

自己評価報告書

平成23年5月16日現在

機関番号：53901

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20500767

研究課題名（和文）「ものづくり」事例から導入する線形代数の有意義学習の実践的研究

研究課題名（英文）Educational Practice on More Meaningful Teaching/Learning of Linear Algebra Starting from Real-Life Applications

研究代表者

西澤 一（NISHIZAWA HITOSHI）

豊田工業高等専門学校 電気・電子システム工学科・教授

研究者番号：40249800

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：ものづくり、線形代数、有意義学習、空間図形、ベクトル方程式

1. 研究計画の概要

本研究では、線形代数、特に空間図形のベクトル方程式の理解度が低迷している原因が、学習内容が現実事象から切り離された抽象的な記号処理に終始していることにあると考えた。このことが、学生に現実感を喪失させ、学習の表面化を助長していることに注目、工学系学生に身近な「ものづくり」の事例を出発点に、学生が現実感を持って学べる学習体系の構築をめざした。具体的には、空間図形のベクトル方程式を題材に、

- (1) 学生に身近な「ものづくり」の事例から抽出した応用例からの導入し、
- (2) 実体模型と3次元グラフィックスを用いたモデル化の方法を検討し、
- (3) 3次元グラフィックスを用いた仮想実験とWebシステムへの実装を行い、
- (4) ベクトル表現のしくみ理解に注力した授業を実践、
- (5) この教育体系による教育実践の効果を、科目試験成績と手書き答案で分析するだけでなく、授業終了10ヶ月後に行われる全国高専学習到達度試験（到達度試験）でも測定して、効果を検証、表面学習に流れやすい線形代数における有意義学習のモデルを構築することを目指した。

2. 研究の進捗状況

- (1) 「ものづくり」の事例として、観光都市（旧市街）における観光案内戦略、ロボカップ小型機部門におけるボールの挙動、対戦型ゲームにおけるキャラクターの特性値保持と変化の3つを考案し、学生の反応を調べた。若い世代の豊富なゲーム体験の影響と、インタラクティブ性の高さから、対戦型ゲームへの反応が最も高かったため、数式処理ソフト

Mathematica を用いて、この事例でのソフトウェア開発を行った。

- (2) 実体模型を用いたモデル化は、教室内で棒と板を用いて容易に実践できたため、2008年度の授業から導入した。また、3次元グラフィックスを用いたモデル化は、汎用ソフト（Cabri 3D）を用いると、操作法習得に時間がかかるため、同ソフトウェアを用いた専用コンテンツを制作、HP上で公開した。

- (3) 数式処理ソフト Mathematica により作成した3次元グラフィックスの仮想実験プログラムを開発した。しかし、Webシステムへの実装は高コストとなるため、見送り、仮想実験プログラムを校内LAN経由で学習者に配布することにした。

- (4) 2008年度から実体模型を用いたモデル化を授業に導入、(2)で制作したWebコンテンツによる3次元グラフィックスを用いたモデル化を2008年度から、(3)で作成したソフトウェアによる3次元グラフィックスを用いた仮想実験を2009年度から、低進歩学生向けの課外活動で導入した。また、(1)で作成した対戦型ゲームによる導入授業を2011年度に実施した。

- (5) 式変形の論理学習、紙と鉛筆を用いた演習を充実させた効果は、科目試験の成績は早期に向上していたが、到達度試験では効果がなかった。到達度試験成績が初めて有意に向上したのは、2009年度の教育実践が反映された2010年度である。特に、課外活動（インターフェイスを改良したWebコンテンツによる3次元グラフィックスを用いたモデル化と、新たに投入した3次元グラフィックスを用いた仮想実験）が、対象となった低進歩学生の理解度を深めた結果、授業終了後も記憶に残り、10ヶ月後の到達度試験にも効いたものと

考えている。

3. 現在までの達成度

(1) ②ものづくり事例の選定には、予想以上に試行錯誤と時間を要したが、選定した対戦型ゲームを用いた授業実践への学生の反応は良く、また平面とベクトルの内積の学習につながる題材を提供できた。工学系学生が親しみを持てる事例を学習の出発点にすることを、ほぼ実現できたと考える。

(2) ②作画ソフト Cabri 3D を用いた 3D グラフィックスのモデル化用コンテンツを作成し、学習者による試用後にインターフェイスを改良した「ぶにぶにベクトル」を HP 上で公開し、2009 年度に教育実践で試用できた。

(3) ②数式処理ソフト Mathematica により作成した 3D グラフィックスの仮想実験プログラムは、Web システムへの実装を（コスト面の制約から）断念したが、本校マルチメディア情報教育センター演習室の学生用 PC 更新（2011 年 4 月）後は、サーバー HDD の割当容量が拡大されたため、仮想実験プログラムの配布が容易になり、実践上は問題なく使用できている。

(4) ③学生が親しみを持てる「ものづくり」事例の選定に試行錯誤が必要で、最終的に選定した対戦型ゲームによる導入教育の実践が 2011 年 4 月にずれこんだ。その教育効果を到達度試験で確認できるのは、導入教育を受けた学生が 3 年次に進級する 2012 年度以降になる。

(5) ②2010 年度の到達度試験で、実体模型および 3D グラフィックスを用いたモデル化と仮想実験による体験をもとに、空間図形とベクトル方程式の関係を深く学び、紙と鉛筆を用いた演習で定着させる教育体系の効果、特に低進度学生の底上げ効果があることを確認できた。

4. 今後の研究の推進方策

対戦型ゲームによる導入教育を除く、本研究の教育体系に基づいた 2010 年度の教育実践の効果を、学生の記述式試験答案の内容から定性的に分析するとともに、2011 年度の到達度試験で再度測定し、定量的に検証する。定性分析では、学生の手書き答案における、図や文章記述等、数式以外の記述内容に注目する。

また、Web ベースの線形代数学学習システム(3D グラフィックスを用いたモデル化を行う「ぶにぶにベクトル」)の英語版を作成し、学会等で紹介することで、国内外からの利用者の声を集め、2012 年度以降の教育体系の改良に活用したい。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- 1) Nishizawa, H., Yamada, Y., Yoshioka, T., “Virtual Game for Deepening Students’ Conceptual Understanding of 3D Vector Operations”, Proc. International Conference Virtual and Augmented Reality in Education, pp.30-34 (2011), 査読有.
- 2) Nishizawa, H., Zraggen, B., Yoshioka, T., “A System of Helping Concept-Building in 3D Linear Algebra by Connecting Graphics, Symbolic, and Verbal Representations”, Proc. The Electronic J. of Mathematics and Technology, 4-2, pp.175-183 (2010), 査読有.
- 3) Nishizawa, H., Yoshioka, T., “A Proposal to Teach 3D Vector Operations in a Role-Playing Game”, Proc. 13th Asian Technology Conference in Mathematics, pp.364-369 (2008), 査読有.

[学会発表] (計 5 件)

- 1) Yamada, Y., “The Tournament: Virtual Game Using 3D Vectors”, International Conference “Virtual and Augmented Reality in Education”, 2011 年 3 月 18 日, Vidzeme University of Applied Sciences, Latvia.
- 2) Nishizawa, H., “MATHEMATICA module Showing Dynamic Link of 3D Graphic Objects and Vector Equations”, 15th Asian Technology Conference in Mathematics, 2010 年 12 月 19 日, University of Malaya, Malaysia.
- 3) Asano, T., “Cabri 3D Module to Visualize the Construction of 3D Vector Equation”, 14th Asian Technology Conference in Mathematics, 2009 年 12 月 19 日, Beijing Normal University, China.
- 4) Kishi, N., “Software Module Showing Dynamic Link of 3D Graphic Objects and Vector Equations” 14th Asian Technology Conference in Mathematics, 2009 年 12 月 19 日, Beijing Normal University, China.
- 5) Yamada, Y., “Constructing a Game for Introducing 3D Vector Operations 14th Asian Technology Conference in Mathematics, 2009 年 12 月 19 日, Beijing Normal University, China.

[その他]

線形代数学学習システム「ぶにぶにベクトル」
HP (<http://orchard.ee.toyota-ct.ac.jp/>)