L-60

加速度運動実験支援ソフトウェアの評価実験

Evaluation experiment using Accelerated motion Experiments Support software

○太田　祐貴 [1]，半澤　慧 [1]，鄒　光晨 [1]，鈴木　聡太郎 [2]，星野　貴弘 [3]，浜松　芳夫 [3]
Yuki Ota[1], Satoshi Hanzawa[1], Guangchen Zou[1], Sotaro Suzuki[2], Takahiro Hoshino[3], Yoshio Hamamatsu[3]

Abstract:The penetration rate of smart devices in Japan is increasing year by year. In recent years, smart devices are also used in the education field from its convenience. We have developed Accelerated motion Experiments Support software(AES) using smart device. This report discusses results of evaluation experiment using AES for students at ibaraki national college of technology.

1. はじめに

スマートフォンを始めとするスマートデバイスの国内普及率は年々増加している．近年，スマートデバイスはその利便性から教育現場でも利用されている．一方，中学校，高等学校の物理教育における加速度運動の実験 [1] では記録タイマを用いて一定周期で力学台車の移動距離を記録テープに打点し，その変位より速度を導出するという手法が用いられている．しかし，この方法における記録テープの切り取り，グラフ用紙への貼り付け，その長さの計測は，実験時間を長くする原因となっている．また，実験と作成したグラフの考察との間に時間差が生じることで，グラフなどの結果と物理現象の対応関係の理解を困難にしている．

本研究では，この問題を解決するために筆者らが開発してきたスマートデバイスを利用した加速度運動実験支援ソフトウェア (Accelerated motion Experiments Support software, AES)[2] を用いた茨城工業高等専門高等学校での評価実験の結果について検討する．

2. 加速度運動実験支援ソフトウェア (AES)

AES の構成を Fig.1 に示す．AES では，力学台車上に固定したスマートフォンを記録タイマ・テープに代わる計測装置として利用する．スマートフォンは外部出力装置により，画面を外部ディスプレイなどに表示する．生徒は力学台車の運動とその際の速度の変化をリアルタイムで観測することができる．これにより，グラフの理解を促す効果を期待する．

3. 評価実験の方法

AES の有効性を検証するために評価実験を行った．茨城工業高等専門学校の 1 年生 40 名を対象に，2014 年 12 月 3 日の第 1 時限，2 時限の 8:50～10:20 までの 90 分間を利用した．実験は対象者 40 名を 1 班 5～6 名の計 7 班に分け実験を行った．対象者は，既に前期科目「物理」において直線運動の速度と加速度，等加速度運動，自由落下運動，静止・動摩擦力，運動方程式，斜面上の運動を学習している．具体的な実験内容は次の通りである．

1:日大理工・電気　2:日大理工・院・電気　3:日大理工・教員・電気

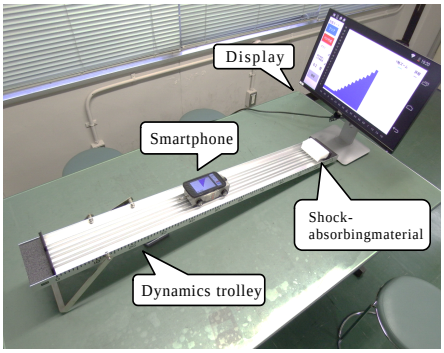


Fig. 1: Example of the experimental system using the AES

[1] 加速度の概念など既習項目の復習
　プロジェクター等を用いて加速度の概念などを復習する．

[2] スマートフォンアプリの操作説明
　スマートフォンの加速度計測の原理やアプリの操作方法を説明する．このとき，生徒は実際にスマートフォンを取り付けた台車を動かし，台車の動きとモニターに映されるグラフが連動していることを理解してもらう．

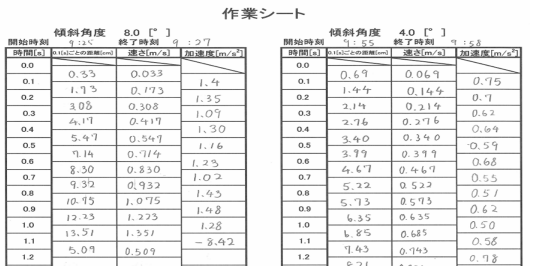
[3] 8 度の斜面における等加速度運動の実験
　(1) 斜面での計測を行うにあたり，AES の角度表示を見ながら，実験台の斜面の角度を 8 度に調整する．
　(2) グラフ画面において AES の測定項目から「単位時間あたりの移動距離」を選択し，開始ボタンを押し台車を降下させる．このとき，生徒は外部ディスプレイに表示されたグラフと力学台車の動きを同時に観察させる．
　(3) 計測結果から時間と単位時間あたりの移動距離の関係を作業シートにまとめさせる．さらに各時点の速さ・加速度は，単位時間あたりの移動距離の測定結果から計算する．実際に使った作業シートを Fig.2 に示す．
　(4) 作成された作業シートを元に速さ，加速度のグラフを作成する．

(5) AES のグラフ描画対象から「速度」を選択し，再度台車を降下させ，(4) で作成したグラフを比較し実験結果の妥当性について確認する．同様に「加速度」についても確認する．

[4] 4 度の斜面における等加速度運動の実験
[3] の (1)〜(5) を斜面の角度を 4 度に変えて同様の実験を行う．

[5] 結果考察
[4] までに得られた結果からグループごとに実験結果について考察する．

[6] アンケート
実験方法などについてのアンケートを行い AES の評価をしてもらう．


作業シート

傾斜角度　8.0 [°]
開始時刻　9:12　終了時刻　9:27

時間[s]	0.1秒ごとの距離[cm]	速さ[m/s]	加速度[m/s²]
0.0			
0.1	0.33	0.033	
0.2	1.73	0.173	1.4
0.3	3.08	0.308	1.35
0.4	4.17	0.417	1.09
0.5	5.47	0.547	1.30
0.6	7.14	0.714	1.16
0.7	8.30	0.830	1.23
0.8	9.32	0.932	1.02
0.9	10.95	1.095	1.43
1.0	12.23	1.223	1.48
1.1	13.51	1.351	1.28
1.2	5.09	0.509	−8.42

傾斜角度　4.0 [°]
開始時刻　9:55　終了時刻　9:58

時間[s]	0.1秒ごとの距離[cm]	速さ[m/s]	加速度[m/s²]
0.0			
0.1	0.69	0.069	
0.2	1.44	0.144	0.75
0.3	2.14	0.214	0.7
0.4	2.76	0.276	0.62
0.5	3.40	0.340	0.64
0.6	3.99	0.399	0.59
0.7	4.67	0.467	0.68
0.8	5.22	0.522	0.55
0.9	5.73	0.573	0.51
1.0	6.35	0.635	0.62
1.1	6.85	0.685	0.50
1.2	7.43	0.743	0.58
			0.78

Fig. 2: Example of work sheet

4. 実験結果

各班が評価実験の方法 [3]，[4] に要した時間を Table.1 に示す．Table.1 より，ほとんどの班が 60 分以内に実験が終了していることがわかる．第 4 班が ” — ” となっているのは，実験時間の 60 分を超過したためである．しかし，第 4 班が作成したグラフなどの結果を見ると加速度のグラフ作成作業の一部を残すのみであり，ほとんどの作業を終了していた．一般的に中学理科における記録タイマ・テープを用いた実験では，斜面降下運動の実験から速さのグラフの作成までに 2 時間分の授業時間を想定していることから [1]，AES により作業時間が短縮効果が期待できる．

Table. 1: Comparison of working time[min]

1 班	2 班	3 班	4 班	5 班	6 班	7 班
42	48	33	-	58	50	55

次にアンケート結果を Table.2 に示す．Q1，Q2 の結果から，AES を用いた実験は，速さや加速度の理解に役立つと回答した生徒が 9 割以上いた．これは AES では，物理現象のグラフを外部ディスプレイに表示することができる．そのため，リアルタイムに変化するグラフを観測することで，物体が斜面を降下するときの速さと加速度の変化を実感しやすく理解につながったと考えられる．Q3 の結果から，物理現象とグラフを同時に観察することは，グラフの意味を理解を促す効果があったといえる．Q4 の結果から，AES 方が従来の方法の記録タイマ・テープより使いやすかったと回答した生徒が 7 割以上いた．これは，スマートフォンはグラフの拡大，縮小，また数値の表示などが直感的に操作で出来るため，実験装置として使いやすかったからと考えられる．Q4 の合計回答人数が 39 となっているが，記録タイマ・テープの実験を行ったことのない学生は回答対象外としたためである．

Table. 2: Results of questionnaire

Q1 スマートフォンを使った実験は，運動と速度の関係を理解する上で役立ちましたか				
役立つ	やや役立つ	どちらともいえない	あまり役立たない	役立たない
24	14	1	1	0
Q2 スマートフォンを使った実験は，運動と加速度の関係を理解する上で役立ちましたか				
役立つ	やや役立つ	どちらともいえない	あまり役立たない	役立たない
23	15	1	1	0
Q3 力学台車の動きとスクリーンに表示されたグラフの変化を同時に観測しましたが，これはグラフの意味を理解する上で役立ちましたか				
役立つ	やや役立つ	どちらともいえない	あまり役立たない	役立たない
18	16	5	0	1
Q4 従来，この実験は記録タイマ・テープにより行いますがスマートフォンは記録タイマ・テープに比べて実験装置として使いやすかったですか				
使いやすい	やや使いやすい	どちらともいえない	あまり使いやすくない	使いやすくない
30	5	4	0	0

5. まとめ

本論文では，AES を用いた加速度運動実験の評価実験の方法を示し，結果を考察した．結果から AES を用いた方が授業時間を短縮することができた．またアンケート結果から速度，加速度の理解を促すことができた．

今後の課題として，さらに理解を深められるような機能，操作性の向上を行っていきたい．またより良い学習効果を得られるようにモニタリングの方法，授業計画の改善を行っていきたい．

参考文献

[1] 宮内・山口　編著，浅井・江崎・中村・兼　龍盛・宮本・牧野　著:「板書とワークシートで見る　全単元・全時間の授業のすべて」，東洋館出版社 (2009)

[2] 星野・小室・浜松・鈴木・三ツ堀:「教育利用を目的とした加速度運動支援ソフトウェアの開発とその評価実験」，電気学会研究会資料 (教育フロンティア研究会)，pp27-32(2015)