

AR 技術とセンサーを用いた物理実験教材の開発

Development of Educational System for Physics Experiments
Using Augmented Reality and Sensors

塩澤 秀和

Hidekazu SHIOZAWA

玉川大学工学部

College of Engineering, Tamagawa University

Email: shiozawa@eng.tamagawa.ac.jp

あらまし：物理学の実験では、物理量はそのままで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。この問題に対し、我々は、マイコン、加速度センサー、無線モジュール等を搭載し、AR マーカーを付与したカード型の装置を含む物理実験教材を開発している。このシステムでは、装置にかかる力を加速度センサーで測定し、リアルタイムに PC に無線送信する。PC では AR 技術を用いて、カメラ映像上に力のベクトルや力学的エネルギーをリアルタイムに可視化する。

キーワード：マーカー型 AR、加速度センサー、物理実験、実験教材、物理量の可視化

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おり、学習者は現実の現象を体験することによって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。

そこで、我々は AR (Augmented Reality, 拡張現実感) 技術とセンサーを利用した教材⁽¹⁾⁽²⁾の開発を進めている。このプロジェクトは、学習者が図1のようにコンピュータを通して実験装置を見ると、実験装置や器具に取り付けられたセンサーの測定値および AR マーカーで認識される配置状態から、物理量が分かりやすく可視化され、リアルタイムに映像に合成されて表示されるというものである。

本稿で述べる力学(力と運動)実験への適用では、加速度センサーを搭載した装置に AR マーカーを付与し、センサーの測定値から力のベクトルや力学的エネルギーを計算してカメラ映像に合成表示する。また、回路実験への適用では、マーカー型 AR によって回路の状態を認識し、センサーの測定値とともにカメラ映像に合成して表示する(図2)。

これらによって、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の実現を目指している。

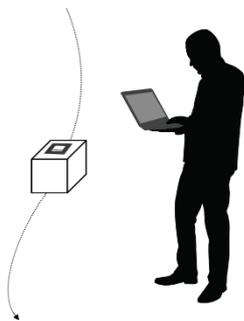


図1 本プロジェクトが想定する利用方法

2. 関連研究

AR を用いた化学実験の安全技能学習システムとして ost4ce⁽³⁾がある。このシステムは、AR マーカーを貼付した実験器具を用い、ユーザの模擬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化学実験で起こり得る危険に注意を喚起するメッセージを投影する。

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、回路素子の組み込まれたパーツを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、スマートフォンで回路を撮影すると、パーツの模様と形状から素子の接続が認識され、電気を流した場合のシミュレーションが表示される。

センサーを利用した力学教材の例としては、Wii リモコンを用いた実験教材⁽⁵⁾も提案されている。これは Wii リモコンに各種センサーが搭載されていることに着目し、それを力学台車に乗せることで、斜面を下る台車の位置、速さ、加速度をリアルタイムに解析・表示することができるシステムである。

3. 本研究のシステム

本プロジェクトの最初のシステム⁽¹⁾では、Arduino を用い、加速度センサーと Bluetooth モジュールを内蔵した簡易的な力学台車といえるセンサーボックス

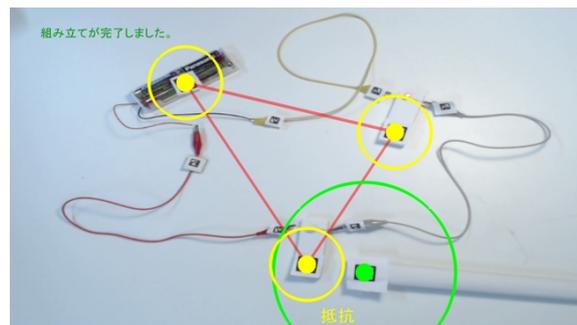


図2 AR 回路実験支援システム

を作成し、それに AR マーカーを付与した。その後、最低限の機能を持つ Arduino 互換の回路を自作することで、大幅な小型化を実現した⁽²⁾ (図3)。これをカードケースに入れることで、図4のようにラジコンの車などにも取り付けられるようになった。

この装置を斜面等に置くと内蔵された加速度センサーの測定値が無線で PC に送信される。PC 側では Processing と NyAR4psg で開発された可視化ソフトウェアによって、装置にかかる力の 3 次元ベクトルと力学的エネルギーが計算され、その図解が AR でマーカー上にリアルタイムに表示される。

学習者は図1のように PC に取り付けたカメラを通して実験装置を見ると、図5のように、現在撮影されている実験環境の映像に合成されて、現実とその装置にかかっている力や力学的エネルギーが図示される。これによって、学習者が物理量をより具体的にイメージする助けになると考えている。

力の可視化では、ニュートンの第2法則 $F = ma$ に基づき、加速度を測定することで力の値を算出している。また、これを斜面の水平方向と垂直方向に分解した力のベクトルも同時に可視化することで、力の分解と合成の学習につなげることも狙っている。斜面の傾きは、AR マーカーを斜面の側面に付与することによって、その向きから取得する。

さらに、物体が持つ力学的エネルギーの可視化も試みた。その際、力学的エネルギーの保存則へ学習

を促すために、運動エネルギーと位置エネルギーを同じ円グラフを用いて可視化している。運動エネルギーの算出に必要な速度は、最初のシステムでは車輪の回転量、小型化した装置では加速度の積分からの取得を試みたが、どちらも十分に正確とはいえないので課題である。位置エネルギーを求める際の位置の基準点は、AR マーカーによって示す。

4. おわりに

本稿では、AR 技術とセンサーを用いて物理実験を支援するプロジェクトのうち、特に力と運動に関する実験を支援するシステムについて述べた。加速度センサーを搭載したカード型の装置にマーカーを付与し、センサーの出力値から計算した力や力学的エネルギーを AR で映像に合成して表示する。

現在は、回路実験教材とのシステムの共通化、AR による可視化方法の考案、装置のさらなる小型化、マーカーの認識技術の改善などに取り組んでいる。今後、改善を進めた上で現実にユーザに利用してもらった上での評価が必要であると考えている。

謝辞

本プロジェクトは、小松京平氏⁽¹⁾と廣田翔平氏⁽²⁾の卒業研究による貢献が大きいため感謝する。また、本研究発表の一部は、科研費 JP18K02907 の助成を受けたものである。

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 VR 学会 CS 研究会, VR 学研報, Vol.22, No.CS-2, pp.27-32 (2017)
- (2) 廣田, 塩澤: AR 技術と加速度センサーを利用したカード型の力学実験教材, 日本 VR 学会 CS 研究会, VR 学研報, Vol.23, No.CS-1, pp.35-38 (2018)
- (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)

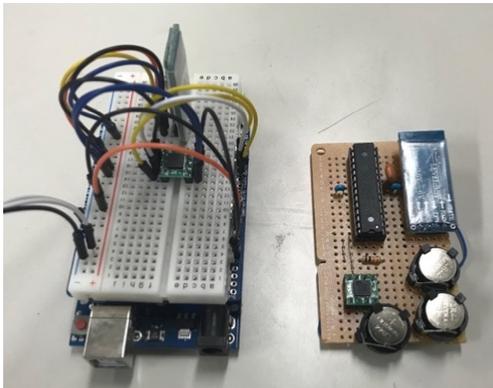


図3 本研究の装置 (左: 初期版, 右: 改良版)



図4 ラジコンの車への装着

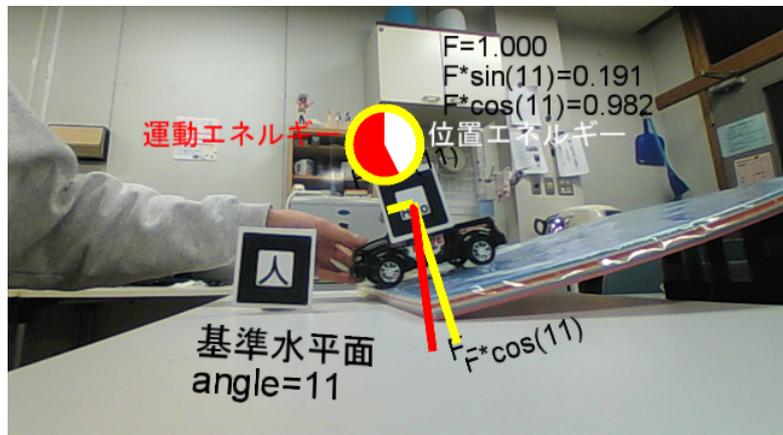


図5 力の分解と力学的エネルギーの可視化