

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350213

研究課題名(和文) 大学初年次数物系科学教育プログラム構築とクラウドコンピューティングコンテンツ開発

研究課題名(英文) Building Educational Programs on University Physics and Mathematics and Producing Cloud Contents

研究代表者

田中 忠芳 (TANAKA, Tadayoshi)

金沢工業大学・基礎教育部・准教授

研究者番号：30460413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：講義室で実施可能な物理実験を開発し、それらを初等中等教育段階の数学を包括した数物系科学教育プログラムとして再構築することにより、近年の学生の学びに対するレディネスの多様化に対応可能な大学初年次数物系科学教育プログラムを構築した。また、この教育プログラムにもとづいたクラウドコンテンツを制作し、汎用性の高い教育評価スキームも開発した。

研究成果の概要(英文)：We built educational programs on university physics and mathematics suitable various readiness to learn. And, we produced cloud contents based on these educational programs, developed a general-purpose scheme to evaluate educational activities, too.

研究分野：数物系科学教育

キーワード：科学教育 物理教育 初年次教育 教育コンテンツ

1. 研究開始当初の背景

初等中等教育段階において、物理的現象を扱った実験や観察が十分に実施されていない、論理的に段階を追って考察する力が十分に育成されていない等、わが国の初等中等教育段階における物理系教育の現状が危惧されるようになって久しい。近年、大学等の高等教育機関で初年次学生に開講されている物理系科目を当該学生が履修する際、当該学生の各高等教育機関入学までの数学および物理系科目の履修状況および習得度が、当該科目の履修に支障をきたしている事例が後を絶たない。このような、初等中等教育段階の必須事項の理解や定着が不十分なまま大学等に進学する学生の占有率が高くなる現状に直面し、高等教育のみならず初等中等教育のあり方があらためて問われ、現在、各方面でそれらの検証が行われ改善や改革が進められている。いわゆる「ゆとり教育」を経た学生が大学等に進学する今後10年間ほど、大学初年次における補習教育(リメディアル教育)が特に重要になる。大学初年次教育では、カリキュラムの限られた制約の中で、初等中等教育段階の算数・数学および物理系分野の内容までを効果的に扱い、学生個々の学びに対するレディネスを整備することが望まれる。とりわけ、大学入学直後の早期教育の重要性が指摘されている。

このようなわが国の高等教育における近年の状況を受け、研究代表者らは、科研費 基盤研究(C) 課題番号 21500886(平成21年度~平成23年度)において、初等中等教育段階で十分に実施されていない物理実験を積極的に取り入れ、実験実習と講義を組み合わせた物理系講義実験モジュール(表1)を構築した。また、同基盤研究において、大学教養程度の物理学までを網羅したDVD4枚からなる大学初年次学生用物理教材「リメディアルフィジックス」を、研究代表者らがすでに開発し運用してきているLMS「WebStudy」に組み込み、ハイブリッド学習を可能にした。なお、「リメディアルフィジックス」は、平成15年度、文部科学省大学共同利用機関メディア教育開発センターのメディア教材開発事業において、研究代表者らが企画・制作したメディア教材である。

2. 研究の目的

1) レディネスの多様化に対応可能な大学初年次数物系科学教育プログラムの構築: 近年の学生の学びに対するレディネスの多様化に対応可能な、大学初年次数物系科学教育プログラムを構築する。すなわち、新たに初等中等教育段階の数学的内容を効果的に教えることのできる手法を、すでに構築されている物理系講義実験モジュールに組み込み、同プログラムを再構成する。

2) 教育効果評価用設問群の整備と教育効果評価スキームの研究開発: 一般的な数物系科学教育の教育効果評価のための信頼性の

表1 物理系講義実験モジュール

数や量の表し方	数や量の表し方, 国際単位系(SI)
運動の記述	位置・速度・加速度, 等速直線運動, 等加速度運動, 重力加速度
力の記述	三角比, 力, 力の合成と分解, 力のつり合い, 作用と反作用
力のつり合い	作用線方向の力のつり合い, 静止摩擦力, 動摩擦力, 斜面上に静止する物体にはたらく力のつり合い, 斜面上を運動する物体にはたらく力のつり合い
運動の法則	力と加速度, 質量と加速度, 慣性質量と重力質量, Newtonの運動の3法則(慣性の法則, 運動の法則, 作用反作用の法則)
力積と運動量	衝突における作用・反作用, 力積と運動量, 運動量保存の法則, 反発係数(跳ね返り係数)
仕事とエネルギー	仕事, 仕事率, 力学的エネルギーとエネルギー原理, 重力による位置エネルギーと運動エネルギー, 保存力と力学的エネルギー保存の法則, 摩擦がする仕事, 仕事と熱
静止流体の力学	圧力, 気体の圧力, 大気圧, 液体の圧力, 水圧, パスカルの原理, 浮力とアルキメデスの原理
運動流体の力学	完全流体, 定常流, ベルヌーイの法則, 粘性力, 粘性抵抗と慣性抵抗, 層流と乱流, 力学的相似則とレイノルズ数
熱と温度, 気体の法則	温度, 熱量, 熱の移動, 熱量の保存, 熱容量と比熱, ボイルの法則, シャルルの法則, ボイル・シャルルの法則, 理想気体の状態方程式
熱力学第1法則	熱の仕事当量, 熱力学第1法則, 気体の分子運動, 気体の内部エネルギー
気体の状態変化	気体の状態変化(等温変化, 断熱変化, 等圧変化, 定積変化), 熱力学第2法則
弾性体	弾性と塑性, フックの法則と弾性力による位置エネルギー, ひずみと応力, 弾性率
回転運動	三角関数, 等速円運動, 向心力と遠心力
質点系と剛体の力学	力のモーメント, 力のモーメントのつり合い, 剛体と質点系, 重心, 剛体のつり合い, 剛体の回転運動
単振動と正弦波	単振動, 復元力と単振動の周期, 単振動のエネルギー, 正弦波, 波の種類
波の性質	波の重ね合わせ, 定常波, うなり, ドップラー効果, 波の回折・反射・屈折
光波	光の速さ, 光の反射・屈折, 光の回折・干渉, 光の分散
電荷と電場・電位	電荷と電気量保存則, 静電誘導と誘電分極, 静電気力とクーロンの法則, 電場(電界), 電位と電位差
コンデンサー(キャパシター)	静電遮蔽と接地(アース), コンデンサー(キャパシター), コンデンサーの接続, コンデンサーに蓄えられるエネルギー(静電エネルギー)
電流回路	オームの法則とジュール熱, 直流通路(電気抵抗の接続, キルヒホッフの法則, 電池の内部抵抗, ホイーストブリッジ, コンデンサーを含む回路)
電流と磁場	磁場(磁界)・磁力線・磁化, 電流がつくる磁場, 電流が磁場から受ける力
ローレンツカと電磁誘導	ローレンツカ, 電磁誘導, 磁場中で生じる誘導起電力
交流電流	交流電流, インダクタンス
電磁波	電気振動と電磁波の発生, 電磁波の性質
原子の構造	真空放電, 陰極線の性質, 電子, 原子の構造, 同位体, 水素原子のスペクトルとエネルギー準位, 光電効果
原子核と素粒子	原子核反応, 原子核の結合エネルギー, 宇宙線, 素粒子と4つの力
放射線	粒子性と波動性の二重性, X線の発生, X線の回折, コンプトン効果, 放射線の性質, 放射性崩壊, 半減期

高い設問群を整備し、汎用性のある教育効果評価スキームを研究開発する。実践を通じた評価結果を研究開発に反映させる。

3) 大学初年次数物系科学教育プログラムのクラウドコンピューティング用コンテンツ化: 大学初年次数物系科学教育プログラムをクラウドコンテンツ化し、LMS上のハイブリッド学習も想定して実用化を目指す。

4) 予想される結果と意義: 講義と実験演習からなる物理系講義実験モジュールに、数学的内容を初等中等教育段階から相補的に補完することにより、学生の学びに対するレディネスの多様化への対応が可能になるだけでなく、初等中等教育段階からの数物系科学分野の社会人の学び直しに対しても、対応可能なプログラムになると期待される。また、教育効果評価のための設問群が整備され、汎用性のある教育効果評価スキームが研究開発されることにより、教育改善に資する成果の蓄積が期待される。さらに、同教育プログラムがクラウドコンテンツ化されることにより、昨今の多様な端末やそれを取り巻く環境を利活用した、新しい形

態の学びへの対応が可能になると期待される。

3. 研究の方法

- 1) レディネスの多様化に対応可能な大学初年次数物系科学教育プログラムの構築：新たに初等中等教育段階の数学的内容を効果的に学ぶことのできるスキームを、すでに構築されている物理系講義実験モジュールに補完的に組み込み、教育プログラムを再構築する。さらに、実践を通じて同プログラムの汎用性を向上させる。
- 2) 教育効果評価用設問群の整備と教育効果評価スキームの研究開発：一般的な数物系科学教育における教育効果評価のために信頼性の高い設問群を整備し、汎用性のある教育効果評価スキームを研究開発する。さらに、実践を通じた評価結果を研究開発に反映させる。
- 3) 大学初年次数物系科学教育プログラムのクラウドコンピューティング用コンテンツ化：今回の研究開発により再構築する大学初年次数物系科学教育プログラムをもとに、LMS 上でのハイブリッド学習も想定してクラウドコンテンツを開発し、その実用化を目指す。

4. 研究成果

- 1) レディネスの多様化に対応可能な大学初年次数物系科学教育プログラムの構築：近年の学生の学びに対するレディネスの多様化に対応可能な、大学初年次数物系科学教育プログラムを構築した。すなわち、新たに初等中等教育段階の数学的内容を効果的に学ぶことのできるスキームを、すでに構築されている物理系講義実験モジュールに組み込み、同プログラムを再構成した。再構築された同プログラムは、講義室での学生による一斉物理実験も実施可能であり、講義と実験演習からなる物理系講義実験モジュールに、数学的内容を初等中等教育段階から補完することにより、学生の学びに対するレディネスの多様化への対応が可能になった。さらに、初等中等教育段階からの数物系科学分野の社会人の学び直しに対しても、対応可能なプログラム構築が可能になった。
- 2) 教育効果評価用設問群の整備と教育効果評価スキームの研究開発：一般的な数物系科学教育の教育効果評価のための信頼性の高い設問群を整備し、汎用性のある教育効果評価スキームを研究開発した。すなわち、教育効果評価のための設問群を整備し、汎用性のある教育効果評価スキームを開発した。実践を通じた評価結果を研究開発に反映させた。
- 3) 大学初年次数物系科学教育プログラムのクラウドコンピューティング用コンテンツ化：LMS 上でのハイブリッド学習も想定して実用化を目指して大学初年次数物系科学

教育プログラムをクラウドコンテンツ化した。すなわち、今回再構築された物理系講義実験モジュールを用いて実施された教育プログラムをもとにクラウドコンテンツを制作して、YouTube で限定公開し、昨今の多様な端末やそれを取り巻く環境を活用した新しい形態の学びへの対応が可能になった。また、同コンテンツを用いた教育実践により、教育改善に資する多くの成果が蓄積された。

5. 主な発表論文等

(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2件)

1) Building a Program of University Physics and Mathematics Education : Tadayoshi TANAKA, Shigenori KAGIYAMA, Masatoshi NAMIKI, Arisato EJIRI, Kazunari OHSIMA et al., Proceedings of 12th Asia Pacific Conference JPS Conf. Proc. Volume1 (査読有) 017007 (2014)

2) 演習シートを用いた数理系科目の授業改善とその評価: 田中 忠芳, 杉本 浩, 青木 克比古, 工学教育 Vol.63 No.4 (査読有) 76-80 (2015)

[学会発表](計15件)

1) Building a Program of University Physics and Mathematics Education : Tadayoshi TANAKA, Akira NAKAMURA, Shigenori KAGIYAMA, Masatoshi NAMIKI, Arisato EJIRI, Kazunari OHSIMA et al., The 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12) Abstracts p.104, F-1-01 (2013)

2) 大学初年次数物系科学教育における授業改善の試み(演習シートを用いた授業改善): 田中 忠芳, 日本リメディアル教育学会 第9回全国大会発表予稿集 36-37 (2013)

3) 大学初年次数物系科学教育プログラム構築とクラウドコンピューティングコンテンツ開発 I : 田中 忠芳, 鍵山 茂徳, 並木 雅俊, 江尻 有郷(他4名), 日本物理学会講演概要集 第68巻 第2号 第2分冊 340 (2013)

4) 大学初年次数物系科学教育プログラム構築とクラウドコンピューティングコンテンツ開発 : 田中 忠芳, 鍵山 茂徳, 並木 雅俊, 江尻 有郷, 大島 和成(他3名), 日本物理学会講演概要集 第69巻 第1号 第2分冊 455 (2014)

5) 招待講演「教室でできる物理実験の開発とその活用」: 田中 忠芳, 第23回高等学校と大学との物理教育に関する連絡会、宮崎大学工学部大会議室(2014.7.5)

6) 大学初年級数物系科学教育における授業改善とその評価: 田中 忠芳, 日本リメディアル教育学会 第10回全国大会発表予稿集 62-63 (2014)

- 7) 演習シートを用いた数理系科目の授業改善とその評価：田中 忠芳、杉本 浩、青木 克比古、平成 26 年度工学教育研究講演会講演論文集 58-59 (2014)
- 8) 講義室でできる物理実験モジュールの開発：田中 忠芳、日本物理学会講演概要集 第 69 巻 第 2 号 第 2 分冊 239 (2014)
- 9) グローバル時代に対応した物理教育コンテンツの研究開発：並木 雅俊、田中 忠芳、鍵山 茂徳 (他 4 名)、日本物理学会講演概要集 第 70 巻 第 1 号 21aCK-1 (2015)
- 10) 大学初年次数物系科学教育プログラム構築とクラウドコンピューティングコンテンツ開発：田中 忠芳、鍵山 茂徳、並木 雅俊、江尻 有郷、大島 和成 (他 2 名)、日本物理学会講演概要集 第 70 巻 第 1 号 24pCK-4 (2015)
- 11) 大学初年級物理系科学教育における授業改善とその評価：田中 忠芳、平成 27 年度工学教育研究講演会講演論文集 458-459, 3C14 (2015)
- 12) 数物系科学教育プログラムおよびコンテンツの汎用性検証 (金沢工業大学「数理考房・物理プロジェクト」の活動を通じた Active Education の実践)：田中 忠芳 (他 24 名)、日本物理学会講演概要集 第 70 巻 第 2 号 19aAL-10 (2015)
- 13) 数物系科学分野における教育コンテンツ研究開発と教育プログラム構築 (初等中等教育から高等教育まで)：田中 忠芳、渡會 兼也、鍵山 茂徳、並木 雅俊 (他 3 名)、日本物理学会講演概要集 第 70 巻 第 2 号 19aAL-11 (2015)
- 14) 国際的汎用性のある数物系科学教育コンテンツの創出：田中 忠芳、渡會 兼也、発田 孝夫、荒木 敦子、鍵山 茂徳、並木 雅俊、佐藤 恵一、日本リメディアル教育学会九州・沖縄支部会 第 8 回支部大会 予稿集 16-17 (2015)
- 15) 数物系科学分野における教育支援プログラム構築と国際的汎用性のある数物系科学教育コンテンツの創出 (地域の活性化とその発信へ向けて)：田中 忠芳、渡會 兼也、鍵山 茂徳、並木 雅俊、発田 孝夫、荒木 敦子、佐藤 恵一、日本物理学会講演概要集 第 71 巻 第 1 号 19pBB-2 (2016)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 忠芳 (Tadayoshi TANAKA)
金沢工業大学・基礎教育部・准教授
研究者番号：30460413

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

鍵山 茂徳 (Shigenori KAGIYAMA)
鹿児島大学・学術情報基盤センター・名誉教授
研究者番号：80094134

並木 雅俊 (Masatoshi NAMIKI)
高千穂大学・人間科学部・教授
研究者番号：90150656

以上