モデルロケットを用いた中学生向け体験型学習の試み

An Attempt of Experience-Based Learning Using Model Rockets for Junior High School Students

齊 藤 亜由子^{※1}

Ayuko SAITO

土 岐 仁^{※2}

Hitoshi DOKI

関 啓 亮^{※2}

Keisuke SEKI

This paper describes an effective learning method using model rockets for junior high school students to increase their interest in science and engineering. First, we conducted the model rocket workshops and taught how to make model rockets for junior high school students. Next, we organized the model rocket competition that the participants compete for the accuracy of a model rocket's landing point. Almost all the students took part in the competition using their own designed model rockets. The results of the questionnaire conducted for the competition participants indicated that a lot of participants enhanced the interest in model rockets. In this paper, we report that the experience-based learning gives children the opportunities to learn proactively towards the goal.

Keywords : Engineering Education, Experience-Based Learning, Active Learning, Model Rocket

キーワード : 工学教育, 体験型学習, アクティブラーニング, モデルロケット

1. はじめに

子どもの理科離れと共に若者の工学離れは深刻であり、科学技術創造立国日本を支える人材育成が危惧されている。先にOECDにより実施された国際学習到達度調査(PISA2012)¹⁾によると、調査を実施した読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの三分野すべてにおいて、日本の平均得点は比較可能な調査以降最も高い結果であった。しかし、重点的に調査された数学への興味関心、自己効力感を問う設問においては、肯定的な回答の割合が参加国中最低水準であった。また、IEAにより実施された国際数学理科教育動向調査(TIMSS2011)²⁾によると、数学・理科の二科目において、習熟度の高い児童生徒の割合は過去の調査結果と比較して増加していることが分かった。しかし、両教科に対する「楽しいか」「好きか」の設問に肯定的な回答をした割合は、依然として国際平均を大きく下回っていることが明らかになっている。

これらの調査結果より、日本の子どもの学力は向上しているが、学習への興味関心は依然として低い状態が継続していることが分かる。また同調査結果より、韓国や台湾など学力が高水準にある諸外国においても、日本と同様の傾向がみられ、良い成績と興味関心の程度には必ずしも相関があるとは限らない。しかし、科学技術創造立国日本を支える人材を育成するために

は、子どもたちの学力向上だけでなく、興味関心の向上が必要である。TIMSS2011の結果において、「将来になりたい仕事につくために理科・数学で良い成績をとる必要があると思うか」「理科・数学を使うことが含まれる職業につきたいか」の設問に、「強くそう思う」「そう思う」と回答した日本の子どもの割合は参加国中最低水準であった。本結果は、将来理工系分野に進学する学生の減少や、理工系分野進学者の学力が低下する可能性を示唆している。理工系分野を志す子どもを増やし、その学力を向上させるためには、子どもたちの興味関心を高める理科離れ対策を講じることが重要である^{3), 4)}。

理科離れが社会問題になり、これまでに理科離れ対策として多くの試みが行われてきた^{5) - 7)}。学校だけではなく、地域や企業が連携して子供たちに理科の楽しさを教える体験型学習が全国で実施されており、子どもたちが理科や数学への興味関心を将来にわたり続けるために、学んだことが社会のどの部分で役に立つ技術か、など具体的な社会との結びつきが示されてきた。さらに、子どもたちの考える力を養うためには、指導通りに実践するだけの体験ではなく、子どもが自ら考え、主体性を持って取り組むことができる体験型学習が重要になる。

本論文では、筆者らが実行委員を務める「中学生モデルロケット秋田県大会実行委員会」が平成25年度より毎年実施している「中学生モデルロケット秋田県大会⁸⁾」の例を挙げ、平成26年度の実施結果から得られた成果を報告する。さらに、参加者を対象に実施した

2016年2月9日受付

※1 秋田大学大学院

※2 秋田大学

アンケート結果を分析することにより、本事業の教育効果を考察し、理科離れ対策として有効な教育事業について検討する。

2. 事業概要

「中学生モデルロケット秋田県大会」は、秋田県内の中学生を対象にした体験型学習事業であり、講習会と大会の2つの事業で構成している。講習会においては、モデルロケットの仕組み・作り方を説明する座学と、製作・打上げ体験を行う。大会においては、中学生自らが設計・製作したモデルロケットを指定のエンジンを用いて打上げ・回収し、あらかじめ指定した目標点と着地点との距離（正確さ）を競う。本事業においては、講習会のみ、大会のみの参加も可能とした。

2.1 モデルロケット

モデルロケットは、火薬エンジンを使用した本格的な模型ロケットであり、世界中で理科教育における教材として使用されている。これまでに、全世界で約5億回、我が国においても約33万回無事故で打上げられており、その安全性が証明されている。

モデルロケットの打上げは、日本モデルロケット協会が発行するライセンス保持者の管理の下に行う必要がある。エンジンの大きさ・種類によって打上げに必要なライセンスが異なる。ライセンスを取得するためには、日本モデルロケット協会主催の筆記試験、実地試験に合格する必要がある（取得する級により条件が異なる）、ライセンス制をとることにより安全性が維持されている。

モデルロケットが教材として広く使用される理由は、本格的で、安全性が高いだけでなく、製作者・打上げ者の創意工夫が必要とされる点に教育的要素が含まれることも大きな要因となっている。安全に打上げ、無事に回収するためには、丁寧な工作とパラシュートを開傘するための工夫が必要とされる。さらに、目標地点に着地させるためには、風向風速を考慮した発射角度の設定が必要であり、製作から打上げまでのすべての作業において思考力が問われる。以上の点を踏まえ、本事業においては、モデルロケットを教材に選定した。

2.2 事業の目的

講習会・大会を通じた事業全体の目的は、「秋田県内中学生の理工系分野への興味関心を高めること」である。講習会においては、より多くの中学生に周知すること、中学生がモデルロケットの楽しさを実感することを主な目的とした。指導通りに製作するだけでなく、参加者の創意工夫を引き出す講習内容を計画した。大会においては、モデルロケットに興味関心を持って参加した中学生が、自ら定めた目標・課題に対して主体的に解決する姿勢を養うこと、理工系に関する興味関心をさらに高めることを主な目的とした。特に大会は、

参加者自らの意思でモデルロケットの設計・製作を行い競技に参加する能動的な体験型学習であるため、中学生が主体性を持って最後まで取り組むことが可能な機体のレギュレーション、競技規則を設定した。

3. 講習会

講習会は、5月から7月にかけて秋田県内8会場（大館市、能代市、北秋田市、秋田市、大仙市、横手市、湯沢市、由利本荘市）において実施した。事前に、県内すべての中学校へチラシ兼申込書を配布することにより周知し、参加を募った。参加形態は、個人の申し込みによる一般参加と、学校の授業や部活動の一環としての申し込みによる団体参加があり、8会場で合計168名の中学生が参加した。

各会場における講習内容は同一であり、モデルロケットの仕組みを学ぶ「座学」、基本的なモデルロケットの製作と打上げを行う「工作」、「打上げ体験」の3つのプログラムから構成されている。各会場共に、モデルロケット指導講師ライセンス所持者3名と、大学生2～3名が中学生の指導にあたった。

3.1 座学

座学においては、「秋田県と宇宙のつながり」と「モデルロケットの仕組み」に関する話を中心に講義を行った。

(1) 秋田県と宇宙のつながり

1955年、糸川英夫博士が秋田県の道川海岸において、日本初となるペンシルロケットの打上げを行った。1962年には秋田県能代市に「能代ロケット実験場」が開設され、現在においてもロケットエンジンの燃焼実験が行われている。以上の歴史的背景から、秋田県が宇宙開発と結びつきの深い地域であることを伝え、宇宙やロケットを身近なものに感じさせることが本講習会の導入部におけるねらいである。さらに、現在の日本の宇宙開発について触れ、ロケット技術が宇宙開発に果たす役割を説明することにより、モデルロケットを学ぶために必要なモチベーションの向上を図った。

(2) モデルロケットの仕組み

ロケットの構造、飛翔原理に関しては、中学生が理解できる範囲内において、物理・化学の法則を用いて解説した。本事業において使用したモデルロケットエンジンは3種類の火薬が充填されている。飛翔シミュレーション動画を用いて、各火薬の役割を説明することにより、ロケットの飛翔挙動と火薬の役割をリンクして理解することができる。また、シミュレーション動画を用いて、点火、飛翔、着地の流れを確認することにより、パラシュート（ストリーマー）放出のタイミングと安全な回収を容易にイメージすることができる。飛翔挙動や、各部品の役割を知ることにより、製作や打上げにおける作業の必要性和意味を理解し、円滑に工作を進めることができるため、丁寧な説明を心掛けた。

図1 本講習会において製作したモデルロケット

図2 本講習会における製作および打上げ体験の様子

3.2 工作および打上げ体験

工作の指導においては、本講習会用として独自に設計・製作したモデルロケットキット、および製作テキストを使用した。製作したモデルロケット(図1)は、全長約360mm、重量約8gの紙製であり、本講習会において使用したエンジン(A8-3)を用いた場合、到達高度は約100mである。キットに含まれる材料は、中学生自身が入手可能な身近な材料で構成しており、1機あたりの材料費は約50円である。エンジンは1個あたり約500円であり、日本モデルロケット協会の認定店より購入できる。テキストは参加者らが後日改めてモデルロケットを自作できるように、詳細な手順を記載している。

工作および打上げ体験の様子を図2に示す。工作することに不慣れな参加者が多くみられたが、スタッフが一緒に手を動かし、作業を例示することにより、参加者の工作スキルの向上につなげることができたと考えている。製作後、グラウンドなど屋外の広い場所に発射台を設置し、打上げ体験を行った。

3.3 アンケート結果

講習会后、参加者全員を対象に実施したアンケート結果を報告する。全参加者168名からアンケート回答を得た。アンケートの設問内容を表1に、結果を図3に示す。図3における(1)～(6)のグラフは、表1の設問内容に対応している。

図3(1)の結果において、回答A～Cは講習会に対して興味を持ち、自分の意志で参加したグループであり、回答D、Eは他者からの勧めなど自分の意志以外の動機により参加したグループである。回答E.その他の動機記述欄には、「授業・部活の活動として参加したため」と回答した生徒が大多数であった。参加動機別に回答A～Cを自発的グループ、回答D、Eを他者要

表1 講習会アンケート

- (1) 講習会に参加した動機は何ですか。
- (2) 講習会参加前からモデルロケットのことを知っていましたか。
- (3) (2)において A.知っていた に回答した方のみお答えください。モデルロケットのことをどのような形で知っていましたか。
- (4) 講習会は楽しかったですか(5を最も楽しかったとする5段階評価)。
- (5) モデルロケットの製作、打上げ体験は数学や理科を勉強する上で役に立つと思いますか。
- (6) モデルロケットをまた作ってみたいと思いますか。

図3 講習会アンケート結果

因的グループとして大別すると、自発的グループは全体の36%、他者要因的グループは62%であった。本講習会において、他者要因的グループの割合が高い理由は、学校の授業や部活動の一環としての団体参加が多かったことが要因と考えられる。

図3(2)の結果より、講習会参加前からモデルロケットのことを知っていた参加者と、講習会の開催により初めてモデルロケットのことを知った参加者は約半数ずつであることが分かった。また、図3(3)の結果より、講習会参加前からモデルロケットのことを知っていた参加者のうち約6割が、製作・打上げ共に未經

験であることが分かった。本結果は、講習会を開催することにより、多くの中学生へモデルロケットを周知し、さらに、以前からモデルロケットのことを知っていた中学生に対しても、実際に製作・打上げを体験する機会を提供したことを示している。

図3(4)に示す楽しさの5段階評価においては、参加者の約9割が、楽しさ4以上に回答していた。また、図3(5)、(6)の結果より、参加者の約8割が、モデルロケットを学ぶことは今後の勉強に役立つ、また打上げてみたい、と感じていたことが分かった。図3(4)～(6)の結果を、参加動機別に分けて整理した結果においても、動機に関係なく同様の傾向を得ることができた。

感想欄には、「自分の作ったロケットが打上がるのは嬉しかった」など、楽しさや喜び、興味関心の向上を表す意見が最も多く記述されていた。

以上より、講習会の目的である「多くの中学生にモデルロケットを周知する」「参加者が打上げの楽しさを実感する」ことを達成できたと考えている。

4. 大会

大会は、8月に能代市で行われた「第10回能代宇宙イベント」内において実施した。大会では、講習会において指導を担当したスタッフに加え、参加者の安全管理や誘導、ロケットの着地点計測係として10名の学生に運営の協力を得た。

大会の周知活動は講習会におけるチラシ配布のほか、事前に県内全中学校へのチラシ配布を行った。大会への参加単位は1名以上3名以下のチーム単位であり、昨年度は42チーム計106名が参加した。

参加を申し込んだチームのうち、チーム員全員が講習会へ参加していなかった2チームに対しては、講習会において配布したモデルロケットキットおよびテキストを送付し、大会までに機体を完成させるためのフォローを行った。そのほかのチームは、チーム員のうち少なくとも1名が講習会に参加していた。

4.1 競技内容

本大会の競技種目は、あらかじめ指定した目標点と機体の着地点との距離を競う「定点競技」である。機体レギュレーション、競技規則は、モデルロケット全国大会（日本モデルロケット協会主催）のルールに準ずるものとした。さらに、中学生を対象にした大会であることを考慮し、安全面と工作難易度の観点から、本大会ルールにおいては使用エンジンを指定し、機体重量の規定を設けた。競技は、各チーム2回の打上げを実施し、2回のうち良い結果をチームの記録とした。また、1回目と2回目の打上げにおいて、異なる機体を打上げることも可能にした。

定点競技のポイントは、直進性の高い機体を製作すること、および上空の風向風速を考慮した発射角度の

図4 大会の様子（左：安全審査、右：機体の取り付け）

設定を行うことである。丁寧に工作することにより、直進性の高い機体の製作が可能である。また、競技開始前に打上げた試射ロケットや、直前のチームが打上げたロケットの飛翔挙動から上空の風向風速を予測することが可能であり、観察力と直観力が問われる。以上の競技のポイントは、中学生が十分に達成可能な内容と考え、本大会においては定点競技を採用した。

4.2 競技結果

大会の様子を図4に示す。大会当日は、開会式後、モデルロケット指導講師ライセンス保持者のスタッフが、各チームの機体がレギュレーションに沿って製作されているかを確認する安全審査を行った。1回目の安全審査において不合格になった機体もあったが、審査に合格するためのアドバイスをを行い、その場で修正させ、再度審査を行った。「中学生が、自ら定めた目標・課題に対して主体的に解決する姿勢を養うこと」が本大会の目的の1つであることから、エントリーした全機体が打上げ可能な状態になるまで指導を行った。

全機体が安全審査を通過後、打上げを実施した。発射台は一度に10機まで取り付け可能であり、機体の取り付け位置はくじ引きにより決定した。参加者らは、制限時間3分以内に機体の取り付け、および左右・上下方向の発射角度調整を行った。その後、打上げ管制とカウントダウンを行い、1機ずつ打上げを開始した。参加チームの大半が、2回目の打上げにおいて、1回目の打上げより定点に近い場所へ着地させることに成功していた。本結果より、参加者らが上空の風向風速を予測するだけでなく、1回目の打上げにおいて体感した発射台の特性をふまえ、2回目の発射角度調整を行っていた様子がうかがえる。当日は風が強かったため、あらかじめ計測範囲として定めた円内に着地した機体は6機のみであったが、優勝チームは定点から2.0m地点に機体を安全に着地させた。

4.3 アンケート結果

大会後、参加者全員を対象に実施したアンケート結果を報告する。全参加者106名中63名からアンケート回答を得た。アンケートの設問内容を表2に、結果を図5に示す。図5における(1)～(6)のグラフは、表2の設問内容に対応している。

図5(1)の結果において、講習会のアンケート結果と同様に、回答A～Cを自発的グループ、回答D、Eを他者要因的グループとして大別した結果、両グループの

表2 大会アンケート

- (1) 大会に参加した動機は何ですか。
- (2) モデルロケットの製作で分からないことや興味のあることを、図書館やインターネットで調べましたか。
- (3) 大会は楽しかったですか（5を最も楽しかったとする5段階評価）。
- (4) モデルロケット製作、大会を通じて学んだことは数学や理科を勉強する上で役に立つと思いますか。
- (5) モデルロケットをまた作ってみたい・打ち上げてみたいと思いますか。
- (6) ロケットの仕組みについてさらに勉強してみたいと思いますか。

図5 大会アンケート結果

人数はそれぞれ全体の約半数ずつであった。また、他者要因的グループにおいては、9割以上が回答D「先生や友達に勧められたから」へ回答していた。大会は講習会と異なり、自らモデルロケットを設計、製作して参加する必要があるため、回答Dを選択した参加者が約半数であることは意外な結果であった。本結果は、自発的に参加するほど興味関心が高くない生徒に対しても広く呼び掛けることにより、大会への参加を促すことが可能であることを示している。

図5(2)の結果より、大会用モデルロケットの製作において、分からないことや興味のあることを1回以上調べた(A.調べた、B.時々調べた、C.ほとんど調べた)と回答した割合は全体の54%であり、参加者の約半数が製作活動中、1回以上モデルロケットに関して調べていたことが分かった。一方で、D.全く調べていない、と回答した参加者のうち約75%が講習会へ参加していなかった。本結果より、全く調べなかった理由は、「講習会に参加したため、モデルロケットの作り方を良く知っており、分からないことがなかった」からではなく、「製作においてどのような工夫をするべきか」など自発的に調べる姿勢がなかったためであると考えられる。

図5(3)に示す楽しさの5段階評価においては、楽しさ4以上に回答した割合が66%であった。講習会においては、参加者の約9割が楽しさ4以上に回答していたが、大会における「楽しさ」の基準には各々の目標達成度が関係しているため、講習会と比較して「楽しさ」の評価が低くなったと考えている。図5(4)、(5)の結果より、参加者の約7割がモデルロケットを学ぶことは今後の勉強に役立つと感じており、約8割がまた打ち上げてみたいと思っていたことが分かった。また、図5(6)の結果より、モデルロケットについてさらに勉強したいと思う参加者は4割以上に達したことが分かった。

さらに、図5(2)～(6)の結果を参加動機別に自発的グループ、他者要因的グループに分けて整理した。設問(3)～(5)を参加動機別に分けて整理した結果は、全体の結果とほぼ同様の傾向を示したことから、参加動機によって楽しさや、また打ち上げてみたい気持ちにほとんど違いが表れないことが分かった。

一方で、設問(2)、(6)の結果においては、参加動機別グループにおいて明らかな差が表れた。設問(2)、(6)を参加動機別に整理した結果を図6に示す。設問(2)において「A.いつも調べていた」「B.時々調べていた」へ回答した自発的グループの割合は、他者要因的グループの割合の約5倍であった。また、設問(6)においてロケットの仕組みについて「A.さらに勉強したいと思う」へ回答した自発的グループの割合は、他者要因的グループの割合の約2.3倍であり、自ら進んでモデルロケットを調べ、さらに勉強してみたいと思った参加者の割合は、自発的グループが他者要因的グループを大きく上回っていることが分かった。また、設問(2)において、「D.まったく調べていない」へ回答した割合は、自発的グループが23%であるのに対し、他者要因的グループにおいては64%であった。

大会におけるアンケート結果より、自発的グループは大会参加を通して、分からないこと・興味があることを主体的に調べ、自らの興味関心をさらに高めていく傾向が強いことが分かった。一方で、大会申込み時点において、興味関心があまり高くないと思われる他者要因的グループにおいても、1割程度がモデルロケットに関して自発的に調べ、また3割程度が「さらに勉強したいと思う」と回答した。この結果から、他者要因的グループにおいても、大会参加を通じて興味関心を高めることが可能であることを示している。

図5(2)の結果より、大会用モデルロケットの製作において、分からないことや興味のあることを1回以上調べた(A.調べた、B.時々調べた、C.ほとんど調べた)と回答した割合は全体の54%であり、参加者の約半数が製作活動中、1回以上モデルロケットに関して調べていたことが分かった。一方で、D.全く調べていない、と回答した参加者のうち約75%が講習会へ参加していなかった。本結果より、全く調べなかった理由は、「講習会に参加したため、モデルロケットの作り方を良く知っており、分からないことがなかった」からではなく、「製作においてどのような工夫をするべきか」など自発的に調べる姿勢がなかったためであると考えられる。

図6 大会アンケート結果（動機別）

勉強してみたい」と学習意欲を示したことが分かった。感想欄には、「難しかったが、考えるのが楽しかった」など、試行錯誤して製作・打上げを行った様子をうかがうことができる感想が多く寄せられた。感想のほか、大会をより良いものにするため、ルールに関する要望も寄せられた。

以上の結果より、大会の目的「自ら定めた目標・課題に対して主体的に解決する姿勢を養う」「理工系に関する興味関心をさらに高める」ことは、参加動機によりやや差が見られるものの、概ね達成できたと考えている。

5. おわりに

本論文では、中学生を対象に実施した体験型学習事業「中学生モデルロケット秋田県大会」の教育効果について検討した。参加者を対象に行ったアンケート結果より、講習会および大会の目的は概ね達成できたと考えている。

小中高生を対象にした科学教室やものづくり教室はこれまでも数多く実施されているが、その多くが、子どもたちの興味関心を引き出すことを主な目的とした講習会形式の体験型学習である。本事業においては、講習会後に大会を実施することにより、参加者が楽しさを実感するだけでなく、目標に向けて創意工夫を凝

らし、主体的に取り組む姿勢を養うことができた。以上より、参加者が設定されたテーマの基礎を学び、テーマの楽しさを実感する体験型学習を行った後、さらに大会や発表会など能動的な体験型学習を行うことによって、子どもたちの主体性を育むとともに、理科への興味関心を大きく高めることが期待できる。

参考文献

- 1) 文部科学省国立教育政策研究所：OECD生徒の学習到達度調査～2012年調査国際結果の要約～，Webページ，http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012_result_outline.pdf, 2013, 参照日：2016-2-9
- 2) 文部科学省国立教育政策研究所：国際数学・理科教育動向調査の2011年調査 国際調査結果報告(概要)，Webページ，http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11_gaiyou.pdf, 2012, 参照日：2016-2-9
- 3) 渡辺良男：理科離れは止めることができるか？，工学教育, 56-6, pp.85-89, 2008
- 4) 長沼祥太郎：理科離れの動向に関する一考察－実態および原因に焦点を当てて－，科学教育研究, 39-2, pp.114-123, 2015
- 5) 服部陽一，谷 正史，太田 恵，内海考司，木野純：金沢工業大学が提供する小・中・高校生向けの科学実験授業，工学教育, 52-1, pp.60-64, 2004
- 6) 田村和士：小中学生への地域での理科学習支援の現状と今後の課題，工学教育, 52-1, pp.104-108, 2004
- 7) 浅田靖之：初等・中等教育に東芝科学館が果たす役割，工学教育, 52-1, pp.109-112, 2004
- 8) 齊藤亜由子，土岐 仁，関 啓亮：モデルロケットを用いた中学生向け体験型学習の効果－中学生モデルロケット秋田県大会におけるアンケート調査結果－，平成27年度工学教育研究講演会講演論文集, pp.70-71, 2015

著者紹介

齊藤 亜由子
所 属 秋田大学大学院工学資源学
研究科博士後期課程在学中
専門分野 計測工学
所属学会 日本機械学会，日本スキー
会，日本スポーツ産業学会