Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. E, 34, pp. 51–60, December 22, 2011

技術的内容からみた江戸初期清水流測量術形成について

鈴木一義・田辺義一[1]

国立科学博物館理工学研究部，[1]国立科学博物館名誉研究員
〒169–0073　東京都新宿区百人町3–23–1

Technical Origin of the Surveying Method in Shimizu's School

Kazuyoshi Suzuki and Yoshikazu Tanabe

Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science
3–23–1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169–0073, Japan

Abstract　Many surveying methods are known depending on used instruments. Shimizu Taemon Sadanori adopted the plane board (kenban), which was original in Japan. Its plane board is useful instead of pole and L square (like a carpenter's square) known well in old China and Japan. In West, various instruments such as quadrant, circumferentor, theodolite and plain table were used in the end of 16th century and in the start of 17th century with the trigonometrical function, which was not introduced in Japan till the 18th century. The originality of the surveying method of Shimizu's school exists in the fact that they have measured based on the concept only of geometrical similarity without trigonometrical function.

Key words :　History of Technology, Surveying Method of Shimizu's School, Plane Board (Kenban), Geometrical Similarity

1. はじめに

江戸初期（17世紀後半から18世紀前半）において，国絵図作製において大きな役割を果たした清水流測量術は清水太右衛門貞徳を中興の祖とするものであるが，その形成過程については不明の部分が多い．清水太右衛門貞徳自筆の文書が少ないこと[1]，それに関連してこの測量術に関する研究が少なく，特に戦後は殆ど見られないことである[2),3]．最近清水太右衛門貞徳直筆として最古と思われる「元禄四年印可巻」[4]及び「元禄六年印可巻」[5]が発見され，これらと彼の他の直筆の文書とから，清水太右衛門貞徳自身の作り上げた測量術の内容が明らかとなった[1]．その内容は彼の直弟子達の残した技術内容とあまり変わらない．（もちろん直弟子達やそれ以降の弟子達が工夫したものはある[6]．）また清水太右衛門貞徳が自ら如何にしてその測量体系を構築していったか，彼の著作物の内容を手掛かりに検討した結果，「規矩元抄」が彼の出発点（現状で遡れる最も古い文献という意味）であり，測量道具の工夫の跡が明かとなった[7]．

清水流測量術の測量道具は，基本的には板，直定木，糸，磁石，根発であり，その後種々工夫を経て規矩元器といった器具が開発されていった．この清水流測量術は紅毛流測量術であると言われるがその理由は明確ではない．「根発（コンパス，より正確にはデバイダーのこと）」が航海術の関連で日本に導入されたのは確かである（表1参照）．西洋においてはコンパス（デバイダー）はギリシャ・ローマ時代以前からあり，日常的にあらゆる分野で用いられていた[8]．航海に用いられたのもその一環である．中国や我が国で知られた「規」は「ぶんまし」とも呼ばれるが，二股ではなく（後には二股のものもある），三本の腕をもつ構造をしており，円を描くには西洋のコンパスと同じ機能であるが，デバイダーとして用いるにはあまり簡便とはいえない[9]．一方清水流測量術で重要

な位置を占める「見盤」については，西洋の「平板測量」との連想から，西洋由来のものと考えられてきた．しかし清水太右衛門貞徳直筆の「清水貞徳規矩元法図解原本傳書」[10]に「古傳ニハ理令傳授故ニ無見盤予不合事理愁始而此作見盤雖無寸方長凡一尺横七寸厚四分高二尺余也細工有口傳定木ハ一尺五六寸各用檜木」とあり，自分自身の工夫であると言っている．これは以後のいくつかの写本でも書かれている[11),12]．この記述が正しいかどうかを検証するには，当時の世界の測量術において，如何なる道具が使われ，また日本にどのような情報が伝わっていたかを調べる必要がある．その検討結果を報告し，清水流測量術の見盤は日本発であることを明確にする．

2. 17世紀初頭の日本における使用道具からみた測量術（町見術）について

江戸時代初頭（1600年代初頭）における日本の測量術についてはあまり知られていない．現在管見に入っている測量術（町見）を記載した文献を，特に道具という観点を重視して表1に並べた．使用している道具類がその測量術の特徴をよく表している．

慶長十四年（1609年）砲術家多期真房が小川左太郎に与えた免許状が知られている[13]．方法としては「表」（一定長の目印の棒）や「矩（さしがね）」（木を直角に組み合わせたもの，曲尺）を用いて必要な距離（遠さや高さ）を測り，重差術を用いて距離を求める方法である．これらの方法は「九章算術」[14]や「海島算経」[15]に書かれたものとほぼ同じであり，三角形の相似の概念を使って所要の長さを求めるものである．この資料は，①少なくとも砲術家の間で，「九章算術」や「海島算経」の幾何学の内容が理解され実用に供されていたことを示す，②「九章算術」や「海島算経」は魏晋頃の劉徽が註を施したことで有名であるが，我が国でも律令体制下でこれらの書物の講義が行われたことは知られている，しかし武家社会の中ではどのような位置づけであったか不明であったが，綿々として伝わっていたことを示している，等の理由で大変重要である．

中国や東南アジアへの実際の航海の経験から，航海術としてもたらされた測量技術は，西洋からのものである．元和四年（1618年）の池田好運の「元和航海書」[16]には（その記述内容から寛永五年（1628年）頃の執筆内容も含まれていると考えられる．），象限儀（クワランテ）や磁石の図が見られる．寛文十年（1670年）の「按針之法」[17]は嶋谷市左衛門定重（嶋谷見立の息子）の記述であるが，クワタランテやコンハツの名前がある．コンハツについては，そのデバイダーとしての航海での使用法が詳細に記述されている．貞享二年（1685年）の「船乗ぴらうと」[18]には「嶋谷見立翁傳授之」とあり，「クワダランテ」や「こんばす」の図が書かれている．嶋谷市左衛門（見立）は慶長十一年（1606年）頃の生－元禄三年（1690年）没といわれ，若いときは中国へ航海し，寛永十四年（1637年）の島原の乱では石火矢を打って御褒美銀を受け，寛文十年（1670年）の幕府の唐船建造では船頭を務め，延宝三年（1675年）には小笠原諸島巡検を行った人物である[19),20]．「分度余術」[21]等で，江戸時代初頭の測量術関連の人物は，樋口権右衛門と嶋谷市左衛門が双璧といわれたその人物である．因みに小林謙貞（樋口権右衛門と同一人物と考えられている．）については，細井知慎廣澤の「測量秘言」[22]に「（前略）……小林謙貞と申人御座候……（中略）……然に此学の根本は西洋按針役の者より相傳いたし来り申候……（後略）」とあるが，実際の航海の経験があったかどうかは不明である．

軍事関係では，寛永十八年（1641年）の「紅毛火術録」[23]が知られている．本書はオランダのカピタン「ふらんすごぶるなとふす」と火業役人「へいとるからす」から平戸藩士古川治部左衛門重政に口授されたものである．この紅毛火術録の成立年代や人物については議論があるが寛永十八年頃の成立と考えて問題ないと報告されている[24]．クワトロアンやコンパスの図が記載されている．これらの図は日本初出である．クワトロアンの名前からは象限儀（四分儀）と思われるが，紅毛火術録に記載の図では全周になっている．circumferentor に近い形である．また全周のある目盛が写本により異なっているが，360度となっていたと考えられる．日本学士院所蔵のものは360度である[23]．クワトロアンを用いた測量法も記載されているが，不明の部分も多い．しかしこの測定法の検討から日本独自の測定法が考案された可能性もあり，後述する．正保年間の北條氏長門下では，オランダから学んで，方円分度儀（大円分度，小円分度）や磁石を用いた測量法が行われた．方円分度の円周には360度の目盛りが刻まれており，

表1.　文献に記された江戸初期の測量道具について

年　代	出　典	著　者	分　野	測量道具	備　考	参　考	文　献
慶長十四年（1609年）	砲術測量免許状	多期主水眞房	砲術	表（目印の棒），矩（木を直角に組み合わせたもの，曲尺）	海島算経（重差術）		13
元和四年（1618年）または寛永五年（1628年）頃	元和航海書	池田與右衛門入道好運	航海	象限儀（クワランテ），方位磁石			16
元和八年（1622年）	割算書	毛利勘兵衛重能	算術	かね（ものさし）と腕		比例	30
寛永四年（1627年）	塵劫記	吉田七兵衛光由	算術	鼻紙の折紙，ものさしと糸		比例	31
寛永十七年（1640年）	因帰算歌	今村仁兵衛知商	算術	図写（縦4横3の長方形を核に用いる）		比例	32
寛永十八年（1641年）	紅毛火術録	古川治部左衛門重政	砲術	クワトロアン，水縄，コンパス	オランダ伝来	縮図，移動	23
正保・慶安年間（1644–1652年）	分度口訣 分度口訣別巻	（北条氏長又はその一門）	軍事	方円分度儀（大円分度，小円分度），磁石，杭，縄，井桁	「廻り検地」の方法を図示　円周360度 板を用いない	導線法	27, 28, 29
明暦三年（1657年）	格致算書	柴村藤左衛門盛之	町見	台		比例	33
万治二年（1659年）	改算記	山田彦右衛門正重	算術	板		比例	34
寛文十年（1670年）	按針之法	嶋谷市左衛門定重	航海	コンハツ，クワタランテ（90度）	コンハツ使用法記述		17
延宝二年（1674年）	算法闕疑抄	礒村喜兵衛吉徳	算術	四方なるもの，縦横なるもの，(板，台）		比例	35
貞享元年（1684年）	増補算法闕疑抄	礒村喜兵衛吉徳	算術	板，櫓，杖，石板		比例	36
貞享二年（1685年）	船乗ぴらうと	嶋谷見立	航海	クワダランテ，こんぱす			18
貞享二年（1685年）	規矩元抄	清水九郎兵衛勝則	測量術	板定木，磁石，根発，規矩之器，五寸矩，分度之矩，十文字之小規矩	板定木（後の「見盤」）の図初出	縮図，移動	38
貞享三年(1686年）	図法三部集	（清書之）	測量術	小規矩，磁石，根発，分度之矩，五寸矩	国図（津軽）の作製	縮図，移動	46
貞享四年（1687年）	磁石算根元記	保坂与市右衛門因宗	算術	板，磁石	廻り検地		37
元禄四年（1691年）	元禄四年印可巻	清水太右衛門貞徳	測量術	板定木，磁石，規矩元器，根発		縮図，移動	4
元禄六年（1693年）	元禄六年印可巻	清水太右衛門貞徳	測量術	板，見盤	見盤という語の初出	縮図，移動	5
元禄十二年（1699年）	清水貞徳規矩元法図解原本伝書	清水太右衛門貞徳	測量術	見盤，磁石，規矩元器，根発	見盤という語の定着	縮図，移動	10

西洋から技術を導入したことは明白である[25),26)]．大円分度や小円分度はcircumferentorの変形であろう．縄で測った距離と角度（方位）を測定していくので，縮図を書いて必要な距離を求めた．当然の事ながら地図の作製は容易である．廻り検地として知られた方法である．北條門下の具体的な測量法を記述した文献は殆どない．東北大学附属図書館に「分度口訣」[27)]や「分度口訣別巻」[28)]，「分度規矩当様図解」[29)]といった写本がいくつか残されているが，幕末の頃の写本が多い．この中で「分度口訣別巻」[28)]は項目毎に元禄・宝永年間に伝授があったことを記載しているので，項目内容はあまり変わらずに伝授されていたことが分かる．従って表1では，北條流関係の測定法は北條氏長もしくは福嶋國隆の作と考え，その成立を正保・慶安年間においた．北條流では測定に板は用いられていない．

算術関係では，いくつかの工夫が記載されている．元和八年（1622年）毛利重能の「割算書」[30)]には，かね（物差）と腕を用いて直角三角形をつくり，高さを測る方法が書かれている．寛永四年（1627年）が初版で当時の算術書のベストセラーといわれる吉田光由の「塵劫記」[31)]には，鼻紙を折って使う方法やものさしと糸を用いる方法が書かれている．寛永十七年（1641年）今村知商が表した「因帰算歌」[32)]では，雑術の項に「遠積為之図」があり，縦4横3の長方形を核にして図写により目当てまでの距離を求める方法が書かれている．明暦三年（1657年）柴村盛之の書いた「格致算書」[33)]では「台」を用いるとし，万治二年（1659年）山田正重の「改算記」[34)]では「板」を用いるとしている．また延宝二年（1674年）の礒村吉徳の「算法闕疑抄」[35)]では「四方なるもの」，「縦横なるもの」であれば何でも用いるとしている．貞享四年（1687年）の「磁石算根元記」[37)]も「板」を用いている．即ち，少なくとも1650年頃以後の算術家は，距離を求める方法として，九章算術や海島算経に書かれた方法を基礎に，「板」を用いることは当然と考えていたことが分かる[34),36),37)]．海島算経で用いた「矩（さしがね）」でなくても「板」で十分役割を果たせるということである．

以上，表1から，航海術からコンパス（デバイダー）が導入されたこと，算術の世界では中国古来の九章算術や海島算経に基づいた三角形の相似の概念を用いて距離を求める方法が知られ，その道具として「板」を用いることは比較的早くから知られていたことがわかる．貞享二年（1685年）清水九郎兵衛勝則が書いた「規矩元抄」[38)]では「板」や「台」を用いる測量術が書かれているが，西洋から学んだのではなく，既に日本で知られていた技術をベースに，構成されたものということができる．コンパス（デバイダー）は比例関係を計測するには大変便利なので，航海術から学んで取り入れたと考えられる．樋口権右衛門がコンパス（デバイダー）の足に樋を掘って墨を入れることができる様に工夫し，より便利になったといわれる[11),12)]．

3. 当時のヨーロッパと中国の状況

Galileo Galileiが幾何学的・軍事的コンパス（後に比例コンパスといわれるようになる）の取扱いに関する本 (Le Operazioni Del Compasso Geometrico, et Militare di Galileo Galilei) を1606年に出版している[39)]．このコンパスにquadrant arcをのせて，距離や高さを測定する方法が説明されており，その中に「規矩元抄」[38)]に示された「平町」，「筋違左右進退」，「前後進退」，「不動而知間数」，「知向廣」といった幾何学的配置図と同様の図が例示されている．もちろん板（見盤）を用いるのではなく，彼の考案した目盛りを持つ幾何学的・軍事的コンパス（比例コンパス）及びそれにquadrant arcを挟んで用いて，角度を測定するものである．Galileiはこのquadrantにtangentの目盛をつけ，三角関数を計算することなく，目盛を読めば単純な計算で必要な距離や長さが得られるように工夫した．但しGalileiは目盛の詳細は秘密にし，明示していない．

また16世紀の終わり頃に平板測量法が発明されており，現在使用されている地図作製のための測量法の原理的なものは出揃っていることが，Arthur Hoptonの「Spectrum Topographicum: Or The Topographicall Glasse Containing The Vse Of The Topographicall Glasse. Newly Set Forth By Arthur Hopton Gentleman. (1611)」[40)]の中の詳細な記述から分かる．平板測量法の説明とともに，circumferentor又はsurveyor's compassと呼ばれる全円周にアリダードの付いたものの説明がある．原点と二つの目当ての間の角度を測定できる．但し正確な三角関数表が知られるのは1613年以降であり[41)]，三角関数を用いた計算がどこまで行われていたかは

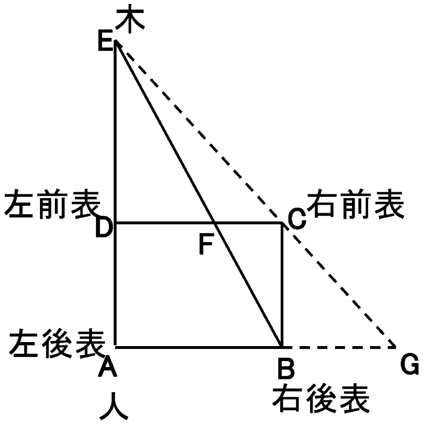

図1.「九章算術巻九」題22の四つの表を用いて木までの距離を求める方法[14]．点線は多期真房の砲術測量免許状に書かれた「求程法」の図[13]．

不明である．またtheodolite（経緯儀）と呼ばれる鉛直角及び水平角を測定できる器械も説明されている．alidade（アリダード，指方規）も既知である．また半円のdemicircleや四分円のquadrantも説明されている．平板測量で必要な平板の構造も3枚の板とその周りを固定する目盛付の梁，それを載せるソケットそして三脚等の説明が記載されている．この本が出版されたのが1611年であるが，平板測量法は16世紀末から17世紀初頭までには完成していたことを示している．

中国では16世紀後半にはマテオ・リッチ（利瑪竇）をはじめとする宣教師達が布教の道具として西洋数学を持ち込んでいる．幾何原本，測量法義，測量全義，崇禎暦書等多くの書物が翻訳紹介された．測量関係では，「測量法義」[42),48)]が1607年から1608年頃マテオ・リッチ（利瑪竇）口訳，徐光啓筆受で出版されている．矩度という四角形で勾配が測定できるようになった器具を用い，幾何学的比例関係を用いて距離を求める方法が紹介されている．内容的には中国で古代から知られた九章算術や海島算経のものと同様である．三角関数は知らなくても実用に供することができた．この「測量法義」及び「測量異同」[48]（「測量法義異同」と紹介されたものもある[47]．）は寛永七年 (1630) の禁書目録に入っている[47]．「測量全義」[43]は1631年（寛永八年，崇禎四年）に羅雅谷 (Giacomo Rho) により訳選され，1644年（寛永二十一年・正保元年，崇禎十七年）には湯若望 (Johann Adam Schall von Bell) と徐光啓により出版されているが，三角関数を知っていることが前提になっている．測量全義十巻には「古象運全儀」と称するいわゆる経緯儀の図があるが，これは細井知慎廣澤の「地域図法大全」[44]に記載された「玄黄全儀」とよく似ている．日本にも流入していたことは知られており，山崎流では西洋から（中国経由の可能性も含めて）種々の技術を学んだ事が分かる．因みに，「測量全義」は寛永七年の禁書目録に入っていない[47]．

4. 測量術（町見・規矩術）の技術的内容について

表1に示された測量術（町見術・規矩術）の技術的内容の変化を以下の分類で区分してみる．

① 板や紙の上，物差と糸といった方法で実空間に図（直角三角形）を設定する方法．求める距離は比例関係に従い筆算による．

② 距離と角度（もしくは方位）を測定し，紙の上で縮図を書く方法

③ 板を移動させて縮図を板の上に形成し，比例計算により距離を求める方法

④ 三角関数を用いる方法

この中で④三角関数を用いる方法は，江戸時代初期には日本では受容されなかった．例えば，「測量全義」[43]は1644年（寛永二十一年・正保元年，崇禎十七年）の出版後，日本にも流入していたことは知られている．三角関数表もついているが，日本で三角関数が利用された形跡はない．これから④の段階の議論は本報告で議論している時期については省略できる．

①の段階のものは，「九章算術巻九」[14]にみられる．例えば22番目の題として「今有木去人不知遠近立四表相去各一丈令左両表與所望参相直従後右表望之人前右表三寸問木去人幾何答曰三十三丈三尺三寸少半寸」とある．これは図1のΔABEとΔCFBが相似であることを利用して長さAEを求めるものである．2つの相似三角形は実空間に現れており，計算によりAEを求めることになる．図に点線で示したように，ECの延長の交点Gを求め，BGを実測することによりAEを求める方法もある．多期真房の砲術測量免許状の「求程法」として書かれている[13]．ここでは四角形ABCDを構成するために，「表」という目印の棒が使われたが，海島算経では「表」と「矩」（さしがね，曲

尺のこと）が用いられている．算術家では紙を使ったり，物差に糸か鎖を付ける等の工夫がみられたが，板を使う方法（より一般的には四方なもの，縦横なるもの）も書かれている．（表1参照.）

②の方法は西洋から伝来した方法と考えられる．クワトロアン或いは分度儀（機能的には circumferentor に近い.）といったもので角度（もしくは方位）を測定し，三角関数を使って計算できれば一番よいが，それができず（理解できず），紙の上で縮図を書く方法が導入された．「紅毛火術録」[23]では，クワトロアンと水縄を用いて距離や高さを測る方法が紹介されているが，そこに記載のクワトロアンの利用方法には不明の点が多い．図2にクワトロアンの使用方法を示す．図2の (a) は紅毛火術録に実際図示されている配置図である．1はクワトロアン，2は同じサイズの板である．ABは水縄で計測し，GEの値（この辺に，勾配に相当する目盛が書かれていた.）からBCを求めるものと考えられる．もちろんOEからCF (∼AC) を求めることも可能である．コンパス（デバイダー）を用いれば，GEを単位（長［タケ］）とした時のOEが求められるので，1長［タケ］をABとすればCF (∼AC) の実測長が求められる．ここではAFの誤差（チリ）が出ることに注意を喚起している[23]．この方法は比例の概念を知っていればよいことは明かである．またこの図の中の1のクワトロアンは∠ABCが直角であることを保証する役目である．

紅毛火術録ではGEの目盛についてABやCBの種々の長さの場合に対しての例が数表として示されているが，勾配を示したものであり，tangentの表ではない．即ち，紅毛火術録附録に「百間ノ内を五間ノ水縄ニテ見流時ノ事」という項目があり，その中に「くわとろあん」の目盛について述べている．例えば最初の例では

一，弐拾間ノ町を五間ノ水縄ニテ見流時ハくわとろあんノ目かず壱寸壱分弐毛五才明ク　此五間ノ水縄四長ケニあた流ナリ　則四長ケハ弐拾間ナリ

とある．これは「くわとろあん」の長さを9寸（従って中心から端まで4寸5分）とし，5/20×4寸5分として1寸1分2厘5毛という目盛が対応することを示している．（但しここでは1寸1分2毛5となっており，若干異なっている.）他の例では，

一，三拾間ノ町を五間水縄ニテくわとろあん目かす七分五リン明ク

となっており，5/30×4寸5分＝7分5厘は正確な数値になっている．また，

一，百間ノ町を同百間ノ水縄ニテ見ル時くわとろあん目四寸五分明ク

一，弐百間ノ町を拾間ノ水縄ニテ見ル時くわとろあん目弐分弐厘五毛

等とあり，正確に（水縄）／（町）×4寸5分の計算値になっている．（他の例では少し数値の異なっている部分があるが，大略正しい数値になっている.）従って日本で使われたこの「くわとろあん」の端には，角度ではなく勾配値が目盛られていたことを示している．

図2(b) はクワトロアンの本来の使い方である．クワトロアンの中心をAにおき，∠CABを測る．これからΔABCを正確に求めることができ，ABを実測しておけばBCやACを求めることができる．比例の概念だけを知っている場合は別の紙等にΔABCの縮図を書き，ABの実測値との対比から比例計算によりBCやACを求めることになる．もし三角関数を知っていれば，ABと∠CABにより容易にBCやACを求めることができる．実際Galileo Galileiはクワトロアンの目盛に角度の正接 (tangent) を目盛ることにより，高さや距離を簡単に求められるように工夫している[39]．

図2(b) は三角関数が未知であった当時の日本では受け入れられなかった．もっぱら図2(a) の方法が使われたようである．ABの距離が大きい（何十間以上）場合はクワトロアンがせいぜい尺のオーダーの大きさなので，AFの誤差（チリ）は小さい．しかもA点で図のように板を配置して用い

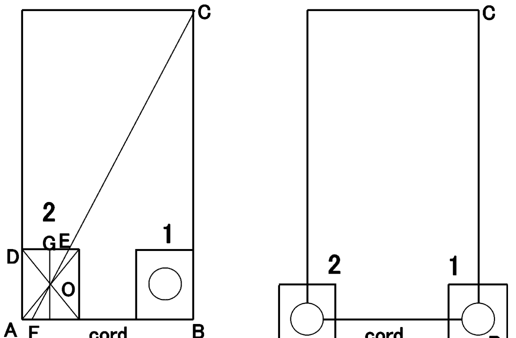

図2.「紅毛火術録」で議論されているクワトロアンの配置図．(a) 紅毛火術録に記載の図[23]．(b) 本来のクワトロアンの配置図．

るとなると，この板の上の相似三角形を考えればよいことにすぐ気づくはずである．樋口権右衛門か金澤父子もしくは若い清水九郎兵衛勝則が気づいたのではないだろうかという推定も可能である．（以下の③の議論を参照．）但し，ABが大きいとGEが小さくなり，その目盛りの精度が測定誤差として大きく影響する．

一方，北條氏長一門では，circumferentorを模したと考えられる方円分度儀（大円分度，小円分度）という角度を測る器具が発明された．方位の確認のために磁石も使われたが，距離は縄で測り角度（もしくは方位）とともに記録して，紙の上に縮図を書いた[28]．これは廻り検地で使われる方法である．方円分度儀では円周360度が刻まれており，西洋人（オランダ人）から詳細を学んで北條流測量術を形成したと考えられる[25),26]．

③の段階の方法は，図2の (a) のようにクワトロアンを用いる方法に飽き足らない人々（三角関数は知らない）が，紅毛火術録に書かれた方法を進化させたものと推定される．板を用いて，更にそれを移動させることにより，①と同様の幾何相似図形を実空間でしかも板上に出現するようにしたものである．「平町」，「筋違左右進退」，「前後進退」等の配置図がそれを示している．実測値の辺の長さと板上の縮図の対応する辺の長さの比から他の辺の長さを求めた．これにはその簡便性からコンパス（デバイダー）が重宝された．これが清水流（乃至は樋口流）である．清水流の板定木或いは見盤を用いる方法が西洋由来でないことは次のことからも明かである．

1)　西洋ではアリダードがずっと前から作られ利用されていたので，板の上にアリダードを載せて，目当てに照準を合わせる事ができた[40]．アリダードのない日本では板の辺を正しく直角として使うか，又は定木の辺を照準の代わりに用いた．アリダードが使われるのは西洋から技術が入ったことがあきらかな北條流[25]や山崎流[44]である．

2)　板を水平として用いるのみならず，垂直にして用いることが考慮されている[4]．

3)　清水流では板の端を照準として用いるとともに，測定の一辺として用いたため，板の端からずれた三角形が形成された場合は特別と考えられた．そのため「板切事」[5]とか「剌盤術」[45]という技術的項目が掲げられている．板の端からずれた場合でも，補助線を引いて三角形を作れば，考え方に問題はないことを示したものである．西洋では元々板の端を照準として使うことは想定していない（アリダードを用いて全ての辺を板上に書くことを前提）ので，このような配慮はない．西洋では平板の端には目盛が付けられている[40]．

この③の段階の方法で特徴的なのは，相似の概念のみを使うので，直角三角形に拘る必要はないことである．清水流では「平町」とともに「筋違左右進退」の項目があり，非直角三角形でも全く同じ方法が使えることが示されている．鈎股弦を用いて筆算で求める長さを出す時には直角三角形であることが必要であったが，相似という概念だけで比例関係から求めることができると分かれば，直角三角形に拘る必要はなくなる．「海島算経」[15]で最初に出てくる海島までの距離と島の高さを求める問では，図3で，ΔDEFとΔFKHは相似だから $(y-a):x:b=a:c:(d-c)$ となる．（但し，$CD=y$, $CA=x$, $AE=BF=a$, $AG=c$, $BH=d$, $EF=AB=b$とする．）これから$x=bc/(d-c)$, $y=ba/(d-c)+a$である．いくつかの直角三角形（ΔDJEとΔFBK, ΔDJFとΔFBH等）の相似からも導かれるが，この図からΔDEFとΔFKHが相似であると気づくことは容易である．即ち直角三角形を意識しなくても，EFとKHの比$b/(d-c)$ が分かれば，cよりxが求められるし，aより $(y-a)$ が求められる．

「規矩元抄」[38]では，図4に示すように，「前後進退」により目的の高さ x を求めるにはb（板の移動距離）とaの比からcを知って$x=bc/a$により求められる．直角三角形を意識する必要はない．図5の「筋違左右進退」でも，bとaの比からcを知って$x=bc/a$として目的までの距離xが求められる．これは明らかに非直角三角形の相似を用いている．言い換えれば，「平町」の説明は不要で，

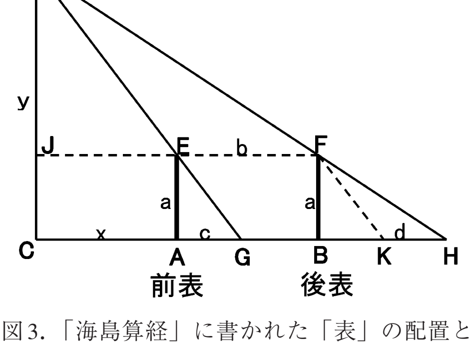

図3.「海島算経」に書かれた「表」の配置と海島の高さを求める方法[15]．

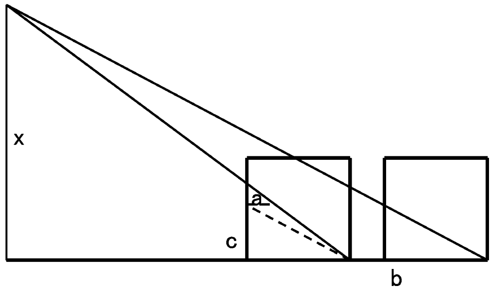

図4．清水流測量術における「前後進退」の図[38),4),10)]．

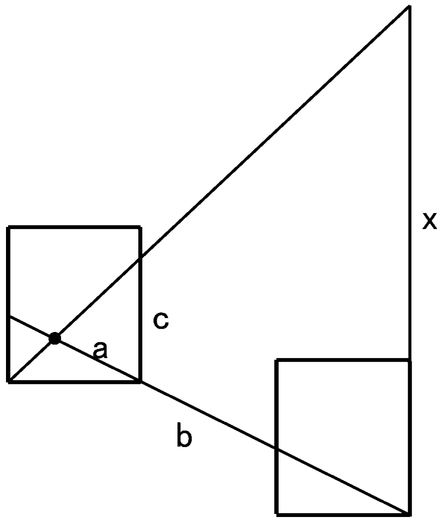

図5．清水流測量術における「筋違左右進退」の図[38),4),10)]．

この「筋違左右進退」の説明の特別な場合が「平町」であることを示せばよいはずである．直角三角形に拘って「平町」が掲げられているのであろう．

西洋でももちろんこういう方法は知られていたであろうが，より古くから三角関数が用いられ，このような相似のみで距離を求める必要性が意識されてこなかったと考えられる．Galileo Galilei[39)]やArthur Hopton[40)]の本にはこういった配置図も書かれているが，いずれも三角関数を用いて距離は求められている．（但し，十分実用に耐える正確な三角関数表が出版されるのは1596年，或いはその訂正版の1613年である[41)]．）一方日本では三角関数の概念は伝わってはいたようであるが未だ理解されず，それを使わずに正確な距離を求める必要から，幾何学的な相似の概念をより進化させてその目的を達したと考えられる．そのベースには古来の中国から輸入した九章算術や海島算経などの学習効果が大きかったと考えられる．

以上から「規矩元抄」[38)]の板（後の見盤）を用いる方法は，日本独自に考案されたものと考えられる．ヒントとして中国や西洋の情報から得たかも知れないが，自分たちの理解できる範囲（三角関数は知らない，幾何学的相似の概念は知っている）で，考え出した測量方法であると結論できる．

なお，「規矩元抄」[38)]が貞享二年（1685年）に突然出てくるが，その測定方法（「平町」，「筋違左右進退」，「前後進退」，「不動而知間数」，「知向廣」といった幾何学的配置図）の記述が全く独自のものなのか，それ以前に何か出典があるのか不明である．同時代の多くの算術書に記載された町見積或いは遠積の図は原始的なものばかりである．紅毛火術録にも記述はない．但しそのような幾何学的配置図は，測量方法として書かれたGalileiやHoptonの著書[39),40)]の測量配置図に一部似たところもあり，測量術としてこのような配置図の項目が必要であるということは外国（西洋もしくは中国経由西洋）から学んでいた，或いは少なくともそのような情報は知っていた可能性はある．

樋口権右衛門，金澤刑部左衛門，金澤清左衛門或いは金澤勘右衛門の考案した内容はどのような部分かはっきりしないが，彼らが寄与した部分も含めて，清水九郎兵衛勝則が自分の独創を中心としてそれらを規矩元抄として集大成したと考えるのが妥当である．いずれにしろ，「規矩元抄」[38)]そして清水流として江戸前期で大きな役割を果たした測量術の主要部分は日本人の独創であることを強調しておきたい．（一部には，例えば「北極之事」[38)]にはクワドラントと思われる図が出てくる．これは明らかに西洋由来である．）

5. おわりに

清水流は独自であるといっても，北條流から学んでいることは確かである．「意順之矩」や「チキリ之矩」は北條流であるが，当流では使わないといった表現，「中居之図」[45),5)]といった廻り検地と同様の図，磁石などである．しかし北條流では用いた円周360度という概念は使っていない．また北條流と同様，三角関数の利用には至らなかったか或いは知らなかったと思われる．しかし見盤

を用いる技術は清水流の独創であるといってよい．測量術を体系化するにあたり，その体系の基礎となる測定法，即ち「平町」,「筋違左右進退」,「前後進退」,「不動而知間数」,「知向廣」といった幾何学的配置図を並べることは，あるいは西洋からの情報に従ったかも知れない．いずれにしろ，清水流はその本質において，日本独自の測量術の技術体系であり，外国も含めて種々の情報を取り入れて清水九郎兵衛勝則（清水太右衛門貞徳）により体系化された測量術である．

謝　　辞

日本学士院，東北大学附属図書館，京都大学附属図書館，東京大学史料編纂所，東京国立博物館，国立公文書館，及び長崎歴史文化博物館には資料閲覧に際し，大変お世話になりました．また東北大学吉田忠名誉教授，京都大学大学院人間・環境研究科松田清教授には資料の閲覧等お世話になりました．更に国立科学博物館長谷川奈織さんには資料整理・準備にお世話になりました．深甚の謝意を表します．

文献及び注

1) 鈴木一義，田辺義一，2011.「清水太右衛門貞徳自筆の元禄四年印可巻及び元禄六年印可巻の発見と彼が書き残した測量術の内容について」，国立科学博物館研究報告（理工学E）E**34**, 1–15.
2) 明治前日本数学史　第5巻，1960.（日本学士院編，岩波書店，1983年）.
3) 遠藤利貞遺著，三上義夫編，平山諦補訂，増修日本数学史，1981.（株）恒星社厚生閣.
4) 元禄四年印可巻，個人蔵.
5) 元禄六年印可巻，個人蔵.
6) 鈴木一義，田辺義一，2011.「清水太右衛門貞徳の直弟子時代の清水流測量術について」，国立科学博物館研究報告（理工学E）E**34**, 17–33.
7) 鈴木一義，田辺義一，2011.「測量道具からみた清水太右衛門貞徳の測量術の形成過程について」，国立科学博物館研究報告（理工学E）E**34**, 35–50.
8) O. A. W. Dilke, 1987. “Mathematics and Measurement”, University of California Press/British Museum.
9) 関野　克，1962. 日本科学技術史，朝日新聞社編（矢野祐利，関野克監修），p. 686.
10) 清水貞徳規矩元法図解原本傳書，東北大学附属図書館　林文庫2570.
11) 規矩元法町見図解，京都大学附属図書館　6-41/キ/3, 191736.
12) 帯礎樋口流測遠術，日本学士院和算資料目録6345；帯礎測遠術樋口流，東北大学附属図書館林文庫2614.
13) 多期真房，砲術測量免許状；海野一隆，1997.「資料：慶長の砲術家多期真房の測量術」，科学史研究II **36**, 51–54.
14) 九章算術，東北大学附属図書館藤原文庫3140.
15) 海島算経，東北大学附属図書館岡本集書A.069 (18062)；海島算経図解，日本学士院和算資料目録6130, 6129.
16) 元和航海書，京都大学附属図書館　07/ケ/1.
17) 按針之法，国立公文書館（内閣文庫23870）.
18) 船乗ぴらうと，吉田忠東北大学名誉教授より平山諦が昭和38年に謄写した原稿を閲覧させて頂いた．東北大学附属図書館所蔵の写本は所在不明.
19) 秋岡武次郎，1963.「小笠原諸島発見史の基本資料，地図について（一）」，海事史研究**1**, 6–26.
秋岡武次郎，1965.「小笠原諸島発見史の基本資料，地図について（二）」，海事史研究**3･4**, 45–57.
秋岡武次郎，1967.「小笠原諸島発見史の基本資料，地図について（三）」，海事史研究**9**, 96–112.
20) 浦川和男，2001.「延宝無人島巡見船の船頭は誰か」，海事史研究　**58**, 19–36.
21) 分度余術，東北大学附属図書館狩野文庫21202.
22) 測量秘言，東北大学附属図書館岡本文庫898.
23) 紅毛火術録，日本学士院和算資料目録7414，長崎歴史文化博物館.
24) 所　荘吉，1974.「紅毛火術録の成立」，銃砲史研究**65**(192), 1–7.
25) Kazutaka Unno, 1995. “A Surveying Instrument Designed by Hojo Ujinaga (1609–1670)”, East Asian Science: Tradition and Beyond, (eds. K.Hashimoto et al. Kansai University Press, Osaka) pp. 411–417.
26) 鈴木一義，田辺義一，2009.「江戸初期の方位及び角度の概念から見た測量術の形成についての一考察」，国立科学博物館研究報告（理工学）E**32**, 41–49.
27) 分度口訣，東北大学附属図書館藤原文庫3912.
28) 分度口訣別巻，東北大学附属図書館藤原文庫3909.
29) 分度規矩当様図解，東北大学附属図書館藤原文庫3911.
30) 割算書，東北大学附属図書館藤原集書3538.
31) 塵劫記，岩波文庫（吉田光由著，大矢真一校注）（岩波書店，1977年）.
32) 因帰算歌，江戸初期和算選書2,（研成社，1991年）.
33) 格致算書，近世歴史資料集成IV，東京大学史料編纂所1060-8.
34) 改算記，近世歴史資料集成IV，東京大学史料編纂

所1060-8.
35) 算法闕疑抄，日本学士院和算資料目録0408.
36) 増補算法闕疑抄，東北大学附属図書館羽賀集書123.
37) 磁石算根元記，東北大学附属図書館狩野文庫7.20332.2.
38) 規矩元抄，国立東京博物館QB2849；京都大学附属図書館　6-41/キ/26, 1816068；東北大学附属図書館藤原文庫4025及び林文庫2565.
39) Galileo Galilei: Le Operazioni Del Compasso Geometrico, et Militare di Galileo Galilei; 翻訳として，Operations of The Geometric and Military Compass, translated by Stillmen Drake, Dibner Lib. Natl. Mus. History and Technol., Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C., 1978.
40) Arthur Hopton: Spectrum Topographicum: Or The Topographicall Glasse Containing The Vse Of The Topographicall Glasse. Newly Set Forth By Arthur Hopton Gentleman. (1611) Reproduction of the original copy in the Henry E. Huntington Library and Art Gallery.
41) Georgio Joachimo Rhetico, L. Valentinus Otho, “Opus Palatinum de Triangulis” (Neustadt, 1596), Bartholomaens Piticus, “Thesaurus Mathematicus” (Frankfurt, 1613).
42) 測量法義，東北大学附属図書館林文庫2612.
43) 測量全義，東北大学附属図書館藤原集書183.
44) 秘伝地域図法大全書，日本学士院和算資料請求番号6350；　東北大学附属図書館藤原集書004.
45) 規矩元法別傳，京都大学附属図書館　6-41/キ/29, 1816074.
46) 図法三部集，京都大学付属図書館　6-41／ス／14, 1816076.
図法三部集，日本学士院和算資料目録　請求番号6387.
47) 好書故事第七十四，近藤重蔵守重，文政九年(1826年)．(近藤正斎全集第三，国書刊行会，1906年)．
48) 測量法義・測量異同，中西算学叢書初編第十冊，(財) 東洋文庫III-7-B-14.