

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：32630

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2023

課題番号：17K01181

研究課題名（和文）量子力学の日本への移入と物性分野の展開に関する歴史研究

研究課題名（英文）Historical study on the introduction of quantum mechanics and development of condensed matter physics and chemistry in Japan

研究代表者

中根 美知代（NAKANE, Michiyo）

成城大学・法学部・非常勤講師

研究者番号：30212088

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：1930年代前後の日本における量子力学の移入と展開を、これまでほとんど論じられてこなかった物性分野、特に原子分子分野に焦点をあてて分析した。そして、原子分子概念の受容とあわせて化学者にも量子力学は必須であるとの認識に至る経過、化学者に向けた日本語の量子力学の教科書が出版されるまでの過程を、主として東大の片山正夫とその門下生の国内外で活動を分析することで明らかにした。化学者の集団に小谷正雄ら物理学者も加わる一方で、物理の視点から原子分子の問題にとりくむ研究者もいたのが実情であった。1937年に理化学研究所とライプツィヒ大学理論物理学教室間の交換留学協定が締結された経緯も具体的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、日本における量子力学の移入と展開の経緯の考察は、仁科芳雄関係者の仕事の分析、すなわち原子核関連にとどまっていた。これを、原子分子分野に拡張することにより、化学者の寄与が想定した以上に大きかったことを明らかにして、日本の量子力学史の全体像を把握に向けて、新たな視点を提供することができた。その過程では、物理学と化学との協働も指摘できた。

また、戦間期の研究機関どうしの日独研究交流は、その時期の各国の情勢に大きく依存していたことを具体的に示した。

研究成果の概要（英文）：This project analyzed the introduction and development of quantum mechanics in Japan around the 1930s, focusing on the field of condensed matter physics, especially the field of atoms and molecules. We clarified the process from the recognition that quantum mechanics is essential for chemists as well as the acceptance of the concept of atoms and molecules to the publication of a Japanese quantum mechanics textbook for chemists by analyzing the activities of Masao Katayama's students in Japan and overseas. While physicists such as Masao Kotani joined the group of chemists, there were researchers who were working on atomic and molecular problems from physical viewpoint.

We also clarify the process of the conclusion of the exchange agreement between RIKEN and the department of theoretical physics at Leipzig university in 1937.

研究分野：科学技術史

キーワード：小谷正雄 片山正夫 原子分子分野 物理化学と量子力学 ユーバーシャル 物理化学懇談会 東京帝国大学数学力学教室 学術振興会第13小委員会

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1920年代半ばにおける量子力学の誕生は、科学史上最も革命的な出来事のひとつである。この理論は、伝統的な自然認識を根本的に転換し、またコンピュータや原子力など、人間の生活を大きく変化させる科学技術の基礎理論を与えた。理化学研究所の仁科芳雄(1890-1951)と彼の影響下にある人々がこの理論を日本への移入・定着させ、日本の原子物理学を牽引していった過程は、科学史および現代物理学史の視点からよく調査されており、日本人のみならず、外国人による英文の著作もある。しかし、その枠から外れた研究者や研究課題については、ほとんど手が付けられていない状態であった。その範囲は広いが、申請者には、仁科とほぼおなじ時期にヨーロッパに留学し、量子力学を原子分子問題に応用して成果を挙げた杉浦義勝(1895-1960)について調査した実績があったため、これを手掛かりとして考察を進めることを思い立った。

2. 研究の目的

日本の量子力学の歴史を包括的に捉えるという大きな問題の一つの切り口として、1930年前後の物性分野、特に原子分子関係に焦点をあてて、いつ頃、誰が、どこで、どのような形で量子力学を学び、どのような研究成果を挙げたか、その普及に向けて、何をおこなったかについて考察する。原子分子は、物理学のみならず、化学でも重要な関心事であることから、化学者も射程にいられて、日本の量子力学の移入と展開を具体的に示していく。

3. 研究の方法

研究対象となる時期・分野の科学者による、回想録・書籍・論文・手紙類・講義録などを未公開のものまで含めて国内外で収集し、研究課題や中身を分析する。さらに『大学一覽』などの資料も閲覧し、量子力学の教育状況を調査する。それにより、海外からの影響や、日本独自の発展を具体的に示す。研究対象となる人々から影響を受けた方々に聞き取り調査も行う。分析結果を一覧できるようにまとめて提示し、量子力学史に興味のある、化学史や数学史まで含めた多くの研究者と成果を共有する機会をもつ。杉浦らの成果は欧米・韓国でも関心を待たれているので、欧米で意見交換する機会を作る。

4. 研究成果

(1) 日本の物理学者・化学者の数学的手法の伝統について

以下のことを明らかにした。

国立科学博物館所蔵の長岡半太郎(1865-1950)の資料を閲覧し、彼が関心を持っていた数学分野を確認した。長岡門下である杉浦が水素分子の結合状態にかかわる成果を挙げるにあたっては、Carl Neumann 著『ポテンシャル論と球面関数』を手にすることが本質的であったが、この本は長岡が重視した分野にかかわるものであった。

小谷正雄は1938年にKASの積分表を発表した。未だ海外留学経験をしていない小谷は、杉浦の成果を見て、日本で教育を受けた者は分子積分の計算を遂行する潜在的な素養を持っていることを確信した上で、この研究に取り組んでいた。

東京帝大化学科においては、初代教授櫻井錠二の母校ユニバーシティ・カレッジ・ロンドンに倣って、1886年設立当初より物理学、数学を重視する傾向があった。

(2) 日本人研究者の留学先の推移について

1928年の杉浦義勝・仁科芳雄の後に留学した研究者の中から、藤岡由夫・有山兼孝・菊池正

士・仁田勇・玉蟲文一・堀内寿郎・水島三一郎らの留学先を、回想録等を参照して一覧できるようにし、ヨーロッパの研究者の移動状況と照らし合わせた。1920年代前半の留学先は、ケンブリッジ・コペンハーゲン・ゲッチンゲンが主流だったが、以降、留学先に変化がみられるようになり、物理学者の有力な留学先として、ライプツィヒが挙がってくる。この要因として以下のことが明らかになった。

物理学者の世代交代が進み、1928年頃には集中的に人事異動があった。

1933年にヒトラーが首相になり、大学の人事にも急速にナチスの影響が出てきた。ユダヤ人の排斥、ナチス党员として大学人事に加わった物理学者による教員の採用などに影響がみられる。

ライプツィヒ大学は、理論物理と実験物理の双方で急に空席が出来、1927年から28年にかけて、前者にハイゼンベルク、後者にデバイが着任したため、ヨーロッパの物理学の一つの拠点となった。ライプツィヒ大学は、ドイツの大学としては初めて日本語講座を設置するなど、日本への関心が高かった。1932年には、日本学研究所もおかれ、京都帝大との交換留学制度があり、日本人留学生向けの宿舍が設置されてもいた。留学先選定にあたって、どのくらい本質的であったかはわからないが、日本人が住みやすい環境であったことは注目される。

(3)化学者と量子力学の関係

本研究課題の開始時には、化学と量子力学の接点を量子化学に焦点をあてて分析する計画であった。しかし、量子力学は原子や分子のふるまいを分析する手法である。これらが物質の変化の根本に据えられる概念として受け入れられれば、量子力学は、化学者にとって不可欠な素養になる。化学者による量子力学の取り組みや教育課程の整備の状況も、1930年代の日本の量子力学の状況を明らかにするための重要な分析要素と判断して考察を進め、以下のような成果を導いた。

東京帝国大学においては、化学者が量子力学を受け入れる素地があったことを明らかにした。

- 化学科教授片山正夫は、1915年に当時最先端の研究対象だった原子の概念を取り入れ、熱力学を主体に物理化学を説き起こす内容の『化学本論』を出版しており、多くの若い学生の関心を惹きつけていた。化学科では、長岡半太郎が担当する物理学科2年生向けの電磁気学が受講できるなど、物理学を学べるような環境にあった。
- 片山の影響下にあった玉蟲文一、水島三一郎、植村琢らが中心となって、ペラン『原子』の輪講を行い、1923年に邦訳を出版するなど、原子や分子概念の受容は進んでいた。

化学者の最先端の量子力学への関心は予想以上に高かったことを例示した。

- 片山は、1929年にディラックとハイゼンベルクが来日した際の講演会にも出席していた。また、この講演会の記録を門下生の小島頼男に送付するように仁科に依頼していた。
- 東大理学部で初めて量子力学の講義をしたのは片山で、そこには物理学科から小谷正雄や岡小天も来ていたとの渡辺格の回想がある。事実かどうかは確認できないが、そのように伝えられるくらい、片山は量子力学に関心をもっていた。

化学者と物理学者が協働で量子力学に取り組む状況の一端を示した。

- 仁田勇は、理化学研究所西川正治研究室でX線構造解析の研究に携わっていた。周囲

の影響を受けて、物理学者とともに、物理学懇談会に加わり量子力学に触れ、1928-31年の外遊時には、当地の物理学者から勧められた量子力学に関する文献を読んだりしていた。

- 片山は、1920年代後半から、物理化学懇談会を主催した。そこには、玉蟲文一、仁田勇、千谷利三、堀内寿郎ら化学者のみならず、物理学科から小谷正雄、岡小天、杉田元宜らも加わっており、量子力学の原子や分子問題への適用をめぐる論文も紹介されていた。
- 1934年9月学術振興会の第13小委員会として、触媒原理の研究グループが池田菊苗を代表（片山が後継）として物理化学の研究者を中心に結成されるが、物理からも一名の参加を求められ、長岡半太郎の推薦により小谷が入る。KASの積分表は、このプロジェクト研究の成果であった。
- 第13小委員会に京都帝大から加わった化学者の堀場信吉も、同大学で初めて統計力学の講義をしており、物理学者、数学者とも連携していた。京都での化学者と物理学者の協同の取り組みの分析が、今後の重要な課題となろう。

量子力学が多くの化学者にとって不可欠なものとして認識される過程を確認した上で、化学者向けの量子力学の教科書が刊行された経緯を指摘し、その内容を明らかにした。

- 1928年、ベルリンを拠点としてヨーロッパに留学していた玉蟲文一の回想録を参照して、彼が参加したヨーロッパの学会での状況を確認し、水素分子の結合状態を示すハイトラー・ロンドンの理論の発表は、多くの化学者に量子力学の必要性を認識させたことを示した。
- 玉蟲は、分子原子概念に基づいて物理化学の教科書を書き替える必然性を感じ、1929年『物理化学概論』（岩波講座物理及び化学）を出版した。そこでは、量子力学による原子価および化学的活性の理論という章が設けられ、シュレディンガー方程式が言及されていた。
- 片山は1930年に『量子と化学』（岩波講座物理学及び化学）を出版した。量子という考え方から始まり、波動力学が紹介され、これを分子の性質の解明に役立てる着想が記されていた。片山による東大理学部での量子力学の講義もほぼ同じ内容と察せられる。
- 1934年、日本化学会より、『波動力学と化学』が刊行された。第1部はKarl K. Darrowの論文“Introduction to Wave-Mechanics”の東健一と森野米三による翻訳、第2部は水島三一郎と小島頼男が、波動力学の化学への応用を論じたものであった。
- 化学者向けに講じられた量子力学は、実際に化学の問題の解明に役に立つことを重視して、波動力学に限定し、その扱い方や化学への応用をていねいに説明するが、量子力学独自の世界観などにはほとんど触れていなかった。

(4) 東京帝国大学物理学教室での量子力学での取り組み方

1929年に同大学同学科を卒業し、32年から物理学科に教員として加わった小谷正雄とその周辺の人々の回想録や『東京大学100年史』（部局史を含む）での記述を突き合わせて分析した。東大では、寺澤寛一の影響が強く、また学科構成員の専門を見ても、坂井卓三による量子力学の講義があったとはいえ、必ずしも物理教室として量子力学を進める雰囲気ではないことが明らかになった。とくに原子分子問題については、成果をあげた山内恭彦・犬井鉄郎は工学部数学力学教室の所属であったし、小谷も当初の所属は力学教室で、以降も同

教室と行き来しながら研究を進めていた。上述した化学科との協働も考えると、原子分子問題については、物理学科以外の範囲も含めて考察する必要があることがわかった。

(5) 理化学研究所とライプツィヒ大学理論物理学教室の交換留学制度の締結とその後

1933年から36年にかけて、ライプツィヒ大学に留学した有山兼孝は、彼が、現地の日本教室の教授から、理研との間に交換留学制度を作るようにハイゼンベルクに働きかけるようにいわれたと回想していた。この回想と、理研やライプツィヒ大学が所蔵する文書、アジア歴史資料センターの文書等を分析し、交換留学制度ができた経緯を明らかにした。

- 有山に働きかけた日本教室の教授とは、ヨハンネス・ユーパーシャルである。ライプツィヒ大学で東アジアの一部としての日本のことを学び、1911年にドイツ語教師として来日し、1932年にライプツィヒ大学に設立された日本研究所の教授に着任していた。
- ユーパーシャルは、大阪医大の佐多愛彦とともに日独学术交流に取り組んだ。ライプツィヒ大学を中心とする日独学術雑誌の創刊、同大学と京都帝大との交換留学制度、同大学の日本研究所や留学生会館の設置にも尽力した。ライプツィヒ大学と日本との間での学术交流の積み上げに加え、ユーパーシャルが忠誠心の固いナチス党員であったために、ドイツ学術交流会から信頼され、ドイツ側の留学資金を引き出すことができた。
- 理研の留学制度は、1938年に日独文化協定の締結にあたって、一つの重要な実績となっていた。また、この協定により、理研との交換留学に対して国から留学資金の補助が得られるようになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Michiyo Nakane | 4. 巻 42 |
| 2. 論文標題 Yoshikatsu Sugiura's Contribution to the Development of Quantum Physics in Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Berichte zur Wissenschaftsgeschichte | 6. 最初と最後の頁 338 ~ 356 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/bewi.201900007 | 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 中根美知代 | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 量子力学の日本への移入と杉浦義勝 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 日本物理学会誌 | 6. 最初と最後の頁 395-396 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11316/butsuri.73.6_395 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 中根美知代 | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 手紙類に見る杉浦義勝の欧米留学：量子力学形成期のコペンハーゲンとゲッチンゲンから | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 物理学史ノート | 6. 最初と最後の頁 68-81 |
| 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 Yoshiyuki Kikuchi | 4. 巻 0 |
| 2. 論文標題 The impact of British chemistry and physics upon Japanese science in the late nineteenth century: the Williamson-Sakurai connection at University College London | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Notes and Records: the Royal Society Journal of the History of Science | 6. 最初と最後の頁 on line (18頁) |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsnr.2023.0054 | 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 - |

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 中根美知代・菊池好行・雨宮高久 |
| 2. 発表標題 片山正夫門下生による1930年前後の量子力学の取り組み |
| 3. 学会等名 2022年度化学史学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中根美知代・菊池好行・雨宮高久 |
| 2. 発表標題 1930年前後の日本における原子・分子の研究と量子力学 |
| 3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代・菊池好行・雨宮高久 |
| 2. 発表標題 量子力学の日本への移入に関する化学者たちの寄与 |
| 3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代・雨宮高久・菊池好行 |
| 2. 発表標題 第2次大戦直前の理研とライプツィヒ大学の交換留学制度 |
| 3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 量子力学誕生前夜のゲッチンゲン大学におけるハミルトン・ヤコビ理論：ヒルベルト「量子論の数学的基礎」をめぐる |
| 3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会 |
| 4. 発表年 2020年～2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中根美知代・菊池好行・雨宮高久 |
| 2. 発表標題 1930年前後における日本人研究者の海外留学事情：化学者と量子力学の出会い |
| 3. 学会等名 日本物理学会 2019 年秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 ハミルトン・ヤコビ理論における正準変換の形成過程 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代・雨宮高久・菊池好行 |
| 2. 発表標題 第2次大戦直前の理研とライプツィヒ大学の交換留学制度 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年～2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 天の力学から原子の力学へ:20 世紀前半のハミルトン・ヤコビ理論の展開 |
| 3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会 |
| 4. 発表年 2019年～2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Craig Fraser, Michiyo Nakane |
| 2. 発表標題 Transformations and Hamilton-Jacobi Theory 1866-1920 |
| 3. 学会等名 Joint Mathematics Meeting 2020 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年～2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 Heitler-London-Sugiura の考察における Hamilton-Jacobi 理論 |
| 3. 学会等名 日本科学史学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 Hilbert の講義に見る解析力学の定式化の一断面 |
| 3. 学会等名 日本数学会 |
| 4. 発表年 2018年～2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Michiyo Nakane |
| 2. 発表標題 Yoshikatsu Sugiura's contribution to the import and development of quantum physics in Japan |
| 3. 学会等名 25th International Congress of History of Science and Technology (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 杉浦義勝との関係から見た長岡半太郎 |
| 3. 学会等名 第21回科学史西日本研究大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 中根美知代 |
| 2. 発表標題 20世紀初頭のハミルトン・ヤコビ理論と変換論 |
| 3. 学会等名 日本数学会2018年度年会 |
| 4. 発表年 2017年～2018年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 日本科学史学会 (菊池好行分担) | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 丸善出版 | 5. 総ページ数 758 |
| 3. 書名 科学史事典(項目「物理化学と量子化学 - 化学と物理学の界面」 pp.164-167) | |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Seth C. Rasmussen(ed.), Yoshiyuki Kikuchi, Yasu Furukawa, Anthony T. Baker, Ian D. Rae, Thomas Tidwell, Vera V. Mainz, Choon H. Do, Gary Patterson, Brian Halton, David E. Lewis, Masanori Kaji, Roger Egolf, Ned D. Heindel, Pham Thi Ngoc Mai, Nguyen et al. | 4. 発行年 2018年 |
| 2. 出版社 World Scientific Pub Co Inc | 5. 総ページ数 467 |
| 3. 書名 Igniting the Chemical Ring of Fire: Historical Evolution of the Chemical Communities of the Pacific Rim | |

〔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 |
|-------|--|------------------------------------|----|
| 研究協力者 | 平山 孝人 (Hirayama Takato) | | |
| 連携研究者 | 菊池 好行 (Kikuchi Yoshiyuki) (70456341) | 愛知県立大学・外国語学部・教授 (23901) | |
| 連携研究者 | 雨宮 高久 (Amemiya Takahisa) (40610580) | 日本大学・理工学部・助教 (32665) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| | |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|