

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：53401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02959

研究課題名(和文)関数グラフアートの創作活動による関数学習への効果の調査

研究課題名(英文) Investigating the Effect on Learning of Functions through Creating the Functional Graphing Art

研究代表者

井之上 和代 (Inoue, Kazuyo)

福井工業高等専門学校・一般科目(自然系)・教授

研究者番号：30332018

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：「関数グラフアートの創作活動」は、創作活動に使用するデバイスやアプリケーション・ソフトウェアの種類に依らず、関数の学習の効果があること、また、関数の知識を獲得し活用することだけでなく、創作活動を通じて試行錯誤を繰り返し、目指すデザインを完成させる、課題解決能力の涵養に効果があることがわかった。数学・アートの分野横断型のコンテンツであり、STEAM教育における数学についての教材の1つになり得ることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

関数グラフアートの創作活動によって、関数の学習への理解が深まるという研究は以前からされていたが、以前は創作活動を行うためのツールを整えるのが容易ではなかった。昨今は、ICT機器、そこで動作するグラフ描画用アプリケーション・ソフトウェアが安価に活用できるようになり、関数グラフアートの創作活動を気軽に導入できるようになってきている。中学校、高等学校向けの数学のSTEAM教材が少ないと言われている中、その1つの教材として提供できる。また、数学とアートの分野を横断したコンテンツになっている。

研究成果の概要(英文)：This study shows that Creating the Functional Graphing Art is effective for learning functions, regardless of the type of devices or applications. It was found that it is effective not only in acquiring and utilizing knowledge of functions, but also in developing problem-solving skills through repeated trial and error in order to complete the desired design through the activities. The content is cross-disciplinary in terms of mathematics and art, and could be one of the teaching materials for mathematics in STEAM education.

研究分野：数学教育、代数学

キーワード：関数グラフアート 創作活動 STEAM教育 STEM教育

1. 研究開始当初の背景

関数グラフアートとは、いくつかの関数とその変域を PC やタブレット、スマートフォンで動作する、グラフ描画アプリに関数の数式を入力し、それらのグラフで、絵や文字を表現したものである。中学・高校で学習する初等関数(n 次の多項式関数、分数関数、無理関数、三角関数、指数関数、対数関数、逆三角関数、双曲線関数など)や、曲線の媒介変数表示や極座標表示によって描かれる曲線の特徴、グラフの「対称移動」「平行移動」「交点の座標を求める(方程式を解く)」等といった、「数式と図との一般的な関係」を能動的に活用し、試行錯誤をして作品完成まで粘り強く制作していく活動で、学習内容を定着させる効果があると考えられ研究されていた。この活動の中で、決して数学が得意ではない学生が嬉々としてこの活動に取り組み、関数グラフアートコンテストで入賞するという事例が度々起こっていた。数学を利用した創作活動でありながらも、“アート”の観点を重視することによる、「数学学習への意欲の変化」や「実際の取り組みの変化」等の学習者に与える影響を、これまでの数学教育の立場における研究による学習効果についての結果を活用して、調査できるのではないかと考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、関数グラフアート作品の制作において、その着想、制作過程、特に数式の立て方、完成に到るまでの試行錯誤の様子を調査することにより、
「アートから数学へ」数学を利用した創作活動による数学学習への影響の調査研究
「数学からアートへ」数学を利用した創作活動による、デザイン教育への数学教育のノウハウを活用についての調査研究
である。

3. 研究の方法

本研究の独自性は、「関数グラフアートの学習効果について十数年研究してきた結果を活用して行うことが可能である」という点にあった。学習効果の研究では「実際の作品を構成する数式の種類、使用されている関数の個数を分類して傾向を分析する」ことにより、学習効果を調べてきたが、さらに「学生の理解度を知るためには、着想、制作過程特に数式の立て方、完成に到るまでの試行錯誤の様子を、作品の制作者から直接聞き取る必要がある」ということがわかってきた。そのため、関数グラフアート制作の過程を調査するため、関数グラフアートコンテスト入賞者による、作品についての発表(関数グラフアートカンファレンスの実施)、制作者に対するインタビュー実施、また、制作ログの記録をし調査を行った。さらに、SA-創造性検査や、Grit の測定などを実施した。

4. 研究成果

(1) 令和3年度～

「関数グラフアート作品の制作において、その着想や制作過程、数式の立て方、完成に至るまでの試行錯誤の様子を調査する」という目的のため、関数グラフアートを制作した福井高専学生(約 200 名)に、関数グラフアート制作を探究活動として実施し、作品提出時に1使用したデバイス、グラフ描画アプリケーション(以下、アプリ)、2用いた数式の種

類と個数、特徴、3工夫した点、見どころ、4感想、5作品を構成するすべての式、を調査した。この調査で、昨今グラフ描画できるデバイスとアプリが多様になったことが分かり、これらの違いと作品制作への影響を調査し、いずれのアプリも操作性の違いがほとんどないことが判明した。さらに、3年生1クラス分の作品について、制作に使用したデバイスとアプリ、構成する数式の種類と個数、特徴、使用したデバイスとアプリを2005年の3年生1クラスのものと比較し、15年間のデバイスやアプリケーションの進化により、学年進行に伴って増える関数に関する知識を、より作品の制作に活かせるようになっていくということがわかった。これらの2点については、日本数学教育学会高専・大学部会論文誌に「関数グラフアート制作の変遷と関数学習についての調査」として報告した。

関数グラフアート全国コンテスト・関数グラフアートカンファレンスの実施については、コロナ禍の影響で第18回関数グラフアート全国コンテスト実施のみとなった。参加校は6校で約680名の生徒・学生が参加し、その中から17作品が全国コンテストで入賞した。全国コンテストへの応募作品についても、上記1から5について調査した。また、第21回グラフ電卓研究会にて、「関数グラフアートコンテスト報告」として、関数グラフアートとこれまでに分かっている学習効果の紹介と、第16回と第17回の関数グラフアート全国コンテストの総括について発表した。

(2) 令和4年度～

関数グラフアート全国コンテスト・関数グラフアートカンファレンスの実施について、第19回関数グラフアート全国コンテストを実施した。第19回関数グラフアート全国コンテストへの参加校は7校(昨年度より1校増。参加人数は約550名)、一般からの応募が1件で、その中から16作品が全国コンテストで入賞した。また、第18回関数グラフアートコンテスト全国コンテストの入賞者が参加して第13回関数グラフアートカンファレンスをオンラインで実施した。本カンファレンスでは、作品の制作者が作品制作時の「1着想・2制作過程・3数式の立て方・4完成に至るまでの試行錯誤の様子」についてまとめ、スライドを用いて口頭発表した。第13回関数グラフアートカンファレンスの福井高専からの発表者3名について、上記1から4を詳細に聞き取りし、また発表を録画し制作の過程について調査した。上記と並行して、関数グラフアート制作の探求活動と、STEAM教育における探究活動との類似点があることをまとめ、第22回グラフ電卓研究会で口頭発表した。さらに、STEAM教育の探究活動の教材として関数グラフアート制作を普及するための導入教材について、日本数学教育学会大104回年会(島根大会)で口頭発表した。2021年度までの関数グラフアート制作による学習に関する効果の報告として、「関数グラフアートとその学習効果に関する研究」を大日本図書、高専教育フォーラム No.3で報告した。

STEAM教育における探求課題と、本活動との類似点について調査、まとめをしたことにより、STEAM教育の観点の評価指標を本探求活動の学習などに対する効果に使えるのではないかということが見出され、その指標としてS-A創造性検査、Gritの測定等を検討した。

(3) 令和5年度～

関数グラフアート全国コンテスト・関数グラフアートカンファレンスの実施について、第 20 回関数グラフアート全国コンテスト、第 14 回関数グラフアートカンファレンスを実施した。第 20 回関数グラフアート全国コンテストでは参加校は 8 校、一般からの応募が 1 件で、その中から 28 作品が全国コンテストで入賞した。また、第 19 回関数グラフアートコンテスト全国コンテストの入賞者が参加して第 14 回関数グラフアートカンファレンスをオンラインで実施した。本カンファレンスでは、作品の制作者が作品制作時の「1 着想・2 制作過程・3 数式の立て方・4 完成に至るまでの試行錯誤の様子」についてまとめ、スライドを用いて口頭発表した。

「関数グラフアートの創作活動」は、創作活動に使用するデバイスやアプリケーション・ソフトウェアの種類に依らず、関数の学習の効果があること、また、関数の知識を獲得し活用することだけではなく、創作活動を通じて試行錯誤を繰り返し、目指すデザインを完成させる、課題解決能力の涵養に効果があることがわかった。「数学」・「アート」の分野横断型のコンテンツであり、STEAM 教育における数学についての教材の 1 つになり得ることが判明した。関数の学習や、数学の学習に対する、「認知能力」向上の効果についてのみではなく、数学の学習に対する姿勢などのような「非認知能力」向上の効果を STEAM 教育の観点から調査することを目的とし、関数グラフアートの制作をしたことがない新入生に対し、探求活動に取り組む前後の調査や、制作の過程を記録し観察できるようにすることで、制作時の気づきなどについて調査し、また、新入生以外にも本活動を実施し、特に制作過程の記録を行った。

非認知能力の調査の指標について、第 23 回グラフ電卓研究会で口頭発表した。さらに、STEAM 教育の探究活動の教材に関数グラフアートを昇華させるための問題点と提言をまとめ、日本数学教育学会大 105 回年会(青森大会)で口頭発表した。

< 雑誌論文 >

井之上和代、関数グラフアート制作の変遷と関数学習についての調査、日本数学教育学会高専・大学部会誌 Vol.28、2022、査読有

井之上和代、関数グラフアートとその学習効果に関する研究、大日本図書 高専教育フォーラム No.3、2022

< 口頭発表 >

「関数グラフアートコンテスト報告、第 21 回グラフ電卓研究会

「「関数グラフアート制作」導入教材の作成について」、日本数学教育学会 第 104 回年会(島根大会)

「STEAM 教育の視点を取り入れた関数グラフアート制作について」、第 22 回グラフ電卓研究会

「STEAM 教育視点の関数グラフアート制作の考察」、日本数学教育学会 第 105 回年会(青森大会)

「STEAM 教育教材として関数グラフアートに必要なこと」、第 23 回グラフ電卓研究会

< その他：主催コンテスト、カンファレンス、研究会 >

第 18 回 関数グラフアート全国コンテスト 2021 年

第 19 回 関数グラフアート全国コンテスト 2022 年

第 20 回 関数グラフアート全国コンテスト 2023 年

第 12 回 関数グラフアートカンファレンス 2021 年

第 13 回 関数グラフアートカンファレンス 2022 年

第 14 回 関数グラフアートカンファレンス 2023 年

①～⑥ ホームページ https://www.fukui-nct.ac.jp/graph_art/

第 21 回グラフ電卓研究会（数学教育に関する研究会）2021 年

第 22 回グラフ電卓研究会（数学教育に関する研究会）2022 年

第 23 回グラフ電卓研究会（数学教育に関する研究会）2023 年

⑦～⑨ ホームページ <https://www.fukui-nct.ac.jp/mathedu/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 井之上和代	4. 巻 3
2. 論文標題 関数グラフアートとその学習効果に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 大日本図書 高専教育フォーラムNo.3	6. 最初と最後の頁 2,3
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井之上和代	4. 巻 28
2. 論文標題 関数グラフアート制作の変遷と関数学習についての調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本数学教育学会高専・大学部会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 井之上和代
2. 発表標題 STEAM教育視点の関数グラフアート制作の考察
3. 学会等名 第105回日本数学教育学会 高専・大学部会（青森大会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井之上和代
2. 発表標題 STEAM教育の視点を取り入れた関数グラフアート制作について
3. 学会等名 第22回グラフ電卓研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井之上和代
2. 発表標題 「関数グラフアート制作」導入教材の作成について
3. 学会等名 日本数学教育学会 第104回年会（島根大会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井之上和代
2. 発表標題 STEAM教育教材として関数グラフアートに必要なこと
3. 学会等名 第23回グラフ電卓研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井之上和代
2. 発表標題 関数グラフアートコンテスト報告
3. 学会等名 第21回グラフ電卓研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>関数グラフアート・関数グラフアート全国コンテスト・関数グラフアートカンファレンス https://www.fukui-nct.ac.jp/graph_art/ グラフ電卓研究会 https://www.fukui-nct.ac.jp/mathedu/</p>

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計7件

国際研究集会 第14回関数グラフアートカンファレンス	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 第23回グラフ電卓研究会	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 第23回グラフ電卓研究会	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 第14回関数グラフアートカンファレンス	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 第22回グラフ電卓研究会	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 第13回関数グラフアートカンファレンス	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 第21回グラフ電卓研究会	開催年 2021年～2021年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------