

## 解説

## 江戸時代の日本における円周率の値の逆行現象\*

中村 邦光\*\*

On the Retrogressive phenomenon of Value of the number  $\pi$   
in the Edo-Era in Japan

Kunimitsu NAKAMURA

キーワード： 円周率の値、逆行現象、江戸時代の数学、円周率の算出方法、宅間流の和算

## 1. はじめに（問題意識）

江戸時代初期の日本最初の数学書である『算用記』『割算書』『塵劫記』などでは、円周率の値を  $3.16\cdots$  ( $\sqrt{10}$ : 円満の根源?) とするのが普通であった。

しかし、その後まもなく円周率を数学的に計算する努力(円理の研究)が始まり、村松茂清が『算俎』(さんそ:1663)において、日本で初めて「内接多角形の周の長さを計算する方法」に基づいて  $\pi = 3.14\cdots$  という値を発表した。

そして、その後 1680 年代に入ると円周率の値を  $3.16\cdots$  とする数学書はなくなり、ほとんどの数学書において  $3.14\cdots$  に統一された、というのが今までの日本数学史上の結論である。

確かに 17 世紀末から 18 世紀初頭の日本において、円周率を  $3.16\cdots$  とする数学書はほとんどなくなり、円周率の値  $3.14\cdots$  は、いったんは定着した。

例えば、村松茂清の『算俎』(さんそ:1663)では、円に内接する正 8 角形より順次角数を 2 倍していった、ついには  $2^{15} = 32768$  角形の周の長さを計算し、

$$\pi = 3.1415\ 9264\ 8777\ 6988\ 6924\ 8$$

と、小数点以下 21 位まで算出(結果的に小数第 7 位まで現在の値と同じ)している。

また、村瀬義益の『算法勿憚改』(さんぼうふったんかい:1673)は、内接  $2^{17} = 131072$  角形の周の長さを計算し、

$\pi = 3.1415\ 9265\ 3289\ 7059\ 635\cdots$  (結果的に小数第 9 位まで現在の値と同じ)を得ている。そして、村瀬は小数 5 位目を切り上げ「3.1416」を採用している。

その後、関孝和の『括要算法』(かつようさんぼう:1712)も内接  $2^{17}$  角形の周長を計算するが、関はこれに工夫をこらし、

$\pi = 3.1415\ 9265\ 3589\ 7932\ 476\cdots$  (結果的に小数 16 位まで現在の値と同じ)を得ている。そして、関孝和は小数 12 位目を切り上げ「3.1415 9265 359 微弱を定周」として採用している。

そして更に、建部賢弘は『綴術算経』(てっじゅっさんけい:1722)において、結果的に小数 40 位まで現在の円周率の値と同じ数値を算出することに成功した、といった経緯である。

\* 受付 平成 27 年 1 月 17 日

\*\* 会員 〒113-0034 文京区湯島 1 丁目 2-12 の 403

「計量史をさぐる会 2010」(日本電気計器検定所)の講演に基づいて纏めたものである。

ところが、筆者はこれまでに行ってきた江戸時代における各種物質の「密度」の値の調査の最中に奇妙なことに気が付いた。

江戸時代後期の和算書の中には、密度の値が古い『塵劫記』(じんこうき:1631)の値の引き写しであるばかりでなく、円周率の値まで江戸時代初期の値と同じ、 $3.16\cdots$ としているものが少なくない、ということに気付いて驚いたのである。円周率の場合は、密度の場合とは違う結果を予想したからである。

円周率の場合は、純数学的に算出される。したがって、一度数学的に正しい値が求められ、それが学会の中で正しいと認められれば、再び間違っただけに戻らなくても済むと思うのである。

しかし、密度の値のような問題になると、それを純数学的に求めるわけにはいかない。そして、儒学における物質観では「密度は物質に固有の定数」であることが認められていなかったため、儒学が「江戸の常識」として定着するに従って、その測定法にも関心がもたれなくなり、多様化した密度の値のどれが正しいのかという問題意識がなくなってしまったのだろうと考えたのである。

各種の物質の密度の値のような物理・技術的、測定に基づく数値だけではなく、円周率の値のような純数学的に求められる数値まで退歩を示しているとなると、これは重大な問題ではないだろうか。

## 2. 円周率の値の逆行現象

そう考えて、和算における江戸時代最後の繁栄期ともいえる文政年間(1818~1830)に出版された和算書についての可能な限りの調査を試みることにした。

遠藤利貞著・三上義夫編・平山諦補訂の『増修日本数学史』(恒星社厚生閣、1981)には、平山諦編の「刊本暦算書年表」が収録されている。そして、この年表には刊本は再版本までリストアップされているので、この調査にはとても都合がよい。

そこで、この年表を基礎として、日本大学総合図書館室井文庫と早稲田大学図書館小倉文庫に所

蔵されている和算書・そろばん書の目録と現物を調査した。

すると、刊本暦算書年表に文政期刊として掲載されている本の大部分は、上の両文庫に所蔵されていることが分かった。両文庫所蔵の本の中には、「刊本暦算書年表」に欠けているものも幾つか見つかった。

そこで、両文庫所蔵の本を中心として、その他の調査によって知り得たものを加えて、文政期刊行の和算書43種を調査することができた。

なかには内容が同じで書名(題箋)だけ異なるものや、1冊の本の一部を取り出して他の表題を付して売り出したもの、また同一本で文政期に何回も再版されているものなどもあるが、そういうものは同一書と見なして数えていない。

また「刊本暦算書年表」に掲載されている文政期の暦算書は91点であるが、その中には暦書も含まれているので、数学書だけを拾うと44種である。

そして、そのうち現物を手に取ることができなかったのは7種、調査できたものは37種であるから、 $37/44=84\%$ の調査率である。

そしてその他、文政期刊行の和算書で「刊本暦算書年表」に記載されていないものも6点見つけ出すことができた。

したがって、調査対象の和算書は合計43種であり、達成率は十分満足できるものになったと思う。すなわち、これだけの本を調査すれば「文政期刊行の和算書の円周率の値はどのようになっていたか」統計的に論ずることが許されるであろう。

調査の結果、43種の和算書のうち円周率や円積率の値を記載しているものが25点で、残りの18点には円周率や円積率の値が出てこない。そして、25点のうち円積率を0.79とだけ与えている本が5点あるが、これは円周率 $3.16\cdots$ 系統のものとして数えることとした。

円積率は $\pi/4$ であるから、 $\pi=3.14$ とすると $\pi/4=0.785$ となるので、これを四捨五入すると $\pi/4=0.79$ となる。したがって、これだけからすると「円積率を0.79としているから円周率を3.16

と考えている」と断言することはできないようにもみえる。

しかし、じつは円周率を  $3.14\dots$  としている本は例外なく円積率を  $0.785$  としているし、円周率を  $3.16\dots$  としている本は例外なく円積率を  $0.79$  としているのである。

そこで、円積率を  $0.79$  としているものは円周率を  $3.14\dots$  ではなく、 $3.16\dots$  と考えているとみてよいであろう。

さて、このようにして整理すると、25 種の本のうち円周率を  $3.14\dots$  (円積率  $0.785$ ) としているものは 10 点、円周率を  $3.16\dots$  (円積率  $0.79$ ) としているものは 13 点、同じ本で  $3.14\dots$  系の値と  $3.16\dots$  系の値の両方出てくるものが 2 点であった。

すなわち、円周率の値を  $3.16\dots$  ( $\sqrt{10}$ ) とする和算書が半数以上をしめていることが判明した。要するに、円周率の値に逆行現象がみられたのである。何故であろうか。

文政年間 (1818~30) といえ、村松茂清の『算組』(1663) の出版から 155~163 年も経っている。そして「円周率の値は  $3.16$  や  $3.162$  などではなく、 $3.14\dots$  である」ということが数学的に明らかにされてから、すでに相当の年月が経っている。

いや、年月が経っているだけではない。日本における円周率の値は『算組』(1663) の出版の年から 10 年ほどの間に一度はほとんどすべての和算書において  $3.14\dots$  に統一されたはずなのである。

それなのに、それから 150 年も後の円周率の値を  $3.16\dots$  とするものが過半数をこえたということは、どう理解したらよいのであろうか。

じつは、そのようなこととなった要因として、一つには 18 世紀以降の和算家は、17 世紀の和算にみられた実用・実測的な問題への関心を失ったこと、そしてもう一つ重要な原因は、円周率の値を計算するに当たり、内接多角形の周の長さを計算して定量的精度のみを追求し、内接と外接とで挟む「数学的証明の概念」が欠如していたことである。

すなわち、そのために円周率の値  $3.14\dots$  の正しいことを当時の識者(儒学者など)に説得すること

ができなかったためと思われる。

例えば、橘南谿(1756~1816)の随筆『北窓瑣談』(ほくそうさだん：1829 頃)には、

円法に到りては遂に算し極める事能わず。今に到り三一六或は三一四と色々に論ずれども、なお極め難き所あり、是円は陽にして動く物故、算数にかからざるものなるべし… などという記述がある。

また、荻生徂徠の孫弟子にあたる儒学者であった湯浅常山(1708~81)の『常山楼筆餘』(じょうざんろうひつよ：1761~1781 頃)には、

平円の中へ方(四角)を容れたる時、方につかえたる余、孤田のかたちとなる。その方につかえたる余の一所を「兆」という。…凡そ天下の事、理とわざと二つあり。…わざにて円周をなすべけれども、理を以て視れば必ず十三万余の「兆」あり。その「兆」のおびただしき算数の及ぶべきに非ず。「中根元圭と物子(荻生徂徠)円率を論じて決せざりしはこのことなり」と春台(太宰春台)吾亡友石叔卿(井上蘭台、1705~61)に語られしを、叔卿われに言いしなり(送り仮名を補い、平仮名交じり文に改めた)

などと記載されている。

すなわち、儒学者の荻生徂徠(1666~1728)は、数学者の中根元圭(1662~1733)と円周率についてもかなりたちいった議論をしていたのである。

ところで、日本では「 $\pi$ を内外から挟む考え方」がまったくなかったのかというと、そうではない。

じつは唯一、関西地方の和算の小会派であった宅間流の鎌田俊清がその著『宅間流円理』(たくまりゅうえんり：1722 写)において「 $\pi$ を内外から挟む考え方」に基づいて算出していたのである。

### 3. 鎌田俊清『宅間流円理』(1722 写)の円周率の算出方法の論理性と独創性

さて、問題の鎌田俊清の『宅間流円理』という本は、刊本ではなく写本で伝わったもので、享保 7 (1722) 年の自序が付されているから、建部賢弘の『綴術算経』(1722 序)と同じ年に著されたこ

となる。そして、この写本は調査した限り、日本学士院と東京大学図書館に所蔵されている。

ところが、日本学士院所蔵の『宅間流円理』は全2冊から成り、東京大学図書館に所蔵されている『宅間流円理』は全5冊から成っている。

しかし、日本学士院本（全2冊）の内容は東京大学本の最初の2冊と同じであり、巻末に「遠藤是を写す」と記載されているところを見ると、これは東京大学本の最初の2冊をもとにして遠藤利貞があとから作った写本とみて間違いのないであろう。

そして、この2冊に「鎌田俊清の円理」に関する著述が記載されていて、ここに「 $\pi$ を内外から挟む考え方」がでてくるのである。したがって、ここではこの2冊を鎌田俊清の『宅間流円理』（1722序）と呼ぶこととする。

なお、東北大学林文庫には、鎌田俊清の著書で『平円周率起源』と題する写本が所蔵されているが、この本の内容は『宅間流円理』（1722）の第1冊目とまったく同じであり、もちろん「 $\pi$ を内外から挟む考え方」も記載されている。

そして巻末には「文化三（1806）年五月鉤田政孝/文久元（1861）年八月之受井村正信」および「井村剛二」などと加筆・記載されているところを見ると、この本は宅間流の中で伝書されていたことを示している。

また、東京大学図書館と東北大学岡本文庫、および日本学士院には『宅間流円理秘術』と題する写本もあるが、この本にも「 $\pi$ を内外から挟む考え方」が出てくる。しかし、この本には著者名も年紀も記載されていないが、内容からして鎌田の著作であることに間違いのないと思う。

じつは、鎌田の弟子であったという宅間流4世の内田秀富や宅間流5世の松岡能一の著書など、鎌田の著書（1722）以降の書物の中には、筆者の調査した限り「 $\pi$ を内外から挟む考え方」はまったく見当たらず、この考え方は以降に継承されていない。

ところで『宅間流円理』には「求次方冪術」と題して、円に内接・外接する $2^{44}$ 角形の周の長さを

算出し、順次計算結果が記載されている。そして、その最後に、

内周：3.1415 9265 3589 7932 3846 2643 3665 8

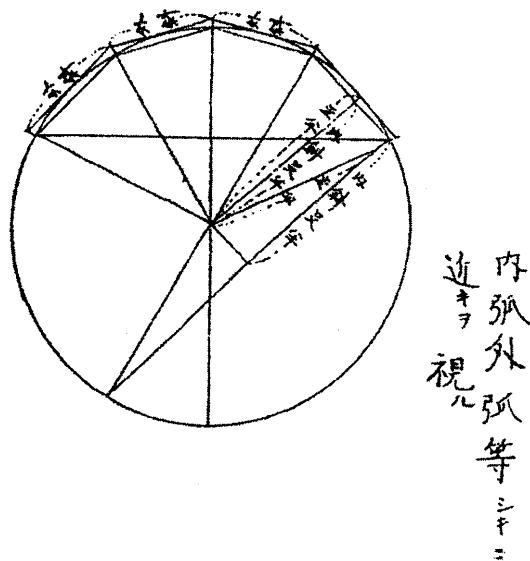
外周：3.1415 9265 3589 7932 3846 2643 4166 7

均周：3.1415 9265 3889 7932 3846 2643 3916 25

周直：3.1415 9265 3889 7932 3846 2643 4

と記載されている。

ここで「均周」というのは内周と外周の平均値のことで、この内周と外周の共通部分のあとを四捨五入したのが「周直」である。



図：鎌田俊清の『宅間流円理』（1722）における円周率の算出方法の論理性

これをみると、この『宅間流円理』の円周率の値は、小数点以下第24位まで正しいこと、および円周率が $3.16\dots (= \sqrt{10})$ ではなく、 $3.14\dots$ であることが「証明」され、論理的に一目瞭然である。

しかし、この考え方は、以降明治期に至るまで、日本の書物に全く継承されていない。

そして、鎌田俊清のこの考え方は、日本における「数学的な証明概念」の萌芽ともいえるものであった。しかし、これは当時の和算家たちには無視され、以降に継承されていない。なぜであろうか。

鎌田の『宅間流円理』（1722）が当時の和算家たちに無視された要因としては、算出された $\pi$ の値

(小数 24 位まで正しい) が、同じ年(1722) に序のある関流の建部賢弘の『綴術算経』において算出された $\pi$ の値(小数 40 位まで正しい)と比べると、定量的精度においてはとても及ばなかったので無視されたのであろうか…。

ともかく、宅間流の鎌田俊清は、日本科学史上では特筆すべき仕事をした人である。しかし、例外的な人物の貴重な業績も、その後に書物として継承されていなければ、日本の文化に影響を与えることとはならないと思われる。

じつは、そのために和算家たちは、儒学者など当時の識者たちに円周率は 3. 16…ではなく、3. 14…であることを論理的に説明することができなかったのである。

#### 4. 宅間流の和算家の伝統

「宅間流」というのは、関西地方の和算の一會派で、元祖は大坂の高麗橋辺りの人で宅間源左衛門能清(生没年不詳、17 世紀頃)といわれている。そして、この宅間流の鎌田俊清(1678~1747)だけは、和算家の中でも他の和算家たちとは違う道を追及していたのである。

ところで鎌田俊清については、通称五郎兵衛といい、大坂の久太郎町辺りの人と知られているのみで、ほとんどその経歴は知られていない。

そこで『(明治前)日本数学史』(岩波書店、1983)と『増修日本数学史』によって、知られている限りの宅間流の和算家の伝統とそのプロフィールを調査した結果は次のようである。

- 1 世、宅間源左衛門能清；大坂の高麗橋辺りの人。宝永二(1705)年の著書あり。それ以前の人。経歴不明。宮城清行の弟子とも島田尚政の一門ともいわれる。
- 2 世、阿座見清兵衛俊次；宅間源左衛門能清の学僕。
- 3 世、鎌田俊清(五郎兵衛、1678~1747)；大坂の久太郎橋辺りの人。
- 4 世、内田秀富(源兵衛、生没年不詳)；鎌田の高弟、大坂の安堂寺町の住人。
- 5 世、松岡能一(1737~1809)；大坂城附京橋組の

同心。初名を貞八。

6 世、松岡深信；能一の息子。初名を常八、常八郎と同一人か。

以上のような伝統を示していたことは知られているものの、これらの人々の経歴はこの程度しか知られていないようである。そこで以下、更に同門の主要な人物を挙げると、

○高橋至時(作左衛門、1764~1804)；後に麻田剛立(1734~1799)に学び、暦学に通じる。麻田剛立も宅間流一門の人ともいわれる。

○岡之只(七兵衛、1791~不明)；5 世の松岡能一の門弟で、宅間流では鎌田に次いで特筆すべき人。播磨屋と称する商人であった。

○足立信頭(左内、1769~1845)；大坂、幕府砲術組の士。後に麻田剛立に学び、暦学に通じる。江戸に出て天文方となり、高橋至時、間重富と共に改暦の事に従事する。

○間重富(五郎兵衛、1756~1816)；大坂、代々質屋を家業とし、屋号は十一屋。後に麻田剛立に学び、暦学に通じる。江戸に出て高橋至時らと改暦の事に従事する。寛政暦がこれである。などである。

これをみると、宅間流は和算界では小会派であったが、一門の中から暦学関係に主要な人物を輩出していることが分かる。

また、宅間流の和算書には、他書とはかなり趣きが違ったものがある。例えば、5 世の松岡能一の『(増補)算学稽古大全』(さんがくけいこたいぜん：1806)という本は、当時としては珍しく、物理・実用的な事柄に多くの関心が認められ、かなり分厚い啓蒙書である。

そして、この本には「寸重」および「尺重」と題して諸物の密度表が掲載されていて、そこには「金 144 匁・151 匁・146 匁」などの数値が記載されている。また「水 7 貫 400 目」も記載されているが、これらはいずれも他の和算書よりも今日の値「金  $19.3 \text{ g/cm}^3 = 143.2 \text{ 匁/寸}^3$ 、水  $1 \text{ g/cm}^3 = 7 \text{ 貫 420 目/寸}^3$ 」に近い値である。

また、江戸時代の日本においては、今日でいう密度を「軽重」という言葉で表すのが普通だった

ので、この本で用いられている「寸重」「尺重」という言葉は、密度を表す数少ない術語らしい用語として注目に値するものである。

すなわち、この本をみると松岡能一は、物理・実用的な事柄や教育・啓蒙にもかなりの関心をもった異色の和算家であったと思われる。

そして、じつは宅間流の鎌田俊清は『宅間流円理』(1722 写)において、日本で唯一人だけ数学的な証明概念に基づいて「円周率 $\pi$ を内外から挟む考え方」すなわち「内接多角形の周長と外接多角形の周長の両方とも算出して」円周率を算出していたのである。

## 5. おわりに

日本の数学・和算は、17 世紀から 18 世紀初頭にかけて、まれにみる発展を遂げた。しかし、それはついに本格的な微積分学を生み出し得なかったこともよく指摘される。

そして、18 世紀半ば以降には、数学を物理・技術的な問題と結びつけることに留意しなくなり、単なる遊芸と化したためにその発展が阻害されたのだ、ということもよく指摘されることである。

たしかに 17 世紀の和算書には、産業や技術に関する問題がよく出てくるが、18 世紀以降の和算書にはほとんど見られなくなる。

しかし、江戸時代の数学・和算の欠陥は、それよりももっと深いところにあったのではないだろうか。

すなわち、18 世紀以降の「和算」は、それを趣味や娯楽の対象とし、いたずらに難問・奇問を追求するようになり、物理・技術的な事柄に対する関心を失うと同時に「教育・啓蒙」に対する関心も、また基礎から高度への「学としての論理的・一貫性」(証明概念を含む)をも失っていったことであり、そのことは特に問題であったと思われる。

すなわち、和算における円周率の研究(円理)は、17~18 世紀の日本において定量的精度を追及して発展したといえる。そしてその際、数学的証明の概念のような定性的・論理的な追及は無視さ

れたわけであり、そこに和算の限界があったといえよう。

18 世紀初頭の日本において、せつかく宅間流の鎌田俊清がその独創的方法( $\pi$ を内外から挟む考え方)によって円周率を算出していたのであるが、これはその後の日本ではまったく継承されなかったのである。

そして、円周率の値 3.14... は、その正しいことが全面的には理解されず、そのためにかなり多くの人が再び旧来の 3.16... ( $\sqrt{10}$ ) という値を採用することとなった。すなわち、円周率の値に「逆行現象」が生じたのである。

そして、宅間流の和算家、鎌田俊清の業績が当時の和算家たちに認められず、その後に継承されなかった一連の経緯は、和算の限界を端的に示すものであり、家元制度的な秘密主義と保守主義と、そして権威主義とが在野の独創性を無視し、結果的には学問の進歩を妨げることとなった事例の一つともいえると考え次第である。

以上、江戸時代の日本における円周率の正しい「理解」(3.14...) と「誤解」(3.16...) の間の試行錯誤の過程を紹介した。

## 注と参考文献

本稿の内容は、日本大学農獣医学部『一般教養研究紀要』第 29 号, 13~22 頁で報告済であるが、その後の調査・研究で分かったことや、新しい資料を追加して「解説(レビュー)」として紹介したものである。

本稿では、注と引用文献はできるだけ本文中に記載することとした。したがって、以下は本稿に関連する基本的な「注と参考文献」であり、本文中に記載した文献以外の調査資料や内容を確認される場合には、参照していただきたい。

1. 中村邦光, 板倉聖宣『日本における近代科学の形成過程』多賀出版, 2001 年。
2. 中村邦光『江戸科学史話』創風社, 2007 年。
3. 中村邦光『世界科学史話』創風社, 2008 年。
4. 村松茂清『(法付)算俎』5 巻 5 冊, 寛

文 3(1663)年刊。筆者は早稲田大学小倉文庫所蔵の天和 4(1684)年版を用いた。

5. 遠藤利貞著・三上義夫編・平山締補訂『増修日本数学史』(恒星社厚生閣, 1981)には, 平山締編の「刊本曆算書年表」が収録されている。
6. 文政年間(1818~1830)に出版された数学書の調査に際して, 筆者は早稲田大学図書館小倉

文庫と日本大学図書館室井文庫の所蔵本を用いた。ほとんど重なっておらず, しかも「刊本曆算書年表」に掲載された数学書の84%以上を両文庫所蔵本で調査することができた。

7. 鎌田俊清『宅間流円理』写 2 冊, 享保 7 (1722) 年序。筆者は東京大学所蔵本と日本学士院所蔵本を用いた。