

令和2年度 中学校教育研究会

## 理科学習指導案

指導者 北信教育事務所指導主事 中村 祐介 先生  
共同研究者 信州大学教授 天谷 健一 先生  
日時 令和2年7月14日(火) 第3校時  
授業学級 3年E組(37名)  
授業会場 第2理科室  
単元名 「力と運動の関係 ～法則に私の名前がつく日～」  
授業者 田中 聡

1	本質に迫る生徒の姿	1
2	テーマ	1
3	テーマ設定の理由	1
4	単元名・学年	1
5	単元の目標	2
6	「仮説を更新する力」を高めるための手だて	2
7	教材化	2
8	単元展開	5
9	本時案	6

信州大学教育学部附属長野中学校 理科  
研究者 田中 聡 中村 和孝 金箱 仁志  
高橋 将人 下條 陽子 熊谷 洋

## 1 本質に迫る生徒の姿

自然の事物・現象を科学的に探究する生徒

## 2 テーマ

仮説を更新する力を高める指導の在り方

## 3 テーマ設定の理由

本校理科では、自然の事物・現象を科学的に探究する生徒の姿を目指している。この姿を具現するためには、仮説を更新する力を高める必要があると考えている。

「電気（ゆめ）よ跳べ！ワイヤレス電力送電」（令和元年12月・2年）では、より高い電圧を送電できるコイルの組み合わせの規則性を見いだす学習を構想した。そこでは、コイルの巻き数の組み合わせと電圧の関係を、それらの数値の増減の視点で、分析する活動を位置付けた。その中でS生は、前単元の電磁誘導の学習を想起し、「600回巻き同士に向かうにつれて電圧は高くなり、そこには比例関係がある。」と仮説を設定した。その後、S生は100回から600回巻き同士までの検証を行い、グラフが直線でないことから、「電圧と巻き数に比例関係はない。」と分析した。しかし、比例関係があるのではないかという分析や発電機の握り方による誤差があるという友の発言を聞いたS生は、グラフを見直し、「400回巻き同士の結果を除けば、ほぼ直線のグラフとなり、電圧と巻き数は比例関係にある。」と分析し直した。さらに、「もし、両方のコイルが電圧に影響すれば、電磁誘導とは違い、相乗効果で二次関数のようなグラフになりそうだが、グラフは直線なので、影響しているのは片方のコイルであり、磁界の発生源である送電用が影響している。」と分析をした。これらの分析を基にS生は、「送電用600回巻きで受電用は何回巻きでもよい。」と新たな仮説を設定した。このS生の姿を、本校理科では、コイルの巻き数と電圧の関係を、コイルの巻き数による電圧の値の増減やグラフの形状の視点で、分析することを通して、より科学的な仮説を設定しようとしている姿と捉えた。このことから、物質やエネルギーに関する事物・現象における規則性を見いだす学習において、対象となる変数の関係を、それらの数値の変化の視点で、分析する活動を位置付けることは、仮説を更新する力を高めることに有効であることが見えてきた。

一方、単元の学習を終えたS生は、最大電圧を送電できるコイルの組み合わせの規則性を見いだせなかった。これは、各班が考える結果を生み出した要因に着目し、仮説の妥当性を検討するような追究が足りなかったからであり、そのような追究がされていれば、S生は、さらに科学的な仮説を設定しながら規則性を見いだすことに迫ることができたのではないかと考える。

そこで、「力と運動の関係 ～法則に私の名前がつく日～」において、日常の様々な経験を通して得た概念から設定した仮説を検証しながら、力と運動の規則性を見だし、「私の法則」としてまとめる学習を構想する。そこでは、力と運動の関係を、それらの数値の増減やグラフの形状の視点で、分析する活動を位置付ける。そして、複数の結果の違いを基に、仮説の妥当性を検討する活動を位置付ける。このような学習によって仮説を更新する力を高めることで、自然の事物・現象を科学的に探究する姿の具現に迫ることができるのではないかと考え、本テーマを設定した。

## 4 単元名・学年 「力と運動の関係 ～法則に私の名前がつく日～」・3年

## 5 単元の目標 ※【 】内は、学習指導要領との関連を指している

### (1) 知識及び技能【第1分野 (5) ア (イ) ①】

- ① 加速したり、減速したりする運動や等速直線運動の規則性を理解することができる。
- ② 力と運動の関係を調べる実験を行い、運動の様子を記録することができる。

### (2) 思考力、判断力、表現力等【第1分野 (5) イ】

- ③ 表やグラフから力と運動の関係性や規則性を考察することができる。
- ④ 検証を繰り返す中で、力と運動の規則性を見いだすことができる。(本時)

### (3) 学びに向かう力、人間性等

- ⑤ 運動の規則性に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど科学的に探究しようとしている。

## 6 「仮説を更新する力」を高めるための手だて

- ・日常の様々な経験を通して得た概念から設定した仮説を検証しながら、力と運動の規則性を見だし、「私の法則」としてまとめる学習において、力と運動の関係を、それらの数値の増減やグラフの形状の視点で、分析する活動を位置付ける。(単元)
- ・進行方向へ一定の力が加わり続ける時の物体の運動を明らかにする学習において、複数の結果の違いを基に、仮説の妥当性を検討し合う活動を位置付ける。(本時)

## 7 教材化

### (1) 単元に寄せた教材化

#### ① 日常の様々な経験を通して得た概念から設定した仮説を検証しながら、力と運動の規則性を見だし、「私の法則」としてまとめる学習を扱う意図

生徒は、日常の様々な経験を通して力と運動に関わる概念を得ていくと考える。しかし、それと物理現象の原理や仕組みとの矛盾に気付かない場合がある。例えば、自転車で坂道を下ると急に速くなるという経験をした生徒は、速さが二次関数のように増加するという概念を得ている場合がある。実際は、重力の分力が一定に働くことで、速さが時間に比例するため、先の概念は、力と運動の規則性に矛盾する。本校理科では、この矛盾に気づき、力と運動の規則性を見だしていく学習が必要であると考え。そして、そのような学習によって、生徒は、自らの概念を確かなものとしたり、愛着あるものにしたりしていこう。また、このような学習の中に、より科学的な仮説を設定しようとする姿、つまり仮説を更新する力を高める生徒の姿が表れると考える。

以上のことから、本単元において、日常の様々な経験を通して得た概念から設定した仮説を検証しながら、力と運動の規則性を見だし、「私の法則」としてまとめる学習を行うこととする。

#### ② 身近な物体の力と運動の関係を整理し、単元の学習問題を設定する

第1時、教師は、人の歩行の運動を表したグラフ(図1①)を生徒に提示し、「何の運動のグラフだろうか。」と問う。生徒は、グラフを読み取り、様々な運動を予想するだろう。そこで、教師は、人の歩行の運動であることを伝える。生徒は、本当にこのようなグラフになるのかと興味をもち、人の歩行の運動を検証していくだろう。ここでは、60分の1秒ごとに打点できる記録タイマーと表計算ソフトを用いて、

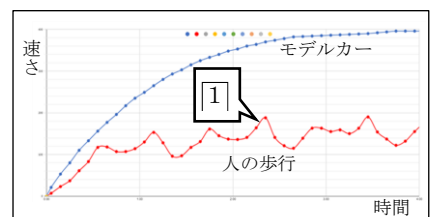


図1 身近な運動のグラフ(第1, 2時)

検証を行うように促す。検証を終え、教師が提示したグラフと似た形状となることを確認した生徒に、「他の運動は、どのようなグラフになるか。」と問う。生徒は、他の運動を考え、その運動と歩行を比較しながら、グラフの形状を予想していく。

第2時、生徒は、前時に考えた他の運動の検証を進め、結果を得ていく。結果を得た生徒に、「なぜグラフの形状が異なるのか。」について振り返るように促す。例えば、モデルカーの運動を検証した生徒は、「歩行は、力が加わるときと加わらないときがあるが、モデルカーはずっと力が加わっている。その違いが異なるグラフの形状となった。」と、力と運動の関係に触れた振り返りをするだろう。教師は、そのような振り返りを取り上げ、物体に働く力と運動には密接な関係があることをおさえる。そして、具体的にどのような関係なのかという生徒の疑問を教師は取り上げ、単元の学習問題「物体に働く力と、物体の運動にはどのような規則性があるのか。」を設定する。

### ③ 日常の様々な経験を通して得た概念から仮説を設定する場を設ける

第3時、教師は力学台車を押す様子を見せ、「物体に力を働かせると、物体の運動はどうか。」と問う。生徒は、力学台車が動き出した様子や日常の様々な経験を通して得た概念を基に「力を働かせると、加速して速くなる。」という仮説や、動いている台車を手で止めた様子から「力を働かせると、加速する場合もあるが、減速する場合もある。」という仮説を設定する。そして、仮説の真偽を確かめるために検証を行う。その中で、動いている物体に進行方向と逆向きへ力が加わると減速する場合や、両側から力が加わりつり合っていると動かない場合があり、力の加え方によって運動は変わることを捉える。そして、力と運動の規則性を見いだすためには、働く力の条件とそれに対応する運動の変化を詳細に考えないといけないという見通しをもつだろう。そのような生徒に、教師は、仮説を設定するように促す。生徒は、これまでの実験や、日常の様々な経験で得た概念を基に仮説を設定していく。そして、それらの仮説を共有することでそれぞれの仮説の共通点や相違点に気付いていくだろう。教師は生徒と共に、力の加わり方や向きが共通する仮説を同じグループとして分けていく(表1)。このようにすることで生徒は、力と運動の規則性を明らかにするために、各グループの仮説の真偽を確かめて仮説を検討していけばよいという見通しをもつだろう。

表1 グループ分けした仮説の例(第3時)

<b>I【異なる大きさの力が加わる場合の仮説】</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・物体に加わる力が大きくなるほど、速くなる。</li> <li>・物体に加わる力が大きくなっても、それほど速くならない。</li> </ul>
<b>II【進行方向に一定の力が加わる場合の仮説】</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・進行方向へ一定の力が加わり続ければ、速さは一定の割合で増加する。</li> <li>・進行方向へ一定の力が加わり続ければ、速さは二次関数のような割合で増加する。</li> <li>・進行方向へ一定の力が加わり続ければ、速さは徐々に横ばいに増加する。</li> </ul>
<b>III【進行方向と逆向きへ力が加わる場合の仮説】</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・進行方向と逆向きへ力が加わると、速さは一定の割合で減少する。</li> <li>・進行方向と逆向きへ力が加わると、速さは二次関数のような割合で減少する。</li> <li>・進行方向と逆向きへ力が加わらなければ、速さは変化しない。</li> </ul>

### ④ 日常の様々な経験を通して得た概念から設定した仮説を検証しながら、力と運動の規則性を見いだす学習において、力と運動の関係を、それらの数値の増減やグラフの形状の視点で、分析する活動を位置付ける

第4～9時、生徒は、それぞれの仮説を検証していく。その中で、力と運動の関係を、それらの数値の増減やグラフの形状の視点で、分析することで、設定した仮説を評価・改善し、「私の法則」と言える新たな仮説を設定しようとするだろう。例えば、第9時、生徒は、進行方向と逆向きへ力が働いた場合の仮説について検証していく。その中で、

カーリングのストーンが止まる映像を見た経験から「速さは一定の割合で減少する。」という仮説や、自転車で坂道を上った時に急激な減速をした経験から、「二次関数のように遅くなる。」等の仮説を設定するだろう。そして、力学台車を用いて坂道を上らせたり、摩擦がかかる厚紙や布の上を力学台車を走らせたりする実験を行う。結果を得た生徒は、グラフの形状を手掛かりに分析を行っていく。この場合、生徒は、速さが増えている部分は、力が進行方向へ加わっていると捉え、速さの最大値から先のグラフに着目して分析を進めていくだろう（図2）。そして、速さの数値の増減を詳細に読み取り、誤差はあるものの、ほぼ一定の割合で遅くなっていることや、摩擦が小さい面ほどグラフの傾きが水平に近くなることを明らかにすることで、新たな仮説「進行方向と逆向きへ一定の力が加わり続けられれば、一定の割合で遅くなる。」を設定しようとするだろう。

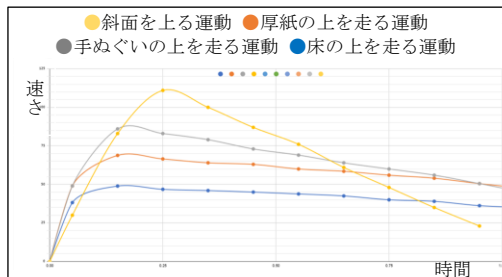


図2 進行方向と逆向きへ力を加えた場合の運動（第8、9時）

## (2) 本時に寄せた教材化

グループⅡにおける仮説の真偽を明らかにする学習において、複数の結果の違いを基に、仮説の妥当性を検討し合う活動を位置付ける

本時、生徒は、グループⅡの力の条件の場合、速さは比例して増加、二次関数のように増加、徐々に横ばいになる増加の三つの仮説をもち検証していく。その中で、これまでと同様に分析し、速さは時間に比例しているのではないかと考察するだろう（図3）。そして、全体で分析を共有した後、教師は、「本当に、二次関数や徐々に横ばいになるという仮説は偽なのか。」と問い、結果として偽であった仮説も含め、設定した仮説の妥当性を検討する活動を位置付ける。その中で、モデルカーと結果のグラフの違いに着目した生徒は、「短い距離では比例だが、長い距離を移動すれば徐々に横ばいになるはずだ。」と検討するだろう。それに対して、「なぜ横ばいになるのか。」とゆさぶることで、生徒は、摩擦等の進行方向と逆向きへ働く力との関係を考慮し、速さが増すと徐々に逆向きの力が大きくなり、進行方向への力とつり合うと考えるだろう。また、前時まで二次関数のように増加したグラフが記録されていないことから、「どの力の条件でも速さが二次関数のように増加することはない。」と検討するだろう。このように、結果が比例のようなグラフとなった要因を明確にした生徒は、「進行方向へ一定の力が加わり続けられれば、速さは時間に比例して増していく。ただし、現実的には摩擦や空気抵抗によって合力が0につれ、速さは横ばいになる。」と新たな仮説を設定しようとするだろう。

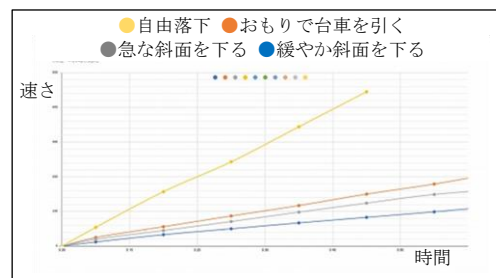


図3 一定の力を加える運動（第7時）

以上のように、日常の様々な経験を通して得た概念から設定した仮説を検証しながら、力と運動の規則性を見いだす学習において、力の運動と速さの関係を、それらの数値の増減やグラフの形状の視点で分析する活動を位置付けたり、進行方向へ一定の力が加わり続ける時の物体の運動を明らかにする学習において、複数の結果の違いを基に、仮説の妥当性を検討し合う活動を位置付けたりすることで、生徒は「仮説を更新する力」を高めていくことができると考える。

## 8 単元展開

全 10 時間扱い 本時は第 7 時

過程	学習活動	◇教師の指導・支援 ◆予想される生徒の反応 ★仮説や法則	○評価規準	時間
導 入	1 歩行の運動の様子を調べる。	◇人の歩行の運動の速さの変化を表したグラフを提示し、実際に、人の歩行の運動を検証してみるように促す。 ◆歩行の運動を実際に検証してみると、先生が提示したグラフのように、加速、減速を繰り返す運動となっていることが分かった。自転車やモデルカーは、どのような運動になるのだろうか。	②記録タイマー、表計算ソフトを使って運動の様子を記録している。 【知識・技能】	1
	2 身近な運動の様子を調べる。	◇それぞれが決めた身近な運動を検証する場を設ける。 ◆モデルカーはどんどん加速していき、ある地点で一定の速さとなる運動ということが分かった。歩行は、力を加えたり加えなかったりすることを繰り返しているが、モデルカーは力が加わり続けるから異なるグラフとなった。加える力によって運動が変化することが分かった。 ◇物体に働く力と運動には密接な関係があることをおさえ、単元の学習問題を設定する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">単元の学習問題：物体に働く力と物体の運動には、どのような規則性があるのだろうか。</div>	③表やグラフから力と運動の関係を考察している。 【思考・判断・表現】	1
追 究	3 日常の様々な経験から得た概念を基に仮説を設定する。	◇物体に力を働かせると、物体の運動はどうなりそうかを問う。 ◆歩行や自転車でもそうだったように、力を働かせれば、物体は加速して速くなる。 ◇働かせた力が加速につながらない場合もあることを示し、働く力の条件を考える場を設ける。 ◆様々な力の加え方があると分かった。力と運動にどのような規則性があるのかははっきりさせるためには、働く力の条件を考え、その条件の時の運動の変化を考えないといけない。 ◇仮説を設定する場や、仮説をグループに分ける場を設ける。 ◆3つのグループの仮説の真偽をこれから調べていこう。	⑤働く力の条件と運動の様子を詳細に考え、仮説を設定しようとしている。 【主体的に学習に取り組む態度】	1
	4 異なる大きさの力が加わる時の運動を調べる。	◇グループ I の条件では、どのような仮説が設定されるのか共有する。 ★仮説：物体に加わる力が大きくなるほど、速くなる。 ◇検証計画を立て、検証をし、様々な結果を共有するように促す。 ◆押しばねばかりで加える力の大きさを変えてみたら、力が大きいほど、速さの最大値も大きくなることが分かった。 ★新たな仮説：加わる力が大きいほど、速さの最大値も大きくなる。	④グループ I の力の条件における、力と運動の規則性を見いだしている。 【思考・判断・表現】	2
	5 物体に進行方向へ一定の力が加わり続ける時の運動を調べる。	◇グループ II の条件では、どのような仮説が設定されるのか共有し、検証方法を考える場を設ける。 ★仮説：進行方向へ一定の力が加われば、一定の割合で速くなる。 ◆おもりにはたらく重力は一定なので、滑車を使って力学台車を引いたらどうだろうか。 ◇それぞれの結果を基に、仮説の妥当性を検討する活動を位置付ける。 ◆長い距離なら、いずれは速さは横ばいになっていくだろう。一方、二次関数のように速さが増すと思っていたが、感覚にずれがあった。 ★新たな仮説：進行方向への力が一定の場合、速さは時間に比例する。ただし、現実的には摩擦や空気抵抗によって合力が 0 に近づくにつれ、速さは横ばいになる。	④グループ II の力の条件における、力と運動の規則性を見いだしている。 【思考・判断・表現】	2 (本時は第 2 時)
終 末	6 進行方向と逆向きへ力が加わる時の運動を調べる。	◇グループ III の条件では、どのような仮説が設定されるのか共有し、検証方法を考える場を設ける。 ★仮説：進行方向と逆向きへ力が加わると、一定の割合で減速する。 ◆摩擦力が段階的に変わるように、厚紙や布などを使用して検証する。 ◇力と運動の関係をグラフの形状の視点で分析する活動を位置付ける。 ◆どの検証でも、ほぼ一定の割合で遅くなっていることが分かる。摩擦が少ない面ほど、グラフの傾きが水平に近くなった。進行方向の力と逆向きの力が釣り合う場合、速さは変化しない。 ★新たな仮説：進行方向と逆向きへ一定の力が加わり続けられれば、物体は一定の割合で遅くなる。摩擦がなければ、速度は変化しない。	⑤検証を振り返り、新たな仮説を設定しようとしている。 【主体的に学習に取り組む態度】	2
	7 検証を振り返り、私の法則としてレポートにまとめる。	◇検証を振り返り、設定できた仮説を「私の法則」としてまとめるように促す。 ★私の法則：力が加わると物体の速さは変化する。進行方向に力が加わると加速し、逆向きの力が加わると減速する。一定の力が加わり続けると、速さは時間に比例する。力が釣り合い合力が 0 になる場合、速さは変化せず、そのままの速さで運動を続ける。	①力と運動の規則性を理解している。 【知識・技能】	1

## 9 本時案

### (1) 主眼

進行方向へ一定の力が加わり続ける時、物体はどのような運動をするのか考える場面で、前時までのグラフと結果のグラフの違いに着目し、仮説の妥当性を検討し合うことを通して、進行方向へ一定の力が加わり続けると物体は一定の割合で加速することを見いだすことができる。

### (2) 本時の評価規準

進行方向へ一定の力が加わり続けると、物体は一定の割合で加速することを見いだしている。

### (3) 展開

段階	学習活動	予想される生徒の反応	◇教師の指導・援助	時間	備考
課題を把握し 追 究 し て ま め る	1 学習問題と仮説を確認し、学習課題を設定する。	学習問題：進行方向へ一定の力が加わり続ける時、物体はどのような運動をするのだろうか。 ア 一定の力を加えた分だけ速さが増加していくので、速さは時間に比例して増加すると思う。 イ モデルカーのように徐々に横ばいになる、二次関数のように速くなる、という仮説もあって、検証する必要がある。 ウ 重力が常に一定だということを利用して、おもりで台車を引いて検証する。 エ 結果から得たグラフや、モデルカーのように一定の力で動かした他の運動のグラフを比べて、それぞれの仮説の妥当性を検討すればよい。	◇学習問題を確認し、仮説とその根拠、検証方法を問う。 ◇アのように比例するという考えをまず取り上げ、それに対比する考えを取り上げながら、それぞれの仮説の根拠を共有する。 ◇ウのように、重力が一定に働く力であることを利用するという考えを取り上げる。 ◇結果をグラフに表して分析し、それぞれの仮説の妥当性を検討し合えばよいことを確認する。	10分	PC 学習カード
	2 検証を行い、考察する。	オ 検証結果をグラフにしてみると、始めからの移動距離が、おもりの落下距離である 30cm までは、速さは時間に比例して増加し、それ以降は少しずつ減速している。 カ どの検証方法でも、一定の力が働いている間の時間と速さのグラフの形状は直線になり、急激には増加していない。進行方向に一定の力が加わると、速さは時間に比例して一定の割合で増加していくと言えそうだ。 キ 徐々に横ばいになるという仮説や二次関数のように増加するという仮説は誤りであったが、その根拠となった経験はどう考えればいいのか。	◇おもりと滑車を使う方法、斜面を下らせる方法、落下させる方法の3種類に分かれて実験を行い、進行方向以外の外力が加わらないように注意させる。 ◇記録テープの処理やシートへの入力の役割分担を声掛けする。 ◇複数の実験結果を得ることで、より科学的に明確な考察ができるように、おもりの重さや斜面の角度を変化させて実験するように助言する。 ◇考察が進まない生徒には、単位時間あたりの変化量と力の関係に着目するように助言する。	25分	力学台車 おもり スタンド 滑車 紐 斜面用の板 記録タイマー 記録テープ 定規
	3 仮説の妥当性を検討し合う。	ク 日常の感覚と実際の加速にはずれがあるのだと思う。また、力学台車も長い距離を運動してもっと速くなれば、摩擦などが影響するのかもしれない。 ケ 速さは時間に比例して増加すると思うが、摩擦などの進行方向に逆向きの力が働くことで、徐々に進行方向の力とつり合い、速さは横ばいになると考えると、矛盾は解決できる。	◇考察を共有し、当初の仮説の根拠と考察に矛盾する部分がないかを問い、偽であった仮説の根拠となった経験などの要因について、再検討するように促す。 ◇ケのように、当初の仮説と考察の矛盾を解決しながら、仮説の妥当性を検討している生徒を全体に紹介する。	10分	
	4 本時の学習を振り返り、新たな仮説を立てる。	コ 授業の最初に考えていた仮説は原則として正しいが、更新できる。 新たな仮説 進行方向への力が一定の場合、速さは時間に比例する。ただし、現実的には摩擦や空気抵抗によって合力が0に近づくと、いずれは速さが一定の運動になる。 サ 摩擦力など、進行方向と逆向きの力を変化させて物体の運動を調べたい。	◇当初の仮説、共有した考察を振り返り、仮説をまとめるように促す。 ◇振り返りや新たな仮説に至った理由を学習カードの当該部分に青字で入力するように促す。 ◇コやサのように仮説を更新したり、新たな検証を考えたりしている生徒を全体に紹介し、次時への見通しをもたせる。	5分	