

## 和算と土木技術

東北大学附属図書館工学分館 米 澤 誠

はじめに

「和算」とは、江戸時代に日本で独自に発達した数学です。その内容は、そろばんの計算方法だけではなく、ねずみ算・鶴亀算などの数学遊戯から高度な円周率の計算、連立方程式による解法などのさまざまな側面を持っていました。

また和算家たちは、江戸の初期から測量や治水など土木技術の分野に大きな関心を寄せていました。和算家と土木技術の関わりをたどるとともに、和算が日本の近代化にどのような形で貢献したのかを考察してみたいと思います。

### 1. 和算の多様性

#### (1) 『塵劫記』に見る和算のいろいろ

まずはじめに、江戸初期の名著で和算書の代名詞ともなった『塵劫記』(1640 年成立)の中から、和算が取り扱った問題を紹介します。

和算という言葉から真っ先に思い浮かぶのは「そろばん」と「九九」ではないでしょうか。『塵劫記』でも巻頭で、九九とそろばんによる計算方法を説明しています。

次いで、米の売買の計算や両替・利息の計算などの応用的な換算問題、また検地を例題とした面積計算や治水・堀割を例題とした容積計算、木の高さや距離の測定を例題とした幾何学計算(測量計算)などが、図を添えて示されています。

さらに『塵劫記』の人気を高めたのは、ねずみ算・鶴亀算・油分け算などの数学遊戯でした。単なる教科書的な計算問題にとどまらず、数学を楽しむこれらのパズル的問題を取り入れた点において、世界的に見ても優れた教科書になっているといわれています。

#### (2) 和算の発展

『塵劫記』以降、さまざまな和算書が出版されました。和算家たちは、自分が考えたより優れた

解法と、より高度な問題を出版することにより、切磋琢磨し和算を高度化していったのです。

例えば村松茂清の『算俎』(1663 年)は、円周率の計算手法を日本および中国を通じてはじめて公開したことで知られています。そこでは、正 8 角形から順次角数を 2 倍にし、2 の 15 乗 = 32,768 角形の周まで計算して、それを円周率の近似値とする方法を示しています。また三宅賢隆の『具応算法』(1699 年)では、玉率を算出するために、球径を 1 万分割して計算するということまでしているのです。

和算を世界的なレベルにまで高めたのは、甲府藩士で後に幕府の官僚となった関孝和(1640 頃 ~ 1708 年)でした。関はその初期の著作で、和算としてはじめて筆算による加減乗除・方程式の解法・連立方程式の解法を示しています。筆算の手法を確立した関は、その弟子達とともにさまざまな優れた成果をあげることとなりました。

関を継いだ弟子達(これを関流という)が高度な数学研究を進めていく一方で、多種の『塵劫記』の出版や寺子屋の普及に見られるように、和算は庶民の教育に浸透していきます。また、和算問題を額仕立てにして奉納する「算額奉納」の習慣が全国的に広まり、和算は江戸の文化として定着していったのです。

### 2. 和算と土木技術との関わり

#### (1) 初期和算書の中の土木技術

『塵劫記』と並んで江戸期に多くの版を重ねた『改算記』(1659 年)には、多くの普請(工事)問題が掲載されています。見出しをひろってみると、屋根ふき・瓦ふき、堤・蛇籠・石垣・天主台などの普請、大車や修羅・心棒持ち(むかで持ち)・はさみ持ちによる運搬、石積み・勾配坂・階段・石垣組みの橋の普請など、多くは町づくり

に関わる事柄となっています。添えられた挿絵から、当時の土木作業の実際を垣間見ることができるという点で、興味深い資料となっています。

関孝和が活躍する直前の時期に刊行された『算法勿憚改』（1673年）という和算書でも、検地や普請などの問題が取扱われています。これらに加えて興味深いのは、水盛り器（水準器）などの測量器具が図示されていることです。後の元禄年間（1687～1704年）に、紀州の役人として用水路を築造するのに功績があった大畑才蔵は、この種の水盛り器を使った土地の高低を測量する技術について詳細な記録を残しています。紀州藩の新田開発において、事前調査・測量・普請方法決定から施工にいたるまで中心的に関与した大畑の著作本文を読むと、和算による計算・測量の技術知識があったことがよく分かります。

## (2) 西洋流規矩術の流入

和算書により「町見術」と呼ばれた測量術や普請の技術が伝えられる一方、江戸の初期に長崎のオランダ人から伝わったとされる西洋流（紅毛流）の「規矩術」という測量術がありました。

規矩術は、量盤（見盤）を用いた今日の平板測量に相当する「量盤術」、磁石と方位盤を組み合わせた「盤針術」、渾発（根発）を用いて距離を求める「渾発術」などの技術からなります。江戸初期に日本に根付いたこの西洋流測量術は、以後和算家たちの測量術と渾然一体となり、幕府が国家的政策として押し進める国絵図作成事業の中で、重要な役割を果たすこととなるのです。

## (3) 国絵図作成と和算家たち

測量術に長けていた和算家たちが、伊能忠敬以前の幕府の国絵図作成事業に大きな関わりを持っていたことは、多くの研究で明らかにされつつあります。諸国の大名に命じられた各藩の国絵図作成は、測量に秀でた人材の社会的評価を高める結果となったのです。

慶長、寛永、正保の国絵図に続く4回目の元禄年間の国絵図作成の時、福岡藩は星野実宣という人物を登用しました。星野は、和算に天元術（方程式）の考え方をもたらした『算学啓蒙』（1299

平成17年度「野蒜築港120年フォーラム」基調講演年）という漢籍の註解書を刊行して実績があった和算家でした。抜擢された星野は、国絵図作成における測量の責任者として大きな業績があったことが、福岡藩の記録にも記されています。

元禄に次ぐ享保年間（1716～1735年）の国絵図作成事業では、各藩による国絵図作成は命ぜられず、諸国の位置関係に問題があった元禄の日本総図の改訂が行われました。この事業を進めたのは徳川吉宗であり、最終的に改訂の責任をおったのは関孝和の高弟の和算家で、吉宗の諮問（プレーン）であった建部賢弘でした。

建部は、従来の各藩の国絵図を繋ぎ合わせるのに、諸国から特定の地点（山）に対する方位角を測らせ報告させました。現在「交合法」とよばれるこの手法により、建部は享保13年（1728）に日本総図を完成させました。新しい手法による享保日本図は、諸国の位置関係の精度が高いものとなっていると評価されています。

## (4) 普請役の設置と和算家たち

一方、大畑才蔵のもとで成果をあげた治水術は、紀州藩出身の徳川吉宗によって、「紀州流」の治水技術として幕府に採用されることとなりました。享保9年（1724）に幕府は新たに普請役を設置し、12名の普請役には紀州の土木技術者を多く登用したとされています。普請役は、当初関東近辺の工事を担当していましたが、その後関東に加えて全国15か国の幕府領の普請も担当するようになり、人員も100名を超えるまでになります。

治水工事は、農業の生産性を上げ石高を増やすためには必須のものであり、幕府や各藩は治水政策の強化に努めることとなります。治水技術者による技術書の多くは、写本というかたちで伝えられていました。これらは後に、和算家たちの手により地方（検地・測量・普請・租税などの農政に必要な知識・技術の総称）書としてまとめられ、出版されることとなります。

幕府普請方に蓄積された普請の技術が明治以降も重用されたことは、明治4年（1871）の『堤防橋梁積方大概』や明治14年（1881）の『土木工要録』といった普請方の技術を復刻・改訂した

官版（政府版）の刊行が続いたことでも明らかでしょう。

後に関流和算に対抗した最上流を創始する会田安明は、郷里の山形から江戸に出て幕府の普請役を務めたことでも知られます。会田は、明和・安永年間から天明 7 年（1787）までの間、鬼怒川や利根川近辺の治水工事に携わっていました。

普請役としての勤務の間にも、和算の研鑽をかさね、天明 5 年（1785）には初めての著作『当世塵劫記』を刊行しています。そして天明 7 年に役職を解かれて後は、和算研究に専念して 600 巻にもわたる膨大な著作を残すことになるのです。

会田と 20 年にわたる論戦をくり広げた関流の和算家、神谷定令も幕府の普請役でした。また、神谷と同門の石黒信由は加賀藩において重用され、検地・治水・開墾のほか、加賀・越中・能登三州の測量と地図作成に大きな功績を残しています。

#### (5) 測量書・地方書の公刊

新田開発を奨励するとともに、キリシタン書禁令をゆるめて暦算書を積極的に輸入した享保年間には、次のように多くの測量書・地方書が出版されています。

栗田久巴『新編地方算法集』、享保 5 年

万尾時春『見立算規矩分等集』、享保 7 年

栗田久巴『新編地方算法後集』、享保 9 年

万尾時春『算法入勘農固本録』、享保 10 年

村井昌弘『量地指南』、享保 18 年

島田道桓『規矩元法町見弁疑』享保 19 年

それぞれの著作は、先行する測量・土木技術を体系化するとともに、新たな測量器具も考案して示しています。中でも有名なのは、万尾時春の著作で図示されている器具で、それは現代のアリダード（指方規）に相当するものとされています。

治水技術者や兵法家など特定の技術集団にだけ伝えられていた技能が、出版という行為により広く普及することになったことの意義は大きいものです。出版による測量技術の普及を土壌として、次の時代に伊能忠敬のような人物が登場することになったのではないのでしょうか。

#### (6) 江戸期科学・技術の基盤としての和算

西洋科学・技術の導入を図るために、明治政府は西洋数学（洋算）の導入を積極的に促進することとしました。その象徴となるのは、明治 5 年の学制頒布時の「数学は洋法で」として、珠算をのぞき和算の教授を禁止する令でした。教育における西洋数学の習得が基礎となり、西洋科学・技術の普及が実現されたのです。

これと同様の関係が、江戸期科学・技術と和算の間にあったといえます。和算の習得が基礎となり、土木や測量などの江戸期科学・技術が成り立っていたのです。その理論的側面だけではなく、このような科学・技術への貢献の面で、もっと和算は評価されるべきではないでしょうか。

#### 3. 和算は近代化に貢献したか

##### (1) 和算家の西洋数学への関心

江戸期における西洋数学の導入は、享保年間の暦算書の輸入にはじまります。分野としては天文・測量・航海等に関する書籍が主であり、数学そのものの導入は行われませんでした。

和算家でもっとも早く西洋数学知識の導入に貢献したのは、本多利明でした。本多はオランダの航海書により寛政 11 年（1799）に『大測表』を著しています。これには 7 桁の対数表などが収められています。このほか本多は、『オクタント用法記』という測量器具の使用法を説明した著作も残しています。

オランダの書籍のほかに、それらを中国語に訳した漢籍も西洋数学の重要な情報源でした。『暦算全書』などの漢籍により、早くから割円八線法や三角法の知識は知られていました。

しかし、ユークリッドに代表される幾何学証明法は、より複雑な幾何学問題をとりあつかっていたためか、和算家が重要視することはありませんでした。また筆算についても、既に和算で確立していたことから、あらためて導入することはありませんでした。

##### (2) 長崎海軍伝習所による西洋科学・技術の導入

関流の和算家で笠間藩から幕府に登用された

小野友五郎や測量家で津藩士であった柳権悦は、安政 2 年から 5 年（1855～1859）に開校していた長崎海軍伝習所において、オランダの航海術・操船術・造船術と基礎科学を学んでいます。西洋流の測量法は江戸期を通じて流布していたのですが、三角法による測量術や航海術の実地での応用は、これが初めてのことでした。安政 6 年にはすでに、品川港・神奈川港の実測図を作成したといわれています。

和算に習熟していた彼らは、西洋科学と技術の習得に群をぬいていたといわれます。のちに小野は、咸臨丸航海士としてアメリカへの航海を成功させ、柳は明治以降に天文・海軍の分野で政府を主導する役割を果たすことになります。

この長崎海軍伝習所には、幕府だけではなく、佐賀藩やその他の藩からも伝習生が参加しており、その数は百人規模といわれています。三角測量などの西洋技術の導入は明治初年というのが通説でしたが、すでに江戸幕府が積極的に導入を図っていたことが分かります。これら幕末の知識階級が明治期の近代化に大きな役割を果たしたことは、もっと評価すべきでしょう。

### (3) 西洋数学普及への貢献

明治初年における数学教育にも、和算家たちは大きな役割を果たしています。

西洋数学により数学教育を行うことになったとはいえ、教員が不足していたために、各地で多くの和算家たちが教師に採用されています。

また、和算から西洋数学に転じて数学書や教科書を著した人々も多く、その面でも西洋数学の普及に貢献したのです。小野友五郎は初等教育の重要性を認識し、明治 26 年（1893）に『尋常小学新撰洋算初歩』4 巻という児童用教科書を執筆しています。また、和算家として一家をなしていた福田理軒も、明治 12 年（1879）に『算法玉手箱』や『明治小学塵劫記』を刊行しています。

明治 10 年（1877）、当時東京にいた 100 名ほどの数学者たちは、数学の発展を図ろうとして東京数学会社という学会を設立し、日本で初めての数学関係の学会誌を刊行します。この学会には、大学などの高等教育機関の数学者、江戸幕府の教

平成 17 年度「野蒜築港 120 年フォーラム」基調講演育機関であった長崎海軍伝習所や沼津兵学校の出身者、在野の和算家たちが会員として参加し、明治初年における数学振興に貢献しました。

このように、西洋数学普及までの空白の時代に、和算と和算家たちは様々な形で西洋数学の導入、ひいては西洋科学・技術による日本の近代化に大きく貢献していたのです。日本に和算がなかったら、あれほど迅速な近代化はなかったでしょう。

### 4. エピローグ：幕末の和算家、熱海又治

最後に、西洋学問の波が押し寄せてきた時代、この野蒜に生きた和算家について紹介します。

文化 12 年（1815）、熱海又治は小野村牛網の熱海又左衛門の長男として生まれました。この地で、学者として高名だった大平亮雅について、和漢学を修めました。弘化元年（1844）、30 歳にして一関の和算家千葉胤道の数学道場に入門して、本格的に和算を学びます。幕末から明治にかけても、自著を執筆するなど和算を学び続け、自宅でも和算の教授を行っていたと伝えられています。

明治 5 年（1872）の学制で小学校では洋算（筆算）を用いることとされていましたが、翌明治 6 年（1873）の文部省布達により、洋算のほかに珠算（和算）を併用してよいこととなります。熱海又治はその 8 月に開校した浜市小学校に、算術担当教員として採用されました。数えて 59 歳の時です。明治 9 年（1876）年には、『関流算法円類五十好鮮義』などを著していることから、和算の探求を続けていたことが分かります。

同年 6 月には、大久保利通が明治天皇の東奥巡幸に先駆けて野蒜の地に巡検に訪れています。同年 9 月にはドールンが来訪し、野蒜の実地調査を開始しています。この地の和算家熱海又治は、どのような心境でこの調査を見ていたのでしょうか。

明治 11 年（1878）3 月 3 日、熱海又治は 6 月の野蒜築港事業の開始を待たずに、64 歳の生涯を終えました。生まれ育った地で、国家規模の土木事業が始まろうとしている時、その胸に去来するものは何だったのかと、想像の翼は広がるばかりです。

