

数学展示作製による STEAM 教育

STEAM Education by Making a Mathematics Exhibition

○花木良^{*1}, 吉井貴寿^{*2}

HANAKI Ryo^{*1}, YOSHII Takatoshi^{*2}

^{*1}岐阜大学, ^{*2}熊本大学

^{*1}Gifu University, ^{*2}Kumamoto University

[要約] STEAM 教育を推進するためには、まず教師自身が学習者として STEAM 教育を経験し、その理解を深めておくべきである。本研究では算数・数学展示物を作製する活動に着目し、それが STEAM 教育の理解深化に繋がり得ることを実践事例の分析を通じて明らかにする。分析方法としては、STEAM 教育に求められる要件として「教科横断的であること」、「試行錯誤を伴うこと」、「想像的・創造的であること」の3つを挙げ、過去の指導実践で得られた10種の活動事例がこれらの要素を有していたか否かを検討した。その結果として、算数・数学展示作製の活動は、多くの場合で STEAM 教育の3つの要件を満たすことが確認できた。また、来場者にもオリジナルな作品を作らせるような展示を構想すると、STEAM 教育の要件が満たされやすいという傾向も見えてきた。

[キーワード] 科学館, Society5.0, 数学展示物, 教科横断, 教員養成

I. はじめに

文部科学省(2018)では Society5.0 と関連し学校 ver.3.0(「学び」の時代を提唱しており、地域・家庭・情報ネットワークの中で、学習者が能動的に学ぶ姿を理想として掲げている。また、公教育に対しては、この能動的な学び手の学習を支援し、最適化していく学びのまとめ役という新たな役割が期待されている。この学習者を取り巻くネットワークの中には、博物館も含まれており、そういった学習のリソースを有効に活用し、STEAM 教育を推進できる教員の輩出が求められている。

花木・吉井(2020)では、学校 ver.3.0 に対応し得る数学科教員を養成するために、教職大学院における科学館を活用した教育実践科目を提案している。本研究では、そこで提案されているような科学館展示物の考案・作製といった活動が、STEAM 教育の理解深化に繋がることを実践事例の分析を通じて明らかにする。

II. STEAM 教育とは

STEAM 教育は統合型 STEM 教育に Arts の要素を加えたものとして、Yakman(2006)により提唱された教育モデルである。一般には Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics の各教科・学問領域を横断して指導する枠組みとして説明され、我が国では総合的な学習(探究)の時間や教科「理数」と関連付けられることの多いものである(cf. 文部科学省,

2019)。しかし、昨今ではその解釈も多様化し、様々な価値が付加されている。例えば、山崎ら(2021)は STEAM 教育を『各教科等の相互の関係性や SDGs に必要な通教科的・汎用的能力と、「ティンカリング」といった五感を駆使する「デザイン思考」などの発想・創造と、論理的思考能力を働かせながら、身近な生活と実社会で生じている問題を課題化して解決することで学びの必然性を実感し、「人間力」を基盤とし、「学(サイエンス)」と「術(アーツ)」との融合を図る最適解を追求し、学校内外の学びの場の空間軸と、生涯にわたる学びとキャリア発達の時間軸を基軸としながら、学び続ける教育』と定義している。このように、STEAM 教育の重要な要素として「ティンカリング」や「デザイン思考」を挙げる研究は多く、シーモア・パパートに代表されるような構築主義にも繋がるものである。他にも、経済産業省が推進している「学びの STEAM 化」では、『子ども達のワクワクを起点に「知る」と「創る」の循環的な学び』の実現を目指している。また、大分大学の「大分大学 STEAM Lab.」では「想像的・創造的に未来を切り開く力」を重視して STEAM 教育に取り組んでいる。以上のような研究動向をふまえ、本研究では「教科横断的であること」、「試行錯誤を伴うこと」、「想像的・創造的であること」の3つを STEAM 教育に求められる要件とした。

Ⅲ. 展示物作製の実践と考察

1. 展示物作製の実践と考察の観点

これまで5年間数学展示物の作製に関する大学院の講義を行い、3年間科学イベントへの出展を行ってきた。課題は、幼児から大人を対象とし、広い意味で数学に関する展示物を作製することである。

イベントへ出展したものは、多面体を映し出す万華鏡(5名)、コマづくり(3名)、折紙を折って切り対称性の高い図形の作製を生かした絵画作品作り(5名)の3つである。昨年度(2020年度)はコロナ禍で対面講義や出展が困難であったため、出展ではできず、案のみを課した。ゲームの数理的考察、ブロックを使った面積や体積の近似、リンク機構、スタンプによるタイリング、配色を1名ずつが、ストロー笛を2名で出展案として創出した。今年度(2021年度)は、コロナ禍の影響で科学教室への出展に向けて、弦楽器作りの講座を計画している。

これらの展示物について、STEAM教育の視点として、「教科横断的であること」、「試行錯誤を伴うこと」、「創造的であること」の3点について考察を行う。

2. 展示物の考察

2017年

多面体を映し出す万華鏡は、図画工作・美術と理科(物理)との関連がある。準正多面体など対称性の高い多面体を伝えていたため、それらを映し出す万華鏡と図形を制作していた。また、来場者の理解を想像し、平面図形の対称性に関する展示を創造した。来場者は何が映し出されるかをクイズで答える形式であった。

2018年

コマづくりは、理科(物理)との関連がある。来場者にいかに重心を求めさせるかを試行錯誤していた。いろいろなコマを作って、コマの不思議さを伝えようとしていた。来場者はコマをデザインし、芯を指す位置を求めて、オリジナルのコマを作製していた。花木他(2019)では、この題材に関して展示物の参加型展示の工夫を考案し、実践した成果をまとめている。



図1 左は万華鏡、右はコマ

2019年

折紙を折って切り対称性の高い図形の製作は、図画工作・美術との関連がある。どのような折り方があるか、どのような形を作ることができるかを調べて実際に切って、模範となる作品を作った。また、小さい子も気軽にできるように型紙を用意した。来場者は自由な作品作りを楽しんでいた。



図2 作品のつくり方と作品例

2020年

ゲーム(ペグソリティア)は、純数学的で他教科との関連はない。ペグソリティアとは一人で与えられた盤面にある駒を消していくものである。ルール説明や問題順序について悩んでいた。また、駒の配置によっては解法がないことを自ら証明し、それを来場者に伝えようと試みていた。来場者は問題を解き進めることを想定している。

面積や体積の近似は、純数学的で他教科との関連はない。ブロックを使って円の面積や錐体の体積の近似を行う。実際に、どのような形ならよい値に近似できるかを、ブロックを組み合わせて計算して考えていた。学校での説明が十分でない話題を補う題材である。来場者はブロックを組み立てて円や立体の近似値を求めることを想定している。

リンク機構では、回転運動をピストン運動に変換する器具の作製をしていた。技術との関連がある。レゴを素材に使い、組み立てられるものを創造していた。また、運動をイメージしたり伝えたりするためにGeoGebraを用いていた。来場者が作るには複雑なため、動かして楽しむことを想定している。

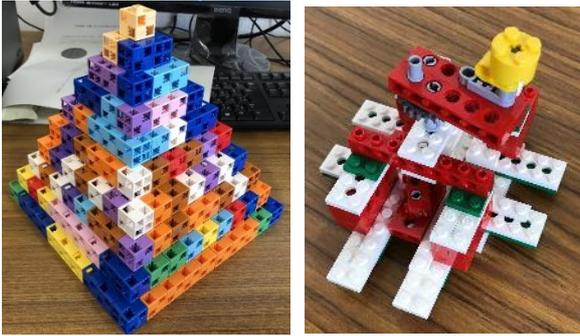


図3 左は四角錐の近似,

右は回転運動を直線運動に変える器具

スタンプによるタイリングは図画工作・美術や理科との関連がある。平面の敷きつめの対称性は本質的に17種類あることが知られている。また、非周期的であるペンローズタイリングをいかに多くの人に体験させるかを考え、スタンプでの作製を提案している。スタンプを実際に押してみると、うまく組み合わせることができず、手詰まりになることがあった。そのため、スタンプと同じ形の型を用意し、押す前に見当をつけられるように工夫した。花木他(2021)では、講義での案を充実させた。来場者はオリジナルなスタンプを作り、規則的に平面を敷きつめたり、非周期的に平面を敷きつめたりする。



図4 ペンローズタイリング

配色は、図画工作・美術との関連がある。色について色相環(図5左上)を用いて、配色に関する展示を考えた。色相環はRGBで数値化して得られる。色相環に円周を等分した点を使った線対称の図形を描かせ、その点にある色で配色を行い、衣服、インテリアや車などに色塗りをする展示を考えた。この配色法はイッテンの色彩調和論に拠る。来場者は線対称な図形を描き、塗り絵を行う。

ストロー笛は音楽や理科との関連性がある。様々な太さのストローを試して、太いと音が出ないことがわ

かり、細いストローを用いることとした。また、ストローを留める部分で形が変わってしまうため、数学的に求めた長さとの誤差があり、そこに苦慮していた。なお、音はアプリなどを使って検証していた。背景には、ピタゴラス音律があり、それは周波数を有理数の比で取る。ストローの長さで波長を調整し楽器を作っている。弦楽器や管楽器もこのような背景で作られている。来場者はストローを切り楽器づくりを行う。

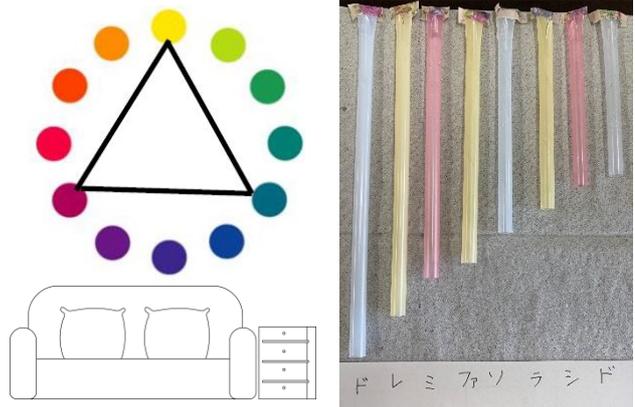


図5 左は色相環と塗り絵, 右はストロー笛

2021年

弦楽器づくりは、5名で科学教室を準備している。これも音楽や理科との関連性がある。数研出版編集部(2020)の「自分だけの楽器をつくろう」を参考にしている。書籍ではティッシュ箱の利用が挙げられていたが、強固ではないので、丈夫なプラスチック箱を用意し、4本の輪ゴムを張った楽器を作った。しかし、輪ゴムの張りが一定しないことから4弦の中で正しい音が出ないものが生じた。そこで、1弦にドからシの位置を配置した楽器を作り、音がうまく出た。その結果、4弦ではなく1弦にしようということとなった。

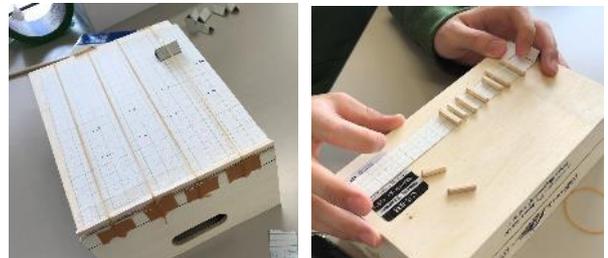


図6 左は4弦, 右は1弦

IV. まとめ

これまでに行ってきた10種の実践事例を整理・考察した結果をまとめると表1のようになる。この結果から、いずれの事例でも展示物を作るにあたり、主に来場者にわかりやすく伝えるという観点から試行錯

誤が行われていたと言える。また、幼児から大人という幅広い年齢層を想像し、展示物のみでなく解説文等まで創造していた。ただし、ここで挙げたすべての展示物が教科横断的であったわけではない。これは課題が「数学に関する展示物の作製」であったためと考えられる。この点については、他教科との関連の意識や、展示物の見せ方・デザインの工夫を促すように課題や指導を工夫することにより改善されるであろう。また、一定の解答があるような展示物よりも、来場者にオリジナルな作品作りを促すような展示物の方が要件を満たす傾向があるとの示唆も得られた。このように、数学に関する展示物作製の活動がSTEAM教育と結びつくことを明らかにしたとともに、その指導改善に繋がる示唆を得たことが本研究の主な成果である。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP18K02932 及び JP20K22244 の助成を受けている。

文献

花木良, 吉井貴寿 (2020) : 教職大学院における科学館を活用した教育実践科目の提案, 日本教科内容学会 学会第7回大会資料.
花木良, 伊藤杏優, 杉田岳史, 林訓史 (2019) : 幼児から大人までを対象とした数学と関連付けたコマの参加型展示の実践的研究, 日本科学教育学会研究会

研究報告, 33, 8, 7-12.
花木良, 松波雅慶 (2021) : 幼児から大人までを対象とした数学と関連付けた敷きつめ題材の参加型展示, 日本科学教育学会研究会研究報告, 投稿中.
数研出版編集部 (2020) : 算数アイデア自由研究, 数研出版.
文部科学省 (2018) : 「Society5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」
Yakman, G . (2006) : STEM Pedagogical Commons for Contextual Learning: How Fewer Teaching Divisions Can Provide More Relevant Learning Connections , Unpublished paper for EDCI 5574 STEM Education Pedagogy, Virginia Tech, <https://steamedu.com/research/>
文部科学省 (2019) : 高校 WG (第4回) 資料1 : 新学習指導要領の趣旨の実現と STEAM 教育について—「総合的な探究の時間」と「理数探究」を中心に—, https://www.mext.go.jp/content/1421972_2.pdf.
山崎貞登, 松田孝, 二宮裕之, 久保田善彦, 磯部征尊, 川原田康文, 大森康正, 上野朝大 (2020) : Society5.0 を支える STEAM/STREAM 教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等構成の在り方と学習指導形態, 上越教育大学研究紀要 39 (2), pp.525-538.
経済産業省 : STEAM Library , <https://www.steam-library.go.jp/> (最終閲覧日 : 2021.6.4)
大分大学 : 大分大学 STEAM Lab., <http://steamlab.ed.oita-u.ac.jp/> (最終閲覧日 : 2021.6.8)

表1 実践事例の考察結果まとめ

	他教科	試行錯誤	作ったもの
万華鏡	図画工作 美術	立体の難しさをどう解説するか	万華鏡, 立体, 万華鏡に置く形, 鏡に映るものを当てるクイズ
コマ	理科	重心を安全に求めさせる方法	色々なコマ, 重心を求める定規を立てた器具, 解説文
折紙	図画工作 美術	どの折り方を紹介するか 模範作品をどうするか	型紙, 模範的な作品, 仕組みの解説文・クイズ
ゲーム	無し	問題把握, 問題作り (解きやすい問題から)	問題, 解説文
面積体積	無し	問題作り (近似できる形)	ブロックで円や錐体を近似したもの, 問題, 解説文
リンク機構	技術	レゴの組み立て, イメージしやすくように GeoGebra	レゴによる器具, 解説文 GeoGebra による動画
配色	美術	どう色相環の良さの伝達	解説文 (色相環の仕組み), 塗り絵するイラスト
ストロー笛	音楽, 理科	様々なストローで実験	様々なストロー笛, 解説文
タイリング	美術, 理科	ペンローズタイリング	スタンプ, ペンローズタイルの型, 作品例, 解説文
弦楽器	音楽, 理科	1弦, 4弦	1弦と4弦の弦楽器