

平成 31 年 5 月 6 日現在

機関番号：34103

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26282066

研究課題名(和文)ギリシャ数学文献の総合的分析

研究課題名(英文)Analysis of Greek mathematical documents

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) 6,400,000円

研究成果の概要(和文)：エウクレイデス『原論』のテキストのうち、後世の注釈など、異なる起源を持つ部分を特定することを目的として、全文の構文解析を行うことを企図した。そのため、テニエールの依存文法をモデルとする文法を定義し、構文解析を支援し、結果を記録するプログラムを作成した。『原論』の第1～4巻、および第6巻について構文解析を完了した。幾つかの命題解析結果はxmlファイルで記録されている。xmlファイルの扱い方を意識せずに特定の構文や単語を検索するためのツールはなお開発中である

研究成果の学術的意義や社会的意義

ギリシャ数学文献、とりわけ最も広く読まれた『原論』は、その成立以降、多くの注釈や編集を経てきたことが確実であるにもかかわらず、伝来の中世写本の内容が無批判に原著者エウクレイデスの記述と受け取られてきた。本研究で開発した構文解析支援プログラムによって、後世の編集に由来する部分を特定するための、主観的でない議論が展開できることが期待される。また、この手法は、基本的にはすべての古典文献に応用可能であり、古典研究が新たな分析手段を獲得する可能性を持つ。

研究成果の概要(英文)：We have embarked on the project of making syntactic analysis of the whole text of Euclid's Elements hoping that its result would be helpful in identifying the propositions and arguments of different origins such as later interpolation. We have developed a computer program which helps the user to perform the analysis according to the grammar modeled after Tesniere's (NB : accent grave is not accepted in this format) dependency grammar. We have completed the analysis of all the sentences of Books I-IV and Book VI of the Elements. The result is registered in xml file. A tool which would enable research of a specific word and/or grammatical structure without the knowledge of xml file is still under development.

研究分野：数学史

キーワード：ユークリッド エウクレイデス 構文解析 『原論』

1. 研究開始当初の背景

(1) 数学文献に限らず、古代の著作のほとんどは、中世以降の写本で伝えられているので、その内容が後の校訂者による変更を含むことは避けがたい。数学史においては、研究者の多くが数学のバックグラウンドを持つこともあって、伝来のテキストの文献学的検討が十分でなく、現存する中世写本の内容と、エウクレイデスに代表される古代の著者による著述の内容が安易に同一視されてきた。

(2) ようやく今世紀に入って、特に『原論』のアラビア・ラテンの伝承の研究によって、古代の数学著作のオリジナルな姿と、写本によって知られる内容の相違が意識されるようになった。しかし現存写本は基本的に古代後期のある時点の伝承を伝えるものであるから、それ以前のテキスト改変は写本の比較によっては知ることはできない。

(3) そこで、言語学的分析によって、現存テキスト中で異なる語彙や文体を持つ部分を特定し、後世の編集に起因する部分を特定するのではないかと考えた。

2. 研究の目的

(1) 本研究の直接の目的は、19世紀から20世紀にかけて校訂版が作られたギリシャ数学の現存するテキストのすべての文章に対して構文解析を支援するプログラムを作成することであった。

(2) このプログラムを利用して、現存数学文献のすべての文の構文が解析され、検索可能な形で記録し、後の変更や追加に由来する部分を特定し、本来のテキストの姿を再現する有力な手段を提供することが最終的な目的であった。

3. 研究の方法

(1) 解析対象となるテキストの量は少なくはないが、古代の著作である以上、限定されたものであり、今後増加することはほとんど考えられないので、コンピュータによる自動的な構文解析は目標としなかった。プログラムの役割は、解析対象となる文章に対し、文法的な可能性を提示し、ユーザーが選んだ解釈を記録することである。

(2) 構文解析では、近代語では必ずしも明確でない、数・人称による動詞の活用、性・数・格による名詞・冠詞・形容詞の曲用が重要である。文法の枠組として、Lucien Tesnièreの依存文法が適切であると判断した。プログラムは、文法の枠組を定義するもので、文法規則と辞書(テキスト中に現われる個々の単語の活用形に対して、その品詞、性・数・格・人称などを記述したファイル)はプログラムとは別に定義した。

4. 研究成果

(1) プログラムの作成と構文解析の実行は、並行して進められたが、予想外に困難であった。とりわけ、構文解析結果は、構文木として.xmlファイルで記録することにしたが、関係代名詞を含む文は一つの構文木では表せない

い。また、同じ単語の繰り返しを省略するのは自然であるが（たとえば「AはBに等しく、CはDに〔等しい〕」という文における2つ目の「等しい」という語）、これは省略した単語を補う必要がある。これらは当初から予想し、対処を考えていた問題点であるが、作業が進むにつれて、予想しなかった問題が次々と現われた。

(2)『原論』のテキストは、現代に至る数学の文体をいわば規定したもので、限定された語彙による単調な文章の繰り返しがその特徴である。したがって、自然言語で書かれた文章の中では、最も構文解析が容易であるが、それでも、単純な文法規則を機械的に適用できない文がかなり存在することが分かり、そのたびに文法規則や、プログラムの設計を変更する必要に迫られた。人間による自然言語の理解が、無意識のうちにかなり複雑な手続によって行われていることを改めて認識した。

(3)このような困難のため、プログラムの開発は当初の予定より大きく遅れ、何とか稼働するプログラムが出来上がったのが、当初の研究最終年度の後半であり、さらに、1年間の延長期間中に、かなり大幅な仕様拡張をおこなった。仕様の拡張は、文法規則の記述の基本的方針にもかかわる。テニエールの依存文法では、動詞が文の全体を支配し、これを構文木で表現すると、動詞が最上位に来て、その子として主語、目的語、補語などを従えることになる（上から下に枝分かれしていく構文木を想定する）。文法規則を、「動詞＋主格の主語＋対格の目的語」のような一般的な形の記述にとどめれば、規則の数は少なくなるが、解析結果から特定の語法を検索する際には便利と言えない。「[与格]に平行」「[属格]より大きい」といった、単語に特有な語法を規則に含めると、一般的な構文解析の作業は容易になり、後の検索でも便利である。

(4)ところが「[与格]に等しくかつ相似」のような、二つの単語を一つの接続詞でまとめる文には特別な対応が必要となる。この例では「等しい」と「相似」という二つの形容詞を「かつ」という接続詞でまとめることになるが、するとこの接続詞は「等しくかつ相似」という一種の形容詞句となる。このような場合、構文木にもとの単語とは別に新たなノードを作ることになる。この方針を徹底すると、冠詞＋名詞といったごく簡単な単語の結合に対しても、冠詞と名詞を子として従える「名詞句」という新たなノードを作成することになり、比較的簡単な文でも、ノードの総数は単語の数よりはるかに多くなり、構文木を人間の目で見渡すことが困難になる。

(5)本研究では、単語を直接含まない新たなノードを作成することは極力避ける方針をとったが、ここで例にあげた「等しくかつ相似」のような構文に対しては、この接続詞の親ノードを新たに作成し、それが与格をとる形容詞であるかのように扱うこととした。

(6)なお、プログラムそのものはギリシャ語の文法を前提としておらず、適切な辞書と文法を定義すれば、ギリシャ語以外の言語の構文解析にも適用

可能である。実際，ラテン語の文章の解析を試みて，ギリシャ語同様に解析が可能であることを確認した。

(7) 構文解析の結果を記録した.xml ファイルを縦横に検索して，構文の相違を見いだすという当初想定した段階には達しなかったが，構文解析のための辞書の作成と文法の定義を念頭においてテキストを検討した結果，整数論を扱う『原論』7～9巻が，いくつかの異なった起源を持つ部分に分離できる可能性に気がついた。この成果は下記の発表論文に取り入れられている。

5. 主要な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

Ken Saito, Re-examination of the different origins of the arithmetical books of Euclid's *Elements*, *Historia mathematica*, forthcoming.

6. 研究組織

研究代表者1名のみの研究である。