

## 1 年生の物理基礎におけるベクトルと三角比

～城東高校での授業計画概要～

東京都立城東高等学校主任教諭 田原輝夫

### 1. はじめに

1 年生に物理基礎を教える場合、数学的な準備が不十分な生徒たちにどのように授業を進めたらよいか戸惑うことがある。

本校では、平成 24 年度入学生から物理基礎、化学基礎、生物基礎の 3 科目を各 2 単位ずつ 1 年生に履修させている。1 年生の物理基礎では、数学で学ぶより先に、ベクトルや三角比等の概念が力学の分野で初めて登場する。生徒の中には「ベクトル」あるいは「sin, cos, tan」と聞いただけで拒絶反応を起こす者もいる。「物理は難解だ」という第一印象を与えてしまうことにもなりかねない。そこで、どのように授業を展開しようかと、教える側としても戸惑うのである。

しかし、物理と数学の関係について振り返って考えてみると、物理量の基本概念や諸性質の表現方法は多様である。特に高校の「物理基礎」の教科書では、瞬間の速度を  $v-t$  図の傾き、変位を  $v-t$  図の面積と表現している。高校の「物理」の範囲になるが単振動の変位・速度・加速度も等速円運動の射影から公式を導いている。つまり、微積分・ベクトルという言葉を使わずにそれらのエッセンスを使って物理の概念をきちんと説明している。

1 年生の物理基礎においても、ベクトルや三角比といった数学的な知識がない生徒に物理の基本を教えることは十分可能である。そして、物理の基本が理解できていれば、後から身に付けた数学的な知識を利用することにより、より合理的に厳密な物理の理解が可能になる。以上のことを踏まえた 1 年生の物理基礎の授業について紹介する。

### 2. 「発展」の扱いについて

ほとんどの物理基礎の教科書には、「発展的な内容」が盛り込まれている。その結果として、各学校の実情(すなわち物理基礎を置いている学年や単位数などの違い)に応じた柔軟な教科書の活用が可能になっている。

本校では、1 年生で物理基礎、化学基礎、生物基礎(3 科目各 2 単位ずつ)を履修した後、2 年生の理科では、「化学」2 単位を必修とし、「物理」または「生物」の選択必修(2 単位)としている。さらに、3 年生の理科では、2 年次に履修した科目から 0～2 科目選択し各 4 単位ずつ学ぶことができる。

このような本校の状況においては、今年度の 1 年生の物理基礎では、教科書の「発展」部分には一切触れずに授業を進めていく予定である。これによって、ベクトルや三角比についての説明に時間をかけずに済むようになる。

### 3. 高校の物理と数学的知識の関係

数学的な知識が乏しくても物理現象や法則についての定性的な理解はある程度できるが、数学的知識が豊かになればなるほど定量的な部分も含めた物理の理解が一層深まる。

例えば、斜方投射が水平方向の等速直線運動と鉛直方向の投げ上げという 2 つの運動に分解できることは数学的な知識が乏しくても実験などを通じて理解できるが、それぞれの運動を数式で表現したり、初速度の大きさと向きから着地点を予測したりすることは一定の数学的な知識を活用しなければできない。文部科学省の学習指導要領では、斜方投射に関しては、定性的な部分は「物理基礎」で扱い、定量的な部分は「物理」で扱うこととなっている。

したがって、数学的な知識が不十分な生徒であっても物理の面白さの一端を理解することができる。そして、数学的な知識が豊かな生徒ならば、さまざまなアプローチの仕方で物理の課題に取り組むことができるようになる。

### 4. 合成速度・相対速度の扱い

数研出版の教科書「物理基礎(物基/307)」では、9 頁に大きさと向きをもつ量としてベクトルという言葉が登場し、脚注にも簡単な説明があるが、実質的には 12 頁の「発展」の「②平面上の速度の合成」、

「③速度の分解」、 「④速度の成分」のところでベクトルと三角比が初めて登場する。そして、見開きの同じページに「参考」として「ベクトルの成分・ベクトルの和と差」についての解説がある。さらに本文資料として巻末で三角比についてやや詳しい解説がある。

本校の 1 年生の授業では 9 頁で、大きさだけをもつ物理量と大きさと向きをもつ物理量があることを教える。

合成速度と相対速度については、1 次元の場合についてのみの授業を行う。2 次元の問題には一切触れないため、ベクトルの和・差、あるいは三角比を使わずに授業を進めることができる。

### 5. 水平投射と斜方投射の扱い

水平投射と斜方投射については、数研出版の教科書では、「発展」として水平・鉛直のそれぞれの速度の式と変位(位置)の式を扱っている。

本校の 1 年生の授業では、水平方向と鉛直方向に分けると理解が容易になるという、学習指導要領の範囲の説明にとどめる。これにより、速度ベクトルの成分や三角比を避けて通る。

### 6. 力の合成・分解の扱い

力の合成・分解は、後に学習する力のつりあい、運動方程式、仕事の計算にも関連しているため、どうしても避けて通ることができない。

力の合成・分解に関しては、平行四辺形を用いた合成と分解の規則(いわゆる「平行四辺形の法則」)を実験等を通して理解させることが重要である。すでに力の合成・分解は、中学校で学んでいることもあり、比較的理解しやすいところでもある。

「ベクトル」という言葉を使って教える必要は全くない。縦横 1N ずつのメッシュを用いて合力を作図し、三平方の定理を用いて合力の大きさを求めさせる。

また、作図により、同じ力を鋭角に交わる 2 方向、直交する 2 方向、あるいは鈍角に交わる 2 方向に分解する練習をさせる。さらに、ものさしで矢印の長さを測ることで分力の大きさを求めさせる。

平行四辺形を利用した作図によって力の合成・分解ができることを理解させることがベクトル概念の最も重要なところである。

三角定規型の直角三角形の辺の比については中学校での既習事項である。 $xy$  直交座標の各方向への力の分解では、 $x$  軸と力のなす角  $\theta$  が  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  の場合については、元の力の大きさが分かれば、分力の大きさを計算によって求めることができるはずである。

その他の角度の場合については、数学 I で三角比の学習が済んだ後には、三角比を使って分力を表したり、三角比の表を用いて分力を計算したりすることができるようになる。

### 7. 高校数学での三角比とベクトルの履修時期

三角比は数学 I で学習する内容であるため、1 年の物理基礎の途中から三角比を用いて分力を表すことができるようになる。

平面ベクトルは数学 B の範囲の内容である。したがって、2 年生の物理で 2 次元の合成速度、相対速度、水平投射、斜方投射の授業を行う時点では、数学 B の平面ベクトルは未習である可能性が高い。結局、ベクトルは物理が先行して教える形になるかも知れないが、力の合成・分解の理解が進んでいるので、力と同じように速度や加速度も合成・分解できることを示すだけでよい。

### 8. おわりに

この問題を避けるために、力学を教える時期をなるべく後にするのも一つの家である。代わりに波動分野または電気分野を先に教えてしまうのだ。

ただし、力学で学ぶ事項は、他の物理分野の基礎となる概念(速度、加速度、力、仕事、エネルギーなど)を多く含んでいるので、力学を後回しにすることには若干の抵抗がある。

(ご意見をいただければ幸いです。)

#### 参考文献

- 1) 高等学校学習指導要領解説 文部科学省
- 2) 物理基礎 数研出版