

力のイメージを育てる力表示器「Fi-Cube」の開発（2）

宇都宮大学教育学部 伊東 明彦・南 伸昌
宇都宮市立築瀬小学校 渡辺 一博
宇都宮大学大学院 渡邊 剛士

1 はじめに

理科を学ぶ中高生にとって力概念を獲得することが非常に困難である、という報告が数多くなされている。

力概念の理解が困難な理由の1つは、力が抽象的な概念であり、かつ、目に見えないことであると考えられる。「Fi-Cube」は、力を視覚化することで、生徒の力概念の獲得を支援することを目的として、宇都宮大学教育学部で開発された装置である（日本理科教育学会全国大会 1M-04&WS-07,2008）。

今回は「Fi-Cube」の普及を目指して、株式会社計測技研との連携のもとで製作された製品版を紹介する。製品版においては、加速度センサーをアナログからデジタルに変更するなどいくつかの改良が施されている。

2 Fi-Cube の概要

「Fi-Cube」は、内部に搭載された加速度センサーにより計測した加速度を用いて、本器に働く力を LED で表示する装置である（図1）。箱の側面と上面に付けられた LED によって、力の方向と大きさを 3 次的に表すことができる。

例えば、「Fi-Cube」を静止した床面に置くと、縦に並んだ 10 個の LED が、中心から上に向かって 4 つ、下に向かって 4 つ点灯する。これらの光は、それぞれ垂直抗力と重力を表す。また、「Fi-Cube」に前後左右から力を加え加速すると、その方向に光が伸び、力が働いたことを表示する。

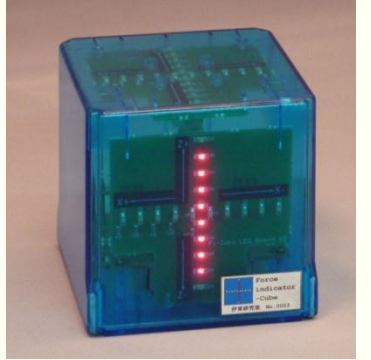


図1. 「Fi-Cube」

3 Fi-Cube の原理

図2は、「Fi-Cube」のデータ処理の流れを表している。まず、3次元デジタル加速度センサーで x , y , z 方向の加速度を計測する。そのデータを PIC で処理し、LED の点灯を制御している。

ここで強調したいことは、計測した加速度をそのまま表示しただけでは、力と運動の関係を教えるための教材とはならないという点である。例えば、加速度センサーの出力をそのまま表示しても、重力を適切に表示することができない。

そのため、「Fi-Cube」では、その使用法にいくつかの制限を設けることにより、 z 軸方向の加速度の値を用いて人為的にいくつかの処理を行い、重力を適切に表示できるように工夫している。使用法の制約とは、1. z 軸方向に加速度運動させてはならない、よって、自由落下運動をさせるときには x 軸を垂直にして行うこと、2. y 軸方向に傾けてはならない、の2つである。

1を保証するために、 z 軸方向の加速度出力には x , y 軸より時定数の長いローパスフィルターを PIC 内で施し、 z 軸方向の加速度運動は検出しないようにしてある。

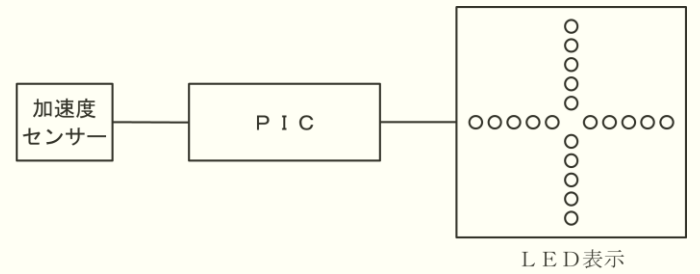


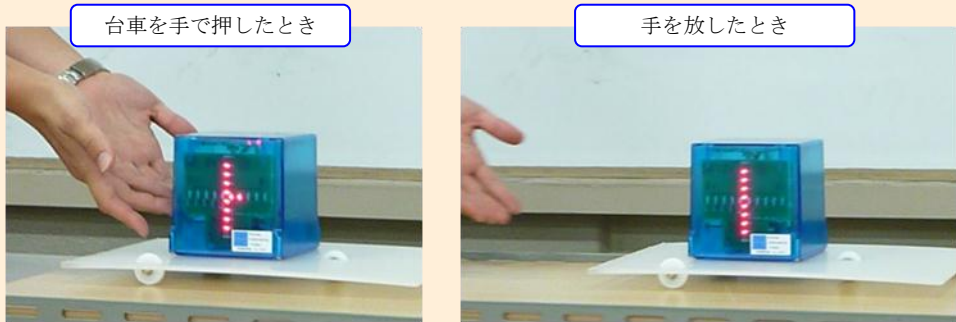
図2. 「Fi-Cube」のデータ処理の流れ

4 「Fi-Cube」の使用例

「Fi-Cube」は、静止している場合のみではなく、運動している場合に働く力を表示することができる。ここでは、「Fi-Cube」の4つの使用例を紹介する。

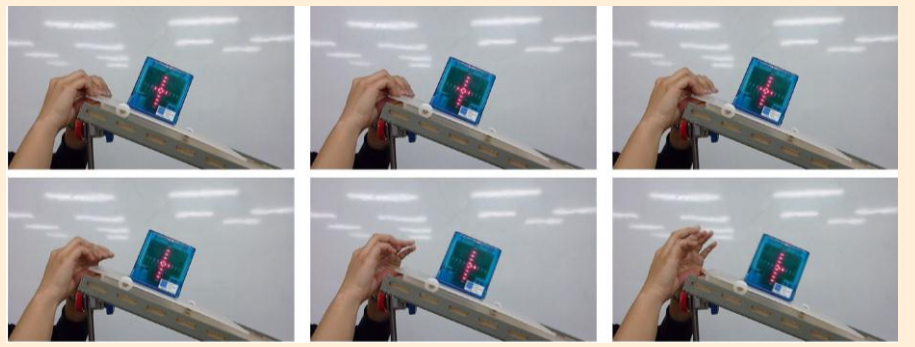
(1) 等速直線運動

「Fi-Cube」を台車に乗せ、台車を等速直線運動させると、手で台車を押している間は進行方向に力が働くが、手を放した後は垂直抗力と重力のみが働くこと、すなわち、「慣性の法則」が成り立っていることを視覚的に示すことができる。



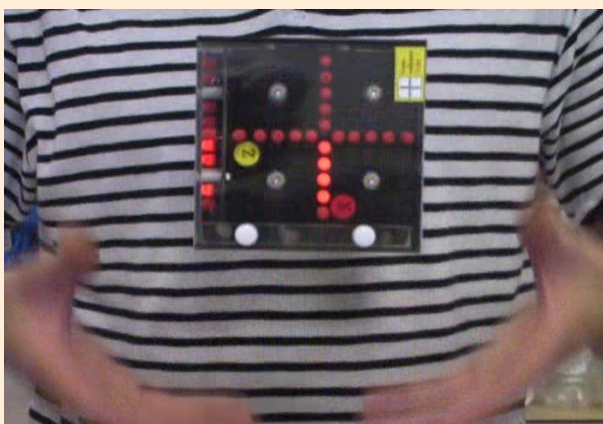
(2) 斜面を走る運動

「Fi-Cube」を乗せた台車を斜面に置き手で支えると、手が台車を支える力や斜面下方向への力が表示される。手を台車から放すと、手が台車を支える力が消え、斜面下方向の力が働き続けることを確認できる。



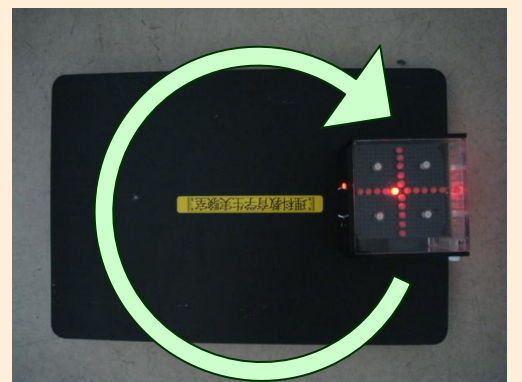
(3) 鉛直投げ上げ運動

「Fi-Cube」を鉛直に投げ上げると、右図に示すように垂直抗力が消え、重力のみが働く様子を確認できる。



(4) 回転運動

「Fi-Cube」を回転運動させると、右図に示すように向心力が働く様子を見ることができる。



5 授業実践における効果

「Fi-Cube」の効果を検証するため、中学生、高校生、大学生等を対象として、「Fi-Cube」を用いた力と運動に関する試行授業を数多く行ってきた。授業前後に力学概念の理解度調査を行った結果を比較したり、「Fi-Cube」を用いた授業を行ったグループと用いない授業を行ったグループとの理解度を比較したりすると、慣性の法則についての理解度や、斜面を走る台車に働く力についての理解度に有意な差がみられた。また、授業に参加した生徒からは、力についてよく理解できたという趣旨の感想も多く寄せられている。

このように、理解が困難であると言われている力と運動に関する学習において、「Fi-Cube」を用いることにより生徒たちの力学概念の形成を効果的に支援できるのではないかと考えられる。

「Fi-Cube」についてのご質問等がございましたら、下記までお問い合わせ下さい。

〒321-8505 宇都宮市峰町 350
宇都宮大学教育学部
伊東明彦

E-mail: ito@cc.utsunomiya-u.ac.jp