

実験を通して物理法則を探る授業実践

岐阜県立羽島高等学校 村川 奈穂

1 研究のねらい

「探究の過程を取り入れた授業デザイン」を意識した上で、どのようにすれば効果的な学習に繋がるかということを考えたとき、従来の実験書にある実験を行うタイミングにヒントがあるのではないかと考えた。今までは、少ない授業時間で実験も行えるようにするため、物理法則の公式を学んだ後に実験を行い、その法則通りになることを確認するという順序で授業を行ってきた。この順序では、生徒にとって実験はただの確認作業となっており、物理法則の意味を深くは考えていない状態であった。そこで、先に実験を行い、生徒自身で物理法則を探るという手順にすることで、科学的に考える力を養うとともに、物理法則について深く理解できるようになることを期待した。

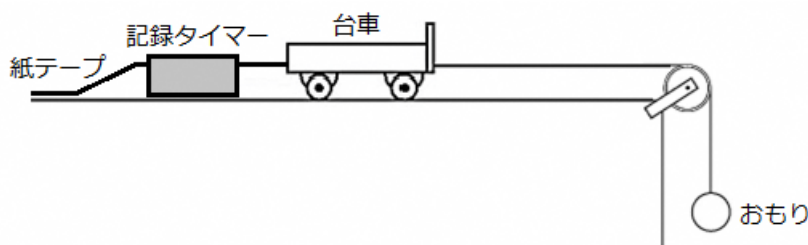
2 実践した内容

物理法則の公式を学ぶ前に、まず実験を行い、生徒自身で物理法則を探るという展開で授業を行った。また、データ処理の際は方眼紙に自分でグラフを描くのではなく、Excel を用いることで、生徒がグラフを描くのに注力するのではなく、考察することに力を入れられるようにした。

【実験】一定の力を加え続けるときの、物体の運動の法則について調べる（計3時間）

- ①仮説の設定：一定の力を加え続けると、どのような運動をするか。
また、加える力や物体の質量が変わると、運動の様子はどう変わるか。
⇒多数派の仮説…力を大きくすると速くなる。
質量を大きくするとゆっくり速くなる。
- ②実験：台車、おもり、糸、滑車、記録タイマー、記録テープを用いて、実験を行う。
加える力や台車の質量はそれぞれ6パターンずつ変えて測定する。
- ③データ処理1：記録テープから0.10sごとの平均速度を測定し、Excelを用いて、 $v-t$ グラフの散布図を作る。
- ④考察1：散布図に適切な近似曲線を考えて選び、近似曲線の数式を調べる。
⇒近似曲線が比例直線となり、等加速度直線運動であることを確認する。
- ⑤データ処理2：Excelを用いて、 $a-F$ グラフ、 $a-m$ グラフの散布図をそれぞれ作る。
- ⑥考察2：散布図に適切な近似曲線を考えて選び、加速度 a と力 F の関係、加速度 a と質量 m の関係を考える。
- ⑦まとめ：一定の力を加え続けると等加速度直線運動となり、その加速度は力に比例し、質量に反比例することを確認し、「 $ma=F$ 」の関係にあることを説明する。

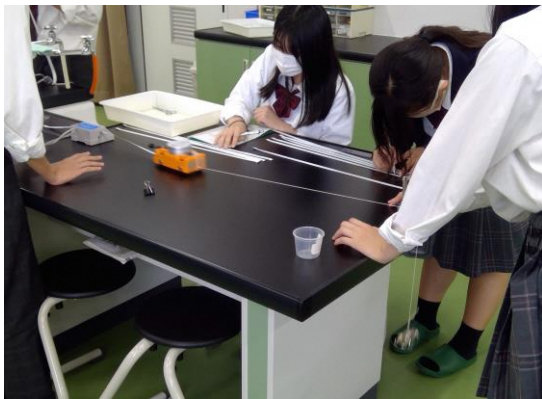
〔図1〕実験装置



- ①台車の質量を1kgに固定し、おもり(1個20g)を1～6個の間で変えて実験。
※使わないおもりは台車に乗せておく。
- ②おもりの個数を4個に固定し、台車の質量を0.50kg, 0.75kg, 1.00kg, 1.25kg, 1.50kg, 1.75kgで実験。

なお、この実験は2物体の運動だが、生徒には台車とおもりをまとめて1物体とみなして考えるように指示した。2物体としてならば、台車の質量を M 、おもりの質量を m とすると、加速度は $a = \frac{mg}{M+m}$ となり、 $a-F$ グラフ、 $a-m$ グラフがそれぞれ比例、反比例にはならない。しかし、1物体とみなせば、加速度は力に比例し、質量に反比例するようになる。

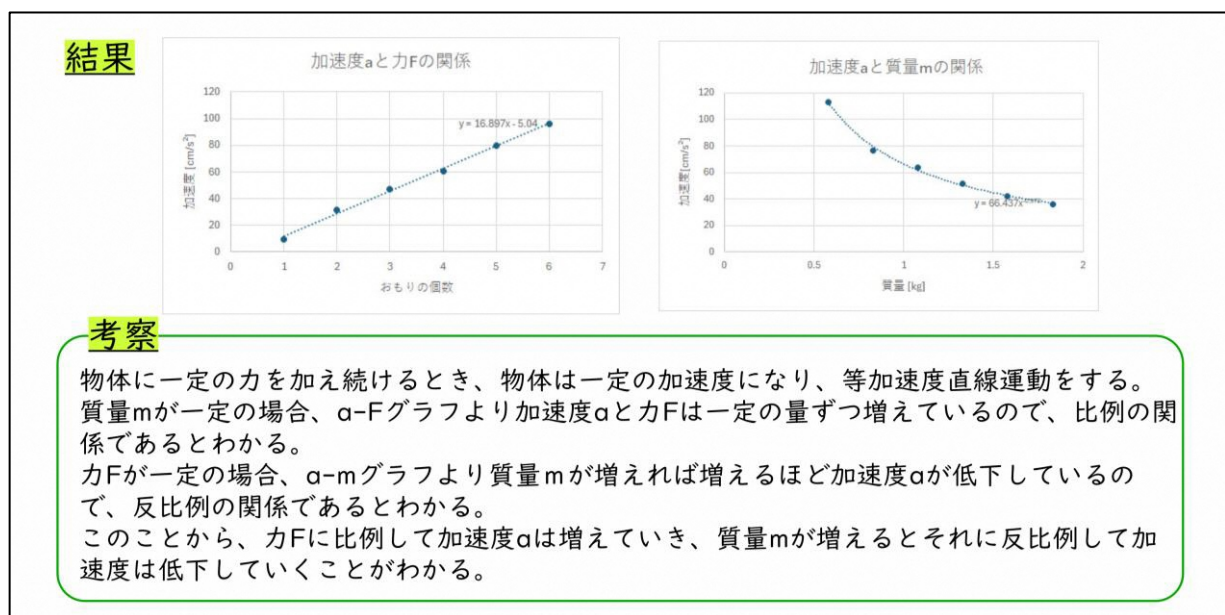
[図2]実験の様子



[図3]データ処理・考察の様子



[図4]生徒が作った実験のまとめノート (MetaMoji Classroom)



3 実践中および実践後の生徒の変容

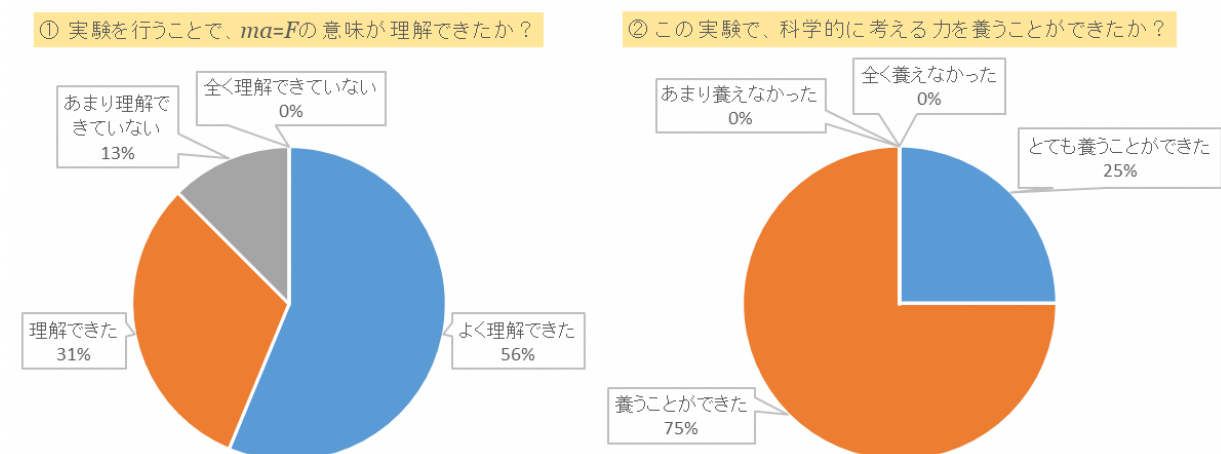
昨年度まで行っていた「法則を学んだ後に実験を行う」方法では、法則を学ぶ時に $ma=F$ の式がなぜそうなるのかをあまり理解できていない様子だった。また、実験でデータ処理や考察をする際には、生徒は公式通りになることを目標に取り組んでいた。

今回の「実験を通して法則を探る」方法では、生徒自身が実際にデータを扱ったため、まとめで $ma=F$ の関係を導き出す際の集中度が高く、 $ma=F$ の式にも納得している様子だった。また、実験の考察の際には、正解が分からないために試行錯誤して最も適する結論を導き出そうする姿が見られた。ただし、生徒の中には Excel の表やグラフを作ることに時間がかかり、考察する時間をあまり取れなかった者もいた。

生徒が行った考察の内容については、大きく分けて3段階に分かれていた。1つ目は、 a - F グラフ、 a - m グラフの散布図に近似曲線を描き、近似曲線の数式を調べた上で、比例・反比例という言葉を用いて定量的に考察していた。これを評価Aとした。2つ目は、近似曲線は描いたが、数式までは調べずに比例・反比例という関係を結論付けていた。これを評価Bとした。3つ目は、近似曲線は描かず、散布図から「力が大きくなると加速度も大きくなる。質量が大きくなると加速度は小さくなる。」というような、比例・反比例という言葉を用いず、定性的に考察していた。これを評価Cとした。この3段階の割合は、評価Aが3割、評価Bが5割、評価Cが2割であった。

実験の考察をもとに $ma=F$ の関係を導き出した後、生徒にアンケート調査を実施した。結果は次の通りである。

[図5] アンケート調査の結果



このアンケート調査の結果からも、多くの生徒が運動の法則の意味について理解できたと感じていることが分かる。質問①で「あまり理解できていない」と答えた生徒は、Excelの表やグラフを作るのに時間がかかっていた生徒であった。

4 研究のまとめ

「実験を通して法則を探る」ことで、生徒の学習意欲も物理法則に対する理解も高めることができた。また、正解を知らない状態で考察をすることにより、思考し表現する力も養うことができた。しかし、考察内容が3段階に分かれ、定量的に考察ができる生徒が少ないことから、今後、より科学的に考えることができるように指導していくことが必要であると感じた。

また、「実験を通して法則を探る」方法を実践する上での課題として、実験を行ってから物理法則をまとめるまでに膨大な時間がかかることが挙げられる。考察の前にデータ処理に苦戦する生徒もあり、データ処理の習熟度を向上させることが必要であると感じた。

5 実践した授業の単元計画と学習指導案

① 単元の指導と評価の計画

時	主な学習内容など	重点	記録	評価規準・評価方法
1	- 慣性の法則について学ぶ。 - 身の回りにおける慣性の法則を探す。	態	○	評価基準：主体的に学習に取り組む態度（記述分析） ・身の回りにおける慣性の法則を見つけることができる。
2	- 一定の力を加え続けるときの台車の運動について、仮説を立てる。 - 記録タイマーを用いて、一定の力を加え続けるときの台車の速度を測定する。	態		評価規準：主体的に学習に取り組む態度（行動観察） ・実験に積極的に取り組んでいる。
3	- 前時の実験の測定結果をもとに、Excelを用いて速度の変化をグラフ化し、加速度を求める。 - Excelを用いて、加える力と加速度の関係、台車の質量と加速度の関係を考察する。	思	○	評価規準：思考・判断・表現（記述分析） ・力と加速度の関係、質量と加速度の関係をグラフ化できる。 ・力と加速度の関係、質量と加速度の関係を言葉で表現できる。
4	- 考察したことを発表しあう。 - 運動の法則「$ma=F$」についてまとめる。 1物体の運動における「$ma=F$」の問題を解く。	知	○	評価規準：知識・技能（記録分析） ・運動の法則を理解し、説明できる。 ・運動の法則を用いて物体にはたらく力や加速度を求めることができる。
5	2物体の運動における「$ma=F$」の問題を解く。	思		評価規準：知識・技能（記録分析） ・運動の法則を用いて物体にはたらく力や加速度を求めることができる。

② 学習指導案

科 目	物理基礎	使用教材	教科書：数研出版『新編 物理基礎』 実験プリント，生徒用タブレット		
指導クラス	2年5組（19人）	単 元	運動の法則		
クラス観	2年5組は進学を希望している生徒が多い「特進クラス」であり、その中でも物理基礎を選択している生徒は理系の進路を希望している。授業には真面目に取り組むことができ、困ったことがあれば生徒同士で教え合うことができる。				
本時の主題	一定の力を加え続けるときの運動の法則を調べる。		本時の位置	3 / 5	
本時の目標	実験データから質量，加速度，力の関係を見つける。				
評価の観点	・力と加速度の関係、質量と加速度の関係をグラフ化できる。 ・力と加速度の関係、質量と加速度の関係を言葉で表現できる。 【思考・判断・表現】				
本 時 の 展 開					
進	学習内容	教師の働きかけ	学習活動 (生徒の活動)	評価の観点 (具体的評価規準)	評価方法や 指導上の留意点
導入 5 分	前時の復習	・実験の目的や仮説、前時に行った実験内容の確認をする。	・実験の目的や仮説、実験内容を振り返る。 ・前時の測定結果を確認する。		・前時で、記録テープの長さを測定し、区間平均速度を求めている。
展開	実験データ処理① (各条件における加速度を求める。)	・測定結果から、Excelを用いて「 $v-t$ グラフ」を作り、各条件における加速度を求めるように指示する。	・「Excelマニュアル」のプリントを見ながら、「 $v-t$ グラフ」を作り、各条件における加速度を班内で分担して求める。 ・班内で、各自が求めた加速度の値を共有する。	・「 $a-F$ グラフ」「 $a-m$ グラフ」で適する近似曲線を描くことができる。 【思考・判断・表現】	・Excelで作ったグラフを基に評価する。
	実験データ処理② (質量と加速度、力と加速度の関係をグラフ化する。)	・「 $a-F$ グラフ」「 $a-m$ グラフ」を作るように指示する。	・Excelで「 $a-F$ グラフ」「 $a-m$ グラフ」の散布図を作り、どの近似曲線が最も適するかを考える。		
まとめ 8 分	考察まとめ	・「 $a-F$ グラフ」「 $a-m$ グラフ」から、質量、加速度、力の関係を言葉で表現するように指示する。	・質量、加速度、力がどのような関係にあるかを考え、MetaMoji Class Roomのノートに記述する。	・質量、加速度、力の関係を言葉で表現できる。 【思考・判断・表現】	・MetaMoji ClassRoomのノートの記述を基に評価する。 ・次回、クラス内で各自の考察を発表しあい、運動の法則についてまとめる。