

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和2年6月24日現在

機関番号：12102

研究種目：奨励研究

研究期間：2019

課題番号：19H00218

研究課題名：測定器としての機能を活用したスマートフォン物理実験とその授業展開

研究代表者

今和泉 卓也 (IMAIZUMI, Takuya)

筑波大学附属駒場中・高等学校・教諭

交付決定額（研究期間全体）（直接経費）：490,000 円

研究成果の概要：

ICT 機器を測定機器として捉えることで、現代的で新しい授業展開や課題研究を開発することに成功した。労力や費用面から難のあったテーマも、生徒個人の実験や活動として気軽に実現できるようにコンテンツの現代化を図った。

具体的には、スマートフォンのスロー動画を用いて、これまで困難だった2次元運動の容易な解析（パソコン活用含む）方法を構築し、高校2年の物理の授業で実践した。特に衝突現象を扱った事例においては、作用反作用の法則に関する誤概念に対して効果的であることが物理概念調査の結果から示唆された。

また、課題研究ではIoT機器を取り入れ、生徒が主体的に行動できる課題研究の構築に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンやマイコンなどのデバイスでは、様々なセンサが手軽に使用可能であり、測定機器としてのポテンシャルは高い。時間の分解能も高いなど、従来の実験器具に比べて優位な面も多く、中等教育で行える生徒実験の可能性を大きく広げるものである。この手法が全国に展開されることにより、物理を学ぶ多くの中高生が、より直感的にかつ自然現象を捉え、興味を持って物理を学ぶことができるようになる。また、昨今のような感染症が蔓延した場合であっても、特殊な器具の購入をせずとも、家庭単位で実験をすることができる学習プログラムも構築できた。

研究分野：物理教育

キーワード：スマートフォン実験 理科課題研究 プログラミング教育 IoT ESP32 GIGA スクール パソコン1人1台

1. 研究の目的

『スマートフォンの機能を生かした物理生徒実験や課題研究を考案し、実践する』

教育現場では、iPhone よりも iPad のようなタブレット端末が広く使われており、「情報取得・共有が簡便」といったような理由で用いられることが多い。だが、「物理」という科目においては、スマートフォンの測定機器としての性質に注目すべきだと考える。次のようなデバイス等が内部に入っている場合が多い。

アンテナ（電波の送受信）、マイク、スピーカー、加速度センサ、GPS、カメラ（Hi-speed 含む）、LED ライト、液晶

（大きくないのも利点。タブレットだと大きすぎて実験系に組み込めないことがある）

これらの点はいうまでもなく、物理の各分野の実験で非常に有用であり、実際にこれまでも実践してきた。一昔前なら、専用のセンサ等を購入せねばならなかったり、準備の大変さや費用面から演示実験に留まっていたりしたものが、気軽に生徒実験として実現できる。生徒からすれば、最も身近なスマートフォンを用いる実験は親しみを感じるようで、高校2年生に対する2年間の実践では、アンケート結果から生徒の能動性は高いことがわかった。また、講義や演習中心の授業に比べて、一年経過した時（高3）の理解度が落ちにくいことも確認された。

高いポテンシャルを帯びているにも関わらず、スマートフォンを測定器として積極的に用い

る実験はまだ少ないし、出尽くしていないと感じる。この種の生徒実験を考案、開発、実践する一連の活動によって、中等教育における物理実験の現代化に貢献したい。

(1) スマートフォンを用いた生徒実験の開発と実践（高校物理の授業）

- ・斜方投射のスローモーション動画撮影と解析による重力加速度の測定
- ・スマートフォンの 960fps(スーパースロー)活用による衝突現象の解析
- ・グラフソフト desmos を用いたシミュレーション学習
- ・Function Generator アプリを用いた波動生成とそれに関する波動現象の実験
- ・サーモグラフィーによる平衡状態へ向かう現象の観察やビー玉スターリングエンジンの温度差観察

などを、最大 10 班展開で行い、その効果等を、力学概念調査 (FCD)や定期考査、生徒たちの意見等をもとに検討する。なお、これらは、単に「スマートフォンを用いた実験系の開発」ではなく、「スマートフォンを用いることで実現できる新たな授業展開の開発」に重点が置かれるべきであると考えている。これにより、従来よりも、生徒がより自発的・能動的に学習に取り組めることを目指す。

(2)スマートフォンの Wifi/Bluetooth 機能を生かし、IoT とプログラミング教育を意識した課題研究「スマートフォン操作による測定系の作成と物理実験」を高校 2 年生を対象に行い、現代に即した教科横断的 (情報と物理) 学習プログラムを実践する。

通年、参加生徒の行ってきたものを成果物として評価できるように、また、課題研究を発展させるために、有効なツールとして Office365 の Teams アプリを用いる。これも、スマートフォンが活用できる。

2. 研究成果

前項で述べたどの研究も目的に沿った形で展開され、成果も得られた。特に、力学の生徒実験については、国際的にも活用されている力学概念調査による定量的な評価を行い、高いゲインが得られる結果となった。また、課題研究においても、IoT やプログラミング教育といったこれから重要になってくる分野の先駆的な実践例として、今後展開されていく上でも参考になる取り組みができた。

年度の終盤では、新型コロナウイルス感染症の感染拡大があり、学年末での評価が十分にできない部分もあり、残念であった。だが、本研究実践をもとにした授業展開や手法は、昨今のような感染症が蔓延した場合であっても、特殊な器具の購入をせずとも、家庭単位で実験をすることができ、生徒主体の学習形態がある程度維持できる。オンライン上でも、スマートデバイスは、有効かつ簡便に活用でき、単なる講義に留まらない展開が可能となる。今回の緊急事態を通して、今後の新たな学習形態を考える上でも、スマートデバイスの活用は重要な視点であることに改めて気づかされる結果となった。

(1)「斜方投射/エアホッケーの衝突のスロー動画解析」は、これまで扱いにくかった 2 次元運動を直接かつ簡便に実験でき、物理において重要なベクトル量を意識させながら授業を展開することができた。学習効果の評価については、国際的にも広く用いられている「力学概念調査」を用いた。4 月に行った力学概念調査のプレテストでは「作用反作用の法則」に関する理解に難があったが、開発した実験を取り入れた授業を展開し、12 月にポストテストを行ったところ「より大きな質量が大きな力を与える」という誤概念を持つ生徒が 33%から 5%に改善された。力学全体としてもゲインは 0.53 で、一般的な大学初年度と比べても高い。実験を多く取り入れた授業の方が高ゲインという他報告と合致する結果で、特にスマホを用いた 2 次元運動解析実験は、作用反作用の理解に大いに貢献するものであると考えられる。また、2 学期に行った生徒アンケートから、質量中心系からの観測といったような座標を変換して考える方法において、この取り組みが直感的で理解しやすいアプローチだったとわかった。

(2)安価なマイコン ESP32 (1500 円程度)とセンサ、ネット環境を交えた装置を開発する理科課題研究を展開した。選択希望生徒は全体の 55%で、生徒たちの興味の深さが示される結果だった。これらのテーマは IoT 技術とも密接で、民間と連携した展開も実現しやすい。ネット関係に詳しい民間の方を講師に招き、IoT 技術との連携も深まるようにした。生徒 1 人 1 人に課題を設定させ、装置製作、成果物紹介動画作成までを行わせた。グループではなく 1 人で開発を進められ、通常の理科実験のように、実験室にしかないような器具を用いる必要はなく、自分のやりたいときにやりたいところでできるという時間的・空間的制約の少なさも特徴で、想像以上に生徒が自主的に取り組んだ。各生徒の研究が深まっていく段階の 12 月には Amazon 社を訪問してマイコンを活用した IoT 講習を行ったところ、研究の最終段階に向けて大きなモチベーションとなったことが、生徒の発表からわかった。今後、GIGA スクールや理数探究を考える上で有用な実践例だと考えられる。全員の生徒が、初期段階でマイコンに触れたことのある人がいなかったにもかかわらず、作成した成果物は完成度の高いものが多く、課題研究終了後のアンケートからは、非常に能動的に取り組めていたことが示されるものであった。生徒たちの最終的な成果物紹介動画は YouTube でアップしてまとめ、企業の方などから評価をしてもらい、生徒

にフィードバックした。生徒アンケートでは、毎年このテーマを設けるべきだという意見が多く、生徒にとって満足度の高い課題研究になり得ることが示唆された。
また、課題研究のメインストリームとは別に、アプリ開発に精通している生徒とともに、家庭で学習できる「周期表アプリ」を開発し、一般公開した。

3. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

①今和泉 卓也、ESP32 を用いたいくつかの測定、物理教育通信、査読有、178、2019、20-27

②今和泉 卓也、斜方投射の生徒実験 ～” Kinovea” を用いた運動解析～、物理教育通信、査読有、177、2019、40-47

〔学会発表〕(計3件)

①今和泉 卓也、スマートフォンを活用した諸運動の生徒実験、日本物理教育学会、2019

②今和泉 卓也、マイコンボード ESP32、物理教育研究会、2019

③今和泉 卓也、スマートデバイスを活用した物理授業の実践、筑波大学附属学校研究発表会、2019

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

【理科課題研究「スマートデバイスを用いた物理系の測定と実験」の生徒の成果発表動画集】

ディアボロの回転速度を計測する

https://youtu.be/-M84_iQkaLc

不快指数や明るさを測定して動作する全自動リモコン

<https://youtu.be/yGsSy1NUVZ4>

距離センサとマイクとLEDを連携させた装置

<https://youtu.be/dLvs01qIDII>

トイレトペーパー残量測定装置

<https://youtu.be/m8IrQhfyuKE>

9軸センサで操作できるジャイロリモコン

https://youtu.be/D-ha_xBjouA

野球のデータ整理への応用

<https://youtu.be/2G9Bs-Hya-E>

距離によって出力する音を変える装置

<https://youtu.be/tpb9SB0m0QY>

超遠隔通信技術の応用～IoT HUBを介した 2台のESP32の通信～

<https://youtu.be/T81Ykk7Jxdk>

IoT HUBを用いたラジコン～ブラウザで操作&AUTO運転可能～～距離をブラウザでモニタリング可能～

<https://youtu.be/8P0dgAj4mu4>

ジャイロセンサーを用いた姿勢推定

<https://youtu.be/GD59k91Lbwk>

光るダンススーツの制作と実践～マイコンを活用して 文化祭にエンターテインメントを～

<https://youtu.be/IiZ31khNmoI>

歩きスマホ警告装置～警告をSlackにとばす～

<https://youtu.be/KhTe2g2pDxc>

みんなの目を守りたい～姿勢矯正のためのIoTデバイス～

<https://youtu.be/5QvWfdnMz3k>

ジェスチャセンサを用いたリモコン

<https://youtu.be/n6vMAxBOEHU>

ピアノを作りたい。

<https://youtu.be/IbvQfNFcD3o>

家の外から操作できるリモコン（通信できる環境&HTML等を自主開発）

<https://youtu.be/9rr7DukQLh4>

加速度測定できるボール

<https://youtu.be/XBeB1xzNts>

IR Control～赤外線受信&送信～

<https://youtu.be/-8paJkXJWSQ>

スマホで動かす低遅延ラジコン～自動走行も可能～

<https://youtu.be/khX3xcIzVUI>

【スマホで学習できる周期表アプリ】

<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.tsukukoma.periodictable>

4. 研究組織

研究協力者

研究協力者氏名：

※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、研究者個人に帰属されます。