

*ひかけ まさのり 富山県立入善高等学校 教諭 〒939-0626 富山県下新川郡入善町入膳 3 9 6 3
電話 : (0765)72-1145 Email : hikake-masanori@tym.ed.jp

目的

- ・安価な装置で、運動する物体の変位、速度、加速度をリアルタイムに測定、演示する。
- ・運動の観察では捉えにくい「加速度」を可視化することで、運動の様子と加速度の関係をより明確に示す。
- ・汎用性の高い開発環境を用いることで、Wii リモコンを教材として広く応用できるようにする。

概要

I. 実践の背景

高校段階の力学において、物体の運動を考察する際には、変位、速度、加速度の「3つの物理量」の把握が重要である。

本研究は、家庭用ゲーム機 Wii のコントローラである Wii リモコンを、「3つの物理量」を測定する力学センサとして活用することを目指した実践報告である。



図1 Wii リモコンの機能

(*ジャイロセンサは Wii リモコンプラスに付属)

Wii リモコンには図1のように各種センサと無線機能が備わっており、PC に接続し、簡単なプログラム

処理を行うことで、その測定値を PC 画面に表示することが可能である。

II. 実践の特徴

Wii リモコンを力学センサとして用いることには、次のような利点がある。

- ・記録タイマーを用いた実験のような煩雑な考察が不要であり、短時間で物理量が測定できる。
- ・ワイヤレス・テープレスであるため、運動の自由度が高く、摩擦力等の影響を受けにくい。
- ・教材として販売されているセンサやデータロガーよりも安価で入手しやすい。
- ・PC 画面に出力されるため、スクリーンに投影して結果を共有することができる。
- ・VisualBasic や VisualC++ など汎用性の高い環境でアプリケーションの開発ができるため、実験に応じた調整や様々な応用が可能である。

教材・教具の製作方法

I. Wii リモコンと PC の接続

Wii リモコンは PC と Bluetooth で接続して使用する。

1. 準備物

- ・Wii リモコン
- ・Bluetooth-USB アダプタ
- ・PC (OS:WindowsXP)

PC に予め Bluetooth が内蔵されている場合にはアダプタは不要である。(ただし、付属するスタックによってはアプリケーションが動作しない場合がある。)

また、PC には NETFramework4.0 をマイクロソフトのページよりダウンロード(無償)し、導入しておく必要がある。

2. Wii リモコンと PC の接続の要点

(1)PC 側のスタックで周辺機器を検索し、Wii リモコ

ンの 1,2 ボタンを押すと、Wii リモコンの 4 つある青色 LED が点滅する状態となる。

(2)スタックの側で Wii リモコンが認識されるので、アイコンをクリックしてペアリングを行う。

(3)パスキーを問われた場合には、キーボードの Alt+s キーを押すなどして入力をスキップする。

問題なく接続されれば、Wii リモコンが PC に HID デバイスとして認識される。各アプリケーションは、ペアリング後に exe ファイルを実行することで動作する。

II. センサーバーの作成

1. 距離測定の概要

今回作成したアプリケーションのうち、距離計および速度計には Wii リモコン先端部に搭載されている赤外線 CMOS センサを利用する。その原理は、図 2 のようにセンサで赤外線光源 2 点の検出を行い、その間隔の変化により LED からの距離を測定するものであり、Wii リモコンの他に赤外線光源が必要となる。

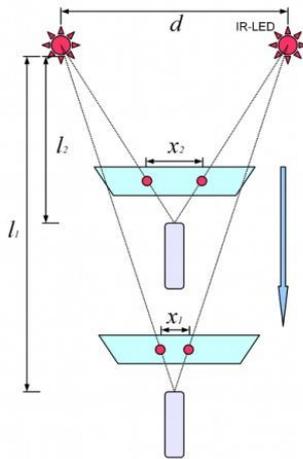


図 2 距離測定の概要

純正の赤外線光源である「Wii センサーバー」は Wii 本体から有線給電する必要がある。演示実験に用いるには不便であることから、材料を揃えて自作するとよい。

2. LED を用いたセンサーバーの作成

準備物

- ・電流調整用抵抗器(22Ω×2)
- ・赤外線 LED(波長 940nm×2)
- ・バッテリースナップ

- ・バッテリーケース (単 3 型乾電池 2 つ用のもの)
- ・充電式単 3 型乾電池×2

その他適宜、土台となる板(100mm×300mm 程度)や発泡スチロールなどを準備する。いずれも 100 円ショップで購入できる 5cm 角の発泡スチロール×2、マジックテープ、工作用板を用いれば、写真 1 のような手作りセンサーバーが 300 円程度で製作できる。LED の間隔を 200mm を標準として、ある程度変更できるようにしておく使い勝手が良い。

3. 豆電球を用いたセンサーバーの作成

計測の安定性は若干低下するが、2 個の豆電球を間隔を空けて配置することでセンサーバーとして使用できる。

準備物

- ・工作台紙 ・豆電球×2 ・ワニロクリップ×2
- ・板 ・単 1 乾電池×2、電池ボックス

工作台紙にパンチで穴をあけ、乾電池に並列に豆電球を接続し、穴の部分で光らせるようにする。

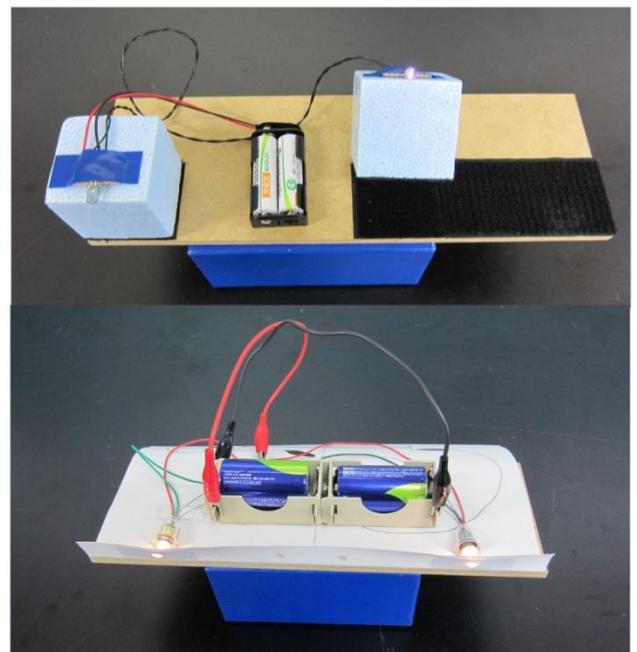


写真 1 自作センサーバー

(LED 型：上段、豆電球型：下段)

学習指導方法

I. リアルタイム加速度計 Wiisk

Wii リモコンに搭載されているセンサのうち、3 軸加速度センサを活用し、その値を読み取って表示するアプリケーションである。

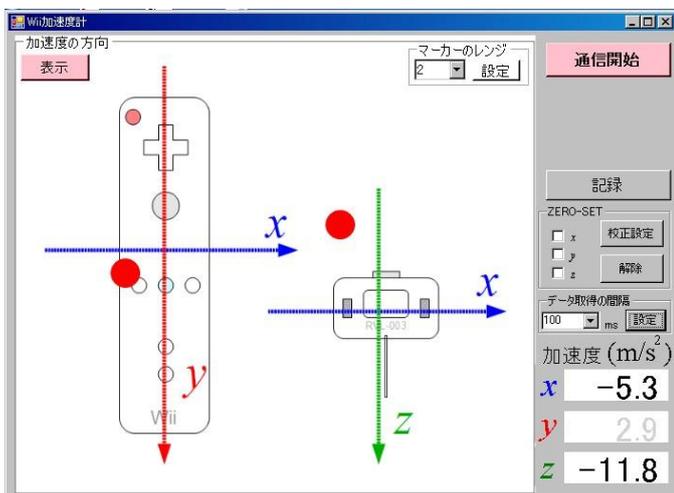


写真2 Wiiの起動画面

1. 操作方法の概要

- (1)通信開始ボタンを押すと、xyz各軸の加速度の大きさが表示される。また、その方向がマーカーの動きで表示される。
- (2)軸を選択して校正設定をクリックすることで、各軸のZERO-SETを行う。主に、重力の影響を相殺するために用いる。
- (3)記録ボタンを押すことで、外部ファイル data.csv に各軸の加速度を書き出す。Excel等で加工することでグラフ化することができる。

2. 演示例：円運動の加速度

慣性力の学習後、円運動の単元の加速度を扱う授業の前後で用いる。

- 準備物**
- ・Wiiリモコン
 - ・PC
 - ・回転台
 - ・電源装置
 - ・板、輪ゴム (Wiiリモコンの固定に使用)

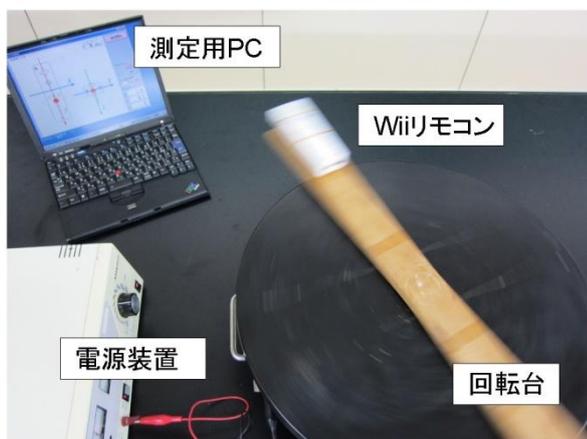


写真3 円運動の演示実験

- (1)Wiiリモコンで加速度の計測ができることを説明し、

落下させたり振ったりして、3軸の加速度が画面に示されていることを理解させる。

- (2)物体を円運動させたときの加速度の向きを予想させる。(本校の場合、例年多くの生徒が運動方向の軸である円の接線方向を予想する。)

- (3)回転台に乗せて回転させ、加速度の方向を示す。

- (4)角速度と加速度の大きさの関係を定性的に示す。

円運動の演示は、校正機能を用いた場合の「観察する軸が運動中に変化してはならない」という条件に合致し、測定される加速度も大きいため、Wii 加速度計を用いた演示に適している。

3. 誤差・精度

加速度 4G~4G が 8bit256 段階に変換されるという Wii リモコンの仕様上、分解能は 0.3-0.4m/s² である。10m/s² を超える加速度については誤差がおおむね 10%程度となる。

II. リアルタイム変位・距離計 WiiZahyou

先述のように、赤外線 CMOS センサで光源を検出し、センサーバーからの距離を測定・表示するアプリケーションである。

1. 操作・測定方法の概要

- (1)Wii リモコンを力学台車など、運動させる物体に固定する。(写真6のように、運動の方向に平行となるようにすると良い。)

- (2)WiiZahyou を起動し、接続ボタンを押す。

- (3)IR_Check の表示を確認しながら、LED2 点が Wii リモコンの視野に入るように調整する。このときには、光源と受光部との高さを揃えることが重要である。日光や反射光を光源と誤認した場合には、一旦 Wii リモコンの視野を手で覆い隠すようにすると解消されることが多い。

- (4)簡易測定ボタンをクリックすると、測定値がリアルタイムでグラフに記録される。

2. 演示例：単振動の x-t グラフ

Wii リモコンをばねで吊り下げ単振動させたとき、その x-t グラフが sin カーブを描くことを実演する。

- 準備物**
- ・Wii リモコン
 - ・PC
 - ・力学スタンド
 - ・自作センサーバー
 - ・ばね (ばね定数が 10N/m 程度のもの)

- ・糸、輪ゴム（ばねと Wii リモコンの接続に使用）

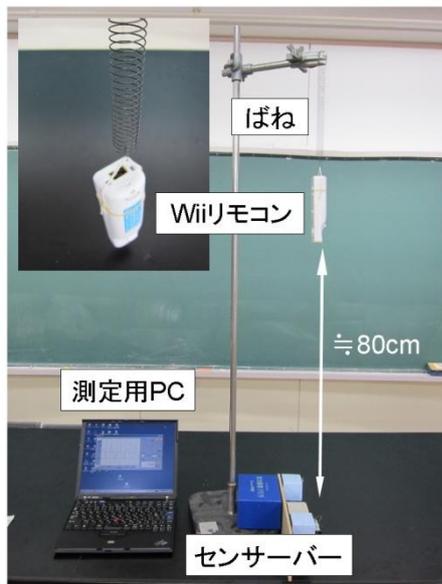


写真4 単振動の演示

写真4のように、センサーボードからの距離を 80cm 程度離し、振幅 5cm ほどで振動させると、写真5のようなグラフが描画され、変位の時間変化が sin の関数となることを演示することができる。

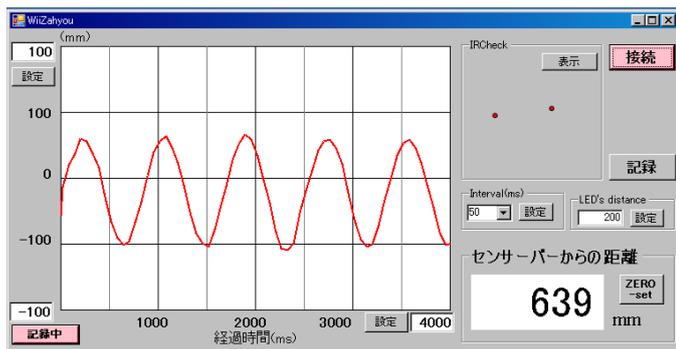


写真5 WiiZahyou の起動画面 一部加工されている。

3. 誤差・精度

Wii リモコンとセンサーボードの距離が大きくなるにつれて誤差が大きくなる。距離に対しておよそ 2%の誤差がある。

III.速度計 Wiihayasa

Wii リモコンとセンサーボードの距離の変化から速度を計算し、表示するアプリケーションである。誤差の低減のため、比較的長い時間の平均の速さを測定し、表示するようにしている。

1. 操作・測定方法の概要

(1)WiiZahyou と同様に、Wii リモコンの視野にセンサーボードの光源が入るようにした上で接続ボタンを押すと、50ms ごとの距離の変化から求められるリモコン

の速さが表示される。

(2)簡易記録について、データを取得する時間間隔を ms 単位で入力する。(ただし、動作環境によって遅延が生じるため、あくまで目安の値となる。)

(3)Wii リモコンを運動させると同時に簡易記録のボタンを押す。

(4)運動終了後、再度簡易記録ボタンを押すと、最大 5 点分の時刻と、各時刻での平均の速が表示される。

(5)グラフ表示ボタンを押すと、表示されているデータがグラフ上にプロットされる。

2. 演示例：等加速度運動の演示

物体に一定の力が加わった時、物体の運動が等加速度運動となることを示す。

準備物 ・Wii リモコン ・PC

- ・自作センサーボード
- ・力学台車
- ・定力装置
- ・台、輪ゴム (Wii リモコンの固定に使用)

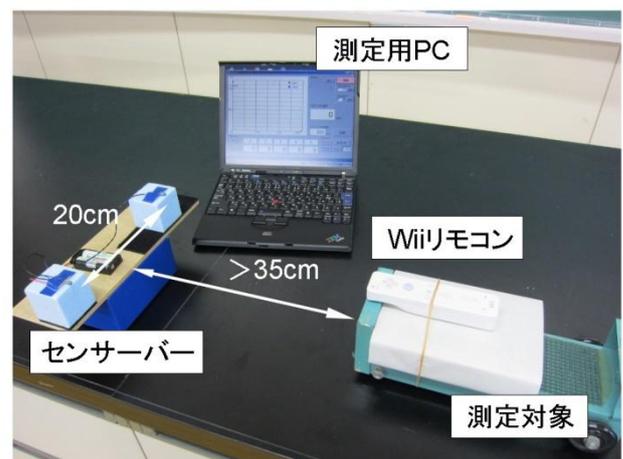


写真6 力学台車の運動の実験風景

(1)写真6のように実験器具を準備する。Wiihayasa を起動し、正常に測定データが得られていることを確認する。

(2)力学台車を動かしながら、位置座標の変化を捉えて速さを測定するアプリケーションであることを生徒に解説する。

(3)定力装置で力学台車に力を加え、簡易測定しながら運動させる。運動が 2 秒程度継続し、距離の変化が 1.5m 程度となるように調整すると良い。

(4)赤いボタンでグラフ表示する。速さが一定の割合で変化していることを確認する。

(5)力の大きさや、質量を変化させ、再度測定する。

(6)青いボタンでグラフ表示し、速さの変化の割合が変わったことを確認する。

力学台車(リモコン等含めて 1.76kg)を 0.49N(赤)および 0.98N(青)の力を加えた時の実験結果の例を写真7に示す。

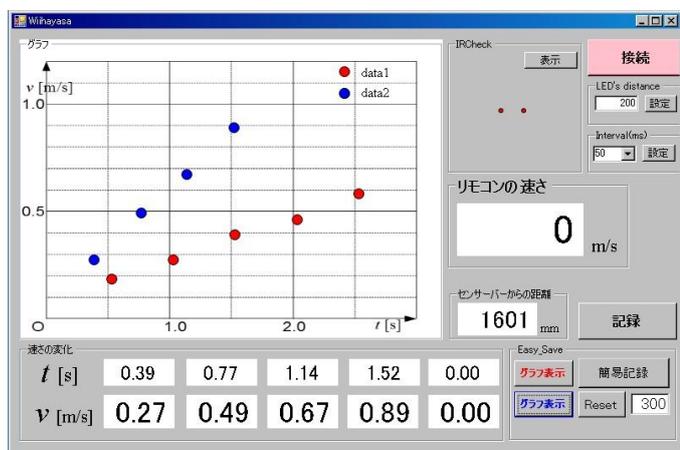


写真7 等加速度運動の演示例

このように、物体が等加速度運動する様子を定量的に明示できる。

実践効果

I. Wiksk に関して

加速度を可視化することで、運動の方向と加速度の方向が必ずしも一致しないことを明確に示し、生徒に定着させることができる。

II. Wihayasa に関して

斜面の運動や一定の力が働く物体の運動において、一定の割合で速度が変化することを短時間で明瞭に示すことができる。

III・Wii リモコンの教材化に関して

Wii は本校生徒の過半数が遊んだ経験を持つなど馴染みのある素材であり、Wii リモコンを授業に活用することで生徒の興味関心を喚起できる。

その他補遺事項

研究のきっかけは、課題研究で耐震構造の研究を行った生徒に「揺れの大きさを測定したいが、加速度計はないか。」と尋ねられたことであった。市販の加速度計はいずれも高価で入手できなかったが、Web ページを巡るうちに先行事例(参考文献[1])にたどり着き、Wii リモコンを加速度計として活用できることを知った。

アプリケーションの製作はすべて VisualBasic2010

Express (<http://www.microsoft.com/japan/msdn/vstudio/express/>から無償でダウンロードできる)を用いて行った。ライブラリ WiimoteLib.dll (<http://www.brianpeek.com/blog/pages/wiimotelib.aspx>より無償で入手できる)を併せて用いることで、Wii リモコンからの情報を活用したアプリケーションを簡単なプログラムで作成することが可能である。

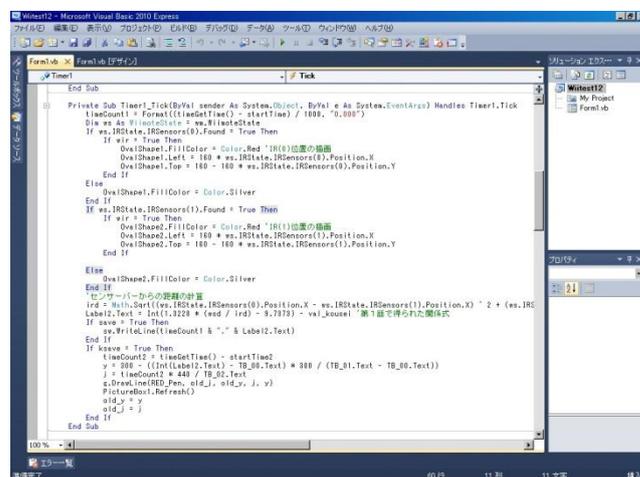


写真8 VisualBasic2010 の開発画面

豆電球センサーの工作台紙や、アプリケーション製作の備忘録、各アプリケーションのソースコードはウェブログ <http://hikakeya3.blog68.fc2.com/>にまとめてある。紙面の都合で記述できなかった Wii 赤外線センサや、Wii 角速度計等もあわせて参考にさせていただければ幸いである。

参考文献

- [1] ウェブサイト 「かたちのこころ」
http://subal-m45.cocolog-nifty.com/blog/2008/06/wii_b146.html
- [2] 花田達彦: Wii リモコンを使用した実験教材の開発及びその効果、日本理科教育学会(2010)
- [3] 書籍 「WiiRemote プログラミング」 白井暁彦ほか