



岩手県立総合教育センター 村上 弘*

目的

力学の運動についての学習場面では、生徒は具体的なイメージを持ちやすいものの、そのグラフ化や読み取りとなると、とたんに苦手意識を持つ者が多い。そこで生徒の理解に役立つように、簡単な操作で運動を解析してグラフ表示できる装置の開発を目指した。

概要

任天堂の家庭用ゲーム機 Wii のリモコンは、安価でありながら高性能なセンサーを搭載し、無線でパソコンとも接続できる。この Wii リモコンのセンサーを使い、赤外線発光ダイオードを取り付けた物体の位置情報をパソコンに取り込み、物体の運動を簡単にグラフ化できる装置を開発した。計測から結果表示まで短時間で行えることや、2物体・2次元の運動まで捉えられること、さらには生徒にとって身近なゲーム機を使うことによる学習意欲の向上も期待され、運動の法則の理解に役立つ教材を構成することが出来た。

教材・教具の製作方法

I. 必要とするハードウェア

1. Windows パソコン

Windows XP、Vista (32bit)、7 (32bit) での動作は確認済み。64bit 版 Windows では使えない。

2. Bluetooth アダプタ

Bluetooth を制御するソフト (スタック) が重要で、使用に適さないものもある。東芝スタックが使いやすく、東芝製パソコンでは内蔵 Bluetooth がそのまま使える。パソコンに内蔵されていないか、他社製スタックが搭載されている場合、アダプタの購入が別に必要。東芝スタック採用の、プラネックス社 BT-MicroEDR1X (価格 900 円前後) を強く推奨。筆者所有の Bluetooth 内蔵 VAIO では、搭載する Microsoft スタックが Wii リモコンに繋がらず、別に上記アダプタを取り付けて使用している。

3. Wii リモコン

リモコンだけを 3,800 円程度で購入できる。ただし 2010 年 11 月以降発売の「Wii リモコンプラス」は使えない。必ず旧型を選ばなければならない。

II. 赤外線マーカー (赤外線点灯装置) の製作

1. 本作品では、運動する物体に取り付けた赤外線マーカーの位置情報を、Wii リモコンで取得する。この赤外線マーカーの回路図を図 1 に、部品表を表 1 に、作成した装置を写真 1 に示す。

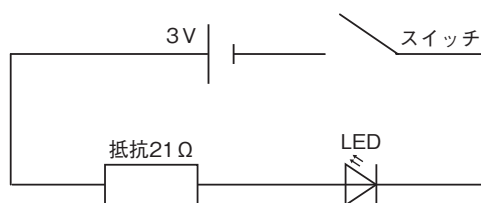


図 1 赤外線マーカーの回路図

表 1 赤外線マーカーの部品表

名称	単価	備考	型番・規格
赤外線 LED	20 円	5 個 100 円	OSI5FU5111C-40
電気抵抗	1 円	100 本 100 円	21 Ω 1/4W
電池 BOX	60 円	スイッチ付き	BH-321-1AS
キャップ	4 円	50 個 200 円	LED 光拡散 5mm

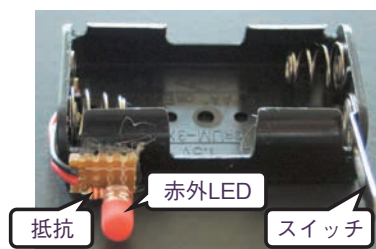


写真 1 力学台車用赤外線マーカー

* むらかみ ひろむ 岩手県立総合教育センター 主任研修指導主事 〒025-0395 岩手県花巻市北湯曲第 2 地割 82-1 ☎(0198)27-2711 E-mail m-ron@kta.biglobe.ne.jp

2. 計測対象に応じた製作例

写真2では、市販の「ミニホバーサッカー」に赤外線LEDと抵抗を組み込んでいる。



写真2 2次元運動用赤外線マーカー

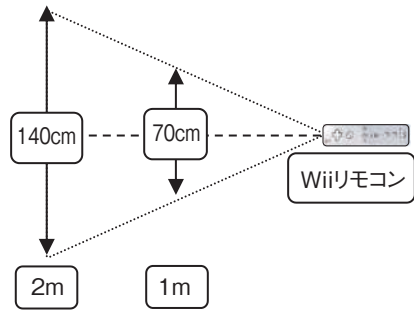


図2 計測可能範囲

Ⅲ. ソフトウェア「運動解析プログラム」

筆者のホームページよりダウンロードされたい。

<http://www.7b.biglobe.ne.jp/~m-ron/>

学習指導方法

Ⅰ. 実験の様子と計測の流れ

1. マーカーが出す赤外線を受光できるように各装置を配置する(写真3)。

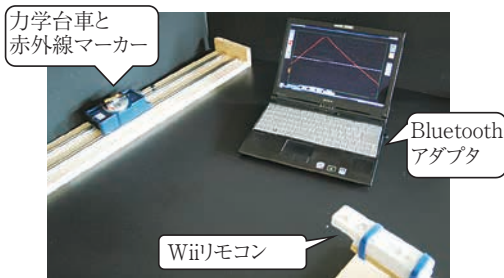


写真3 実験の様子

2. 力学台車に取り付けた赤外線マーカーの位置情報を Wii リモコンが取得し、Bluetooth による無線通信でパソコンに送る。
3. 位置情報の解像度は横 1024×縦 768 で、計測可能範囲は、対象から 1m 離れて横幅 70cm 程度、2m 離れて 140cm 程度である(写真4、図2)。

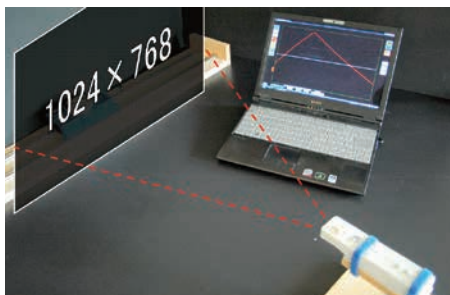


写真4 位置情報の解像度

4. パソコン操作

運動解析プログラムを起動し、画面上のアイコン「スタンバイ」を選ぶ。表示される赤外線を確認しながら計測対象と Wii リモコンの位置を調整する。対象の位置情報は、「計測開始」を選び、「計測終了」を選ぶまで記録される。

Ⅱ. 処理結果

1. 「斜面上の運動」の場合

斜面に置いた台車を下方から押し上げ、最高点で一旦止まり、もとの位置に戻るまでの変位と時間の関係($x-t$ グラフ)を図3に、速度と時間の関係($v-t$ グラフ)を図4に示す。また、図5に示した加速度と時間の関係を表すグラフでは、はじめに斜面上向きに押した撃力による加速度も記録されている。

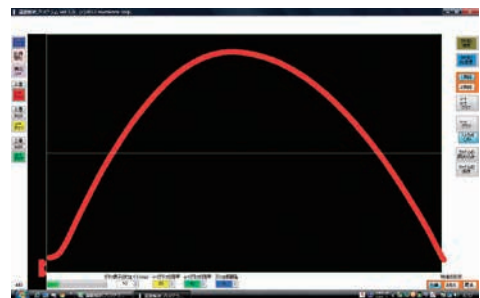


図3 変位と時間の関係を表すグラフ

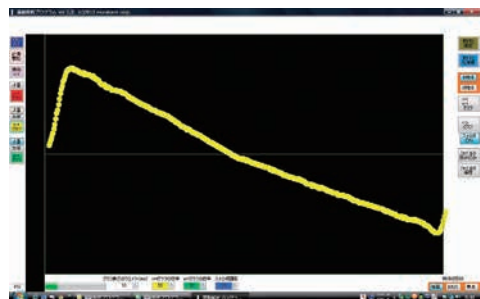


図4 速度と時間の関係を表すグラフ

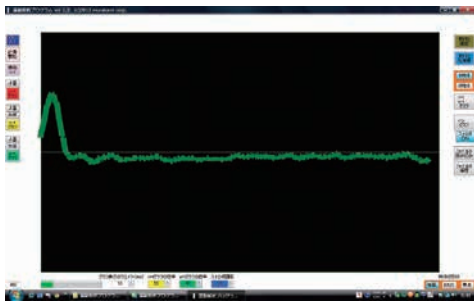


図5 加速度と時間の関係を表すグラフ

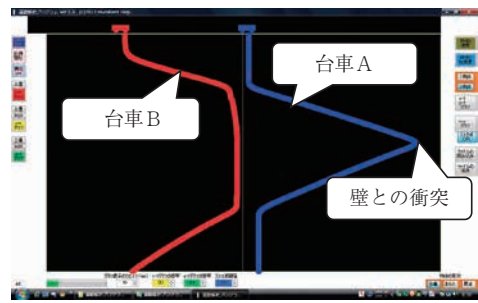


図8 直線上の衝突 (横向き $x-t$ グラフ)

生徒によっては、水平方向の台車の変位を、グラフの縦軸に表すことにつまずく場合がある。そこで図6のように、横軸を物体の運動方向と一致させた「横向き $x-t$ グラフ」を用意した。

時間軸は下向きになり、グラフ上部に、運動する台車をアニメーション表示することで、運動をグラフ化する手続きの理解を助けている。

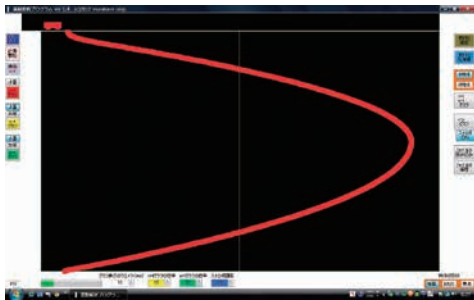


図6 横向き $x-t$ グラフ

さらに $x-t$ グラフ描画の際に、台車の速度ベクトルや加速度ベクトルの表示もできるようにした (図7)。

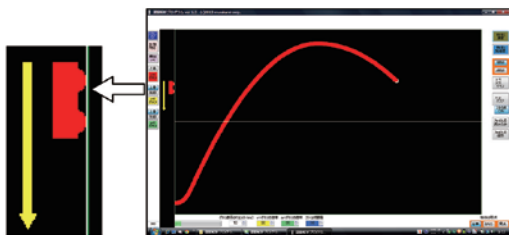


図7 速度ベクトルの表示

2. 「直線上の衝突」の場合

静止した台車 A に同じ質量の別の台車 B を追突させると、速度が交換され、台車 B は静止し、台車 A が動き出す。やがて台車 A は正面の壁に衝突してはね返り、台車どうしが2度目の衝突をする。このときの「横向き $x-t$ グラフ」を図8に示す。

Wii リモコンは、最大4個までの赤外線を識別できるので、このような2物体の計測も簡単に行える。

3. 「平面上の運動」の場合

Wii リモコンが取得する位置情報は、2次元座標である。図9のように配置することで、「斜面上の斜方投射」(図10)や「2次元衝突」も捉えることができる。

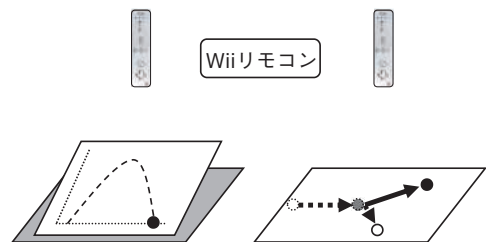


図9 斜面上での斜方投射と2次元衝突

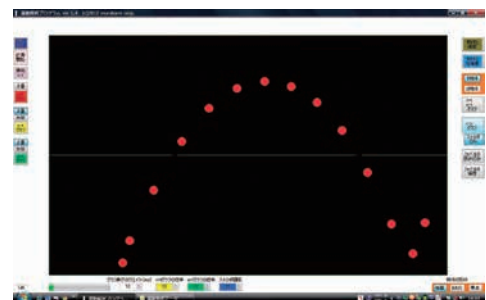


図10 斜面上の斜方投射でのストロボ表示

Ⅲ. その他、操作性やグラフ表示における工夫を示す。

- (1) アイコンを画面上に配置し、操作を容易にした。
- (2) $x-y$ グラフ を選ぶと運動をストロボ表示できる。
- (3) パソコンの画面解像度に応じ、運動解析プログラムの画面サイズが自動変更されるようにした。
- (4) グラフ描画時間を調節可能にした。
- (5) 計測データを CSV 形式で保存・読み込み可能としたので、表計算ソフトなどでも読み込める。

実践効果

本装置は、岩手県立総合教育センターの研修講座や岩手県高等学校教育研究会物理部会の合宿勉強会などで、30人ほどの先生方に製作していただいた。これらの学校から提供された、生徒の感想を添えて記述する。

- I. 短時間で結果が出せるので、授業1時間の中で、複数の運動を調べることができ、生徒が考えたり話し合ったりする時間を確保できる。
 - ・目の前で走らせた台車の $v-t$ グラフなどがすぐに見られて理解が深まった。
 - ・速さや力などが一目で分かるので便利だと思った。
- II. 赤外線マーカーは、安価で複数台の製作も容易である。ソフトの操作が簡単で Wii リモコンどうしの無線干渉もないので、生徒実験にも適する。生徒自身の考えで、いろいろな運動を調べることができる。
- III. 「横向き $x-t$ グラフ」や「ベクトル表示」、「台車のアニメーション」など視覚に訴える工夫が物理現象の理解に役立つ。
 - ・グラフの向きも変えて表示できるので、わかりやすく、台車の運動が理解できた。
 - ・力の加わり方が目に見えておもしろかった。
 - ・この実験で、作用と反作用の向きが逆になっていることや、力の大きさが同じだということが分かりました。Wii リモコンがこんなにすごいことも驚きでした。
- IV. 生徒の身近なゲーム機が授業に登場することで、生徒の興味・関心を強くかき立てる効果がある。
 - ・ゲーム機が学習に用いられるのは驚いたと同時に、良い活用法だと思いました。
 - ・Wii リモコン1本で、速さ・力・加速度などたくさんを測定することができてすごかったです。
 - ・Wii リモコンはみんなに親しみもあるし、こういう授業があると楽しく物理を勉強できてとても良かった。
- V. 技術に対する興味・関心を高める効果がある。
 - ・いつも遊んでいたおもちゃでこんなすごい事ができて近未来的な感じがしました。
 - ・最先端っぽくてわかりやすかった。こういう分野に興味を持ちました。

その他補遺事項

- I. 表1に示した赤外線マーカーの部品は、すべて秋月電子通商から購入できる。
<http://akizukidenshi.com/>
- II. 試作用の部品セットや、赤外線マーカー完成品の提供を予定している。詳細は、筆者ホームページを参照されたい。
<http://www7b.biglobe.ne.jp/~m-ron/>
- III. Bluetooth の導入は、製品付属のマニュアルに沿って進める。Wii リモコンとパソコンを Bluetooth 経由で接続する手順は、参考文献2や筆者のホームページ、ネット上の情報などを参照されたい。
- IV. Bluetooth と Wii リモコンを組み合わせると、本作品のみならず、以下をはじめとする web 上の多くのソフトが利用可能となる。
 - ・3軸加速度測定ソフト「WiiAcc」
 - ・Wii リモコン無線マウス化ソフト「WiinRemote」
 - ・簡易電子黒板ソフト「Wiimotewhiteboard」簡易電子黒板ソフトの利用時には「赤外線指示棒」や写真5のような「赤外線指示ペン」が必要になる。回路は赤外線マーカーと共通なので、図1をもとに簡単に自作できる。



写真5 自作の赤外線指示ペン

参考文献

- 1) 互野恭治：昭和63年度東レ理科教育賞受賞作品集、2-6 (1988).
- 2) 白井暁彦ほか：WiiRemote プログラミング、オーム社 (2009).
- 3) 神奈川工科大学小坂研究室
<http://www.kosaka-lab.com/tips/>