

# 中学校理科授業における ICT 活用の試み —物体の運動の単元において—

自然科学系教育サブプログラム理科

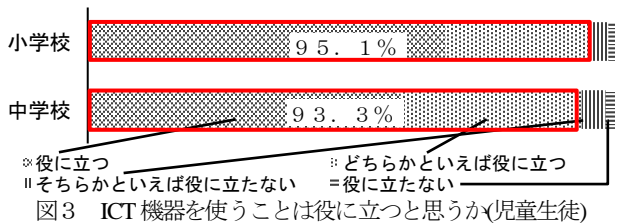
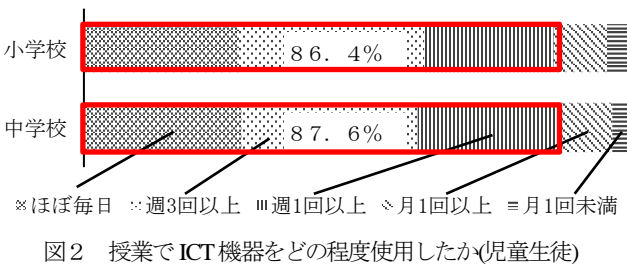
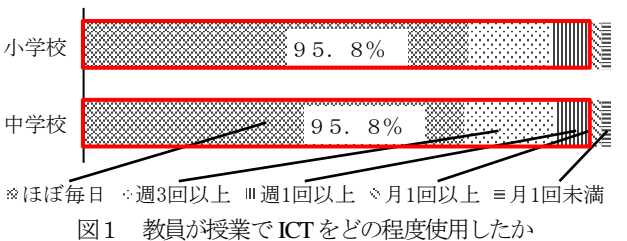
吉田 敏康

【指導教員】 大向 隆三 松岡 圭介 中島 雅子

【キーワード】 中学校理科 ICT活用 物体の運動 MIF 素朴概念

## 1. 教育活動における ICT 活用の現状

令和元年に文部科学省より出されたGIGAスクール構想により、ほぼすべての義務教育段階の学校において一人一台のデジタル端末が普及した<sup>1)</sup>。現在では、多くの校種、科目の授業において ICT の活用が行われている。令和5年度全国学力学習状況調査における質問紙調査結果<sup>2)</sup>をグラフ化したものを図1～4として示す。ここでは、学校質問紙において ICT を活用した学習状況に「教員が授業で週1回以上 ICT 機器を使用している」と回答したのは小学校で95.8%、中学校では95.8%であった(図1)。また生徒質問紙の結果では「週1回以上 ICT 機器を授業で使用している」と回答した割合は小学校で86.4%、中学校で87.6%であった(図2)。さらに「ICTの活用が役立つ」と回答した割合は小学校で95.1%、中学校で93.3%であった(図3)。これらのデータを踏まえると、小中学校において授業での ICT 機器の活用は多く行われていることがわかる。



授業において ICT はどのように活用されているのかについて着目すると、全国学力学習状況調査の学校質問紙結果<sup>2)</sup>によれば、「週1回以上調べ学習で使用している」と回答した

割合は92.9%であったのに対し、「自分の考えをまとめるなどの場面で使用している」と回答した割合は76.3%であった(図4)。このことを踏まえると ICT 機器は調べ学習などでは多く使われているのに対し、考察や分析などの場面では使用頻度が低くなることわかる。また、OECDが進めているPISA(Programme for International Student Assessment)2022の調査結果<sup>3)</sup>をグラフ化したものを図5に示す。ここでは情報の記録・分析などの場面における ICT 機器の使用が特に低いことがわかる。「週1回以上 ICT 機器を使う」と回答した割合は、文章の編集は25.9%であるのに対し、データの記録や分析は約10%となっており半分ほどの割合となっている(図5)。「ほぼ使わない」と回答した割合に着目すると、文章の編集は37.4%であるがデータの記録や分析は65%程となっており、約2倍の割合で使用していないことから、ICTを用いた探究型の学習の頻度が低いことがわかる。ICTの活用場面としてデータの記録・分析の使用頻度は低いことから、探究型教育を実践する上でそのような場面での活用法を検討していく必要がある。特に理科では科目の特性上、実験を行いデータを取り扱う機会が多いことから、理科授業における効果的な ICT の活用法の検討は喫緊の課題である。

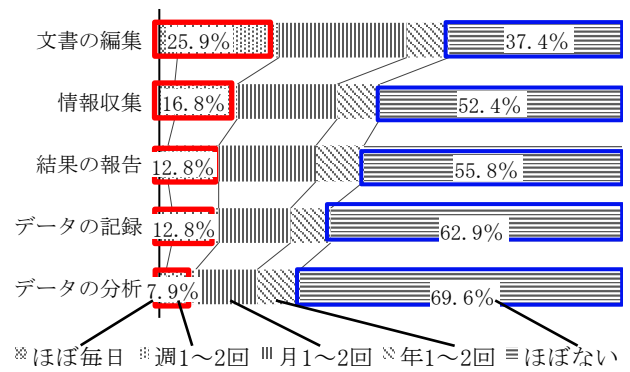
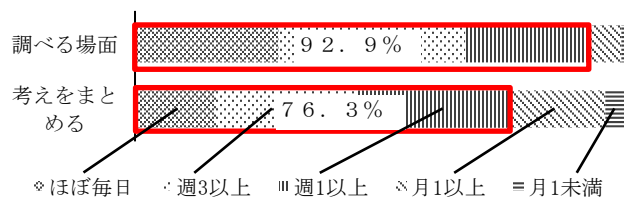


図5 ICT を用いた探究型教育の頻度

## 2. 研究動機

令和の日本型教育を行なっていく上で、教育活動と ICT 活用は切り離せないものであり、教員の授業における ICT の利活用は学校の内外からますます求められていくと考えられる。理科という科目に絞って言えば、資料の作成や編集あるいは学習成果の記録、情報や知識の収集だけにとどまらず実験におけるデータの収集及び分析での活用が必要である。これらのことから、このような観点からの中学校理科の実験における ICT の活用法の研究に取り組むこととした。本研究では、特に物理分野の物体の運動の単元に着目して ICT 活用について検討を行う。その理由はこの単元で生徒の素朴概念が学習内容に理解や定着を妨げていることが指摘されているからである。本研究では、力学分野の素朴概念である MIF 素朴概念を克服できるような授業実践にむけた検討を行う。

先行研究<sup>4)</sup>によると、MIF 素朴概念(motion implies a force mis-conception)とは「運動中の物体には、必ず運動方向に力が働いている」という素朴概念である。素朴概念とは日常的な経験に基づく概念であり、科学的に誤った解釈になることが多い。先行研究での調査<sup>5)</sup>では、等速直線運動と等加速度直線運動に働く力についての考えに関する質問とその結果が報告されている。それによると、等速直線運動において誤った考えである「物体には一定の大きさの力が働く」という回答が 45 % 程度あり、正しい考えである「物体には力が働いていない」という回答率を上回っていた。また等加速度直線運動では、誤った考えである「時間と共に物体に働く力がだんだん大きくなる」という回答が 50 % 近くあり、正しい考えである「時間によらず物体には一定の大きさの力が働く」という回答率を上回っていた。これらのことから、生徒には等速直線運動では慣性の法則に従って物体が運動するのではなく、常に一定の力が加わり続けて物体が運動するという誤った考えが定着してしまっていることが指摘されている。また等加速度直線運動では、重力の斜面方向の分力が常に一定の大きさ・向きで加わって運動しているのではなく、物体に加わっている力が次第に大きくなって運動しているという誤った考えが定着してしまっていることが指摘されている。以上を踏まえ、ICT を用いた等速直線運動及び等加速度直線運動における物体に働く力の誤概念の克服を目指す。

## 3. 現行教科書における物体の運動に関する実験

現在の中学校理科の教科書において、実際に取り上げられている当該内容に関する実験内容は次の通りである。中学校第 3 学年における「運動とエネルギー」の単元の「運動と力」の章では、物体の運動の実験を行い、慣性の法則や等加速度運動について学習する。教科書では主に次の 3 つの実験を取り扱っている。

『新しい科学 3』(東京書籍)<sup>6)</sup>では、水平面上での台車の運動として等速直線運動を示している(図 6)。記録タイマーに記録テープを通し、記録テープの先端を力学台車に

貼り付ける。記録タイマーのスイッチを入れ、台車を手で押し運動の様子を記録する。手で押す力を変えて同様の実験を行う。結果として得られた記録テープを 5 打点(= 0.1 s)ごとに切り、方眼紙に並べて貼り付け考察を行う。

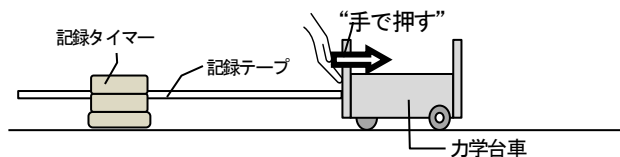


図 6 等速直線運動の実験図

『未来へひろがるサイエンス 3』(新興出版啓林館)<sup>7)</sup>では、水平面上の台車に一定の力が働き続けるときの運動を示している(図 7)。記録タイマーに記録テープを通し、記録テープの先端を力学台車に貼り付ける。おもりをつけた糸を台車に取り付け、クランプ付き滑車にかけ台車を手で押さえ静止させる。記録タイマーのスイッチを入れ、手を離し台車の運動を記録する。おもりの重さを変えて(50 g ~ 100 g 程度)同様の実験を行う。結果として得られた記録テープを 5 打点(= 0.1 s)ごとに切り、グラフ用紙に貼り付け考察を行う。この実験では 0.1 s 間隔に切り取った記録テープの長さがほぼ同じになり、等速直線運動を確かめることができると示されている。

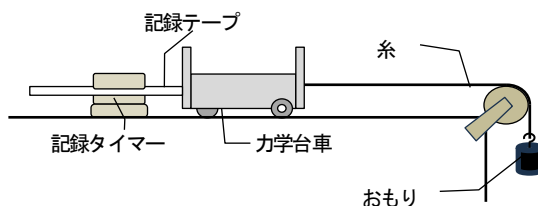


図 7 おもりをつけた台車の運動の実験図

『自然の探求 中学理科 3』(教育出版)<sup>8)</sup>では、斜面上での台車の運動を示している(図 8)。1.5 m ~ 2.0 m の板を用いて台の上ののせ、5° の斜面をつくる。力学台車を斜面上におき台車に働く斜面に平行な力の大きさをばねばかりを用いて測る。記録タイマー斜面にクランプを用いて固定し記録テープを通し、記録テープの先端を力学台車に貼り付ける。台車を斜面上部におき手で押さえ静止させる。記録タイマーのスイッチを入れ、手を離し斜面を下る台車の運動を記録する。斜面の角度を 10°、15° と変えて同様の実験を行う。斜面の角度と台車に働く力の大きさを表にまとめる。記録テープは 5 打点(= 0.1 s)ごとに切り、方眼紙に貼り付ける。表とグラフから考察を行う。

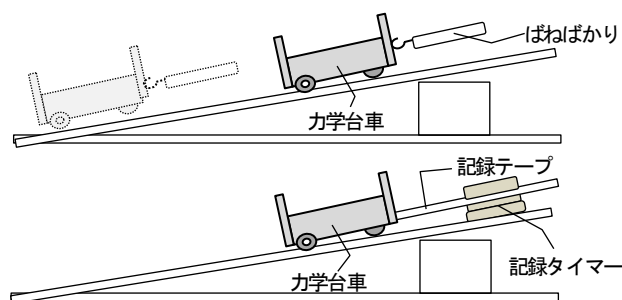


図 8 斜面下る台車の実験図

これらの実験はすべて記録タイマーを用いて物体の運動の様子を記録している。記録タイマーを用いる実験の特徴として、記録テープを0.1 s になるように5打点（西日本では6打点）ごとに切り、グラフ用紙に貼り付ける作業が必要である。これは生徒が実験を行う中で多くの時間を要してしまう。切り貼りの作業に時間がかかることで、実験の試行回数の制限や考察・発表等の探究型活動の時間を制限してしまっている。また、グラフ用紙に貼り付けていくため、生徒と教師間でのデータの共有が難しい点も挙げられる。等速直線運動に関する実験では、台車を手で押して運動を開始させるため、再現性を確保することが難しい。このような課題を解決するにはデジタル式センサーの使用が適している。これらの実験を記録タイマーではなくセンサーを用いて行った場合、データを取得後リアルタイムで端末画面上にグラフ化されるし、クラウドを用いることで教師と生徒の間、又は生徒どうしの間でのデータの共有も簡単に行うことが可能となる。またワイヤレスセンサーを使用すれば物体の運動を妨げることもなく計測できる。さらにこの方法であれば、記録テープを切り、グラフ用紙に貼り付ける作業がないため、限られた授業時間の中で実験の試行回数を増やし再現性を確かめることもできる。加えて、位置や速度、加速度のグラフをリアルタイムで表示することで、それらの相互の関係を目で見て確認しながら運動の規則性を考えやすくなることが可能である。

#### 4. 実験で用いる器具及びソフトウェアについて

本研究における実験では、力学台車として島津理化(株)より発売されているワイヤレススマートカート（島津理化, ME-1240）を用いて実験を行った。実験データの収集にはスマートカートと対応しているソフトウェアとして SPARKvue を用いた。また現行教科書で行われている実験との差異を調べるため、記録タイマー（ナリカ, C15-1701-50）及び記録テープ（ナリカ, C15-1701-01）も用いて同様の実験を行い、比較検討を行うこととした。

##### 4-1 ワイヤレススマートカート

ワイヤレススマートカートは内部に車輪と同期したセンサー、加速度センサーが内蔵されており、車体前面には力センサーが内蔵されている<sup>9)</sup>。車輪と同期しているセンサーは、車輪の回転によってカートの移動距離を測定し、時間とともにカートの速度と加速度を同時に記録している。カートに装備された加速度センサーは車体前後の方向を  $x$  軸（前方を正とする）、上下方向を  $y$  軸（上方を正とする）、左右方向を  $z$  軸（左方を正とする）として記録する。そのため  $y$  軸の加速度は、静止状態であれば常に重力加速度（ $= 9.8 \text{ m/s}^2$ ）と一致している。カートに装備された力センサーでは車体前面にフックやゴム製のバンパーを取り付けることで、カートに作用した力の大きさを測定することができる。具体的にはフックが引かれる力やバンパーの衝突時に加えられた力などを測定する。内蔵された加速度センサー及び

力センサーの最大サンプリングレートは 500 Hz（測定間隔 0.002 s）、車輪と同期したセンサーは最大サンプリングレートが 100 Hz（測定間隔 0.01 s）であり、非常に短い時間間隔かつその間隔を実験者が選択してデータの取得ができる。距離や速度の記録と比較すると、従来から中学校で用いられてきた記録タイマーの測定間隔 50 Hz（測定間隔 0.02 s）よりも精密な測定が可能となる。

##### 4-2 計測用ソフトウェア

SPARKvue はスマートカート等のワイヤレスセンサーと一般のタブレット端末等を Bluetooth によって接続することでセンサーデータを記録及びリアルタイムでグラフ化することができるソフトウェアである<sup>10)</sup>。PC やタブレット端末などすべての OS で使用することができる。ソフトウェアに接続したセンサーのサンプリングレートや、測定開始条件をこのソフトウェアによって選択することができる。またソフトウェア内に計算式を設定することができ、測定データから設定した式に基づいて算出した値を表やグラフに表示させることができる。例えば運動方程式“ $F=ma$ ”の計算式を設定し、事前に測定した質量  $m$  [ kg ] を入力しておくことで、加速度  $a$  [  $\text{m/s}^2$  ] の測定データから物体に働いている力  $F$  [ N ] を算出し示すことが可能となる。測定データは CSV ファイルとしてエクスポートすることができ、表計算ソフトを用いてデータ解析を行うことも可能である。

#### 5. 運動の測定

本研究では物体の運動に関する実験として、等速直線運動の測定と斜面を下る台車の運動に関する実験を行った。等速直線運動の測定においては、記録テープを取り付け記録タイマーとセンサーの同時測定も行った。台車が運動する面として長さ 1.3 m のアクリル板を用いた。その理由として実験室の机では凹凸が見られたため、その凹凸が物体の運動に影響を及ぼすことを避けるためである。また測定データはタブレット端末（Apple, iPad mini, A2133）で受けて CSV ファイルに出力し Excel を用いて解析を行った。

##### 5-1 等速直線運動の測定

中学校3年の理科では慣性の法則について学習する。ここで学習する内容は『物体に力が働いていない、あるいは働いている力の合力が0のとき、静止している物体は静止し続け、運動している物体はその速度のまま等速直線運動をし続ける』である<sup>5)</sup>。従ってここでは、ワイヤレススマートカートに力を加えて運動させ、運動開始後には力を加えず、このカートが等速運動を行うか、また等速運動している結果を得るためにはどのような物理的条件のもとでこの実験を行う必要があるを調べた。等速直線運動の測定は、与える初速を一定にするためスマートカートに付属している3段階の発進ばねを利用し運動を開始させた。静止したカートについての発進ばねを手で押して伸ばし、それがついたてを押してカートが運動を開始した。これと同時に位置・速度・

加速度の3種類の物理量の測定を開始し、1.000 m 進んだところで測定を止めた。これらの測定は3段階の発進ばねそれぞれで5回ずつ行った。サンプリングレートは100 Hz で測定をした。実験配置図を図9に示す。

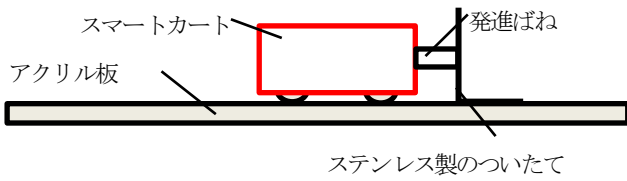


図9 等速直線運動の実験配置図

データを取得したタブレット端末の画面上で、位置・速度・加速度の測定データをグラフとして表示した結果を図10に示す。グラフの1番上が位置、2番目が速度、3番目が加速度を示す。また測定データをCSVファイルとして出力し、Excelを用いてPC上でグラフ化したデータを図11に示す。図11では3種類のグラフで横軸(時間)を共通に表示している。

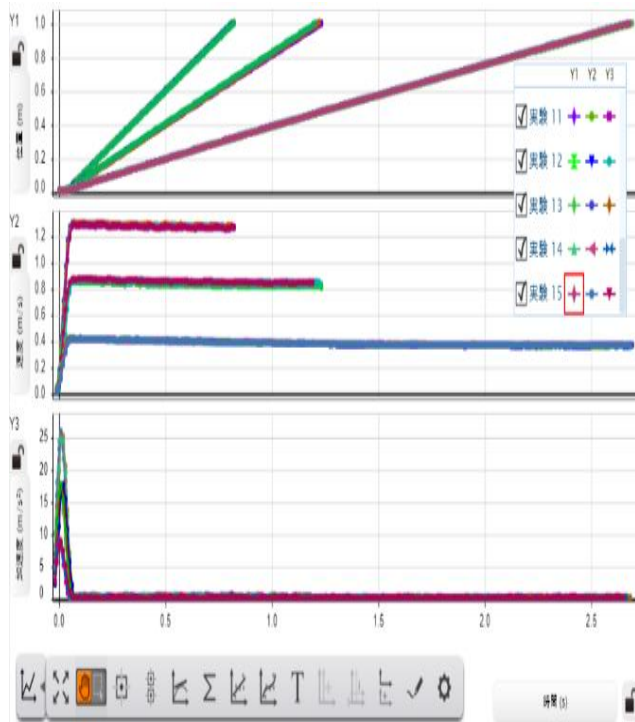


図10 SPARKvueの画面

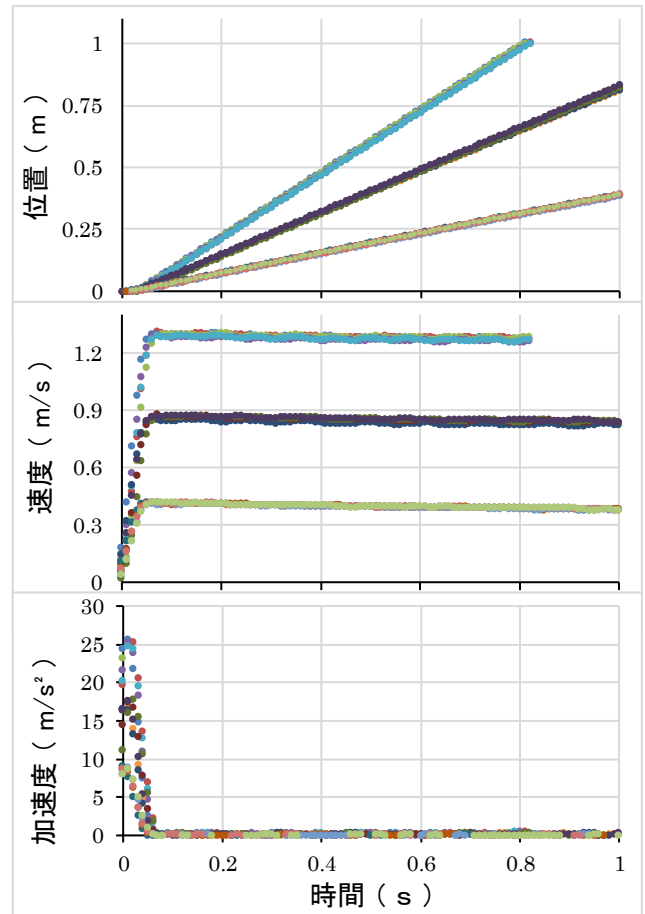


図11 Excelで作成したグラフ

当然であるが SPARKvue の画面に表示されたグラフと Excel で整理したグラフで同じグラフが得られた。運動の開始から 0.1 s までの時間に着目すると、加速度が加わっている間は速度が0から急激に増加し続け、加速度が  $0 \text{ m/s}^2$  になったところから速度が一定のまま動いていることがわかる。それと並んで位置の変化のグラフは時間とともに右上がりの直線で表される結果が得られた。このことから発進ばねによって初速を与えた後、スマートカートが等速直線運動をしていることがわかった。また Excel によって整理した位置のグラフの近似直線を算出しその傾きの値を求めた。これは物体の速度を表しているはずである。近似直線の傾きの発進ばねごとの平均値、及び加速度が  $0 \text{ m/s}^2$  になった時間からの発進ばねごとの平均の速度を比較した結果を表1にまとめた。

表1 近似直線の傾きと速度の平均

発進ばね	強		中		弱	
	近似直線の傾き	速さの平均(m/s)	近似直線の傾き	速さの平均(m/s)	近似直線の傾き	速さの平均(m/s)
	1.2810	1.2840	0.8229	0.8310	0.3754	0.3770
	1.2769	1.2850	0.8508	0.8320	0.3747	0.3760
	1.2817	1.2850	0.8477	0.8500	0.3738	0.3760
	1.2669	1.2710	0.8500	0.8520	0.3782	0.3800
	1.2696	1.2730	0.8519	0.8540	0.3761	0.3780
平均	1.2752	1.2796	0.8447	0.8438	0.3756	0.3774

近似直線の傾きと平均の速度を比較すると、それらの値は  $0.01 \text{ m/s}$  の位までは一致しており、両者は一致しているといえる。よって位置の測定結果は比例定数を速度として時間に比例していることがいえ、等速直線運動していることが確認できた。



次にスマートカートに記録テープを取り付け、記録タイマーとカートに内蔵されたセンサーによって運動を同時に測定した。その結果を図12に示す。実験1・2が強い発進ばね、実験3・4が2番目に強い発進ばね、実験5が弱い発進ばねの結果である。すべて記録テープを5打点(= 0.1 s)ごとに切ってグラフ用紙に貼った。図12では1番上に実験1・2を、2番目に実験3・4を、3番目に実験5を示す。次にデータを取得したタブレット端末の画面上で位置・速度・加速度の測定データをグラフとして表示した結果を図13に示す。1番上が位置、2番目が速度、3番目が加速度を示す。さらにExcelを用いてPC上でグラフ化したデータを図14に示す。図14では3種類のグラフで横軸(時間)を共通にして表示している。

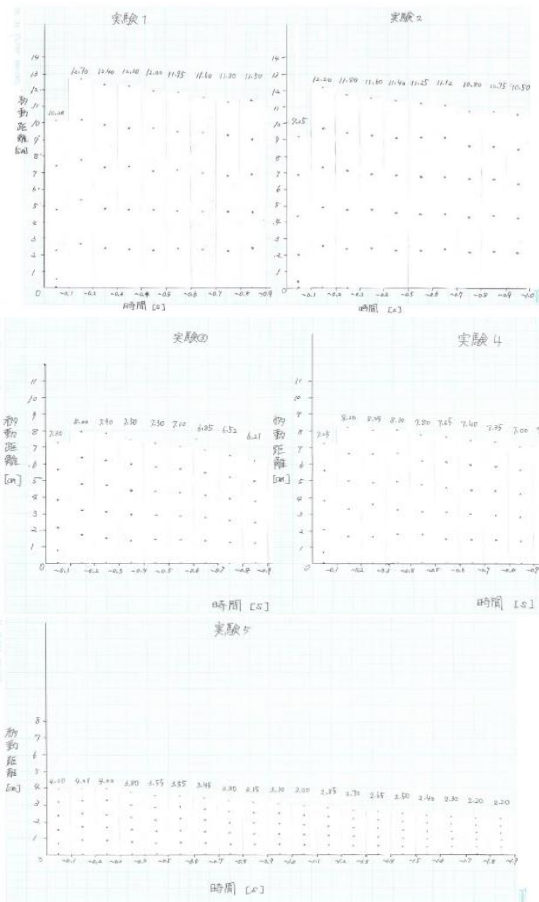


図12 打点ごとに区切った記録テープの結果

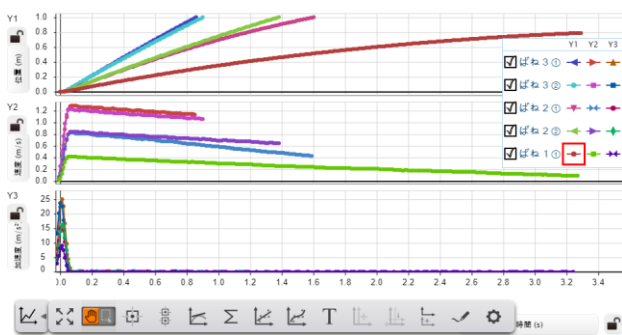


図13 SPARKvueの画面

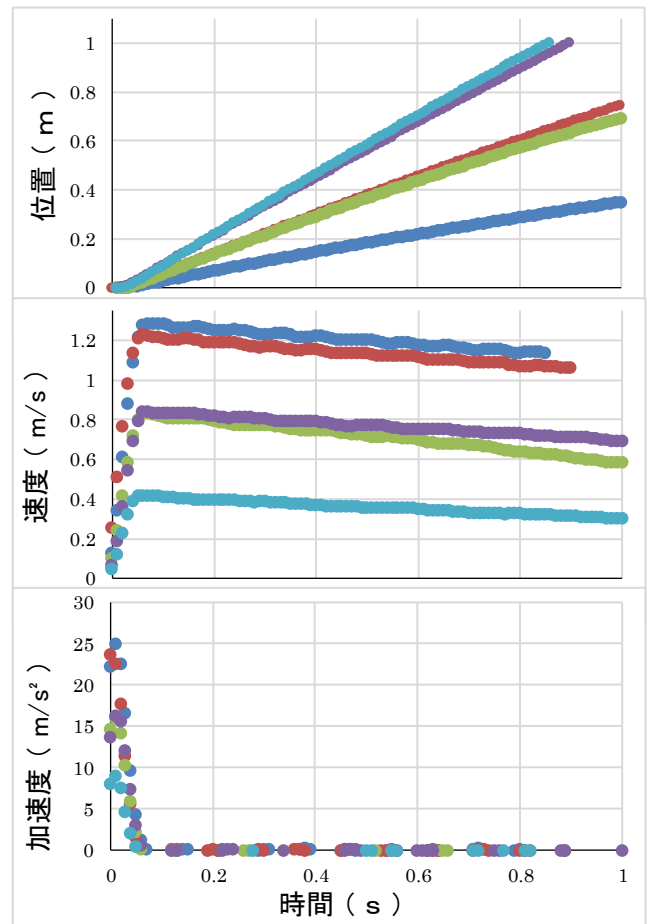


図14 Excelで作成したグラフ

図12、図13、図14の結果それぞれから速度が時間経過と共に小さくなっていることがわかる。今回は記録テープをつけたスマートカートで実験を行っているが、同じ条件下で記録タイマーを取り付けずに行った実験の結果である図10、図11では速度の減少は見られなかった。このことから、記録タイマーによって運動中の物体の速度の減少が起きたことがわかった。記録タイマーは打点式であり、記録テープとの接触の際に摩擦が生じたことが原因であると考えられる。このことから物体の位置や速度、加速度を束愛知する際には、記録タイマーよりもワイヤレスセンサーを用いる方が正確な測定ができることがわかった。

### 5-2 斜面を下る運動の測定

斜面を下る運動の測定では、斜面を5度、10度、15度、20度の4つの角度における運動の様子を記録した。実験配置図を図15に示す。

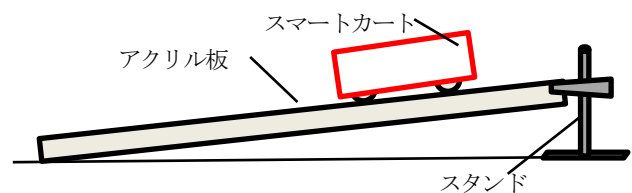


図15 斜面を下る運動の実験配置図

アクリル板は前節で使用したものと同一板とした。スタンドを用いてアクリル板上端の高さを調節し斜面の角度を調

節した。スマートカートを斜面の上方から静かに手を離し運動を開始させた。それと同時に位置・速度・加速度の3つの測定を開始し、測定は1.000 m 走行したところで終了させた。サンプリングレートは100 Hz に設定した。各斜面の角度において5回ずつ測定を行った。データを取得したタブレット端末の画面上で位置・速度・加速度の測定データをグラフとして表示した結果を図16に示す。1番上が位置、2番目が速度、3番目が加速度を示す。また測定データをCSVファイルとして出力し、Excelを用いてPC上でグラフ化したデータを図17に示す。図17では横軸(時間)を共通にして表示し、グラフはすべての測定データを重ねて表示した。

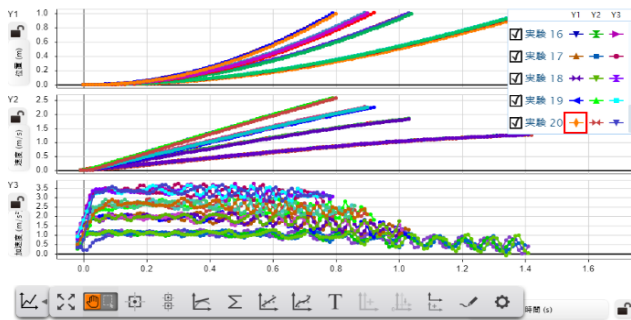


図16 SPARKvueの画面

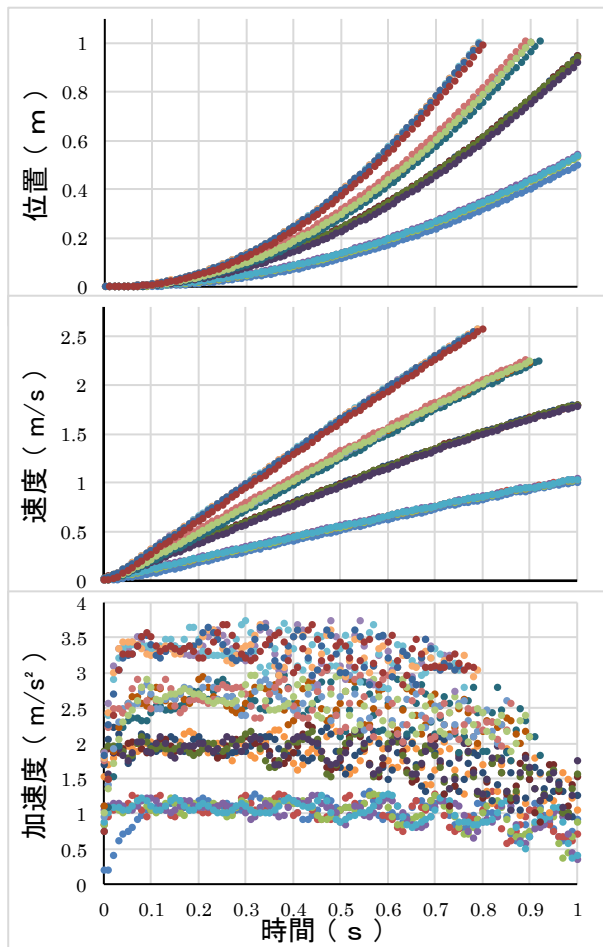


図17 Excelで作成したグラフ

今回もSPARKvueの画面に表示されたグラフとExcelで整理

したグラフで同じグラフが得られた。位置の結果は放物線のようなグラフが得られ、速度の結果は原点を通る直線のグラフが得られた。そのため速度は時間に比例していることがわかった。加速度の結果は一定の値を推移していたが、途中から波の形のグラフになった。次にExcelによって整理した速度のグラフの近似直線を算出しその傾きの値を求めた。これは物体の加速度を表しているはずである。近似直線の傾きの斜面の角度ごとの平均値、及び加速度の平均を比較した結果を表2にまとめた。

表2 近似直線の傾きと加速度の平均

	5度		10度	
	近似直線の傾き	加速度の平均	近似直線の傾き	加速度の平均
1	0.977	1.000	1.880	1.859
2	1.006	1.014	1.893	1.966
3	1.005	1.017	1.890	1.914
4	1.008	1.013	1.888	1.932
5	1.003	1.013	1.857	1.785
平均	<b>1.000±0.006</b>	<b>1.011±0.003</b>	<b>1.882±0.007</b>	<b>1.891±0.032</b>
	15度		20度	
	近似直線の傾き	加速度の平均	近似直線の傾き	加速度の平均
1	2.466	2.433	3.294	3.260
2	2.534	2.482	3.293	3.254
3	2.545	2.508	3.290	3.245
4	2.595	2.518	3.295	3.244
5	2.537	2.480	3.294	3.219
平均	<b>2.535±0.021</b>	<b>2.484±0.015</b>	<b>3.293±0.001</b>	<b>3.244±0.007</b>

近似直線の傾きと加速度の平均の値は誤差の範囲内で一致しなかったが、 $0.1 \text{ m/s}^2$ の位までは一致していた。本来、等加速度直線運動は初速度が $0 \text{ m/s}^2$ であるならば、 $v = at$ に従うため、速度の傾きと物体の加速度は一致するはずであるが、今回の測定では誤差の範囲で一致しなかった。しかし、速度のグラフの近似直線の傾きと加速度の平均の結果は近い値となることが確認できた。

斜面の角度を25度および30度に調節し前述と同様の実験を行った。データを取得したタブレット端末の画面上で位置・速度・加速度の測定データをグラフとして表示した結果を図18に示す。1番上が位置、2番目が速度、3番目が加速度を示す。また測定データをCSVファイルとして出力し、Excelを用いてPC上でグラフ化したデータを図19に示す。図19では横軸(時間)を共通にして表示し、グラフはすべての測定データを重ねて表示した。

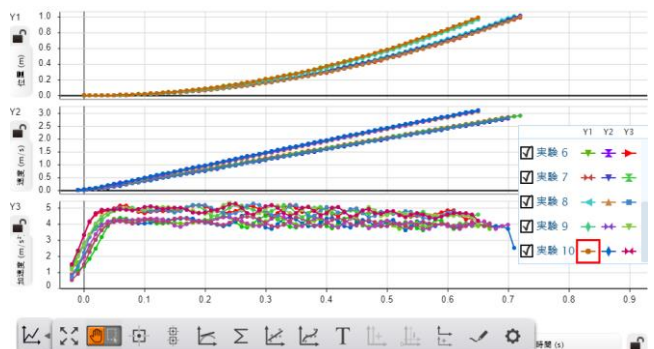


図18 SPARKvueの画面

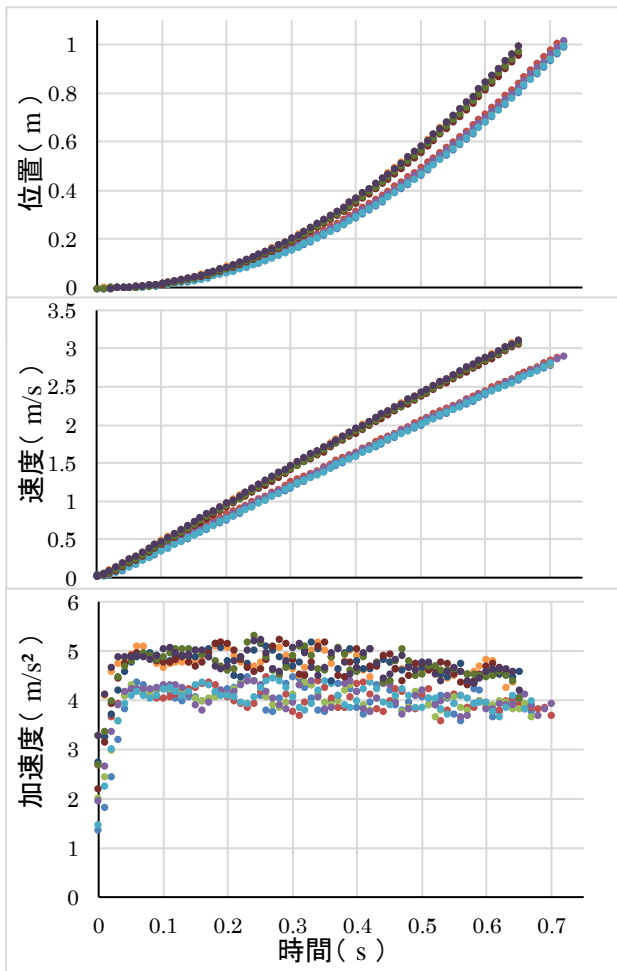


図19 Excelで作成したグラフ

図16・17の結果と同様に、位置の結果は放物線のようなグラフが得られ、速度の結果は原点を通る直線のグラフが得られた。加速度の結果は図16・17の結果と比べ、波のような形が小さくなった。次に前述と同様にExcelによって整理した速度のグラフの近似直線を算出しその傾きの値を求めた。近似直線の傾きの斜面の角度ごとの平均値、及び加速度の平均を比較した結果を表3にまとめた。

表3 近似直線の傾きと加速度の平均

	25度		30度	
	近似直線の傾き	加速度の平均	近似直線の傾き	加速度の平均
1	4.073	4.064	4.837	4.780
2	4.080	4.068	4.762	4.789
3	4.079	4.065	4.718	4.783
4	4.082	4.074	4.767	4.798
5	4.085	4.082	4.843	4.792
平均	4.080±0.002	4.071±0.003	4.785±0.024	4.788±0.003

近似直線の傾きと加速度の平均の値は30度のときに誤差の範囲内に一致した。25度のときは誤差の範囲で一致しなかったが、近い値になることがわかった。このことから、速度の近似直線の傾きは加速度になっていることがわかった。

これらの図16～19の結果および、表2～3の結果から、ワイヤレススマートカートが等加速度直線運動をしていることが確認できた。斜面の角度が5度や10度のとき

は時間とともに加速度の減衰が見られたが、斜面の角度が25度や30度のときは加速度の大きな減衰は見られなかった。3章で述べた教科書で取り上げられている実験では、記録テープを6枚程度(=0.6s)分切り、グラフ用紙に貼り付けている。図17、19の結果では0.6sの時点では加速度の大きな減衰は起きていないことがわかる。そのため、教科書と同様に0.6s間程度の時間における運動に着目すれば、加速度の減衰の影響を受けずに実験結果を得ることができる。

## 6. 授業実践に向けた展望と課題

今回の測定を踏まえ、ワイヤレススマートカートを用いた実験では、台車の運動と同時にデータの記録及びグラフ化が可能であった。従来の教科書で取り上げられている記録タイマーを用いた測定では、記録テープを電源の周波数に合わせた打点数で切り、貼りつけるという作業があり多くの時間がとられていた。そのため限られた授業時数の関係上、考察に使うことができる時間数が相対的に少なくなってしまうことがある。ワイヤレススマートカートを用いた場合、テープを切り貼りしグラフを作成する手間と時間を省くことができる。これにより、作業に使っていた時間を、実験結果の読み取りやグラフなど規則性に関する考察の時間を多く確保することができることが期待される。

### 6-1 中学校理科授業の実践にむけて

実験の結果から、ワイヤレススマートカートを用いることでデータのリアルタイムでのグラフ化、データの共有ができ、従来の記録テープを用いた実験では不可能であったことが可能となった。

等速直線運動の実験では、最初に力を加えたあと力を加えていないことを運動の様子から確認し、同時にグラフが作成されていくことため実際に力の測定値が0であることを示すことができる。タブレット端末等の録画機能を同時に行うことで、運動の様子と位置、速度、加速度の関係を実験後に振り返ることができ、等速直線運動の正しい概念理解に繋がることを期待される。留意点として中学校の学習内容として加速度は扱わないことが挙げられる。しかし事前にSPARKvueに運動方程式“ $F=ma$ ”の計算式を設定し、加速度のグラフを力のグラフに変更することで対応することが可能となる。ワイヤレススマートカートの付属の発進ばねを用いるため再現性も高く、最初に物体に加わる力の大きさと速度の関係について定量的に分析することも可能であり、探究型教育の実践に繋がると期待できる。

等加速度直線運動の実験では、速度の結果が比例のグラフになることや斜面の角度が大きくなることで速さの増加する割合が大きくなることが確認できた。今回6種類の斜面の角度において実験を行ったが、記録テープを用いて実験を行った場合、その分記録テープを切り貼りする必要があるため多くの時間を要してしまう。実際に教科書では2～3種類の斜面の角度のみで実験を行っている。ワイヤレス

スマートカートを用いることで多くの斜面の角度において実験を行い比較することが可能となる。また等速直線運動と同様に加速度の結果を力に算出して示すことで、斜面の角度と斜面に平行な力の関係を見いだすことができる。

以上のことから、記録タイマーを用いた実験では課題となっていた、再現性の確保や作業にかかる時間の削減、データの双方向の共有を解決することが確認できた。

## 6-2 高等学校物理授業の実践にむけて

高校の物理では等加速度直線運動として次に3つの公式を学習する。“ $v=v_0+at$ ”、“ $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ ”、“ $v^2-v_0^2=2ax$ ”

今回、斜面を下る物体の運動の実験では初速度を0 m/sにして行った。表2及び表3の結果から速度の近似直線の傾きの値と加速度の平均の値が誤差の範囲内で一致しない場合多かったが、近い値となっていた。よって $v_0=0$  m/sのときに $v=at$ の式に従うことが確認できた。実際に授業を行う際は、グラフの形から比例関係に着目させることや、初速度を与えたときの結果のグラフから“ $v=v_0+at$ ”を導出させることが想定される。教科書ではストロボ写真を用いた測定や記録タイマーを用いた測定を行っているが、初速度の測定ができないことやグラフの作成に時間がかかることが課題としてあげられるため、実験を実際に行うことは少ない。しかしワイヤレススマートカートを用いることで、初速度の測定ができることやグラフがリアルタイムで作成されることなど課題が解決できるため、高校においても実験を行い公式を導出する授業の実践が可能となることが期待できる。

## 6-3 まとめ

実験から従来の教科書で取り上げられている記録タイマーの実験の課題点を克服することができた。今後の展望として、台車におもりをつるした場合の水平面運動や台車におもりをのせ質量を増加させたときの斜面を下る運動、そして斜面を上る物体の運動を行い、等加速度運動の確認を行うことが必要である。特に斜面を上る物体の運動は、「運動中の物体に上向きの力が働く」という誤った考えが定着してしまう場合が多い。そのため物体の働く力の向きと大きさや運動の向きを同時に示す必要があり、今後実験を行い授業実践に向けた検討を行う。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、埼玉大学教育学部自然科学講座の大向隆三先生には多くの助言、そして丁寧なご指導をいただきました。また副指導教員の松岡圭祐先生ならびに中島雅子にも感謝申し上げます。さらに同じ研究室の中村優作さんには忙しい中、何度も実験を手伝っていただきました。

皆様のご尽力に厚く御礼申し上げます。

## 主な参考文献

- 1) 文部科学省, 義務教育段階における1人1台端末の整備状況 (令和4年度末時点)  
[https://www.mext.go.jp/content/20230711-mxt\\_shuukyo01-000009827\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20230711-mxt_shuukyo01-000009827_01.pdf)  
(accessed 2024.1.9)
- 2) 国立教育政策研究所, 令和5年度 全国学力・学習状況調査の結果 (概要),  
<https://www.nier.go.jp/23chousakekkahoukoku/report/data/23summary.pdf> (accessed 2024.1.10)
- 3) 国立教育政策研究所, OECD生徒の学習到達度調査2022年調査 (PISA2022) のポイント, 令和5年12月5日,  
[https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2022/01\\_point\\_2.pdf](https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2022/01_point_2.pdf) (accessed 2024.1.10)
- 4) J. Clement (1982). “Students’ preconceptions in introductory mechanics.” *The American Psychologist*, 50, 66-71.
- 5) 三俣那津子 (2011) 「力学領域における生徒の素朴概念を踏まえた教材の研究」『埼玉大学大学院修士論文 教育学研究科修士課程』
- 6) 文部科学省検定済教科書 新しい科学3, 東京書籍株式会社, 令和2年3月検定済, 135
- 7) 文部科学省検定済教科書 未来へひろがるサイエンス3, 株式会社 新興出版啓林館, 令和2年3月検定済, 195
- 8) 文部科学省検定済教科書 自然の探求 中学理科3, 教育出版株式会社, 令和2年3月検定済, 216-217
- 9) 株式会社島津理化, 理科機器総合カタログ EDUCATION500 2019-2020, 2019年2月発行, 216-217
- 10) 株式会社島津理化, 製品情報 パソコン計測用ソフトウェア SPARKvue, <https://www.shimadzu-rika.co.jp/products/ict/measurement/soft/spark.html>  
(accessed 2024.1.15)