

授業実践記録 質量の大きさが物体の運動に与える影響

TSC 秋の宿泊研修会
多摩市立聖ヶ丘中学校
佐久間直也

1.背景とねらい

現在、教科書における力と運動の展開は、次に記す通りである。落下運動については斜面上で物体が一定の力が加わり続けたときの運動を記録、考察している。その後、斜面の角度を90°にした自由落下運動について触れ、質量の違う物体も同じ運動をすることに触れている（空気抵抗は考えない）。

この流れは、2.内容の説明に記している科学史の流れに沿ったものだが、最後「質量の違う物体も同じ運動をする」の部分だけ、教師による説明で終わるという印象を受ける。

今回の実践では、質量の大きさが物体の運動にどのような影響を与えるのか、生徒が自ら予想し、実験の計画を行い、実験をしていく中で自然と問題点を見出すことができるような授業展開を提案する。

2.内容の説明

ガリレオが力と運動の関係性を調べていた時代、細かい時間を一定の間隔で計測できる手段がなかった。1番身近である自由落下運動は、あまりにも物体が速すぎたため正確な運動の記録をとることができなかったのだ。しかし、斜面を下る運動は、角度を調整すれば、当時の測定技術でも十分な計測ができるほど、速さを遅くすることができた。そのため、「力と運動の関係性は、斜面の角度を次第に大きくしていき、その中でどの角度にも共通する結果見出すことができれば、自由落下でも同じことが言える」と仮説をたて、力と運動の関係性を明らかにした。実際に時間の計測は、容器に水を入れ容器の底に穴を開け水滴の落ちる間隔を、時間としていた。

この科学史による流れが、教科書の「力と運動」にそのまま影響されていると考える。しかし、時間を測定する機器（ストップウォッチや記録タイマー、スピードセンサー等）がある現在、必ずしもこの流れで「力と運動」を学習する必要はないと考える。

次期学習指導要領上においても、「力学台車などを滑らかな水平面上で運動させ、（中略）加える力が大きいほど速さの変わり方も大きいことを理解させる。」「落下運動については、斜面に沿った台車の運動を中心に調べ、（中略）一定の力を加え続けた場合の水平面上の物体の運動と比較するなど探求の過程を振り返らせることも考えられる」との表記があるため、次期学習指導要領から大きく外れた提案ではないと思われる。

そこで、以下の授業を提案させていただく。

	ねらい	内容	理科の見方・考え方
第1時	物体に一定の力がはたらき続けたとき、物体の速さは次第に大きくなり、速さの変わり方は一定であることを見出し、理解する。	水平面上で台車を運動させる。一定の力を加え続けるために、固定滑車とおもりを使用する。	量的な視点 関係付け

第2時	物体にはたらき続ける一定の力が大きくなると、物体の速さの変わり方も大きくなることを見出し、理解する。	水平面上で台車を運動させる。おもりの質量を100gと200gで実験を行い、物体の運動を比較させる。	量的な視点 比較 関係付け
第3時	斜面上での物体の運動と力の大きさの関係についても、水平面上と同じことがいえるか検証するための実験計画を立てる。	水平面上で力を大きくする場合、おもりの質量を変えた。斜面上の場合、斜面沿った力を大きくするためにどのようにすれば良いか考える。	量的な視点 比較 条件の制御
第4時	斜面の角度を大きくすると、物体の速さの変わり方は大きくなり、斜面上を運動する物体の質量を変えても、物体の速さの変わり方は大きくなることを見出し、理解する。	前時に立てた実験計画を元に、実験を行う。斜面の角度が大きい斜面・小さい斜面と、質量の大きさについては台車が1台・2台のときとで実験を行う。	量的な視点 比較 関係付け 条件の制御
第5時	物体にはたらき続ける一定の力が大きくなると、速さの変わり方も大きくなるが、物体の質量が変わっても、速さの変わり方は変わらないことを見出し、理解する。	前時の実験の結果を振り返り、斜面の角度は速さの変化の割合に影響するが、物体の質量は影響しないことを確かめる。演示実験を行い、斜面上で1つの台車と2つの台車が同じ運動をすることを確かめる。また、質量の異なる物体を落下させたとき、同じ運動をすることも確かめる。	量的な視点 比較 関係付け 条件の制御
第6時	質量とは、物体の動かしにくさのことであり、質量が大きいと物体は動かしにくくなり、質量が小さいと物体は動かしやすくなることを理解する。	水平面上において、1つの台車と2つの台車に同じ力を一定にかけたときの運動を観察する。その後、1つの台車には100gのおもり、2つの台車には200gのおもりをつなぎ、2つの台車の運動を観察する。 無重力空間における、異なる質量をもつ物体に等しい力がかったときの運動のようすを動画で観る。 月面における羽根とハンマーの自由落下運動の動画を観る。	量的な視点 比較 関係付け

この単元で育む資質・能力

(1) 知識・技能等

- ・台車にはたらき続ける一定の力がはたらき続けるとき、台車の速さの変わり方は一定であることに気づく力。
- ・台車にはたらき続ける一定の力が大きいとき、台車の速さの変わり方は大きくなることに気づく力。
- ・物体の質量は、物体の運動に影響を及ぼさないことに気づく力。
- ・物体の運動に関する実験を行い、記録テープの結果を表にまとめることができる力。

(2) 思考・判断・表現等

- ・台車の運動を、記録テープの打点の間隔と台車の速さの変わり方を関係付けて考えることができる力。
- ・斜面の角度や台車の質量が、台車の運動にどのような影響を及ぼすのか、条件の制御をしながら、比較し、考えることができる力。

(3) 学びに向かう人間性等

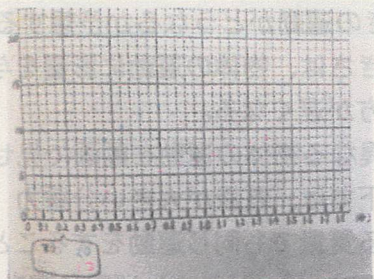
- ・ある現象について、実験を行い結果をまとめることにより、その現象が具体的にどのようなものなのかを明らかにすることができることに気づく力。
- ・予想していた現象とは違う結果が生じたときでも、諦めずに探求し、真理にたどり着こうとすることができる力。

3. 学習指導における実践事例

水辺面上における台車の運動を記録する実験では、台車に糸をつけ、その糸の反対側端におもりをつけて実験を行った。また、物体にはたらき続ける一定の力を大きくするために、おもりの数を変えて実験を行なった。



おもりが1つのときと2つのときとで、物体の速さの変わり方は明確に違いがでた。

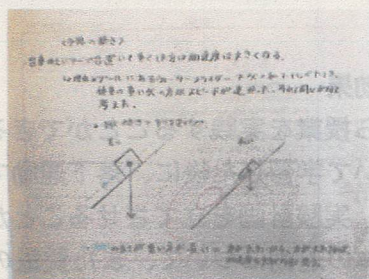
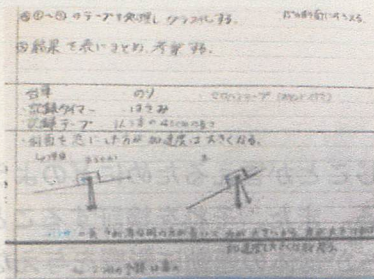


落下運動では、斜面上に沿った台車の運動を中心に調べた。水平面上の運動で分かっていることは以下の2つである。

- ①一定の力がはたらき続けると、速さは一定の割合で変わり続けること。
- ②物体にはたらき続ける一定の力が大きくなると、物体の速さの変わり方も大きくなること。

斜面上に沿った台車の運動でも、同じことが言えるだろうか。これを検証するために、斜面上でも台車にはたらき続ける力を大きくしたときに、台車の速さの変わり方が大きくなることを確かめる必要がある。生徒には、これを検証するための具体的な実験方法を考えさせる。おおよその生徒が以下の2つを挙げた。

- ①斜面の角度を急にする。
 - ②斜面上を運動する台車の質量を大きくする。
- ①、②それぞれで実験を行い、速さの変わり方にどのような影響を及ぼすのか考えさせる。



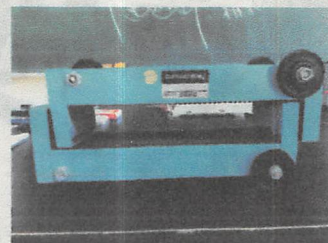
時間 (秒)	距離 (cm)	時間 (秒)	距離 (cm)
0	0	0	0
1	1	1	1
2	4	2	4
3	9	3	9
4	16	4	16
5	25	5	25
6	36	6	36
7	49	7	49
8	64	8	64
9	81	9	81
10	100	10	100

結果は、以下の通りである。

- ①台車の速さの変わり方は、大きくなった。

②台車の速さの変わり方は、変わらなかった（実際には、大きくなる班も小さくなる班も…）
多くの生徒は、①、②それぞれで速さの変わり方が大きくなると予想したため、驚く。

本当に、台車の質量が変わっても、台車の速さの変わり方が変わらないのか演示実験で斜面上を質量の異なる台車を同時に運動させる。斜面の角度を変えても、自由落下にしても、やはり質量が物体の運動に影響を与えないことを確かめる。



では、なぜ質量が物体の運動に影響を与えないのか確かめる。水平面上において、質量の異なる2つの台車に、同じ大きさである一定の力がはたらき続けたときの運動がどうなるか予想する。多くの生徒は、同時にゴールすると予想する。前時に、質量の大きさは、物体の運動に影響を与えないと学習しているからである。しかし、結果は質量の大きい方が遅くなる。

ここで、質量とは何かを説明する。無重力空間における質量の異なる物体の運動を動画で見せ、質量が大きいと、物体は動きにくくなることを確認する。自由落下では、質量が大きい分重力（力）が大きくなるが、その分動かしにくくなるため、結果異なる質量でも同じ運動をすることを確認する。では、水平面上で異なる質量の2つの物体（1kgと2kg）が、どうすれば同じ運動をするか考えさせる。

質量の比が2:1のとき、力の比を1:2にすれば同じ運動をすることを考える生徒が出てくるため、実践すると、（だいたい）同じ運動をする。

最後に、月面（空気がない場所）だと、羽根とハンマーも同時に落下する動画を見せ、単元の学習を終わりにする。



4. 学習指導における教育上の効果

- ・見方・考え方を働かせながら授業を実践することができる。
- ・水辺面上の物体の運動について学習した後に、落下運動でも同じことが言えるためにどのような実験をする必要があるか、実験計画を立てさせることができる。また、それを検証することによって、水平面上での物体の運動について、また質量の大きさが物体の運動に影響を与えないため、検証実験について、生徒は探求の過程を振り返ることができる。
- ・従来の展開では質量の大きさが物体の運動に与える影響について、課題が与えられているようであったが、今回の実践では、生徒が自ら計画した実験内容によって、矛盾が生じ、自然と質量が物体の運動に与える影響は何だろうと考えることができる。