

# 拡張現実を用いた数学学習支援システム～ベクトル～

野口 大公

## 1. はじめに

計算や公式を適用する問題などの形式的な処理は比較的容易に習得できる。しかし、数学的な考え方や概念、意味的理解には、操作的・体験的な学習活動を通して視覚的・経験的に指導を行うことが必要であり重要である。また、実際に実験器具を準備するのは煩雑である。そして、PC上などの画面上だけでのシミュレーションではリアリティに欠ける。近藤[1]は、拡張現実感を利用して仮想現実と現実環境を混合し、空間図形を見たい方向から見ることができ、自由に切断・合成できる教材を開発している。

本研究では数学の教育教材に焦点を置き、ベクトル図形描画シミュレーションを作成する。拡張現実を用いることにより、ベクトルの変化を視覚的に確認することで効果的な理解を可能にする。

## 2. システムの構成

本システムではヘッドマウントディスプレイとカメラ(図1)、ベクトル描画マーカー(図2)で構成されている。ベクトル描画マーカーは、原点マーカーと2つの終点マーカーA、B、内積表示用マーカーである。学習者はヘッドマウントディスプレイを装着し、原点マーカーと終点マーカーの間にひかれるベクトルを終点マーカーを操作してリアルタイムに変化させることができる。内積表示用マーカーは内積のスカラー量を立方体の大きさで表すマーカーとして用意した。マーカーの認識に ARToolKit[2]を用い、描画には OpenGL[3]を用いた。



図1 HMDとカメラ

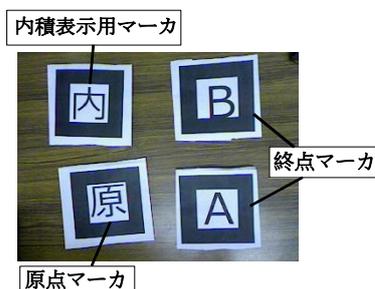


図2 ベクトル描画マーカー

## 3. システムの設計

このシステムには待機状態と、ベクトルの和、差、外積、内積の4種類の描画モードがある。待機状態は原点から2枚の終点マーカーにのびる2本のベクトルが描画された状態である。ベクトルの和ではz、差ではx、外積はc、内積はvを入力することでモードが切り替わる。最後に押したボタンと同じボタンを入力すると待機状態に戻ることができる。図3でボタンの状態推移図を示す。また、図4にシステム全体の処理の流れを示す。

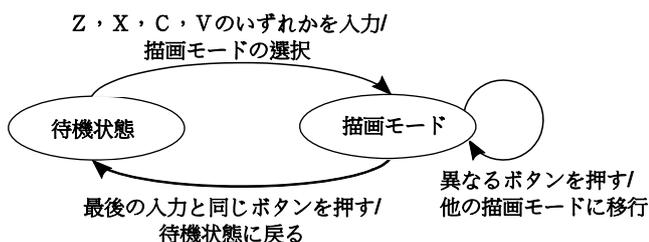


図3 ボタン操作による状態推移図

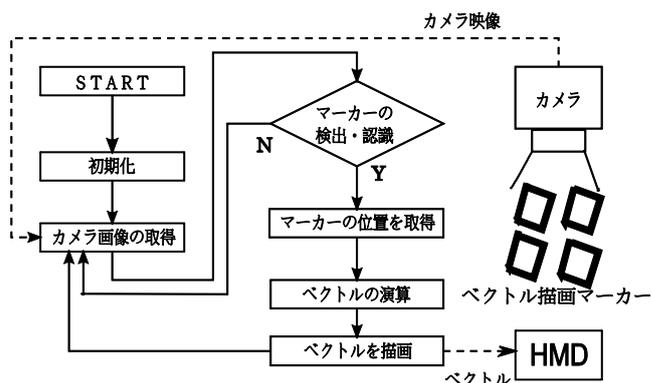


図4 処理の流れ

## 4. 実行例

図5は2本のベクトル(Aベクトル:赤色の線, Bベクトル:青色の線)から求められたベクトルの和が緑色の線で描画されている。マーカーをリアルタイムで追跡し、和を演算し描画することができる。ベクトルの和は、2本のベクトルの平行四辺形の対角線で表されており、2つの終点マーカーをどの位置においても、それを示すことで、それを視覚的に理解することができる。また、ベクトルの差、外積も同様に座標を求め、描画される。

図6の実行例では2本のベクトルより求められた内積を示している。原点マーカー、2枚の終点マーカーに加え、内積のスカラー量を表すマーカーを用意した。内積のスカラー量は立方体の大きさで表現している。この実行例を活かすことでベクトルのなす角が90度するとき内積は0であることを視覚的に確認することができる。

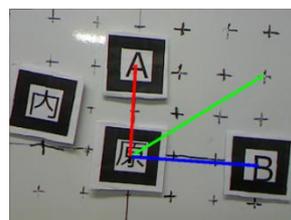


図5 ベクトルの和

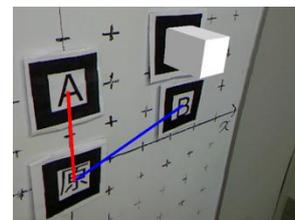


図6 ベクトルの内積

## 5. まとめ

本システムにより学習者は、ベクトルのグラフを立体的に捉えることができ、数学の公式を実際に体験することができる。今回は、ベクトルの描画のみを対象にした。今後はベクトルの座標も映像に表示できるようにして、もっと実用性を高くしていくことが課題である。

## 【参考文献】

- [1]近藤 智嗣, “複合現実感技術の教育応用”, 電子情報通信学会技術研究報告. EID, 電子ディスプレイ 106(338), pp. 45-50, 2006.
- [2]橋本 直, “3D キャラクターが現実世界に誕生! ARToolKit 拡張現実感プログラミング入門”, 株式会社アスキー・メディアワークス, 2008.
- [3]加藤清敬, 林武文, “OpenGLによる3次元CGプログラミング”, コロナ社, 2003.

【担当教員】 石原 真紀夫