

ローレンツ『物理学』日本語版の成立とその背景

——長岡・桑木と世紀転換期の電子論——

有賀 暢 迪

国立科学博物館理工学研究部 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1

Making the Japanese Edition of Lorentz's *Physics*:

Nagaoka, Kuwaki, and the Electron Theory around 1900

Nobumichi ARIGA

Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science,
4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan
e-mail: n-ariga@kahaku.go.jp

Abstract H. A. Lorentz's textbook on theoretical physics was translated into Japanese in 1912 by two Japanese physicists, Hantaro Nagaoka and Ayao Kuwaki. The present paper aims to clarify the characteristics of and the historical background to the Japanese edition of Lorentz's *Physics*. The emphasis is put on the electron theory that appeared and gained strength around 1900. Both Nagaoka and Kuwaki were interested in that theory, although the former was more attracted by the electromagnetic view of matter while the latter was particularly concerned with the theory of relativity. Lorentz at Leiden University was one of the leading figures in the new brand of physics, and it was Nagaoka's and Kuwaki's respective visits to the Dutch master which resulted in the project of translating *Physics*. The textbook contained a chapter on how various physical phenomena could be explained by the electron theory. In addition to this novelty, the Japanese edition was updated from the German edition which was used as an original text. Two letters from Lorentz to Nagaoka, which are found in the Nagaoka Archive at the National Museum of Nature and Science, show that Lorentz sent manuscripts for revising his textbook.

Key words: Hendrik Antoon Lorentz; Hantaro Nagaoka; Ayao Kuwaki; electron theory; physics textbook

序

大正2 (1913) 年7月発行の『東洋学芸雑誌』の頁をめくっていくと、紙面を1頁丸ごと使った書籍広告が目飛び込んでくる。富山房が出版した、ローレンツ『物理学』上下巻の広告である¹⁾。同書は長岡半太郎 (1865–1950) と桑木 彥雄 (1878–1945) の共訳になる、理論的な物理学の教科書であった²⁾。広告は大きな活字でこう謳っている——「世界の学界が有せるローレンツ氏物理学の最新版」であると (旧字体は原則として現行のもので置き換えた、以下も同様)。

ローレンツ『物理学』の存在は今日ではほぼ完全に忘れられているが、『長岡半太郎伝』によれば、同書はブランク『理論物理学汎論』が翻訳されるまで理論物理学の最も権威ある教科書として用いられたという (ただしその根拠は明示されていないが)³⁾。本稿の課題は、この翻訳教科書の成立事情を文書史料に基づいて示すことにある。この教科書はどのような時代背景のもと、どのような経緯で翻訳されたのか、また、それは如何なる意味で「世界の学界が有せるローレンツ氏物理学の最新版」であったのか、これらが以下で論じる問いを構成する。

この一連の問いに答える上で重要なのが、19世紀から20世紀への世紀転換期に登場してきた「電子論」と呼ばれる物理学理論の存在である。と言うのも、オランダの理論物理学者ローレンツ (Hendrik Antoon Lorentz, 1853–1928) は当時、この理論の第一人者として知られていたからである^{4), 5)}。ローレンツの『物理学』は、基本的には大学での初等講義をまとめたものであるが、その中には電子論に関わる内容も含まれていた。ここで重要なのは、その教科書を訳した長岡と桑木がどちらも、ローレンツの電子論を自分自身の研究課題との関連でよく知っていたのみならず、個人的にも面識を持っていたという事実である。このような事情を踏まえるならば、ローレンツ『物理学』の翻訳は、単なる日本国内での教科書出版事業という以上の意味を持つてくと思われる。

以下では、ローレンツ『物理学』の翻訳出版をめぐる一連の事情を、世紀転換期における電子論の興隆に即して提示する。第1節と第2節では歴史的背景として、電子および電子論の登場と、それに対する長岡と桑木の関わりを概観する。これを踏まえて第3節で、『物理学』が翻訳された直接的な経緯、すなわち長岡と桑木のローレンツ訪問について述べる。第4節では『物理学』の内容に視点を移し、それが電子論に関わる最新の解説を含んでいたことを見る。最後に第5節では、これまで紹介されてこなかったローレンツの長岡宛て書簡 (国立科学博物館所蔵) を紹介し、その内容を踏まえて、翻訳書でなされた改訂について検討する。

1. 電子と電子論の出現

物理学の歴史上、19世紀末から20世紀初頭にかけての時期は、古典物理学から現代物理学への移行期として記憶されている。1895年からの10年間に、一方ではX線、放射能、電子、原子核などが実験的に確認され、他方では量子論や相対論の最初のアイデアが登場した。本節では、このうち特に電子をめぐる考え方の発展について、後の議論に直接関連する範囲内で概観しておく。

「電子」「電子論」という言葉は、日本国内でも20世紀初頭には現れている。だがそれらが当時意味したものは、現在の言葉遣いから普通に想像されるものとは少し異なっていた。たとえば桑木或雄は1907 (明治40) 年の『電子の形状に就て』の

中で⁶⁾、次のように説明している (73頁、原文のカナ表記はひらがなに改めた。以降の引用についてもすべて同様)。

物質を細分すれば分子に至りて窮まり、さらに之を割れば原子を得。[……] 原子の種類は七十有余に止まり、化学上の分析は此に窮極したりしが輓近の電子論は尚進んで之を分ち、原子を以て電子の集団と見做す。電子とは受電の小粒の謂にして、電気には陰陽の二種あるのみなり。

この解説によれば、「電子」とは電荷を帯びた粒子 (「受電の小粒」) のことであり、原子は「電子」の集団である。現在の用語法では、「電子」はマイナスの電荷を持つ素粒子ということになっているが、当時「電子」という言葉が使われる場合には、プラスのものとマイナスのものとを両方指した。ここで問題にしている時代は、原子が原子核と電子からなるという描像が広く受け入れられる直前の時期に当たる。すなわち、原子が多数の (正および負の) 粒子から成っているのはおそらく確かだが、原子の内部構造がどのようなになっているのか、またその粒子がどのような性質を持っているのかについては共通理解がまだ存在しなかった。

このような意味での電子という考え方が広まる上では、1897年の二つの出来事が重要であった。一つはイギリスのJ・J・トムソン (Joseph John Thomson, 1856–1940) に代表される陰極線の実験的研究、もう一つはオランダのローレンツが関与したゼーマン効果の研究である。トムソンは、陰極線が電場や磁場によって曲げられることからそれは粒子によって出来ていると主張し、さらに比電荷 (電荷と質量の比) を実験的に測定して、この値が物質によらず一定であると示した。他方、これよりわずかに先行して、オランダのゼーマン (Pieter Zeeman, 1865–1943) はローレンツの助言の下、スペクトル線に磁場をかけると線が分裂すること (ゼーマン効果) を発見し、この結果がローレンツの理論——後に「電子論」として知られるようになったもの——でうまく説明できることを確認した。その理論の特色は、電磁場を担うエーテルと電荷を帯びた粒子とを区別し、その両者の相互作用を考えるという点にあった。その上、ゼーマンがこの理論を使って実験から得た比電荷の値は、陰極線での測定数値とほぼ一致して

いた^{7), 8), 9)}。

こうして存在を示唆された粒子には当初、さまざまな呼び名があった。トムソンは自分の確認した粒子を“corpuscle”と名付けていたし、ローレンツは自分の理論に出てくる荷電粒子を“ion”と呼んでいた。「電子」に当たる“electron”の語は、最初ストーニー (George Johnstone Stoney, 1826–1911) が電気素量の意味で使った (1891年) のをラーモア (Joseph Larmor, 1857–1942) が自分の理論に転用し、それをローレンツ＝ゼーマンの荷電粒子と同一視した (1897年) ことから少しずつ普及した。ただし、ローレンツが1899年に「イオン」から「電子」に用語を変更したのに対し、トムソンはずっと後までこの言葉を採用していない^{8), 9)}。

「電子」という日本語が登場したのは、筆者が今回参照した範囲では、イギリスの物理学者ロッジ (Oliver Joseph Lodge, 1851–1940) の講演を翻訳 (抄訳) したものが最初である。これは『東洋学芸雑誌』の明治36 (1903) 年5月号に『最近の物質観』という邦題で掲載されたもので、訳したのは愛知敬一 (1880–1923, 当時は東京帝大物理学科の学生) であるが、教授の長岡半太郎が添えた前書きにも「電子」というルビ付きの表記が見えている^{10), 11)}。なお、その翌年には、ロッジの講演の続編が再び愛知の手で、やはり『最近の物質観』として訳出されており、そこでは「電子」の語が断りなく使用されている¹²⁾。

この講演邦題に見られる通り、電子の発見は新しい物質観の台頭をもたらした。実際、ロッジの講演では次のように述べられている¹⁰⁾。「上には原子の外に別に電子ありと考へたるも、かく電子の外に原子なるものを置くの必要殆どなければ原子を以て電子の集合と考ふるも不都合なかるべし、然らば原子の有せる惰性 [引用者注：慣性のこと] は全く電子が電気を有せる為の惰性に因る者なるべし (222頁)」。ここには、原子が電子の集合体であるという見方に加えて、慣性は電気に由来するという主張が見られる。これは電磁質量と呼ばれる概念で、エーテル (または電磁場) 中を運動する電荷が一種の見かけの質量を獲得するという、J・J・トムソンの研究 (1881年) に端を発している。1900年にはヴィーン (Wilhelm Wien, 1864–1928) が、電磁質量は速度に依存すると指摘した上で、あらゆる質量は電磁気学的起源のものだと主張した。このような見方は1900年代に入り、電磁気学的世界観と呼ばれるものに発展して

いった。ローレンツも、主著『電子論』(1909年刊、1906年に行われた講義に基づく) を著す頃には、この種の世界観に賛同を示すようになっていた^{13), 14)}。

これと関連して1900年代に論争的になったのが、電子の形状という問題である。ドイツの理論物理学者アブラハム (Max Abraham, 1875–1922) がそれを剛体と見なしたのに対し、ローレンツの理論では、電子は運動方向に収縮するとされた (今日「ローレンツ変換」と呼ばれるものに従う)。ほかにも、ドイツのブーヘラー (Adolf Bucherer, 1863–1927) やフランスのランジュヴァン (Paul Langevin, 1872–1949) が、体積を保って変形するという別のモデルを提唱していた。こうした状況に決着を付けるべく、電子の質量の速度依存性を実験的に測定する試みが1900年代に繰り返された。カウフマン (Walter Kaufmann, 1871–1947) の1903年の研究ではアブラハムの理論が正しいように見えたが、プランク (Max Planck, 1858–1947) はこの結論に異議を唱えた。その後、1908年にブーヘラーが行った測定はむしろローレンツの理論を支持する結果になった^{15), 16)}。

以上見てきたような、電子の登場から電磁気学的物質観の出現へとつながっていく世紀転換期の物理学の中で、ローレンツの電子論は一貫して問題の中心付近に位置していた。特に注意しておく必要があるのは、アインシュタインの相対性理論が初期には概して電子の力学との関連で議論され、時にローレンツ＝アインシュタインの理論とも呼ばれていたことである。アインシュタインの理論がローレンツの理論とまったく異なることが認識されたのは、一般には4次元時空の概念を導入した1908年のミンコフスキー (Hermann Minkowski, 1864–1909) の研究以降であると言われている^{17), 18)}。

2. 日本における電子論

ヨーロッパで世紀転換期に登場した電子の物理学は、それほど遅れることなく日本にも紹介された。本節で見ていくように、長岡半太郎と桑木彥雄はこの過程に深く関与している。ただし、電子論に対する両者の関わり方には違いがあった。長岡が物質観の問題に深い関心を寄せていたのに対し、桑木の主たる関心は時間と空間の概念、すなわち相対性理論に向けられていたのである。

早くも1898(明治31)年、トムソンやゼーマンの仕事が発表された翌年に、長岡は一連の解説記事を通じてヨーロッパの研究動向を紹介していた。『東洋学芸雑誌』3月号の『原子に関する疑惑』では陰極線の正体について「エーテル」派と「微塵」派の見解があることを紹介し¹⁹⁾、翌月の『微塵説とカソード線』では主にドイツのレーナルト(Philipp Eduard Anton Lenard, 1862–1947)の研究を引いて、陰極線は陰電気を帯びた「微塵」であるとする説がもっともらしいとした²⁰⁾。さらに7月号の『ゼーマン効果』では、ゼーマンを始めとする実験研究を紹介する中で、「ローレンツの電気磁気場に於るイオンの運動に関する理論」にも言及されている²¹⁾。

1900(明治33)年には、長岡はパリで開かれた第1回国際物理学会議に、日本からただ一人参加した。この会議では第5部会で電子に関わるテーマが扱われ、トムソンやローレンツが発表を行っている²²⁾。会議に参加した長岡がこの部会に出席していたかどうかははっきりしないが、文科省に翌年提出された報告書を見る限り、少なくとも会議録を通じてその内容を知っていたのは間違いない²³⁾、²⁴⁾。

長岡はその後、台頭してきた新しい物理学の研究と普及に力を入れるようになる。1903(明治36)年の終わりに発表した土星型原子模型からして、多数の電子からなる原子の安定性と、それによるスペクトル線の説明を問題にするものであった²⁵⁾。加えて、長岡はこの時期、「物質観」をテーマとした講演・解説を数多く手がけていた。1904(明治37)年5月に高等師範学校数学化学会で『最近の物質観』と題して講演したのを皮切りに²⁶⁾、『東洋学芸雑誌』7月号には『惰性は電気性なる説に就き』という論説を寄せた²⁷⁾。その翌年も、原子模型に関する理論的研究を続ける一方で、『物質の微粒子構造に関する思想の発達』を『東洋学芸雑誌』に書き²⁸⁾、年末には著書『ラザウムと電気物質観』を脱稿している²⁹⁾。さらに同書の出版直後、1906(明治39)年4月には、再び『最近物質観』と題して理科大学物理学教室で講演した³⁰⁾。これらの紹介で繰り返言われている「最近の物質観」とはすなわち電子論のことであって、事実『ラザウムと電気物質観』の序には、「或は放射能做と電子論と改むる方適当ならんか」と書かれている。長岡の電子論に対する関心は、物質の窮極を探ることに向けられていた。1908(明治41)年

に始まるゼーマン効果の実験的研究も、その延長線上でなされたと見るのが自然であろう³¹⁾。

これに対し、桑木彥雄はむしろ力学の基礎への関心から電子論に接したと思われる。1906(明治39)年の論文『絶対運動論』は「絶対運動」という概念の歴史的検討を試みたものだが、このテーマは「又輓近電子論によりて更に問題を新たにせる観あり」と桑木は言う。実際、この論文の第9節は「電子論上の絶対運動説」に充てられ、ローレンツの理論などに言及しつつエーテルと絶対空間の問題が議論された³²⁾、³³⁾。桑木はすでにアインシュタイン(Albert Einstein, 1879–1955)の特殊相対性理論(1905年)を知っていたとされるが、それに対する具体的言及は翌1907(明治40)年に印刷された『電子の形状に就て』に持ち越された⁶⁾。この文献は、相対性理論を日本で初めて紹介したものとして知られる³⁴⁾、³⁵⁾。しかし表題が示唆している通り、桑木がこの記事で解説しようとしたのは相対論そのものではなく、前節で述べたような電子の形状をめぐる議論の経過であった。

なお、1910年頃になると、相対論に取り組む日本人が桑木のほかにも現れていた。おそらくは桑木の影響の下で、石原純(1881–1947)が相対論の最初の論文を発表したのは1909(明治42)年10月のことである。同じ年には、京都帝国大学理工科大学教授の水野敏之丞(1862–1944)と、その学生だった玉城嘉十郎(1886–1939)も、相対論の関係式を使って電磁気学の問題を扱った³⁶⁾。

このうち水野は1912(大正元)年に、『電子論』と題した書物を出版している³⁷⁾。これは「電子」の語が書名に使われた、日本で最初の本である(ただし筆者が参照したのは大正3年1月発行の第2版)。この中には「相対原律」についての記述もあるが、全体としては、世紀転換期の物理学を電子論の立場から詳しく論じた内容になっている。水野の独特な言葉遣いによれば、「電子は自然界の覇王である」(334頁)。また、「吾人の肉眼心目に触るる物質及之に附随する諸現象は帰する所皆電子に在らざるは無し、そうすると天下は如何にも電子の天下である」(335頁)。これは確かに、当時の物理学界の雰囲気的一端を表すものではあった。

3. 長岡・桑木のローレンツ訪問

長岡半太郎と桑木彥雄は、前節で述べた通り関心こそ異なれども、1905年前後までにはローレン

ツの電子論に接していた。本節ではこれを踏まえ、1909（明治42）年と1910（同43）年に両者がそれぞれローレンツを直接訪問したこと、その結果として物理学教科書の翻訳が計画されるに至ったことを見る。またその時代背景として、ちょうどこの時期のヨーロッパで物理学の「革命」が起こっていたことを併せて確認する。

先にローレンツを訪ねたのは桑木彥雄のほうであった。桑木は1899（明治32）年に東京帝大物理学科を卒業後、しばらくそこで助手、講師を務めていたが、おそらくは新設の私立明治専門学校（現在の九州工業大学の前身）への就職準備として、1907（明治40）年の冬学期から1909（明治42）年の夏学期までドイツのベルリン大学に留学した³⁸⁾。この時のことを断片的に綴った『留学雑記』には、この機会を捉えてヨーロッパ各地へ出かけたことが書かれている³⁹⁾。その中には、マッハ（Ernst Mach, 1838–1916）やアインシュタインに会った話などと並んで、ライデンでローレンツ教授に会ったという記述がある（『留学雑記（四）』、483頁）。桑木はこの時のことをごく簡単にしか記していないが、その記述を読む限り、相対論が話題の中心だったのは間違いないようである。前後の文脈から見て、この訪問は1909（明治42）年春のことであったと考えられる。

この1年半後、今度は長岡がローレンツのもとを訪ねた。これは1910（明治43）年の欧州視察の折であった。当時、東京帝国大学理科大学の理論物理学講座教授であった長岡は、新設される東北帝国大学への転任を念頭に、必要となる実験機器の購入やいくつかの国際会議への出席等を目的として、半年近くにわたってヨーロッパ諸国の大学・研究所を歴訪した^{40), 41), 42)}。この時の見聞をまとめたものは翌年、『東京物理学校雑誌』に「欧洲物理学実験場巡覧記」と題して連載されている⁴³⁾。

ちょうどこの当時、ヨーロッパの物理学界では大きな変化が進行中であった。すでに述べたように、この頃になると、電子の測定実験の結果はローレンツ理論に有利な方向に傾いていた。一方でアインシュタインの相対論の重要性も認識されるようになってきたが、当時の標準的理解はむしろ、相対論がローレンツの電子論の発展形だというものであった。たとえばプランクは1910年9月に、ドイツ自然科学者・医学者協会での演説で次のように述べている。ここでは、その翌年に桑木

の手で訳出された版から引用しておこう。

[相対論という]この新しい領分の開拓者としては第一にヘンドリック、アントーン、ローレンツを数ふ可きである。彼は相待的時間の概念を見出しこれを電気力学に導いた、併し彼様に根本的な結論は与えなかった。然る後アルベルト、アインシュタインが初めて凡ての時間の値の相待的なことを一般の前提と宣言するの大胆を有した。ヘルマン、ミンコフスキーに至って相待論を渾然たる数学的系統に仕上げたのである⁴⁴⁾。

これこそまさに、長岡がヨーロッパ視察旅行で目の当たりにした「革命」であった。現地から東京帝国大学の関係者らに宛てた有名な書簡の中で、長岡はプランクの演説に触れ、「革命の先鋒はローレンツで、中堅はアインシュタイン、而してミンコフスキーが殿〔しんが部〕であると[プランクが]申ししたが、適評と考える」と記している（句読点を変更⁴⁵⁾）。つまり長岡がライデンを訪れた頃には、ローレンツは物理学の「革命」の先導者と見なされるようになっていた。なお補足しておけば、長岡の接したこの「革命」は、一般に考えられているのと異なり、量子論とは直接関係がないと思われる（たとえば『長岡半太郎伝』はこの革命について、「相対性理論と量子論の出現のことである」としている⁴⁶⁾）。近年の研究成果を踏まえると、1900年代にドイツを中心に起こっていたのはむしろ、電子論を中核とする「失敗した革命」(Kragh)であったと考えられるためである⁴⁷⁾。

長岡のローレンツ訪問は、こうした時代状況の中、1910年11月9日になされた。これはプランクの講演から2ヶ月ほど後のことであり、二人の会話の中でも相対論は主要な話題の一つを占めていた。長岡によると、ローレンツはその際、ゲッチンゲン大学に招かれて講演をしてきた時のことを語った。そしておそらくはその流れで、自分の物理学教科書の翻訳という話を持ち出したと思われる。と言うのも、これを日本語訳することになった経緯について、長岡は次のように回想しているからである。

[ローレンツ先生曰く、]ゲッチンゲンでリーッケ教授に逢ったとき其物理学書が日本語に訳されたのを見た、拙著の物理学書もあ

るが少く趣を異にしてゐる、近頃諸国語に訳せらるゝが日本にも訳書を拵へる人はあるまいかとのことであったから、暇があつたら反訳して見ませうかと云ふところが先生大に悦ばれた、然し場合に依つては半分は他人に托することがあるかも知れぬと申したところ、先年尋ねて来た桑木君が中々理解力のある人であるから如何かと申されたから必ず快諾するであらうと云つたところが、最新版の独逸訳には尚補充しなければならぬところがあるから愈反訳に取懸るならば数十頁の敷衍をしやうと約束された〔……〕⁴⁸⁾。

これによれば、翻訳の話を持ちかけたのは長岡でなくローレンツのほうであり、共訳者として桑木を提案したのもローレンツであつたことになる。出版された『物理学』上巻の「訳者序」(大正2年4月付)でも、長岡の訪問時にローレンツが「之を邦語に訳するの意無きかを糺」したと記されている⁴⁹⁾。引用中にある「リーッケ教授」の本と「数十頁の敷衍」については、次節以降で改めて取り上げることにしよう。

長岡は1910(明治43)年の末頃、欧州視察から帰国した。東北への転任は結局、帰国後すぐに沙汰止みとなったため、長岡は引き続き東京帝大の教授を務めることになった。一方、桑木はこれより先、留学から戻った年の秋にはすでに九州に移っていた(石原純に宛てた同年11月付けの書簡を西尾が紹介している⁵⁰⁾)。したがってローレンツ『物理学』の翻訳は、東京と九州で別々に進められたことになる。分担としては、原書ドイツ語版の第1巻(訳書では上巻)を桑木が、第2巻(下巻)を長岡が担当することになった。

以上が、『物理学』の翻訳が企画された経緯であつた。その直接のきっかけとなった桑木と長岡のローレンツ訪問では、電子論から相対論につながっていく物理学の「革命」が話題に上っていた。そして電子論の第一人者であつた理論物理学者ローレンツは、当時この「革命」の中心人物の一人と見られていた。長岡と桑木にとって、このことは、教科書を翻訳するという一見地味な仕事に対して十分な意義を与えるものであつたと考えられる。加えて、ローレンツの教科書そのものにも、従来の本にない新しい内容が含まれていた。この点を次に検討することにしたい。

4. ローレンツ『物理学』の特色

日本語版ローレンツ『物理学』の出版は、前節で述べた通り、ローレンツの側から持ちかけられた企画であつた。その提案を長岡と桑木が快諾したということは、両名がこの教科書を訳すことに何らかの意義を認めていたことを示唆している。本節では特に、当時日本国内にあつたほかの翻訳教科書と比べてローレンツの本にはどのような内容上の特色があつたのかという観点から、この問題を考察しよう。

『物理学』上巻に付された「訳者序」では、既存の教科書に言及しつつ、ローレンツの本の利点が説かれている⁴⁹⁾。最初に触れられているのは「ウィリヤム・タムソンとテイトとが著し、物理学」と「ジェー・ジェー・タムソンとポインティングの著せる通論」で、前者はWilliam Thomson and Peter Guthrie Tait, *Treatise on Natural Philosophy* (初版1867年)を、後者はJ. H. Poynting and J. J. Thomson, *A Text-Book of Physics*のシリーズ(全4巻、最初に出た巻の初版1899年)を指すと思われる。いずれも版を重ねた有名な著作であるが、日本語に訳されたことはない。

日本語の教科書については、次のように言われている。「本邦には既に諸名家の著書あり、而してリーッケ及びワルブルヒ等の著書も亦訳述せられたれば、実験物理学を学ぶには其書に乏からずと雖、之と羽翼相待つべき物理学の理論を平易に通覧すべきものなし」と、ここで言及されている「リーッケ」と「ワルブルヒ」の訳書とは、木村駿吉(1866–1938)の訳した2巻からなる教科書『物理般論：自習及講義用』(1901, 明治34年)と、中村清二(1869–1960)の翻訳した『実験物理学』(1902, 明治35年)のことである^{51), 52)}。

『物理般論』は原題を *Lehrbuch der Experimental-Physik* (直訳すれば『実験物理学の教科書』) と言ひ、1896年に初版が出版された(著者の生前に第5版まで出ている)。日本語版はこの初版を底本としているが、原著者による加筆分も一部含まれている。原著者のリーケ(Eduard Riecke, 1845–1915)はドイツのゲッチンゲン大学に長年勤めた物理学者で、特に電気や金属の研究で知られていた⁵³⁾。前節で触れたように、ローレンツが長岡に自著の翻訳を持ちかけた直接のきっかけが、リーケのこの教科書であつた。

他方の「ワルブルヒ」もしくはヴァールブル

ク (Emil Gabriel Warburg, 1846–1931) は、シュトラスブルク、フライブルク、ベルリンの各大学教授を歴任し、1905年からはドイツの帝国物理工学研究所所長を務めた物理学者であった。特にベルリン大学では多くの学生を受け持ち、実験物理学の「ヴァールブルク学派」を形成したと言われる。彼の教科書『実験物理学』は文字通りベストセラーとなった本で、1893年の初版から数えて実に第22版 (1929年) まだが世に出た⁵⁴⁾。日本語版 (初版) の底本に使われたのは第3版 (1897年) と第4版 (1899年) である。

この二つの教科書 (日本語版) では、世紀転換期における物理学の新しい知見も一部紹介されていた。リーケの教科書の場合には、第3部第7篇第3章で、第522a節として「カソード放射線 [陰極線]、レントゲン [レントゲン] 放射線、及び管状放射線」が取り上げられている。これは原書初版にはなかった内容で、「原著者の第2版原稿に拠る」との訳注がある (下巻313頁)。またヴァール

ブルクの本では、第8巻第18章に、第797節「カソード放射線 [陰極線]」と第798節「レントゲンX放射線」が収められている。ただし興味深いことに、これらが登場するのはいずれの本の場合も電磁気学の「応用」と題された節の中であり、放射能などについては特に議論されていないし、陰極線やX線といった現象が理論的にどう説明されるかという点にもほとんど立ち入っていない。

これと比べると、ローレンツ『物理学』には内容上の際立った特色が認められる。この教科書は確かに、全体としては、今日「古典物理学」と呼ばれる内容で占められていた (表1)。すなわち、桑木の訳した上巻では力学と熱力学が扱われ、長岡の訳した下巻では振動 (音) から始まり、光学を論じて電磁気学へと進む構成になっている。しかしローレンツはこの教科書の最後に、「電子論に依て説明すべき諸現象」 (表2) という一章を設けていた (この「すべき」は「できる」の意)。繰り返しになるが、電子論は世紀転換期の物理学を代表

表1. ローレンツ『物理学』目次

〈上巻 [桑木訳]〉		〈下巻 [長岡訳]〉	
数学緒論		第9章	振動する物体
第1章	運動及力	第10章	振動の伝播
第2章	仕事及エネルギー	第11章	光の反射と屈折
第3章	不変形の固体	第12章	光の性質
第4章	液体及気体の平衡及運動	第13章	偏光
第5章	気体の性質	第14章	静電気学
第6章	熱力学的考察	第15章	電流
第7章	固体の性質	第16章	磁場の作用
第8章	液体及蒸気の性質	第17章	電気振動、電磁変動の伝播
		第18章	電子論に依て説明すべき諸現象
			演習問題
			諸表

表2. 第18章「電子論に依て説明すべき諸現象」の項目

第608節	電子に於ける磁場の作用
第609節	磁場に動く線に生ずる感応作用の説明
第610節	稀薄なる気体内の放電現象
第611節	陰極線
第612節	陰電子の帯電及質量
第613節	孔線
第614節	レントゲン線の作用に由り空気の伝導性を帯ぶること
第615節	ベクレル線 ラヂウム
第616節	放射性物質の線の性質
第617節	種々の影響に由て気体の受くる伝導能の原因
第618節	金属内の自由電子
第619節	不導体内の電子 光及熱の吸収及放射
第620節	ゼーマン現象

する理論の一つであり、ローレンツはその中心人物であった。最先端の物理学の内容をその第一人者が平易に紹介しているという意味で、この章がこの教科書の目玉であったと言えるであろう。実際、『物理学』出版後に『東洋学芸雑誌』に出た「新著紹介」記事では、この最終章に限り、具体的な節の内容が特に列挙して紹介されている⁵⁵⁾。

このように見てくると、ローレンツの『物理学』は教科書としては非常に新しい内容を含んでいたと言ってよさそうに思われる。その最終章で、陰極線、X線から放射能やゼーマン効果などに至る多様な実験事実が解説され、かつそれらが電子論によって理論的に説明できるものとして提示されていたからである。すでに電子論に親しんでいた長岡と桑木にとって、この部分は特に価値あるものと映ったであろう。しかし、この翻訳書の新しさはそれだけに止まらなかった。次に見るように、日本語版では、底本にない増補改訂が施されていたのである。

5. ローレンツの書簡と『物理学』の改訂

第3節で引用した長岡の回想によれば、ローレンツは教科書が日本語訳されるに当たり、「数十頁の敷衍」を約束したという。本節ではこの点に関し、日本語版で実際にどのような「敷衍」が行われたのかを検討する。その際に手掛かりとなるのが、国立科学博物館が所有するローレンツの手紙である。同館の所蔵する「長岡半太郎資料」の中には、ローレンツ個人から長岡に送られた書簡が2通確認でき、いずれも『物理学』の翻訳に関連している。以下ではこの書簡の内容を紹介し、それを踏まえて、日本語版『物理学』での増補改訂について議論する。

5.1 1911年8月31日付書簡

ローレンツの書簡のうち日付の早いほうの1通は、国立科学博物館の資料目録でLNB16という記号・番号が振られたもので、二つ折りにした紙の両面に手書きで綴られた文章(計4頁)と封筒からなっている。文面の冒頭には「ライデン、1911年8月31日」とあり、末尾にローレンツの署名がある。使用言語はすべて英語である。

ローレンツはこの書簡の冒頭、自分が長いあいだ返事を出さなかったことを詫言っている。その文面から、長岡がヨーロッパ滞在中のベルリンから

もローレンツに手紙を送っていたこと、さらに帰国後には7月22日付で手紙を書いていたことが分かる。長岡はおそらくこの7月の書簡で、翻訳の具体的な計画を知らせたものと思われる。実際、ローレンツは翻訳について次のように書いている(第2頁、筆者による英文転写を付す、後の引用についても同様)。

私の本についてですが、これを翻訳することであなたと桑木氏はたいへんな名誉を私に与えてくださるでしょうし、もしこれがあなたの国で多少なりとも役立ちうるものでしたらとても嬉しいに違いありません。あなたが手紙の中で挙げられていたような種類の困難がそんなにも多くは見つからないことを願っています。

As to my book, you and Mr. Kuwaki will do me a great honour by translating it, and I shall be very happy if it can be of some use in your country. I hope you will not find too much difficulties of the kind you indicated in your letter.

さらに、自分は残念ながらそれを読むことはできないだろうが、どんな出来上がりになるのかは興味がある、と付け加えたあと、ローレンツは以下のように伝えた(第3頁)。

同じ便で、第2巻の最新版でなされている変更点をお送りします。この草稿はロシア語の翻訳に用いられたのと同じです。第1巻のための用紙はいまオデッサにあり、そこでロシア語第2版に使われています。ですが、その街の出版社には、それをできる限り早く私に返してもらおうよう頼んでおきましたから、そうしたらすぐにお送りするようにします。

I forward to you by the same post the alterations that have been made in the last edition of the second volume, the manuscript is the same that has served for the Russian translation. The sheets to the first volume are now in Odessa, where they are used for the second Russian edition. I have, however, asked the publisher in that town, to return them to me as soon as possible, and I shall then send them immediately.

この中に出てくる「草稿」(the manuscript)は第2巻の変更内容を記した紙を、「第1巻のための用紙」(The sheets to the first volume)は同じく、第1巻の変更内容を記した紙のことを指すと考えられる。そうすると、ローレンツはこの時点では、第2巻の変更内容だけを長岡に知らせてきたことになる。送られてきたはずの草稿は「長岡半太郎資料」には見当たらないが、ローレンツは上の引用に続けて使用後にそれを送り返してほしい旨を書いているから、長岡が約束通り返送したと見るのが自然であろう。一方、第1巻の変更内容に関しては、これが実際に送られてきたことを示す資料は残っていない。

上の引用から分かるもう一つの重要な点は、第2巻の増補改訂が特に日本語版のためだけに用意されたわけではなく、ロシア語版と共通の内容だったことである。ここで『物理学』の書誌に触れておくと、この本はもともとオランダ語で書かれており、1888年に初版が出た後、オランダ国内では第9版(1929年)まで版を重ねた。長岡と桑木が底本に使ったのはドイツ語版(1906-07年出版)で、これは原書第4版(1904-06年)からの翻訳である。ロシア語版も同じく、このドイツ語版を底本としてそれに改訂が加えられたものであり、初版が1910年と12年に、第2版が1912年と15年に出ているという^{56), 57)}。そうすると、ローレンツが上の手紙を送ってきた時点(1911年8月31日現在)では、ロシア語版は初版の第2巻と第2版の第1巻とが印刷準備中だったことになる。したがってローレンツが送ってきた「第2巻の最新版でなされている変更点」とは、もともとロシア語版初版のために用意されたものであったと考えられる。

5.2 1912年3月22日付書簡

「長岡半太郎資料」(国立科学博物館)にある第二の書簡については、内容を紹介する前に史料そのものに関わる議論をしておく必要がある。というのも、この書簡は現行の目録ではLNb17とLNb18という二つの別の史料として登録されているためである。しかしこれは以下に述べる理由から、本来一組のものであったと考えられる。

LNb17は1枚の紙で、両面に手書きで書かれている(合計2頁)。表面の最初には「ライデン、1912年3月22日」と記され、裏面の最後にローレンツの署名がある。これに対してLNb18は、やはり手

書きで記された紙が2枚(片面、計2頁)と、ローレンツの署名がある封筒からなる。なお、使用言語はどちらもすべて英語である。

LNb18の手書き文書は手紙ではなく、冒頭に“Preface”という題のある原稿である。この内容は、実際、出版された『物理学』の“Preface”と一語一句まで一致している。つまり、ローレンツの送ってきた英文原稿がそのまま活字化され、印刷に付されたことが分かる(なお細かいことを言えば、“Preface”の原稿にあった署名だけは活字化されず、そのまま転写して書籍に利用されている)⁵⁸⁾。一方、LNb17のほうは手紙文であり、次のように書き出されている(第1頁)。

親切にもあなたが私に書いてほしいと言われました、同封の“preface”を喜んでお送りします。これがあなたの目的に適い、お手に届くのが間に合うとよいのですが、

I have the pleasure to send you the enclosed “preface” which you kindly asked me to write, hoping it may suit your purpose and came to your hand in time.

それゆえ、LNb18の“Preface”はLNb17の手紙に同封されていたと考えるのが自然である。実際、LNb18の封筒にはライデンの消印として「23.3.12」つまり1912年3月23日とあるが、これは手紙(LNb17)の日付の翌日である。以上のことから、ローレンツは手紙と原稿とをこの封筒に入れて送ったのであり、二つの史料は本来一体のものであると結論できる。

このローレンツの手紙の内容は、大部分が長岡と桑木に対する感謝の言葉で占められている(その中には、長岡が最近送った手紙や、長岡の研究室のある建物を描いた絵葉書への言及があるが、これらの詳細は不明)。翻訳に関係する記述としては、次のパラグラフが短いながらも注目に値する(第2頁)。

これまでに認められている最大波長の赤外線として0.03 cmに言及したほうがよいだろうという点では、もちろんあなたに賛成です。

Of course I agree with you that it will be better to mention 0.03 cm as the longest wave-length of

infra-red rays hitherto recognized.

これはおそらく、翻訳を行っていた長岡が原書中の数値についてコメントを書き送り、それにローレンツが返答したものであろう。実際、長岡の訳した日本語版下巻と翻訳の底本になったドイツ語版第2巻とを比較すると、これに対応する修正が(特に断ることなく)施されているのが確認できる。当該箇所は下巻の第17章第606節「電磁光論」中、電磁波の種類を説明している箇所であり、日本語版では「次に見るべからざる熱線・光・及莖外線[……]にして波長0.03 糎[センチメートル]より0.00001 糎に至るものあり」と書かれている⁵⁹⁾。しかしこの最後の部分は、ドイツ語版では“mit Wellenlängen von 0.006 cm bis 0.00001 cm”(「波長0.006 cmから0.00001 cmの」)となっていた(原書では小数点としてカンマ記号が使われている)⁶⁰⁾。

5.3 日本語版での改訂事項

以上のローレンツ書簡の分析から、少なくとも第2巻(下巻)に関しては増補改訂内容を記した草稿が長岡宛てに送られていたことが確認できた。また、長岡が独自の判断で数値に変更を加えた例があることも確かめられた。そこで、第2巻の内容、その中でも特に電子論を扱っていた第18章(前掲表2)に議論を絞り、具体的な改訂内容をさらに検討してみることにしよう。

まず、ドイツ語版が全部で615の節からなっているのに対し、日本語版の節の数は620に増えている。具体的には、日本語版では次の5つの節が新しく追加されていた(これにより、節番号は順次ずれていっている)。

- ・ 第10章第331節
「ドツプレル原理」
- ・ 第11章第372節
「顕微鏡を以て透明物体を視ること」
- ・ 第12章第387節
「運動によるスペクトル線の変位」
- ・ 第12章第405節
「超越顕微鏡の観測
微細なる部分に依て生ずる光の散乱」
- ・ 第17章第596節
「任意なる線に沿ふ電気作用」

この追加はいずれも下巻に関わるもので、上巻に

は節の追加がない。上巻の変更点を記した原稿がローレンツから送られてきたのかどうかは先に述べた通り不明であるが、仮に送られていたとしても、節単位での増加はなかったことがここから分かる。

電子論を扱った第18章でも、節単位での追加や変更は行われていなかった。ただし数箇所ではあるが、加筆・修正されたところもある。具体的には、放射能について説明している部分(日本語版584頁)で半減期を見積もった数字が何箇所か変更されているのと、「イオン」と「電子」という言葉の区別について注意している一文(同578-579頁)がドイツ語版には見られない、という2点が確認された。これは当時の研究状況の進展を反映したものと考えてよいと思われる。なお、変更点のうち後者の追加はおそらくローレンツによると思われるが、前者の数値変更については前節で見た赤外線の場合と同様、長岡が独自に手を加えたという可能性も一応は考えられる(筆者はロシア語版やオランダ語版を参照できていないため、こうした点については確定的判断を下すことができない)。

以上、本節ではローレンツの書簡を手掛かりに、『物理学』日本語版で実際にどのような増補改訂が行われていたかを確認した。同書の「訳者序」には、「又[ローレンツ]先生は欧洲各国に流布せる原書或は翻訳書等に未だ載せざる補正数十頁を送り特に此書に於て最近の事実と推理とに就き追加するところありたり」と記されており⁴⁹⁾、本稿冒頭で見た広告でも、「最近著者より送附し来れる数十頁の改訂増補をも収めれば、本書は実に世界の学界が有せるローレンツ氏物理学の最新版なり」(強調は原文による)と謳われていた¹⁾。こうした宣伝文句は、ロシア語版の存在を脇に置いておくならばという条件付きではあるものの、確かに正当化されうるものである。

結 論

オランダの理論物理学者ローレンツの教科書は、長岡半太郎と桑木或雄の手で日本語に翻訳され、大正期の始めに出版された。この翻訳がなされた事情を、世紀転換期における電子論の興隆に即して描き出すことが本稿の課題であった。以下、今回の調査で得られた主な知見をまとめておこう。

『物理学』翻訳が企画された直接のきっかけは、桑木と長岡がそれぞれ1910年代末にローレンツを訪問したことにあった。二人は以前から、新しい物理学理論であった電子論に関心を示しており、またその当時、ローレンツは物理学の「革命」の中心人物と見なされていた。こうした事情を踏まえると、電子論に関する章が含まれていたローレンツ『物理学』を二人が翻訳したことには十分な理由があったと考えられる。翻訳にあたっては、ローレンツから送られてきた改訂増補原稿が活用され、訳稿には長岡による訂正箇所も含まれていた。こうして、「世界の学界が有せるローレンツ氏物理学の最新版」が1913（大正2）年に刊行された。その前年に水野敏之丞が『電子論』を著していたことなどと併せて、大正期が始まる頃には、電子論は日本の物理学界でも地歩を固めていたと言えよう。

このように、ローレンツ『物理学』の日本国内での翻訳という出来事は、世紀転換期における世界的な物理学の動向に連なっていた。実験上の発見や理論の提唱がなされた経緯だけが科学史研究の問題であるのなら、進んだ西洋と遅れた日本という対比をここで持ち出すことは意味をなすかもしれない。しかしながら、一つの研究プログラムが芽を出し、支持を得て広がり、発展的に解消されたり場合によっては放棄されたりする過程全体に注目するのであれば、むしろ西洋と日本（とそれ以外の地域）を同一平面上に並べて見ることにこそ意味があると思われる。ただし、電子論に関する本稿での取り扱いはいくまで素描的なものに過ぎない。これに関係する長岡や桑木の思考が具体的にはどのように発展したのかという問題や、電子論の日本での展開一般に（欧米の事例と比べて）何らかの特徴が見られるのかといった問題は、今後さらに検討されるべき課題であろう。

参考文献

- 1) 富山房, 1913（大正2）年。「ローレンツ氏物理学」, 東洋学芸雑誌, 30（382）: 頁番号なし。
- 2) ローレンツ; 長岡半太郎・桑木彥雄訳, 1913（大正2）年。『物理学』上・下巻 東京 富山房 484頁・622頁 [以下『物理学』と略記]。
- 3) 板倉聖宣・木村東作・八木江里, 1973年。『長岡半太郎伝』東京 朝日新聞社 719, 78頁 [以下『長岡半太郎伝』と略記], 394頁。
- 4) 広重徹, 1973年。「Lorentz『電子論』とその歴史的背景」・『電子論』東京 東海大学出版会, 381–405頁。
- 5) McCormach, R. 1980. Lorentz, Hendrik Antoon; *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 8, pp. 487–500. New York, Scribner.
- 6) 桑木彥雄, 1907（明治40）年。「電子の形状に就て」, 東京物理学校雑誌, 16（183）: 73–80頁。
- 7) 広重徹, 1968年。「陰極線とZeeman効果」および「電子の存在確立」・『物理学史II』東京 培風館, 96–106頁 [当該箇所は西尾成子執筆]。
- 8) Kragh, H. 1999. The electron before ThomsonおよびThe first elementary particle; *Quantum Generations: History of Physics in the Twentieth Century*, pp. 38–43. Princeton, Princeton University Press.
- 9) Falconer, I. 2001. Corpuscles to electrons; *Histories of the Electron: The Birth of Microphysics*, pp. 77–100. Cambridge, MIT Press.
- 10) オリヴァー・ロッチ; 愛知敬一訳, 1903（明治36）年。「最近の物質観」, 東洋学芸雑誌, 20（260）: 216–222頁。
- 11) 『長岡半太郎伝』[文献3], 241–242頁。
- 12) オリヴァー・ロッチ; 愛知敬一訳, 1904（明治37）年。「最近の物質観」, 東洋学芸雑誌, 21（277）: 429–435頁; 21（278）: 488–498頁。
- 13) ローレンツ; 広重徹訳・解説, 1973年。『電子論』東京 東海大学出版会 412頁, 49–50頁。
- 14) Kragh, H. 1999. The concept of electromagnetic mass; *Quantum Generations* [n. 8], pp. 105–108.
- 15) Kragh, H. 1999. Mass variation experiments; *Quantum Generations* [n. 8], pp. 111–114.
- 16) Staley, R., 2008. The Empirical Electron: Space and Time on a Photographic Plate; Chap. 6 of *Einstein's Generation: The Origins of the Relativity Revolution*, pp. 219–259. Chicago, University of Chicago Press.
- 17) 広重徹, 1980年。「初期の相対論的力学」・『相対論の形成』東京 みすず書房, 205–246頁 [初出は1968–70年]。
- 18) Kragh, H. 1999. Einsteinian relativity; *Quantum Generations* [n. 8], pp. 90–93.
- 19) 長岡半太郎, 1898（明治31）年。「原子に関する疑惑」, 東洋学芸雑誌, 15（198）: 126頁。
- 20) 長岡半太郎, 1898（明治31）年。「微塵説とカソード線」, 東洋学芸雑誌, 15（199）: 176–177頁。
- 21) 長岡半太郎, 1898（明治31）年。「ゼーマン効果」, 東洋学芸雑誌, 15（202）: 336–338頁。
- 22) Staley, R., 2008. The “electron” in Paris, 1900; *Einstein's Generation* [n. 16], pp. 190–198.
- 23) 長岡半太郎, 1901（明治34）年。「第一回万国物理学会概況」, 官報, (5330): 306–308頁。

- 24) Guillaume, C.-E. & L. Poincaré (eds.), 1901. *Travaux du congrès international de physique : réuni à Paris en 1900 : sous les auspices de la société Française de physique*, t. 4, pp. 36–41. Paris, Gauthier-Villars.
- 25) 『長岡半太郎伝』[文献3], 248–275頁.
- 26) 長岡半太郎[阿部常次筆述], 1905(明治38)年. 「最近の物質観[1~2]」. 理学界, 2(8): 1–3頁; 2(9): 1–3頁.
- 27) 長岡半太郎, 1904(明治37)年. 「惰性は電気性なる説に就き」. 東洋学芸雑誌, 21(274): 322–325頁.
- 28) 長岡半太郎, 1905(明治38)年. 「物質の微粒子構造に関する思想の発達」. 東洋学芸雑誌, 22(290): 462–468頁.
- 29) 長岡半太郎, 1906(明治39)年. 『ラザウムと電気物質観』東京 大日本図書 5, 190頁.
- 30) 長岡半太郎, 1906(明治39)年. 「最近物質観[1~2]」. 哲学雑誌, 21(234): 637–661頁; 21(235): 725–745頁.
- 31) 『長岡半太郎伝』[文献3], 347–355頁.
- 32) 桑木彥雄, 1906(明治39)年. 「絶対運動論」. 東京物理学校雑誌, 15(180): 494–508頁.
- 33) 安孫子誠也, 2006年. 「桑木彥雄「絶対運動論」(1906)における相対運動概念」. 科学史研究, 45(239): 185–188頁.
- 34) Nisio, S., 1979. The transmission of Einstein's work to Japan, *Japanese Studies in the History of Science*, (18): 1–8.
- 35) 西尾成子, 2011年. 『科学ジャーナリズムの先駆者: 評伝石原純』東京 岩波書店 xviii, 288, 60頁[以下『評伝石原純』と略記], 74–76頁.
- 36) 『評伝石原純』[文献35], 67–123頁.
- 37) 水野敏之丞, 1914(大正3)年. 『電子論[再版]』東京 丸善 2, 4, 336頁.
- 38) 田中節子, 1995年. 「桑木彥雄と日本の物理学」・『日本の物理学者』東京 東海大学出版会, 31–48頁.
- 39) 桑木彥雄, 1910(明治43)年. 「留学雑記[1~4]」. 東洋学芸雑誌, 27(345): 283–291頁; 27(34): 369–376頁; 27(348): 427–429頁; 27(349): 481–486頁.
- 40) 『長岡半太郎伝』[文献3], 326–330頁.
- 41) Kragh, H. 1999. A Japanese look at European physics; *Quantum Generations* [n. 8], pp. 22–26.
- 42) Badash, L. 1967. Nagaoka to Rutherford, 22 February 1911, *Physics Today*, 20: 55–60.
- 43) 長岡半太郎, 1912(明治45)年. 「欧洲物理学実験場巡覧記[1~11]」. 東京物理学校雑誌, 21(243): 79–83頁; 21(244): 125–133頁; 21(245): 172–179頁; 21(246): 208–210頁; 21(247): 242–249頁; 21(248): 292–298頁; 21(249): 313–322頁; 21(250): 361–367頁; 21(251): 408–414頁; 21(252): 449–455頁; 22(253): 8–14頁.
- 44) ブランク; 桑木彥雄訳, 1911(明治44)年. 「力学的自然観に対する新物理学の位置」. 東洋学芸雑誌, 28(352): 21–30頁; 28(353): 60–68頁, 63頁.
- 45) 長岡半太郎, 1911(明治44)年. 「長岡博士のニュートン祭に寄せたる書状」. 東洋学芸雑誌, 28(353): 89–92頁, 91頁.
- 46) 『長岡半太郎伝』[文献3], 374頁.
- 47) Kragh, H. 1999. A Revolution that Failed; Chap. 8 of *Quantum Generations* [n. 8], pp. 105–119.
- 48) 長岡半太郎, 1912(明治45)年. 「欧洲物理学実験場巡覧記(八)」. 東京物理学校雑誌, 21(250), 364頁.
- 49) 桑木彥雄・長岡半太郎, 1913(大正2)年. 「訳者序」・『物理学』[文献2], 上巻iii–vi頁.
- 50) 『評伝石原純』[文献35], 78頁.
- 51) エツアルド・リーケ; 木村駿吉訳, 1901(明治34)年. 『物理般論: 自習及講義用』東京 大日本図書, 2巻.
- 52) エミル・ワールブルヒ; 中村清二訳, 1902(明治35)年. 『実験物理学: 全』東京 富山房 2, 40, 772頁.
- 53) Goldberg, S. 1980. Riecke, Eduard; *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 11, pp. 445–447. New York, Scribner.
- 54) Ramser, H. 1980. Warburg, Emil Gabriel; *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14, pp. 170–172. New York, Scribner.
- 55) [著者不明], 1913(大正2)年. 「ローレンツ著物理学」. 東洋学芸雑誌, 30(383): 428–430頁.
- 56) Lorentz, H. A., 1939. *Collected Papers*, vol. 9, p. 419. The Hague, Nijhoff.
- 57) Kox, A. J. (ed.), 2008. Bibliography of writings by Hendrik Antoon Lorentz; *The Scientific Correspondence of H. A. Lorentz*, vol. 1, pp. 709–753.
- 58) ローレンツ, 1913(大正2)年. 「Preface」・『物理学』[文献2], 上巻[i]–[ii]頁.
- 59) 『物理学』[文献2], 下巻567頁.
- 60) Lorentz, H. A. 1907. *Lehrbuch der Physik: zum Gebräuche bei akademischen Vorlesungen*, Bd. 2, S. 571. Leipzig, Barth.