

令和元年6月18日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18618

研究課題名(和文) 物理教育におけるアクティブ・ラーニングの国際比較研究

研究課題名(英文) International Comparisons of Active Learning in Physics Education

研究代表者

吉永 契一郎 (YOSHINAGA, KEIICHIRO)

金沢大学・高等教育開発・支援系・教授

研究者番号：70313492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：アジアの有力大学物理学科への訪問調査から、物理学科では、伝統的なカリキュラムや教育方法に忠実で、アクティブ・ラーニングの導入は部分的に止まることが明らかになった。今日、物理教育は、二つの問題に直面している。一つ目は、意欲と能力の高い学生を確保するために、AO入試の役割が高まっていることである。もう一つは、STEM人材育成のための基礎科目として、他分野の学生を教育する必要性が高まっていることである。いずれについても、これまでのような教育と研究の両立は難しく、新たな教育組織、教育専任の教員によって、教育方法が模索されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今日、知識基盤社会を迎えて、高等教育は大きな変化を経験している。その変化のうちの一つが、専門主義の再検討である。これまで、多くの学問分野は、学生自身の高い意欲と自学自習を前提とした研究者養成を主眼にしており、入学選抜や他分野専攻の学生の教育に対しては、あまり関心を払ってこなかった。しかしながら、中等教育の易化に伴う入学者の水準低下やSTEM人材育成への要請は、従来の研究至上主義にとどまることを許さなくなっている。本研究は、最も専門主義が強固な学問の一つである物理学に着目し、教育方法・教員組織がどのような変化を経験しているかを明らかにするものである。

研究成果の概要(英文)： Site visits to major research universities in Asia revealed that physics departments value the traditional curriculum and teaching. The introduction of active learning in the discipline is limited to LMS, flipped classrooms, and some student projects. The departments still focus on the training of researchers.

Today, physics education faces two issues. One is the lowering academic standards of entrants. To cope with this, the physics departments are working on their own admissions and subject tests. The other is the rising need to teach physics to non-physics majors. In each case, the traditional ideal of the nexus between teaching and research is becoming difficult to maintain. For this reason, many universities set up physics teaching centers or hire faculty members whose main mission is teaching. Physics is an example of the traditional discipline which faces the reconsideration of its roles and responsibilities regarding teaching and admissions.

研究分野：高等教育研究

キーワード：物理教育 アクティブ・ラーニング 研究大学 汎用能力 STEM教育 教育改善 教育組織 エリート教育

## 1. 研究開始当初の背景

- (1)物理学は、カリキュラムが確立されており、到達水準も厳格で、エリート主義的な分野である。高等教育の大衆化、若者のSTEM離れや思考力低下が進む今日、物理学科は、かつてと同じレベルの学生を確保できているか。
- (2)現在、高等教育において、アクティブ・ラーニングが浸透しつつある。体系的な学問である物理学は、この教育方法をどのように考え、どのような実践が行われているか。
- (3)今日、知識基盤社会の台頭によって、大学教育においてもスキルや実践力に対する関心が高まっている。伝統的なカリキュラムを維持する物理学科では、どのような能力を育成し、どのような社会的評価を受けているか。
- (4)STEM人材育成への関心が高まるにつれて、分野を問わず基礎教育や科学リテラシーとしての物理学に対する需要も高まっている、物理学科は、この要望に対して、どのような対応をしているか。
- (5)アジア諸国におけるテスト重視の教育は、STEM分野においても、高い学力を生み出してきた。同時に、主体性や汎用能力の欠如も指摘され、多くの国では、大学入試改革が実施されている。物理学科は、近年の改革をどのように受け止めているか。

## 2. 研究の目的

本研究では、物理学に着目して、知識基盤社会における専門主義、教育体制がどのように変化しているかを明らかにするものである。それは、物理学について、これまでのように、意欲と能力の高い学生が入学し、教員は研究や研究者養成に専念するという前提が揺らいでいること、もう一つは、STEM人材育成の観点から、多様な背景の学生が、自然科学基礎や科学リテラシーとして、物理教育を必要としていることによる。

## 3. 研究の方法

### (1)有力大学物理学科への訪問調査

学科長を中心に、アクティブ・ラーニング・カリキュラム・汎用能力の育成・基礎教育の運営・物理学科への志願状況・入学者選抜・卒業後の進路について、インタビューを行う。

#### 訪問大学

2017年

南洋工科大学

シドニー大学

ニュー・サウス・ウェールズ大学

フリンダース大学

香港大学

香港科学技術大学

国立台湾大学

国立清華大学

2018年

浦項工科大学

KAIST

北京大学

清華大学

上海交通大学

### (2)国際シンポジウムの開催

2018年

2018 Transforming Undergraduate STEM Education (北海道大学)

2019年

2019 Transforming Undergraduate STEM Education (北海道大学)

### (3)学会での活動

大学教育学会課題研究「現代のリベラルアーツとしての理数工系科目(STEM)の開発と教育実践のために」(2017~2018)

WGメンバー：吉永契一郎・鈴木久男・斉藤準

2017年

大学教育学会ラウンドテーブル企画

大学教育学会課題研究集会企画

2018年

大学教育学会ラウンドテーブル企画

大学教育学会課題研究集会企画

## 4. 研究成果

### (1)訪問調査の結果

南洋工科大学では、テクノロジーを活用した教育とアウトカム評価を重視している。反転授業を全学的に推進しており、LMS の活用も盛んである。また、すべての授業は録画されている。

The Hive と呼ばれるアクティブ・ラーニング棟があり、チーム・ベースド・ラーニングが実施されている。また、自由研究として、3D プリントやドローンが利用されている。

シドニー大学では、全学的な教育改善組織を解散し、現在は、教育学部が担当している。ここでは、教員研修だけでなく、高大接続も担当している。

ニュー・サウス・ウェールズ大学では、物理学科は、主に工学部の基礎教育を担当しており（「サービス・ティーチング」）、物理学専攻の学生は 60 名にとどまる。

フリントラーズ大学では、物理学科に教育専任教育が配置され、チーム・ベースド・ラーニングやオンライン授業に力を入れている。期末試験の配分は 50%にとどめている。

香港では、6 年前に、大学が 3 年制から 4 年制になり、学部段階では、幅広く学ぶ教養教育が重視されている。

香港大学物理学科の定員は、30 名である。大学入試競争が激しいが、そこでの学力が必ずしも入学後に活かされていない。4 年次は、キャップ・ストーン・プロジェクト、研究指導、インターンシップが中心である。教員のうち、2 名が教育専任であり、工学部に対する「サービス・ティーチング」も行なっている。イギリスに倣って、外部試験制度があり、期末試験やカリキュラムのチェックを欧米の大学の教員が行っている。教員の講義ノートは保存が義務化されている。TA の大学院生によれば、本来、高校の物理と大学の物理にはギャップが大きく、物理学科の学生は、コミュニケーション能力が低い。天文学専攻の学生は、卒業後、ビッグ・データ解析で活躍している。

台湾では、入試が、AO 入試（一般能力考査とインタビュー）によるものと、学力試験によるものの 2 種類ある。

国立清華大学物理学科では、AO 入試の割合が 8 割である。博士課程の学生が不足しており、インド・マレーシアからの留学生を受け入れている。非常に優秀な学生は、海外に流出する。また、中国本土の大学との交流は少ない。

国立台湾大学では、AO 入試の割合を半分に抑えている。学生の学力差は広がっているが、上位 20%は常に優秀であり、25%は海外の大学院に留学する。他は、修士を終えて、企業に就職する。演習はなく、プログラミングによる計算を重視している。

POSTECH 物理学科は、1 学年 20 名で、授業料を徴収していない。また、統一試験の受験は必須ではなく、AO 入試（高校時代の成績とインタビュー）のみで選抜している。授業は英語である。優秀な卒業生が医学部へ進学し、大学院に残らないのが悩みである。教育サービス・センターが授業改善を担当しており、録画した授業にアドバイスをしている。TA の大学院生によれば、近年のカリキュラム改革によって、高校で学ぶ物理の内容が少なくなったということである。

KAIST 物理学科では、学部生が 127 名である。授業料は徴収していない。AO 入試が中心で、主な学生は、サイエンス・ハイスクールの出身である。入試には、アドミッション・オフィサーだけではなく、40 名の教員も従事している。入学前教育はオンラインで実施している。プレースメント・テストの結果によって、履修を免除したり、履修すべき演習科目を追加している。優秀な学生には、ファイマンのテキストで特別コースを設置している。授業では、正規分布に基づいた成績評価を実施している。FabCafe と呼ばれるスペースで、学生は自由に研究や制作活動に従事することができる。

北京大学物理学部では、物理教育学科を設置し、工学部の物理教育も担当している。1 学年 200 名という大規模な学部である。入学者の半数が、科学オリンピック入賞者である。学部教育では、4 年次の研究経験を重視している。9 割が大学院進学で、4 割がアメリカの大学院である。

清華大学物理学部では、物理教育センターを設置し、全学の物理教育を担当している。専任は 3 名のみで、30 名が兼任である。試験で入学する学生は半数であり、残りは、科学オリンピックの入賞者が、AO 入試を通じて入学する。入学選抜を兼ねたサマーキャンプや個別試験を実施している。科学オリンピックの問題は、大学の物理よりも難しい。特別クラスでは、ファイマンをテキストにしている。卒業生の 3 割が海外の大学院に進学し、優秀な学生を大学院に確保できていない。全世界で、1000 名の優秀な若手研究者に選ばれた者は、中国に帰国すると特別待遇を与えられている。Rain Classroom という教育アプリを開発した。

上海交通大学物理教育センターでは、28 名の専任教員が、全学に物理教育を提供している。物理教育のナショナル・センターにも選ばれた。ベスト・ティーチャー賞を受賞した教員の授業では、45 分間、講義・演示実験・クイズがうまく組み合わせられ、密度の濃い授業が展開されていた。卒業生は、海外の大学院、中国の大学院、就職が 3 分の 1 ずつである。

復旦大学物理学部では、70 名の教員が、毎年、100 名の新入生を受け入れている。AO 入試と個別試験を実施している。初年次は、リベラル・アーツを学ぶ。オナーズ・コースがある他、入学者のうち、5%を天才枠にしている。卒業生の 4 割が海外の大学院に進学するが、最近では、私費でプロフェッショナル・スクールに留学する学生も多い。

(2)まとめ  
高大接続

物理学科は、AO 入試や個別試験の導入に熱心である。これには二つの理由がある。一つは、近年の中等教育改革・大学入試改革が、理数科のレベルを下けていること、もう一つは、物理学科が求めているのは、受験学力の高さではなく、理数科の才能であることによる。特に、物理学科は、学力試験ではない、一般能力考査に批判的である。

#### 教員組織

物理学科のカリキュラムや教授法は伝統的で、アクティブ・ラーニングはそれほど普及していない。しかしながら、入学選抜や基礎教育の担当に伴う教員負担の増加は、これまでのような教育と研究の両立を難しくしている。そのため、多くの大学が、物理教育のための教員組織を設立したり、教育専任教員を雇用し、「サービス・ティーチング」という役割を明確化している。現在、教授法における革新は、教育専任教員から生まれつつある。

#### 卒業後の進路

物理学科の主眼は、研究者養成であるが、学生は IT、金融、医学など異業種でも活躍している。物理学科の卒業生が評価される理由は、思考力を備えており、数学力・プログラミング力が高いことによる。ただし、アジアの大学では、依然として、優秀な卒業生のアメリカの大学院への進学が続いており、大学院生の不足は、教員の研究活動に支障をきたしている。

### 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 6 件)

吉永契一郎、鈴木久男、斉藤準、「海外の研究大学における物理教育の現状と課題」、『大学の物理教育』、査読有、25 巻、1 号、2019、43-46

吉永契一郎、斉藤準、磯田正美、野口範子、細川敏幸、「現代のリベラルアーツとしての理工系科目(STEM)の開発と教育実践のために」、『大学教育学会誌』、査読有、40 巻、2 号、2019、85-88

吉永契一郎、「上位校からみた世界大学ランキング」、『比較教育学研究』、査読無、56 号、2018、150-159

鈴木久男、「大学から見た学習指導要領」、『物理教育』、査読有、66 巻、3 号、2018、212-216

鈴木久男、「AAC&U Meeting 2017 の報告」、『大学教育学会誌』、査読無、40 巻、1 号、2018、59-62

斉藤準、「米国 STEM 教育における DBER の勃興 日本への示唆を求めて」、『東北大学高度教養教育・学生支援機構紀要』、4 巻、2018、239-246

[学会発表](計 20 件)

斉藤準、「STEM 共通教育における Moodle の利用とその評価」、MoodleMoot Japan 2019。

斉藤準、「東アジア有力大学における物理学教育」、北海道大学国際シンポジウム、2019 年。

吉永契一郎、「STEM 教育改革の国際較」、

北海道大学国際シンポジウム、2018 年。

Keiichiro Yoshinaga, “Performance or

Engagement: The Issues of STEM

Education in East Asia and the United

States,” 6th GHEF, Kuala Lumpur, 2018.

吉永契一郎、「2018 年度 AAAS 大会報告」、大学教育学会、2018 年。

Hisao Suzuki, Keiichiro Yoshinaga, Jun Saito, “Fostering Open-Ended Problem-Solving Skills of Undergraduate STEM Students,” AAC&U STEM Meeting, Poster, 2018.

鈴木久男、「AAC&U STEM Meeting の報告」、大学教育学会、2018 年。

斉藤準、「アジアのアクティブラーニング」、北海道大学国際シンポジウム、2018 年。

斉藤準、「STEM 教育実践を蓄積・共有化するオンライン・サイトの構築に向けて」第 23 回 FD フォーラム、京都産業大学、2018 年。

斉藤準、「多様な学生への対応を目指した STEM 教育」、第 68 回東北・北海道地区高等・共通教育研究会、2018 年。

斉藤準、「多様な学生への対応を目指した反転授業導入の試み」、第 9 回物理教育シンポジウム、2018 年。

斉藤準、「アジアの STEM 教育におけるアクティブラーニング」、大学教育学会、2018 年。

吉永契一郎、「中進国タイの高等教育モデル」、日本高等教育学会、2017 年。

吉永契一郎、「上位校からみた世界大学ランキング」、日本比較教育学会、2017 年。

Keiichiro Yoshinaga “STEM Education Reform from a Comparative Perspective.” Flinders University, 2017.

Keiichiro Yoshinaga “Comparisons of STEM Education Reform.” AISTEEL, Medan, Indonesia, 2017.

鈴木久男、「大学における文理融合科学教育の展望」、大学教育学会、2017 年。

鈴木久男、「AAC&U STEM Meeting 2017 の報告」、大学教育学会、2017 年。

斉藤準、「AAU STEM Initiative による組織的 STEM 教育改善とコロラド大学ボルダー校における実践」、大学教育学会、2017 年。

齊藤準、「物理学の大人数講義型授業におけるアクティブラーニングとその評価・検証」、第67回東北・北海道地区大学高等・共通教育研究会、2017年。

〔図書〕(計 2 件)

吉永契一郎、『高等教育のグローバル化とSTEM教育改革』、広島大学高等教育研究開発センター叢書、2018、88

鈴木久男、『インテグレート科学：現代を生きるための科学力育成講座』、Amazon Services International, 2018, 244

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：鈴木 久男

ローマ字氏名：SUZUKI, Hisao

所属研究機関名：北海道大学

部局名：理学研究院

職名：教授

研究者番号(8桁)：20192619

研究分担者氏名：齊藤 準

ローマ字氏名：SAITO, Jun

所属研究機関名：帯広畜産大学

部局名：畜産学部

職名：講師

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。