

# 「21世紀型スキル」を意図したロボット教育の推進

－SCoPEにおけるロボット教育を取り入れた情報ワークショップの実践－

福田 哲也・葉山 泰三

(奈良教育大学附属中学校)

田中友佳子・平田 建治

(奈良女子大学附属中等教育学校)

谷口 義昭・片岡 佐知子

(奈良教育大学)

Promotion of Robotics for Acquisition of the 21st Century Skills  
through the ICT workshop in SCoPE focused on robot skill building and dynamic interaction

# 「21世紀型スキル」を意図したロボット教育の推進

－SCoPEにおけるロボット教育を取り入れた情報ワークショップの実践－

福田 哲也・葉山 泰三

(奈良教育大学附属中学校)

田中友佳子・平田 建治

(奈良女子大学附属中等教育学校)

谷口 義昭・片岡 佐知子

(奈良教育大学)

Promotion of Robotics for Acquisition of the 21st Century Skills  
through the ICT workshop in SCoPE focused on robot skill building and dynamic interaction

Tetsuya FUKUDA Taizo HAYAMA

(Nara University of Education Junior High School)

Yukako TANAKA Kenji HIRATA

(Nara Women's University Secondary School)

Yoshiaki TANIGUCHI Sachiko KATAOKA

(Nara University of Education)

**要旨**：21世紀の国際社会で必要な能力について、様々な教育機関が提言しており、とくに教育現場において批判的思考力、問題解決能力、コミュニケーション力、コラボレーション力、創造力等などの育成が叫ばれている。また、それらを育成する基礎となる情報リテラシースキルやICT活用スキルも求められており、教育におけるICT活用の重要性は世界でも共通認識となってきた。今回、奈良女子大学附属中等教育学校のSSH（スーパーサイエンスハイスクール）の取り組みとして行ったSCoPE(Science Communication Program for Every student)において、「21世紀型スキル」といわれる能力の育成を意識したワークショップを奈良教育大附属中学校と奈良女子大附属中等教育学校の教員が協働で開催した。火星探査をテーマにして、ハンズオンからはじまり、火星探査機の制御に至るまで、さまざまな能力の育成を意識した取り組みとした。本ワークショップを通して、参加した外国及び日本の生徒たちがロボット製作や制御の活動に積極的に取り組んだ結果、彼らの科学技術の認識、問題解決能力等のスキルアップに繋がった。

**キーワード**：「ロボット教育；robotics」「21世紀型スキル；the 21st century skills」「火星探査機；Mars Rover」  
「SCoPE；Science Communication Program for Every Student」

## 1. はじめに

21世紀の国際社会で必要な能力については、様々な教育機関において提言されている。2011年、マイクロソフト社は、UNESCO（国際連合教育科学文化機関）やOECD（経済協力開発機構）などの国際教育機関と連携して「21世紀型スキル」を考案した<sup>1)</sup>。「21世紀型スキル」は批判的思考力、問題解決能力、コミュニケーション力、コラボレーション力、創造力など、10項目に整備され、それらを育成する基盤として情報リテラシースキル、ICT活用スキルが求められている。

教育におけるICT活用の重要性は、世界でも共通認識となってきたと言える。日本の教育の現状を見ると、それらのスキルを育成するための教育実践はまだまだ乏しく、21世紀の国際社会において必要な人材育成のためにも、「21世紀型スキル」を意識した教育プログラムが求められている。

奈良教育大学附属中学校（以下、教育大附属）では、2003年からレゴマインドストームを教材としたロボット教育を推進してきた。教育大附属におけるロボット教育の実践は、学習方法、学習形態、学習内容において他に類をみない画期的なものであり、その成果につ

いて内外から高い評価を得てきた<sup>2)</sup>。この実践の意図するものは、まさに「21世紀型スキル」と合致しており、今後の情報・技術教育の在り方の一指針と言える。

今回、奈良女子大学附属中等教育学校（以下、女子大附属）のSSH（スーパーサイエンスハイスクール）の取り組みとして行ったSCoPE(Science Communication Program for Every Student)の情報ワークショップにおいて、「21世紀型スキル」を意識したワークショップを女子大附属と教育大附属の教員が協働で開催した。本研究報告では、本ワークショップで扱った実践内容と参加した生徒たちの教育的効果を分析した結果を報告する。

## 2. SCoPEとは

女子大附属では、平成22年度からⅡ期目のSSHの指定を受け、リベラルアーツの涵養を目的とした生徒の育成に取り組んでいる。平成23年度はSSHの通常枠に加えて、コアSSH枠として「海外の理数教育重点校との連携」にも採択され、韓国や台湾との国際交流の場を得た。この国際交流の行事の一つとして、開催されたのがSCoPEである。

女子大附属を会場として、2011年8月17日～23日に開催され、中学3年～高校2年生の理数に興味を持つ女子大附属の生徒および県内の中学・高校の生徒を対象とした。参加生徒の多くは、国際交流に関する行事に参加することは初めてであり、科学を通して他国の生徒との文化や考え方の違いを知るとともに、科学が世界共通の言語であることを理解することを目標とした。以下に参加生徒の内訳を記す。

### 【日本の生徒】(44名)

奈良女子大学附属中等教育学校：37名

奈良教育大学附属中学校：4名

奈良高校：2名

西大和学園：5名

### 【海外の生徒】(32名)

韓国 公州大学校 英才教育院在籍の生徒：12名

台湾 高雄市立高雄女子高級中学、

国立中山大学附属国光中学：10名

シンガポール Yishun Town Secondary School、  
Nan Chiau High School：10名

SCoPEの主たる活動が、科学に関するワークショップである。物理・化学・生物・数学・情報の中から生徒が興味のあるワークショップを選択し、科学に関する問題解決を行う。そしてワークショップで学んだことについてポスターにまとめ、他の参加者の前でプレゼンテーションする。ワークショップを通して、SCoPEの目的とするスキルを育成することができる

と考えている。

今回、情報のワークショップにおいて、ロボット教育を取り入れた教育実践「Mission to Mars」を行った。そして、そのワークショップは奈良女子大学や奈良教育大学、両附属校とも連携して展開され、教員間での教材や指導法の共有が行われた。

「Mission to Mars」の学習内容と成果を次に紹介する。

## 3. ワークショップ「Mission to Mars」

### 3. 1. ワークショップ「Mission to Mars」の設定

「情報」のワークショップであったが、単にロボットのプログラム（制御）を学ぶだけでなく、宇宙開発教育とも絡めて、火星探査をテーマにした学習内容とした。それは、課題目標を生徒が興味関心を高める設定にすることにより、より意欲的に取り組むことができると考えたからである。「宇宙飛行士に必要な資質は何か」からはじまり、「なぜ人類は火星に向かうのか」「どのようにして火星探査機を送り込むか」「どのような火星探査機の構造が有効か」「火星探査機にはどのような機能が必要か」など、系統立てた学習計画を立てた。また、制御だけでなく、探査機（自律型ロボット）の製作を行うことによって、制御と機構の繋がりを認識することや創造力の育成を意図した。

本ワークショップの主なねらいは、次の通りである。

- ① 火星探査について考える中で、科学的な観察力・思考力を身につける。
- ② 火星探査機の構造を考える中で、創造力やものづくりのスキルを身につける。
- ③ 火星探査機を自律型ロボットとして制御する過程で、プログラミングスキルを身につける。
- ④ ワークショップや課題に取り組む過程で、人間関係力や国際交流力を身につける。

受講生徒の国籍の内訳は、日本10人、シンガポール2人、韓国2人、台湾2人の計16名（男子8名、女子8名）であった。1班あたりのメンバーを2～3人とし、海外生徒1人に対し、日本生徒1～2人で班を編成し、全体で6班になるようにした。

### 3. 2. ワークショップの学習計画

学習計画を考えると、海外の生徒とコミュニケーションを積極的にできるように、時間配分をした。学習課題に対し、より意欲的に取り組ませるため、課題をあえて「Mission」という言い方にし、さらに到達度をポイント化することによって、ゲーム感覚で取り組むことができるようにした。また、火星探査機の製作、制御の学習時には、教育大附属でふだんからロボットの製作に励んでいる生徒や卒業生（高校生）が教える形態をとった（図1）。同世代の者同士が教え合う

ことによって、学びがより深まると考えたからである。そして、教員は学習活動が円滑に進めることができるよう、課題の提示やコーディネイトに徹した。本ワークショップの学習計画を表1に示す。



図1 ワークショップの講師

表1 ワークショップの学習計画

日時	ワークショップの学習内容
August 19th am	Introduction 「Let's introduce yourself!」 「Why to Mars?」
	Mission1: 「What makes a good astronaut?」
	Mission2: 「Launch a Mars Exploration Rover!」
19th pm	Mission3: 「Build a Mars Rover!」 ～ To overcome the bumpy surface ～
20th am	Mission4: 「Build a Mars Rover!」 ～ To operate a robot ～
20th pm	Mission5: 「Build a Mars Rover!」 ～ Mission on Mars ～
21th am	「What Mars Rover should be like?」 ～ Using a poster and a model ～
21th pm	Preparation for Presentation
22th am	Poster Session

※ am:9:00～12:00 pm:13:00～15:00

### 3. 3 ワークショップの具体的な学習内容

#### 3. 3. 1. Why to Mars?

(なぜ人類は火星に向かうのか)

最初に、本ワークショップのねらいを提示した。課題を遂行するロボット製作が目的であったが、あえてプログラム技術力の向上を全面に出すのではなく、目標をより魅力的で壮大なものにすることによって、生徒たちの意欲の向上を狙った。いうまでもなく、人類は火星に注目しており、それは火星が地球と兄弟星であり、大きさや大気などが原始地球と似ている点も多い。太陽との距離の関係から、表面温度は低いが、「極には水(氷)がある」「火山があり、地中に液体の水が存在する」などの可能性も高く、原始の地球や生物の発生を考えるには重要な手がかりになりえる。そのような点をクローズアップしながら、過去に

NASAが火星探査機を送ったことなどを紹介し、どのような火星探査機を送れば、火星に生命が存在するかどうかを調査することができるか考えさせるよう、課題を設定するようにした。そして、課題解決の過程で先述の目標の達成を意図した。

#### 3. 3. 2. What makes a good astronaut?

(Mission1:宇宙飛行士に必要な資質は何か)

本プログラムにおいて、最初の2日間に、アイスブレイクや観光などが設定されており、ワークショップは3日目からのスタートである。生徒同士は、多少の面識ができてきているようであるが、日本の生徒同士ですらコミュニケーションがとれている状態ではなかった。ましてや海外の生徒もいる。本ワークショップでは、国際交流も重要なねらいであるため、アイスブレイクを兼ねてMission 1を設定した。

宇宙飛行士には様々な資質が求められるが、密閉した空間で長期にわたり困難なミッションを行うため、飛行士間の協調性は欠かせない。そこで、「6個の色のついたブロックを用いてある形をつくり、その形を班の1人が観察し、それをもう一人に言葉で伝えることにより、全く同じ形状で同じ配色の物体をつくる」という課題を設定した。活動の様子を図2に示す。日本の生徒たちは、海外の生徒と慣れない英語で対応しながら、班のチームワーク形成の一步となった。



図2 言葉だけで情報を伝達

#### 3. 3. 3. Launch a Mars Exploration Rover!

(Mission2:どのようにして火星探査機を送り込むか)

1997年のマーズパストファインダーを皮切りに2004年、2008年とNASAは火星探査機(Mars Rover)を送り込んだ。探査機は、火星の大気圏においてパラシュートを用いて火星表面に着地することから、いかに衝撃を少なくして火星探査機を着地させるかという課題をMission 2とした。生卵を火星探査機と見立て、屋上から落としても割れないパラシュートの製作を提示した。パラシュートを製作する材料も各班統一し、限られた材料でいかに衝撃の少ないパラシュートをつくることができるか考えさせた。生徒たちは、表面積を広くしようと工夫したり、紐の付け方を工夫したりし、様々なタイプのパラシュートを製作した(図3)。いわゆるハンズオンという活動である。ここでは、生卵が割れる割れないの結果ではなく、製作過程から様々なスキルを身につけることを目標としている。とはいえ、屋上から落下させる度に一喜一憂する様子が感じ取ることができた(図4)。



図3 パラシュートの制作の様子



図4 屋上からの落下

### 3. 3. 4. Build a Mars Rover to overcome the bumpy surface! (Mission3: どのような火星探査機の構造が有効か)

火星の表面は起伏が激しいため、探査機の走行は不安定であり、万一転倒しても自力で起き上がる機能を備えていなければならない。そこで、凸凹の表面でも活動できる探査機の製作を課題とした。具体的には、4種類のコース (level 1～level 4) を走行できる車型ロボットを製作する活動を行った。(図5、図6)。コース上にはそれぞれ障害物や凸凹があり、それを上手く乗り越えられるように製作する必要がある。

この課題から、教材として、ものづくりの経験の少ない生徒でも扱いやすいレゴマインドストームRCXというロボットキットを用いた。RCXはプログラミングすることで機構を制御することができる。RCXでロボットを設計する場合、構造の設計とプログラミングの制御の2つを考える必要がある。ここでは構造の設計に重点を置いた。



図5 協働してローバーを制作



図6 各レベルの凹凸に挑戦

製品に添付の説明書の通りにつくったロボットでは各々のコースの山や谷を越えることができず、生徒たちはタイヤの大きさやロボットの重心を変える設計を試みた。RCXロボットの特徴は何度でも簡単に設計変更することが可能なことである。生徒たちは挑戦しては課題にぶつかり、弱点を見つけることによってどのように対処すれば良いかを考え、改善してまた挑戦するというサイクルを繰り返す。まさにPDCAサイクル (Plan→Do→Check→Action) を繰り返し、問題解決能力の育成に繋がったと推測する。

また、ミッション3からRCXを用いたロボット製作に長けている教育大附属の生徒 (中2) ならびに卒業生 (高2) がメンターとなり課題を解決するために、受講生徒を指導助言するようになった。

### 3. 3. 5. Build a Mars Rover to operate a robot! (Mission4: 火星探査機をいかに制御するか)

火星探査機は地球からの指令によってコントロールされているが、指令を受け取るまでに時間がかかるため、自動的に障害物を避けるプログラムも組み込まれている。そこで、ロボットを基本形にもどし、レングで障害物をつくり、迷路をぬける自律型ロボットの制御を課題とした (図7)。教育大附属生徒が、事前に基本的な前進、後退、右折左折などのプログラミング方法を指導した後、課題に取り組ませた。



図7 障害物を避けるように制御

なお、プログラムを作成するためのプログラミング用ソフトウェアはROBOLABO (ロボラボ) を使用した。このプログラミング用ソフトウェアはアイコンを利用したものであり、視覚的にも理解しやすいプログラミング言語になっている。今回は、モーターの制御において一般的に多く行われているタイマーではなく、タッチセンサーを用いることで、より正確な動きを実現できるロボットの制御を求めた。

生徒のほとんどは、ロボットを制御するのは初めての経験であった。Try & Error (試行錯誤) を繰り返しながらゴールを目指し、ほとんどのチームが数時間でゴールエリア付近まで制御することができたことで、生徒の多くがロボット制御に興味を持ってくれたと考えている。

### 3. 3. 6. Build a Mars Rover! ~ Mission on Mars ~ (Mission5:火星で任務を遂行せよ)

火星を模したフィールドの中央にエネルギータワーを設置し、その横に火星の岩石を数個置いた。そして、エネルギータワーにいち早く辿り着き、より多くの岩石を調査 (接触) できるロボットの製作を課題にした (図8)。本課題では、ロボットの制御だけでなく、岩石を効率よく調査できる構造にしなければならない。プログラミングと構造を工夫しながら、生徒たちは課題解決に取り組んだ。また、対戦形式とし、どちらが一定時間に効率よく課題をこなしているかが一目でわかるようにした。



図8 火星探査の模擬活動

限られた時間であったため、昼休みも返上して熱心に取り組む班もあった。課題を明確にすることと、適切な課題を設定することが、活動に効果的であったと考えられる。

### 3. 3. 7. What Mars Rover should be like?

(探査機にはどのような機能が必要か)

ワークショップのまとめとして発表が義務付けられている。本ワークショップでは、今までの活動から、「火星に生命体が存在するかどうか」を調査する火星探査機について、その構造や機能について考えさせ、その内容について発表するようにした。他のワークショップと同様にポスターにまとめるようにしたが、加えて班で考えた探査機をRCXで表現するように指示した。生徒たちは、協力しながら模造紙に火星探査機の図を描きながら、一方で探査機のモデルを製作した(図9)。モデルに表すことによって、現実のエンジニアの



図9 ロボットとポスターで表現

営みを感じ取る機会に繋がったと考える。

### 3. 3. 8. Preparation for Presentation

発表方法についても、ただ単に原稿を読むだけでなく、何か工夫を入れるように助言した。教育大附属の生徒がロボット世界大会時に行った発表のビデオをみせながら、寸劇や替え歌を入れるなど、より聞く側が興味を持つように指示した。また、その過程で、深く議論を繰り返す、自分の確固たる意見を持ち、チームの意見を熱心に聞いたりする機会を設定した。本番のプレゼンにおいても、ニュース番組のように、キャスター役がニュースを伝える形で発表しようとする班もあった(図10)。



図10 工夫した発表の様子

### 3. 3. 9. Poster Session

全ワークショップが発表を行い、お互いの発表を聞きながら、相互に評価し合った(図11)。本ワークショップにおいては、モデルも提示したため、よりわかりやすかったとの評価を得た。それは、言葉の壁も多少関係があるのかもしれないが、自分たちの目指すものを明確に視覚化することによって、より明確に考えを伝えることができたと考える。



図11 ポスターセッション

## 4. 成果と課題

ワークショップを終了した後に、生徒に本事業についてアンケートを行った。なお、アンケートは英語で行われた。これをもとにして、本活動の成果と課題に

ついて考察する。各項目について、日本人生徒と海外生徒の比較を行った。以下に示す各表において、数値は人数を、括弧内はその割合を示している。

#### ①ワークショップに対する興味

問1「ワークショップは興味を持ってましたか。」についての結果を表2に示す。

表2 ワークショップに対する興味

	日本生徒	海外生徒
大変興味を持てた	7(87.5%)	5(83.3%)
ある程度興味を持てた	1(12.5%)	1(16.7%)
あまり興味を持てなかった	0	0
まったく興味を持てなかった	0	0

この結果から、ワークショップに対する興味関心の高さがうかがえる。これは、LEGOやロボットなどこれまでに体験したことのないワークショップであったことが理由として挙げられた。

#### ②科学に対するおもしろさ

問2「ワークショップを通して科学のおもしろさを感じられましたか。」についての結果を表3に示す。

表3 科学に対するおもしろさ

	日本生徒	海外生徒
とてもそう思う	3(37.5%)	4(66.7%)
ある程度そう思う	4(50%)	2(33.3%)
あまりそう思わない	1(12.5%)	0
まったくそう思わない	0	0

海外生徒の方が高く評価している。全体としても評価は高いことがかる。自由記述でアイデアをロボットという具体物で表現することのおもしろさをあげている生徒もいた。

#### ③科学的な思考力

問3「ワークショップを通して科学的な思考力を身につけられましたか。」についての結果を表4に示す。

表4 科学的な思考力

	日本生徒	海外生徒
大変よくできた	2(25%)	3(50%)
よくできた	4(50%)	3(50%)
あまりよくできなかった	2(25%)	0
できなかった	0	0

海外生徒の方が高い結果となった。答えを導くために、既存の知識と結びつけて考えることができたかどうかで評価が分かれた。

#### ④問いの発見

問4「ワークショップを通して自ら問いを発見しようと思いましたか。」についての結果を表5に示す。

表5 問いの発見

	日本生徒	海外生徒
大変よくできた	0	2(33.3%)
よくできた	7(87.5%)	3(50%)
あまりよくできなかった	1(12.5%)	1(16.7%)
できなかった	0	0

他の質問項目と比べると全体的にやや評価が低い。各ミッションをこなすのに精一杯であり、新たに自分から問いを持つことが難しかったというコメントが見られた。

⑤問題解決能力

問5「ワークショップを通して課題を解決する方法を考えようと思いましたか。」についての結果を表6に示す。

表6 問題解決能力

	日本生徒	海外生徒
大変よくできた	4(50%)	2(33.3%)
よくできた	4(50%)	4(66.7%)
あまりよくできなかった	0	0
できなかった	0	0

全体的に評価が高い。各ミッションにおいて、さまざまな角度から課題を捉え、解決することができた生徒が多かったことがわかる。

⑥科学に対する認識

問6「ワークショップを通して科学が世界共通の言語であることを認識できましたか。」についての結果を表7に示す。

表7 科学に対する認識

	日本生徒	海外生徒
大変よくできた	6(75%)	5(83.3%)
よくできた	2(25%)	1(16.7%)
あまりよくできなかった	0	0
できなかった	0	0

日本と海外の生徒ともに科学が世界共通の言語であるという認識ができたといえる。生徒間で互いの言葉はわからなくても、科学を通してグループ内の意思疎通が図られたと回答する生徒がいた。

⑦科学を通じた国際交流

問7「サイエンスのワークショップを、海外の生徒と行うことについてどう思いますか。」についての結果を表8に示す。

表8 科学を通じた国際交流

	日本生徒	海外生徒
とても興味深かった	5(62.5%)	5(83.3%)
少し興味深かった	1(12.5%)	1(16.7%)
あまり興味を持ってなかった	2(25%)	0
興味を持ってなかった	0	0

日本の生徒たちは、海外の生徒の意見がこれまでの自分たちの考えとまったく異なるものであることに刺激を受けたとコメントしている。

⑧ワークショップの中で最も印象的だったこと、おもしろかったこと（自由記述）

火星探査機を製作し、プログラミングを行ったことが印象的だったという生徒が多い。ロボット製作を初めて経験する生徒が多く、今後より高度な学びに繋がるワークショップだったと言える。また、チーム単位で競い合ったことが面白かったという生徒もおり、より良いロボットを製作しようという意識につながったことがうかがえる。

⑨ワークショップの改善点（自由記述）

ワークショップの時間をもっと長くしてほしいという意見が最も多かった。レゴやロボット製作に慣れてきた時期にワークショップが終了してしまった、という意識が生徒たちには強い。ワークショップで活動する時間がもう少し長ければ、プログラムやロボットの改良を行うことができ、さらなる科学的な思考力の育成に繋がる活動ができたと予想され、今後の向けて参考としたい。

⑩活動の講師を務めた生徒の感想

本ワークショップで講師役を務めた教育大附属の生徒（中2）は次のように感想を述べており、教える側にも多くの学びがあることを推測できる。

「実際に自分の知っていることを教えることによって、プログラムの仕組みについて、再認識することができ、勉強になった。また、海外の人に伝えることは非常に難しかったけれど、このような機会を通してコミュニケーションの大切さを実感した。これからも国内外問わず、人とのつながりを大切にしたいと思う。仁木祐太（教育大附属中2）」

5. 終わりに

今までに語学力の向上や国際理解などをねらいとした海外の生徒と協同的な教育活動の実践については、多く取り組まれてきた。ただ、日本の研究機関も海外の研究機関と協同研究することが積極的に行われている現状を考えると、科学を世界共通の言語と考え、科学的なプロジェクトを海外生徒ともに取り組むことは、これからのグローバル社会を担う人材育成においては、必要不可欠なことであろう。そのような点で、SCoPEは画期的な教育実践であり、とくに情報で行われたロボット教育を取り入れたワークショップは「21世紀型スキル」の向上にも大きく寄与しており、教育における起爆剤となりえるだろう。

今回のワークショップでは、様々な意図を盛り込んだ学びの場にするように企画した。例えば、同世代の生徒が教え学び合うという教育形態（図12）とし、これをロボット製作と制御を介して



図12 受講生に助言する中学生

行ったことは、これからのロボット教育の新たな可能性を示唆するものである。今回の情報ワークショップは2つの附属学校間の共同開催であったが、これからは更に大きな規模でロボットについてのワークショップを開催していく必要があることを強く感じた。

最後に、教材提供いただいた（株）アフレルに感謝申し上げますとともに、ロボット教育の推進にご支援いただいたすべての方に謝意を示す。

#### 【参考文献】

- 1) 星千枝：21世紀スキルとしての問題解決力と国際的な評価の枠組み,日本テスト学会第8回大会研究要旨集,pp.1-2(2010).  
([www.cret.or.jp/j/about/bumon/bumon1/thesis20100830.pdf](http://www.cret.or.jp/j/about/bumon/bumon1/thesis20100830.pdf))
- 2) 福田哲也,他7名：奈良からロボット教育の風をーロボット教育における新たな試みー,奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要,第20号,pp.209-214(2011).