キオスのヒポクラテスと論証数学の発明

斎藤 憲

０．はじめに

ギリシャ数学の創始者について考えてみます．ギリシャ数学が現代の我々にとっても重要であるのは，それが証明という概念を発明し，確立した唯一の数学であるからです．今日の我々にとって，証明と数学の結びつきはあまりに自明で，ある程度以上のレベルの数学で証明を持たないものを考えるほうが難しいくらいです．しかし過去の文明に存在した数学を概観するならば，証明はギリシャ数学だけの特徴であることはすぐにわかります．ギリシャ数学の影響を受けていない数学，すなわちエジプト，バビロニア，中国の数学においては，自明なことに対してさえ正当化の議論を提供する必要があるという意識は見られません．

それでは，いつ，誰によってギリシャの数学の証明というものは発明されたのでしょうか．その時期について，すでに研究者の意見は分かれていますが，少なくとも紀元前 399 年，すなわちソクラテスの死の年には，数学における証明というものがすでに確立していたということでは意見が一致しています．というのは，プラトンの対話篇『テアイテトス』の舞台はこの時期に設定され，そこでは非共測（incommensurable）な直線の存在が，すでに既知のこととして語られているからです．非共測な直線の存在は，帰謬法による証明を認めない限り，確認するどころか，考えることも困難です．したがってこの時期にはすでに証明を伴う数学がかなり発展していたと考えられます．

しかし，この論証数学がどこまで遡るものかということになると，事態はそう単純ではありません．伝統的な答えは，論証数学はタレス（盛年前 585 頃）とピュタゴラス（盛年前 532 頃）とともに生まれ，ある程度のレベルに達するのに実に一世紀を要したというものです．たとえば，一般に三角形の内角の和が二直角であることは，タレスでもピュタゴラスでもなく，ピュタゴラス派によって初めて証明されたことになっています．したがって，この証明が見いだされるまで一世紀を要したことになるわけです．

この主張の根拠は，プロクロスの『原論第 I 巻への注釈』に基づきます．その内容は散佚したエウデモスの著作『幾何学史』に依拠するものです．エウデモスはアリストテレスの弟子で前 4 世紀の 20 年代に活動しています．プロクロスに見いだされるのは，ギリシャ数学の始原からエウクレイデスに至る簡略な歴史記述で，「幾何学者のカタログ」とも呼ばれています．タレスがエジプトから幾何学を持ち帰り，ピュタゴラスがそれを自由学芸とした，というその最初の部分はあまりに有名です．そして，少なくともエウクレイデ

ス以前の部分は確実にエウデモスに帰すことができます（後世の追加や変更が加えられている可能性はあるにしても）[1].

しかし現在，ギリシャ数学史の研究者の多くは，ピュタゴラスは数学者ではなかったと考えています．リヴィエル・ネッツは簡単にこう片付けています．「数学者ピュタゴラスが，ついに死亡したのは紀元後 1962 年のことであった」（R. Netz, *Shaping of Deduction in Greek Mathematics*, 1999, p. 272）．ご存じと思いますが，1962 年とはブルケルトのハビリタツィオーン論文『叡智と学知』が公刊された年で，その 10 年後に，今日も広く知られている英語版，*Lore and Science in Ancient Pythagoreanism* が出版されています.

プロクロスの伝える「幾何学者のカタログ」から，ピュタゴラスを除き，そしてやはり半ば伝説的な人物であるタレスを除くと，最初の重要な人物はキオスのヒポクラテスとなります．しかし私は消去法で彼が最初の数学者だと主張するのではありません．以下では，ヒポクラテスがギリシャ数学の創始者であると仮定することによって，証明の発明という大事件への新たな洞察が得られることを示したいと思います.

ヒポクラテスには 3 つの重要な業績が帰されています.

1. 彼は基本定理集である『原論』を編纂した最初の人である.
2. 彼は立方体倍積問題を，与えられた 2 直線の間の 2 つの比例中項を見いだす問題に還元した（エラトステネスのプトレマイオス王宛の書簡．エウトキオスによる『球と円柱について第 II 巻』の注釈で引用[2]）.
3. 彼は月形の求積に関して何らかの結果を得た.

ここでは月形をとりあげます．これは 2 つの円弧で半径が異なり，同じ側に凸なものが囲む図形です．興味深いことに，すでにアリストテレスの時代に、ヒポクラテスは何らかの誤りを犯したと考えられていて，恐らくその誤りは月形に関するものだと思われます．もっと正確にいえば，月形を利用して円の正方形化を試みる中で，ヒポクラテスは誤った議論を展開したと思われるのです．それではまず，ヒポクラテスの伝記的資料から見ていきましょう.

[1] エウデモスの，『幾何学史』の最新の研究は Leonid Zhmud, *The Origin of the History of Science in Classical Antiquity.* Berlin, 2006. ただし，後世の改変の可能性に注意を払う一方で，エウデモスが記述したことを簡単に信頼している点で注意が必要である.

[2] この書簡をヴィラモーヴィッツは偽作としましたが，ノールは詳細な検討の結論として，真作説をとっています．その議論はおおむね信頼できると思われます．W. R. Knorr, *Textual Studies in Ancient and Medieval Geometry,* Boston, 1989. Chap. 6（pp. 131-153）.

１．伝記に関する情報

アリストテレスは『気象学』において，キオスのヒポクラテスと彼の弟子のアイスキュロスという人物の，彗星の本性に関する見解に触れています（342b29 以下）．この理論に反する彗星が 427/6 年に観察されたことから，ヒポクラテスの活動年代はそれ以前であろうと考えられています．

エウデモスの「幾何学者のカタログ」では，ヒポクラテスは，クラゾメナイのアナクサゴラスと，キオスのオイノピデス（両者とも前 500 頃の生まれ）の後，そしてプラトン（前 427 年生まれ）より前に置かれています．これらわずかな情報は，ヒポクラテスの年代に関して矛盾はなく，我々はヒポクラテスがおおよそ前 480 年か 470 年頃生まれて，450 年から 430 年の間に活動したと推定することができます．しかしこれが，彼の年代に関して我々が知ることのほとんどすべてです．

後で彼の性格と生涯について，もっと興味深い証言をとりあげることになりますが，今は彼の数学を検討することにします．すなわち，月形の正方形化と，誤りであるとされている，円の正方形化です．

２．月形の正方形化と円の正方形化

アリストテレスは『詭弁論駁論』において「間違った図形」すなわちプセウドグラフェーマというものについて述べ，そこでキオスのヒポクラテスの名前をあげています．「ヒポクラテスの図形，すなわち月形による円の正方形化[3]は争論的でない」（171b，強調引用者）．

『自然学』ではアリストテレスは，「切片」による円の求積について述べています．これは多分，月形を用いた円の求積のことでしょう．そしてこの「切片」による求積をアンティフォンの求積と区別していますが，ここにはヒポクラテスの名前は出て来ません．

『自然学』におけるアリストテレスの主張はおおよそ次のようなものです．「切片」（*τμῆμα*）による求積の誤りは幾何学者が論駁すべきであるが，アンティフォンの誤りは論駁する必要はない，なぜならそれは幾何学の誤りでないから（185a 参照）．

この一節は，シンプリキオスに，今日の *CAG* の刊本で 15 ページにもなる長い，貴重な注釈を書く契機を与えました（*CAG* 9:53-69）．それはエウデモスの『幾何学史』からの引用で，これがヒポクラテスの月形の求積に関する我々の主要な資料となっています[4]．

シンプリキオスは最初にアンティフォンの「図形」なるものについて説明しています．それは円に内接された正方形と，そこから辺の数を二倍にしていった内接多角形から成る

[3] 正方形化（*τετραγωνισμός*）は，文字通り，与えられた図形に等しい正方形を作図する問題です．ラテン語 quadratura を経て英語の quadrature となります．以下の議論ではややニュアンスはずれますが，簡単のために「求積」という訳語をあてることもあります．

[4] シンプリキオスによる月形の求積の紹介は伊東俊太郎による邦訳があります．彌永昌吉，伊東俊太郎，佐藤徹著『ギリシャの数学』数学の歴史 1，共立出版，1979. 58-70 頁．

ものです．アンティフォンは，（辺を二倍にしていくと）多角形の辺が，その小ささの故に円周と一致すると主張したとされます（55.5-6）．

次に，「切片」による求積に関して，切片とは月形のことであるとシンプリキオスは述べ，この議論を発明したのはヒポクラテスであるとします．それからシンプリキオスは，月形を用いる，誤った円の求積を示します．これは二つの命題から成るものです．シンプリキオスによれば，これはアフロディシアスのアレクサンドロスが伝えるもので，ヒポクラテスのものではありえないそうです．この議論では，2 つの命題の最初のものは月形の求積であり，もう一つは 3 つの月形と半円を一緒にしたものの求積です．そして最初の命題から月形が求積可能であり，次の命題で 3 個の月形＋半円が求積可能だから，半円も求積可能であると結論します．実は最初の命題の月形と 2 番目の命題の月形は，内側の弧が違っていて，同じものではないのでこの議論は成り立ちません．

ついでシンプリキオスは，別種の誤った議論を紹介します．そこには，円が月形へと分割される，といったものがあります．その後でシンプリキオスは，ヒポクラテスが月形を求積した 4 つの命題を示します．これらはどれも正しい議論です．

しかし，この 4 つの命題をひとまとめにして検討すると，それを作ったヒポクラテスが，円の求積がそこから可能になるという錯覚を与えようとしていたのではないか，という印象を持たないわけにはいきません．

正しい命題が，錯覚を起こさせるとはどういうことでしょうか．4 個の命題のうち，最初の 3 個は，3 種類の月形の求積を行なうものです．すなわち，最初の月形の外側の円弧は半円で，2 番目ではこれが半円より大きく，3 番目では半円より小さくなります．そして，ここでシンプリキオスは，エウデモスを引用して，ヒポクラテスが「すべての月形」（*πάντα μηνίσκον*）を求積したと述べます（67.4）．

そして 4 個目の命題は，月形 1 つと円を一緒にしたものの求積です．4 個の命題はどれも誤っていません．しかし，「すべての月形が求積された」と，求積される月形の一般性を妙に強調し，その後で月形と円の和を求積しているので，それならば円も求積できているという錯覚を与えかねません．そう思ってみると，一連の 4 個の命題は誤った円の求積の，誤解を招くように仕組まれた議論に見えてきます．実は最後の命題の月形は最初の 3 つの命題の月形のどれとも違うので，これら 4 個の命題から円の求積ができるわけではないのですが．

シンプリキオスは，アリストテレスの述べる誤った求積が何であるかについて明確に述べていません．アリストテレスは，アレクサンドロスが伝える 2 命題バージョンを考えていたのでしょうか．それともアリストテレスの念頭にあったのは，円と月形の和の求積（4 命題バージョンの最後のもの）は，円が求積可能であることを示すわけではないことを言いたかったのでしょうか．

それとも，アリストテレスがヒポクラテスの誤った図形について『詭弁論駁論』で述べたのは，月形とは違う図形のことであって，『自然学』で月形の求積について語った時にはヒポクラテスとは別の誰かのことを考えていた，ということもありうるのでしょうか.

３．現代の学者の当惑

現代の学者を当惑させる問題は，以上の資料は次の 3 つのどれかの事態を示唆するわけですが，そのどれにも満足できないということです.

1. ヒポクラテスは，円の求積が出来たと思い込んだがそれは間違っていた.
2. ヒポクラテスは，円の求積が出来たわけでないと分かっていたが，それが出来たという嘘をついた（少なくともミスリーディングな発言をおこなった）.
3. ヒポクラテスは，円の求積で誤謬を犯したわけでも，間違ったことを言ったわけでもないが，アリストテレスはヒポクラテスが誤謬に陥ったと誤解した.

たとえば，ジェフリー・ロイドは，この問題について先行する研究者の意見を紹介し，テクストを詳細に検討していますが，結局のところ，アリストテレスは『詭弁論駁論』でヒポクラテスが誤った円の求積を行なったと明確に述べているわけでない，と主張し（上で引用した『詭弁論駁論』の一節を，「ヒポクラテスの図形，<u>または</u>月形による円の求積」と読むことになります），資料に現れているのは，それを伝えたエウデモスとシンプリキオスの推測に過ぎない，と論じています[5]．つまりロイドによれば，ヒポクラテスは月形の求積と，円＋月形の求積をしただけで，円を求積したとは述べていない，というわけです.

しかしこの議論は，かなり強引な解釈に基づくものであり，どうにも信頼できる印象がありません．たとえば，最近『詭弁論駁論』をイタリア語に訳してすぐれた注釈をつけた Paolo Fait は，ここでアリストテレスが意図しているのはヒポクラテスによる円の求積であると結論しています[6].

４．ヒポクラテスのわずかな伝記資料を検討する.

それではこの袋小路からどうやって抜け出せばいいのでしょうか．3 つの選択肢は，(1) ヒポクラテスほどの数学者が思い違いをした，(2) あるいは嘘をついた，そうでなければ (3) アリストテレスが勘違いした，というものでした．どれも受け入れるのが難しいように思われます．そしてロイドは，(1) ヒポクラテスは円の求積で思い違いをするとは考えられない素晴らしい数学者であり，(2) そんな素晴らしい数学者がわざと間違った証明

[5] 以下で紹介する議論は G. E. R. Lloyd, “The Alleged Fallacy of Hippocrates of Chios,” *Apeiron,* 20 (1987): 103-128 による.
[6] Aristotele, *Le confutazioni sofistiche: Organon VI,* a cura di Paolo Fait, Roma-Bari, 2007. p.151 以下.

を広めるということはありそうになく，(3)アリストテレスも十分な数学の能力があったから，ヒポクラテスがありもしない間違いをしたと勘違いするはずはない，という前提から，やや無理のある結論を出したわけです．

さて，この3つの前提のうち，最も弱いのは2番目であるように思われます．優れた数学者であることと，正直で誠実であってわざと間違った証明をしてみせて他人をからかったりしないということは，別のことでしょう．

実際，紀元前5世紀のアテナイには，数学者でないにせよ，聡明で知的で，しかし同時にいつも正直とは限らない人々が活動していたことを我々は知っています．現在ソフィストと呼ばれる人々です．ソフィストがヒポクラテスに影響を及ぼした可能性がある，という議論をこれから展開してみたいと思います．

ヒポクラテスの伝記的資料の検討に戻りましょう．実は資料と言えるようなものは二つしかありません．アリストテレスは『エウデモス倫理学』(1247a)で，一つのことに秀でているが，別のことで愚かな人の例として，ヒポクラテスをあげています．そこでは，キオスのヒポクラテスは，優れた数学者であったが，航海旅行中に，ビュザンティオンの徴税吏，正確には「五十分の一税徴税吏」（πεντηκοστολόγοι）に騙されて多額の金銭を失ったとされています．五十分の一税は関税のようなもので，その名のとおり五十分の一が税率なのですから，これでどうして多額の金銭を巻き上げられるのか了解に苦しみますが，だからこそ愚か者だということなのでしょうか．

さて一方，フィロポノスは『自然学』注釈で，ヒポクラテスは海賊に遭ってお金を失ったのだと述べます（*CAG* 16: 31.3）．このバージョンでは，ヒポクラテスは海賊を訴えるためにアテナイにやってきます．そしてそこで裁判を長いこと待つうちに，哲学者のところに通い，幾何学に熟達し，ついには円の求積を試みるまでになったということです．

タヌリはこの報告を，アリストテレスの証言をもとに後世に付加されたものとして退けています[7]．タヌリにとってはピュタゴラス派が高度な数学を独占していたのでなくてはならず，ヒポクラテスがアテナイで数学を学んだというのでは不都合だったのでしょう．タヌリは，ヒポクラテスが，故郷のキオス島ですでに数学を学んでいたのだろうと主張しています．それが証拠に同じキオスのオイノピデスも「数学者のカタログ」に載っているではないか，と述べていますが，これはどう考えても根拠薄弱な議論です．タヌリのような議論が許されるなら，後世の注釈者が都合の悪いことを書いているときは，いつでも後世の付加として切って捨てることができることになってしまいます．

ヒポクラテスがアテナイに来たことや，彼が数学への興味を持ったのがアテナイにおいてであったことを否定できる理由はありません．むしろ資料は彼がアテナイに来たことを積極的に示唆しています．アリストテレスはどうしてヒポクラテスが徴税吏に騙されたことを知っていたのでしょうか．騙した方が進んで言うわけはありませんから，ヒポクラテス自身がアテナイに来て，このことを他人に話したと考えるのが自然でしょう．

[7] P. Tannery, *La géométrie greque,* Paris, 1887. p.109.

仮に，フィロポノスの言うとおり，ヒポクラテスが訴訟のためにアテナイにやってきたとしたら，彼は何をして，どんなことが起こったと考えられるでしょうか．フィロポノスによれば，彼は長いこと訴訟を待たねばならなかったとのことです．アテナイの訴訟は，有名なソクラテス裁判でも分かるように，始まれば数時間で終わりますので，奇妙に思えます．

ここに，アテナイ以外のポリスに関係する裁判が開かれる日程についての，大変面白い資料があります．アテナイ帝国下では，重要な裁判はアテナイで開かれました．そしてナウトディカイと呼ばれる役職がありました．リュシアスが前 397 年に行なった弁論の一節は，商人に関係する訴訟がナウトディカイの管轄であったことを示すように思われます[8]．

そして，別の資料は，ナウトディカイの裁判は一年の特定の時期に，おそらく帝国のそれぞれの地域に応じて決まった時期に，行なわれたことを示唆します[9]．

そこでこう考えることができます．ヒポクラテスの訴訟がナウトディカイの扱いとなり，するとこの訴訟は一年の決まった時期にしか開けないので，たまたまヒポクラテスは何ヶ月か待たねばならなかったのかもしれません．したがって，一見不思議なフィロポノスの証言は，十分ありうる事態を描写している可能性があります．

さて，この待ち時間に彼が何をしたかを想像してみましょう．フィロポノスによれば，彼は哲学者のところに通ったそうです．しかし，訴訟のためにアテナイに来たのに哲学の勉強をするのは奇妙です．今日なら，訴訟を準備している人は弁護士を探します．紀元前 5 世紀のアテナイ帝国では，訴訟で頼りになるのはソフィストです．たとえばアンティフォンのような．

アンティフォンは円の求積に関連してアリストテレスが名前をあげています[10]．ヒポクラテスがアンティフォンを訪ねたと考えるのはあまりにご都合主義かもしれませんが，少なくとも，フィロポノスの「哲学者」という言葉を「ソフィスト」に変えて，ヒポクラテスが，訴訟に勝つ方法を教えてくれるソフィストを探したと想像することはできるのではないでしょうか．逆に言えば，フィロポノスに至る伝承の中で「ソフィスト」は「哲学者」に変えられたということです．ソフィストを厳しく批判したプラトンの影響力を考えれば，そういうことはあってもおかしくありません．

さて，アンティフォンその人でなくても，一般にソフィストの数学への関心は資料から明らかです．対話篇『プロタゴラス』では，プロタゴラスが，ヒッピアスのような他のソフィストが数学に入れ込んでいることを批判しています．数学がソフィストにとってお好みのテーマだったことは確実といえるでしょう．もちろん対話篇『プロタゴラス』が示すように，ソフィストが一人残らず数学に熱心だったわけではないのでしょうが．

---

[8] リュシアス第十七弁論．『リュシアス弁論集』（京都大学学術出版会）p.247 注 4.

[9] Douglas M. MacDowell, *The Law in Classical Athens,* p.228. および R. Meiggs, *The Athenian Empire*, pp. 220-233.

[10] アンティフォンについては高畠純夫『アンティフォンとその時代』東海大学出版会, 2011 を参照.

そして，ソフィストが，時には自分の能力を誇示するために，わざと誤った議論を展開することもあったことも知られています．ディオゲネス・ラエルティオスはこう言っています「プロタゴラスは，どんな事柄についてでも，互いに相反する二つの『原論』が成り立つと主張した最初の人である」(9.51)．

ここから，ヒポクラテスの数学が，ソフィストの活動に起源を持つのではないか，そしてヒポクラテス，あるいは彼の周囲の人々が，それと知って間違った議論を展開してみせたのではないか，というアイデアを得ることができます．これを吟味して，このアイデアが初期ギリシャ数学史に新たな洞察を与えてくれるかどうか，見ていきましょう．

まず『パイドン』の一節を思い出しましょう．ソクラテスが，魂の不死性の最初の証明を行なった後，今の証明は「もっともらしい」議論に基づくものだから証明をやりなおさなくてはならないと言い出します．シミアスは次のように言ってこれに同意します．

> わたしは，いくらかのもっともらしい点をあげるだけで，なにか論証をしたかのように見せかける議論は，じっさいいって詐欺師のやり口に通じるものだと，自分に承知しております．たしかに，そのような議論には警戒しないと，幾何学の場合にも，その他のどんな場合にでも，すっかりもう欺かれてしまうのです．(92d)

この一節は，幾何学の議論では注意しないと思い違いをしかねない（それは現在でも同じことですが）と当時から認識されていたことを示します．さらに一歩進んで，積極的に思い違いをさせようとする詭弁的な議論を幾何学で展開した人がいたと断定するのは無理かもしれませんが，そういう可能性を考えることもできるでしょう．この一節は「ソフィスト的な数学者像」と両立します．もしヒポクラテスが，月形の求積を駆使して，わざと誤った円の求積を述べたとしたら，それはまさに「もっともらしいこと」(*τῶν εἰκότων*)に基づく議論であったでしょう．

キオスのヒポクラテスが，時には真面目な議論を展開し，最初の『原論』を編纂したり立方体倍積問題にアプローチする一方で，月形の求積を利用して，円の求積が出来たかのような議論を，たとえば座興としてやってみせた，ということを想定すれば，現存資料の解釈に何の困難もなくなります．これはなかなか魅力的な解釈ではないでしょうか．

ついでながら，誤った円の求積に，命題 2 個から成るもの，4 個から成るものといういわば 2 つのバージョンがあることも，これらが意図的に組み立てられた議論ならば，別の観点から解釈できます．ソフィストは著作も書いたとはいえ，彼らの時代には口頭での議論はそれに劣らず重要なものでした．すると，議論の題材や内容を，聴衆の質や時間の余裕に応じて柔軟に変える必要があります．もしヒポクラテスが（あるいは月形を利用する円の求積というテーマについて議論した人々が），このような口頭の議論を行なっていた

とすれば，一つの議論に，長い完全版と短い縮約版を用意していたということもありそうな話です[11].

実際こういうことの痕跡がホメーロスに見られます．アリストテレスは『修辞学』において(1417a)，オデュッセウスがアルキヌース王に語った話は『オデュッセイアー』第 9 巻から第 12 巻の 4 巻に及ぶが，ペネロペイアに語るときは 60 行になっていることを指摘しています．この 2 つのバージョンの長さの比はとんでもないものですが，これ以外にも，異なったバージョンの存在の痕跡があります．オデュッセウスが第 9 巻で，彼の遍歴を語り始める直前，第 8 巻の終わりで，彼のための贈り物も揃っていたと述べられます．オデュッセウスは第 11 巻の途中でもう時間も遅いと話を中断しますが，続けるように促されて，語り続けます．ところがこの「休憩部分」の対話の中で，また贈り物の話が出て来て，それはまだ準備しなくてはならないことになっています．これは第 8 巻の終わりの話と矛盾します．これを解決する解釈は，第 11 巻の中断部分は「抜き取り」すなわち，第 11 巻だけを抜き出して語る場合のバージョンで，その前の巻からの続きを語る「通し」の形でない，ということです[12].

もし，数学もまた，語られ，口頭で伝達され，聴衆（観客）の前で演じられるものであったとすれば，数学者は，状況に応じたさまざまなバージョンの議論を用意する必要があったでしょう．誤った円の求積の 2 つのバージョンが存在するといっても，その両方がヒポクラテス本人に由来するかどうかを知る術はもはやありません．しかし複数バージョンの存在が，このような口頭による数学の伝統に起源を持つと考えてみてはどうでしょうか.

５．結論にかえて

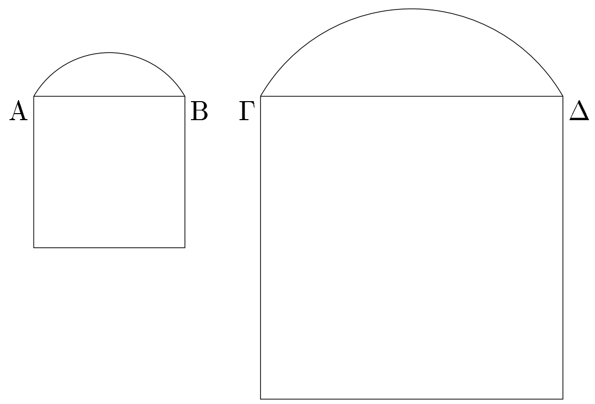
以上で，大まかではありますが，キオスのヒポクラテスに関する資料を再検討し，論証数学の創始者ヒポクラテスは，ソフィスト的な行動様式を持ち，わざと虚偽の議論を展開することも躊躇しなかったという仮説を提示しました．利用した資料は数少ないのですが，数学史だけでなく，哲学，政治・法制史にまで及んでいます．数学文献の解釈については自信を持っているのですが，哲学について私は専門家でありませんし，ましてアテナイ帝国の法制・裁判に関する断片的な資料を適切に解釈しているかどうかとなると自信がありません．ご教示，忌憚のないご意見を賜れば幸いです.

[11] ただし，アレクサンドロスの伝える「2 命題バージョン」がヒポクラテスのものでないとすると，それが難しい「4 命題バージョン」を理解できない人を想定して，ずっと後に作られたという可能性も排除できないことになります.

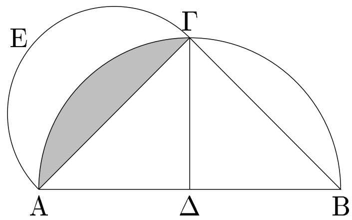
[12] 久保正彰『「オデュッセイア」伝説と叙事詩』岩波書店, 1983. 241 頁以下による.

【参考資料：月形の求積，月形＋円の求積の図】

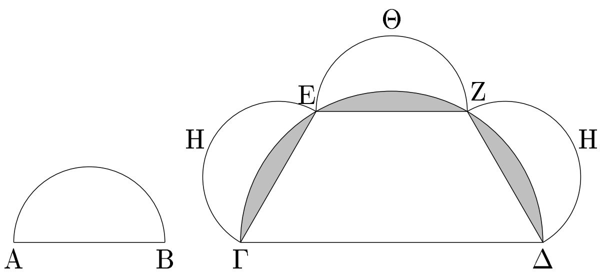
月形と円の求積の **2** つのバージョン



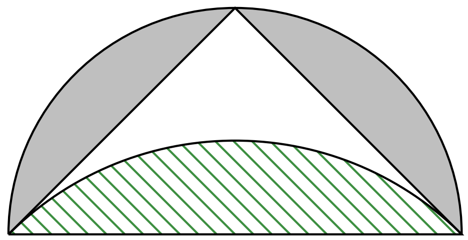
2 直線上に作図された相似な円の切片が持つ比は，その底辺が平方において持つ比と同じ (Simp. *in Phys.* 61, 6-7).



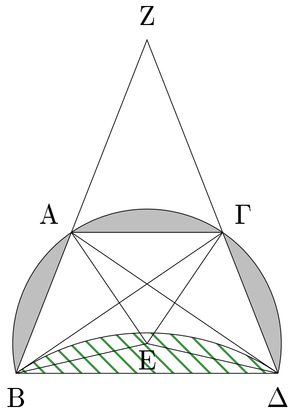
月形と円の求積：「短い」バージョン (1) (Simp. *in Phys.* 56)



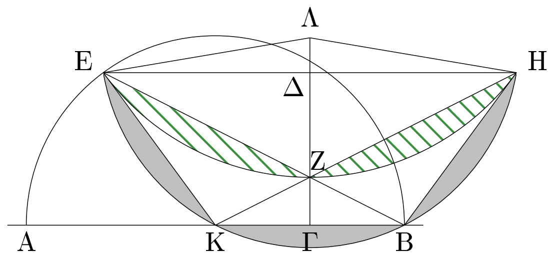
月形と円の求積：「短い」バージョン (2) (Simp. *in Phys.* 56)



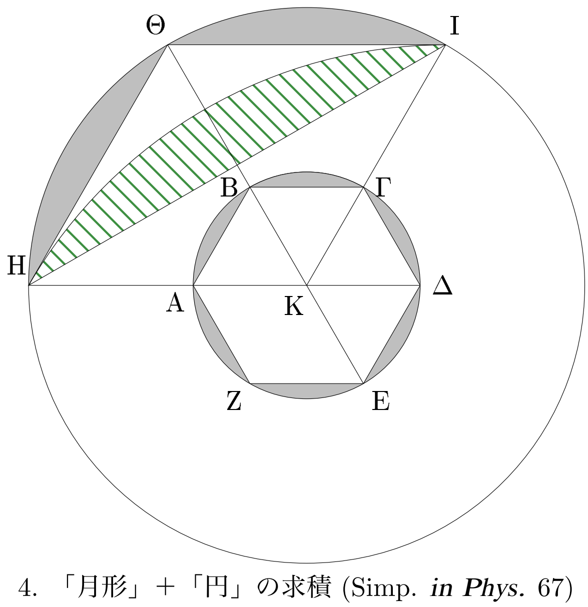
1. 月形の求積 (1)：外側の弧が半円 (Simp. ***in Phys.*** 61)



2. 月形の求積 (2)：外側の弧が半円より大 (Simp. ***in Phys.*** 62)



3. 月形の求積 (3)：外側の弧が半円より小 (Simp. ***in Phys.*** 64)



4. 「月形」＋「円」の求積 (Simp. ***in Phys.*** 67)

作図の条件は次のとおり.

2. $B\Delta^2 = 3AB^2$. 3. $EZ^2 = \dfrac{3}{2}KB^2$. 4. $KH^2 = 6KA^2$, $HI^2 = 3H\Theta^2$