

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03203

研究課題名(和文) 探究的学習のためのスマートフォンの活用法の開発と提案

研究課題名(英文) How to use smartphones for inquiry learning

研究代表者

鎌田 正裕 (KAMATA, Masahiro)

東京学芸大学・教育学部・教授

研究者番号：20204604

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：理数探究などで、スマートフォンがツールとして有効であることを示すため、超音波の干渉実験、音を介したインターフェースの可能性について検討した。また、スマートフォン(タブレットパソコン)をカラー光源として活用した、ラジオグラフィーの模擬実験の可能性についても検討した。探究活動のテーマとして放射線を利用したものが従来より散見されるが、高校生にとって、実際に放射線を用いた実験は、安全性の確保の視点と、費用の面で容易ではない。スマートフォンの画面から発せられる単色光を放射線に見立てた模擬実験は、放射線教育用の教材としても広く活用できるものができると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高等学校の理数探究などで生徒が必要とする実験器具を十分な台数確保できる学校は、多くはない。一方、ほぼ全生徒が所有しているスマートフォンには、種々のセンサー類が組み込まれており、これに既存のアプリを活用することで、探究活動に有力なツールとなりえる。本研究では、スマホ本体、アプリ、インターフェース類の活用可能性について検討した。得られた知見には断片的なものが多いが、少なくとも生徒が実際の探究活動に取り組む上での手掛かりになるものが得られたと考えられる。また、光源(擬似放射線源)としてのディスプレイの活用方法については、ラジオグラフィー教材として一定の完成度のものが得られた。

研究成果の概要(英文)：In order to show that smartphones are effective as a tool for "Inquiry-Based Study of Science and Mathematics", the possibility of ultrasonic interference experiments and sound interfaces was investigated. The possibility of radiography simulation was also examined using a smartphone (tablet computer) as a color light source. Research activities that use radiation have often been carried out in Inquiry-Based Study at school. But for high school students, experiments using radiation are not easy from the perspective of ensuring safety and cost. It is thought that the simulated experiment in which the monochromatic light emitted from the screen of a smartphone is likened to radiation will be widely used as a teaching material for radiation education.

研究分野：理科教育学

キーワード：理数探究 スマートフォン タブレット 放射線教育 ラジオグラフィー

1. 研究開始当初の背景

2022年度より実施される、新教科「理数(理数探究基礎・理数探究)」について、高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説ではそのポイントを以下のようにまとめている。

理数科において新設する科目を「理数探究基礎」及び「理数探究」の2科目で編成し、それぞれ選択履修とする。

「理数探究基礎」では、生徒の特性や実態に応じて観察、実験、調査等の手法や統計処理の方法などを含んだ探究を遂行する上で必要な知識及び技能を身に付けさせる。また、実際に探究を遂行することなどを通して、各教科等で学習した知識及び技能を再確認したり新たな意味を見いだしたり、他の生徒と共に探究の方針を考えたり議論したりして粘り強く探究に取り組む態度を身に付けさせる。

「理数探究」では、個人又はグループで課題を設定して主体的に探究を行い、その成果などをまとめて発表させる。課題は数学や理科などに関するものを中心に設定させ、探究の手法としては数学又は理科に基づくことが必要である。また、中間発表を行うなど、途中段階での進捗を確認しながら粘り強く取り組ませることが重要である。さらに、探究した成果やその過程を報告書等にまとめさせることが求められる。

上に示したように当該教科においては、生徒が個人またはグループで課題の探究に主体的に取り組むことが求められており、そのためには、課題の解決で使用する種々の機器が多数必要となる。

2. 研究の目的

高等学校における新教科「理数」の中で活用できる、スマートフォンおよびスマホアプリの活用法を開発・提案(例示)する。

理数探究基礎・理数探究の中で、生徒には「多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究する」ことが求められており、理科に関する課題では、生徒自身が実験や観察の方法を設計し、それに取り組むことが望まれる。しかし、現実には生徒が必要とする実験器具を必要台数確保できる学校は、それほど多くはない。一方、ほぼ全生徒が所有しているスマートフォンには、種々のセンサー類が組み込まれており、これに既存のアプリを活用することで、生徒の探究活動に有力なツールとなりえる。本研究では、スマートフォンのツール化やそのツールを用いた実験等の具体例を新たに開発するとともに、既存のものと合わせて整理し、理数探究が実施される、多くの高等学校で活用される環境を整えることを目指す。

3. 研究の方法

ツールとしてのスマートフォンの活用法の開発に焦点化し、アプリそのものの開発は行わない。これは、特定の実験テーマに合わせたアプリを開発すると、ユーザー(この場合、高校生)は、それをブラックボックスとして扱いがちで、ユーザー自身が自ら工夫する場面を確保しにくくなるためである。具体的には、スマートフォン内のセンサーと既存のアプリを使用するだけで、どのようなツールや実験法が可能になるのかを、先行研究に基づき整理したうえで、これまでになかった新規性の高い活用法を開発し提案する。

具体的なテーマとして、「スマホを使って電子楽器を作ろう」や「超音波を使った音の実験」等がある。また、これらとは異なる視点で、音を介したインターフェースの開発にも取り組んだ。インターフェースは、スマホに組み込まれていないセンサーを使用する上で不可欠なもので、この種のインターフェースでは、光や電気信号で通信するのが一般的な方法であるが、スマホにはマイクやスピーカーが必ず組み込まれていることに着目し、今回は、音による信号の受け渡しを検討した。これによって、機種依存性が出にくく、かつ何らかの誤操作があっても、スマホそのものに悪影響を与える可能性が小さくなる。また、受け渡しされている信号が音なので、生徒が自分の耳で捉えることができ、機器の動作状況や動作原理を理解しやすいというメリットも期待でき、教育現場に適した方法と考えられる。

いっぽう、光に関する研究の一例とし、スマートフォン(タブレットパソコン)をカラー光源として活用した、ラジオグラフィーの模擬実験の可能性についても検討した。探究活動のテーマとして放射線を利用したものが従来より散見されるが、高校生にとって、実際に放射線を用いた実験は、安全性の確保の視点と、費用の面で容易ではない。そこで、スマートフォンの画面から発せられる単色光を放射線に見立てた模擬実験が可能と考え、同実験法について検討した。

4. 研究成果

- (1) 音をテーマとした実験法の開発
超音波域の干渉実験の一例(方法と結果)



図1 スマートフォンを用いた超音波の干渉実験

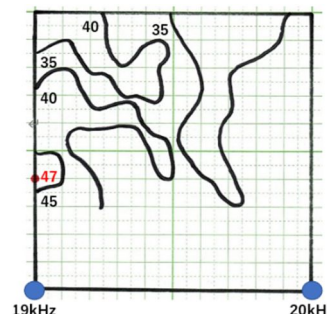
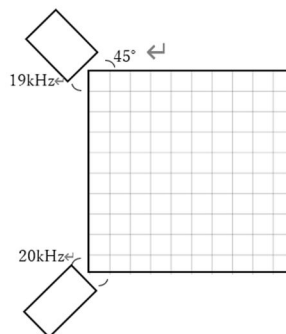


図2 1000Hz の音圧の分布

同一面上に設置された音源（図1参照）から発する音（超音波）を重ねる実験では、生成された1000Hzの音の大きさは、27.5~47.4dBであり、図2に示したように、38~40dBの領域が多く、19kHzを発振するスマートフォンの近くに大きい音が分布していた。音の大きさが47.4dBの地点においてマイクで拾った1000Hzの音を増幅後に耳で直接聞いても、スマートフォンから出るノイズにより生成された音がそうでないのかを判断することは困難であった。いっぽう、2台のスマートフォンを上下に重ね、音の大きさ47.5dBの地点において同様に直接耳で聞いた場合に、かろうじてではあるが、生じた音を聞き取ることができた。また、同実験でのe-scope 3-in-1によって記録された信号は図3



図3 超音波の干渉によって生じたうなり

のようになり、うなりを観察することができた。

音を介したインターフェースの検討（Beep音のカウント）

放射線検出器の発するBeep音を利用したインターフェースの有効性について検討した。Clap Counterは短い音を検知するとその回数を記録することができる。おもに手拍子などをカウントする用途で使用される。そしてその特徴として、感知することのできる音の大きさをdB単位で制御可能なことがあげられる。これを調整することによって、余計なノイズを拾うことなく信号音を検知することが可能になる。実際の使用に際しては、外部からノイズが入らないように静かな測定環境が求められるため、ここでは、図4に示したように、放射線検出器とともに遮音効果のある小さな箱に入れて使用した。



図4 Clapカウンターとエアカウンター

音を介したインターフェースの検討（micro:bitによるV/F変換の活用）

電圧の変化にともなって音程の変化を実感できるようにするために、かけた電圧に応じて周波数の異なる音を出力するmicro:bit用のプログラムを準備した。

なおmicro:bitにかけることのできる電圧は0~3Vのため、そのなかでおよそ0.5Vごとに音の高さが変化するように設定した。またmicro:bitが出した音を生徒が聞くだけでなく数値で把握することを想定しているため、スマートフォンアプリ（音程チェッカー）を使用し音の周波数を計測する方法を採用した。

表1 音程が変化したときの電圧

電圧(V)	0.26	0.75	1.05	1.82	3.11
周波数(Hz)	200	400	600	800	1000

電圧の変化にともなって周波数が変化の様子は視覚的にも聴覚的にも体感することができるが、本来micro:bitが0~3.0Vの電圧に対応することをふまえてもまだまだ正確さという面では十分ではない。今後、プログラミングの条件を変える、回路の検討をする、他の変圧器や電源装置を使用する、などの改良の余地がある。

(2) 光（放射線）をテーマとした実験法の開発

レントゲン写真は、生徒にとって身近な存在であると同時に、放射線と物質との相互作用の大きさを可視化できるよい教材と言える。しかし、実際に X 線を用いた実験を授業で扱うことは、安全の確保が難しく法的な規制があるため、学校では困難である。

開発された実験法（図 5）では、X 線源に相当する単色光の光源にスマートフォンやタブレットの液晶画面を利用した。また、被写体には、カラープリンターで OHP フィルムに印刷した図形（イラスト）を用いるので安価であり、生徒自身が試行錯誤をしながら探究的に実験に取り組むというメリットもある。

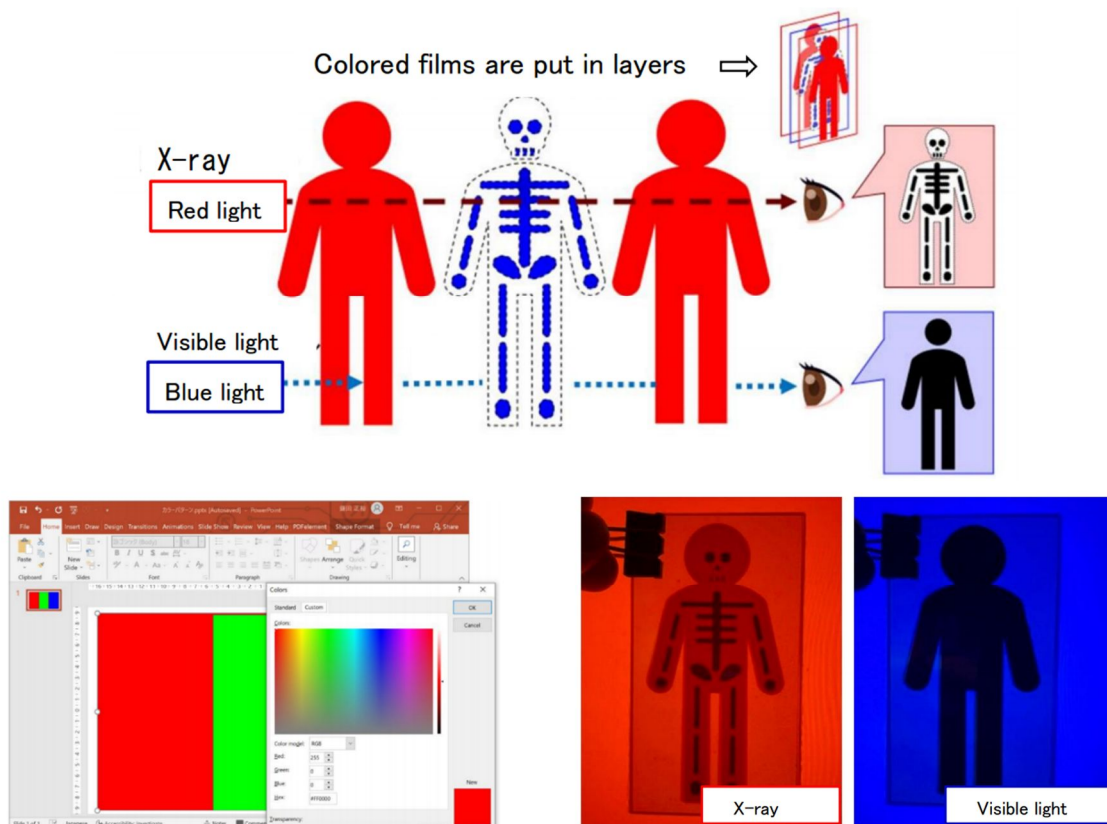


図5 可視光を使ったレントゲンの原理(実験用モデル)

レントゲン写真は、放射線の透過性を示す上で優れた教材である。しかし、放射線の透過性が放射線の種類によって異なることは、X 線だけを用いては説明ができない。

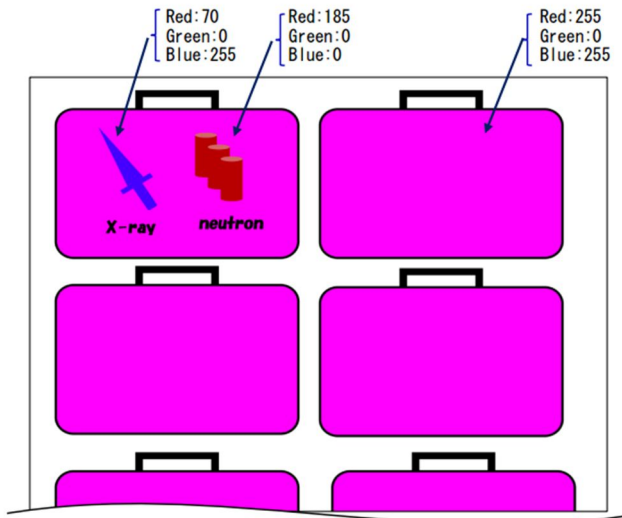
空港などの保安検査で 2 種類の放射線を用いることを前提に、図 6 のような、シートを準備した。シートは、鞆の中に、X 線が透過しにくい金属製の刃物と中性子線が透過しにくい爆発物が入っていることを想定した。X 線を赤い光、中性子線を青い光、可視光線を緑色の光で表すものとし、鞆は X 線（赤色光）と中性子線（青色光）の両方が透過するように、マゼンタで塗りつぶすことにした。

OHP シートに印刷したパターンを図 6（左）に、また切り取って重ねたものを同図（右）に示す。これを可視光（緑色光）、X 線（赤色光）、中性子線（青色光）で、透過したときの見え方を図 7 に示す。鞆内には、X 線の透過しにくい金属製のナイフ（青色で印刷）と中性子が透過しにくい爆発物（赤色で印刷）されたものが入っており、それぞれ X 線と中性子線で確認できた。

(3) 総括

一連の研究を通して、理数探究などにおける、スマホ本体、アプリ、インターフェース類の活用可能性について検討した。得られた知見には断片的なものも多いが、少なくとも生徒が実際の探究活動に取り組む上での手掛かりになるものが得られたと考えられる。また、光源（擬似放射線源）としてのディスプレイの活用方法については、ラジオグラフィー教材として一定の完成度のもものが得られた一方で、光の混色実験などを行う上でも、十分異役立つ知見が得られた。

今後は生徒の探究活動の中での活用の様子を調べることで、新たな活用方法を開発・提示するとともに、データベース化も考えたい。特にスマートフォンは、望遠鏡や顕微鏡のような光学機器と組み合わせることで、さらなる発展性が期待できる。



Object to demonstrate the difference between X-ray radiography and neutron radiography (Printing pattern)

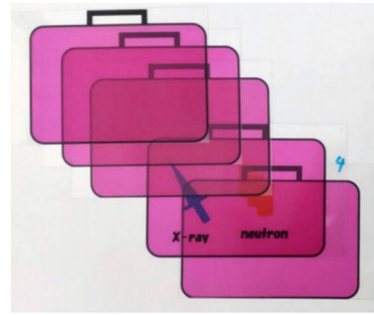


図6 中性子ラジオグラフィとX線ラジオグラフィの模擬実験(被写体)



(a)



(b)



(c)

図7 中性子ラジオグラフィとX線ラジオグラフィの模擬実験(画像)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kato Nanami, Kamata Masahiro	4. 巻 58
2. 論文標題 How to illustrate the principal of radiography using three monochromatic lights	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics Education	6. 最初と最後の頁 015012 ~ 015012
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6552/ac9a2a	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 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加藤奈々美, 鎌田正裕
2. 発表標題 カラーセロファンを用いたレントゲンのモデル教材の開発
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

〔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
---------	---------