

ロボットサイエンス教育を通して中高生が獲得した能力の検証

Verification of Competency Obtained from Robot Science Education in Junior and Senior High School Students

福田哲也* 中条貴夫** 上田悦子***

追手門学院大学* 追手門学院** 鹿児島工業高等専門学校***

新学習指導要領において、プログラミング教育の導入が大きく注目され、多くの学校で様々な実践が行われている。しかしながら、その教育効果について、1回の講座や数回の授業における検証研究が多く、長期にわたる実践における研究はほとんどない。そこで、本稿では、社会課題の解決を目指したロボット開発をロボットサイエンス教育と定義し、長期にわたる教育活動の中で、生徒たちが培った資質・能力について、OECDのキーコンピテンシーと照合しながら、検証を行った。その結果、ロボットサイエンス教育は、プログラミングスキル等の育成だけでなく、やり抜く力や協働性などの非認知能力の育成にも寄与することを示唆するとともに、卒業後の人生にも大きな影響を及ぼすことが明らかになった。

キーワード：ロボットサイエンス教育，ロボットコンテスト，STEAM 教育

1. はじめに

るものであり、その概念図を図1に示す。

1.1 研究背景とロボットサイエンス教育

2022年の高等学校学習指導要領改訂では、「総合的な探究の時間」に加え、「理数探究」など、教科をこえたカリキュラム設定を提言した。その中で、教育課程部会はSTEAM教育の重要性を説いている。

2004年より、福田はロボットサイエンス教育を展開した。ここでいう「ロボットサイエンス教育」は、筆者の造語で一般化されていない文言であるが、サイエンスの概念を広くとらえ、「SDGsなどの社会課題や答えが1つでない課題について、ロボット開発やものづくりを通して科学的に解決することを目的にした教育活動」と定義づけ、その普及・啓発に努めてきた。そして、単なる技術力やプログラムスキルの向上を目的とせず、課題解決の過程で、これからの時代に必要な資質・能力の向上を目指した。さらに、生徒の「思い」や「願い」を大切にしながら、主体的に取り組む科学教育の推進を心がけた。指導者として、心がけた観点を次にあげる。

- ・社会課題に向き合い、生徒自ら課題設定をする。
- ・答えが1つでない課題に、チームで取り組む。
- ・ロボット（もの）を製作し、活動成果を発表する。

2004年から実践したロボットサイエンス教育は、現在の課題解決を目的としたSTEAM教育にも通じ

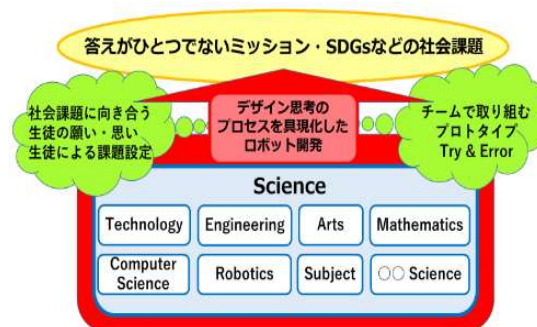


図1 ロボットサイエンス教育の概念図

1.2 活動成果を可視化できるロボットコンテスト

教育において評価は重要であり、ロボットサイエンス教育活動の成果発表の場となったのが、世界規模のロボットコンテストであるFLL (FIRST LEGO League) やWRO (World Robot Olympiad) である。FLL、WROともにLEGO MindStorms などのロボット教材を用いたロボットコンテストであり、毎年20万人以上の小中高生が参加する世界最大規模の大会である。FLLでは、ロボット競技に加え、毎年提示される課題テーマに基づき、調査研究ならびに研究プロセスの発表を行う。また、WRO (Future Innovators 部門) は、SDGsに関連する課題テーマについて、ロボット開発

による解決方法を発表するロボットコンテストである。近年のFLLおよびWROの課題テーマを表1に、中高生が世界大会で発表している様子を図2に示す。

表1 FLLおよびWROの課題テーマ (2016~2020)

年	FLL (FIRST LEGO League)	WRO (World Robot Olympiad)
2016	Animal Allies (動物保護)	RAP THE SCRAP! (環境問題)
2017	Hydro Dynamics (水の重要性)	SustainaBots (持続可能な社会)
2018	Into Orbit (宇宙・宇宙開発)	FOOD MATTERS (食糧問題)
2019	City Shaper (建築)	SMART Cities (持続可能なまちづくり)
2020	RePLAY (運動・健康)	CLIMATE SQUAD (地球温暖化)



水質浄化研究について発表 FLL米国世界大会 (2018) 手話通訳ロボットの発表 WROコスタリカ世界大会 (2017)

図2 FLLやWRO世界大会における研究発表の様子

FLLやWROでは、ロボット制御技術に加え、社会課題解決に関する独創性や革新性そして表現力が求められる。これらのロボットコンテストの課題に対し、福田が指導した中高生が取り組み、2005年から挑んだFLLで6回、2006年から挑んだWROで14回、日本代表として世界大会にも出場し、総合優勝を含む16回の入賞を果たした(2023年12月時点)。ロボットサイエンス教育活動に取り組んだ彼らの成長を指導者として、手に取るように実感したことから、その教育効果ならびに教育的価値の検証が今後のロボットサイエンス教育にとって必要不可欠と考えた。

1.3 研究目的

本研究では、FLLやWROなどの課題解決を意図したロボットコンテストに挑戦した中高生が、ロボットサイエンス教育活動を通して、どのような能力を獲得したのか、その検証を目的とする。研究目的の具体的な内容を次に記す。

- I. FLLやWROにおいて、答えが1つでないミッションやSDGsに関する社会課題に向き合い、ロボット開発を通して科学的に解決することに挑戦した生徒たちが獲得した能力について、検証する。
- II. 学生時代に培った能力が、成人になっても活かされているか(卒業後の影響)を検証する。

2. 検証方法

2021年2月、福田が指導した学校の卒業生のうち、中高生時代にFLLならびにWROに参加したロボットコンテスト経験者(世界大会や全国大会に出場した18歳から30歳の卒業生30名)に対して、アンケートを行った。なお、質問項目については、OECDがDeSeCo計画で定義づけたキーコンピテンシーを意識して作成した。キーコンピテンシーを表2に、またキーコンピテンシーをもとに作成したアンケートを図3に示す。

表2 OECDが定義づけたキーコンピテンシー

(1) 相互作用的に道具を用いる	1A 言語、シンボル、テキストを相互作用的に用いる力 1B 知識や情報を相互作用的に用いる力 1C テクノロジーを相互作用的に用いる力
(2) 異なるグループにおいて相互に関わり合う	2A 他者とよい関係をつくる力 2B 協同する力 2C 葛藤を調整し、解決する力
(3) 自律的に行動する	3A 大きな展望の中で行動する力 3B 人生計画や個人的プロジェクトを設計し実行する力 3C 自らの権利、利害、限界やニーズを主張する力

出典: OECD (2005) をもとに国立教育政策研究所作成

ロボットサイエンス教育活動を通して (アンケート)	
設問1: ロボットサイエンス教育活動で、印象的な経験は何ですか	
設問2: ロボットサイエンス教育活動において、どのような能力が身についたと思いますか (選択肢 とってもついたり一つもつかない-わからぬ-あまりついていない-ついていない)	
① 学習したこと(言語、知識、数学)を活用する力	※キーコンピテンシー (1) 1A・1B
② コンピュータなどのテクノロジーを活用する力	※キーコンピテンシー (1) 1C
③ なかまと協働して、取り組む力	※キーコンピテンシー (2) 2A・2B
④ 意見の違いや人との対立を調整し、解決する力	※キーコンピテンシー (2) 2C
⑤ 大きな展望をもって、目標に向かって行動する力	※キーコンピテンシー (3) 3A
⑥ 自分の生活や人生について、自律して生きる力	※キーコンピテンシー (3) 3B・3C
⑦ ものごとを論理的に考える力	※文科省が謳うプログラミング的思考
⑧ 壁にぶつかっても、あきらめず解決しようとする力	※やり抜く力「GRIT」
設問3: ロボットサイエンス教育活動は、あなたの人生の糧になりましたか	
設問4: ロボットサイエンス教育は、これからの教育において重要であると考えますか	

図3 ロボコン経験者に対するアンケート質問項目

図3の設問2の①の能力は表2のキーコンピテンシーの(1)1A・1B、②は(1)1C、③は(2)2A・2B、④は(2)2C、⑤は(3)3A、⑥は(3)3B・3Cをそれぞれ意識したものであり、⑦は文部科学省が唱えるプログラミング教育におけるプログラミング的思考、⑧は教育者であるダックワースが説く「やり抜く力」と表される「GRIT」を意識した(Anjela Duckworth,2016)。「GRIT」については、教育だけでなく、社会や企業で注目される資質・能力である。

また、アンケート結果の精度を上げるために、記述については、出現単語やその共起を調べるとともに、活動経験の浅い現役生徒にもアンケートを実施し、比較検証を行った。

3. 調査結果と分析

3.1 設問1のアンケート結果と分析

図3の設問1のロボットサイエンス教育の印象的な経験については、30名中22名がFLLやWRO世界大会のエピソードを記した。「ロボットサイエンス教育活動で、印象的な経験について」の記述を図4に示す。

ロボットサイエンス教育活動で、印象的な経験は何か。(抜粋)

- ・今、振り返ってみると理科室で練習している時お互いのチームのロボットを見ながらここが良いここを変えたらいいかもなどお互いに協力して切磋琢磨し良きライバルであったからこそ違うチームのロボットのことも知ることができて、世界大会での活躍に繋がったと思う。
- ・今思い返してみると、目の前が本当に真っ暗になるような経験は、なかなかあることではなく、気持ちのいいものではないが、貴重な経験ができたのかなと思う。自分自身の性格を考えると、そんなに何かに熱中したり、周りが見えなくなったりすることは余りないと思うが、そんな自分でも目の前が真っ暗になるぐらい熱中した科学部での活動は、特別な活動になっていると思う。
- ・自身にとって最後のWRO出場であったWROタイ国際大会でのプレゼン終わりの仲間との悔し涙。私たちは、本当にこの一瞬に全力で日々を過ごしてきたことを思い知ったことが印象的で、今でも忘れられない。あれだけの熱量で取り組めた活動や、チームとしての強さを実感できた経験は自分自身初めてであったし、同時にどれほど十分だと思っても準備に終わりはないことを思い知った。いい意味で最後の最後に自身の伸び切った鼻をへし折れ自身の詰めの甘さを思い知った出来事であったから非常に印象的である。
- ・やり切ったという思いがあったため、負けたことがとても悔しかった。その悔しさが自分を成長させてくれたと思う。あの敗北がなければ天狗になっていたと思うし、その後の人生で努力をしなかったのではないかと考えている。
- ・FLLの世界大会で総合優勝した時です。自分のこれまでの努力、チームとしての努力が最大の形で評価された瞬間でした。今までの「負け」は「成功」だったということを感じることができました。

図4 設問1「印象的な経験について」(一部抜粋)

図4の記述からも分かるように、ロボット開発に挑戦したこと、ロボットコンテストで失敗したこと、緊張したことなどを印象に残る回答が多く、当時の経験が大きな影響を与えていることが窺われていた。また、「チーム」という単語との高い共起が見られた。これは、指導者として心がけた視点の1つである「答えが1つでない課題に、チームで取り組む」経験が、協働性の育成に寄与したと推察する。

3.2 設問2のアンケート結果と分析

図3の設問2のロボットサイエンス教育での獲得した能力についてのアンケート結果を図5に示す。8つのすべての力において70%以上の卒業生が「とてもついた」「ついた」と回答した。①～⑧の能力の数値の有意差を調べるために、「とてもついた」を5点、「ついた」を4点、「わからない」を3点、「あまりついていない」を2点、「ついていない」を1点と数値化し、回答データは正規分布に従わないことから、Steel-Dwass検定 (<0.05) による多重比較を行った。検定結果を表3に示す。

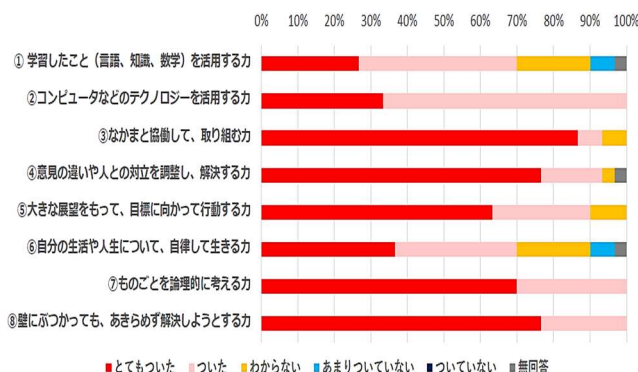


図5 設問2「獲得した力について」 卒業生30名

表3 ①～⑧の能力の有意差
Steel-Dwass検定による多重比較 ($p < 0.05$ を黄色表示)

	比較する能力							スコアの 平均値
	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
①の能力	0.498	0.001	0.004	0.061	0.900	0.004	0.001	3.80
②の能力	-	0.004	0.061	0.632	0.900	0.090	0.019	4.33
③の能力	-	-	0.900	0.512	0.003	0.865	0.900	4.80
④の能力	-	-	-	0.900	0.036	0.900	0.900	4.60
⑤の能力	-	-	-	-	0.272	0.900	0.900	4.53
⑥の能力	-	-	-	-	-	0.039	0.011	3.90
⑦の能力	-	-	-	-	-	-	0.900	4.70
⑧の能力	-	-	-	-	-	-	-	4.77

表3より、①の能力に対して③④⑦⑧の能力に、②の能力に対して③⑧の能力に有意差が見られた。ロボットサイエンス教育活動では、学習したことやコンピュータなどのテクノロジーを活用する力より、協働性やGRIT (やり抜く力) の育成への寄与を推察することができる。これは、社会課題や答えが1つでない課題をチームで解決するロボットサイエンス教育の特徴が関与していると考えられる。

また、現役生徒を経験年数や経験内容を踏まえ、次の3つのグループに分けて、アンケートを実施した。

- ・活動歴2年以上の現役生徒 全国大会経験者 (17名)
- ・活動歴2年以上の現役生徒 全国大会未経験者 (8名)
- ・活動歴1年の現役生徒 全国大会未経験者 (23名)

回答データのグループの有意差を同様に調べ、多重比較すると、次のような結果が得られた。

- ・卒業生と活動歴1年の現役生徒では、いずれの能力も有意差が見られた。
- ・卒業生から比較したとき、③⑦の能力は卒業生と現役生徒で、①②④⑤⑥⑧の能力は全国大会出場の有無によって、有意差が見られた。

これらの結果より、ロボットサイエンス教育の経験年数や経験内容が生徒の能力獲得に関与していることが推察できる。

3.3 設問3のアンケート結果と分析

図3の設問3では、卒業生（30名）の多くは、社会人になっていることから、ロボットサイエンス教育活動が、その後の人生にどのように影響を及ぼしているかを問うた。アンケート結果を図6に示す。

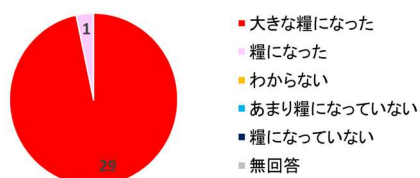


図6 設問3「人生の糧になっているか」卒業生30名

図6において、97%が「大きな糧になった」と回答し、その後の人生に大きな影響を及ぼしていることがわかる。また、理由記述では「できるーロボット」「できるー経験」など成功体験を示す共起が多く見られた。ロボット開発の成功体験が、その後の人生にも大きく影響を及ぼしていることを示唆している。

3.4 設問4のアンケート結果と分析

図3の設問4では、ロボットサイエンス教育の重要性について問うた。アンケート結果を図7に示す。



図7「ロボットサイエンス教育は重要か」卒業生30名

図7において、93%が「非常に重要である」「重要である」と回答し、ロボットサイエンス教育の重要性を示した。また、理由記述では「答えー考える」「社会ー課題」「解決ー課題」等の共起が多く見られた。ロボットサイエンス教育の重要性を高く評価するとともに、その教育的価値をロボット開発よりもむしろ課題解決に見出していることを示唆している。

4. おわりに

本研究において、ロボットサイエンス教育の教育効果ならびにその後の影響について検証を試みたが、その教育効果ならびにその教育的価値を明らかにすることができた。とくに、ロボットサイエンス教育活動では、学習したことやコンピュータなどのテクノロジーを活用する力だけでなく、協働性やGRIT（やり

抜く力）の育成への寄与を推察することができることは、これからの教育を考える上でも興味深い。

そして、本研究は、3年以上長期にわたる教育活動およびその後の影響についての検証したものであることから意義深いと考え、ロボットサイエンス教育と多くの理念を共有するSTEAM教育の教育効果を示していると考ええる。

今回、対象になった卒業生30名の内、社会人として仕事に従事している18名の中で、研究開発業務に就いている者が8名と多いことも興味深い。それは、社会課題に向き合い、プロトタイプをつくる過程で、多くの失敗や挫折を経験しながら一定の成果を掴んだことが、自信にも繋がり、より大きな研究に挑む姿勢に繋がったと推察する。生涯学習の重要性が叫ばれている中、培った能力がその時だけのものではなく、社会で働くようになってからも、活用されていることから、OECDのキーコンピテンシーの設定目的を達成しているといえよう。

それゆえに、社会課題に向き合い、答えが1つでない課題を協働で取り組むロボットサイエンス教育は、時代の先を行く教育であると考え。そして、デザイン思考のプロセスを意識しながら社会課題解決を目指すロボット開発は、国が提唱するSTEAM教育の先駆的な教育実践といえ、ロボットサイエンス教育の普及・啓発を期待してやまない。

参考文献

- 文部科学省(2021)「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す個別最適な学びと協働的な学びの実現～(答申), 中教審第228号.
- 福田哲也(2004)考える力を育む理科教育の実践, 奈良教育大附属中学校研究収録, 34号, pp. 33-54.
- 今西幸蔵(2008)キー・コンピテンシーとDeSeCo計画, J-STAGE学校教育研究, 23巻, pp. 21-33.
- Duckworth, Peterson, Matthews, Kelly (2007) Grit: perseverance and passion for long-term goals. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 92, No. 6, pp. 1087-1101.
- 池田郁男(2013)統計検定を理解せずに使っている人のためにIII, 化学と生物, Vol. 51, No. 7, pp. 483-495.
- 福田哲也, 井上明, 上田悦子(2021)ロボットサイエンス教育の実践とその教育効果ーロボットコンテストに参加した中高生が活動を通して獲得した能力の検証ー, Robomech2021講演1A1-K05.