

令和元年6月17日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21409

研究課題名(和文) スマートデバイスを利用した加速度運動実験支援システムの開発と応用に関する研究

研究課題名(英文) A Study of Development and Application of Accelerated Motion Experiments Support Software Using Smart device

研究代表者

星野 貴弘 (HOSHINO, Takahiro)

日本大学・理工学部・准教授

研究者番号：40580189

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：先行研究において、物理教育における加速度運動実験を対象にした実験支援ソフトウェアを開発し、そのソフトウェアを用いた実験システムの評価を行った。本研究では、さらにさまざまな物理実験に対応できるように新たに追加したエネルギー表示機能と操作性向上のための機能を開発した。開発した機能を利用し、水平面上での加速度運動実験と力学的エネルギーに関する実験へ応用した。前者の実験前後に行った理解度確認テストの結果、この運動に関する基本的な知識が向上した。後者の実験では、エネルギーに関連する課題解決型の実験を行った。実験後のアンケート結果から、実験装置の操作性、実験への参加姿勢において一定の効果があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平成31年に告示された新学習指導要領では、問題解決型学習をはじめとするアクティブラーニングの視点での教育改善が求められている。問題解決型学習を物理実験に取り入れる場合、実験時間の長時間化や実験装置のコストに関する問題を無視できない。本研究課題で開発したソフトウェアは、近年、低価格化が著しいスマートデバイスをプラットフォームにしており、かつ物理実験(力学)で対象とする物理量をグラフ化することが可能である。得られたグラフや測定量を基にした問題解決を図る実験に本ソフトウェアは役立つものと考えられる。したがって、本研究の成果は、アクティブラーニングを物理において実施するにあたり、重要な方法となりうる。

研究成果の概要(英文)：To provide more flexible lesson times, we developed the Accelerated motion Experiments Support software and experimental system in our previous research. To verify the effectiveness of the experimental system, we observed students conducting experiments using the system. This research reports newly implemented functions for displaying mechanical energy and improving operability. We show example applications using these functions: accelerated motion on a horizontal rail, and experiments involving mechanical energy. In the experiments on a horizontal rail, learning comprehension tests find that the level of understanding of the basic concepts of acceleration and forces has increased after the experiments. In the experiments on mechanical energy, we propose an advanced experiment in which students solve problems related to mechanical energy and work. Questionnaire results indicate that the system is easy to operate and promote active participation in the experiments.

研究分野：教育工学，システム工学

キーワード：物理教育 スマートデバイス 課題解決型学習 アクティブラーニング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

理科教育では、講義形式の授業による理論の習得だけでなく、様々な現象の実験・観察を行い、その結果の解析・考察を通して実感を伴った理解を促すことが重要である。中学校・高等学校における物体の直線運動を扱う単元では、力学台車を用いた実験・観察を通して、速度などの力学における重要な概念を学習する。力学台車を用いた運動実験では従来、記録タイマと記録テープを利用し、速度の計測を行うことが多い。従来の実験において記録テープから速度を求める作業は、速度の概念を理解する上で重要な作業であるが、打点の読み取りや記録テープの切り貼りといった作業のため、多くの授業時間が必要となる。この作業は、斜面の角度を変化させた場合や水平面上での運動の観察を行う場合、それぞれに必要なため、実験時間全体を長時間にする原因となっている。

中央教育審議会において、グラフの読み取りやその結果から考察する能力の不足が理科教育の課題として挙げられている。一般的にグラフに関する能力が不足している生徒は、グラフと物理現象を対応づけることができていないことが多い。この問題の様々な原因の一つとして、物理現象の観察から実験結果の分析や解釈までに時間的隔たりがあることが挙げられる。つまり、先ほど述べた実験時間の長時間化により実験結果であるグラフや表の分析を行ったり、その解釈を教師が説明する頃には実験自体の印象が薄れているため、グラフと物理現象を結びつけることが困難な生徒がでてくるものと考えられる。当然、教師が実験結果の解釈方法について説明すると同時に教師側で演示実験を再度行うことである程度の解決は図られるが、それは生徒自身が行った実験ではないことから、実感を伴った理解を促すといった意味では、実験の利点はやや損なわれてしまうだろう。

文部科学省が公表した平成 27 年度の全国学力テストと共に行われたアンケート調査の結果によれば、小学 6 年生の児童の内、理科の勉強が好きだという回答数が 83.5%であるのに対して、中学 3 年生では 61.9% であり、他の科目に比べて、減少幅が大きい。また、理科の授業内容がよくわかると答えた中学 3 年生は、66.9%で他の教科に比べて低く小学校 6 年生からの減少幅も他の教科に比べて著しい。これは、前述の中教審の指摘とも関連するが、小学校の理科に対して、中学理科の物理・化学分野では、現象の理解のためにグラフを解釈することが必要となり、またグラフ理解のためには、理論的なアプローチが必要となることが関係していると考えられる。以上のような背景から、本研究ではスマートデバイスを用いた加速度運動実験における実験支援システムを開発することを目標とした。

2. 研究の目的

スマートフォンやタブレットなどのスマートデバイスは近年、教育現場でも様々な教科の教育支援ツールとして用いられている。理科教育の運動の分野においてもスマートデバイスと内蔵する加速度センサを利用した既存ソフトウェアを用いた加速度の計測実験への応用例が示されている。スマートデバイスは、加速度センサを始めとする多くのセンサを内蔵しており、かつ演算、表示、通信などの機能をもつ。また、データの記録や従来のパソコンで行っていたグラフ化などのデータ等の可視化を単独で行うことができる。このことから、スマートデバイスは、加速度運動実験において有用な実験支援ツールとなり得ることは明らかである。また、Android 端末や iPhone などのスマートデバイスは、外部ディスプレイへのミラーリング機能を搭載している。このようなスマートデバイスの機能を利用することで、計測結果のリアルタイム表示やデータの無線送信は、スマートデバイス用のソフトウェアの開発と既存の装置を組み合わせることで十分に実現可能となることが予想される。以上により、本研究では次の 1 から 3 を満たす実験システム及びそのシステムに用いるスマートデバイス用ソフトウェアを開発した。

- (1)実験時間の短縮効果： 前述したスマートデバイスの外部ディスプレイのミラーリングやスマートデバイス用プリンタの出力を適宜利用することで実験時間の短縮を図る。
- (2)グラフの理解、理論的アプローチの支援： 物理現象とグラフの同時観測を通して、グラフの理解を向上させる。開発するソフトウェアを斜面降下運動の観測以外にも、水平面上での運動や力学的エネルギーに関する実験などに用いることで教師の説明や生徒の理論的なアプローチを補助する。
- (3)力学分野への興味促進： スマートデバイスを用いて日々の生活の中で体験する加速度を可視化することにより興味を促す。また、上記(2)で挙げたグラフの理解や理論的アプローチを支援することで力学分野への苦手意識を取り除く。

3. 研究の方法

本研究では、以下の方法により研究を実施した。研究目的(1)及び(2)の実現のため、これまでに得られているアンケート調査結果や実験手順ごとの作業時間を再度分析し、生徒が実験を進めるうえで時間のかかっている操作等を再検討した。また、実験前後の理解度確認テストを実施することでグラフの理解度が低い項目を抽出した。これらの分析結果を基にソフトウェアに新たに PDF 印刷機能、角度校正機能、測定結果の自動保存機能を実装した。

研究目的(3)の実現のため、開発したソフトウェアを利用した応用実験を検討した。先行研究では、主に斜面降下運動実験での利用を想定していたが、新たに水平面上における加速度運動や力学的エネルギーの保存と仕事に関する実験(図 1)へ応用した。そのため、新たに加速度運

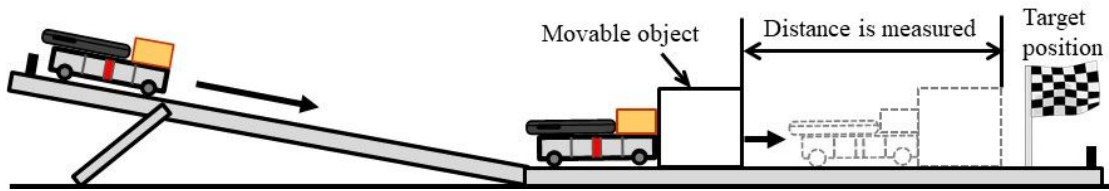


図 1：力学的エネルギーに関する応用実験

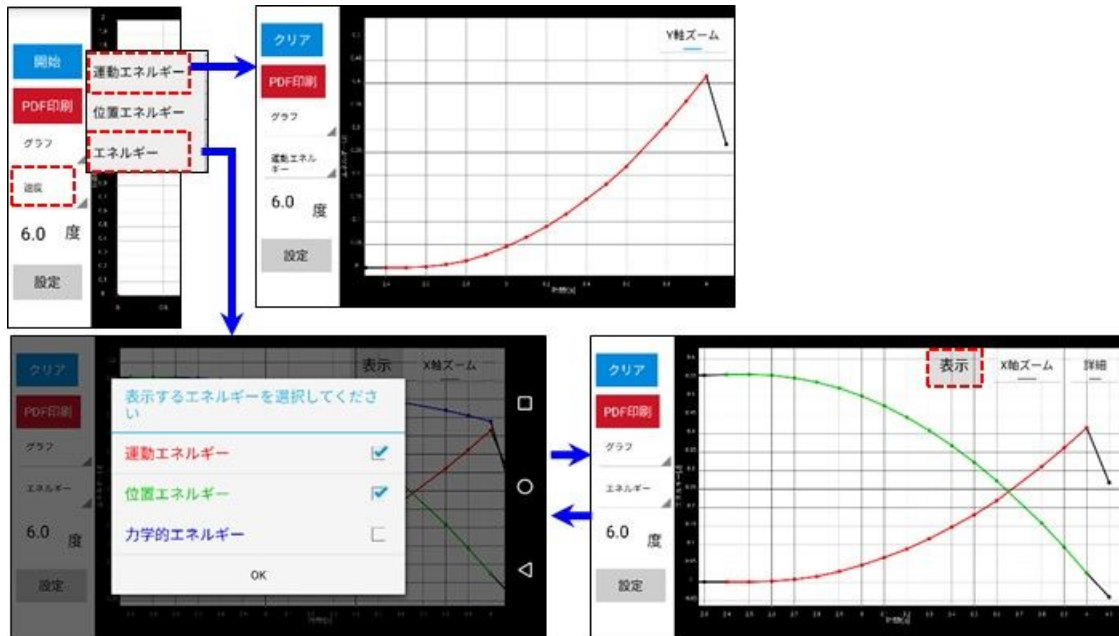


図 2：力学的エネルギー表示機能

動時のエネルギー表示機能（図 2）を開発した。新たに実装した機能を導入したソフトウェアを用いた評価実験を高専生及び高校生を対象に実施し、その有効性について理解度確認テストやアンケート調査を基に検討した。

4. 研究成果

開発した機能及びソフトウェアを応用した実験授業の有用性について検討するため、以下の評価実験を実施した。

2016年12月に茨城工業高等専門学校1年生を対象に水平面における加速度運動実験において開発したソフトウェアを利用した実験を行った。図3は、定加速装置のおもりの重さ $m_2=50[g]$ を用いた結果、図4は $m_2=100[g]$ を用いた結果である。また、比較のため、記録タイマー・テープを用いて得られた測定結果を示した。この結果は、著者らの所属する大学の大学4年生8名を4グループに分けて記録タイマー・テープを用いて得られた結果である。力学台車の質量を等しくするため、記録タイマー・テープを用いた場合も力学台車上にスマートフォンを固定した状態で測定を行った。図3, 4から理論値周辺に実験値が分布していることがわかるが、全体の傾向として理論値を下回る測定値が多く見られる。記録タイマーと開発したソフトウェアにより得られた結果を比較すると、特に $m_2=50[g]$ のおもりにおいて、記録タイマーで得られた結果は、開発したソフトウェアよりも小さい傾向が顕著に見られる。これは、記録タイマーとテープ間の摩擦力が影響しているものと考えられる。しかし、 $m_2=100[g]$ とした場合には、運動方向に加わる力が増加するため、その傾向が改善され、開発したソフトウェアで

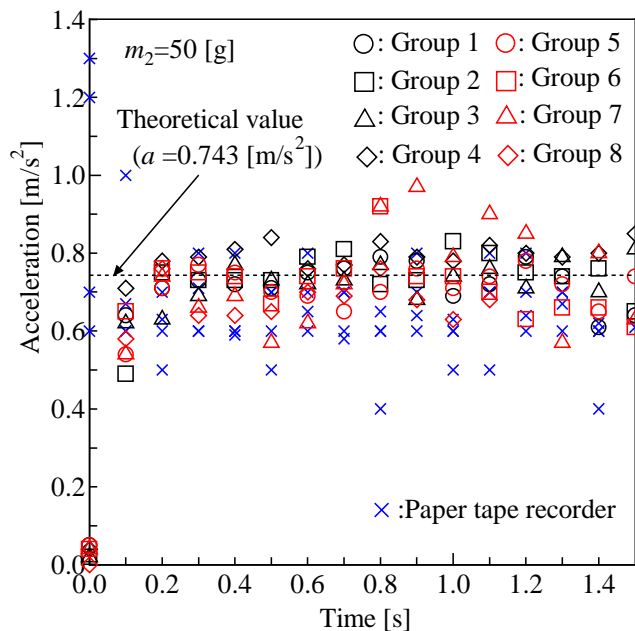


図 3：水平面における加速度運動実験の測定結果（おもり 50[g]）

られた結果と概ね同程度の範囲に測定値が分布している。以上により、開発したソフトウェアを用いたことで従来の記録タイマーよりも理論値に対して精度の良い結果が得られていることがわかる。

また、実験前後に行った理解度確認テストの結果、対象とした加速度運動における速さ・加速度の変化に対する理解度に向上が見られただけでなく、おもりの重さや運動方程式に関する理解度に効果が見られた。この成果は、本報告書 5. の雑誌論文 において報告した。

2017年12月に茨城工業高等専門学校3年生を対象に力学的エネルギーに関する基本的な実験を開発したソフトウェアを用いて実施した。学生の測定結果から、測定精度は、従来の記録タイマーに比べて摩擦力の影響を受けづらいため、理論値に近くさらに班ごとのばらつきも少ない結果となった。

2018年3月に日本大学第一高等学校2年生を対象に力学的エネルギー

に関する応用実験を実施した。この実験では、従来の理論の検証実験ではなく、アクティブラーニングを意識したエネルギーと仕事に関する問題解決型実験をソフトウェアの機能によって実現した。本実験のアンケート調査の結果から、物理への興味・関心や実験への積極的な参加姿勢に改善が見られた。この成果は、本報告書 5. の雑誌論文 において報告した。

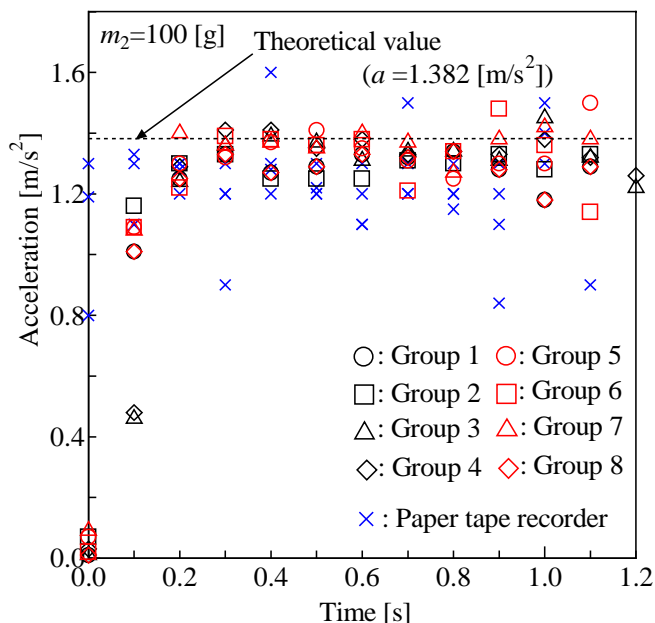


図4: 水平面における加速度運動実験の測定結果 (おもり 100[g])

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

星野貴弘, 都丸滉平, 太田祐貴, 小室孝文, 浜松芳夫, 加速度運動実験支援ソフトウェアを用いた問題解決型実験の提案と評価, 電気学会論文誌 基礎・材料・共通部門誌, 査読有り, 2019年11月掲載予定

Takahiro Hoshino, Yuki Ota, Kohei Tomaru, Yoshio Hamamatsu, Takafumi Komuro, New Functions and Evaluation for Learning Effects of Acceleration Experiment Support Software, International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology (IJASEIT), Vol.9, No.1, pp.242-249, 査読有り, Feb. 2019.

[学会発表](計9件)

都丸滉平, 星野貴弘, 浜松芳夫, 加速度運動実験支援ソフトウェアを用いた課題解決型実験の提案と評価, 電気学会教育フロンティア研究会, 2018年9月

都丸滉平, 太田祐貴, 浜松芳夫, 星野貴弘, ジャイロセンサ値を用いた加速度運動実験支援ソフトウェアの機能拡張とその応用, 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 2018年9月

都丸滉平, 太田祐貴, 浜松芳夫, 星野貴弘, 加速度運動実験支援ソフトウェアの複数斜面における加速度運動実験への応用, 電気学会全国大会, 2018年3月

Takahiro Hoshino, Yuki Ota, Kohei Tomaru, Yoshio Hamamatsu, Development and Evaluation of Software for Smart Devices to Support Educational Experiments on Acceleration, 2017 3rd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech2017), Oct. 2017

都丸滉平, 太田祐貴, 浜松芳夫, 星野貴弘, 複数斜面での利用を想定した加速度運動実験支援ソフトウェアの改良, 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 2017年9月

太田祐貴, 都丸滉平, 星野貴弘, 浜松芳夫, 加速度運動実験支援ソフトウェアの改良と学習効果についての検討, 電気学会教育フロンティア研究会, 2017年9月

鈴木聡太郎, 星野貴弘, 浜松芳夫, 小室孝文, 三ツ堀裕太, 加速度運動実験支援ソフトウェアの評価実験と応用方法の提案, 電気学会教育フロンティア研究会, 2016年9月

鈴木聡太郎, 星野貴弘, 浜松芳夫, 小室孝文, 三ツ堀裕太, 加速度運動実験支援ソフトウェアの教育効果に関する検討, 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 2016年9月

太田祐貴, 鈴木聡太郎, 星野貴弘, 浜松芳夫, 加速度運動実験支援ソフトウェアを用いた力学的エネルギー保存則に関する実験への応用, 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 2016年9月

6 . 研究組織 該当なし

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。