

AR 技術と加速度センサを利用したカード型の力学実験教材

廣田 翔平¹⁾, 塩澤 秀和¹⁾

1) 玉川大学 工学部 ソフトウェアサイエンス学科

あらまし: 本論文では、マイコンや加速度センサを搭載した装置に AR マーカーを付与し、カメラ映像に力や力学的エネルギーの測定値を AR 技術によって重畳して可視化する手法について述べる。本研究では、昨年開発された教材をカード型に小型化し、さらにソフトウェアの改良を行ったことで、ラジコンの車に取り付けて動かすなど、より学習者の興味を引く利用方法を可能にした。

Card Type Teaching Apparatus Using AR and Accelerometer for Mechanics Experiments

Shohei Hirota¹⁾, Hidekazu Shiozawa¹⁾

1) Department of Software Science, College of Engineering, Tamagawa University

Abstract: This paper describes an AR technique visualizing measured values of force and mechanical energy in mechanics experiments and superimposing them on the camera image by attaching an AR marker to the teaching apparatus with a microcontroller and an accelerometer. We made the new apparatus in card size to enable methods attracting learners more attention, such as attaching it on a radio control car.

1. はじめに

理工系の教育においては、現実のモノを扱う実験が重視されている。実験では学習者は五感を通して現実の現象を体験することにより、実践的な理解を深めることが期待される。しかしながら、物理学の実験では、力・エネルギー・電流・電圧などの物理量はそのままでは人間の目に見えないので、目の前で起きていることに興味を持たず、学習意欲が低下する者も多い。特に物理量の時間的な値の変化を理解するためには、一般的に測定データをグラフ化し、さらにそれを見て解釈するスキルを身につける必要がある。

そこで、我々は物理量に対する学習者の直感的な理解を助けるために、AR (Augmented Reality, 拡張現実感) 技術を適用し、物理量を可視化する教材の開発を進めている[1]。本プロジェクトでは、実験で用いられる装置・器具・環境などの教材に取り付けた各種センサと AR マーカーから、それらの測定データや配置状態をリアルタイムに取り込んで分かりやすく可視化し、カメラで撮影した教材の映像に画面上で合成する。これによって、

学習者の物理現象に対する興味と理解を促進する実験教材を実現することを目指している。

本論文では、昨年報告した電子回路と力学の実験教材[1]のうち、後者の改良について報告する。これは、加速度センサや無線通信装置を内蔵した装置を用いて、力や力学的エネルギーの実測値をリアルタイムに AR で可視化するシステムである。今回、この装置をカード型に小型化したことで、ラジコンの車に取り付けて動かすなど、より学習者の興味を引く利用方法が可能になった。

2. 関連研究

近年、AR を教育分野に活用することによって、紙の教科書、科学実験の装置、博物館の展示物などのモノとコンピュータグラフィックス (CG) や動画などのデジタル教材を連携させた学習環境を実現する提案が行われている。

例えば、AR を利用した中学理科の教材として凸レンズの働きを題材としたシステム[2]が提案されている。このシステムでは、光学台に置かれた光源とレンズに AR マーカーが付与されており、学習者がカメラ越しに見ると、光路と像が CG で

表示される。これによって学習者は、レンズによる光の進み方や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学習することができる。

大学の化学実験に AR を適用したものとしては ost4ce [3]がある。このシステムでは、マーカーを貼付した実験器具を用いた実験の様子を真上からカメラで撮影して認識し、プロジェクタを通してテーブル上に実験操作で起こり得る危険に注意を促すメッセージ等を投影する。これによって、学生の化学実験における安全確保に関する技能を向上させるのがシステムの狙いである。

電子回路の学習と AR を組み合わせた子供向けの知育教材としては、LightUp [4]等が開発されている。これは、回路素子が組み込まれたパーツをパズルのように組み立てることで電子回路の学習ができる知育玩具である。さらに、完成した回路をスマートフォンで撮影すると、パーツの模様と形状から回路を認識し、電気を流した場合のシミュレーションを見ることもできる。

また、AR を用いていないがセンサを利用した力学教材の例として、Wii リモコンを用いた実験教材[5]も提案されている。このシステムでは、Wii リモコンに加速度センサ、Bluetooth 通信機能、赤外線カメラ等の各種センサが搭載されていることに着目し、力学台車に乗せて斜面を下る Wii リモコンの位置、速さ、加速度をリアルタイムに PC に送信して、解析と表示を行う。

これらの他にも、紙の教科書やプリントにマーカーを印刷し、それをカメラで撮影して認識することでその場に動画や CG のシミュレーションを重畳表示するシステムなども提案されている。

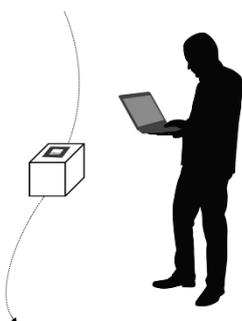


図1 本システムが想定する利用方法

3. 本研究の提案

本プロジェクトでは、マーカー型 AR とセンサを用いた物理実験教材の開発を進めている。これは、実験で用いる測定装置、その他の器具、環境などの教材にセンサと AR マーカーを取り付け、センサの測定データを PC にリアルタイムに送信し、グラフなどで分かりやすく可視化したものを、カメラで撮影した教材の映像(の AR マーカー上)に画面上で合成するというものである。

その中でも力学(力と運動)への適用では、基本的な力学(運動方程式や力学的エネルギー)の実験を想定している。学習者は図1に示すように、PC のカメラを通して教材を見る。すると、図2のように、その場で撮影されている実験環境の映像に合成されて、現実には物体にかかっている力や力学的エネルギーがリアルタイムに図示される。

これによって、学習者が、重力の働き、力のベクトルの合成と分解、位置エネルギーと運動エネルギーの関係等について、よりスムーズに理解することを支援するのが本システムの目標である。

昨年報告したシステム(以下、旧システム) [1]では、Arduino と加速度センサ等を内蔵した台車型の「センサボックス」を開発し、それを斜面に設置したり、ゆっくり走らせたりすることによる力学実験を実現した。しかし、センサボックスは大きさによって使用方法が制限され、重力以外の力を加えるのはなかなか難しかった。

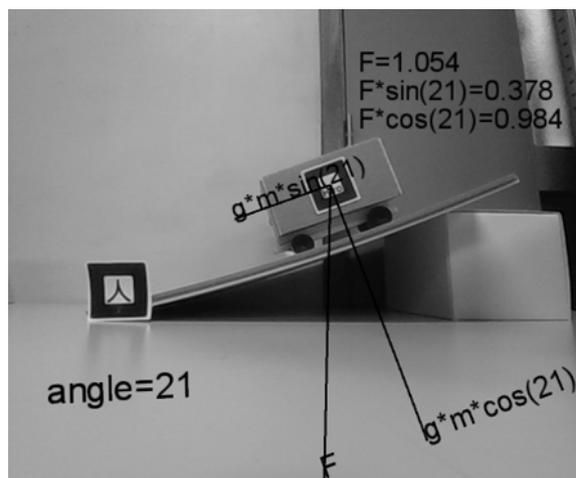


図2 力の可視化(力の分解と合成)



図 3 ラジコンの車にかかる力の可視化例

そこで本研究では、最低限の機能を持つ回路を自作することでセンサボックスを小型化し、カード型の形状にした実験教材を開発した。

これによって、図3のようにセンサボックスを取り付けたラジコンの車を走らせ、モーターによって生じる駆動力を可視化するなど、重力以外の力の存在やレールなどの制約によって、より動的に変化する力や力学的エネルギーを可視化することが可能になり、学習者にARで情報を提示する効果がより高まると考えられる。

4. システムの構成と小型化

旧システムの開発では、市販のArduinoを用いていた。これは、ATmega328Pというマイコンに電源回路やプログラム書き込み用の回路を加えた製品であるが、電源回路は、ボタン電池から直接必要な電圧を給電するようにすれば不要になり、プログラム書き込み用の回路も、ICソケットを用いてマイコンを毎回基板から取り外して書き込むようにすれば不要とすることができる。

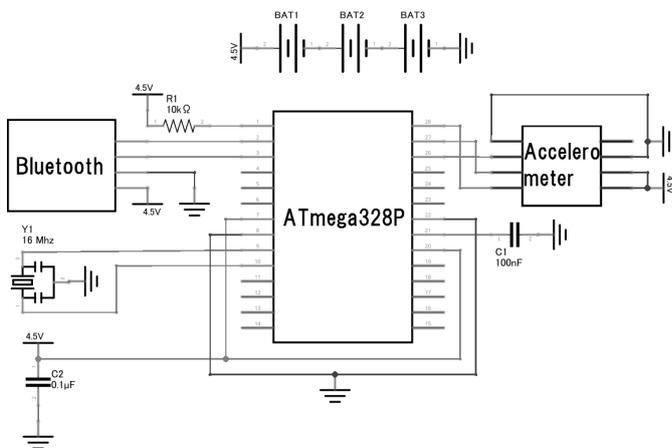


図 4 本システムの回路図

そこで、それらの回路を省き、加速度センサとBluetoothモジュールを内蔵したまま小型化した新しい回路図を図4に示す。これを実際に組み立てたものが図5であり、旧システムに比べて大幅に小型化されていることがわかる。

新しい回路は、名刺入れに収まるサイズとなったので、カード型（正確にはカードケース型）の教材として、さまざまなものに手軽に取り付けて利用することができるようになった。図6は実際にラジコンの車に取り付けた例である。鉄道模型や帆船のおもちゃなどに取り付けて、時事刻々と加わる力をAR表示させることも可能である。

5. ARによる物理量の可視化

PCでのAR表示の描画と合成には、旧システム同様、ProcessingとARToolKitのProcessing用ライブラリであるNyAR4psgを用いた。

力の可視化では、運動方程式 $F = ma$ に基づき、Bluetooth経由で得られた加速度センサの測定値から力を算出し、カメラ映像にベクトルの矢印を重畳表示する。さらに傾斜面にARマーカを貼ることにより、力を斜面に平行な方向と垂直な方向に分解した矢印も表示することができる。

運動エネルギー ($K = mv^2/2$) の可視化では、旧システムでは速度を車輪の回転数から測定することを試みたが、今回は車輪がないためPC側でARマーカの移動距離から速度を求めた。位置エネルギー ($U = mgh$) の可視化では、基準面にARマーカを付与することで、ARマーカ間の位置関係から必要な高さを測定する。

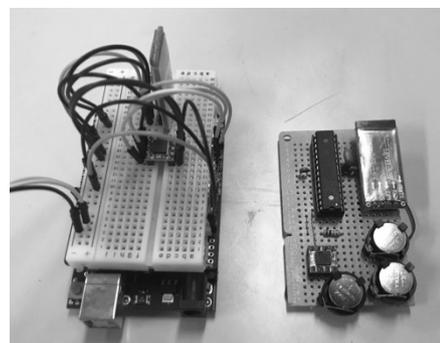


図 5 旧システムの装置とのサイズ比較



図6 ラジコンの車への装着

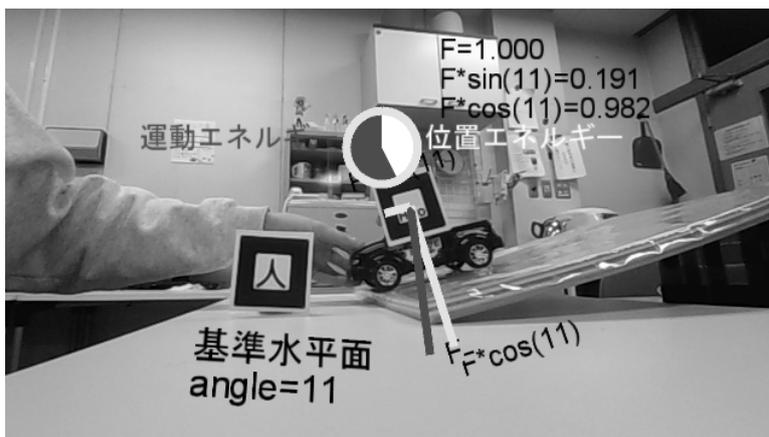


図7 保存則を考慮した力学的エネルギーの可視化

さらに、旧システムでは力学的エネルギーを可視化する際に、運動エネルギーと位置エネルギーを別々の円で表示していたが、本システムでは、図7のように1つの円グラフを用いて両方のエネルギーの値を可視化する。これによって力学的エネルギーの保存の法則という重要な物理法則について、視覚的に学習者の理解を助けることができるようになったと考えている。

6. おわりに

本研究では、昨年度に開発された教材の問題点を解決するために、Arduinoから必要な機能だけを抽出した互換機を自作することで、教材をカード型に小型化した。これによって、教材を実際のモノに手軽に取り付けることができるようになり、動くラジコンの車に装着してモーターの駆動力を可視化するなど実験の幅が広がり、AR表示を用いる効果が向上したと考えている。

また、学習者が力学的エネルギー保存の法則についてスムーズに理解できるように、運動エネルギーと位置エネルギーを1つの円グラフを用いて可視化するように改良した。物理量の可視化方法については、さらに改良を進めていきたい。

今後は、小型化による利点を活かし、学習者の興味を引くような実験の例を考案するとともに、改良した教材を複数用意して複数の物体または複数の箇所の力やエネルギーを比較するような可視化を実現したいと考えている。

また、現在使用している単純なARマーカーでは依然として一定以上の速さではカメラ映像にブレが生じてうまく認識されないという問題がある。そこで文献[6]などを参考に、撮影時のブレに強いマーカーを利用するなどの解決策を検討中である。

参考文献

- [1] 塩澤, 小松: マーカー型 AR とセンサーを用いた物理 (回路・力学) 実験教材の開発, 日本バーチャルリアリティ学会 第61回サイバースペースと仮想都市研究会, 2017.
- [2] 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, 2013.
- [3] 伊藤, 田口, 藤波: 化学実験安全教育システムにおけるメッセージ内容及び定時方法の検討, 情報処理学会 第75回全国大会, 2013.
- [4] LightUp: LightUp, <http://www.lightup.io/>, 2013.
- [5] 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.
- [6] 有賀, 豊浦, 茅: 動きぶれや焦点ぼけがある画像からでも抽出できる拡張現実マーカーの実現, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), pp.496-503, 2011.

© 2018 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)