L-34

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

Examination of Education Effects for Accelerated Motion Experiments Support Software

○鈴木　聡太郎 [1]，星野　貴弘 [2]，浜松　芳夫 [2]
*Sotaro Suzuki[1], Takahiro Hoshino[2], Yoshio Hamamatsu[2]

Abstract: In junior high school and high school, students learn a concept of velocity and acceleration through experiments using dynamics trolley and paper tape recorder. This experiment takes long time and interval between observation of phenomenon and consideration is occurs. Therefore, student's intuitive understanding may be disturbed. To improve these points, we have developed accelerated motion experiments support software (AES) for smart devices. In this report, we describe evaluation experiments to verify the effectiveness of AES.

1. はじめに

中学・高等学校では，力学台車と記録タイマ・テープを用いた実験・観察を通して速度などの概念を学習する。この方法では，記録テープの読み取りや切り貼りといった作業により多くの授業時間が必要となる。理科教育では，様々な現象の実験・観察を通して実感を伴った理解を促すことが重要である。しかし，高等学校の物理教育では，授業時間や準備・片付けの時間の不足により十分な実験授業が行われているとは言い難い [1]。また，従来の方法では力学台車の運動といった物理現象の観察から，グラフの作成，結果の考察までに時間的な隔たりが生じるため，これらの関係を対応付けることができず，直感的な理解の妨げになっている。そこで我々は，授業時間の調整や生徒の直感的な理解の促進を図るためにスマートデバイス用加速度運動実験支援ソフトウェア (Accelerated motion Experiments Support software, AES) を開発し，それを用いた実験システムの構築を行ってきた [2]。

本報告では，開発したソフトウェアとそれを用いた実験システムの概要を述べた後，AES の教育効果について，高専生を対象にした評価実験の結果を基に検討する。

2. 加速度運動実験支援ソフトウェア (AES)

AES では，スマートデバイスに内蔵されている加速度センサより加速度を測定する。Fig.1 に AES の測定画面を示す。ソフトウェアを起動し表示モードの選択画面で「グラフ」を選択すると，グラフ画面に移行する。測定量は加速度だけでなく速度，移動距離，単位時間ごとの移動距離も測定することができる。測定量を選択後，開始ボタンを押すとグラフを即時表示する。グラフ描画中に終了ボタンを押すか，デバイスの進行方向の逆向きに一定以上の加速度が加わると自動終了する。また，グラフの拡大・縮小，設定によりプロット上に値を表示するなどの拡張機能により，多様な実験授業に対応できる。

表示モードの選択画面で「記録テープ」を選択すると，画面上に記録テープが表示される。記録テープモードでは，開始ボタンを押すと従来の方法のように 0.02[s] ごとに点が描画される。測定終了後には，測定結果の pdf ファイルを作成することができ，A4 紙サイズで印刷した場合打点間隔が実際の移動距離に対応するように印刷される。これにより，従来の方法のようにテープの切り貼りによる実験を行うこともできる。

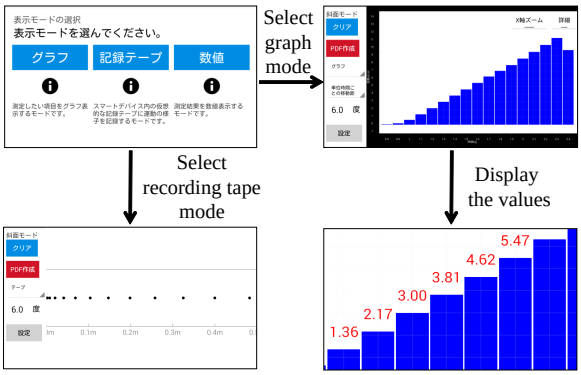

Fig. 1: Screen of application software

3. AES を用いた実験システム

AES を用いた実験システムの概略図を Fig.2 に示す。実験システムでは，力学台車にスマートデバイスを固定し加速度などの測定を行う。スマートデバイスは，ワイヤレスディスプレイアダプタを用いることで表示画面を外部ディスプレイに表示し，生徒に力学台車の運動の様

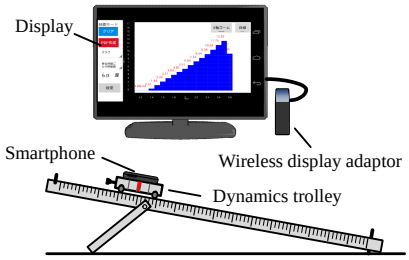

Fig. 2: Experiment system using AES

1:日大理工・院・電気　2:日大理工・教員・電気

Table. 1: Results of questionnaire

Question	t
Q.1 実験装置は使いやすかったですか	4.29
Q.2 実験を行うことで物理に対して興味を持てましたか	0.26
Q.3 実験に積極的に参加できましたか	0.14
Q.4 実験装置を他の物理実験にも利用したいと思いましたか	3.91
Q.5 考察課題を検討する上で実験装置は役立ちましたか	2.55
Q.6 加速度・速さ・移動距離などの関連性を理解する上で実験装置は役立ちましたか	2.98

子とその際の速度などの変化を同時に観測させる。これにより，運動とグラフの関係の理解やグループで実験結果の考察などを行う際に役立てる。また，教師側の演示実験などにも利用方法が考えられる。

4. 評価実験

評価実験では，記録タイマを用いた方法と AES を用いた方法の実験装置の操作性や学習効果について比較検討するために，記録タイマと AES の両方を用いて実験を実施する。実験は，茨城工業高等専門学校の 1 年生 39 名を対象として 8 班にわけて行った。具体的な授業の実施事項は次の通りである。

(1) 1 班から 4 班は AES の角度表示機能，5 班から 8 班は傾斜計を利用して斜面角度を 4[deg] に調整する。
(2) 1 班から 4 班は AES，5 班から 8 班は記録タイマを用いて単位時間ごとの移動距離のグラフを作成する。
(3) 表示もしくは作成したグラフから値を読み取り，各時点の速度・加速度に変換させる。その後，求めた速度・加速度から，グラフを作成する。
(4) 1 班から 4 班は傾斜計，5 班から 8 班は AES を利用して傾斜角度を 8[deg] に調整する。その後，1 班から 4 班は記録タイマ，5 班から 8 班は AES で手順 (1) から手順 (3) を同様に行う。
(5) 各方法で実験終了後，実験結果の考察を行う。

実験終了後，実験参加者を対象に Visual Analogue Scale (VAS) に基づきアンケート調査を行った。アンケート結果に対して片側 t 検定を行うことで，AES を用いた実験と記録タイマを用いた実験で有意差が生じたか検討する。検定する帰無仮説は，「AES を用いた実験は記録タイマによる実験に対してアンケート結果に差はない」とする。検定統計量は下式より求めた t 値とする。

$$t = \frac{\overline{Z_i}}{S_Z/\sqrt{n}} \tag{1}$$

ここで，$\bar{Z}_i$ は AES と従来の方法とのアンケート結果の差の平均，S_Z は Z_i の標準偏差，n は標本数である。

Table1 に各質問事項と t 値を示す。いずれの質問も有意水準 1% における帰無仮説の棄却域は 2.43 である。

Q.1 の結果より，生徒は AES を記録タイマよりも実験装置として使いやすいと考えていることがわかる。これは，AES のグラフの拡大・縮小などの直感的な操作が使いやすさにつながったからだと考えられる。

Q.2 の結果より，各方法間で物理への興味促進に差は見られなかったことがわかる。今回の評価実験は，加速度運動実験における単位時間ごとの移動距離の計測装置として AES 及び記録タイマを用いた。ただし，実験手順や測定項目はどちらも同じであったため，実験方法による物理への興味促進には差が見られなかったと考えられる。AES には様々な機能が搭載されており，AES の特性を活かした実験授業を検討することで物理への興味促進を図ることができると考える。

Q.3 の結果より，各方法間で実験への参加状況に差は見られなかった。記録タイマによる方法では，グラフ作成までの作業が多いことが実験に参加した印象に繋がったと考えられる。それに対し AES による方法では，測定後に作業を分担しにくかったと考えられる。ただし，今回の評価実験では AES を緩斜面または急斜面のどちらか一方でのみ用いたため，並行して作業を進めることが少なかった。そのため，作業の分担が少なくなってしまったが，複数の斜面角度に対してそれぞれ AES を用いて実験を行えばこの点の改善は可能であると考える。

Q.4 の結果より，生徒は AES を記録タイマよりも他の実験に利用したいと考えていることがわかる。これは，AES の操作性の高さや他の物理量への変換機能から，様々な実験への利用可能性を感じられたと考える。

Q.5 と Q.6 の結果より，AES は記録タイマよりも結果の考察をしやすく，物理量の関連性を理解する上で役立ったと考えていることがわかる。考察時には，AES のグラフ画面を利用して速度や加速度のグラフの観察を行っている生徒が多く見られたことから，AES は考察に利用しやすかったと考えられる。また，AES を用いて力学台車の運動とグラフの描画過程を同時に観測することで，グラフの理解をより深められたものと考えられる。

5. まとめ

本報告では，AES の概要と評価実験の結果について示した。アンケート調査の結果，AES は従来の方法と比べて実験装置として使いやすく，考察課題の検討や物理量の関連性の理解に役立つことがわかった。

今後の課題は，AES と記録タイマで差が見られなかった物理への興味促進や実験への積極的な参加の点において，これらを改善する実験方法を考案することである。

参考文献

[1] 山崎・井上・谷口・内村：「高校物理実験の実態 II：2009 年大学新入生調査の分析」，物理教育，Vol.59，No.2，pp.101-107(2011)
[2] 星野・鈴木・小室・三ツ堀・浜松：「教育利用を目的とした加速度運動実験支援ソフトウェアの開発とその評価実験」，電気学会論文誌 A，Vol.136，No.8，pp.519-528(2016)