

# 「力と運動」の効率的な中高の接続

溝上 忠彦

「力と運動」の分野は、中学校では生徒が最も苦手とする分野であり、高校では基礎的なことを理解していない生徒が多いことから進度が遅れることが多い。そこで、生徒のつまづきを最小限にし、効率よく理解できるようにできないかと思い、「力と運動」について、中高の接続に注目した要点と、教員対象に実施した研修講座の結果をもとに検証し、報告する。

〔キーワード〕 力と運動      速さの変化      中高接続      力の表し方      運動方程式

## はじめに

力学分野の基礎となる「力と運動」の分野は、中学校3年生では概念を中心に学び、高校の物理基礎では定量的に扱えるように学ぶ。中学校では生徒が最も苦手とする分野であり、教員も指導に苦労している。高校では、苦手意識を持ち、基礎的なことを理解をしていない生徒が非常に多いために、基礎から教え、最初から学び直すことによって進度が遅れることが多い。

また、この分野は、高校物理だけでなく、理工系、医療系などの専門分野においても土台となる所であり、この分野のつまづきは、進路選択においても大きな障害となっている。

ここで、生徒が「力と運動」の分野についてつまづきを最小限にし、効率よく理解するために必要なことについて、中学校、高等学校の指導内容の接続と、本年度中学校研修講座で実施した「力と運動」の講座をもとに検証し、報告する。

## 1 小学校・中学校理科と「物理基礎」のエネルギーを柱とした内容の構成について

現行学習指導要領では、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図っている。エネルギーを柱とした内容の構成を力学分野のみ抜粋したものについて示す（図1）。

力学の分野については、小学校と中学校の間では「風とゴムの働き」で「力の働き」につい

| 校種   | 学年   | 内容                                                                                                                                                  |
|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 小学校  | 3年   | 風やゴムの働き                                                                                                                                             |
|      | 5年   | 振り子の運動                                                                                                                                              |
|      | 6年   | てこの規則性                                                                                                                                              |
| 中学校  | 1年   | 力の働き<br>圧力                                                                                                                                          |
|      | 3年   | 運動の規則性<br>・力のつり合い<br>・運動の速さと向き<br>・力と運動<br>力学的エネルギー<br>・仕事とエネルギー<br>・力学的エネルギー保存                                                                     |
| 高等学校 | 物理基礎 | 運動の表し方<br>・物理量の測定と扱い方<br>・運動の表し方<br>・直線運動の加速度<br>様々な力とその働き<br>・様々な力<br>・力のつり合い<br>・運動の法則<br>・物体の落下運動<br>力学的エネルギー<br>・運動エネルギーと位置エネルギー<br>・力学的エネルギー保存 |

図1 小・中・高等学校のエネルギー（力学）を柱とした内容の構成

て触れる程度のつながりであるが、中学校と高校物理基礎では力と運動、仕事とエネルギーの単元を中心に強いつながりがある。また、中学校1年生で学ぶ「力の表し方」は、中学校3年生で学ぶ「力と運動」「仕事とエネルギー」の土台となる単元である。一方、小学校で学ぶ「ふりこ」と「てこ」については高校物理に接続される。小学校の段階で一通りの規則性を学ぶようになっており、高校では規則性を数式で表し、定量化している。

## 2 「力と運動」の中高接続について

中学校で学ぶ「力と運動」と高等学校物理基礎で学ぶ「力と運動」の教科書の内容について、「力」と「運動」それぞれの接続に注目して検証する。

### (1) 「力」についての接続

#### ①力の表し方（中1）

力の三要素（大きさ、向き、作用点）や矢印を使った力の表し方について学ぶが、力の矢印の表し方については、教科書に詳しく記載されている。特に作用点については丁寧に説明している。

#### ②力のつり合いと合成・分解（中3）

2力のつり合いの条件、力の平行四辺形の法則など基本的事項をきちんと学ぶ。ここは中1で学ぶ「力の表し方」が土台となっている。また、力のつり合いの説明では「1つの物体」と記載されており、作用・反作用の関係との違いまで説明されている。

#### ③様々な力・力のつり合い（高校物理基礎）

高校では、力の表し方については軽く触れる程度であり、力の合成と分解、力のつり合いでは、中学校の学びにベクトル表示と成分表示が加わっている。

### (2) 運動についての接続

#### ①力の働き（中1）

力の働きについては、物体を変形させる、物体を支える、物体の動き（速さや向き）を変える、と記載されている。このことか

ら、「物体に力がはたらく（物体が力を受ける）ことにより運動する」ことを学ぶ。

#### ②物体の運動の表し方（中3）

物体の運動のようすを表すには、速さと運動の向きを正確に示す必要があることを学ぶ。平均の速さは定量的に扱い、記録タイマーやストロボ写真による運動の分析を行う。物体の運動について分析するときの基本事項である。

#### ③力と物体の運動の関係（中3）

物体に力が働かないときと、物体に力が働いているときの運動について記録タイマーと力学台車を用いて実験を行い、力が働かないときは等速直線運動、力が働く場合は速さが変化することを学ぶ。また、力と運動の向きが同じときは速さが大きくなり、互いに反対向きのときは速さが小さくなることも学ぶ。定性的ではあるが、力と速さの変化の規則性についてはきちんと触れられている。高校では、速さの変化を向きを含めて「加速度」で表され、「運動方程式」に接続される。この内容は中学校の「力と運動」の集大成であり、高校物理の「力と運動」の重要な基礎の部分である。

#### ④速度と変位（高校物理基礎）

速さと運動の向きをひとまとめにした物理量として「速度」を扱い、位置、変位、速度を用いて一直線上の物体の運動を定量的に扱うことを学ぶ。また、速度の合成や相対速度についても学ぶ。「②物体の運動の表し方」で物体の運動が速さと運動の向きで表されることを理解していないために、速度を速さ（大きさ）と（＋、－の）向きで表すことにつまずく生徒をよく見かける。

#### ⑤加速度（高校物理基礎）

中3で学ぶ「力と物体の運動の関係」で調べた「速さの変化」を、「加速度（単位時間あたりの速度変化）」を用いて表すことを学ぶ。また、加速度の向きと物体の運動

の関係や、等加速度直線運動について定量的に扱うことも学ぶ。中3で学んだ力と速さの変化の規則性を定性的に理解していると、加速度や等加速度直線運動の定量的な扱いへの抵抗感は軽減される。

#### ⑥運動の法則（高校物理基礎）

力と加速度の関係、質量と加速度の関係を調べることにより、加速度と力、質量の関係をまとめ、運動の法則を理解することを学ぶ。また、物体の運動についての運動方程式を立てられるようにすることも学ぶ。中3で学んだ「力と速さの変化の関係」を加速度で表し、「質量と加速度の関係」を含めまとめたものが運動の法則になり、運動方程式につながる。このつながりが解れば運動方程式の意味が理解できる。また、運動方程式を立てるには、物体に働く力を書き、注目した物体に働く力（外力）を見つけることが大切である。運動方程式を理解するには「力」と「運動」を両方理解している必要がある。小学校、中学校で学んだ「力と運動」の内容全てがこの「運動方程式」につながってくる。

### 3 中学校理科研修講座による実践

力が働く運動では、運動の向きや時間の経過に伴って物体の速さが変わることを理解する目的で、記録タイマーを用いて、斜面上で上昇、降下する力学台車の運動を分析する実験を行い、この運動について考察した。

#### (1) 実験の要点

- ①記録タイマーにより、時間に伴った物体の速さの変化を分析した（図2）。



図2 記録タイマーを使った実験の様子

- ②斜面上で力学台車を上昇、降下させ、運動の向きを変えて実験を行った（図3）。



図3 斜面上で力学台車を上昇（左）、降下（右）させた実験

- ③運動方向の力の大きさを変えるため、斜面の角度を変えて実験を行った（図4）。

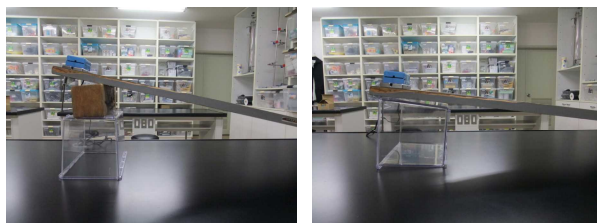


図4 斜面の角度を変えた実験  
（左の方が角度が大きく力の大きさが大きい）

#### (2) 実験結果

記録テープを5点ごとに切り、貼り付ける。力学台車が斜面を降下したときは速さが増加し、斜面を上昇したときは速さが減少した。いずれも速さの変化は一定だった。

#### (3) 考察

以下の5点について考察を行った。

- ①斜面を降下するときと上昇するときで力学台車に働く力について調べる。
- ②斜面の角度を大きくすると、力学台車の速さと力はどうに変化するかについて調べる。
- ③力学台車が斜面を降下するときと上昇するときで変化するものは何かについて調べる。
- ④グラフから、速さの変化について、力学台車が斜面を降下するときと上昇するときで共通することと、異なることは何かについて調べる。
- ⑤この実験から、速さの変化は関係があるも

のは何かについて調べる。

#### (4) 実験を行って

この実験を行うときに最も大切なことは目的をきちんと確認することと、考察をしっかりと行うことである。目的を意識付けし、検証と考察をしっかりと行わないと、実験の操作や結果を出すことのみに意識されてしまい、この実験の目的からずれてしまう。この実験では「力と、運動の向きと速さの関係」の規則性を実感して理解してもらうことが最大の目的であるので、実験前の目的の意識付けと、実験後の教員のファシリテートがとても重要であると同時に、教員が実験を指導する上で最も気を付けなければならないことである。実際、研修を実施したときには、操作、処理に目が行き、実験目的を理解する方向からずれないように、目的の意識付けと考察を丁寧に行うことにより理解を深めることができた。物理の実験は目的意識をもって行わないと実験そのものが意味をなさないものになるものが多い。この実験はその典型である。

### 4 「力と運動」の効率的な中高接続のために

#### (1) 内容について

「力と運動」の内容は、「2 「力と運動」の中高接続について」で述べたように、中学校で学んだ内容を高校でさらに積み重ねるようになっている。このつながりを中学、高校両方の教員がよく理解した上で指導する必要がある。高校物理基礎で「力と運動」を理解するまでに必要な事項を以下に挙げる。

- ①（中1）力の矢印についてきちんと理解して書けるようにすること。
- ②（中3）力と運動の向き、速さの関係について定性的に理解すること。
- ③（高校）速度、位置、変位、道のり、加速度の表し方を理解すること。
- ④（高校）等加速度直線運動について理解すること。
- ⑤（高校）力のベクトル表示と成分表示を理解すること。

- ⑥（高校）運動方程式をきちんと理解し、式をたてられるようにすること。

特に運動方程式を立てて計算できるようにするには、「①力の矢印を書けるようにする」ことがとても大切である。生徒が中学校で理解していないと高校で一から教えることになるので時間がとられ、進度が遅れることになる。

#### (2) 実験について

中学校で記録タイマーを用いて「力と運動」の実験を行うときには、準備や操作、処理でできるだけ生徒に手間をかけさせないことが大切である。この実験の目的は、力、運動の向き、速さの変化についての規則性を「定性的」に理解することである。また、教員が目的を理解していないと、操作、処理することが目的となり、「計算ができないから、実験が地味だから、この単元が嫌い」という生徒が多くなる。これではこの単元の本質をとらえられなくなり、実験を行う意味がなくなる。考察と検証は必ず行わねばならない。

#### おわりに

今回、中学校、高校の教員が内容の接続を知ることにより、要点を意識して指導したり、生徒のつまずきに気付くことができるのではないかと思う、「力と運動」の中高接続について内容を検証し、教員対象に研修講座を行い、効率良く生徒に理解させるために必要な要点をまとめた。この論文が少しでも接続の効率化に貢献できれば幸いである。

今後、接続の効率化を深めるには、中学生、高校生を対象とした授業を通して評価と検証を重ねる必要がある。この内容の理解をより高めるためにもっといろいろな角度から検証していきたいと考えている。

（みぞかみ ただひこ 物理研究班）