

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：34427

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01186

研究課題名(和文)再現実験法に基づく三高四高由来実験機器を軸とした物理教育史研究

研究課題名(英文)The Historical Research of the Physics Education by Replicating the Historical Educational Scientific Instruments Preserved at the Third and Forth High School

研究代表者

永平 幸雄(NAGAHIRA, Yukio)

大阪経済法科大学・公私立大学の部局等・教授

研究者番号：20122195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：三高四高由来の物理教育用歴史の実験機器中から、ヘリオスタットと友田式スペクトル投影装置、アトウッド落下試験器、ダルソンパール検流計を研究対象として選び、それら実験機器を軸にして3テーマの物理教育史研究を遂行した。その結果、機器の外観/内部調査に基づく史料情報と文献研究を組み合わせた物理教育史研究と、3件のテーマの再現実験による機器動作知識を統合した物理教育史研究を行うことができた。再現実験については動画撮影を行い、物理教育史研究に活用できる資料とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理学の学習において物理実験の重要性は言うに待たない。この物理実験が歴史的にどのような発展をたどってきたかの解明は、今後の物理実験発展の方向を探るうえで重要である。旧制高校の三高四高由来の歴史の実験機器そのものを用いての再現実験から得られる動作知識に、機器に関する文献研究を加えて物理教育実験の歴史をたどることを本研究(講義実験2件、生徒実験1件)で行った。物理教育史研究に新しい方法を示したと考えている。

研究成果の概要(英文)：We selected the Heliostat, Tomoda spectrum projector, Atwood machine and D'Alsonval Galvanometers as research subjects from the historical apparatus for physics education originated from the prewar Third and Forth Higher Schools. We carried out the research of the three themes of the history of physics education from the perspective of these scientific instruments. We studied history of physics education combining historical literature and research information based on the appearance / internal investigation of instruments. We also studied history of science combining historical literature and the information by replication experiments using the historical apparatus. We shot films of these replication experiments and made these the video materials that can be used for the research of the history of physics education.

研究分野：科学社会学・科学技術史

キーワード：物理学史 科学機器 史料

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

代表者等が三高由来の物理実験機器の調査研究結果を書籍として出版公表(京都大学学術出版会、2001年)して以来、各地で明治以降の歴史的实验機器の発掘調査が進行した。金沢大学資料館・石川県立自然史資料館蔵の四高由来機器、東京大学所蔵の一高由来機器、その他の機関で調査が進められ、購入時期や製造業者等の基礎データの同定が行われた。機器の基礎データの活用については、代表者らにより三高四高機器の約1700点のデータをもとに明治以降の科学機器輸入国産化過程の研究(『大阪経済法科大学論集』2014)が実施された。次の段階は個別機器史の解明であったが、それには当該機器史を軸とした科学史・科学教育史研究を必要とした。

近年の海外の研究動向として、1)科学史研究との結びつきの強化がある。2009年の国際科学史技術史学会のメインテーマは、Ideas and Instruments in Social Contextで、これ以降、科学機器を独立した存在でなく、科学史との有機的関わりのなかに位置づけようとする流れが一層強まった。2)再現実験法の展開である。D. Baird, Thing Knowledge (2003)の発刊で、機器=もの知識の位置づけが明確化するともに、機器から非言語・動作知識を得る方法として再現実験法が普及しはじめた。Heering (Learning by Doing, 2011)やD. Hotteckeらが科学史や科学教育史分野で活発に再現実験法を取り上げている。

代表者は「平成26-28年度科研費」で三高四高機器の個別機器史を解明する目的で再現実験法を適用することを着想し、長岡半太郎の1912年のEchelon等での交差スペクトル測定実験の再現実験を行った。この再現実験で長岡が当時、研究実験をどのように行っていたかの非言語知識が得られた。他方、三高四高は旧制高校であったが故に、三高四高機器の約1700点のうちで大半は教育用実験機器である。これら大量の教育機器中には、物理学基本概念(例:加速度概念)の形成に関わる多様な機器が存在している。それら教育機器が実際にどのように使用されたか、すなわち機器の非言語・動作知識を得れば、明治以降の実験機器・物理教育史の研究が質的に一段階高まることが予想される。そこで、代表者は、研究機器(Echelon等)で得た再現実験の手法を三高四高の教育機器へ適用する着想をするに至った。

2. 研究の目的

旧制三高由来の約600点の歴史的实验機器は京都大学総合博物館に、旧制四高由来の約1100点の機器は石川県立自然史資料館に保存されている。旧制高校由来であるが故に、大半を物理教育実験機器が占めている。日本における通常の物理教育史研究の史料は、物理教育者の論文や教科書、生徒ノート等の文献資料であり、歴史的实验機器から非言語・動作知識を抽出して活用した物理教育史研究は代表者の知る限り存在しない。本研究では、三高四高由来の機器現物やそのレプリカを使用した再現実験法によって歴史の機器から非言語・動作知識を得て、当時の実験機器使用の実際を明らかにし、非言語・動作知識と文献研究を結合させた「機器を軸とした物理教育史」の解明を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、歴史的实验機器に関する文献研究(機器史・物理教育史)とその実験機器の再現実験の有機的結合が特に重要であるので、段階的に研究が深化していく仕組みを採用し、以下のように第1段階の文献研究→第2段階の再現実験→第3段階の(再現実験の結果を包含した)統合研究を実施した。

(1)テーマごとの文献資料の収集とそれに基づく文献研究:各テーマに関する文献を収集し、機器を軸とした物理教育史研究として組み立てていく。必要文献は、Science & Educationのような科学教育・教育史研究の雑誌、Bulletin of Society of Scientific Instrumentのような科学機

器史の学術雑誌、明治以降の物理学教科書等である。それらの調査によって、対象機器に関連した文献のみの物理学史研究を行う。

(2) 再現実験：文献研究をもとに、当時実施された教育実験の再現実験を行う。例えば、明治12年の教科書『士都華氏物理学』に記載されたアトウッド落下試験器の8つの実験を再現する。再現実験の実施過程は準備過程も含めすべてカメラ撮影・ビデオ撮影して記録しておき、その後の研究資料とする。終了後に全員で再現実験から得られた動作知識について議論して非言語・動作知識の物理教育史研究への取り込み方についての認識共有を図る。

(3) 文献研究と再現実験を統合して研究：再現実験後に第1段階の文献研究時の資料を読み返した時、その読み取り方が変わるはずである。また新たな問題意識の発生により、他の教育史料への関心の広がりが起こることが想定される。例えば、アトウッド落下試験器の場合であれば、物理教科書に記載された実験の読み取り方が変わるし、なぜアトウッド試験器が大正期に物理教育から全く消えてしまったかの疑問に一定の解決方向を見出せるかもしれない。そうした観点をもとに最終段階の統合研究を実行した。

4. 研究成果

本研究は、旧制三高や旧制四高由来の教育用物理実験教育を利用して、旧制高校における物理実験教育の解明を目指すものである。旧制高校では講義実験と生徒実験が行われていたが、講義実験機器2点、生徒実験機器1件を選び出して、それらを利用して3つのテーマ(①旧制高校における太陽光利用・光学演示実験—旧制三高四高の事例—、②明治以降のアトウッド試験器等の落下教育機器史の解明、③19世紀以降における電流・磁気作用の教育実験機器変遷史の解明、とは講義実験、は生徒実験)で物理教育史研究を行った。その際、機器現物を使用するもしくはそのレプリカを作成して、その歴史的実験機器の再現実験を行い、その実験から得られる知識(言語知識と非言語知識の両方を含む)を得て、当該機器の文献研究と統合して、再現実験から得られる機器動作知識をも包含した物理教育史研究を行うことを最大の特徴としている。3テーマの研究成果は以下のとおりである。

旧制高校における太陽光利用・光学演示実験

三高由来の「ヘリオスタット」(日光顕微鏡・明治22年購入)は太陽光を室内に取り入れる共通の器械として使用し、2つの講義実験装置「友田式スペクトル投影装置」(明治43年購入)と「光の再合成器」(明治35年購入)を使用して再現実験を行い、それらの動作知識を得た。友田鎮三(物理実験教育に尽力した物理学者)を中心に旧制高校における太陽光利用光学実験についての文献研究と結合させて物理教育史研究を行った。その再現実験を動画で撮影し、学会発表に使用できるように編集し、また一般公開用の動画としても撮影・編集し、一般公開用動画作成過程については日本デザイン学会にて発表した。さらに、2019年1月の博物館明治村(愛知県犬山市)の旧制四高物理実験室でのヘリオスタットを利用した分光実験の再現の試みにつながっていった。

明治以降のアトウッド試験器等の落下教育機器史の解明

石川県立自然史資料館蔵の「アトウッド落下試験器」の詳細観察の結果を参考にしてアトウッド落下試験器のレプリカ作成を行い、その再現実験に成功し、その結果をもとに、文献研究とともに、2018年9月の物理学会で、「明治初期の物理学教科書とAtwood落下実験器」と「レプリカ作成によるAtwood落下実験器の再現実験」の2件の発表を行った。その際、アトウッド試験器の錘の落下開始時と着地時の把握の困難さが落下試験器の重要問題であることが再現実験から判明し、それが落下試験器のその後の改良の方向を示したことが判明した。この成果は日本物理

学会で「明治後期～昭和初期における Atwood 落下実験器の変遷」と題して報告した。

19 世紀以降における電流・磁気作用の教育実験機器変遷史の解明

本テーマでは、旧制高校の生徒実験における電磁気学分野の代表的な実験として、三高由来の d'Arsonval 検流計（大正 6 年購入、Leeds & Northrup 社製）を使用した実験「検流計の感度及び抵抗の測定」に関する文献研究と再現実験を行った。この場合、機器現物そのものを再現実験に使用した。電磁気実験機器はコイル等さびやすく断線しやすい部分が多く、再現実験が可能か危惧されたが、再現実験に成功した。この成果は、2019 年 3 月の物理学会で、「第三高等学校の物理実験における d'Arsonval 検流計の歴史的考察」と「第三高等学校由来の d'Arsonval 検流計を用いた再現実験」の 2 件の発表となって結実した。

以上の①～③の再現実験についてはすべて動画を作成し、今後の物理教育史研究の資料とした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 須藤 靖, 笠 潤平, 西澤 直子, 兵藤 友博, 小長谷 大介, 小松 久男	4. 巻 22巻10号
2. 論文標題 日本学会会議全国縦断サイエンスカフェ	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 学術の動向	6. 最初と最後の頁 124-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daisuke Konagaya	4. 巻 29(3)
2. 論文標題 Heisenberg's Visit to Kyoto in 1929 and Its Stimulation of Young Japanese Physicists	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Historia Scientiarum	6. 最初と最後の頁 280-299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小長谷大介	4. 巻 13
2. 論文標題 三村剛昂:「波動幾何学」に至るまでの足跡(前編)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 窮理	6. 最初と最後の頁 34-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小長谷大介	4. 巻 14
2. 論文標題 三村剛昂:「波動幾何学」に至るまでの足跡(後編)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 窮理	6. 最初と最後の頁 42-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 永平幸雄・塩瀬隆之	4. 巻 7
2. 論文標題 第三高等学校由来物理教育実験機器資料	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 京都大学総合博物館収蔵資料目録	6. 最初と最後の頁 1-127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 塩瀬隆之
2. 発表標題 展示デザインにおける仕掛学の実践
3. 学会等名 第21回大学博物館等協議会・第13回日本博物科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永平幸雄、鉄尾実与資、塩瀬隆之、小長谷大介、渡辺雅之
2. 発表標題 明治初期の物理学教科書とAtwood落下実験器
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺雅之、高橋輝雄、鉄尾実与資、塩瀬隆之、小長谷大介、永平幸雄
2. 発表標題 レプリカ作成によるAtwood落下実験器の再現実験
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永平幸雄、塩瀬隆之、小長谷大介、鉄尾実与資、高橋輝雄、渡辺雅之
2. 発表標題 明治初期・物理学教科書におけるAtwood落下実験器の叙述とその再現実験
3. 学会等名 第22回 日本科学史学会 西日本研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小長谷 大介
2. 発表標題 ハイゼンベルク・ディラックの京都訪問と湯川秀樹
3. 学会等名 第22回 日本科学史学会 西日本研究大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小長谷大介、塩瀬隆之、渡辺雅之、鉄尾実与資、永平幸雄
2. 発表標題 第三高等学校の物理実験におけるd'Arsonval検流計の歴史的考察
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺雅之、小長谷大介、鉄尾実与資、塩瀬隆之、永平幸雄
2. 発表標題 第三高等学校由来のd'Arsonval検流計を用いた再現実験
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩瀬隆之、渡邊雅之、永平幸雄、岩倉正司、元木環
2. 発表標題 技術史資料の再現実験映像の共有手法に関する研究
3. 学会等名 大学博物館等協議会・博物科学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩倉正司・塩瀬隆之・元木環
2. 発表標題 研究者の潜在的な要求を反映する映像制作仕様の対話型生成ー物理教育研究者との映像制作を事例にー
3. 学会等名 日本デザイン学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秋山肇・三島美佐子・塩瀬隆之
2. 発表標題 水銀整流器の保存に関する調査研究 京都大学総合博物館の事例
3. 学会等名 電気学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塩瀬隆之
2. 発表標題 旧制第三高等学校由来の科学技術教育装置
3. 学会等名 近畿化学協会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小長谷大介
2. 発表標題 1930年前後の湯川秀樹を再考する - 湯川記念館史料室収蔵史料の活用事例として -
3. 学会等名 日本科学史学会西日本大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小長谷大介
2. 発表標題 湯川秀樹の1930年前後の研究ノート類について
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永平幸雄、塩瀬隆之、小長谷大介、渡辺雅之
2. 発表標題 明治後期～昭和初期におけるアトウッド落下試験器の変遷
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩倉正司・元木環・塩瀬隆之
2. 発表標題 学術映像の制作過程で培われた当事者性に関する考察-大学博物館の展示映像制作を事例に
3. 学会等名 第66回日本デザイン学会春季研究発表大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩瀬隆之・元木環・岩倉正司:
2. 発表標題 8K映像による「視点選択の留保」に配慮した展示準備映像の教材化
3. 学会等名 第22回大学博物館等協議会・第14回博物科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Konagaya
2. 発表標題 Heisenberg and Dirac 's Visit to Kyoto in 1929
3. 学会等名 15th International Conference on the History of Science in East Asia
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小長谷大介
2. 発表標題 1929年のハイゼンベルク・ディラックの訪日に関する理研資料～彼らの訪日スケジュールをめぐって～
3. 学会等名 第23回 科学史学会西日本研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小長谷大介
2. 発表標題 1929年のハイゼンベルクとディラックの京都訪問～湯川の研究活動との関連をめぐって～
3. 学会等名 日本科学史学会 第66回年会
4. 発表年 2019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	小長谷 大介 (KONAGAYA Daisuke) (70331999)	龍谷大学・経営学部・教授 (34316)	
研究 分担者	塩瀬 隆之 (SHIOSE Takayuki) (90332759)	京都大学・総合博物館・准教授 (14301)	