

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：17101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02981

研究課題名（和文）STEM教育を指向した科学概念育成のための理科教材の開発と実践

研究課題名（英文）Development and Practical Study of Teaching Materials of Science to Cultivate a Concept of Science Directed Towards STEM Education

研究代表者

伊藤 克治（ITO, Katsuji）

福岡教育大学・教育学部・教授

研究者番号：10284449

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）：本研究は、自然現象や科学現象の学習対象について、実感を伴って理解するための教材・学習プログラムの開発とその実践を行った。教材作成につながる基礎研究としては、有機分子触媒を用いた有機合成を行った。また、フルカラー3Dプリンターを用いた有機分子模型の製作方法を検討し、カラー3Dデータから出力までの一連の方法を確立した。さらに、マイクロビットを用いて、動きに時間がかかる対象物を観察するためのインターバル撮影システムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を通して、カラー3D教材（分子模型）を製作する方法の確立と、授業実践を通して有効性を示すことができた。この成果は、今後、中等教育や高等教育における化学系の授業や研究面での活用につながるものと期待される。また、マイクロビットを使った教材開発は、現在、学校教育現場で必要となっているプログラミング教育について、1つの提案ができるものである。これらの成果は、今後の我が国のSTEAM教育の推進に貢献できるものと考えている。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed teaching materials and learning programs to understand the learning objects of natural phenomena and scientific phenomena with the actual feeling, and put them into practice. As basic research leading to the development of teaching materials, we examined organic synthesis using organocatalysts. We also examined a method for manufacturing an organic molecular model using a full-color 3D printer, and established a series of methods from creation of color 3D data to output. Furthermore, we have developed an interval shooting system using a micro:bit for observing objects that take a long time to move.

研究分野：科学教育，教育工学，有機化学

キーワード：理科教材 3Dプリンター プログラミング教育 STEAM教育 粒子概念 空間概念 時間概念 見方・考え方

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

現行(平成20年改訂)の学習指導要領から、理科では「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4領域で小・中・高等学校を通じた内容の構造化が図られ、科学の概念形成が系統的かつスパイラルに育成されることが強調されている。これは平成29年3月に告示された新学習指導要領でも踏襲されている。粒子領域では、生活スケールよりも遥かに小さな学習対象(原子・分子)を拡大・モデル化する微視的な物質概念をもとに、実際に目にする巨視的現象に結びつけて理解することが不可欠である。しかし、抽象的概念でもある物質概念をもとに実感を伴った理解をすることは児童生徒にとって容易ではない。これとは対極に、生活スケールよりも遥かに大きな学習対象(山・川や天体など)を縮小・モデル化する空間概念が不可欠な地球領域でも、同様に実感を伴った理解は容易ではない。このため、学習者が学習場面でリアルにイメージ化・モデル化して理解するために必要な科学概念をいかに高めるかが重要なポイントになる。この課題解決に向けて、これまでに理論面と実践面から様々な研究が行われているが、研究者の専門分野の特性上、粒子領域か、地球領域のどちらかに傾斜したものがほとんどである。

一方、別の新しい流れとして、IT人材育成のためのSTEM教育が海外で急速に広がっている。我が国でも、次世代人材育成事業を通して理数教育・科学技術教育の充実を図っている。また、STEM教育とは明記されていないものの、新学習指導要領の中でそのような教育が重視されている。しかし、STEM教育の視点を取り入れながら、児童生徒の発達段階を踏まえた統一かつ系統的な教材・学習プログラムと科学概念育成の相関に関する研究についてはほとんど例がなく、新学習指導要領の完全実施が迫る現在、喫緊の課題といえる。

### 2. 研究の目的

本研究は、自然現象・科学現象の学習対象を学習者の生活空間・学習時間の中で捉え、実感を伴った理解につなぐための教材・学習プログラムの開発と、授業・研修・公開講座等で活用することを目的とした。このために、理科の「粒子領域」と「地球領域」に焦点を当て、STEM教育を指向した教材開発と実践を行った。

### 3. 研究の方法

#### (1) 空間概念を育成するために有効な教材開発(3Dプリンターの活用)

三次元教材導出のための教材探査と基礎研究

分子構造(微視的現象)とその化学的性質(巨視的現象)を関連づけて確認できる教材開発に向けた基礎研究を行った。

3Dプリンターによる教材製作

上記で導出した三次元教材について、現在、入手容易になったフルカラー3Dプリンターを用いて実際に製作し、その加工精度を検証した。

#### (2) 時間概念を育成するために有効な教材開発(マイコンボードの活用)

児童生徒が使いやすいことと、学校教育現場への将来の導入・普及のしやすさを考慮し、比較的安価なマイコンボード(マイクロビットやラズベリーパイ)を利用した教材開発を行った。これに向けて、実験・観察における「計測」と「制御」をするためのプログラムを学習者自身が行うことを想定し、児童生徒の発達段階を踏まえて校種に合った教材を検討した。具体的には、月や星の動き、花の開花、物質の溶解や結晶化など、生活時間外の自然現象・科学現象をインターバル撮影して理解するための教材を中心に開発・検証した。

#### (3) 開発した教材等を用いた学習プログラムの立案と実践・評価

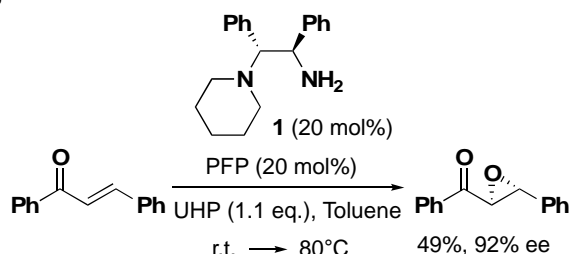
上記で開発した教材を中心に、探究的な学びの学習プログラムを作成し、実践を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 空間概念を育成するために有効な教材開発(3Dプリンターの活用)

三次元教材導出のための教材探査と基礎研究

まず、三次元教材導出のための基礎研究を行った。筆者らは先行研究において、市販の(*R,R*)-1,2-ジフェニルエチレンジアミンから誘導されるジアミン型有機分子触媒 **1** が分子内不斉 aza-Michael 反応の有効な触媒であることを見出している。この反応は、触媒 **1** によって捕捉された基質内の窒素原子が分子内で求核攻撃する反応である。この結果を踏まえ、 $\alpha,\beta$ -不飽和カルボニル化合物を基質に用いて、同様の触媒 **1** を用いて過酸化水素を



Scheme 1 不斉エポキシ化反応

位に求核攻撃させることができれば、不斉エポキシ化が実現できるものと考えた。

この作業仮説に基づいてカルコンの不斉エポキシ化の条件を種々検討したところ、Scheme 1 に示すように、触媒 1 と共触媒のペンタフルオロプロピオン酸(PFP)を同量 (20 mol%) 用いて、トルエン中で過酸化水素-尿素複合体(UHP)を共酸化剤として作用させた際に、化学収率は中程度であるものの、92% ee の高選択性を得ることができた。

なお、本反応は触媒回転数に課題があるが、おそらく、Fig.1 に示したイミニウム塩中間体の生成や解離が速やかに起こらないためではないかと考えている。生成物の立体化学から類推して、本反応は A の状態を経由するものと考えられるが、今後、計算化学的手法でこのエネルギー差を明らかにする予定である。また、反応機構を理解するためには A と A' の三次元構造を把握する必要があるため、現在、3D プリンターを用いた分子模型製作について検討中である。

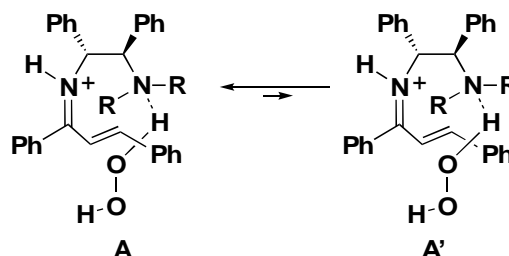


Fig.1 反応機構モデル

### 3D プリンターによる教材製作

3D プリンターで出力するためには、三次元情報をもつデータが必要となる。このためには、無償あるいは有償のソフトを使って STL (Standard Triangulated Language) 形式のデータを作成する必要がある。なお、近年では、様々な研究者や研究機関、企業等から有機分子の STL ファイルを入手することもできる。しかしながら、STL ファイルには色情報は含まれないため、有機分子のカラー分子模型を製作する場合は、カラー 3D データを作成する必要がある。本研究では、アメリカ国立衛生研究所 (NIH) が運営している Web サイトにある化合物については、ダウンロードした STL ファイルを使った。ここにはない未知化合物については、HULINKS 社の結晶・分子構造のモデリングソフト Crystal Maker を使って STL ファイルを作成した。この STL ファイルに、Windows10 に標準搭載されている 3D Builder を使用して色情報を追加した。こうして確立した方法に従って、高等教育の有機化学系授業での実践を想定して、酢酸スチラリルの空間充填モデルと球棒モデルのカラー 3D データを作成した。

フルカラー 3D プリンターは XYZprinting 社のダヴィンチ Color を使用し、樹脂は直径 1.75mm の PLA 樹脂、設定は内部充填密度 10%、レイヤ高さ 0.3mm とした。この条件で、空間充填モデルと球棒モデルの 2 種類の分子模型の出力を行った。

右図 (Fig.2) には、実際に製作した 2 つのモデルを示している。いずれの場合も、模型の積層については、問題なく行うことができた。しかし、塗布については、右図にはうまくできたものも示しているが、色むらなく全体的によく色が塗布できたものもあれば、模型の裏側に色がほとんど塗布されず色むらができてしまうものもあった。このような傾向は、造形物が細かな球棒モデルの場合が多く見られた。個体差が出た原因として、模型の裏側にはインクを浸透させながら塗布することになるため、表側よりも難易度が高かったことが挙げられる。また、CMY のインクを混ぜて発色する場合は、ノズルの汚れなどが影響して色むらが生じたものと考えられる。

次に、基礎研究として検討した有機反応について、その反応機構を理解するための教材として、実際に有機分子触媒として使用したホスフィノフェノール分子の分子模型

(空間充填モデル) の製作を行った。Fig.3 に示したホスフィノフェノールは  $C_{39}H_{29}O_2P$  の分子式で表され、市販の分子模型を使って組み立てると、かなり大きなサイズになる。サイズが大きくなると、手に取って様々な角度から眺める際に模型が歪んだり部品が外れたりすることがある。このような場合は、3D プリンターで製作したものが使いやすい。上記の方法で作成したカラー 3D データを使用して、3D プリンターで出力を行った (Fig.4)。まず、FLASHFORGE 社の Finder を用いて、STL ファイルから白色 (単色) の分子模型を出力した。この際、樹脂は直径 1.75mm の PLA 樹脂を使用して、レイヤ高さ 0.3mm、内部充填率は 15% にした。この条件下で 3 時間 11 分で出力できた。

一方、フルカラーの分子模型は XYZprinting 社のダヴィンチ Color mini を使用して PLY ファイルから出力した。この際、樹脂は直径 1.75mm の PLA 樹脂を使用して、レイヤ高さ 0.3mm、内部充填率は 10% にした。フルカラーの場合はインクを吹き付ける作業が必要になるため、この条件下では 5 時間 22 分で出力できた。今回用いた機種では、着色の問題は見られなかった。

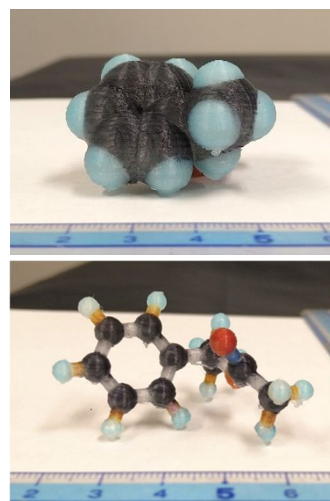
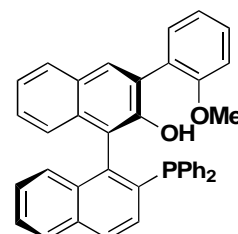


Fig.2 酢酸スチラリルの空間充填モデル(上)と球棒モデル(下)



Chemical Formula:  $C_{39}H_{29}O_2P$   
Molecular Weight: 560.63

Fig.3 ホスフィノフェノール



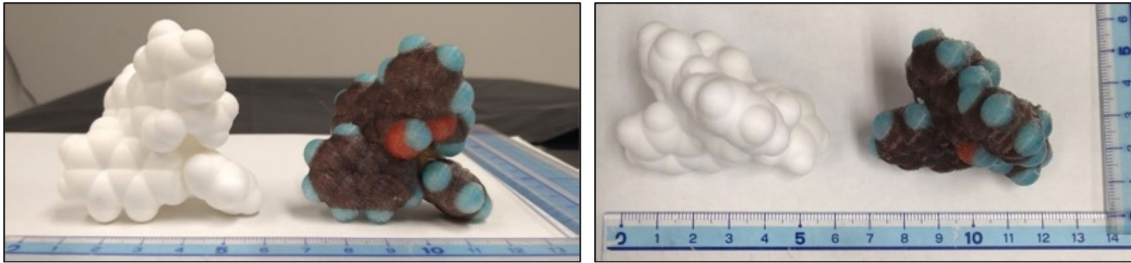


Fig.4 ホスフィンフェノールの空間充填モデル（左：正面，右：平面）

(2) 時間概念を育成するために有効な教材開発（マイコンボードの活用）

身の回りで行われる科学現象を理解するためには、決められた学習時間の中で児童・生徒に現象を捉えさせることができる教材が不可欠である。このうち、月や星の動きなど、観察に長時間を要し、学校での学習時間中に直接観察できない内容については、デジタル教材が有効である。また、生命領域においても、植物の成長や環境応答など変化に時間がかかる内容についても、同様にデジタル教材が有効である。これらのデジタル教材について、児童・生徒が受動的に視聴するのではなく、コンピュータ制御によって自ら意図した撮影をして観察することができれば、プログラミングの論理的思考力が高まるとともに、「時間的な見方」が豊かになるものと期待される。

そこで本研究では、教育用コンピュータのマイクロビットを用いて、植物や月の動きなど時間がかかる対象物を観察するために必要なインターバル撮影について、児童・生徒自身が行うためのシステムを開発した。システムの構成には、撮影を行うカメラとして市販の Web カメラを採用し、カメラの制御にはラズベリーパイを用いた。ラズベリーパイにはあらかじめ外部信号を受け取ると撮影できるように Python でプログラミングし、撮影データは外付けの USB メモリに自動で保存することとした。ラズベリーパイへの撮影信号はマイクロビットから受け取ることであり、マイクロビットによる信号出力タイミングを児童・生徒によってプログラムできるようにした。また、児童・生徒が設定できる要素として、撮影タイミングのほかに、照明機器や扇風機のように観察対象へ物理的な刺激を与える外部機器の制御も可能にした。ここでは、ソリッド・ステート・リレー(SSR)を用いて、AC100V 機器を 2 台まで制御できるようにした。

(a) 天体の動きのインターバル撮影

開発したインターバル撮影システムの実証実験として、天体の動きの撮影を行った。ここでは月が時間とともに移動する様子について取り扱った。静止画のサイズは 1280×720 とし、2020 年 4 月に福岡県内施設の屋上 (33°48'44.9"N 130°35'48.7"E) から東南東方向を撮影した(視野角約 75°)。なお、露出やホワイトバランスは全て自動設定とした。マイクロビットのプログラムは、撮影用のトリガ信号を 5 分毎に生成するシンプルな構成とした。Fig.5 に撮影した写真と分析用に背景差分による重ね合せ処理をした画像を示す。



Fig.5 月の動きのインターバル撮影

(b) 植物の環境応答のインターバル撮影

同様のシステムを用いて、植物の環境応答(光屈性)を記録するために、豆苗(エンドウの若菜)が光によって曲がる様子を撮影した。暗室にて 1 分ごとに 3000 枚(50 時間分)の撮影を行い、2 台の LED 照明(3.5W, 昼白色)を豆苗の左右に設け、2 時間ごとに照明の点灯箇所を切り替えるようにした。このシステムで撮影した写真を Fig.6 に示す。実際は 1 分ごとに撮影したが、ここでは変化が分かるよう、開始時から 1/2/3/12/24/36/48 時間後の写真を列挙している。～ に示すように、LED 照明の明かりを追従している様子を撮影することができた。また、～ に示すように、わずかではあるが草丈が伸長し全体が茂っている様子も捉えることができた。なお、全ての画像を動画編集ソフト等につなげて再生することで、植物が光に向かって動く様子や、少しずつ生長する様子を児童・

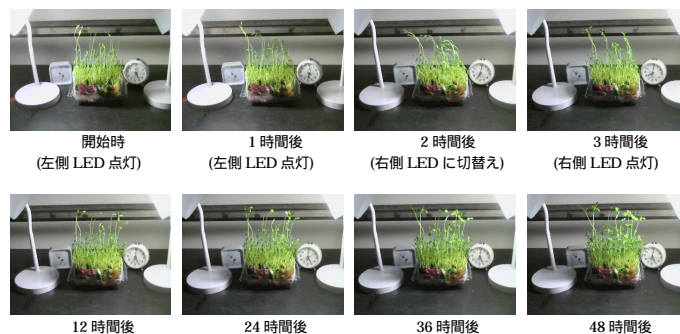


Fig.6 植物の環境応答のインターバル撮影

生徒に捉えさせることができる。また、プログラミングに関しては時間について思考するとともに、機器の制御を考えさせることができ、電気の流れについて意識化させることができるため、関連する単元との接続も期待できる。

このように、小学校理科および高等学校生物における時間的な見方を働かせるプログラミング活動を伴う教材として、インターバル撮影システムを提案・構築した。装置は既に学校教育現場で普及しているマイクロビットを活用したものとなっており、必要となる機器は全て汎用的で安価に入手できるため、新学習指導要領で求められている内容に即応できると考えられる。

### (3) 開発した教材を用いた実践

上記の(2) で製作した酢酸スチラリルの分子模型を用いて、大学の有機化学系の授業において有機分子の立体構造を理解させるための2回の授業実践を行った。

1回目の授業では、白色の酢酸スチラリルの分子模型(空間充填モデル)のR体またはS体を、化合物名と絶対配置を伝えずに1人に1つずつ配布した。この際、ヒントとして分子式を伝えた。この分子模型と分子式をもとに、各自・グループでの相互評価により、構造式と絶対配置を考えさせた。その後、酢酸スチラリルのカラーの分子模型(空間充填モデルおよび球棒モデル)を配布して、再度考えさせた。最後に、市販のHGS分子模型とワイヤーモデルを用いて酢酸スチラリルを組み立てさせ、R体とS体の分子の立体配置を確認させた。

2回目の授業では、確認テストとして、鏡像異性体をもつ分子の白色の空間充填モデルを15種類用意して1人に1つずつ配布し、その構造式と絶対配置を考えさせた。これについても、各自とグループで考えさせ、相互評価の手法を取り入れた。

白色の分子模型について各自で考えている間は、構造を捉えるのに苦労している様子が見られた。しかし、カラーの分子模型を配布すると理解が進み、グループで議論をさせると、最終的に構造式・絶対配置ともに正答している学生が大多数となった。事前・事後にとった4件法のアンケートにおいて、“構造式から具体的な分子の形をイメージできるようになった”という設問に対して、実践後に“よくできる”、“まあまあできる”と肯定的に回答した学生が有意に増加した(Wilcoxonの符号順位検定,  $p < .05$ )。また、自由記述の内容について、KH-Corderを用いたテキストマイニングにより、“イメージ”という語句との共起関係を調べた。その結果、実践前は“しづらい”、“難しい”といった否定的な語句との共起が多かったが、授業後は、“深くなった”、“形成に役立つ”といった肯定的な語句との共起が増えていた。以上のことから、今回の鏡像異性体の学習において、分子の立体化学をイメージするために分子模型は有効であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 伊藤克治, 宮地作造, 菰田剣, 西辻真央	4. 巻 71
2. 論文標題 ピナフチル骨格をもつホスフィノフェノール型有機分子触媒を用いた不斉aza-MBH反応	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要 第3分冊	6. 最初と最後の頁 13-18
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 石橋直, 森山潤	4. 巻 71
2. 論文標題 技術教育における電気回路設計の学習に関する研究課題の展望 - 中学校技術科および高等学校工業科に焦点化して -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要 第3分冊	6. 最初と最後の頁 33-63
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 伊藤克治	4. 巻 71
2. 論文標題 ワイヤフレーム型分子模型を用いた有機化学の対面 / 遠隔学習	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要 第6分冊	6. 最初と最後の頁 1-5
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 石橋直, 貝澤世菜, 石川洋平, 森山潤	4. 巻 FIE-20-006
2. 論文標題 小学校・中学校の教科書における電気に関する記述内容の調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会研究会資料	6. 最初と最後の頁 7-12
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 石橋 直, 大日方 優太, 伊藤克治	4. 巻 70
2. 論文標題 マイクロビットを用いたインターバル撮影システムの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要	6. 最初と最後の頁 47-54
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 伊藤 克治, 宮城 良輔, 山崎 健太郎	4. 巻 69
2. 論文標題 ジアミン触媒を用いるカルコンの不斉エポキシ化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要 第3分冊	6. 最初と最後の頁 19-24
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 伊藤克治	4. 巻 68
2. 論文標題 教員養成系大学の化学実験における相互評価表の活用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 118-121
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 石橋 直	4. 巻 27
2. 論文標題 電気・電子回路学習のための導電性テープを用いたハンズオン教材の開発と試行実習	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 45-50
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 大内 毅、伊藤克治	4. 巻 68
2. 論文標題 3Dプリンターを用いた教材作成における最適加工条件の検討とその教育的効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要 第六分冊	6. 最初と最後の頁 1-5
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 石橋 直	4. 巻 68
2. 論文標題 「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」と「計測・制御のプログラミング」の統合教材の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要 第三分冊	6. 最初と最後の頁 47-55
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 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 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 後藤顕一
2. 発表標題 新学習指導要領の評価に向けて相互評価はどのような活用ができるだろうか -学校全体の取組から理科の取組まで-
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤友介, 佐藤大, 神孝幸, 伊藤克治, 後藤顕一, 野内頼一
2. 発表標題 探究の過程を踏まえた学習活動の開発 -物質量の単元びらきをテーマに-
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 松高和秀, 佐藤圭鼓, 佐藤博義, 伊藤克治, 後藤顕一, 野内頼一
2. 発表標題 探究の過程を取り入れた「化学びらき」の授業展開
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本暁, 神孝幸, 佐藤博義, 伊藤克治, 後藤顕一, 野内頼一
2. 発表標題 「化学反応の量的関係」を題材とする深い学びの実現に向けた授業モデルの開発
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浦川順一, 佐藤友介, 佐藤大, 伊藤克治, 後藤顕一, 野内頼一
2. 発表標題 単元や題材を通して資質・能力を育てる学習指導の在り方-酸・塩基分野をテーマに-
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菰田 剣, 大内 毅, 伊藤克治
2. 発表標題 カラー3D プリンターによる分子模型製作のための出力データ作成法の検討
3. 学会等名 日本理科教育学会九州支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮地 作造, 西辻 真央, 菰田 剣, 伊藤 克治
2. 発表標題 ビナフチル骨格をもつホスフィノフェノールを用いた不斉aza-MBH反応
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤克治
2. 発表標題 遠隔授業における化学実験レポートのピアレビューの実践
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菰田剣, 大内毅, 伊藤克治
2. 発表標題 フルカラー3Dプリンターによる分子模型の製作
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大内毅, 兵永大悟, 菰田剣, 伊藤克治
2. 発表標題 3Dプリンターの加工条件が造形物の強度性能に及ぼす影響とその最適化について
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第34回九州支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大日方優太, 石橋直
2. 発表標題 工業高校の交流回路学習における体験的学びを実現するための簡易実験装置の開発
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤克治
2. 発表標題 大学の化学実験における相互評価表の活用
3. 学会等名 日本理科教育学会 第70回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石橋直, 尾之上卓人
2. 発表標題 電気回路教材としての導電性テープの性能評価
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第33回九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石橋直
2. 発表標題 電気回路学習における不正確なモデルと初学者の誤概念との関連性
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤克治
2. 発表標題 大学の化学実験における相互評価表の活用
3. 学会等名 日本理科教育学会 第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石橋直, 平井智輝崇
2. 発表標題 電気回路教育のための導電性テープの活用に関する研究
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大内毅, 伊藤克治
2. 発表標題 中学校技術科における3Dプリンターを活用した実習題材の検討
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤克治
2. 発表標題 小学校教員養成教育における相互評価表の活用
3. 学会等名 日本理科教育学会 第68回全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 福村裕史ら編, 伊藤克治著	4. 発行年 2020年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 8
3. 書名 すぐに見える! 双方向オンライン授業 Zoom、Teams、Googleソフトを活用して、質の高い講義と化学実験を実現	

1. 著者名 伊藤克治	4. 発行年 2019年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 1
3. 書名 「資質・能力」を育む高校化学 探求で変える授業実践	

〔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	大内 毅  (OHUCHI Takeshi)  (40346838)	福岡教育大学・教育学部・教授    (17101)	
研究分担者	石橋 直  (ISHIBASHI Tadashi)  (80802842)	福岡教育大学・教育学部・准教授    (17101)	
研究分担者	後藤 顕一  (GOTO Kenichi)  (50549368)	東洋大学・食環境科学部・教授    (32663)	

6. 研究組織（つづき）

	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	野内 頼一  (NOUCHI Yorikazu)  (00741696)	国立教育政策研究所・教育課程研究センター研究開発部・教育課程調査官     (62601)	

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