デューラー研究　第26

デューラーの『測定法教則』(2)

美術学科
下　村　耕　史

Dürer's “Unterweisung der Messung” (2)

a translation by Koji SHIMOMURA

序

本稿は前回の報告〔第31巻〕と同じく，Albrecht Dürer, *Unterweisung der Messung mit dem Zirkel und Richtscheit,* Nürnberg 1525. Faksimiledruck nach der Urausgabe von 1525. を底本として試みられたデューラーの代表的著書の試訳である。凡例は前回に倣う。なお図については前回からの通し番号である。

＊　＊　＊　＊

〔承前〕この短い方の線が描かれたら，最初の曲線が得られた線ａｂのところにその線を垂直に立てる。前述の全ての測定を利用し，次図に示されているように，数字の順に高さと幅を決めてそこに点を付す。そこから新しい曲線が得られる。この線は垂線ａｂ上に弓形に曲がる。この線は葉〔の形〕にも，柱頭下の角状の傾斜物にも利用される。それはまた上の14のところで扉の屋根にも利用される。ここでは内側の線で壁の厚さも示されている。下より上の方がどの程度壁の厚みが薄くなるかに注意しなければならない。それを下に図示した（図32)。

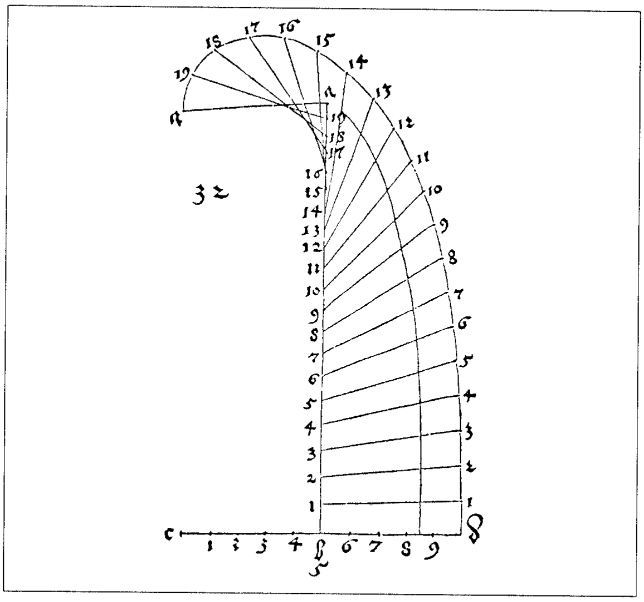

図32

頂点の高さが同じでその他の部分がそれらの成すヴォールトの高低に相応するように，半円あるいは弧線を更に長くする仕方について，石工は知る必要がある。それを次のようにしよう。〔正方形の1/2に当たる〕長方形を描き，上をａｂ下をｃｄとする。線ｃｄを点ｅで二等分し，コンパスの一方の脚を点ｅに他方の脚を点ｃにおき，〔点ｅを基点として〕点ｃから点ｄまで円弧を描けば，この弧は上の線ａｂに接する。線〔ｃ〕ｄを11点で12等分し，その全ての点から弧に向けて直線を平行に引く。この長方形の横に高さが同じで横がもっと長い別の長方形を描き，上をｆｇ下をｈｉとし，前同様に11本の平行な垂線で12等分する。最初の円弧と11本の垂線のなす全ての交点から，長くされた長方形の垂線を通って水平線を真っ直ぐに平行

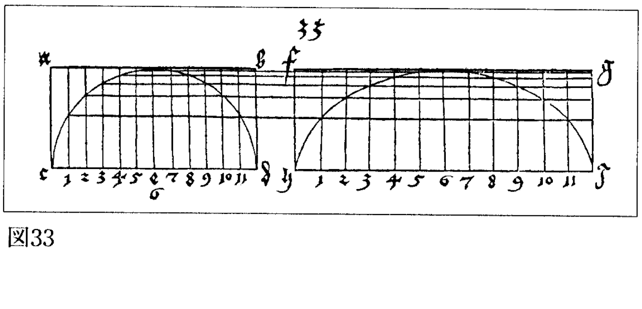

図33

に引く。それらの交点を結んで，長くされた弧線を描く。次図に示したように，ｈから始めて点ｉまで点から点を結ぶ（図33)。

円錐の基底と同形でない，相互に異なる三種の円い線の断面が，円錐から得られることを古人は示した。円錐を中央で〔水平に〕截断しても，上部は円錐になるが，ここで述べるのはそれについてではない。他の三つの断面は各々独自の線をなすのである。これらの線の描き方を教えよう。この最初の断面を学者はElipsis（楕円）とよぶが，それは円錐を斜めに截断してできるもので，円錐の基底のいかなる部分も含まない。この斜めの断面では一方の側が高く，他方が低く截られる。それで一方の側は円錐の基底に近く，他方は離れる。第二の断面は立面図で円錐のａｂの側で，あるいは反対の側で平行線をなす。それを学者はParabola（放物線）とよぶ。第三の断面は立面図で，円錐の基底の中心から円錐の頂点ａに引かれた線に平行な垂線をなす。それを学者はHiperbole（双曲線）とよぶ。この三つの断面の名称をドイツ語でどのように言うのか私は知らないが，それらが識別されるよう，名称を与えることにする。楕円を卵の線（ein eyer lini）とよぼう。それが全く卵に似るからである。放物線を焦線（eyn brenn lini）とよぼう。それから鏡を作れば，それは点火するからである。双曲線を叉状線（einn gabellini）とよぼう。卵の線つまり楕円を描こうと思えば，その前に円錐を描いて，そのなかに楕円の断面を示さなければならず，また同様にその下にその平面図を描かなければならない。それを次のようにする。円錐の頂点をａ基底をｂｃｄｅとする。ａから垂線を下ろす。円錐を通る斜めの断面の上をｆ下をｇとする。この断面を11点で12等分して，ｆの下から数字を付していく。この円錐の下にその平面図を描く。ａは中心に，ｂｃｄｅは垂直にたつ円錐の示す円になる。全ての点から垂線を平面図に下ろせば，ｆｇとその間の１，２，３等の数字から下ろされたこれらの線は円を通る。円との交点に文字と数字を付す。以上のことがなされたら，コンパスをとり一方の脚を，円錐の垂線ａ上の，斜めの断面ｆｇの点１と同じ高さにおき，他方の脚を線ａｄ上のこの高さにおく。この間隔で開かれたコンパスを下の平面図の方に移して，一方の脚を中心ａに，他方の脚を下ろされた直線１上におく。〔ａを基点として〕そこからｄに向けて円弧を描き，線１に戻る。次に再びコンパスの一方の脚を，円錐の垂線ａ上の，断面ｆｇの点２と同じ高さにおき，他方の脚を線ａｄ上のこの高さにおく。再びこの間隔で開かれたコンパスを下の平面図に移して，一方の脚を中心ａに，他方の脚を下ろされた直線２上におく。そこからｄに向けて円弧を描き，線２に戻る。４まで同様に続ける。次に転じて，コンパスの一方の脚を〔円錐の〕垂線ａ上の，数字の５の高さにおき，〔他方の脚を線ａｂ上のこの高さにおく〕。〔この間隔のまま〕コンパスを下に移し，平面図の中心ａを基点として，〔他方の脚を〕下ろされた直線５〔において，そこから〕ｄに向けて円弧を描き，線５に戻る。全ての数字について同様にして，上の円錐の全ての部分を平面図に移す。この平面図から次のようにして楕円の線だけを描く。断面ｆｇの長さをとり，垂直にたてる。11点による12等分の区切りはそのまま移し，全ての点を通して11本の水平線を平行に引く。次に平面図の垂線１上の，円弧の截りとる幅をとり，それを断面ｆｇに移し，それを点１において，両側でその幅のところに点を付す。全ての数字について同様にすれば，点が円弧状に記されて，卵の線つまり楕円は点から点に描かれることになる。それを下に図示した（図34)。

放物線は楕円と同じ仕方で描かれる。最初円錐ａｂｃｄとそのなかに垂線ａを描く。その断面が円錐のａｂの側に平行線をなすように，上から円錐の基底まで放物線を截りとる。この断面の上をｆ，下をｇ，ｈとする。ｆ，ｇ，ｈ間を11点で12等分し，ｆ，ｇ，ｈ間の全ての点に水平線を通す。〔ｆ，ｇ，ｈ間の点で〕ａｄ側にある点については，垂線ａから円錐のａｄ側に水平線を引く。ａｂ側にある点については，垂線ａから円錐のａｂ側に水平線を引く。円錐の下にその平面図を描く。中心をａ円周をｂｃｄｅとする。円錐の数字のついた全ての点とｆ，ｇ，ｈから直線を下ろして円い平

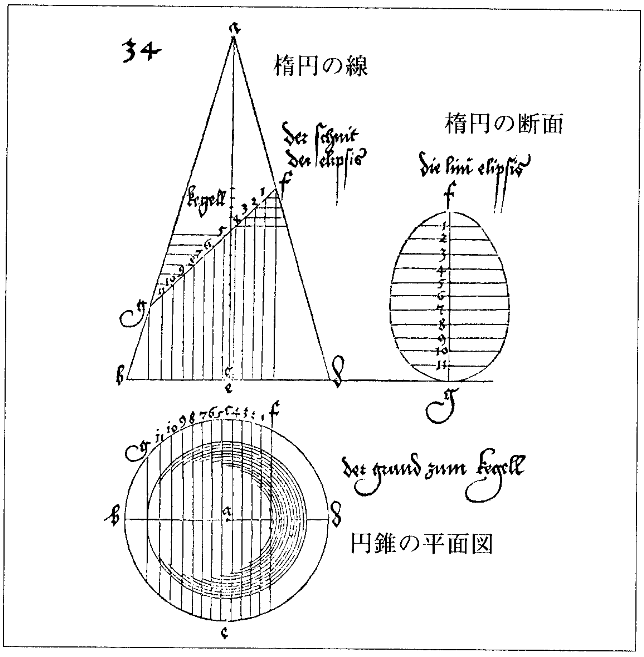

図34

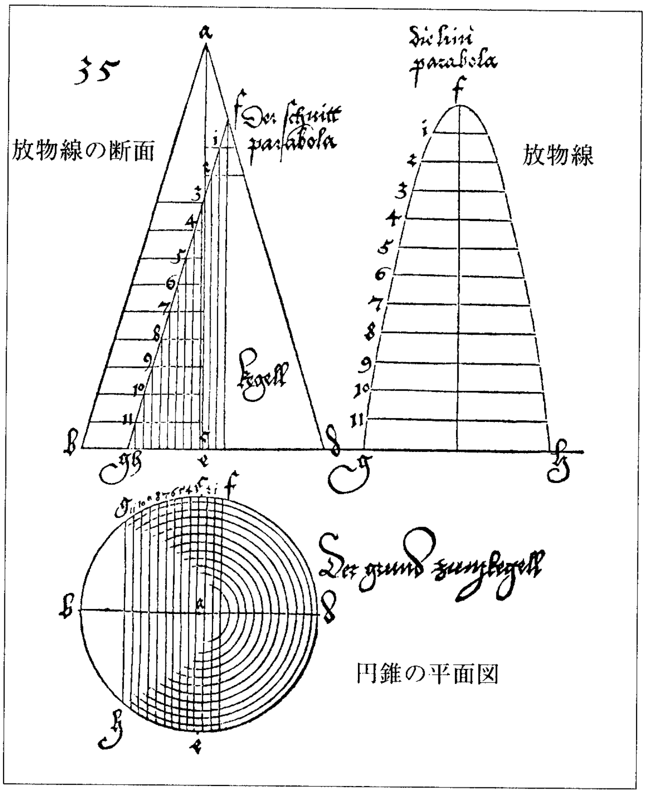

図35

面図を通させ，前に卵の線つまり楕円の平面図で示した通りに，その交点に同じ数字と文字を記す。〔垂線ａ上の点１の高さからａｄ上の同じ高さまでの間隔でコンパスを開きながら〕コンパスの一方の脚を中心ａに他方の脚を直線１上において，〔ａを基点として〕ｄの方に円弧を描き，線１に戻る。数字の付された全ての線について同様になし，ｇ，ｈに及ぶ。このようにすれば放物線の断面の平面図が見られるようになる。上記のことを終えた後，この平面図から放物線つまり焦線をつぎのように描く。水平線を引き，その上に円錐のなかの放物線ｆ，ｇ，ｈの高さを垂直に立てる。平面図のｇｈ間の間隔をとり，それを水平線におき，垂線ｆがその中央にくるようにする。この二点をｇ，ｈと記す。垂線ｆ上の全ての点に11本の線を通す。長さは適当にする。平面図の全ての直線上の，円弧の截りとる幅を垂線ｆ上に移し，垂線ｆがつねに中央にあるようにして，両側でその幅のところに点を付す。ここに図示したように，点から点を結んで，焦線つまり放物線を描く（図35)。

前述の放物線つまり焦線から点火する鏡を作るには，そこから放物線の截断される円錐を作る。その際その尖端の高さが基底の幅より大きくならないように，あるいは円錐〔の立面〕が正三角形になるようにする。放物線を円錐から截断してその線をとり，それから凹面鏡を作ることになる。その鏡の前面を少し截りとれば，日光の線がそこに入射して反射し集合するので，その集合する点で凹面鏡は強く点火することになる。それを理解するには，鏡に映るものは全てまず鏡に入射して反射すること，鏡のなかのものは外側にあるものと反対に見えることを，予め知っていなければならない。それで鏡面は左右逆になる。そのことをよく理解してもらうために，下に図示する。水平線ａｂを引く。それを平らな鏡あるいは覗き込むべき水と思いなさい。一方の側の高所に光ｃを定め，それに対する他方の側に，鏡あるいは水のなかを見る小さな男を定めて，男の眼をｄとする。日光の線ｃと眼ｄの視光線が合致するまでは，日光の線ｃは眼に達しない。それは次のようにしてなされる。屈折の起きる点ｅから垂線を上方に引く。コンパスの一方の脚を点ｅにおき，他方の脚で線ａｂから上方に円を描く。日光の線ｃと視光線ｄ

が垂線から等距離にある位置を，測ってみつける。それがまさに日光が見い出される点である。君の視線が鏡を通ってその下に達し，同時に上の日光の線ｃから垂線が下りれば，鏡を通って引かれた線ｄで，鏡あるいは水において日光がどの程度奥の方に見えているのかが分かる。それと同様に，日光の線はその性質上放物線から作られた鏡に向かってきて衝突し，全ての線はそこから一点に集中して，強く点火する。その原因は数学者が示した。それを知りたければ，その著を読むがよい。いま述べた意見は下に図示される（図36）。

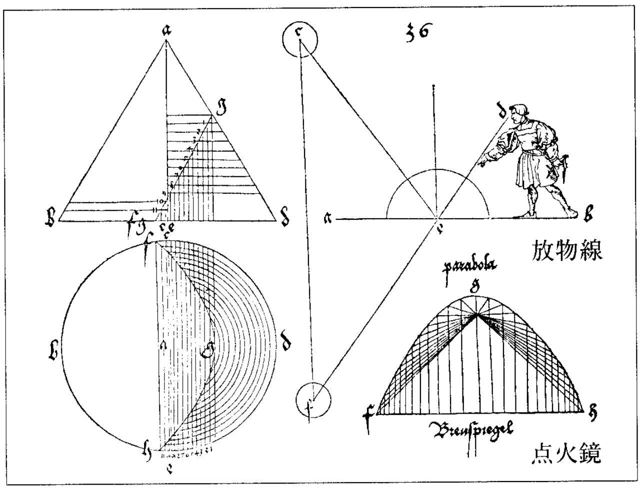

図36

次に叉状線つまり双曲線を描こう。これも前の意見で描かれる。再び円錐ａｂｃｄｅを描く。この円錐内に垂線ａへの平行な垂線を引き，上をｆ下をｇｈとする。こうして円錐のｄ側が截断される。この叉状線つまり双曲線の断面ｆｇｈを11点で12等分し，ｆｇｈと数字のついた全ての点から必要な幅で水平線を引く。そして垂線ｆ〔と線ａｄ〕の側の全ての水平線を通って〔水平線と線ａｄの各交点から〕垂線を下方に引く。円錐の下に，ａを中心としｂｃｄｅを円周とする円錐の平面図を描く。円錐の断面ｆｇｈを截りとってこの平面図に移す。円錐から平面図に移行する状態に合わせて，〔平面図の〕文字ｇｆｈの位置を定める。前に示したようにコンパスをとり，〔円錐内の〕線ｆｇｈの各水平線上で〔線ａと線ａｄ間の〕円錐の半分の幅をとって，それを下の平面図に移す。〔その都度各水平線上の幅を保持しながら〕コンパスの一方の脚を中心ａにおき，〔ａを基点として〕他方の脚を〔線ａｄ上において〕ｄの方に向けて円弧を描く。円弧と線ｇｆｈとの交点に各数字を付する。平面図の線ｇｆｈ上の，円弧で截りとられた各幅をとって，それを円錐の横の垂線ｆ上に数字ごとに移す。〔垂線ｆを中心としてそれぞれの〕幅に合わせて，垂線ｆの両側に数字１からｇｈまで点でしるしをつける。下に図示したように，点から点に叉状線つまり双曲線を描いていく。文字がなくても，図を見れば分かると思う（図37）。

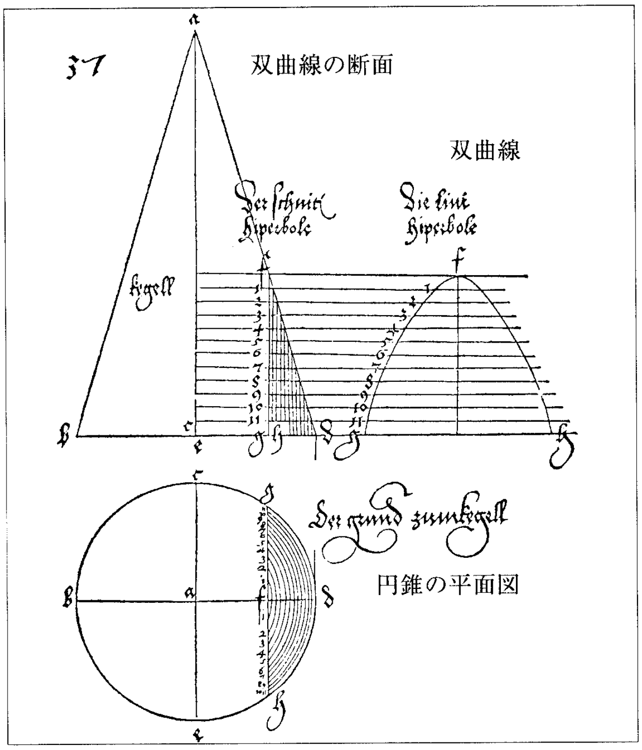

図37

更に種々のことに役立つ線を引こう。それを次のようにする。水平線を引き，両端をａｂとする。ａの方から数えることにして，線上に等間隔に16点を定める。ただし端ｂと点16の間は少しあけておく。次に水平線ａｂ上の点13にａと16の間の長さで垂線を立て，下から上に上記の点をしるす。定規をとり，それにａｂの長さを刻み，その一方の端を水平線ａｂ上の点１にあわせて，定規を垂

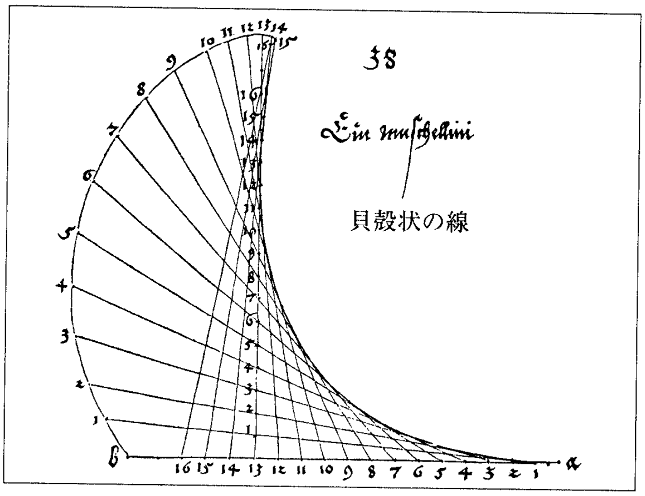

図38

線上の点１に重なるようにおく。定規の他方の端の及ぶ処を点１とする。次に定規の一方の端を水平線ａｂ上の点２にあわせて，定規を垂線上の点２に重ねる。定規の他方の端の及ぶ処を点２とする。水平線と垂線上の全ての数字について，数字16まで同様にする。次に，下に図示したように，貝殻状の線を点から点に結ぶ。この線は多様に変えられる（図38)。

いま作られたこの線を容易に描くために，道具を準備することができる。次のようにする。水平におくために，それに必要な長さの四角な木を調える。始まりをａ終わりをｂとする。中で小輪があちこち移動できる深い溝を木の上部に彫る。必要なだけの点と数字で木を区切り，ａから数字を始める。次にこの水平の框の中央に，水平の木つまり框と同じ長さの垂直の薄い二枚の定規を立て，その間を密着させる。そして水平の木つまり框に点刻されているのと同じだけの数字を直ぐに定規に点刻し，数字は下から始める。次に必要な長さの小さな槍を作り，その後端に回転する小輪をとりつける。小輪は水平の框ａｂの溝にそって真っ直ぐにあちこち動く。次に二つの定規の間で小さな槍をｂの方でずらしながら，小輪のついた槍の下部を，水平の木の溝にそって，その最初の点１に定める。そして小さな槍を定規の間で下げながら最下の点１に重ねる。下の小輪を定規の方に近づけて内側に引き込むほど，小さな槍は定規

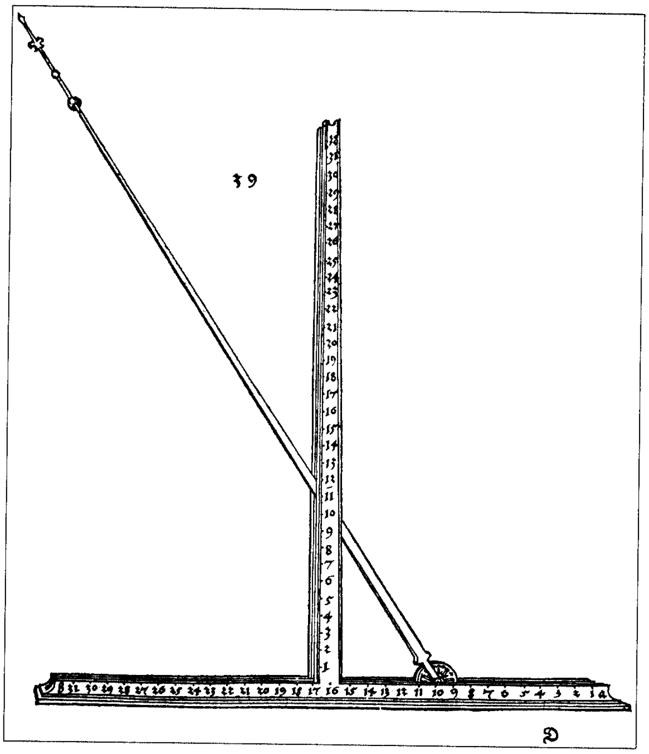

図39　　D

の間で上方にいく。このようにして小輪が二つの定規の下にきて，〔この作業は〕終わることになる。先の尖った小さな槍のおかげでこの〔貝殻状の〕線が描けるようになる。以上の私の意見を次に図示した（図39)。

更に，クモの線（ein spinnen lini）とよばれる別の線が挙げられる。クモ〔の網〕によく似た線がそれで描かれる。次のように〔線ａｂと線ｂｃを〕二通りめぐらせて，それを描く。垂線ａｂを描き，それに別の線を連ねて，その端をｃとする。線ａｂの端ａはそのままにして，端ｂを〔ａを基点とし，ａｂ間を半径にして〕円状にめぐらせ，それぞれの端もｂと記す。次に線ｃと連なる端ｂはそのままにして，先端ｃを円状にめぐらせる。最初の線〔ａｂ〕がめぐらされて，その後〔線ａｂと〕連なる別の線〔ｂｃ〕が引かれたならば，その端もｃと記して，特別の線とする。線が正確にめぐらされるために，コンパスの一方の脚を点ａにおき，他方の脚でｂの下に円を描く。線ａｂを区点から区点に正確にめぐらせるために，円を区切り，その各区点に数字を付す。点ｂについても同様に，ｂを中心に円を描い

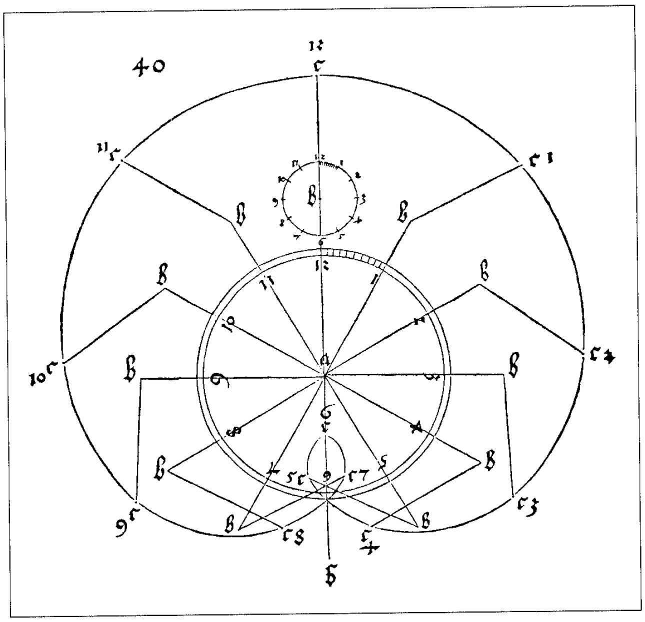

図40

て区切る。線ａｂが〔ａを中心とする円で〕一目盛り進む毎に，線ｃもｂ〔を中心とする〕円で一目盛り進むことになる。進む毎に，線の端にｃと記す。次図のように，ｃと記された線の先端の点を全て結ぶ(図40)。

次に〔器具の諸部分の〕高低，左右，前後の多くの端で，波形の線 (eyn schlangen lini) を描き出す器具を作ろう。この器具では〔幾つかの〕棒が傾斜し，回転し，ねじられる。またそれらの棒と棒の間に円板がなければならない。その中心に口金 (bug) があり，そこで器具のある部分が上に，他の部分が下に，あるいは任意の向きに，あるいは器具の全ての部分が一緒に上にも下にも，回転できるようにされなければならない。そしてどの棒を作るときにも，一目盛りずつずらして棒を長くしたり，あるいは縮めて棒を短くできるようにしなければならず，またいづれの向きにも一目盛りずつ棒を回転し，ねじることができるようにしなければならない。この器具の用い方に応じて，〔それに必要な〕円板と棒の数が決まる。最下にくる棒は下からしっかりと垂直に立てられなければならず，どちらの側にも傾斜されてはならない。他の全ての部分をこの棒を基準にして動かさなければならないからである。そして器具はどの目盛りにおいてもほぞで任意の向きに動かされる。以上のことをよく理解してもらうために，次に実際に器具の作り方を示そう。四つの棒を作り，それぞれの上に節として円板をつけ，その中心に棒をねじこむ。円板の周辺部に目盛りと数字を記す。最後の最小の円板には，適度な大きさの長い針がその中心から出ていなければならない。その針が回転して，それまでとられた線の動きを示すのである。この針は，一目盛りずつ長くしたり短くしたりできるように，伸縮自在に作られなければならない。上述のこのような器具は必要に応じて種々に変えることができ，大きくも小さくもすることができる。だが棒と円板が適度に大きくも小さくもされるように留意することが肝要である。最下にくるものが最も大きく，先のほうにあるものが最小でなければならず，形も強さも重さも全てが整っていなければならない。それを次のように作る。最初に君のもちたいと思う大きさに円板を作る。正方形ｂｃｄｅを描き，中心に点ａを定める。コンパスをとり，一方の脚を点ａにおき，他方の脚で正方形の四辺に内接する円を描く。それが最初の円板の大きさである。次に二直線ａｃとａｄを引き，ｃｄの外側にもこれと同じ半分を定めて，その隅をｆとすれば，第二の正方形ａｃｆｄができる。次にコンパスの一方の脚を線ｃｄ上の中点ｇにおき，他方の脚で小さい方の正方形ａｃｆｄの四辺に内接する円を描く。それが第二の円板の大きさである。次に線ｂｃ上に中点ｈを定めて直線ａｈを引けば，正方形ｈｃｇａができる。次に点ａｃ間を点ｉで二等分する。コンパスをとり，一方の脚を点ｉにおき，他方の脚で正方形ｈｃｇａに内接する円を描く。それが第三の円板の大きさである。次に直線ｉｈを引き，ｈｃの外側にこれと同じ半分を定めて，その隅をｋとすれば，正方形ｈｋｃｉができる。次に線ｈｃを点ｌで二等分して，この点ｌにコンパスの一方の脚をおき，他方の脚で正方形ｈｋｃｉの四辺に内接する円を描く。それが最小の円板の大きさである。このようにすれば整然となる。最初の円板は第二の，第二は第三の，第三は第四の倍の大きさになるからである。

各棒の長さを各円板の高さの四倍とする。棒を円板の中心にとりつける。この四つの棒の全長は，円板の大きさを得るための正方形の図が示すように，漸次小さくなる正方形の対角線からとられることが分かる。棒の幅も正方形からとられなければならない。それを次のようにする。最初で最大の棒の幅をその長さの1/17とし，水平線でその部分だけ切り離して正方形を作る。次にこの正方形の中心点から正方形の二つの隅に二本の直線を引き，〔外側にも〕これと同じ半分を定めれば，〔新しい〕正方形は最初のそれの半分の大きさになる。第二の棒の幅をこの新しい正方形から引けば，その幅は〔第二の棒の〕長さの1/17になる。第三，第四の正方形についても，あるいはそれ以上に君が作りたいだけの漸次小さくなる正方形についても同様になして，棒の幅をつねにそこから引く。こうして各棒はそれに相応しい幅を得て，互いに同様の形をもつことになる。このように棒は，正方形のずれに応じて，次第に上方に押し進み，体をくねらせ，相互にこすりあい，その端は渦巻き線を示す。棒のこの大きさのなかに何か優雅なものを刻もうと思えば，前に述べた意見からその刻み方が直ちに分かる。これにより大小の荒彫りが同じ比例でなされる。この器具を作ろうと思えば，その動き方を混乱させないように注意することである。棒の一方の端を右の円板の，他方の端を左の円板の中心にそれぞれ留める。そして棒をその最下端の目盛りのところで回転できるようにし，また棒が短くも長くもなるように，棒の中央で棒を〔入子風に〕出し入れ自由にする。この器具はかなりの距離まで伸ばされるので，距離を加減しながら，種々の優れた工芸品にそれを使うことができる。この器具の作り方を次に図示した。この器具は各自の好みと必要に応じて様々に利用される(図41，42)。

様々な性質と種類に応じる直線の長さの関係がある。そのことは多くの事柄に利用されるので，その多様さの一部分を示すことにする。というのも様々な道具（werck）をそこから作ることができるし，また実際に，多くの役に立つ有益なものが

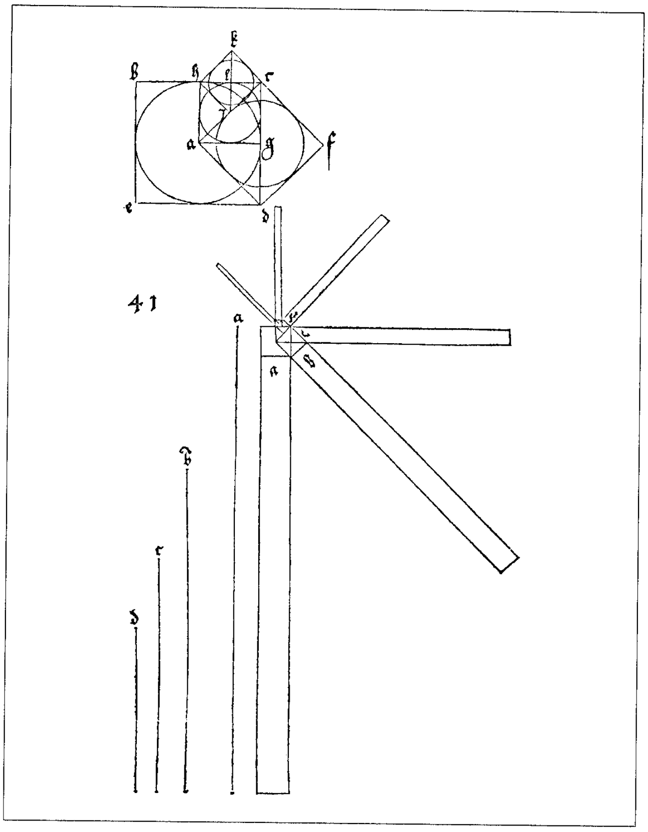

図41

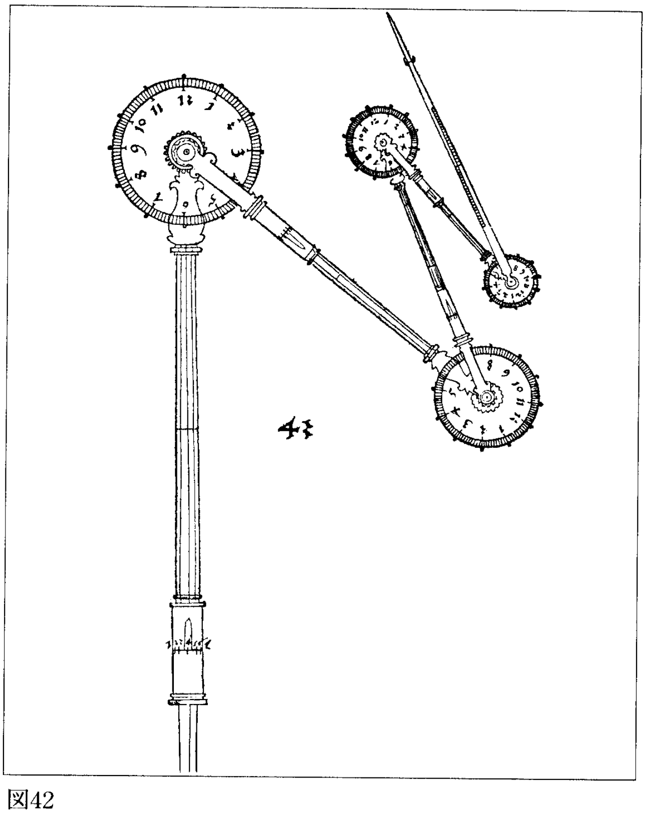

図42

それから考案されるような道具が必要とされるからである。Diij〔その道具を用いれば〕線の状態が悪くなく，線どうしが囲まれて平面と完全な立体物が作られる。最初に幾つかの線の長さが相互に秩序正しく逓減するように，それらを截断することにする。それを次のようにする。二本の直線ａｂとｂｃを，ｂが直角になるように結ぶ。真っ直ぐな斜線ａｃを引く。次にｂｃを四点で五等分し，これらの点1/2/3/4/から斜線ａｃまで平行な垂線を上方に引く。そうすればこれらの線は完全に相互に比例するように截断される。これらの線から平面や立体物を作ることができる。この意見は極めて単純で，しかも用いれば役に立つ。それでそれを下に図示した（図43）。

次に点をずらすことで上記とは別の仕方で，しかも〔その他の点は〕前の意見に従って，線を相互に長くしてみよう。それを次のようにする。任意の長さで水平線ａｂを引き，それに四点を定める。最初の点１を端ｂの近くにおく。点２をそこから任意の距たりの処におく。第三の点３を〔点２から〕点1/2間の二倍の距たりの処におく。点４を〔点３から〕点2/3間の二倍の距たりの処におく。その間隔が一定の秩序で大きくも小さくもなるという仕方で，点の数を任意に増すことができる。これらの点が定められ，それらから平行な直線が任意の長さで上方に引かれたら，斜線上に線1c/2d/3e/4fを定める。点ｃから斜線を引く。こうすれば全ての垂線を長くも短くも截断できるし，またそれらは相互に正しい大きさを得る。それらから平面や立体物を作ろうと思えば，斜線ｆｂ上の各垂線

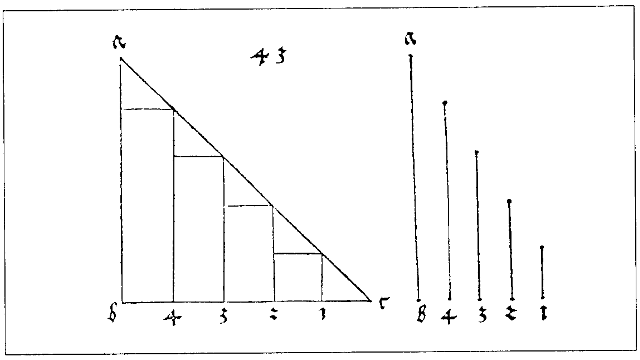

図43

の上端から真っ直ぐな水平線を隣接のより長い垂線に引くことによって，その幅と厚さが見い出される。そして水平線の大きさは相互に特別の関係に保たれる。以上のことを下に図示した（図44）。

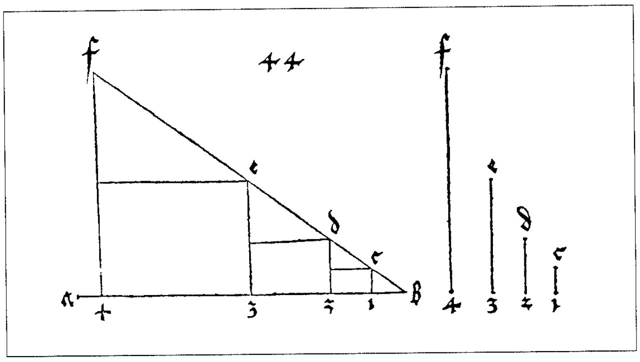

図44

次に上記とは異なる仕方で，円弧を用いて線を引き，秩序正しくそれらの線を長めてみよう。それを次のようにする。円弧ｂｃを描き，中心ａから垂線ａｂと水平線ａｃを引き，ａが直角になるようにする。次に線ａｃを四点で五分し，点４から上方の円弧ｂｃまで平行な垂線を引き，その接点を定める。他の点も同様にして，１にｄ，２にｅ，３にｆ，４にｇを定める。これら四つの線は長さにおいて相互に特別の関係にある。次に円弧を文字とともに〔90度〕回転させて，ｂａが水平にａｃが垂直になるようにする。円弧上の点ｄｅｆｇから水平線ａｂに垂線を下ろす。そうすればこれらの線も長さにおいて相互に特別の関係にある。そこで留意してほしいのは，次に図示するように，これらの長さだけで幅と厚さが与えられること，そのようにしてできる形体が相互に関連しあうことである（図45）。

次に凹形の円弧を用いて線の長短を定め，そのようにしてそれらの線が相互に関連づけられること，更にそれらの長さに相応しい幅と厚さを見い出すことで，どのような形体の平面や立体がそれらから描かれるかを示してみよう。それを次のようにする。最初に長方形を描き，上をａｂ下をｃｄとする。コンパスの一方の脚を点ａにおき，他方の脚をｂにおいて〔ａを基点として〕ｂから辺ａｄ

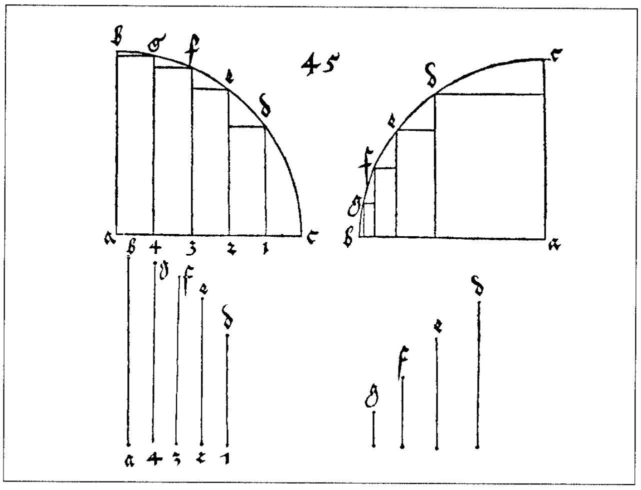

図45

まで下方に円弧を描く。辺ｃｄを四点で五分し，それらの点から凹形の円弧まで四本の直線を上方に引く。その接点を１にｅ，２にｆ，３にｇ，４にｈと定める。そうすればこれらの線が長さにおいて相互に関連すること，更に水平線で上を截って，幅や立体を別のより長い線にまで長めることで，どのような形体がそれらから描かれるのかが分かる。次にこの長方形を〔90度〕回転させて，ｄａが上にｂｃが下になるようにする。凹形の円弧上の点ｅｆｇｈから水平線ｂｃに直線を下ろせば，それらの線が長さにおいて相互に関連することが分かる。点ｈｇｆｅからより長い線まで水平線を引けば，円くも方形にもなる平面や立体がそれらから描かれることが理解されよう。それを下に図示した（図46)。

前の仕方で線を確実に段々と長くしていく別の意見〔を述べる〕。ａを中心とする円ｂｃの四分円を描き，それを四点で五等分する。これらの四点から下方の水平線上に直線を引けば，それらの線が相互に一定の関係にあることが分かり，次に図示したように，何かを作るための幅と厚さがそれらから見い出される（図47)。

等間隔あるいは不等な間隔で秩序正しく水平線上に並置される全ての垂線は，三種の仕方で，つまり凹の円弧，凸の円弧，長短の斜線で截られ，各々独特のものが生じる。前にもなされたことなので，以下のことはいまでは前よりはっきりと理

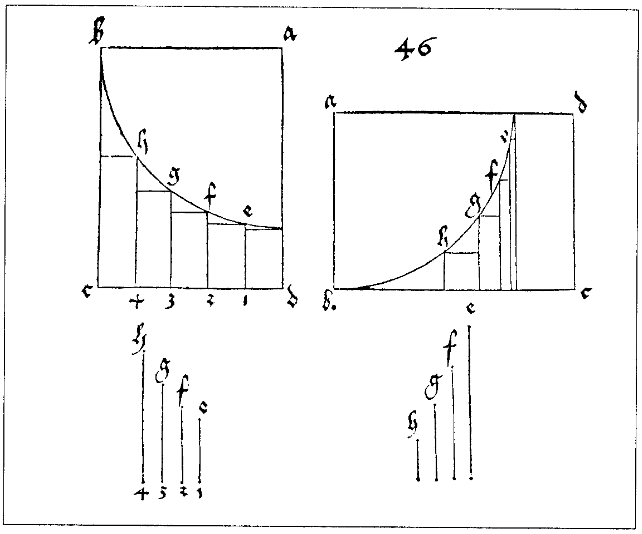

図46

解されよう。水平線ａｂを引き，その上に四本の垂線を立て，それらに１２３４と数字を付し，端ａに垂線を立てる。次にコンパスをとり，一方の脚をこの垂線上に，他方の脚を線ａ上の下部において，四線上に円弧を描けば，それらの線はこの仕方で秩序正しく截られる。線がもっと短くなるように截ろうと思えば，コンパスをもっと広げて，一方の脚を垂線ａ上の前より高いところに，他方の脚を線ａ上の前の位置において，四線上に円弧を描けば，それらの線は前よりも短くなるように截られる。これが凹の円弧による截り方である。次に凸の円弧で前述の線を截ってみよう。端ｂの上下に垂線を立てる。コンパスの一方の脚を線ｂ上の下部に，他方の脚を水平線上の垂線１の前のａにおいて，君が截ろうと思う四線上にａから円弧を描く。線がもっと長くなるように截ろうと思えば，線ｂ上でコンパスを動かし，一方の脚を線

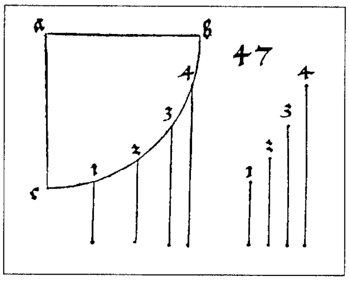

図47

b上の上に，他方の脚を水平線a上の前の点において，四線上に円弧を描けば，それらの線は前よりも長くなるように截られる。ところで私がコンパス〔の脚〕を直線aやb上で動かすのは全く適切なことなのである。というのもエウクレイデス(Euclides)は彼の原論の第三巻第十定理第十一命題で，大円と小円が内接するとき，両円の二つの中心がつねに一直線上にあることを示すからである。両中心を通って引かれるこの直線は，両円の接点をつねに示す。それを次のように理解しなさい。aを中心とする円1/2/3を描き，この円内に点bを任意に定める。次にコンパスをとり，一方の脚を点bに，他方の脚を円周1/2/3上におき，〔大円に接するように〕小円を描く。この円の中心はbである。そして中心aから中心bを通って円周1/2/3まで直線を引けば，この直線はつねに両円の接点を示す。前述の線の截断ではこれを用いる。そうすればコンパスを設定しなおしてもうまくいく。次に前述の四線を直線で截れば，それらの線は多少なりとも段々と長くなる。次のことに留意しなさい。線を截る基準点を水平線aの端に定め，そこから直線を四垂線上に引く。高く引いても低く引いてもよい。そうすれば，下に図示したように，四線は多少なりとも段々と長くなる（図48）。

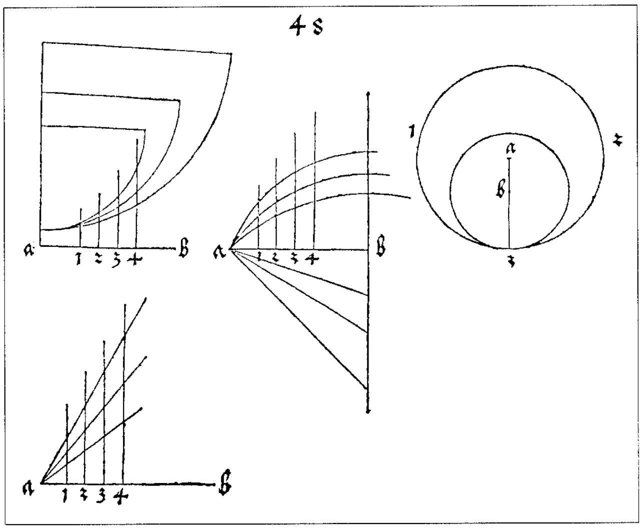

図48

直線の長さが相互に一定の関係になるように，線を規定する仕方には三種ある。その二種は偶数2の冪と奇数3の冪という〔二種の〕数による。第三種は数で表せないものである。この三種について次のように理解しなさい。先ず四本の線を並置して，偶数で〔長さを〕決める。最初の線の長さを2，第二を4，第三を8，第四を16で決める。奇数による別の四本の線では，最初の線の長さを3，第二を9，第三を27，第四を81で決める。このように偶数と奇数を二種の線で増減させることができる。あまり計算できない人でも容易に理解できるような，倍数だけが用いられるとは限らない。単数で線を長くしていくこともできる。数で規定される線の長さの決め方は，これより前の図に示された。〔ここでは〕偶数と奇数という二種の数が，線の長さの規定に適用される仕方が，下図に示されている。石工もそれを概要図で利用することができる。これらの線を下方の水平線まで引いて長くすることもできるし，そうすれば線は相互に前とは違った状態になる（図49）。

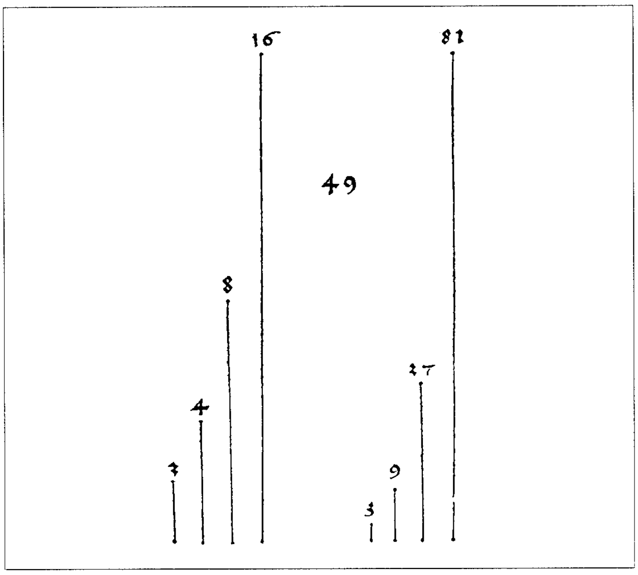

図49

次に長い線と短い線の二線があるとして，この二線に対して第三の最も短い線，それもこの新しく見い出された最短の線と中間の長さの線の比が，中間の長さの線と長い方の線の比に等しくな

るような線を引こうと思えば，次のようにする。長い線と短い線の二本の線を接続させて水平におき，長い線から短い線に向かってａｂｃと記す。次に短い線ｂｃをとり，それを点ｂとともに点ａにおき，点ｃとともに水平線ａｂｃの方に傾斜させて，斜線上の点ｃから水平線上の点ｂまで直線を引く。この斜線は三角形ａｂｃをなす。前述の短い線ｂｃを，必要に応じて真っ直ぐに延ばす。次に斜線ｂｃの正しい平行線を水平線の点ｃから引く。この斜線と前に延ばされた斜線ｂｃの交点をｄとする。そうすれば，上の線ｃｄは所与の二線ａｂｃと等比数列の関係にある最も短い線になり，線ｃｄと中間の長さの線の比は，中間の長さの線と長い線の比になる。二つの平行線ｃｄとｂｃがこれらの線を等比的に区切るからである。これを知ることは非常に有益なことであり，多くのことに使用される（図50)。

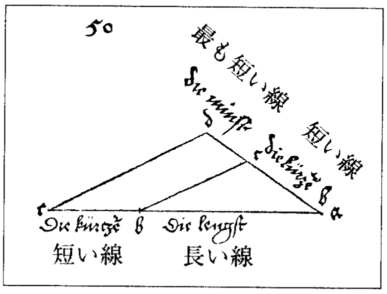

図50

次に直線と曲線で曲線が区切られる。円弧ａｂを描き，直線ａｂを引く。この直線を点１と２で三分する。コンパスの一方の脚をｂにおき，他方の脚でａを通るように円弧を描く。コンパスの一方の脚をｂにおいたまま，その両脚間を縮めて，点１から円弧を描き，円弧ａｂを通させる。同様にｂを中心にして点２からも円弧を描く。下図に示したように，併せて三つの円弧となる。この区切り方は多くのことに役立つ（図51)。

これまで示してきたように，私は幾つかの例を線で描いてみせた。だがその多くは，種々の必要に応じて，数とは無関係に描かれ，そこから素晴らしい作品が作られる。更に熟考を重ねて，その

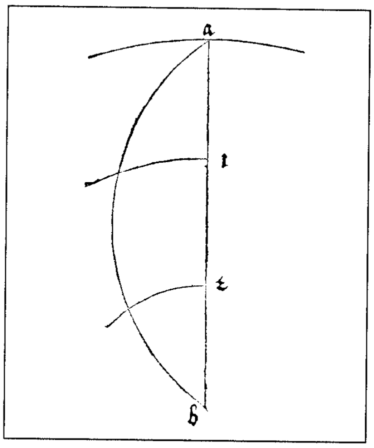

図51

工夫を手で実現する者は，そこから利益を引き出し，更に先へと導かれるであろう。

以下は平面に関する第二書である

幾種類かの線について，その描き方をこれまで示してきたので，最初に述べたように，次に平面 (planos oder ebnen) をとりあげて，既存の図形から更に幾つかの図形を描いていく方法について教えよう。平面 (planus) あるいは平面図形 (ebne figur) とは何かを理解するために〔記すならば〕，それは線で変更され分離されるが，立体 (Corpus) を含まないものである〔ということができる〕。このような図形は，一方では直線，他方では曲線，またときには直線と曲線の組み合わせで引かれる。線が平面を囲むように，平面は立体 (Corpora) を囲む。二本の直線が平面を囲まないことは，エウクレイデスによってすでに知られている。それでそれらの線は図形をなさない。それらの線が全体をなさないからである。二本の平行線ａｂとｃｄで下図に示したように，それらの線を平行に引けば，両側があく。また一方で結びつけると，他方があく。二本の別の直線ｅｆとｇｈでも同様に先が尖る（図52)。

次に一方がａ他方がｂという二本の曲線を，その凹どうしが向き合うように描けば，それらの線はある図形を囲む。外側に弧状に反り出すものがその内側に曲がるものと描かれれば，これらの線

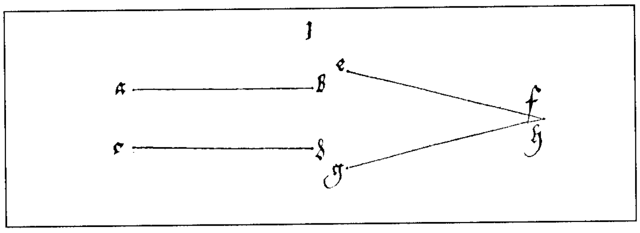
図52

はある図形を囲む。この図形は新月の形をなす。同様に曲線dが直線cの上に描かれれば，それらの線もある図形をなす。ある領域を囲む一曲線は，それが長方形のような形をしていても，隅（eck）がない。これに対して直線で囲まれる平面は，それに隅あるいは角（winckel）が作られないことはあり得ない。下図に示したように，それらは立体全体の中で形成される（図53）。

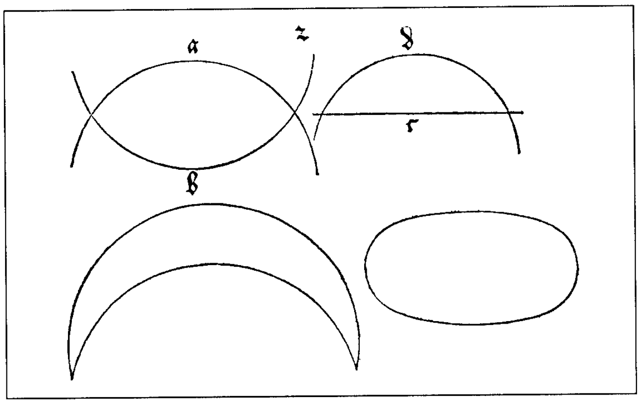
図53

図形を描く前に，角について少し述べよう。まず角と隅とは同じ線をめぐる言い方であることに留意してほしい。図形の角と隅の違いは，図形の外側からみて鋭くみえるところが隅で，内側から深くみえるところが角である。それを下に図示したが，外側の隅にa，内側の角にbと記した（図54）。

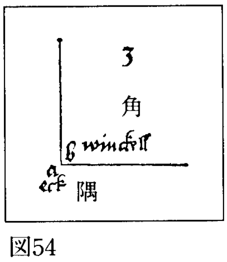

図54

角と隅にも直角，鈍角，鋭角という三種があることに留意してほしい。それらは次のようにして容易に描かれる。最初に直角について述べる。二本の直線を引き，ほぼ十字状に交差させ，その交点をaとする。コンパスをとり，一方の脚をaにおき，〔そこを基点として〕他方の脚で円弧を描いて，直線の三箇所を通させる。それらの交点をbcdとする。bcとcdを直線で結べば，bcdは直角となる。次に線cdを端eまで延長し，垂線を端bとともにdの方に傾斜させれば，bd間の鋭角とbe間の鈍角という二種の角が生じる。ある部分を減らすと，それだけ別の部分に加わるからである。それを下に図示した（図55）。

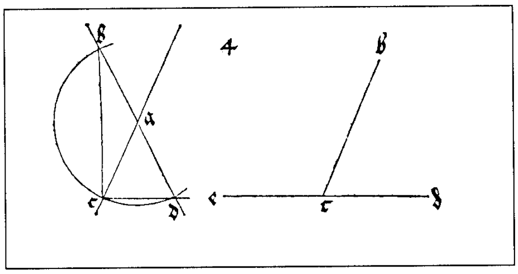
図55

二本の直線が正確に十字になるように交差して引かれれば，四つの直角が生じるが，不正確に十字状に引かれれば，二種の角が生じる。向かい合う角がつねに同じで，下図に示されるように，それらは鈍角と鋭角である（図56）。

これら三種の角は，二つの円弧が交叉するとき凸状に，二つの円錐がある点の外側で接続するとき凹状に曲線で引かれる。こうしてそれらは二つのこのような角〔鋭角と鈍角〕をなす。角をなす円弧にも，大小の変化がある。〔二つの〕円弧をからませて，猪の歯のような形を描くこともできる。〔二つの〕同じ円弧でも異なる円弧でも描かれる。従って直線からでも凹凸の曲線からでも，角は作られる。その一部を下に図示した（図57）。

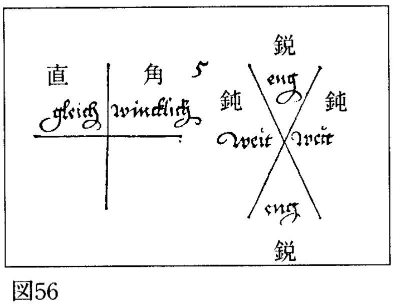

図56

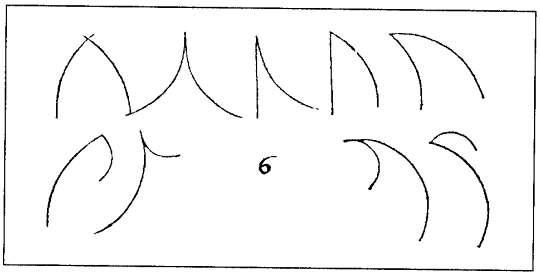

図57

三本以下の直線では平面が描かれないことを知るべきである。三角形は最小の三本で描かれる。直線の三角形（dryangel）には三種ある。最初のそれには三つの同じ辺と三つの同じ隅あるいは角がある。第二のそれには二つの同じ辺と一つの異なる辺があり，二つの同じ角と一つの異なる角がある。第三の三角形には三つの異なる辺と三つの異なる角がある。このような三種の三角形は，凹凸の曲線でも波形線でも描かれる。鋭い隅がなく，あらゆる部分が円くなる図形も描かれる。下に図示したように，このような図形は円弧でも波形線でも描かれる（図58）。

同じ長さの四本の線を直角をなすように定めれば，正方形aが生じることに留意しなければならない。これとは別の方形があるが，それは同じ〔長さの四〕辺でなく，四つの直角があり，二辺が相互に向き合い，またそれらが他の二辺より長い。この方形がbである。第三の方形は同じ〔長さの〕四辺で，菱形状に描かれ，二種の隅があり，相互に向かい合う隅が同じ大きさである。この方形がcである。第四の方形も菱形で，二つの長い辺が相互に向かい合い，他の二辺はより短い。この方形がdである。第五の方形には二つの直角の隅と二つの同じ長さの辺と別の二つの辺があり，その一辺は他辺より長い。この方形がeである。第六の方形には直角が一つ，〔直角をはさむ〕二つの辺，それに別の二つの辺があるが，その両辺は同じ長さである。それは長くも短くもされる。それで〔直角をはさむ〕二辺，二つの鋭角，一つの直角，一つの鈍角があるような方形，この方形がfである。更に一つの直角，三種の辺，三つの同じでない角の方形がある。この方形がgである。また四つとも同じでない角と辺の方形がある。この方形がhである。方形は同様に凹凸の曲線で様々な仕方で描かれる。それを種々の描き方で次に示し，それを順次にａｂｃで表示した（図59）。

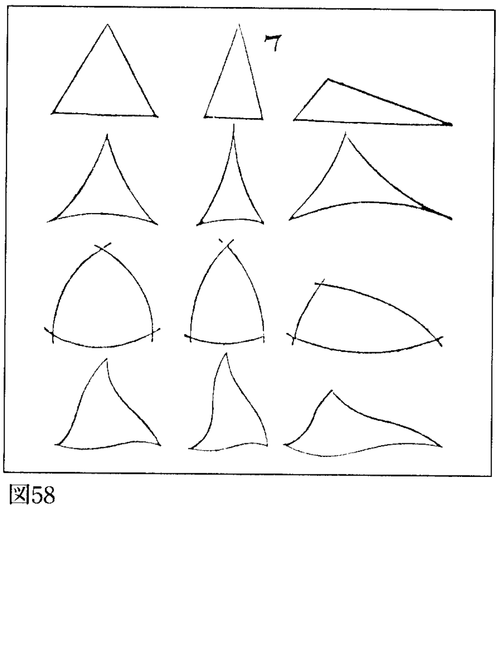

図58

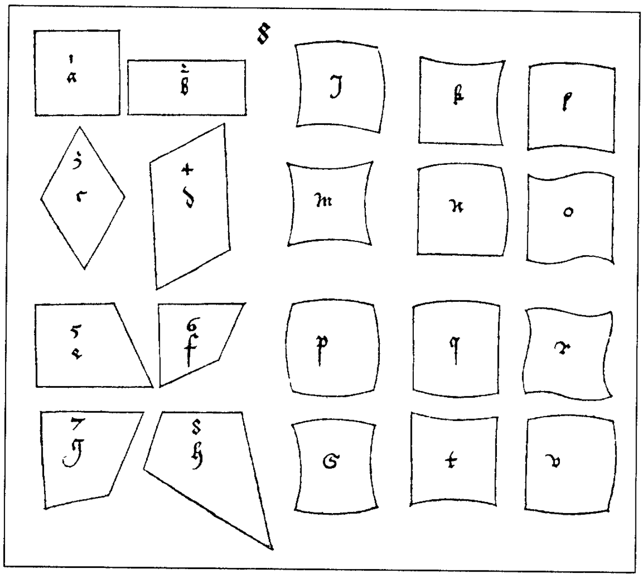

図59

次に直線であれ直線でないものであれ，三，四，五，六角形等の，等角の図形の平面での描き方を示そう。最初に円形から確実に作図される六角形を描く。コンパスをとり，一方の脚を中心aにおき，他方の脚で任意の大きさの円を描く。コンパスの一方の脚を円周上のおき，〔半径の大きさに〕両脚間を保ったまま円周上をめぐれば，六点が生じる。

それに１，２，３等と記す。点を1,2，2,3，3,4と直線で結べば，六角形がそこから描かれる。〔円周上に〕隙間が生じることはあり得ない。中心ａから円周までの長さが〔円周の〕1/6であるからである。それで次に図示したように，数字間の一辺も1/6である（図60）。

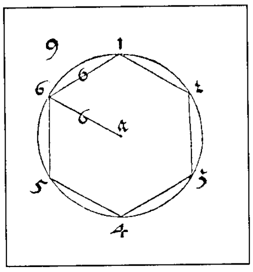
図60

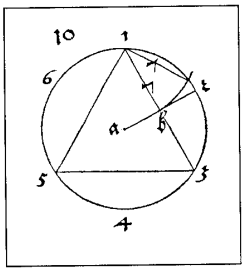
図61

三角形を六つの角から円内に結ぶことが次に相応しいことである。それを次のようにする。六つの点の記された前の円周上で１と３，３と５，５と１を直線で結べば，円に内接する三角形が描かれる。そして図示したように，三辺はともに等しい（図61）。

前述の三角形，それについての記述，同じ方法を用いて－簡便に行うために－七角形を描こう。それを次のようにする。中心ａから点２に直線を引けば，それは三角形の辺１，３を中央で截る。その交点をｂとする。前の図で示されここでも図示されるように，長さ1bを〔円周上で〕七回めぐらせば，角は直線で結ばれる（図62）。

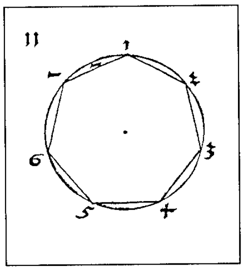
図62

次になすことは，七つの角から14の角を作ることである。それを次のようにする。七角形の円弧1,2をとり，それを二等分する。その長さで円周上をめぐれば，14の点が生じる。直線でそれらの点を結べば，ここに図示したように，十四角形が描かれる。前述の方法でこれを28部分に分けて，倍にすることができる（図63）。

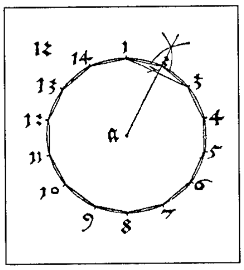
図63

円内に四角形を描こう。それを次のようにする。ａを中央として円を描く。中心ａから真っ直ぐな水平線を引き，円周との交点をｂｃとする。次に中心ａから垂線を上下に〔水平線に対して〕直角に引き，円周との交点を上をｄ下をｅとする。ｂとｄ，ｄとｃ，ｃとｅ，ｅとｂを直線で結べば，下に図示したように，この正方形は全ての角で円周に接する（図64）。

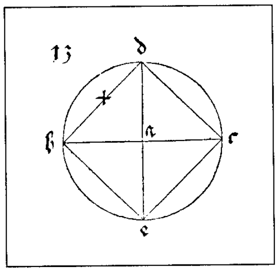
図64

次に八角形を描くことが相応しい。それを次のようにする。前述の円をとりあげて，ｂｄをそのままにして，その間の円弧を二分し，この〔分割〕点をｆとする。ｆｄを直線で結べば，これは円における八角形の一辺になる。更に円弧ｆｄを点ｇで二分し，ｇｄを結べば，十六角形が生じる。ｆｄは円における十六角形の一辺である。この三図を下に図示した（図65）。

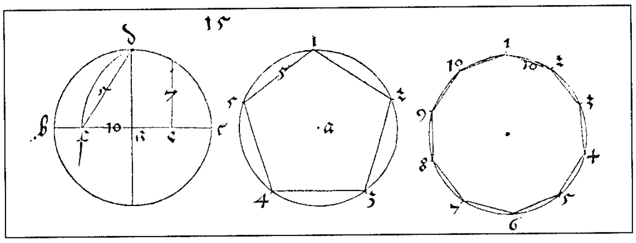
図65

次に五角形を描くことが必要である。それを次のようにする。aを中心として円を描き，aを通る水平線を引き,円との両方の交点をbcとする。中心aを通る垂線を〔水平線に〕直角に引き，円との交点をdとする。直線ed〔eはacの中点〕を引き，コンパスをとり，その一方の脚を点eに他方の脚を点dにおいて，dから水平線bc上に円弧を描いて，その交点をfとする。fdを直線で結べば，この長さfdは五角形の一辺となる。fdのなす角が円周上にくるようにする。faは十角形の一辺である。acを点eで二等分する。点eから垂線を上方の円周まで引けば，円の1/7が自ずと得られる。それを下に図示した（図66）。

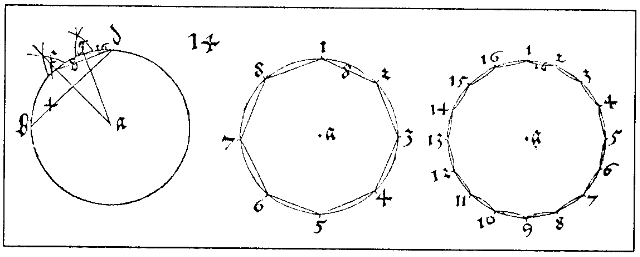

図66

更にコンパス〔の開き〕を変えずに五角形を描く〔ことができる〕。それを次のようにする。相互に他の中心を通るように二つの円を描く。二つの中心abを直線で結ぶ。それが五角形の一辺の長さとなる。二つの円の交点を上をc下をdとして，直線cdを引く。コンパスの開きはそのままにして，その一方の脚を点dにおき，他方の脚で両方の中心abを通って円弧を描く。二つの円との交点をefとし，垂線cdとの交点をgとする。直線egを円弧まで引き，その交点をhとする。他の直線fgを円弧まで引き，その交点をiとする。iaとhbをそれぞれ直線で結べば，五角形の三辺ができる。ihからそれぞれ等距離になるように同じ長さの辺を引いて結び合わせれば，下に図示したように，五角形が描かれる（図67）。

前に描かれた三角形を利用して，この五角形から十五角形を描くことができる。それを次のようにする。aを中心として円を描き，そのなかに三

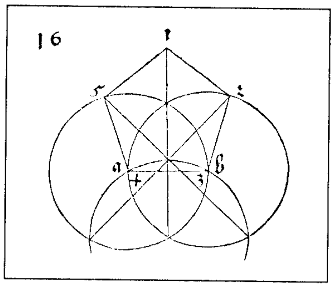

図67

角形の辺を引き，上をb下をcとする。次に五角形の辺の長さをとり，一方の端を点bに，他方の端を円周上において，その点をdとする。すると〔円弧bcで〕dc間が残る。この円弧dcを点eで二等分する。ecを直線で結べば，下に図示したように，円に内接する十五角形の一辺が得られる（図68）。

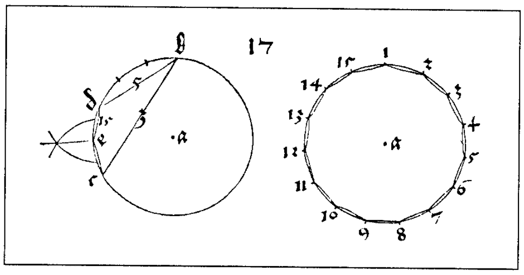

図68

三角形を利用して九角形を描く〔ことができる〕。それを次のようにする。aを中心として大きな円を描く。コンパスの開きをそのままにして，そのなかに円弧を描きながら魚の浮袋（fischs blosen）を三つ描く。円周上の上の点をb，〔下の〕両側の点をcとdとする。上の魚の浮袋に真っ直ぐな垂線baを引く。この線を二点1と2で三等分すれば，点2がaに最も近くなる。点2を通ってbaに直角に，真っ直ぐな水平線を引き，浮袋との交点をefとする。次にコンパスをとり，一方の脚を中心aに他方の脚を点eにおいて，fを通って円を描く。そうすれば長さefは円周上を九回めぐることになる。これを下に図示した（図69）。

円のなかに十一角形を描こうと思えば，円の直径の1/4をとり，それをその1/8だけ長くして，この長さで円周をめぐる。それは近似的で機械的な

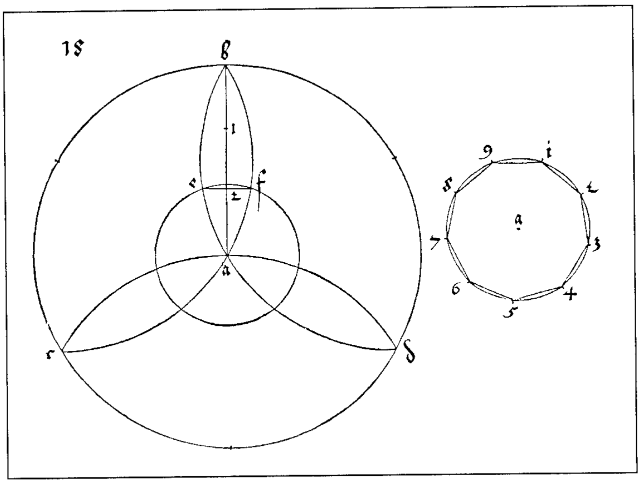

図69

仕方であり，論証的な仕方ではない。更に十三角形を速やかに描くには，ａを中心として円を描く。半径ａｂをとり，点ｄで二等分して，長さｃｄ〔ｄｂからその1/8を引いた残り〕で円周をめぐる。それも機械的な仕方で，論証的な仕方ではない（図70）。

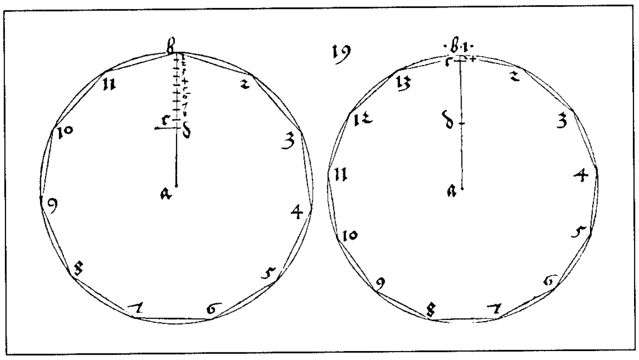

図70

眼に見える如何なる円弧も次のようにして三等分することができる。円弧ａｂを直線で結ぶ。前に教えたように，直線ａｂを二点ｃｄで三等分する。コンパスの一方の脚を点ａに他方の脚を点ｃにおいて，点ｃから円弧ａｂを通って円弧を描く。その交点をｅとする。コンパスの一方の脚をｂに他方の脚を点ｄにおいて，点ｄから円弧ａｂを通って円弧を描く。その交点をｆとする。ｃｄから二本の垂線を円弧まで引く。その交点をｇｈとする。このようにして円弧上の三つの長さａｅ，ｇｈ，ｆｂは同じになり，二つの狭い部分ｅｇとｈｆが残される。コンパスをとり，一方の脚を点ａに他方の脚を点ｇにおいて，点ｇから直線ａｂまで円弧を描き，その交点をｉとする。コンパスの一方の脚を点ｂに他方の脚をｈにおいて，点ｈから線ａｂまで円弧を描き，その交点をｋとする。次にｃｉとｋｄを，前に教えたように，二点で三等分する。コンパスの一方の脚を点ａに他方の脚をｉのすぐそばの点において，その点から円弧ａｂまで円弧を描く。その交点をｌとする。コンパスの一方の脚をｂに他方の脚をｋのすぐそばの点において，そこから円弧ａｂまで円弧を描く。その交点をｍとする。下に図示したように，このようにして円弧ａｂは二点ｌｍで三等分される。もっと厳密にしようとする人がいれば，それをはっきりと分かるように示しなさい（図71）。

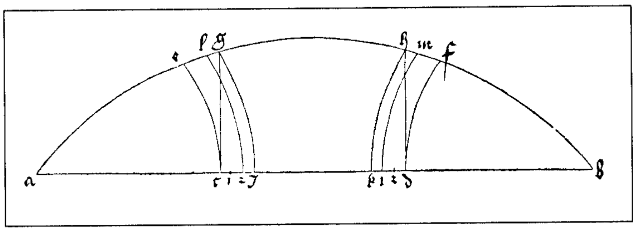

図71

（なお本稿は平成12年度国外研修による研究成果の一部である。）