

STEM教育の考え方を取り入れたものづくり活動の意義と効果の検討

—ものづくりに関する諸理論の検討と学習方略尺度の前後調査から—

峯村 恒平 目白大学教育研究所
野村 泰朗 埼玉大学教育学部

キーワード：ものづくり活動、STEM教育、学習方略、内発的動機付け

1. はじめに

21世紀に入りますます進展する科学技術社会においては、それを支える人材の育成・確保という観点から、理数教育・技術教育がさらに重要となってきたおり、そのような背景からアメリカ、EU等においては「STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育」と呼ばれる、科学、技術、工学、数学それぞれの分野を融合的に育む各種政策的・教育的取り組みが進んでいる(堀田 2011)。アメリカでのSTEM教育に関わる各種施策政策の動向等は熊野(2016)等でも報告されているが、その内容が成果として着実に具体化しつつあることを指摘する論考(郡司 2015a)もあり、まさに清原(2014)が言うとおりアメリカ、EU等においてはSTEM教育が、科学技術ガバナンスとして形成・成立しつつあり、より一層推進されている状況にある。

一方、日本の現状に目を向けると、平成20年度の学習指導要領改訂の前提となった中央教育審議会の答申において、今日の理数教育と子どもの現状について「算数・数学や理科について、学習に対する積極性が乏しく」、「得意だと思ふ子どもたちが少ないなど、学習意欲が必ずしも十分ではない」といった課題が指摘されている(中央教育審議会 2008)。このようないわゆる「理科離れ」についてはTIMSS等の国際学力調査や含まれる質問紙調査などで、実際に実態が明らかにされているが(長沼 2015)、欧米で言うSTEM教育といった理数教育・技術教育の政策的・教育的取り組みはなかなか進んでいない。事実、STEM教育に関して報告されているものは、学校での正課の時間外の取り組みが大半であり(例えば齊藤ら 2014, 大島ら 2015, 熊野ら 2014など)、総合的な学習の時間において実践した野村ら(2014)も、導入可能性を検証したに留まっている。また、これらの研究はSTEM教育として実践した内容を具体的に報告しながらその成果や意義を述べているが、具体的にその効果について検証したものはあまり無い。

そこで、本研究では①STEM教育の考え方として「ものづくり活動」を取り上げる意義について具体的に提案し、ものづくり活動を取り上げることによる効果として、②学習方略、内発的動機付けへの影響、という点から、埼玉大学STEM教育研究センターにおいて行った一連のSTEM教育実践での事前・事後調査を行った結果の分析をすることを通して、その効果について具体的に検証を試みた。

2. ものづくり活動の意義と提案

2-1 ものづくり活動の考え方

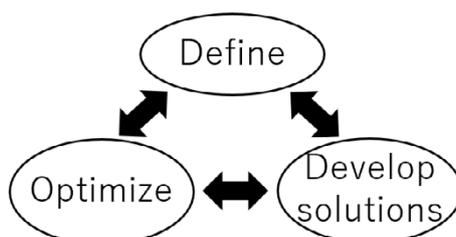
そもそも、今日の学校教育で行われている理科などでの実験や観察はどのような流れで行われているのだろうか。Sliviaら(2012)によれば、学校では「科学的方法」という名の下で、事実や手続きを明示的に教える手法がはびこっていると、その具体的な手順を表1の通り整理している。

表1 Sliviaら(2012)による「科学的方法」

- ・対象を観察し、かつ/または調査を行う
- ・仮説を立てる
- ・仮説に基づいて予測を行う
- ・実験をして仮説を検証する
- ・実験結果を分析する
- ・仮説の正しさを判定する

しかしながら、今日では単に順序だてて何かを明らかにすることだけが科学教育において重要なのではない。例えば全米研究協議会(NRC)が2013年に発表した「科学に関する次世代スタンダード(NGSS: Next Generation Science Standards)」では、「エンジニアリングデザイン」の重要性とその考え方についても触れられている。図1に示すのがその概念図であるが、Define(定義する)、Develop Solutions(解決策を模索する)、Optimize(最適化する)という3つの段階が相互に関連した構造となっている。従来の科学的方法とは異なり、一直線に行われる学習活動ではなく、むしろ郡司(2015b)がいうように、エンジニアリングを通じた実践的なプロセス、あるいはテクノロジーによるアウトプットが含意、重視されている。

一方で、ものづくり活動ということに関しては、コンストラクショニズムといった考え方についてもこれまで検討されてきた(例えば、平野ら(2014)が詳しい)。この平野らのまとめに従えば、コンストラクショニズムとは、「学習者が具体的にものづくりを行う中で学習者自身の中にも知識を構築していくという、二重構造」をもっており、「Learning-by-making(つくることによって学ぶ)に特化して説明することが出来る」学びの理論である。また検討を踏まえ、同じく平野らは、コンストラクショニズムの考え方をういた実践の特徴として、(1)具体的なものづくり活動であること、(2)学習者の積極的な姿勢があり、学習者自らが知識を構築していくこと、(3)共同作業者の存在があること、(4)選択制や多様性を兼ね備えた学習対象であること、を挙げている。特に(4)については、いわゆるLEGOや、ゲームの制作、ロボットの製作など、学習者の多様なアイデアに対応することができる柔軟性のある教材で取り組まれることが多いことを指摘している。



NGSS(2013)を参考に筆者作成

図1 NGSSのエンジニアリングデザイン

前掲のNRCが提唱しているSTEM教育におけるエンジニアリングデザインの考え方は、そのプロセスが一直線ではなく、相互に関連した構造となっていることを示した点で大きな意味を持つが、どのような特徴を持った活動を行うかといったことまで明示しているわけではない。本研究ではその具体的な活動の考え方として、コンストラクショニズムの考え方に依拠しながら実践を行うこととした。

2-2 ものづくり活動の提案と実践

埼玉大学STEM教育研究センターではそのアウトリーチ活動として、「ロボットと未来研究会」と称する活動を展開している。本活動では、STEM教育の考え方を取り入れた「ものづくり活動」を行っている。教育理念・目的としては、広く学際分野を統合して主体的に問題解決を行うことができる総合的な学力を育むということを目的に掲げており、その具体的な教育方法として、ものづくり活動、中でもコンピュータを組み合わせたロボット技術を要素として取り入れたものづくりを行っている。従来の科学教育のように、単に一直線のプロセスによるものづくりではなく、何度も自ら試行しながらよりよいものを創る、スパイラル型の問題解決過程に、コンストラクショニズムの考え方も含意した、ものづくり活動として展開している。

そのために、本活動は「研究会」という標榜の中で、指導者を「リーダー」、参加者である児童・生徒を「研究員」と呼ぶこととした。そして「研究員」による主体的・自主的な研究活動を行うことを目指し、第1回目の活動で「研究員の5か条の心得」として、①自分のやりたいことを見つけよう、②リーダーは1度しか説明しないので、覚えておく工夫の習慣をつけよう、③「答え」は他人に教えてもらうのではなく自分で見つけよう、④他人の邪魔はしないようにしよう、⑤他人から借りたものや研究室で使っているものは自分のものより大切にしよう、というルールを提示し、特に①、③により、研究員の創造プロセスを尊重するよう配慮した。

具体的な活動内容としては、教材として同センターで教材として独自に開発した「STEM Du」と呼ばれるマイコンや、LEGO等の教材を利用して、ロボット等のものづくり活動を行うこととした。大きく分けて「入門コース」、「応用コース」、「研究コース」を設定し、入門コースではスクラッチと呼ばれる簡易なゲームプログラミングをしたり、簡易な素材を使ったロボット作り・プログラミング、LEGOを組み立ててロボット作り・プログラミングを行ったりする。応用コースでは、入門コースをさらに発展させ、難しい課題製作を行うなど、課題解決的な要素もより取り入れたものづくり活動を行う。研究コースではロボット製作はもちろん、ものづくりに関して自分が研究したいことを自分で研究するコースであり、子どもによって製作物の内容自体も自由に任せることとした。

このようなものづくり活動に焦点をあてた実践を具体的に実施し、その効果について以下でさらに検討を進めていく。

3. 実践の概要と研究の方法

3-1 実践の概要

前述したとおり、実践は埼玉大学STEM教育研究センターでのアウトリーチ活動である「ロボットと未来研究会」で行った。

本活動は、半期で「1期」として活動され、概ね月3回、計15回の活動を行っている。1回3,000

円で、半期で約45,000円、またコースにもよるが、前述した教材「STEM Du」や、LEGO等の教材費として10,000円程度を徴収している。基本的には将来教員を志す大学生が指導にあたり、最終回（15回目）に全体で製作物についての発表会を行っている。なお、募集は各小学校等に案内のチラシ配布依頼を行い、許諾を得られた学校に配布を行うといった方法を中心に、HPでの広報活動等で行っている。

今回研究の対象としたのは、平成28年5月からの「第29期」の活動である。なお、平成28年5月～9月にかけて実施した第29期の活動では、年中・年長が6名、小学校1、2年生が18名、小学校3、4年生が23名、小学校5、6年生が19名、中学生が5名の合計71名が参加した。

3-2 研究の方法

本研究では、前述の議論を踏まえ、特にものづくり活動を通して単に何かをつくるだけでなく、つくる過程で様々な試行錯誤、思考判断があったり、柔軟性のある教材で取り込まれることに鑑み、どのような学習方略が身についているのか、といったことを検討することとした。そこで、佐藤ら（1998）の学習方略尺度を5件法で尋ね、事前事後の効果を測定することとした。また、藤田ら（2012）は、方略と内発的動機付けに相関関係があることを報告している。さらに冒頭で述べたとおり、中教審の答申等においても理数教育に対する学習意欲が必ずしも十分ではないといった課題があることから、STEM教育の意義を検討する上でも、内発的動機付けへの効果を検討することも、やはり重要であると考えた。そこで、本研究でも学習方略尺度と内発的動機付け尺度との関係を見るため、桜井ら（1985）及び前掲の藤田らを参考にした、内発的動機付け尺度を用いることにした。これら項目は測定後、すべて反転し、よりポジティブであるほど得点が高くなるようにしてから分析を行った。

なお、アンケートは5月の初回活動時に事前調査を、最終回である9月の発表会後に事後調査を行った。調査票には調査の目的と同時に、「答えたくない質問は答えなくて良い」、「リーダーや先生、お母さんやお父さんが見ることはない」、「集計され、一人一人の回答が知られることはない」旨明記した。回答時間は15分程度であった。小学校1年生以上を対象とし、事前、事後調査共に回答があった有効回答数は36件であった。

4. 結果と考察

4-2 学習方略尺度の前後比較

表2に、学習方略尺度の項目の一覧と、事前調査、事後調査での各項目の平均・標準偏差と、 α 係数について示す。項目で言うと1、8、12、14、18、24、26の7項目以外はすべての値が事後のほうが上回っており、一定の効果が示唆される。 α 係数は.6前半のものも一部にはあるが、概ね7割前後以上であり、利用した項目について妥当性の問題は無いと判断し、構成される項目の平均値を各因子得点とすることとした。

次に、表3に示すとおり、実際に各因子の前後の得点差について、差の検定を行った。サンプル数が36件と少なく、また等分散性を仮定できなかったため、20%水準でWilcoxonの符合付き順位検定を行った。その結果、友人リソース方略 ($p>.05$) と、認知的方略 ($p<.20$)、柔軟的方略 ($p<.20$) について、有意差が認められた。このことから、友人にやり方を聞くとといった方略、どのように理解をするかといった認知的な方略、勉強の仕方や順番といった柔軟的な方略については、

本活動を通して一定程度の効果が認められたと考える。

4-2 内発的動機付け尺度の前後比較

次に、内発的動機付け尺度について、分析を行った。内発的動機付け尺度は、Appendixの通り、「イ」か「ロ」どちらかが内発的動機付けの項目であり、その項目を選択した場合1点、そうでは無い場合に0点を加算し、各下位尺度が5項目で構成されているため、下位尺度の得点は0点～5点をとる。表4に各下位尺度の平均点、標準偏差及び α 係数を前後それぞれについて示す。「知的好奇心」尺度は変化なし、「楽しさ」尺度は若干平均点が下がったが、その他はすべて前後で得点

表2 学習方略尺度の項目ごと事前事後での平均・分散及び尺度の α 係数

		事前調査		事後調査		α	α
		ave.	s.d.	ave.	s.d.		
友人 リソース 方略	4. 勉強するときは、さいごに友達と答えあわせをするようにする	3.11	1.37	3.67	1.17		
	9. 勉強でわからないところがあったら、友達に勉強のやり方をきく	3.03	1.61	3.28	1.58		
	15. 勉強のできる友達と、同じやり方で勉強する	3.39	1.29	3.61	1.25	$\alpha =$	$\alpha =$
	20. 勉強でわからないところがあったら、友達にその答えをきく	3.46	1.48	3.91	1.40	0.629	0.748
認知的 方略	5. 勉強をするときは、内容を自分の知っている言葉で理解するようにする	2.26	1.12	2.63	1.22		
	6. 勉強するときは、授業中に先生の言ったことを思いだすようにする	2.23	1.19	2.46	1.36		
	10. 勉強するときは、内容を頭に思いうかべながら考える	2.33	1.22	2.06	1.17		
	16. 勉強していてわからないところがあったら、先生にきく	2.22	1.33	2.78	1.17		
	21. 勉強するときは、勉強に集中できるような工夫をする	2.43	1.09	2.57	1.17		
柔軟的 方略	26. あたらしいことを勉強するとき、いままでに勉強したことと関係があるかどうかを考えながら勉強する	2.86	1.29	2.77	1.29	$\alpha =$	$\alpha =$
	29. 勉強するときは、大切などころはどこかを考えながら勉強する	2.63	1.14	3.09	1.29	0.689	0.734
	1. 勉強でわからないところがあったら、勉強のやりかたをいろいろかえてみる	2.86	1.18	2.69	1.14		
	7. 勉強しているとき、自分がわからないところはどこかを見つめようとする	2.33	1.04	2.53	1.34		
作業 方略	11. 勉強するまえに、これからなにを勉強しなければならないかについて考える	2.86	1.48	2.89	1.33		
	17. 勉強しているときに、やった内容をおぼえているかどうかをたしかめる	2.64	1.29	2.75	1.13		
	22. 勉強でわからないときは、やる順番を考える	2.60	1.44	2.91	1.20		
	23. 勉強するときは、その日の用事を考えて勉強のやり方を変える	2.69	1.45	2.92	1.38		
	27. 勉強をするときは、これからどんな内容をやるのか考えてからはじめる	2.94	1.14	3.00	1.24	$\alpha =$	$\alpha =$
プラン ニング 方略	30. 勉強のやり方が、自分にあっているかどうかを考えながら勉強する	2.86	1.22	3.11	1.39	0.815	0.765
	3. 勉強で大切などころは、くりかえして書いたりしておぼえる	2.49	1.10	2.80	1.35		
	13. 勉強で大切などころは、くりかえし声にだしておぼえる	2.94	1.37	3.14	1.50		
	14. 勉強する前に、勉強に必要な本などを用意してから勉強するようにしている	2.86	1.50	2.69	1.43		
友人リソース 方略	19. 勉強していて大切だと思ったところは、言われなくてもノートにまとめる	2.92	1.18	2.92	1.23	$\alpha =$	$\alpha =$
	25. 勉強していてまちがえたところは、しるしをつけておいて、あとで見なおす	3.14	1.53	3.17	1.52	0.687	0.728
	2. 勉強をしているときに、やっていることが正しくできているかどうか確かめる	2.33	1.17	2.64	1.15		
	8. 勉強するときは、さいしょに計画をたててからはじめる	3.00	1.39	2.77	1.26		
	12. 勉強しているときは、内容が分かっているかどうかを確かめながら勉強する	2.69	1.22	2.42	1.18		
	18. 勉強しているとき、たまにとまって、一度やったところを見なおす	2.94	1.29	2.75	1.18		
作業 方略	24. 勉強をはじめの前に、これから何をどうやって勉強するかを考える	3.00	1.37	2.89	1.33	$\alpha =$	$\alpha =$
	28. 勉強するときは、自分できめた計画にそって勉強する	2.74	1.26	2.94	1.37	0.832	0.822

表3 各尺度の平均点とWilcoxonの符号付順位検定の結果

	ave.	s.d.	ave.	s.d.	
友人リソース方略	3.24	0.98	3.60	1.03	**
認知的方略	2.41	0.65	2.60	0.75	+
柔軟的方略	2.72	0.78	2.84	0.77	+
作業方略	2.86	0.83	2.94	0.96	
プランニング方略	2.77	0.88	2.72	0.88	

** : $p < .05$ + : $p < .20$

表4 内発的動機付け尺度の下位尺度ごと事前事後での平均・分散及び α 係数

下位尺度	事前調査			事後調査		
	ave	s.d.	α	ave	s.d.	α
知的好奇心	3.94	1.33	0.66	3.94	1.41	0.75
因果律	3.09	1.85	0.81	3.34	1.88	0.85
達成	4.34	1.24	0.73	4.57	0.95	0.64
帰属	2.83	1.72	0.72	3.20	1.62	0.69
挑戦	3.06	2.14	0.92	3.57	1.88	0.90
楽しさ	3.71	1.51	0.66	3.69	1.53	0.74

があがっている。 α 係数については、すべて6割後半以上であり、妥当性の問題は無いと判断した。

次に、実際に各因子の前後の得点差について、差の検定を行った。検定は先ほどと同様に、Wilcoxonの符号付き順位検定である。その結果、「知的好奇心」因子、「楽しさ」因子、「達成」因子については、有意差なし (n.s.) であったが、「因果律」因子 ($p<.15$)、「帰属」因子 ($p<.15$)、「挑戦」因子 ($p<.05$) が有意な結果であった。このことから、誰かに言われて勉強するのではなく、自分から勉強するという意味での内発的動機付け (因果律)、ほめられることを求めたり、しかられることを避けるためではなく、自分から勉強するという意味での内発的動機付け (帰属)、そして難しい問題でもチャレンジするという意味での内発的動機付け (挑戦) といった動機付けについて、本活動を通して一定程度の効果が認められたと考える。

5. 学習方略と動機付けの関係

5-1 学習方略と「挑戦」因子との関係

前節まで、それぞれ学習方略尺度、内発的動機付け尺度について事前事後の得点の差から、活動の効果について検討した。ここでは既に述べた藤田ら (2012) を受けて、更に学習方略と内発的動機付けの関係について検討を進める。

方法としては、内発的動機付け尺度の得点を従属変数とする、重回帰分析で行う。前節で明らかになったとおり、内発的動機付けについては「挑戦」因子が特に有意であった ($p<.05$)。そこで、この「挑戦」因子はどの学習方略と関係があるか実際に検討し、特に有意であった「挑戦」因子がどのような学習方略と関係があるのか検討をする。

使用する変数は、事後調査での内発的動機付け尺度の「挑戦」因子を従属変数、事後調査での学習方略尺度のすべての因子と学年と性別ダミー (1:男、2:女) を独立変数として使用した。その結果は表5の通りである。なお学年は小学校1年生からの年数であり、中学校3年生が「9」である。

結果、認知的方略 ($p<.05$) と、柔軟的方略 ($p<.05$)、作業方略 ($p<.10$) について有意な結果であった。ただし、方向が極めて興味深い結果となった。認知的方略と作業方略についてはマイナス方向であり、得点上がるほど、挑戦因子の得点が下がる結果になっている。すなわち、どのように理解するかといった認知的方略の得点が高ければ、難しい問題にはあまりチャレンジしな

表5 「挑戦」因子を従属変数とした重回帰分析の結果

	β	r
(定数)		
性別ダミー (1:男、2:女)	-0.10	0.05
学年 (1~9)	-0.25 †	-0.26
事後: 友人リソース方略	0.19	0.05
事後: 認知的方略	-0.48 **	-0.32
事後: 柔軟的方略	0.53 **	0.03
事後: 作業方略	-0.43 *	-0.28
事後: プランニング方略	-0.04	-0.19
$n=28$	$F: 2.334 *$	
$R^2: .368$	$Adj.R^2: .211$	

†: $p<.15$, *: $p<.10$, **: $p<.05$

くなる、同様に具体的な勉強のやり方といった作業方略の得点が高ければ、難しい問題にはあまりチャレンジしなくなるようである。

一方で、柔軟的方略は挑戦因子とプラス方向に有意な関係があった。柔軟的方略の得点が高まるほど、挑戦因子の得点も上がるという傾向である。すなわち、勉強の仕方や順番などについて柔軟的な方略の得点が高ければ、難しい問題に挑戦する傾向にあるということである。

エンジニアリングデザインでは、一直線ではない創造プロセスが重視されていたのは既に述べたとおりである。また、コンストラクショニズムの考え方では、選択制や多様性のある教材であることがその特徴であったことから、柔軟的方略はやり方を変える、何がわからないか見つけようとするといった項目が含まれており、ものづくり活動において重要となる要素が含まれた因子である。まさにこの結果は、ものづくり活動で重要である柔軟的方略の得点が高まることで、挑戦しようとする内発的動機付けも高まったという傾向が現れたのではないかと考えることもできるだろう。

6. 考察と課題

6-1 考察

本研究では、まず「ものづくり活動」がSTEM教育においてどのような意義を持つか、エンジニアリングデザインや、コンストラクショニズムの特徴についての検討から、一直線ではない活動プロセスの中で、学習者主体で多様性のある教材を用いたものづくり活動を行う意義について整理した。

その上で、このような考え方を実際に取り入れた「ロボットと未来研究会」の活動を実践し、学習方略尺度と内発的動機付け尺度に着目した前後比較でその効果を検討した。その結果、学習方略としては、友人リソース方略、認知的方略、柔軟的方略の得点があがっていた。内発的動機付けとしては、因果律因子、帰属因子、挑戦因子の得点があがっていた。

これらの結果を受け、さらに内発的動機付けと学習方略との関係を調べるために、挑戦因子を従属変数とする重回帰分析を行った。その結果、柔軟的方略因子がプラス方向に有意な結果であった。

一貫して結果に現れるのは「柔軟的方略」である。前後差でも有意であり、また重回帰分析でもプラス方向に有意な結果となった。ものづくりでは様々なプロセスを、しかも1度ではなく複数回辿りながら、またその過程で実際に知識を身につけながら、完成に向かっていく。ものづくり活動を通して、柔軟的方略の得点が増し、さらに上昇に伴って課題に挑戦しようとする動機付けにもつながっていった可能性を示唆しているだろう。

一方で、認知的方略は前後で得点が増している一方、挑戦因子に対してはマイナス方向に働いていた。既に述べたとおり、どのように理解するかといった認知的方略は、何かに挑戦するということに対してポジティブなわけではないようである。他の内発的動機付け因子との関係や、あるいは実践の中で、認知的方略をどのように扱い、動機付けに結び付けていくかといったことは今後さらに検討していきたい。

6-2 課題

エンジニアリングデザインやコンストラクショニズムの考え方がものづくり活動をとらえる上で特徴的な考え方であることは、本論で述べた通りである。一方で、具体的な実践の質をより高め

ていくためには、単に考え方をお題目として唱えるだけではなく、その考え方にもとづく具体的な活動をデザインし実践できる指導者の力量も高めていく必要があったり、保護者に理解を求めていたりする必要もある。あるいは、学校教育の外で行われる実践であり、オルタナティブな側面も有するが、実際には学校教育で取り組んでいくことは極めて重要であり、科学技術ガバナンスの中でどのような展開をしていくか、注視していきたい。

また、学習方略と内発的動機付けの関係については、柔軟的方略については考え方と結果がマッチしたが、それ以外については原因を検討したり、要因を受け、さらに活動に反映させたりしていく必要がある。あるいは、統計的なエラーの可能性もあり、実践とデータをさらに蓄積しながら、精緻に分析を積み重ねていくことも必要である。

現状、日本ではSTEM教育の実践がなかなか広まっておらず、理科と算数(数学)は異なる教科として引き続き配列され、技術や工学の要素というものはなかなか主要教科として入ってくるのができない。しかし、冒頭でも述べたとおり、今後の社会の基盤となる人材育成のために、ものづくり活動を含め、STEM教育の考え方を実践と研究の蓄積の中でさらに深め、学校教育への導入の可能性について検討も進めていきたい。

註

- ・本文中のLEGOはLEGO®のことであり、これらはレゴグループの登録商標である。
- ・なお本論文は、日本教育工学会研究会16-5にて報告した内容を加筆修正したものである。

【引用文献】

- 大島まり・川越至桜・石井和之(2015) 大学と企業の協働によるアウトリーチ活動を基盤としたSTEM教育. 科学教育研究, Vol.39-2, pp59-66.
- 清原洋一(2014) STEM教育の理論とその実践, 日本科学教育学会年会論文集, Vol.38.
- 熊野善介(2016) 日本におけるSTEM教育研究の在り方と展望—アメリカのSTEM教育改革の理論と実践を踏まえて—, 日本科学教育学会年会論文集, Vol.40.
- 熊野善介・増田俊彦・長澤友香・大石隆司・齊藤智樹・スワルマイルマラハマ・奥村仁一(2014) 静岡STEMジュニアプロジェクトにおける理論と実践に関する研究. 日本理科教育学会東海支部大会研究発表要旨集, Vol.60. p.34.
- 郡司賀透(2015a) アメリカの科学教育改革—スタンダードに基づくカリキュラム設計とSTEM教育の振興. 化学と教育, 63号-10. pp.480-483.
- 郡司賀透(2015b) 米国化学教育における「化学工業」と「エンジニアリング」の重要性—高等学校化学教科書とNGSSの内容分析を踏まえて—, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.29-9, pp.41-46.
- 齊藤智樹・奥村仁一・熊野善介(2014) インフォーマルなSTEM教育の一環としてのサマーキャンプにおける理論とその実践. 日本科学教育学会年会論文集, Vol.38.
- 桜井茂男, 高野清純(1985) 内発的—外発的動機付け測定尺度の開発. 筑波大学心理学研究, No.7, pp.43-54.
- 佐藤純, 新井邦二郎(1998) 学習方略の使用と達成目標及び原因帰属との関係. 筑波大学心理学研究, No.20, pp.115-124.
- Sylvia, L. M., Gary, S. (2012) Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom. Lightning Source. (=酒匂寛訳(2015) 作ることで学ぶ. オライリージャパン.)
- 中央教育審議会(2008) 幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申).
- 長沼祥太郎(2015) 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.

Next Generation Science Standard (2013) : Engineering Design in the NGSS, p4.

野村泰朗・大高徹也 (2014) 小学校におけるSTEM教育の考え方と導入可能性を検証する授業実践, 日本科学教育学会年会論文集, Vol.38.

藤田正, 富田翔子 (2012) 自己調整学習に及ぼす学習動機および学習方略についての認知の影響, 奈良教育大学教育実践開発研究センター研究紀要, No.21, pp.81-87.

平野由貴・紅林秀治 (2014) コンストラクショニズムに基づく学習の過程の検討, 静岡大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, Vol.22, pp.29-37.

堀田のぞみ (2011) 科学技術政策と理科教育—初等中等段階からの科学技術人材育成に関する欧米の取組み—, 国立国会図書館編『科学技術の国際的な動向』pp.121-134.

(2017年3月31日提出)

(2017年4月17日受理)

Appendix 内発的動機付け尺度 (○が1点、無印が0点)

1	イ 先生がおしえてくれることだけ, 勉強すればよいと思います。 ○ □ いろいろなことを, すずんで勉強したいと思います。 ○ イ 自分がやりたいので勉強します。	16	○ イ お父さんやお母さんに, ほめられたいから勉強するのではありません。 □ お父さんやお母さんに, ほめられたいので, 勉強します。 イ 答えが, かんたんにだせる問題のほうがすきです。
2	○ □ お父さんやお母さんに「やりなさい」といわれるので, 勉強します。 イ 問題がむずかしいと, すぐ先生に教えてもらおうとします。	17	○ □ 答えをだすのが, むずかしい問題のほうがすきです。 ○ イ むずかしい問題がとけると, とてもうれしくなります。
3	○ □ 問題がむずかしくても自分の力でできるところまではやってみようと思います。	18	□ むずかしい問題がとけても, うれしいとは思いません。
4	○ イ すきなことが学べるので勉強します。 □ よいせいせきをとるために, 勉強します。 イ かならずできる, やさしい問題のほうがすきです。	19	○ イ 先生にいわれた宿題だけではなく, おもしろいと思うことは勉強します。 □ 先生にいわれた宿題しかしません。 イ 先生やおうちの人にいわれるまでは, 勉強する気になりません。
5	○ □ あたまをつかう, むずかしい問題のほうがすきです。	20	○ □ 先生やおうちの人にいわれなくても, 勉強する気になります。
6	○ イ 授業は, たのしくやれます。 ○ 授業は, たのしくありません。	21	○ イ 問題のときは, 自分で考えます。 □ 先生に, 問題のとき方を教えてもらいます。
7	○ イ できるだけたくさんのお話を, 勉強したいと思います。 □ 学校でおそわる勉強だけしていればよいと思います。 イ 「やりなさい」といわれるので, ドリルや練習問題をします。	22	○ イ 友達よりも, よいせいせきをとりたいたので, 勉強します。 ○ □ すきだから, 勉強します。
8	○ □ いろいろな問題のとき方がしりたいので, ドリルや練習問題をします。 ○ イ こたえがまちがっていたとき, 自分の力で正しい答えをだそうとします。	23	○ □ いままでより, やさしい問題をやるほうがすきです。 イ 家にかえるとき, 1日たのしく勉強できたと思える日は, ほとんどありません。
9	○ □ こたえがまちがっていたとき, すぐ正しい答えを先生にきこうとします。 イ よい点をとるために, 勉強します。	24	○ □ 家にかえるとき, 1日たのしく勉強できたと思える日がおおいです。 イ とくに, たくさんのことを知りたいとは思いません。
10	○ □ たのしいから, 勉強します。	25	○ □ いつでも, できるだけたくさんのお話をしたいと思えます。
11	○ イ むずかしい問題は, とけたとき, とてもうれしいので, すきです。 □ むずかしい問題をやるのは, きらいです。	26	○ イ お父さんやお母さんにいわれる前に, 自分から勉強します。 □ お父さんやお母さんにいわれて, しかたなく勉強することがおおいです。
12	○ イ 学校の勉強は, たのしくありません。 □ 学校の勉強は, たのしいとおもいます。 イ マンガ以外の本は, あまりよみたいと思いません。	27	○ □ 問題がむずかしいと, すぐ友達にきこうとします。 ○ □ 問題がむずかしくても, 自分でとこうとします。 ○ イ おもしろいので, 勉強します。
13	○ □ いろいろな本を, よみたいと思えます。	28	□ お父さんやお母さんに, しかたなく勉強します。
14	○ イ 宿題は, おうちの人にいわれなくても, 自分からやります。 □ おうちの人に「やりなさい」といわれるので, 宿題をやります。 イ 問題がとけないと, すぐ先生に聞きます。	29	○ □ 2つの問題のうち, どちらかをえらぶのなら, かんたんな方にします。 ○ □ 2つの問題のうち, どちらかをえらぶのなら, むずかしい方にします。
15	○ □ 問題がむずかしくても, 自分の力でとこうとがんばります。	30	○ イ 新しいことを勉強するのは, とてもたのしいです。 □ 新しいことを勉強しても, たのしくありません。

1, 7, 13, 19, 25 : 知的好奇心 2, 8, 14, 20, 26 : 因果律 3, 9, 15, 21, 27 : 達成 4, 10, 16, 22, 28 : 帰属 5, 11, 17, 23, 29 : 挑戦 6, 12, 18, 24, 30 : 楽しさ