

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：33302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700924

研究課題名(和文)ファラデーを中心とした19世紀「質量」概念の原子論的解釈

研究課題名(英文)An Atomistic Interpretation of the Concept of "Mass" relevant to Faraday in the Nineteenth Century

研究代表者

夏目 賢一 (Natsume, Kenichi)

金沢工業大学・基礎教育部・准教授

研究者番号：70449429

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円、(間接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、19世紀前半のヨーロッパの電気化学研究を基礎づける物質観(ボスコヴィッチの点原子論やドルトンの原子説など)に注目しながら、イギリスの科学者ファラデーを中心として、デーヴィーやドルトン、ベルセリウスやベルトレといった当時の研究者たちの影響関係やそれぞれの主張に対する批判の論点などを未公開資料によって調査した。そして、その調査結果について、物質の基本的な性質であるmass(質量・かたまり)概念が、当時の電気化学研究において、現代の力学的な質量概念とはどのように異なる形で存在していたのかについて分析と考察を進めた。

研究成果の概要(英文)：In this study, I investigated various unpublished historical materials of the natural philosophers in the first half of the 19th-century European countries, such as that of Faraday, Davy, Dalton, Berzelius and Berthollet, to analyze theoretical influences and criticisms among them, by focusing on the material theories underlying their electrochemical studies, for instance, Dalton's atomic theory or Boscovichian point-atomism. Based on these investigations, I have illustrated how the concept of "mass" was served as the fundamental property of matter in the electrochemical study of that time. It was different from the modern concept of mechanics.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学社会学・科学技術史

キーワード：ファラデー デーヴィー ベルセリウス ベルトレ 原子 質量 電気化学 19世紀

1. 研究開始当初の背景

本研究を開始する以前に、報告者は 19 世紀イギリスの電気化学研究者マイケル・ファラデーの電気理論について研究を進めてきた。その当時の資料を分析する中で、物質に対する重力の作用について、とくにその作用の対象とされる *mass* 概念について、ファラデーの理解の特殊性を見出すようになった。

具体的には、彼は *mass* を *particle* と区別し、重力は前者に対して、電気力は後者に対して、それぞれ作用するという考えを持っていた。このことは、*mass* を「全体」として *particle* を「部分」としてそれぞれ理解すると、重力は物質全体の「かたまり」に対して、電気力はそれよりも個別的な「粒子」に対して、それぞれ作用する力として理解していたと解釈できる。しかしこのことは、現代的な理解からすると、重力が「かたまり」に対する作用なのであれば、それを構成する「粒子」に対しても作用しているのではないかという素朴な疑問を生むことになる。

報告者は、この疑問を解くカギがファラデーの物質観にあると考えるに至った。ファラデーは、当時、ボスコヴィッチやモソッティといった理論家が提唱していた力動的な物質観を有していた。この物質観では、原子の物質性と力が、その中心から及ぼされている力の分布によって一元的に説明されていた。そして、可感ではないミクロ領域と可感なマクロ領域では原子が及ぼしている力の作用が異なり、距離の逆二乗で作用する重力はマクロ領域で顕在化する力であると考えられた。このように理解すると、ファラデーが理解していたように、*mass* 概念における重力の対象としての「質量」と物質の集合としての「かたまり」というそれぞれの意味は等価なものになることがわかる。

もちろん、このファラデーの *mass* 概念は、当時において一般に普及していたわけではない。とくにニュートン的な物質観やドルトンの原子説を擁護する立場からは思弁的な理論として批判の対象にもなっていた。このファラデーの概念は、彼の上司であったデーヴィーに強い影響を受けて形成されたと考えられるが、先行研究ではこの観点について分析したものはなく、ファラデーの電気分解の法則（流れる電気の量と析出する物質の重さの関係を規定した法則）やデーヴィーの電気化学研究に関連して若干の言及がなされている程度であった。

そこで報告者は、以上の考えについて平成 23 年 7 月にイギリス・エクセター大学で行われたイギリス科学史学会で報告し、ファラデー研究の第一人者であるイギリス王立研究所 (Royal Institution) の Frank A.J.L. James 教授と情報交換を行い、より詳細な資料調査のために王立研究所でファラデー資料を利用させていただく内諾を得た。

さらに、この研究を進めていくために必要

となる資料調査はファラデーだけで済むものではなく、上記のデーヴィーはもちろん、この議論に関係してくるスウェーデンの化学者ベルセリウスやフランスの化学者ベルトレについても必要だと考えられた。そのため、イギリスだけでなくスウェーデンやフランスでの現地調査も含めた研究計画を立てることにした。

2. 研究の目的

ファラデーにおける *mass* 概念の特殊性については、1 の背景で述べたように前段階の研究でかなり明らかになってきていた。そこで本研究では、未入手で出版もされていない資料の調査を通じて彼の *mass* 概念をさらに詳細に分析・検証することを第一の目的とした。さらに、これまでの検証で明らかになりつつあった他の研究者の考え方との関係、とくにデーヴィーやドルトン、ベルセリウスやベルトレといった研究者との影響関係や批判の論点などを分析・検証することを第二の目的とした。そして、これらの分析を通じて、19 世紀前半のヨーロッパの電気化学研究における *mass* 概念を整理し、とくに現代の力学的な理解とは異なる「質量」の概念が当時どのような形で存在していたのかを明らかにするとともに、最終的には物理学や化学の発展に対するこの考え方の歴史的な重要性を評価していきたいと考えた。

3. 研究の方法

本研究では、イギリス、スウェーデン、フランスでの資料調査や国際学会での発表を勤務先大学の長期休業中を利用して実施するとともに、学期期間中には入手した資料の分析を進めた。具体的には、以下の 2 年間の計画で研究を進めることにした。

平成 24 年度

- (1) 資料分析 : 金沢工業大学 (4-8 月)
夏期の資料調査に向けた準備、およびすでに保有している資料の分析開始
- (2) 資料調査 : イギリス・ロンドン (9 月)
ファラデー・デーヴィー資料調査 (イギリス王立研究所と電気学会 (IET) など)
- (3) 資料分析 : 金沢工業大学 (10-2 月)
イギリスでの調査結果の資料分析
- (4) 資料調査 : スウェーデン (3 月)
ベルセリウス資料調査 (スウェーデン科学アカデミーなど)

平成 25 年度

- (1) 資料分析 : 金沢工業大学 (4-8 月)
スウェーデンでの調査結果の資料分析および学会発表の準備
- (2) 学会発表 : 東京・日本大学 (5 月)
日本科学史学会での研究発表・情報交換
- (3) 学会発表 : イギリス・マンチェスター

(7月)

国際科学史会議での研究発表・情報交換、
ドルトン資料調査

- (4) 資料分析 : 金沢工業大学(9-3月)
学会発表の結果を踏まえた資料分析の続
き
- (5) 資料調査 : フランス(3月)
ベルトレ資料調査(フランス国立図書館、
フランス科学アカデミーなど)

なお、研究の方法は資料分析が主体となる。
分析方法そのものは一般的な科学史研究の
ものであるが、海外の研究者と情報交換を進
めながら、力学的な *mass* 概念を当時の電気
化学研究や物質観と関連づける論点に本研
究の工夫・特色がある。

4. 研究成果

申請者は研究開始時点で、ファラデーの
mass 概念に関して出版されている資料を対
象とした調査を基本的に一通り終えていた。
そのため、平成24年9月に2週間程度、王
立研究所と電気学会(The Institution of
Engineering and Technology: IET)のアーカイ
ブで、ファラデーとデーヴィーに關係する未
公刊資料の調査をおこなった。資料からは期
待通りの記述が発見でき、翌年の学会発表の
見通しもついた。

次に、ベルセリウスの資料調査を平成25
年3月に10日程度、スウェーデンの王立科
学アカデミー・科学史センターのアーカイブ
でおこなった。ベルセリウスは、デーヴィー
やファラデーと交流があり、ドルトンの原子
説を擁護して彼らの電気化学理論を批判す
るようになった代表的人物である。

そして、この分析結果を取り入れながら、
平成25年5月末に開催された日本科学史学
会で「ベルセリウスにおける重さと化学作用
の關係」と題する発表をおこない(学会発表
)さらに7月下旬に開催された国際科学
史技術史医学史会議では“An Atomistic
Interpretation of the Concept of “Mass” Given by
Faraday”と題する発表をおこなって(学会発
表)それぞれ研究の途中成果について
来場者との議論や情報交換をおこなった。

さらに、平成26年3月には10日程度、フ
ランス国立図書館でベルトレについての資
料調査を進めた。そして、以上の調査により、
次のことが明らかになってきた。

まず、デーヴィーについての調査からは、
物体が電気的な引力・斥力の共通理論による
ような類似の電気的エネルギーを持つ一方
で、物体は互いに引き合うために異なる電気
的エネルギーを持つ、すなわち、化学親和力
は電気的に反対の *particles* を結び付けるも
のではなく、*particle* に対する化学的引力と *mass*
に対する電気的引力は、一つの単純な法則に
支配されているわけではないと考えていた
ことを確認した。さらに、彼の理論的傾向と

して、ドイツの研究は理論家として誤りであ
り、特定の哲学的傾向(「えせプラトニズム
のカント的ドグマ」)に拘泥していると考え
ていたことや、原子に対するデーヴィーのイ
メージなども草稿から確認できた。

そして、ファラデーについての調査からは、
重力は *mass* にはたらき、物質間の引力(重
力)はそこに含まれる原子の数に比例する
という、原子論的な見解を持っていたこと、
そして重力は可感な距離において作用する共
通的な引力である一方で、可感ではない距離
において作用する力は化学の対象であり、同
種の *particles* にはたらく引力と、異種の
particles にはたらく引力があると考えていた
ことなどを確認した。

一方、ベルセリウスについての資料調査か
らは、彼が原子そのものの議論にはあまり立
ち入っていないが、球形の原子を想定してい
て、その組み合わせ(4面体構造など)とし
て分子をイメージしていたことを草稿から
確認した。このことから、ベルセリウスはド
ルトン的な原子説のイメージを共有してい
たと考えられる。しかし、彼は原子や分子と
化学当量を等価に扱い、それを原子量測定に
よって検証していた。そして、この精密な天
秤を用いた過剰とも考えられる5~6桁の詳
細な測定をおこなっており、その測定結果か
ら、ベルセリウスはドルトンの原子説に疑義
を呈していた。すなわち、測定技術からして、
ベルセリウスは力動的(ボスコヴィッチ的)
な点原子論のイメージは抱きにくく、静的な
いわば分銅的な原子をイメージしていたよ
うにも思われた。この背景には、スウェー
デンにおける鉱物学の伝統があり、それを踏
まえた化学研究であるということが理解でき
た。また、化学反応の強度を化学親和力だけ
でなく物体の量すなわち質量に帰したベル
トレに自覚的に影響を受けていたことも確
認した。

ベルトレについての調査からは、1810年
代の状況が今まで以上に具体的に明らかにな
ってきた。

それ以前に、定比例の法則はブルーストに
よって1799年に提唱されていた。しかし、
それは10年が経過しても十分に実証されて
いたわけではなかった。1807年に出版され
たトマス・トムソンの *A System of Chemistry* は、
それ以降の化学研究に大きな影響力を与え
た。例えばファラデーも、青年期に同書から
大きな影響を受けたと述べている。ベルトレ
は、この *A System of Chemistry* の仏語訳版に
170ページにわたるイントロダクションを寄
稿している。さらに、1808年から1810年
にかけて、ドルトンが *A New System of Chemical
Philosophy* において原子説を発表する。

1810年代は、このような体系的な化学哲学
の進展を踏まえて電気化学研究が隆盛を極
めた。デーヴィーは電気化学についての著書
Elements of Chemical Philosophy を出版し
(1812)、王立研究所に就職したファラデー

とともにフランスを訪問する。また、ベルセリウスが原子量表を発表する(1814)とともに、電気化学的二元論を発表した(1819)。その一方で、ベルトレは不定比化合物(ペルトライド化合物)の存在を主張し、1803年に発表した主著の第2版として出版することも視野に入れて *Revue de l'Essai de Statique chimique* の草稿を(おそらく1815年秋から1816年の秋のあいだに)執筆していた。この原稿は未公開であるが、その内容からはこれまで本研究で調査を進めてきた科学者たちの関係性がより詳細に明らかになってきた。

ベルトレは1806年にラプラスとともにアルクイユ会を創始した。このことから、彼はニュートン力学的な(作用を分子 *moléculaire* の中心力で説明する)研究プログラムに所属していたことがうかがえる。科学史家 Scott は、*The Conflict between Atomism and Conservation Theory 1644 to 1860* (1970)において、18-9世紀の弾性理論をベルヌイ派とボスコヴィッチ派(ここにファラデーなどが属する)に分類し、前者は物体を弾性的なものと考え、後者は中心点の相互作用で考えていたと説明している。現在は、このような当時の科学者とその理論について分類した先行研究などを踏まえながら、本研究で対象としてきた科学者たちの研究内容や考え方について分析を進めているところである。

以上、海外での資料調査そのものはほぼ予定通りに進めることができた。しかし、平成26年3月に最後の資料調査を終えてからは、そこで得られたさまざまな情報の分析がまだ十分には進んでいない。したがって研究目的で掲げていたような19世紀前半のヨーロッパの電気化学研究における *mass* 概念の整理、とくにその現代の力学概念との相違についてはまだ資料を読み込んで分析していく必要性が残されている。今後は、追加の付随的な調査もおこないながらこの分析を進め、なるべく早く確かな結論を示せるように尽力したい。そして、その成果を論文として公表したいと考えている。

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0件)

〔学会発表〕(計3件)

夏目賢一「19世紀における静電・電磁誘導現象の理論化 その説明と表現への模索」日本科学史学会、第27期第1回科学史学校、2014年4月26日、日本大学(東京都)

Kenichi Natsume, “An Atomistic Interpretation of the Concept of “Mass” Given by Faraday,” 24th International Congress of History of Science, Technology and Medicine, 2013年7月25日, The

University of Manchester (イギリス・マンチェスター)

夏目賢一「ベルセリウスにおける重さと化学作用の関係」日本科学史学会60回年会、2013年5月25日、日本大学(東京都)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
「金沢工業大学 研究者情報 夏目賢一」
<http://kitnet10.kanazawa-it.ac.jp/researcherdb/researcher/RAGAI.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

夏目 賢一 (NATSUME, Kenichi)
金沢工業大学・基礎教育部・准教授
研究者番号：70449429

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし