

## IT 活用によるリアルタイム力学教育法とその有効性

○小林昭三・大柳拓也・村田章知・五十島真仁・広瀬敏行(新潟大)

キーワード:ITセンサー ミニ扇風機 軽い台車 軽い紙カップ型容器 終速度

### 1. はじめに

実体験を重視する科学教育分野においては、IT を活用する際には、バーチャルな世界でのコンピュータ活用のみに偏らないで、現実の世界における実験や観測をITセンサーや運動分析ソフトで、リアルタイムで分析・解析するIT活用法が重要となる。

本報告は、ITセンサーを用いた授業実践、運動分析ソフトを活用した「ニュートンの運動法則を『予測・検証』する授業実践の紹介と、その授業の有効性を検証するための学期初めの「事前テスト」と学期末の「事後テスト」による授業効果の調査結果、とである。

### 2. 運動の法則の授業とその効果

ミニ扇風機(プロペラが柔らかいビニール製で危険性が少ない)を推進力として使い、ベアリング車を付けた「軽い手作り台車」によって、摩擦抵抗が無視できる運動現象が実現できる。ミニ扇風機やベアリング車(安価に入手できる)により、身近な「ものづくり」教材としても楽しめる「扇風台車実験」なのである。

注目すべきは、「扇風台車実験」によって扇風機の推進力の逆方向にも「台車を始動できる」ことである。

これによって「運動方向と逆方向に力が働く」予想外の実体験によって「動く方向にいつでも力は働いている」という素朴概念を感動的に転換する授業となる。

重い記録タイマー用台車と違い、いかほどでも軽くすることで、摩擦をどんどん軽減できる利点がある。

#### (1)「力は速度に比例」から「力は加速度に比例」へ

摩擦が少ない滑走台と力学台車を2セット並べて用意する。1セットは力学台車に「ミニ扇風機」を固定して一定の力を加え続ける運動を行う。その真横に他の1セットを置き、ほぼ同じ等加速運動をする斜面の傾きに滑走台を調整して「台車が斜面を上下する運動」を行う。VideoPoint 又は距離センサーを使ってほぼリアルタイムで運動を解析して、予想を検証する授業を実施する。実験に先立ち、生徒にはアンケート用紙に予想を書いてもらう。例えば、「斜面の上方向に勢いよく台車を押し放し、上って、反転し、下るときに、それぞれの場所(上り、反転点、下り)ではどのような力が働いているか」。「ミニ扇風機の推進方向と逆向きに勢いよく走らせるとき、どのような運動をするか[( $x-t$ 、 $v-t$ )グラフはどのようなになるか]。途中まで走って、反転するとき、それぞれの場所(行き、反転点、帰り)ではどのような力が働いているか」。等である。このような問題で「斜面の運動」と「ミニ扇

風機による運動」のそれぞれを対比しながら考察させ、それについて、予測し検証するという流れで、演示実験や測定・分析実験を行った。

**台車が斜面を上がっているときの結果は次のようである:** Pre-Testでは、斜面を上昇すると、だんだんとその速度が小さくなることから、だんだん弱くなる力が働くと回答した学生が50.6%と多かった。正解を選んだ学生は13.3%とわずかであった。

Post-Testでは、正解を選んだ学生が、59.6%へと正答率は50%も著しく上昇した。

**反転する間にはどのような力が働くか:** Pre-Testでは、誤回答が47.0%と大多数を占め、正解を選んだ学生は14.5%であった。つまり、最高点に達したときに台車は瞬間的に止まっているので何も力が働いていないという解答が多かった。Post-Testでは、正解を選んだ学生が61.8%と非常に高くなった。正答率の上昇が5割近くに達した。

ITを活用で感動的な実体験をもとにして、誤概念を大きく転換する授業が実現できたのである。

#### (2)「抵抗の大きな世界」を理解できる格好な教材

きわめて軽い紙やアルミのカップ型容器は、抵抗が支配的な世界(速さの2乗の空気摩擦による終速度への移行が素早く実現でき)の法則性が見事に実現できる格好な教材である。**力学台車は軽いほど抵抗が無視できる世界をうまく実現できたのとは対照的に、軽い素材ほど空気抵抗が支配的な世界をうまく実現できる。**その枚数を10枚にして落下させても、すぐ終速度に達するので、アリストテレスの世界をすぐに実現し調べられるのである。実は「彼の説のように終速度は重さ(重ねた枚数)に比例する」のではなく、「重さの平方根に比例する」ことを見事に示しうる教材となる。

### 3. おわりに

力センサーを用いた作用・反作用の法則を検証する授業では、正答率を50%から60%上昇させ、80%台の定着率をもたらした。運動分析ソフトやITセンサーを活用する運動の第2法則に関する授業においては、Pre-TestとPost-Testとを比較すると正答率が30%から40%ほど上昇させる効果が得られ、そうでない場合の正答率上昇は10%~20%という結果を得た。

**参考文献:**「力と運動の素朴概念を転換するIT活用法の有効性」、『教育実践総合研究』新潟大学教育附属実践総合センター研究紀要、2003年6月、No. 2, pp. 55-78.