントレース・ライン上 の障害物除去再トレース）	観察記録・写真
11月8日	基本ロボットの改善・改変を行う	
11月13日	文化祭で課題発表（デモ）	
12月8日	発表総括 課題⑥ 範囲内の物体の探知と除去	保護者・来客の感想 生徒グループ間の感想評価
1月9日	課題⑦動く物体と一定の距離の維持	の交換
1月22日	Microsoft Makecode によるプログラム作成実習	観察記録
1月23日	組み立て事例集を参考に、各種機構の組み立て	観察記録・写真（生徒）
1月29日	公開授業（保護者）	
2月5日	機構の動作プログラム作成・動作確認 学習後調査	観察記録・写真（生徒） アンケート調査（生徒）

4. 代表的な実践

(1) ロボットの組み立て、プログラム作成による試行錯誤、機構の改善

事前にアンケートで調査した結果からはプログラミングについては難しいイメージはあるが、興味がある生徒が80%もあるということから関心の高さがうかがえた。実習グループは3人か2人とし、MINDSTORM EV3の基本セットで可能な実習を行った。

①組み立て後のプログラミング実習

プログラムの作成は、LEGO EDUCATION の EV3 ソフトウェア WINDOWS 用を利用し、アイコン型のブロック言語で大半の実習を行った。

ロボットへのデータの転送とデバッグがスムーズに行えるように、Bluetooth の Dongle を購入し生徒に接続設定をさせて毎回無線で転送を行える環境とした。

毎回授業のはじめに課題を提示し、途中でプログラム作成の考え方についてヒントをあたえ進捗の遅いグループには後でプログラム例の提示をするという流れで授業をすすめた。

各課題で使用したセンサは、カラーセンサ（光）、ジャイロセンサ、超音波センサ（測距）タッチセンサで、複数を使う実習も多かった。導入時は、簡単な順次処理の「ラインで停止」からはじめ各センサの閾値などの特性を理解する目的で行った。次に条件分岐のプログラムを各種センサを使いわけながら作成した。ジャイロセンサを使った正確な角度分の旋回については、モータを一定速度より早くすると目的の角度で停止しても必ず回り過ぎによる誤差が発生したがこれを改善するためにプログラムの改善を加えるように指示したところグループによってそれぞれ違う解決法を考えた。超過した回転角度をゆっくりと戻すグループやあらかじめ目標角度の少し手前で停止して速度を緩めて規定の角度まで持っていこうとするグループなど正確さと速さの両立を競う場面が見られ、生徒によるグループ間の比較ができておもしろかった。また競争が生徒の意欲につながった。一方どうしても解決法が見つからずに停滞するグループも複数見受けられ、助言やヒントとなるプログラム例を示しても理解が難しいようであった。課題を解決するための手順を言葉であらわして伝えても、プログラムとして表現するための言語的な力に差があることをあらためて認識した。例として「センサとの距離を40cm～50cmの範囲で維持するため、物体が近づくとロボットが後退し、遠ざかると前進するプログラム」と提示しても、解決例をすぐに考えられる生徒は少ない。ヒントとして「40cm未満なら後進、40cm以上かつ50cmより遠い場合は前進、それ以外は静止」という文に言い換え、さらに分岐を図示すると大半のグループができるようになった。後に、類題を出すとかかなりのグループはすぐにプログラム作成ができた。文で表現された課題の意味を理解する過程で苦勞するグループや、グループとしては課題をパスできていてもメンバの中に理解できていない生徒が多いことが課題として認識された。



ある程度予想していたが、他教科の教員とも授業の交流や意見を交換する中で言語的な力のうち文章の形が変わった時に同じ意味であることを理解する力（同義文認定）や図表や分岐図を見て文やブロックアイコン型プログラムとの同一性を理解する（イメージ同定や具体例同定）の力が課題であると考えられる生徒が一致している場合が多かった。プログラミング学習をはじめるとあって、基本となる言語や推論に関する力は、他教科で必要な力として課題となっていることとも重なり、より取組の重要性が認識され

た。プログラミング的思考の力をつけるためだけではなく、広く教科書や問題を読んで理解する力をつけるため、次年度からの課題として新入生を対象にリーディングスキルテストを実施し、結果と知見をもとに校内の複数教科の担当で授業での発問や練習問題などの課題の改善に反映させていこうという動きにもつながっている。

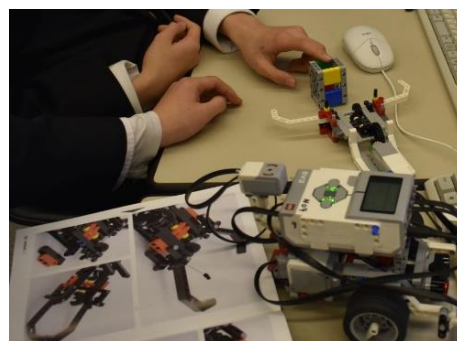
②文化祭での発表

11月初旬時点での学習内容を、文化祭の会場に設置したコースでのデモ走行で発表した。課題は、「曲がり方の度合いが一定ではないコースのライントレースをベースとして、コース上の障害物を検知した場合にコースの外へ移動させた後ライントレースを続け、終端まできたら逆コースを戻っていく」というものと、「前走のロボットと適切な車間距離を維持してライントレースをする」課題の2つを発表した。各グループで似通ったプログラムになったが正確に速く旋回して障害を除き、元の走行パターンにもどる過程でグループ間で差が出た。



③機構の工夫

当初文化祭のデモの前に機構の工夫を取り入れる予定ではあったが、基本セットの残りのパーツでできることが限られているためコンペでの課題から外さざるを得なくなってしまった。発表後に改めてグループに一冊ずつ、アイデアブックを配布し組み立て事例を見ながら「障害物移動」などの特定の動きに必要な機構を選んで組み立てさせた。パーツが足りないこともあったが他のブロックで代替して製作させた。ギアやリンクを選べる余地はあるが実際に技術の授業で学習した機構を参考書なしに組み立てることはできなかった。



本来は、3年の技術・家庭科のうち技術分野は週0.5時間しかなく、年間17時間のうち実習に使える時間は限られている。今回は一部の活動について総合的な学習の時間の活動（「協同的問題解決学習」として実施）のうち12時間以上をあてることができたので機構を工夫する時間を持つことができたと言える。パナソニック教育財団からは、ブロックを使つての機構の実習は、3年のプログラミングの指導と平行して2年の「エネルギー変換の技術」で実施する方がよいのではないかという助言を頂いた。ただ本年度は基本セットを組み上げた残りのパーツに余裕がなく2年生にEV3のパーツでの学習を企画することができなかった。

③MicrosoftMakecodeの利用

新しい学習指導要領に取り入れられた「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングによる問題の解決」について、技術・家庭科の教員のなかでも方向性や具体例が定まりにくい現状である。上記のプログラミングでは、従来のアイコン型の言語ではなく、いずれかの一般的なプログラム言語でコードに関わる必要があると考え、本実習では6月のEducationExpoでLEGOのブースでデモがおこなわれていたMicrosoftMakecodeをつかってEV3のプログラムに取り組みさせた。Web上で動くアプリで、扱い方が2学年の終わりに少し触れていたScratchに似ているため、生徒には受け入れやすく簡単

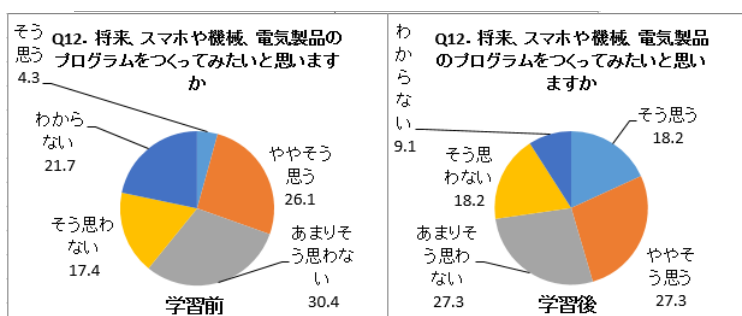
なプログラムをつくることができた。つくったプログラムは同時に別のタグで java であらわされて見ることができるため簡単なコードの意味を説明することができた。また java のコードの数値を変えてロボットの動きが変わる様子が Web 上でたしかめられて初歩的なコードについて触れる程度の学習ができた。

(2) 市教科研究会での市内中学校での協同授業計画

本年度は五條市立の中学校 5 校のうち 2 校が技術の免許外担当で運営し、3 校は免許担当で運営するがそのうち 2 校は 1 人の免許教員が兼任するという形となり兼任 2 校は全く同じ内容での授業を義務づけられたため当初から交流計画に支障をきたした。免許担当者のいない一校の生徒機に E V 3 のアプリケーションをインストールを申請し実習のための準備をすすめてきた。本年度は野原中学校の実習で機構を変えて 3 年生で占有し 2 月まで使用したため機材を他校で運用する余裕がなく出前授業の展開ができなかった。32 年度の 3 年生への出張授業の実施として先送りすることになった。

5. 研究の成果

学習後のアンケート結果から、もともと関心が高かったところにさらに前向きな変化があった。また将来プログラミングに関わりたい生徒も増える結果となり興味関心の喚起には一定の効果があったと思う。特にグループ間に自然と競い合う姿勢が生まれたことが意欲につながった。教室のミニコース



でプログラムを実行しては不具合を確認し、意見を交わしながらパソコンでデバッグすることを繰り返し、目的通りの動作をしたときの喜ぶ様子が印象的であった。文化祭での発表を見た下級生から実習の開始時期の問い合わせや催促があるなど関心の高まりが見られた。

6. 今後の課題・展望

エネルギー変換の教材としては、あまりうまく活用したとは言えなかった。財団から助言を頂いたように 2 年次の実習においてあらかじめブロックを使って典型的な機構や動力伝達のしくみをグループで学習することがより教材の有効な利用につながるとされる。次年度からは拡張キットの整備をすすめ 2 年次の学習に生かしたい。

複数校の交流・出前授業は 32 年度に持ち越してしまったが基本型のロボットで実施することになった。本年度野原中学校で行った課題を精選して実施しようと考えている。

本研究でのプログラミングの実習ではどうしても解決法が見つからずに停滞するグループも複数見受けられ、助言やヒントとなるプログラム例を示しても理解が難しいことがあった。プログラミング的思考の基礎になる読解力、特にイメージ同定や同義文認定・推論などの力については他教科での重要な力とも重なることが教員間で再認識され、複数教科での授業中の発問や練習問題の改善を行いつつ、次年度からは入学時のリーディングスキルテストの実施と研修を行うことを決めた。本研究を通じて、言語的な力や思考力の基礎なしに複雑なプログラミングに取り組む難しさを痛感し、まずそれらの力を効果的に身につけさせる取組の重要性を強く認識できたことから、学校や研究会の取組の重点に反映させていきたい。

7. おわりに

本助成により、ロボットを使ったプログラミング学習が実施できたことにより何より生徒の意欲の高まりが印象的であった。従来使用していた教材に比べ非常に多くの応用例が存在し、可能な実習課題が広まったことで技術教員による研修も活発化し、新しい授業・課題案を模索する取組が定着した。また、複雑なプログラムに取り組むための基礎の力について考える機会となったことが学校や研究会の次の課題にもつながり技術科の取組とともに大切にしていきたいと考えている。

8. 参考文献

Yoshihito Isogawa, THE LEGO MINDSTORMS EV3 Idea Book NO STARCH PRESS