

平成 23 年度（第 43 回）

東レ理科教育賞申請書作成の手引

公益財団法人 東レ科学振興会

I. 申請書記入に際して	<p>当方指定の書式に従って、ワープロまたはボールペンなどを用い、黒字で 1 ページあたり 1600 字（40 字×40 行）以内に記入してください。 申請書を受賞作品集の書式で記入するのは避けてください。</p>
II. 申請書表紙記入について (ページ 1)	<p>学校あるいは所属機関名、学歴および職歴の欄は、略称を用いずに記入してください。</p>
III. 申請書作成について	
1. 申請内容の背景とねらい (ページ 2)	<p>(1) 目的を簡潔に箇条書きにしてください。 (2) 先生の創意・工夫・実践の特徴を明確にし、既存の事例とどのように違うかを明らかにしてください。 (3) 東レ理科教育賞に過去に申請したものを改良し再応募する場合は、以前の作品との違いを明らかにしてください。</p>
2. 内容の説明 (ページ 3)	<p>(1) なるべく箇条書きとし、冗長にならないようにしてください。 (2) 一般に知られている原理の説明は簡略にし、先生の発想・工夫にもとづく事項を主として書いてください。 (3) 申請の内容が指導展開の場合には、そのねらいがよく示されている具体的事例をいくつか書いてください。 (4) ここの記述だけで内容が理解できるようにしてください。 図や写真を掲載する場合は、内容の説明に含め、申請書に収まる大きさで掲載してください（強調したいポイント（本質）を正確に伝えるために、写真よりも図を推奨します）。 (5) 参考にした文献などがありましたらそのリストを記入してください。 (6) 紙面が不足の場合は A 4 判で内容の説明のみ 4 ページ以内の追加を認めます。 （申請書の合計ページ数は表紙を含め最大 9 ページです。） 内容の説明が 5 ページを越えた場合は審査の対象からはずします。</p>
3-1. 学習指導（クラブ活動を含む）における実績 (ページ 4)	<p>学習指導における実践事例を記入してください。 とくにクラブ活動の場合には、単に結果をまとめるのではなく、指導者と生徒の役割分担および生徒同士の協力など人間形成への関わりがわかるよう、計画から実施までにわたって必ず記入してください。</p>
3-2. 学習指導（クラブ活動を含む）における教育上の効果 (ページ 5)	<p>生徒の関心、理解、科学的考え方、自発性などに対する寄与を、事例をあげて書いてください。 さらに生徒への影響についても記入してください。</p>
IV. 添付資料について	<p>データや動画などを記憶媒体（CD・DVDなど）で添付する場合は、審査に必要と思われる最小限にとどめ、操作手順の詳細を添付してください。 記憶媒体以外は、原則として添付の必要はありません。どうしても必要な場合は理由を付記し最小限にとどめてください。</p>

申請書作成の手引に
したがって記入して
ください。

平成 23 年度（第 43 回）
東レ理科教育賞申請書

公益財団法人 東レ科学振興会 御中

平成 23 年 9 月 26 日 提出

題 目	<p>Wii リモコンの教材化の模索</p> <p>(注) 題目は 25 文字以内で内容を簡潔・的確に表現してください。</p>			
	<p>該当する分野を○で囲んでください。 2分野以上にわたる場合や分類しがたい場合は、もっとも適当とする分野に※印をつけてください。</p>			
分 野 別	中 学 校	<p>第一分野・ 第二分野 ・ クラブ活動等</p>		
	高 等 学 校	<p>物理※・ 化学 ・ 生物 ・ 地学 ・ クラブ活動 ・ その他 (理科総合・理科基礎含む)</p>		
申 請 者	ふりがな 氏 名			
	自 宅			住 所
	電 話 番 号			
	電 子 メ ー ル ア ド レ ス			
	勤 務 先			学校あるいは 所属機関名
	住 所			
	電 話 番 号			
	職 名			
	所 属 長 役 職 ・ 氏 名			
	東レ理科教育賞への応募実績 (A・Bのいずれかを○で囲んでください。)			<p>A. 応募したことがある</p> <p>B. 今回のはじめて</p>
業 績 分 担 者	氏名・勤務先名・職名			
そ の 他	<p>申請した事項に関してこれまでに受賞・発表などの実績があれば、その主なものを記入してください。</p> <p>平成 21 年度富山県高等学校教育研究大会「課題研究に学ぶ」(2009.11)</p> <p>平成 22 年度富山県物理教育懇談会「位置座標の計測について」(2010.12)</p> <p>平成 23 年度全国理科教育大会「Wii リモコンを用いた演示実験の考案」(2011.8)</p>			
	申請した事項に関して、該当のところを○で囲んでください。	特許・実用新案	登録済・出願済	

(注) ワープロで同様の様式の内紙を作成して提出されても結構です。

事務局記入欄

--	--

1. 申請内容の背景とねらい

家庭用ゲーム機 Wii のコントローラである Wii リモコンは、3 軸加速度センサと、3 軸ジャイロセンサ、赤外線 CMOS センサおよび Bluetooth の無線機能を備えながら 3800 円と安価かつ丈夫で安全である。また、本校生徒の 4 割が Wii を所持し、7 割が遊んだ経験を持ち、全員が知っている身近な素材でもある。

Wii リモコンのセンサのうち加速度センサについては PC でその値をリアルタイム表示するソフトウェア WiiAcc が開発され[1]、授業への応用が模索されていた。しかし、「ワイヤレス加速度センサとしてこれまで不可能であった実験を可能にする」といった希望的観測が語られることが多く、その実践例はあまり報告されてこなかった。

Wii リモコンがそのデバイスとしての魅力、可能性の割に教育の現場で普及していない一因は、従来の Wii リモコンの教材利用研究において、「WiiAcc をいかに授業に活かすか」に主眼が置かれ、高等学校や中学校の授業で使いやすいようなソフトウェア開発を目指すところに至っていなかったことである。しかしここに来て Wii リモコンを PC で扱う手法も充実し、比較的容易に Wii リモコンが PC で扱えるようになった。

今回は種々の手法の中でも金銭的、技術的負担が少なく、プログラミングに精通していなくても開発が可能な VisualBasic と WiimoteLib を活用し、以下のような問題の解決を目指して、ソフトウェアの作成、授業実践を行った。

1. Wii リモコンを用いた加速度計の作成

変位や速さが運動を観察すれば直感的に捉えられる物理量であるのに対し、加速度は運動の様子からは直感的には捉え難く、「見えない」。その加速度を生徒にとらえさせようとするときに、記録テープの方法では打点を数えたり、長さを測ったりと処理が煩雑で本質を見失いがちである。また、ストロボ写真の方法は位置座標の変化はわかるが、速度や加速度を瞬時に読み取ることは困難である。また、どちらにしても 1 次元の運動でなければ加速度を把握できない弱点があり、そのことが生徒に「運動の方向と加速度の方向が一般に一致する」かのような誤解を与えている側面があった。こうした問題点を解消すべく、加速度をリアルタイムで計測、表示する加速度計の作成を試みた。

2. Wii リモコンを用いた赤外線センサーソフトの作成と実践

見えない赤外線を視覚的にとらえる方法として、デジタルカメラなどの赤外領域に感度のあるセンサを持つ機器で撮像するという方法がある。しかし、豆電球のように赤外線とあわせて可視光が放たれている場合にはそのままでは観察できない。LED と豆電球（あるいは、白熱電球と LED 電球）の差異を説明する際に、簡単に「赤外線が出ているかどうか」の判断ができる教材があればと考え、赤外線センサーソフトを作成した。

3. Wii リモコンを用いた距離計・速度計の作成

生徒達は中学校の理科の学習を通して等速直線運動の（距離）＝（速さ）×（時間）を強く定着させてくる。そこから加速度を導入し、等加速度運動を学習するにあたり、「こんな運動が等加速度運動である」そして、「等速直線運動だけでは、身の回りの物体の運動を扱うには不十分である」ということを簡単に演示できないかと考えていた。市販教材の距離センサ、速度センサ、そしてデータロガーは一式十数万円と非常に高価であり、簡単には手が出ない。安価な Wii リモコンを用いて同様の演示実験が出来ないかと考え、距離と速さの測定・演示ソフトウェアの作成を試みた。

事務局記入欄

--	--

2. 内容の説明 (1)

Wii リモコンに加えて、PC(OS:WindowsXP)と USB-Bluetooth アダプタを用意する。今回は、主に PLANEX 社製の BtmicroEDR2 及び付属のスタックを利用した。なお、ソフトウェアの動作については、WIDCOMM スタックでも正常動作を確認した。

ソフトウェア開発は Microsoft Visual Basic 2010 Express Edition および DLLWiimoteLib.dll を用いた[2]。このライブラリを用いることで、プログラムに精通していなくとも比較的簡単に Wii リモコンのセンサの値を PC で読み出すことができ、生徒の段階や目的に応じたソフトウェアを開発することが可能になる。

1. Wii リモコンを用いた加速度計の作成

Wii リモコンの3軸加速度センサの情報を読み出して表示する加速度計を作成した。Wii リモコンの加速度センサは 4G ~ -4G を計測するものであり、PC にはそれが 8bit に変換されて PC に送られる、その分解能は 0.4 ~ 0.3m/s² 程度である。卓上実験における加速度が数 m/s² 程度ということを考えれば、Wii リモコンを測定機器として用いたり、積分して変位を求めたりするには分解能が大味であり、加速度の方向と大体の大きさを把握するような使い方がより適当ではないかと考えた。

起動画面を Fig.1 に示す。Wii リモコンから送られてくる加速度センサの情報をリアルタイムで表示する。値は重力加速度の何倍かを示す数値で渡される為、9.8 を乗じて小数第1位までの表示とした(a)。最大 30Hz 程度でのデータ取得が可能であるが、用途に応じて切り替えられるようにした(b)。

ただ(a)の機能のみでは3つの数値が目まぐるしく変化し、加速度の大きさや方向をイメージしにくい。そこで、加速度の方向を図示する機能を付加した(c)。図の●マーカーが加速度の方向に動くことで、加速度の大きさと向きが視覚的に捉えられる。

実際にソフトウェアを動作させ、Wii リモコンの十字ボタンのある面を上向きにして置くと、z 軸マイナス方向に 9.8m/s² の加速度が検出される。等価原理を捉えていると考えれば興味深いが、その他の運動の演示の際に生徒の混乱を避けるために、ZERO-set の機能を付加した(d)。また、一瞬の加速度を捉える場合や、加速度のグラフ表示を想定し、時間と3軸それぞれの加速度、全体の加速度の大きさを data.csv ファイルに書き出す機能を持たせた(e)。(添付 CD-R の実験動画①参照。後述の円運動の実験風景である。)

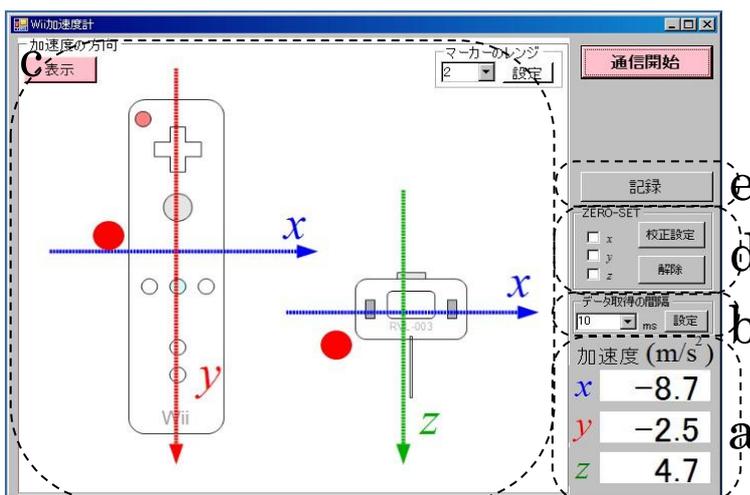


Fig.1 Wii 加速度計「Wiiksk」の起動画面

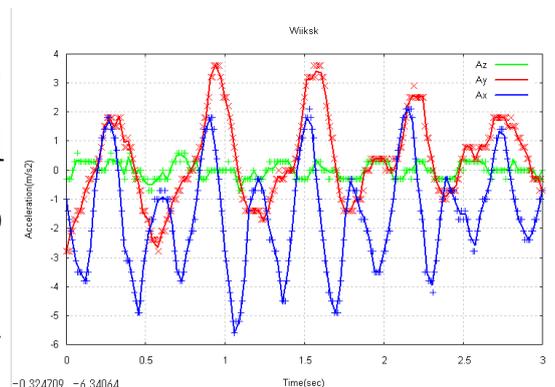


Fig.2 data.csv を GNUPLLOT で表示

事務局記入欄

--	--

3. 内容の説明 (2)

2. Wii 赤外線センサの作成

Wii リモコンの先端には赤外線 CMOS センサが搭載されている。これは本来 Wii で遊ぶ際にテレビの上に置く Wii センサーバーの赤外線 LED の位置を捉えるためのものであり、最大 4 点の赤外線光源の有無とその座標を取得することができる。

この赤外線検出機能を活用し、赤外線センサーアプリを作成した。赤外線源が見つかったら画面に○を描画し、Wii リモコンが振動する。赤外線に対する感度は Wii リモコンの設定で変更できるが、動作を確認したところ、

光源が太陽光や豆電球に直接向けると感知し、反射光に対しては感応しない感度であった。ただし、光源として白熱電球を用いた場合、センサが反射光を光源として捉え、1つの電球に対して複数のマーカーが表示されたため、表示されるマーカー数の上限を設定できるようにした。なお、この CMOS センサの視野は適度に狭く、光源の方向を十分に把握することができる。

これによって、デジタルカメラでの撮像では判断できなかった、豆電球や白熱電球からの赤外線の放出を確認できるようになった。

3-1. Wii 距離計の製作

赤外線センサを用いて、距離および速度をリアルタイム計測するソフトウェアの作成を試みた。

2の赤外線センサをベースに LED の2点検出を行う。Fig.4 に示すように、赤外線光源を2つ置き、Wii リモコンの距離を遠ざけると($l_1 \rightarrow l_2$)、検出される2点間の距離が小さくなる($x_1 \rightarrow x_2$)。これを測距に応用するという概念については書籍にも記述がある[3]が、 l と x そして LED 2点間の距離 d の関係式を極力正確に求め、測定精度の向上を図るべく実験を行った。

赤外線光源(自作 Wii センサーバー)を作成する。赤外線 LED 2つを Fig.5 のように接続し、板と発泡スチロールをもちいて台座部分を作成する(Fig.6)。接着にはマジックテープを用いて、LED の間隔を容易に変えられるようにした。

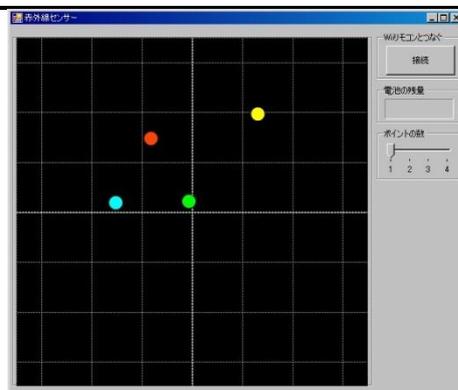


Fig.3 Wii 赤外線センサーの起動画面

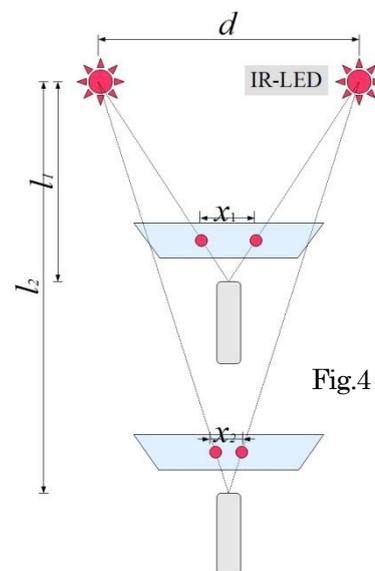


Fig.4

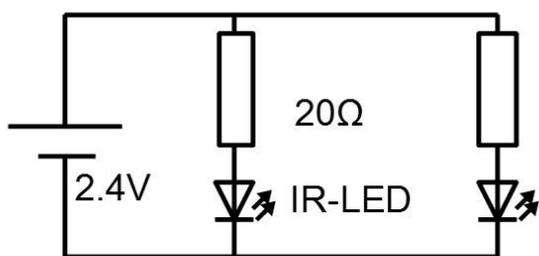


Fig.5 LED 回路図

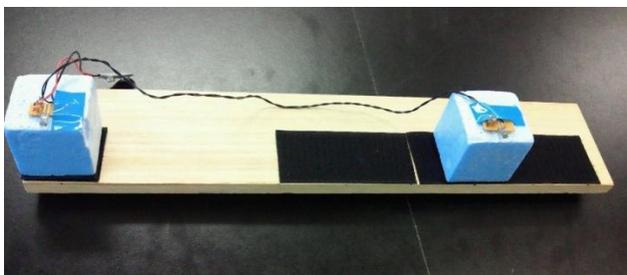


Fig.6 自作 Wii センサーバー

事務局記入欄

--	--

4. 内容の説明 (3)

LED 2 点間の距離 $d = 150\text{mm}, 200\text{mm}, 250\text{mm}$ について、センサーからの距離 l を 50mm ずつ遠ざけて x の間隔を調べたところ、Fig.7 のようなデータが得られた。

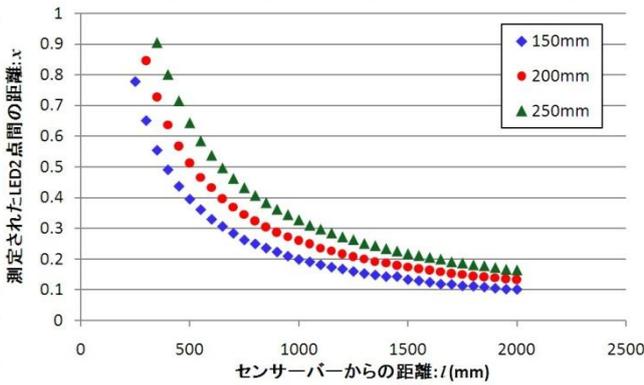


Fig.7 測定された $x-l$ のデータ

このデータより、Fig.4 の $l, x, d[\text{mm}]$ の間の関係式として、 $l = 1.3228 \times \frac{d}{x} - 9.7373$ が得られた。この関係式をもとに、リアルタイム距離測定を行うソフトウェア WiiZahyou を作成した。Fig.8 はその起動画面である。実際に使ってみると、 d を 200mm としたとき、大体 $l = 500 \sim 2000\text{mm}$ の領域で、 $\text{mm} \sim \text{cm}$ オーダーの精度で距離が得られる事が分かった。

$$l = 1.3228 \times \frac{d}{x} - 9.7373$$

3-2. Wii 速度計の製作

距離に関してリアルタイムに $\text{mm} \sim \text{cm}$ の精度が得られれば、時間あたりの距離の変化から速度を得ることも可能と考え、速度計 Wihayasa を製作した。起動画面を Fig.9 に示す。50ms ごとに位置座標を計測し、50ms 前の座標との差をとって速さを計算し、リアルタイム表示する(a)。その際に、Wii リモコンの視野に2点の赤外線光源が入っていないと測定ができないため、その確認ができるようにした(b)。また、LED 光源間の距離 d の変更に対応できるようにした(c)。

ただし、このままでは目まぐるしくリモコンの速さが表示されるだけで、運動の様子の演示には使えない。そこで、速さの変化の仕方を演示・考察できるように、決まった時間間隔で Wii リモコンの速さを記録できる「簡易記録」機能(e)と、それをグラフ表示する機能(f)を加えた。(e)の機能については、当初 50ms 毎の速さデータをそのまま表示していたが、Wii リモコンと光源の距離がある程度大きくなると、誤差が非常に大きくなるのが分かった(後述)ため、比較的長い時間の平均の速さを計算して表示することにした。(たとえば 500ms であれば 250ms と 750ms の位置座標から平均の速さを得ている。) (f)の機能については、力の大きさと加速度の関係を演示する際などを想定し、運動の比較ができるように、2種類のグラフを描けるようにした。

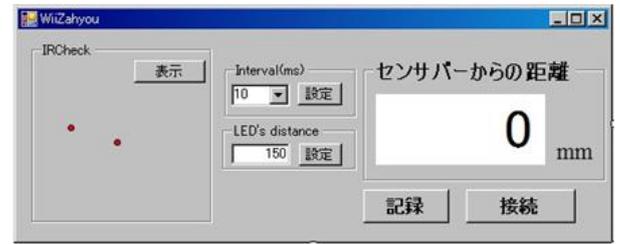


Fig.8 Wii 距離計 WiiZahyou の起動画面

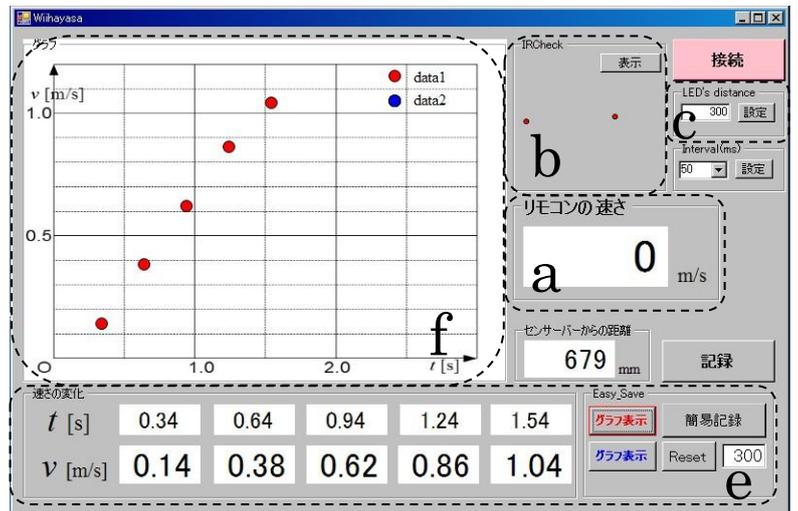


Fig.9 Wii 速度計「Wihayasa」の起動画面

事務局記入欄

--	--

5. 内容の説明 (4)

なお、図のデータは傾斜 5° の斜面を下る台車の運動を測定した際に得られた簡易記録のデータである。加速度の大きさはやや小さいが、一定の割合で速さが速くなっていることは十分に読み取れる。

参考データ

Wiihayasa を用いて一定の力を加えた台車の位置座標および速さの時間変化として得られたサンプルデータを以下に示す。台車の $m=1.7(\text{kg})$ 定力 $F=0.49(\text{N})$ 光源 LED 間隔 $d=200(\text{mm})$ で測定し、記録モードで data.csv に書き出した後 Excel でグラフ化したものである。

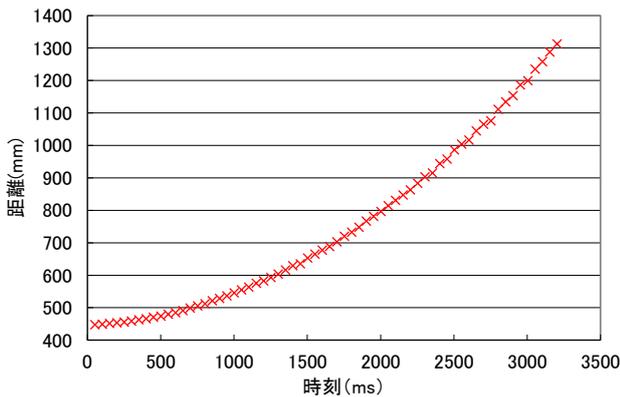


Fig.10 測定された $l-t$ のデータ

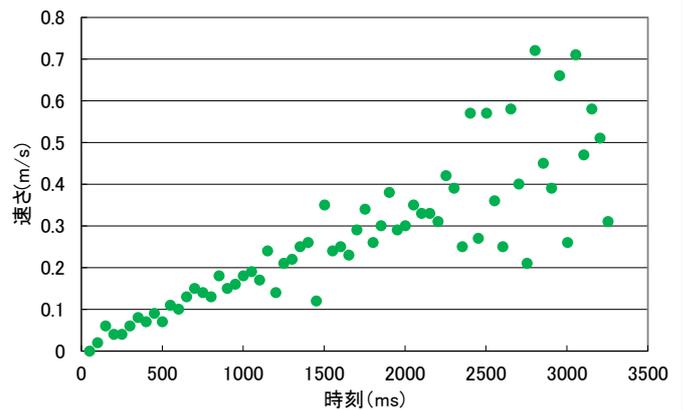


Fig.11 測定された $v-t$ のデータ

Fig.10 を見れば、位置座標はおおむね理想的な 2 次曲線となるが、LED 光源からの距離 d が 1000mm の前後で、速さの誤差が大きくなっている (Fig.11)。測定される x の変化が緩やかになる領域に差し掛かり (Fig.7 参照)、変位の誤差が大きくなったことが原因と思われる。 d をより大きくすれば精度が改善される可能性はあるが、Wii リモコンを用いて 50ms 毎の位置座標から平均の速さを導出することは困難と言える。

添付 CD-R の実験動画②には自作センサーを用いた測距の様子、実験動画③に斜面を下る物体の運動の速さの測定実験を収録した。また、実験動画④⑤は、異なる大きさの力を物体に作用させた場合の速さの変化の仕方を比較した様子である。あわせて参照されたい。

参考文献等

- [1] かたちのころ http://subal-m45.cocolog-nifty.com/blog/2008/06/wii_b146.html
- [2] <http://www.brianpeek.com/blog/pages/wiimotelib.aspx>
- [3] 書籍 WiiRemote プログラミング オーム社

事務局記入欄

--	--

3-1. 学習指導（クラブ活動を含む）における実績

1. Wii 加速度計を用いた例

開発以来毎年円運動の授業に用いてきた。等速円運動の加速度が運動方向（接線方向）ではなく、向心方向を向いていることを以下の流れで示す。

- 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。
- ① ' 慣性力の単元の直後であるため、Wii リモコンが 9.8m/s^2 で上方向に運動していると「誤解」していること（等価原理）を解説する。
- 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、多くの生徒が運動方向の軸の加速度（円運動の場合円の接線方向）を予想する。）
- ③ 等速円運動演示台に乗せて回転させ、加速度の方向を示す。
- ④ なぜ向心方向の加速度が生じる場合に物体は円運動するのか、慣性と加速度を確認する。
- ⑤ 角速度と加速度の大きさの関係を定性的に示す。

この際、運動の方向と、加速度の方向は必ずしも一致しないことを特に強調するようにしている。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（＝ねじれを生じてはならない）」という条件に合致し、かつ測定される加速度も大きい為、Wii 加速度計を用いた演示に適している。

2. Wii 赤外線センサを用いた例

農業科クラスにおいて、光波、電気・電波の単元の学習の後に、赤外線についての理解を深めるべく以下の流れで学習した。

- ① 赤色 LED と黄色 LED、赤外線 LED を準備し、その点灯回路を作成する。それぞれを点灯させたとき、赤色 LED と黄色 LED が視認できるのに対し、赤外線 LED は光っていないように見えることを確認する。
- ② 赤外線 LED を携帯電話のカメラ機能で見てみる。紫色に輝いて見える。目に見えない赤外線を放ち光っていることを説明する。
- ③ Wii リモコンの赤外線センサ機能について説明する。Wii リモコン赤外線センサが赤色 LED と黄色 LED には反応せず、赤外線 LED のみに反応することを確認する。
- ④ 豆電球、白熱電球、蛍光灯タイプの電球、LED 電球に Wii リモコン赤外線センサを向ける。消費電力との相関を考察する。

同様の内容で青少年のための科学の祭典富山大会に出展予定である。

3. Wii 速度計を用いた例

オープンハイスクールでの講義の際に等加速度運動の演示実験として行った。

力学台車に Wii リモコンを装着し、ヤガミ社製の定力装置で引く。速さがどのように変化するかを簡易測定後グラフ表示し、速さが一定の割合で増加する運動＝等加速度運動であることを説明した。また、斜面を下る運動についても同様に等価速度運動となることを示した。主に中学校で学習する等速直線運動の考え方だけで身の回りの運動を捉えるには限界があり、等加速度運動を学ぶことで世界が広がる、ということを強調するようにした。

事務局記入欄

--	--

3-2. 学習指導（クラブ活動を含む）における教育上の効果

1. Wii 加速度計に関して

Wii リモコン加速度計による円運動の加速度の演示は 2008 年度より毎年行ってきたが、生徒の反応は上々である。注目すべきは、Wii リモコンを教材として登場させたときに一度、円運動の加速度マーカーが向心方向に動いたときにもう一度「おおっ」という反応が見られることである。単に Wii リモコンを教材とする珍しさに留まらず、加速度が見えることに対する新鮮さがある。そして、「等速円運動の加速度は向心方向に働く」ことがよく定着するようになった。

2. Wii 赤外線センサを用いた例

LED 電球と白熱電球の消費電力の違いを「熱の発生」からもう一步赤外線へと深め、「黒体放射」に結び付けることができる。ただし、生徒にとっては Wii リモコンが赤外線を読み取って動作していることがより興味深いようである。

一連の学習活動を通して赤外線という見えない光の存在を身近に感じ、それが広く社会で活用されていることを生徒に実感させることができる。

3. Wii 速度計を用いた例

オープンハイスクールで等加速度運動を演示するために用いた後、アンケートを実施した。「一定の力が働いた場合、一定の割合でだんだん速くなるのが分かったか」という質問に対し、64%（14名）が理解できたと回答し、32%（7名）ある程度分かったと回答した。理科の得意不得手を問う質問との相関は見られなかったことから、特別な分析や思考を要求することなく、それぞれの運動が「だんだん速くなる運動」であることを明確に示すことができていると見える。

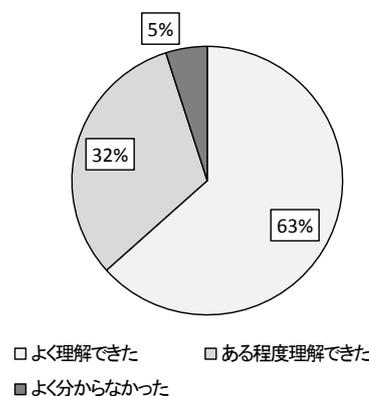


Fig.12 等加速度運動のアンケート結果

Wii リモコンという教材に関して

2008 年度、種々の視聴覚教材を試した中で、生徒に各教材を①印象に残ったか②興味をもてたか③具体的なイメージがもてたか④単元の理解につながったかという観点で評価してもらった。その際、例えば興味に関しては A.教材によって授業内容に興味を持てた B.教材には興味をもてた C.教材が無いよりはよかった D.無くとも変わらなかったと思う のように 4 段階で回答させた。Fig.13 には各項目の A 評価および B 評価の割合を示す。視聴覚教材全般が良好な評価であったが、Wii リモコン加速度計はその中でも興味を持てる印象的な教材であった事が伺える。Wii リモコンという素材自体の魅力と、ソフトウェアを教員が自作することで演示がスムーズに行えることによるものと考えている。

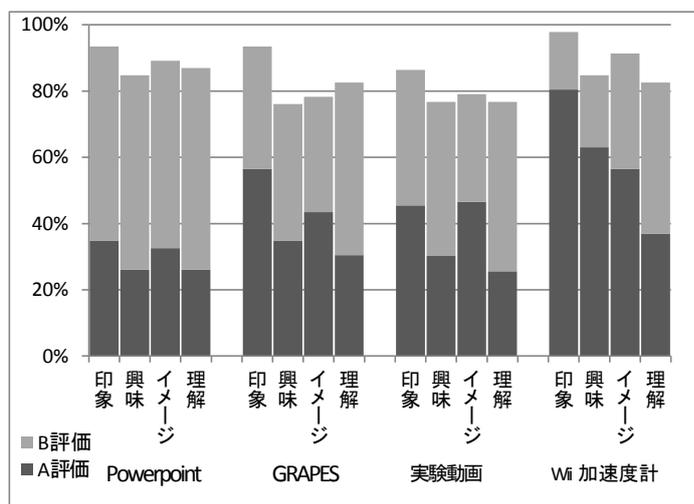


Fig.13 視聴覚教材に関するアンケート結果

事務局記入欄

--

申請書の個人情報に関する取り扱いについて

公益財団法人 東レ科学振興会

申請用紙に記載いただきました氏名、年齢、自宅住所、電話番号、電子メールアドレス、勤務先・所属機関、職名、学歴・職歴、業績分担者の氏名・勤務先・職名に関しましては、「個人情報保護に関する法律」に則り個人情報として厳正に管理し、下記の目的に限り利用いたします。

1. 東レ理科教育賞の審査および審査結果の通知
2. 同受賞決定後の諸手続の連絡および贈呈式の案内
3. 受賞者決定の公表〔氏名、所属機関（名称・住所・電話番号）、職名、略歴、
題目、業績概要、業績分担者の氏名・所属機関（名称・住所・電話番号）・職名〕
4. 東レ理科教育賞に関する弊会内管理業務
5. 東レ理科教育賞募集の案内
6. 当会主催科学振興事業の開催の案内

以上