

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：35403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26350195

研究課題名（和文）タブレット端末を用いた物理実験教材の開発

研究課題名（英文）Development of Teaching Materials Using Tablets for Physics Laboratory

研究代表者

前原 俊信（Maehara, Toshinobu）

広島工業大学・環境学部・教授

研究者番号：50190319

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：物理の授業を魅力的で有効なものとするため、タブレット端末を利用した実験教材を開発した。電磁気に関する拡張現実教材、Bluetooth対応のテスターを用いた汎用測定教材、電気回路実験のシミュレーション教材等をタブレット端末用に開発した。これらの教材を試用して改良点を得るとともに、その活用方法も重要であるとの知見を得たため、教材開発と並行して、これらの教材を有効に活用することを目指して、新しい教育方法についても研究した。

研究成果の概要（英文）：In order to make physics classes more attractive and effective, we developed teaching materials for physics laboratory that use tablets. Materials developed in this study include an Augmented Reality system for electromagnetism experiments, a general purpose measurement system using multimeter with Bluetooth connection, and a simulator for simple electric circuits. Trial classes revealed both their usefulness and potential problems they can cause when used thoughtlessly. Thus we studied, in parallel, new instructional methods to maximize the effectiveness of teaching materials in general, with applications to our new materials in mind.

研究分野：Physics Education

キーワード：物理教材 実験教材 タブレット

1. 研究開始当初の背景

ICT技術の進歩は目覚しく、近年、これを活用した教材が注目を集めている。特に、物理教育では、概念理解の重要性を認識したアメリカのグループを中心とするアクティブ・ラーニング、また、文脈の中での理解を重視しているイギリスのアドバンシング物理において、PCとセンサによる測定実験が有効に活用されている。

さらに、iPadやSurfaceに代表されるようなタブレット端末が利用可能になり、これを初等・中等教育においてデジタル教科書として利用しようという動きがある。科学者側から実験・観察が軽視されないか等の懸念も表明されているが、タブレット端末は教科書の内容を提示するだけでなく、外部の測定装置と接続して測定器として使ったり、背面カメラを用いて実験装置を撮影した映像にAR技術を用いて教育的情報を付加したりすることで、実験の補助具として利用することもできる。このような活用をすれば、実験・観察を大切にすることができ、有効な教材・教具となると考えられる。

ただ、これらのICT技術の教育への応用は、技術者からのアプローチだけでは教育的な条件を満たしていない場合が多く、教育現場に近い側からの研究開発が欠かせない。

本研究の代表者を中心とするグループは、ICT技術を活用した教材を開発してきており、システムの新規性や面白さだけでなく、教員や生徒が、授業、特に実験で利用することの有効性を重視して研究を進めてきた。例えば、目に見えない物理量を現実の映像と重ねて表示する「拡張現実」を用いて理解促進を狙う実験教材の開発を進めている。一つは、電磁誘導についての理解を支援するため、目に見えない磁力線を現実の映像にリアルタイムに表示しながら実験できるシステムである。

無論、シミュレーション教材を用いれば同様のことができるが、本物のコイルと磁石を用いて実験しながら理解させる方が望ましいことは言うまでもない。もう一つは、直接、磁場を測定して、その大きさと向きを矢印として現実映像に付加するという拡張現実を利用した実験教材である。

また、シミュレーションだけの場合でも、立体視型電気回路シミュレータのように、自分で作った任意の電気回路における電位の様子を表示できるようにし、学習者の操作を導入して、活動させながら納得させるものとしている。勿論、立体視しない場合にも利用できるシステムになっている。

これらを、タブレット端末で利用できるようにすれば、教育的に有効な教材となると思われた。

2. 研究の目的

タブレット端末を教育的に有効な形で利用した中等教育における物理実験教材を開

発・評価するため、以下のような研究を計画した。

(1) 電磁気に関する拡張現実教材をタブレット端末で利用できるようにし、その教育的効果を確認する。

(2) タブレット端末を用いて簡単な物理計測が可能になるような実験教材を開発して、その教育的効果を確認する。

(3) OSがWindows 8とAndroidのタブレット端末を用いて本格的な試行授業を行い、物理実験の教具としてのタブレット端末の教育的効果を比較・評価する。

3. 研究の方法

(1) 電磁気に関する拡張現実教材

これまで開発してきたWindows 7のPC上のシステムをほとんどそのまま利用して移植し、Windows 8のタブレット端末の背面カメラを用いて実現する。

(2) 物理計測教材

特定の実験でなく、汎用的な実験教具としてタブレット端末を利用するための教材を開発する。

(3) Androidタブレットへの移植

Androidのタブレット端末への移植を検討する。

(4) その他の物理測定教材

電磁気だけでなく、運動や波動の領域まで含めてタブレット端末を利用した測定教材が有効である単元や実験について検討する。

(5) 実験教材の効果的な活用法の検討

タブレットを用いた教材だけでなく、実験教材を有効に活用するためには、アクティブ・ラーニングの手法が重要であるので、新しい教育手法を試行し、評価する。

4. 研究成果

まず、拡張現実を利用した電磁気実験教材(図1)をWindowsタブレットで利用できるようにした(図2)。これまでは、拡張現実のためのカメラとしてUSBカメラを用いていたが、タブレットの背面カメラを利用するように改良し、利用者の視線と同じ向きで使えることで活用しやすくした。また、3軸磁気センサのモジュールとタブレットとの接続を無線化してタブレット側の補助機器をで

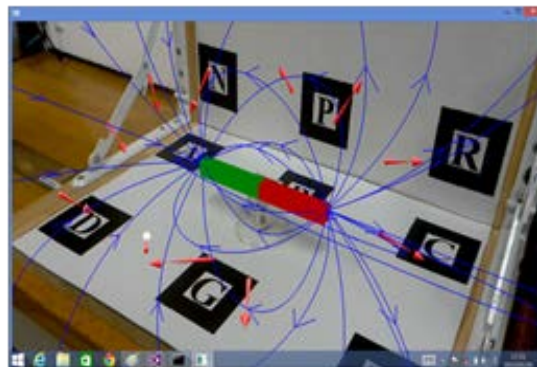


図1. 拡張現実教材



図2. タブレットで拡張現実

きるだけ簡易なものとして利用者の便宜を図った。高等学校の授業において試用し、教員・生徒の意見を聴取した。タブレットを用いた教材を使うことで興味を持って授業に取り組み、教科書の図と比べて磁界や磁力線の様子をイメージしやすいことが明らかになった。また、画面表示については修正意見に対応して改良した。

初年度のこの経験から、センサ部分とタブレット端末との接続に Bluetooth 通信を用いれば、タブレット側の補助機器をなくすことができ、有利であるとの着想に至ったので、次年度には、Bluetooth 通信可能な安価なデジタルテスターを入手し、そのデータを Windows タブレット端末で表示するようなアプリケーションを開発した (図3, 4)。デジタルテスターにはメーカー独自のデータ収集アプリケーションが利用できることが多いが、これらの違いを吸収し、統一的に利用できる教育用アプリケーションの必要性を示すことができた。

これらの教材アプリケーションは、Windows タブレット端末を用いたシステムとして開発してきたが、Android タブレット端末で利用できればさらに安価なシステムとなるため、移植を試みたが、完成に至らなかった。



図3. テスターデータの表示



図4. テスター測定時の様子



図5. タブレットによる音の測定

これらの開発と並行して、運動を測定する教材、音を測定する教材についても検討した。特に、音については、二つの音源からの音の干渉の様子をタブレットの携帯性を利用して測定することを検討した (図5)。AR ツールによる測定位置の決定誤差や、音の反射による影響などがあり、未だ活用できるほどの教材にはできていないが、検討を続ける価値はあると思われる。

アプリケーション開発には、ゲームエンジンの Unity を利用するのが有利であるため、テスターのデータ表示のアプリケーションは Unity 上で C# 言語を用いて開発した。これに先立ち、Unity の開発環境を確認するため、電気回路実験シミュレータ教材を開発した。Flash 上で開発していた中等教育用電気回路シミュレータ教材を移植し、初等教育用に電池と豆電球の電気回路実験をシミュレートできるようにして、電池と豆電球の直列接続・並列接続など、任意の回路における電流値を計算して豆電球の明るさや配線ごとの電流の向きや強さを示すことが可能にした (図6)。実際に、小学校で児童に試用させて評価したところ、回路の様子を視覚的に表せ、実際に操作できることから、確かに児童の興味・関心・意欲を引き出すことができ、表現を工夫すればこちらの意図するところが伝わることは明らかになったが、この教材のみを使用した授業を行っても電流の性質に関する課題を解決することはできず、教材を効果的に活用するためには、実際の器具を使う実験と組み合わせるなど授業デザインが重要であることも分かった。



図6. 小学生の利用の様子

測定教材の開発については、テスターでは計測時間間隔が遅いものしか測定できないので、高速な計測も可能になるよう Bluetooth で接続できるワンチップマイコンを用いたシステムを検討した。ただ、それまで使用していたワンチップマイコンシステム Arduino では Bluetooth の技術基準適合認証を受けた適当なものがなく、mbed の BLE Nano を使うことにしたため、システム変更によって開発に時間がかかることとなり、完成には至らなかった。そのため、研究期間内に開発した教材を本格試行することはできなかった。

教育現場での評価に際して、教材を効果的に使うには、利用場面について十分配慮しなければならないことが分かったため、教材開発と並行して、教材を活用する授業法についても検討した。外国の例でも見られるように、アクティブ・ラーニングを用いた新しい教育法の中で利用するのがよいと思われたので、反転授業の中で実験を行ったり、相互作用型演習実験講義の中で用いたりすることを試みた。授業前に配ったプリントで予習させ、授業時には学び合いと課題演習・実験を実施するという、反転風授業を大学の講義で半年試みたところ、通常の講義と課題演習による授業と同等の知識の定着が見られ、概念理解度については事前に低かった者の向上が見られることが分かった。しかし、より有効な授業方法の確立までには至らなかった。探究的な実験活動も効果的であることを確かめたが、タブレットに特化したものではない。

本研究によって開発した教材は、初等・中等教育においてタブレット端末が使われる際に、単に見るだけの教材でなく、生徒の活動を伴わせる臨場感の高い有用な教具として利用されると考えられる。現在、教材をさらに扱いやすいものへと改良し、また、その活用のための教育方法を検討している段階である。今後も、タブレット端末が教育現場で使う教具として有用なものとなるよう研究を続けていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- ① 吉富健一, 網本貴一, 梅田貴士, 富川光, 「「水」を素材として理科の学習文脈—地球の成り立ちと水の循環—」, 学校教育実践学研究, 第 23 巻, 査読無, 2017, pp. 31-39
DOI:10.15027/42770
 - ② 古賀信吉, 磯崎哲夫, 松浦拓也, 木下博義, 三好美織, 蔦岡孝則, 梅田貴士, 網本貴一, 竹下俊治, 富川光, 山崎博史, 吉富健一, 井上正之, 山田秀人, 「探究的な学習活動を機軸とした中等理科教育の展開」, 学校教育実践学研究, 第 23 巻, 査読無, 2017, pp. 19-26
DOI:10.15027/42768
 - ③ 前原俊信, 「大学における反転風授業の試み」, 物理教育, 第 64-2 巻, 査読無, 2016, pp. 130-133
DOI:10.20653/pesj.64.2_130
 - ④ 前原俊信, 「支部大会におけるジュニア・セッションについて」, 物理教育, 第 64-2 巻, 査読無, 2016, pp. 125-126
DOI:10.20653/pesj.64.2_125
 - ⑤ 山中慎吾, 木下博義, 前原俊信, 「高等学校化学における批判的思考態度の育成に関する研究—論証の枠組みに着目した指導を通して—」, 日本教育工学会論文誌, 第 39 巻, 査読有, 2015, pp. 13-19
DOI:10.15077/jjet.38117
- 〔学会発表〕(計 11 件)
- ① 石井裕基, 梅田貴士, 「高等学校物理[横波と縦波]における反転授業の実践」, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 2017 年 3 月 20 日, 大阪大学(大阪府豊中市)
 - ② 梅田貴士, 岩佐和樹, 「大学初年度における相互作用型演習実験講義(ILDs)の試み」, 第 33 回物理教育研究大会, 2016 年 8 月 6 日, 新潟大学(新潟県新潟市)
 - ③ 奥野緑, 前原俊信, 梅田貴士, 「コンデンサの充・放電回路におけるジュール熱の測定教材の改良」, 日本理科教育学会第 64 回中国支部大会, 2015 年 12 月 12 日, 広島大学(広島県東広島市)
 - ④ 定松澄, 梅田貴士, 前原俊信, 「電気回路シミュレータと連動した電子ブロック教材の開発」, 2015 年度日本物理教育学会年会第 32 回物理教育研究大会, 2015 年 8 月 8 日-9 日, 九州大学(福岡県福岡市)
 - ⑤ 弘中祥太, 梅田貴士, 前原俊信, 「タブレットを用いた音の実験教材の開発」, 2015 年度日本物理教育学会年会第 32 回物理教育研究大会, 2015 年 8 月 8 日-9 日, 九州大学(福岡県福岡市)
 - ⑥ 石井裕基, 梅田貴士, 前原俊信, 「遅い縦波の実験教材の開発」, 日本理科教育学会第 65 回全国大会, 2015 年 8 月 1 日-2 日, 京都教育大学(京都府京都市)
 - ⑦ 中山寛章, 梅田貴士, 前原俊信, 「タブレットを用いた物理測定教材システムの開発」, 2015 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2015 年 8 月 1 日, 徳島大学(徳島県徳島市)
 - ⑧ 小島史子, 前原俊信, 「小学校における電流の性質を理解させるための教材開発」, 平成 26 年度日本理科教育学会中国支部大会, 2014 年 12 月 6 日, 山口大学(山口県山口市)
 - ⑨ 弘中祥太, 梅田貴士, 前原俊信, 「タブレットを用いた音の干渉の実験教材」, 応用物理学会第 25 回物理教育に関するシンポジウム, 2014 年 11 月 22 日, 広島国際大学(広島県呉市)
 - ⑩ 中山寛章, 上村公己, 梅田貴士, 前原俊信, 「タブレットと拡張現実を用いた磁場測定教材」, 日本理科教育学会第 64 回全

国大会, 2014年8月24日, 愛媛大学 (愛媛県松山市)

- ⑩ 定松澄, 弘中祥太, 梅田貴士, 前原俊信, 「センサを用いた直線運動に関する測定教材の開発」, 日本物理教育学会年会第31回物理教育研究大会, 2014年8月12日, 電気通信大学 (東京都調布市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前原 俊信 (MAEHARA, Toshinobu)

広島工業大学・環境学部・教授

研究者番号: 50190319

(2) 研究分担者

梅田 貴士 (UMEDA, Takashi)

広島大学・大学院教育学研究科・准教授

研究者番号: 40451679