

静岡STEMジュニアプロジェクト Shizuoka STEM Junior Project

平成26年度～平成27年度
次世代科学者育成プログラム
Future Scientists Program
2014-2015

平成 26 年度
報 告 書
Annual Report for the Year of 2014

研究代表者 熊野 善介
(静岡大学 創造科学技術大学院・教育学部・教授)

**STEM
Science, Technology, Engineering, and Mathematics**

2. 自由研究サポート (e-learning と face to face 支援)

STEM 科学教室における創造的課題解決プログラムと e-learning を利用した自由研究サポートに関する実践的研究

An Action Research about Independent Inquiry based on a Creative Problem Solving Program in the STEM Classes and an Online Program

齊藤智樹、熊野善介

本プロジェクトでは、STEM 科学教室と e-learning システムを並行して利用しながら、自由研究サポートを行ってきた。この節では、STEM 科学教室において実施された創造的課題解決プログラムと、e-learning を通して行われた自由研究サポートについて、そのプログラムと受講生の示した現れについて紹介する。

創造的課外解決プログラム

各 STEM 科学教室の午後のプログラムである「創造的課題解決プログラム」では、生産的な因子として、発散的思考(Divergent Thinking)・収束的思考(Convergent Thinking) (Guilford, 1956) という2つを提案する創造的課題解決の基本的な考え方をもとに、各自の自由研究のテーマ設定、実験計画を進める活動を行った。以下、ここではルーツとなる理論的な背景を簡単に紹介する。

心理学研究、また STEM の分野の中で言えば特に工学教育の歴史の中で *Creative Problem Solving* は、創造的に課題を解決する手法として理論構築が進められてきた。1950年にギルフォードが APA(American Psychological Association)の会長として、創造性の研究を進展させることを促したことから研究がすすめられ、特にオズボーン(1953)は、その著書「*Applied Imagination*」のなかで、現在でも発散的思考の象徴的ツールとして利用されているブレインストーミングなどを紹介し、その学習ステップを *Orientation, Preparation, Analysis, Ideation, Incubation, Synthesis* そして *Evaluation* として7つ定義した。この学習ステップは後に *Applied Imagination* の第2版(1967)の中で、*Fact-Finding, Idea-Finding, Solution-Finding* と改められた。

ギルフォードによれば、創造的思考においては発散的思考の中でアイデアを生み出し、そのアイデアが有効であるか収束的思考を用いて検討し、また不十分な点を発散的思考に基づいて解決していくという活動を繰り返し、解決策を練り上げていくという。後の TTCT(Torrance Test of Creative Thinking)などは、このギルフォードの発散的思考を土台にして作られているとされる。

➤ 発散的思考の適用

先に紹介したように、オズボーンのブレインストーミングは、発散的思考の代名詞として有名であるが、この手法が生み出され汎用されるに伴って、創造的な思考とはすなわち発散的思考であるかのように捉えられている (Runco, 1986; Kyung, 2010 など)

発散的思考では、多方面に向けたアイデア、思考の流暢性・柔軟性・独創性などが見られ、こ

れらは創造性テストでも測定対象として用いられている。ランコー(1986)によれば、発散的思考のテストの結果は、才能ある子どもの創造性のパフォーマンスと関係が見られるが、特に **Writing** や **Art** の分野で、科学や音楽などの他の分野よりも強くその関係が見られるとされている。このことを考慮しながら **STEM** に適した活用の仕方、本プログラムの文脈に合わせた実施形態の模索が必要であろう。

本プロジェクトでは、疑問・課題の設定、解決策の発見などの場面で、発散的に考える場面を設定することにした。

➤ 収束的思考の適用

一方で、受講者が各自の自由研究を最終的には論文としてつくりあげていくには、できるだけクリアな研究課題と、それを具体的な実験方法に落とし込んでいく作業がどうしても必要になる。この点においては、発散的思考のみを背景にした実践だけでなく、未来の科学者たる彼らの収束的な思考すなわち批判的に考え、判断できる力を十分に引き伸ばすことのできる実践が必要ではないか。

オズボーン(1953)の指摘によれば、創造的な思考が生まれるには、発散的な思考のみではなく、発散的な思考と収束的な思考（本人の語をそのまま使えば **Judicial Mind**）を利用する場面を明確に分けることが必要であり、ブレインストーミングとして発散的で自由な思考の場を設定するのは、むしろそのためである。とは言え、収束的な思考をどのように学習の文脈に組み込んでいくのかについては、2014年現在の教育活動として十分な検討が必要な事項であり、より子ども中心の学習になるよう配慮しながら、これらの考え方を埋め込んでいく (**Embodiment**) 必要がある。

本プロジェクトにおいては、疑問・課題の設定、解決策の発見に発散的思考を利用することに対比して、研究助成金への応募、各種科学賞への応募を促すなど、自由に研究を進めながらも、このようなターニングポイントを用意することで、各自のアイデアが収束する機会を迎えるよう機会を設定した。また、検討に耐えうる人材には、**e-learning**、メールでのやり取りなどを通して、より深く、批判的な検討を本人が行えるような場を設定した。

➤ プログラムの実際

静岡の教室では、本プロジェクトが次世代科学者育成プログラムとしてスタートする以前から、自由研究サポートとして「**探究列車**」（静岡サイエンスミュージアム研究会, 2008）などのプログラムを提供してきたわけであるが、2014年度における本プロジェクトではその基本的な枠組みの中に、発散的思考・収束的思考という創造性を引き出すアイデアを埋め込む形で、創造的課題解決プログラムとして実施してきた。また、それは同時に前述の表 2.3 における科学の学習の流れでもあり、日米のアイデアを一貫して統合することを目指すアイデアでもあつ

た。本年度の課題としては、受講者が工学としての疑問を発案してきた場合に、そこに適切なサポートを提供することがあったが、この創造的課題解決プログラムが科学的な疑問に対しても、工学的な課題に対しても適用可能なものであるかは、検討していく必要がある。以下、STEM 科学教室で実際に利用したワークシートの一部を紹介しながら、創造的課題解決プログラムの学習内容を示していく。

➤ 疑問・問題を見出すこと


3. 自分の疑問に迫ろう 自由研究のために疑問を選ぶポイント ・自分が本当に面白いと思っているか ・今の自分にとって解ける疑問かどうか ・夏休みにやりきることができそうか（分からない時は先生たちに聞いてみよう）	
私の疑問	
	
どうしたらこの疑問は解決できそうかな？アイデアを出し合おう アイデア	
	名前

図 5.1 ワークシート「自分の疑問に迫ろう」 1

この段階では、図 5.1 を利用し、まず疑問を見出すことと、それを解決する足がかりを受講者自身の力で作り出していくことが目標であった。この段階では、発散的思考を意識的に行うことで、受講者本人も気づいていなかった疑問・課題に気づくことが狙いである。まず、本人が「私の疑問」を書いた段階で、グループの中でワークシートを回しながら、一人一つずつアイデアを書いていく。一つの疑問に対して、複数の解決方法、あるいは自分の知らなかった解決方法があることを知る段階である。

この段階ように、発散的思考においては、ブレインストーミングの発展形であるブレインライティングの手法を取り入れた。ブレインライティングは、集団の中で意見を出しにくいと感じている参加者でも意見を出しやすいというメリットがある。これは、過年度からの課題でもあった、本プロジェクトの受講者のコミュニケーション能力も同時に引き出していこうという活動の一環でもある。

この段階での反省として、受講者の中には既に自分の疑問、取り組みたいテーマなどを持って教室に参加してきた者が思いのほか多かったために、改めて疑問を出したり、そこへの解決策を考えたりという段階を必要としなかった受講者も多かったということが挙げられる。一方で、保護者とのやり取りなど、彼らの疑問が、実験において解こうとしている研究課題を明確に表していない場合もあり、遠回りながらこの活動を通して、受講者自身がこれまでに気づいていなかった研究課題を明確に表す言葉遣いを見出させる結果になっている場合もあり、来年度以降のこのプログラムの実施の仕方に大きく示唆を与えることとなった。ただし、受講者本人がそのことを自覚していく必要がある、その点において、実施の仕方を十分に検討していく必要があることに変わりはない。

➤ 疑問を研ぎ澄ますこと

5. 自分の疑問に迫ろう
自由研究の方法を考えるポイント
・知りたいことを確かめる実験になっているか
・まったく同じ実験を別の人もやることができるか

私の疑問

↓

どうしたらこの疑問は解決できそうかな。下調べをした内容からまとめよう。
何が分かったら疑問は解決するか それを確かめる方法は？

図 5.2 ワークシート「自分の疑問に迫ろう」2

この段階では、図 5.2 のワークシートを用い、疑問と実験の差がないかを確認する。どうしたら疑問は解決できるのかの欄をいくつも設けているのは、彼らの考えている疑問がいくつもの実験の可能性を含んでいるからであるが、この段階は実験方法を数多く立案することが目標ではなく、あくまでもどの方法が疑問を解決する方法であるのかを収束的思考により確認する段階である。また、同時にこの段階は指導者との対話が必須な段階であり、経験を持っているものが、彼らの探究を導くようなやり取りをして、どの方法を選ぶのかを本人が認識できるようにしていく必要がある。

➤ 疑問・課題シート

疑問・課題-発見・記録用紙

学号 名前

この紙は、あなたの研究の種を広げるための用紙です。疑問や課題を見つけたら、この用紙に記録してください。自由研究の内容だけでなく、いろいろなことに興味を持つきっかけになりますよ。

例

日時	Q/P	A/S	内容	コメント
6/21	Q1	A1	なぜ曇雨はあつのか？	
		A1	雨雲が発生するから？	
6/21	P1		虫肌をのける虫の体は冷たい？	
		S1	頭くても涼しく感じる虫肌はつくれないか？	

疑問や課題を見つけたその日に記録しよう。ほかの友達も活用しよう。
答えは、調べたり、人に聞いてみよう。一番興味を持ったものを自由研究として進めていこう。

日時	Q/P	A/S	内容	コメント

図 5.3 疑問・課題-発見・記録用紙

また、日ごろから疑問・課題を見出し、記録のできるような疑問・課題-発見・記録用紙を用意し、配布した。創造的課題解決プログラムは、この後 e-learning を並行して利用しながら、受講者の自由研究の相談に応えていく形をとった。

・ e-learning の利用

本プロジェクトではまた、Moodle という CMS(Course Management System)を利用して、いわゆる e-learning の形で、受講者と指導者とが関わりを持つ場を設けた。25 年度 3 月中に Moodle 上にコースを設置し、各 STEM 科学教室の開講と同時に、受講者のアカウントを設定し、ID とパスワードを配布した。

➤ テーマ設定について

上記、創造的課題解決プログラムにおける活動により、個人の研究テーマは「文字」として各自認識することができたが、各教室で集団活動をしているなかでは、なかなか個人のテーマに深入りしてコミュニケーションを図っていくことが難しい。一方で、対面でのやり取りは、

受講者との関係を作っていく上で重要である。そこで、e-learningにおけるやりとりでは、STEM 科学教室でのやり取りを基に、各自が「ディスカッショントピック」を立てる形で、これからやろうとしている実験やこれまでにやった実験を一旦まとめたり、今後の対策を話し合ったりする場となっていた。以下では、それぞれの段階における Moodle 上でのやり取りを紹介していく。

➤ 実験、観察の進め方について

ここではより具体的な実験観察の進め方の相談が行われた。その多くが、実験の途中経過、あるいは「失敗してしまった実験」についての相談で、結果の解釈の仕方などについての質問も含まれていた。相談の多くが、実験の方法ありきの質問から始まっており、場合によってはそれが研究の進行を妨げている場合があった。そこで、再度一から実験方法を一緒に考えていく必要もあった。

➤ 研究の進め方について（全般）

ここでは、更に具体的なデータの検討を主として、鉙物の見分け方、物体の落下エネルギーの測り方、ハンマーを使いたいという用具の相談などであった。また、キャンプでやった実験を自分でもやってみたいので方法について教えてほしいというような内容も見られた。

➤ 実験室利用の相談

液体窒素の使用、偏光顕微鏡の使用、結晶の大きさを測りたい、デンプンを顕微鏡で見たい等の要望が見られ、ものによって静岡大学で用意したり、その場での返答で解決したものもあった。静岡大学で用意をする場合、実際に大学側が実験に立ち会って指導をする必要があったため、日を決めて実験・観察を行った。また、返答した内容としては 0.001g を測ることのできる電子天秤はないかという質問に、その桁の差を測るということは、どの程度の実験精度を求めているのかについて、数式を用いて理解させたものもあった。

➤ その他

その他、項目としては「静岡大学の施設・設備に関する相談」あるいは、「指導者紹介の相談」などの項目があったが、実験室利用の相談とほとんど内容が同じであった。また、指導者紹介の方には、特に記述は見られず、必要な場合はプロジェクト共通として受講者全体への連絡用に使っていたメールアドレスの方への相談があった。

成果

自由研究サポートの成果として、ここでは e-learning の活用状況、科学賞等の受賞状況を示す。

➤ e-learning 活用状況

本プロジェクトの当初の目標では、95%以上の登録率、50%以上の月間活用率、33%程度の自由研究応募率を目指し、この率は教室の実情に応じて、適宜修正することとしていた。

実質は、静岡・浜松 100%、藤枝では 14%、三島では 18%となっており、全体では全 84 名中 45 名の登録で、全体の登録率は 53.5%となっている。同様に自由研究編応募率は、浜松 100%、静岡 76%、藤枝 5%、三島 18%となっており、全体としては把握している 82 名中 33 名の 40.24%となった。

また、e-learning システムへのアクセス数をページごとに見てみると、以下の表 5.1 のようになった。

表 5.1 e-learning システムの各ページアクセス数

活動	アクセス数	実投稿数
オンライン科学雑誌「SciCl」	545	23
地学オリンピック委員会による自由研究コンテスト 2014	50	1
全国受講生研究発表会	32	1
研究テーマの設定の仕方について	692	21
実験・観察の進め方について	1345	137
研究の進め方についての相談(全般)	815	42
論文の書き方について	313	11
論文作成の例	201	1
実験室利用の相談	566	31
静大の施設・設備に関する相談	338	3
指導者紹介の相談	113	0

注：網掛けをしたものについては、相互交流形式でない掲載の仕方であるため、実投稿数は 1 となっている。

アクセス数で見ると、実投稿数に対して、アクセス数が十数倍～数十倍の数を示していることが分かる。このことは、実際の投稿者以外の受講者も、他の投稿を頻繁に確認していることを示している。

実験・観察の進め方についてのページが最も投稿数が多かったが、この数からも受講者の求めていることが示されており、自身の手で実験を行った後、それがうまくいかなかったり、ど

ういう意味を持っているのかが分からなかった場合に、助けを求めてくることが多く、そうした場合 e-learning で応えきれぬ場合と、実際に静岡大学に実験に来てもらった方がよい場合とあった。また、論文の書き方についてや、研究のアイデアを作っていく段階で、投稿数が少なかった一方でアクセス数の対実投稿比が相当高いことを鑑みると、受講者からの直接の意見に聴かれたように研究のアイデアが公開状態になってしまうことへの不安があったようだ。実際は、各教室で対面での指導することはできたが、時間が限られるうえ、彼らの自由研究の質を向上させる意味で、こうした意見に対応した形での提供ができなかったことは悔やまれる。

➤ 科学賞受賞状況

本プロジェクトでは受講者に各種研究助成金・科学賞への応募を呼びかけ、自ら研究資金を獲得すること、また自由研究の成果は夏休み終了後と、冬休み終了後の大きく2つの段階で応募可能な「日本学生科学賞」と「山崎賞」という二つの科学賞を中心に、いくつかの科学賞への応募を勧めた。以下は、その概要である。

➤ 研究助成金受賞者

山崎自然科学教育振興会助成 16名 (小6名・中10名)・静岡倶楽部助成 (9名)

助成受賞者 計25名

➤ 科学賞受賞者

静岡県学生科学賞 県知事賞 2名 (小中1名ずつ)・静岡県学生科学賞 科学教育振興委員会賞 4名 (小中2名ずつ)・浜松市科学賞 (金賞5名)・藤枝市学生科学賞 (小1名)・浜松科学館櫻場賞 (小1名)・日本昆虫協会 ナミアゲハ賞 (小1名)・鈴木梅太郎賞 (中1名)・静岡市児童生徒自由研究論文 優秀賞2名 (小中1名ずつ)・山崎賞 9名 (小5名・中4名)

科学賞受賞者 計26名

まとめと今後の課題

創造的課題解決プログラム及び e-learning での指導を踏まえて、指導者の存在、e-learning 実施上の問題点、個に対応した形での今後の指導の方略についてまとめる。

まず、受講者の自由研究発表会では、外部評価委員及び STEM 科学教室での指導をしてくださった先生方の講評から「より明確で高度な研究課題に取り組むことができるようになった」との評価をいただくことができたが、実際には本プログラム自体の影響に加えて、受講者の近くで指導に当たってくださる指導者あるいは保護者に、本プログラムの意図が伝わってきた結果ではないかと考えている。その理由の一つとして、教室形式ではなく、個別指導として自由研究サポートにあたってきた浜松での実施体制における科学賞応募率と、受賞率の高さが挙げられる。また、教室や e-learning での指導以上に、受講者の自由研究のレベルは格段に上がってきているこ

とを感じている。この点においては、より個別のニーズに対応していくことの重要性が示された。

また、今年度のプログラムは、初年度ということもあり、受講生のニーズを十分に反映することができなかったと反省している。応募の段階から、こちらが思っている以上に受講生は各自の研究テーマを持っていたと言える。そこで、用意していた発散的思考モデルに基づいた「疑問を見出す活動」と、収束的思考に基づいた「疑問を研ぎ澄ます活動」においては、受講生の捉え方が、こちらの意図とは違い「既に考えてある研究テーマの再考」という意識になってしまったことを感じている。このことは、独創的な研究を進めることのできる人材を育むプログラムとして、また既存の知識を得るために行う活動ではないという意識として、指導者及び保護者の理解も同時に得ていく必要のある点である。

また、e-learningでの指導結果から「論文の書き方」「研究テーマの設定」の段階で、より個に応じた指導が必要であったと思われる。そこで、次年度以降の課題としては、個に応じた指導を創造的課題解決プログラム及びe-learningにおいても前面に打ち出し、研究課題の設定の段階から個に応じた指導が可能となるよう、システム上で個人の活動領域を区分ける一方で、研究方法などの段階では集団としての学習により注目し、グループでの学習が進められるような学習環境を設定する。

References

- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53(4), 267–293.
doi:10.1037/h0040755
- Kim, K. H. (2011). Proven Reliability and Validity of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT), 5(4), 314–315. doi:10.1037/a0021916
- Osborn, A. F. (1957). *Applied imagination*. Oxford.
- Osborn, A. F. (1963). *Applied imagination* (3rd revise.). New York: Scribner.
- Runco, M. A. (1986). Divergent thinking and creative performance in gifted and non gifted children. *Educational and Psychological Measurement*, 46, 375–384.
- 静岡サイエンスミュージアム研究会. (2008). *自由研究だ～いすき*. 静岡市: 静岡新聞社.

本報告書は、独立行政法人科学技術振興機構との実施協定に基づき、静岡大学が実施した平成 26 年度次世代科学者育成プログラム「静岡 STEM ジュニアプロジェクト」の成果を取りまとめたものです。

発行日 平成 27 年 3 月 31 日

発行 熊野 善介
(静岡大学創造科学技術大学院・教育学部・教授)

印刷 (株) 篠原印刷所