

令和元年6月27日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12799

研究課題名(和文) 社会学的・情報学的手法による数学基礎論史の解明

研究課題名(英文) History of the foundations of mathematics via sociological and informatics methods

研究代表者

林 晋 (Hayashi, Susumu)

京都大学・文学研究科・教授

研究者番号：40156443

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：19世紀中葉から20世紀初頭における数学基礎論史、数理論理学史の発展の一端を、複数の研究者の思想の関係性に重点を置いて明らかにした。具体的には、リヒャルト・デーデキントの1888年出版の「数とは何か何であるべきか?」Was sind und sollen die Zahlen?の体系を、デーデキント自身は、当時の主流論理学(Logik)、つまり、アリストテレス論理学に写像(Abbildung)概念を追加したものと考えていたことや、ワイエルシュトラスが、現代から見れば集合に基づくように見える彼の関数論の基礎が、実は集合概念を周到に回避するものだったことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の数学の基礎付けが、どのような歴史のプロセスを経て生まれたかを明らかにすることにより、文系の非専門家からも関心を集めることが多い。「数学基礎論」の真の姿を明らかにし、一般向け書籍だけでなく、専門書にも散見されることがある、数学の基礎についての誤解を明らかにできる。

また、本研究プロジェクトは、本来、何らかの理由で史料が失われている場合に、それを迂回して関連する他分野の史料を通して「失われた史料」を「補完」できることを実例で示すことを目的としていたが、これは今回の史料においては達成できなかったものの、将来的には歴史学に大きな貢献をなし得る方法論であることが確認できたことは、大きな成果だろう。

研究成果の概要(英文)：Some unknown aspects of the development of mathematical logic and the foundations of mathematics from 19th century to early 20th century were elucidated. For example, the "Logik" (logic) of the booklet "Was sind und sollen die Zahlen? (1888)" by Richard Dedekind was the traditional logic plus maps (Abbildung) for the author Richard Dedekind. This had been pointed out by several authors, but a new evidence was pointed out by relating Dedekind's logic with Schroeder's logic that Dedekind mentioned in the second edition of the booklet. Schroeder had explicitly and intentionally excluded the usage of "belong to" relation and the traditional way to make use of "copula". By Dedekind's mentions of Schroeder's works in the second edition of the booklet, we can understand that Dedekind's "reversed epsilon" was also a version of "copula". Another point elucidated was the role of British mathematician Venn known as the inventor of Venn diagram. Venn invented it to simplify the traditional logic.

研究分野：数学史

キーワード：数学基礎論史 数理論理学史 social graph

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

代表者かつ唯一のプロジェクトメンバーである林は、四半世紀に近い長きに渡り、数学の基礎付けの方法やその背景となる哲学を研究する分野である「数学基礎論」の歴史を研究してきた。

この研究は、当初は個別かつ細かい歴史事実の掘り起こしを、未だ十分とは言えない19世紀から20世紀への数学の発展の歴史について行う、史料ベースのオーソドックスな歴史研究であった。

その研究において得られた新知見の一つが、Hilbert 計画の主要目的が、実は、数学の無矛盾性証明ではなく完全性証明にあったことの史料に基づく実証である。

つまり、Hilbert の言葉として有名で、その墓碑銘でもある「我々は知らねばならない。我々は知るであろう」が Hilbert の数学思想の出発点だったことを、Hilbert の日記や講義録などの未発表史料をもとに実証したことであった。

しかし、現代数学の父とも目される ヒルベルトがなぜ、そのような哲学的思想を若き日から、生涯持ち続けたのかは十分解明されていなかった。これを彼の「個性」と片づけることはできない。多くの史料は、ヒルベルトの青年時代の科学者と哲学者の非常に近い関係を示唆するからである。しかし、数学を含む自然科学が哲学と遠く乖離した現代からは、この科学と哲学の密な関係は、十分には見えていない。

ここに文化的な観点を数学基礎論の歴史研究に持ち込むことの意義がある。つまり、最近の新カント派の研究などを通して、19世紀から20世紀初頭の数学や科学は、現在のものと違い、多分に哲学的要素を孕んでおり、数学だけの歴史で、それを理解することは不可能で、それに関連する類似分野、たとえば、数学基礎論の歴史の場合では、数理哲学の当時の歴史に注目する必要があるのである。

ところが、最近の同時代の自然科学史の研究により、少なくとも数学基礎論史の文化的・思想的背景に限れば、「19世紀後半から20世紀初頭におけるドイツ語圏の数学と哲学の関係」を理解するキーが、当時の新興生命科学らしいことが明らかになってきている。

19世紀の後半のドイツ語圏では、生理学などの生命科学が「哲学を代替し得る実験科学」としての地位を築きつつあったのである。その典型は Helmholtz のカント哲学研究である。

林による幾つかの準備的研究により、そういう意味での生命科学者と数学者の思想のインタラクションの歴史的研究こそが、上で述べた様な問題の解決の糸口となり、例えば、なぜ、数学者 ヒルベルトの哲学的思想の大きな契機が生理学者 E. du Bois-Reymond の不可知論に端を発するイグノラビムス論争であったのかも自然に理解されると思われた。

林が特に注目したのは、ヒルベルト が直接に言及している Helmholtz の数学思想、特に幾何学の基礎の研究もさることながら、彼の最大の「論敵」であったベルリンが学派の数学者 Leopold Kronecker の実弟 Hugo Kronecker であり、彼こそが Helmholtz, E. du Bois-Reymond などのベルリン学派的物理学的生命科学を、スイスに移植した人であったことだった。

Leopold のアーカイブは、第二次世界大戦後のドイツ社会の混乱の最中に事故で失われたことがアメリカの数学家 Edwards の研究で知られている。第二次世界大戦中に、ドイツの歴史遺産のひとつと言える Leopold Kronecker が遺した史料を、戦火を逃れるために、この貴重な史料は鉱山（おそらくは廃校）の地下深くに保存されたのである。

ドイツが戦勝国となったならば、この史料は地下深くから取り出されて、我々歴史家の貴重な研究対象となったことであろうが、第二次世界大戦は衆知の様にドイツの敗戦、連合国の勝利に終わった。このため「疎開」したはずの Kronecker の史料は、その疎開の故にかえって劣悪な取り扱いを受けることとなった。具体的に言えば「放置」されてしまったのである。

そして、Edwards によれば、この遺稿集は、その保存場所である鉱山のメンテナンスもドイツ敗戦の事実を受けて長らく行われていなかったため、鉱山爆発事故が発生し、Kronecker の遺稿集も永年に失われてしまったのである。

Kronecker の史料は、この様に「失われている」ことが、ほぼ確実なことが証明できる大変珍しい史料と言える。

失われている、その故に、これを研究史料として使うことは不可能である。しかしながら、社会学の研究メソッドロジーの一つとして、Social Graph というものがあり、人と人や、事と事の直接のコンタクトだけではなく、反感なども分析のデータとして使える特性があり、形式主義、論理主義、直観主義について議論が行われている。

林は、このグラフを使う方法を、偶々、経済史を Social Graph で分析するプロジェクトを構想していた留学生から聞き、これが失われた L. Kronecker 史料の回復についてのイノベーションとなる可能性に気が付いた。

しかし、Hugo のアーカイブなどを発見できれば、それを通して、Leopold の思想を垣間見る可能性があった。

さらに、林は19世紀自然科学、特に生命科学における近代化の様子の調査を行っていた際に、明らかに E. du Bois-Reymond の思想を意識したもので、かつ、ヒルベルト の立場に近い意見表明を、19世紀末の生命科学者によるエッセイなどに発見していた。

2. 研究の目的

本研究は、1で記述した研究の方向性(仮説)の妥当性を検証すべく、19世紀後半から20世

紀の始めころまでのドイツ語文化圏における数学と生命科学の哲学上の関係を、それに携わった人物たちの「哲学的思想」のネットワークと、兄弟などの血縁関係も含む社会的関係のネットワークの解明を通して理解する研究の第一歩を踏み出すことであった。

この研究に必要とされるタスクと時間は巨大であり、本研究は、その第一歩でしかありえず、本研究では、その第一歩として、19世紀から20世紀初頭の、生命科学、数学などの学術誌・書籍などからの史料の収集、特に学会報告、書評などからの情報の収集と、それを人的ネットワークのグラフとして記録していく作業を行うこととした。

これは本格的研究を行うための準備的な作業であるが、グラフ、ネットワークをITで記録・分析するため、準備さえ整えば史学的研究が飛躍的に進むと予想され、それを目的とした。

この social graph という社会学技法は、主に Internet 上の人間関係を表現し、分析するために開発された方法であり、現在は、そのための多くのツールが存在する。

しかし、この様なグラフを用いて人間関係、特に、その思想の関係を明らかにするという方法は Internet 以前から存在しており、様々な分野の思想史の研究に応用されていた。本研究は、それを数学基礎論史と生命科学史に応用することにより、数学基礎論史における L. Kronecker アーカイブの消失を、L. Kronecker の思想が本来位置を占める場所を取り巻くグラフを通して、「補間・内挿」することを目的とした。

これは第一義には、1で述べた数学基礎論史の未解決問題を解決することを目指すものであったが、同時に、social graph の方法が科学史・数学史においても有効であることを示し、この方法への史学研究者の興味を掻き立てることも意図していた。

3. 研究の方法

研究代表者林が、上記2の social graph の方法で、上記1で述べた、長年のヒルベルトに関する疑問を解明できるのではないかと思うようになったのは、林の研究室の博士課程の院生であるカナダからの留学生 K. Thompson が、この方法を持ちいて、19世紀から20世紀の経済学思想史の分析を行っており、経済学ながら、経済学者 Carl Menger, 数学者 Karl Menger 父子、さらには K. Menger が属したウィーン学派などを通して、そのグラフに、数理経済学の先駆者でもあった John von Neumann は言うに及ばず、Kurt Goedel、さらには、David ヒルベルトなどが無理なく含まれていることを見たからである。

そのため、当初採用した方法は、この K. Thompson を研究員として採用し、19世紀から20世紀初頭の関係史料から、グラフに入力するに相応しい史料を発見しては入力し、social graph を構築する。そして、それを代表者林が、歴史的観点から検討し、それを元に、新たな史料を発見し、グラフを充実させていき、その結果として、L. Kronecker のグラフの位置における情報を、その「外堀」から内挿していくという方法であった。

特に、Thompson がカナダ人であるために高いフランス語能力をもっていたため、初年度は、フランス語ができない林に代わって、フランス語の文献に同様なものを見つけるという方法をとった。当時の自然科学、数学などのヨーロッパ大陸における二大中心地の、もう一つであるフランス語圏の思想史を通して、本来のドイツ語圏の思想史におけるグラフを、さらに豊かなものとするということを目的として、その様な史料を発見するという方法を採用した。

この方法は、Hugo Kronecker がスイスにおけるベルリン学派の生命科学の「父」であり、そして、スイスにおいてはドイツ語だけでなく、フランス語も広く使われているということにも注目したものであった。

しかしながら、その結果は、全く芳しくないものであり、むしろ、当時のフランス語圏の生命科学の興味が、ドイツ語圏のものとは異なるという結論になった。このため、途中より当初のドイツ語圏における生命科学者と数学者のインタラクションの史料集めと、それから得られた情報によるグラフ構築の方向に舵を切った。

残念なことに、この当初、有望と考えていた方向も、フランス語圏の史料集め同様に、期待したようなものではなかった。この方向で最も期待していたものは、Leopold から Hugo への手紙に数学基礎論関係の記述が記されていること、および、その様な Leopold から聞いた話を Hugo が日記に認めている可能性であったのだが、調査の結果、Hugo のアーカイブは存在せず、Hugo 関係の史料の発見は、ほとんど不可能ということが分かった。また、Leopold が、生命科学、特に発生学などの分野で有名なナポリ臨界実験所を訪問したという記録を発見していたので、その繋がりに期待を寄せていたのだが、研究の結果、これは「観光目的」であった可能性が高いことが判明した。

この様な経緯で、研究方法は2度、大きく変わり、最終年度には、当初の計画を断念して、生命科学の歴史を数学の歴史に関係づけるということは諦め、林が十分に史料を収集していた数学基礎論史、記号論理学史内部でのグラフを構築することにより、social graph が、これらの歴史分野においても有効に利用できることを示すという方向に舵を切った。

その方法としては、近年の IT の進化に伴い、簡単に印影本が作成できるようになったためか、Google Books にさえ収録されていない、ドイツ語圏を中心として19世紀に出版された文献が容易に取得できることを利用して、出来る限り多くの関連文献を収集し、それらの中の情報から、今まで見落としていた事実を social graph の力により発見できることを示すというものであった。

4. 研究成果

上記の3の様な研究方法の変遷を経た研究だったが、残念ながら、social graph の威力により発見できた事実は皆無であった。しかし、特に最終年度の、それまでは林も見落としていた文献、あるいは、ワイエルシュトラスの講義録の様に、最近になって初めて手に入るようになった文献の収集と分析により、幾つかの新知見を得ることができた。

つまり、本研究の当初の二つの目的、(1) 数学基礎論史の空白部分を埋めること。そのための方法論として、social graph を使う、ということと(2) social graph の方法の科学史・数学史分野における有効性を実証する。その例として、(1)の研究を使う、の内、(2)は達成できず、むしろ social graph の方法の当該分野の研究における活用の難しさが浮き彫りになったといえる。一方で、(1)の目的である「数学基礎論史の空白部分を埋めること」は、当初期待していた Leopold Kronecker や、ヒルベルト の数学思想に関する新知見を得ることは出来なかったものの、最終年度方向転換により、social graph を用いてではないものの、Dedekind, Schroeder, C.S. Peirce の「論理学」の関係性が示す、Dedekind の1888年の有名な著作 Was sind und sollen die Zahlen? (数とは何か何であるべきか?)で展開した、彼自身が Logik (論理学)と呼んだものを、Dedekind 自身は如何にとらえていたかということと、Weierstrass の関数論、無限級数論に置いて用いられる、一見集合論的な概念が、実は、同じベルリン学派の Leopold Kronecker のその様に、構造のない、単なる物の集まりとしての集合概念を退けるものであることを解明することができた。

特に、前者は代表者林が、色々な機会に、スペインの科学史家フェレイロスの主張として、国内での普及に努めてきた事実であるが、それを Schroeder の論理学への、上記の1888年の著作の第二版の追加された前書きにおいての言及から補強できることを発見したものである。Weierstrass の関数論の性格は、既に他の歴史家により解明されていた可能性も高いが、こちらの Dedekind の“Logik”の真の意味の解明は新知見と思われる。これについては、執筆中の数学基礎論史関係の書籍において公表する予定である。

5. 主な発表論文等

なし

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

なし

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。