

# STEM が統合された学習環境における創造性の構成 概念 : 21st Century Skills のタスク固有性の検 討と超領域的な学習への適用

著者	齊藤 智樹
雑誌名	日本科学教育学会年会論文集
巻	41
ページ	67-70
発行年	2017
出版者	日本科学教育学会
権利	(C) 2017 日本科学教育学会
著者版フラグ	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/00026254">http://hdl.handle.net/10297/00026254</a>

doi: 10.14935/jssep.41.0\_67

# STEM が統合された学習環境における創造性の構成概念

-21st Century Skills のタスク固有性の検討と超領域的な学習への適用-

## Constructs of Creativities in a STEM Integrated Learning Environment

: Examination of Task Specificity of 21st Century Skills and the Application to the Integrative Learning

○齊藤智樹

SAITO Tomoki

静岡大学

Shizuoka University

[要約]本研究は 21st Century Skills の中でも創造性に着目し、統合した STEM の取り組みの中で、児童・生徒がいつ、どこで発散的な思考を適用するかを質的な方法を用いて明らかにするとともに、既存の創造性テストの STEM 教育評価における妥当性を検討した。その結果、過去の研究において利用されてきた創造性テスト(TTCT)が、探究活動に固有なタスクを評価しており、いくつかのタスク同士の相関は見られないこと、また質的分析によって見いだされた他の関連するタスクについては考慮されていないこと等が考えられる。また学習の振り返りから、いつ・どこで発散的思考が用いられるのか、潜在的なタスクと文脈をまたいだ適用可能性が示された。それぞれの分析結果の混合により、あらゆる文脈において、創造性はタスクごとに育成され、その妥当性と転移については個別に検討していく必要性が示唆された。

[キーワード] Creativity, Task Specificity, Transfer, Integrative STEM Education

### 1. 21<sup>st</sup> Century Skills の学習・転移・評価

21<sup>st</sup> Century Skills は、既に高等教育の分野では雇用可能性(employability)や転移可能性(transferability)を持つ技能として示されているジェネリックスキル(generic skill)とよく合致する(齊藤, 2017)。Koenig (2011)は、21<sup>st</sup> Century Skills を整理し、認知的スキル:一定の順序のない課題解決、批判的思考、システム思考、対人スキル:複雑なコミュニケーション、社会的スキル、チームワーク、文化的感受性、多様性への対処、内面スキル:自己管理、時間管理、自己啓発、自己管理、順応性、実行機能のようにまとめている。一方でこれらの中には、その領域固有性を指摘されるものもあり、例えば批判的思考や、一定の順序のない課題解決に関わる創造性等、認知的スキルに見られる。

また、道田(2013)が紹介したように、その教育アプローチとしては、General、Infusion(導入)、Immersion(没入)、Mixed の各アプローチ(Ennis, 1989)が考えられ、これらはまた、STEM 教育における各学習分野を統合するアプローチとしても、捉えることができる。すなわち、STEM を主題とした科目を設定する(General)か、既存の科目の中で STEM の一般原則を明示的に教えるか(導入)、それを明示することなく、既存の科目に深く没入する中で学ぶ(没入)かといった点は、考え得るアプローチであるとともに、21<sup>st</sup> Century Skills が領域固有性を持つとしたら、自ずとどのアプローチを取るべきか、考え直さなければならない。

このアイデアは、知識やスキルの転移と学習環境との対比(図1)のなかでの再検討を示唆している。すなわち、転移といった場合、ある分野からある分野への転移<sup>4</sup>が考え得るし、STEM のように現実社会を反映した課題を中心に知識を構造化することで、他の場面への転移可能な知識の獲得が促進される可能性がある<sup>1</sup>(三宅・大島・大島, 2011)。

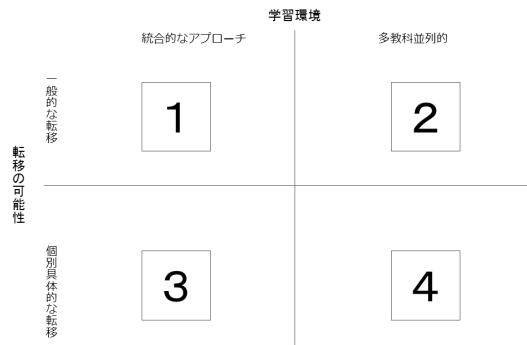


図1 転移と学習環境(齊藤,2017 より)

ところで、創造性については、領域固有性を主張する研究(Bear, 1993)があり、更に Bear はタスク固有性を主張している。彼やそれに続く研究者らは、それぞれの分野の専門家の判断によって成果物(Product)を評価している。しかしながら、そもそも領域固有性に依存した創造性の定義(Amabile, 1984;後述)にもとづいて、伝統的な創造性テストである Torrance Test of Creative Thinking(以下:TTCT)を批判し、Consensual Assessment Technique(以下:CAT)を用いて研究を行っているため、STEM のように領域横断型

の学習環境を前提とした評価においては、十分な検討がなされていない。

## 2. 領域横断的教育と領域固有性

そもそも、21<sup>st</sup> Century Skills のようなスキルの評価を開発する場合、その構成概念は定義が幅広く、一般的である傾向がある(Koening, 2011)。TTCT も流暢性・柔軟性・独創性・綿密性等、創造性を特徴づける4つの大きな枠組みの中で形成され、タスクごとに得点が得られるが、時にその合計から一般的な創造性の伸長が議論されることがあった(Bear, 1993)。

例えば STS 教育のように STEM 以前の領域横断的な教育の取り組みの中では、TTCT を活用し科学教育の「創造性領域」の評価としており、実際 Iowa Assessment Package (1988) が利用しているのは、TTCT の3つのタスクであるが、主に流暢性と独創性についてのみ得点化されているだけでなく、しばしば「創造性」が議論されている。

創造性が領域横断的な学習を提供する STEM 教育の成果として評価された場合、上記 TTCT の範囲内で伸長するのか。また、CAT において専門家の共通理解に基づくことができるのかといった問いは、量的に確認されなければならない。更に、これらの中で Bear(1993) の言うような領域固有性、あるいはタスク固有性があり得るとしたら、どのようなタスクがあり得るのか、本研究はこれらの問いに答えるべく計画された。

## 3. 本研究

### (1) 文脈

本研究は JST からの支援を受けた次世代科学者育成プログラムである「静岡 STEM ジュニアプロジェクト」をフィールドとし、その教育活動及びデータ収集を行った。

静岡 STEM ジュニアプロジェクトは、2013 年から STEM 教育をその活動の中に取り入れ、静岡・藤枝・浜松・三島等静岡県内各所の教室において STEM 教材を開発・実践するとともに、同 STEM 教室からの参加者を得て、STEM キャンプ等を実施してきた。2016 年度は、継続的に来場する参加者から Stage2 を募り、グループによる自由研究活動の場を提供した。参加者は、その中で発散的思考/収束的思考パネルをタスクごとに裏返すことを求められた。

### (2) 参加者

静岡 STEM ジュニアプロジェクトの参加者

は、小学校5年生から中学校3年生までの児童・生徒であり、一般的には科学技術により興味の高い子どもが集まっている集団であると言える。

### (3) 理論的枠組み

#### ・プラグマティズム

本研究はプラグマティズムをもとにしており、その知見は実際の教育活動にとって役に立つものであり、理論は実践のための道具としての役割を持つとともに、その現実との連続性のために可謬性をもつものと考えている(Dewey, 1938; James, 1907/1910; Pierce, 1931)。

#### ・STEM が統合された学習環境

また Stage2 では、超領域性を意識し、参加者が自ら活動の問いを設定する STEM が統合された学習環境(Saito, Anwari, Mutakinati, & Kumano, 2016)：自由研究として提供した。

### (4) 方法論

本研究は、その研究課題の性質から、量・質両面からの分析を必要とするため、前述の通り、プラグマティズムを基礎とし、混合研究法を採用した(Creswell & Plano Clark, 2007)。

特に「トライアンギュレーションデザイン：収斂モデル」(訳:大谷, 2011)を選択し、量的な分析と質的な分析とを合わせて、解釈を進める方略を取った。

### (5) 方法：データ収集と分析

#### ・TTCT

TTCT は、プログラムの前後でデータ収集し、準実験として行った。前述の Iowa Assessment Package から「ある見慣れない状況について、1)考え得る疑問や課題、2)考えられる原因、3)予想される結論をできるだけ多く想起する」というテストを転用した。テストの評価は、それぞれのタスクについて5名の大学生・大学院生が、「無関係」「適切」「ユニーク」の評価を行い、それぞれ評価者間信頼性及びタスク同士の収束的妥当性を検討した。先行研究では、この評価者間信頼性も個別のタスクについては取られていなかった。

#### ・CAT

CAT は、「適切な観察者が、独立してそれが創造的だということに同意した成果物や反応」(Amabile, 1982)を創造的であると定義し、分野の専門家による評価が共通理解を得ることを前提としている。

今回、CAT には理科教育学2名、自然科学3名、準専門家7名の計13名にご協力いただくことができた。評価の対象は、参加者である児童・生徒の自由研究発表であり、彼らのグル

表1 TTCTの結果  
事前調査 事後調査

	M	SD	$\alpha$	M	SD	$\alpha$	T	効果量	検出力
1) 疑問・課題	8.62	3.25		12.0	4.53		-5.50 **	1.52	0.99
1-2) 独創的な疑問・課題	2.09	0.94	0.80	2.74	1.12	0.75	-2.81 *	0.78	0.97
2) 考えられる原因	5.54	2.54		8.62	3.50		-2.90 *	0.81	0.90
2-2) 独創的な原因	1.74	0.94	0.84	2.35	0.84	0.76	-2.29 *	0.64	0.88
3) 予想される結論	4.38	1.85		7.00	4.08		-2.68 *	0.74	0.83
3-2) 独創的な結論	1.18	0.67	0.82	1.46	0.67	0.43	-1.30	0.35	0.41
タスク間の収束的妥当性	.235, .525, .648*			.549, .579, .803*			左から 1)-2), 1)-3), 2)-3)の相関		
-2)タスク間の収束的妥当性	.561, .036, -.163			-.070, -.058, .475			同 1)-2)-2-2), 1)-2)-3-2), 2)-2)-3-2)		

\*\*p<.01; \*p<.05 two tailed

ープ研究の成果を、評価の対象としている。CATもTTCT同様に、準実験の形をとる予定であったが、事前調査の段階で、少なくとも自然科学の専門家の間でさえ共通理解を得ることができなかったため、以下、事前調査をもとに考察し、質的データの分析を重視した。

専門家の協力を得ることが難しいことは、先行研究によっても指摘されており、準専門家の適用可能性について論じられている。

#### ・質的データ分析

最後に、「STEMが統合された学習環境におけるグループ研究において、受講者は研究のどのような場面に発散的思考を適用するのか」。また、「各自の自由研究の場面に戻った場合、発散的思考はどのように彼らの個人研究に応用されるか」を記録するため、振り返りを毎受講回に実施し、記述的データを取得した。なお、本研究における振り返りにはイーラーニングシステム(Moodle)を用いている。

収集されたデータは、それぞれ類型化され、NGSSの示す科学と工学の体験的・経験的活動に当てはまる場合は、8つのPracticesの1~8(Appendix I)の数字で、それ以外にはXでラベリングした。また、STEM活動から、彼らの自由研究へと転移が見られたものについては、取り出してA~Fのラベリングをした。

## 4. 結果

### (1) TTCT

TTCTの結果については、表1にまとめられている(Mは平均、SDは標準偏差、 $\alpha$ は信頼性係数を示す)。データはT検定についてはExcel 2010によって計算し、検出力分析(効果量及び検出力)についてはG\*Power 3.1.9.2を利用した。また、収束的妥当性は、1)-3)のタスク間の相関を示しており、無相関分析によりその有意水準も検討した。

表1にあるように、1) 疑問・課題、2) 考えられる原因、3) 予想される結論について、「適切な」回答数は有意な差を持って向上した。

また、「ユニークな」回答数についても、3-2)を除いて、有意に向上している。検出力を考慮すると、3-2)の結果については、有意差があっても有意でないと判断してしまった過誤( $\beta$ エラー)の可能性が高いと言える。しかしながら、事後調査においては、その独創性の判定について、十分な評価者間の信頼性係数(<.80)が取れていないため、信頼できるものとは言えない。

また、タスク間の収束的妥当性については、事前・事後とも2)と3)の流暢性スコア間でのみ有意な相関がみられた。一方で、他のタスク同士の間では相関がみられなかったため、TTCTの範囲に限っての解釈であるが、タスク間の転移の可能性は否定できない。

### (2) CAT

表2 評価者グループごとの信頼性係数

事前調査	評価者数	Cronbach $\alpha$
自然科学の専門家	3	0.42
教育学も含めた専門家	5	0.32
準専門家	7	0.72
全体	13	0.81

CATの結果については、表2に示している。今回の場合、3名の自然科学の専門家がした評価は、共通理解(>.80)を得られなかった。このことから、今回の結果に限ることにはなるが、STEMが統合された学習において、自然科学の専門家を自由研究の評価者として扱うことは難しい。また、準専門家による共通理解も得られておらず、より細かい自然科学の分野、例えば物化生地や、更に小さな専門分野の専門家が「適切な評価者」であることが示唆される。しかし、そこまで細分化された専門家による評価は、実現可能性がより低くなる。

### (3) 質的データ

表3・4は、プログラム内で発散的思考を利用した場面と、各自の自由研究に応用した場面をそれぞれ示している。表3に見られるように、今回のSTEM活動がなかなか前に進まなかったこともあり、8つのPracticesのうち、前半に特に適用した場面が偏ることになった。一方で、表3のXや表4に示す各自の自由研究に

表3 活動内で発散的思考を適用した場面

P	サブカテゴリー	
1	グループ研究のための疑問を問うたり、課題をはっきりさせること	A
	グループのテーマのための具体的なトピック	B
	活動の中で将来的に起こってくる課題をはっきりさせること	
3	疑問に対する振り返り	
	方法の開発	C
	調査を計画するために情報を集めること	
	調査における変数を決定するための	
	実験器具のリストアップ	
4	ニーズの識別	
	準備のための思考	
	結果の解釈	D
8	今後の展開と解釈	E
	グループ内での議論	
X	研究の発表	F
	他のグループの発表時	
	批判的思考による制約	
	振り返り	
	下位の課題に対する解決策を考える	

表4 各自の自由研究への発散的思考の応用

P	サブカテゴリー	
1	疑問を問うたり課題を書き出したりする	A
	自問自答する	
	テーマの決定	B
	目的の決定	
2	研究の正当性について考える	
	予想	
3	仮説を作る時	
	方法について考えること	C
	実験のための道具の開発	C
	材料のリストを作る時	
	次の実験の計画	
	研究する環境の決定	
	受講者の自由研究への具体的な応用	改善 効率 非効率 使い方 測定の仕方 作り方 変数の決め方
4	データをどう解釈するか	D
	原因と結果の分析	
5	研究の見通し	E
	受講者の自由研究への具体的な応用	
6	データを数値的に整理すること	
	やったこと見つけたことの説明	
8	解決策をデザインすること	
	受講者の自由研究への具体的な応用	
	聴衆(仲間)とのやり取り	
8	プロポーザルを書くとき	
	基礎的な知識の取得	
	研究の公開の準備	F

おいては、Practice の 2・5・6 等、STEM 活動の中では適用が見られなかった活動にも、応用範囲を広げている。また、A～F までのアルファベットで表されるように、STEM の活動中(表3)と各自の自由研究(表4)の両方に見られる項目があり、特に Practice 3 の研究の計画と実行については具体的なところまで応用

が行き届いている(Y)ことを考えると、Bear(1993)のいうような、タスク固有な創造性の学習と、その転移がプログラムの内外で関連する STEM 活動の具体的なタスクに及んでいる可能性が示唆される。

## 5. 考察・まとめ

以上のことから、STEM が統合された学習環境における創造性は、タスク固有のアプローチを取っても、一般的な転移(図1)をする可能性があり、少なくとも今回実施した TTCT の一部と質的な分析においては、確認された。また CAT の結果と併せて考えると、特定の領域内に限られるということも考えられる。一方で、質的に見いだされたタスクの中には、個別に直接適用 [3] されているものも含まれる。したがって、創造性の転移とその評価には、図1の「学習環境」と「転移」の対比だけでなく、その「時間に伴う変化」も含めた「評価法」等四側面が考慮されるべきである(齊藤, 2017)。

今後の課題として、STEM 活動全般にわたって、質的分析による構成概念が洗い出されること、それらが他の TTCT と同様に統計的に弁別されるタスクとして機能するかを検討すること、またタスクごとの相関については、より大規模で経時的なサンプルを用いて改めて統計が行われること等が期待される。

実際のカリキュラムとの整合性を考えると、冒頭に論じた Ennis の「一般」的なアプローチだけでなく、「導入」や「没入」のアプローチを取った場合、これらタスクの転移 [2] や [4] を確かめる方法は、また別の形になるだろう。STEM 教育における 21st Century Skills の転移の検討には、その学習環境・測定方法が寄与している点が、今後整理され、それぞれ競合的に検討されるべきである。

[付記]

本稿は、静岡大学創造科学技術大学院の博士論文 A Research on Creativity in STEM Integrated Learning Environment Based on Task Specific Approach (Saito, 2017)、JST への成果報告書(2017)を再検討し、大幅に加筆・修正したものである。

[文献](抜粋)

Bear, J. (1993): Creativity and Divergent Thinking: Task-Specific Approach. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

道田泰司 (2013): 批判的思考教育の展望, 教育心理学年報, 52, 128-139.

[謝辞]

科学研究費補助金 16H03058(研究代表者:熊野善介)、及び2016年度JST次世代科学者育成プログラムによる支援を受けて行った。また、静岡大学教育学部の佐々木君・前田君・松下君、静岡大学大学院教育学研究科の石川さん・小林さんにご協力いただいた。