

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 8 月 23 日現在

機関番号：34503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02878

研究課題名(和文) Interactive AR(拡張現実)教育システムの開発

研究課題名(英文) Development of Interactive AR (Augmented Reality) Education System

研究代表者

小無 啓司 (Konashi, Hiroshi)

大手前大学・現代社会学部・非常勤講師

研究者番号：20161953

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：大学初年次の力学の新しい教科書を作成した。この教科書では、力学の理解を深めるため、自然現象をイメージ化した3DCGはどの端末でも視聴でき、AR(拡張現実)アプリはAndroid、iPhone両端末で携帯端末に呼び出せるようにしてある。

この教科書を用いて講義し毎回テストを実施した。理解度をテストの統計解析により評価した結果、これら動画教材の充実に伴い理解度が毎年向上していることが確認された。このように3DCGやARを活用すると、物理教育の分野での理解度を向上させ学習力の不足をカバーできる。今後VR(仮想現実)やMR(複合現実)を呼び出せる教科書に進化させると、さらなる向上が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

力学現象に関して、受講学生の「現象 イメージ 理論的扱い」の思考の流れを繋ぐため、ARや3DCGなどの教育支援教材の作成を行い、その有効性を確認した。本研究では物理学の力学分野での試みであったが、電磁気学などのよりイメージが難しい分野、さらに物理学に留まらず工学等の分野での応用が期待できる。

工学系教育の中では、例えば「工学の理論と製造現場のイメージを繋ぐ」などの広範な応用も期待でき、理工系人材育成の社会的要請を支える教育方法の開発としての意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We made a new textbook for first year university course on classical mechanics. The textbook contains 14 3D videos that visualize natural phenomena, and two AR(augmented reality) applications, one for Android devices and one for iPhone devices, that can be called up on mobile devices. Lectures were conducted using these applications, and tests were conducted each time to check the level of understanding.

Statistical analysis of the above tests showed that the level of understanding of the students improved every year. By using this lecture method, the inferior learning ability in physics can be improved by AR and 3D videos. If we can create a textbook that can invoke VR(virtual reality) and MR(mixed reality) in the future, we can expect a higher level of understanding.

研究分野：物理教育

キーワード：理科教育 拡張現実 AR 3D動画 特異スペクトル解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

理科離れが日本の教育界で指摘されてから既に 20 年以上が経過している。さまざまな学術機関の調査によると小学校、中学校、高等学校と進学するにつれこの傾向が顕著になっている。申請者が長年担当している大学の物理学の講義においても授業が進むにつれてついていけない学生が近年増えている。特に物理学などの積み上げ式の講義では、前の単元で理解の不十分な部分が次の単元で拡大し、ついには理解できなくなると言われている。それは次の単元で前の単元の応用が出てくるためである。従って、単元の終わりまでしっかりと単元の要点を理解させる手法が求められている。

2. 研究の目的

「物理学教育の分野での学習力の不足を AR によってカバー出来るか」との問いに答えるために、次のような 3 段階に課題を分割した。

(1) 教科書の解説文に適合した動画を学生に視聴させることで学生に数式を自然現象としてイメージさせることができるか。数式を文章として読み、イメージとして体感させられるか。

(2) e-Learning コースウェアが学生の理解度に瞬時に対応するようにできるか。

(3) 近い将来、表情認証システムは学生の理解度を予測できるようになるか。言い換えると今までは教員が直観で感覚的に判断したものに AI がサポートできるようになるか。

本申請によって(1)(2)(3)のすべてが可能であることを示せば、物理学教育の分野での学習力の不足解消につなげることができる。

3. 研究の方法

(1) AR 教科書を作製(平成 30 年 - 平成 31 年)し実験として少人数でオープンソースのコースウェア Moodle を用いて教材の提示や理解度確認試験を実施する。

なお教科書は以下の研究成果で述べるようにして作成した。

(2) 大人数(100 人規模)の講義で AR 教科書を使用して効果を実証する。なおコースウェアは大学の設置した Blackboard で実施する。

2020 年度は COVID-19 のためすべてを遠隔講義での実証研究とせざるを得なかった。表情認証は以下で述べるように Web 会議 Tool の機能制限のため精度が不足し実験室段階での実証にとどまった。

4. 研究成果

(1) AR 教科書を作成した。

AR を用いるまでもなく、3DCG で理解度を上げることが可能である。そのためにまず以下の動画を作成し Youtube に掲載し教科書に QR コードを埋め込んだ。講義のときには携帯端末で視聴させ理解度を向上させた。これによって理解度が 1 段階向上した。

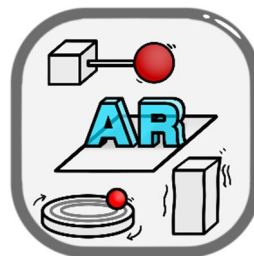
No.	名称	YouTubeCode	
1	ボールに乗って見た自由落下	https://youtu.be/OtCpsrwMlfl	空気抵抗を 0 とした,自由落下を落下の視点で観測した CG。
2	地面から見た自由落下	https://youtu.be/iDcL1xMb2Fg	空気抵抗を 0 とした,自由落下を地表から観測した CG。
3	ビルの共鳴震動	https://youtu.be/6V4UH4psE0w	地震の振動数がビルの共鳴振動数になったときの倒壊の様子。少々動きが円滑ではなかったので(No.6 で改訂した)
4	ボールに乗って見た空気抵抗を受ける落下	https://youtu.be/9ajf4019k0l	速度に比例する空気抵抗を受け,地面との反発係数 0.5 の落下を落下の視点で観測した CG。
5	地面から見た空気抵抗を受ける落下	https://youtu.be/Du3E3j2DK8	速度に比例する空気抵抗を受け,地面との反発係数 0.5 の落下を地表から観測した CG。
6	ビルの共鳴震動_改	https://youtu.be/qw3wu_Y7qyc	強制振動で共鳴をおこしビルが倒壊する CG。
7	バネの強制振動_共鳴	https://youtu.be/aYV0H042PNA	バネの強制振動で共鳴が起きる様子の CG。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

8	北緯 45 度、 1000m からの 自由落下の コリオリ力	https://youtu.be/sb9RXU9I9So	効果を強調するために、縦横の座標軸の比率を 1:200 にした CG。
9	北緯 45 度、 1000m からの 自由落下の コリオリ力	https://youtu.be/4li0qwmBxNM	コリオリ力で落下経路が曲がっていく様子の CG。 曲がり方を強調するために、縦横比率 1:50 にした。
10	赤道上空 1000m からの 自由落下の コリオリ力	https://youtu.be/qWmrSwwPHc0	赤道上 1000m から質点を自由落下させたときのコリオリ力の効果の CG。 効果を強調するために、縦横の座標軸の比率を 1:200 にした。
11	赤道上空 1000m からの 自由落下の コリオリ力	https://youtu.be/K_FiQvhkBuQ	コリオリ力で落下経路が曲がっていく様子の CG。 曲がり方を強調するために、縦横比率 1:50 にした。
12	2 次元コリオリ力 1 周	https://youtu.be/JV6S_V5R2iE	回転盤の上でボールを転がすと。見ている人によってボールの転がり方が違って見える CG。 回転 1 周で終了。
13	1 次元並進運動座標系	https://youtu.be/MdeC7ilZ1i8	地表近くで質量 m の林檎が抵抗を受けず自由落下している。それを地面に対し静止している観測者 s と、林檎の隣で林檎の落下の向きに移動している観測者 s' が見ている CG。
14	2 次元コリオリ力 2 周	https://youtu.be/LiKr4rHsKs	回転盤の上でボールを転がすと。見ている人によってボールの転がり方が違って見える CG。 回転 2 周で見る人により螺旋に見えることを強調した CG。

過去の経験では、以上の 3DCG を講義に用いると理解度が向上したが、それでも理解度がさほど上がらなかった項目に強制振動とコリオリ力がある。その部分の解説に AR 動画を作成し講義のときには携帯端末で視聴させ理解を向上させた。

まず以下の AR アプリを Android OS 用と、iOS 用を作成し GooglePlay と AppStore に登録した。



このアプリを用いて以下の画像マーカーに携帯端末をかざせば、教科書の上に 3D の AR 動画が浮かび上がるようにした。

AR の特性として携帯端末を傾けたりすることで、いろいろな角度から現象を観測できる。これにより現象のイメージを捉えることが容易になり、理解度が向上した。

受講生が毎年 100 人規模なので、統計的な検証ができる。

大標本で 2 クラスのつの母集団で平均値が等しいことを帰無仮説とし、有意水準 5% の片側検定を行った。AR 画像の視聴を行った年度では、そうでない年度と比較して成績が有意に向上し

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

ていることが確認できた。

AR 動画は 2019 年 2020 年と学生のアンケートによる意見を参考にして改善している。それにより毎年成績がさらに向上している。



この AR 教科書は以下の[その他]に記載した、大阪大学の CLE 授業支援システム 教材 Folder に Up Load してある。

(2) コースウェアは Moodle という Open Source のシステムを導入した。Moodle では択一式問題だけでなく記述式解答にも対応できるので、小テストの採点までは簡単に対応できる。さらに使用は携帯端末で使用可能なので特別な機器はいらないのが長所である。

ただし、少人数の胃実験室では使用可能であったが、遠隔授業の多人数講義では通信環境が対応できなかった。

(3) 表情認証システム

表情動画と感情認識を対応させた。感情認識を数値化し理解度と対応させるため、個別学生の画像から AI で理解度を捉えることに関して、予備実験を行った。理解度が高まった瞬間を捉えることができ活性化関数での記述を試みている。今までの解析で顔全体の表情が 4K 精細映像でとれている場合のみ感情の急激な変化を発見することができた。現段階では AI でよく用いられている次のような関数 (ReLU (Rectified Linear Unit) や Sigmoid function) ではこの変化の様子は表現できないことが分かり、新たな関数を探さなくてはならないことがわかった。しかし対象学生が少ない場合はデータの誤差が大きい。そのうえ被写体の目の表情がカメラでうまく撮影できないときは表情の数値化が難しく大量の判断不能画像が発生することとなった。このことから、今までの方法ではかなりの高速通信回線で多くのデータを収集しそこからわずかの表情の変化を捉えた認証データを取り出す必要があることがわかった。

2020 年度は COVID-19 禍により、すべてが遠隔講義となったので大学推奨の会議用のアプリ Zoom を用いた実証実験とせざるを得なかった。Zoom の画像解像度制限に加え受講生の公平性を保つために低転送速度の受講生にコマ落ちしない video 画像を用いる必要があった。そのため顔認証 (誰か) はできるが表情認証 (理解度) はできないことが分かった。今後、イントラネットなどの高速回線が利用できるようになれば、実際の対面講義での試行を再開できる。実際の教育に用いるためには上で述べたように表情を目の動きと併せて撮影できるように会議用アプリを改善しなくてはならないなどが明らかになり、将来の実証実験研究への土台を作ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kume Kenji, Nose-Togawa Naoko	4. 巻 10
2. 論文標題 An Adaptive Orthogonal SSA Decomposition Algorithm for a Time Series	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Data Science and Adaptive Analysis	6. 最初と最後の頁 1850002 ~ 1850002
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1142/S2424922X1850002X	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小無 啓司, 久米 健次
2. 発表標題 強制振動の共鳴現象を理解させるためのAR動画の効果
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小無啓司, 久米健次
2. 発表標題 相対運動とコリオリ力を理解させるための動画の効果
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小無啓司, 久米健次
2. 発表標題 相対運動とコリオリ力を理解させるためのAR動画の効果
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小無啓司
2. 発表標題 コロナ禍における各大学等の遠隔教育の取り組み
3. 学会等名 日本ビジネス実務学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>ホームページ等 (1) Youtube 講義動画 https://studio.youtube.com/channel/UCVoap-A6RozcHoCmR-d-qMA/videos/upload?filter=%5B%5D&sort (2) 大阪大学 CLE授業支援システム 教材Folder https://www.cle.osaka-u.ac.jp/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content_id=_982810_1&course_id=_136674_1 (3) 物理学AR 力学 https://play.google.com/store/search?q=%E7%89%A9%E7%90%86%E5%AD%A6AR&c=apps (4) 物理学AR 力学 https://www.apple.com/jp/app-store/</p> <p>(備考)は受講生に公開している。本研究で作成したAR教科書を(2)で学生に配布し、教科書内のQRコードで指定された3DCGは(1)のYOUTUBEにリンクしPCや携帯端末に表示される。 教科書内のマーカーを読み取るARアプリは(3)のGooglePlayか(4)のAppstoreから携帯端末にダウンロードする。</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	久米 健次 (KUME Kenji) (10107344)	奈良女子大学・その他部局等・名誉教授 (14602)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------