

# ベクトル学習のための学習支援ロボットを使用した授業の提案

町田 康政

東京学芸大学大学院

m224203x@st.u-gakugei.ac.jp

今井 慎一

東京学芸大学

shimai@u-gakuegi.ac.jp

天良 和男

東京学芸大学

ktenra@u-gakugei.ac.jp

高等学校で学習するベクトルはこれまでのスカラーでの学習とは異なる新しい概念である。そのため概念形成の困難性が指摘されている。また、PISA 調査では数学への学びへの関心が低いことが指摘されている。一方、ロボットを使用した学習はSTEM教育や授業への参加意欲を向上させることなど現状の問題点を解決する一つの手段として報告されている。そこで、本研究では筆者が開発したベクトル学習支援ロボットを使用し、高等学校の生徒にベクトル概念の獲得できる授業を提案する。本授業を通して、ベクトルの知識の習得、学習意欲の向上を期待する。

## 1. はじめに

「ベクトル」は「大きさと向きを持つ量」であり、これまで生徒が学んでいた「大きさだけを表す量」とは異なる新たな概念である。そのためベクトルの概念形成について、様々な困難性が指摘されている。要因として、ベクトル学習では、黒板での抽象化レベルのみで学習が行われているため、概念形成が困難であることが考えられる。<sup>(1)</sup> また、ベクトルの相等についても無理解が指摘されており<sup>(1)</sup>、ベクトルそのものの概念を理解していないため起こり得ていることが考えられる。

ベクトルの学習において、ベクトルとスカラーの違いや和・差、成分、内積・外積などつまづく点がいくつかある。和については同じ方向を向いているベクトル同士では単純な足し算や引き算ができるが、異なる方向を向いているベクトル同士の場合は単純な足し算や引き算では計算できない。ここで困難が生じる生徒が想定される。

学校においてロボットを使用することにより生徒に良い影響を与えることができることが指摘されている。ロボットを使用することで、STEM教育の一環として、科学、技術、工学、数学についての理解を深めることができること、ロボットは、これらの分野の複数の分野にまたがる技術的な応用に関連しているため、生徒たちは、より広範な知識を身につけることができる。<sup>(2)</sup> ロボットの使用が、生徒たちのモチベーションを高め、授業への参加意欲を増加させる。<sup>(2)</sup> など良い影響を与えることができることが指摘されている。

そのため本研究では筆者が提案した図1のようなベクトル学習支援ロボット<sup>(3)</sup>を使用し、生徒が数字での計算だけでなく、ベクトルの概念を獲得するための授業を提案することを目的とする。ロボットを使用することにより、ベクトルを黒板上での概念にとどめることなく、具体物を通しての学びができるため概念理解を高めることが期待で

きる。提案する授業を通して、ベクトルの概念の理解、ベクトルの和の知識の習得、学習意欲の向上の学習効果を期待する。

## 2. 教材の構成

### 2.1 ロボットの構成

本教材は、株式会社アーテックのアーテックロボとオムニホイールを用いて開発した。オムニホイールは任意の方向へ移動を可能にするタイヤである。アーテックロボは、ビジュアルプログラミング言語 Scratch をベースとした Studuino:bit ソフトウェアと、ワンボードマイコン Arduino 互換ボードである Studuino:bit、ロボット本体の部品であるアーテックブロックからなる。アーテックロボでは1台に異なる複数のプログラムを保存し、指定した番号のボタンでプログラムを呼び出すことができる。<sup>(4)</sup> 図1に本教材の外観を示す。これ以降、図1のロボットの上にある2つのタイヤを上タイヤ、ロボットの下部にある2つのタイヤを下タイヤと呼ぶ。図1において、タイヤの回転方向と速度を上タイヤ下のタイヤそれぞれ指定し、ロボットの動きの軌跡をベクトルの和として表現する。図2に示すようにタイヤを取り付ける上部の位置にサーボモータを使用することでタイヤを任意の位置に変更することができる。

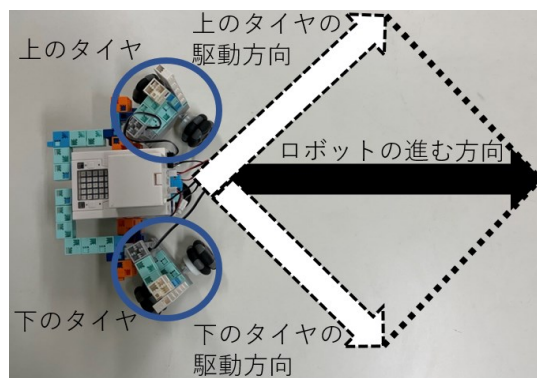
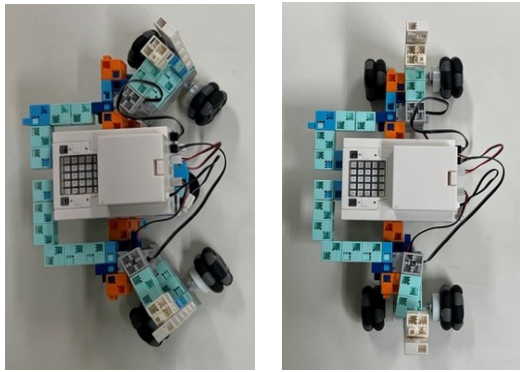


図1 開発するロボット

(a)ベクトルのなす角  $90^\circ$  (b)ベクトルのなす角  $180^\circ$ 

### 図2 タイヤの駆動方向を変えたロボット

これによりベクトルの学習において様々な駆動方向でのベクトルの方向を確認できる。また、上のタイヤの駆動後、下のタイヤを駆動させることでベクトルの分解を表現できる。さらにロボットでは上のタイヤのみ、下のタイヤのみを駆動したときのモータの回転数と上のタイヤと下のタイヤを同時に駆動したときのモータの回転数が異なる。これは摩擦による影響が考えられるが、生徒になぜモータは異なった回転数になり同じ回転数で予想通りに進まないのかを考察させることでさらなる学習を期待できる。

## 2.2 授業の構成

授業の構成については表1の流れで授業を行う。ロボットは導入時ではどのようにロボットが動き、どのベクトルが表現されているのかを生徒と教員と一緒に確認を行う。展開では2方向について、まずは進む大きさが同じの場合のときを教員が指定し、生徒が動きを予想し、ロボットを動かして観察し確認する。左右のタイヤの進む大きさが違った時の動き方についても同じような流れで行う。まとめとしてベクトルの和が平行移動させ考えることができることを理解させる。また、ベクトルの和では交換法則や結合法則、逆ベクトル、零ベクトル、ベクトルの実数倍についての性質について学習できる。これをロボットの動きで再現し、生徒にベクトルの概念を持たせ授業を進める。生徒はロボットの軌跡を観察することでベクトルの概念を獲得することを想定している。ロボットを

表1 想定する授業

導入	ロボットの使い方の説明 1方向でのベクトルと和について 動きの確認とベクトルとの関係説明
展開	2方向のベクトルの和 左右同じ大きさでの予想・実践 左右違う大きさでの予想・実践
まとめ	ベクトルの和の確認

動かす際のプログラミングに関しては、あらかじめ用意したものをロボットにダウンロードさせ、生徒はロボット内の保存されているプログラミングの番号を変えるだけで表現できるようにする。この機能を利用することで、生徒がベクトル学習を意識した授業が展開できると考える。また、ベクトルの大きさや向きの違いによる和の概念を獲得するために生徒に様々な大きさと試行錯誤をさせることで、ベクトルの和にどのような法則があるのかに気づかせることができる。

## 2.3 学習の工夫

グループに1台ロボットを用意し実践を行う。生徒同士の対話を通した授業を展開することで、個人で考える時間もあるが、多くは他者とのかわり合いの中で学習が進めることができる。これにより初めて学ぶ内容に加えて、ロボットを使う慣れない学習方法でも生徒同士が協力し合うことで解決できると考える。また、ベクトルの相等性や大きさや向きの違いによる和のイメージを獲得するために、生徒に様々な大きさと試行錯誤をさせる。これによりベクトルの和にどのような法則があるのかに気づかせることができる。ロボットを使う際には、ロボットの軌跡を観察するだけでなく、ロボットの下に模造紙を敷くことで、ロボットの始めの位置、ロボットが移動した後の位置に印をつけ、印を直線で結ぶことにより、黒板上で示すベクトルの動きと関連させて授業を展開することができる。

## 3. まとめ

本研究では筆者が提案した学習支援ロボットの構成を発展させ、ロボットを使用した授業の提案を行った。今後は、実際に授業を行い本教材の有効性を検証することが課題である。

### 参考文献

- (1) 佐々木 文弥：高等学校数学 B「ベクトル」における概念形成過程に関する研究，上越数学教育研究，第34号，pp.39-48(2019)。
- (2) Lai Poh Emily Toh, Albert Causo, Pei-Wen Tzuo, I-Ming Chen and Song Huat Yeo: A Review on the Use of Robots in Education and Young Children, Educational Technology & Society, 19 (2), pp.148-163(2016)。
- (3) 町田 康政：高等学校数学ベクトルにおける学習支援ロボットの一提案，電気学会電子・情報・システム部門大会，2022，pp.168-170(2022)
- (4) アーテックロボ公式サイト <https://www.artec-co.jp/artecrobo2/ja/> (Accessed on May 23, 2023)