

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02945

研究課題名（和文）身近な物理量の計測を基にした文理混合データサイエンス教育の実践

研究課題名（英文）Practice of mixed humanities and science data science education based on the measurement of familiar physical quantities

研究代表者

三野 弘文（Mino, Hirofumi）

千葉大学・大学院国際学術研究院・教授

研究者番号：40323430

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：文理混合で行うに相応しいデータサイエンス教育を目指し、身近な物理量の計測をベースとした教材開発を行った。micro:bitを用いたプログラミングと物理量計測、Processing等を用いた物理シミュレーション、偏光色アートにおける芸術と物理量の関わり等から、データに基づく視点をもって本質を見抜き、論理的な思考力を向上させる授業を確立した。前例のない実測とシミュレーションのハイブリッド化教材も実現し、開発したコンテンツをWebページで公開するに至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大学教育において文系・理系を問わないデータサイエンス教育の導入と充実が求められている。本研究では、誰もが関心を示す日常生活の身近な現象を物理量の計測によって捉え、得られたデータの解析を通じて本質を見抜き、論理的な思考力を向上させる教材を開発したこと、また、物理量の計測が社会にどのように活かされているかについて考え、データを基にした視点を持つことの重要性を学ぶ機会を提供できる点に意義がある。

研究成果の概要（英文）：Aiming at data science education appropriate for mixed humanities and sciences, we developed teaching materials based on the measurement of familiar physical quantities. Through programming and physical quantity measurement using micro:bit, physical simulation using Processing, etc., and the relationship between art and physical quantities in polarized light color art, we established classes to improve the ability to see the essence and think logically with a data-based perspective. We have also realized an unprecedented hybrid teaching material of actual measurement and simulation and have made the developed contents available to the public on our web page.

研究分野：光物性物理学

キーワード：物理量計測 データサイエンス 科学教育 プログラミング

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

AI や IoT の急速な発展によって、社会環境は大きく変化しつつあり、デジタル化社会に適応した人材育成が喫緊の課題となっている。特にこれからの社会を担う若い世代に対しての科学リテラシーの向上が重要視されており、文系・理系問わず、プログラミングや統計解析など、データサイエンス教育が強く求められている。しかし現段階では、総合大学にて文理混合のデータサイエンス教育はまだ模索段階にある。これは、文系学生に対しては数理やデータ解析などを目的意識を持たせて学ばせることの難しさがあり、理系学生に対しては高度な理数知識を修得する従来のカリキュラムに、データサイエンス教育をどのように組み込むのか明確な方針を定め切れていないことが一つの要因である。また全学的に進めるには、文系学部・理系学部で連携をとる必要があるが、実践例が少ない状態では、カリキュラム策定や運営面で行動を起こしにくい。そもそもデータサイエンスに関して、文系・理系学生どちらにも重要で興味を持たせる内容とそれを修得させる方法とは何かが問われている状況にある。

そこで、本研究では、文系・理系を問わず、誰もが関心を持つ、日常生活における身近な現象を物理量の計測によりデータとしてとらえ、そのデータの解析を通じて、データサイエンスについて学ぶ機会を提供することを考えた。生活や環境に関わる問題に直結するデータの計測で、課題発見や環境改善につながるのであれば、文系の学生にとっては目的意識の意味で興味を与えられ、また理系の学生にとっては、すでにある数理的な考え方の基礎が日常生活にどのように活かされるかを再認識する貴重な機会にもなる。そして、文理混合の学生が所属する千葉大学国際教養学部の実験実習にて本研究を推進し、その実践結果をフィードバックすることで、文理の枠を外したデータサイエンス教育の在り方について一つの指針が得られ、全学的な展開に向けたきっかけを得ることができると考えた。

2. 研究の目的

大学教育において文系・理系を問わないデータサイエンス教育の導入と充実が求められている。そこで、本研究では、誰もが関心を示す日常生活の身近な現象を物理量の計測によって捉え、得られたデータの解析(グラフ化と数値の定量評価等)を通じて本質を見抜き、論理的な思考力を向上させる教育を展開する。また、物理量の計測が社会にどのように活かされているかについて考え、課題発見や社会問題の解決に向けてデータを基にした視点を持つことの重要性と意義を学ぶ機会を提供する。更に、プログラミングから各種センサーを使用した計測を行う個人体験型の教材開発(オンライン化も含む)も進める。文理を問わず興味関心が得られるアートを入り口としたデータサイエンス教育について検討する。文理混合による課題解決型教育を進めている国際教養学部の学生を対象とした実践などから、身近な物理量の計測をベースとした文理混合データサイエンス教育について、モデルとなるカリキュラム開発を目指す。

3. 研究の方法

文系・理系を問わないデータサイエンス教育の確立を目指すため、マイコンボードを用いたプログラミング・物理量計測、各種装置を用いた環境計測を行う教育実践を行う。Processing や p5.js 等を用いた物理シミュレーションを構築し PC 上でデータの取り扱いや物理量の変化と現象、偏光色アートにおける芸術と物理量の関わりなど、体験しながら学べるコンテンツを開発する。ネット上にコンテンツを公開し、実際に千葉大学における普遍教育(教養教育)や、国際教養学部での教育に活用するなどして、効果の検証など行う。

4. 研究成果

マイコンカード micro:bit を用いたデータサイエンス教育についての研究展開については、プログラミング未経験者に対しての導入教育として適していること、物理量計測用のプログラムを学生自身に組ませ、温度、光強度、加速度など物理量の時間変化測定、データ解析を基にした授業をスムーズに実行できることを確認した。更にサーモグラフィ、マルチ環境計測器、分光器、オシロスコープなどの装置を用いることで、環境計測から物理現象における因果関係や相関について学ばせる試みを「物理量計測実験実習」という科目を立ち上げて行った。白色光のスペクトル測定により、太陽光や蛍光灯、白熱電球、LED 光源によってスペクトルの違いや、強度の違いがあることや、光を照射すると温度が上昇するといった物理現象に加えて、植物を対象として、蒸散などの結果、葉の温度上昇は抑制され一定に抑えられることなどの現象や、音の波形を電気信号として捉え、波形からフーリエ変換について学ぶ機会を提供した。これら現象と数値を比較しながらの学びにより、自然科学への興味関心が強くなり、また数値を用いた計測の重要性や、物理法則、論理的な思考力の要請や、数値から課題発見や、エネルギー問題について考え

させる学びに展開できる可能性を得た。

身近な偏光板とセロハンテープを使用して偏光色を観察し、その光スペクトルの測定と、エクセルを使用したシミュレーションの比較により、データに基づく仕組みの理解と偏光色アート作品の制作を行う授業科目「サイエンスアート」を立ち上げ実施した。偏光色は、互いの透過軸を直交した2枚の偏光板の間に透明なセロハンテープを挟むことによって、光が透過し、セロハンテープの枚数によって透過する光が色づく現象であるが、その仕組みについて、図1に示す3Dシミュレーションの開発を行った。セロハンテープによって偏光が変化の様子をイメージし、またどのように貼り合わせるかによって色の変化をシミュレーションで確認しながらの学びが、文系学生にとっても理解の補助となり、肯定的に受け取られる結果を得た。アートを楽しむ視点からデータを扱い、数値シミュレーションによって物理の法則や数学的な手法について興味を持たせて、サイエンスについて学ばせることは文理の隔てなく効果的であることが示唆された。

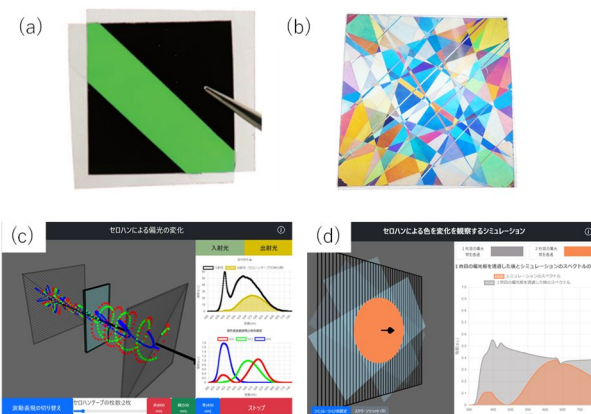


図1 (a)偏光色 (b)偏光色アート作品 (c)セロハンテープによる偏光変化シミュレーション (d)セロハンテープの貼り合わせによる偏光色変化の観察シミュレーション

物理基礎実験として有名な電子の比電荷測定についてのシミュレーション教材を開発した。図2に実際の実験機器と、製作したシミュレーションの画面を示す。本実験は様々な要因によって実験結果に誤差が生じやすい。これまでに、誤差要因の種類の特定や誤差を生じにくくするための工夫などが進められてきているが、パソコン上で動作する電子の比電荷測定実験のシミュレーションを併用することで、実験装置による結果と理論値を視覚的に比較する機能によって、誤差の要因となり得る測定ミスに気づく可能性があることが示唆された。また、高速電子の気体分子への衝突による発光を利用した電子軌道の可視化は、オーロラの原理としての学びを提供でき、文系学生にとっても興味関心を引くことができた。



図2 (a)装置を用いた電子の比電荷実験 (b)電子の比電荷実験のシミュレーション

学生にmicro:bitを配布するだけで、ネット環境のある自宅で自身のPCを用いて実施できる、前例のない実測とシミュレーションのハイブリッド教材を開発した。図3は本研究で制作したサイト(BICPEMA)で公開しているホーム画面である。micro:bitを用いた実測データをシミュレーション画面に表示し、目視で読みとった数値を、同画面上でプロットして、光の強度が光源から距離の二乗で減衰することを体験しながら学ぶことができる。アンケート調査では、自宅で装置を組み上げ、実測とシミュレーションの併用による体験ができる教材に対して、肯定的な意見が殆どで、将来の自宅実験シミュレーション学習の可能性を示し得た。



図 3 micro:bit を用いた実測とシミュレーションの用による光の強度と距離の関係を学習する教材 (図は公開サイトとコンテンツのサムネイル)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 吉田 賢二、丸澤 和晃、三野 弘文	4. 巻 8
2. 論文標題 ゼロハンテープの組み合わせで変化する偏光色予測プログラムの性能向上	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 千葉大学国際教養学研究 = Journal of Liberal Arts and Sciences, Chiba University	6. 最初と最後の頁 73~84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20776/S24326291-8-P73	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 SHIMAHATA, Ayumi; MINO, Hirofumi	4. 巻 7
2. 論文標題 Attempts to properly understand the effects of Coriolis forces on typhoons	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Liberal Arts and Sciences, Chiba University	6. 最初と最後の頁 155-163
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20776/S24326291-7-P155	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 YOSHIDA, Kenji; MINO, Hirofumi	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of 3D simulation to understand how birefringence changes polarization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Liberal Arts and Sciences, Chiba University	6. 最初と最後の頁 165-178
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20776/S24326291-7-P165	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 西澤 輝、吉田 賢二、三野 弘文	4. 巻 53
2. 論文標題 堆積環境の推定を目的とした中学生向けVR野外観察プログラムの開発と実践：新第三系千倉層群白間津層における事例	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンピュータ&エデュケーション / CIEC会誌創刊準備号編集委員会 編	6. 最初と最後の頁 58-63
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 Hirofumi Mino and Mai Sakamoto	4. 巻 6
2. 論文標題 Simulation of polarized color spectra varying with the number and angle of cellophane tapes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Liberal Arts and Sciences, Chiba University	6. 最初と最後の頁 79 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20776/S24326291-6-P79	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 Kenji Yoshida and Hirofumi Mino	4. 巻 6
2. 論文標題 Creation of physics simulation materials using Processing: Taking projectile motion as an example	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Liberal Arts and Sciences, Chiba University	6. 最初と最後の頁 185-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20776/S24326291-6-P185	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10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 吉田 賢二, 三野 弘文
2. 発表標題 シミュレーションと実験装置を併用した電子の比電荷測定実験の実践
3. 学会等名 日本科学教育学会第47回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丸澤 和晃, 三野 弘文
2. 発表標題 Excelと分光器を用いた高温域の放射測温の計画とその検討
3. 学会等名 日本科学教育学会第47回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森 愛花, 三野 弘文
2. 発表標題 天然石ビーズを用いた熱緩和測定
3. 学会等名 日本科学教育学会第47回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐久間 珠生, 吉田 賢二, 三野 弘文
2. 発表標題 鉱物を題材とした3D教材の製作
3. 学会等名 日本科学教育学会第47回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 土屋 貴嗣, 三野 弘文
2. 発表標題 ラマン分光法を用いた鉱物の本質理解
3. 学会等名 日本科学教育学会第47回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鳥畑 あゆみ, 三野 弘文
2. 発表標題 映像と道具を使用したコリオリの力の再現実験
3. 学会等名 日本科学教育学会第46回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 賢二, 西澤 輝, 三野 弘文
2. 発表標題 Processingを用いた物理シミュレーション教材の制作と授業実践-凸レンズの働きを例にして-
3. 学会等名 日本科学教育学会第46回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田賢二, 三野弘文
2. 発表標題 ゼロハンによる偏光の変化を理解するシミュレーションの開発
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田賢二、三野弘文
2. 発表標題 Processingを用いた物理アニメーション教材の制作と運用
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田賢二、石井孝典、三野弘文
2. 発表標題 物理シミュレーション教材の教育現場への導入方法の検討
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022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
--	---------------------------	-----------------------	----

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