

【 論文 】

中学生ロボットコンテストにおける問題解決過程と教育効果の検討

○室伏 春樹¹・紅林 秀治²¹愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻²静岡大学大学院教育学領域

要約

社会の変化に応じるためには問題発見・解決能力の育成が重要である。中学校技術科ではロボットコンテストと呼ばれる題材が行われており、創造性を高めるものとして教育研究が行われてきた。しかし、ロボットコンテストに関する教育研究では、生徒がロボットを製作する過程で生じた課題に対してどのような対応をしてきたのか検討されてこなかった。そこで、継続的にロボットコンテストに参加した生徒2名を対象にインタビュー調査を行った。得られたデータはSCATにより分析を行い、ストーリー・ラインからロボット製作過程における見通しの形成を考察した。そして、この考察からプロジェクトマネジメントの手引きを援用したロボコンにおける見通しの形成モデルを提案した。提案したモデルは時間的な制約と能力的な制約に対して段階的詳細化を行う反復的なモデルであり、一般的な問題発見・課題解決能力の形成プロセスにも利用できるものと示唆される。

キーワード

技術教育、問題解決学習、見通し、段階的詳細化、プロジェクトマネジメント

I. 問題及び目的

グローバル化や人工知能の普及といった変化の激しい社会を迎えるなか、我が国では子どもたちに求められる資質・能力を社会と共有し、社会と連携・協働していく「社会に開かれた教育課程[1]」が重視されることとなった。また、学習指導要領総則では言語能力、情報活用能力、問題発見・解決能力等を学習の基盤としつつ、次代の社会形成に必要な資質・能力の育成が求められている[2]。この中で中学校技術・家庭の技術分野（以降、技術科と称す）は、これまでも社会の変化に応じた教育内容を扱っており、問題発見・解決能力を育成する学習活動として「技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想して具体化したり、自らの問題解決を振り返ったりする[3]」ことも扱ってきた。つまり、社会に開かれた教育課程の理念を体現している教科であるといえる。

社会の変化および問題発見・解決に関わる技術科の指導の一つに、ロボットコンテスト（以降、ロボコンと称す）を題材とする教育がある。ロボコンは、参加者が共通理解するレギュレーションに基づいて参加者自らロボットを製作・操作し、得点等を競う競技性の高い題材である[4],[5]。中学校においては全日本中学校技術・家庭科研究会が主催する「ものづくり教育フェア」において「創造アイデアロボットコンテスト[6]」が全国規模で実施されており、2022年度に22回目の開催を向かえている。大会は3つの部門で構成され、各部門のレギュレーションは毎年改訂される。また、数年に一度、各部門の競技内容も更新されている。また、近年のSTEM（Science, Technology, Engineering, Mathematics）や芸術、文化、

生活等の幅広い範囲を含めたSTEAM教育の推進を受け、技術教育以外でもロボットを利用した教育研究が行われている[7]-[9]。したがって、ロボコンは教科横断的な学習の題材としての活用が期待できる。

ロボコンの教育効果に関する研究は、技術教育において多く実施されてきた。大塚は、中学校の授業実践でロボコンを実施し、生徒の学習意欲や探究心、思考力の向上や価値観の変容が見られたことを報告している[10]。嶋田らは中学生を対象とした自律型（プログラムで制御する）ロボット教材を利用する授業実践で、生徒はプログラムによる制御に関する知識と関心が高まったことを報告している[11]。加藤らは、小中学生を対象としたロボコンにおいて、ロボットの改造やプログラムの改良等の問題解決活動によって発想が滑らかになっていることを報告している[12]。

一方で、著者らが在住するS県でも創造アイデアロボットコンテストが実施されているが、出場校に限られており、ロボコンの実践が衰退している傾向にある。その主な理由として考えられるのが次の4点である。

①選択教科の廃止

平成15年に一部改正された中学校学習指導要領までは学校教育法施行規則に「選択教科等に充てる授業時数」が示されていたが、平成20年の中学校学習指導要領では削除された[13]。実質的な選択教科の廃止である。先述の大塚や嶋田らの実践が選択教科の時間に実施されたように、選択教科が中学校におけるロボコンの実施に与えた影響は大きい。なぜなら、ロボコンでは競技課題に応じて生徒が主体的にロボットを製作するため、製作時間が

長くなり、費用負担も発生する。また、必修教科のように学習指導要領による内容の規定がない。選択教科の廃止は、中学校におけるロボコンの実施を阻害する要因であったと推察される。

②必修内容の増加

平成 20 年の中学校学習指導要領では、従来、選択して履修させる学習内容であった「エネルギー変換を利用した製作品の設計・製作」または「作物の栽培」と「コンピュータを利用したマルチメディア」または「プログラムと計測・制御」が必修化された[13]。一方で、授業時数は維持されたため実質的な授業時数の削減であった。したがって、指導内容がロボットの機構や電気配線に限定されるにも関わらず、製作時間が長いロボコンは、必修教科で実施が困難な題材であったと推察される。

③免許外教科担任の増加

2018 年に報告された免許外教科担任の許可件数資料[14]によれば、技術科は家庭科に次いで許可件数が多い教科である。上記②は免許を有する教科担任でさえ対応が困難であると推察される以上、免許外教科担任がロボコンを授業の題材で実施することは極めて困難である。また、「創造アイデアロボットコンテスト」の運営は教員の有志によって実施されているため、免許を有する教科担任に負担が集中してしまうことが推察される。

④ロボットの家庭利用が困難

技術科の教科担任は生徒に製作物を家庭に持ち帰らせて利活用させたいという意思が働く。これは、教材費を徴収して製作する以上、製作物を家庭に還元させたいという思いが想定される。また、技術科の学習内容を家庭に伝えたいという思いや、製作物によって問題の解決が図られたか検証させたいという思いも想定される。ロボコンのレギュレーションは後述するように製作したロボットを家庭に持ち帰って利用する用途は想定されておらず、製作題材として忌避されてしまうことが推察される。

つまり、社会や学校教育で求められる資質・能力が変化したことでロボコンの教育効果が評価されてきたにも関わらず、技術科の授業でロボコンを実施することが困難な状況になりつつある。そのため、従来着目されてこなかったロボコンの教育効果を明らかにし、技術教育としてのロボコンの再評価を行う必要があると考えた。

著者らはこれまで自律型ロボットの教材開発を研究[15],[16]してきたため、このような状況に危機感を抱いていた。そのようなとき、科学・技術教育政策の一環として S 県 F 市役所の教育政策課より「創造アイデアロボットコンテスト」出場に向けた指導（以降、ロボットアカデミーと称す）の依頼があり、2016 年から現在に至るまで継続的に活動してきた。ロボットアカデミーの参加資格は F 市在住の中学生であるため、中には中学 1 年生か

ら 3 年間にわたり連続して参加する生徒もいた。彼らの成長を見届けるなかで、生徒がロボコンに参加する中で生じる問題に対して、どのような見通しを持って解決していったのか明らかにしたいと考えたようになった。

本研究において見通しとは、ロボコン挑戦期間において主体的な製作に着手するための理念であり、次に何をすればよいか根拠を持って製作することを指している。つまり、見通しがあれば、先の作業工程を想定した作業を行ったり、残り時間を踏まえて作業内容を決定したりできる。このような見通しをロボコン初挑戦の生徒に提供できれば、主体的な製作活動が可能になると考えた。

しかし、先行研究が明らかにしてきたロボコンの教育効果は、ロボコンという題材を実施したことによって得られるものを評価してきた。だが、実際は参加する生徒ごとにロボットの形状や制御プログラム等は異なり、競技参加できるロボットが製作できる場合もあれば、満足な動作ができずに競技参加できない場合もある。だからこそ、ロボコン挑戦期間という限られた時間における問題解決の過程において、当事者である生徒がどのような見通しを持って活動していたか明らかにしていくことは、ロボコンに限らず問題発見・課題解決能力の形成プロセスを検討していく上で有益であると考えた。

そこで、継続的にロボットアカデミーに参加した生徒を対象に、ロボットアカデミー開始から県大会出場までに生じたロボット製作に関わる問題およびその解決策に関するインタビューを行い、生徒がどのような問題に直面し、それらを課題化して解決していく際に、どこまで見通しを持つことができたか調査した。これは、全くの初学者ではそもそも見通しを持つことができず、ロボット製作に熟知した者では扱う問題が高度になり問題発見・課題解決能力の形成プロセスを検討することが困難になると考えたためである。本稿では調査した結果からロボコンに挑戦したことで得られる見通しに関する能力が、ロボット製作過程においてどのように形成されていくかインタビュー調査から考察し、見通しの形成モデルとして提案を行った。

II. 研究方法

1) 研究参加者

研究協力者は2019年から2021年の3年間にわたりロボットアカデミーに参加したAさんとBさんである。

Aさんは男性で、2019・2020年度は活用部門に挑戦した。父親の影響から機械関係が好きで、プラモデル等の製作経験がある。また、幼少期に動画配信サービスで大学ロボコンの映像を見た経験を有している。プログラミングについては中学校で教育用日本語プログラミング言語「ドリトル」を扱った程度であった。

Bさんは女性で、2019・2020年度は基礎部門に挑戦した。父親の影響から飛行機が好きだがプラモデル等の製作経験はない。中学校ではパソコン部に所属し、ソフトバンク株式会社の人型ロボット「Pepper」を利用したプログラミング経験を有している。

2) 研究環境

研究参加者がインタビュー調査に先立って参加したロボットアカデミーの内容を解説する。2021年度のロボットアカデミーは当初、表1に示す講座計画に従い2021年7月から11月にかけて2時間の講座を対面で計10回実施する予定だった。しかし、新型コロナウイルスの感染拡大を受けた緊急事態宣言の影響で、3から5回はオンラインミーティングサービスのZoomによる実施となった。また、11月に予定されていたS県のロボコン県大会が対面実施から映像審査による実施に変更された。これに伴い、競技動画を撮影する必要が生じたため、アカデミー内でのコンテストは実施できず、自由製作・制作の時間は削減された。参加した生徒は研究参加者も含めて19名であり、各回の講義時間は120分であった。

講座計画に示した内容について、1回目ではガイダンスとしてレギュレーションの確認および講座で利用する計測・制御基板であるmicro:bit[17]（以降、マイクロビットと称す）の利用方法を指導した。図1はマイクロビットの外観である。マイクロビットは英国放送協会が教育向けに開発した計測・制御基板であり、単体でボタンや温度、加速度といったセンサーや、LEDの点灯制御ができる。また、汎用入出力端子を利用することで直流モーターやサーボモーターといったアクチュエーターの制御もできる。マイクロビットのプログラミングには、インターネット上で公開されているブロックプログラミング環境であるMakeCode[18]（以降、メイクコードと称す）を利用した。図2はメイクコードの画面概観である。メイクコードはマイクロビットで実行可能な命令がブロックのアイコンで表現される。これにより、ブロックを組み合わせることがマイクロビットを制御するプログラムの制作行為となるので初学者にも扱いやすい。

表1 ロボットアカデミーの講座計画

| 回 | 日程 | 内容 | 詳細 |
|----|-------|------------|------------------------------------|
| 1 | 7/9 | ガイダンス | ・ルール・進め方の確認 ・マイクロビットのプログラミング |
| 2 | 7/16 | はんだづけ組立て | ・ギアボックスの製作 ・モーターおよび電池ボックスのはんだづけ |
| 3 | 9/3 | 移動プログラム | ・移動ロボットのプログラミング |
| 4 | 9/10 | サーボモーター | ・サーボモーターのプログラミング ・アイテム回収機構の構想 |
| 5 | 9/24 | 回収機構製作 | ・アイテム回収機構の製作 ・プログラムによる動作検証 |
| 6 | 10/1 | アカデミーコンテスト | ・大会ルールに基づくコンテスト（中間） |
| 7 | 10/8 | 距離センサー | ・距離センサーを利用したプログラミング |
| 8 | 10/22 | 自由製作・制作① | ・アイテム保持の改良 ・センサープログラム等の改良 |
| 9 | 10/29 | 自由製作・制作② | ・アイテム保持の改良 ・センサープログラム等の改良 |
| 10 | 11/5 | アカデミーコンテスト | ・大会ルールに基づくコンテスト（最終） |

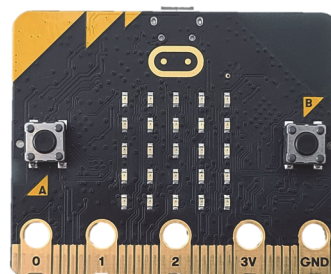


図1 マイクロビットの外観

（横 50mm×縦 42mm×幅 11mm（ボタン等突起部除く））



図2 メイクコードの画面外観

2 回目はロボット本体を構成する各種部品の製作を指導した。これまでのロボットアカデミーの指導経験を踏まえ、ゼロベースでの製作活動は困難であると認識していたため、図 3 に示すサンプルロボットの製作を指示した。このサンプルロボットは 2 つの直流モーターを駆動部に利用し、1 つのサーボモーターを作業部に利用している。サーボモーターとは計測・制御基板からの電気信号でモーターの回転角を制御できるアクチュエーターである。これらのアクチュエーターは図 4 の回路によってマイクロビットと接続される。三端子レギュレーターと 2 つのコンデンサ（C1、C2）は 6V の電源をマイクロビットが動作する 3.3V の安定的な電圧となるよう調整するために利用した。モータードライバはマイクロビットから出力される制御信号を増幅し、直流モーターを動作させるために利用した。各部品はブレッドボードとジャンプワイヤーによって結線させた。このような部品選定は、著者(室伏)が生徒に対して複数の選択肢を提供したいという想いで行った。この回でロボットの完成を予定していたが、作業の遅れにより次回以降に持ち越された。

3・4 回目は直流モーターおよびサーボモーターのプログラミングの指導を予定していたが、前述の通りロボット製作の延長となった。Zoom によるリアルタイムの遠隔指導では、ブレイクアウトルームを利用した少人数指導の体制をとったが、生徒の手元の様子が分からず、部品の固定補助や微調整といった支援ができなかった。そのため、ロボコン経験者等と未経験者で進捗状況に差が生じていったが、作業が進む生徒にはプログラミングの指導を行うことで対応していった。

5 回目からは、大半の生徒がプログラミング作業に移行していった。6 回目はロボットアカデミー内の中間コンテストを実施する予定だったが、ロボット本体やプログラムの制作ができていない生徒が多数だったため、中止した。この回から対面による指導となったことで指導体制の改善は図られたが、進捗状況の差を埋めるには至らなかった。そのため、7 回目の距離センサーについての指導は、進捗状況の良い生徒を対象に説明を行った。

その後の 8 から 10 回目については、10 月末までに映像審査用の動画撮影が必要であったため、日程の前倒しや補講の開催などを行う対応をとりつつ、生徒はロボット本体とプログラムの作成を行っていった。

その後、11 月に行われた県大会では研究参加者の A さんが 2 位となり、上位の大会に進出することとなった。B さんは映像撮影時点でロボットの制御ができていなかったが、県大会出場に必要な資料とロボットの PR 動画を作成することはできたため、出場することができた。

3) インタビュー調査の概要

データ採取方法について、筆者(室伏)との個別インタビ

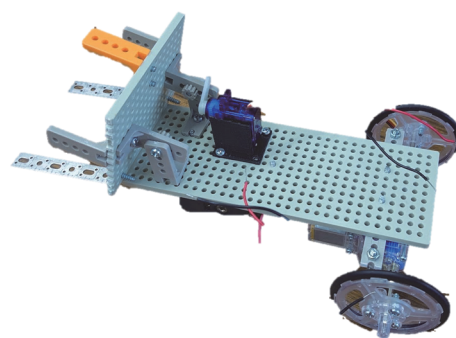


図 3 サンプルロボットの外観
(長さ 220mm×幅 110mm×高さ×120mm)

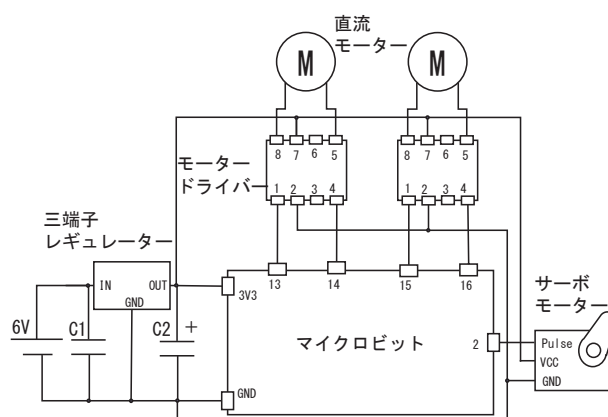


図 4 サンプルロボットの回路図

ューを A さん（2021 年 11 月）、B さん（2022 年 1 月）それぞれに 1 回ずつ実施した。インタビューはオンラインミーティングサービスの Google Meet を利用した形式的面接で、開始時に目的および内容、個人情報の保護等に関する倫理的配慮を説明の上、対象者の承諾を得た。採取内容は「今年度のロボコンのスタートから大会までの製作過程」であり、半構造化面接として研究参加者の反応に合わせて追加質問を投げかけた。

4) 分析方法

インタビュー調査で採取したデータは SCAT (Steps for Coding and Theorization) [19]により分析を行った。SCAT は<1>データの中の注目すべき語句、<2>それをいにかえるためのテキスト外の語句、<3>それを説明するようなテキスト外の内容、<4>そこから浮かび上がるテーマ・構成概念、の 4 段階のコーディングと、得られたテーマ・構成概念を紡いだストーリー・ラインから理論抽出を行うことを目的としたデータ分析方法である[20]。

本研究はロボット製作において生じる問題に対して、どのような見通しを持って解決していったかを明らかにしようとしている。そこで、インタビュー調査で採取されたデータから理論抽出を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1) Aさんのインタビュー分析

Aさんのインタビューを SCAT により分析した結果の一部を別表 1 に示す。なお、ストーリー・ラインと理論記述およびさらに追究すべき点・課題には割愛したコーディング内容が含まれる。以降、理論記述において見通しに関して関連がある内容に対する結果と考察を示す。

〔 〕で囲まれたものは SCAT で抽出したコードである。

ア) [想像と実際の動作のすり合わせ] には [競技参加に向けた実験場の能動的利用] が必要である。

[創造と実際の動作のすり合わせ]

ロボットを製作して参加するロボコンにおいて、実際に動かし、検証を繰り返すことが必要である。たとえば車輪の位置 1 つにしても、前後の重量バランスや路面との干渉具合が変わってくる。そのため、自分の想像した動作となるまで、部品の位置や取り付け角度などを細かく調整が繰り返されていく。

[競技参加に向けた実験場の能動的利用]

すり合わせした結果を確認するためには、レギュレーションに示されたコートが準備されていなければならない。しかし、たとえコートがあったとしても上述の通り細かく調整する意欲が必要である。この試行は何のために行うのかを自覚しなければならない。

A さんから得られたテキストでは、オンライン指導時を振り返って「結局、ロボットの動きがどうなるかっていうのを想像しながら作るみたいな感じになって、そういう面では結構厳しいかなっていう気がします。」とあった。これは競技に向けて様々な検討を想像しても、実際にコート上で試行しなければ課題は見えてこないということである。経験として検証を繰り返す必要性を理解していることがうかがえる。

イ) [競技ルールを越えた普遍的な制約条件] は [ルールに則した手段の再構築] の前提として扱われる。

[競技ルールを越えた普遍的な制約条件]

ロボコンの参加経験がなかったとしても、競技参加者は生活経験を通して「軽量であれば動きが速い」「重心の位置が悪いと倒れる」といった普遍的な事実を理解している。これらはレギュレーションに示されている内容ではないが、競技に参加する上での制約条件となる。

[ルールに即した手段の再構築]

ロボット製作当初は、競技参加者が有する普遍的な制約条件によって製作が進んでいくが、試行できる段階に進んでいくと当初の予想通りに動作しない場面が表出する。そのため、改めてレギュレーションを確認し、解決方法の再検討が行われるようになる。

A さんから得られたテキストでは「基本的に不要なものを排除して、なるべく軽い車体を作ろうというコンセプトは変わらないんですけど、その中で、ちょっとずいらないものは弾いたって感じです。」とあった。レギュレーションでは重量や構造的な強度の定義はない。サンプルロボットで利用していたセンサーやサーボモーターを駆使しつつ、軽い車体を作るという「こだわり」をロボット製作の指針としていた。

その一方で、A さんから得られた別のテキストでは「実践してみたら、相当スピードを出してもボール落ちない、ということが分かって。じゃあサーボモーターでわざわざ角度つけてボール落ちないようにする必要ないなっていう。」とあった。試行や残りの講座回数を判断して部品の要不要を判断している。「こだわり」として変えない部分と、目的に応じて柔軟に対応する姿勢が見られた。

ウ) [具体化したロボットによる能動的な実験] は [空想から構想への変化] を生む。

[具体化したロボットによる能動的な実験]

ロボコンにおけるロボット製作は、市販のプラモデルのように製作する手順も完成形も定まっていらない。それはロボコン経験者も同様であり、一度の製作で完成させるわけではない。

[空想から構想への変化]

頭の中で想定した動きと実際のロボットの動きを比較して、調整を進めていく。ロボットの動作として自分のアイデアが具体化することで、自分の考えを確信したり、不備に気づいたりすることができる。

A さんから得られたテキストでは「市役所に行って受講するようになるまでに、ロボットの基本的な操作、この前言ってた時間でやる操作は、ある程度は理解して、自分である程度のところまでは作れるっていう感じの段階に入ってた、機構の方も、市役所に行く前に考えていた感じなので、一応ある程度はできてました。」とあった。

一方で別のテキストでは「最初は赤外線センサーを使って壁とかを全部感知しながら。で、一応、機構のコンセプトは変わらずで、軽くて、それなりの剛性を持たせるっていう感じだったんですけど。で、当初はサーボモーターを使おうと最初から考えていて、プラスで赤外線センサーっていう感じで考えてたんですけど。」とあった。もともと想定していたセンサーやサーボモーターの利用は、最終的なロボットでは採用されなかった。実際にものを動かすことで、考えが具体的に变化していったことがわかる。

エ）[直観に基づく問題解決の見立て]は競技種を越えて機能する。

〔直観に基づく問題解決の見立て〕

ロボコンではアイテムの回収等によって得点が入るレギュレーションが示される。そのため、効率的にアイテムを回収する移動経路や、アイテムの回収方法について競技参加者が考えてロボットを製作しなければならない。

Aさんから得られたテキストでは「ハードウェアの方も確かに構造が単純なので楽し、プログラミングの方も、はまってしまえば結構点が取れるような感じで。自分のミスとかがないので、まあ楽しかったという感じ。」とあった。ロボット本体のハードウェアについては、前年度までとは異なる部門の参加であってもサンプルロボットから構造を理解していたといえる。また、「はまってしまえば結構点が取れる」とあるように、レギュレーションに沿って実行できる攻略方法を頭の中で検討していた。そして、この検討に基づきロボットという具体物として表現することができていた。

2）Bさんのインタビュー分析

BさんのインタビューをSCATにより分析した結果の一部を別表2に示す。なお、ストーリー・ラインと理論記述およびさらに追究すべき点・課題には割愛したコーディング内容も含まれる。以降、理論記述において見通しに関して関連がある内容に対する結果と考察を示す。
[]で囲まれたものはSCATで抽出したコードである。

ア）[ブラックボックスとの対峙]の際は[普遍的な問題解決手段の確立]によって[問題の分解と理解]が促進される。

〔ブラックボックスとの対峙〕

ロボコンではレギュレーションが毎年変化するため、経験者であっても初めて取り組む内容が存在する。コンピュータは典型的なブラックボックスであり、入力したプログラムが出力されるまでの流れを全て把握することは困難であるが、プログラムにミスがなければ一定の出力が得られる。そのため、ロボットの動きが想定と異なる場合は、プログラムで示した内容に問題があるのか、ロボットの機構自体に問題があるのかといった競技内容とは異なる問題解決を行う必要が生じる。

〔普遍的な問題解決の確立〕

学校での活動も含め、生活経験は競技参加者にとって問題解決を行うためのアイデアやヒントの源泉である。異なる事象であっても、その共通点に気づくことで、問題を解決するための見通しとなりうる。

〔問題の分解と理解〕

ロボットは複数の部品で構成されている。そのため、ロ

ボットが上手く動かず、何から着手していけばよいかわからない場合も、問題を個別の要素に分解していくことで、一つひとつの理解が進んでいく。

Bさんから得られたテキストでは「(配線の)量も多いし、なんか理解が難しい」とあった。Bさんにとって今回の配線で利用したブレッドボードは仕組みがわかりにくいものであった。この点は指導者が提供した材料および資料に問題がある。ロボット本体とのサイズを考慮して小さいブレッドボード（長さ 45mm×幅 34.5mm×高さ 9mm）にセンサーや直流モーター、直流モーターを駆動するモータードライバが密集した。どの線と線がつながっているのか一見してわからない状態であった。

一方、利用経験のないマイクロビットをプログラムする際は、Bさんが所属するロボット部で扱ったPepperのプログラミングで培った経験を活用していた。Bさんから得られたテキストでは「Pepperで思ったことは、難しくしちゃうと、もう、自分の中でわからなくなってしまうってことがあったので。できる限り簡潔にしようっていう」とあった。この「できる限り簡潔にする」というのは、Pepperのプログラムだけに適用可能な問題解決手段ではなく、プログラミング一般に通用する。Pepperで学んだことが別の内容に転移し、実践されたということがわかる。

あわせてBさんから得られた別のテキストでは「もともとブロックが作られているじゃないですか、マイクロビットって。なので、マイクロビットだけを動かすってなると意外に簡単になって、思った印象は、私の中ではありました。」とあった。ロボットの配線では困難を抱えた面が見られたが、マイクロビット単体でプログラムを行うことは「意外に簡単」な印象を持っていた。

イ）[問題状況のふわっとした理解]から[抽象化による問題の分解]が進む。

〔問題状況のふわっとした理解〕

ロボコンのレギュレーションに沿ってロボットを製作する過程において、参加者間で「こだわり」の箇所は異なる。必要と感じた箇所に自身の資源を集中させるためには、限られた時間で全てを理解しなくても良いとする割り切りが求められる。

〔抽象化による問題の分解〕

ロボット製作において生じる典型的な問題は、自分の想定通りにロボットが動かないことである。動かない理由には原因があるが、原因は一つであるとは限らない。原因を追究し、解決していくためには問題を分けていく必要がある。

Bさんは問題状況を最初から細かく観察していたわけではなかった。苦戦した配線について完全な理解をしていなくても、動作していることは間違いなく、時間的な制約もあったためそのままにしていた。

その一方で、ボールを回収する作業部についてのBさんから得られたテキストでは「アームの部分では、もう去年までの基礎部門とは少し、自分で操縦できない分、難しくはなっていたんですけど。まあ、考える上では、そこまで変わらないかなって。」とあった。これまでの経験から理解している部分については、その共通点と相違点を判断し、問題解決を行っていたことがわかる。

ウ) [科学的な実験プロセスの遂行] に向けた [目標の明確化と手段の最適化] が行われるためには [直観に基づく問題解決の見立て] が必要である。

[科学的な実験プロセスの遂行]

実験により未知な事象を明らかにするためには、既知の事象を固定した上でパラメーター等を少しずつ変化させていく必要がある。ロボコンでも動作しない原因追求を行うためには、異常な箇所を特定していくために正常な箇所を留めて修正作業を行う。

[目標の明確化と手段の最適化]

ロボットの製作が進んでいくと、部品の使い方やプログラムの組み方が上達してくる一方、ロボコンに挑戦するまでの時間は少なくなっていく。限られた時間の中でできることを実現していかなければ、ロボットの製作は進んでいかない。

Bさんから得られたテキストでは「プログラムを決めて、そこから形をたぶん変化させた。」とあった。Bさんはロボコン挑戦にあたり、始めにどのように動けばよいか考えることから構想が始まっている。これは「こだわり」を持っていたAさんとは異なる考え方であるが、これまでのロボットアカデミーの経験等から導かれた見立てである。そして、決定した動きにあうロボットを製作しようとしていた。後先を考えずに行動するのではなく、問題解決の方法を固定した上で製作の構想を行い、製作していることがわかる。

Bさんから得られた別のテキストでは「急がなきゃいけない状態だったので、同じ長さを計れば、それってすぐ動くじゃないですか。ギザギザって。同じ長さで同じ時間にしておけばすぐ動けるから。いかに簡単にやろうかっていう考え。」とあった。県大会に向けた撮影の時期が迫る中、Bさんは残り時間を意識してプログラムを急いで作成していた。この「いかに簡単にやろうか」は、これまでの生活経験を踏まえた考えとしても理解できるが、「急がなきゃいけない状態」という環境も影響している。迫る期日にむけて、何から先に実行しなければならない

か、取捨選択が行われたといえる。

IV. 考察

SCAT による分析結果を踏まえ、研究参加者がどのような見通しを持って問題を解決していったか考察する。また、考察を踏まえ、プロジェクトマネジメントの知見を援用したロボコンにおける見通しを形成するモデルを提案する。そして、ロボコンにおけるプロジェクトマネジメントの援用が適当であるか検討した後、本研究の限界と課題をまとめる。

1) ロボコンにおける見通しに関する考察

第1章で述べたように、本研究における見通しは、ロボコン挑戦期間において主体的な製作に着手するための理念であり、次に何をすればよいか根拠を持って製作することを指している。分析結果から見通しに直結する理論として挙げられるのは、Aさんのエ)とBさんのウ)である。Aさんにとって過去2年で参加した部門とは異なる競技内容でも、これまでのロボット製作の経験から、どのように動きが得点につながるか早い段階から意識していた。このような見立ては、ロボットの構造や制御プログラムにまで影響を及ぼす。自身がこれまで扱ってきた部品から問題解決の方法を見立てることで、必要な部品の特定や製作、プログラム調整に必要な時間について検討できるためである。また、Bさんは最終的にロボットをプログラムで制御できなかったが、大会の期日に間に合わせるために残り時間を意識し、製作物の簡易化を行っていた。製作者としての自身の能力を考慮しつつ、大会出場までの時間的な制約を踏まえた対応を行っていたことから、残り時間を踏まえて製作していたことが推察できる。つまり、見通しを形成するためには時間的な制約と自身の能力的な制約の2つの制約条件の認識が必要であるといえる。

この2つの制約条件を認識した上で、具体的な見通しを立てていくための理論として挙げられるのが、Aさんの「[具体化したロボットによる能動的な実験]は[空想から構想への変化]を生む」と、Bさんの「[問題状況のふわっとした理解]から[抽象化による問題の分解]が進む。」である。ロボコンにおけるロボットは、製造方法が定まっている大量生産品でも、大量生産することを目的に製作される試作品でもない。Aさんはこれまでの経験に基づいて構想したロボットを実際に製作し、競技コートでの試行を通して部品の要不要を判断していった。試行の中で問題を発見し、それを改善していくことで、自らの構想と現実のロボットの一致が図られていった。また、Bさんは製作の中で個人として優先したい事項を振り分け、理解できると感じたところは後回しにするといった作業配分が行われていた。ロボットの全体像を明確

に定義してから作業するのではなく、製作しながらロボットの構想を明確にしていっていった。自身の能力的な制約に捉われて作業を進めないでいると、時間的な制約が厳しくなっていく。実現の成否が不明な状況であっても、具体的な解決策を考えて試行錯誤することで、問題状況が明確になり、課題として分解できるようになる。このような過程は段階的詳細化と呼ばれる。これはプロジェクトが進むことで得られる情報が増えることで作業等の見積りが正確になり、プロジェクトの計画書がより詳細になる反復的なプロセスのことである[22]。2人の研究参加者はこれまでのロボコン参加経験をもとに、段階的詳細化を行うための具体的な解決策を考えることができたことと推察される。

では、ロボコン参加経験がない場合に段階的詳細化を行うには、どのように具体的な解決策を考えさせればよいのだろうか。Bさんのインタビューより得られた理論である「[ブラックボックスとの対峙]の際には[普遍的な問題解決手段の確立]によって[問題の分解と理解]が促進される」より、まずはブラックボックスであるロボコンの構造や仕組みを理解していく必要がある。その際はAさんのインタビューより得られた理論である「[想像と実際の動作のすり合わせ]には[競技参加に向けた実験場の能動的利用]が必要である」より、目的とする動きの実現を目指して競技コートで反復的な試行が求められる。この点において、Ⅲ章の図3に示したようなサンプルロボットの提示は有効である。基本となる動作を試行させ、段階的詳細化を引き出すためには、その契機となるロボットが必要である。また、時間的な制約と合わせて必要と考えられる作業を提示しておくことも段階的詳細化を引き出すためには必要な要件である。

2) ロボコンにおける見通しを形成するモデルの提案

前節の考察を踏まえ、ロボコンにおける見通しを形成するためのモデルを図4に示す。このモデルは図5に示したプロジェクトマネジメントの手引きで示されたプロセス群の相互作用[23]を援用した。プロセス群(立ち上げ、計画、実行、管理、終結)とはプロジェクトマネジメントで定義されているプロセスの集合であり、各プロセスは入力と出力の要素が定義されている。ロボコンでプロジェクトマネジメントを援用することについては次節で考察する。プロセス群の相互作用と本モデルの違いは大きく2つある。

1つは、時間的な制約と能力的な制約の2軸にプロセス群の相互作用を位置づけたことである。図5では相互作用を示しているだけで、時間的な制約や能力的な制約については図式的に表現されていない。時間的な制約についてはプロジェクトの有期性という性格上、立ち上げから終結に向かう時間軸が暗黙的に理解される部分である

ため、特に能力的な制約を位置づけたことが重要である。なぜなら、プロジェクトマネジメントの手引きに基づくプロジェクトの進行は、一般的に有職者や有資格者であるため、プロジェクトに参加する時点の知識や技能といった能力的な制約は問題とされない。もちろん、プロジェクトが想定通り進まないことはあるが、必要な能力を有していない者をプロジェクトのメンバーに選出することはプロジェクトの成否に関わる。つまり、能力的な制約がプロジェクトマネジメントにおいて問題にはならない。一方、本モデルは初学者を対象としており、ロボコンにおける知識や技能といった能力的な制約が存在する。この能力的な制約は、時間経過(時間的な制約が増加していく)とともに、減少していく。インタビューの分析結果であるAさんのア)からウ)やBさんのア)、イ)では、時間経過とともに製作するロボットの構想が固まっていき、完成に近づいて行ったことが説明されている。

もう1つは、計画、実行、管理のプロセス群における相互作用をロボコンにおける見通しとして整理したことである。図4では計画、実行、管理のサイクルを2段階まで表現しているが、2つの制約条件の拘束次第で、多段階まで拡張して表現できる。図4では点線で囲まれた計画、実行、管理の部分を初期構想段階、実践で囲まれた計画、実行、管理の部分を製作段階として表現している。ただし、能力的な制約は、時間的な制約が無くても改善されない場合がありうる。そのため、製作段階の管理から次の計画に移行する点線矢印は能力的な制約が減少する下方向と、能力的な制約が変化しない右方向に延びている。また、図5では実行と管理の双方から終結に向かう相互作用が示されていたが、ロボコンにおける見通しではロボットを実際に動かして終結に向かうことが適切であるため、終結に向かう始点は実行のみとした。インタビューの分析結果であるAさんのエ)とBさんのウ)では競技における問題解決の方法を見立てた上で、ロボットの製作が進んでいったことが説明されている。

3) プロジェクトマネジメントに基づく検討

前節の考察では、プロジェクトマネジメントにおける段階的詳細化に基づきロボコンにおける見通しのモデルを提案したため、ロボコンにおける活動がプロジェクトマネジメントを援用する内容を含んでいるか考察した。

ロボットアカデミーの活動は県大会までの決められた講座回数で、レギュレーションに基づくロボットを生徒が製作した。そのため、有期性と独自性を有するプロジェクト[20]であったといえる。なお、以降の太字体の用語はプロジェクトマネジメントの手引に示されているものである。

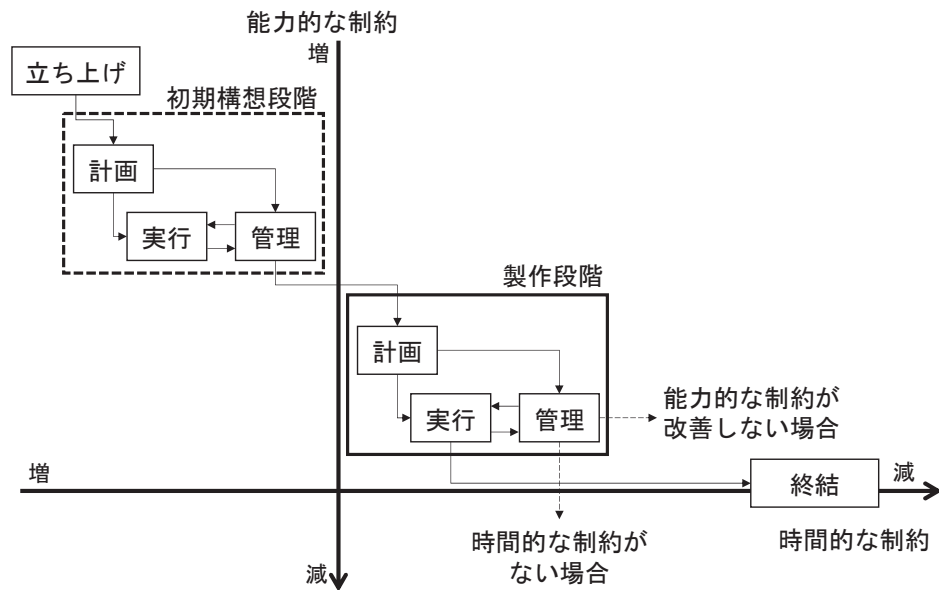


図4 ロボコンにおける見通しの形成モデル

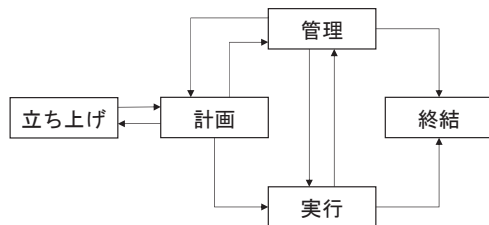


図5 プロジェクトマネジメントにおけるプロセス群の相互作用のモデル[23]

Aさんはロボット製作にあたり、[直観に基づく問題解決の見立て]を重視し、自らが理想とする[競技ルールを越えた普遍的な制約条件]を科すことで[ルールに則した手段の再構築]と[競争原理に基づく自己改善]を行っていた。とくに自らが理想とする[競技ルールを越えた普遍的な制約条件]を科すことは、本人の意向とは関係なく設定されたロボコンのレギュレーションに対し、プロジェクトを円滑に進めていくための指針として機能したと推察される。そのため、ここでのレギュレーションは、プロジェクトマネジメントにおける**プロジェクト憲章**として機能したといえる。

プロジェクト憲章とはプロジェクトの実施を正式に許可する資料であり、プロジェクトの目標や期待する成果物を文書化したものである。研究参加者らが挑戦した計測・制御部門のレギュレーションでは、ICT (Information and Communication Technology) を利用するスマート農業がテーマに設定されていたが、Aさんは経験者としてプロジェクト憲章以外のこだわりを見せていた。このこだわりがプロジェクト憲章を受けて策定される**プロジェクト全体計画**となったと捉えられる。**プロジェクト全体計画**はプロジェクトの実施理由や期待される成果物を誰が、

どのように提供するか設定する資料であり、プロジェクトの実施方針を示すものである。ただし、プロジェクトマネジメントにおける計画は段階的の詳細化によって更新されるものであるため、実施方針は最初から確定されるものではない。そのため、実際の作業における[ルールに則した手段の再構築]を行っていた場面でも、必要に応じた判断ができたと考えられる。また、[目標の明確化と手段の最適化]が行われた場面ではロボットが完成できないというリスクの特定、リスクの分析、リスクの評価が行われていたと捉えることができる。さらにこれまでの参加経験から[競技参加に向けた能動的実験場の利用]が[想像と実際の動作とのすり合わせ]に必要であると捉えていることは、昨年度のプロジェクトで得た教訓の活用が行われていたといえる。

Bさんも同様に[普遍的な問題解決手段の確立]によって[問題の分解と理解]を行ったことから、これまでに得た教訓をロボコンに適用している。とくにBさんは別のプログラミング経験を一般化し「できる限り簡潔にする」ことを指針としていた。この指針はAさんとは異なるものだが、**プロジェクト全体計画**の実施方針として意識されたと推察される。また、[直観に基づく問題解決の見立て]から[目標の明確化と手段の最適化]を図り、[科学的な実験プロセスの遂行]を行う中で、Bさん自身が**プロジェクト作業の指揮**を自分でとりながら、作業内容等の変更の**管理**や**スケジュールの管理**を行っていたことがインタビューからもうかがえた。一方で[抽象化による問題の分解]で[問題状況のふわっとした理解]はリスクの特定とリスクの分析を鈍らせ、リスクの評価や変更の**管理**を困難にする側面もある。安全衛生の観点からリスクについては指導者側と安全衛生面で段階的詳細化を与えていたと考えられる。

これらの検討を踏まえると、ロボットアカデミーの活動は、プロジェクトマネジメントの手引に示されたプロセスに該当する内容が複数含まれているといえる。とくに3年間継続して参加した研究参加者は、過年度までに**得た教訓**を活用して取り組んでいた。今回の研究参加者から採取したデータは**得た教訓**として、次回以降のロボットアカデミー参加者に還元していく予定である。

4) 本研究の限界と課題

第一に、本研究の研究環境は学校教育現場ではなく、社会教育の一環であった。したがって、本稿で示した考察が技術科の授業で行われるロボコンにそのまま還元されるものではない。研究参加者は3年間継続して参加した以上、技術的な興味関心があり、意欲も高い生徒であった。講義時間も各回120分のため、試行錯誤する時間も確保されていた。一方、学校教育現場では生徒の興味関心や意欲は様ではなく、ロボコンを行う講義時間も限られている。また、I章で指摘した①から④の理由も、技術科の教科担任にとってロボコンを授業の題材として扱い難しくしていることが想定される。

一方で2021年度にロボットアカデミーが挑戦した計測・制御部門は技術科の学習指導要領の内容に即している[24]。I章で指摘した③免許外教科担任の増加は各自治体の対応に依拠するが、①選択教科の廃止と②必修内容の増加については、ロボコンを題材として選択しない強い理由とは言えなくなった。また、中学校教材整備指針では新規に計測・制御用プログラミング教材を2人に1台程度を目安に整備することが示された[25]。したがって、④ロボットの家庭利用が困難であることもロボコンを題材して選択しない強い理由とは言えなくなった。残される課題は、少ない授業時間数の中で調整に必要な時間をどのように確保するかということである。

第二に、研究参加者がロボット製作において生じる問題に対して形成していった見通しは、研究参加者のロボコン参加経験に依存するものであった。これはロボット製作に利用する部品を把握できていたというだけでなく、過年度に参加していた他のロボコン参加者の作業内容や進捗を見ることができていたという点で、見通しの形成に有利であった。III章で述べた研究環境のように、オンラインでの指導では、他の参加者がどのような作業をしているか、どこまで作業を進めているかを確認することは困難である。学校教育現場におけるロボコンを実施する場合は参加者全員が未経験の状態からとなるため、研究参加者のインタビューより得られた理論をそのまま還元することは難しい。しかし、本章で提示したロボコンにおける見通しを形成するモデルは指導者の支援のもとで、初学者に対しても機能すると考えられる。なぜなら、このモデルはロボコン以外を対象とする場合であっても、

プロジェクトと見なすことができれば見通しの形成につながる汎用性を有している。そのため、一般的な問題発見・解決能力の形成プロセスとして、技術科であればロボコン以外の製作題材において予め提示しておくことで、初学者のロボコンにおける見通しの形成につながると想定される。ただし、知識や技能に関する能力的な制約に基づく作業量は個別の事情によるため、適正量の調査が必要である。

V. おわりに

本稿ではロボコンに参加した研究参加者のインタビューより得られたデータをSCATにより分析し、得られたストーリー・ラインから研究参加者がどのような見通しを持って問題解決を行っていったか考察した。そして、考察した内容に基づき、ロボコンにおける見通し形成するモデルを提案した。提案したモデルは時間的な制約と能力的な制約に対して段階的詳細化を行う反復的なモデルである。このモデルはプロジェクトマネジメントの手引きを援用しているため、技術科におけるロボコン以外の製作題材においても指導者の支援により見通しの形成に寄与することが示唆される。

謝辞

研究参加者およびロボットアカデミーに携わった方々に心より感謝申し上げます。

引用文献

- [1] 文部科学省: 中学校学習指導要領(平成29年告示)、p.17 (2017).
- [2] 同上、p.21
- [3] 文部科学省: 中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説 技術・家庭編、p.19 (2017).
- [4] 森政弘: ロボット事始とロボットによる創造性教育、日本ロボット学会誌、Vol.23, No.4, pp.384-387 (2005).
- [5] 下山大: 物作りを通してたくましく生きる力と、自ら学び考える創造性を育む授業実践―八戸山中におけるロボコン・トーナメントの歴史と教育的効果について―、日本産業技術教育学会誌、第39巻、第4号、pp.269-272 (1997).
- [6] 創造アイディアロボットコンテスト全国中学生大会、<http://ajgika.ne.jp/~robo/> (2022/11/1 確認) .
- [7] 小林道夫: ロボット教材を活用したSTEM教育の実践、神奈川大学心理・教育研究論集、第31号、pp.77-86 (2012).
- [8] 石井雅樹・御室哲志: ロボットを題材とした産学官地域連携による創造ものづくり教育の活性化 ワールド・ロボット・オリンピック 秋田件中央地区大

- 会創成期、秋田県立大学ウェブジャーナル A (地域貢献部門)、第 5 巻、pp.24-31 (2018).
- [9] 須曾野仁志・大野恵理・萩野真紀・榎本和能：小・中学校における STEAM 教育を実現するスクラッチプログラミング学習、三重大学教育学部研究紀要 自然科学・社会科学・教育科学・教育実践、第 74 巻、第 1 号、pp.151-158 (2022)
- [10] 大塚芳生：アイデアロボットコンテストを題材とした指導法の検討、日本産業技術教育学会誌、第 48 巻、第 3 号、pp.215-220 (2006).
- [11] 嶋田彰子・山菅和良・針谷安男・鈴木道義：自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価、日本産業技術教育学会誌、第 49 巻、第 4 号、pp.297-305 (2007).
- [12] 加藤幸一・山浦正彦・山本静ほか 8 名：ロボット製作・ロボコンの教育的効果について、群馬大学教育学部紀要、芸術・技術・体育・生活科学編、第 46 巻、pp.125-147 (2011).
- [13] 国立教育政策研究所：教育研究情報データベース、学習指導要領の一覧、<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> (2022/11/1 確認)
- [14] 文部科学省：免許外教科担任制度の在り方に関する調査研究協力者会議 報告書、基礎データ集、教科別の許可件数、https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/136/houkoku/1409410.htm (2022/11/1 確認)
- [15] 紅林秀治・室伏春樹：教材用自律型ロボットの改良とその評価、静岡大学教育学部研究報告、教科教育学篇、第 40 巻、pp.61-70 (2009).
- [16] 紅林秀治・室伏春樹・樋口大輔・江口啓：計測学習を取り入れたロボット制御教材の開発、日本産業技術教育学会誌、第 52 巻、第 3 号、(2010).
- [17] Micro:bit Education Foundation : <https://microbit.org/ja/> (2022/11/1 確認)
- [18] Microsoft MakeCode : <https://makecode.microbit.org/#> (2022/11/1 確認)
- [19] 大谷尚：SCAT : Steps for Coding and Theorization : 明示的手続きで着手しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法、日本感性工学会論文誌、第 10 巻、第 3 号、pp.155-160 (2011).
- [20] 大谷尚：質的研究の考え方 研究方法論から SCAT による分析まで、名古屋大学出版会 (2019).
- [21] 井庭崇 編著：クリエイティブラーニング 創造社会の学びと教育、慶應義塾大学出版会、pp.513-514 (2019).
- [22] PMI 日本支部監訳：プロジェクトマネジメント知識体系ガイド PMBOK®ガイド第 7 版 + プロジェクトマネジメント標準、PMI 日本支部、p.120 (2021).
- [23] 日本産業規格：JIS Q 21500、プロジェクトマネジメントの手引、p.14 (2018).
- [24] 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 技術・家庭編、pp.55-58 (2017).
- [25] 文部科学省：中学校教材整備指針、p.10 (2019).
- 【連絡先室伏春樹 murofushi.haruki@shizuoka.ac.jp】

別表1 Aさんのインタビュー分析 (一部)

| 番号 | 発話者 | テキスト | <1>テキスト中の注目すべき語句 | <2>テキスト中の語句の言い換え | <3>左を説明するようなテキスト外の概念 | <4>テーマ・構成概念 (前後や全体の文脈を考慮して) | <5>疑問・課題 |
|----|-----|--|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------|---|
| 1 | 聞き手 | 1年、2年、3年と参加してみて、今回どうでしたか？今回の課題は、去年とだいぶ違うと思うんですね。 | | | | | |
| 2 | 話し手 | そうですね。去年までは一応リモコン操作でやるじゃないですか。なので、その僕自身があの操作が結構下手で、下手というか練習できる機会がなかったの。練習して技術を向上させるということもできないっていう感じだったの。 | リモコン操作／操作が結構下手／練習できる機会／技術を向上させる | 遠隔操作／操作ミス／思い通りいかない／鍛錬／訓練／技能の習得／回復 | 身体の延長である道具・機械としてのロボット／反復練習による操作の習熟と精緻化／操縦手続きの内化 | 身体の延長としての操作 | 参加者の想定する「技術」は、練習することで向上するものなのだろうか。 |
| 3 | 話し手 | そういう面では今回の方はプログラミングがあったっていうので、プログラミングでロボットの動きもあらかじめ決めることができたっていう面ではすごく楽だった感じですよ。 | プログラミング／ロボットの動き／あらかじめ決める／すごく楽だった | 動作の規定／既定路線／簡略化／省力 | 身体と分離したシステムとしてのロボット／操縦手続きの外化 | 身体とは分離された操作 | ロボットを作る人とプログラムを作る人が別だったら、感じ方はどのように変化するのか。 |
| 4 | 聞き手 | なるほどね。ロボットを作っているというハードウェア的なところも簡単だったのかなって思うんですけど、操作のほうも楽でした？ | | | | | |
| 5 | 話し手 | そうですね。ハードウェアの方も確かに構造が単純なので楽し、プログラミングの方も、はまってしまえば結構点が取れるような感じで。自分のミスとかがないので、まあ楽しかったという感じなんですけど。 | ハードウェア／構造が単純／プログラミング／はまってしまえば／自分のミス | 簡略化／見極め／必勝法／操作誤り | 直観に基づく意思決定／競技の客観視 | 直観に基づく問題解決の見立て | ロボットの製作に起因する動作中のミスは、「自分のミス」に含まれないのか。 |

| | |
|--------------|--|
| ストーリーライン | 話し手は、昨年度と今年度のロボット競技の違いを「身体の延長としての操作」と「身体とは分離された操作」と認識しつつも、これまでの参加経験から「競技参加に向けた実験場の能動の利用」が「想像と実際の動作とのすり合わせ」に必要であると捉えている。そのため、競技種が異なっても「直観に基づく問題解決の見立て」を重視し、自らが理想とする「競技ルールを越えた普遍的な制約条件」を科すことで「ルールに則した手段の再構築」と「競争原理に基づく自己改善」を行っていった。当初行われていたオンライン指導では「直接的なコミュニケーションとフィードバックの阻害」に起因する「暗黙知による作業の遅れ」が生じていたが、対面指導に変わったことで「具現化したロボットによる能動的な実験」を通して「空想から構想への変化」が生まれ、「実験場における現物合わせによる最適化」がなされていった。 |
| 理論記述 | ・手操作とプログラムによる制御のロボットには「身体の延長としての操作」と「身体とは分離された操作」の違いがある。／・「想像と実際の動作のすり合わせ」には「競技参加に向けた実験場の能動の利用」が必要である。／・「直観に基づく問題解決の見立て」は競技種を越えて機能する。／・「競技ルールを越えた普遍的な制約条件」は「ルールに則した手段の再構築」の前提として扱われる。／・ロボットは「競争原理に基づく自己改善」を促す。／・オンライン指導は「直接的なコミュニケーションとフィードバックの阻害」によって「暗黙知が生んだ作業の遅れ」を生み、対面指導は「実験場における現物合わせによる最適化」を生む。／・「具体化したロボットによる能動的な実験」は「空想から構想への変化」を生む。 |
| さらに追究すべき点・課題 | ・参加者の想定する「技術」は、練習することで向上するものなのだろうか。／・ロボットを作る人とプログラムを作る人が別だったら、感じ方はどのように変化するのか。／・ロボットの製作に起因する動作中のミスは、「自分のミス」に含まれないのか。／・カメラで手元が移っていても、オンライン指導の双方向性の欠如は埋まらないか。／・物理的環境だけでなく、人的な環境が与える影響も考えられないか。／・製作したロボットに対する愛着は競技参加に与える影響はないか。／・夏休みに入る前に指導が進められていれば、夏休み中に自主的な製作が行われていたのだろうか。／・構想と空想の境界面はどこにあるのか。／・現実の認識や把握、理解の違いは構想と空想の境界面に影響を与えるのか。／・シンプルなサンプルが提示されていたら、どのような変化があったか。／・ロボット本体を固定した競技はあっても、プログラムを固定した競技がないのはなぜか。／・変更した効果の検証は行われているのか。／・変更した履歴を参照するための方法はないか。／・要・不要の判断はどのように培われているのか。／・直観的な問題解決の方法が解決を妨げるとき、どのように軌道修正をさせればよいのか。／・競技が有する文脈を考慮していない大会ルールは、適切なルールと呼べるのか。 |

別表2 Bさんのインタビュー分析 (一部)

| 番号 | 発話者 | テキスト | <1>テキスト中の注目すべき語句 | <2>テキスト中の語句の言い換え | <3>左を説明するようなテキスト外の概念 | <4>テーマ・構成概念 (前後や全体の文脈を考慮して) | <5>疑問・課題 |
|----|-----|---|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1 | 聞き手 | 3年間参加してるから、ロボットを作るっていうところはもうどうでした？難しいところがありましたか？ | | | | | |
| 2 | 話し手 | えーっと、今年ですか？今年、そうですね。慣れた部分があって、説明書の読み方も大体わかってきたので。難しいとは今年はそこまで感じなかったんですけど、それこそ、マイクロビットとか、配線とかがやはり初めてで難しかったと思います。 | 慣れた部分／説明書の読み方／そこまで感じない／初めてで難しかった | 熟達／習熟／解説／理解／経験の蓄積／未経験／挑戦的課題 | 経験に基づく習熟とその自覚／未知の課題に対する不安 | 挑戦に対する不安と培ってきた能力の自負 | ブレッドボードを利用した配線の経験はなかったのか？ |
| 3 | 聞き手 | 去年とかは、例えば配線と言うとハンダづけとかをして、今年はハンダづけをあえてしないようにしてたんですけど、それでもやっぱり難しく感じました？ | | | | | |
| 4 | 話し手 | そうですね。ハンダづけは個人的に好きっていうか、燃やしてちょっとつなげるの楽しいんで。ハンダづけは難しく思わないんですけど。配線はやはり難しかったかなって。 | 個人的／楽しい／難しく思わない／難しかった | 個性／満足／納得／容易／困難 | 目視できない現象の恐怖感／直接的な現象の安心感 | 視覚情報の絶対的な信頼感 | ロボットアカデミー以外のハンダづけ経験はあったのか？ |
| 5 | 聞き手 | 量が多かったですかね？ | | | | | |
| 6 | 話し手 | 量も多いし、なんか理解が難しいっていう。 | 多かった／理解／難しい | 過多／納得／困難 | 探求的姿勢 | ブラックボックスとの対峙 | 理解に必要な時間はどのくらいだろうか？ |
| 7 | 聞き手 | どこに繋げるかっていう理解ですか？ | | | | | |

| | |
|--------------|--|
| ストーリーライン | <p>「挑戦に対する不安と培ってきた能力の自負」を有する話し手は、「ブラックボックスとしてのコンピューターとの対峙」の際に「暗黙知の存在に対する不安」を抱きつつも、「普遍的な問題解決手段の確立」によって「問題の分解と理解」を行った。「身体とは分離された操作」は「構想と現実の埋まらない溝」を形成していたが、「直観に基づく問題解決の見立て」から「目標の明確化と手段の最適化」を図り、「科学的な実験プロセスの遂行」を行う。その一方で「抽象化による問題の分解」で「問題状況のふわっとした理解」は進んでいたが、「視覚情報の絶対的な信頼感」から「問題への忌避感」も生じていた。</p> |
| 理論記述 | <p>・「ブラックボックスとしてのコンピューターとの対峙」の際は「普遍的な問題解決手段の確立」によって「問題の分解と理解」が促進される。／・「挑戦に対する不安と培ってきた能力の自負」は「暗黙知の存在に対する不安」を生じさせる。／・「身体とは分離された操作」が「構想と現実の埋まらない溝」を作り出す。／・「科学的な実験プロセスの遂行」に向けた「目標の明確化と手段の最適化」が行われるためには「直観に基づく問題解決の見立て」が必要である。／・「問題状況のふわっとした理解」から「抽象化による問題の分解」が進む。／・「視覚情報の絶対的な信頼感」は「問題への忌避感」を生む要因となる。</p> |
| さらに追究すべき点・課題 | <p>・ブレッドボードを利用した配線の経験はなかったのか？／・ロボットアカデミー以外のハンダづけ経験はあったのか？／・理解に必要な時間はどのくらいだろうか？／・自力での修正を志向する要因はどこにあるのか？／・聞き手の質問は話し手の感じていたことを的確にとらえていたのだろうか？／・未経験者の想像する動きと実際の動きの差はどれくらいの違いがあるだろうか？／・ロボットが想定したとおり動作していれば、インタビュー結果はどのように変わっただろうか？／・コンピューターを利用することに対する漠然とした難しさは何に起因するのか？／・基板単体の利用からステップアップしていくためには、次に何を制御すればよいだろうか？／・難しさの要因はハードウェアの物理的な接続なのか、ソフトウェアの論理的な接続なのか、どちらだろうか？／・動きを決めたことがロボットの製作にどのような影響を与えたのだろうか？／・ロボットの形を変化させることに対する抵抗感はなかったか？／・残りの作業可能時間の把握にはどれくらいの誤差が生じるのか。／・他のロボットやロボットではないプログラミング言語で学習することでも同様の転移が生じるか。</p> |

A Study of Problem-Solving Process and Educational Effectiveness in a Robot Contest for Junior High School Students

Haruki MUROFUSHI¹ and Shuji KUREBAYASHI²

¹ Cooperative Doctoral Course in Subject Development in the Graduate School of Education,
Aichi University of Education of Education & Shizuoka University

² Faculty of Education, Shizuoka University

ABSTRACT

In order to respond to changes in society, it is important to develop problem-finding and problem-solving abilities. Robot competitions in Japanese technology education have been conducted in the hope of enhancing creativity. However, previous educational research on robot contests did not examine how students responded to the challenges that arose in the process of building robots. Therefore, an interview survey was conducted with two students who participated in the robot contest on an ongoing basis. The data obtained were analyzed by SCAT, and the story lines generated were used to study the formation of outlooks in the process of robot development. Based on this insight, we proposed a model of outlook formation in robotics with the use of a project management guide. The proposed model is an iterative model that performs progressive elaboration against time and capability constraints, suggesting that it can be used for the formation process of general problem-finding and problem-solving abilities.

Keywords

Technology Education, Problem-Solving Learning, Progressive Elaboration, Outlook, Project Management