

# ARを用いた高等学校でのベクトル学習支援教材

I類(情報系) 成見研究室 学籍番号:1910173 金澤仁一郎

## 1 はじめに

ベクトルは高等学校の数学Cで扱う単元である[1]. それまでの単元とは異なって, 向きと大きさの二つを扱う概念であるため, 苦手意識を持つ生徒もおり, 具体物を用いることで理解を容易にするとされている. 近年, 新型コロナウイルスの流行を受け全国的にICT教育の環境が整備された. ICT授業ではARやVRで具体物をそこにあるかのように体験し学習に役立てる事ができ, 特にARは各人のスマートフォンによりVRよりも容易に利用することができる.

## 2 目的

本研究の目的はベクトルの中でも特に空間ベクトルについての学習をARで支援する教材を開発・評価し, ARを用いたベクトルの学習支援教材開発で重要な要因を示すことである.

## 3 既存事例・先行研究

3.1 数学の学習意欲を高めるARゲームブックの制作  
磯ら[2]はPC, Webカメラ, ARゲームブックの3つを利用した数学の学習支援教材を開発した. ゲームブックにARでヒントが合成され, 学習者の意欲を引き出すことに成功した. 本研究はスマートフォン・タブレットとマーカーのみで完結するシステムで学習支援教材を開発する.

3.2 ARを用いた空間認識能力向上のための学習方法  
秦ら[3]は子どもの空間認識能力を高めるためのARを用いた学習方法を提案した. 本研究はこれを高校数学の空間ベクトルに応用できるかを調査する.

### 3.3 ICTだけでなくアナログ要素を加えた実践

石谷[4]は空間ベクトルを指導する際にアナログ的要素を取り入れ3次元空間を学生が触れるようにすることでICTの更なる活用を図った. 本研究ではこのアナログ的要素をARで代替した試みを行う.

### 3.4 ARを用いた教育に関するメタ分析

Hsin-Yら[5]が2011年から2021年までの10年間に行われたARを教育に用いる134件の研究のメタ分析を行ったところ, 3次元可視化は必ずしも学習に良

い影響を与えるわけではないことが分かった. 本研究では空間ベクトルのARによる3次元可視化が学習にどのような影響を与えるか調査する.

## 4 システム実装

### 4.1 システム概要

端末のカメラから得た現実世界の映像から, マーカーや平面を検出する(図1). マーカーが検出されれば設定されたスクリプトが呼び出され, マーカーの位置にコンテンツを合成して表示する(図2). 平面が検出されれば, 平面をタッチすることでその平面上にコンテンツを合成して表示する. 画面上の各種UIでコンテンツに対して操作を行うことができる.

### 4.2 4つのモード

実装した4つのモードを以下に列挙する.

- 3D-xyz: 3次元空間がマーカー上に表示され座標やベクトルを表示できるモード
- 3D-xyz(回転あり): 3D-xyzの3次元空間をスライダーで回転させる機能がついたモード
- 3D-xyz(マーカーレス): 3D-xyzと同様の事をマーカーレス型ARで行うモード
- アセット: 立体図形など特定の問題の内容に合わ

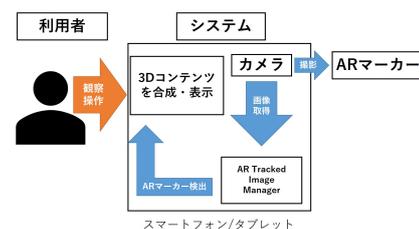


図1 システムの概要図

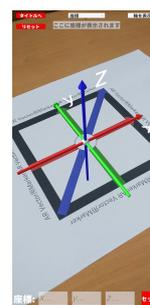


図2 アプリの画面

せて作られたコンテンツをマーカー上に表示するモード

## 5 評価

### 5.1 評価方法

次の3つの大問から成るテストを、3つ作成した。

問1 空間のある点と平面・軸・点について対称な点を答える問題

問2 向きと大きさの同じベクトルを選択する問題

問3 空間図形の二頂点間のベクトルを答える問題

アンケートを用意し、次の順序で行った。各テストでは回答時間と正答率を測定した。

1. アプリを用いずテスト(1回目)に回答してもらう
2. アプリを用いてテスト(2回目)に回答してもらう
3. アプリを用いずテスト(3回目)に回答してもらう
4. アンケートに回答してもらう

実験に使用したスマートフォンとタブレットの機種とそのバージョンを以下に示す。

- Google Pixel 3a(android バージョン 11, Google Play 開発者サービス AR バージョン 1.35.223110423)
- iPad Pro 11 インチ (第二世代, iOS バージョン 14.81)

### 5.2 予備実験

本学の2名を対象にスマートフォンで3D-xyzモードとアセットモードのみを使用して予備実験を行った。回答時間は2名ともテスト(2回目)が最も長くテスト(3回目)が最も短かった。正答率はテストごとに大きな変化はなかった。被験者からは「問題ごとにアプリの有効さが変化する」という感想が得られた。

### 5.3 本実験

本学の8名を対象に実験を行った。被験者には4つのモードのうちどのモードを使用するか、スマートフォンとタブレットのどちらを使うかを指示して実験を行った。回答時間と正答率の傾向は予備実験と同様であった。

### 5.4 アンケート結果

大問ごとにアプリがどれだけ有効に感じられたかを1(有効だと思わない)から5(有効だと思う)の5段階で評価してもらったところ図3のようになった。大問1, 3では利用者の空間のイメージを容易にし有効に働いたが、大問2ではベクトルの大きさだけ求めても答えが求まるため、アプリが有効に働かなかった。一方で、計算で求められるベクトルの大きさは異なり、ベ

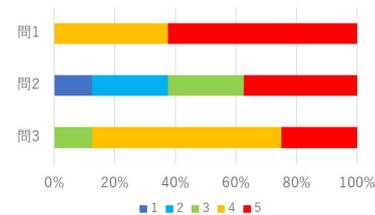


図3 本実験のアンケート結果

クトルの向きは観察によってイメージがしやすくなったという回答もあった。

マーカー型ARのモードはマーカーが検出できなくなるとコンテンツが消えるため、マーカー上のコンテンツを水平方向から観察できず使いにくいという回答が得られ、また、マーカーレス型はスマートフォンだと平面検出の精度が低く、タブレットだと精度が良いため、端末によって使用感が異なってしまふことが分かった。

## 6 まとめと今後の課題

### 6.1 まとめ

本研究ではARを用いた高校数学におけるベクトルの学習を支援する教材を開発し、実験を通してARの種類や機能、端末ごとの比較を行った。その結果、ベクトルの向きなど、計算では容易に求まらない要素の直感的なイメージを手助けする用途ではARが優れていると分かった。また、マーカー型は常にマーカーを認識しなければいけないために、観察できる位置や角度に制限が生じてしまう点や、マーカーレス型は平面検出が端末の性能に依存してしまう点の改善が必要であると分かった。

### 6.2 今後の課題

マーカー型の観察できる角度の限界は、回転機能をつけることで緩和が可能である一方で、画面がUIによって圧迫されてしまうという課題がある。マーカーを立体的にし、どの方向からでも読み取れるようにすることで改善できると考えられる。

## 参考文献

- [1] 文部科学省, “高等学校学習指導要領(平成三十年告示)解説 数学編 理数編,” [https://www.mext.go.jp/content/1407073\\_05\\_1\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/1407073_05_1_2.pdf) (2023/1/29 アクセス)
- [2] 磯康彦, 時井真紀, “数学の学習意欲を高めるARゲームブックの制作,” 情報処理学会 第76回全国大会講演論文集, pp.869 - 871, 2014
- [3] 秦野 真衣, 米澤 朋子, 吉井 直子, 高田 雅美, 城 和貴, “ARを用いた空間認識能力向上のための学習方法,” 研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS) 2012(33), pp.1-6, 2012
- [4] 石谷優行, “ICTだけでなくアナログ要素を加えた実践〜「現物」を加えることでICT活用の意味を鮮明に〜,” <https://www.ishitani.com/2014tottori-toujitsu.pdf> (2023/1/29 アクセス)
- [5] Hsin-Yi Changa, Theerapong Binalib, Jyh-Chong Lianga, Guo-Li Chioua, Kun-Hung Chengc, Silvia Wen-Yu Leed, Chin-Chung Tsaia, “Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact,” Computers & Education 191, 104641, 2014
- [6] Unity, “About AR Foundation,” <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@4.1/manual/index.html> (2023/1/29 アクセス)