ISSN 0386-9555

数学史研究

(通 巻 142 号)

1994 年 7 月～ 9 月

目　　　次

日 本 数 学 史 学 会

論　説

熊本藩学における数学教育の展開

佐　藤　　環

I　はじめに

数学は中国において六芸の一つに含まれていたにもかかわらず熊沢蕃山や貝原益軒らがその必要性を強調した以外，武士階級においては商人や日常生活のための技術として軽く見られていた[(1)]．その理由は農工商の階級を支配すべき武士は扶持に生きて他の仕事に手を出す性質のものではなく算盤，ひいては数学そのものを卑しむ風潮が一般的であったためである．しかし，和算家には種々の階級があるけれども士族が最も多い．江戸時代の武士は軍人であるとともに行政官でもあり，領民を統治するためには数的能力も特に勘定方などの武士には職務上要請されていたからである[(2)]．

江戸時代における数学教育は必ずしも藩学のみで行われていた訳ではない．むしろ，数学者に入門の上個人的に，あるいは師範の道場で教授を受けるなど藩学以外で私的に教授されているのが実態であろう．それが享保に端を発する実学的傾向から藩学に数学の科目を設置する藩が多く出てくるようになった．実際にはどの程度数学教育が整備されたのか詳らかではないが幕末には約四割の藩学で数学が学科として設置されている[(3)]．一口に数学と言っても当時の日本では和算と洋算の系統が存在し，和算は元禄の頃より関孝和や建部賢弘，安島直円らの巨匠により急速な発展を遂げ，洋算は鎖国以降オランダを通して，あるいは漢訳西欧学術書の輸入によって受容されていった．士族に期待される数学，特に藩学における数学教育はまず和算に実用的価値を認め藩学に導入されたとされる．しかしペリー来航前後の幕末動乱期を迎え西洋軍事学の導入という逼迫した要請はその基礎としての洋算受容を促進したと考えられるが，その実態に関する先行研究[(4)]は乏しく不明な点が多い．本稿は熊本藩で数学教育活動を展開した師範たちに焦点をあて藩学の時習館及び榭における数学教育の実態を考察する．

なお，本稿では特に説明を加えていない場合「算術」と表記したものは和算のことを，「洋算」と表記したものは西洋数学を示す．

Ⅱ　藩学時習館における算術科の創設

熊本藩主細川重賢は宝暦二年に学校創建を進めるため学寮建設の係に堀平太左衛門と秋山玉山を命じ，宝暦四（1754）年十二月学寮が城中二之丸に竣工した．学寮文学所を時習館，武芸所を東榭・西榭と命名し宝暦五（1755）年正月十三日に藩主臨席のもとに開館式が行われ時習館教授に任ぜられた秋山玉山が開講の講義を行った．時習館の設置科目のうち算術科（測量，天文を含む）は平日には師範の自宅で修行し日を定めて時習館で教授がなされるものとして音楽，古実とともに挙がっている[5]．

①　算術科設置の目的

時習館算術科設置の目的は「時習館学規科条大意」の「数学師」という項によると「陰陽変化天文推歩易道之妙律暦ノ微オヨヒ田疇陣営分数ノ細ニ至ルマテ皆至道ノ寓スル所ナリ．民用ノ最切ナルモノ算ニ過タルハ無シ．故ニ算学ノ師ヲ置ク．它日マタ伶工ヲ処テ律暦併存シ音声ノ道ト政トヲ通シ風ヲ移シ俗ヲ易ン事ヲ欲ス．姑ク俟事アリ[6]．」と定めている．ここでは算術能力の日常生活における必要性を強調して藩学に算術科を設置することが謳われているが，時習館創設時の藩主細川重賢は「算用らしき事を見聞致させては，おのづと生立者共の心に，卑劣なる事共の移りては，行向吾損になるべき事は，いか斗の事と思へる[7]」との見解を示しており，また算術師と伶工（音楽師）とを併置していることから算術は六芸の一つで士大夫の教養であるために設置がなされ，少なくとも算術科は文武を中心とした藩学の本体ではなかったと考えられる．

②　算術習学生について

算術習得のために藩士は「毎月三度宛四ツ時より夕八ツ時迄」時習館にて教授を受けるが，普段は師範の自宅で修行することとなっていた[8]．宝暦四年の達において算術教育は「若輩成人共其才ニ随ヒ[9]」習わせることとし，藩士の能力に応じた等級制を採用している．また師範一人に「代見」（助教）三人がつき，その師範一人に門人が大体百人が就学することになっている．なお，徒士，足軽，陪従が出席する場合には前以て願出を要した[10]．

③　算術科の教授内容

算術教授内容について「時習館学規科条大意」では，「初目録」，「天元術」，「免許」の段階があり，算術を学ぶ者は「其人之出精且芸術之位ニ応シ相伝仕候事[11]」とされている．「高覧之項」より類推すれば「初目録」の段階は算盤を使用して八算見一から平法までの習得，「天元術」の段階は算木を使用した技能，「免許」の段階は点竄術の習得であると思われる．習得状況は，例えば甲斐隆春の門下生数百人の内算術の蘊奥に達した者は数人であったように実用段階の技能程度で終わりそれ以上の算術技能習得はあまりなされていないようである．

④　算術能力の認定

算術能力に関する認定法は「相伝」と定められ師範が藩士たちの算術能力認定を行った訳であるが，公の場で藩主や家老もその能力を見ることが定められている[12]．

1．高覧之項（藩主臨視候節之事）

御次之間ニ於て八算見一より平法迄は十露盤に而答を設，天元術者算木を以答を設，演段已上より点竄ニ而答を設，即席ニ差上候事

2．家老

御家老衆（総数）芸術試業之節茂前段同様ニ御聞尤家老衆目前ニ而師範より算題受取即答之事

算術を修学している藩士は算術を師範の自宅で修行し定日に時習館で教授されることとなっていたが，習得した技能を藩主や家老が臨席した公の場で試されるということは算術学習の励みにもなったであろうし，算術師範においても教授能力を評価される機会となったと考えられる．

Ⅲ　算術科教育体制の整備 ―算術師範を中心として―

熊本藩での算術，天文学，測量の師範家は『日本教育史資料』では四人から七人が受け持っていたとされるが[13]，甲斐家，徳野家，牛島家，池部家が主としてその任にあたる体制を取るようになっていった[14]．

①　甲斐家

熊本藩の算術師範宗家として算術教育の軸となったのが甲斐家であり初代福一から隆義まで時習館算術師範を勤め連綿と算術教育の任にあたっている．

1．甲斐安右衛門福一

宝暦二年九月に熊本藩で初めて算術師範となったのが甲斐福一である．元禄四（1691）年に熊本城下益城郡隈庄ノ郷で生まれた甲斐福一は俗名栖林安右衛門と言い，長崎で西川如見に学び[15]その後大坂で算術，天文学，暦法の研究をした後に帰国し親交のあった同志の薦めで宝暦二（1752）年九月三日に熊本藩算学指南役として三人扶持十石で登用され府中の宅地を賜った．宝暦四年九月上旬に君命により甲斐安右衛門福一と改名し明和四（1767）年六月二十五日に七十六歳で没した．

2．甲斐政右衛門隆豊

甲斐隆豊は字を安兵衛と言い父業を継いで宝暦九（1759）年四月に時習館算術師範となった．寛政二（1790）年十一月十六日に五十八歳で病没した．

3．甲斐隆春

隆豊の子として安永二（1773）年に生まれた甲斐隆春は字を優と称し寛政三（1791）年二月に時習館算術師範となった．彼は筑前国で原田氏により暦法を授けられ，また長崎で末次氏により「寛政暦簡便之法」を得，授時暦に詳しく暦の作成においては誤差がはなはだ少なかったとされる．彼の藩内の位置は中小姓（下士）であったが天保三（1832）年には禄百石を賜り中士となった．また，門下生は数百人にものぼったが算術の蘊奥に達した者は数人であったとされる．天保三年閏十一月二十五日に五十九歳で没し万日山に葬られた．

4．甲斐一衛隆義

秋吉薫蔵の次男として文化十二（1815）年十二月八日に生まれ養子として甲斐隆春を継いだのが慎軒と号した甲斐一衛隆義である．幼少のころより非凡であったと評されていた彼は牛島盛庸から算術の手ほどきを受けその才能を認められ天保二（1831）年に甲斐隆春の養子となり天保四（1833）年に算学測量天文暦道師範となった[16]．安政三（1856）年に彼は京都に上り土御門公に謁し「登弟之籍」に入ることを許された．江戸においては藩主細川慶順がしばしば隆義に算術等のことを下問し，隆義も自らが発明した天文儀の「精簡新儀」を献上したため慶順は大いに喜んだとされる．また幕府天文台の渋川，山路両氏と天文のことについて論じた際，「精簡新儀」を示したため彼らから称賛を得，このため幕臣たちが相次いで隆義のもとに訪れた．隆義は安政四（1857）年に帰国し安政六（1859）年九月に物頭（上士）に昇進し，加えて慶応三（1867）年には五十石（都合禄百五十石）が加増されている．そして廃藩が断行されたため明治四（1871）年に隆義は算術師範の職務を徳野大衛とともに免ぜられている[17]．彼が致仕するまでに算術を教授した門弟は一万人を越し，明治三十一（1898）年九月四日に八十四歳で病没した．

熊本藩では甲斐家を軸として算術教育体制が整備されていき，徳野，牛島，池部といった算術師範家が興った．甲斐家に続くそれぞれの師範家を以下にあげる．

② 池部家

享保十七（1732）年に生まれた池部春近は，汝玉と号し甲斐福一の門に属し算術を修め，また壮にして天文暦学に志し約六年間安倍家の門に入ってその蘊奥を伝授された[18]．彼は宝暦五年頃に算術師範役，明和七（1770）年五月十二日に習書役と天文暦学師を兼ね[19]，自学自習した踏水術（水泳）を合わせ天文，暦学，算術，踏水術の四芸の師範となったのである．安永七（1778）年五月十八日に四十八歳で春近が病没した後，水泳の門弟は山東作十郎が引き継ぎ，また養子の春幸が天文暦学算術師範を継承するまで簗瀬太郎が算術の門弟の教育を引き継いでいる[20]．

③ 徳野家

藩の命を受け筑後国の入江修敬に算術，測量の術を習得した後の明和五（1768）年に副算術師，そして明和七年に算術師範となったのが徳野宮八（常則）である．彼は天明二（1782）年に中小姓（下士），享和三（1803）年には中士となり禄百石を賜ることとなった．文化十（1813）年七月三日に没するまでの門弟は八百数十人を数えた．

その子徳野多助（常倫）が常則の業を継ぎ文化十四（1817）年に算術師範となり，天保七（1836）年には上士に列せられ天保十四（143）年に没するまで彼に学んだ門弟は五百八十人余りであった．常倫の子久兵衛が跡目を継いだが早世し，久兵衛の子常信が明治四年に算術師範を継ぐまで常倫の高弟である平野清右衛門，簗瀬騏兵衛，長嶺（永嶺）庄次，安藤孫平太が算術師範となっている[21]．

④ 牛島家

算術家であった父宇三太盛貞の次男として宝暦五年に生まれた牛島盛庸は甲斐隆豊の門に入りその高弟となり安永八（1779）年に算術師範となった．爾後算術師範役は甲斐，池部，徳野，牛島の四家が代々勤める体制になった[22]．この後盛庸は藩内で昇進していき文政元（1818）年に禄百石を賜り，文政五（1822）年には物頭（上士）に列せられた．盛庸は『算学小筌』などの算術書の著述や他国にもその名声が知れ渡ったことなどにより藩から足高五十石を賜り天保十一（1840）年に八十五歳出没した．彼の後牛島算術師範家は第二代牛島五左衛門頼長，第三代牛島五一郎頼忠と続いた．

Ⅳ 西洋軍事技能の受容と洋算

熊本藩の数学教育において和算の系統とは別に洋算教育が行われていた．それは軍事部門の西洋砲術や航海術などの基礎教養として必要があったからである．

西洋砲術の開祖として自他共に認める存在で，『天保上書』・『嘉永上書』において，その先見性をいかんなく発揮した長崎町年寄高島秋帆に，「西洋砲弾道之一条におゐては…日本に比類之無[23]」と最大級に評価された池部啓太は熊本藩の軍事科学の発達に多大の貢献をしている．

汝泉と号した池部啓太は寛政十（1798）年に熊本城下山崎に生まれ，十五歳のときに九州測量使伊能忠敬が肥後に来たとき彼に測量術を学び，また伊能に従って長崎に行った際には司天台兼改暦御用掛の間五郎兵衛（重富）に入門した．その後文政二（1819）年に志筑忠雄に学んだ長崎の末次忠助に入門し以後十三回にわたって末次から蘭法の暦術，砲術の教えを受けている．啓太が末次忠助に入門したのは父長十郎が十数年前に測量術の勉強のため長崎に行き末次忠助に出会い西洋砲術が優れていることを知り「炮術稽古仕度」かっ

たという「父存念を譲受」けての入門であった[24]．そして啓太は末次忠助から机上の学問としてだけではなく砲術を実地に学べるということで高島四郎兵衛への入門を勧められ，文政十一（1828）年に入門し，また四郎兵衛が病死して後四郎太夫（秋帆）が高島家を継いでからも高島秋帆の高弟として高島流砲術を支えていくこととなる．

啓太は父池部長十郎春幸が天保十（1839）年に死去したため同年八月六日に時習館天文暦学測量算術師範を継承し，その翌年には長年の西洋砲術修行研鑽が実を結び「炮術師範加役被申付[25]」れ五科師範兼勤となった．熊本藩では学寮時習館で算術が，武芸所である榭で砲術が教授されることとなっていた．よって高島流砲術に付随する洋算は榭で教授されていたと考えられ，熊本藩の数学教育においては文に属する和算と武に属する洋算の並立状態となっていたものと思われる．

しかし，天保十三（1842）年には日本の砲術諸家を「遅鈍の術」と指弾し西洋砲術普及を訴えた『天保上書』を長崎奉行田口喜行に提出した高島秋帆が突然逮捕され江戸送りとなった所謂高島秋帆事件が起こり，啓太も連座の疑義により同様に江戸送りとなり熊本藩での高島流砲術稽古は中止となった．だが，この後高島秋帆事件は弘化三（1846）年に秋帆は「中追放」，啓太は「百日押込」という微罪の判決が下って決着し，また弘化（1844）元年二月「蘭法砲術ハ何カト池辺啓太罪状ニ拘リ候儀ニ之無，不相変御国ニも不致退転様被御付度儀ニ候」という幕府からの内意があり，啓太への判決が下る前の同年四月に高島流砲術稽古が再開されている[26]．

啓太の弾道学理論は志筑忠雄の『火器発法伝』にその源を発し，志筑の放物線運動に関する知識が末次忠助に伝えられ，その門弟啓太に引き継がれた．ただ志筑や末次の段階の弾道理論は空気抵抗を無視したものであり啓太はその欠陥を補う弾道理論をホウィツル砲やモルチール砲の試射を重ねることにより天保十三年四月に案出したようである[27]．また蘭学に堪能な末次忠助に学んだことで蘭書を翻訳する力量をもっていた啓太は弾道学を中心として『砲術矢位算法』や『砲玉行道図説』など十数編の書物を著し，例えば「(大鳥圭介が西洋砲術書を翻訳するときに）算数不知之人ニ付弾道之ケ所ニ至解兼候儀多御座候[28]」と砲術の基礎教養としての洋算能力の重要性を認識していた．

高島秋帆事件の後に帰熊した啓太は西洋砲術の研究を再開し，安政二（1855）年には江戸において家督を継いでいた実子池部弥一郎が病没したため再び家督に復し，同年に行われた長崎海軍伝習に小左井才八，奥山静淑，荘林吉太郎（曾太郎か?），荘林（荘村か?）助右衛門，大田黒亥和太らとともに参加している[29]．この伝習においては蘭人主計士官デ＝ヨンゲが数学（洋算）科を担当し加減乗除，比例，分数，開平，開立，級数，対数などの一般数学をアラビア数字を使用し筆算にて教授していた．佐賀藩の航海術専攻伝習生中牟田倉之助は，和算の素養がある伝習生が蘭教師の出題する問題を通詞が説明すると直ちに

それを会得し容易に解決するのが常であったことを回想しており[30]，啓太もほぼ同様の理解力を示したと考えられる．

熊本での啓太は塾を開いており，当時在留中の阿部有清（雄助）が師の徳島藩暦学者小出長十郎（修喜）に送った安政三（1856）年夏の書状によると「算術門人五六百人，炮術門人七八百人[31]」がいたとされ，啓太のもとへは「諸国之詰弟子」も来ている状況から他藩にもその名を知られた盛大なる塾であった[32]．なお，ここでの「算術」は「砲術」とともに教授され，また長崎海軍伝習以降のことを述べている状況から類推すると洋算であったと思われる．

この後の啓太の活動は安政四年に藩府から門人の荘村助右衛門，大田黒亥和太とともに「江戸詰中西洋砲術指南役並に世話役」を命ぜられ，砲術の江川塾（太郎左衛門はすでに没し嗣子英敏の代）に亥和太とともに入門し，その学頭になっている[33]．元治元（1864）年には熊本藩が最初に購入した蒸気船万里丸の「船将之場（船長）」として試乗を命ぜられ，また後進の学問修行の斡旋を学校方に進言するなどし，慶応三年には物頭に列せられ明治元（1868）年に七十一歳で没した．

ペリー来航以来の逼迫した社会情勢と池部啓太という西洋軍事技芸の大家を擁していた熊本藩では算術師範家から洋学に接近して軍事方面で活躍していく者が現れた．

牛島算術師範家では牛島盛庸が没した天保十一年に牛島五左衛門頼長が算術師範となったが安政二年に没し，その子牛島五一郎頼忠が同年八月十一日に算術師範役を継承した．頼忠は「今将博取欧米之長，窮其精」と発起し門人数名とともに数年間，池部啓太に師事し特に航海術を習得し元治元年に熊本藩が蒸気船万里丸を購入した際，船長池部啓太の補助を大田黒権作とともに命ぜられている．そして明治元年に熊本藩での藩政改革の折り奉行副役となり，また明治三（1870）年には熊本藩が所有していた竜驤艦を明治政府に引き渡すときにその艦長を勤めている．

次に徳野算術師範家であるが，弘化二（1845）年に徳野常倫の子として生まれた徳野常信は久彦，多助，大衛と称し前述のように父常倫の早世で安藤孫平太が算術師範となっておりその上幼少でもあったため安政三年時習館使令となった．慶応（1866）二年にようやく藩命により長崎に派遣され，また明治二（1869）年十二月には熊本藩算術師範甲斐家の門人を引き連れ長崎の外国人（姓名不詳）に就いて天文学，暦学，数学，測量学などの諸学を学び翌年には竜驤艦の三等士官を命ぜられた．明治四年九月に常信は藩学時習館算術師範となったが翌月に廃藩のため同じ算術師範の甲斐一衛とともに解職となっている．その後常信は明治六（1873）年に会補堂算学教師，明治七（1874）年に熊本師範学校教師に転じ，明治十三（1880）年には医学校監事兼数学教授となり明治十七（1884）年に享年四十で没した．

池部啓太から発した熊本藩の洋学受容は砲術や航海術において開花した．藩の算術師範であった者たちが洋算を基底としたそれら軍事科学にいち早く接近していけたのも，ペリー来航以降の逼迫した社会情勢に対処せねばならなかった藩府の要請とともに啓太の指導宜しきを得，また和算に培われた数的能力が作用したと考えられる．

V 結 語

藩学の科目に数学が導入されるのは算術に実学的意義を見いだしたことから始まるとされ，その例として熊本藩学時習館の「算術師」の項がしばしば指摘されている．時習館の創設は，享保の大飢饉の打撃に対して藩主細川重賢が行った藩政改革（宝暦改革）の一環として捉えられ藩士の資質向上が期待された．六芸の一つである算術家設置の目的は日常生活における算術の必要性を強調してはいるものの文武中心の藩学にあっては少なくともその本体であるとは言い難かった．しかし算術，測量術といった実務技能もまた藩士資質の一つでありその能力向上も藩にとっては重要なことであったと考えられる．

算術家の教授内容は初級程度の算盤から高度な点竄術までに及ぶが，藩士の実務には算盤や測量ができれば支障をきたさなかったため実態として高度な算術分野である点竄術に習熟できたのは数百人中数人（甲斐隆豊時代）程度であった．しかし，算術能力の向上を藩主や家老の臨席する場で試業されるのは藩士にとって名誉なことであり，また算術が主として下士の技能であると低く見なされていたため多くの藩ではいかに算術能力が高くとも算術師範の藩内での地位は決して高いものではなく昇進したという例もあまり見受けないが熊本藩算術師範は算術能力以外の要素があったにせよ下士から上士に昇進しており封建体制下において注目に価する．

江戸時代の武士は元和元（1615）年制定の武家諸法度第一条に「文武弓馬の道，もっぱらあい嗜むべきこと」と定められていることからも分かるように軍人であり行政官でもあった．行政官として領内を支配するための検地や租税徴収などには従来からの和算技能で事足りる訳であるが，軍人として西洋砲術や航海術などの部門では基礎教養として洋算の必要性があった．和算は日々教授するというよりも教授の結果を試験するものであり，洋算は学校での教授を常態とするため数学教授上において齟齬が生じる．武士が必要とした二つの相異なる数学体系を熊本藩では和算技能は従来からの学寮文学所の時習館で算術師範宗家の甲斐家を中心として，洋算技能は当代随一の西洋砲術家池部啓太の指導力により武芸所の榭で砲術教授とともに行い教授上の不都合を解消していたと考えられる．

〔註〕

（1）笠井助治『近世藩校の綜合的研究』吉川弘文館，昭和35年，252ページ．

（2）三上義夫『文化史上より見たる日本の数学』恒星社厚生閣，昭和35年，30～36ページ．

（3）川本亨二「洋算教育の成立過程」教育史学会紀要編集委員会編『日本の教育史学』第7集，昭和39年．また，数学教科内容はずっと和算が独占していたが1860年代に洋算が割り込んできたことが指摘されている（湯浅光朝『科学史』東洋経済新報社，昭和36年，36ページ）．

（4）藩学数学教育史に関する主な研究は，教育史の分野で石川謙が藩学教育内容研究の一部として取り上げ算術科設置目的規定の検討により「算術科が全く実用主義の立場から採用されていたことが分かる」（『日本庶民教育史』玉川大学出版部，昭和47年，120ページ）と結論づけている．それに続く研究においても基本的には石川の評価に沿ったものが多い．数学史の分野で三上義夫が具体的事例に触れることは少ないが「藩校に於ける算学教授は，主として勘定方の養成や砲術家などの必要が主」であり「数学普及の為には…中略…左まで大きな功績があったやうにも思はれない」（『日本数学教育史』岩波書店，昭和6年，38ページ）という評価を下し，小倉金之助も藩学数学教育については2ページ程の概説に止まっており（『数学教育史』岩波書店，昭和7年，255～266ページ），松原元一の研究もその実態には殆ど触れられてはいない（『日本数学教育史Ⅲ数学編（1）』風間書房，昭和60年）．

（5）文部省編『日本教育史資料三』臨川書店，昭和45年，201～202ページ．

（6）同上書，206ページ．

（7）熊本県教育会『熊本県教育史上巻』臨川書店，昭和50年，40～41ページ．

（8）熊本大学附属図書館永青文庫所蔵『熊本府学校文武誘掖次第　全』．

（9）前掲『日本教育史資料三』196ページ．

（10）文部省編『日本教育史資料六』臨川書店，昭和45年，502ページ．

（11）同上註．

（12）前掲註（8）．

（13）算術師範の員数は「算学師四人」（前掲『日本教育史資料六』502ページ），「数学師五人」（同493ページ），「算学師六人」（同491ページ），「算術師七人」（前掲『日本教育史資料三』213ページ）と記載されている．

（14）本稿で述べる人物の略歴は，特に註を付していない限り熊本県立図書館宇野文庫所蔵『肥後名家碑文集』に拠っている．

（15）林博士遺著刊行会編『林鶴一博士和算研究集録下巻』東京開成館，昭和12年，202ページ．

（16）同上書203ページでは「天保四年二月算術指南役ニ，安政五年五月天文暦道師範役ニ命ゼラル」となっているが，『肥後名家碑文集九』では「（天保）四年二月襲家，為算学測量天文暦道師範」とありここでは後者を採る．

(17) 細川家編纂所編『改訂肥後藩国事史料』巻十，昭和7年，888～889ページ.

(18) 武藤厳男ほか編『肥後先哲偉績正・続』歴史図書社，昭和46年，502ページ.

(19) 熊本大学附属図書館永青文庫所蔵『学校帳頭書』の記事に「池部弥八郎（春近）天文暦学師習書師兼席被仰付候事」とある.

(20) 同上史料の安永七年十月十六日の記事に「池部弥八郎天文暦学算術師役被仰付候処病死ニ付門弟之内簗瀬太郎之儀引廻ニ而何分稽古仕度願之事」，安永八年五月十五日の記事に「池部弥八郎去年病死ニ而游門弟山東作十郎引廻之事」とある.

(21) 前掲『林鶴一博士和算研究集録下巻』203ページ.

(22) 同上書204ページ．なお『稿本肥後文教史』第一書房，昭和56年，では「肥後藩にはお抱へ数学者の家が四つある．即ち徳野多助，井上喜平，池部弥八郎，牛島宇平太の四家である．徳野，井上の二家は一代にして学統を絶ったが池部，牛島の二家は其後長く続いた.」とされるが徳野家においては明治四年に徳野大衛が算術師範となっている.

(23) 前掲『改訂肥後藩国事史料』巻一，昭和7年，880ページ.

(24) 熊本大学附属図書館永青文庫所蔵「池部啓太御吟味一巻」.

(25) 同上史料及び瀬戸致誠「幕末肥後藩西洋砲術家池部啓太に関するいくつかの問題点について」熊本県高等学校社会科研究会『研究紀要』第19号，平成元年.

(26) 吉田忠「池部啓太の弾道学」東北大学日本文化研究施設『東北大学日本文化研究所研究報告第20集』，69ページ，昭和59年.

(27) 瀬戸致誠「幕末肥後藩における洋学受容」熊本近代史研究会『近代における熊本・日本・アジア』平成3年.

(28) 前掲『改訂肥後藩国事史料』巻二，昭和7年，32ページ.

(29) 勝海舟『海軍歴史』原書房，昭和42年，66ページ．大田黒亥和太が海軍伝習に参加しているのは前掲「幕末肥後藩における洋学受容」に拠る.

(30) 藤井哲博『長崎海軍伝習所』中央公論社，平成3年，67～68ページ.

(31) 小出植男『小出長十郎先生伝』付録，大正6年.

(32) 田中助一「萩明倫館の天文・暦・数師範松本家について」日本科学史学会『科学史研究』第3号，昭和17年.

(33) 前掲『改訂肥後藩国事史料』巻一，昭和7年，914～915，919ページ.

（平成6年3月15日受理）

論　説

四元術より見たる中国の宇宙生成論（上）

王　青翔　　毛　東明

元時代の中国において，伝統的哲学はそれまでより発達できなかった．哲学の場合に反して，中国の伝統的数学はその時代で歴史上の最盛期に達した．その時期の代表の一つが朱世傑によって創められた四元術である．ここに，思想史的に，四元術と中国古代の宇宙生成論の関連について検討してみたい.

Ⅰ　四元術の源流

四元術とは，四元連立方程式に対して，天，地，人，物を以て，それぞれ4つの未知数を表して，連立方程式を立てる方法である．詳しく言えば，計算板の真ん中に「太」という文字を記し，この太の下の方に天元，上の方に物元，左側に地元，右側に人元と書き（図1），「太」に接近する左側に定数を置き，諸元（未知数）の次数は「太」字を去る方向に従い，徐々に高くなる．異なる隣合う2つの元が相乗して得た係数はこの二元に相応する二行の交差したところに記し，異なる隣合わない二元の相乗積の係数は適当な合間に書く．もし，天，地，人，物を，それぞれX，Y，Z，Wにすると，（図2）のようになる.

	物　元	
地　元	太	人　元
	天　元	

図1

			（物　元）				
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
	…	y^2w^2	yw^2	w^2	w^2z	w^2z^2	…
（	…	y^2w	yw	w	wz	wz^2	…
地				yz			
	…	y^2	y	太	z	z^2	…
元			xw				
	…	xy^2	xy	x	xz	xz^2	…
）	…	x^2y^2	xy^2	x^2	x^2z	x^2z^2	…
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
				（天　元）			

図2

（図2の右側に「（人元）」と縦書きで記されている）

たとえば，$x+y+z+w$ は次のように表す．

	丨	
丨	太	丨
	丨	

$x^2+y^2+z^2+w^2+2xy+2xz+2xw+2yz+2yw+2zw$ は次のように表す．

		丨		
	‖	○	‖	
		‖		
丨	○	太	○	丨
	‖	○	‖	
		丨		

方程式の中に分数がある場合には，次のように表す（二元の場合）．

	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
…	$\frac{y^2}{x^2}$	$\frac{y}{x^2}$	$\frac{1}{x^2}$	$\frac{1}{x^2y}$	$\frac{1}{x^2y^2}$	…
…	$\frac{y^2}{x}$	$\frac{y}{x}$	$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{xy}$	$\frac{1}{xy^2}$	…
…	y^2	y	太	$\frac{1}{y}$	$\frac{1}{y^2}$	…
…	xy^2	xy	x	$\frac{x}{y}$	$\frac{x}{y^2}$	…
…	x^2y^2	x^2y	x^2	$\frac{x^2}{y}$	$\frac{x^2}{y^2}$	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

図3

注目すべきは，四元的数式における「太」が天元的数式の場合と同じくいつも定数を表し，四元的数式に定数がゼロの場合，「太」が定数のあるところに書かれている．

四元術は天元術を基礎として発達してきたのである．現在まで残存している資料によって，天元術以後，平陽（現在の山西省臨汾県）の李徳載は『両儀群英臻』を著したときに，天元と地元を使っており，霍山（現在の山西省臨汾県）の劉大鑑は『乾坤括嚢』で人元を使っている．朱世傑は彼らの成果の上で，物元を加えて，天元，地元，人元，物元を体系化して，『四元玉鑑』(1303年）で4元方程式に対する四元術を確立とした[1]．天元術と四元術について，現在，残存している資料は極めて少ない．その課題の研究に役に立つのは主に李冶の『益古演段』(1259年）と『測円海鏡』(1248年)，および朱世傑の『算学啓蒙』(1299年）と『四元玉鑑』である．

Ⅱ　中国古代哲学における宇宙生成に関する段階的思想

中国の伝統的哲学で，宇宙万物の生成的根源として考えられるのは太極，元気，一，および無と太虚などである．これらはいずれも直接に宇宙万物を生ずるのではなく，いくつかの段階を通して宇宙万物を生成していると思われる．この宇宙生成に関する段階的思想は大体三つの系統に分かれる，すなわち，『易経』における

易 — 太極 → 両儀 → 四象 → 八卦

を中心とする系統と『道子』における

道 — 一 → 二 → 三 → 万物

を中心とする系統，および周敦頤の『太極図式』における

太極 — 陰陽 — 男女 — 五行 — 万物

を中心とする系統である．張載の宇宙生成論は主に宇宙生成の根源を中心として展開しており，程顥と程頤が関心を持つのは宇宙生成論に関する気と理の前後順序であった．

易経の核心は陰陽二元論である．この陰陽二元論は太極によって太極一元生成論に統合されている．それはいわゆる「一陰一陽をする，これを道と謂う」という[6]．『易経』によって，宇宙万物は陰陽の変化法則に従い，一つの系統の中での移り変わりによって，できたという．宇宙の生成段階について，『周易』は『易は太極がありて，太極は両儀を生じ，両儀は四象を生じ，四象は八卦を生ずる」と論じている[7]．この生成過程の中枢は一陰一陽という変化の道である．また，『周易』は「大いなるかな乾元，万物資りて始む」，「至れるかな坤元，万物資りて生ず」と述べている[8]．さらに，「天地がありてから，万物がある，……[9]」，「天地が交わらざれば，万物が興らず[10]」，「天地は万物を養う[11]」と「天地が感じて，万物が化生ずる」論じている[12]．実際には乾坤が宇宙万物を構成する思想は周易の終始を貫

いている．宇宙の生成について，周易が関心を持つのは生成の段階ではなくて，宇宙万物を構成する一陰一陽という道，あるいは，この変化の思想である．

周易は「易は太極がありて，太極は両儀を生じ，両儀は四象を生じ，四象は八卦をしょうずる」という太極，両儀，四象，八卦の四位を主張している．しかるに『周易』には八卦は「万物を生ずる」という見方が見られなく，八卦の次の段階では，「八卦は吉凶を定め，吉凶は大業を生ずる」という[13]．

唐時代の呂才は『易経』を引用したとき，八卦が万物を生ずるという段階に言及している．すなわち，「太極は両儀を生じ，両儀は四象を生じ，四象は八卦を生じ，八卦は万物を生ずる」という[14]．

太極，両儀，四象，八卦について，一般的に太極は淳和未分の気とか，太一及び太初などとして考えられ，両儀は天地，乾坤と注釈され，四象は水火木金および四時（四季）と解釈されている．

『易・繋辞』によれば，太極は両儀，つまり，陰陽を生じ，両儀は四象つまり，老陽，少陰，少陽，老陰を生じ，四象は八卦，つまり，乾，兌，離，震，巽，坎，艮，坤を生ずる（図4）．そして，宇宙の間にある自然，および人生などの現象はすべて八卦の組み合わせによって構成される．言い換えれば，周易の宇宙生成論は一陰一陽をする，これを道と謂うという観点を中枢とする．

易―太極→両儀→四象→八卦→万物という五段階論である．

老子の宇宙万物生成の順序は周易より明瞭である．『老子』は「道は一を生じ，一は二を生じ，二は三を生じ，三は万物を生ずる.」と論じている[15]．さらに，『老子』は「万物は陰を負い，陽を抱き，冲気を以て和をなす.」と説明している[16]．要するに，老子の宇宙生成論によれば，道は直接に万物を生ずるのではなく，一，二，三を生ずる段階を経て，万物を生ずる．ここの一は天地未分のときの統一体を表し，二は天地を表し，三は陰陽，和気を表している．老子の宇宙生成論は

道 → 一 → 二 → 三 → 万物

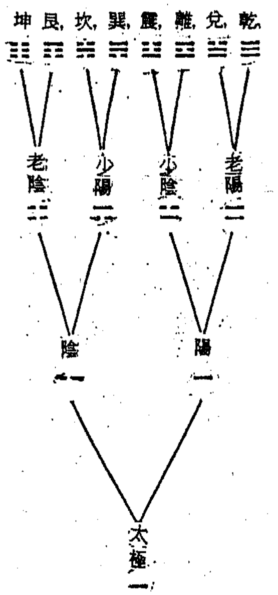


図4

すなわち，

道 → 一 → 天地 → 陰陽和気 → 万物

という五段階論である．

老子のこの五段階的宇宙生成論は淮南子の宇宙生成論の基盤となっている．『淮南子』は「道は一に始まる，一にして生ぜず．故に分かれて，陰陽となり．陰陽を合和して，万物を生ずる」と述べている[17]．老子の宇宙生成論と比べて，淮南子は道を一と同一視して，三に位する段階で，老子と同じように，陰陽を以て冲気となすという観点をはっきりと指摘していない．『淮南子』で，陰陽を合和してできたものが老子の冲気と同格的に考えられる．淮南子の宇宙生成論は

道 ― 一 → 二 → 三 → 万物

という四段階論である．

淮南子の四段階的宇宙生成論は老子の宇宙生成論のほかに，周易の「易―太極→両儀→四象→八卦」という思想からも影響を受けている[18]．周敦頤に始まり，朱憙の手に完成された宋学が注目を集められたのは周敦頤の「太極図説」である（図5）．

周敦頤の宇宙生成論で，宇宙生成の過程は

太極 → 陰陽 → 五行 → ｛坤―女／乾―男｝ → 万物

という五段階からなっている．

太極図説について，周敦頤自身は詳細に説明していないので，彼以後，近代にかけて，さまざまに解釈されている．

唐時代の呂才は『易・繋辞』における太極について，「太極は無形なり」と解釈している[19]．

宋時代の朱憙はその太極を理としている．太極図説の文に「無極にして太極」（無極而太極），「太極はもともと無極なり」という説明がある．

現代の中国哲学者の馮友蘭は無極にして太極ということが太極の無限を形容すると主張している[20]．

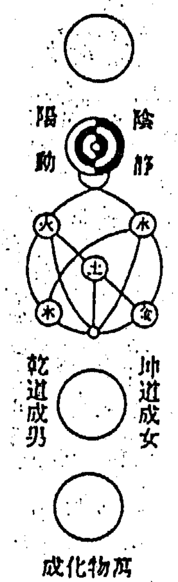


図5

太極図説における太極の意味を究明するのは周敦頤の宇宙生成論を研究する根本的な問題である．

実際には「無極而太極」は無極がすなわち，太極であるとも解釈できる．極とは極点とか，究極という意味である[21]．「無極にして，太極」は形のない究極であると解釈すべきではないか．「無極にして太極」という説明からして，太極は天地未分前の形のない究極であり，有形は無形に生ずるという．つまり，太極図説における宇宙生成の順序は

無極 ― 太極 → 陰陽 → 五行 → {坤一女 / 乾一男} → 万物

のように考えられる．

次に宇宙万物の生成について，概して比較的に周易の五段階論と老子の四段階論，および周敦頤の五段階論を検討してみる．

周易の五段階論　　易 ― 太極 → 両儀 → 四象 → 八卦 → 万物

老子の四段階論　　道 ― 一 → 二 → 三 ――――――→ 万物

周敦頤の五段階論　　無極 ― 太極 → 陰陽 → 五行 → {坤一女 / 乾一男} → 万物

中国の伝統的哲学で，宇宙生成について，気の一元論にせよ，非気の一元論にせよ，いずれも陰陽という道，一が多を生ずるという思想を中核としているのである．もちろん，周易の宇宙生成論も老子の宇宙生成論も周敦頤の宇宙生成論もこの例外ではない．一般的にいえば，気の一元論は気ないしは元気→陰陽→万物という宇宙生成論である．宇宙万物を構成する究極の根源について，気の一元論と相違して，周易の太極は易に位し，老子の一道に生じ，周敦頤の太極は本無極である．

すでに述べたように，『淮南子』は老子の道を一と同一視している．かくて老子の四段階的宇宙生成論における「一」は周易の太極と同格的に考えられる．台北の宗教学者の釈聖厳の研究によって，老子の「道→一→二→三→万物」における一は易経の八卦における「―」であり，二は八卦における「－－」であり，三は八卦における「☰」であるという[22]．老子自身は，二が陰陽，つまり，一陰一陽することであり，三が陰陽と冲気であると考えている．要するに，老子の宇宙生成論は易経から何か影響を受けたに違いない．

周敦頤の太極図説における陰陽は明らかに一陰一陽するという意味である．彼の宇宙生成論で，宇宙生成の第三段階に位する五行の概念は中国で歴史上わりと早く現れてきて，五行を以て宇宙万物の生成を解釈することも宋時代の前にすでに行われていた．

漢時代の董仲舒は「天地の気は合して，一となり，分かれて陰陽となり，列して五行となる」と説明している[23]．五行を陰陽の次の段階に位置付けて，「太極→陰陽→五行→坤一女・乾一男→万物」という順序で系統的に宇宙の生成を考えるのは周敦頤に始まった．この五行の意味については，周敦頤は次のように考えている．つまり，「陽が変じ，陰が合して，水火木金土を生ずる．五気が順布して，四時は行動をする．五行は一の陰陽なり，陰陽は一の太極なり」という[24]．この説明からして，太極図説における五行は気であって，四時，つまり四象を表すように思われる．

太極図説に五行の次の段階は「坤道成女・乾道成男」である．この思想は疑いなく易経における乾（天）が父であり，坤（母）であるという観点によったのである．

『易・繋辞』は，「天地が　慍して，万物は化醇し，男女精を構わせて，万物は化生する」と述べている[25]．周易の思想によれば，万物が生成する過程で，乾は父であり，坤は母である．乾道は三人の男という震，坎，艮を生じ，坤道は三人の女という巽，離，兌を生ずる[26]．乾と坤およびこの三人の男と三人の女を合わせて，周易の五段階的宇宙生成論における八卦となる．一言でいえば，「坤道成女・乾道成男」は八卦と同格的に考えられる．

総合的に見れば，周敦頤の五段階的宇宙生成論は周易の五段階的宇宙生成論と本質的に同じである．

要するに，中国の伝統的哲学で，宇宙生成に関する段階的思想は周易から大きく影響を受けた．気の一元論者は宇宙生成の段階にあまり関心を持っていないようであって，彼らが関心を示したのは主に宇宙万物を構成する究極の元，および一陰一陽するという道である．宋時代以後，中国の哲学者は主に朱子理学の議論に力を入れて，宇宙生成の段階の検討にはあまり興味をもっていないようである．

注　釈

（1）祖頤「四元玉鑑序」，羅士琳『四元玉鑑細草』（上）（台湾商務印書館，1968年）．

（2）羅士琳『四元玉鑑細草』（上）（台湾商務印書館，1968年）．

（3）同上．

（4）同上．

（5）李冶『測円海鏡』（第十一巻）第一丁．（2）掲著作（中巻）第四二九丁．

（6）Z. D. Sung "The Text of Yi King. Chinese Original with English Translation"（中英対照易経）（台北，文化図書公司，1986年）第280頁．

（7）上掲『易経』，第299頁．

（8）高田真治・後藤基巳訳『易経』（岩波書店，1988年），上掲『易経』，第3頁，第15頁，「大哉乾元，万物資始」，「至哉坤元，万物資生」．

（9）上掲『易経』，第330頁，「有天地，然後有万物，有万物然後有男女…」．

(10) 上掲『易経』，第277頁，「天地不交而万物不興」.
(11) 上掲『易経』，第119頁，「天地養万物」.
(12) 上掲『易経』，第135頁，「天地感而万物化生」.
(13) 上掲『易経』，第229頁，「八卦定吉凶，吉凶生大業」.
(14) 程宜山『中国古代元気学説』(武漢，湖北人民出版社，1986年) 第44～45頁.
(15)『老子・四十二章』，「道生一，一生二，二生三，三生万物」.
(16) (15) 掲著作，「万物負陰抱陽，冲気以為和」.
(17)『淮南子・天文訓』(第三巻)，「道始於一，一而不生，故曰，一生二，二生三，三生万物」.
(18) 宇野哲人『中国哲学』(講談社，昭和62)，第204～205頁.
(19) 馮友蘭『中国哲学史新編』(第五冊) (北京，人民出版社，1988年) 第54～58頁.
(20) 同 (14).
(21)『古漢字常用字字典』(北京，商務印書館，1981年)，第113頁.
(22) 釈聖厳『比較宗教学』(台北，台湾中華書局，1982年) 第139～140頁.
(23) 董冲舒『春秋繁露』(五行相生)，「天地之気，合而為一，分為陰陽，判為四時，列為五行」.
(24) 上掲程宜山著作，第39頁.
(25) 上掲『易経』，第322頁.
(26) 高田真治・後藤基巳訳『易経』(下) (岩波書店，1988年) 第297～298頁．上掲『易経』，第340頁.

(平成6年6月15日受理)

論　　説

初期和算書に見る斜率と円周率の関係について（上）

小　林　龍　彦

1．斜率について

正方形の対角線の長さを，和算では方斜，中斜，中斜弦と呼び，これが$\sqrt{2}$の値に係わることから，この平方根を方斜率，中斜率として使用していることは広く知られている．またこの値が大工道具のひとつである曲尺の裏目に刻まれ，丸太から四角柱を作り出すときの1辺を略計測するのに利用されることから裏曲尺（裏矩:うらがね）[1]と呼んだり，円に内接する正多角形の問題を扱う場合には斜率／2を角中径と呼ぶこともある．実際の数値計算において，和算家の多くは$\sqrt{2} \fallingdotseq 1.4142$を“定法”として扱っているが，“定法”として1.4142を使用しようとする姿勢は和算初期から江戸末期まで基本的に変わりなかったようである[2].

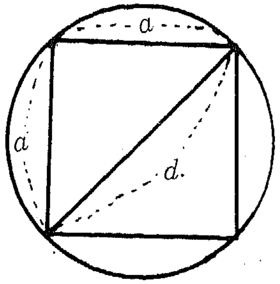
斜率が和算の問題中とくに引き合いになるのは蕎麦形（正四面体）や切籠の求積，或いは曲尺の利用法である角材の削りだし問題などであろう．しかし，目を転じて斜率を眺めてみるとき，この値は円周率の計算では，円（直径＝1）に内接する正2^n角形において2^2角形の1辺の長さを2倍したものに等しい．つまり，斜率は和算家が円周率の計算においてまず第一歩目の値をどこまで求めていたかという視点で眺めることもできるのである．

そこで本稿では，関孝和を含む江戸初期の和算家がどのような斜率を持っていたかを調査し，これと彼らの円周率の値と比較してみることを第1の目的とし，そして初期和算における これらの値の出処を考察するために中国とインドの代表的数学書もあわせて検討し若干の考察を加えることを副次的視点とした．

2．江戸初期の和算書に見る斜率

いま，1図において直径をd，正方形の1辺をaとすれば，

$$d = a\sqrt{2} \quad \cdots (1)$$



とする式が得られる．

斜率を如何にして求めたかは興味深い問題であるが，論点を簡潔にするため本稿では計算過程は議論しないこととし，初期和算書にみられる斜率を取り出すことから始める．

まず，筆者の管見から得られた斜率を原文とも紹介していこう．

1図

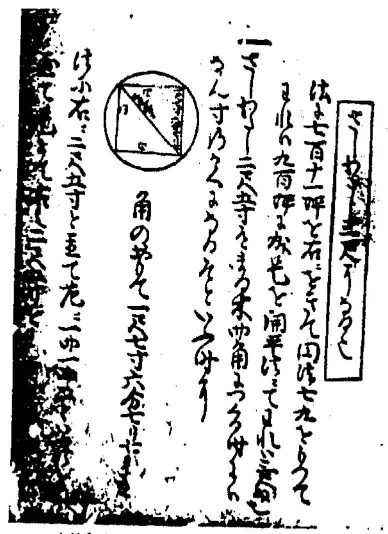
① 『諸勘分物』(1622，百川治兵衛）第2巻第7問の“同丸木木口直し”は[3]，

1本　下末ならし　中すみ8寸あり　けつり立　何寸の角に成を見るには　8寸を14にて割　5寸7分1厘四方の角に成

とある．解説を加える迄もなく，丸太から角材を削り出す問題であることは明瞭である．そして斜率（$\sqrt{2}$）を1.4とすることもわかる．また同書の第8問“同中すみ不知”でも1.4が使用されていることは，『諸勘分物』が$\sqrt{2}=1.4$と理解していた証拠となる．

② 『塵劫記』の寛永4（1627，吉田光由）年版には円柱から角材を削り出す問題，曲尺の問題および$\sqrt{2}$の値は見つからない．しかし，寛永8（1631）年版三巻本の下第四十七「開平円法の事」第3問では[4]，

さしわたし二尺五寸有まる木四角につくる時にはなん寸のかくになるそといふ時に，


山崎與右衛門著『塵劫記の研究』より

角のおもて一尺七寸六分七り七毛有
法に右に二尺五寸と置て左に一四一四二といふ法を置て是にて右之二尺五寸をわるべし
また，第4問でも，
同さしわたし二尺五寸あるまる木角になす時にはなんすんかくそといふ時に，大くのかねある時にはうらのかねて通して見れは一尺七寸六分七り七毛あり是をすなわちおもてのかねにこれほと角のおもてあるとしるべし也

と出題されており，斜率を用いて(1)式から答えを導きだすこと，大工道具である曲尺を使い裏矩で測って求めてもよいという2方法が説明されている．『塵劫記』で用いられた斜率:$\sqrt{2}$は1.4142である．また，寛永18（1641）年版三巻本（遺題本）にも同じ問題が

出ているが，ここでは曲尺を実際に使用している図まで載せてある[5]．

③ 『竪亥録』(1639，今村知商）は[6]，

方知竪之法　一寸四一四二

と簡潔に説明がされているだけであるが，これが斜率:1.4142を意味していることは明白であろう．このことは，『竪亥録仮名抄』(1662，安藤有益）下之一の問題で[7]，

たとへは方各九寸つつにして弦いかほとと知には九寸をかけあわせて八十一歩倍して百六十二歩と成を開平方にすれは弦一尺二寸七分三り七毛と成なり

とあるが，与えられた数値を(1)式に入れて斜率を求めてみると，

$\sqrt{2} \fallingdotseq 1.414111$

となり，『竪亥録』の値とほぼ一致することが分かる．

④ 『新刊算法起』(1652，田原嘉明）第九の切籠問題は[8]，

今枡壱斗八升七合五勺入．
法に，八寸左右に置かくれは六四と成る．是へ八寸かくれは一寸の坪五百十二となる．
きりこ枡積の法二三五七をかくれは一二超六七八四と成る．…

と与えて切籠の体積を求めている．

これは，切籠の一辺の長さをaとして計算すれば，

$$切籠の体積=\{\sqrt{2}+\frac{2}{3}\sqrt{2}\}\,a^3=2.357\,a^3$$

となる．この値2.357を“きりこ枡積の法”（定法）と呼んでいる．この定法から斜率を求めてみると，$\sqrt{2}=1.4142$として計算したことになり，小数点以下第4位を四捨五入して2.357をきりこ枡積の定法としたものと推測される．

⑤ 『九数算法』(1653，嶋田貞継）“鉤股第九”では正方形の図とともに，つぎの問題が出されている[9]．

假如有四方各一尺問斜寸若干
　答曰　斜一尺四寸一分四厘二毛不盡

ここでの術文は定石通りであるが，1.4142“不盡”と答えを記したところは興味深い．

⑥ 『算元記』(1657，藤岡茂元）の第四十四“円形角”では[10]，

径二尺を四方同尺の角に作て
一尺四寸一分四厘二毛　仕様は径を右に置．左に角のかね一四一四二をもちて可帰す

とあるから，斜率は1.4142とわかる．また“角にて作”とか“角のかね”と表現するところに曲尺使用の雰囲気が漂っている．“円形角”につづく“円周角”でも，

$\sqrt{2}\times\pi \fallingdotseq 4.469$

を定数として用いている.

⑦『円方四巻記』(1657, 初坂重春) の巻三 “一四一四二の起” では図とともに,[11]

或は丸之内に四角を入て指渡何程有という時, 一四一四二を以割は四角四方の指渡しれ申候

とあり,『円方四巻記』も斜率は 1.4142 である. 同値が巻二にもみえている.

⑧『格致算書』(1657, 柴村盛之) 下巻 “萬坪積” の “平八方” は,[12] 正八角形の面積を求めるにあって “定法四歩八二八” を使っている. これは, 正八角形の1辺を a とするとき, その面積 s は,

$$s=2a^2+\frac{4a^2}{\sqrt{2}}=4.828$$

で求められる. よって, $a=1$ のときの面積の値 4.828 を定法としている. これから $\sqrt{2}\fallingdotseq 1.4142$ と逆算できる. これは続く “蕎麦形” の定法からも確認される.

⑨『改算記』(1659, 山田正重) の上巻では,[13]

指渡し七寸の丸木, 是を角にけつり何程に成と問

角の面四寸九分五りに成

右は指渡し七寸を一四一四二を以て割なり. 又まわり三尺の丸木を角にけつり何程と問時三尺を四四六八九に割角のおもてしる也. 此声は一四一四二に三一六をかけて一度に割るとしるへし.

として, 斜率 1.4142 が使われている. その一方で, “鱗形の問題” では,

$\sqrt{2}\fallingdotseq 1.41421$

とする値が求められていることも注意しなければならない.

⑩『算法闕疑抄』(1659, 礒村吉徳) の巻之三では,[14]

今方一尺二寸三分ある方平の角径何程と問う

答云 一尺七寸三分九厘四毛余

法に云く方尺に角径の定法一四一四二を懸, 径尺と成也

として, 斜率 1.4142 を “角径の定法” と呼んでいる. この文面には斜率そのものの値は従来の和算家と変っていないが, “角径の定法” と名称するあたりに方斜を正多角形の対角線の一つとして捉える視点がありそうである. また,

云 径有を方尺を求るには一四一四二にて割也. 此一四一四二は方一尺の角径一尺四寸一分四厘二毛有故に定法としる也. 此根源 釣股弦之術規之曲尺にてしるへし

と述べることで, (1)の式が “釣股弦之術” から得られること, そしてこれが曲尺にも由来することを明らかにしている. こうした言い回しは『塵劫記』の延長上にある表現とみてよいであろう.

⑪『算法算俎』(1633, 村松茂清) の巻之二, “歩積” の問題は,[15]

今径二尺五寸の丸木を四方を切去て角に作り方の寸を問

答曰 一尺七寸六分七七

術曰二尺五寸を置き定法一四一四一を以て除合答. 又, 方寸有て円径を求るは右の定法を乗る也.

として, 斜率の定法として 1.4141 を使うとしている. この値はそれまでの和算家たちと異なるものである. しかし, 後に詳しく論述するが, 巻四の円周率の計算では, 円に内接する正方形の1辺 a の長さを,

$a=1.4142135623730$

と, 小数点以下 13 位まで計算していることからすると, 定法としては 1.41421 もしくは 1.4142 と使用したのではないだろうか. 術文中の 1.4141 は誤刻と思われる.

⑫『算法根源記』(1668, 佐藤正興) 中巻の “闕疑抄定法” では,[16]

四角法 方面一尺 斜弦一尺四寸一分四厘二

と置き, また, 下巻の “百五十好之定法” では,[17]

四角法 方面一尺 中斜弦一尺四寸一分四二

としている. 斜率は村松の『算法算俎』以前の和算家と同値であるが, この呼称を “斜弦” あるいは “中斜弦” と名付けるところに意識変化が感じられる.

⑬『古今算法記』(1670, 沢口一之) 巻三では,[18]

さしわたし3尺有丸板を真四角にけつりては何尺四方に成そととう

とする問題が出題されている. その術文は, さしわたしを d, 1辺を a とすれば,

$$a=\sqrt{\frac{d^2}{2}}$$

であることを強調している. そして,

又曰定法一四一四二にてわりても知ルなり. しかれども此術よろしからず.

と述べて斜率 1.4142 を使うことは “よろしからず” とも論断する. しかし, 沢口の評言がどのようであろうとも, 実際には数値 $\sqrt{2}$ をどのように扱うかのことであって, 術文は(1)式と本質的に変わらない.

⑭『算法勿憚改』(1673, 村瀬義益) 巻一の “円ヲ方ニ削ノ法起” では, 図とともに,[19]

平円を方にけつる定法

一四一四二の根源ハ方平の角径定法也

と言い, 斜率を “角径定法” と呼んでいる. また, 同巻 “蕎麦形定法起源” でも, 斜1尺に対して方7寸 071 として, “角径定法” の1/2が用いられている. 『算法勿憚改』の用語は基本的に『算法闕疑抄』と同じと見てよいであろう.

初期和算書に見える斜率の調査はこの辺までとし，本稿の主眼である円周率との関係について議論を移してみたいと思う．

注

1）例えば『増補算法図解大全』（嘉永元年，前田金隋堂梓）の第41丁，154丁を見よ．

2）例えば『算法助術』（長谷川弘閲，山本賀前編，天保12年刊）の第１丁を見よ．

3）藏持信一朗注：『諸勘分物巻二』，初期和算選書，第３巻一１，研成社，1993年，pp.13-14．或いは金子勉著：『諸勘分物巻二』，平成２年，本文pp.22-23．解説pp.114-115．

4）山崎與右衛門著：『塵劫記の研究　図録編』，森北出版，昭和52年，pp.200-201．

5）同書，p.256．

6）『日本古典全集　古代数学集（下）』，昭和２年，p.101．

7）佐藤健一著：『竪亥録仮名抄』，研成社，1988年，p.107．

8）平山諦：“初期和算への西洋の影響”，富士論叢，第32巻，第１号，1987年，pp.148-149．

9）下平和夫：“嶋田貞継著『九数算法』について”，国士館大学教養部教養論集，第30号，1990年，p.96．

10）北邑一恵，上野尚亨校注：『算元記』，初期和算選書，第２巻一４，研成社，1991年，p.80．

11）大山誠氏の所蔵資料を拝見した．氏のご好意に厚く御礼申し上げます．同書，第２丁．

12）野口泰助氏の所蔵資料を拝見した．氏のご好意に厚く御礼申し上げます．同書，第57丁，第62丁．

13）野口泰助氏の所蔵資料を拝見した．氏のご好意に厚く御礼申し上げます．同書，第41丁．

14）松崎利雄解説：『算法闕疑抄』，近世文学資料類従参考文献編12，勉誠社，昭和53年，p.176．

15）下平和夫氏の所蔵資料を拝見した．氏のご好意に厚く御礼申し上げます．同書，第14丁．

16）下平和夫氏の所蔵資料を拝見した．氏のご好意に厚く御礼申し上げます．同書，第１丁．

17）同書，第１丁．

18）日本学士院蔵0351．同書，第73—74丁．

19）西田知巳校注：『算法勿憚改』，初期和算選書，第３巻一３，研成社，1993年，p.15．

（平成６年６月30日受理）

最近発見された岩手県の算額（上）

安　富　有　恒

昭和62年（1987）４月にまとめた岩手県の現存算額数は93面で，これらは「和算一岩手の現存算額のすべて」（青磁社　昭和62年８月刊　拙著）に収録してある．その後，平成６年４月までの７年間に新たに４面が発見されたので，これらの算額の問題について，まとめておきたい．

１．滝口神社算額

住所　岩手県東磐井郡千厩町小梨字新地269

管理者　　　三浦　諒一

算額の大きさ　縦37.5㎝　横60.5㎝（上下に黒枠あり）

問題数　　　１問

奉納年月日　天保２年（1831）３月２□日

（現代文による解説）

（問）円内に図のように，楕円３個と等円４個がある．ここで，等円の直径と楕円の短径は等しいとする．

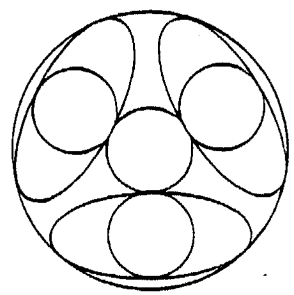
いま，楕円の長径が与えられたとき大きい円の直径を求める方法をのべよ．

（答）次のような方法で円の直径が求められる．

（術）大きい円の直径＝$\sqrt{1.5}$×□

この算額は，昔は神殿の外に掲額されていたようで，風雨にさらされてかなり文字は消えており読みづらいものである．

現在は社殿内に掲げられている．



今有圓内如図容側圓三個及等圓四箇圓乃等圓径與側圓短径相等　只云側圓長徑若干問得外圓徑術如何

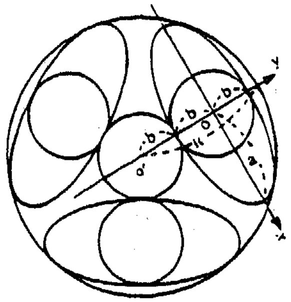
答曰依左術得外圓徑

術曰置一個五分開平方乗□得外圓徑合問

天保二年三月二十□日

同村住 小民　庄治　百拝

（現代的解法）だ円の長径を $2a$，短径を $2b$，等円の半径を b，大きい円の半径を R とする．また図のように座標軸を，定めれば，



だ円の方程式は $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ ……①

大きい円の方程式は

$x^2+(y+2b)^2=R^2$ ……②

である．

①より $\frac{x^2}{a^2}=1-\frac{y^2}{b^2}=\frac{b^2-y^2}{b^2}$

$\therefore x^2=\frac{a^2}{b^2}(b^2-y^2)$ これを②へ代入すると

$\frac{a^2}{b^2}(b^2-y^2)+y^2+4by+4b^2=R^2$ 分母を払うと

$a^2b^2-a^2y^2+b^2y^2+4b^3y+4b^4=R^2b^2$

従って $(b^2-a^2)y^2+4b^3y+4b^4+a^2b^2-R^2b^2=0$ ……③

①と②が接しているから③の判別式が0でなければならない．判別式を D とすると

$\frac{1}{4}D=(2b^3)^2-(b^2-a^2)(4b^4+a^2b^2-R^2b^2)=0$

$\therefore 4b^6-(b^2-a^2)(4b^2+a^2-R^2)b^2=0$

従って $4b^4-4b^4-a^2b^2+R^2b^2+4a^2b^2+a^4-R^2a^2=0$

整理すると $R^2(b^2-a^2)+a^4+3a^2b^2=0$

$\therefore R^2=\frac{a^4+3a^2b^2}{a^2-b^2}$ ……④

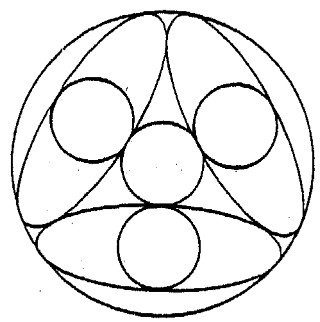
が成立つ．

次に，術文によれば，$\sqrt{1.5}\times\boxed{\quad}$ ＝大きい円の直径とある．

$\boxed{\quad}$ は読みとれないが，問題文中にだ円の長径が与えられているので，$\boxed{\quad}$ は多分だ円の長径である．（$\boxed{\quad}$ には長径の２文字が入ると思われる）

従って，大きい円の直径＝$\sqrt{1.5}\times$だ円の長径となる．

ところが図によれば３つのだ円は，互に外接していないように画かれている．しかし上の術文が成り立つためには，この３つのだ円は，互に外接していなければならない．（次図参照）



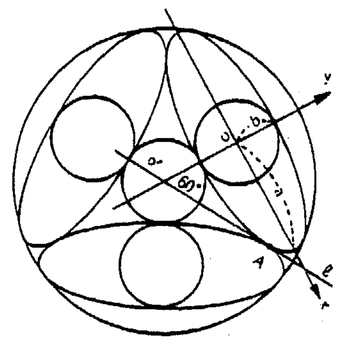
下図において，$O'(0,-2b)$，O を原点とした座標軸を考える．

いま，直線 ℓ が２つのだ円の接点 A をとおるとすれば，$\angle AO'O=60°$ であるから，ℓ の傾きは $\frac{1}{\sqrt{3}}$，従って ℓ の方程式は，

$y=\frac{1}{\sqrt{3}}x-2b$ ……⑤

となる．

ここで①と⑤が接する条件を求める．



⑤を①に代入して

$\frac{x^2}{a^2}+\frac{1}{b^2}\left(\frac{1}{\sqrt{3}}x-2b\right)^2=1$

$\therefore b^2x^2+a^2\left(\frac{1}{3}x^2-\frac{4}{\sqrt{3}}bx+4b^2\right)=a^2b^2$

従って，$\left(\frac{1}{3}a^2+b^2\right)x^2-\frac{4}{\sqrt{3}}a^2bx+3a^2b^2=0$

この方程式の判別式を D とすれば，

$\frac{1}{4}D=\left(-\frac{2}{\sqrt{3}}a^2b\right)^2-\left(\frac{1}{3}a^2+b^2\right)\times3a^2b^2=0$ が成り立てばよい．

$\therefore \frac{4}{3}a^4b^2-a^4b^2-3a^2b^4=0$

a^2b^2 でわると，$\frac{4}{3}a^2-a^2-3b^2=0$　　$\therefore \frac{1}{3}a^2=3b^2$

従って，$a^2=9b^2$ より，$b=\frac{1}{3}a$　（$a>0$，$b>0$ より）を得る．

これを④へ代入すると，

$R^2=\frac{a^4+3a^2\times\frac{1}{9}a^2}{a^2-\frac{1}{9}a^2}=\frac{4}{3}a^4\times\frac{9}{8a^2}=\frac{3}{2}a^2$

$\therefore R=\sqrt{1.5}\,a$ より，$\underset{\text{(大きい円の直径)}}{2R}=\underset{\text{(だ円の長径)}}{\sqrt{1.5}\times2a}$ が求まり術文と一致する．

従って３つのだ円は互に接していないと，この問題は正しくないと考えられる．３つのだ円が接していない場合は，$b=\frac{1}{3}a$ が成り立たず，$b>\frac{1}{3}a$ となり，術文の式は求まら

ない.
（図の書き誤りと思われる）

2．白山神社算額

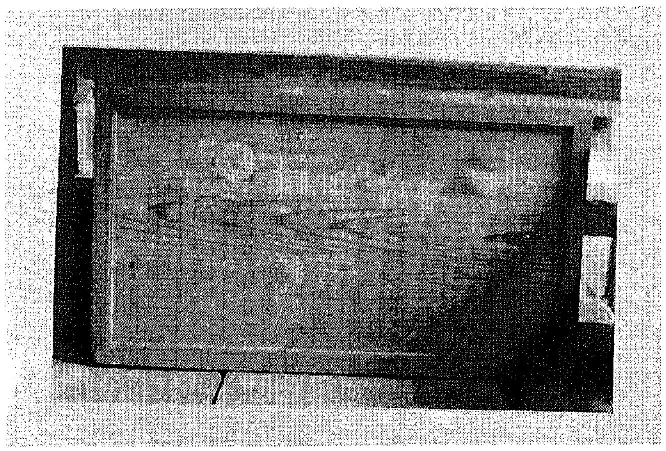
平成２年７月岩手県花泉町において，文化財講座が開かれた折，花泉町の御嶽神明社の宮司佐藤教昭氏より，北上市の白山神社に算額があるとのお話をお伺いし早速８月６日北上市を訪れた．白山神社宮司の花海　孝氏の案内で，その算額を見せていただいた．北上市の現存算額は今の所この１面だけである．

住　所	岩手県北上市黒沢尻町字黒岩第７地割１３６番地
宮　司	花海　孝（北上市黒沢尻町字立花９の１４の２）
別　当	岩沢　寿（北上市黒沢尻町字黒岩７の１３６の８）
総代長	真田早苗（神社の鍵等を保管している）
算額の大きさ	縦 39 cm　横 69.1cm
問題数	３問
奉納年月日	明治１５年（１８８２）１月吉日（算額の裏面に記載）

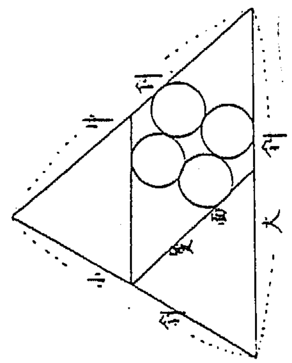
白山神社本殿は，昭和62・63年に岩手県教育委員会が行った調査によれば，江戸時代初期の建築と推定され，このため平成２年５月県文化財に指定されている．

本殿の正面の幅は5.4メートル，奥行3.6メートルで屋根は入母屋造りの板ぶきで，梁が変則的な形をしているほか，菱の花や桐の葉が彫刻されており，当時の建築様式を伝える優れた建造物として高い評価をうけた．（広報きたかみ・平成２年６月２２号による）

なお白山神社には，岩手県指定文化財として，木造十一面観音立像，木造男神像（以上昭和４０年３月に指定）木造蔵王権現像（昭和４４年６月指定）がある．

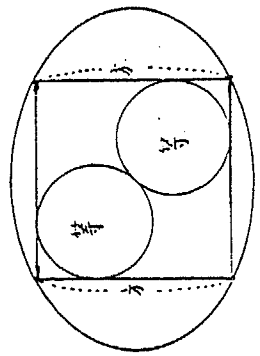


白山神社算額



今有如圖三斜之内容菱面及等円四個只言大
斜中斜小斜各若干問等圓徑幾何
答　如左術
術日置大斜乗大斜中斜和加中斜小斜相乗四
段内減大斜中斜相乗二段爲實大斜中斜和二
段爲法以法除實得等圓徑合問

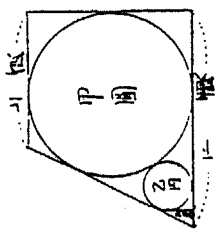
奉



今有如圖側圓内容方面其中容等圓二個只言
長徑十五寸六分短徑六寸五分問等圓徑幾何
答　等圓徑三寸五分一四有奇
術日置五分平方開之加一個得数乗長冪短冪
和商名天因長徑短徑相乗四之名地平方開之以
天二段除地得等圓合問

齋藤登代治
撰之

納



今有如圖半梯内容大圓徑小圓徑及鈎股形只
言大圓徑小圓徑股上頭各若干問下頭幾何
答　如左術
術日置甲圓平方開之名天置乙圓平方開之名地相
併甲圓因天地相乗二段與甲圓冪及甲圓乙圓相
乗得数内減上頭股相乗二段爲實甲圓股差二段爲
法以法除實得下頭合問

岩澤禮太郎
撰之

（現代文による解説）

（問）三角形内にひし形と，ひし形の内部に半径の等しい四つの円が図のようにおかれている．（四つの円は互いに外接しており，ひし形に接している．）

三角形の三辺の長さが与えられているとき，等円の直径はいくらか．

（答）次の術のとおりである．

（術）大斜×（大斜＋中斜）＋４×中斜×小斜－２×大斜×中斜＝実

２×（大斜＋中斜）＝法　　とおくと

等円の直径＝実÷法　で求まる．

（問）図のように楕円に内接する正方形と正方形内に半径の等しい２つの円がある．（２つの円は互いに外接し，正方形に接している．）

楕円の長径15寸６分，短径６寸５分のとき，円の直径はいくらか．

（答）等円の直径は３寸５分14余である．

（術）$(\sqrt{0.5}+1)\sqrt{長径^2+短径^2}$＝天　　天×長径×短径×４＝地　とおけば

等円径＝地÷（２×天）でもとまる．

（問）台形内に大円（甲円）が内接し，小円（乙円）は甲円と台形に接している．また，乙円に接する三角形が図のようにおかれている．

甲円，乙円の直径，三角形の高さ（股），台形の上底の長さが与えられているとき，台形の下底の長さはいくらか．

（答）次の術のとおりである．

（術）$\sqrt{甲円の直径}$＝天，　$\sqrt{乙円の直径}$＝地　とおく．

甲円の直径×天×地×２＋（甲円の直径）^{2}＋甲円の直径×乙円の直径－２×上底×股＝実

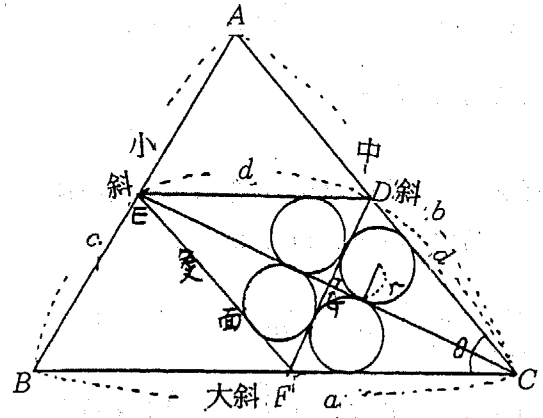
２×（甲円の直径－股）＝法　とすれば

下底＝実÷法　である．

第１問と第２問の術文に誤りがあると思われるので解答をのべておこう．

問題の現代的解法と解説

（第１問）$\triangle ABC$ において，大斜 $BC=a$，中斜 $CA=b$，小斜 $AB=c$，ひし形の１辺の長さを d，$\angle ACB=\theta$，等円の半径を r とおく．



$\triangle AED \sim \triangle ABC$ より　$b-d:d=b:a$

$\therefore ab-ad=bd$

$(a+b)d=ab$　より　$d=\dfrac{ab}{a+b}$　…①

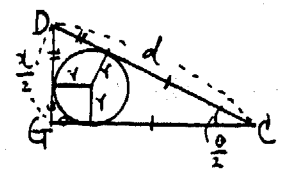
次に $DF=x$ とおくと　$\triangle CDF$ において

$x^2=CF^2+CD^2-2\,CF\cdot CD\cos\theta$

すなわち　$x^2=d^2+d^2-2d^2\cos\theta=2d^2-2d^2\times\dfrac{a^2+b^2-c^2}{2ab}$

$$=2d^2\left\{\frac{2ab-a^2-b^2+c^2}{2ab}\right\}=\frac{d^2\{c^2-(a-b)^2\}}{ab}\quad\cdots②$$

次に $\triangle CDG$ において　　$CG=\sqrt{d^2-\dfrac{x^2}{4}}$　より



$$d=\frac{x}{2}+\sqrt{d^2-\frac{x^2}{4}}-2r$$

$$\therefore 2r=\frac{x}{2}+\sqrt{d^2-\frac{x^2}{4}}-d\quad\cdots\cdots③$$

②を③へ代入すれば

$$2r=\frac{\sqrt{c^2-(a-b)^2}}{2\sqrt{ab}}d+\sqrt{d^2-\frac{\{c^2-(a-b)^2\}}{4ab}d^2}-d$$　更に①を代入して

$$=\frac{\sqrt{c^2-(a-b)^2}}{2\sqrt{ab}}\times\frac{ab}{a+b}+\sqrt{\frac{4ab-\{c^2-(a-b)^2\}}{4ab}}\times\frac{ab}{a+b}-\frac{ab}{a+b}$$

$$=\frac{\sqrt{c^2-(a-b)^2}\times\sqrt{ab}+\sqrt{(a+b)^2-c^2}\times\sqrt{ab}-2ab}{2(a+b)}$$

$$=\frac{\sqrt{ab}+\left(\sqrt{(c+a-b)(c-a+b)}+\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)}\right)-2ab}{2(a+b)}\quad\cdots\cdots④$$

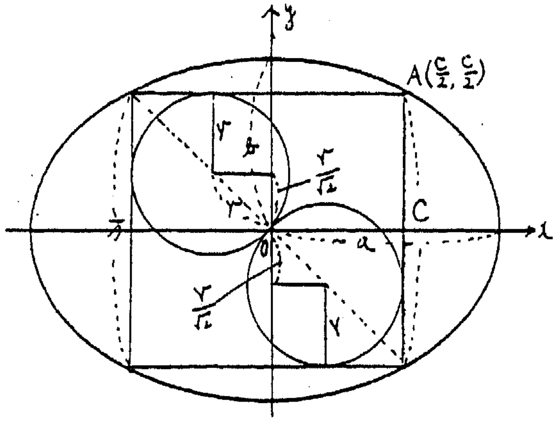
術文によれば　等円径＝$\dfrac{大斜(大斜＋中斜)＋4×中斜×小斜－2×大斜×中斜}{2(大斜＋中斜)}$

$$= \frac{a(a+b)+4\,bc-2\,ab}{2\,(a+b)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑤$$

となり④の分子の $\sqrt{ab}\left(\sqrt{(c+a-b)(c-a+b)}+\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)}\right)$ の部分が

$a(a+b)+4\,bc$ となっている．（術文の誤りと考えられる．）

（第２問） 図のように座標軸をとり，だ円の長径を $2\,a$，短径を $2\,b$，正方形の１辺の長さを c，等円の直径を $2\,r$ とおくと，



だ円の方程式は $\dfrac{x^2}{a^2}+\dfrac{y^2}{b^2}=1 \quad \cdots\cdots ①$

とかける．

正方形の１つの頂点を $A\left(\dfrac{c}{2},\ \dfrac{c}{2}\right)$ とすると A は①の上の点であるから

$$\frac{1}{a^2}\left(\frac{c}{2}\right)^2+\frac{1}{b^2}\left(\frac{c}{2}\right)^2=1$$

分母を払って $c^2\,(b^2+a^2)=4\,a^2b^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ②$

また $c=r+\dfrac{r}{\sqrt{2}}+\dfrac{r}{\sqrt{2}}+r=(2+\sqrt{2})\,r \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ③$ が成り立つ

③を②へ代入して $(a^2+b^2)(2+\sqrt{2})^2\,r^2=4\,a^2b^2$

$$\therefore r^2=\frac{4\,a^2b^2}{(2+\sqrt{2})^2\,(a^2+b^2)} \quad 従って \quad 2\,r=\frac{4\,ab}{(2+\sqrt{2})\,\sqrt{a^2+b^2}} \quad \cdots\cdots ④$$

ここで $2\,a=15.6$，$2\,b=6.5$ であるから④へ代入して

$$円の直径 \quad 2\,r=\frac{4\times\dfrac{15.6}{2}\times\dfrac{6.5}{2}}{(2+\sqrt{2})\sqrt{\dfrac{15.6^2}{4}+\dfrac{6.5^2}{4}}}=\frac{15.6\times6.5\times(2-\sqrt{2})}{\sqrt{15.6^2+6.5^2}}$$

$$=\frac{59.39875\cdots}{16.9}=3.51471\cdots$$

（３寸５分14余）

となって答は正しいことが分かる．

術文によれば $\left(\sqrt{0.5}+1\right)\sqrt{(2\,a)^2+(2\,b)^2}=天$

すなわち 天$=(2+\sqrt{2})\,\sqrt{a^2+b^2}$ とおき

地＝天×長径×短径×４ とおけば等円の直径 $2\,r=\dfrac{地}{2\times天}$ とあるがこれでは天 が消えてしまうので，この術文の意味がよく分らない．

32ページの結果④から

$$2\,r=\frac{長径\times短径}{天}=\frac{4\,ab}{(2+\sqrt{2})\,\sqrt{a^2+b^2}}$$ であれば正しいと思われる．

従って，術文「置五分平方開之加一個得数乗長冪短冪和商名天天因長径短径相乗四之名地平方開之以天二段除地得等円合問」のアンダーラインの部分商と天因を削除し，平方開之を商のところへもってくれば正しい答が出ると考えられる．

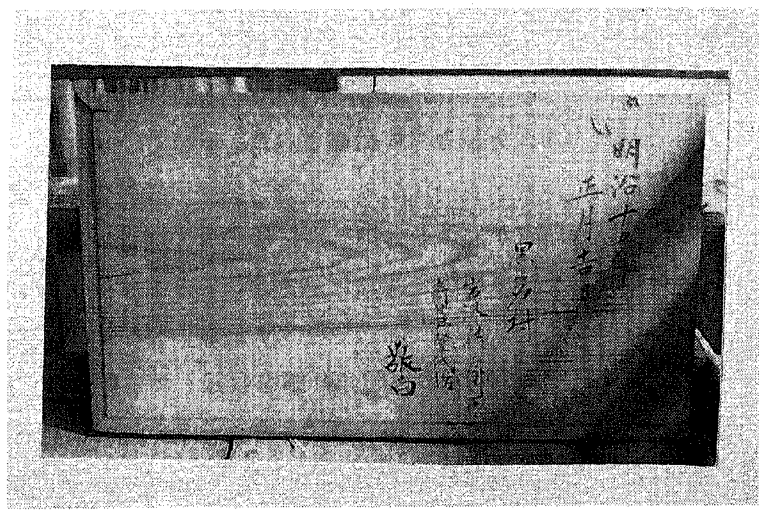
すなわち「置五分平方開之加一個得数乗長冪短冪和平方開之名天長径短径相乗四之名地以天二段除地得等円合問」とすればよい．

これを式で表せば

$$円の直径 \quad 2\,r=\frac{4\times長径\times短径}{2\times天}=\frac{4\times長径\times短径}{(2+\sqrt{2})\,\sqrt{(長径)^2+(短径)^2}}$$

ただし，ここでは 長径$=a$，短径$=b$ とすると

$$2\,r=\frac{4\,ab}{(2+\sqrt{2})\,\sqrt{a^2+b^2}}$$ で④の結果と合う．



白山神社算額の裏面

（平成６年６月４日受理）

資　料

杜石然主編『中国古代科学家伝記』

大 竹 茂 雄

1.『科学家伝記大辞典』の編纂

『中国古代科学家伝記』[1] 2冊は，中国の北京にある科学出版社から『上集』が1992年に『下集』が1993年に出版された．本書は，A 5 判 1352 頁の大冊で，堅表紙が金文字で飾ってある立派な本である[2]．内容を紹介する前に，本書が編集された経緯について，『上集』の「前言」すなわち序文に基づいて述べてみる．

科学出版社は，中国科学院の指導の下に，大型な『科学家伝記大辞典』の編纂を企画した．それは，古今内外の数学者，物理学者，化学者，天文学者，地学者，生物学者，農学者，医学者および発明家・技師を含む科学技術者等の重要な科学者の伝記 8000 篇を収録するものである．そこで，各科学領域の著名な学者 60 名から成る「大辞典総編集委員会」が1988年に結成され，続いて各学科ごとに編集委員会が組織された．ところで大辞典編纂の仕事は，内容の正確を期するために，次のように 2 段階に分けて進めることにした．すなわち，先ず各分野ごとに科学者の伝記を「文集」の形式で発表して広く意見を聴取し，次にそれらを参考にして必要な改修を行なって「大辞典」に収録するのである．

このような編集方針に従って，「中国古代科学家伝記編委会」は中国科学院自然科学史研究所の研究員であった杜石然氏を長として組織された．そして，

> 中国古代（19世紀以前[3]）の科学者の伝記は，中国科学院自然科学史研究所および中医研究院医史文献研究所の専門家が執筆を分担し，二年の努力によって合計 249 篇の伝記が完成し，上・下の二集に分けて出版された

わけである．したがって本書は，前述した第 1 段階の「文集」として出版されたものである．なお，中国現代（20世紀）の科学者の伝記 600 篇を収録した『中国現代科学家伝記』は六集に分けて出版されるし，中国以外の国の科学者およそ 800 人の伝記は『世界著名科学家伝記』として各分野ごとに出版される予定である．

2.『中国古代科学家伝記』の概要

本書は，上述したように中国の春秋時代（紀元前約700年～約500年）から19世紀までに活躍した，あらゆる分野の中国の科学者の伝記を年代順に収録したものである．『上集』に 118 人，『下集』に 131 人，合計 249 人の伝記が述べてあるが，その中の 14 人は中国人ではない．この事について「前言」で，

> 明・清の時代においては，中国古代の科学技術は衰微してしまい「西学東漸」であった．この時期の中国においては，長期にわたって外国人（主に伝教士）が，西洋の先進的な科学と技術を紹介するのに努力してくれた．このことは，中国の科学技術が新しく生まれ変るのに啓蒙的な役割を果した．このような理由で，本書には外国人の代表的人物の伝記を付録として収めることにした．

と述べている．そして『下集』の最後に，16世紀から19世紀にかけて中国で活躍した 14 人の外国人についての，科学的業績を中心とした伝記を収録している．

さて，伝記の内容は，はじめに科学者の一生と学術活動および主な業績を述べ，次に代表的な著作について解説を加え，最後に文献目録を「原始文献」つまり原資料と「研究文献」とに分けて載せている．このような記述のねらいは，

> 科学者の学術的生涯の紹介を通して，読者に実用でしかも信頼できる資料を提供することであり，そしてまた，

> 読者は，本書によって単に科学者の生涯や学術的業績と思想を理解するだけでなく，中国古代の科学技術の発展の歴史過程も知ることができる

ように，留意して執筆してあるという．

なお，読者対象として次の人たちを挙げている：広範囲な科学技術研究者，科学史研究者，大学の教師・学生，中学校の教師，その他の科学文化の研究者．

3．収録されている数学者・天文学者

本書に伝記が載っている 249 人のうち，数学または天文学を研究した科学者 81 人を選び出して，氏名，生没年もしくは活躍した年代，研究分野を記してみる[4]．

墨　　子………生没年不詳，春秋時代末，戦国時代初め（紀元前490年頃～405年頃）に活躍．物理学，数学，機械製造，哲学．

石 申 夫………戦国時代の魏国人，生没年不詳，紀元前 4 世紀中期の人．天文学．

甘　　徳………戦国時代の楚国人，生没年不詳，紀元前 4 世紀中期の人．天文学．

落下閎………西漢の人，生没年不詳，紀元前100年前後に活躍．天文学．
李　　梵………東漢の人，生没年・活躍年代不詳．天文学．
郗　　萌………東漢の人，生没年不詳，１世紀前後に活躍．天文学．
張　　衡………東漢，建初３年（78年）生～永和４年（139年）没．天文学，機械技術，地震学．
劉　　洪………東漢，永建４年（129年）頃生～建安15年（210年）頃没．天文学．
趙　　爽………三国時代の呉国（222年～280年）人，魏晋人あるいは漢人説もある．生没年不詳．数学，天文学．
陳　　卓………三国時代の呉国人，３世紀30年代頃生～４世紀20年代前後没．天文学．
劉　　徽………生没年不詳，３世紀頃に活躍．数学．
虞　　喜………晋，太康２年（281年）生～東晋，永和12年（356年）没．天文学．
姜　　岌………後秦（384年～417年）の人，生没年不詳．天文学．
何承天………東晋，太和５年（370年）生～劉宋，元嘉24年（447年）没．天文学．
趙　　欧………生没年不詳，５世紀初め頃の人．天文学．
祖冲之………南北朝劉宋，元嘉６年（429年）生～永元２年（500年）没．天文暦法，数学．
祖　　暅………祖冲之の子，生没年不詳，５世紀～６世紀の人．数学，天文学．
張子信………生没年不詳，主に６世紀の20年代から60年代に活躍．天文学．
張冑玄………北魏，孝昌２年（526年）頃生～隋，大業年間（612年頃）没．天文学．
劉　　焯………東魏，武定２年（544年）生～隋，大業６年（610年）没．天文学．
王孝通………生没年不詳，６世紀後期から７世紀前期に活躍．数学，天文学．
李淳風………隋，仁寿２年（602年）生～唐，咸亨元年（670年）没．天文学，数学．
瞿曇悉達………生没年不詳，670年頃～730年頃の人．天文学．
王希明………唐代初期の人，生没年不詳，７世紀末に活躍．天文学．
一　　行………唐，弘道元年（683年）生～開元15年（727年）没．天文学．
南宮説………唐代中期の人，生没年不詳，７世紀末から８世紀初めに活躍．天文学．
曹士蔿………生没年不詳，唐，建中から元和年間（780年～820年）に活躍．天文学．
徐　　昂………唐代の人，生没年不詳，主に９世紀初年から20年代に活躍．天文学．
辺　　岡………生没年不詳，主に唐代末年（９世紀末から10世紀初め）に活躍．天文学，数学．
周　　琮………北宋の人，10世紀末から11世紀初め生～11世紀60年代から70年代没．天文学．
賈　　憲………生没年不詳，11世紀前期に活躍．数学．

蘇　　頌………北宋，天禧４年（1020年）生～建中靖国元年（1101年）没．本草学，天文学．
沈　　括………北宋，天聖９年（1031年）生～紹聖２年（1095年）没，生没年については他に４種類の説がある．数学，天文学，物理学，地学，医薬学．
韓公廉………北宋の人，生没年不詳，11世紀後期に活躍．天文儀器製造．
姚舜輔………生没年不詳，北宋，崇寧から大観年間（1102年～1110年）に活躍．天文学．
趙知微………生没年不詳，主に金，正隆から大定年間（1156年～1189年）に活躍．天文学．
黄　　裳………南宋，紹興17年（1147年）生～慶元元年（1195年）没．天文学，地理学．
楊忠輔………生没年不詳，主に南宋，淳熙から開禧年間（1174年～1207年）に活躍．天文学．
耶律楚材………金，大定29年（1189年）または明昌元年（1190年）生～元，皇后称制(5)２年または３年（1243年または1244年）没．天文学，地理学．
李　　冶………金，明昌３年（1192年）生～元，至元16年（1279年）没．数学．
秦九韶………南宋，嘉泰２年（1202年）生～景定２年（1261年）頃没．数学．
楊　　輝………生没年不詳，南宋，13世紀の人．数学．
紮馬魯丁（Jamāl al-Din）………生年不詳，主に13世紀50年代から80年代に活躍，1290年前後没，天文学，地理学．
郭守敬………元，太宗３年（1231年）生～延祐３年（1316年）没．天文学，水利工事学．
趙友欽………南宋の末年（13世紀末）生～元代初め没．天文学，数学，物理学．
朱世傑………生没年不詳，13世紀末から14世紀初めに活躍．数学．
呉　　敬………生没年不詳，15世紀の人．数学．
貝　　琳………明，永楽18年（1420年）頃生～弘治３年（1490年）没．天文学．
程大位………明，嘉靖12年（1533年）生～万暦34年（1606年）没．数学，珠算．
朱載堉………明，嘉靖15年（1536年）生～万暦39年（1611年）没．物理学，天文学，数学．
徐光啓………明，嘉靖41年（1562年）生～崇禎６年（1633年）没．天文暦法，数学，農学．
李之藻………明，嘉靖44年（1565年）生～崇禎３年（1630年）没．数学，天文学，地理学．
邢雲路………生没年不詳，16世紀80年代から17世紀20年代に活躍．天文学．

薛　鳳　祚………明，万暦28年（1600年）生～清，康熙19年（1680年）没．天文学，数学．
王　錫　闡………明，崇禎元年（1628年）生～清，康熙21年（1682年）没．天文学．
梅　文　鼎………明，崇禎6年（1633年）生～清，康熙60年（1721年）没．数学，天文学．
愛新覚羅・玄燁………清，順治11年（1654年）生～康熙61年（1722年）没．天文学，数学，地学，農学，医学，製図学．
年　希　堯………清，康熙初年生～乾隆3年（1738年）没．数学．
梅　瑴　成………梅文鼎の孫，清，康熙20年（1681年）生～乾隆28年（1763年）没．数学，天文学．
明　安　図………蒙古の人，生年不詳，清，乾隆29年（1764年）頃没．数学，天文学．
戴　　　震………清，雍正元年（1724年）生～乾隆42年（1777年）没．数学，天文学，地理学，工事技術．
阮　　　元………清，乾隆29年（1764年）生～道光29年（1849年）没．数学，天文学．
汪　　　莱………清，乾隆33年（1768年）生～嘉慶18年（1813年）没．数学．
李　　　鋭………清，乾隆33年（1768年）生～嘉慶22年（1817年）没．数学，天文学．
項　名　達………清，乾隆54年（1789年）生～道光30年（1850年）没．数学．
董　祐　誠………清，乾隆56年（1791年）生～道光3年（1823年）没．数学．
徐　有　壬………清，嘉慶5年（1800年）生～咸豊10年（1860年）没．数学．
戴　　　煦………清，嘉慶10年（1805年）生～咸豊10年（1860年）没．数学．
李　善　蘭………清，嘉慶15年（1811年）(6)生～光緒8年（1882年）没．数学，天文学，力学，植物学．
鄒　伯　奇………清，嘉慶24年（1819年）生～同治8年（1869年）没．幾何光学，測量製図，天文，数学．
華　蘅　芳………清，道光13年（1833年）生～光緒28年（1902年）没．数学，地学．

──次からは，西洋人──

利　瑪　竇（Matteo Ricci）………イタリア人宣教師．1552年生～1610年没．数学，天文学，地理学．
鄧　玉　函（Johann Terrenz）………スイス人宣教師．1576年生～1630年没．天文学，医学，力学，機械学．
湯　若　望（Johann Adam Shall von Bell）………ドイツ人宣教師．1592年生～1666年没．天文暦算．
南　懐　仁（Ferdinand Verbiest）………ベルギー人宣教師．1623年生～1688年没．天文暦算．

白　　　晋（Joachim Bouvet）………フランス人宣教師．1656年生～1730年没．数学，地理学，化学，医学．
杜　徳　美（Pierre Jartoux）………フランス人宣教師．1668年生～1720年没．数学，植物学，地理学．
戴　進　賢（Ignatius kögler）………ドイツ人宣教師．1680年生～1746年没．天文学，数学．
蔣　友　仁（P. Michael Benoist）………フランス人宣教師．1715年生～1774年没．天文学，地理学，建築学．
偉烈亜力（Alexander Wylie）………イギリス人宣教師．1815年生～1887年没．数学，天文学，中国科学技術史．
傅　蘭　雅（John Fryer）………イギリス人．1839年生～1928年没．数学，物理学，化学，近代工業技術．

注

(1) 当然ながら，本書には簡体字が使われているが，すべて日本の現行の漢字体に直して記す．
(2) 定価は，『上集』が21.3元，『下集』が20.2元である．なお，中国図書を扱っている書店に注文すれば，上下2冊で7,000円台で購入できる．
(3) 中国における時代区分の「古代」は，ふつう19世紀中頃のアヘン戦争以前をいう．
(4) 生没年について，誤記と思われる一，二は訂正して記す．
(5)「皇后称制」は，天皇の死後に皇后が即位せずに政務を行なうこと．
(6) 誕生日の嘉慶15年12月8日は，西暦では1811年1月2日である．

（平成6年3月27日受理）

数学的考察

「求積通考」における cycloid 弧長について

小寺　　裕

§0　はじめに

長谷川弘閲，内田久命編「算法求積通考」（天保15年）の第97，98問では cycloid の面積や弧長について論究されている．その解説としては文献［1］が詳しい．しかし，第98問の別解についてはふれていない．

本稿の目的はこの別解及びその教育的意義についての考察である．

今有如圖線上載一輪輪與線相交處設黒點而從輪轉移線上黒點自離線輪一周轉之時黒點再交線其黒點運行之軌跡自有成象也其象如弧故名曰點跡弧輪徑若干問得點跡弧背及積術如何

§1　cycloid の定義

左記が本書第98問で，cycloid の面積と弧長を求める問題である．

円が回転せずに直線上をすべるとき，等速度で円周上を動く点 P を考え，円が円周の長さだけ移動したとき，P が一回転して元の位置に戻るときの P の軌跡を cycloid と定義している．

弧長は3通りの方法で求めているが，別解として示されている2通りの方法を以下に紹介する．

§2　又點跡弧背を求る解［別解1］

直径 d を n 等分し，それに対応する曲線上の点を P_1，P_2，……，P_n とする．
（図1は $n=6$）

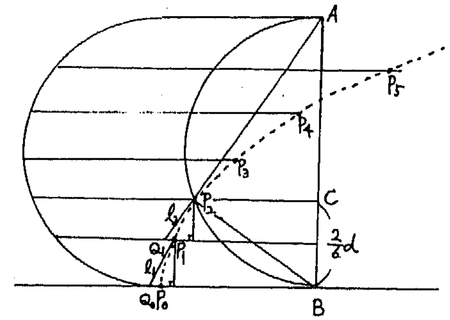


図1

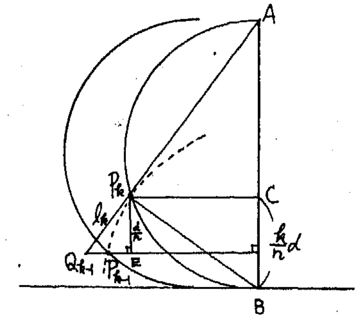


図2

$\triangle P_kBC \backsim \triangle ABC$ より

$$P_kB=\sqrt{BC\cdot AB}=d\sqrt{\frac{k}{n}}$$

従って，

$$P_kC=\sqrt{P_kB^2-BC^2}=d\sqrt{\frac{k}{n}\left(1-\frac{k}{n}\right)}$$

ここで　$P_kQ_{k-1}=l_k$　とおくと　$\triangle P_kEQ_{k-1} \backsim \triangle P_kCB$　より

$$l_k=\frac{d}{n}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-\frac{k}{n}}}$$

よって，求める弧長 l はこれを乙除奇乗表により畳み，2倍して

$$l=2\lim_{n\to\infty}\sum_{k=1}^{n}l_k=2d\int_0^1\frac{1}{\sqrt{1-x}}\,dx=4d$$

§3　又點跡弧背を求る別解［別解2］

円周を n 等分して，曲線を l_1，l_2，……，l_n の線分に分割する．（図3は $n=4$）

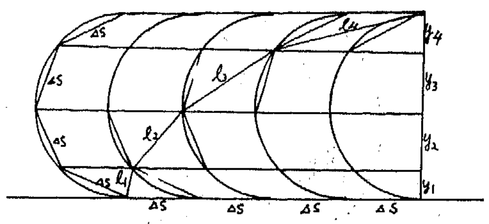


図3

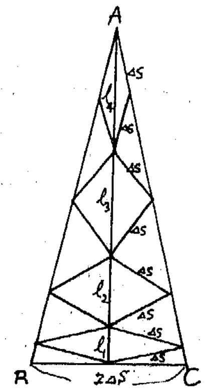


図4

各菱形を並びかえると，ほぼ図4のような二等辺三角形になる．すなわち

$l_1+l_2+\cdots+l_n=$ 二等辺三角形の高さ $=AH$

ところで，この二等辺三角形の面積は，各菱形の面積 H_1，H_2，…，H_n の和の2倍である． $H_1=y_1\Delta s$，$H_2=y_2\Delta s$，…，$H_n=y_n\Delta s$ だから

$$\begin{aligned}\triangle ABC &= 2(H_1+H_2+\cdots+H_n)\\ &= 2(y_1+y_2+\cdots+y_n)\,\Delta s\\ &= 2d\Delta s\end{aligned}$$

また，n が十分大きいとき，底辺 $BC=2\Delta s$ として

$$AH=\frac{2\triangle ABC}{BC}=2d$$

$\therefore\ l_1+l_2+\cdots+l_n=2d$

求める弧長 l は $l=2(l_1+l_2+\cdots+l_n)=4d$

§4 乙除奇乗表

ところで，別解1で l_k より l を求めるところは「乙除奇乗表に依て是を畳み」とある．乙除奇乗表とは，和田寧の「健商除表」にあたり，定積分

$$\int_0^1\frac{(\sqrt{x})^{2m+1}}{\sqrt{x-x^2}}\,dx\quad(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$$

の値を表にしたものである．

別解1で使った $m=0$ の場合を解説しておく．

直径 d を n 等分して，それに垂直な弦の長さを図5のように乙$_1$，乙$_2$，……とする．

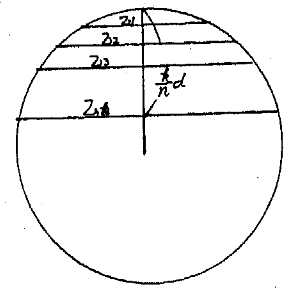


図5

$\text{天}=\dfrac{k}{n}$ とおくと $\text{乙}_k=2d\sqrt{\text{天}-\text{天}^2}$

無限級数に展開して

$$\begin{aligned}\sqrt{\text{天}-\text{天}^2}&=\sqrt{\text{天}}\sqrt{1-\text{天}}\\ &=\sqrt{\text{天}}\left(1-\frac{1}{2}\text{天}-\frac{1}{8}\text{天}^2-\frac{3}{48}\text{天}^3-\frac{15}{384}\text{天}^4-\cdots\right)\\ &=\sqrt{\text{天}}-\frac{1}{2}\text{天}\sqrt{\text{天}}-\frac{1}{8}\text{天}^2\sqrt{\text{天}}-\frac{3}{48}\text{天}^3\sqrt{\text{天}}-\frac{15}{384}\text{天}^4\sqrt{\text{天}}-\cdots\end{aligned}$$

故に $\dfrac{1}{\sqrt{\text{天}-\text{天}^2}}=\dfrac{1}{\sqrt{\text{天}}}+\dfrac{1}{2}\sqrt{\text{天}}+\dfrac{3}{8}\text{天}\sqrt{\text{天}}+\dfrac{15}{48}\text{天}^2\sqrt{\text{天}}+\dfrac{105}{384}\text{天}^3\sqrt{\text{天}}+\cdots$

$$\therefore\ \frac{\sqrt{\text{天}}}{\sqrt{\text{天}-\text{天}^2}}=1+\frac{1}{2}\text{天}+\frac{3}{8}\text{天}^2+\frac{15}{48}\text{天}^3+\frac{105}{384}\text{天}^4+\cdots$$

これを「天表」により畳む．「天表」とは定積分

$$\int_0^1 x^m\,dx\quad(m=1,\ 2,\ \cdots)$$

の値を表にしたものである．

右辺を項別に積分して

$$\begin{aligned}\int_0^1\frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x-x^2}}\,dx&=1+\frac{1}{4}+\frac{3}{24}+\frac{15}{384}+\frac{105}{1920}+\cdots\\ &=2\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{8}+\frac{3}{48}+\frac{15}{384}+\frac{21}{768}+\cdots\right)\\ &=2\end{aligned}$$

なぜなら $\sqrt{1-x}=1-\dfrac{1}{2}x-\dfrac{1}{8}x^2-\dfrac{3}{48}x^3-\dfrac{15}{384}x^4-\dfrac{21}{768}x^5-\cdots$

で $x=1$ とおくと

$$0=1-\frac{1}{2}-\frac{1}{8}-\frac{3}{48}-\frac{15}{384}-\frac{21}{768}-\cdots$$

すなわち $1=\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{8}+\dfrac{3}{48}+\dfrac{15}{384}+\dfrac{21}{768}+\cdots$ となるからである．

$\frac{2d}{\text{乙}_k}\sqrt{\text{天}}=\frac{\sqrt{\text{天}}}{\sqrt{\text{天}-\text{天}^2}}$ であることから，このように乙$_k$が分母に来る式の，区分求積法による値を表にしたものを「乙除表」と呼んでいる．しかし，

$$\int_0^1 \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{x-x^2}}\,dx=\int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-x}}\,dx$$

であるから，これを別に作ってある「差表」を使ってもよい．

差＝1－天　と名づけ

$$\int_0^1 (\sqrt{1-x})^m\,dx \quad (m=-1,\ 1,\ 2,\ 3\ \cdots)$$

などの値を表にしたものを「差表」という．

§5　教育的意義

これら2つの別解はたいへんわかりやすく，教育的にも有効な方法である．[別解1]の区分求積法は高等学校の「微分積分」のよい教材になる．現行の指導法によれば，弧長を求める公式

$$l=\int_\alpha^\beta \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}\ dt \qquad \cdots\cdots (*)$$

を使い，三角関数の積分にもちこまねばならないが，区分求積法だと $\frac{1}{\sqrt{1-x}}$ の積分ですみ，比較的早い段階で指導できる．

AP_k が接線になっていることも和算家特有の直感力で見抜いているが，次のようにすれば容易に証明できる．

円の移動速度と P の速度が等しく，その合力方向の直線と円との交点を A とすると，$\overrightarrow{PA}$ が接線方向になり，図6のように接弦定理を使うと，AB が直径になることがわかる．

[別解2] にいたっては小学生にも説明可能な方法である．実際に cycloid を小さく切り取り，並べかえて二等辺三角形を作ってみせることにより納得させることができる．

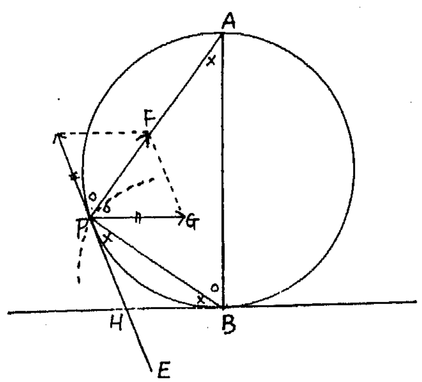


図6

円を小さな扇形に切り，長方形に並びかえて円の面積を説明するのと同様な方法である．

§6　おわりに

cycloid の長さが（$*$）を使わなくても出せることは，私にとっては驚きであった．和算独特の方法かどうかも研究してみたい．和算にはこのように初等，中等教育の教材として使用できるものが沢山うずもれているように思う．

教育教材としての和算研究がもっと活発になることを願って本稿のまとめとする．

References

[1] 加藤平左ェ門:「和算ノ研究　行列式及円理」 開成館　昭和19

[1] 加藤平左ェ門:「江戸末期の大数学者和田寧の業績」 名城大学　昭和42

[3] 田崎中:「江戸時代の数学」 総合科学出版　1983

(平成6年4年1日受理)

会　　報

第71回　数学史講座

平成6年6月4日，恒例の数学史講座（第71回）が上智大学10号館322教室にて午後3時より開催された．今回の講師は林隆夫氏．題目は「古代インドの数と式の表現」で，下記の内容にそって，古代インドの数学についてご説明いただいた．

I　数（サンキヤー）の表現
　1　整数　　2　分数（カラー，ビンナ）　　3　無理数（カラニー＝無理数²）
II　式の表現
　1　演算（パリカルマン）　　2　未知数（アヴヤクタ）　　3　式

今回の参加者は下記の通り（記帳順，敬称略）．講演終了後，古代中国の数学との比較など多方面からの質問が出されて活発な意見交換がはかられ，有意義な会となった．

浜田敏男，岡部　進，高木茂男，大網　功，大橋由紀夫，岡部典子，柴原英雄，川原秀城，佐藤健一，中山陽子，須賀源蔵，北邑一惠，王　青翔，内田孝俊，塚原久美子，西田知己，福原桃代，小野雄司，羽深　隆，蔵持信朗，上野尚亨，高原健吉

編集後記

1．近年，どの分野でも手書き原稿からフロッピー原稿主体への移行が目立っており，学術雑誌におきましても，その方向にそった切り替えが徐々に進んでいます．数学史学会事務局としましても，将来的にはフロッピー原稿を主体にしていきたいと考えております．ただ会誌の性格上，原稿に数式や図版などが多く，現在のところ機械的な変換の方が断然速く正確ともいえないため，フロッピー原稿を会誌に取り込む変換機の使用は見合わせている次第です．
2．このような特殊事情があり，この問題につきましては少々微妙なのですが，これからご投稿される方でワープロをご使用の方は，念のため機種名と機種番号をお書き添え願いたく存じます．大半が文章からなる原稿など，内容によりましては，フロッピー原稿をお貸し頂けますよう，ご連絡することもあるかと存じます．ご協力のほど，よろしくお願いいたします．

（西田知己）

数　学　史　研　究

通　巻　142号（1994年7～9月）
発行所　日　本　数　学　史　学　会
〒161 東京都新宿区下落合1丁目7番7号
富士短期大学科学史研究室
電話　東京(03)3368－8826番（出版部）
会　費　年額　10,000円
振　替　東京2－20022番
印刷所　ト　ー　コ　ー　ワ　イ　ス
〒162 東京都新宿区矢来町43
電話　(03)－3260－7824番

ISSN 0386-9555

SŪGAKUSHI KENKYŪ

JOURNAL OF HISTORY OF MATHEMATICS, JAPAN

NO, 142

July－September, 1994

CONTENTS

Edited and Published by
The History of Mathematics Society of Japan
Fuji Junior College
1-7-7, Shimo-ochiai, Shinjuku-ku, Tokyo, 161, Japan

数学史研究　（通巻142号）平成6年9月25日
東京都新宿区下落合1-7-7　電話（03）3368-8826　日本数学史学会