

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 9 月 19 日現在

機関番号：34103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K00283

研究課題名（和文）近代以前の幾何学における図版の研究

研究課題名（英文）Diagrams in pre-modern geometry

研究代表者

斎藤 憲 (Saito, Ken)

四日市大学・関孝和数学研究所・研究員

研究者番号：10221988

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：アポロニオス『円錐曲線論』の図版を、全ての現存ギリシャ語写本の原型であるVat.gr.206に基づいて再描画した。円錐曲線はすべて円弧に置き換えられていて、この難解な著作はさらに困難なものとなっている。また数学的に正確な図版を描く支援プログラムを開発した。エウクレイデス『原論』の図版に見られる「過度の標準化」は、『円錐曲線論』では比較的少ない。このことは、過度の標準化が書写の過程で起こったという主張を否定する根拠になる可能性がある。しかし『円錐曲線論』の現存版は6世紀のエウトキオスに由来し、この難解な著作の書写回数が少なかったために過度の標準化を免れたという可能性もある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

古代ギリシャの論証数学は、近現代数学の起源の一つである。本研究が対象としたアポロニオス『円錐曲線論』は現代から見ても高度な内容を含み、しかもガリレオによる投射体の軌跡（放物線）、ケプラーによる惑星軌道（楕円）の発見、デカルトによる座標概念の発明の前提となった重要な著作である。本研究は、この著作の伝承過程の一端を明らかにするものである。この難解な著作は、正確な図版を描く器具なしに書写されて、きわめて不正確な図版によって伝承されたにもかかわらず、近世にその内容と議論が正確に復元され、近代数学・物理学が可能になったのである。

研究成果の概要（英文）：We have redrawn the diagrams of Apollonius' Conics following the manuscript Vat.gr.206, which is the archetype of all the extant Greek manuscripts. In all the diagrams the conic sections are substituted by circle arcs, making this complicated work even more challenging for readers. A program has been developed which aids the user to replace the diagrams by mathematically correct ones with real conic sections. The overspecification, which is often seen in the diagrams of Euclid's Elements, has proved to be less often in the Conics. This may support the thesis that overspecification in extant manuscripts has ancient origin. However, the Conics may well have escaped overspecification since the extant version has rather late origin (in Eutocius, 6th cent.), and this difficult work does not seem to have been copied often.

研究分野：数学史

キーワード：Apollonius Conics Mathematical diagram

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は以前からギリシャ数学文献の図版の伝承について研究を実施して、現在利用されている校訂版の図版が、数学的正確さを優先して、現存写本の図版と大きく異なることを指摘してきた。これらの研究のため、以前の科学研究費補助金によって、簡単な操作で図版を忠実に再現することのできるプログラム DRaFT を作成し、研究代表者本人の研究に利用するとともに、無償で公開し、海外の複数の書籍や論文の図版に利用されてきた。

これまでの研究対象は主に、最も普及して大きな影響を持ったエウクレイデス(ユークリッド)『原論』であった。近代数学の成立に大きな影響を与えたアポロニオスの『円錐曲線論』は、その主な対象は円錐曲線(放物線、楕円、双曲線、すなわち現代の分類では二次曲線)である。この著作の図版の写本での扱いを明らかにすることが必要であった。

また『原論』の写本では、命題の条件以上に強い規則性を持った図形が描かれる場合が多くある。たとえば一般の平行四辺形を扱う命題で長方形や正方形が描かれる、あるいは一般の三角形を扱う命題で二等辺三角形が描かれる、などの例が見られる。研究代表者はこれを overspecification と名付け、この術語は研究者の間で共通に使用されるに至ったが、それが古代の写本にすでに存在したのか、古代から近世に至る書写の繰り返しの結果なのかについては研究者の意見が一致していなかった。『円錐曲線論』の写本は、比較的書写の回数が少なかったため、この問題に示唆を与えることが期待された。

2. 研究の目的

- (1) 上述の『円錐曲線論』のギリシャ語写本の図版を忠実に再現すること。
- (2) 写本の図版における overspecification を特定すること。
- (3) 写本の図版が、円錐曲線を円弧で代用していることはすでに知られているが、このことが、著作の数学的内容の理解にどの程度影響を及ぼしたかを明らかにすること。
- (4) 再現した図版から数学的に正確な図版を作成すること。

3. 研究の方法

アポロニオス『円錐曲線論』のギリシャ語写本は1つの現存写本(Vat. Gr. 206)の直接間接のコピーであることが知られているので、この写本のみを研究対象とする。

上述の目的(1)は、以前に作成したプログラム DRaFT によって実施できる。

(2)(3)については、写本の図版とテキストの数学的議論を照合することで一つずつ結論を積み重ねることになる。とくに、(2)については直角でなくてもよい角、とくに円錐曲線の径(diameter)と規則線(ordinate)のなす角が直角として描かれうるか否かに注目した。(3)については、テキストの議論から等しくなるはずの2つの直線や2つの領域が、図版上で全く異なる大きさになる場合、平行であるはずの直線が平行に描かれていない場合などに注目した。同時にこれらの図版が近世の印刷本でどのように扱われたかを調査した。

(4)については、DRaFT の機能拡張を実施した。

4. 研究成果

(1)についてはギリシャ語V写本(Vat. Gr. 206)の図版の再描画を行った。得られた図版を再度確認のうえ、できるだけ早く公開する予定である。

(2) Overspecification について。

円錐曲線は径(diameter)と規則線(ordinate)によって議論されるが、これらは互いに垂直とは限らない。特に垂直な場合、径は軸(axis)と呼ばれるが、その場合に特化した命題は少なく、多くの命題では径と規則線は垂直とは限らない。写本の図版でも、径と規則線が垂直でない図版が多い。すなわち、『円錐曲線論』の図版では、overspecification があまり見られない。

ギリシャ数学文献の図版の overspecification が古代に遡るのか、書写の過程での単純化の結果かは、決着を見ていない問題である。『円錐曲線論』に overspecification が少ないことは、overspecification は書写の過程で起こったのではなく、古代の図版から存在した特徴であると考えられる根拠になるかもしれない。しかし一方、現存V写本は12世紀または13世紀のものであり、それは6世紀のEutociusの校訂を経ている。Eutociusは図版にも言及しているので、彼の校訂には図版が伴っていたはずである。そこからV写本が書写されるまでの時間はせいぜい700年程度と比較的短く、『円錐曲線論』のような高度な著作が頻りに書写されたとは考えにくいので、書写の回数は限られている。このような事情で『円錐曲線論』が overspecification を免れたに過ぎない可能性もあり、決定的な結論は得られなかった。

(3)については、とくに複雑な命題で、等しいはずの2直線や2領域がまったく異なった長さや大きさで表現される図版が少なくなく、現代の我々が、計量的に正確な図版が伴うテキストを読むのと比較すれば、近世以前の読者は非常に大きな困難を経験したに違いないことが、改めて明らかになった。恐らく読者は、図版は点の配置や順序を示すものとして利用し、テキストの記述を頼りに、読みすすめながら自ら図版を描いて命題を理解していったものと思われる。

る。

(4)については、新型コロナウイルス流行のため、海外のプログラム作成者(公開済みのDRaFTの作成者)との打ち合わせが遅れ、円錐曲線も描画できるバージョンは完成したが、なお細かい不具合が残っている。公開できるレベルまで修正ができれば、以前のバージョン同様、一般公開したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ken Saito
2. 発表標題 Editions of Apollonius' "Conics" in the 16th century
3. 学会等名 Societa` italiana di storia delle matematiche
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 斎藤憲
2. 発表標題 アポロニオス『円錐曲線論』のギリシャ語写本の図版について
3. 学会等名 日本数学会2019年度秋季総合分科会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken Saito
2. 発表標題 Le figure delle Coniche di Apollonio
3. 学会等名 Societa` italiana di storia delle matematiche - XVIII Congresso
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken Saito
2. 発表標題 Syntactic analysis of the text and the role of diagram
3. 学会等名 Delphi symposium on Greek Mathematics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------