平成27年度 附属図書館特別展

数学の叡智

―その探求と発展―

筑波大学附属図書館

University of Tsukuba Library

平成27年度 筑波大学附属図書館特別展

数学の叡智

－その探求と発展－

会期　平成２７年9月２８日（月）～１１月8日（日）

会場　筑波大学附属図書館（中央図書館貴重書展示室）

主催　筑波大学附属図書館／人間系

凡　例

1. 本書は平成27年度筑波大学附属図書館特別展「数学の叡智－その探求と発展－」(会期：平成27年9月28日(月)～11月8日(日))の図録である。

2. 本図録に掲載されている資料は、特に記載のない限り筑波大学附属図書館が所蔵する。また、図及び写真は、特に記載のない限り執筆者が作成したものである。

3. 本書の図版番号は、展示資料の番号と一致するが、展示の順序は必ずしも一致しない。また、一部の展示資料については、本図録への掲載を割愛した。

4. 掲載資料の表題等の書誌情報や解題等の漢字表記は、原則として通行の字体に改めた。

5. 本書は、礒田正美(人間系教授)、讃岐勝(医学医療系研究員)が執筆し、研究開発室(谷口・山澤)及び特別展ワーキング・グループで編集を行った。

6. 本図録の作成に当たっては、以下の書籍を参照している。

礒田正美・Maria G. Bartolini Bussi編, 礒田正美・田端毅・讃岐勝著『曲線の事典：性質・歴史・作図法』, 共立出版, 2009.

目　次

附属図書館長ご挨拶

附属図書館では、これまで学内組織の協力を得つつ、本学が所蔵する貴重書、和装古書、古地図などを広く公開する展示事業を行ってきております。昨年度は、「図書館を飛び出した書物たち」と題して、前身校から継承してきた貴重書等の中から、教科書や雑誌、テレビなどで日頃目にするような各種資料を展示する企画展を催し、好評を博しました。

今回の特別展では、人間系の礒田正美教授、医学医療系の讃岐勝研究員のご指導のもとに、附属図書館と人間系との共催により、「数学の叡智－その探求と発展－」と題して、数学に関する各種資料を展示し、解説致しました。

これまで附属図書館が行ってきた展示事業の多くは人文社会学系領域の内容のものでしたが、今回、数学という理数系領域の展示が行われますことは、附属図書館の持つ貴重書の多様性を示すことができると同時に、新たな領域の閲覧者の参集も予想され、その成果が期待されるところです。

展示しております資料は、ユークリッドの『原論』を始めとする著名な数学者の貴重書に加え、和算に関わるものもあります。古代ギリシャを出発点とする数学が、デカルトの提唱した普遍数学としてヨーロッパで広まった流れを資料を見ることによりご理解いただくと同時に、日本での数学の歴史についての資料が皆様の興味を引き起こすことを期待しております。

礒田教授がセッションを担当されるつくばグローバルサイエンスウィーク2015の開始日に合わせて、会期は例年より早めに開始しており、最後の週には特別講演会も予定されております。本展示内容の理解をより深めるため、関連企画にも合わせて参加されることをお勧めします。

附属図書館の展示事業は、本学に蓄積された豊かな「知」を積極的に内外に向けて発信する、という附属図書館の取り組みの一つです。是非とも多くの方々にご高覧いただければ幸いです。

平成２７年９月

附属図書館長　　中山　伸一

人間系長ご挨拶

筑波大学とその前身校の歴史は、日本の数学教育の発展とともにありました。学制発布の翌年、明治6(1873)年に師範学校は最初の官製教科書『小学算術書』を発行します。日本数学教育学会の前身は、大正7(1918)年に東京高等師範学校講堂で開催された研究会の建議により発足します。その事務局は同学会が平成26(2014)年に公益法人化されるまで旧茗溪会館にありました。日本数学会と連携開催される数学教育学会も東京教育大学附属学校関係者の貢献により昭和34(1959)年に創設されています。筑波大学数学教育研究室が1980年代に推進した日米セミナーは、21世紀初頭の授業研究動向の礎を築きました。そして筑波大学教育開発国際協力研究センターは2006年に国際算数数学授業研究プロジェクトをAPECより受託します。一つの学術領域がかように内外をリードしてきた事実は、本学全体の学術研究の高さを示すものです。

本特別展は、本学がその創基以来備える世界的な数学書と、人間系の礒田正美教授、讃岐勝研究員(当時)が数学史活用教育研究で収集した数学貴重書群とからなります。同教授らが日本書籍出版協会理事長賞(2010)を受賞した『曲線の事典』(2009)は、その数学書群を前提に編纂されています。その序文には、「今日失われた数学上の直観を認め、科学・技術・芸術、そして数学教育のイノベーションを促す」という出版目的が記されています。

昨年、文部科学省も「数学イノベーション戦略」を示しました。さらに中央教育審議会教育課程部会教育課程企画特別部会は、高等学校新課程に「数理探究」という横断型教科を盛り込む原案を提示しました。その時節のもと、本特別展は、失われた数学を再発見し、数学によるイノベーションを実現する際に役立つ数学の叡智を改めて共有することを意図して、数理物質系数学域の協力のもと本学附属図書館と人間系が共催し企画されました。

本特別展を通して、意外な数学像をどうぞお愉しみください。

平成２７年９月
人間系長　　茂呂　雄二

掲載資料一覧

No.	資料名	請求記号
1	Apollonii Pergæi conicorum libri octo, et Sereni Antissensis De sectione cylindri & coni libri duo. アポロニウス　円錐曲線論　エドモンド・ハーレー 版　1710 年	414.4-A59/ 貴
2	Euclidis Megarensis mathematici clarissimi Elementorum geometricorum. lib. XV. ユークリッド　原論　1537 年	414-E82/ 貴
3	Apollonii Pergæi conicorum lib. V. VI. VII. paraphraste Abalphato Asphahanensi nunc primùm editi. Additus in calce Archimedis assumptorum liber, ex codicibus arabicis m.ss. アポロニウス　円錐曲線論 第 5 ～ 7 巻 . アルキメデスの補題集　1661 年	414.4-A59/ 貴
4	Apollonii Pergæi De sectione rationis libri duo ex arabico msto latine versi. アポロニウス　比例切断　1706 年	414-A59/ 貴
5	Pappi Alexandrini mathematicae collectiones. パッポス　数学集成　1660 年	410.4-A41/ 貴
6	Geometria, à Renato Des Cartes, anno 1637 Gallicè edita. デカルト　幾何学　1659 年	414-D64/ 貴
7	Francisci van Schooten Mathematische oeffeningen, begrepen in vijf boecken. スコーテン　数学著作集　1660 年	414-Sc6/ 貴
8	Analysis geometrica sive nova, et vera methodus resolvendi tam problemata geometrica, quam arithmeticas quæstiones. Pars prima de planis. オメリク　幾何学的解析：その本質　1698 年	414-O61/ 貴
9	The geometrical key, or The gate of equations unlock'd. ベーカー　幾何による方程式入門　1684 年	411.4-B15/ 貴
10	Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. 35 vols. ディドロ　百科全書　全 35 巻　1751-1780 年	A200-*110/ 貴
11	Les œuvres mathematiques de Simon Stevin de Bruges. ステヴィン　全集　1634 年	410.4-St5/ 貴
12	Nouveaux élémens des sections coniques, les lieux géométriques, la construction, ou, effection des équations. ラ・イール　円錐曲線の新原論　1679 年	414.4-L13/ 貴
13	Κλαυδιου Πτολεμαιου Αρμονικων βιβλια γ' = Claudii Ptolemæi Harmonicorum libri tres. プトレマイオス　和声学　1682 年	762.03-P95/ 貴
14	La perspective curieuse, ou, Magie artificiele des effets merveilleux. ニセロン　奇妙な透視図法　1638 年	425.3-N71/ 貴
15	Johannis Bernoulli, Opera omnia, tam antea sparsim edita, quam hactenus inedita. 4 vols. ヨハン・ベルヌーイ　全集　1742 年	410.8-B38/ 貴
16	Leonhard Eulers Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre. 3 vols. オイラー　書簡集　1792-1794 年	410.4-E83/ 貴
17	The doctrine of chances. ド・モアブル　偶然性の理論　1738 年	R650-m10/ 貴
18	Formal logic. ド・モルガン　形式的論理学　1847 年	410.12-D56/ 貴
19	Oughtredus explicatus, sive, Commentarius in ejus Clavem mathematicam. クラーク　解説：オートレッド『数学の鍵』　1682 年	411.1-C77/ 貴
20	Sectionum conicarum libri quinque. Editio 2, emendatior & auctior. シムソン　円錐曲線論 (原著 / ラテン語)　1750 年	414.4-Si7/ 貴
21	Elements of the conic sections. 2nd ed. シムソン　円錐曲線論 (英語訳)　1792 年	414.4-Si7/ 貴
22	Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques. クラメール　代数曲線解析入門　1750 年	411.4-C91/ 貴
23	新編筭學啓蒙 3 巻　(元) 朱世傑撰　[李朝初期]	コ 200-11/ 貴
24	宋揚輝筭法 7 巻　(宋) 揚輝編　宣徳 8(1433) 年刊	コ 200-2/ 貴
25	大成算經 20 巻　写本	コ 200-50
26	新篇塵劫記 3 巻 (存 2 巻)　吉田光由著　寛永 18(1641) 年刊	コ 200-60
27	勘者御伽双紙 3 巻　中根彦循著　寛保 3 (1743) 年刊	419.1-N38/ 貴

※ 附属図書館の貴重書は、請求記号の末尾に「/ 貴」と示した。

※ 参考資料 1 は筑波大学附属図書館所蔵 (請求記号 コ 200-98)、3・4 は Google Books より転載した。

※ p.38 の肖像は『卒業記念』(東京高等師範学校、昭和 11(1936) 年、個人所蔵) による。

プロローグ　数学の叡智

数学は、古代地中海のギリシャ語圏ではマセマータ(諸学問)と呼ばれ、図形で表象され、暦を司る天球面上の星々の運動や音楽の音階を表す科学として重用された。後の中世自由学芸では、聖書の言葉としてラテン語にかかる「三学」すなわち文法・修辞学・弁証法(論理学)と、神の創り賜うた自然を語る言葉として数学的「四科」すなわち算術・幾何・天文・音楽が学ばれた。今日では、論理学もまた数学である。

古代地中海世界で発展したギリシャ語で著された古代数学の至宝は、ヨーロッパに直接伝わらず、アラビアで発展的に継承され、十字軍期からルネッサンス期にかけ、地中海周辺でラテン語化されていく。後に世界で共有される近代数学は、数学的諸学がアラビアに発する代数のもとで普遍数学(Universal Mathematics)化していく動向のもとで生み出された。その普遍数学は、17～18世紀には、関数表現による微分積分学の発展のもと著しく進化した。今日知られる意味での学校で学ばれる数学は、その普遍数学が科目に細分化され再系統化されたものである。

代数表現を備えた普遍数学が浸透する以前には、それぞれの文化圏に固有な数学が存在した。我が国でも、古墳時代には、既に古墳を造り上げるための数学的知識が求められた。古代中国数学は百済人、遣唐使などを経て渡来した。それが和算として独自の発展を遂げるのは、戦国期の海外文化摂取を経た鎖国下である。和算家は、当時の西欧数学を凌駕した計算数学を算木・算盤によって生み出した。同時に和算は、俳諧同様、庶民の愉しみとして浸透し、日本固有の数学文化として開花した。明治期には、科学・技術振興を視野に学校数学のスタンダードとして洋算が採用される。結果として和算の継承者も失われる。確かなことは、日本の産業革命は、和算の素養を前提に西洋数学を学ぶことで進展したことである。

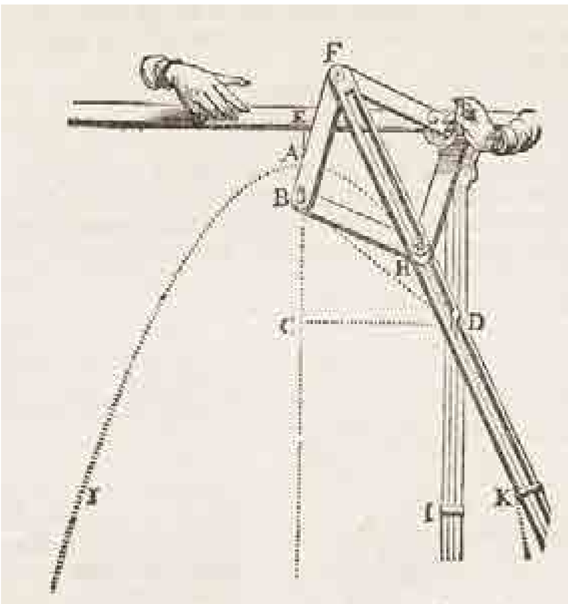


図1　スコーテンの放物線作図器
スコーテン　数学著作集
(p.17 資料No. 7)より

このような作図器の研究が産業革命への叡智として継承された。

参考1　『諸家日用大福塵劫記』より

徒然草にも記された数学遊戯「継子立て」は、繰り返し出版された塵劫記にも記され、江戸期庶民の数学文化興隆の一つの象徴といえる。

第１部　古代ギリシャの叡智

古代ギリシャ数学は、劣化し散逸するパピルスに記された古文書を、羊皮紙に書き写すことで伝承した。羊皮紙とマンパワーの制約により、古代ギリシャの叡智は学術的完成態としての体系書を優先して写本され、その体系に至る足跡それ自体は喪失してしまう。失われたギリシャ数学が備えた叡智を探ることが、ルネッサンス期の一つの関心事となった。

１　ギリシャ人の数学的素養

「私(ヘロドトス)の思うには幾何学(測地術)はこのような動機(エジプトのナイル川の氾濫に伴う測量)で発明され、後にギリシャへ招来されたものであろう。現にギリシャ人は、日時計(ポロス：半球形の日時計)、グノーモン(日時計の指時針)、また１日の12分法をバビロニア人から学んでいる。」

ヘロドトス『歴史』松平千秋訳, 岩波文庫
(括弧内は引用者による加筆)

幾何学のルーツを古代エジプトのナイル川の氾濫に伴う測量に、そして天文学の起源を古代バビロニアに認めた根拠がこのヘロドトスの言葉にある。注目したいことは、測量、日時計といった当時の日常に必須な道具の起源と合わせて数学 (幾何学) の来歴が綴られた点である。

日時計を生み出した古代ギリシャの叡智に想像を馳せよう。図２はアテネのローマ期アゴラ(広場)内にある「風の塔(紀元前１世紀)」壁面である。壁面に日時計がある。図３は日時計の拡大図である。平面への投影であるので、目盛線が等間隔にならないことは当然としても、目盛線と同時に記された曲線は何を表す曲線だろう。太陽は日周運動する。円運動する太陽と日時計の針の先端とを結ぶ太陽光線(母線)の軌跡、それは円錐である(参考2)。紀元前１世紀には、アポロニウスの円錐曲線論は既知だった。古代ギリシャ人は広場に集い、それを日時計として仰ぎ見ればこそ、その壁面に双曲線を記したのである。

ギリシャ数学の高み、それは庶民の目前にあった。

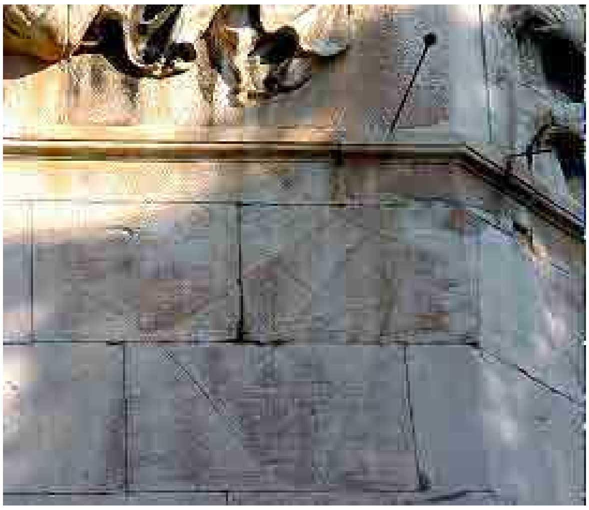
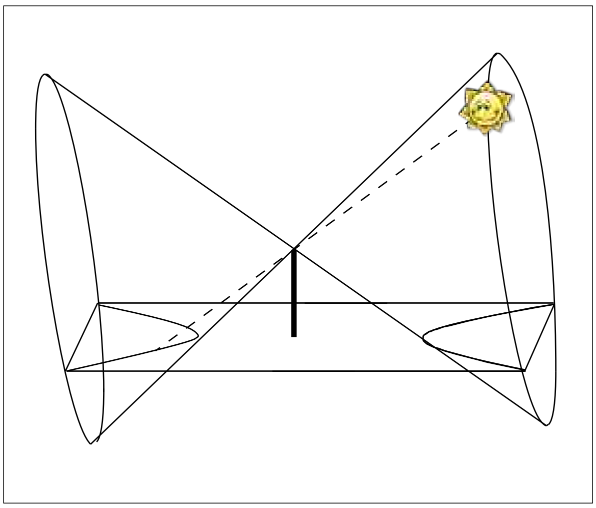


図3　「風の塔」壁面の日時計拡大図



参考２　双曲線、放物線、楕円で知られる二次曲線は、ギリシャ期には円錐の切断面で定義された。

図２　アテネのローマ期アゴラ(広場)内にある「風の塔」、背後の丘はパルテノン神殿

2　再現された必須教養

中世から近代へ、数学の叡智がヨーロッパで追究される過程において、17世紀の大学が求めた教養像、それは何だったのであろう。

その教養の証、それは古代ギリシャの学校アカデメイヤ同様、やはり数学だった。その事実は、古代ローマ世界で『建築の書』を著したウイットウイルスが記した逸話をもとに、オックスフォード大学から出版された二書の扉絵からうかがい知ることができる。

1　**Apollonii Pergæi conicorum libri octo, et Sereni Antissensis De sectione cylindri & coni libri duo.**
アポロニウス　円錐曲線論　エドモンド・ハーレー 版　1710年

アポロニウス(Apollonius、紀元前262頃-190頃)の『円錐曲線論』は全8巻あったとされるが、第8巻は喪失している。ハレー彗星の回帰予測で知られるエドモンド・ハーレー(Edmund Halley、1656-1742)は、当時、存在した7巻に加え、彼自身の考えで第8巻を復元し、全8巻を再現、出版した。

Column　恐れることはない。そこに人類の足跡がある。

二書の扉絵(資料１・参考3)のもとになる逸話を書き残したのは古代ローマの建築家ウイットウイルスである。彼は『建築の書』第六書、冒頭でおよそ次のように記している。

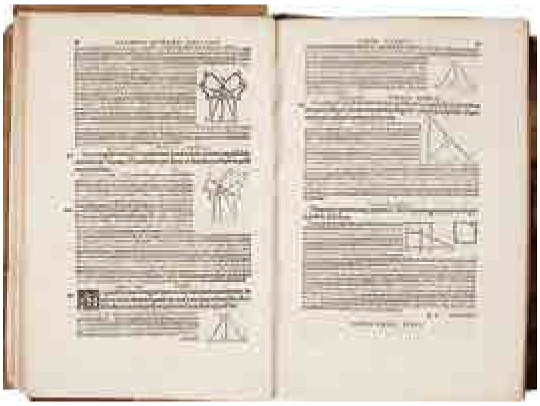
> 「ソクラテス学派の哲学者アリスティポス(Aristippus)は難破し、ロードス島の海岸にたどり着く。その浜辺に幾何図形がかかれていることを認め、仲間に向かって「恐れることはない。そこに人類の足跡があるではないか(Bene Speremus, Hominum enim vestigia video)」と言ったという。そして城壁都市ロードスへ向かい、そこのギムナジウムで哲学について論議し、代価を受けた。その代価が本人はもちろん仲間の衣類・当面の生活をする際に必要なものまでを調達する糧となったという。仲間が帰国することになった際、彼の家族に伝えるべきことは何かを彼に尋ねた。彼は子どもたちに難破船から持ち出して泳いで逃げることができる程度の荷物と旅費を準備するように伝えてほしいと依頼したという。」
>
> [Vitruvius, On Architecture, Harvard. 1934]
> (引用者による翻訳)

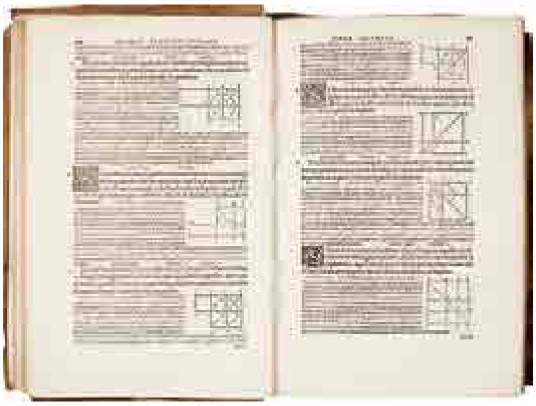
漂着した海岸はどこの世界かわからない。そこに幾何図形が記されていたならば、そして記された幾何図形が何を表しているかがわかる程の教養を備えていたならば、そこは、わかりあえる教養人の世界である。

財産は失えばそれまでだが、身に付いた教養は一生用いることができる。古代ローマで生きたウイットウイルス自身も、彼自身がその恩恵に預かって建築家として歩めたことを誇る目的でこの逸話を記したのである。

確かな教養を備えていれば日々の賄いに困らない。これらの絵がそれぞれに扉を飾ったことは、それら幾何学が、近代の大学で求められた必須教養であることを象徴していた。ユークリッド『原論』、そしてアポロニウス『円錐曲線論』の確定版を出版することは、オックスフォード大学が担う学術的役割を誇示する営みでもあった。

参考３　デビッド・グレゴリー(David Gregory、1638-1675)編纂のラテン語版　ユークリッド『原論』(1703)扉（ゲント大学所蔵）





2　**Euclidis Megarensis mathematici clarissimi Elementorum geometricorum. lib. XV.**

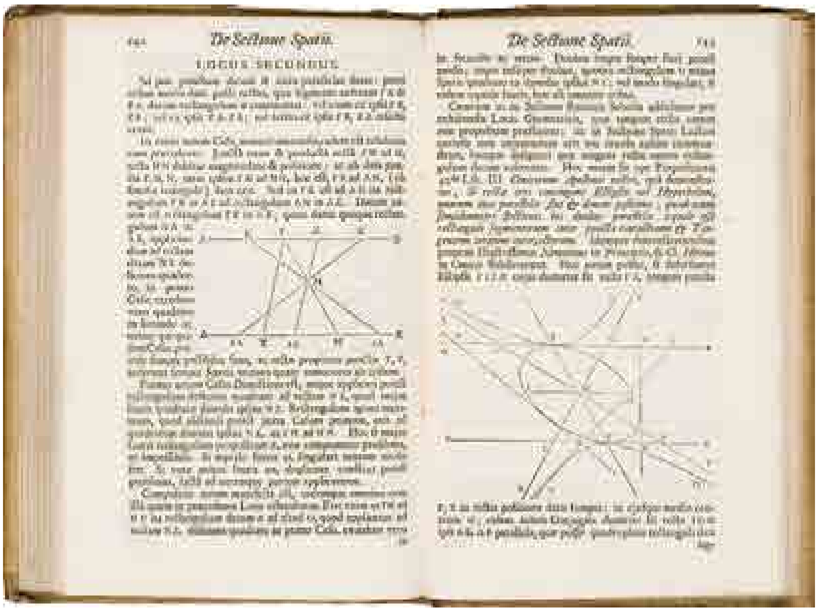
ユークリッド　原論　1537年

数学のバイブル、ユークリッド(Euclid、紀元前3世紀)『原論』は、聖書に次いで版を重ねた書物とも言われる。全13巻からなり、第I巻〜 VI巻は平面図形と比例論、第VII巻〜 IX巻は数論、第X巻は無理量論、第XI巻は立体図形、第XII巻は面積・体積、第XIII巻は正多面体などが記されている。定義、公準、公理、命題、作図題、証明で記述され、証明では背理法も用いられる。その記述形式それ自体が学術体系の象徴とみなされた。

3　**Apollonii Pergæi conicorum lib. V. VI. VII. paraphraste Abalphato Asphahanensi nunc primùm editi. Additus in calce Archimedis assumptorum liber, ex codicibus arabicis m.ss.**

アポロニウス　円錐曲線論 第5〜7巻 . アルキメデスの補題集　1661年

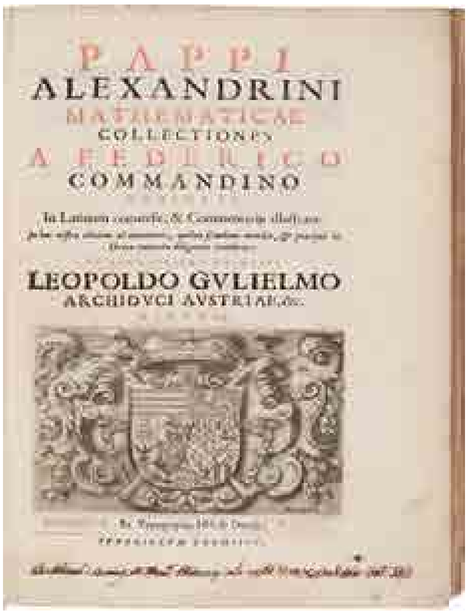
古代ギリシャ数学は、図形に図形を重ねることで推論した。解法の発見には、その図形の重ね合わせに係る補題が重要である。本書は「アルベロス(靴屋のナイフ)の問題」に係る命題群を収めたもので、アルキメデス(Archimedes、紀元前287-212)の著作と考えられている。同じ話題は、パッポスの『数学集成』にも認められる。

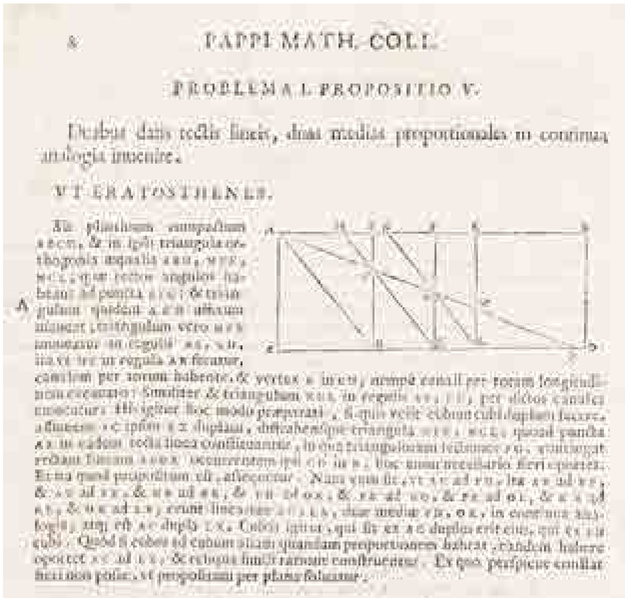


4　Apollonii Pergæi De sectione rationis libri duo ex arabico msto latine versi.

アポロニウス　比例切断　1706年

アポロニウスの『比例切断』は、パッポス(Pappus、4世紀)が『数学集成』に収め、また、アラビア語版も存在する書である。本書は1706年にエドモンド・ハーレーによってアラビア語からラテン語訳されたものである。後で述べるように、この書で記された内容から、古代ギリシャでは透視図法が完成していたと推察される (p.27図18参照)。





5　Pappi Alexandrini mathematicae collectiones.

パッポス　数学集成　1660年

パッポスは古代ギリシャ後期を代表する数学者であり、それ以前の研究成果を集積した『数学集成』で知られている。右図は、平均律音階の確立に必須の道具に通じる比例中項($a : x = x : b$)解答器である。特に図が描けたと仮定して作図法を発見する作図題における解析と解析を進める際に有益な補題集とを、その第7巻『解析宝典』は収めている。

第２部　ルネッサンスから近代、普遍数学への道

ギリシャ数学は、アラビア数学とともにヨーロッパに伝播した。アラビア数学の典型は、式で表象される以前の代数 (al-jabr) である。特に９世紀にアルファリズミが記した２次方程式の解法は、12世紀にはラテン語訳されたといわれている。今日の学校数学で学ばれる式表現は、それから500年もかけ、ヨーロッパで生み出される。式表現による数学に大きく貢献をしたのが、唯我論や人間機械論で知られるデカルトである。

古代ギリシャにおける理論体系の見本であるユークリッド『原論』をはじめとする数学書が漸次出版され、共有されていくルネッサンス期、古代ギリシャの数学は難解だった。特に、そこで記された命題や定理をどう理解すればよいのか、その証明をいかに発見するのか、その体系から想像することは容易ではなかった。それは、数学で当惑した人なら誰しも共感し得る話題である。

デカルトは、発見法を取り込んだ数学を普遍数学として提唱し、天文学・音楽など、度量や図形などによる表象の相違を超えた統合数学の構築をめざした。今日の学校数学は、その普遍数学後に生み出された代数表現を中核とする数学である。代数表現に中心化されたことで、我々は多くの幾何的な直観を学ぶ機会を失うことになる。

Column　デカルトの近代精神と数学

デカルト (René Descartes、1596-1650) は『精神指導の規則』(1618) で次のように記している。

> 「昔の幾何学者 (ギリシャ人) たちは、一種の解析を用い、それをすべての問題 (作図題) の解決にひろく適用していたのであるが、ただ彼らはそれを後世の者に対して出し惜しみしていた。そして、現在、代数とよばれるところの数論の一種が盛んであるが、これは古人 (昔の幾何学者) が図形について行っていたこと (解析：結論を仮定する) を、数についてやろうとするもの (代数での解析：未知数の存在を仮定する) なのである。～中略～何故それらがそうなっているのか、それらはいかにして発見されたのか、という精神そのものに明示することは、彼らが充分にやっていると思えなかった。～中略～彼らは何かわれわれの時代の通常の数学とは全く異なった数学を知っていたのに違いない。」
>
> 『デカルト』(世界の大思想７) 山本信訳，河出書房新社
> (括弧内は引用者による加筆)

デカルトは、古代ギリシャ以来の高次作成図題を代数的に解決する方法を示し、幾何学を代数学と融合させる普遍数学を提唱した。

参考４　『Geometria a Renato Descartes』(1637) 挿絵
（マドリッド　コンプルテンセ大学所蔵）

1　デカルトも行った数学実験と普遍数学

デカルトは普遍数学をその著作『幾何学』(1637)によって具体化する。よく知られた『方法序説』(1637)は、普遍数学の方法論でもある。今日の数学からみて意外なことは、この時代には盛んに数学実験が行われたことである。デカルトの『幾何学』にも彼の行った思考実験が明瞭に認められる。デカルト『幾何学』ラテン語版での注釈でも知られるスコーテン(Frans van Schooten、1615-1660)は、その著作『平面における円錐曲線論』(1646)において、数学実験の様相をさらに具体的に記している。かような数学実験は、ニュートン(Isaac Newton、1642-1727)の著作にさえ、認められる。

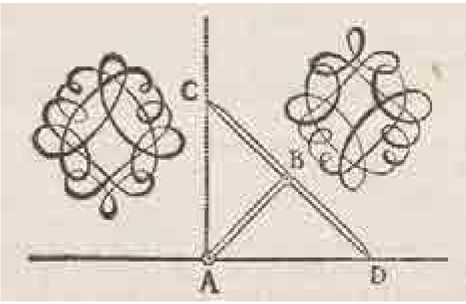


図４

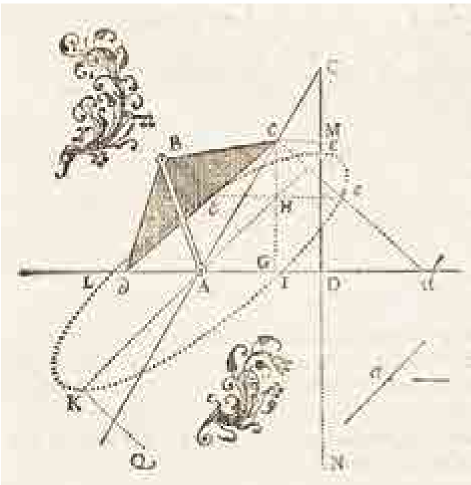


図６

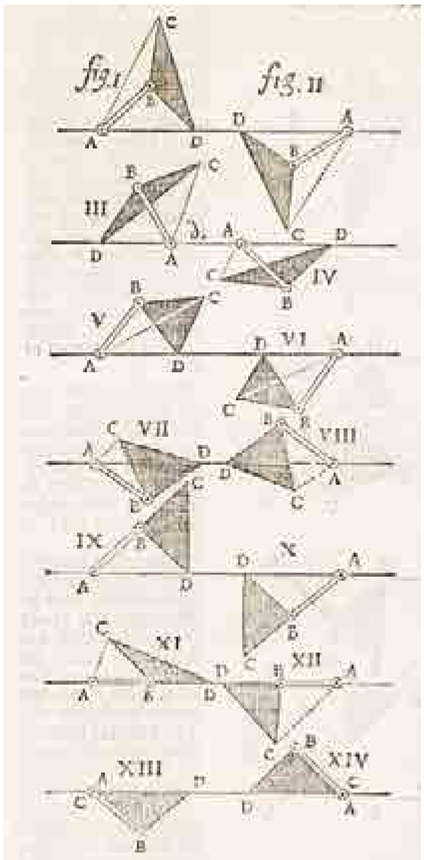


図５

スコーテン『平面における円錐曲線論』(1646)にみられる数学実験
(p.17 資料No. 7)より

図４は、点Aを固定し可動点Dを水平に動かした場合の点Cの軌跡を描いている。この機械部品である棒(線分)CBDを、二等辺三角形CBDに換えると、点Cはどのような軌跡をたどるだろう。図５のように調べてみれば、図６のような楕円を描くことがわかる。部品を換えることは、命題においては条件を換えることに相当する。ここに示された数学実験過程は、当時、曲線を作図する様々な機械が研究されていたこと、機械が幾何学によって発明されていたことの証でもある。

Column　デカルトの行った数学実験

デカルトは、実験科学者としての一面を備えていた。実際、『幾何学』(1637)には、デカルトが数学実験を行ったことが次のように記されている。

> ［原題］例えば定木GLと直線に囲まれた平面CNKL―その辺KNはCの方に際限なく伸びている―との交わりによって線ECが描かれたと想像し、その線は第何類に属するかを知りたいとしよう。ここにCNKLは、下にある平面の上を直線的に、というのは、その辺KLがどちらにも伸びた線BAの何らかの場所に常に重なっているように動かされ定木GLを点Gのまわりに回転させたとする。定木は常に点Lを通るようにCNKLにつながれている。
>
> デカルト「幾何学」原亨吉訳,『デカルト著作集1』, 白水社

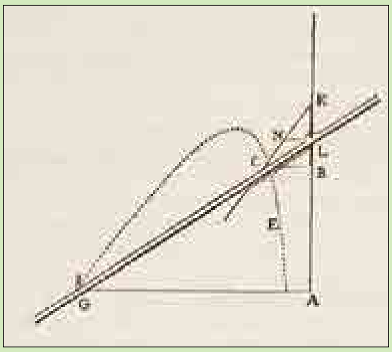


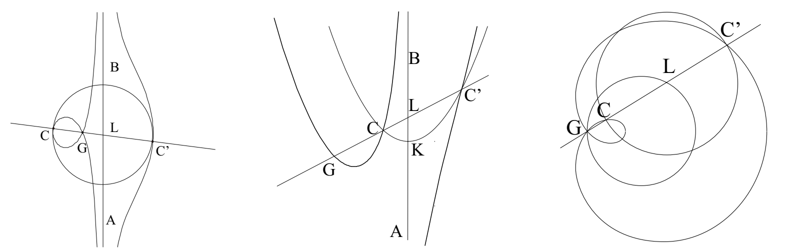
図7　デカルト　幾何学　(p.17 資料No.6) より

今日、x軸、y軸からなる座標平面を彼に敬意を表してデカルト座標と呼ぶ。実際に彼が解いてみせたのは、アポロニウス－パッポスが研究した直線スライダ上での図形運動に伴って現れる軌跡を描く高次作図題である。この図にみるように、スライダは一軸しかなかった。

原題は、固定された直線スライダABが与えられ、スライダ上の可動点Lと固定点Gを結ぶ直線GLと、スライダ上をKLで滑る三角形NLK上の直線NKとの交点Cの軌跡を求める問題である。図7で示されるように記点Cの軌跡は双曲線になる。彼の数学実験はこの原題ではじまり、次のように続く。

> 「例えばCNKがLを中心とする円であれば、古代人の第一コンコイドが描かれるであろうし、KBを直径とする放物線であれば、私がさきほどパッポスの問題に関して最初の最も単純な線と言ったもの、つまり位置に関して与えられた直線が5本しかない場合の線が描かれるのである。」
>
> デカルト「幾何学」原亨吉訳,『デカルト著作集1』, 白水社

図8に示すように、原題の「三角形NLK」を「円」に換えるとコンコイド(貝殻曲線)となり、原題の「三角形NLK」を「放物線」に換えるとアポロニウス－パッポスの五線(及び六線)問題に還元される。そこでなされたことは、直線を円や放物線に代替したことである。



「三角形NLK」を「円」に換えた場合：古代人のコンコイドとデカルトのコンコイド

「三角形NLK」を「放物線」に換えた場合

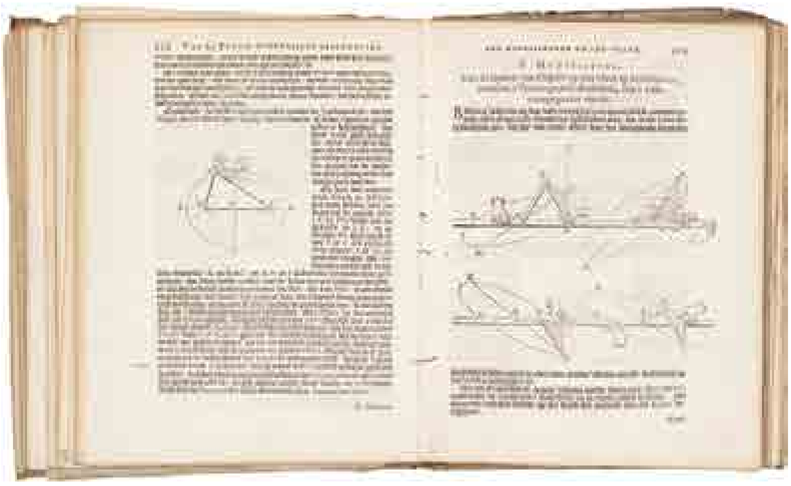
「三角形NLK」を「円」に、「スライダAB」を「円」に換えた場合

図8

6　Geometria, à Renato Des Cartes, anno 1637 Gallicè edita.

デカルト　幾何学　1659年

　デカルトの『方法序説』(1637)は、その方法で例示された試論『幾何学』、『光学』、『気象学』の序説であった。それは真理を導く発見法であり、特に『幾何学』においては結論として求めるべき未知数をxと仮定して考える代数における解析に解題される。後に解析幾何と呼ばれるその方法の卓越性を、彼は、アポロニウス―パッポスの作図題を解いてみせることで示そうとした。



7　Francisci van Schooten Mathematische oeffeningen, begrepen in vijf boecken.

スコーテン　数学著作集　1660年

　デカルトが『幾何学』で提唱した普遍数学は実際には難解だった。スコーテンはそれを平易にしたことで知られている。筑波大学が所蔵する『数学著作集』はホイヘンス(Christiaan Huygens、1629-1695)によるオランダ語訳本であり、『平面における円錐曲線論』(1646)(左図)や測量に関する作図題(右図)などが収められている。

2　普遍数学への抵抗に伴う発展

普遍数学は、当時の著名数学者の多くが提唱した時代を象徴する考え方である。提唱が続くのは、それが容易に実現しなかったからでもあり、それぞれの数学者が提唱する普遍(デカルト：Universal, ライプニッツ：General)学が必ずしも同じではなかったからでもある。

ギリシャ数学の発見法は、ルネッサンスから近代にかけて、漸次、知られるようになる。4世紀前半のパッポス『数学集成』には、『解析宝典』が収められ、アポロニウスによる『比例切断』など、発見に必須の思考法としての解析「結論である作図ができたと仮定して考える」や解析する際に必要な命題群が遺されていた。それに対してデカルトが提唱したのは、代数による解析、すなわち「結論、求めるべき未知数が仮に得られたと仮定する」ことではじめる推論である。ユークリッド『原論』にみる論証体系を真理の記述法の典型とみなす立場からすれば、たとえ結論を仮定して推論する発見法の必要を認めたとしても、それ自身は真理の記述法とは言えなかった。その結果、代数による普遍数学を肯定する数学者と旧来の幾何学を尊重したい数学者との間で対立拮抗が生まれ、それぞれに数学発展の進路を構想し合う時代となった。

Column　デカルトの普遍数学に抗う数学の展開

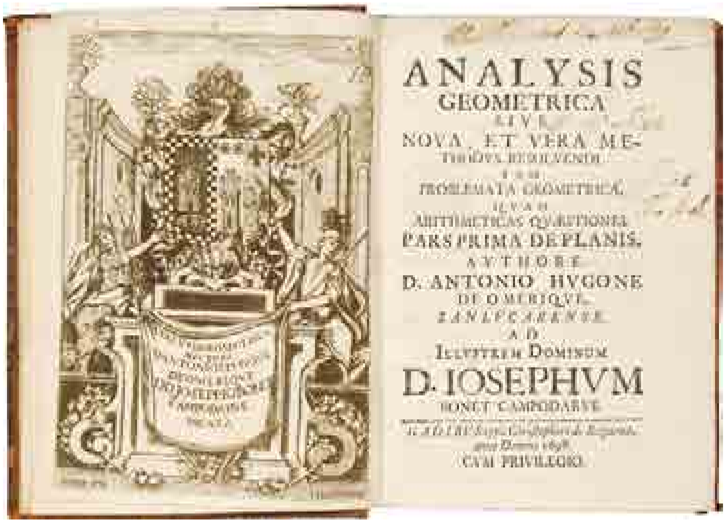
射影幾何学を展開したパスカルは、デカルトの普遍数学に対して次のようにつぶやいている。

> 「デカルト、大づかみにこう言うべきである。「これは形と運動から成っている」と。なぜなら、それはほんとうだからである。だが、それがどういう形や運動であるかを言い、機械を構成してみせるのは、滑稽である。なぜなら、そういうことは、無益であり、不確実であり、苦しいからである。そして、たといそれがほんとうであったにしても、われわれは、あらゆる哲学が一時間の労にも値するとは思わない」
>
> パスカル『パンセ』前田 陽一・由木 康 訳, 中央公論社

ユークリッド『原論』を支持するパスカルは、『幾何学的精神について』で、体系の重要性を講じている。

オメリク『幾何学的解析：その本質』では、図9にみるように、「解析」、「作図」、「証明」、「吟味」からなる作図題の完全解が明瞭に記されている。デカルトによる普遍数学、代数による解析が広まればこそ、逆にユークリッド『原論』の延長にみる伝統的な作図題における解析が完全解形式で明示的に記されるようになったと考えられる。

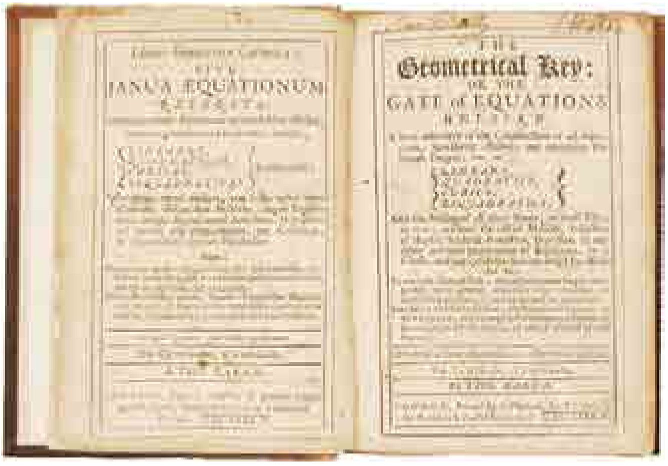
図9　オメリク　幾何学的解析：その本質
(p.19 資料 No. 8) より

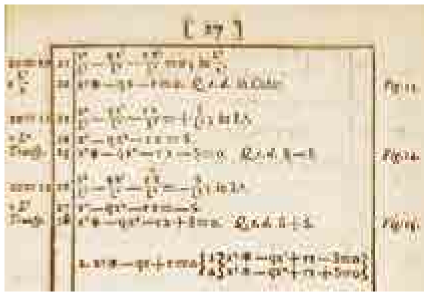


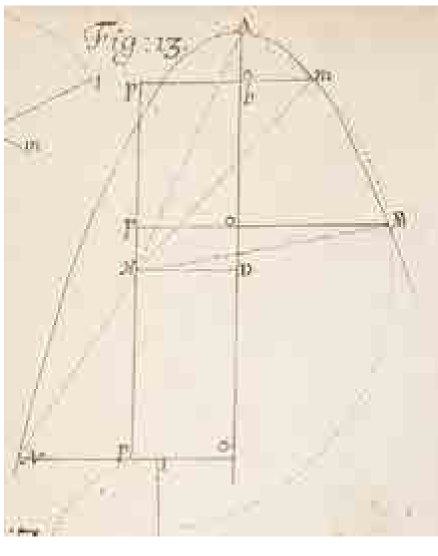
8　**Analysis geometrica sive nova, et vera methodus resolvendi tam problemata geometrica, quam arithmeticas quæstiones. Pars prima de planis.**

オメリク　幾何学的解析：その本質　1698年

代数を基盤にした解析幾何が誕生しつつある時代に、旧来の幾何学の意味での解析を強調する動向があった。オメリク(Antonio Hugone de Omerique、1634-?)の『幾何学的解析：その本質』は、その典型として知られている。本書では、作図できたと仮定する「解析」にはじまる作図題が完全解形式で記述されている。代数による解析が広まればこそ、逆に伝統的な作図題における解析が完全解形式で明示的に記されるようになったと考えられる。







9　**The geometrical key, or The gate of equations unlock'd.**

ベーカー　幾何による方程式入門　1684年

「新数学提唱とは何か」の提唱に係るせめぎ合いは、旧来の幾何図形を代数的に定義することで収斂していく。解析幾何学の誕生である。ウォリス（John Wallis、1616-1703）の著書『Treatise of Algebra』(1685)では２次方程式の解法までであったが、本書では放物線・円を用いて３次方程式および４次方程式の解法について記述されている（右上・右下図）。

3　万人のための数学と産業革命への叡智

普遍数学は、未知数 x の存在を仮定する意味での代数学と、極限値(無限小)の存在を仮定する意味での微分積分(解析)学とによって、数学の発見法を再編する流れのもとで発展していく。その時代に、市民革命、産業革命が始まる。そこでは学校で教える数学を順序だてて整理する必要から数学内容が教科目へと分化していく。

普遍数学では、かつて数学の花形であった作図法を探る作図題が方程式による個別演習題とみなされるようになる。数学者の関心は、例えば、高次曲線の分類など、今日の代数幾何に連なる代数表現による問題の一般解に転じる。教科目としては、かような個別演習題は解析幾何として整理され、解析幾何に対する旧来の幾何学は総合幾何として整理され、学ばれることになる。

教科としての数学は、フランスの場合には、理性による思考の普遍性と不変性を話題にする万人を対象とした啓蒙思想を前提に、万人が備えるべき叡智とみなされた。陸軍士官学校など多人数に対する効率的な公教育が求められる中で、学校で教えられる数学内容は教科目として再編されることになる。

産業革命は、機械を動かす動力が、手動から水力、蒸気力へと転換することで進展した。幾何を前提とした作図解による解法は、計算機や機構学(機械学)へと発展した。

10　**Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. 35 vols.**
ディドロ　百科全書　全35巻　1751-1780年

啓蒙思想の象徴である『百科全書』は、フランスの思想家ダランベールとディドロが中心になって1751年から20年以上かけて完成させた学問・芸術・工学の事典であり、本巻および図版を含め全35巻から成る。

Column　百科全書に見る数学の機器

ここでは『百科全書』の中から、数学で発明された機器についていくつか紹介する。

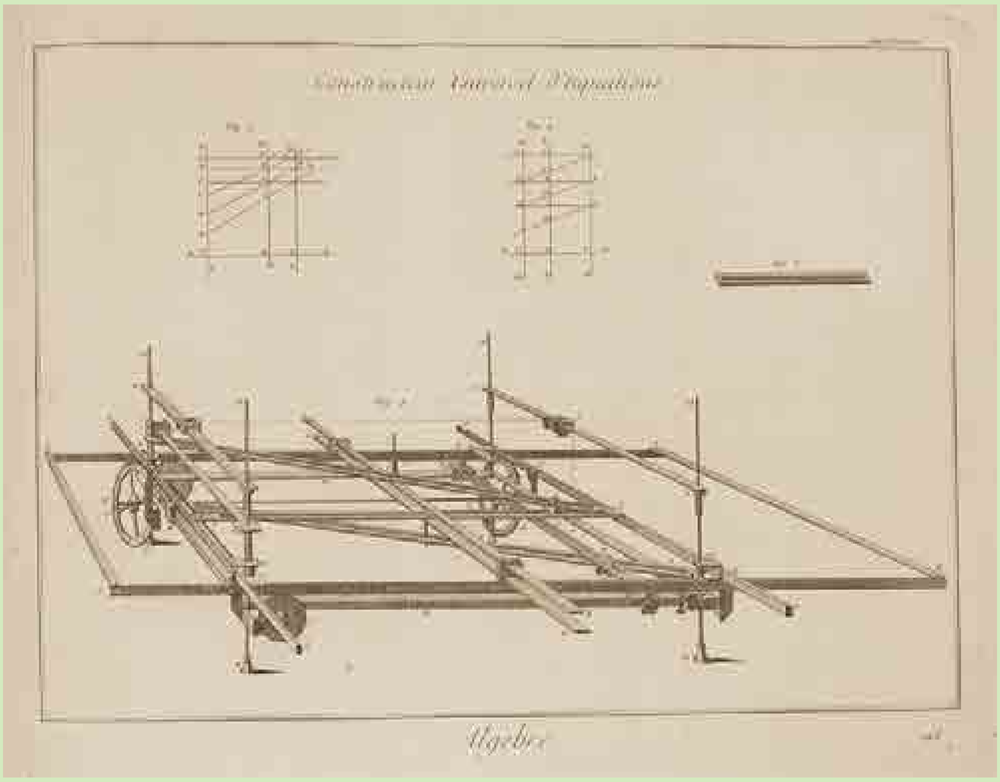
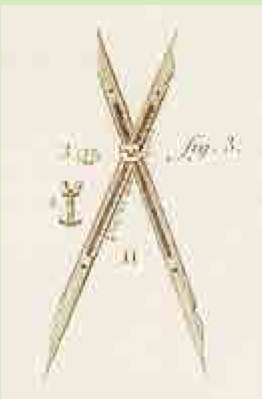


図10　万能方程式解答器
ディドロ　百科全書（p.20 資料No. 10）図版12巻より

万能方程式解答器は、今日的な呼称では整関数のグラフ描画器である。図10は、$y=ax^2+bx+c$のグラフを作図する仕組みを表しており、同じアルゴリズムで器械を組み立てれば、理論的には任意の高次整関数のグラフを描くことができた。それは、曲線が方程式で定義されることを前提に機能するもので、曲線を幾何的に定義し探究する時代の終焉を象徴する器械でもあった。



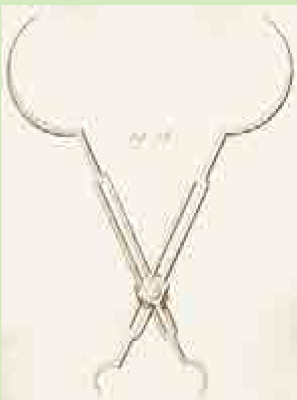


図11　比例コンパス
左図：図版５巻、右図：図版８巻より

比例コンパスは、平行線と比の定理を利用した道具で、相似三角形の辺の比を例えば１：２に設定すれば、与えられた任意の長さを２倍に拡大したり、$\frac{1}{2}$に縮小したりすることができる。左は作図・地図・海図用の比例コンパス、右は彫刻で用いる比例コンパスである。

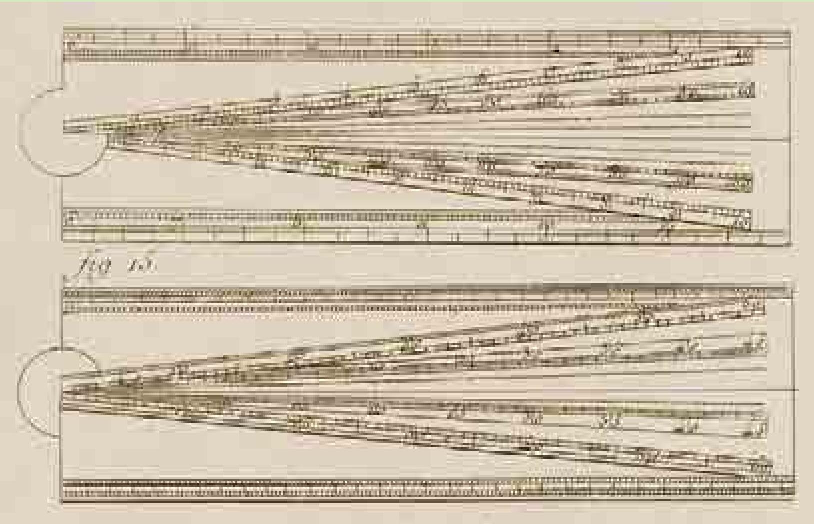


図12　セクター（計算尺）
図版5巻より

セクターは、コンパスで与えられた長さに対する計算結果を線分長で表す計算機である。

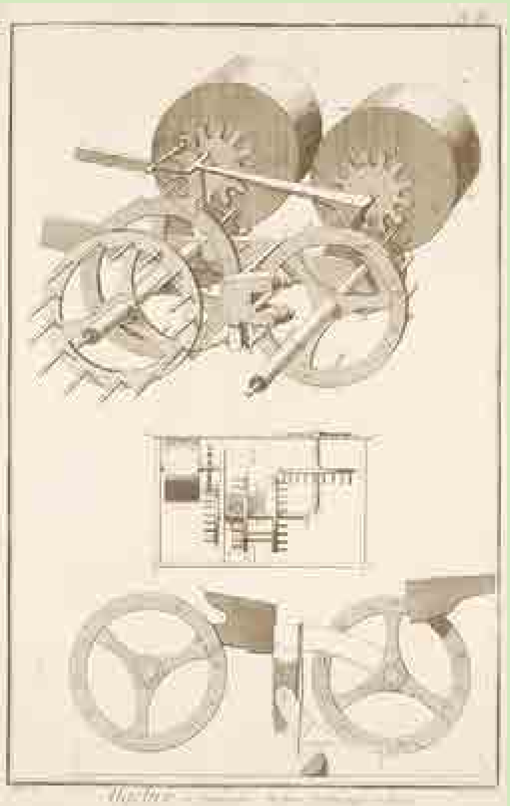
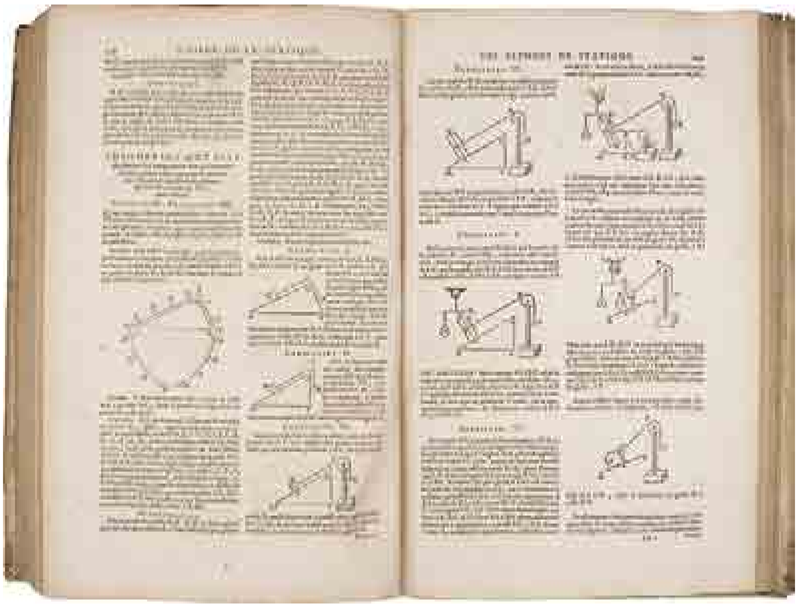


図13　加算器パスカリーナの仕組み
図版5巻より

本図は、パスカルが発明した加算器パスカリーナの仕組みを表している。パスカルは、歯車のかみ合わせにより繰上りを実現した。

参考5　加算器パスカリーナ
(パリ国立技術博物館蔵)

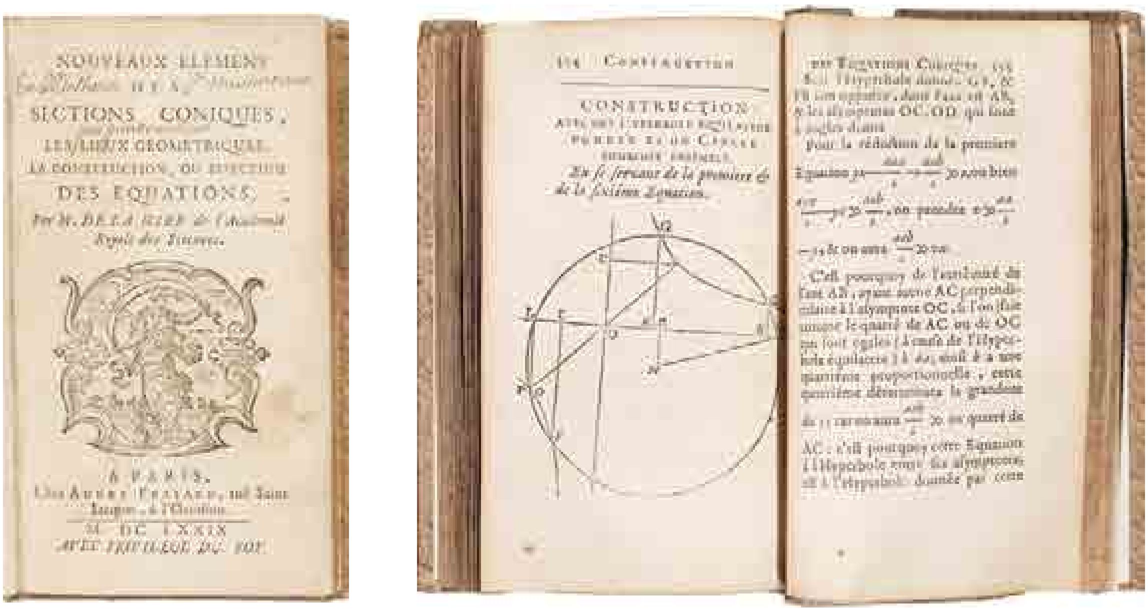
図13は、上写真の加算器の中の歯車の組み合わせを図版化したものである。



11　**Les œuvres mathematiques de Simon Stevin de Bruges.**

ステヴィン　全集　1634年

オランダの数学者ステヴィン(Simon Stevin、1548-1620)は、三角法、力学(機械学)、建築、音楽(音律)理論、地理学、築城法、航海術などの分野で貢献した。力学では、アルキメデスの失われた『方法』に触発され、静力学的方法による重心の理論を展開した。簿記会計理論などでも知られ、十進位取記数法とみなしえる表記法で小数を表し、その使用法を普及した人物としても知られている。



12　**Nouveaux élémens des sections coniques, les lieux géométriques, la construction, ou, effection des équations.**

ラ・イール　円錐曲線の新原論　1679年

ラ・イール(Philippe de La Hire、1640-1718)は、本書で、ベーカー (Thomas Baker、1625?-1689)『幾何による方程式入門』にみられる代数的方法を用い、円・放物線以外を用いた３次方程式・４次方程式の解法についても言及している。

第３部　調和と美への叡智としての数学

古代ギリシャにおいて、数学は「諸学問」とされ、音楽や芸術の調和とその美を形作る方法として機能した。今日、ハーモニー（調和・和声）といえば、オーケストラを連想する。ルネッサンス期まで、音楽といえば、五線譜というより比の理論であった。今日のオーケストラに象徴される、異なる楽器編成によるハーモニーは、２の12乗根の相乗で定められた音階、平均律を共有することで実現した。それ以前の調和の意味でのハーモニーは古代ギリシャのピタゴラス音律に遡る。それは１：２、２：３の比（３：４まで加える場合もある）で構成された。

ピタゴラス学派の生み出した音楽理論としての調和は、天文学者でもあったプトレマイオスが著述する。その内容は後にヨハネス・ケプラーに参照され、宇宙を入れ子状のプラトン立体（正多面体）で表す宇宙の調和理論として話題にされる。教会音楽に耳を傾けるとき、天上の音楽を想像する。数学による世界の調和を確信すればこそ、宇宙像も話題にできた。

絵画の世界では、ルネッサンスは、神の視線から人の視線への転換，絵画における人間性復活の契機とみなされる。それは神を描く中世教会画の伝統への挑戦を伴うゆえに、容易に実現することはなかった。神の世界を描く中世教会画において、キリストを大きく、その使徒を小さく描くのは当たり前だった。磔られたキリストの視線に人々は救いを求めたのである。その絵画が正しくないと話題にすること自体、憚られることだった。人の視線で描くことが真に神の創り賜うた世界であることを証明するために、そしてそのような描き方が自然であることを示すために、視点、画面を固定し、みたままに描き出す道具が工夫された。それは、透視図法に正しさ、美しさを認める過程である。

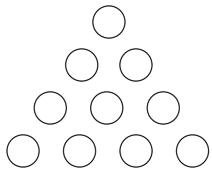
古典的な意味での美学において美を象徴する調和は、かような数学によって表された。

13　Κλαυδιου Πτολεμαιου Αρμονικων βιβλια γ' = Claudii Ptolemæi Harmonicorum libri tres.
プトレマイオス　和声学　1682年

本書はピタゴラス音律研究書であり、上記の一弦琴を手にするプトレマイオス（英語名：トレミー、Ptolemy）の挿絵は弦（コード）のピタゴラス音律による分割がハーモニーを築くことを象徴している。彼は古代の宇宙理論を記した『アルマゲスト』の著者としても知られている。

1　調和と音楽

万物を数に還元したピタゴラス学派は、１、２、３、４の和10を、完全なる数と呼び、三角形の中でも貴んだ。



ピタゴラス音律は、資料13の扉絵のような一弦琴で表された。ピタゴラス音律では、ドの弦長を１とすると、ソの弦長は$\frac{2}{3}$、１オクターブ上のドの弦長は$\frac{1}{2}$である。この三音を端緒に構成されるピタゴラス音律は、平均律(2の12乗根)による比を機械作図することができたデカルトにおいてさえも、調和を奏でる好ましい音階であった。平均律は容易に採用されなかったのである。

音の高さは弦長の逆とみる発想から、仮にピタゴラス音律を逆数で表せば１、$\frac{3}{2}$、２を得る。これを延長すれば、初項1、公差$\frac{1}{2}$の等差数列を得る。今日、与えられた数列の各項の逆数で得られる数列が等差数列をなすとき、その与えられた数列を調和数列という。数学用語では、他に調和平均がある。

ピタゴラス学派は、視覚的な図(実在)と概念定義された図形の本質(観念)とを区別したことで知られ、後者が存在する世界をプラトンはイデアと呼んだ。数学では、予想したことが結果として体系に無矛盾に位置づく予定調和体験を通じて、数学世界の存在が確信される。神による予定調和を唱えたのは数学者ライプニッツだった。

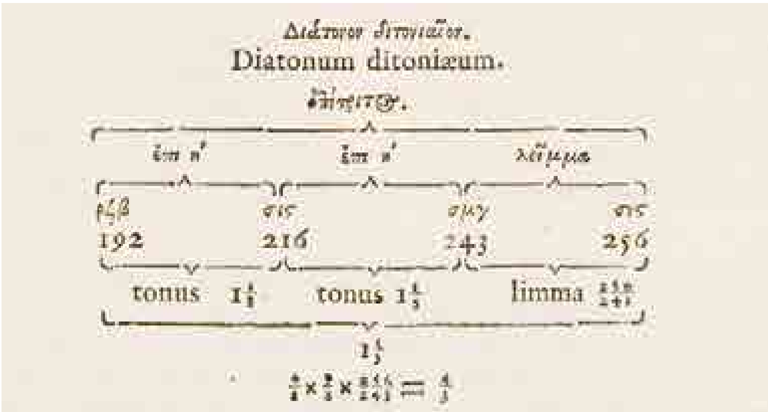
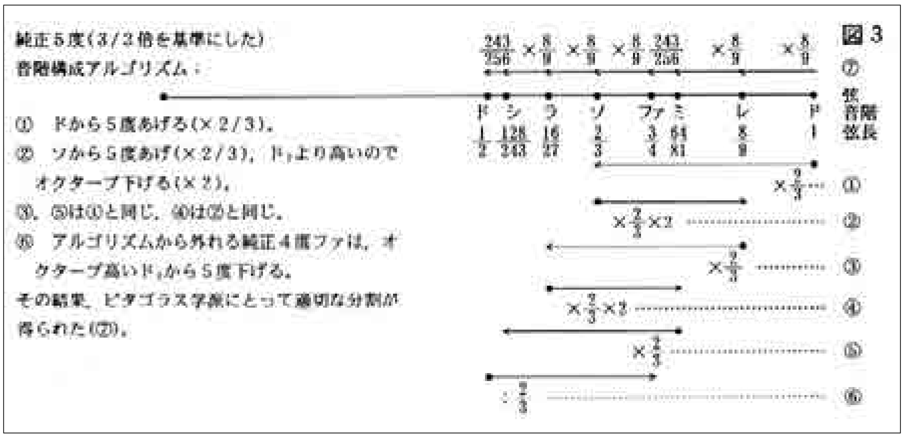


図14　プトレマイオス　和声学　(p.24 資料No. 13)より

この音階の関係図は下のように考えて、⑦のファのところに該当する。



礒田正美・岩崎浩「道具に見る数学と文化(第24回) 音楽が数学だった時代」『数学教育』2005年５月号 p.89より

2　ルネッサンスで再発見された美と透視図法

遠近法の正しさ、美しさが確信されると、図15右図のような道具に依存した素描に頼ることのない作図法が再発明される。それが数学上の作図法としての透視図法である。それは図16のような平行線束が地平線上で消失する性質を利用し、図15、図17にみるような方法で作図された。かのレオナルド・ダ・ヴィンチもその方法を知っていた。そして、その作図法は、製図ソフトCAD出現以前までは、大学理数系の教養段階で、図学という名で学ばれた。その作図法の意味での図学が失われたのは、30年前の教養部の解体においてである。

今日、誰もが学ぶのは、図16の1点透視図である。地平線上には無数に消失点が並ぶにも関わらず、その内1点の消失点のみ数える。一点透視図と称するのは、それが数学としての透視図ではなく、画板の枠内に描かれた構図を話題にしているからである。構図論では、平行線束が地平線上の消失点に収束することが話題にされる。他方で、数学上の透視図法では対象物の横幅が、視点から対象物への奥行の長さに対し反比例することが話題になる(図17)。今日ではその横幅がその奥行に反比例することは、コンピュータスクリーン(平面)上に3D映像を表示するプログラミングの基本である。

芸術に秘められた比は、幅・奥行の反比例に限らない。絵画の構図には、しばしば円や黄金比が埋め込まれてきた。円や黄金比をその構図に意図的に用いた場合もあれば、結果としてそのような比になった場合もある。確かなことは、比が調和や美の一つの基準でもあったことだ。

カメラの登場により絵画における透視図法は逆に衰退する。映像を残すだけならば、カメラの方が容易なのだ。後世には、カメラの隆盛によって、絵画は人の視線ではなく、人の得た印象を創造的に描くものへと差別化されていく。美が数学から分立したのである。

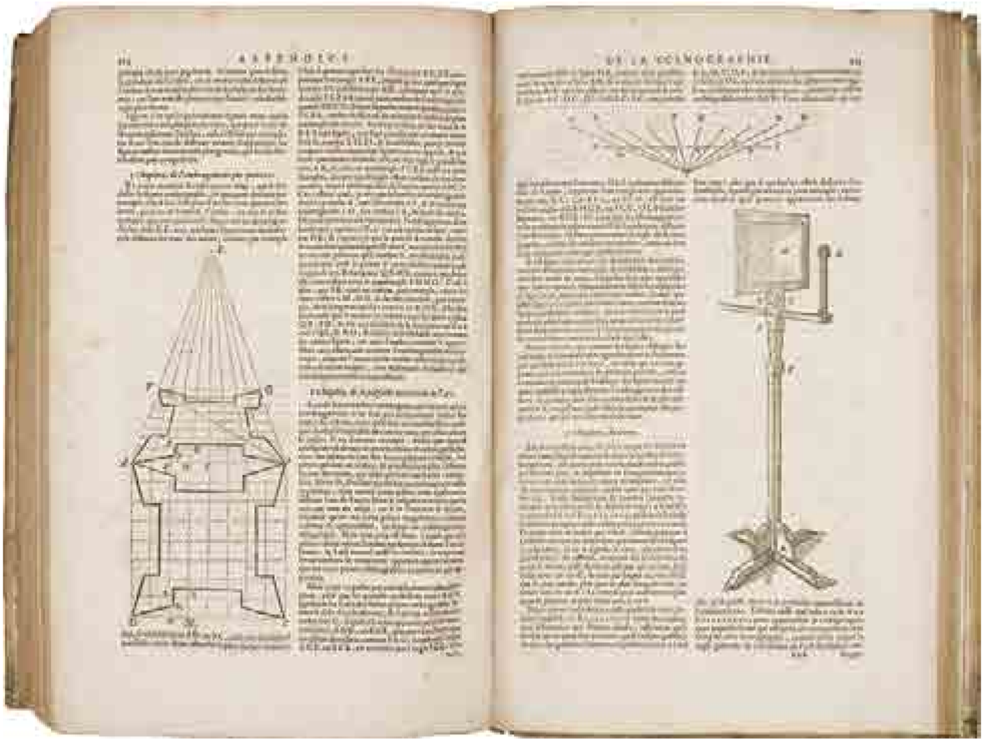


図15　透視図法

ステヴィン　全集　(p. 23 資料No. 11)より

小数表記を発明したことで知られるステヴィンは、透視図法の作図理論を提出したことでも知られている。図右頁の道具は、透視図法を正統化する段階で必要になる、視点と画面を通して対象を読み取る素描器具である。ヨーロッパでは、イタリアで学んだデュラーを通して、画面上の格子で点を写し素描器具が流布したと考えられる。

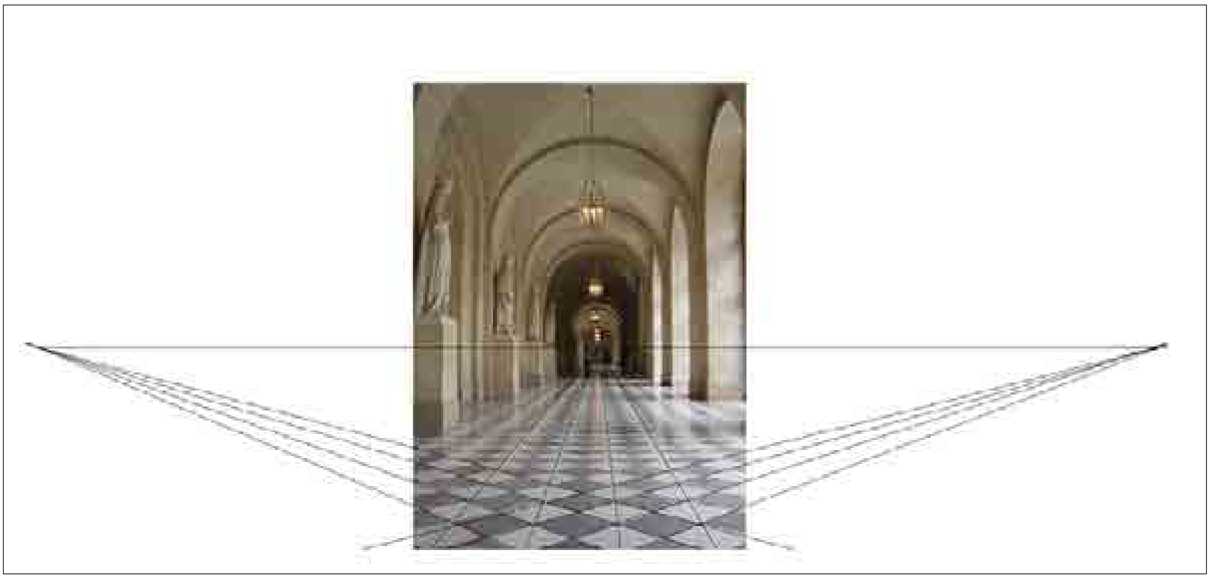


図16　ベルサイユ宮殿回廊

正方形タイルが生み出す平行線束が、消失点２点で交わる。

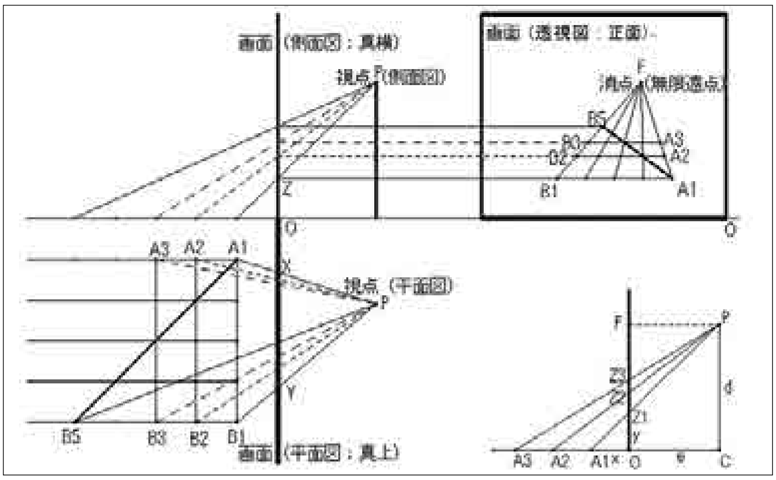
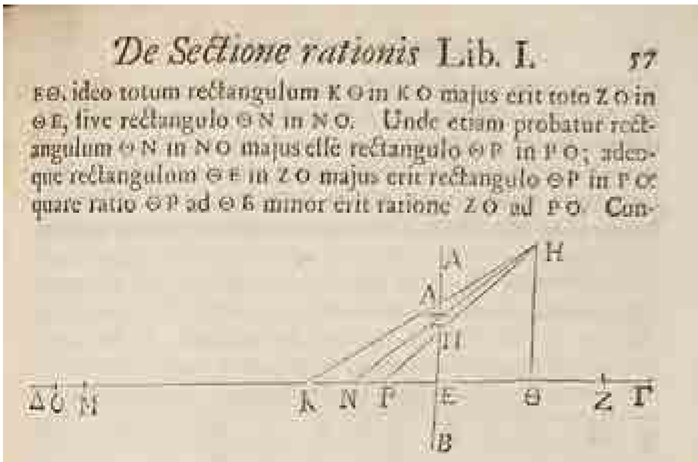


図17　平面図・側面図を画面上に合成して描く、透視図法による作図法



De Sectione rationis Lib. I. 57

ΚΘ; ideo totum rectangulum ΚΘ in ΚΟ majus erit toto ΖΟ in ΘΕ, ſive rectangulo ΘΝ in ΝΟ. Unde etiam probatur rectangulum ΘΝ in ΝΟ majus eſſe rectangulo ΘΡ in ΡΟ; adeoque rectangulum ΘΕ in ΖΟ majus erit rectangulo ΘΡ in ΡΟ: quare ratio ΘΡ ad ΘΕ minor erit ratione ΖΟ ad ΡΟ. Con-

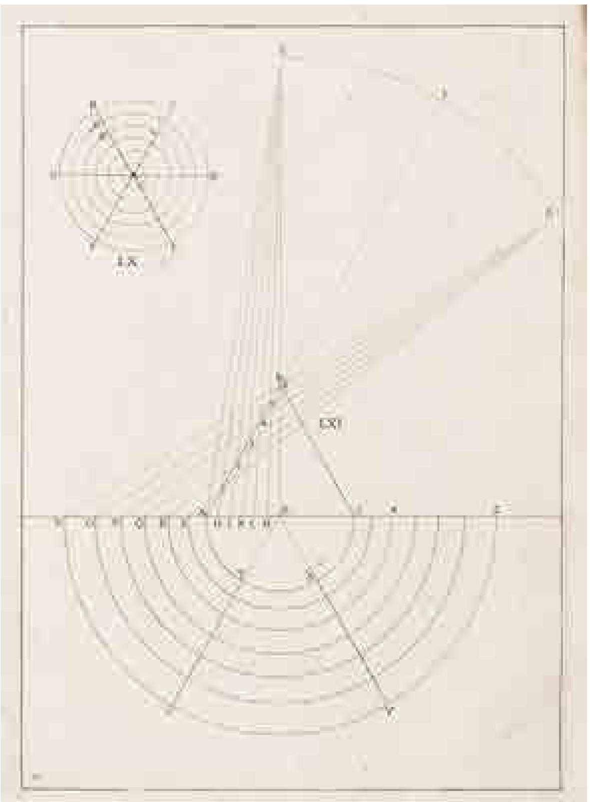
図18　アポロニウス　比例切断
(p. 13 資料No. 4) より

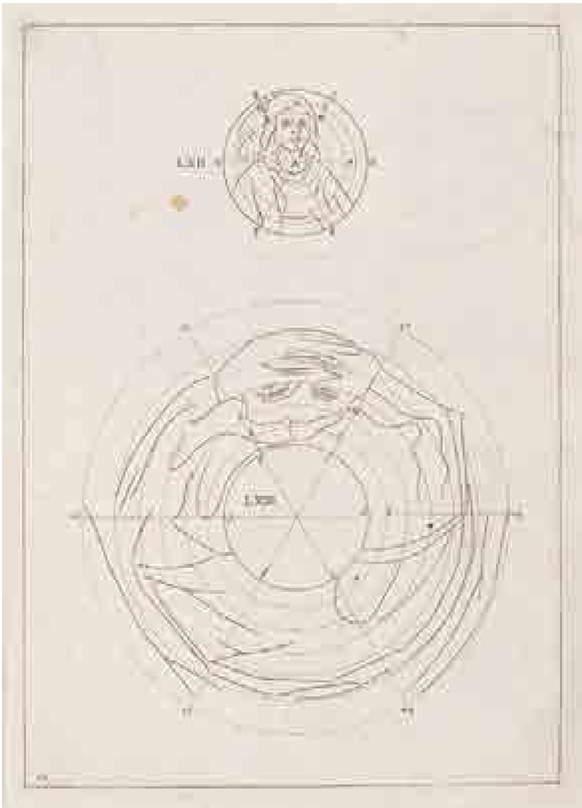
古代ギリシャにおいても、ルネッサンスにおいても、画家は、数学上の作図法としての透視図法を承知していた。実際、アポロニウス『比例切断』には、透視図法で必須の図を認めることができる。

3　カメラオブスキュラとだまし絵

精巧に記された遠近法による絵画のカンバスを調べると、作図で必要な消失点の穴が残されている場合があるという。フェルメールの「デルフト眺望」を典型とする当時の絵画が、カメラの原型、カメラオブスキュラを用いて描かれたことも知られている。そして、存在しない対象を存在するかの如く絵を描く手法として作図法としての透視図法が開花する。

存在しないものが存在するかの如く描く方法として透視図法が発展すると、それは天井画など、歪んだ画面に絵を描く方法として、また、遠くからみてそれらしく描く方法として発展する。あるところからみれば「そこにありえないものがあるもの」として映り、それ以外のところからみるとただただ歪んだ何かにしかみえない。突然、美しくみえるだまし絵の世界にまで透視図法が拡張される。





14　La perspective curieuse, ou, Magie artificiele des effets merveilleux.
ニセロン　奇妙な透視図法　1638年

ニセロン(Jean François Nicéron、1613-1646)は、フランスの数学者である。本書では伝統的な透視図法が円錐、円柱への鏡映等にまで拡張され、だまし絵(アナモルフォーズ)の作図法が広く扱われている。

第４部　現代数学への系譜

18 世紀のヨーロッパは、解析学を中心にヨハン・ベルヌーイやロピタル、ライプニッツなど多くの数学者を輩出した。数学会誌が創刊されるなど、学術的な意味での出版を通じて成果を競い合う時代を迎えることになる。最速降下曲線の問題、振り子の等時性の問題など、様々な数学上の問題が共有され、解答された。

自然科学上の問題を解く過程で微分積分学が発展し、その過程で微分方程式も解かれるようになった。発端は逆接線問題などの曲線や接線の作図で必要になる幾何学的変量の研究であったが、一般解法が追究されることで変量を含む解析的表現理論の研究に焦点があてられることになった。

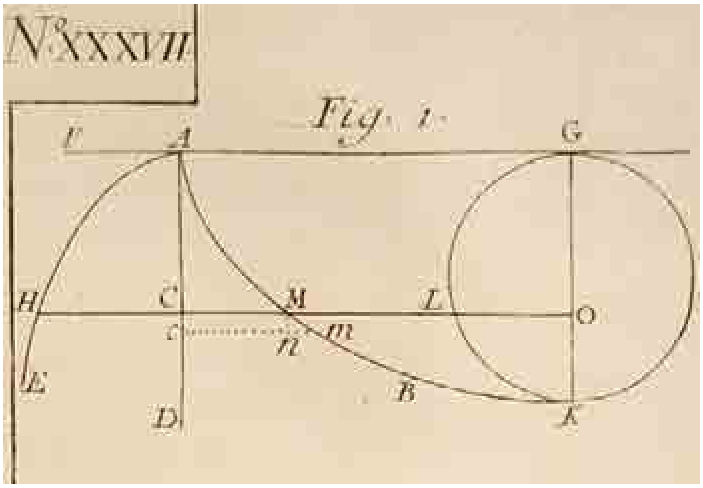
特に、解析における無限小の研究は、パスカルの三角形の一般化など、無限小を利用した整数べきの和計算へも派生し、確率論で知られる大数の法則および正規分布曲線に関する研究へと展開した。また、非ユークリッド幾何学が、ハンガリーではボイヤイ、ロシアではロバチェフスキーによってユークリッドの平行線公準を証明する試みから生み出された。

15　Johannis Bernoulli, Opera omnia, tam antea sparsim edita, quam hactenus inedita. 4 vols.
ヨハン・ベルヌーイ　全集　1742 年

ベルヌーイ家は 17 世紀から 18 世紀にかけて少なくとも 8 人の数学者を輩出した。最速降下曲線、ロピタルの定理などで知られるヨハン・ベルヌーイ (Johaan Bernoulli、1667-1748) は、ライプニッツとともに微分積分学の発展に貢献した。

1　数学雑誌と教科書の発行

フランス革命後、高等教育再建のため設立された公共事業中央学校(のちにエコール・ポリテクニク)では、国内最高の数学者たちが教鞭をふるい、多くの教科書が執筆された。このエコール・ポリテクニクで生み出された教育課程や教科書は、ヨーロッパ・アメリカの工科大学の教育課程の見本となった。各国で学術雑誌も発行され、先端の問題・アイデアが共有されるようになる。



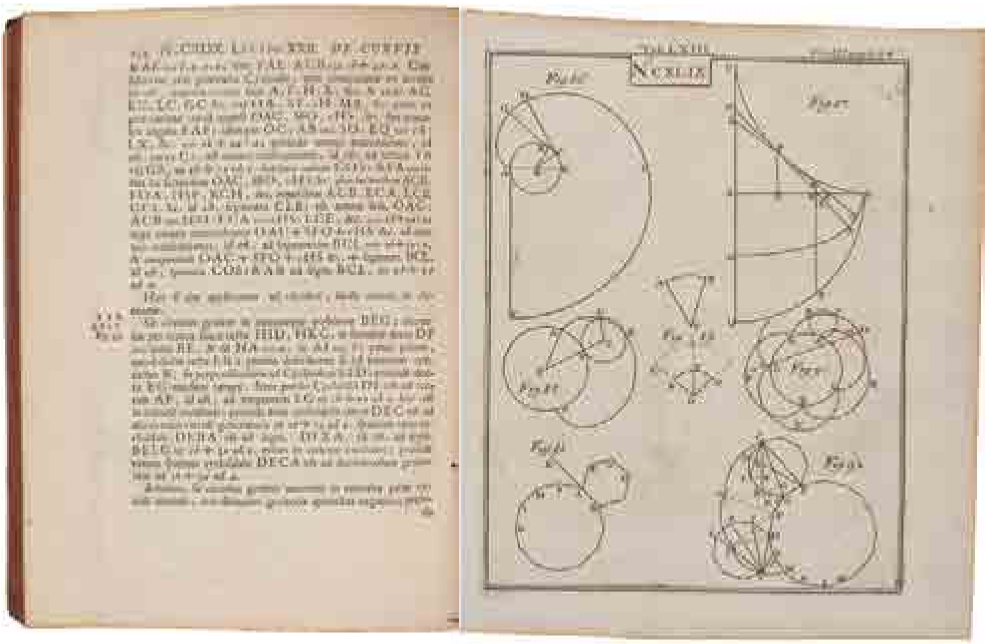


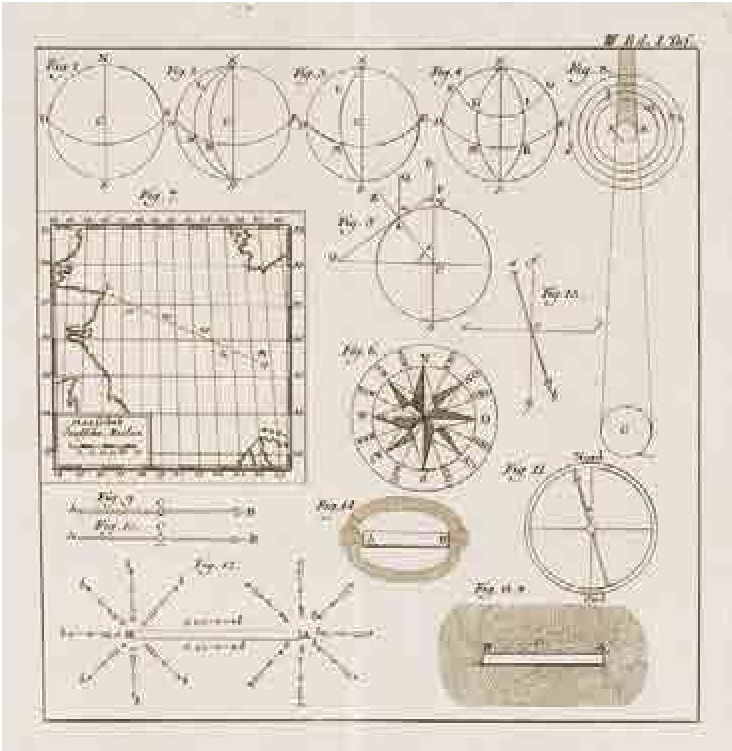
図19　ヨハン・ベルヌーイ　全集
(p. 29 資料No. 15)より

質点が最も速く落ちる曲線を求める最速降下曲線問題(上図)は、ガリレオが『新科学対話』(1638)3日目で言及した問題である。ヨハン・ベルヌーイが、学術雑誌『Acta Eruditorum』1696年6月号にその問題を提示し、ニュートン、ライプニッツ、兄のヤコブ・ベルヌーイ、ヨハン・ベルヌーイによってそれぞれ独立に解答され、それぞれの論文が翌年5月号に掲載された。解はサイクロイドである。下図右頁では、線分を用いて伸開線の弧長をを求めている。

2　ヨーロッパ数学の拡大

ヨーロッパ数学といえば、フランス語圏、ドイツ語圏の数学を連想する。それは短い時間で東ヨーロッパ、ロシア、英語圏へと拡大する。18世紀最大の数学者とされるオイラー (Leonhard Euler、1707-1783) は、スイスに生まれ、ロシアに招聘され、ロシア科学アカデミーに貢献する。その貢献からロシアでは、オイラーはロシアの数学者とみなされる。

ヨーロッパ数学は、解析のほか、無限小を利用した整数べきの和の計算から確率論で知られる大数の法則および正規分布曲線に関する研究へと発展した。また、ユークリッドの平行線公準を証明する試みから生まれた非ユークリッド幾何学がハンガリーのボイヤイ、ロシアのロバチェフスキーによって独立に得られている。それも、ヨーロッパ数学の版図が東欧、ヨーロッパ・ロシアまで広がった証左である。



16　Leonhard Eulers Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre. 3 vols.

オイラー　書簡集　1792-1794年

全集には『無限解析入門』、『微分学教程』、『積分学教程』のほか、剛体・弾性体の力学、光学、熱・電気と磁気の関連についての物理学、測量（右図）、天文学など、多岐にわたる著作が収められている。オイラーは、完全に失明してもなお、口述筆記に頼りながら、精力的な研究生活を続けたという。

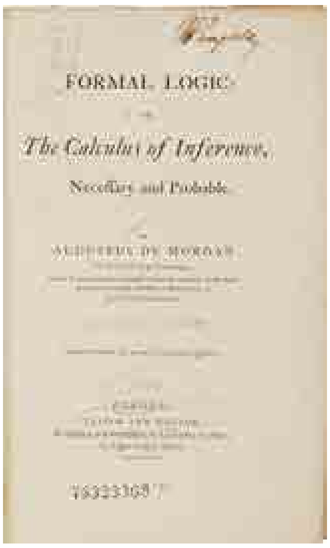
3　新数学の展開

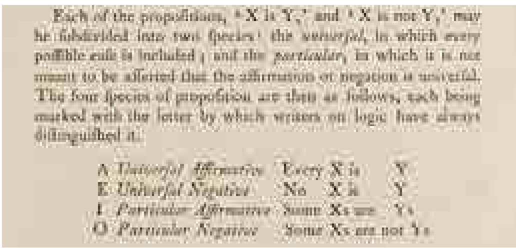
実用性も兼ね備えたヨーロッパ数学は、このように地理的にその範図を拡充した。さらに、それまでにない対象を数学的対象と認め、それを数学化することで数学の世界それ自体が拡大していく。特に確率論の成立は、厳密性を追求する数学において数学的対象の広がりを示す典型である。確率論は、蓋然的推論を表象する理論であり、厳密な論理形式として認められるまでには､カルダノにはじまり､パスカル､フェルマが議論し､ド･モアブル(Abraham de Moivre、1667-1754)による理論として形をなすまで時間を要した。

17　The doctrine of chances.

ド・モアブル　偶然性の理論　1738年

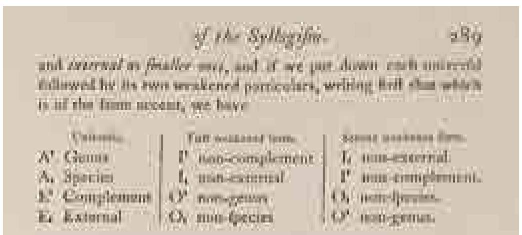
1650 年代以降の数学上の様々な発展が盛り込まれた確率論の教科書である。一般的な法則だけではなく、この時代によく行われたゲームのやり方･問題が詳細に解説され、その応用が記されている。数度の改定では、確率計算のための無限級数利用が話題にされ、その後、正規分布に関するいくつかの結果が盛り込まれるまで発展した。





Each of the propositions, 'X is Y,' and 'X is not Y,' may be subdivided into two species: the *universal*, in which every possible case is included; and the *particular*, in which it is not meant to be asserted that the affirmation or negation is universal. The four species of proposition are then as follows, each being marked with the letter by which writers on logic have always distinguished it.

A *Universal Affirmative*	Every X is	Y
E *Universal Negative*	No X is	Y
I *Particular Affirmative*	Some Xs are	Ys
O *Particular Negative*	Some Xs are not	Ys



of the Syllogism. 289

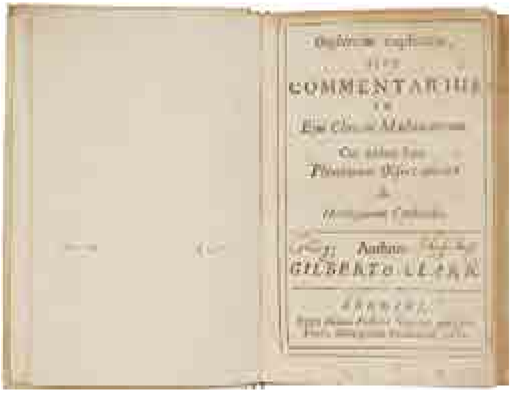
and *external* as smaller ones, and if we put down each universal followed by its own weakened particulars, writing first that which is of the same accent, we have

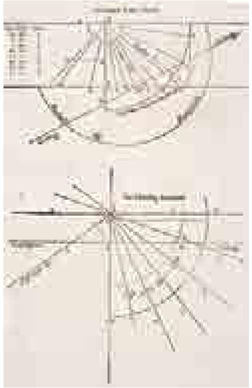
A' Genus	I' non-complement	I, non-external
A, Species	I, non-external	I' non-complement.
E' Complement	O' non-genus	O, non-species.
E, External	O, non-species	O' non-genus.

18　Formal logic.

ド・モルガン　形式的論理学　1847年

ド・モルガンの法則で知られるド・モルガン(Augustus de Morgan、1806-1871)による論理の形式的表現に関する著作である。命題の否定などの推論規則、三段論法などが記号化して記されている。





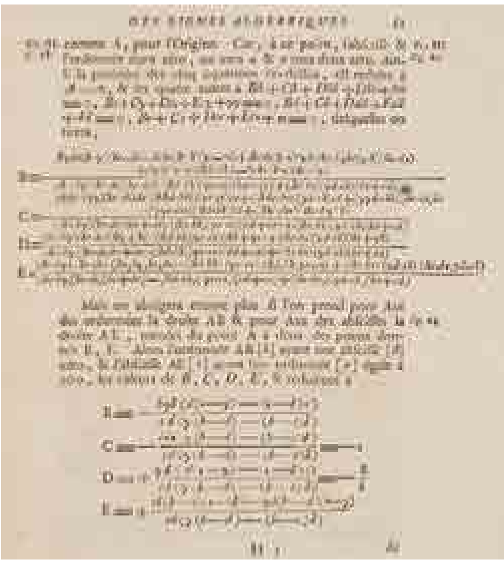
19　Oughtredus explicatus, sive, Commentarius in ejus Clavem mathematicam.
クラーク　解説：オートレッド『数学の鍵』 1682年

計算尺による対数表の実現で知られるオートレッド(William Oughtred、1575-1660)による著著『数学の鍵(Clavis mathematicæ)』(1631)についての解説本である。『数学の鍵』の中で初めて乗法の”×”記号や三角関数のsin、cosの表記が利用されたといわれている。

20　Sectionum conicarum libri quinque. Editio 2, emendatior & auctior.
シムソン　円錐曲線論(原著/ラテン語) 1750年

21　Elements of the conic sections, 2nd ed.
シムソン　円錐曲線論(英語訳) 1792年

シムソン(Robert Simson、1687-1768)はユークリッド『原論』を英訳した一人として知られる。本資料には高等学校の教科書で紹介される「シムソンの定理」なども記述されている。



22　Introduction à l'analyse des lignes courbes algébriques.
クラメール　代数曲線解析入門　1750年

代数曲線に関する本書の中で、クラメール(Gabriel Cramer、1704-1752)の公式として知られる結果が記されている(左図)。今日、知られる行列式による表記ではなく、連立一次方程式の解を連立一次方程式の係数の積で表す形で法則化されている。

第５部　和算とその発展

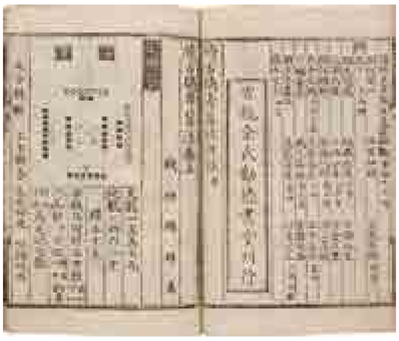
ヨーロッパから世界に展開した普遍数学こそが、今日の数学の直接的ルーツである。その数学が世界展開する以前には、地域に固有な数学が様々な歴史文化的系譜のもとで個別に存在していた。日本の数学は、古代数学輸入以前の数観念の時代、中国朝鮮半島から輸入され貴族社会において廃れてしまう『九章算術』に象徴される古代数学時代、戦国期に西欧・中国・韓国から伝来し鎖国期にオリジナルに発展する和算時代、そして明治期以降に大別される。

1　朝鮮書伝来

豊臣時代に朝鮮より伝わった『筭學啓蒙』および『宗揚輝筭法』は、最初の和算書とされる『算用記』以前に存在した数学書と考えられる。江戸時代元禄期までに、和算家が手にし、日本に多大な影響を与えた。

23　新編筭學啓蒙（しんぺんさんがくけいもう）3巻　(元)朱世傑撰　[李朝初期]

朱世傑は、元時代に方程式理論を展開したことで知られている。朱世傑『筭學啓蒙』（1299年刊）は、15世紀李氏朝鮮で銅版活字本として復刊され、日本に伝来する。中国、韓国で一度失伝した今日、筑波大学所蔵本が世界最古の伝書とされている。同書は、算木による方程式理論である天元術の解説を含む書であり、和算の基盤を提供したことで知られている。


24　宋揚輝筭法(そうようきさんぽう)７巻　(宋)揚輝編　宣徳8(1433)年刊

『揚輝筭法』は、13世紀後半の南宋の時代に活躍した数学者揚輝の著述である。その中の『続古摘奇算法』には多種類の方陣が紹介されており、関孝和はこの書によって方陣を研究したという。

2　大成算經への道

和算は、「1 朝鮮書伝来」で記したような東アジアにおける先端数学と、イエズス会宣教師等が持ち込んだ大航海時代の西欧数学を前提に構築されたと考えられる。日本最古の和算書は、戦国期の『算用記』と『割り算書』である。日本における戦国期は、ヨーロッパではデカルトやステヴィンが現れる以前の時代である。その内容上の影響は不明であるが、特に『割り算書』の序文にはアダムとイブの逸話が記されており、当時の宣教師の活動の存在を伝えている。

和算には、『算用記』、『割り算書』、そして『塵劫記』に始まる必須算術の大衆化、特に『塵劫記』の遺題や算額に象徴される俳諧のようにコミュニティで愉しむ和算の追究という一面と、そのすそ野の広がりを前提に師事された和算家による世界先端の研究という面とが併存した。和算家が発展させたと考えられているのは、先に述べた『筭學啓蒙』や『揚輝筭法』にみるような東アジアの数学である。


25　大成算經(たいせいさんけい)20巻　写本

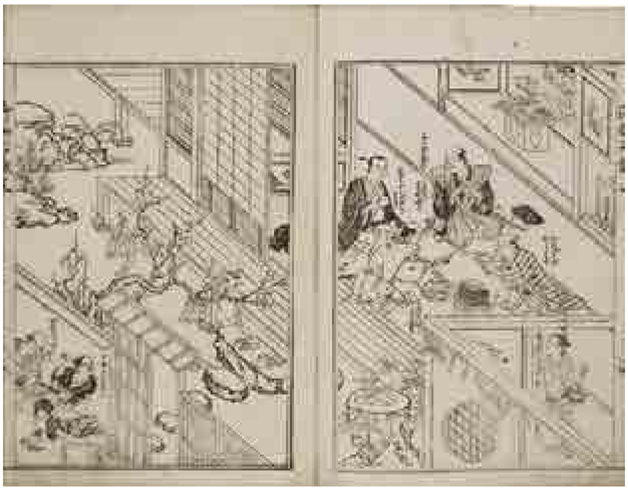
筑波大学が所蔵する『大成算經』は、当時、世界先端の計算数学を生み出した関孝和と、やはり先端の成果をあげたその弟子建部兼弘等が編纂に貢献したと考えられており、写本によって今日に伝えられている。『大成算經』には方陣の問題が収められている。関孝和は、天元術を多変数の点竄術に拡張し、世界ではじめて行列式表現を得たことでも知られている。

3　万人のための和算

日本の和算が、広く万人の愉しみとして存在した点も、ヨーロッパとは異なる点である。その成立は、『塵劫記』に求められる。『塵劫記』は、算術を愉しめるように入門的かつ遊戯的である問題を選び、図版とともに視覚的に配列した点でそれ以前の和算書と区別されている。中国における科挙の教科書『九章算術』などが内容ごとに整然と分類され編纂されたこととも異なっていた。

26　新篇塵劫記 3巻（存2巻）　吉田光由著　寛永18(1641)年刊

『塵劫記』(初版寛永4(1627)年)は、江戸時代を通じて改版され続け、数学の代名詞とも言われた和算書である。万人が愉しめる文化の形成は、その改版過程で生み出された遺題継承に求められる。海賊版や類書に対抗し吉田光由は、寛永18(1641)年に解答がない問題12問(遺題)を加えて増補する。筑波大学が所蔵する内の1点はその最初の遺題本である。その遺題に対して、解答を載せさらに遺題を提示するという出版合戦へと時代が進んでいく。やがて庶民は、算額に自らの研究成果をまとめて社寺に奉納し、先端数学まで学ぼうとする文化的営みを実現するようになる。それは、世界的にみても稀有な数学文化であった。



27　勘者御伽双紙 3巻　中根彦循著　寛保3(1743)年刊

『塵劫記』の類書の中でも『勘者御伽双紙』は、その挿絵の美しさ、当時の文化における和算の浸透をうかがう書として知られている。最初の遺題本より100年を経たこともあり、当時の高等和算まで言及している。漫画付通俗書として本書が存在したことが、和算を愉しむ心が庶民に浸透していたことの証である。

4　和算から洋算へ、そして数学へ

江戸から明治へ、学制導入に際し西洋数学が採用された結果、我が国固有の民族数学である和算は失われる。当初は翻訳・翻案教科書が用いられるが、明治期後半には自力で教科書を編纂する時代となる。一度西洋数学が共有されると、数学の進歩、数学の教育課程改革も、時差を伴いながらも海外と同期し発展する時代となる。そして、今日のように日本の研究者が数学、数学教育の発展に貢献する時代を迎える。

1900年代初頭、数学の発展に準じた学校数学教育課程の改革が求められ、数学教育の世界組織、数学教育国際委員会が創設される。その改革動向とも連動して、東京高等師範学校講堂での設立建議を経て、日本中等数学教育会(現在の日本数学教育学会)が1919年に創設される。改革それ自体は1923年の関東大震災によって頓挫するが、戦中の中学校教科書で改めて実現する。

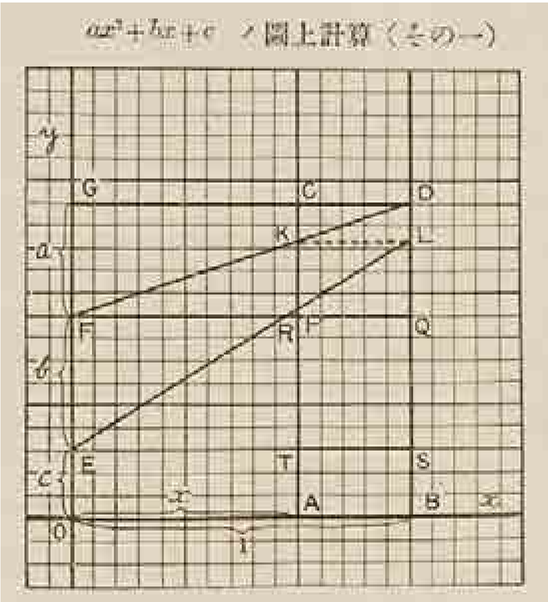
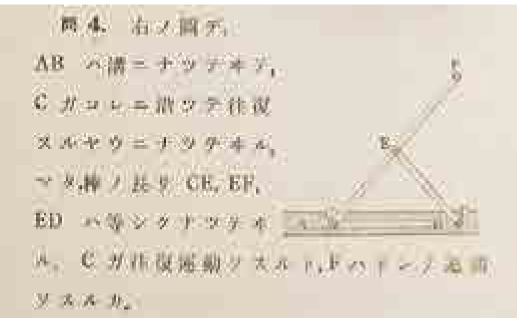


図20　黒田稔『数学教授の新思潮』培風館(1927)より

学校数学教育課程改革を推進した黒田稔が、p.21図10の「万能方程式解答器」を解説した図である。当時、幾何と代数を融合しようとした試みが図示される。

図21『數學　中學校用　3　第二類』中等學校教科書株式會社(1943)より



この設題と同じ図が、スコーテン『平面における円錐曲線論』(1646)冒頭にある(p.15図4参照)。

窓枠の動きは左図と同じ設題である。動輪の軌跡は、古代ギリシャ以来、話題にされてきた(p.30図19参照)。

5　茗溪の数学者たち

日本国内でも漸次学会が組織され、大正期には日本の研究が海外で認められる時代となる。ここでは、1936年の東京高等師範学校卒業アルバムから、当時の数学教授陣がいかに国内学会・学術領域創出に献身したかを記す。

国枝元治(1873-1954)

日本中等数学教育会設立に尽力。派閥のない学術組織創設を目的に、林鶴一を会長に推挙。東京で運営に専心し第３代会長となる。

阿部八代太郎(1883-1951)

日本数学教育学会第５代会長。戦中に会長に就任、戦後の難局期を越える。

掛谷宗一(1886-1947)

「掛谷の定理」で知られ、掛谷予想は今日でも研究されている。統計数理研究所初代所長。

杉村欣次郎(1889-1981)

日本中等数学教育会設立に貢献。数学教育再構成運動に携わる。日本数学教育学会第６代会長。

佐藤 良 一郎(1891-1992)

日本中等数学教育会設立に貢献。英国から数理統計学を導入し日本統計学会会長。日本数学教育学会第８代会長。

鍋島信太郎(1892-1973)

日本中等数学教育会創設から数学教育改良運動、数学教育再構成運動に携わり、東京教育大学教育学部数学教育研究室創設に尽力。

野村武衛(1895-1987)

高等師範学校教授の後、文部省視学官、三重大学学長等を歴任。日本数学教育学会第７代会長。

中村幸四郎(1901-1986)

日本に位相幾何を導入し、国内初の線形代数教科書を解析幾何学という書名で刊行、後に数学史研究を広める。

小 林 善一(1906-1991)

東京文理科大学、東京教育大学、筑波大学の創設に尽力。日本数学教育学会第10代会長。専門は複素関数論。

掲載資料による「数学の叡智ーその探求と発展ー」年表

古代ギリシャ

紀元前 300 年頃　ユークリッド『原論』
紀元前 300 年頃　アポロニウス『円錐曲線論』

100 年頃　プトレマイオス『和声学』

4 世紀頃　パッポス『数学集成』

普遍数学

実験数学・透視図法

1634　ステヴィン　『全集』
1637　デカルト　『幾何学』
1638　ニセロン　『奇妙な透視図法』
1660　スコーテン　『数学著作集』
1679　ラ・イール　『円錐曲線の新原論』
1682　クラーク　『解説:オートレッド『数学の鍵』』
1684　ベーカー　『幾何による方程式入門』
1698　オメリク　『幾何学的解析：その本質』

近代数学

解析学と代数学

1738　ド・モアブル　『偶然性の理論』
1742　ヨハン・ベルヌーイ　『全集』
1750　クラメール　『代数曲線解析入門』
1750　シムソン　『円錐曲線論（原著 / ラテン語）』
1751-1780　ディドロ　『百科全書』
1792　シムソン　『円錐曲線論（英語訳）』
1792-1794　オイラー　『全集』

1847　ド・モルガン　『形式的論理学』

現代数学

数学教育改良運動

1275 頃　揚輝　『宋揚輝筭法』
1299　朱世傑　『筭學啓蒙』

↓

日本に伝来

和算時代

1627　『塵劫記 (初版)』

1710　『大成算經』

1743　『勘者御伽双紙』

1872　師範学校が昌平黌跡地に開学
1886　高等師範学校に改組
1919　日本中等数学教育会　創設
1929　東京文理科大学　設置
1949　東京教育大学　設置
1973　筑波大学　設置
1978　東京教育大学　閉学
2004　国立大学法人筑波大学　設置

企画

筑波大学人間系

茂呂　雄二（系長）

礒田　正美（教授）

筑波大学医学医療系

讃岐　勝（研究員）

筑波大学附属図書館

中山　伸一（館長）

谷口　孝介（副館長・研究開発室長）

江川　和子（副館長）

筑波大学附属図書館研究開発室

山澤　学（人文社会系准教授）

附属図書館特別展ワーキング・グループ

大久保　明美　（主査）

岩本　悠

大曽根　美奈

薗部　明子

竹内　夏奈子

永濱　恵理子

新岡　美咲

峯岸　由美

渡邉　朋子

特別講演会「数学の叡智－その探求と発展－」

平成２７年１１月３日（火・祝）　13:30 〜 15:30

講師　礒田　正美

讃岐　勝

＊後日、YouTube（UnivTsukubaLibrary）でも公開する予定です。

電子展示 Web

http://www.tulips.tsukuba.ac.jp/exhibition/2015math/index.html

---

平成 27 年度　筑波大学附属図書館特別展

数学の叡智－その探求と発展－

平成 27 年 9 月 28 日　　発行

発行　筑波大学附属図書館
〒 305-8577　茨城県つくば市天王台 1-1-1

TEL 029-853-2376

印刷　前田印刷株式会社

ISBN　978-4-924843-80-6

筑波大学
University of Tsukuba