

ISSN 2435-7758

THE BULLETEN OF JAXA SPACE EDUCATION CENTER

JAXA 宇宙教育センター紀要

第 1 号

2020 年 5 月

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

宇宙教育センター

THE BULLETen OF
JAXA SPACE EDUCATION CENTER

No.1

May 2020

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

Space Education Center

JAXA 宇宙教育センター紀要

第1号 2020年5月

目次

巻頭言	
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙教育センター長	
.....	佐々木 薫 1
発刊に寄せて	
独立行政法人教職員支援機構上席フェロー	
(OECD 教育スキル局に 2021 年度末まで出向)	
.....	百合田真樹人 2
コズミックカレッジの教育効果に関する一考察	
— 連続型コズミックカレッジ「三菱サイエンスクラブ」の事例を基に —	
.....	猿渡 智衛 4
思考力と創造力向上を目的とした宇宙教育の教育効果検証と教師教育の課題	
.....	香川奈緒美 15
宇宙教育による幼児教育の再構築	
— 「市民」を理念においた視点から —	
.....	深見 俊崇 28
宇宙を題材とするプログラミング教材開発	
— はやぶさ2タッチダウンのシミュレーション —	
.....	桜庭 望 35
教員研修の改善報告	
— 「インターラクティブティーチング」の視点を基に —	
.....	野村健太、鈴木圭子、古賀友輔、栗田佳代子 46
事業報告	
宇宙教育地域フォーラム in 桑名	
.....	54
抄 録	..... 56

THE BULLETEN OF
JAXA SPACE EDUCATION CENTER

No.1 May 2020

Contens

Preface	SASAKI, Kaori	.....	1
	YURITA, Makito	.....	2
SARUWATARI, Tomoe : A Study of Educational Effects of JAXA Space Education			
	- Case of Continuous Cosmic College -	.....	4
KAGAWA, Naomi : Constructing Empirical Evidence for Space Education:			
	Implication for Active Learning and Teacher Education	.....	15
FUKAMI, Toshitaka :			
The Reconstruction of Early Childhood Education and Care through Space Education			
	- from the Perspective of Principle of "Citizens" -	.....	28
SAKURABA, Nozomu : Development of programming learning materials in space			
	- Simulation of Hayabusa2 touchdown -	.....	35
NOMURA Kenta, SUZUKI Keiko, KOGA Yusuke, KURITA Kayoko:			
	Teacher Training Improvement Report		
	- Based on the perspective of "interactive teaching" -	.....	46
Report			
	Space Education Regional Forum in KUWANA	.....	54
Proceeding			
		.....	56

2020 年 5 月

巻 頭 言

佐々木 薫
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
宇宙教育センター長

JAXA 宇宙教育センターは、2005 年 5 月に宇宙探求、宇宙開発から得られた知識や技術を基に「幅広い見識を身につけた心豊かな青少年の育成」を目指すことを趣旨として設立されました。以降、学校教育・社会教育活動支援を展開するために、様々な機関・団体との連携を進め、現在までに多くの継続的、発展的な関係を構築してまいりました。また、体験的な学習機会提供など独自に開発した教育プログラムの実践を通じて得られた新たな知見をもとに、事業改善にも取り組んできました。各種教育活動の実践や研究の成果は、国内外の学会や会議の場を通じて発表しています。

未来社会を切り拓く青少年の自律的・主体的・継続的な学習態度の醸成のためには、JAXA 宇宙教育センターのみならず、様々な分野の方々との連携協力が重要です。そのためには、私たちが考える「宇宙教育」をどのように実現していくのか、学際的に情報交換ができる場が必要と考えました。宇宙教育センターの教育実践や共同研究の成果が教育現場に還元され、教育の質の向上に資することができるよう「紀要第 1 号」を創刊し新たな情報発信を始めます。今後、紀要の内容がますます充実することを期待し、未来の子どもたちのために多くの方々の協力のもと努力を惜しまず「宇宙教育」を推進してまいります。

終わりに、研究紀要創刊にあたり、日ごろから多くの実践活動や共同研究に取り組んでいる皆様に敬意を表するとともに、心からお礼申し上げます。

発刊によせて

百合田 真樹人
独立行政法人教職員支援機構上席フェロー
(OECD 教育スキル局に 2021 年度末まで出向)

宇宙航空研究開発機構（JAXA）の発足から 2 年の準備期間を経て宇宙教育センターが開設されてから 15 年。人間の成長に例えれば、義務教育期間を終えて、いよいよ新たな道へ踏み出そうという節目にあたる。ここで宇宙教育を対象にする研究紀要の刊行を迎えることは、数々の試行錯誤を重ねてきた宇宙教育のあゆみにとって象徴的に思える。

宇宙教育は、航空宇宙分野の技術開発や宇宙探査と研究から得られた科学的・技術的な知見や経験をもとに、「幅広い見識を身につけた心豊かな青少年の育成」を目的とする教育事業として始められた。この点で宇宙教育は、宇宙を対象にする広報普及活動や後継者育成のための教育活動とは似て異なる。初代宇宙教育センター長の的川は、「宇宙という魅力に溢れたテーマを通じて、子どもたちに大きな夢と希望、さらに科学と未来の社会建設への大きな動機づけを育みたい」と宇宙教育の教育事業としての役割を示している。

一方で 2000 年前後からは、グローバル化を背景にした各種の国際学力調査の存在感の高まりをうけた教育システムの標準化と、急速に変化する社会に応答する個人の「力」の形成を重視する方向性がみられている。近年では特に AI 時代の到来を前に「変化に対応して生き残る」という表現を用いた「適応力」や「新しいスキル」という言葉も官民双方で多用されている。

教育システムや学びを個人の「力」の形成と、力をもった個々人が集合することによって変化する社会に応答しようとする流れの中で、宇宙教育が一貫して「心」の育成を教育目的にしていることは特筆すべき要件だろう。

宇宙教育は「好奇心・探究心・匠の心」の3つの心を育み、「子どもの心に火をつける」ことを目標に設定する。さらに3つの心の結節点に「いのち（の大切さ）」が置かれていることも、JAXAが進める宇宙教育が個々人の知識や技能の向上にとどまるものではなく、多くの「いのち」が共生する未来の社会を創造することに向けた大きな動機をもつ市民的な精神（心）を育む公教育事業であることを示す。

こうした《公教育事業》としての宇宙教育の実践は容易ではない。宇宙教育センターの開設から一貫して、「宇宙という魅力に溢れたテーマ」を教育に活用することで、個々の学習者の学びへの動機づけにつなぐ取り組みは多く、授業連携のほか多くの教材開発も行われてきた。しかしどのような教育実践が「科学と未来の社会建設への動機づけ」につながるのか、さらに宇宙教育が育む好奇心・探究心・匠の心を、自身や身近な他者をこえる「いのち（の大切さ）」にどうつなぐのかをめぐる試行錯誤は未だに十分ではない。

教育活動が育む「心」を対象にした評価や測定は極めて難しい。研究紀要の刊行は、この難しい課題に取り組む教育実践上の課題を共有するとともに、幅広い専門性を活用してそれらの課題に応答する建設的で創造的な対話の場を形成する。これは、普及の段階にあった宇宙教育がその理論と実践の方法論との多角的な検討と深化とを図る段階に踏み出したことを示しており、今後の幅広い議論の場としての役割に期待したい。

コズミックカレッジの教育効果に関する一考察

— 連続型コズミックカレッジ「三菱サイエンスクラブ」の事例を基に —

猿渡 智衛

福島県檜葉町立檜葉南小学校

A Study of Educational Effects of JAXA Space Education
Case of Continuous Cosmic College

SARUWATARI, Tomoe

キーワード：子どもの社会教育、宇宙教育、コズミックカレッジ、教育効果

1、コズミックカレッジの変遷

今日、学校教育分野における学習指導要領の改訂、いわゆる脱ゆとり教育路線への転換に伴い、社会教育に充てられる時間は一層減少してはいるが、相対的に子どもの社会教育の「質」の向上は、現代の教育課題の一つとして挙げられている。特に 2017 年に改訂された社会教育法では、新たに地域と学校とが連携・協働することの重要性が明記され、市町村教育委員会の責務として、「地域住民等と学校との連携協力体制の整備、地域学校協働活動に関する普及啓発その他の必要な措置を講ずるもの」とされている。そもそも従来から学校教育と「車の両輪」として位置付けられてきた「子どもの社会教育」に関しては、青少年の健全育成という視点から、教育機関だけでなく、児童館等の福祉施設などと連携して推進することが望ましいとされてきたⁱⁱ。さらに、生涯学習社会となった現代においては、教育委員会だけでは現代的ニーズへの対応は不十分であり、民間の活動と連携しつつ、幅広い視野に立って展開することも重要であるとされている。これは中央教育審議会第一次答申（1996 年 7 月）における子どもの育成に関する学校・家庭・地域社会のあり方についての提言を踏まえたものである。これにより、従来の公民館や図書館のような社会教育施設や、子ども会などの社会教育団体だけでなく、様々な事業主体によって、社会教育事業や活動が公的・私的に限らず、地域において展開されるにいたったわけである。そして、こうした社会教育活動の一つとして、JAXA が展開している活動がコズミックカレッジである。コズミックカレッジでは、「宇宙を素材として、子どもたちの心に自然と宇宙と生命への限りない愛着を呼び起こし、『命の大切さ』を基盤に『好奇心・冒険心・匠の心』を豊かに備えた明るくて元気で創造的な青少年を育成する」とした宇宙教育の理念に基づき、主として小学生を対象に様々な体験活動が展開されてきたⁱⁱⁱ。

特に近年、小惑星探査機「はやぶさ」のサンプルリターンなどを契機として、我が国における宇宙に対する興味・関心は各世代で高まりを見せており、子どもの宇宙への憧れも大きく高まったことから、コズミックカレッジも急速な広がりを見せてきた。図 1 は、1996 年度から 2018 年度までに全国で実施されたコズミックカレッジの数をグラフにまとめたものである（2002 年度より宇宙教育センターでは主として小学校低学年までを対象としたコースをキッズコース、小学校高学年以上を対象とし

たコースをファンダメンタルコースとして分類して集計している。) 1996 年度の集計開始当初は、わずか 1 か所で開催され、開始から 6 年が経過した 2001 年度に至っても 8 か所にとどまっておらず、広がりほとんど見られなかった。しかし、2006 年度以降は急速な広がりを見せ、2010 年にはファンダメンタルコースが 100 か所超えを達成する。この頃は人工衛星「はやぶさ」の地球への帰還が連日ニュースとして取り上げられており、国民全体の宇宙への関心が高まった年であった。その後もコスミックカレッジの開催数は伸び続け、2018 年度ではファンダメンタルコースが 259 か所、キッズコースも 266 か所と、合計 500 か所以上の開催に至っている。

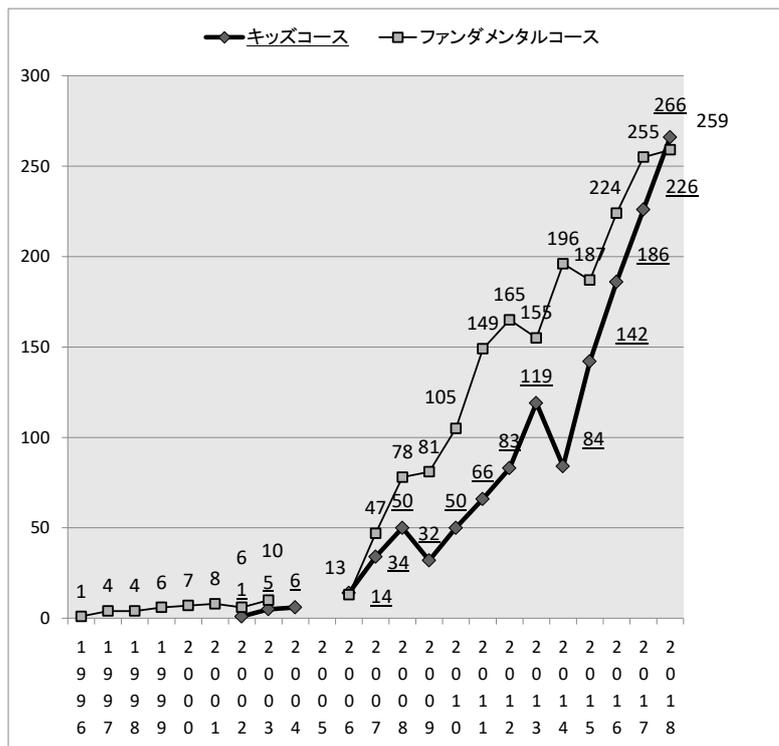


図 1 コスミックカレッジの実施数

表 1 コスミックカレッジを開催した都道府県数と割合

		2002年度	2003年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
ファンダメンタルコース	開催都道府県数	5	10	9	20	30	36	37	40	40	38	43	35	34	37	38
	全都道府県に占める割合	11%	21%	19%	43%	64%	77%	79%	85%	85%	81%	91%	74%	72%	79%	81%
キッズコース	開催都道府県数	1	5	9	16	23	21	27	26	29	32	32	35	34	36	37
	全都道府県に占める割合	2%	11%	19%	34%	49%	45%	57%	55%	62%	68%	68%	74%	72%	77%	79%

表 1 は開催された都道府県別に集計を行い、全国への普及の割合をより詳細に調べた結果である。ファンダメンタルコースについては 2014 年度に 43 の都道府県で展開され、割合が 91% と最も高かったものの、最新の 2018 年度のデータでは 10% 程度低くなっている。なお、47 都道府県すべてで一度以上は実施されていることが集計で明らかとなっている。他方、キッズコースについては、全国での実施率は最新の 2018 年度の 79% が最も高いが、未だ一度も開催されていない県もみられている。

このように、コスミックカレッジは開始からおよそ 20 年を経て、全国に急速な広がりを見せているわけであり、このことから子どもの社会教育分野における宇宙教育への関心やニーズの高まりをうかがうことができる。筆者はこれに関して、主として関心をもったのが子どもなのか、保護者なのかということについて、調査を 2016 年度に実施した。これは (株) ディスカバリージャパン社が主催するコスミックカレッジ「ディスカバリー実験館コスミックカレッジ」において、活動終了後に保護者に対して行ったアンケート調査である。

活動に参加したきっかけを複数回答可の択一式で質問した結果(表 2 参照)についてみていきたい。全体の結果では「子どもに宇宙や科学の興味を持ってほしいから」が 52.7% を占めており、この回答が最も高い割合であったのは福岡、名古屋、東京であった。次いで高い割合であったのは「子どもが宇宙や科学に興味があるから」であり、札幌と大阪では最も多く選択されていた。

表 2 コズミックカレッジへの申し込み理

	福岡 (N=332)	名古屋 (N=375)	札幌 (N=191)	大阪 (N=299)	東京 (N=599)	全体 (N=1796)
子どもが宇宙や科学に興味があるから	44.9%	43.7%	53.9%	52.2%	48.6%	48.1%
子どもに宇宙や科学の興味を持ってほしいから	53.9%	53.9%	48.7%	48.8%	54.6%	52.7%
ディスカバリーチャンネルのイベントだから	18.1%	18.9%	9.4%	19.4%	17.2%	17.3%
JAXAのイベントだから	39.2%	41.6%	35.1%	43.5%	44.2%	41.6%
自由研究のテーマ探し	6.9%	13.9%	5.8%	5.0%	2.0%	6.3%
無料のイベントだから	18.1%	21.6%	15.7%	15.7%	20.2%	18.9%
会場の大学(ホール等)に行ってみたかったから	12.7%	13.3%	10.5%	14.7%	10.2%	12.1%

さて、これら 2 つの選択肢は似ているが、大きく異なっている。それは 1 つ目の選択肢が「子ども」であるのに対して、2 つ目は「子どもに」となっており、保護者のニーズによるものであることが分かるからである。これを踏まえると、子どもの自発的な意思よりも、保護者の「学ばせたい」という思いの方が宇宙教育に触れるきっかけとなるケースが多いことがわかるだろう。

「コズミックカレッジの参加に直接興味を持った人はだれか」という質問の結果においても、前述のように保護者のニーズが強い

ことが明らかとなっている。すなわち、表 3 にあるようにいずれの会場においても、最も高い割合を占めたのは「母親」という結果であったのである。これに「家族全員」と「両親とも」という選択肢の結果を加えると、実に 60.9%に上っており、コズ

表 3 コズミックカレッジに直接興味を持った人

	福岡 (N=332)	名古屋 (N=375)	札幌 (N=191)	大阪 (N=299)	東京 (N=599)	全体 (N=1796)
家族全員	16.9%	20.8%	23.0%	24.7%	23.7%	21.9%
父親	9.0%	20.0%	12.6%	19.4%	14.2%	15.1%
母親	43.4%	33.3%	38.7%	31.4%	35.2%	36.1%
両親とも	3.6%	2.4%	2.6%	2.0%	3.3%	2.9%
子ども	24.4%	20.5%	21.5%	20.1%	20.7%	21.3%
祖父母	0.9%	1.9%	0.0%	1.7%	1.0%	1.2%

ミックカレッジに参加する母親の多くが宇宙教育に興味をもっていることが分かる。これに対して、「子ども」という回答も 21.3%程度、「家族全員」を合わせると 43.2%を占めてはいるが、いずれの会場においても半数には達していない。

これらの結果から、保護者には子どもに「学ばせたい」という教育的観点だけでなく、自分自身も興味があり「学びたい」という学習への欲求が強いことが明らかとなった。前述のように、全国のコズミックカレッジの活動は主として、青少年を対象とした社会教育活動となっている。しかしながら、宇宙という材は子どもだけでなく、保護者にとっても魅力あるテーマの一つである。このように、宇宙が年齢に関係なく幅広い人々にとって魅力ある材であるからこそ、宇宙教育においては子どもだけでなく、同伴した保護者をも学びの対象とできることが明らかとなったわけである。生涯学習社会における宇宙教育の有効性と、成人教育における学びの領域としての可能性が見いだされたともいえよう。

2、問題の所在と研究目的

以上のように、子どもの社会教育だけでなく、生涯学習の観点からも期待が近年、高まっているコズミックカレッジではあるが、先行研究としては日本宇宙少年団の活動や大学機関での事例、JAXA による宇宙教育の実践がいくつか散見されているものの^{iv}、子どもの社会教育という視点から宇宙教育活動の教育効果や可能性について調査し、分析された調査研究はほとんど確認されていない^v。その

理由としてはまず、そもそも我が国における社会教育は、これまで成人を対象としたリカレント教育が主であったため、学校教育の対象である子どもに対する社会教育が研究対象として扱われにくかったことが挙げられる。加えて、学校教育とは異なり、社会教育は自由な意思に基づく学習活動のため、対象者が一定となりやすく、質問紙などを用いた客観的な調査を継続的に行うことが比較的困難であり、そのため、事例報告に留まりがちであることも指摘できるようである。また、コズミックカレッジの活動内容に起因する難しさも考えられる。それは、活動が単発のものが少なくないため、教育効果を検証しにくいということである。前出の筆者の調査においても、満足度や今後のニーズについて質問するに留まらざるを得なかった。したがって、単発ではなく、複数回を継続して実施する形態のコズミックカレッジにおいて、教育効果や可能性、そして課題について明らかにすることが求められると考えられたわけであった。

3、連続型コズミックカレッジ「サイエンスクラブ」の概要

JAXA の発足時に提唱された宇宙教育の定義によれば、宇宙教育は「創造的な青少年の育成」をその教育実践の目的とし、「宇宙そのものの理解を直接的な目的としているのではなく、地球を含め、自分の身の回りの事象を俯瞰的な視点で眺め、包括的に捉える力を養う」ためのものであり、「問題解決に向けて自分で学んだことを活用していくための練習や準備であり、社会で生きる市民としての資質を養うことを目的」としたものだ。つまり、宇宙を教えることを目的としているわけではなく、宇宙を導入や素材といった手段として捉えていることに特徴があるわけである。これに関して百合田⁴⁾は、学校教育での社会科教育や算数科教育などの教科教育において、教育の接頭辞におかれた社会科や算数科という文言は、その教育実践が伝える知識や技能の領域を示しているが、宇宙教育は宇宙についての知識を伝える教育実践ではなく、そのことを理解すべきと言及している。こうした理念をもとに筆者が講師を務める三菱みなとみらい技術館では、6 回コースの連続型コズミックカレッジのサイエンスクラブを 2017 年に実施することとした。

それまで技術館では 2008 年度からコズミックカレッジを毎年開催してきたが、ここでは宇宙や航空に関する興味・関心の高まりといった個人に対する効果のみが目的として挙げられており、こうした中で、新たに学習集団としての効果の高まりをもねらいとするため、連続型とした。そして固定化されたメンバーでグループを組み、複数回実施することで、協働活動を多く設定することとした。その他にも宇宙教育の理念を具現化するため、JAXA 宇宙教育

表 4 サイエンスクラブのプログラム

		テーマ	Part1 Train like an Astronaut	Part2 Experiment & Construction	Part3 Team Mission
1回目	9月21日	空を飛ぶには?	コミュニケーション トレーニング	実験: 種のモデル作り 工作: 空力翼艇	進め!!!ホバークラフト
2回目	9月28日	超える、 音速の壁!!!	反射神経トレーニング	実験: 波形実験 工作: 風船電話・ チューブプレーン・傘袋飛行機	熱気球で飛び立て!!!
3回目	10月19日	いざ、火星へ!!!	模擬宇宙服での作業体験	実験: 太陽系の仲間たち・ 水素酸素ロケット 工作: スーパーボールロケット 風船ロケット・アルコールロケット	着陸!!! パラシュートで火星へ!!!
4回目	11月2日	JAXAつくば宇宙センター見学			
5回目	11月16日	火星を探索せよ!!!	宇宙食体験 宇宙で味覚はどう変わる?	実験: 液体窒素 工作: ロボットアーム・ ジャイロカップ	ハニカム構造で耐久力を 上げる!!!
6回目	11月30日	火星に移住!!!	低重力下での バランストレーニング	実験: 真空実験 工作: オリジナル火星探査ローバー	火星ベースキャンプを設計 しよう!!!

センター協力のもと、プログラムにおいても様々な手立てを講じている。一つ目はホンモノ体験を重視したことである。例えば、ハニカム構造について取り上げた活動では、工作用紙で実際に多様な柱体を作り、自分が乗ることでその強度と実用性を実感する内容であったが、導入においてハチの巣の実物を用いたり、展開後段では実際のロケットのフェアリングを触って、観察したりすることで、学びが一層深まるよう工夫した。また、つくば宇宙センターへの見学を後半に組み込むことで、それまでの体験や考えが現実性を帯びるような機会を設定している。二つ目は、実験を通してまず原理・法則を学び、次に個人での実験を通してそうした原理を実感し、最後にチームでのミッションを通して仲間の多様な考えに触れたり、原理を応用したりするといったように、活動を大きく三つのパートに構成したことである。例えば、空気について取り上げた活動では、ベルヌーイの法則について紙風船などを使って簡単に体感したのち、様々なホバークラフトを個人で作成し、最後に仲間が乗れるホバークラフトを協力して作るという構成とした。これにより、子どもは試行錯誤しながら法則を活かした機体を作るだけでなく、その工作体験そのものを活かして、重量や構造を工夫したより発展的な活動に取り組むようになった。



6 回コースの連続型コズミックカレッジのサイエンスクラブは、3 回目を迎えたが、応募数は増加傾向にあり、2019 年度は 40 名（午前・午後 20 名ずつ）の定員に対して、133 名の応募があり、中でもリピーターが 30 名を占めているそうである。2017 年度以前の単発のコズミックカレッジも含め、他の技術館のプログラムと比べても、非常に高い倍率となっていることから、連続型コズミックカレッジへの期待の大きさを推測することができる。

4、指標の設定（予備調査結果とロジックモデルの作成）

教育効果を検証するにあたり、指標の設定が必要であるが、前述のようにコズミックカレッジの教育効果に関する調査については見当たらなかったため、本調査では、まず子どもの社会教育事業や放課後の体験活動等に関する先行研究をもとに、次のような指標を設定した。

(a) 満足度や感想、ニーズについて

- ①全体的な満足度 ②各回への満足度 ③各活動への満足度
- ④宇宙センター見学の満足度 ⑤次年度へのニーズ

(b) 興味・関心の高まりについて

- ①宇宙や航空に対して ②理科学習に対して

(c) 主体的に学びについて

- ①自分から考えて行動したか ②他者に対して意見や考えを発信したか

これらに加え、教育効果の分析を試みるという本研究の目的のもと、活動による行動面の変容や心的変容の有無について、明らかにするための指標を作成することが必要であると考えた。そこで、予備

調査として、2016 年の単発でのコズミックカレッジに参加した子どもの保護者 3 名に対して、インタビュー調査を行うこととした。ここでは、得られた回答について、ナレイティブ (narrative) 方式によってまとめていきたい。

まず、子どもの行動面の変容として次のような意見が聞かれた。

家に帰ると、よくコズミックのことを話すんです。そのうち、私もだんだんと宇宙のことに興味が湧いてきて。それで、話が盛り上がっていくうちに宇宙留学のことも知って。種子島に次の年、留学もしたんですよ。そんなふうにコズミックのおかげで、いろいろな宇宙に関するイベントや活動に参加するようになりましたよ。

コズミックで作った傘袋ロケット、夏休みの自由研究でやったんですよ。先生が言っていたみたいに重さや羽、長さとかいろいろと変えてみて。ああいうのって学校ではやってくれないから、すごくいいですね。弟もやりましたよ。

これらはコズミックでの活動や学びが家庭においてもつながることで、学びへの興味・関心がさらに高まるきっかけとなっていることについて言及したものである。また、的川氏の提唱する宇宙教育の理念に関する声も次のように挙げられている。

先生の「失敗しても全然いいから、とにかくたくさん試してやってみてごらん」という言葉が本人には大きかったようです。やっぱり、普通は失敗したくないって思うじゃないですか。それがコズミックだと大丈夫。そういう意味では学びに対する意識が変わったと思います。このことがうちの子にとってはとても大きいです。

トライ&エラーで問題解決的に学びを深めていくことで、学びへの意識そのものが変化したという意見である。これは活動の目的が何らかの知識を獲得するのではなく、探究していく過程そのものにあるコズミックカレッジだからこそその成果と言える。

宇宙のよさってやっぱりありますよね。分からないといろいろと想像力も広がるし。コズミックが終わった後も残って質問をしているのを見て、びっくりしました。うちの子、ああいうことはあまりしない子なので。よほど、気になったんだと思います。

これは宇宙を題材とすることのよさに起因するものである。他の材にはない、未知が故の宇宙のよさと言えよう。

他方で、課題としては個での活動に関する意見が得られていた。

コズミックを見ていると、確かにすごく面白そうなんですけど、一人ひとりの活動になりがちじゃないですか。隣の子とかも宇宙好きなんだから、もっと一緒に活動できたら、すてきだなって思いますよね。ただでさえ、学校と違って宇宙好きな子はあんまりいないじゃないですか。クラスで話をした、なんてことほとんど聞かないし。友達がここでできたらいいですよ。

これに関して、2018 年度と 2019 年度のサイエンスクラブにあたって、参加予定の子ども 88 名に対して行った事前アンケートにおいて、「学校のクラスで宇宙や航空の話ができる友だちがどの程度いるか」と質問した結果では、「ほとんどいない」と「全くいない」を選択した割合は 65.8%に上っている。

表 5 学校のクラスで宇宙や航空の話ができる友だちはいるか

何人かいる	少しいる	ほとんどいない	まったくいない	合計
6.3%	27.8%	32.9%	32.9%	100.0%

インタビュー調査結果については紙面の関係上、本稿においてはこれ以上扱わないが、多数の成果や課題に関する意見が得られており、これらを受けて、筆者はコズミックカレッジの展開による教育成果として、次のようなロジックモデルを作成した。

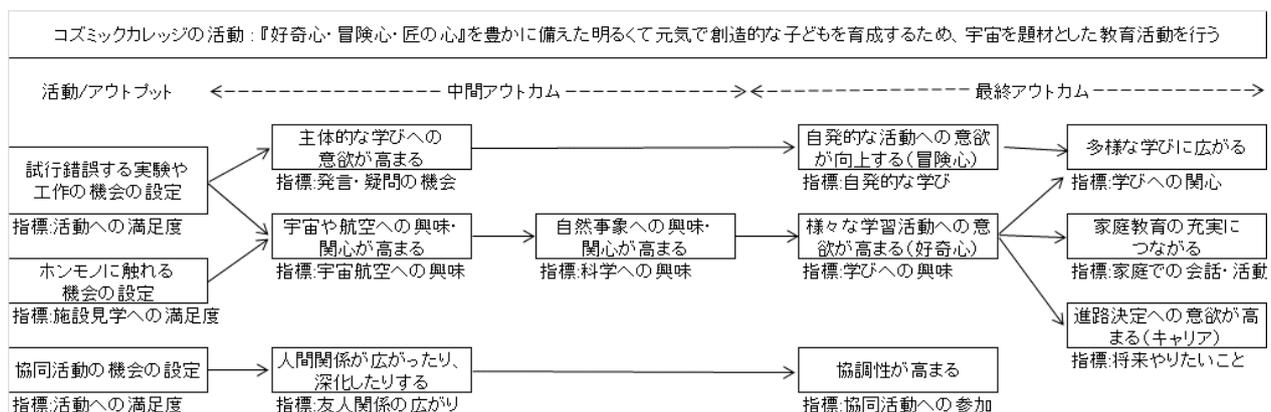


図 2 コズミックカレッジの展開による活動成果ロジックモデル

これらは、今日、学校教育で求められている「主体的・対話的で深い学び」に共通するものである。平成 29 年 12 月の中央教育審議会答申では、「主体的な学び」を「学ぶことに興味や関心を持ち、(中略) 自己の学習活動を振り返って次につなげる学び」とし、「対話的な学び」については「子供同士の協働、教職員や地域の人との対話、先哲の考え方を手掛かりに考えること等を通じ、自己の考えを広げ深める学び」、そして「深い学び」を「習得・活用・探究という学びの過程の中で、(中略) 思いや考えを基に創造したりすることに向かう学び」としている。

こうした学びのあり方は子どもの社会教育分野においても重視されるべきものであり、本稿ではこれを踏まえ、主として中間・最終アウトカム指標として設定した①様々な自然科学的事象や学びへの興味・関心の高まり、②学びへの積極的な関わり、③子ども同士の協働による協調性の高まりと人間関係の深化に関して、クロス集計結果も併せて概観し、コズミックカレッジの教育効果や課題について、論じていきたい。

5、教育効果と課題（本調査結果）

調査は前出の三菱みなとみらい技術館の 6 回連続型コズミックカレッジ「サイエンスクラブ」に、2017 年から 2019 年に参加した子ども 131 名と保護者 131 名（子ども、保護者ともに 2017 年と 2018 年は 44 名、2019 年は 43 名）に対して、筆者が作成した質問紙を用いて、開始前と最終回の終了後の 2 度行った。回答は子ども 124 名、保護者 107 名から得られた。

興味や関心に変化が生じたかという内容については、コズミックで取り扱う宇宙や航空という題材と、その発展としての理科学習（自然科学）の 2 点について、保護者と子ども双方に質問した。宇宙

や航空については、保護者の 90%以上が「高まった」と肯定的に捉えており、理科学習についても「高まった」が 70%以上に上っていた。いずれの項目においても、「変わらない」という効果が上がらなかったことを示す選択肢の割合は 10%未満に留まっていることから、興味・関心の高まりについてはコズミックの教育効果として挙げることができるだろう。

表 6 宇宙や航空に対する興味・関心の高まり(保護者)

	すごく高まった	高まった	前から高かった	変わらない
中学年	51.5%	39.7%	7.4%	1.5%
高学年	50.0%	42.9%	2.4%	4.8%

表 7 理科学習に対する興味・関心の高まり(保護者)

	すごく高まった	高まった	前から高かった	変わらない
中学年	35.8%	41.8%	16.4%	6.0%
高学年	26.2%	45.2%	19.0%	9.5%

なお、子どもに対する調査に関しては、事前調査において航空・宇宙に対する興味・関心を質問しているため、「変わらない」を除いた三件法で質問したが、事前調査と事後調査においてクロス集計した結果が表 8 である。これによると、もともと航空や宇宙に興味があった子どもほど、コズミック参加後の航空や宇宙に対する興味・関心も比較的強くなる傾向にあることが分かる。

表 8 宇宙・航空に対する興味・関心の高まり(子ども)

		事後調査		
		より高まった	少し高まった	変わらない
事前調査	宇宙に興味あり	90.7%	7.4%	1.9%
	宇宙に興味なし	76.0%	20.0%	4.0%

次に「主体的な学び」に関する項目として、学びへの積極的な関わりについて質問した結果である。調査では「ただ聞くだけではなく、自発的に「なぜか?」と理由を考えたりすることはありましたか。」と保護者に対して質問を行った。その結果、「あった」は 80%程度を占め、保護者の多くが、子どもがコズミックの学びに自主的に関わっていると捉えていることが明らかとなった。しかしながら、保護者の参観は必須ではなく、おおむね 7 割程度に留まっていたため、これについては子どもに対して、「ただ聞くだけではなく、自分から「なんでだろう」と理由を考えたりすることはありましたか。」と質問を行ったが、表 10 のように同様の結果が得られている。

表 9 自発的に考えること(保護者)

	たくさんあった	よくあった	あまりなかった	なかった
中学年	30.3%	53.0%	15.2%	1.5%
高学年	19.0%	61.9%	14.3%	4.8%

表 10 自発的に考えること(子ども)

	たくさんあった	よくあった	あまりなかった	なかった
中学年	52.1%	42.3%	5.6%	0.0%
高学年	54.9%	45.1%	0.0%	0.0%

また、最終アウトカムの指標として設定した学びへの意欲の高まりに関しては、「サイエンスクラブの内容をきっかけに知的好奇心が高まり、興味のある事柄に対して家で調べるなど、自発的に学ぶ姿勢が見られましたか。」と、質問したが、その結果においても、中学年の子どもの保護者で 79.1%、高学年の子どもの保護者でも 66.6%が自発的に学ぶ姿勢が「あった」と回答している。なお、前出の宇宙・航空への興味・関心の高まりに関する質問結果とクロス集計したところ、興味・関心がより強く高まったと感じている保護者ほど、自発的な学びについてもより強く実感しているという関係が明らかとなっている。

表 11 家などで自発的に考えること(保護者)

	たくさんあった	よくあった	あまりなかった	なかった
中学年	34.3%	44.8%	17.9%	3.0%
高学年	19.0%	47.6%	28.6%	4.8%

表 12 自発的に考えることと宇宙への興味・関心(保護者)

		自発的な学びの姿			
		たくさんあった	よくあった	あまりなかった	なかった
宇宙への 興味・ 関心	すごく高まった	55.9%	32.4%	11.8%	0.0%
	高まった	3.7%	59.3%	33.3%	3.7%
	前から高かった	0.0%	66.7%	0.0%	33.3%
	変わらない	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%

予備調査においては、以上のような興味・関心の高まりや自発的な学びの機会の増加の結果、コズミック内だけではなく、家庭での活動や学習にも広がりが見られたという意見が出されていた。これに関して、保護者に「自宅で家族にサイエンスクラブで知ったことや習ったことを伝えたりしましたか。」「サイエンスクラブで行った工作や実験を家でも試したりしていましたか。」と質問した結果が表 13 と表 14 である。「なかった」以外の選択肢の選択率は会話については 100%に達し、工作や実験についても 90%以上という非常に高い割合を占めていた。頻度についてはばらつきがみられるものの、コズミックの発展的な教育効果の一つとして、家庭での活動や学習の広がりを挙げることができるだろう。

表 13 家で話すこと(保護者)

	たくさんあった	よくあった	あまりなかった	なかった
中学年	48.5%	42.4%	9.1%	0.0%
高学年	43.9%	43.9%	12.2%	0.0%

表 14 家で実験や工作をすること(保護者)

	たくさんあった	よくあった	あまりなかった	なかった
中学年	21.5%	52.3%	24.6%	1.5%
高学年	11.9%	52.4%	33.3%	2.4%

同様に子どもに対しては、コズミックだけでなく、日頃の学校での学びについても質問を行った。コズミックの結果との比較をまとめたものが表 15 である。大きな差ではないものの、コズミックの活動が日頃の学校での学びよりも、より多くの家庭で広がりを見せていることが分かる。

表 15 学校とコズミックでの活動の家の広がり(子ども)

		たくさんある	よくある	あまりない	ない
家で調べること	学校	14.7%	54.4%	14.7%	16.2%
	コズミック	38.3%	33.0%	17.4%	11.3%
家で話すこと	学校	42.3%	39.4%	12.7%	5.6%
	コズミック	66.1%	25.8%	5.6%	2.4%
家で実験したり、 工作したりすること	学校	21.7%	33.3%	29.0%	15.9%
	コズミック	36.1%	24.6%	26.2%	13.1%

これは宇宙という題材が多くの子どもにとって魅力的なだけでなく、前述のように、保護者もその多くが宇宙に対して興味・関心が高いことが一因と言えるだろう。

最後に「対話的な学び」としての、子ども同士の協働による協調性の高まりと人間関係の深化に関する質問結果である。これについては事前調査で設定した質問項目「学校でペアやチームで取り組むことは好きですか。」に対する三件法での回答とのクロス集計結果で概観していきたい。まず、中間アウトカム指標として人間関係の広がりについてである。違う学校の仲間と取り組むことについて質問した結果では、ほぼ全員が「楽しかった」とポジティブに回答し、同様に全員が違う学校の友達ができたと回答している。

表 16 違う学校の仲間と活動すること(子ども)

		事後調査			
		とても楽しかった	楽しかった	あまり楽しかった なかった	楽しなかった
事前調査	とても好き	91.9%	5.4%	2.7%	0.0%
	まあまあ好き	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%
	あまり好きではない	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%

表 17 違う学校の友だちができたか(子ども)

		事後調査			
		たくさんできた	できた	あまりできなかった	できなかった
事前調査	とても好き	86.5%	13.5%	0.0%	0.0%
	まあまあ好き	51.9%	40.7%	7.4%	0.0%
	あまり好きではない	53.3%	46.7%	0.0%	0.0%

表 18 ペアやグループで協力できたか(子ども)

		事後調査			
		たくさんできた	できた	あまりできなかった	できなかった
事前調査	とても好き	89.2%	8.1%	0.0%	2.7%
	まあまあ好き	70.4%	25.9%	3.7%	0.0%
	あまり好きではない	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%

表 19 チームメイトに自分の考えを伝えられたか(子ども)

		事後調査			
		たくさん伝えられた	伝えられた	あまり伝えられなかった	伝えられなかった
事前調査	とても好き	73.0%	21.6%	2.7%	2.7%
	まあまあ好き	55.6%	37.0%	7.4%	0.0%
	あまり好きではない	37.5%	43.8%	12.5%	6.3%

ペアやチームで協力できたかどうかを質問した結果においても、ほぼ全員が「できた」と実感しており、自分で考えたことをチームメイトに伝えられたかどうかに関しても、「伝えられた」が 90%以上を占めていた

このように、子ども同士の協働による協調性の高まりと人間関係の深化をねらいとして、連続型でチームでの活動に重点を置いたコズミックを展開したことで、異なる地域、学校、そして学年であっても、人間関係の形成や協調性の育成に一定の効果をもたらすことが示唆されたことは意義が大きいと考えている。しかしながら、いずれの項目においても、もともとペアやチームで取り組むことがあまり好きではないと回答した子どもの群においては、他の 2 群と比べて、低い割合に留まったことは課題の一つと言える。

本稿においては、紙面の関係上、割愛するが、この他にもキャリアに関しては、「好きなことが増えた」や「将来こんなことをしてみたいなと思ったことがあった」と回答した子どもが 80%以上を占めることが分かり、また、自由記述においては、「リーダー性が高まった」「居場所としての意義が大きい」「考え方の幅が広がっている」「保護者自身の子どもへの関わり方の参考になった」などの多様な成果が保護者からは挙げられている。

6、今後に向けて

学校教育では、教育方法に関するこれまでの議論において、子どもが主体的に学ぶことや、グループの中で協働的に学ぶことの重要性が指摘され、アクティブ・ラーニングが重視されてきた。その中で、こうした工夫や改善の意義についても十分に理解されないと、学習成果につながらない「活動あって学びなし」と批判される学習に陥ったり、指導の型をなぞるだけで意味のある学びにつながらなくなってしまうという恐れも指摘されている。このことは、子どもを対象とした「社会教育活動」であるコズミックカレッジにも当てはまることであり、だからこそ、教育効果を見据え、意義を認識し、活動の意図を持って行うことが何より重要である。本稿においては限定的ではあるものの、コズミックカレッジの教育効果と課題について、一つの示唆を与えることができたのではないかと考えている。今後は参加者からの声を基に、より詳細な指標を作成した上で、多角的に教育成果と課題を検証することで、活動の意義や可能性がより明確化されると思われる。そして、こうした調査・研究がコズミックの活動と共に全国に広がりを見せることで、新たな社会教育分野としての宇宙教育が確立し、我が国でも定着していくと考えている。

地域社会における教育力の低下が指摘される現代にあって、従来の地縁的な活動は目的指向的な活動へと大きく転換しつつある。国は、これからの地域社会における教育は、同じ目的や興味・関心に応じて、大人たちを結びつけ、そうした活動の中で子どもを育てていく活動の重要性を提示した。中教審第一次答申「21 世紀を展望した我が国の教育の在り方について」（1996 年 7 月）の中で提言された、学校・家庭・地縁的な地域社会に続く「第 4 の領域」である。ここで期待されるのは、従来の地域社会で展開されてきた、多様な人々との交流体験、様々な生活体験や社会体験、そして自然体験であり、これらの豊かな体験活動は、子どもが自らの興味・関心や自らの考えに基づいて自主的に行っていくという点で特に大きな意義を持っていた。さて、これまで論じてきたように、コズミックカレッジは「第 4 の領域」における社会教育活動として、大きな効果が期待できる機会となっている。それは、言うまでもなく「宇宙」という題材が、他の分野とは違った魅力が詰まっており、青少年期だけでなく、幅広い人々が興味や関心を持ちやすく、教育素材としてのポテンシャルがとても高いからである。併せて、未だ小中学校の授業の中に宇宙教育プログラムが取り込まれる余地が少ないという

現状から、小学生にとってはコズミックカレッジが主たる学びの機会となっていることも大きい。子どもの社会教育への期待が一層高まりつつある現代、コズミックカレッジが果たす役割は今後さらに高まっていくと筆者は考えている。

ⁱ 社会教育法等の一部を改正する法律 URL: mext.go.jp/b_menu/houan/kakutei/08040703/shakai.htm

ⁱⁱ 社会の変化に対応した今後の社会教育行政の在り方について (生涯学習審議会 (答申)) 生涯学習審議会答申 URL: mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_gakushu_index/toushin/1315178.htm

ⁱⁱⁱ 広浜栄次郎「第 12 章宇宙教育が目指すもの」平成 19 年度宇宙環境利用の展望. 財団法人宇宙環境利用センター報告書, 2007, p.6.

^{iv} 例えば、JAXA 宇宙教育センター URL: edu.jaxa.jp/education/cosmic/、日本宇宙少年団 URL: yac-j.com/

^v 高校生に関する宇宙教育の効果については、吉田華乃ら「高校生を対象とした宇宙教育活動とその効果」宇宙科学技術連合講演会講演集, 2016, p.6
掲載誌 宇宙科学技術連合講演会講演集 60:2016.9.6-9 p.6p

^{vi} 百合田真樹人「宇宙教育の目的と意義：学校教育実践としての宇宙教育」宇宙航空研究開発機構研究開発報告, JAXA-RR-12-2007, 2007, p.10.

思考力と創造力向上を目的とした宇宙教育の 教育効果検証と教師教育の課題

香川 奈緒美
島根大学

Constructing Empirical Evidence for Space Education:
Implication for Active Learning and Teacher Education

KAGAWA, Naomi

キーワード：宇宙教育、教師教育、主体的学び、家族コミュニケーション、思考力

我が国も参画している OECD（経済協力開発機構）の Education 2030 プロジェクトにおいて、すべての学習者がその持てる力を最大限に発揮し、人間と地球にとっての Well-being（ウェルビーイング）を高め、社会に貢献できることを目指す、新たな教育のビジョンが共有された。我が国の平成 29・30 年度改定の学習指導要領においても、変化の激しい社会における「生きる力」として、主体的に学ぶ態度、思考力と探求心、また創造する力を身に着ける重要性が強調された。同時に、新たな教育の実践主体である教師は、「主体的・対話的で深い学び」の視点や「教科横断」的な視点から授業改善を行うことが求められている。

「宇宙」を素材とした教科横断型の教育活動を意味する「宇宙教育」は、学習者の探求心、思考力、創造力を向上させることを目的としている。これは、Education 2030 プロジェクトや新学習指導要領に示された教育の方向性と合致しており、「宇宙教育」はこれらの教育を具体化する一つの手段と言える。JAXA（宇宙航空研究開発機構）宇宙教育センターは、謎に秘められた「宇宙」は学習者の好奇心や想像力を高め、それが科学への関心を高めるきっかけとなると説明する。また、宇宙教育の要として「好奇心」「冒険心」の他、好奇心を抱いた対象へたどり着くために必要なものを創る「匠の心」が位置付けられている。

比較的新しい「宇宙教育」の分野において、その教育効果の実証研究を進め、宇宙教育のエビデンス構築を行うことは重要である。本研究の目的は以下の2つである：1）学習者が宇宙教育をどう受け止め、どのような要素が学習者の学びの質に影響しているかを実証的研究によって示すこと。2）子どもの思考力や創造力の向上を目的とした教育における教師教育の課題を検討すること。

宇宙教育の活動例：1日宇宙記者

宇宙教育の一環として JAXA 宇宙教育センターが中学校とその地域の教育委員会と連携して行う「1日宇宙記者」という活動がある。数名の代表生徒と教師が記者としてロケット打ち上げ前後の種子島宇宙センターに出向き、射場技術者へのインタビュー等の取材活動を行うとともに、打ち上げのタイミングに合わせて所属校と宇宙センターをインターネット回線で結び、打ち上げが行われる現地の様子を所属校に対してリアルタイムで報告する（リアルタイム交信）。記者と

なった生徒はもとより、在學生は身近な人から発信される「リアルタイム交信」を通して、現地に行かずとも、打ち上げ前後の緊張感、高揚感を我が事のように感じることができ、宇宙や宇宙での科学技術利用に関する興味関心を高める波及効果を狙った活動である。また、この宇宙教育実践の初めには、宇宙や打ち上げについての講義を聴くなどの事前学習があり、打ち上げの数か月後には、事後学習として学びをまとめる機会が準備されている。

調査方法

2018年度に「1日宇宙記者」に参加した、公立中学校に通う中学1～3年生1626名（5校中1校の小中一貫校に通う5・6年生57名を含む）（性別内訳：女727名、男772名、他127名）を対象に3回の質問紙調査を行った：宇宙教育への導入となる事前学習後、打ち上げの直後、事後学習後。また、同学校の教師82名（性別内訳：女29名、男52名）を対象にしたアンケートを事後学習後に行った。

宇宙教育の教育効果指標

本研究では、宇宙教育の3つの心「好奇心」「冒険心」「匠の心」の他に、JAXA宇宙教育センターの理念や同センターが出版する教育教材に示された教育目的、宇宙教育シンポジウムにおける議論をもとに、宇宙教育が醸成しようとする学びのあり方として「対話的学び」と「継続的学び」を宇宙教育の教育効果を示す指標として測定する。それぞれの概念について説明し、本研究での測定方法を記す。

「**好奇心**」：好奇心の構成要素について研究を行ったKashdan, et al. (2018)は、好奇心を新奇的で不確実性が高く曖昧な事象を認識し、追求し、また探究したいと望むことと定義している。また、好奇心が内発的動機づけを促進する関係についても言及しており、この観点から、好奇心の高い学習者は内発的動機づけに基づく主体的行動も多くみられることが想定できる。本研究では、好奇心の強さを3つの指標も用いて測定した。

1つ目は、事前学習後のアンケートにおいて、事前学習で学んだ内容のうち「何に興味を持ったのか」を自由回答で問う質問の回答の具体性の高さによって測定した。興味を持った対象が何かについて、例えば「台風降水量などを衛星から調べられること」などと焦点が絞られた回答は、生徒が事前学習の内容に高い関心を持ち、詳細を知りたいと学ぶ意欲を高めた結果だと判断できる。一方、「宇宙について」などの具体性の低く、回答するために事前学習が不要とも解釈できる回答は、興味を持たなかったと捉えることができる。

2つ目は、ロケット打ち上げへの関心度合い、3つ目は、科学技術活用への関心度合いであり、これらは、事前学習後、リアルタイム交信後、報告会后、それぞれのアンケートにおいて「1＝全く興味なし」から「10＝とても興味あり」の10段階で回答を求めた。

「**冒険心（探求心）**」：宇宙教育で育もうとする「冒険心」は自らの知的好奇心に従って試行錯誤を重ねながら探求する学びの態度であり、本研究においては探求心に関するこれまでの調査研究を参考に調査方法を検討した。学習における探究に関しては理工学分野の活躍が大きい。「探求」とは学習の方法であり、探求できるようになることは、科学的手法を学ぶことだと説明している(Drayton, & Falk, 2001; Turner, Keiffer, & Salamo, 2018)。つまり、探求心とは、問いを立て、観察により知識を獲得し、仮説を立て、データ収集と分析を行い、結論を導き出し、他者と結論について協議しようとする学びの態度である。本研究においては、1日宇宙記者に関連する

自主学習を行ったか否か、またその内容は何かを自由回答で問い、その内容がどの程度目的の明確な意図的な情報収集であったかを測定した。例えば、「ロケット制作技術について調べた」などの回答は、特定の知識を獲得するために行動を起こしたことが分かり、高い探求心があったと判断した。探求心が中庸レベルと判断したのは「ロケットに関するテレビ番組を観た」のような回答で偶発的な学びの機会を生かしたもの。自主学習をしていない生徒は探求心が低いと分類した。

「**匠の心（創造性）**」： 匠とは、自然への敬愛、謙虚さと思いやり、目に見えない価値を重んじる心、手作業によるモノづくり、モノを大切に作る気持ちである（匠-日本の技参照）。宇宙教育においては、自分と宇宙との繋がりや自然界のあらゆるいのちの大切さを学び、宇宙の視座から現在や未来のより良い社会を考える。宇宙教育で育てようとする「匠の心」は、自然や他者を尊重しつつ、今はないがあると良いもの考える創造性と、実際にその案をモノとして創り出す具現化との相互作用と言える。創造性の定義の中核をなすのが、新しいものを自分の力でつくり出すことである。Cropley (2011) は創り出されるものの特性として、新奇性(novelty)の他に、適正(relevance)、有効性(effectiveness)、倫理性(ethicality)の高さが求められると主張する。本研究では、ロケット打ち上げの直後と事後学習後のそれぞれのアンケートにおいて、地球観測技術の活用案を記入してもらった。トランス式創造性思考テスト (Torrance, 1980: Torrance Tests of Creative Thinking)などの創造性評価方法を参考にし、案の数、案がどの程度他生徒は記述していない独自性の高いものであるか、案がどの程度詳細に説明されているかの3つの基準をもとに各生徒の創造性の値を算出した。案の具現化に至った生徒はアンケート調査の結果からは見受けられず、本研究において匠の心は創造性をもって計測した。

「**対話的学び**」： 対話型授業の構成要素と定義を探究した小野寺他(2020)は、対話型授業とは異なる属性や立場、意見を持つ人々とのやり取りを通じて新しい価値観を生み出すことを伴う授業だとしている。このことから分かる通り、対話的学び自体は教育の目的ではなく、対話は創造性を高めるための手段として位置づけられる。つまり、学びの過程に置いて、あらゆる他者との対話の機会が多いほど質の良い学びが出来、創造性の高まりに繋がると推測できる。本研究では、事後学習後のアンケートにおいて、1日宇宙記者の活動や経験について誰と何分程度話したのかを記入してもらった。対話的学びが実践された度合いを、話した他者の種類（家族、校内の友人、校外の友人、など）の多さと話した時間の合計の長さで計測した。

「**継続的学び**」： ある時の学びや興味の対象が、他の機会に再度学びの対象となることで、知識が単純に増加するのみならず、関連する知識を複合的に理解できることに繋がったり、その結果として他の対象へ興味が発展したりすることが期待できる。本研究においては、2つの観点から継続的学びの傾向をみた。まず、ロケット打ち上げ直後のアンケートで、事前学習のどのような内容がリアルタイム発信時に役立ったかを自由記述式で回答してもらった。その回答の具体性が高く、事前学習期間における学びとリアルタイム発信時の学びに明確な関係性がみられるものほど、より継続的学びのレベルが高いと評価した。

もう一つは、報告会後のアンケートにおける地球観測技術の活用案の数をういた。この活用案を自由記述で問う質問は、リアルタイム発信直後とその数か月～半年後にある報告会後の2つのアンケートでされている。リアルタイム発信後に活用案を問われたことがきっかけとなり、案を考え続けた生徒は、報告会後のアンケートで追加案の記述が可能となるはずである。本項目では

学びが継続したかに注目するため、活用案の質は問わず、報告会后に記述できた案の数のみを評価対象とした。

宇宙教育の教育効果に影響を及ぼすと予測する学習者の特性

宇宙教育の強みの1つとして注目すべきは、宇宙教育で想定されている学びが継続的・長期的なものである点である。つまり、JAXA や学校、その他地域の教育団体が提供する授業や教室、イベントなど（スクールと呼ぶ）において、子どもたちの好奇心を向上させ、基本的な知識の提供を行うが、その場で学びが完結しない設計となっている。その複数のスクールの間の期間や、スクール終了後は、スクールで高められた好奇心を原動力に子どもが主体的・継続的に学び続けることが期待されている。これは、学習者が自らの興味関心に従って自らの学びを導き、その学びを学校、家庭、コミュニティにいる教育者によって支える学習者主体の学びのモデルである。しかし、この宇宙教育の強みを生かすためにも慎重に検討すべきは、家庭における学習機会の不公平さへの応答である。教育学や社会学において、家庭環境や親の学歴が子どもの学びに及ぼす影響の大きさはよく知られている（ボールズ 1980）。文化的再生産論は、知識、態度、価値観が親から子へと受け継がれる課題を指摘する。親の経済力、書籍や芸術品へのアクセス、家庭で交わされる会話の内容など違いのよって、子どもは家庭で異なる美的センスや経済知識、行動様式や能力を身に着けることから、社会的に有利な立場にある親の子どもはその社会階層で地位を獲得しやすく、社会格差は世代を超えて継承され、固定化されていく（ブルデュー 2007）。宇宙教育も、その成果に学習者の家庭環境が影響する例外ではないはずである。本研究では、家庭環境が宇宙教育の教育効果に及ぼす影響、特に、家庭内のコミュニケーション形態の影響に注目する。無論、教育格差の課題は幅広い方面からの総括的対策が必要であるが、コミュニケーション形態については、宇宙教育が格差縮小に貢献しうる家庭環境の構成要素だと考えるからである。

「**家族内コミュニケーション形態**」： Koerner & Fitzpatrick (2006)は、社会的認知論の立場から家族内のコミュニケーション行動を分析し、家族内コミュニケーション形態理論(Family Communication Patterns Theory)を提唱した。家族内でどのように情報が扱われるかを説明する「会話志向性」と「同調志向性」の2つ基準に従って家族内のコミュニケーション形態を捉える。会話志向性の高い家庭では、多種多様な話題について頻繁にオープンに話される。また、子どもも親も家族の一構成員としてその意見が同等に扱われ、意見はその質によって評価される。一方、同調志向性の高い家庭では、家族内の調和を保つために家族全員が同じ価値・態度・意見を持っていることが重視され、親が家族のための意思決定を行い、子どもが親の指示に従う階級的な家族構造を形成する。

家族内コミュニケーション形態理論は、行動学、心理学、医学、社会学などの多くの分野で活用されており、家庭内コミュニケーション形態の違いが家庭外における発言や思考態度に影響を及ぼすという調査研究結果も示されている(Nakhaee, et al., 2017; Sepahvand, et al., 2018)。宇宙教育においても、参加生徒が家族内で経験しているコミュニケーション形態によって、宇宙教育の教育成果が異なることが予想される。つまり、会話志向性の高い家庭の子どもは、家庭で普段からあらゆる分野について自由に会話し、自らの意見を伝えるような経験に恵まれている。家庭に帰った後も、宇宙を素材とした授業を受けたことから興味を持った事柄について話しをしたり、知りたくなったことを探究したりしやすい環境がある。一方、同調志向性の高い家庭の子どもは、家庭で自らの意見を求められる日常はなく、学校での宇宙教育をきっかけに、家庭で考えを深め

たり自由に発展させたりする機会は豊富でない。このように、主体的・継続的な学びを追求する教育活動においては、その特徴から、学びを子どもの主体性に任せる部分が多いため、家庭環境の差が大きく出ることが予想される。家庭のコミュニケーション形態の実態把握には、Revised Family Communication Pattern (RFCP: Fitzpatrick & Ritchie, 1994)を採用した。

「主体性」：主体性尺度の作成を行った浅海（1999）は、主体性を、義務感や周囲の人々の言動にとらわれず自らの判断で考え、感じ、行動することと定義している。また、子どもの主体性についてこれまで発表された研究論文の内容分析を行った田畑（2018）は、子どもの主体性という概念を構成する要素は、能動的な認知・情意・行動（主役として自らのペースで行動判断を行い、自己表現できる）と段階的に発達（他者への信頼感を基盤として段階的に発達するもの）の2つであると結論付けている。さらに、子どもの主体性は、思考力・表現力を含む、健康的な自我の成長や発達に影響を及ぼす側面についても指摘している。宇宙教育においても、主体性の高い子どもは1日宇宙記者の活動をきっかけに、興味をもった事柄について自ら調べたり、積極的に他者と話したりすることが予想される。一方、主体性の低い子どもにとって、1日宇宙記者の活動は学校で課せられた1活動でしかなく、指示された行動をとるのみの参加形態となりうる。よって、宇宙教育のねらう教育効果は、主体性の高い子どもほど高くなると考えた。本研究の主体性の測定には浅海（1999）の主体性尺度を採用し、事前学習後のアンケート調査にて回答を求めた。

教師を対象とした調査

1日宇宙記者の活動に参加した学校の教師に、1）今回の宇宙教育にはどのような学びがあったと感じるか、と2）今後の宇宙教育においてどのような学びが可能か、の2点についてアンケート調査の自由記述によって回答を求めた。

仮説

学習者の特性が宇宙教育の教育効果に及ぼす影響について3つの仮説と1つの問いをたてて調査を行った。

仮説1：家庭の会話志向性が高いと自認する子どもほど、より高い宇宙教育の成果がでる

仮説2：家庭の同調志向性が低いと自認する子どもほど、より高い宇宙教育の成果がでる

仮説3：主体性が高い子どもほど、より高い宇宙教育の成果がでる

問い1：教師は、宇宙教育にどのような学びがあると考えているのか

調査結果

宇宙教育の教育効果指標「好奇心」：まず、宇宙教育の導入などの事前学習から興味を持った内容の記述の具体性から判断すると、多くの生徒は中庸レベルの好奇心を抱いたと言えそう。全体の48.3%の生徒は、興味をもった対象が何かを特定出来ている。一方で、31.8%の生徒は「ロケット」等、学習の主題のみを記入しており、好奇心レベルが高かったとは捉えにくい。また、他の20.5%は無記入で提出しており、約5分の1の生徒は自らが興味を持った内容を特定できないほど自らの学びを主導できていないという現状も注目に値する。学校別の回答傾向の差も含め、好奇心の高低に見られる宇宙教育の効果の結果を表1にまとめた。好奇心のレベルに男女差はみられなかった。

表1 好奇心の度合いを示す回答例と回答者の割合

具体性レベル	回答例	回答者の割合					
		全体	学校別				
			A	B	C	D	E
↑(高) 関心対象の詳細に触れて説明	「コスモスカレンダーです。9/10が地球誕生,12/18がプランクトンの発生,12/24が恐竜誕生、12/28が絶滅だということにびっくりしました」	0.3%	0.9%	—	1.2%	0.5%	—
↑(高) 関心内容を具体的に記載	「コスモスカレンダーで宇宙が誕生した日のことなどの時間の流れを知れたこと」	3.6%	3.8%	0.9%	19.3%	9.8%	1.1%
↓(低) 関心の対象をある程度説明	「宇宙の漢字の意味」 「衛星がどのように活躍するか」	43.8%	56.7%	53.1%	33.7%	21.2%	10.6%
↓(低) トピックのみ	「ロケット」「宇宙について」	31.8%	11.3%	25.3%	41.0%	51.6%	72.6%
無記入	—	20.5%	27.3%	20.7%	4.8%	16.8%	15.6%

次に、打ち上げと科学技術利用に対する関心レベルについて分析を行った。打ち上げへの関心レベルは、事前学習時にある程度あった関心がリアルタイム交信を経験した後にピークに達し、

その数か月後に行われる報告会の頃には再度、事前学習時点での関心レベルまで落ち込んでいる

(図1)。これに比較し、科学技術利用への関心レベルは、打ち上げとほぼ同様の傾向を示すが、リアルタイム交信から

報告会までの関心の落ち込みが少ない。これは、学習者が、打ち上げというイベントに立ち会ったことをきっかけとして、好奇心の対象を打ち上げ（体験・非日常）から科学技術利用（学び・日常）へと発展させたことを示唆する。この宇宙教育が学習者の好奇心を高め、それが、打ち上げを可能とする仕組みや、科学技術が日常生活へ与える影響を考える探求心へと繋がり、長期的には必要なものを創り出す匠の心を動かす原動力となることが期待できる結果といえる。

また、打ち上げと科学技術利用への関心レベルについては、リアルタイム交信後の打ち上げへの関心以外はすべて女子生徒よりも男子生徒の方が高かった、 $t(1261\sim 1486)=3.43\sim 6.51$, $p<.01$ 。交信後から報告会までの科学技術利用への関心レベルの落ち込みの度合いも女子生徒の方が大きい。打ち上げへというイベントに関わった直後には見られない男女差が、それ以外の時期には見られる結果から、男子生徒と比較して、女子生徒がロケットや科学技術とは関りを持っていない（自分事だと思えない）教育・生活環境がある可能性を示唆する。宇宙教育の課題として検討していきたい。

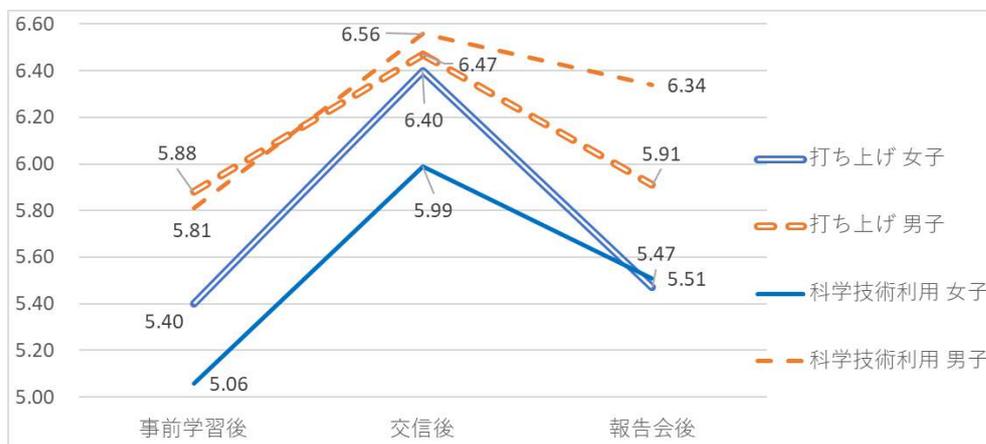


図1 打ち上げと科学技術利用への関心レベル グループ平均の変化

「冒険心（探求心）」： 1日宇宙記者の活動をきっかけとして、宿題を除く学習をした経験があれば、その内容を記載してもらった。記載された学習がどの程度意図的な学習行動であったかをみることで冒険心のレベルを評価した。学びが意図的である方が偶発的であるよりも学びの質が高いとは限らないが、今回は、冒険心・探求心を計測する目的から、学びに向かう態度を優先し、行動の意図性に注目した。生徒の大半である84.3%は、特に自主学習はしていないと報告した。探究心のレベルに男女差はみられなかった。

表2 冒険心の度合いを示す回答例と回答者の割合

具体性レベル	回答例	回答者の割合					
		全体	学校別				
			A	B	C	D	E
(高) 意図的情報収集	「過去のロケット打上げの様子、しきさい、つばめについて、JAXAのHPで調べた」「JAXAというワードで検索し、色々なサイトを見た。」	3.6%	2.5%	4.2%	8.5%	0.9%	2.8%
(低) 意図的学びの可能性あり	「種子島の位置」「エンジンのつくり」	7.7%	4.7%	7.4%	15.9%	9.1%	10.1%
偶発的学びの可能性が大	「ネットのニュースでみた」「テレビをみた」	4.3%	3.1%	5.4%	6.1%	2.7%	2.2%
意図的学習なし	—	84.3%	89.6%	83.0%	69.5%	87.3%	84.8%

「匠の心（創造性）」： リアルタイム発信後と報告会後の2回のアンケートにおいて、地球観測技術の活用案を記入してもらい、その数と内容から創造性の高さを計測した。案数が最多だった10名の生徒は合計7つの案を出した。案数が最小だった生徒はリアルタイム発信後と報告会後のいずれも案が創出できておらず、30.6%が該当する。また、37.9%の生徒は、リアルタイム発信後には1つ以上の案を出しているが、その後報告会までの間には新たな案を出すに至っていない。リアルタイム発信後と報告会後の案の数には正の相関がみられた、 $r=.15$, $p<.01$ 。つまり、リアルタイム発信後に案を多く提示できた生徒ほど、報告後にも多くの案を提案していた。しかし、案の数に加えて内容を加味した創造性の値には相関はみられなかった、 $r=-.38$, $p=n.s.$ 。リアルタイム発信後に提示した案が独創的であった生徒の方が報告会后に出す案も独創的

表3 地球観測技術活用法の案数（該当生徒の割合）

	報告後の案数					合計
	0	1	2	3以上		
発信後の案数	0	30.6%	6.6%	1.0%	0.5%	38.7%
	1	23.1%	10.1%	1.5%	1.0%	35.7%
	2	9.3%	5.0%	2.1%	0.2%	16.7%
	3以上	5.6%	2.4%	0.5%	0.4%	8.9%
	合計	68.5%	24.2%	5.2%	2.1%	100.0%

表4 発信後と報告会后において創造性の高低を示した生徒の割合

	創造性の高さ（発信後→報告後）				
	高→高*	高→低	低→高	低→低	
全体	19.3%	33.6%	8.1%	33.9%	
男女別	女	18.4%	38.7%	8.4%	34.6%
	男	25.4%	33.7%	9.4%	31.4%
学校別	A	25.4%	40.8%	6.6%	27.3%
	B	27.3%	45.6%	3.3%	23.9%
	C	3.8%	24.5%	9.8%	62.0%
	D	13.4%	17.0%	22.3%	47.3%
	E	3.8%	7.1%	24.0%	65.0%

*「高」は中央値以上の数値を持つ集団を示す。最右列の集団は、発信後・報告後ともに中央値未満の創造性値を持つ集団。

であるとは限らないということだ。また、リアルタイム発信後の独創性には男女差はみられなかったが、報告会後の値には有意差がみられ、男子生徒の方が女子生徒よりも高い創造性をみせた、 $t(1406)=2.78, p<.01$ 。

「対話的学び」： 1日宇宙記者の活動に関して、78.2%の生徒は、その時間の長さに関わらず他者と会話をしていた。誰かしらと会話をした生徒の会話時間の合計の個人差は最短6分から最大8時間20分まであり、平均値は20分22秒であった。誰かしらと会話をした生徒の会話合計時間は女子生徒(17.9分)よりも男子生徒(23.2分)の方が長かった、 $t(994)=2.76, p<.01$ 。会話をした他者の種類には男女差はみられなかった。

表5 1日宇宙記者に関する会話の有無と長さ

対話の相手：	会話をした生徒の割合			0.1分以上会話をした生徒の平均会話時間
	全生徒	女	男	
記者として派遣された生徒	20.2%	15.3%	25.0%	9分36秒
今回の活動とともに参加している生徒	52.5%	57.0%	50.1%	8分31秒
今回の活動に参加していない生徒	25.7%	26.4%	25.7%	7分02秒
家族	67.9%	73.8%	64.2%	9分07秒
その他	14.7%	13.2%	16.2%	10分11秒

「継続的学び」： 継続的学びの態度を示す指標として、リアルタイム発信時に役立った事前学習の内容に関する記述の具体性を採用した。半数以上の学生が無回答であり、これは、多くの学生が学びの継続性を意識していないことを示唆する。つまり、宇宙教育に関する事前学習も、リアルタイム発信も、1日宇宙記者という枠組みの中で行われた活動であるにも関わらず、事前学習で学んだことを次に行うリアルタイム発信で活用するという理解や認識は、多くの生徒にとって当たり前ではないということだ。獲得した知識を、何を手掛かりに、いつ、どう、活用するとよいのかについて学ぶ教育上の工夫が求められる。男子生徒に比較し、女子生徒の継続的学びの態度の方が高かった、 $t(1253)=3.51, p<.01$ 。

また、報告会後のアンケートにおける地球観測技術の活用案をもとに継続的学びの態度をみると、31.5%の生徒が1つ以上の案を記入している(表3)。男女差を比較すると、26.9%の女子生徒と35.1%の男子生徒が1つ以上の案を記入しており、男子生徒の方がより多い案を提示している、 $t(1404)=2.67, p<.01$ 。

表6 継続的学びの態度を示す回答例と回答者の割合

具体性レベル	回答例	全体	回答者の割合						
			男女別		学校別				
			女	男	A	B	C	D	E
(高) ⇕ 継続的学び ⇕ (低)	「打ち上げられてたロケットがどの辺に居て仕事をしているかということ」「ロケットを打ち上げる時に多くの人関わっていたこと」	1.1%	5.6%	1.4%	1.3%	1.3%	—	1.3%	—
	「ロケット打ち上げの目的」「打ち上げの迫力」	25.4%	33.0%	22.7%	28.6%	31.7%	6.8%	13.0%	6.5%
	「宇宙」「JAXAのこと」	19.2%	19.6%	21.8%	14.5%	17.8%	18.5%	21.1%	43.5%
	—	54.4%	46.4%	54.2%	55.7%	49.2%	74.7%	63.6%	50.0%

学習者の特性

「家族内コミュニケーション形態」

会話志向性、同調志向性それぞれを示す値の生徒全体の平均値と、男女別の平均値を表7に示した。会話志向性は男子生徒よりも女子生徒の方が高かった。同調志向性については、男女差はみられなかった。また、学校・男女別の平均値は図2に示した。

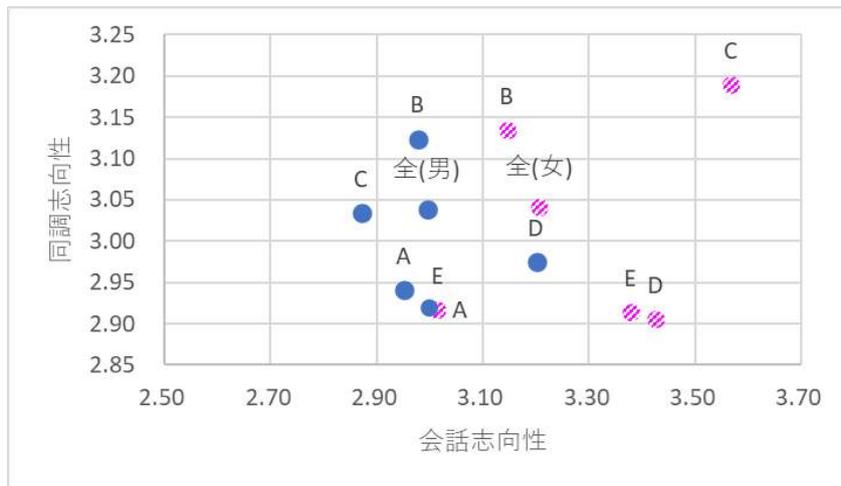


図2 家族内コミュニケーション形態 学校・男女別
「全」は全学校平均値、「A～E」はそれぞれ個別の学校の平均値。
●(斜線)は女性生徒、●(塗つぶし)は男性生徒を示す。

表7 家族内コミュニケーション形態の男女比較

	全体平均		グループ平均		性別差	
	平均	標準偏差	女	男	有無	T検定
会話志向性（「1=低」～「5=高」）	3.10	0.94	3.21	2.99	男<女	$t(1479)=4.36, p<.01$
同調志向性（「1=低」～「5=高」）	3.04	0.83	3.04	3.04	無	$t(1444)=.05, p=n.s.$

主体性を示す値の生徒全体の平均値と、男女別の平均値を表8に示した。平均値に男女差はみられなかった。今回の調査に参加した5つの学校間の差もみられなかった、 $F(4, 1453)= 1.95, p=n.s.$ 。

表8 子ども主体性の男女比較

	全体平均		グループ平均		性別差	
	平均	標準偏差	女	男	有無	T検定
主体性（「1=低」～「6=高」）	4.06	0.74	4.04	4.08	無	$t(1443)=.98, p=n.s.$

仮説1～3の検証

家族内コミュニケーション形態と生徒の主体性が宇宙教育の教育効果に及ぼす影響を分析した。表9に示す通り、子どもの主体性はすべての宇宙教育の教育効果を示すすべての項目に影響がみられた。つまり、すべての生徒が1日宇宙記者という同じ宇宙教育活動に参加していても、生徒がもともと持っている主体性の高さによって、その活動から得る学びの質が異なることを意味する。主体性の高い生徒は、宇宙教育によって好奇心・冒険心・匠の心を育て、継続的・対話的学びの態度を高める。また、主体性と比較するとその影響は小さいものの、家族内コミュニケーション形態も宇宙教育の学びに影響を与えていた。全体的な傾向として、家族の会話の形態は会話志向性が高いと自認する生徒ほど、宇宙教育によって好奇心を高め、継続的な学び・対話的学びの態度を強めていた。

同調志向性については、仮説と異なり、男子生徒の場合に限り、同調志向性の高さが宇宙教育にプラスの影響を与えていた。また、ステップワイズ法による回帰分析を行った結果、同調志向性は宇宙教育の教育効果に補足的な影響としてあらわれている。つまり、好奇心、匠の心、対話的学びの高さに一番大きな影響を与えているのが主体性の高さ、次に会話志向性の高さ、そして

表9 家族内コミュニケーション形態と主体性が宇宙教育の教育効果に及ぼす影響

ねらいとした教育効果	調査項目	調査項目への影響がみられた子どもの特徴 (β 標準偏回帰係数 ** $p < .01$, * $p < .05$)			F値	R ²
		会話志向性	同調志向性	主体性		
好奇心	「事前学習の何に興味を持ったのか」の記述の具体性	.06*		.11**	14.72	.02
	事前学習後・発信後・報告会後の打ち上げと科学技術利用への関心の高さ	.12**	.07**	.30**	57.12	.13
冒険心 (探求心)	宿題以外で、自主的に情報収集する態度			.14**	25.27	.02
匠の心 (創造性)	地球観測技術活用案の 数と種類の幅 (発信後)			.15**	28.33	.02
	(報告会后)			.10**	14.3	.01
継続的学び	「リアルタイム発信で事前学習の何が役立ったのか」の記述の具体性	.06*		.09**	9.62	.02
	報告会後の地球観測技術活用案の数			.09**	10.93	.01
対話的学び	リアルタイム発信の経験 (時間の長さ)			.12**	10.87	.02
	についての他者との対話 (他者の種類の多さ)	.10**	.06*	.14**	19.99	.04

表10 家族内コミュニケーション形態と主体性が宇宙教育の教育効果に及ぼす影響 (男女別)

ねらいとした教育効果	調査項目	女			男						
		影響がみられた特徴 (β 標準偏回帰係数 ** $p < .01$, * $p < .05$)			影響がみられた特徴 (β 標準偏回帰係数 ** $p < .01$, * $p < .05$)						
		会話志向性	同調志向性	主体性	会話志向性	同調志向性	主体性				
好奇心	「事前学習の何に興味を持ったのか」の記述の具体性			.11**	8.4	.01	.15**	15.91	.02		
	事前学習後・発信後・報告会後の打ち上げと科学技術利用への関心の高さ	.15**	.29**	.29**	33.78	.13	.13**	.12**	.28**	33.76	.15
冒険心 (探求心)	宿題以外で、自主的に情報収集する態度			.13**	11.17	.02		.14**	14.25	.02	
匠の心 (創造性)	地球観測技術 (発信後)			.15**	12.8	.02	.09*	.08*	.12**	8.55	.04
	活用案の 数と種類の幅 (報告会后)			.09**	4.74	.01		.11**	8.76	.01	
継続的学び	「リアルタイム発信で事前学習の何が役立ったのか」の記述の具体性			.17**	17.3	.03	.08*			4.14	.01
	報告会後の地球観測技術活用案の数							.11**	7.50	.01	
対話的学び	リアルタイム (時間の長さ) 発信の経験に	.11**			7.51	.01		.14**	12.92	.02	
	についての他者 (他者の種類の多さ) との対話	.10*	.16**	.16**	14.63	.05	.10*	.08*	.12**	10.8	.05

3 番目に影響を与えているのが同調志向性の高さであった。一方、女子生徒のみに影響がみられたのは対話的学びの態度であり、会話志向性が高い家族に所属すると自認する女子生徒ほど、1日宇宙記者について他者と長く対話していた。

事後解析

宇宙教育の教育効果を示す5つの指標の関係性を検討し、好奇心、冒険心、継続的学び、対話的学びが匠の心に与える影響を分析した。全体的な傾向として、対話的学び以外の好奇心、冒険心、継続的学びの大きさが匠の心の大きさに繋がっていた。今回の1日宇宙記者の活動でこの関係性と捉えると、興味をもった事前学習の内容が具体的に説明でき、自主的に情報収集を行い、リアルタイム発信時には事前学習のどの内容が役立ったのかを具体的に説明でき、また科学技術が我々の生活をどう変えるのかについて関心が高い生徒は、独自性の高い地球観測技術の活用案を多く考えることが出来ていた。また、リアルタイム発信時の創造性には、同時期の科学技術利用への関心レベルが影響を与えており、事前学習後の打ち上げや科学技術利用への関心レベルや、リアルタイム発信後の打ち上げへの関心レベルは影響していなかった。同様に、報告会時の創造性には、同時期の科学技術利用への関心レベルが影響を与えており、事前学習後やリアルタイム発信後の打ち上げや科学技術利用への関心レベルや、報告会後の打ち上げへの関心レベルは影響していなかった。新たなアイデアを創造する匠の心を育てるためには好奇心を高く持つことが重要である点が示唆された。

表12 好奇心、冒険心、継続的学び、対話的学びが匠の心（創造性）に与える影響

(標準化β係数) ** $p < .01$, * $p < .05$

興味をもった事前学習内容の具体性	好奇心						冒険心 (探求心)	継続的学び		対話的 学び	F	R ²	
	打ち上げと科学技術利用への関心レベル							宿題以外 で、自主 的に情報 収集する 態度	発信に役 立った事 前学習内 容の具体 性				報告会后 の地球観 測技術活 用案の数
	事前学習後		発信後		報告会后								
発信後の創造性	.18**			.11**	— ^a	—	.09**	.24**	—	F(4, 1236) = 55.50**	.15		
報告会后の創造性	.08**				.13**		.11**	.07*		F(4, 1194) = 18.10**	.05		

^a 発信後の創造性への影響を分析する際は報告会後のアンケート項目は外した

教師の視点から見た宇宙教育

教師には、①今回の宇宙教育は生徒にとってどのような学びがあったのか、②今後、類似した活動を行う場合、どのような学びが可能だと考えるか、の2点の回答を自由記述で求めた。同じ「学び」に関する問いでも、一方は過去の経験として、もう一方は未来の可能性として問われている。今回の活動で得た学びに関しては、6割近くの教員が、生徒の興味関心の向上について言及している(図3)。しかし、どのような学びが可能かという質問では、興味関心の向上自体を「学び」として捉える教師数が17.5%と3分の1以下となっている。興味関心の向上は、追求する学

びではなく、結果としての学びと位置づけられている傾向が伺える。一方、どのような学びが可能かという、学びを自らが創造する立場として質問されると、特定の知識や能力の獲得を学びと捉える教師が46.0%と一番多かった。

また、どのような学びが可能かという問いに返答できない教師が26.8%も存在することは問題として指摘できる。さらに、どのような学びが可能かという問いへの回答を、誰がその学びを創造する主体として想定されているのかという観点から分析すると、図4のようになった。積極的に、またはある程度、自らがその学びを創る想定がされている記述は17.9%であった。

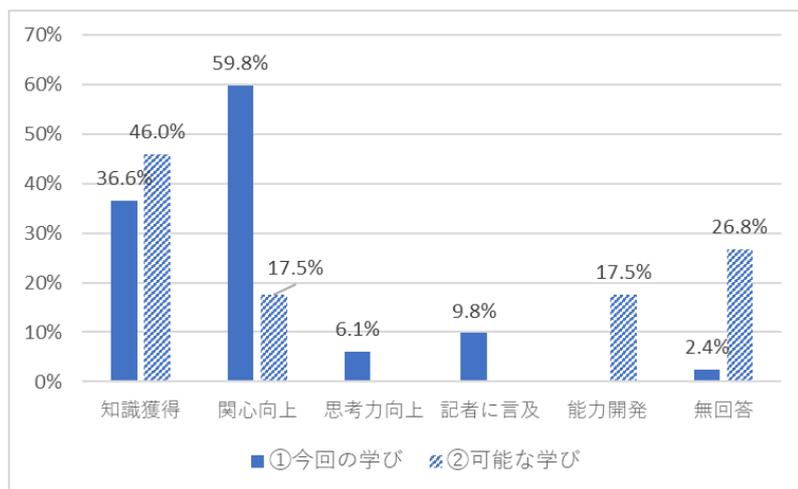


図3 教師からみた今回の学びと可能な学び

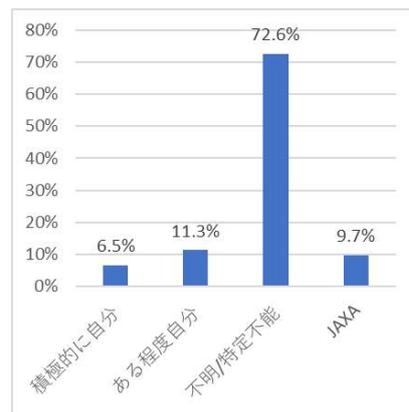


図4 学びを創る主体の想定

考察

宇宙教育は、「主体的・対話的、深い学びの視点から授業改善」を具体化し、教科横断型学習を実践する手段でもある。本研究は、宇宙教育の一環として行われる一日宇宙記者の活動に参加した中学生と教師によるアンケートを分析し、宇宙教育が目的とする、学習者の好奇心、探求心、創造性の向上、また、対話的学びと継続的学びの態度を促進がどの程度出来ていたか、その教育効果検証を行った。その結果、これらの宇宙教育から得られる学びの大きさは、学習者の主体性と、学習者が所属する家族内のコミュニケーション形態によって異なるということが明らかになった。もともと主体性の高い学習者や、家庭で思考力を養い、自らの意見を他者に伝える環境に恵まれている学習者は、学校教育で行われる自由度の高い活動においてその学習機会を最大限に生かし、思考力や創造力を高めることが出来る。一方で、主体性が低く、家庭で自らの意見が求められる機会に恵まれていない学習者は、このような学びの機会を十分に活用することが出来ない可能性がある。つまり、本研究が示す、思考力や創造力の向上を目的とする教育は教育格差を助長するという調査結果は、2030年までに達成すべき目標を明記したSDGs（持続可能な開発目標）の1つとして掲げられた「質の高い教育をみんなに」の観点から教師教育へ課題を提唱する。

また、教師を対象としたアンケート調査からは、学校単位で行う活動において、個々の教師が学びを創造するエージェントとして十分に参画できていない実態を明らかにした。新たな学力観は、教師に求められる資質能力にも変化を求める。多様な教師がそれぞれの強みを生かして新たな価値を創造する教育実践を可能にするための制度上の整備と文化形成が急がれる。

参考文献

- 浅海健一郎 (1999). 「子どもの主体性尺度作成の試み」『人間性心理学研究』,17, pp. 154-163.
- 小野寺基史, 井門正美, 梅村武仁, 野寺克美, 松橋淳 (2020). 「双方向遠隔授業システムを活用した対話型授業の構想と実践」『北海道教育大学大学院高度教職実践専攻研究紀要：教職大学院研究紀要』, 10, pp.1-13.
- 田畑久江 (2016). 「子どもの主体性の概念分析」『日本小児看護学会誌』, 25, pp.47-54.
- 西川一二, 雨宮俊彦(2015). 「知的好奇心尺度の作成—拡散的好奇心と特殊的好奇心—」『教育心理学研究』, 63(4), pp. 412-425.
- ブルデュー, P. (2007). 「新しい資本」加藤晴久, 石井洋二郎, 三浦信孝, 安田尚訳『実践理性：行動の理論について』, 藤原書店, pp.45-62.
- ボールズ, S. (1980). 「教育の不平等と社会的分業の再生産」潮木守一, 天野郁夫, 藤田英典編訳『教育と社会変動 上 教育社会学のパラダイム展開』, 東京大学出版会, pp.161-183.
- Copley, A. (2011). Definitions. In M. Runco & S. Pritzker (1999). (Eds.), *Encyclopedia of creativity* (pp. 511-524). San Diego, CA: Academic Press.
- Drayton, B., & Falk, J. (2001). Tell-Tale signs of the inquiry-oriented classroom. *NASSP Bulletin*, 85, pp. 24-34.
- Fitzpatrick, M. A., & Ritchie, L. D. (1994). Communication schemata within the family: Multiple perspectives on family interaction. *Human Communication Research*, 20, pp. 275-301.
- Kashdan, T. B., Stikma, M. C., Disabato, D. J., McKnight, P. E., Bekier, J., Kaji, J., Lazarus, R. (2018). The Five-Dimensional Curiosity Scale: Capturing the bandwidth of curiosity and identifying four unique subgroups of curious people. *Journal of Research in Personality*, 73, pp. 130-149.
- Koerner, A., & Fitzpatrick, M. (2006). Family communication patterns theory. A social cognitive approach. In D. O. Braithwaite & L. A. Baxter (Eds.), *Engaging Theories in Family Communication: Multiple Perspectives*, pp. 50–65. Sage Publications, Inc.
- Nakhaee, S., Vagharseyyedin, S. A., Afkar, E., Mood, M. S. (2017). The relationship of family communication pattern with adolescents' assertiveness. *Modern Care Journal*, 14, Published online e66696.
- Sepahvand, E., Yailagh, M. S., Allipour, S. Bahroozi, N. (2018). Testing a model of causal relationships of family communication patterns, metacognition, and personality traits with critical thinking disposition, mediated by epistemic beliefs of female high school students in Ahvaz. *International Journal of Psychology*, 12, pp.50-80.
- Torrance, E. P. (1980). Growing up creatively gifted: The 22-Year longitudinal study. *The Creative Child and Adult Quarterly*, 3, pp. 148-158.
- Turner, R.C., Keiffer, E.A. & Salamo, G.J (2018). Observing inquiry-based learning environments using the scholastic inquiry observation instrument. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, pp. 1455–1478.

宇宙教育による幼児教育の再構築

—「市民」を理念においた視点から—

深見 俊崇

島根大学

The Reconstruction of Early Childhood Education and Care through Space Education
— from the Perspective of Principle of “Citizens” —

FUKAMI, Toshitaka

キーワード：宇宙教育、科学教育、市民、幼児教育、子どもの権利、民主主義

1、国際的な科学教育の理念から見た日本の科学教育の課題

国際的な科学教育の理念には、「市民」が中心テーマと据えられてきた。例えば、米国科学振興協会（1989）が発刊した『すべてのアメリカ人のための科学』において、市民の点から科学的リテラシーの必要性が次のように論じられている。

教育の最大の目的は、人々に個人的に充実した責任ある人生を送るための準備をさせることにある。科学教育、すなわち科学、数学、技術による教育というものは、子どもたちが自ら考え、人生を直視することができ、かつ共感に溢れた市民同士となるために必要となる理解と思考の習慣を育む助けとなるべきである。科学教育はまた、開放的で慎重深く、かつ活気に満ちた社会を建設し、それを守っていくという思慮深い活動に、子どもたちが他の市民たちとともに参加できるようにするための備えとなるべきものでもある。（p.6）

科学的リテラシーの育成を通じて、市民1人1人が自ら考え、市民同士が「開放的で慎重深く、かつ活気に満ちた社会」の建設と擁護に協働できるようになることが目指すべき方向性になる。このように、市民の形成と社会の創造が、科学教育の中核理念に位置づけられている。

ところで、日本においてもよく知られるPISA調査でも科学的リテラシーが測定されてきたが、その定義に「市民」が明確に規定されている。PISA調査における科学的リテラシーは、「思慮深い市民として、科学的な考えを持ち、科学に関連する諸問題に関与する能力である」と定義されている（文部科学省 2015）。科学的リテラシーを身につけることによって、「現象を科学的に説明する」「科学的探究を評価して計画する」「データと証拠を科学的に解釈する」能力（コンピテンシー）を発揮し、「科学やテクノロジーに関する筋の通った議論に自ら進んで携わ」ることができるのである（文部科学省 2015）。

ところが、PISA2015の結果の評価については、国際的な順位、そして得点や肯定的な回答の傾向しか言及されていない（文部科学省 2015）。

・前回2012調査に引き続き、日本は国際的に見ると3分野ともに平均得点が上位グループに位置している。

・2015年調査の中心分野である科学的リテラシーの平均得点について、科学的能力別で見ると、日本は各能力ともに国際的に上位であるが、「現象を科学的に説明する」能力、「データと証拠を科学的に解釈する」能力と比べて、「科学的探究を評価して計画する」能力が相対的に低い。

・科学的態度については、日本は肯定的な回答をした生徒の割合が国際的に少なく、2006年調査と比較すると「科学の楽しさ」については有意に減少しているが、「理科学習に対する動機付け」「理科学習者としての自己効力感」「科学に関連する活動」については有意に増加している。

これらの結論からは、科学的リテラシーが必要とされる「思慮深い市民」の観点が考慮されていないことが分かる。このような PISA 調査の得点や順位に焦点化する傾向は、マスコミでの報道にも見られるのみならず、研究者の認識にも強く反映している（例えば、松下 2014 等）。

近年、科学教育に関連して STEM 教育 (Science, Technology, Engineering and Mathematics Education) また STEAM 教育 (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics Education) への関心が高まっている。米国教育省は、STEM 教育について次のように解説している (<https://www.ed.gov/stem>)。

刻々と変化し、ますます複雑化する世界では、問題を解決し、情報を理解し、意思決定を行うためのエビデンスを収集し評価する方法を知るための知識とスキルを身につけることが、これまで以上に重要になっている。これらは、科学、技術、工学、数学といった STEM として総称されている分野で児童・生徒が身につけるスキルである。将来のリーダー、隣人、そして労働者が、今日と明日の複雑な課題を理解し、解決する能力を持ち、ダイナミックかつ進歩していく労働力の要求に応えることができる国を目指すならば、STEM 分野における児童・生徒のスキル、内容の知識、流暢さを身につけることが不可欠である。また、子どもたちがどこに住んでいても、質の高い学習環境にアクセスできるようにしなければならない。

ここから、STEM が科学技術人材育成や国際競争力向上の観点から米国において推進されていることが分かる。なお、日本においても同様の観点で STEM 教育が紹介され、受容されつつある（例えば、千田 2013、木村ほか 2017 等）。しかし、STEM 教育が政策上取りざたされる以前から、プロジェクト・ベース学習等で科学、技術、工学、数学を総合的にアプローチは存在していた (Darling-Hammond et al. 2008)。

同様の議論はもちろん主流であるが、海外においては、市民意識の涵養から STEM 教育を問いつつ論考も見られる。例えば、Fisher & Frey (2015) は将来の有権者となるにあたって STEM 教育が必要であることを説明している。

あらゆる児童・生徒は、科学・技術・工学・数学の分野でキャリアを積むかどうかにかかわらず、自分たちの生活に直接影響を与える STEM 問題に関するニュースや情報の消費者となる。熟練した専門家を育成するだけでなく、知識を応用し、問題を吟味し、政治家や政策立案者に疑問を投げかけることができる熟練した有権者を育成しなければならないのである。(p.72)

科学技術人材育成や国際競争力向上からの STEM 教育また STEAM 教育への関心の高まりを完全に否定にするものではないが、それ一色になることは科学教育の理念を見失うことに間違いはない。全米研究評議会 (National Research Council) (2007) が科学教育の目的として示した、「民主主義は、科学的情報が基本的な役割を果たす問題について、市民が個人また共同体としての意思決定を行うことを求めている。したがって、市民は、科学の知識と科学的方法論の理解が必要とされる」(p.34) ことを常に再確認しつつ、対抗的に臨む必要がある。

2、宇宙教育の意義と可能性

新しいテーマとして登場してきた STEM 教育また STEAM 教育に関しても、「市民」を中心テーマになる兆しは、少なくとも日本においては十分認められない。それゆえ、新たなテーマを摸索する必要があると言えるが、それが「宇宙教育」に他ならない。ここでは、百合田 (2013) の論考に基づき、宇宙教育の意義と可能性について検討していく。

宇宙をテーマや教材とすることは、現時点で捉えられる人間の存在や既存の価値観そのものを相対化することにつながるものであり、それらを批判的に再構成するきっかけとなり得るものである。この点に関して、百合田（2013）は次のように論じている。

宇宙の視座からとらえた地球を単位とする共生社会の認識は、従来のグローバル教育や国際化教育とは異なり、そこに存在する人間や価値を相対化し、共生する存在としてとらえる可能性を内包する。つまり宇宙教育は、現在の共生社会を形成してきた文化科学の伝統を継承し、さらに宇宙時代の新しい文化の創造に自律的な主体として取り組む地球の市民主体を目的に設定する。現行の教育基本法前文にある「伝統を継承し、新しい文化の創造を目指す」市民主体を、国民国家の枠組みをこえた地球を共生社会と認識することに取り組む宇宙時代の市民教育を追究する教育理念が宇宙教育の背景にある。（p.11）

市民主体が依拠してきたのは、あくまで国民国家の枠組みであり、それぞれの国や地域における法や制度を乗り越えることは簡単なことではない。もちろん、国際連合等の国際機関による条約の制定や各種委員会による勧告等による国際的な協働も重要な役割を果たしてきたが、最終的に責任を担うのは国や地域であることは間違いない。それゆえ「宇宙時代の新しい文化の創造に自律的な主体として取り組む地球の市民主体」（百合田 2013）を目的に設定する宇宙教育はブレークスルーの可能性を秘めたものとなる。

これを具現化する実践例として、Flowers（1998）の人権に関するアクティビティを紹介する。これは、「新しい惑星」の観点から世界人権宣言の条項について考えを深めていくものである。新しい惑星には、人間の生活を維持するために必要な条件は整っているが、法律も規則も歴史もない。そこへの入植を仮定し、新たな惑星のための権利の法案を作成する役割を担う。まず、小グループに分かれて、グループ全員が同意できる 10 の権利を決定した上で、それらをクラスで共有し、各グループで言及された全ての権利を含む最終的な「マスターリスト」を作成する。そのマスターリストと世界人権宣言とを突き合わせながら、マスターリストには何が書かれていて何が書かれていないか、世界人権宣言には何が書かれていて何が書かれていないかを議論していく。

あくまで仮想のアクティビティであるが、現時点で捉えられる人間の存在や既存の価値観そのものを相対化することにつながることに間違いない。百合田（2013）は、宇宙教育を「科学技術そのものを目的とするのではなく、未来の社会建設に向けた課題に取り組む手段として科学技術を定義する教育実践である」（p.6）と説明している。Flowers（1998）の事例は、権利や法といった社会科学がテーマであるが、「未来の社会建設に向けた課題に取り組む」ものとなる。それゆえ、宇宙教育は、宇宙科学や地球惑星科学といった自然科学に留まらず、社会科学や人文学とも融合可能な教育であると考えられる。

この「未来の社会建設」を担うのは市民に他ならず、宇宙教育は市民意識の涵養が中核テーマとなる。宇宙教育は、「現在の共生社会を形成してきた文化科学の伝統を継承し、さらに宇宙時代の新しい文化の創造に自律的な主体として取り組む地球の市民主体」（百合田 2013 p.11）を目的に設定するものだからである。だからこそ、「宇宙の視座を獲得することによって得られた地球の有限性と唯一性の現実を新しい視座に、現有の課題に挑戦し、新しい社会の創造に取り組む主体」（百合田 2013 p.15）を涵養することに力点が置かれるのである。

3、宇宙教育を通じた幼児教育の再構築

幼児教育とは、小学校就学前の者を意味する幼児に対する教育であり、「幼児が生活するすべての場において行われる教育を総称したもの」であり、「幼稚園における教育、保育所等における教育、家庭における教育、地域社会における教育」を含むものである（中央教育審議会 2005）。本稿では、論点を絞るために、幼稚園・保育所・認定こども園等における幼児教育に限定する。

(1) 日本における幼児教育の現状

日本の幼児教育において「遊び」がこれまで中心的な地位を占めてきた。例えば、「幼稚園教育要領」には、「幼稚園教育の基本」として「幼児の自発的な活動としての遊びは、心身の調和

のとれた発達の基礎を培う重要な学習であることを考慮して、遊びを通しての指導を中心として第2章に示すねらいが総合的に達成されるようにすること」（文部科学省 2017a）と述べられている。また、「保育所保育指針」「幼保連携型認定こども園教育・保育要領」においても遊びが基本となることが確認できる。

幼稚園等では、遊びを基本とした上で、「健康」「人間関係」「環境」「言葉」「表現」の5領域を通じて資質・能力を育む指導が行われている。これらは、小学校以降の教科や領域とは異なり、幼児の発達の特徴を踏まえて構成されたものである。また、各領域に示すねらいは、「幼稚園における生活の全体を通じ、幼児が様々な体験を積み重ねる中で相互に関連をもちながら次第に達成に向かうもの」であり、それらの内容は「幼児が環境に関わって展開する具体的な活動を通して総合的に指導される」と位置づけられている（文部科学省 2017a）。例えば、健康の領域に関するねらいを達成するためにプログラム化した内容を配置することは幼児教育では望ましくないものと捉えられるため、幼児が遊びや活動に取り組む中で達成していくことが鍵である。保育者は、遊びや活動に埋め込まれた5領域を読み解きながら保育を展開し、様々な遊びや活動を通じてそれらが十全となるよう指導・援助していく必要があるのである。

現在、このような遊びを基本とする幼児教育のあり方については、国際的な視座からの問い直しが求められている。OECDは、1998年3月から加盟国の「乳幼児期の教育とケア」(Early Childhood Education and Care: ECEC)に関する調査プロジェクトである”Starting Strong”に着手し、2001年に最初の報告書を刊行している（OECD 2001）。その前提として、「質の高いECECへの公平なアクセスは、あらゆる子どもたちの生涯学習への基盤を強化することにつながり、家庭の広範な教育的・社会的ニーズを支援するものとなる」（OECD 2001 p.7）ことが謳われている。2006年には”Starting Strong II”を公刊され、ECECに対する公的な投資を行うことによって最終的なリターンが大きくなるのがデータを踏まえながら提案された（OECD 2006）。なお、ECECが目指す方向性については、2つの原理が示されている（OECD 2006 .p.207）。第1は、子どもの自然な学習とウェルビーイングの尊重を含む、子どもの主体性への焦点化（例：ノルウェー、スウェーデン）である。第2は、幼児との協働が主たる意味をもつ聞き取り、プロジェクトワーク、ドキュメンテーション（レッジョ・エミリア）である。前者のアプローチは、子どもが持つ影響力を促し、子ども自身の学習方略に自信を持たせるもの、すなわち、遊び、アクティブ・ラーニング、言語よりメディアを用いた表現、重要な他者との関係性からの学び、そして子どもへの興味・関心に基づくインフォーマルだが懸命な研究である（OECD 2006 .pp.207-208）。後者のアプローチは、豊かな学習環境の中で、十分にトレーニングを受けた保育者が支援する条件の下、「幼児の声を聞くこと」が自分自身の学習を導くことができるという能力に対する敬意の表れと捉える（OECD 2006 .p.208）。例えば、プロジェクトのテーマが子どもたちと保育者との対話に基づいて決定されるといったように、民主主義の価値や行動様式へと誘うものである。

特に後者に関わるものとして、泉(2017)はEUの『ECEC 質枠組みの主要原理の提案』(Proposal for key principles of a Quality Framework for Early Childhood Education and Care)から導き出される良い実践の特徴を紹介している（p.23-24）。その中でも「子どもの権利（国連「子どもの権利条約」1989年）を尊重し、子どもを有能な人間として認め、親を最初の教育者として尊敬するという原理と価値を明記しているカリキュラム」「保護者との協働（cooperation）を含んでおり、社会的文化的多様性の枠組みの中で、民主主義の価値の同意を促すことを含むカリキュラム」は、先の述べた「民主主義の価値や行動様式へと誘う」ことに直結したものである。

一方、日本においては、子どもの権利と民主主義に関する記載は極めて手薄い。まず『幼稚園教育要領解説』においては、子どもの権利も民主主義も一切記述が見られない（文部科学省 2017b）。『保育所保育指針解説』については、民主主義に関する言及は一切ないが、子どもの権利について明確に示されている。そこには保育所の社会的責任として、「保育所は、子どもの人権に十分配慮するとともに、子ども一人一人の人格を尊重して保育を行わなければならない」と明確に述べられている（厚生労働省 2018 p.29）。その他の箇所は、「子どもの最善の利益」に関する子どもの権利条約に関連するものである。そして、『幼保連携型認定こども園教育・保育要領解説』についても、民主主義に関する言及は一切なく、障害のある園児などへの指導に関わる「障害者の権利に関する条約」と「子どもの福祉を図り権利を擁護」という記述のみが認められる（内閣府ほか 2018）。

これらの点から、幼稚園・保育所・認定こども園等のいずれについて民主主義が重要な概念として全く語られていないのみならず、児童福祉に立脚した保育所保育以外は、子どもの権利意識が欠落しているのである。すなわち、幼児教育において「市民」の理念が不在だと結論づけられる。

(2) 宇宙教育を幼児教育で取り組むための前提

2. で述べてきたように宇宙教育の中核テーマは、「未来の社会建設」を担う市民の形成と市民意識の涵養である。それゆえ、宇宙教育が、日本の幼児教育で不在となっている市民の理念を組み込み、より望ましい姿へと幼児教育を再構築していく可能性があると言える。

それを十全とするためには、以下の基本的な考え方を保育者が共通理解しておく必要がある。

①子どもの権利と民主主義に関する保育者の意識向上

子どもの権利を尊重し、民主主義社会を担う市民として子どもたちを1人の人間として認めることが大前提となる。これは、『幼稚園教育要領』等に記載がなかったとしても当然のことである。

しかし、根本的な子ども観の問い直しが必要であることは、保育者を志望する学生の実態から明らかである。彼らの志望動機として、「子どもが好き」「子どもの頃に出会った保育者への憧れ」「職場体験・インターンシップへの参加」がかなりの割合を占めている（児玉 2016）。職場体験・インターンシップへの参加にあたって幼稚園等を積極的に選択した学生も多いと考えられることから、「子どもが好き」「子どもの頃に出会った保育者への憧れ」が主たる動機と言える。また、保育者志望学生が抱く子ども観については、「かわいい」「純粹無垢」といった言葉で表現される「愛おしい存在」、「明るく元気」「やんちゃ」に象徴される「活発な存在」が多くの割合を占めており、実習経験を経てもこれらの割合が多いことが明らかとなっている（石川 2015）。これらの先行研究からは、少なくとも養成段階において子どもの権利や民主主義につながる意識の萌芽は全く見られないことが分かる。

それゆえ、養成段階から現職研修を通じて、保育の基盤となる子どもの権利と民主主義の実現を志向した学習機会を保障していく必要がある。

②科学教育の視点

Feeny ほか（2006）が「幼い子どもは、生まれながらの科学者です。子どもの遊びは、科学的な探索でいっぱいです」（邦訳 p.410）と述べる通り、子どもや遊びの捉え方が大きな意味を持つ。

「子ども本来の好奇心を守り励ますこと」が保育者の主な役割であり、「子どもの科学に対する遊び心のある態度を維持するために、子どもの質問を、科学的好奇心、疑問、探索への開放性、問題解決といった態度を形成する機会」であると見なす必要がある（Feeny et al. 2006 邦訳 p.412）。すなわち、保育者は、子どもたちが科学者であると認識した上で、子どもたちが日々抱く疑問、様々なものに向けられる興味・関心に目を向け、それらを受け止めることを常に意識することが重要である。

例えば、Siegal（2008）は、地球の形や地球・太陽・月のモデルを子どもたちがどのように認識しているのかについて紹介している。地球の形に関しては、球形モデル（38.00%）、平らな球形モデル（6.66%）、2つの地球モデル（地面と地球の2つがある）（13.33%）、くぼんだ、あるいは二重に丸いモデル（20.00%）、ディスク形モデル（1.66%）、長方形モデル（1.66%）に分かれることが明らかになっている（Siegal 2008 邦訳 pp.67-68）。科学的知識からすれば、球形モデルが正しいと言えるが、子どもたちの生活経験から生み出されるモデルは実に多様である。

正解を教えることではなく、なぜそのように考えているのかに着目し、そこからさらなる疑問にもつなげていくことができるかが保育者には求められる。先の地球モデルで言えば、オーストラリアに住むことはできるか（地球儀上で人形を立てても下に落下する）、地球はどういう状態で存在しているか（地球儀は地軸で固定されているが、実際にはどうなのか）等、疑問になる点はいくらでもある。

それらの疑問について、保育者も答えられない場合もあるだろう。その際、子どもたちと共に学ぶ姿勢をもち、その姿を子どもたちに見せることが重要である。保育者も探究者であり学び続ける存在であるというモデルを示すことは、子どもたちがさらなる疑問を追究するにあたって大きな励みとなるからだ。

③権利主体としての子どもとの対話

①が基盤であると考えれば、子どもたちの対話の機会を保障していくことが不可欠となる。宇宙教育で取り扱うテーマは、②の通り必ずしも明確な答えがあるものとは限らない。そのため、「教える」「学ぶ」という関係性を越えた対話の舞台が必要となる。

例えば、森田（2011）は、幼年期の問いから哲学的思考が始まることを紹介している。

「お母ちゃん、みんなおじいちゃんになったら死ぬの？ みんな死んで、地球がからっぽになったら、かみさまもいなくなるの？」（森田 2011 p.26）

この問いは、森田の子どもが4歳6ヶ月頃に投げかけた質問であるが、「すべての『アル』【存在しているもの】が終わりになる時、いったい事態はどのようになるのだろうか」（p.29 筆者加筆）という本質的な問いを投げかけているのである。これはまさに哲学における「存在論」の問いになるのである。

このような哲学対話を子どもたちと取り組むことが権利主体としての子どもとの対話を実現するにあたっての1つのヒントとなる。例えば、映画「ちいさな哲学者たち」は、フランスのセーヌ地方のZEP（教育優先地区）にあるジャック・プレヴェール幼稚園で行われた実践のドキュメンタリーである。登場する子どもたちは、「愛」「自由」等について自分たちの考えを語り、お互いの言葉を聞き合う中で考えを深めていった。その中で、子どもたちは、ジェンダーや貧富の格差、人種問題といった社会的な問題についても直面していった。

日本においても哲学対話の実践が行われており、佐藤（2017）は「子どもと哲学する時間」に取り組む保育所の事例研究を報告している。佐藤（2017）によると、それを通じて「自分の問いが大人に受け止めてもらえるという経験、そしてさまざまな不思議を自由に問うことのできる場に参加するという経験」（p.34）を得ることができた。また、保育士も「どんなことから問いかけていいんだ」という「信頼に基づいた対話の場が生成されていた」と結論づけている（佐藤 2017 p.35）。

このような子どもと保育者が対話できる舞台があれば、宇宙をめぐる問いと対話もより豊かなものとなりえるだろう。

4. まとめと今後の課題

国際的な視点から日本の科学教育を、また宇宙教育の観点から幼児教育を問い直してみると、そこには「民主主義」「子どもの権利」といった「市民」の理念が不在であることが確認できた。それは、宇宙に関する題材や教材を取り入れ、宇宙教育を実践するだけでは問題解決にはならない。本稿では宇宙教育、そして幼児教育に焦点化した。当然ながら初等・中等教育、そして高等教育でも、様々な教科等の単元や学習活動においても共通の理念に基づき教育が構想されねばならない。

それを確認した上で、幼児教育において宇宙教育を推進していくためには、リソースが保障されねばならない。本稿では主に前提となる部分を確認したが、実践にあたっては保育者が考えるための資料が不可欠となる。JAXA 宇宙教育センターには「宇宙教育教材」のリソースがあり、幼稚園～小学校 1・2 年生向けの学習教材はある程度入手することは可能である（<http://edu.jaxa.jp/materialDB/>）。

しかし、これらのリソースに関する保育者の認知度についてはまだ十分とは言えないし、そもそも保育において宇宙教育に取り組むという発想自体がないと考えられる。そのため、本稿で取り上げた視点に基づいた実践に着手し、事例研究の報告や研究成果の蓄積と展開によって、幼児教育における宇宙教育の可能性を研究者、実践者へと届けていく必要があるだろう。

参考文献一覧

- 米国科学振興協会（1989）『すべてのアメリカ人のための科学—科学、数学、技術におけるリテラシー目標に関するプロジェクト 2061 の報告書—』（日本語版）
http://www.project2061.org/publications/sfaa/SFAA_Japanese.pdf 【2020/05/10 最終確認】
- 中央教育審議会（2005）「子どもを取り巻く環境の変化を踏まえた今後の幼児教育の在り方について（答申）」https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/05013102.htm 【2020/05/10 最終確認】
- Darling-Hammond, L., Barron, B., Pearson, P. D., Schoenfeld, A. H., Stage, E. K., Zimmerman, T. D., Cervetti, G. N., & Tilson, J. L. (2008) *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. Jossey-Bass. (深見俊崇（編訳）（2017）『パワフル・ラーニング—社会に開かれた学びと理解をつくる—』北大路書房)
- Feeney, S., Christensen, D., & Moravcik, E. (2006) *Who Am I in the Lives of Children?, 7th edition*, published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall
(Who am I 研究会（訳）（2010）『保育学入門—子どもたちと共に生きる保育者—』ミネルヴァ書房)
- Fisher, D. & Frey, N. (2014) STEM for Citizenship. *Educational Leadership*, 72, 86-87.
- Flowers, N. (ed.) (1998) *Human Rights Here and Now: Celebrating the Universal Declaration of Human Rights*. Amnesty International. Human Rights Educators' Network
- 石川正子（2015）「保育学生がもつ子ども観」『盛岡大学短期大学部紀要』25、p.1-7
- 泉千勢（2017）『なぜ世界の幼児教育・保育を学ぶのか—子どもの豊かな育ちを保障するために—』ミネルヴァ書房
- 木村優里、原口るみ、後藤田洋介、吉原久美子、柏原寛、大谷忠、金子嘉宏（2017）「民間教育機関における STEM 教育推進のための教材開発と産学連携の取り組み」『東京学芸大学紀要 自然科学系』69、249-256
- 児玉理紗（2016）「『わたしが保育者になりたいわけ』にみる子ども観」『和顔愛語』44、p.26-30
- 厚生労働省（2018）『保育所保育指針解説』
- 松下佳代（2014）「PISA リテラシーを飼いならす—グローバルな機能的リテラシーとナショナルな教育内容—」『教育学研究』81、p.150-163
- 文部科学省（2015）「OECD-PISA 生徒の学習到達度調査」
- 文部科学省（2017）「幼稚園教育要領」
- 文部科学省（2018）『幼稚園教育要領解説』
- 内閣府、文部科学省、厚生労働省（2018）『幼保連携型認定こども園教育・保育要領解説』
- National Research Council (2007) *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/07_pamph.pdf 【2020/05/10 最終確認】
- OECD (2001) *Starting Strong: Early Childhood Education and Care*.
DOI:<https://dx.doi.org/10.1787/9789264192829-en>
- OECD (2006) *Starting Strong II: Early Childhood Education and Care*.
DOI:<https://dx.doi.org/10.1787/9789264035461-en>
- 佐藤嘉代子（2017）「『子どもと哲学する時間』における子どもの変容—保育所5歳児クラス園児Aの事例から—」『子育て研究』7、p. 24-36
- 千田有一（2013）「米国における科学技術人材育成戦略」『科学技術動向 2013年1-2月号』、p.17-26
- Siegal, M. (2008) *Marvelous Minds: The Discovery of What Children Know*. Oxford University Press.
(外山紀子（訳）（2010）『子どもの知性と大人の誤解—子どもが本当に知っていること—』新曜社)
- 百合田真樹人（2013）「宇宙教育の目的と意義：学校教育実践としての宇宙教育」『宇宙航空研究開発機構研究開発報告』、p.1-18

宇宙を題材とするプログラミング教材開発

— はやぶさ2タッチダウンのシミュレーション —

桜庭 望

八洲学園大学(非常勤)

Development of programming learning materials in space

— Simulation of Hayabusa2 touchdown —

SAKURABA, Nozomu

キーワード：STEAM、教材開発、プログラミング教育、はやぶさ2、Scratch

1、はじめに

JAXAの発足時に提唱された宇宙教育は、「創造的な青少年の育成」をその教育実践の目的としている⁽¹⁾。時々の社会情勢を反映しつつ、教育環境も様々な変化を遂げているが、2018年度からのJAXA中長期目標においても、宇宙教育センター発足時の理念は継承されている。そこには、「次世代を担う人材育成への貢献」として、「グローバル化や情報化、技術革新を背景として、多角的なものの見方・考え方や自律的、主体的、継続的な学習態度の醸成が重要である。このため、幅広い層の学習者と学習支援者に対し、宇宙航空分野に興味関心を抱く機会の積極的提供や研究開発を通じて得た成果・知見を踏まえた教育素材の活用をはじめとする取組を行い、未来社会を切り拓く人材育成に貢献する。」⁽²⁾と記載される。「自律的、主体的、継続的な学習態度の醸成」は、今日的な教育動向を反映したものである。世界的な潮流の中で、わが国の教育における変化は、「受け身から能動的な学びへの転換」と捉えることができる。学習指導要領改訂にあたっては、「主体的・対話的で深い学び」の実現が求められた。また、2016年12月の文部科学省中央教育審議会答申では「各教科等において習得する知識や技能であるが、個別の事実に知識のみを指すものではなく、それらが相互に関連付けられ、さらに社会の中で生きて働く知識となるものを含むものである。」⁽³⁾とされ、各教科等の学びを結びつけ総合的に活かす資質・能力が求められている。個別の教科の知識の習得から、知識を体系的に活かすための学びをどのように実現するかがグローバルな課題である。

本稿においては、STEM、STEAM教育とプログラミング教育の動向を踏まえたうえで、宇宙教育センターの教材開発実践例をもとに、宇宙を題材とする教育素材が果たす役割について論じていく。

2、STEM、STEAM教育の動向

今日、科学・技術・工学・数学(Science, Technology, Engineering and Mathematics)を総称したSTEM(ステム)は世界的に教育分野の柱の一つとなっている。STEM教育は高等教育における人材育成のみならず初等中等教育が極めて重要であることが認識され、欧米、アジア諸国において国家的規模での教科横断的な科学教育改革運動として展開されている⁽⁴⁾。2019年世界教育学会(WERA)東京大会におい

でも STEM に特化した分科会が複数設定され、様々な国から多くの実践例があげられている⁽⁵⁾。

各国の宇宙機関においても STEM は教育活動の中心である。NASA はオバマ前政権下で効率的でより集中的な STEM 教育の実施を目指した⁽⁶⁾。NASA 全体の教育活動を統括・調整する本部に設けられた教育局は、トランプ政権への移行後、2018 年の夏に”NASA STEM Engagement”に改組され、教育部門の活動はより一層 STEM に特化されている。教育活動は「航空・宇宙・科学において国民を啓発し取り込む」という戦略目標(NASA Strategic Plan2018⁽⁷⁾)の中に位置づけられ、この目的達成のため「NASA 特有の STEM 学習機会を通じて、次世代の探検家を啓発し、取り込み、教育し、雇用する」ことが指定されている。

ヨーロッパに目を向けると ESA(欧州宇宙機関)は 15 の国(2020 年現在)に設置された教育事務所 European Space Education Resource Office (ESERO)において STEM 教育を展開している⁽⁸⁾。その背景は、やはり将来的な科学技術振興を担う人材(STEM-related studies and careers)不足への対応である。ESA としての事業展開の強みは、様々な国々とのネットワークであるが、各国の宇宙機関(CNES; フランス国立宇宙研究センター, DLR; ドイツ宇宙機関等)も独自の STEM 教育活動を展開している⁽⁹⁾。

アジア諸国における STEM 教育の取り組みについても、欧米同様に機運の醸成がみられる。アジア・太平洋地域宇宙機関会議(Asia-Pacific Regional Space Agency Forum: APRSAF) の宇宙教育分科会(SEWG; Space Education Working Group) における 2018 年の水ロケットイベントでは、中国、タイにおける取り組みが報告⁽¹⁰⁾され、2019 年には日本の実践事例⁽¹¹⁾も取り上げられている。

各国の宇宙機関は科学技術振興や宇宙分野における人材育成の柱に STEM 教育を位置づけている。一方、JAXA 宇宙教育センターは、2005 年の設立以来、宇宙を素材とした教育の広がりに着目した活動を展開しており、STEM ばかりではなく社会、音楽、美術、外国語、体育といった教科も教材開発の対象としてきた。諸外国の宇宙機関とは異なり、STEM に特化した教育活動ではないことは明確であった。近年、STEM に Art を加えた STEAM(スチーム)の潮流も確かなものとなっており、JAXA のこれまでの宇宙教育活動は、より幅の広い STEAM の考え方と合致するであろう。

Bybee は STEM 教育の背景に、技術イノベーションを牽引する人材育成をあげ、そのために知識を獲得するだけでなく活用や応用することが重要であることを指摘している⁽¹²⁾。科学・技術だけではなく「A」を加えた STEAM 教育活動を展開している Yacman は、art として芸術、言語、リベラルアーツ、運動といった幅広い分野をあげており、STEAM は学問領域を横断して取り組むという発想であるとしている⁽¹³⁾。2015 年に「STEM 教育法」(H.R.1020) を制定した米国では 2017 年の連邦法改正により、政策的に STEM から STEAM へという流れとなっている⁽¹⁴⁾。日本においては 2017 年 10 月、日本 STEM 教育学会が設立され、2018 年 6 月の文部科学省大臣の Society5.0 に関するコメントにおいて、「思考の基盤となる STEAM 教育を、すべての生徒に学ばせる必要がある。」と述べられている⁽¹⁵⁾。

3、プログラミング教育の導入

STEAM 教育の実践の一つとして取り上げられるのがプログラミング教育である。小学校学習指導要領には、新たにプログラミング教育が加わった。プログラミング教育は、プログラム手法(コーディング)を教えることではなく「プログラミング的思考」を身につけさせるものであるとされている⁽¹⁶⁾。海外では問題解決法の実践的教育を趣旨として「コンピューショナルシンキング」という言葉が使われる。コンピューショナルシンキングの教育は大学では文系・理系の区別なく実施されており、北米では主として STEM 教育において初等中等教育にも展開されている⁽¹⁷⁾。

文部科学省によると、「プログラミング的思考」とは、「コンピューテーショナルシンキング」の考え方を踏まえつつ、プログラミングと論理的思考との関係を整理しながら提言された定義である。自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力の育成である⁽¹⁸⁾。

授業内容と教材開発という個別の具体的なプログラミング教育の実践報告は多数みられるが、プログラミング的思考をどのように高めるのかを総合的に組み立てていくためには、様々な学年、様々な教科にわたるカリキュラムマネジメントが重要である。子どもの発達段階に応じた個々の授業内容が結び付けられ、思考方法の習得という大きな目標に向かっていかなければならない。論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成は、プログラミング教育に限ったことではない。未来を担う青少年に必要な資質・能力の育成において、プログラミング教育はその方策の一つとして位置づけられる。

川崎市の情報教育研究会議(2018)では、市立学校におけるプログラミング教育の現状と課題として「学習指導要領に初めて記載されたという点、教員自身に小学校でプログラミング教育を受けた経験が無いといえる点、また、全ての小学校での具体的な例として各校が参考にできるカリキュラムが未整備である点、さらに、様々な分野から多様な解釈でのプログラミング教育への取り組みがされている点」をあげている⁽¹⁹⁾。どのような内容を実施するのかは、学校と各自治体教育委員会が計画していくことから、プログラミング教育には現在のところ取り組み状況に対する温度差や地域間格差が生じているのが実態である。

4、プログラミング教育の実際

プログラミング教育は教育課程外の様々な場面でも実施されており、文部科学省「小学校プログラミング教育の手引き」では、表1のA～Fの分類のうち、A～Dが指導例として示されている⁽²⁰⁾。

Fの「学校外でのプログラミングの学習機会」には、公的機関が社会教育活動として進めるものと、民間のプログラミングスクールが挙げられる。民間スクールは都市部に集中し、塾と同様に費用負担は保護者となるため地域格差・経済格差が生じていることは否めない。民間の例としてIT企業サイバーエージェントがスクールを運営する「Tech Kids Scool」、4～5日間の短期集中ITキャンプを実施する「Life is Tech」、ロボットプログラミングスクールをフランチャイズで全国展開する「ロボ団」などがある⁽²¹⁾。公的な機関の例では、「はまぎんこども宇宙科学館」、「山梨県立科学館」、「福井県児童科学館」など、全国の科学館で実施されるプログラミング教室も多数あり、費用は入館料のみか100円～数千円程度の保険や実費相当で参加者募集が行われている。

表1 小学校プログラミング教育に関する学習活動の分類

教育課程内	A	学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
	B	学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
	C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
	D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
教育課程外	E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
	F	学校外でのプログラミングの学習機会

出典:文部科学省「小学校プログラミング教育の手引き第三版」2020年2月,p.23

民間スクールや科学館等で行われるプログラミング教室は、募集年代や人数、使用する言語や機器も様々で、入門から本格的なロボットプログラムまで多種多様である。ロボットプログラミングで使用する教材はレゴ社のLEGO®マインドストーム®EV3、スマートフォンやタブレット、パソコンなどのアプリで球体を動かす Sphero(スフィロ)、小型のボード PC では micro:bit(マイクロビット)、Arduino(アルドゥイーノ)、IchigoJam(イチゴジャム)、Raspberry Pi (ラズベリーパイ) などがある。ブロック型の KOOV®(クーブ)や MESH(メッシュ)の他、ドローンなども用いられている。使用される言語は、Scratch(スクラッチ)、Viscuit(ビスケット)、文部科学省開発によるプログラミンといった小学生にも扱いがやさしいものから、C 言語、Python(パイソン)、VBA(ビジュアルベーシック・フォー・アプリケーションズ)を用いた本格的なプログラムコースも開設されている。

宇宙少年団(YAC)の実施例では、和歌山分団「Scratch でプログラミングを体験しよう」(2018/4/14)、「ロボット教室～プログラミングを作ろう」(2019/12/4)、兵庫県六甲分団「プログラミングを始める」(2019/11/9)等が報告されている⁽²²⁾。コズミックカレッジでは、足立区(2019/11/2)、石川県野々市市(2020/1/14)の実施例がある⁽²³⁾。はやぶさ2のサンプルリターンの過程をシミュレーションする走行ロボット(BT ロボ)で、直進、左右回転をあらかじめコマンド入力し、ロボットで空き缶をキャッチしスタート地点へ戻る活動である。

教育課程外の活動では、運営するスクールや社会教育事業の主催者に様々な教材の選択肢があるが、小学校の教育課程では、学年や教科に応じた学習活動のカリキュラムマネジメントが必要であり、活動に即した教材が選定される。先進的に取り組む学校や教育委員会のカリキュラムを参照すると、1～2年生ではコンピューターを使わないアンプラグドやプログラミンなど、3～4年生で Scratch、5～6年生で micro:bit やロボットプログラミングという構成が多くみられる⁽²⁴⁾。

5、JAXA 宇宙教育センターにおけるプログラミング教育のための教材開発

学習指導要領にプログラミング教育が示されたことに対応し、JAXA 宇宙教育センターにおいては2017年より新たな教材開発に取り組み、社会教育事業や学校での教育実践を重ねてきた。これまでの教材開発の実例から宇宙を題材とする教材が果たす役割について考えてみたい。

(1) EORC(地球観測研究センター)、Tech Kids School との共同開発

宇宙の要素、プログラミングの要素を双方組み合わせるものとして、JAXA EORC(地球観測研究センター)及び宇宙教育センターが、Tech Kids School の協力を得て製作した。教材製作にあたっては、プロトタイプを用いて EORC と Tech Kids School が2018年1月、渋谷区で体験イベントを開催し検証を行った。その後、2018年～2019年に四日市市他の15校の学校で授業連携を行っている。教員対象では阿南市小中学校合同理科部会、埼玉県立総合教育センター、八戸市の研修会で教材を体験してもらっている。共同開発教材は、2018年10月から Web 公開され、ダウンロードして授業で使うことができるようになっている。内容はプログラミングを初めて学ぶ小学校4～6年生向けで、Scratch によるプログラミングを体験・学習するとともに、人工衛星や地球観測の特徴についても学ぶことができるものとなっている。

「人工衛星編」は入門編として位置づけられ、次のステップとして「地球観測編」の3種類が用意され、地球観測編では GPM 主衛星、しずく(GCM-W)、しきさい(GCOM-C)、だいち2号が紹介されている。しきさい編ではプランクトンの量、GPM 主衛星編では地球の雨の様子を立体的に観測、だいち2号

では田んぼの稲の量を把握することができることを、各人工衛星から届くデータの画像解析を行うプログラムを作成することによって体験する。画像解析技術は我々の生活と密接にかかわっており、気象、海洋環境などの地球環境、社会経済活動と関係づけた地域の植生分布など、幅広いテーマの学びが期待できる。

人工衛星・地球観測を題材とした授業構成案



① 人工衛星編 (1コマ90分)

本授業の目的	人工衛星への理解を深めること (人工衛星とは、「こんなことに役立っているんだ」「これをプログラミングというんだ」という状態)
--------	---

■カリキュラム概要

授業の流れ	各項目の小目的	授業概要	授業スライドイメージ
JAXAとは	JAXAとは何か、どんなことをしている組織なのかを知ってもらうこと (アイズブレイクも兼ねて)	JAXAとはなにをする組織なのか、をクイズ形式で子どもたちに問いながらJAXAを簡単に説明。 1) 宇宙を調べる 2) 地球を調べる 3) 最新技術を開発する のすべてを行っている組織。	
人工衛星とは	人工衛星とは何か、どのような種類があり、なんのために存在するのか、を知ってもらうこと	人工衛星には、「科学衛星」「有人衛星」「通信放送衛星」「地球観測衛星」が存在し、それぞれ社会でどのような役割を果たしているのか解説。また、人工衛星の特徴である「惑星の周りを周回していること」、「太陽光をエネルギーとしていること」を説明。	
プログラミング導入	プログラミングとは何か、プログラミングと人工衛星はどう関係しているのかを知ってもらうこと	人工衛星は「プログラミング」によってコントロールされていること、そもそも「プログラミングとはなにか」を解説。また、実際にプログラミング学習ツール「Scratch」を用いて、プログラミングを体験してもらう。	
人工衛星とプログラミング	プログラミングの基礎を学習し、人工衛星がプログラミングによってコントロールされている、ということを感じてもらうこと	Scratchにて、プログラミングの概念である「繰り返し」「条件分岐」等を学習し、用意した人工衛星プログラムを自分の力で修正してもらう。(太陽光によって充電される / 特定のスポットで撮影)	
まとめ&振り返り	これまでの授業で学習したことを振り返り、定着させること	JAXAとは、人工衛星とは、プログラミングとは、等、ここまでに学習したことを口頭でクイズ形式で確認。	

図1 人工衛星・地球観測を題材とした授業構成案①人工衛星編

出典:JAXA 宇宙教育センター

(2)ロボ団との共同開発「ロボットプログラミングで HAYABUSA2 ミッション！」

全国にロボットプログラミング教室を持つ「ロボ団」とは、2018年度に教材を共同開発した。開発時の第1回目の事業は、2018年9月23日(日・祝)に関西大学梅田キャンパス(KANDAI MeRISE)において行われた「ロボットプログラミングで HAYABUSA2 ミッション!—軌道にのって小惑星リュウグウをめざそう—」である。その後、相模原市立博物館や全国35ヶ所のロボ団が関係する教室等で285回の教材体験会を実施した。2019年2月13日には、宇都宮市立陽光小学校の6年生を対象とした授業を行い、学校現場において教材の検証を行った。内容は、小学生を対象とし探査機「はやぶさ2」に見立てたLEGO®マインドストーム®EV3を小惑星リュウグウに到達させるために、iPadを使ってプログラミングする活動である。

子ども達には、「リュウグウの20km圏内(テープで示された範囲内)に到着しよう!」と「リュウグウにタッチダウンしよう!」という実際に取り組むミッションが示される。さらに、これらのミッションをクリアするためには、

「スタートするときの向きは固定」「ロボットはリュウグウの軌道の向きにしか動けない」

などの条件が決められている。チームは4人一組で、2人ずつ司令官・プログラマに分かれる。司令官はフィールドとロボットを観察し、どのくらいの距離をどう動けばいいのか、動きを考えて伝え

る。プログラマは、司令官が持ってきた情報をもとに実際のプログラムを組む役となる。プログラミングに親しむことも目的であるが、対話によるチームワークを重視する点がこの活動の大きな特徴である。

活動を行う中で、JAXA はやぶさ2プロジェクトイオンエンジン担当の細田聡史氏が動画で3度登場し、活動に取り組む子どもたちにメッセージを送る。

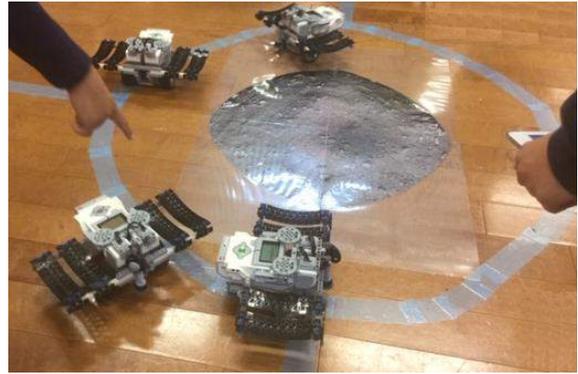


図2 相模原市立博物館で活動中の様子

○動画1

「私のはやぶさ2での仕事は、イオンエンジンという星に向かって飛んでいくためのエンジンを作ること。そして、それを動かすことが一つ。そしてもう一つがイオンエンジンが動いているときでも動いていないときでも、はやぶさ2を運転するっていう仕事をしています。ところでみなさん、人間はいつどこから来たと思いますか？ 本当に地球から生まれたんでしょうか。JAXAでは、実は、地球とか、太陽とか、そういうものがどうやって生まれたかっていうことを調べています。」

○動画2

「みなさんどうですか？ うまくいっていますか？ うまくいっていないところもあると思います。我々もこの実際の現場でやっているのと、初めて行く星で分からない環境も多いので、いっばつではやっぱり上手いかないこともあります。その場合は何をするのかというと、みんなで一回集まって自分が持っている情報を出し合って、どうすれば良くなるかということ話し合うミーティングとか『意識合わせ』というのをやります。ぜひ、このタイミングでみなさん一回集まって、持っている情報を出し合ってどうすればもっと良くなるかということ話してください。次はもっと精度よくやりましょう。」

○動画3

「みなさんどうでしたか？ 上手くはやぶさ2をリュウグウに導けましたか？ 上手くできた人はとてもすごいです！ はやぶさ2を着陸させるのは、我々もとても難しいチャレンジなので、ぜひ自分たちをほめてあげてください。そして、もし今回上手いかなかった人たちがいたら、落ち込む必要は全くありません。我々もですね、何度もちょっと失敗とかもしながらリュウグウを調べてきました。その度に我々は経験して想像力豊かになって、いろんなことができるようになってきました。なので、これは失敗ではなく成果だと思います。本番前にいっばい失敗して、いっばい練習して、そして、本番でばっちり成功させるように、これからもがんばってください。」

細田氏のメッセージは、活動の展開に重要な意味を持つ。チームワーク、成功へ導くために試行錯誤を重ねることなど、知識をどのように活用するか、体験を通じて学んでいくためには欠かせないものである。模擬体験ではあるが、はやぶさ2プロジェクトメンバーが語ることで、リアリティが増している。宇宙教育センター設立の理念⁽²⁵⁾では、「好奇心」、「冒険心」と「匠の心」の3つがそろえば、子どもたちは大人が手助けせずとも自らその探究心を駆使して知識や経験の輪を広げていくと提唱されている。「匠の心」は、まさにこうした宇宙探査の現場において重要であることを実感できるメッセージである。細田氏が語る動画を活動途中に挿入することは、子どもたちの意欲を高めるのに効果的であるばかりでなく、失敗から学ぶという継続的な学習態度を醸成することにつながるものである。

(3)Scratchによる「はやぶさ2」のコントロール

2019年7月に三重県桑名市における小学生向け講座「パソコンで<はやぶさ2>をプログラミングしよう」の開催を契機として筆者が教材開発を行った。前述のEORC、ロボ団との共同開発による素材を活用し、Scratchでリュウグウにタッチダウンする「はやぶさ2」の動きをどのように制御するかを試行していく教材とした。

① 素材の収集

はやぶさ2のイラスト6点はJAXA、リュウグウの画像はJAXA・東京大他のものである。はやぶさ2の動かし方についてはロボ団で実施するプログラムの進行を参考とし、ロボットではなくパソコンのスクリーン上での動きをScratchで制御する内容とした。第2回タッチダウン運用シーケンスは2019年7月25日記者説明会資料を用いた⁽²⁶⁾。

② 例示プログラムの作成

Scratchでは動きに合わせてキャラクターを選ぶことができる。はやぶさ2の6つの画像を前、後、右、左、前進、後退の動きと合わせるようにした。Scratchは、動きを制御するブロックを組み合わせるというプログラム言語であり、見た目でも簡単に操作がわかる。コードエリアには、はやぶさ2の動きを制御するブロックを配置していく。Scratchの操作を練習するプログラム、はやぶさ2が左右に動くプログラム、リュウグウの周りを回転するプログラムなど徐々に複雑な動きが考えられるようにした。探査機のスピードや、タッチダウン地点など、数値を変化させることで様々な動きを試してみることができる。同じ動きでもプログラム方法がいく通りかあることを説明に加え、正解は一つではないことを知ってもらうようにした。

③ 構成

導入 <EORCと共同作成したスライド、映像等を利用>

JAXAはどんなことをしているのでしょうか？ ロケットの打ち上げ映像、人工衛星の画像、人工衛星と探査機の説明、プログラムとは、はやぶさ2のミッション(前述細田氏の動画1)、はやぶさ2の画像

展開 Scratchの動作、ブロックの配置、繰り返しの実行、

はやぶさ2のイラスト(1～6)を動き(左右上下前後)に合わせて変更、はやぶさ2と地球の動き、探査機の回転、回転の回数と停止、タッチダウンプログラムの追加、目標地点への到達と時間、動きの確認、うまくいかない時の意識合わせの必要性(細田氏動画2)第2回タッチダウンと運用シーケンス、

運用シーケンスに合わせてタッチダウンをどのようにプログラミングするか

まとめ 上手くいかなくても試行していくことが重要(細田氏動画3)

プログラミングは課題を解決するための手段であること

Scratchを用いてロボットやドローンを実際に操作できること

④ 実践と検証

2019年7月27日に桑名高校において小学生を対象とし30組の親子に上記構成による活動を行った。同日、桑名市内の教員・指導者を対象にプログラミング教育の動向や意義についての解説を加え同教材による研修を行った。中学生向けの内容を加え2019年8月1日に横浜市の星槎学園中学生20名の生徒に対して授業を行った。Scratchに初めて触れる児童・生徒に対しても、位置を指定してタッチダウンのプログラムを作成することができる事が確かめられた。第1回タッチダウンの場所は、

図3のようにスクリーン上で自ら決めてもらうが、第2回タッチダウンのプログラミングは、図4のように実際の運用シーケンスの図を見ながら動きを考えてもらう。小学生には時間を要する課題であるが、中学生であれば図の運用順にしたがって論理的にプログラムを組み立てていくことができる。

「プログラミング的思考」は、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」であり、はやぶさ2の動きのプログラミングは、そうした能力を育成する素材として適している。



図3 プログラミングでははやぶさ2をリュウグウにタッチダウン

出典:JAXA 宇宙教育センターWeb,2020.4.21

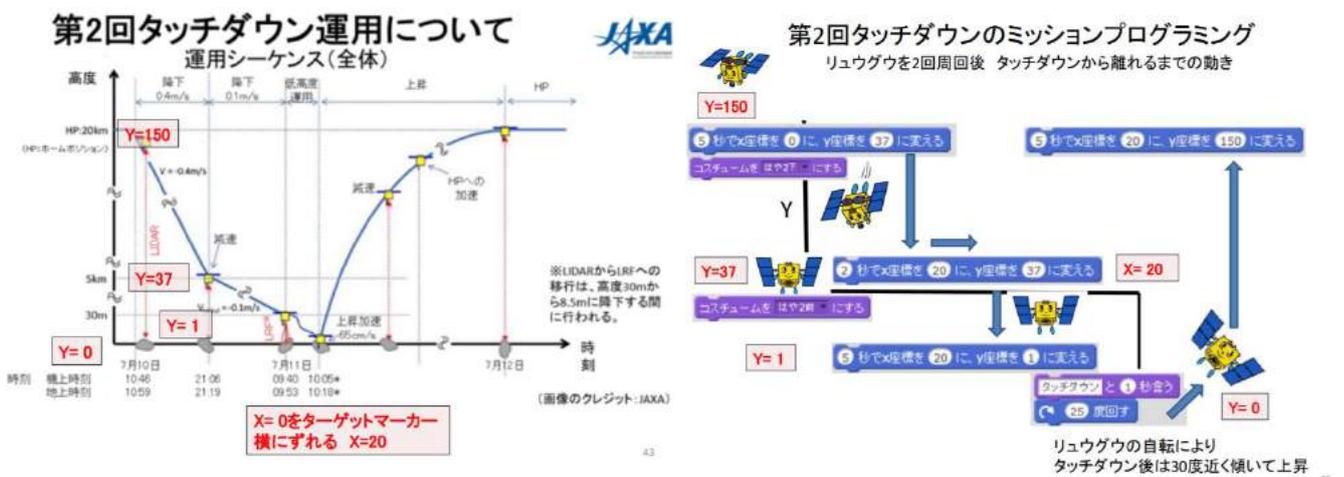


図4 プログラミングでははやぶさ2をリュウグウにタッチダウン p.43,45

出典:JAXA 宇宙教育センターWeb,2020.4.21

⑤ 課題

Scratch で使われるブロックの組み合わせはマウス操作でできるが、「タッチダウン」等の言葉を入力する際に小学生ではキーボード操作に難易差がある。近年、スマートフォンやタブレットの普及で子どもたちがキーボード操作に慣れていない。また、タッチダウン地点の指定、速さの設定など、自分で場所や動きを決めてプログラムを組む場合、取り組みの進行度合に個人差があり、複数の課題を用意するなど全体進行の中で、個人の時間が有効に使えるような工夫が必要である。

⑥ 今後の展望

2020年4月21日、「ロケット編」(ロケット打上げゲームを作りながらプログラミングの基礎およびロケットの特徴を学ぶ教材)とともに、「はやぶさ2編」がJAXA宇宙教育センターのWebページで公開された。タッチダウンのシミュレーションについては、ロボットはもちろんであるが、ドローンなどを使ったものもScratchによるプログラミングで可能である。発展学習として、画面だけではなく動作を伴う機器を使用することにより、より一層プログラミングのリアリティが増す。また、地球への帰還など、はやぶさ2に関しては、Scratchのプログラミングによって様々な場面の再現が可能である。

Scratchによるプログラムはモニターの画面で何度も試行できる。実際の人工衛星や探査機の運用とは違い、「探査機の回転プログラム」では低速から高速まで様々な数値を試すことができる。2016年2月に打ち上げられたX線天文衛星「ひとみ」(ASTRO-H)は、本格運用前の3月26日に機体が異常回転して分解しており、データ入力の誤りが回転を加速させたと報告されている⁽²⁷⁾。プログラムが果たす役割の重要性を示す事例である。

実際に、はやぶさ2のリユウグウへのタッチダウンにおいては、様々な運用に先立ち、はやぶさ2の動きをコンピューター上でシミュレーションしている。第2回タッチダウンでは、着陸シミュレーションの回数は10万回にのぼり、起こり得る様々なトラブルに、いかに対応していくべきかの訓練が重ねられた。はやぶさ2の成功の裏にはチームワークとメンバーそれぞれの自己批判能力があったという⁽²⁸⁾。初代はやぶさに続き、はやぶさ2からも私たちは多くの学びを得ることができる。

6、まとめ

宇宙を素材とする学習教材は、本稿であげた開発教材においても、学問領域を横断した分野の内容となっており、プログラミング教材は論理的思考力や問題解決能力の育成に適している。「自律的、主体的、継続的な学習態度の醸成」においては、試行錯誤の繰り返しや成功へ導くための体験などが有効である。

日本の学校のICT環境に目を向けると、2019年6月文部科学省は「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策」の最終まとめ⁽²⁹⁾を行い、同月「学校教育の情報化の推進に関する法律(令和元年法律第47号)」が施行され、学校教育の情報化と活用能力育成を図るための国、地方自治体、学校の責務が示された。これまで様々な施策が実施されてきたにも関わらずOECDの調査によると「ほかの生徒と共同作業をするためにコンピューターを使う」ことに関しては、諸外国と比べて最下位であった。⁽³⁰⁾子どもたちの興味を高め、創造力を刺激する魅力的なプログラムを開発し、学校現場への提供を行うことでICT活用を推進していかなければならない。小学校におけるプログラミング教育は始まったばかりであり、今後、新たな開発教材は学校のみならず、様々な場面での活用が望まれる。プログラミング教材を効果的に使うことは、日本のSTEAM教育振興の一助となる。

注

- (1) 百合田真樹人「宇宙教育の目的と意義：学校教育実践としての宇宙教育」『宇宙航空研究開発機構研究開発報告：宇宙を題材とした教育学研究：人文・社会科学研究成果報告：宇宙教育学特集号』JAXA-RR-12-007,2013年,p.3
- (2) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構『国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構の中長期目標を達成するための計画（中長期計画）（平成30年4月1日～平成37年3月31日）』認可：2018年3月30日,p.22
- (3) 中央教育審議会答申「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及び必要な方策等について」2016年12月21日,p.28
- (4) 熊野善介(研究代表)『日本及びアメリカにおける次世代型STEM教育の構築に関する理論的実践的研究 平成28・29・30年度科学研究費補助金(基盤研究(B))研究成果中間報告書(その2)』2017年,pp.1-2
- (5) 2019年8月5～8日、東京大学・学習院大学を会場として行われた世界教育学会(World Education Research Association; WERA)では、約200のセッションのうちSTEM関連が5セッションあり、他セッションも含めSTE(A)Mに関して約20の発表が行われている。
- (6) JAXA 宇宙教育センター・ワシントンコア社委託調査「米国における宇宙教育の現状」2018,p.9
- (7) https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_2018_strategic_plan.pdf, 2020年3月22日参照
- (8) https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/European_Space_Education_Resource_Office, 2020年3月22日参照
- (9) 桜庭望「グローバル化と宇宙機関の教育活動」『日本生涯教育学会年報第39号』,2018年12月,pp.95-96
- (10) THANYAWIT KOEDDI "Space and Science Education" National Science Museum of Thailand, Frank Ruan "Space Education in China" Shanghai STEM+ Research Institute, APRSAF-25, Singapore, 3. Nov. 2018
- (11) 2019年11月、APRSAF-26(名古屋)の宇宙教育分科会(SEWG)では、"Current status and issues in STEM education"として大谷忠(東京学芸大学)による実践事例が報告されている。
- (12) Bybee, R. W.: "The Case for STEM Education, Challenge and Opportunities". NSTA Press, 2013, p.64
- (13) Georgette Yakman "What is the point of STE@M? – A Brief Overview" https://steamedu.com/wp-content/uploads/2016/01/What_is_the_Point_of_STEAM_A_Brief_Overview.pdf, 2020年3月23日参照
Art は Fine, Language & Liberal, Motor and Physical (including; Education, History, Philosophy, Politics, Psychology, Sociology, Theology & more...)と示される。
- (14) 連邦法 H.R.3344 "STEM to STEAM Act of 2017" (2017年7月20日) "STEM Education Act of 2015" に Art が加えられ STEM から STEAM に。 <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/3344>, 2020年3月23日参照
- (15) 文部科学省大臣「Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」, 2018年6月5日, 第2章 新たな時代に向けて取り組むべき政策の方向性(3)高等学校時代
- (16) 文部科学省「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」2016年6月16日
- (17) 磯辺 秀司・小泉 英介・静谷 啓樹・早川 美德「コンピュテーショナルシンキング」, 共立出版, 2016, p.1
- (18) 前掲(16)
- (19) 情報教育研究会「小・中学校におけるプログラミング教育の研究 – プログラミング的思考を育む学習活動の工夫 –」川崎市総合教育センター研究紀要, 2019年3月, p.95
- (20) 文部科学省「小学校プログラミング教育の手引き第三版」2020年2月, p.23
- (21) 日経パソコン編「小中学生からはじめるプログラミングの本2020年版」日経BP, 2020年3月, pp.104-121 「全国プログラミング教室ガイド」45社のデータ
- (22) 宇宙少年団(YAC) <http://www.yac-j.com/> (2020年3月23日参照) に和歌山分団、六甲分団の分団活動予定がある。
- (23) 足立区立第一中学校ファンダメンタルコース(宇宙教育センターWeb), 石川県野々市市 <https://camellia.nono1.jp/2020/01/14/2020cosmic-2/>, 2020年3月23日参照

- (24)つくばプログラミング Web(<https://www.tsukuba.ed.jp/~programming/>,2020年3月20日参照)など、先進的な自治体では学年に応じたカリキュラムが公開されている。
- (25)的川泰宣初代 JAXA 宇宙教育センター長は、「宇宙を素材に、いのちの大切さを基盤として、好奇心、冒険心、匠の心を持った子供たちを育てていくこと」を理念とした。<http://edu.jaxa.jp/about/>,2020年3月20日参照
- (26)小惑星探査機「はやぶさ2」記者説明会資料,JAXA はやぶさ2プロジェクト,2019年7月25日,pp.11-12
- (27)「X 線天文衛星「ひとみ」の異常事象に関する小委員会報告書」,科学技術・学術審議会/研究計画・評価分科会/宇宙開発利用部会,2016年6月14日,p.3
- (28)2019年7月11日の記者会見ライブ配信でNHK 記者質問「これまでたて続けに成功してきたポイントや秘訣」に関する津田雄一プロジェクトマネージャーの回答から
- (29)新時代に求められる教育として、多様な子どもたちを「誰一人取り残すことのない公正に個別最適化された学び」の実現が提言されている
- (30)文部科学省「教育の情報化の現状と今後の方向性」2019年2月15日,p.14
OECD 生徒の学習到達度調査(PISA2015)「ICT 活用調査」をもとに文部科学省が作成

教員研修の改善報告

— 「インターラクティブティーチング」の視点を基に —

野村健太¹、鈴木圭子¹、古賀友輔¹、栗田佳代子²

1 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構, 2 東京大学

Teacher Training Improvement Report

— Based on the perspective of "interactive teaching" —

NOMURA Kenta, SUZUKI Keiko, KOGA Yusuke, KURITA Kayoko

キーワード：インターラクティブティーチング、アクティブラーニング、宇宙教育、JAXA

1、はじめに

JAXA 宇宙教育センターでは、「宇宙を素材として、子どもたちの心に自然と宇宙と生命への限りない愛着を呼び起こし、『命の大切さ』を基盤に『好奇心・冒険心・匠の心』を豊かに備えた明るくて元気で創造的な青少年を育成すること」を理念として掲げている。つまり、宇宙について教える教育や宇宙に関わる人材育成のための教育とする「宇宙教育」とは異なることを意味する。

当センターでは、教育関係者を対象に、上記宇宙教育の理念が理解され、授業で活用されることを目的に講義と教材体験を含めた教員研修を実施している。研修は各自治体教育委員会が主催するものや教科部会、校内研修会など様々である。また、学校教職員と当センターの職員とが連携し、授業を实践する授業連携も行っている。学校教職員側がより専門性を求める場合は他部門のJAXA職員を派遣することもある。

教員研修では、受講者が教育現場に戻り、「宇宙教育」を学校教育で活用することをねらいとしている。そのためには、宇宙教育の魅力を受講者自身が感じ、モチベーションを高めることが重要である。当初は研修を手探りでつくっており、効果的な研修なのか不明だった。そこで、東京大学大学総合教育研究センター所属の栗田佳代子氏に協力を仰ぎ、既存の教員研修プログラム(6月実施)を参観、フィードバックをもらった。そのことをもとに「インターラクティブ・ティーチング」(栗田 2017)の要素を含んだ新たな研修プログラムを構築し、実践をした。「インターラクティブ・ティーチング」とは、学習者の主体的な学びを引き起こし、これを支え、促進することを目的に掲げ、学習者相互および学習者・教授者間の教育的コミュニケーションを重視した教え方のことである。これは、新学習指導要領が学び方として大切にしている「主体的・対話的で深い学び」と重なる。

本稿では「構成」「モチベーション」「アクティブラーニング」の視点で既存の教員研修プログラムA(2019年6月実践)をどのように新たな教員研修プログラムB(2020年1月実践)へ改善したかを報告したい。また、それぞれの教員研修アンケートの結果からその効果について考察する。

2、「構成」をアップデート

(1) 構成・ガニエの9教授事象について

研修を構成する場合、導入・展開・まとめの三つに分けることが知られている(池田他 2001p.85;稲垣・鈴木 2015p.65)。また、より具体的に考えていく際に参考になるのが、ガニエの9教授事象である。ガニエの9教授事象とは1. 学習者の注意を喚起する。2. 学習目標を知らせる。3. 前提条件を確認する。4. 新しい事象を提示する。5. 学習の指針を与える。6. 練習の機会を設ける。7. フィードバックをする。8. 学習の成果を評価する。9. 学習の保持と転移を促す。といった学習心理学者のガニエが考案した教員が学習者にできる9つの観点である。

(2) 構成における教員研修Aの問題点

図1は教員研修Aの構成を表している。一方向の講義だけではなく、教材体験や実際に授業を考案し、共有する過程を入れることで受講者が能動的に学ぶことができるようにした。しかし、図1①~⑪それぞれの目的が希薄で、相互の関連性が考慮された構成とはなっていなかった。

(3) 構成における教員研修Bの改善点

そこで、図2のように教員研修Bを三つのパートに分け、構造的に可視化できるようにした。また、ガニエの9教授事象を参考に「1. 学習者の注意を喚起する」の要素を図2①②へ、「2. 学習目標を伝える」を図2③、「3. 前提条件を確認する」を図2④⑤、「4. 新しい事項を提示する」「5. 学習の指針を与える」「6. 練習の機会を与える」「7. フィードバックを入れる」のそれぞれを図2⑥⑦⑧⑨の教材体験に取り入れ、「8. 学習の成果を評価する」を図2⑩、「9. 学習の保持と転移を促す」を図2⑪へと具体的に研修を構成していった。このように、研修全体の目的を明確にすることで、全体の理念を共有した後、それぞれの現場へ「持ち帰ることができる」ように各体験を再構成していった。

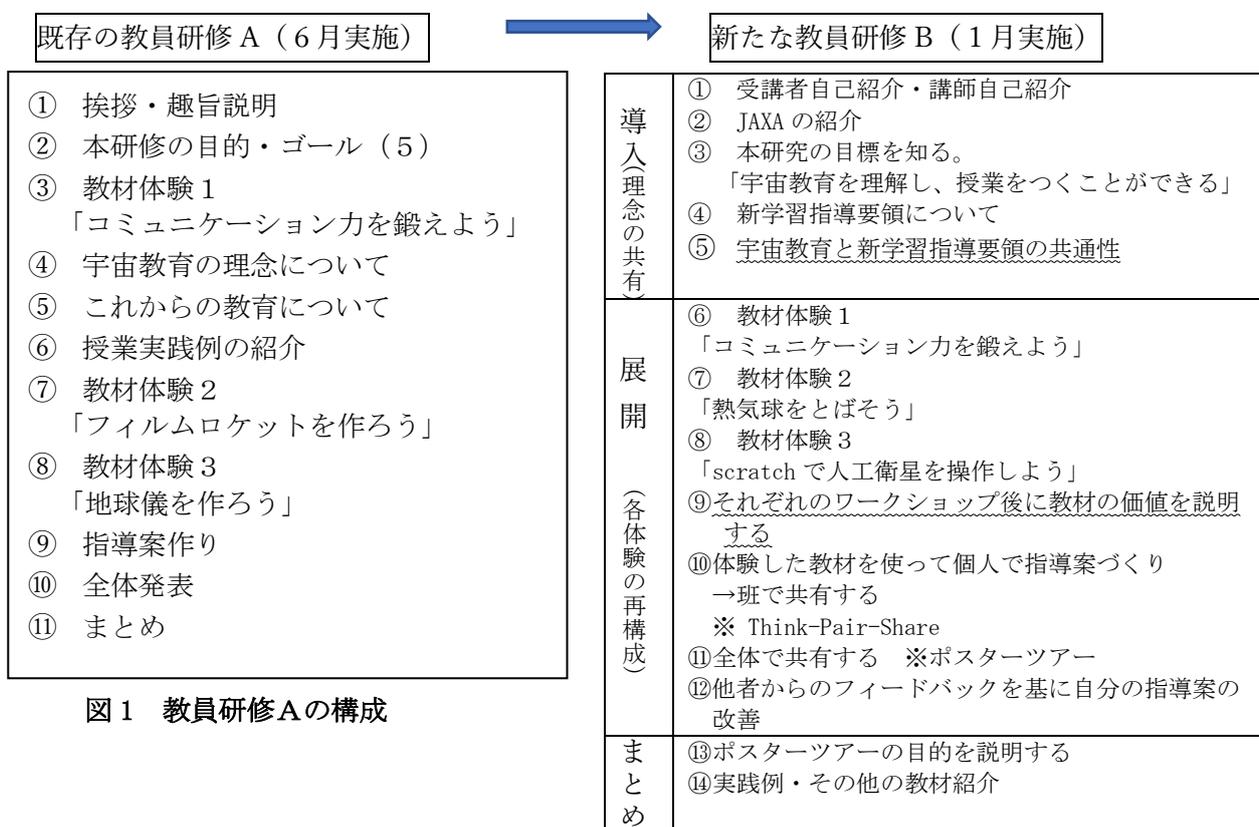


図1 教員研修Aの構成

図2 教員研修Bの構成

3、「モチベーション」をアップデート

(1) モチベーションとは

モチベーションは「望ましい状態や結果に達するために人が行う個人的な投資」(Maehr&Meyer, 1997)と説明されている。モチベーションについては心理学の分野で様々な研究が蓄積されているが、今回はモチベーションを高めるための「目標の主観的価値」「予期」「環境」の三要素を用いた

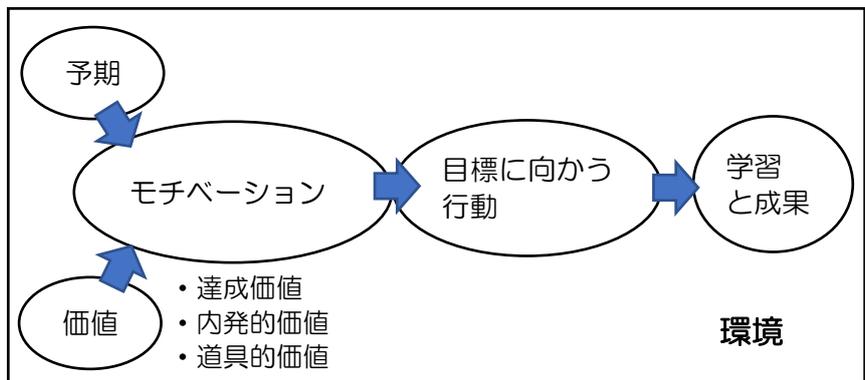


図3 モチベーション理解の枠組み(アンブローズ他、2014 改変)

要素を用いた図3の枠組みで教員研修Aを考察し、教員研修Bを改善した。

「目標の主観的価値」とはその人にとって、その目標がどう重要であるかをいう。その決定要因には、「達成価値」、「内発的価値」、「道具的価値」の三つがあるといわれている(Wigfield&Eccles, 1992, 2000)。「達成価値」とは目標やタスクの習得および達成に伴う価値、「内発的価値」とは目標達成のための手段として行うタスクがもつ価値、「道具的価値」とは将来の重要な目標を達成するために、今取り組んでいる目標やタスクが役立つ、ということによって感じられる価値である。

「予期」とは、ある目標に対して「自分は達成できる」という自分なりの予測のことである。課題が難しすぎず、簡単すぎない適切な難易度に設定することで予期を高めることができる。

「環境」とは学習者が空間をどのように感じるかである。協力的環境であると感じると、価値・予期の相互作用により、モチベーションが強化される。逆に、環境が非協力的だと感じられると、たとえ価値と予期が高くても学習者は指導者に対して反抗的な態度をとるようになってしまう。

(2) 「モチベーション」における教員研修Aの問題点

「目標の主観的価値」の3要素は多く感じるほど、モチベーションの喚起・維持・向上につながるため、それぞれを高めることが重要である。教員研修Aでは、研修をやりきったことや実験が成功したといった「ゴールテープをきる」嬉しさによって「目標の主観的価値」の要因である「達成価値」をもたせることができた。また、「宇宙」という夢やロマン等に溢れる概念そのものが「内発的価値」をもたせた。しかし、教員としての当センターの教員研修を受講することでその考え方や内容がこれからの教育活動に役立つと感じる「道具的価値」をもたせる工夫が弱かったと考える。

また、教材体験では「予期」を高めることがモチベーションをもたせる上で重要である。教員研修A・Bでは教材体験「コミュニケーション力を鍛えよう」を実施した。これは宇宙飛行士に要求される大切な資質の一つコミュニケーション力を鍛えるものである。ISSと地上の管制官では言葉のみで情報を伝えることがしばしばある。正確に伝えることは、仕事を成し遂げるためだけでなく、安全にも大きく影響する。そこで受講者は始めに宇宙飛行士の課題動画を見て、その指示通りに手元にある図4のような三角形や四角形、丸などの図形を組み立てていく。その後、4人グループとなり、課題

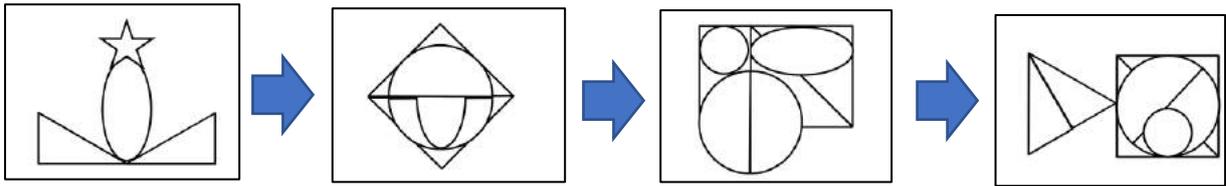
を伝える役(ISSの管制官)、図形を組み立てる役(宇宙飛行士)、俯瞰して様子を見る役(監督官)とそれぞれの役に別れ、ローテーションをしていく。

教材体験Aの教材体験では、図5のように徐々に難易度をあげ、「予期」を高めていった。しかし、3・4つ目の課題では多くのグループが図形を伝えることや組み立てることを諦めてしまう姿が見られた。これは課題の難易度を急に高くしてしまったり、系統的に技能を獲得し、活用できるようなプロセスを踏んでいなかったりしたからだと考える。



図4 コミュニケーションパズル

図5 教員研修A「コミュニケーション力を鍛えようの課題」(2019年6月実施)



また、「環境」においては導入で講師の自己紹介があったものの受講者同士の自己紹介はしばらく行わず、教材体験のグループ活動の際に行った。「今日の研修はどのような雰囲気なのだろう?」「どのような人が研修を受けているのだろうか?」という緊張感や不安をもたせたままに研修を進めたことで協力的な雰囲気をつくり出すまでに非常に苦労をした。

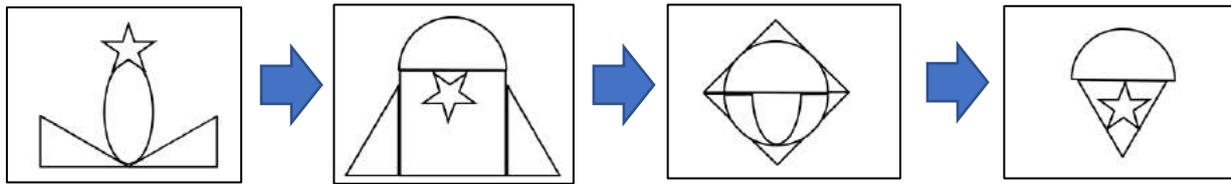
(3) 「モチベーション」における教員研修Bの改善点

このような教員研修Aの問題点を踏まえて「モチベーション」の視点から改善して教員研修Bを設計した。まず、「道具的価値」を感じられるように、図2教員研修Bの構成の中に新学習指導要領が目指している教育を解説する時間を設けた。その後、宇宙教育の理念の説明を重ね、新学習指導要領との共通点分かりやすいようにした。また、それぞれの教材体験後には「どのような資質・能力を育むことができるのか」と教材の価値を具体的に説明する時間を設けた。このことで「授業へ生かすことができる」、「役に立つ」と感じ、「道具的価値」を喚起するデザインにした。

教材体験「コミュニケーション力を鍛えよう」では「予期」を高めるため、図6のようにミッションの難易度に配慮した。そして、それぞれのミッションが終わるごとに受講者の気づきを拾い、全体でポイントを共有していった。このように一つ一つスキルを獲得し、そのスキルを活用できるように難易度をあげていくスモールステップを踏み、予期を高めていった。また、この体験は受講者が現場へ戻り、子どもたちに指導する際のヒントにもなると考える。

モチベーションに作用する要因の一つである「環境」に関しては導入時に受講者同士・講師の自己紹介の時間をとることで対応した。たかが自己紹介と思われるかもしれないが、双方の緊張を和らげ、授業に対する学生のモチベーションを高め、場を協調的な雰囲気にする事ができる。相手が自分の意見を受け入れてくれるという安心感、また、講師はどのような人間性なのかを簡単にでも理解してもらう場は重要だと考える。

図6 教員研修B「コミュニケーション力を鍛えようの課題」(2020年1月実施)



- ・直角三角形の定義を使うことで明確に伝えられる。
- ・上に置くと重ねるでは意味が異なることの確認等。
- ・ロケットみたいにと比喻表現を使うとイメージが湧きやすい。
- ・使うパズルの形を最初に教えると迷うことが少なくなる等。
- ・舌を出しているみたいと比喻表現が使える。
- ・2つ以上を重ねる指示は難しく、今までの技能を使うことの大切さを解説等。
- ※英語でチャレンジする。
- ・シンプルに伝えることで日本語よりうまく伝わることもあることを解説等。

4、「アクティブラーニング」をアップデート

(1) アクティブラーニングとは

「アクティブラーニング」とはもともと一方向授業のアンチテーゼとして生まれたものである。その定義としても①「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学習者の能動的な学習への参加を取り入れた教授・学習法の総称(中央審議会, 2012)」②「活動および活動自体について考える(メタ認知)こと(Bonwell&Eison, 1991)」③「一方向的な知識伝達講義を聴くという(受動的)学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く、話す、発表するなどの活動への関与と、そこに生じる認知プロセスの外化を伴う(溝上, 2014)」などがあり多様である。まとめるとすれば、他者との共同を含む能動な学習に加え、メタ認知や認知的プロセスの外貨の側面を含む広義な概念である。アクティブラーニングは学習効果が高いとされているが(Freeman, 2014)、一方では、目的に応じたアクティブラーニングの方法を選択することも重要であるとされる。

(2) 「アクティブラーニング」における教員研修Aの問題点

教員研修Aでは構成に3つの教材体験、指導案作り・発表のアウトプットを入れ、学習者が能動的に研修の内容を定着できるように意図していた。しかし、最後の指導案作りは4人班で1つの指導案をつくるため、どうしても意見の強い者に引っ張られてしまう様子が見られた。また、発表する際も各班の代表者が行うため、全員が自分事と捉えることが難しかった。このことから単純に活動や発表を構成に組み込むのではなく、目標に到達するにはどのようなアクティブラーニングの技法が最良かと選択をする必要があると考える。

(3) 「アクティブラーニング」における教員研修Bの改善点

教員研修の目標は「受講者が教育現場に戻り、宇宙教育を学校教育で活用すること」である。そこで、教員研修Bではアクティブラーニングの技法として「Think-Pair-Share」「ポスターツアー」の2つを選択した。「Think-Pair-Share」はまず一人で考え、次にペア(今回はグループ)で考えたことを共有することで議論をガイドするものである。一人で考えをもつ時間を確保することで、グループで共有する際に自分事として話し合いに参加できる。さらに、グループで一人ずつ話す時間を設定することで、他者とのコミュニケーションの練習にもなる。その後の全体の共有では「ポスターツアー」(栗田 2017)を行った。「ポスターツアー」とは、図7のようにグループで一枚のポスターを作成し、

全体で共有する際には新たなグループを再編成し、ポスター内容を共有するものだ。全員にプレゼンテーションの機会が与えられ、フリーライダーがいなくなることでより自分事となる。さらには、全てのグループの考えを聴くことができるので多くのアイデアを得ることができる。このように一人一人が発表し、多くの知識を獲得することで現場に戻ってからより実践やすくなるを考える。

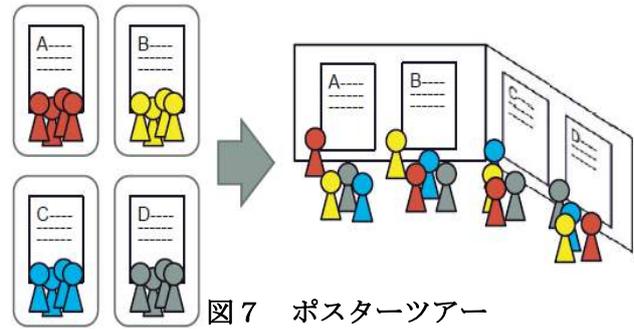


図7 ポスターツアー
（「アクティブラーニングの基礎と実践
栗田佳代子」）

5、アンケート結果からみえてもの

当センターが実施した教員研修の際、受講者には受講前と受講後にアンケート記入への協力を依頼している。研修内容の満足度や他者受講価値（おすすめ度）等が把握できるようになっている。教員研修Aと教員研修Bにおいてのこれらのデータを収集・分析し、比較する。表1はそれぞれの研修の受講人数と属性である。母数は少ないがこのデータを基に「インターラクティブ・ティーチング」の要素を入れた新たな教員研修Bの効果を客観的に考察していく。

表1 研修A・Bの受講人数・属性

	研修A	研修B
幼保		3
小学校	1	9
中学校	5	5
高校	7	2
特支	1	
教委		2
その他	1	4
男	12	14
女	3	11
計	15	25

表2は教員研修A・Bそれぞれの満足度・良かった・他者受講価値である。満足度、良かったと感じた評価はどちらも教員研修Bの方が高かった。しかし、統計学的にみると有意な差とはいえない。これは、天井効果が発生しているのではないかと考える。例えば満足度においては研修Aで6段尺度の中、数値は5.47であり、ほとんどの受講者が5や6を選び、満足していると答えている。つまり、もともとの満足度等が高いことから研修Bではなかなか上がらない。

一方、他者受講価値（おすすめ度）をみると先ほどと同様に研修Bの方が高いが大きな差があり、統計学的有意差が見られた。このことから、「インターラクティブ・ティーチング」の要素を入れた教員研修Bの方が効果的だったことが分かる。

表2 研修A・Bのアンケート結果

	研修A	研修B	
満足度 (6段尺度)	5.47	5.69	研修Bの方が評価は高いが統計学的に有意な差ではなかった
良かった (6段尺度)	5.47	5.65	研修Bの方が評価は高いが統計学的に有意な差ではなかった
他者受講価値 (NSP: 11段尺度)	7.60	9.12	2つのグループの平均値に統計学的有意差が見られた。 $t(19.40)=2.41, p<.05$

表3はどのようなところが他者受講価値と感じたかを受講者が記述したものである。研修Bは研修Aに比べ、「様々な人の話や考えが聞けて面白い」や「教科を気にせず応用できそう」等の記述が多

く、考え方の広がりや汎用性の高さから他者受講価値が高まっていることが分かる。これは、研修の構成や教材体験での道具的価値づけ、ポスターツアーでのアプトプットの場が大きく影響していると考えられる。また、導入時に自己紹介等で場の雰囲気や和やかにしたことも忘れてはならない。

さらに研修Bでは研修Aに見られなかった「日頃の教育活動を見直すきっかけになった」や「大切な考え方を確認できた」等の「教育観」に関する記述が多くあった。これは受講者が必要としている未来を切り拓く子どもたちを育成する教育への手立てとして宇宙教育は効果的だと感じ、だからこそ他者へも受講を進めたいと思いをもちたのではないかと考える。

表3 研修A・Bの他者受講価値の理由

<p>研修A</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・学校教育活動の<u>様々な場面で使える</u>。 ・価値は自分で見つけるものだから。 ・ワクワクしながら研修を受けられるから。 ・教材観が広がる ・リフレッシュになる。違った見方、ものの考え方、発想を得ることが出来る。 ・<u>他教科にもつながる内容</u>なので。 ・皆少なくとも小さな発見があると思います ・教科を超えて活用すべきだと思うが、教科の特性もあるので、難しい部分もあると思う。 ・探求活動の重要性を理解してもらおう。 ・全員が使いやすい内容としては難しそう
<p>研修B</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・総合的に学ぶことができるので、<u>教科を気にせず学ぶことができる</u>と思います。 ・宇宙について知ることがすべての<u>事象の学びに通る</u>と思うから。 ・楽しく学べた。<u>参加型がよい</u>。 ・<u>たくさんのアイデアが得られる</u>。今すぐに子供たちに伝えられる内容もある。 ・<u>考え方が広がる</u>から。 ・理科だけでなく、プログラミング、他のテクノロジー、算数など、<u>様々な分野に応用できそう</u>。少しでも興味があれば受講すべき。 ・いろいろな経験ができてためになったから。<u>校種の違う方の話や考えが聞けて面白かった</u>。スクラッチの活用の仕方が少しわかったこと。 ・今日の研修を通して、<u>自分の心に火が付いた</u>。自分が宇宙への関心が高まったし、楽しかった。 ・考えや意見を共有できるし、<u>さらなる気づきにもつながる</u>。 ・いろいろな授業実践もあり、<u>様々な教科で活用でき、子供たちのワクワク感が違う</u>と思う。 ・教材、指導のアイデアがとっても考えやすいので、<u>発展性が高い</u>。 ・<u>幼児～小中高、特別養護学校まで、広い範囲の教員と交流できたこと</u> ・<u>これからの学校の授業に必要な要素</u>だと思う。 ・<u>教員と、JAXAの宇宙教育が目指す方向は同じ</u>だと思います。だからこそ、研修を受けることで<u>日々の授業のヒントを得られる</u>のではないかと思ったので、「9」にしました。 ・<u>幼児教育とつながるところがありました</u>。また、宇宙について深く興味がありました。 ・<u>これからの時代にとって、必要な分野</u>であるから。 ・宇宙のことだけに限らず、<u>現場で使えることがたくさん得られた</u>と思います。理科だけではなく、様々な角度から<u>日頃の教育活動を見直すきっかけ</u>となりました。 ・どの教科に関わらず、<u>大切な考え方を確認</u>できるため。 ・校種に関係なくとても<u>刺激があり楽しい内容</u>だったからです。<u>どのように学ぶとか、なぜ学ぶとか子どもたちに刺激を与える授業のヒント</u>を頂きました。ありがとうございました。

<ul style="list-style-type: none">・とても有意義な時間だったから。・このような研修がなかったので、先生方は理解していないと思う。・将来を考えると、日本でも宇宙進出を考えないといけないだろう。宇宙を教えることが目的ではないが、宇宙を題材に教えることで子どもたちの興味・関心を引き出し、将来の職業にする子も出てくるであろう。・興味を持っている方には有益だが、そうでない人もそれなりに存在しているため。・まだ知らないことが分かったり、スクラッチを使ってプログラミングができたことも勉強になりました。

6、おわりに

「インタラクティブ・ティーチング」の要素を含んだ新たな研修プログラムを構築し、実践することで学習者の主体的な学びを引き起こすことができた。また、宇宙教育の魅力を受講者自身が感じ、「やってみたい」というモチベーションを高めることができたと考える。しかし、それぞれの宇宙教材で育まれる資質・能力の明確化や研修後の宇宙教育実践率を測るなどと課題もまだ残っている。今回、実施した教員研修Aと教員研修Bにおいては研修の目標である「受講者が教育現場に戻り、宇宙教育を学校教育で活用する」が達成できたかを知るために、受講半年後「宇宙教育を行ったか」「どのような内容か」「行わなかった理由は何か」等の事後のアンケートを行う。その結果を分析、考察することでさらに研修の質を高めていきたい。

参考文献

- 1) 栗田佳代子, 日本教育研究イノベーションセンター編著「インタラクティブ・ティーチングーアクティブ・ラーニングを促す授業づくりー」2017-2-10
- 2) Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410-8415.
- 3) R.M.ガニエ他著, 鈴木克明・岩崎信監訳「インストラクショナルデザインの原理」2007-8-27
- 4) スーザン・アンブローズ他著, 栗田佳代子訳『大学における「学びの場」づくりよいティーチングのための7つの原則』2014-7-1
- 5) 百合田真樹人『「好奇心・冒険心・匠の心」と「子どもの心に火をつける」を再考する：宇宙教育の深化に向けて』平成30年度宇宙教育シンポジウム2019-3-2

宇宙教育地域フォーラム in 桑名 ～地域の学び、継続的な学び～

1. 目的

未来社会を切り拓く青少年の育成にあたり、宇宙を素材とする教育活動を地域で推進するため、様々な学習支援活動に関する情報共有と桑名市近隣の拠点担当者や地域の学校教育、社会教育指導者との情報共有と交流の促進及びネットワーク構築を図る。

2. 開催日時・場所

2019年7月26日(金)13:00～17:30 桑名市くわなメディアライブ2階研修室

3. 対象者

宇宙教育連携拠点関係者、学校教育関係者、日頃より青少年育成活動に参画する方、宇宙教育活動実践者、宇宙教育活動に興味を持つ教育団体関係者及び個人

4. 参加者

59名(三重県、愛知県、岐阜県、奈良県、京都府、新潟県、宮城県、山口県、東京都他)

5. プログラム

・主催者挨拶 桑名市教育委員会教育長 近藤 久郎(実行委員会顧問)

・キーノートスピーチ

JAXA 宇宙教育センターの理念と取り組み JAXA 宇宙教育センター長 佐々木 薫

・パネルディスカッション「地域の学び、継続的な学び」

四日市市教育委員会教育長 葛西 文雄

京都市立京都工学院高等学校長 砂田 浩彰 → 代理(同校 有本 淳一教諭)

こうのとり桑名代表 水谷 光治

モデレーターJAXA 宇宙教育センター 桜庭 望

・講義/演習

なぜ今、アクティブラーニングなのか ～力強く教育を変えるために～

東京大学 大学総合教育研究センター副センター長 准教授 栗田 佳代子

・宇宙教育活動紹介

(公財)日本宇宙少年団(YAC)活動委員会 副委員長 臼井 敏夫

子ども・宇宙・未来の会(KU-MA) 副会長 稲葉 茂

・地域フォーラムのまとめ JAXA 宇宙教育センター長 佐々木 薫

・閉会挨拶 桑名市市民環境部地域コミュニティ局長 堀田 嘉一(実行委員長)

宇宙教育地域フォーラム in 桑名 実行委員会

- 実行委員長 堀田 嘉一 (桑名市市民環境部地域コミュニティ局長)
事務局長 伊藤 剛康 (こうのとりのり桑名)
事務局次長 桜庭 望 (JAXA 宇宙教育センター)
実行委員 伊藤奈雄 函 (桑名市地域コミュニティ局生涯学習・スポーツ課)
清水 智則 (桑名市教育委員会)
水谷 光治 (こうのとりのり桑名)
鈴木 明 (こうのとりのり桑名)
小森 和彦 (こうのとりのり桑名)
山川 真史 (こうのとりのり桑名)
小島 琢也 (こうのとりのり桑名)
飯田 賢一 (桑名高等学校)
的場 照祥 (桑名高等学校)
役員 顧問 伊藤 徳宇 (桑名市長)
顧問 近藤 久郎 (桑名市教育委員会教育長)
JAXA 宇宙教育センター 八木岡民洋、鈴木 圭子、伊野恵里子



抄 録 (2019 年度)

学会等における発表

発表の名称	発表者 (所属)	発表の 年月	発表学会等 の名称	概 要
1. 科学的思考力を高める教材開発の在り方～親子対象事業テキストに直目して～	桜庭望	2019.8	日本教育情報学会第35回年会(岡山)	親子を対象とする「宇宙の学校®」の事業発足時の状況を辿ると、親子の対話を通じた学びに焦点があてられたものであることがわかる。教材開発においては、科学的思考を高めるための試行や対話が教材開発委員会の論点となっている。作成されたテキストは、親子の対話を進めるための要素が盛り込まれ、スクリーニング時に30冊のテキストを配布する目的も家庭での会話促進である。今後、個々のテキストの有効活用とともに、事業効果の検証と家庭での体験に関する研究が求められる。
2. 地域の学びを推進する仕組みづくり～宇宙教育連携拠点の活動から～	桜庭望	2019.9	日本学習社会学会第16回大会(東京)	JAXA宇宙教育センターは、30を越える各種機関と連携協定締結を行ってきた。連携協定締結に至る過程においては、(1)トップダウン型、(2)ボトムアップ型、(3)施策連動型、(4)事業先行型、(5)市民団体主導型に大別される。「自前主義からの脱却」と「ネットワーク型連携の拡充」を目標に掲げ各種機関との連携を進めてきたが、継続的な活動推進のためには、様々な地域の人材をネットワーク化し、他地域との交流を図ることにより活動の質を高めていく機会提供を続けていかなければならない。
3. 宇宙教育活動の教育効果検証と課題	香川奈緒美(島根大学), 桜庭望	2019.9	日本教師教育学会第29回研究大会(岡山)	宇宙教育は、「主体的、対話的、深い学びの視点から授業改善」を具体化し、教師の学びを獲得する手段でもある。本研究では一日宇宙記者からのリアルタイム報告に参加した中学生と教師によるアンケートを分析した。宇宙教育から得られる学びはジェンダー格差があり、家庭のコミュニケーション環境が宇宙教育から得られる学びの大きさに影響していることがわかった。一方、教師の多くは、学びの機会と捉えられていないことも明らかとなった。
4. 課題解決型学習の導入と教師の対応	桜庭望	2019.9	日本教師教育学会第29回研究大会(岡山)	本研究では、学校統合により新設されたK高校において「自ら課題を発見し、主体的に解決していく力」の育成を目指し、教員と生徒が主体的に関わり合い対話していく教育スタイルへの転換をどのように進め、プロジェクト型学習(PBL)の導入にあたって何が課題となったかなどを担当者へのインタビューから明らかにする。先生自身も「気づく」という体験を経なければ、何のために話し合いを多く行うのか等が理解されない。新たな学びに対応する教員研修の重要性を示す。
5. コズミックカレッジとその教育普及効果(ポスター発表)	京田綾子(日本宇宙フォーラム)	2019.9	日本天文学会2019秋季大会(熊本)	本発表ではコズミックカレッジが提供する25種類の体験型プログラムと教材の紹介、これまでの取り組みと得られた知見や教育普及面での効果について示す。例えば、水ロケットプログラムではペットボトルや画用紙など身近な材料を用いて水ロケットを作成し、推進力となる水の量、おもりの量や位置、尾翼の向きなどを変え、まっすぐ遠くへ飛ばすために試行錯誤を繰り返すことにより、実体験に基づく科学的思考の構築が期待される。

発表の名称	発表者 (所属)	発表の 年月	発表学会等 の名称	概 要
6. 宇宙教育によるイメージの変化 -宇宙を素材にした授業-	松原理 (相模原市立鶴野森中学校),野村健太	2019.9	日本理科教育学会第69回全国大会(静岡)	本研究では年間 100 件を超える授業連携における効果の検証を行った。その方法としてコンセプトマップを使用した。「宇宙」を中心にして、自由に発想をつなげることで、宇宙教育のねらいである宇宙のことに詳しくなるだけでなく、宇宙をきっかけに可能性を広げることができるようになったかを考察し、そこから今後の授業をそのように改善していくか等の展望を示している。
7. Current Implementation of STEM/STEAM in JAPAN; STEM and JAXA's Effort	Kaori SASAKI	2019.10	2nd IAA Symposium STEAM FOR SPACE(USA)	国際宇宙航行アカデミー (IAA) の STEM/STEAM 調査研究グループへの報告。有人惑星探査や宇宙ビジネスの隆盛など広がりを見せる宇宙活動の時代における STEM/STEAM 教育の当該分野への効果や影響を多角的な見地から検討する一環として、日本の 21 世紀型理科教育制度である Super Science High School(SSH)を紹介。また JAXA の宇宙教育の理念とそれを具現化したプログラム「コスミックカレッジ」及び「宇宙の学校」の狙いや成果を紹介。
8. 教育界の現状と JAXA 宇宙教育の有用性-プログラミング教材の実践例より-	古賀友輔	2019.11	第63回宇宙科学技術連合講演会(徳島)	2020 年度から実施される新学習指導要領において、プログラミング教育の必修化は大きな変化の一つだ。しかし、その教育手法については各教育委員会や教員に委ねられている部分が多く、情報不足・取り組みの遅れ等の課題がある。本研究では、プログラミング教育に求められる事項を整理し、宇宙教育センターが取り組んでいる教材開発・教員研修等の事例を取り上げ、プログラミング教育における宇宙教育の有用性を考察した。
9. Current status and issues in STEM education	Tadashi OHTANI (Tokyo Gakugei University)	2019.11	Asia-Pacific Regional Space Agency Forum: APRSAF Space Education Working group (名古屋)	世界的に進められている STEM 教育について取り上げ、米国において始まった STEM 教育の性質について、国策としての動向や学術界における考え方などについて示した。また、学校教育において実施されている STEM 分野の新しい技術・エンジニアリング教育の事例や社会教育において、遊び場で実践されている STEM 教育の事例等について示した。

2019 年度 各種事業実績

宇宙の学校 ・開催数 50 回 ・参加者数 4,668 人
 コズミックカレッジ
 ・開催件数 466 件 ・参加人数 18,799 人 ・主催団体数 198 団体
 教員研修 ・開催団体 30 ・参加人数 1,198 人
 連携授業 125 団体
 水ロケット大会 2019.11.22～24
 日本代表校 栃木県立矢板東高等学校附属中学校 (中 3×2)
 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校 (中 3×2)
 東京大学教育学部附属中等教育学校 (中 3、高 1)
 ISEB2019(ワシントン D.C. 2019.10.21～25)日本から派遣学生 6 名
 SEEC2020(ヒューストン 2020.2.6～8) 岡山県立玉野高等学校 藤田 学 先生
 Learning about flight stability with a tethered paper plane
 (紐付き紙飛行機で学ぶ飛行の安定性)

JAXA 宇宙教育センター紀要 第1号
2020年5月31日 発行

発行 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
宇宙教育センター

連絡先 〒252-5210

神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1
宇宙航空研究開発機構 宇宙教育センター
紀要編集委員会事務局

Email edu_ml@ml.jaxa.jp

TEL : 050-3362-5039 FAX : 042-759-8612