

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：17201
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2019～2021
 課題番号：19K02817
 研究課題名(和文) STEMの数学・理科から工学・技術への展開によるシステムの思考の技術教育の研究

研究課題名(英文) Study of Technology Education of Systematic Thinking by Development from Mathematics and Science to Engineering and Technology of STEM

研究代表者
 角 和博 (SUMI, KAZUHIRO)
 佐賀大学・芸術地域デザイン学部・客員研究員

研究者番号：80145177
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：2019年度のハワイのエネルギー教育の調査では、エネルギー教育のテーマに様々な科学的・工学的・技術的な内容が現実の生活に役立つ形で学年進行とともに体系的なカリキュラムが形成されていた。2020年度の米国の新しい工学・技術スタンダードでは、初めてSTEM教育との関係が明確にされた。その大半はSTEM4という4つの協議会の連合で作成された内容を踏襲するものであった。内容は数学、理科、工学、技術の各教科がそれぞれの独立性を保ちつつも、それぞれの関係性を明確にして連携を深めること、学習者の将来の職業選択につながる構成であることが強調されていた。これらの調査を踏まえて令和3年度は教育実践を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

STEM教育実践を通して技術学習における学習者の数学的な内容の理解、理科学的な内容の理解、工学的な内容の理解、および技術的な内容の理解を確実に把握する必要からLMS(学習管理システム)を用いて学習履歴を確認できるようにした。具体的にはMoodleのフォーラムや課題提出機能を用いて、学習者の学習状況を教授者と学習者の双方で確認できるようにした。毎時の学習の始めに前回の学習状況を確認し合うことで、本時の学習の準備状況の把握の一助とした。授業過程では工学的内容の理解において数学的理解や理科学的理解が前提となること、それらを踏まえて技術的なアイデア創出が可能になることを確認できた。

研究成果の概要(英文)：In a survey of energy education in Hawaii in 2019 academic year, a systematic curriculum was formed as grade levels progressed, with a variety of scientific, engineering, and technological content on the subject of energy education in a way that is useful in real life.

Engineering and Technology Standards for U.S.A clearly identified the relationship with STEM education in 2020 academic year. Most of the content followed that developed by a coalition of four councils called STEM4. The content emphasized that the subjects of mathematics, science, engineering, and technology should be independent from each other, but that the relationship between them should be clarified to deepen collaboration, and that the structure should be linked to learners' future career choices. Based on this research, we attempted to implement educational practices in 2021.

研究分野：技術教育

キーワード：STEM 技術教育 工学教育 理科教育 数学教育 STEAM 米国

1. 研究開始当初の背景

米国の普通教育としての技術教育は、ミシシッピ・バレー技術教師教育会議の発足とともに始まり、世界最長の 110 年の歴史がある。この長い歴史の中でさまざまな試行錯誤を繰り返して現在の技術教育スタンダードに示される教育の理念と内容に辿り着いている。我が国では、明治以降の手工教育や作業教育の流れが戦後の教育改革によって職業教育となり、米国の科学技術教育政策の強化に歩調を合わせて大きく職業全般から工業を主体とする教育内容に変化してきた。これらの欧米の技術教育の歴史を振り返り、我が国のこれまでの技術教育の変遷を鑑みて、我が国の技術教育の問題点を整理する。

研究代表者は、技術教育の授業内容を構想、設計、製作（制作、育成）評価の要素間の相互作用として捉えるシステムの思考で捉え、これを具体化する実践カリキュラムの開発している。また授業実践では PDCA サイクルを用いた教師の授業全体の Plan-Do-See(計画-活動-達成)による生徒の学習過程の即時把握や中学校技術・家庭科（技術分野）における学習支援によるシステム化を構築し、システムの思考の導入を行ってきた。これにシステムの思考やデザイン思考による問題解決的な手法を加えて数学・理科から工学・技術への展開する教科間連携を構築する。この考え方を学習内容全体に広げて、システムの思考に基づいた技術教育の授業設計・実践・評価の手法を提案する。

2. 研究の目的

本研究では、わが国の技術教育の新しい展開を目指して米国の STEM 教育内の数学・理科から工学・技術への展開によるシステムの思考の技術教育について研究する。このために米国や諸外国の STEM ベースの数学、理科、技術、および工学教育の内容と方法に関する実態調査を行い、新しい技術教育の内容と方法を検討する。特にシステムの思考に基づいた授業設計により技術教育の内容と方法の再構成を図りたい。我が国の技術革新の発展の基礎を築くための STEM 教育において、システムの思考の問題解決的な手法を用いて基礎的な教科である数学・理科から応用的・創造的な教科である工学・技術への展開する教科間連携を構築する。

3. 研究の方法

本研究では、米国を中心に諸外国の STEM 教育含まれる数学、理科、工学、技術の各教科および教科間の関連を調査・分析し、その中から教科間の階層性を捉えて、システムの思考に基づいて教科間連携を構築し、我が国の新しい技術教育の展開を図る。次に我が国の技術教育の授業のあり方を改善する。このとき、システムの思考の考え方を採用し、対象物を全体としても捉えながら、かつ細部としても捉え、同時に教師側の視点からと子ども側の視点からの両方から技術教育を捉え直す。特にこれまでの教師指導に加えて子どもの自己学習を考慮し、技術教育の授業設計・実践・評価をシステムの思考の考え方から再構築する。研究分担者の本村猛能教授は、STEM 教育における情報技術教育の国際的な比較研究を行う。さらに研究代表者は、長年の米国技術教育の研究調査の経験と合わせて、将来の技術教育の在り方を考察し、技術学習の新しいデザインを提案するための教育内容と評価方法を検討する。特に研究代表者と鳴門教育大学の菊地章教授が独自に開発した生徒の視点で学習過程を捉える学習支援のシステム化の手法を用いて、PDCA サイクルを取り入れたシステムの思考により、新しく学習支援表を設計し中学校で実践授業を行う。授業設計や改善に必要な PDCA サイクルで年間指導計画や単元計画を立て、本時の授業の評価において改善点を確認する。米国の STEM 教育の特徴は、理数系の基礎教科である数学と理科の学習内容とそれらを創造的な構想や設計を実現するために応用し、発展させる技術や工学の学習内容の統合的な捉えるところにある。さらにその他の教科として芸術を含む STEAM (Science, Technology, Engineering and Art) や情報科学を含む MINT (Mathematics, Information sciences, Natural sciences, and Technology) なども注目されている。

4. 研究成果

2019 年度のハワイのエネルギー教育の調査では、エネルギー教育のテーマに様々な科学的・工学的・技術的な内容が現実の生活に役立つ形で学年進行とともに体系的なカリキュラムが形成されていた。

2020 年度の米国の新しい工学・技術スタンダードでは、初めて STEM 教育との関係がサブタイトルで示されて、章を立てて明文化された。その大半は STEM 4 という 4 つの協議会の連合で作成された内容を踏襲するものであった。内容は数学、理科、工学、技術の各教科がそれぞれの独立性を保ちつつも、それぞれの関係性を明確にして連携を深めること、学習者の将来の職業選択につながる構成であることが強調されていた。

この 2 年間の調査を踏まえて令和 3 年度は教育実践を試みた。中学校の技術学習において、材

料・加工、エネルギー、および情報の学習内容を製作過程の中に組み込む教育内容を構成した。実施に当たって各過程の学習の意義を明確化することに留意した。この実践を通して技術学習における学習者の数学的な内容の理解、理科学的な内容の理解、工学的な内容の理解、および技術的な内容の理解を確実に把握する必要から LMS (学習管理システム) を用いて学習履歴を確認できるようにした。具体的には Moodle のフォーラムや課題提出機能を用いて、学習者の学習状況を教授者と学習者の双方で確認できるようにした。毎時の学習の始めに前回の学習状況を確認し合うことで、本時の学習の準備状況の把握の一助とした。授業過程では工学的内容の理解において数学的理解や理科学的理解が前提となること、それらを踏まえて技術的なアイデア創出が可能になることを確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 西山 由紀子, 角 和博, 菊地 章, 伊藤 陽介	4. 巻 第63巻, 第1号
2. 論文標題 問題発見のための構想・設計を重視した計測・制御プログラミング学習授業実践	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会誌	6. 最初と最後の頁 41-53
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 青柳 達也, 宮崎 真優, 中村 隆敏, 角 和博	4. 巻 39号
2. 論文標題 テレビ会議システムを用いた演劇的手法によるコミュニケーション能力育成の一考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 佐賀大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 171 - 177
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 無
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 中村 隆敏, 角 和博	4. 巻 39号
2. 論文標題 地域連携によるMRコンテンツ開発と教育プログラム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 佐賀大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 167 - 170
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 無
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 本村 猛能, 山本 利一, 森山 潤, 角 和博	4. 巻 39号
2. 論文標題 学習者の知識と意識の国際比較を通じた情報教育の在り方の検討 : 日本, インドネシア, スロベニア, 米国 の中・高生の比較研究を通して	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 佐賀大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 145-157
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 無
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 Kazuhiro SUMI, Tetsuro KAKESHITA, Mika OHTUKI	4. 巻 13
2. 論文標題 Survey and Analysis of Computing Education at Japanese Universities: Subject of "Information" for High School Teachers License	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Olympiads in Informatics	6. 最初と最後の頁 123-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15388/loi.2019.08	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 角和博, 古川美樹	4. 巻 38
2. 論文標題 初年次教育の授業改善における記憶再生マップの活用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 佐賀大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 2020
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 無
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 掛下哲郎, 角和博, 杉町信行, 前田明子	4. 巻 38
2. 論文標題 佐賀県中堅教員を対象としたプログラミング講座	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 佐賀大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 45-55
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 無
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 青柳達也, 角和博	4. 巻 38
2. 論文標題 県民講師養成講座における自己成長と変化についての一考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 佐賀大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 57-65
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 無
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10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西山由紀, 角和博, 菊地章, 伊藤陽介
2. 発表標題 価値あるものを生み出す力の育成のために情報デザインの視点を取り入れたネットワークプログラミング学習
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第63回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角和博, 西山由紀, 菊地章,
2. 発表標題 高等学校共通教科「情報」の情報デザイン学習における受け手を考慮した価値・創造の視点
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第63回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川田有輝, 山本利一, 角 和博, 木村真人, 中村摩耶
2. 発表標題 寸法記入から製作工程の読み取りを学習する動画教材の開発 ~工業科機械系学科の初年次教育に焦点を当てて~
3. 学会等名 日本産業技術教育学第33回会九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角 和博, 本村猛能, 山本利一, 岳野公人
2. 発表標題 2020年版の技術・工学スタンダードにおける STEM 教育としての技術と工学の役割
3. 学会等名 日本産業技術教育学第33回会九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西山由紀,角和博,菊地章,伊藤陽介
2. 発表標題 アンブラグド体験を取り入れた情報通信ネットワーク学習のシステムの考察
3. 学会等名 日本産業技術教育学第36回情報分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角和博,西山由紀,菊地章
2. 発表標題 情報デザインにおける表現手法の授業展開の提案
3. 学会等名 日本産業技術教育学第36回情報分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhiro SUMI, Takeno MOTOMURA, Toshikazu YAMAMOTO
2. 発表標題 Research on teaching materials in the technical field based on sustainable development goals based on STEM education
3. 学会等名 一般社団法人 日本産業技術教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiro Sumi, Takenori Motomura, Toshikazu Yamamoto
2. 発表標題 Research on teaching materials in the technology field based on sustainable development goals based on STEM education
3. 学会等名 TENZ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 角和博, 古川美樹
2. 発表標題 記憶再生マップを用いた初年次教育の授業改善に関する研究
3. 学会等名 日本教育工学会研究 教育方法・授業改善/一般
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川美樹・角和博
2. 発表標題 記憶再生マップによる小学校理科学習の授業改善に関する実証研究
3. 学会等名 日本教育工学会研究 教育方法・授業改善/一般
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分 担 者	本村 猛能 (MOTOMURA TAKENORI) (70239581)	日本工業大学・共通教育学群・教授 (32407)	

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0件

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
---------	---------