

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00982

研究課題名(和文)サイエンスコミュニケーションを指向した歴史をたどる力学教育

研究課題名(英文)Mechanics Education by means of Tracing History for Science Communication

研究代表者

有光 隆(Arimitsu, Yutaka)

愛媛大学・理工学研究科(工学系)・准教授

研究者番号：20151186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：若年層の「理科離れ」の対策として力学に興味を持たせる教材の制作を行った。これはサイエンスコミュニケーションを指向して、人物に焦点をあてながら歴史をたどって力学の発展を解説するものである。「力学の歴史」と題したこの教材には、若年層が親しみを持って読めるようにイラストとコラムを挿入している。イラストは力学に直接関係する内容以外に研究者の肖像画や芸術作品などを含めた。これらのイラストは物理の内容に対する心理的障壁を下げる効果がある。意見・感想の最終的な集約は今後実施する予定であるが、現段階では「内容が面白い」との好意的な感想を多く得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

若年層の理科離れは先進国共通の現象であるが、(国際比較において)日本の場合は物理に対する興味・関心が著しく低い。この対策として体験型のイベントや実験により科学の面白さを伝える試みがなされている。しかし、参加者の興味は一過性になる傾向が強い。本研究は、より学校教育に近く、(授業で用いられる教科書とは異なり)科学史の観点でまとめられた副教材の作成である。

力学は古くから研究されてきたテーマであり、他の多くの学問分野と関連することから、これらの解説は複合的な知の創造につながる。従って、本研究の成果は一般の人に対するサイエンスコミュニケーションとしての利用も期待できる。

研究成果の概要(英文)：The authors develop an educational material for mechanics in order to prevent science phobia of younger people. This aims for the tool for science communication, in which we focus on researchers of mechanics and teach mechanics by profiling their history. The educational material, "History of Mechanics" contains illustrations and columns to have interest for the young. In order to reduce a psychological barrier to physical contents, illustrations includes portraits and works of art, in addition to explanatory drawings for mechanics. On organizing opinions and thoughts from students and high school teachers, we have got favorable answers such as interesting contents.

研究分野：工学教育

キーワード：科学史 サイエンスコミュニケーション 力学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 若年層のいわゆる「理科離れ」が進み、自然科学に対する関心が著しく低下している。この「理科離れ」のなかでも、「物理離れ」は他の教科に比べて特に顕著である⁽¹⁾。このような状況において、力学は物理学の中で最初に学習する分野であり、力学に興味を持たせることは「物理離れの対策」になり得る。一般的には演示実験や工作教室のような実験・実技を伴うイベントにより物理の面白さを若年層に伝える手法が「物理離れの対策」として採用されている。しかし、このような単発的なイベントは参加しているときには参加者の興味を引き付けることができるが、興味が長続きせず、学校教育に戻ると興味を失ってしまう傾向がある。そこで、学校教育で学習する内容に近く、また教科書とは異なる興味を持てるような補助的教材の必要性があると考えた。

(2) 力学の面白さには「理論体系の美しさ」と「多くの内容が互いに関連しあっていること」がある。このような面白さは「力学を歴史的に学習すること」により学習者自身により気づく可能性が高い。学校教育では力学は体系的に学習するため、力の概念を学習する最初の段階において日常生活ではほとんど使用されない単位「ニュートン」を用いて学習する。また、我々は地球上での生活しか経験がないため、「重力」と「質量」の違いを正しく理解し難い。人類はこのような概念を長い年月をかけて導入して力学として発展させてきた。この学校教育で省略されている過程を歴史的に学習することは初学者の学習に大いに役立つと考えた。

2. 研究の目的

力学の発展に貢献した人物を中心にして関連する力学の話題を歴史順に解説する教材作成を研究目的とした。できるだけ若年層が興味を持つような内容と分かり易い解説に努め、サイエンスコミュニケーションのツールとなることを目指した。この教材には以下のような特徴がある。

(1) 力学の学問体系を平易に概観する。学校教育での体系的な教授とは異なり、ある程度の基礎知識を想定して、それらを歴史的に振り返りながら自学できる教材とした。この過程で学習者は既習内容を別の視点から復習でき、力学の理解が深まる。

(2) 力学の成果が文明の発展にどのように貢献し、力学の考え方が思想と密接に関わってきたことを歴史的にたどる。学校教育においては、物理においても世界史においても科学史の視点からの紹介がほとんどない。力学の考え方は自然観・世界観に大きく影響を与えてきた。また、力学の成果は技術的な側面から文明の進歩に貢献してきた。これらを科学史の視点から歴史的な意味を学習者に伝える。

(3) 力学の発展に貢献した人々に着目しているため、彼らの人生について考える機会を提供する。取り上げる研究者は力学以外の自然科学や文化・芸術面に多くの業績を残している。また、彼らの生き方自体が若い世代の参考になる。作成する教材には伝記的要素を含むので、この特徴を生かして若い人の関心が自然科学に向くようにまとめる。

3. 研究の方法

本研究は力学の発展を歴史的にたどり、物理(力学)の面白さを若い世代に伝えるための教材を作成することにより、新しいアプローチによる物理学習の動機付けをしようとするものである。力学の発展に貢献した人物20名程に焦点を当て伝記的な要素を代入して、互いの関連性を示しながら力学の理論を解説する。これらの人物は力学以外にも哲学、数学、芸術、文学など多くの分野に貢献しており、彼らの人生を学ぶことは若い世代にとって参考になることが多い。このような「歴史をたどりながら科学を解説する」手法はサイエンスコミュニケーションの教材として利用できる可能性がある。以下の点を調査して、得られた知見を活かして教材の開発を行う。

(1) 中学・高校で使用されている全教科の教科書において、取り上げられている人物について調査する。

(2) 研究者の師弟関係において、研究がどのように継承・発展したかを調査する。また、直接の師弟関係がない研究者間で考え方や手法がどのように変化したのか変遷を調べる。

(3) 研究者の経歴・業績などについて参考文献を取集してまとめる。

4. 研究成果

「力学の歴史」と題する若年層向けの教材を以下のような2部構成で試供版として作成した。

力学の歴史[]の内容

第1章 はじめに

学問の進化, 歴史について, 力学の基礎, 数学の基礎

第2章 アリストテレス - 古代ギリシャ哲学と力学の始まり -

ソクラテス, プラトン, アリストテレス, 博物学, アリストテレスの残した言葉, アリストテレスの自然観, 参考文献

- 第3章 アルキメデス - アルキメデスの原理 -
 経歴, アルキメデスの業績, アルキメデスの原理, 比重, 問題, 参考文献
- 第4章 古代ギリシャからローマへ - 中世における力学の発展 -
 近接作用と遠隔作用, 自然現象の類似性と科学的根拠, 宗教と科学, 思想の変遷, 社会の変化, 参考文献
- 第5章 レオナルド・ダ・ビンチ - ルネッサンスの天才と力学の関わりあい -
 経歴, 芸術家としてのレオナルド, 自然科学者としてのレオナルド, 思考の道具, レオナルドの名言, 力のモーメント, 問題, 参考文献
- 第6章 ヨハネス・ケプラー - 天体の動きと力学 -
 経歴, 業績, 運動学と力学, 科学における How と Why について, 問題, 参考文献
- 第7章 ガリレオ・ガリレイ - 科学における実験の意味 -
 経歴, 宗教裁判, ガリレオのコンパス, 潮汐について, 機械論的自然観, ガリレオの自然科学に対する考え, ガリレオが残した言葉, ガリレオの思考実験, 自然科学における実験の意味, 問題
- 第8章 ブレーズ・パスカル - 圧力について考える -
 経歴, パンセ(瞑想録), パスカルに関するエピソード, 自然科学分野での業績, 圧力について, 圧力計, 圧力と形状, パスカルの原理, 問題, 参考文献
- 第9章 ロバート・フック - 材料の性質と力学(1) -
 経歴, 顕微鏡による細胞の発見, フックとニュートン, フックの研究姿勢, フックの法則とボイルの法則, 問題, 参考文献
- 付録3章 アルキメデスのらせんと円周率の計算
 付録6章 「ケプラーの法則」から「ニュートンの法則」の導出
 付録7章 円運動, 単振動と単振り子の運動

力学の歴史[2]の内容

- 第10章 アイザック・ニュートン - ニュートン力学 -
 第11章 ダニエル・ベルヌーイ - ベルヌーイの定理(流体力学) -
 第12章 レオンハルト・オイラー - 剛体の運動方程式 -
 第13章 ジャン・ル・ロン・ダランベール - ダランベールの原理 -
 第14章 ジェームス・ワット - 産業革命で何が変わったか -
 第15章 オーギュスタン＝ルイ・コーシー - 応力とは -
 第16章 トマス・ヤング - 材料の性質と力学(2) -
 第17章 ジェームス・プレスコット・ジュール - 熱力学 -
 第18章 ルートヴィッヒ・ボルツマン - 統計力学 -
 第19章 エルンスト・ヴァルトフリート・ヨーゼフ・ヴェンツェル・マッハ - ニュートン力学の再検討 -
 第20章 アルベルト・アインシュタイン - 相対論の始まり -
 第21章 おわりに
- 付録10章 ニュートン・コーツの公式
 付録11章 懸垂曲線
 付録12章 オイラーによる数学に関する業績
 付録15章 行列と応力
 付録16章 ひずみ
 章末問題の解答例と解説

教材の作成過程で以下のような成果を得た。

(1) 大学の一般学生が興味を示した点

力学の学習を必要としない大学生を対象に共通教育科目として講義を行ったところ、学生はある程度興味を示した。また、高校の世界史において政治史は生徒の興味を引き難いので、技術史・産業史のウエイトを高める方向でまとめた。以上のことを考慮すると歴史をたどる力学教育のようなアプローチは「物理離れの対策」として効果を期待できる。

(2) 高校生が興味を示した点

高等学校の発展的内容は高等学校の学習内容の復習となり、高校生が内容に興味を示した。高等学校で学習する内容を少し発展させたトピックス(大学レベルの内容)であっても高校生にも理解可能であった。この過程で既習内容の確認もできた。高校生がアンケートに回答している。ポピュラーサイエンスと考えれば解説が厳密性に欠けていたとしても、ストーリーの展開は高校生に伝わる。このような発展的内容は、オイラー(剛体の運動方程式、運動方程式の解法)、ベルヌーイ(流体力学におけるベルヌーイの定理)、ダランベール(ダランベールの原理、慣性系と非慣性系)、マッハ、アインシュタイン(相対論)などが挙げられる。

(3) 力学に関するクイズの効果

聴講者に力学に関するクイズを出し、その反応を調べた。サイエンスコミュニケーションに用いるクイズは、計算を要せず短時間で回答できるものに効果があった。また、聴講者にとって意外な正解となる（正答率の低い）問題の方が彼らの興味を引くと考えられる。聴講者の興味を引くようなクイズを出題することは、サイエンスコミュニケーションにおける1つの手法になると考えられ、教材の中に取り入れた。

(4) 科学コミュニケーションにおける共感・共有について

岸田⁽²⁾は科学コミュニケーションにおける共感・共有の重要性を指摘している。ここで、共感とは感情について、共有は規範・価値観に関する「こころのコミュニケーション」を意味している。また、価値観の共有は「同じ価値観を共有すること」ではなく、「価値観が伝わる、感じる、分かること」としている。通常の講義では「情報のコミュニケーション」が主題になる点に「こころのコミュニケーション」との違いがある。

授業の場合には「情報伝達」が主要な目的であり、「共感」については「話の掴み」として導入するのが一般的である。しかし、科学コミュニケーションの場合には、「こころのコミュニケーション」の重要性は格段に高くなる。その中で特に研究者の残した名言は短い表現ながら自然科学以外の分野にも視点が向けられている。したがって年齢層の高い聴衆に対しては有効と考えられる。歴史をたどる力学教育においては、人物の生涯、性格、言動などの個性が共感を呼びやすい。人物に焦点をあてて歴史をみることは科学コミュニケーションに有効と言える。

(5) 中・高校の教科書における物理学者の記述について

学校教育において物理、歴史、倫理社会、芸術、数学の教科書に記述されている研究者について調査した。教材で取り挙げる大多数の人物については高校卒業までに教科書中に人名の記載がある。しかし、それらは個別に学習するので、分野間の関連が付け難い。また、物理では力学を体系的に教えるため、考え方がどのように発展してきたかを理解し難い。歴史の教科書では人物とキーワードとの関係付けを知識として学習する傾向が強い。大学生へのアンケート調査によると、これらの断片的な知識が自分の頭の中でつながることが新しい発見と受け止めている。したがって、力学の発展について歴史をたどって（物理学者の人生を参照しながら）学習することは意義がある。

(6) 師弟関係による研究継承の整理

研究のヒントは他の研究者や書籍から受ける場合が多い。師弟関係は比較的長期に影響を受けるので、研究姿勢や発想方法など根源的な影響を受けると考えられる。学問の発展過程を示すときに、関係する研究者の人間関係を示すことは学習者の関心を高める。これは学習者自身が「他者から自分は何を学んできたか」、「他者にどのような影響を及ぼしているか」について考える機会を与えているからである。多くの研究者の師弟関係を整理すると複数の師匠の影響を受け、それぞれの考え方を融合させて新しい成果を挙げる場合が圧倒的に多い。新しい考えを生み出す1つの素地と考えられるので、作成した教材において紹介した。

(7) コラムとイラストを入れた教材の作成

「人類が力学を発展させてきた過程を歴史的にたどること」は、系統的な学習に比べて最初の障壁が比較的低い⁽³⁾。更に親しみやすいコラムやイラストを挿入すると若年層に受け入れられ易くなることがアンケート結果から分かる。

教材に挿入したコラムは自然観に止まらず、人生観・歴史観に関連するため若年層の知的好奇心を刺激し易い。また、イラストは視覚に訴えるため、印象に残り易い。特にサイエンスコミュニケーションを指向するためには、このような工夫が必要と考えられる。

<参考文献>

- (1) たとえば、高校生の勉強に関する調査 - 日本・アメリカ・中国・韓国の比較 - , 日本青少年研究所, 2010 .
- (2) 岸田一隆, 科学コミュニケーション 理科の<考え方>をひらく, 平凡社, 2011 .
- (3) 安孫子誠也, 歴史をたどる物理学, 東京教学社, 1981 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 有光 隆
2. 発表標題 サイエンスコミュニケーションを指向した「力学の歴史」 - コラムとイラストを入れた教材の作成 -
3. 学会等名 日本工学教育協会 第67回工学教育研究講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木 秀次
2. 発表標題 地域社会に密着した教育組織における工学教育について－課題探求型授業について－
3. 学会等名 日本工学教育協会 第67回工学教育研究講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有光 隆
2. 発表標題 若年層を対象とした「歴史をたどる力学教育」の構想
3. 学会等名 日本科学史学会 第23回科学史西日本研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有光 隆
2. 発表標題 サイエンスコミュニケーションを指向した力学の歴史 - 師弟関係による研究継承の整理 -
3. 学会等名 日本工学教育協会 第66回工学教育研究講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yutaka Arimitsu
2. 発表標題 On Sympathy and Shared Values in Science Communication
3. 学会等名 7th Asian Conference on Engineering Education (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有光 隆
2. 発表標題 「歴史をたどる力学教育」の構想 - 中・高校の教科書における物理学者の記述 -
3. 学会等名 日本工学教育協会 第65回工学教育研究講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 八木 秀次
2. 発表標題 地域社会に密着した教育組織における工学教育について - 学生の工学への意識付けとしての工場見学 -
3. 学会等名 日本工学教育協会 第65回工学教育研究講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 有光 隆
2. 発表標題 科学コミュニケーションにおける共感・共有について - 講義「力学の歴史」における「こころのコミュニケーション」 -
3. 学会等名 第64回工学教育研究講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 八木 秀次
2. 発表標題 地域社会に密着した教育組織における工学教育について - フィールドワーク科目の構成について -
3. 学会等名 第64回工学教育研究講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 有光 隆
2. 発表標題 科学コミュニケーションとしての力学のクイズについて - 講義「力学の歴史」におけるクイズの紹介 -
3. 学会等名 第63回工学教育研究講演会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yutaka ARIMITSU
2. 発表標題 Quizzes in Mechanics as Science Communication - Introduction of quizzes in the 'History of Mechanics' class -
3. 学会等名 5th Asian Conference on Engineering Education (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	八木 秀次 (Yagi Hidetsugu) (40036471)	愛媛大学・社会共創学部・教授 (16301)	