

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K02870

研究課題名（和文）モバイルVR環境での数学及び理科教材の開発とその評価

研究課題名（英文）Implementation and evaluation of mathematics and scientific teaching material using mobile virtual reality

研究代表者

大西 建輔 (Onishi, Kensuke)

東海大学・理学部・准教授

研究者番号：00303024

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の成果として、VR教材アプリを2種類公開した。一つは斜方投射を体感できる高校生向けアプリであり、もう一つは音声入力を用いて2変数関数を描画できるアプリである。前者のアプリを評価した論文では、中等教育でのVRアプリを用いる際のフレームワークを提案し、高等学校での評価実験により、その有用性を示した。後者のアプリに関する論文は2編ある。一つはヘッドマウントディスプレイ向けのアプリを、もう一つはAndroid携帯向けアプリを評価したものである。両アプリ共、音声入力により数式を入力し、2変数関数を描画する。音声入力に対する評価はいずれの場合もよくなく、今後も研究を続けていく必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を始めた2018年時点では、VRアプリもまだ少なく、特に学校教育での導入を考えたアプリはほとんどなかった。

我々は、中等教育でも導入が可能となるフレームワークを考案した。そのフレームワークで利用可能なAndroid携帯向けVRアプリを開発し、評価実験をおこなった。これにより、VRアプリを用いることで、中等学校の生徒の興味を引き出すことができることがわかった。特に、2021年に作成した2変数関数の描画アプリは、音声入力や視線入力を用いたものである。これらの入力方法は、2022年に発表されたApple社のシステムにも採用されている手法であり、今後の開発にも活用できる入力手法となっている。

研究成果の概要（英文）：As a result of this research, two VR educational material applications have been released. One is an application that allows high school students to experience oblique projection, and the other is an application that allows students to draw two-variable functions with voice input. In the paper evaluating the former application, we proposed a framework for utilizing VR applications in secondary education and demonstrated its usefulness through an evaluation experiment at a high school.

There are two papers on the latter app. One evaluated an app for head-mounted displays, and the other evaluated an app for Android phones. Both apps use voice input to input mathematical expressions and draw two-variable functions. Both evaluations for voice input were not positive, and further research is needed.

研究分野：教育工学

キーワード：Virtual reality 理科教材 数学教材 音声入力 視線入力

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2016年にOculus RiftやHTC Viveといったヘッドマウントディスプレイ(以下ではHMD)が発売された。そのため2016年はVR元年と言われるようになった。その後、スマートフォンで利用することのできるVR、スマホVRとそれを作るためのSDKがGoogleやAppleから出され、アプリさえあればVRを手軽に扱えるようになった。

商業施設でのHMDを用いたアトラクションや研修のためのVRシステムなどが出てきたが、教育現場での活用は進んでいなかった。これは、HMDだけではVRシステムが動作せず、高性能パソコンが必須であることやVRアプリケーション導入の指針がなかったためであると考えられる。

### 2. 研究の目的

我々の研究目的は、中等・高等教育の現場に、ヴァーチャル・リアリティを導入し、生徒や学生に理系科目に興味を持ってもらうことである。特に、生徒が苦手とする数学や物理において、直感的に概念を修得してもらう、もしくは体感してもらうことで苦手意識を減らすことを目的としている。そのために、数学や物理のスマートフォン向けVR教材を作成する。また、モバイルVR環境での教育効果を計測する。

### 3. 研究の方法

本研究は、(1)入力方法の検討及び実装(2)数学及び理科教育の教材の開発(3)中学、高等学校及び大学の授業での評価の3段階からなる。

入力方法の検討は、中等教育の現場で利用できるよう音声での入力、もしくはデバイスを用いた方法のいずれかを念頭に置いている。どちらの手法の認識率がよいのか、適切に入力ができるのかなどを試験的に作成した教材を用い、検討をおこなった。

この結果を踏まえ、数学及び理科教材の開発をおこなった。開発した教材は、曲線、曲面に関するものと力学に関するものである。また、中学、高等学校の教員と議論をおこない、中等教育の現場でより必要とされている教材の開発を予定していたが、公開した教材はない。

### 4. 研究成果

(1)"VR空間での音声認識を利用した2変数関数描画システム WPlotの開発とその評価"(2018)では、ヘッドマウントディスプレイ HTC Vive上で、音声入力を用いた2変数関数をVR空間に描画するシステムの開発とその評価をおこなった。WPlotでは、音声認識にSpeech to text (IBM Watson)と数学用語のカスタム辞書を用いている。修正された認識結果を数式とし、VR空間で曲面として描画している。また、付属のコントローラを用いて、曲面を様々な方向や拡大/縮小をして、観察することができる。

WPlotを15名の学生に体験してもらい、アンケートによる評価実験をおこなった。アンケートは、4件法で音声入力のしやすさ、移動のしやすさ、グラフの大きさ、グラフの範囲の評価をおこなった。評価値の平均は、順に2.73, 3.31, 3.27, 3.07となった(4が高評価)。この結果から、移動のしやすさ、グラフの大きさ、グラフの範囲は概ねよいことがわかった。音声入力のしやすさは、改善が必要な結果となった。

(2)"Educational Practice Using Projectile Motion VR Application"(2020)は、斜方投射を題材としたAndroid携帯向けVR教材FlyBallを、高等学校での評価実験を用いて評価したものである。FlyBallでは、スマートフォンの音量ボタンを入力とし、投射速度を決定する。投射角度は、視線を上にあげることでスマートフォンの傾きから角度を計測し、音量ボタンを押すことで決定する。投射速度と角度を決めるとボールが投射される。ユーザの視点はこのボール上にあるため、ユーザは投射を体感できる。投射後は空間に、角度、距離、初速度、飛行時間、高さが表示される。また、投射を複数回おこなうこともでき、軌跡の比較もすることができる。さらに、高等学校での授業用学習指導案と配布資料を作成し、次のURLで公開している。

<https://sites.google.com/view/ss17thlab/graduated/flyball>

FlyBallの評価実験を高等学校でおこない、高校生120名のアンケートによる評価をおこなった。アンケートの項目として、アプリを楽しめたか、斜方投射に興味を持ったか、操作は簡単であったか、高さや距離は見やすかったかを4件法で評価をおこなった。評価値の平均値は、それぞれ3.72, 3.17, 3.56, 3.46となった(4が高評価)。同時に二者択一で次の質問をおこなった。本物だと感じたか、目や首が疲れたか、VR酔を感じたか、学習に適さないと感じたか。はいと答えた比率は、それぞれ52%, 31%, 19%, 4%であった。

これらの結果から、次のことがわかった。斜方投射VRアプリを使うことで、97%の生徒がアプリを楽しみ、81%の生徒が斜方投射に興味を持ったと答えている。よって、斜方投射アプリが学生の興味を引き出していることがわかる。また、操作に関しても、92%の生徒が簡単であったと回答している。本VRアプリは、ボタンと視線の上下(スマートフォンを傾ける)だけで扱えるため、初めてこのアプリを使う学生も簡単に扱うことができることがわかった。高さや距離の見や

すさは、86%が見やすいと答えた。残念ながら、14%が見づらいと答えているため、改善の余地もある。更に、二者択一の結果から、疲れを感じる生徒やVR酔を感じる学生もいるため、生徒の体調には留意しつつ使用することも必要である。

(3) "Development and Evaluation of VVRPlot, a Smart Phone Application for Drawing Two-Variable Functions in VR Space Using Speech Recognition" (2022)

VVRPlot for smartphone は、Androidスマートフォン向けの音声入力を用いた数式描画システムである。このシステムでは、数式を読み上げると、音声認識をおこない、数式の入力ができる。この数式がVR空間に描画されるシステムである。画面内のボタンを押すことで、曲面を様々な方向や拡大/縮小をして観察できる。認識の開始や描画を実行する際には、視線入力でボタンを押す。本システムは、2020年度に開発と評価をおこない、情報処理学会の全国大会において発表をおこなったが、いくつかの問題点が残っていた。しかし、コロナ禍により、問題点の修正と評価実験が遅れた。

2020年度末時点での問題点として、次の点があった (i)音声入力の難しさ (ii)移動の難しさ。改良版 VVRPlot では、(i)を改善するために、音声入力時にボタンが選択されているかどうかを色でわかるようにし、ユーザ向け説明書を作成した。(ii)を改善するために、画面の端にあったボタンを画面中央に集め、視線での入力を簡単にできるようにした。

これらの改善により、音声入力に対する評価の平均値は、2.42 から 2.24 へと下がり、移動のおこない易さは、2.25 から 3.35 へと上昇した。また、有用性に関する評価は、2.33 から 2.88 へと上昇している。これらのことから、改良版 VVRPlot は、移動しやすくなり、有用ではあるが、音声入力の点でまだ問題があるということがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Uekusa Shunya, Onishi Kensuke, Kitabayashi Teruyuki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Development and Evaluation of VVRPlot, a Smart Phone Application for Drawing Two-Variable Functions in VR Space Using Speech Recognition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 20th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICTKE55848.2022.9983467	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 -

1. 著者名 Mitsuki Fujii; Kensuke Onishi; Teruyuki Kitabayashi	4. 巻 18
2. 論文標題 Educational Practice Using Projectile Motion VR Application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 18th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICTKE50349.2020.9289906	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 -

1. 著者名 新井崇之, 大西建輔	4. 巻 2019
2. 論文標題 VR空間での音声認識を利用した2変数関数描画システム VVRPlotの開発とその評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会インタラクション 2019	6. 最初と最後の頁 867-870
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 植草 隼弥, 大西 建輔
2. 発表標題 VR空間での音声認識による 2変数関数描画スマートフォンアプリVVRPlotの開発とその評価
3. 学会等名 情報処理学会, 第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井美珠妃, 大西建輔
2. 発表標題 斜方投射VRアプリを用いた教育実践とその評価
3. 学会等名 情報処理学会, 研究報告コンピュータと教育 (CE)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西建輔
2. 発表標題 VRアプリで学ぶ物理学
3. 学会等名 ワイアレスジャパン 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井美珠妃, 大西建輔, 北林照幸, 藤城武彦, 高橋修司, 堀内翔
2. 発表標題 放物線を体感できるVR アプリの試作とその教材としての評価
3. 学会等名 FIT2018 (第17回情報科学技術フォーラム)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Wvrplot for smartphone  <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.0onisi.Wvrplot">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.0onisi.Wvrplot</a>          空気読め!  <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.DefaultCompany.ARButton">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.DefaultCompany.ARButton</a>          VRアプリ Fly Ball  <a href="https://sites.google.com/view/ss17thlab/graduated/flyball">https://sites.google.com/view/ss17thlab/graduated/flyball</a></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	北林 照幸  (Kitabayashi Teruyuki)  (40408000)	東海大学・理学部・教授    (32644)	

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