数理解析研究所講究録
1195 巻 2001 年 165-175

2000年8月21日~22日
京都大学数理解析研究所「数学史の研究」

角術への三角法の応用について*)

前橋工科大学　共通教育
小林龍彦

1　はじめに

与えられた1つの正多角形に外接する円の直径 ($2R$)、内接する円の直径 ($2r$)、正多角形の1辺 (a) およびその面積 (S)、さらには各頂点を結ぶ対角線の長さ (L) について考察する研究を角術といい、一般に和算では外接円の半径を角中径、内接円の半径を平中径、正多角形の1辺を角面、対角線の長さを某面斜 (某距斜または系某面斜) とよぶ。

関孝和遺著『括要算法』(正徳 2:1712 年刊) 第3巻「角法並演段図」は、初期和算における角術研究の到達点を遺憾なく示している。関孝和が計算の基礎においた方法は勾股弦 (三平方の定理) であり、これを繰り返し用いることで複雑な関係式を得ているのである。現在、関孝和の生前に編纂がはじまった「大成算経」にも『括要算法』の「角法並演段図」と同様の研究が残されていることが判明している[1)]。

筆者は最近、和算家の角術研究の資料を調査する過程において、従前の和算家とは異なる解法を有する幾つかの写本を見いだした。異なる解法とは角術に西洋式の三角法を用いてこれを解くことである。さらには、幕末に刊行された和算書においても、天文・測量術以外の問題に三角法が応用されている事例を発見している。今日までの和算研究では、このような視点から和算家の業績を追跡することはほとんどなされなかったと思われる。この拙論で紹介しようとする史料とその内容は、これまでの日本数学史の研究者が抱く和算家観の変更を迫る要素を含んでいると思えるものである。本稿はそのような研究の第一報である。

2　和算家小野栄重と丸橋東倭について

18 世紀後半、上州の和算を発展させた和算家に、上州安中市板鼻に住した小野栄重 (宝暦 13:1763 一天保 2:1831) がいる。小野栄重は、はじめ武州の和算家吉沢恭周に学んだが、寛政元(1789)年、江戸に出て関流四傳藤田貞資(享保 19:1743 一文化 4:1807) に師事し、貞資の死後、子の嘉言から関流六傳の免許を得た大家である。また、経緯は不明ながらも、享和 3(1803)年 2 月にはじまる伊能忠敬の第4次全国測量 (東海沿岸から北陸沿岸) に従事し、同年 10 月、同測量隊が高崎での測量を終えたのを機に郷里板鼻に戻り、以後弟子の養成に専念した。

小野栄重が伊能忠敬との知己を得たのは、藤田門下での算学修行を通じてであろうと思われるが、西洋の三角法測量術の修得とその応用については、伊能の全国測量の一員とし

---

*) 本研究は平成12年度文部省科学研究費補助金基盤 C 課題番号 12680003 によって行われた一部を発表したものである

て行動を共にしたことに依るところが大きかったであろう。小野は生涯を通じて多くの和算の写本を残しているが、現在知られるところでは西洋三角法に関する著述として、

文化元（1804）年　西洋珍宝測天量地八線表全 [2]

文政5（1822）年　星測量地録 [3]

文政10（1827）年　正弧斜弧三角形詳解 [4]

不明　正弧斜弧三角形測天図説 [5]

などが解っている。その他、門人によって記録された口授書「割円八線表測量法私記」[6]や伊能忠敬の江戸における天体観測の記録の一部が「大日本国東都於暦局測天恒星視高度并諸天及赤極高度」（文化元：1804年写）[7]として残っている。

小野栄重の弟子の一人に丸橋祐政（天明3：1783 ー明治4：1871）がいる。丸橋は群馬県吾妻郡三島に住した和算家で、通称を雄治郎、号を東倭とする。また姓を菅原とも称する。はじめ隣村の算学を西山太郎右衛門に学んだが、文政元（1818）年頃、小野栄重に入門し、天保元（1830）年3月、師の小野栄重より関流七傳の免許を得た。東倭46歳の時のことである[8]。現在、群馬県吾妻郡三島の丸橋家には80冊に及ぶ和算史料が保存されているが、次の2冊には、三角法を角術に応用する例が載せられているのである。

題簽「西洋八線率矩」（文政七年）

題簽「弧度算□□□□」（天保十一年）

上記2冊の書誌学的内容も含めた、角術に関する議論は次項に譲ることにしよう。

3　三角法と角術について

和算家が西洋の三角法に初めて出会ったのは、享保11(1726)年に伝来した梅文鼎遺著『暦算全書』を通じてであった。以後、三角法は暦算家の間に急速に普及していくが、その使途は専ら天文観測・暦術、測量術、航海術への応用であり、実学的利用に集中していた。和算家が最も好んで研究した容術すなわち幾何図形問題や円弧長の計算などの虚学に応用されることはなかった。

しかし、丸橋東倭の史料は明らかに和算家の研究領域である角術への応用となっているのである。

3-1「西洋八線率矩」

表紙に「西洋八線率矩」とする題簽を持つ本写本は、15.5 × 24.5cm、丁数73丁とする装丁である。しかし全体を通観するとき「西洋八線率矩」（以下丸橋本という）の前半部と後半部では数学的内容が全く異なるだけでなく、前半部分の最後の丁に奥付が存在すること、また16丁目の後半部分の最初には別題が墨書されていることから、2冊の別本をのちに合本にしたものと推測される。その丸橋本の前半部分は、

> 西洋羅雅谷撰
>
> 割圓八線表即大測表也。其数之多其用廣、於測量百法中皆用之、故名大測。　測天之法、可定大陽出入時刻…(筆者注:以下略)

とする序文に始まって、

比例之法

弧度用法

六位用法

で終わる。最後の六位用法は、正弦、正切、余弦、余切、正割、余割の6線について8桁、0.5度から45度まで30分ごとの三角関数表となっている。

一方、小野栄重の三角法の研究に関する史料として『群馬県史』資料編11に、栄重の弟子であった西山太郎右衛門の蔵書「西洋珍宝測天量地八線表」（以下西山本という）が転載されている。西山本の奥付は、

測量御用手附

小　野　良　佐

文化改元年甲子六月　記之　　　　　　栄　重（花押）

である。文化元年は1804年であり、栄重が伊能忠敬の測量隊と別れた翌年に記述された写本であることが分かる。

西山本と丸橋本を比較すると、丸橋本には“弧度用法”とする一項目と先の三角関数表に余切、正割、余割の3線が加えられるなど若干の違いは存在する。しかし、全体として両本を視た場合、西山本に若干の修正を加えたのが丸橋本であって、本質的には根源を一つにする同一本と判断してよだろう。ただ、両本の書名が異なる理由について推測し得る記述や史料は今のところ存在しないが、丸橋東倭が小野栄重から三角法を教授されたときには、「西洋珍宝測天量地八線表」を修正した「西洋八線率矩」とする1本が存在し、丸橋はこれを写したのであろうと考えられる。

さて、丸橋本の奥付は、

文政七甲申正月十八日写之

東路仲遷道板鼻駅

天門測地量方

小野良佐栄重門人

我孀之郡三島之住

菅原雄治郎祐政

となっている。文政7（1824）年は丸橋東倭41歳にあたる。しかし、丸橋が三角法を修得した時期はもっと早そうで、丸橋の門人高橋富比が残した史料中、「西洋八線率矩」に載る半度の三角関数表とこの表挟まれるようにして弧度用法のみを記したメモ帳程度の写本が存在する。この半度表の前半分の終わりには、

文政三庚辰四月写之

丸橋雄治郎　祐政

と書写の年紀を記しており、丸橋は小野栄重への入門3年目、文政3（1820）年には師から三角法を伝授されていたことが判明する。

さて、筆者の関心である三角法を角術の問題に応用する例は「西洋八線率矩」の後半部分である「関流算法秘傳之蔵書」に存在する。

3-2「関流算法秘傳之蔵書」に記載された角術問題

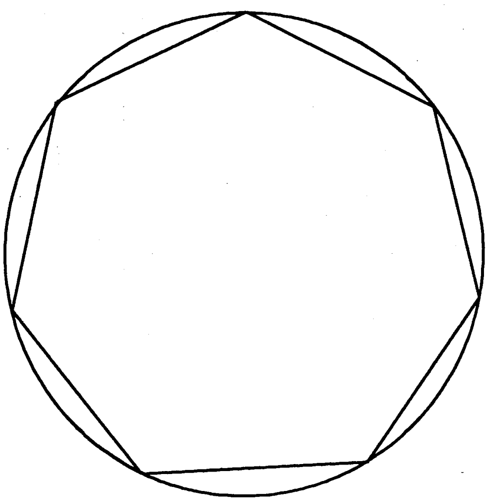
「西洋八線率矩」の第16丁からは「関流算法秘傳之蔵書」と題した和算の解義集となっている。冒頭は“側圓平積之解”とする楕円の面積公式に始まり、相場割りから初等幾

何問題（容術）の解義へと展開される。殊に図形問題は所々に“テンサンシナン中巻二十一之問別解”“テンサン指南下巻第五之別術”などと記されていることから、『算法點竄指南』（大原利明閲、大原・金杉門人編、文化7：1810年刊）の問題を意識した解答集と思えるが、本論ではこれらの検討は保留しておくことにする。

さて、「関流算法秘傳之蔵書」の第 5 問目に角術問題が扱われている。既に指摘するように、この解義に三角法が応用されているのである。この事実は和算史では異例と言わねばならないであろうから、以下に図、問題と術文を原文のまま紹介して置こう。また原文に続けて筆者の解説も付しておく。

假如平圓十寸有、如図容等七斜、其斜何程ト云

答云　七角面四寸三分五厘二七三

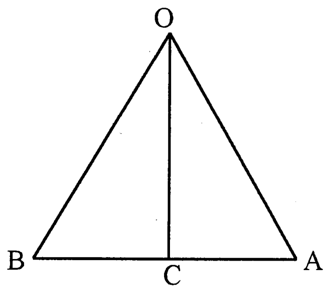


天文方極秘傳術以施之

術日置三百六十度、七角二段之十四除、廿五度七分余也。此七ェ一度之分数乗六十分、廿五度四十二分也。此正弦ヲ出スニハ正弦ノ較二十五度半二十六度差０００七八六以一十二分四十二分之内半度三十分ヲ減シタル差也乗之、以半度則三十分ノ事也除之０００三一四四、以テ減二十六度ノ正弦、余０四三五二二七一ヲ得テ二十五度四十二分之為正弦、乗圓径得七角面合問。

【解説】今図のように円に内接する正 7 角形ある。円の直径（$2R$）が 10 寸のとき、正 7 角形の一辺（a_7）の長さを求めよ。

答　a_7 = 4 寸 3 分 5 厘 $\underline{273}$



【方法】わが国の算学では角術で扱われるこの問題を、師小野栄重が出仕した天文方において極秘とされる方法を以て解術を施すことにする。

【術日】

360 度 ÷ 14 = 25.7 …

この 7 分に 60 分を乗ずれば、25 度 42 分を得る。これは右図において、AB = a_7、OC = r としたときの∠ AOC に等しい。そこで 25 度 42 分の正弦値を求めるには、まず先の三角関数表によって、

正弦 26 度 －正弦 25 度 30 分

= 04305111 － 04383711

= 000786

を得、これに 12 分（= 25 度 42 分－ 25 度 30 分）を乗じて 30 分で割れば、

000786 × 12 ÷ 30 = 0003144

となる。これを26度の正弦値より減ずれば、則ち、

04383711 − 0003144 = 04352271 …（＊）

となる。これは25度42分の正弦値と見てよい[注)]。よって、

a_7 ＝正弦25度42分× $2R$

＝ 04352271 × 10

＝ 4.352271寸

以上で解説を終わる。

ところで上記下線で示すように、答曰で表示された数値と術文で計算された数値の間に、末尾3桁において若干の差が認められる。関数電卓による計算では4.336590845 …となるから丸橋の値はかなり粗と言える。ただ、術文で計算された数値は丸橋が持っていた三角関数表から導き出される結果であり、計算に誤りはない。しかし、原本には術文の最後の部分の(＊)に相当する一行が修正粉をもって訂正されている痕跡がある。これはその後の検証（？）において術文の計算に誤りが存在することに気がついたことを意味している。このような丸橋による修正行為から推測すれば、丸橋は術文の誤り訂正することにのみに満足し、答曰の数値は訂正するに及ばずと判断したとも思われる。

「関流算法秘傳之蔵書」のなかで三角法を応用した問題は上記角術に関わる1例のみである。これが1問のみの特異な出現でないことは、次項で紹介する写本の検討から明瞭となる。最後に「関流算法秘傳之蔵書」の成立時期について若干の触れておこう。同写本の奥付は、

右記置候術意はテンサン指南之本術に分明故、本術意得師授解す處委細ニしるし傳る
文政七甲申之初春二十有一日二日両日傳法記也
東路中山道板鼻駅
関流六傳算学士
小野良佐源栄重　授
菅嶋雄次郎祐政蔵書

としてある。本項の前段で「関流算法秘傳之蔵書」の著述目的について僅かに指摘したが、奥付の識語からも、大原利明の『算法點竄指南』に載る図形問題の研究からまとまられた一冊であることは一層明瞭となる。そして「関流算法秘傳之蔵書」の丸橋への伝授が文政7年であるから、この時期既に丸橋は三角法を角術に応用することを考案していたことが分かるのである。

4「弧度算□□□□」の角術について

丸橋東倭の三角法に関わる著作をもう1本紹介しよう。写本の大きさは27 × 19cm、葉数86丁とする大型本で、装丁は現在でもしっかりしている。全体の堅固さに比して表紙はくすんでおり、題簽は「弧度算□□□□」と読める以外はっきりとしない。しかし、弧

注）当時、暦算家の間で広く知られていた『西洋新法暦書』に載る『割圓勾股八線表』によれば、25度42分の正弦値は043366である。

度を用いた算術書であることは題簽が明瞭に示しており、記述内容も測量術を中心に展開されており、最後に少量の初等幾何問題と利息算等が混入するものの、表題と著述の趣旨は基本的に一致している。

第1丁から三角法で使用される比例式について“中比例式”として解説が始まっている。続く第2丁には0度から45度まで15分ごとの正弦、余弦、正切、余切の4線7桁の三角関数表が載せられている。先述の「西洋八線率矩」が6線8桁であったことと比較すると、この表は簡便化されたものと見なしてよいであろう。数値7桁は「西洋八線率矩」の末位を四捨五入した結果となっている。

写本の前段から平面三角法を駆使した測地法の実例が詳しく述べられている。この前半部のみからも丸橋東倭の著述意図が十分に伝わってくる。使用される術を列挙しておこう。

一鈍角両辺術

両辺一純(ママ)角

三斜両角一辺

三斜三辺求角術

そして中段部分では、文政から天保年間にかけて地元吾妻郡内の農地や宅地を実測した結果を正確な計算に基いて記録した野帳ともなっている。このような江戸時代後期の測量法の実例も測量史や数学史として興味深い。

本稿の焦点である三角法と角術に関わる記録は、測量術の記述の前後第28丁から34丁にかけて突然表わされている。測量術と角術がどのような関係のなかで位置づけられたのかは俄に判断できないが、丸橋東倭としては彼自身の角術に関わる考察をこの6丁に一応のまとまった研究として残しているのである。数学史の研究においては、数学者の思考の奇跡を表す原文を忠実に辿ることが第一義であるが、ここに原文を採録することは大幅な紙数をしめることになる。また冗長を避けることから筆者による現代訳を抄録していくことにする。頭注の番号は筆者が便宜的に付した。また、9問すべてに図がつけられているが、簡単なものは載せなかった。

1）今図のように直径（$2R$）を10寸とする円に内接する正3角形ある。このときの角中径(R)、平中径(r)および角面(a_3)の長さを求める方法を述べよ。

【方法】まず、180度÷3＝60度を得る。これより平中径(r)を求めれば、

$$2r = 2R\sin 60^\circ$$
$$\therefore\ r = R\sin 30^\circ = 5 \times 0.5 = 2.5\text{寸}$$

また、角中径＝Rは明らか。さらに角面(a_3)を求めるには、

$$\therefore\ a_3 = 2R\cos 60^\circ = 10 \times 0.86603 = 8.6603\text{寸}$$

とすればよい。

2）今図のように直径（$2R$）を10寸とする円に内接する正4角形ある。このときの方斜則ち2角中径($2R$)、平中径(r)および角面(a_4)の長さを求める方法を述べよ。

【方法】まず180度÷4＝45度を得る。これより角面(a_4)を求めるには、

$$a_4 = 2R\sin 45^\circ$$

$= 10 \times 0.70711 = 7.0711$ 寸

または、

$a_4 = 2R \cos 45°$

$= 10 \times 0.70711 = 7.0711$ 寸

とすればよい。

また、方斜＝2角中径＝$2R$ は、$2R = (a_4/2)/\sin 45°$ で求まるが、丸橋は次のような方法を示している。原文とともに載せておこう。

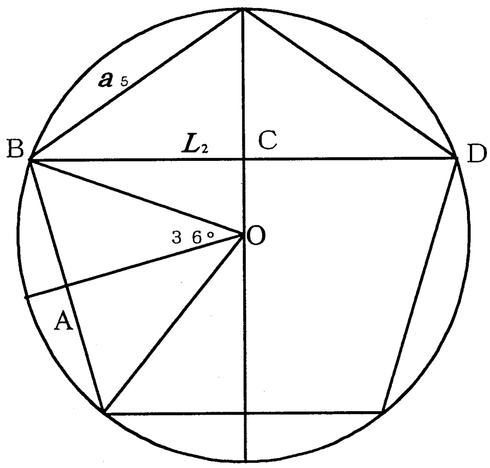
又、方面有テ方斜シル術云、四十五度ノ正害(ママ)、又余害(ママ)一ヶ四一四二ヲ方面エ乗而方斜ヲエル。此比例式モ前比例式ト同ジ、故ニ略ス。

これによれば、2角中径$(2R)$は、

$2R = 2\, a_4 \sin 45°$

としたことになる。

3）今図のように直径（$2R$）を10寸とする円に内接する正5角形ある。このときの角面(a_5)の長さ、二面斜(L_2)および平中径(r)を求める方法を述べよ。



【方法】まず、180度÷5＝36度を得る。

これより平中径(r)を求めれば、

$r = R \cos 36°$

$= 5 \times 0.80902 = 4.0451$ 寸

また、角面(a_5)を求めるには、

$a_5 = 2R \sin 36°$

$= 10 \times 0.58779 = 5.8779$ 寸

二面斜(L_2)は、

$L_2 = 2R \cos 72°$

$= 0.80902 \times 10 = 8.0902$ 寸

4）今図のように直径（$2R$）を10寸とする円に内接する正6角形ある。このときの角面(a_6)の長さ、二面斜(L)および平中径(r)を求める方法を述べよ。

【方法】まず、180度÷6＝30度を得る。

これより角面(a_6)を求めれば、

$a_6 = 2R \sin 30°$

$= 10 \times 0.50000 = 5$ 寸

また、平中径(r)は、

$r = R \cos 30°$

$= 5 \times 0.86603 = 4.33015$ 寸

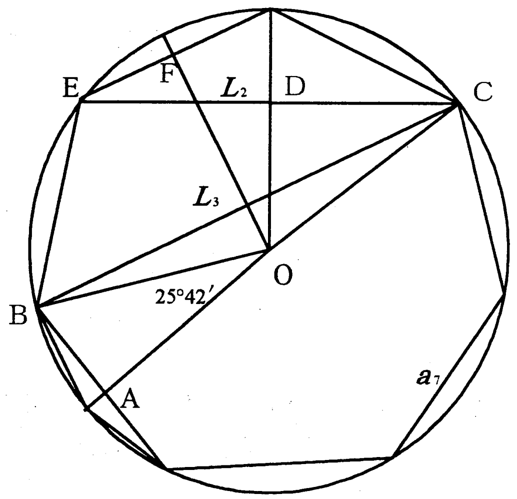
二面斜(L)は、

$L = 2R \cos 60°$

$= 10 \times 0.86603 = 8.6603$ 寸

5）今図のように直径（$2R$）を 10 寸とする円に内接する正 7 角形ある。このときの角面(a_7)の長さ、二面斜(L_2)、三面斜(L_3)および平中径(r)を求める方法を述べよ。

【方法】まず、180 度÷ 7 ＝ 25.7 度を得る。これは 25 度 42 分にあたる。これより角面(a_7)を求めれば、



$$a_7 = 2R\sin 25^\circ\ 42'$$
$$= 10 \times 0.43130$$
$$= 4.313\text{ 寸}$$

また、平中径(r)は、

$$r = R\cos 25^\circ\ 42'$$
$$= 5 \times 0.90221$$
$$= 4.51105\text{ 寸}$$

二面斜(L_2)は、

$$L_2 = 2R\cos 51^\circ\ 24'$$
$$= 10 \times 0.78152 = 7.8152\text{ 寸}$$

三面斜(L_3)は、

$$L_3 = 2R\cos 77^\circ\ 06'$$
$$= 10 \times 0.97476 \times = 9.7476\text{ 寸}$$

6）今図のように直径（$2R$）を 10 寸とする円に内接する正 8 角形ある。このときの角面(a_8)の長さ、二面斜(L_2)、三面斜(L_3)および平中径(r)を求める方法を述べよ。

【方法】まず、180 度÷ 8 ＝ 22.5 度を得る。これは 22 度 30 分にあたる。これより角面(a_8)を求めれば、

$$a_8 = 2R\sin 22^\circ\ 30'$$
$$= 10 \times 0.38268 = 3.8268\text{ 寸}$$

また、平中径(r)は、

$$r = R\cos 22^\circ\ 30'$$
$$= 5 \times 0.92388 = 4.6194\text{ 寸}$$

二面斜(L_2)は、

$$L_2 = 2a_8\cos 22^\circ\ 30'$$
$$= 0.92388 \times 2 \times 3.8268 = 7.0711\text{ 寸}$$

或いは、

$$L_2 = 2R\cos 45^\circ$$

でもよい。また、三面斜(L_3)は、

$$L_3 = 2R\cos 67^\circ\ 30'$$
$$= 10 \times 0.92388 = 9.2388\text{ 寸}$$

7）今図のように直径（$2R$）を 10 寸とする円に内接する正 9 角形ある。このときの角面(a_9)の長さ、二面斜(L_2)、三面斜(L_3)、四面斜(L_4)および平中径(r)を求める方法を述べよ。

【方法】まず、180 度÷ 9 = 22 度を得る。これより角面(a_9)を求めれば、

$a_9 = 2R\sin 20^\circ$

$= 10 \times 0.34202 = 3.4202$ 寸

また、平中径(r)は、

$r = R\cos 20^\circ$

$= 5 \times 0.93969 = 9.3969$ 寸

二面斜(L_2)は、

$L_2 = 2R\sin 40^\circ$

$= 10 \times 0.64279 = 6.4279$ 寸

三面斜(L_3)は、

$L_3 = 2R\cos 60^\circ$

$= 10 \times 0.86603 = 8.6603$ 寸

また、四面斜(L_4)は、

$L_4 = 2R\cos 80^\circ$

$= 10 \times 0.93969 = 9.3969$ 寸

8）今図のように直径（$2R$）を 10 寸とする円に内接する正 10 角形ある。このときの角面(a_{10})の長さ、二面斜(L_2)、三面斜(L_3)、四面斜(L_4)および平中径(r)を求める方法を述べよ。

【方法】まず、180 度÷ 10 = 18 度を得る。これより角面(a_9)を求めれば、

$a_{10} = 2R\sin 18^\circ$

$= 10 \times 0.30902 = 3.0902$ 寸

また、平中径(r)は、

$r = R\cos 18^\circ$

$= 5 \times 0.95106 = 4.7553$ 寸

二面斜(L_2)は、

$L_2 = 2R\sin 36^\circ$

$= 10 \times 0.58779 = 5.8779$ 寸

三面斜(L_3)は、

$L_3 = 2R\cos 54^\circ$

$= 10 \times 0.80902 = 8.0902$ 寸

また、四面斜(L_4)は、

$L_4 = 2R\cos 72^\circ$

$= 10 \times 0.95106 = 9.5106$ 寸

以上で「弧度算□□□□」に載る角術の解説を終えるが、最後に本書の奥付を記しておく。

天保十一庚子年初春

東路中山道板鼻新町

小野良佐源栄重　門生

東倭　俗称

菅原雄治郎祐政　著考

天保11年は西暦1840年、丸橋東倭57歳である。

4　まとめ

三角法を円に内接する正多角形へ面積やその辺長（a_n）の求める研究は17世紀から18世紀初期の中国暦算書にも登場している。崇禎4(1631)年の『測量全義』第4巻測面の量多辺形では正n角形の面積が三角法を用いて計算されている[9]。また、雍正元(1723)年刊行の『数理精蘊』下編巻21圜内容各等邊形にも、正3角形から正10角形までの面積(S)とa_nを求める研究が見えている。ここでは、

$$S = n\,a_n r \,/\, 2$$

（ただし、$3 \leqq n$）

としているが、それぞれの正多角形におけるrを中垂線として呼んでいる。これが和算家が言う平中径と一致することは言をまたない。しかし、これら中国の暦算書では某面斜(L)に全く関心を寄せていない。そのような意味において丸橋東倭の角術の研究は漢訳西洋暦算書に見える研究と若干の距離を有していると指摘してよい。

丸橋東倭の三角法の研究は明治10年4月、地元の鳥頭神社への算額奉納として結実している。その冒頭に

奉額測量術

本祖七伝　東倭菅原祐政

と墨書している[11]。ここに記す測量術とは、三角法による測量術を指していることは言うまでもない。だが、とき既に東倭は鬼籍に入っていた。しかし、明治9(1877)年に始まる群馬県の地租改正にともなう測量事業において、東倭の弟子たちは測量術をもってこれに貢献したのである。このような協力は東倭門下だけの特異な活動ではなく、県下の多くの和算家が測量技術と測量知識をもって直接間接的に関わった事業でもあった[12]。測量事業終了の明治10年、東倭門人たちによる鳥頭神社への算額奉納は、まさに師の学恩への感謝と測量行事の大成を記念した、門人たちの喜びに溢れた奉額であったことは間違いないであろう。

なお、本稿では敢えて言及しなかったが、三角法を角術へ応用しようと試みた研究者は丸橋東倭一人ではない。18世紀の後半においては本多利明がおり、また丸橋につづく和算家としては同郷同門の剣持章行がいる。特に剣持の場合は弧背の求長に用いていることを著しい特徴としている。こうした幕末和算家の三角法への関心の高揚は十分な注意を払っていく必要があろう。

最後に、小野栄重に伝わった西洋三角法の系譜を、資料の伝播という視点から略記してまとめに換えておこう。

高橋至時 ── 伊能忠敬 ┐
藤田貞資 ┘ ── 小野栄重 ┬ 丸橋東倭 ── 高橋富比
├ 西山太郎右衛門
└ 剣持章行 ── 明野栄章

内田五観 ―――――――――――――――――┘

注

1) Ken'ichi Sato, On the Theory of Regular Polygons in Traditional Japanese Mathematics: Reconstruction of the Process for the Calculation of the Degree of Kaihoshiki Appearing in the *Taisei Sankei* by SEKI and TAKEBE Brothers, *Historia Scientarum*, Vol.8 No.1, 1998, pp.71-85.
2) 群馬県史編さん委員会、『群馬県史』資料編 11 近世 3、昭和 55 年、pp.977-982.
3) 東北大学付属図書館狩野文庫 21173.
4) 東北大学付属図書館狩野文庫 20417.
5) 東北大学付属図書館林文庫 1713.
6) 大竹茂雄、『数学文化史－群馬を中心としてー』、研成社、昭和 62 年、p.77.
7) 前出、『数学文化史－群馬を中心としてー』、p.92.
8) 前出、『数学文化史－群馬を中心としてー』、p.80.
9) 同書、第 20 丁ウ-第 26 丁.
10) 任継愈主編、『中国科学技術典籍通彙』数学巻三、河南教育出版社、pp.3・693-3・710.11)
11) 群馬県和算研究会編、『群馬の算額』、昭和 62 年、pp.142-147.
12) 前出、『数学文化史－群馬を中心としてー』、pp.143-148.