# レオナルド・ダ・ヴィンチの数学研究 — 知と技の間で

東海大学文学部文明学科
平野　葉一

## 1．はじめに～レオナルド・ダ・ヴィンチと数学研究

レオナルド・ダ・ヴィンチ（Leonardo da Vinci : 1452-1519）をわれわれはどのように捉えることができるのであろうか．芸術家，科学者，技術者，発明家，解剖学者—実にさまざまな冠を付して呼ばれるその存在は，まさに今日のリベラル・アーツ的な超領域人文学が花開くルネサンスの領袖として今日にその名を響かせている．レオナルドの関心は実に多種多様な範囲に及び，芸術から離れても現代的には力学，水力学，光学，天文学，土木工学，土木，地質学，鉱物学，解剖学，･･･というようにその分野を挙げれば枚挙に暇がない．それでも，一方に自然を据え，他方ではそれに対峙する人間を置くという基本姿勢は，自然の美と調和を求めながらそれらを人間営為のなか見出そうとする人間探求の精神に溢れている．それ故に，レオナルドの絵画にしてもデッサンにしても，そこに秘められた現実と空想，理性と感性，真理と神秘といった相反する様相の共存がわれわれを魅了するのである．

それでは，数学はどうであろうか．人間による具体的実践とは最も対極に位置づけられる精神活動としての数学は，果たしてレオナルドの関心にとまっていたのであろうか．レオナルドの時代はカルダノが 3 次や 4 次の代数方程式の解法を表す少し前であり，ヴィエタやデカルトによる代数記数法の導入も，ましてやニュートンやライプニッツによる微分積分学の創始までは未だ 2 世紀もかかる時代である．したがって，数学そのものが理論的な体系を形作る前であり，レオナルドが数学のある理論を体系的に研究したことはなかった．ましてや自然科学や工学を基礎に具体的な道具を考案していたことから，レオナルドには数学そのものの研究はほとんど見られない．それでも，レオナルドの手稿にはかなりの量の“数学的記述”が見出される．それは，古典的な問題に対する考察，幾何学的な作図—というよりはむしろある種の近似的な機械的作図などである．本稿ではレオナルドの数学的記述のいくつかを紹介し，“ルネサンスの天才”と称されるレオナルドの数学への意識の一端を明らかにしたい．

ところで，上で“数学的記述”といったが，今日伝えられているレオナルドの記述は手稿として残されているものばかりである．手稿とはレオナルドが自らの手で書き記した原稿のことで，研究結果や経緯を整理したノートや彼自身の研究メモ，デッサンなどの図版，あるいはその時々の蔵書リストや出納簿に類するメモなど，その内容は

2019 年度年会市民講演会（2019 年 3 月 17 日）

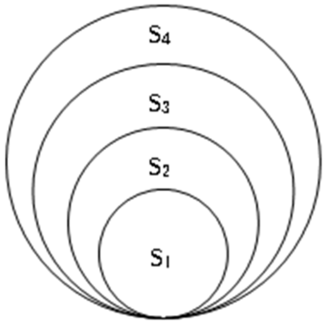
多種多様である．特徴的なのは，その記述がすべて鏡文字で記されている点である．文章の右端に鏡を置いて映せばその端から通常の向きに読むことができるよう記されているのである（但し，数字は通常の向きで書かれている）．この辺りもレオナルドの神秘性をうかがわせて興味深い点である．

なお，レオナルドの手稿は4000枚ほどが残されているとされるが，発見，編纂された場所，あるいは所蔵されている地名や場所，人名などが付されており，『アトランティコ手稿』,『パリ手稿』,『マドリッド手稿』,『ウインザー手稿（解剖手稿を含む）』などがある．手稿には本やノートのように綴じられたものもあれば，1枚ずつのものもある．各1枚を紙葉と呼ぶが，紙葉ごとに番号がふられ，表（Recto）と裏（Verso）が区別される．

## ２．無理数の把握（Ｉ）～平方根と立方根

### (2-1) 平方根の作図

レオナルドの数学的意識を見る上で，先ずは彼の無理数の把握について紹介する．無理数とはいっても，ヨーロッパ世界における小数の導入は1585年のシモン・ステヴィンとされており，レオナルドの時代は未だ古代ギリシア以来の幾何学的作図が主流であった．それでも，レオナルドは平方根に関しては正確な知識を備えていたことがうかがえる．

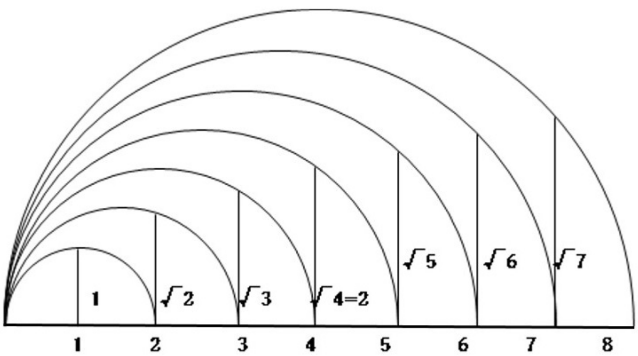



【図 1】

【図１】は『アトランティコ手稿』の紙葉596(Recto)に描かれた図で，レオナルドは円を順次重ねていき，面積が常に等しくなる三日月形の作図を行っている．すなわち，【図1】で最初の円の面積を$S_1$とし，順次描かれる円と次の円の間にできる三日月形の面積を $S_2$，$S_3$，$S_4$，･･･とすると，

$$S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = \cdots$$

となる．したがって，順次描かれる円の面積は最初の円の面積の2倍, 3倍, 4倍, ･･･となるから，最初の半径を $r_1=1$ とすれば，順次描かれる円の半径は



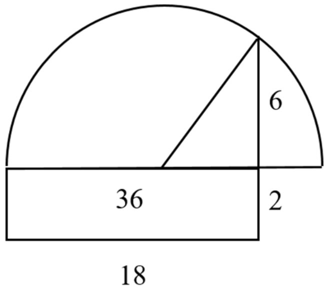

【図 2】

$$r_1=1,\ r_2=\sqrt{2},\ r_3=\sqrt{3},\ S_4=\sqrt{4}\ (=2),\ \cdots$$

となり，この作図には平方根の作図が求められる.

これに対してレオナルドは同じ紙葉において【図 2】のような作図を記している. ここでは，半径が 1（直径が 2）の半円からはじめ，その直径の右端を 1 ずつ増やして順に半円を描き, 前の半円の右端から垂線を立てて次の半円の弧と交わる線分を引く. このとき，それぞれの垂線として得られた線分の長さは，その平方が順に 2，3，4，･･･，すなわち，その長さとして上の求めるべき半径が得られることになる.

この作図をとおして，レオナルドは円が相似図形であり，相似図形の面積比が相似比の平方となることを理解していたことがわかる. 実際に，この作図はユークリッド『原論』の第Ⅱ巻命題 14 で扱われており, レオナルド自身もこの命題を学習していたことが『パリ手稿 K』(紙葉 73Recto）に残されている（【図 3】，第 4 節参照). すなわち，「矩形の正方形化」の問題は古代ギリシア以来伝えられていた幾何学的作図であり，レオナルドもある面積をもつ正方形の一辺の作図という範囲で平方根の作図を十分に理解していたことがうかがえる.




【図 3】

(2-2) 立方体倍積問題～立方根の近似

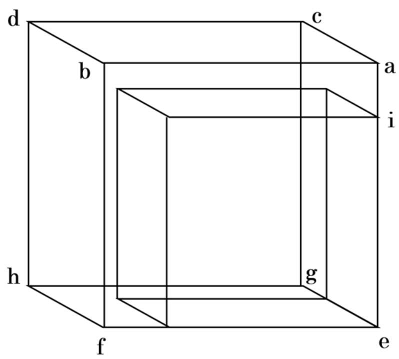
レオナルドは『アトランティコ手稿』の紙葉 161Recto において，古代ギリシアの“三大作図不可能問題”の一つである「立方体倍積問題」について扱っている.【図 4】がその模式図で, 底面および前面右側の辺が重なるように置かれた二つの立方体が描かれており，その下部に以下の説明が付されている.

「一辺が 4 である立方体の 2 倍の面積をもつ立方体の一辺は，5 よりも僅かに大きいが, その端数を求めるのは困難さが伴う」

すなわち，図で ie＝4 とすると，体積が 2 倍となる立方体の一辺は

$$ae=5+\alpha$$

で与えられ，$\alpha$ を求めるのが困難であるという.




【図 4】

このとき, もとの立方体の体積は 64 であるから，体積が 2 倍の体積は 128 となるが，レオナルドはその一辺つまりは 128 の立方根を「5/4」で近似したことになる. 実際，この一辺は

$$\sqrt[3]{(4^3 \times 2)} = \sqrt[3]{128} = 5.039\cdots$$

となって，確かに 5 よりも僅かに大きくなる．おそらくレオナルドは，体積を 2 倍した立方体の体積「128」と「$5^3 = 125$」を比較してその差を求めようと試みて上の主張に至ったと推察される．また，その根底にこの値を簡単な整数比で求めようという意識があったものと考えられる．

ここで注目に値するのは

$$\sqrt[3]{2} = 1.2599\cdots \fallingdotseq 1.25 = 5/4$$

という推察がかなり精度の高い近似値を与えている点である．たとえば，$\sqrt[3]{2}$ の連分数展開

$$\sqrt[3]{2} = 1 + \frac{1}{3+}\,\frac{1}{1+}\,\frac{1}{5+}\,\frac{1}{1+}\cdots$$

を考えれば，この近似分数は順に

$$\sqrt[3]{2} \fallingdotseq 1,\ 4/3,\ 5/4,\ 29/23,\ 34/27,\ \cdots$$

となるから,「5/4」は簡単な整数比で十分な精度をもつ近似分数として評価ができる．

レオナルドによる「立方体倍積問題」に対する取り扱い，言い換えれば $\sqrt[3]{2}$ を簡単な整数比で求めようという試みは, 数値に対するレオナルドの天性的な感性の鋭さを象徴していると思われる．それは，この問題を扱ううえで「もとの立方体の一辺を 4」とし,「2 倍の体積をもつ立方体の一辺を $5 + \alpha$」とする数値の選び方にも表れているが, 無理数に相当する値を整数比で表すことに長けた並外れた感覚が認められるのである．

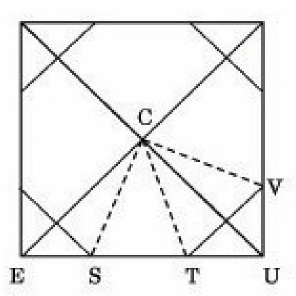
## ３．無理数の把握（Ⅱ）～正多角形の作図

### (1) 正八角形の作図

前節で見たとおり, レオナルドは無理数に対してその存在を明確に把握していたかどうかは疑わしい．何故ならば，平方根に関しては正方形の一辺の作図という手法でその長さを線分として捉えてはいるが, その実際の値や無理数としての性質を認識していた記述は見出せないからである．そのことは，正多角形の作図に関しても見ることができる．『パリ手稿 B』と呼ばれる手稿には，いくつかの正多角形の作図が述べられているが，そのなかから正八角形と正五角形の作図について紹介する．

『パリ手稿 B』紙葉 12Verso では，先ずは正多角形が円に内接する性質を用いて正四角形（正方形）と正八角形の作図が述べられている．すなわち，円を直行する 2 本の直径で 4 等分して正方形を描き，さらに 4 等分された弧を 2 等分して正八角形を描く．これは古代ギリシア以来の基本的作図であり，レオナルドにとってもそれは既知であったことがわかる．

興味深いのは，レオナルドが【図 5】に示す作図法を知っていたことである．ここでは，まず正方形に 2 本の対角線を引いて交点 C とし，線分 EC の長さを辺 EU 上にとって ET とする．また，線分 UC を用いて辺 EU 上に S を，同様の方法で各辺上に V などをとると，各辺上にとった点を用いれば正八角形が作図されるという．これは正八角形の正しい作図法である．この作図によって得られた二等辺三角形に対して△ETC∽△CST などを利用すれば，△CST≡△CTV となるから，線分 ST，TV などは等辺となって正八角形が作図されることになる．



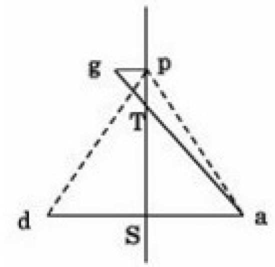
【図 5】

このとき，もとの正方形の一辺に対する正八角形の辺の比は 1 : ($\sqrt{2}-1$) となる．しかし，前節の平方根が正方形の一辺として把握されていたことを考えると，おそらくレオナルドはこの ($\sqrt{2}-1$) の値は把握してはおらず，専ら幾何学的な手法からこの作図法を得たと考えられる．

(2) 正五角形の作図

正五角形の作図はより複雑になる．実際に，正五角形では一辺に対する対角線の比は $1 : (1+\sqrt{5})/2$，すなわち黄金比として知られるとおりである．また，一辺に対する外接円の半径の比は二重根号を用いた無理数となる．

レオナルドは，『パリ手稿 B』紙葉 13Verso において，次のような作図法を示している．ここでは作図に必要な部分を【図 6】の模式図で表す．レオナルドの意図は，正五角形が円周を 5 等分して得られることを基礎に，与えられた線分を正五角形の一辺とするような外接円の中心を求めようというものである．



【図 6】

【図 6】で，まず，作図すべき正五角形の一辺を ad とし，この線分を一辺とする正三角形 pda を描く．また，頂点 p から底辺に下した垂線の足を S とする．ここで，レオナルドは線分 aS を 4 等分し，その 1 つ分の長さを頂点 p から水平にとって pg とする．さらに，点 g と点 a を結び，もとの正三角形の高さ pS との交点を T とする．このとき，点 T を中心として半径 Ta の円を描けば，これが作図すべき正五角形の外接円となり，この円周を弦 ad（正確には弧 ad）の長さで 5 等分すれば正五角形が得られるという．

これは，レオナルドの類推―おそらくは正三角形を用いれば正六角形が作図できることからの類推―に基づいた作図であるが，誤った作図である．いま，正多角形の外接円の中心から各辺までの距離を辺心距離と呼ぶと，正五角形では正六角形より辺心

距離が小さくなるから，その分を 5 分の 1 だけ短くしようと考えた結果であると考えられる．実際の正五角形では一辺に対する外接円の半径の比はほぼ 0.860，辺心距離の比はほぼ 0.6881 となる．これに対し，レオナルドの作図では半径と辺心距離の比はそれぞれ 0.8544 および 0.6928 となる．しかし，その誤差が 1%にも満たないことを考えると, レオナルドの正五角形の作図は近似としてかなりの精度を保っていることがわかる．実は，これに続く紙葉 14Recto では，レオナルドは同様に外接円の中心は正三角形の高さから 5 分の 1 低くし，その上で，外接円の半径はもとの半径（すなわち正三角形の一辺の長さ）からその 6 分の 1 だけ減じればよいと記述している．これはさらに精度を上げようという試みであると受け止められる．

正五角形に関してのレオナルドのこうした作図法は, 彼が真の作図法を得るという意識で導入したのか，あるいは，近似的な作図法として導入したのかは判断ができない．もし前者であるなら，それはレオナルドによる直感的な理論の導入であったと思われる．また，逆に後者であるならば，レオナルドが無理数としての量（長さ）の存在を implicit に感じて，実践的な近似的作図を提示したことにもなり，そこにも彼の鋭い洞察力を感じるのである．

## ４．ユークリッド『原論』の研究

### (1) ルネサンス期のユークリッド『原論』の展開

これまで述べてきたように, レオナルドは幾何学的な作図法に関してかなり豊富な知識を有していたことがうかがえるが, その知識をどのようにして学んだのであろうか.

実際には，レオナルドが体系的に数学を学んだことは知られてはいない．強いて述べるなら，1490 年代のミラノ時代に数学者ルカ・パチョーリ（Luca Pacioli : 1450 頃-1514）との出会いが大きく関わっていると推察される．パチョーリはレオナルドと親交が深く，1498 年に『神聖比例論』を著した際にこの書に種々の正多面体の挿絵を描いたのもレオナルドであった．パチョーリは 1508 年にヴェニスでユークリッド『原論』第Ⅴ巻の講義を行ったとされ，1509 年には彼自身の手による『原論』を出版している．こうした経緯を考えると，レオナルドがユークリッド『原論』を中心にパチョーリから幾何学の知識を学んだことは十分に考えられる．

ユークリッド『原論』（以下『原論』）は紀元前 300 年頃にアレクサンドリアで編纂されるが, やがて 4 世紀頃にはアレクサンドリアのテオンによる改訂版やアテナイのプロクロスによる注釈が書かれる．その後，シリア・ヘレニズムやビザンツ帝国を経て，8 世紀に『原論』はアラビア世界にも伝えられ，さまざまに改訂や注釈が行なわれる．12 世紀に入ると，西ヨーロッパ世界にギリシア古典が移入され,『原論』もアラビア語を通してラテン語に翻訳される．今日知られているのは，「バースのアデラ

ード版」（1100 年頃），「カリンティアのヘルマン版」（12 世紀），「クレモナのゲラルド版」（1187 年）などである．こうした背景のなか，ルネサンスはアラビア語から翻訳された『原論』を研究し，再構成する時期にあたる．これに大きな影響を与えたのが「ヨハンネス・カンパヌス版」（1260 年）である．しかし，1450 年頃に活版印刷術が登場すると，「カンパヌス版」を批判する形で 1482 年には最初のラテン語での活版印刷本「ラートドルド版」が出版される．これに呼応して 1500 年頃からはアラビア語を介せずにギリシア語原典から直接ラテン語に翻訳する動きが出てくる．その最初が「ザンペルティ版」（1505 年）であり，これに再度批判した形で「カンパヌス版」に基づいて出されるのが 1509 年のパチョーリ版であった．

レオナルドは 1491 年には『原論』を手にしていたことが推測されている．実際，『マドリッド手稿 2』と類される蔵書リスト（1503 年か 1504 年頃）には

紙葉 2Verso「ユークリッドの幾何学」（Euclide in geometria）

紙葉 3Recto「俗語によるユークリッド，つまり最初の３書」

（Euclide vulgare, cioe promi ibri 3）

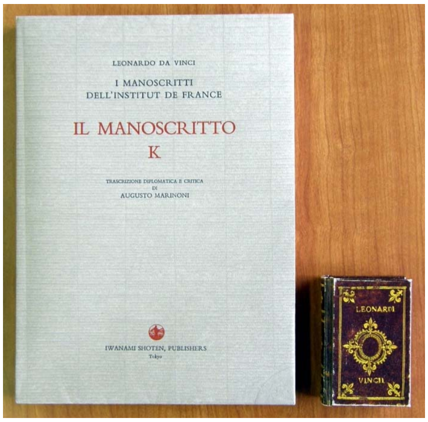
という記述が残されている．前者は「ラートドルト版」あるいは「カンパヌス版」という推察もあるが，後者は当時流布していた記録に残らない断片的な出版物とも考えられている．

レオナルドの時代は古代ギリシアのさまざまな書物が直接ギリシア語から，あるいは，アラビア語を介して伝えられた時期であり，レオナルドも何らかの形で『原論』を手にし，それが次項で示すように自らの学習の結果として残されている．

### (2) 『パリ手稿』に残されたレオナルドの『原論』研究

レオナルドの 4000 枚にも及ぶ手稿のなかで『パリ手稿』と呼ばれのは，現在フランス学士院に所蔵される 1100 枚ほどの手稿で，全体で 12 冊からなり，順にアルファベットが付されている（A，B，C，D，E，F，G，$H_{1\text{-}3}$，$I_{1,2}$，$K_{1\text{-}3}$，L，M）．【写真 1】は『パリ手稿 K』で，実際には手の平に乗るほどのメモ帳型の手稿（復刻版，通常は実際の記述の翻刻が付されている）である．この『パリ手稿』には水などの自然観察のほか自然観などの思索，武器や建築など広範囲に亘る内容を含んでいるが，その中には数学とくにユークリッド『原論』に関する研究（むしろ学習した様子）が記されている．しかし，その特徴としては，さまざまな題材が断片的に記述されていることも多く，そのためにこの一連の手稿がレオナルドの覚え書きや備忘録といった性格をもつと言われている．

【表１】は『パリ手稿』の各手稿で扱われているユークリッド『原論』の巻数を示した対照表である．ただし，ここでの『原論』の巻数はその手稿がその巻のすべての命題を扱っていることを示すものではない．レオナルドの場合は，一つの手稿では『原論』のいくつかの命題の断片的な記述に留まることも多い．




【写真１】

【表１】からわかるように，『原論』第Ⅰ巻に関して時期的にもっとも早いと思われるのは『手稿Ⅰ』と『手稿 M』である．しかし，『原論』第Ⅰ巻の定義，公理などに関する記述が見られるのが『手稿 M』であることから，『パリ手稿』に限定するならばレオナルドの『原論』第Ⅰ巻に関する最初の研究を『手稿 M』と考えることが妥当である．また，『原論』第Ⅱ巻の研究は『手稿 L』から始められていると考えられるが，実際には第Ⅱ巻の全命題を一度に扱っているのは『手稿Ｋ』である．このように，レオナルドが『原論』を第１巻から順に系統的に研究したかどうかは疑わしい．何故ならば，その記述が 12 冊ある手稿に分散し，その順も必ずしも『原論』に沿ってはいないからである．『原論』のある巻の一群の命題が一つの『手稿』に順序よく検討されている場合もあるが，ある命題が唐突に記述されている場合もある．

手稿Ｅ(1513-1514)･･･第Ⅰ巻，第Ⅲ巻，第Ⅵ巻，第 XII 巻
手稿Ｆ(1508)･･･第Ⅱ巻，第Ⅲ巻
手稿Ⅰ(1497-1499)･･･第Ⅰ巻，第Ⅱ巻，第Ⅲ巻，第Ⅹ巻
手稿Ｋ(1503-1505, 1506-1508)･･･第Ⅰ巻，第Ⅱ巻，第Ⅲ巻，第Ⅳ巻，第Ⅴ巻，第Ⅵ巻
手稿Ｌ(1497-1504)･･･第Ⅱ巻
手稿M(1499(1495)-1500)･･･第Ⅰ巻，第Ⅹ巻

【表１】

『パリ手稿』における『原論』の諸命題の扱い方としては，以下のような特徴が見られる．

(1) 全体として“覚え書き”あるいは“研究ノート”であり，個々の命題が断片的に，場合によっては一部だけが記述されている場合も多い．

(2) 命題やその証明が整理されて記述されているわけではない．理解のための図だけが記されている場合も多く，説明のための多少の文章や数式が添えられている場合もある．

(3) 証明が記されていることはほとんどなく，図だけ，あるいは，検証として具体的な数値（整数）のみが記されている場合もある（第Ⅱ巻）．

５．円の求積

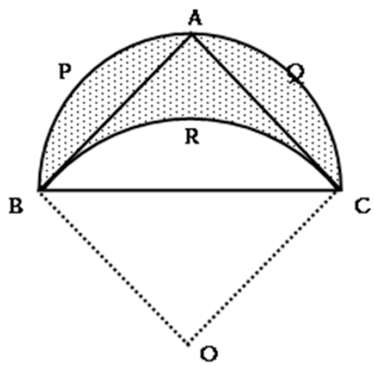
数学の歴史を見ると，円に関わる研究ほど混沌として奥深く，それが故に興味深いものはないと思われる．それは，円周長や面積が円周率πを用いて表され，πが超越数であるからである．したがって，円周率（あるいは半径を定めた際の円周長）の値にしても歴史的には上限と下限を有理数で近似する努力が繰り返されながら，17 世紀の微分積分学の到来を待つのであった．本来はレオナルドもそうした一人のはずであるが，それでも，円の求積の問題に取り組み，大胆にも次の発言を書き残している．

「聖アンドレアの夜，灯火も，夜も，また書いてきた紙も尽きるころ，ついに円の求積法を発見した．時間の最後に，結論を得た．」（『マドリッド手稿』第Ⅱ巻紙葉112Recto）

このレオナルドの言葉は何を意味しているのであろうか．

『マドリッド手稿』にはレオナルドによる円の求積に関する一連の紙葉が収められている．ここでレオナルドが求めているのは，円の面積を数値で与えようというのではなく「円の方形化」，すなわち，円をそれと同じ面積をもつ「直線図形に変換する」ことである．この方法としては，既に B.C.3 世紀のキオスのヒポクラテスによる「月形図形の方形化」が知られている．【図 7】はその一例で，月形 APBRCQ の面積が直線図形である三角形 ABC に等しいことを示している．これは，弓形 APB と弓形 BRC が相似で面積比が 1 : 2 であることから導かれる．

レオナルドも同様にして，面積が既知の図形を重ね合わせ，そこから共通の部分（レオナルドは“接触する”図形と呼ぶ）を引き去ることで「弓形」や「鎌形」の図形の方形化を試みている．以下では典型的な二つ紹介する．

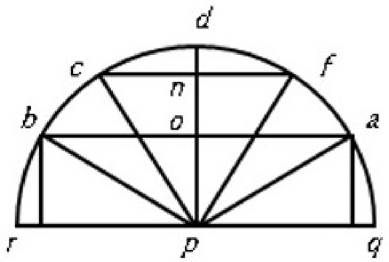


【図 7】

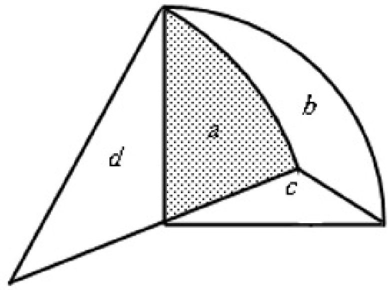
【図 8】は『マドリッド手稿』第Ⅱ巻紙葉136Verso の図で，レオナルドは

「私は，半円からその三分の一の面積を 2 本の平行線の間から除きたい．そこで円周を 6 等分し，･･･半円を 6 等分する．」

と記している．要するに半円内の 2 本の平行線 cf と ba で挟まれた図形 cbaf が囲む面積が半円の 1/3 になることを述べている．ここで，半円は 6 個の合同な扇形に分けられ，△obp など 4 個の直角三角形も合同であるから，図形 brqa と図形 cbpaf の面積は等しく，そこから“接触している”△bpa を引き去れば，図形 cbaf の面積は 2 個の扇形 pbr と pqa の面積の和に等しくなって，これが半円の面積の 1/3 となることがわかる．




【図 8】

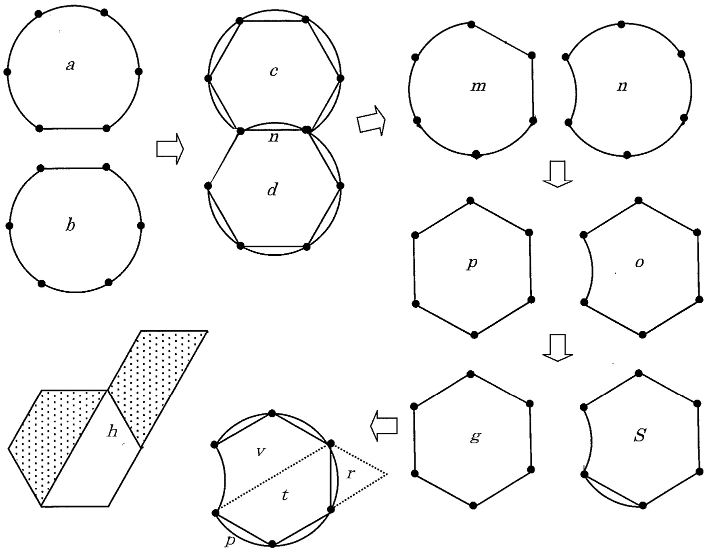



【図 9】

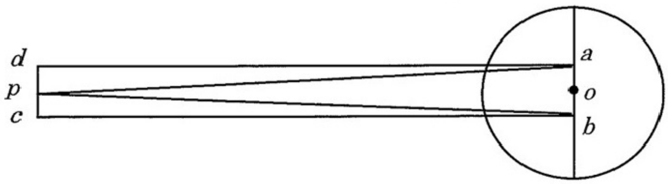
他の例は【図 9】で，『マドリッド手稿』第Ⅱ巻紙葉 131Verso に記された「鎌形」（彎曲した辺をもつ図形）の面積についての検討である．ここでレオナルドは，ある円の“四分の一扇形”（図の a，b，c）とその面積の“2 倍円”の“八分の一扇形”（図の a，d）の面積が等しいことを用いて，この場合に「鎌形」b の面積を方形化している．【図 9】で，「部分 *abc* 」を合わせた扇形と「部分 *ad* 」を合わせた扇形の面積が等しいならば，“接触している”「部分 *a* 」を除くことで，それぞれの扇形の残された部分，すなわち「部分 *bc* 」を合わせたものと「部分 *d* 」（三角形）の面積は等しくなる．したがって，「鎌形 b」は，「部分 *d* 」に「部分 *c* 」を重ね合わせて“接触”する部分を除くことで直線図形の面積として得られ，方形化が可能になる．

これらの一連の準備をし，レオナルドは『マドリッド手稿』第Ⅱ巻紙葉 112Recto で「円の方形化」に向かう（【図 10】）．おそらくは，円に内接する正六角形を描き，その図形をさまざまに検討することで，円と正六角形との間に生じた弓形（図の中央下の図形 p）の面積が方形化できると考えたのであろう．しかし，最終的にはこの方形化には至ってはいない．【図 10】に見られるように弧の紙葉に描き出されたレオナルドによる一連の図がその苦労を物語っている．

レオナルド自身も円の方形化が不可能であることに気がついたようで，この後の紙葉では，アルキメデスの名を挙げながら，無限分割の方向へと方向転換する．ここでは詳細は省略するが，その一つが【図 11】で，『マドリッド手稿』第Ⅱ巻紙葉 105Versoに描かれた図である．ここでは，与えられた円の面積を扇形 pabに変換することを考えており，ここでレオナルドは「全円周の百万分の一」の円弧（すなわち，扇形の半径がもとの円の百万倍）を用いることで，扇形の弧ab が線分 ab とほとんど重なることを示唆している．すなわち，そこにはimplicitではあるが“無限概念”の萌芽が見出される．




【図 10】




【図 11】

6．まとめにかえて

これまで見てきたように，レオナルド・ダ・ヴィンチは，歴史上での新しい概念や理論を導入するような数学研究を手掛けていたわけではないし，その意味では数学者ではない．むしろ，実用的，実践的な数学が展開したルネサンスにあって，レオナルドは純粋に数学理論を探求したのではなかったと思われる．しかし，今回紹介したように，レオナルドの関心がかなり数学的内容の奥底にまで及んでいる点は認められる．そして，ユークリッド『原論』の学習に見出されるように，レオナルドが数学の主題を古典から引き出している点も注目に値する．実際，それは数学に限ったことではない．発明の天才と呼ばれるレオナルドの業績を見ると，その多くが古代ギリシアやローマから主題を得たものが多いことはレオナルドの大きな特徴の一つである．ただし，

そうした主題の一つひとつに対し, 従来の考え方に留まらず豊かで大胆な発想から探求を拡げるところにレオナルドらしさがある.

それは数学研究でも同様である．彼は数学の主題，その対象を基本的には幾何学的考察のなかで捉えようとしている．それは古代ギリシア的，古典的正統法であった．円に関しても同様であり，ここにレオナルドによる円の方形化の限界が見出される．しかし，無理数の近似，作図法の妙味に見られるように，数値的にはほとんど整数しかもたないレオナルドは自らの感性の鋭さでその限界を克服しようとしていると感じられる．

最後に，レオナルドの数学が芸術と関わる点を紹介する．傑作《最後の晩餐》が見事な遠近法で描かれている点は言うに及ばない．両手を広げた《ウィトルウィウス的人体像》では黄金比の存在が議論されているが，黄金比は，当時は「神聖比」と呼ばれている．実際，この「神聖比」（聖なる比）なる言葉も，レオナルドの『絵画論』に美と調和の意味で三度用いられており, おそらくはレオナルドが最初の命名者であり，それがパチョーリの『神聖比例論』（Divina proportione）の表題に結実すると筆者は考えている．

“ルネサンスの天才”レオナルド・ダ・ヴィンチ，その数学研究もまた，われわれになおも多くの謎を投げかけているのである．

【あとがき】今回の市民講演会では東京工業大学加藤文元先生をはじめ日本数学会の多くの方々にお世話になりました．ここに心からの謝意を表します．

本稿に関連し，詳細は以下の拙著をご参照ください．

平野・坂本・笛木 :「レオナルド・ダ・ヴィンチとユークリッド『原論』―『パリ手稿』を中心に―」,『中日近現代数学教育史―北京師範大学横地清文庫国際セミナー研究報告―』，北京師範大学・内蒙古師範大学・大阪教育大学，第六号，2007年，pp.22-38

平野・後藤・笛木 :「レオナルド・ダ・ヴィンチの数学研究―円の求積をめぐって―」，『東海大学紀要文学部』，東海大学文学部，第 99 輯，2013 年，pp.21-50

平野・後藤 :「レオナルド・ダ・ヴィンチの数学研究（２）―無理数概念をめぐって―」,『東海大学紀要文学部』，東海大学文学部，第 100 輯，2014 年，pp.1-24