はじめに

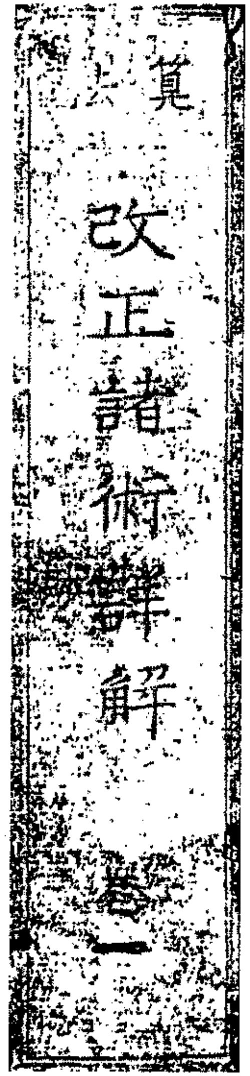
『愛媛県誌稿』(大正６年８月15日発行、県立図書館所蔵) に、大西佐兵衛以前の和算家として「文化の頃 (1804～1817)、ソロバンを持って船を止め、錠を開く新海程次郎 (正伯) と云う人がいる」と紹介している。これを読み、ソロバンを使う占い師と思っていた。

このたび、県立図書館で新海正伯の書名入りの『改正諸術詳解』五巻の写本を見つけた。驚き、改めて調べてみると、伊佐爾波神社に奉納されている「小嶌又兵衛の算額」 (1812) の冒頭に、「新海正伯に学び、大西佐兵衛の門下に入り「円理弧背之術」の問題を作り解いた」とあるように、人々から信頼された、県内一流の和算家であることが分かった。

『改正諸術詳解』五巻の内容は
　第一巻　図形の基本問題 (６問)
　第二巻　楕円に関する問題 (５問)
　第三巻　主に直角三角形内の円の問題 (7問)
　第四巻　正方形と円、立体内の球の問題 (５問)
　第五巻　円と円の内接・外接の問題 (５問)
総計28問の詳解集である。

その出典は、当時の和算家の学習書として人気を集めた『精要算法』(藤田貞資、1781)、『続伸壁算法』(藤田嘉言、1807) が主である。

この機会に、愛媛和算研究会会員がこの和算書を読み解き、当時の和算家の心意気に触れることから、和算を楽しみ、あわせて、和算書を“楽読”できるようにしよう。



問題文［１－１］

今，図の如く三角内に，斜と全円を画き，全円の中で，その斜を隔てて甲円と乙円を容れる。
甲円の直径を92寸，乙円の直径を12寸とするとき，斜の長さいくらか。

答曰　斜　169寸

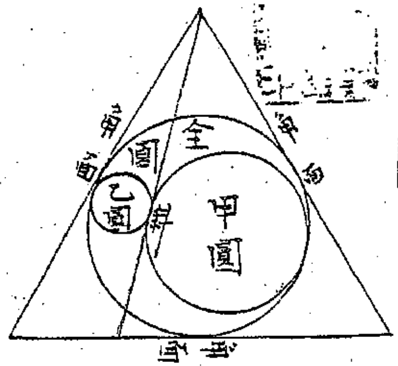
術曰　「甲乙･･･名極」･･･$(甲+乙)^2\times3=極$

「甲乙･･･平方」･･･$\sqrt{甲\times乙\times4+極}$

「以除･･･得斜」･･･$\dfrac{極}{\sqrt{4甲乙+極}}=斜$

〈解説〉
○ 三角；正三角形，（角）面；三角形の一辺の長さ
○ 全円；普通，多角形の内接円に使う。
○ 各円径；各円の直径を表す。また計算式では，甲，乙，全，･･･と書き，それぞれ甲円，乙円，全円の直径を表す。
○ 右の『続神壁算法』（46）は問題の出典を示しています。

改正諸術詳解



今有如圖三角內畫斜與全圓而全圓中隔其斜容甲乙圓甲圓徑九十二寸乙圓徑一十二寸問斜幾何

答曰斜一百六十九寸

術曰甲乙徑和自之三之名極甲乙徑相乘四之加極開平方以除極得斜合問

『續神壁算法』(46)

解義

① 甲＋乙＝全円径＝子 すなわち 角中径

全径より乙径の2倍を減じる $\left(\dfrac{全}{2}-乙=寅\right)$

② 甲－乙＝2寅

これを自乗する

③ 甲^2－2甲・乙＋乙^2＝4寅^2

子の自乗を4倍したものから4寅^{2}を減じる。

（4子^2－4寅^2＝4丑^2）

④ 3甲^2＋10甲・乙＋3乙^2＝4丑^2

〈解説〉

○ 角中径；外接円の半径

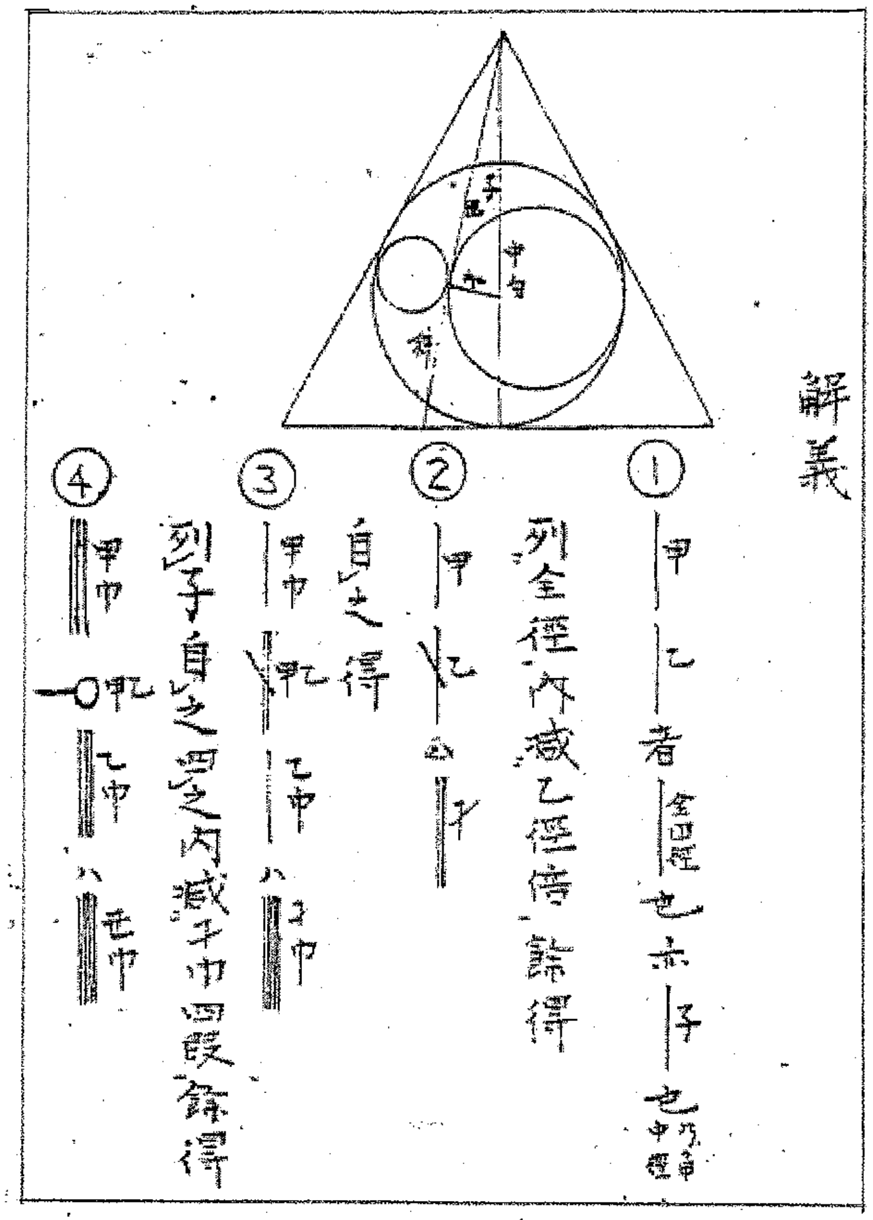
○ 中鈎；正三角形の中線

○ 刁 ；寅の略（寅は画数が多いため）

○ 補助の未知数として

十二支；子，丑，寅，刁，卯，…

をよく使う。



これを平方に開き2丑を得，斜を乗じる。

(丑:子＝中鈎:斜)

⑤　2丑·斜＝2子·中勺・・・寄左

子を2倍し，それに全径を加える。

(2子＋全＝2中勺)

⑥　3甲＋3乙＝2中勺

これに子を乗じる。

⑦　3甲^2＋6甲・乙＋3乙^2＝2子・中勺

これを括る。　$\boxed{3(甲＋乙)^2＝極\ とおく}$

⑧　極　(＝2子・中勺)

〈解説〉

○　寄左；左に寄せる。得た式や方程式をひとまず置いておくこと。

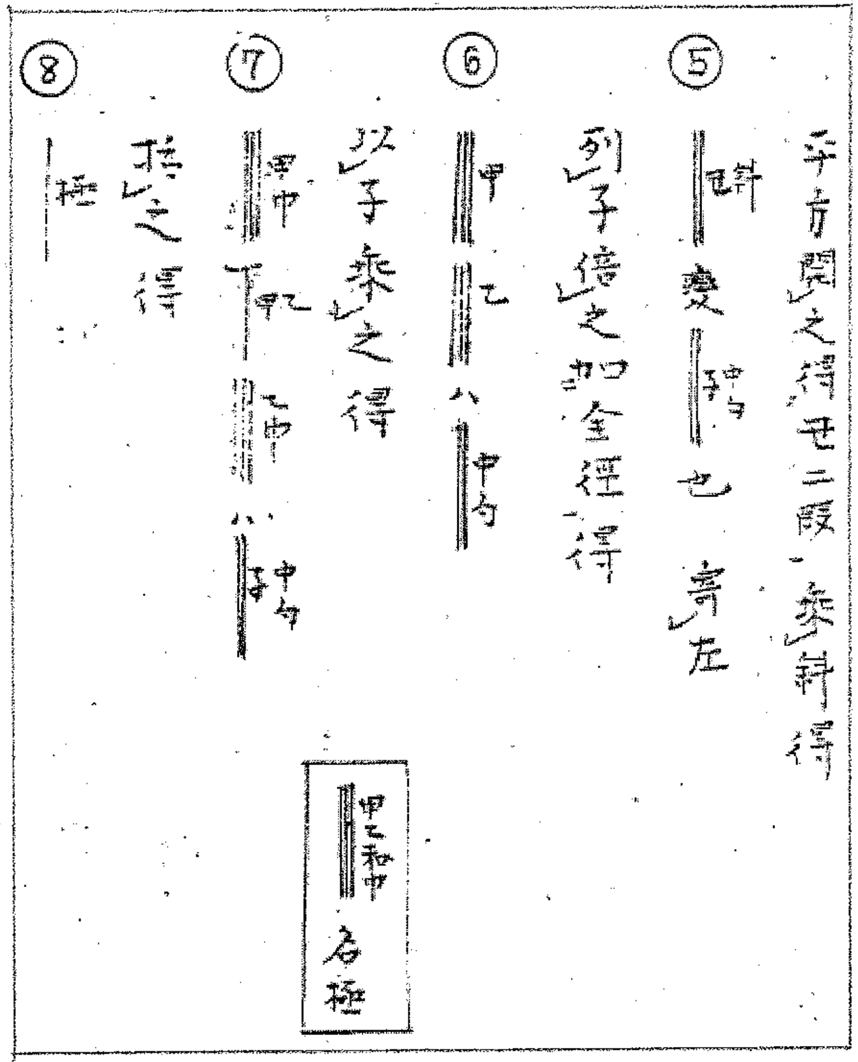
○　括る（くくる）；二つ三つの式を一つにまとめる。たとえば，3甲^2＋6甲乙＋3乙^2　括レ之 3(甲＋乙)^2 をあらわす。

○　相消；⑤式と⑧式は相等しいから

⑤－⑧＝0

これを「寄左と相消」という。

⑨式にあるように等式·方程式の「＝0」は略されている。



これと寄左と相消す。

⑨　極－2丑・斜＝0

　　2丑でこれを除す。

⑩　$\frac{極}{2丑}$－斜＝0　　ゆえに $\frac{極}{2丑}$＝斜

3甲^2＋10甲・乙＋3乙^2＝4丑^2 これを括る 　極＋4甲乙＝4丑^2 これを平方に開き，2丑を得る 　（$\sqrt{4甲乙＋極}$＝2丑）

ここにおいて本術を起す。

〈解説〉

○　斜＝$\frac{極}{2丑}$＝$\frac{極}{\sqrt{4甲・乙＋極}}$

和算では条件に具体的な数値が与えられていても上記のように一般解を求め，それを“術曰”に述べ，その式に数値を代入して“答曰”を求めるのが一般的である。

ソロバンを使って答えを求めるのに便利。

與寄左相消得

⑨ 極 丑斜

以丑倍除之得

⑩ 極/丑倍 斜 故 極/丑倍 者斜也

於是起本術

甲巾 一〇甲乙 乙巾 丑巾

括之

極 甲乙 丑巾

平方開之得丑倍

問題文［1－2］

今，図のように，上下2本の直線をもって 甲，乙2円を挟み，その中に各甲乙円周に接する等斜2本を画き，等斜と上下の隙間に等円2個を容れる。

甲円の直径を6寸，乙円の直径を4寸，等円の直径を2寸とするとき，等斜の長さを求めよ。

答曰　等斜7寸

術曰

「置甲円…名乾」…$甲 \times 乙 = 乾$

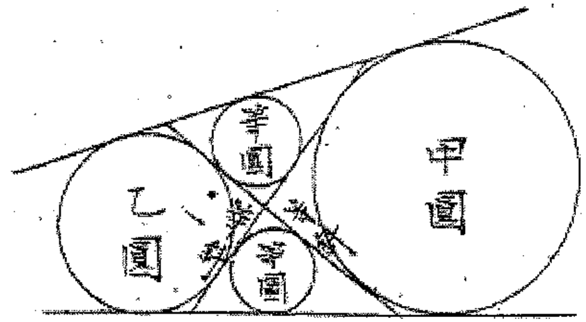
「置甲円…名坤」…$\sqrt{乾 - (甲 + 乙)等} = 坤$

「以除乾…合問」…$\left(\dfrac{乾}{坤} + 坤\right) \times \dfrac{1}{2} = 等斜$

〈解説〉

○罅（か）；交わって出来る隙間

○切；接する



今有如圖以上下二線挾甲乙二圓其中間畫等斜二線各切甲乙圓周而充上下之罅容等圓二箇甲圓徑六寸乙圓徑四寸等圓徑二寸問等斜幾何

答曰等斜七寸

術曰置甲圓徑乘乙圓徑名乾置甲圓徑加乙圓徑乘等圓徑以減乾餘平方開之名坤以除乾加坤半之得等斜合問

『續神壁算法』(2丁)

解義

等斜を未知数，子を補助の未知数の一つ

$\boxed{\text{等円径を等とかく}}$

① $\dfrac{甲\cdot 等}{4子}=丑$　　$\dfrac{乙\cdot 等}{4子}=寅$　　$\dfrac{甲\cdot 乙}{4子}=卯$

子，丑，寅 を相伴す（子＋丑＋寅）

② $子+\dfrac{甲\cdot 等}{4子}+\dfrac{乙\cdot 等}{4子}=卯\quad\left(=\dfrac{甲\cdot 乙}{4子}\right)$

卯と相消し(移項し)，除数(分母)を乗じる

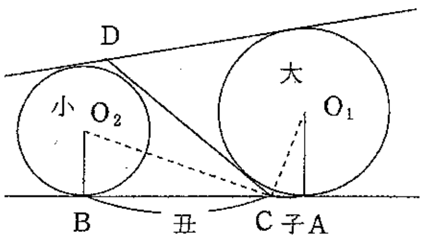
〈解説〉

○天元；未知数

○虚；補助の未知数

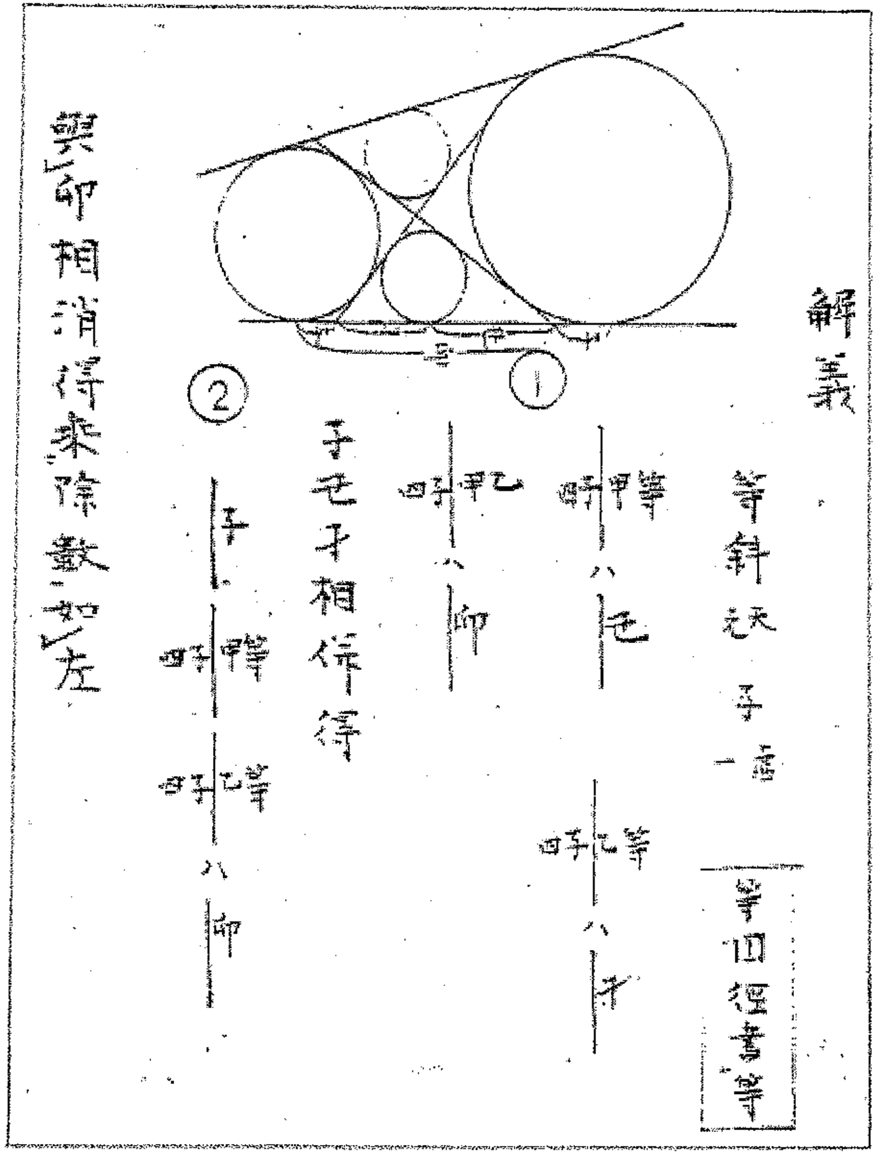
○$丑=\dfrac{大\cdot 小}{4子}$

$\left[\begin{array}{l}\triangle O_1AC\backsim\triangle CBO_2\\ \dfrac{大}{2}:子=丑:\dfrac{小}{2}\end{array}\right]$



○ (界斜)＝CD＝AB＝子＋丑

「上記は公式としてよく使われるので記憶して下さい。証明は現代解で。」



③　$4子^2+甲\cdot等+乙\cdot等-甲\cdot乙=0$

これを括る

甲・乙＝乾
$-(甲+乙)\cdot等+乾=坤^2$

④　$4子^2-坤^2=0$

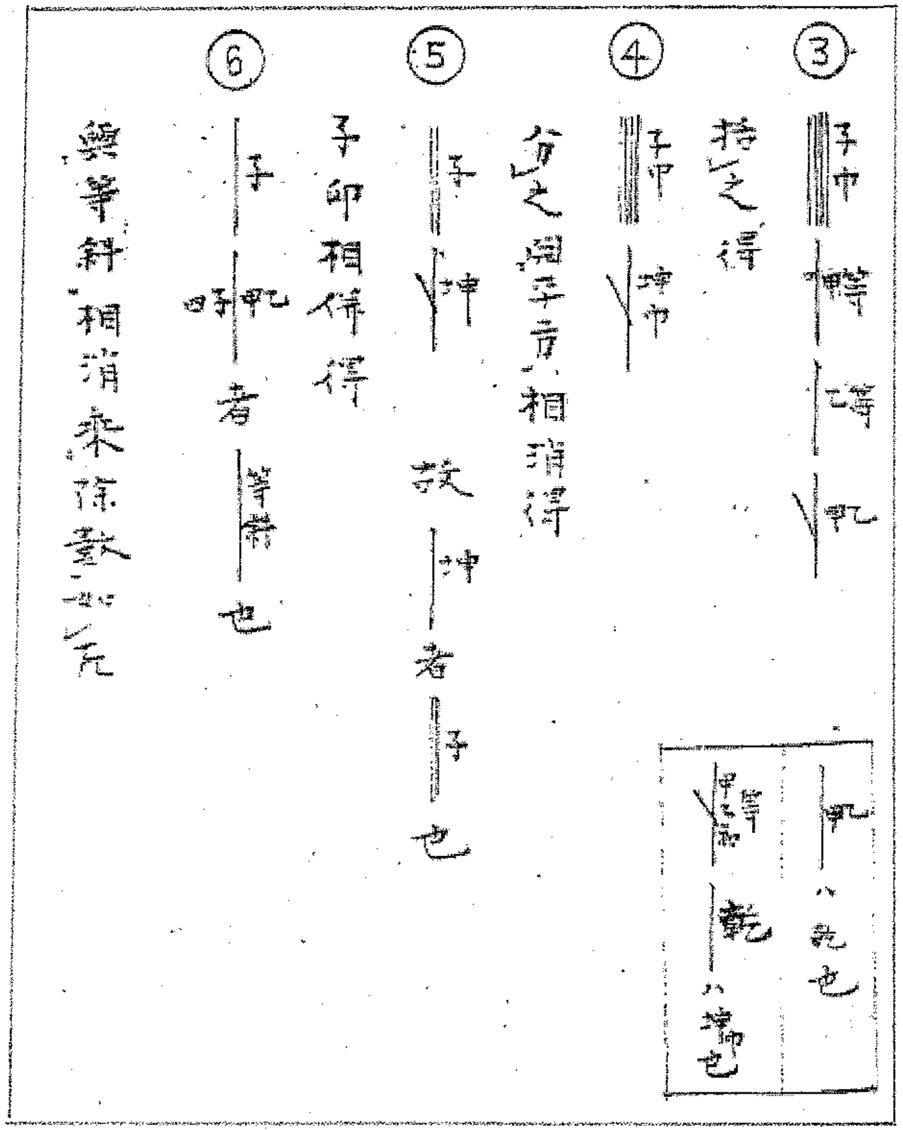
これを分け平方に開き相消す（$\sqrt{4子^2}=2子$，$\sqrt{坤^2}=坤$）

⑤　$2子-坤=0$　　ゆえに　$坤=2子$

子と卯を相伴せる

⑥　$子+\dfrac{甲\cdot乙}{4子}=等斜$

等斜と相消し，除数を乗じる



〈解説〉

③式は，$4子^2=甲\cdot乙-(甲+乙)等$

$2子=\sqrt{甲\cdot乙-(甲+乙)等}$ ・・・※

で子が決まり

⑥式で，$等斜=子+\dfrac{甲\cdot乙}{4子}$

で求まる。

しかし，和算では※のような無理式を避け，上手に置き換えを行う。

⑦ $4子^2+甲\cdot乙-4子\cdot等斜=0$

これを変えて（乾，坤に）

⑧ $坤^2+乾-2坤\cdot等斜=0$

坤で除し，$坤+\dfrac{乾}{坤}-2等斜=0$

これを2で割る

⑨ $\dfrac{坤}{2}+\dfrac{乾}{2坤}-等斜=0$

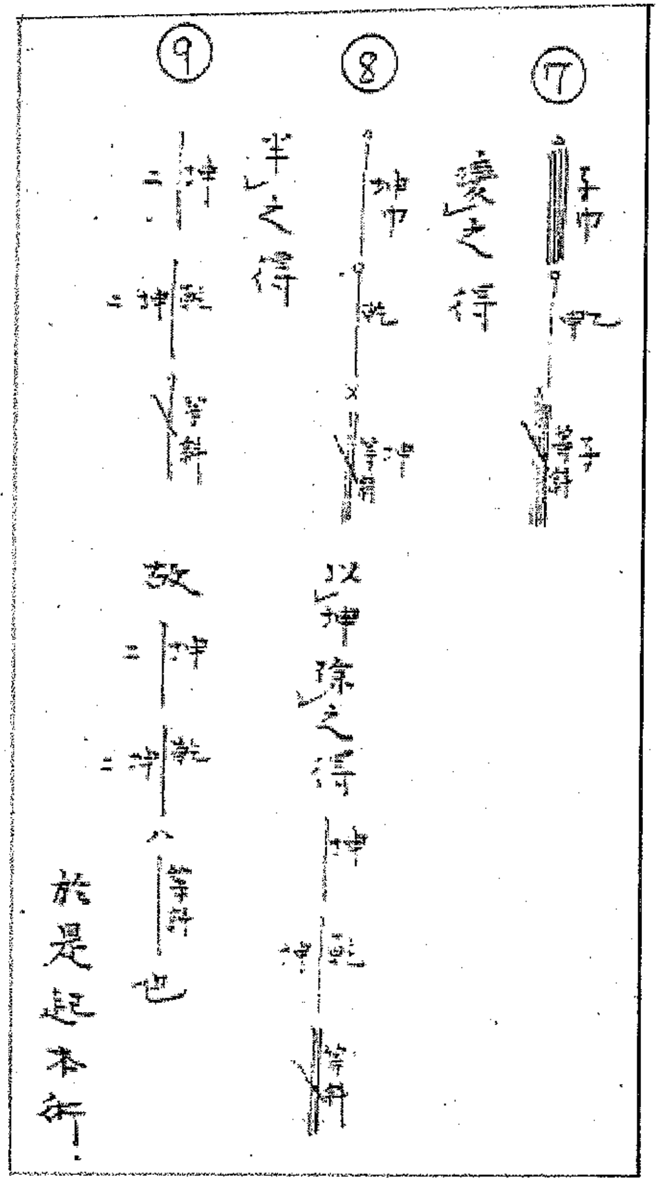
ゆえに　$\dfrac{1}{2}\left(坤+\dfrac{乾}{坤}\right)=等斜$

〈解説〉

$○等斜=\dfrac{1}{2}\left(\sqrt{甲乙-(甲+乙)等}+\dfrac{甲\cdot乙}{\sqrt{甲\cdot乙-(甲+乙)等}}\right)$

前述したように，

和算では上記のような無理式はできるだけ避け，上記のような置き換えを行い，美しい式で答えるのが普通である。



問題文［１－３］

今，図のように，円弧内に菱形と小円を容れる。外円の直径を20寸，菱形の一辺を12寸としたとき，小円の直径を求めよ。

答曰　小円の直径　6寸3分

術曰　「以外円･･･名極」･･･$\dfrac{菱}{外}=極$

「自之以･･･四箇」･･･$\left(4-\dfrac{2}{1-極^2}\right)$

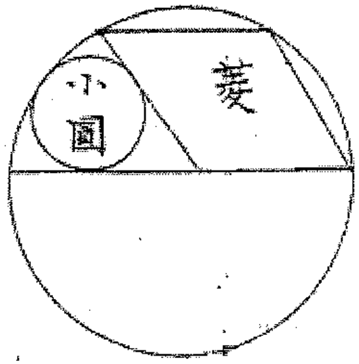
「餘乗極･･･合問」･･･$\left(4-\dfrac{2}{1-極^2}\right)\times 極\times 菱=小$

すなわち

$$小円直径=\left(4-\frac{2}{1-極^2}\right)\times 極\times 菱面$$

〈解説〉

○菱面；菱形の一辺及びその長さ



今有如圖弧內容菱與小圓外圓徑二十寸菱面一十二寸問小圓徑幾何

答曰小圓徑六寸三分

術曰以外圓徑除菱面名極自之以減一箇以除二箇以減四箇餘乘極及菱面得小圓徑合問

『續神壁算法』(Ⅲ)

解義

① $\frac{2\text{面}^2}{\text{外}}=\text{菱横}$　$\left[\frac{\text{横}}{2}:\text{面}=\frac{\text{面}}{2}:\frac{\text{外}}{2}\right]$

これを2倍し，外円径より減じ餘を得る

② $\text{外}-\frac{4\text{面}^2}{\text{外}}=2\text{子}$

外－小＝2寅

これを自乗し，4子^{2}を減じる

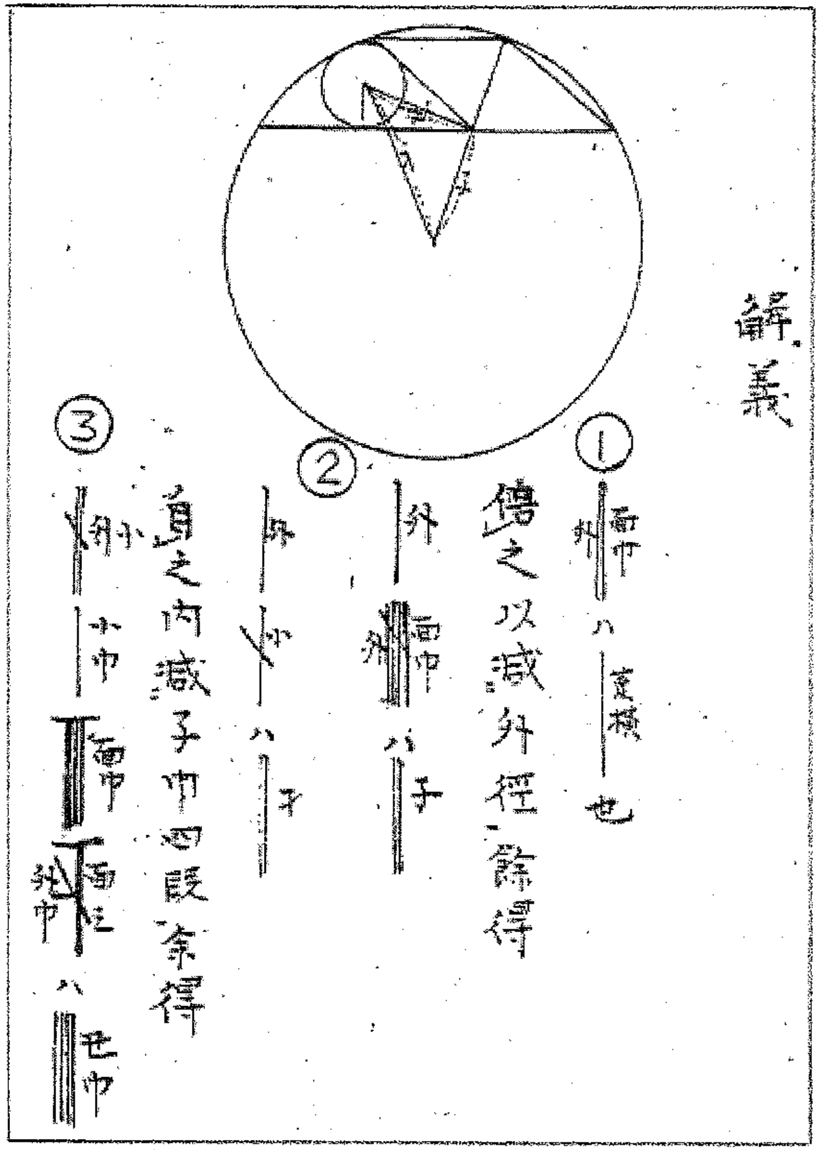
($4\text{寅}^2-4\text{子}^2=4\text{丑}^2$)

③ $-2\text{外}\cdot\text{小}+\text{小}^2+8\text{面}^2-16\frac{\text{面}^4}{\text{外}^2}=4\text{丑}^2$

〈解説〉

○菱横：菱形の対角線の短い方，菱長は長い方
(平)

○計算式では菱面を面で表す。



菱横巾をもってこれに乗じる

④ $-\frac{8\text{小}\cdot\text{面}^4}{\text{外}}+\frac{4\text{小}^2\cdot\text{面}^4}{\text{外}^2}+\frac{32\text{面}^6}{\text{外}^2}-\frac{64\text{面}^8}{\text{外}^4}=4\text{丑}^2\cdot\text{菱横}^2=4\text{小}^2\cdot\text{面}^2$

$\left(\text{丑}=\frac{\text{小}\cdot\text{面}}{\text{横}}\right)$

面巾の4倍をもってこれを除す。 ($\div 4\text{面}^2$)

⑤ $-\frac{2\text{小}\cdot\text{面}^2}{\text{外}}+\frac{\text{小}^2\cdot\text{面}^2}{\text{外}^2}+\frac{8\text{面}^4}{\text{外}^2}-\frac{16\text{面}^6}{\text{外}^4}==\text{小}^2$

小径巾と相消し除数を乗じる

⑥ $-2\text{小}\cdot\text{面}^2\cdot\text{外}^3+\text{小}^2\cdot\text{面}^2\cdot\text{外}^2+8\text{面}^4\cdot\text{外}^2-16\text{面}^6-\text{小}^2\cdot\text{外}^4=0$

これにより小径を得る式を求める。

〈解説〉

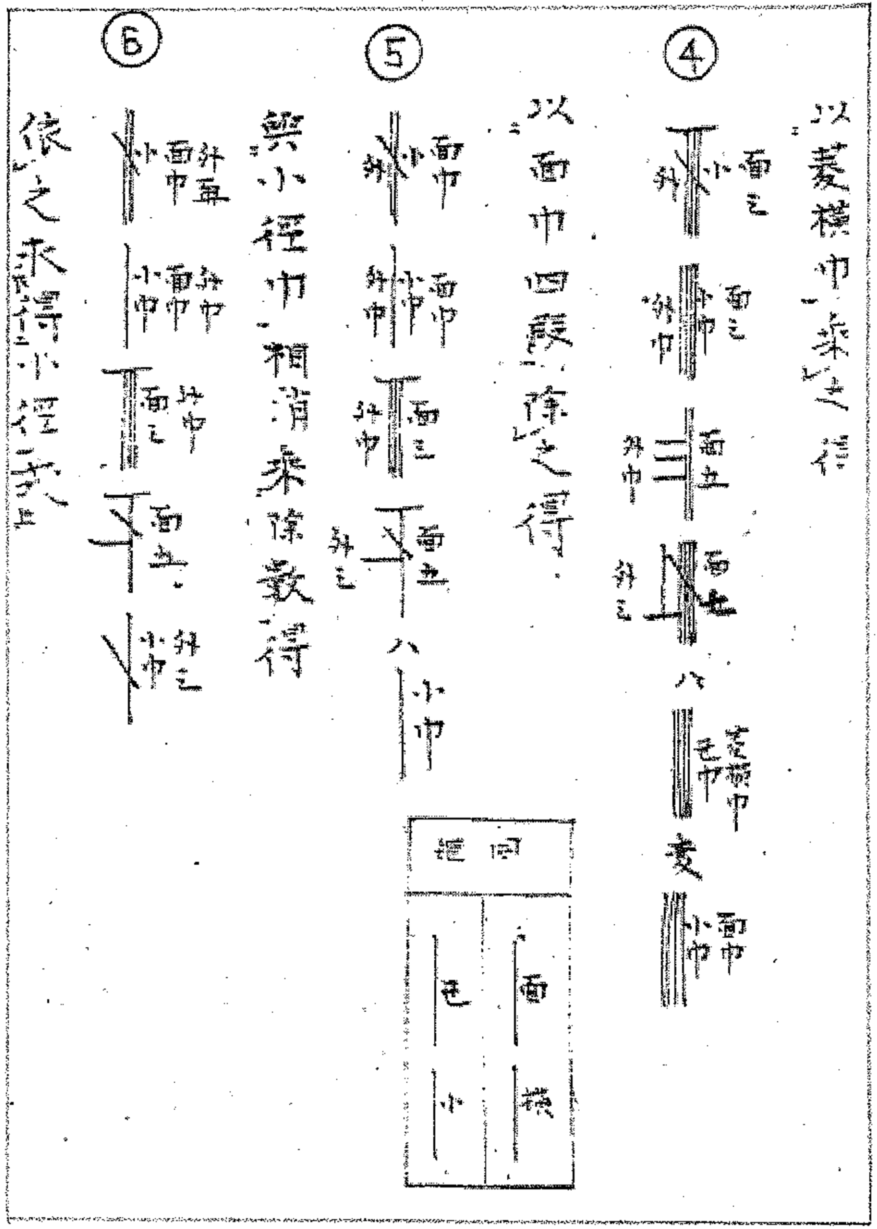
○同矩(どうく)：相似，比例式（矩；比）

(規)

$$\left[\begin{array}{c}\text{面}:\frac{\text{横}}{2}=\text{丑}:\frac{\text{小}}{2}\\ \text{丑}=\frac{\text{小}\cdot\text{面}}{\text{横}}\end{array}\right]$$

○冪；自乗を示し，普通略して巾とかく。

面巾	面再	面三	面四	面五	・・・(掛け合わせる回数)
面^2	面^3	面^4	面^5	面^6	・・・(掛け合わせる個数)



⑦ $(-16面^6+8面^4\cdot外^2)-2面^2\cdot外^3\cdot小+(-外^4+面^2\cdot外^2)小^2=0$

$[\ (4面^2+外\cdot小)\{(-4面^4+2面^2\cdot外^2)+(-外^3+外\cdot面^2)小\}=0\ ]$

この式の過乗（$4面^2+外\cdot小$）を省く

⑧ $(-4面^4+2面^2\cdot外^2)+(-外^3+面^2\cdot外)小=0$

実より面巾を省き，方より外径を省く

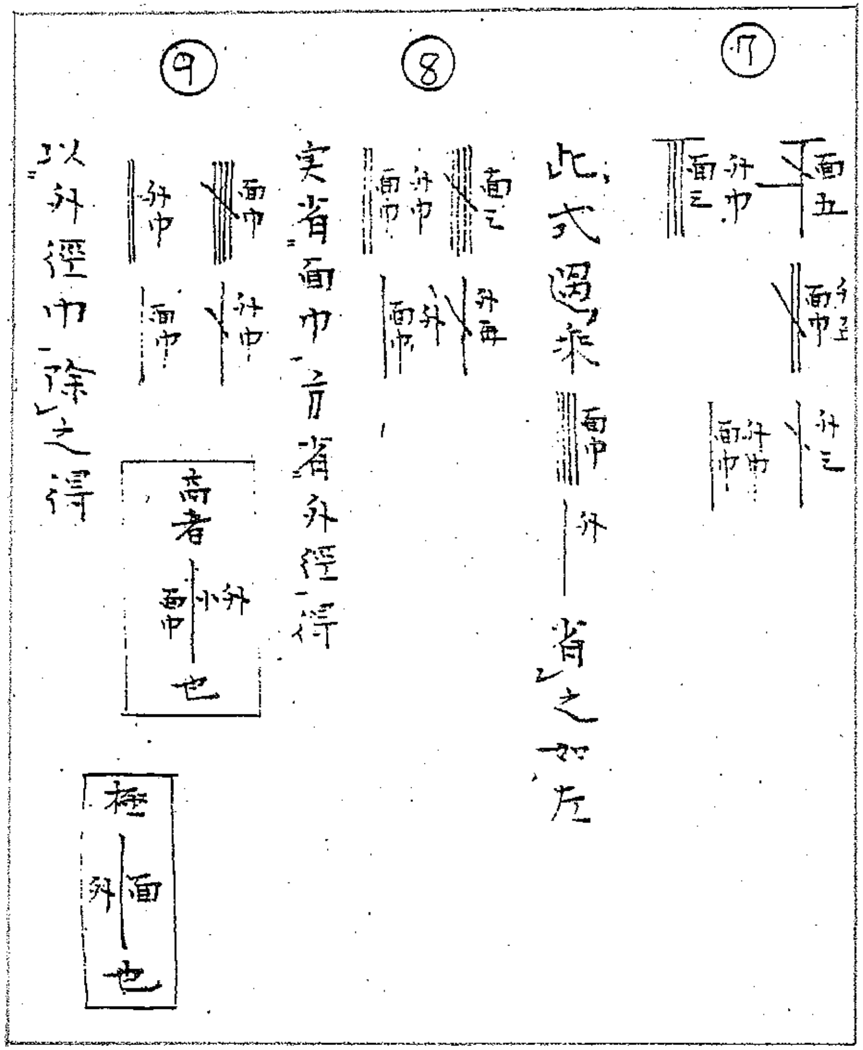
$$\left[\ (-4面^2+2外^2)+(-外^2+面^2)\frac{外\cdot小}{面^2}=0\ \right]$$

$商=\dfrac{外\cdot小}{面^2}$	$極=\dfrac{面}{外}$

とおくと

⑨ $(-4面^2+2外^2)+(-外^2+面^2)商=0$

両辺を外径巾で除す



〈解説〉

○開方式；方程式・・・未知数は略し，係数のみ
下記の順に表記する

未知数の次数（係数）

商，	実，	方(法)，	廉，	隅(馬)，	三乗，	四乗
(解)	(常数)	x	x^2	x^3	x^4	x^5

○⑧式より小円径は求められている

$$小円径=\frac{-4面^4+2面^2外^2}{外^3-面^2外}=\frac{-4面^2+2外^2}{外^2-面^2}\times\frac{面^2}{外}$$

$$=\frac{-4極^2+2}{1-極^2}極\cdot面=\left(4-\frac{2}{1-極^2}\right)極\cdot面$$

⑩ $\left(-\dfrac{4\text{面}^2}{\text{外}^2}+2\right)+\left(-1+\dfrac{\text{面}^2}{\text{外}^2}\right)\text{商}=0$

これを変え

$(-4\text{極}^2+2)+(-1+\text{極}^2)\text{商}=0$

正の数4を立て，これをにらむと

$$\left[\begin{array}{l}-2+4-4\text{極}^2-(1-\text{極}^2)\text{商}=0\\ -2+(1-\text{極}^2)(4-\text{商})=0\end{array}\right]$$

⑪ $-2+(1-\text{極}^2)\text{商}=0$ $\boxed{\text{商}=-\dfrac{\text{外}\cdot\text{小}}{\text{面}^2}+4=\dfrac{\text{小}}{\text{極}\cdot\text{面}}+4}$

(注)下記の解説参照

方をもって実を除す $\left[\ \text{商}=\dfrac{2}{1-\text{極}^2}\ \right]$

⑫ $\text{商}=-\dfrac{\text{小}}{\text{極}\cdot\text{面}}+4$，相消し，$-\dfrac{\text{小}}{\text{極}\cdot\text{面}}+4-\text{商}=0$

除数を乗じる

⑬ $-\text{小}+4\text{極}\cdot\text{面}-\text{商}\cdot\text{極}\cdot\text{面}=0$

ゆえに ［ $-4\text{極}\cdot\text{面}+\text{商}\cdot\text{極}\cdot\text{面}=\text{小円径}$ は間違い ］

$4\text{極面}-\text{商}\cdot\text{極}\cdot\text{面}=\text{小円径}$

〈解説〉

○⑩式を $-2+(1-\text{極}^2)(4-\text{商})=0$ と変形し

⑪式は $-2+(1-\text{極}^2)\text{商}=0$ としている。

ここでは，4－商 を同じ商に置き換えている。

実際は，**商**$=4-\text{商}$，**商**$=\dfrac{2}{1-\text{極}^2}$

⑫式は，**商**$=-\dfrac{\text{小}}{\text{極}\cdot\text{面}}+4$ である。