

1. 背景と目的

AR (Augmented Reality) とは、人が環境から受ける物理情報に対してコンピュータが生成したデジタル情報を重ねることによって、対象物の情報を増強する技術である。近年では、AR 技術を利用した教材の開発も行われている。

物理学の学習では、力やエネルギーなどの物理量は、現実人間目に見えるものではないので、学習者にとってそれらがどのようなものか理解しづらいという問題があった。この問題を解決するために、本研究ではマーカー型 AR 技術を用いて、物体にかかる力とエネルギー量を可視化できる物理学教材を開発する。これによって、学習者に興味を持たせることができると考えている。

2. 関連研究

AR を利用した理科教材の例として凸レンズの働きを題材とした教材[1]がある。これは中学 1 年生を対象にした教材であり、光学台に置かれた光源と凸レンズに AR マーカーが付与されている。そしてユーザがカメラ越しにシステムを見ることによって、光源と凸レンズによってできる像を CG モデルで表示し、さらに光路も表示する。これによってユーザーは、レンズによる光の進み方と光源とレンズの位置によって変化する像の現れ方について理解することができる。さらに光の道筋の作図ができるようになる。

また、AR を用いていないがセンサを利用した物理学教材の例として Wii リモコンを用いた力学教材[2]がある。これは Wii リモコンの加速度センサ、Bluetooth 通信機能、赤外線カメラを利用し、斜面を下る Wii リモコンの位置や速さ、加速度をリアルタイムに解析・表示できるシステムである。

3. システムの提案

本研究のユーザは物理学を履修している高校生を想定する。ユーザは PC を通してセンサボックスを見ることで、物体にかかる力やエネルギーなどをリアルタイムに可視化ソフトウェアで見ることができる。これによって、物体にかかる力の作図(分解)やエネルギー量について直感的に理解できると考えている。

4. システムの構成

本研究では図 1 のように AR マーカー、加速度センサ、Bluetooth を内蔵した「センサボックス」を作成した。またセンサボックスの側面にホールセンサを付与し、タイヤの側面に磁石を付与した。センサボックスでは内蔵されている Bluetooth を用いて加速度センサなどの値を送信し、PC 側では値を受信して可視化ソフトウェアを用いてセンサボックスにかかる力の可視化と位置エネルギーおよび運動エネルギーの可視化を行う。

可視化ソフトウェアは Processing を用いて開発した。また、センサボックスに内蔵された各センサを制御するために Arduino を使用した。センサボックスの Arduino 側でもプログラムが必要なため、その開発には Arduino IDE を使用した。

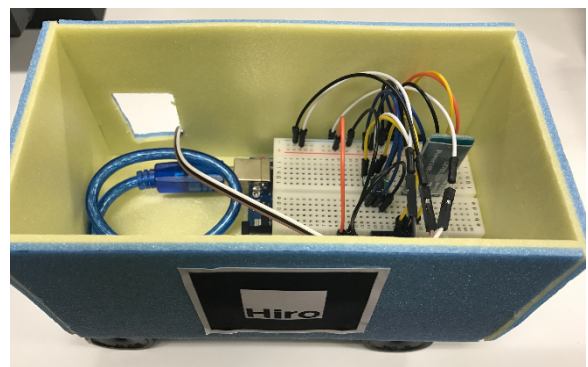


図 1 センサボックスの内部

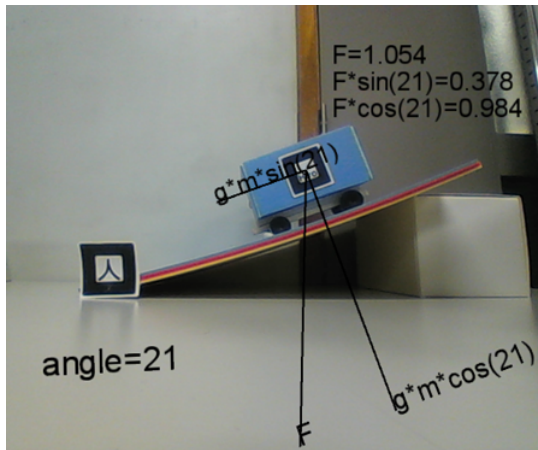


図2 力の可視化（力の分解）

5. 力の可視化

力の可視化ではニュートンの第2法則である $F = ma$ の数式を使用する (F は力, m は質量, a は加速度). 加速度センサによって a の値を測定して F の値を計算し, 図2のようにリアルタイムに映像に重畳表示させた.

また F を物体の進行方向と物体の垂直方向に分解した力も同時に表示させた. 加速度センサで取得した値を用いてセンサボックスが傾いた角度の値も計算することができるので, F の値と角度を計算したことから進行方向の力 $F \sin \theta$, 垂直方向の力 $F \cos \theta$ の計算も行って表示した.

6. エネルギーの可視化

エネルギーの可視化では物体が持つ位置エネルギーと運動エネルギーの可視化を行う.

運動エネルギーは $K = mv^2/2$ で求めることができる. 速度はホールセンサを用いて計算を行う. ホールセンサとは磁気を検出するセンサであり, タイヤが1回転で進む距離に1秒間に回転した回数を掛けて距離を求め, さらに速さを求めた.

位置エネルギーは $U = mgh$ で求めることができる. 高さを求めるために基準水平面に AR マーカーを付与した. そしてセンサボックスに付与したマーカーと基準水平面に付与したマーカーの座標を取得し, y 座標を用いて高さを計算した.

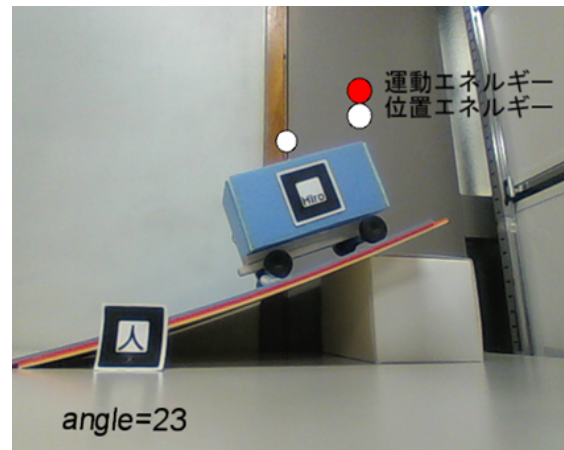


図3 位置エネルギーの可視化

エネルギーの可視化は図3のように円を用いた. 位置エネルギーは白い円, 運動エネルギーは赤い円で表し, 位置エネルギー, 運動エネルギーの値が大きい場合は円も大きく, 値が小さい場合は円も小さくなるように可視化を行った. また位置エネルギーは基準水平面より低い位置では負の値になる. そのため基準水平面より低い位置では, 位置エネルギーを示す円の色が黒色に変化するようにした.

7. まとめ

物理学を学習する際, 物理量は現実に見えないので分かりづらいという問題がある. 本研究では, この問題を解決するために AR を用いて力の可視化とエネルギーの可視化ができる教材を開発した.

この教材を使用することで学習者は力の作図(分解), 位置エネルギー, 運動エネルギーについて直感的に理解できるようになると考えている.

参考文献

- [1] 小松, 渡邊, 桐生, 中野, 久保田: AR「凸レンズの働き」教材を使った授業実践の分析, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.28, No.3, pp.27-32, 2013.
- [2] 堂本, 足立, 梅田, 前原: Wii リモコンを用いた力学実験教材の開発, 第27回理科教育学会支部講演予稿集, 2010.