寛政暦書

巻二十五

寛政暦書卷二十五　儀象誌四

天文方吉田四郎三郎秀茂　稿
天文方山路彌左衛門諧孝　刪定

璿璣玉衡并渾天儀

璣衡渾天共其儀制之傳既尚矣明和中置測量所也二儀亦備而陳之葢皆國初之物故制粗形小雖不中用焉亦足以見古聖之遺典與測天之原始也已謹按漢土古來稱渾天者有多種有以地爲外郭

者前漢洛下閎於地中轉渾天宋王蕃曰渾象之法
地當在天內其勢不便故反觀其形地爲外郭是也
又有以漏水轉之者東漢太史令張衡以銅制渾天
置之密室以漏水轉之司者閉户而唱以告靈臺之
觀天者星之中没皆如合符是也又有不用機巧者
宋錢樂之作渾天儀衡長璣徑共八尺轉而望之以
知日月星辰之所在即璿璣玉衡之遺法也是也又
有用木造者梁末秘府有木爲之者其制有璣而無
衡圓如丸其大數圍徧體布列宿黄赤二道等是即

今之所謂天球也又有表裏三重多環相包者唐太
宗詔李淳風造渾儀此時始有六合三辰四游等之
目又有以水激運者僧一行已於古制渾天儀增黄
道之後又造水運渾天儀注水激輪令其自轉又立
二木人每刻擊鼓擊鐘是也又有以水銀運者趙宋
張思訓以冬中水之凝凍以水銀代之以運渾天奇
巧精妙出開元之上是也又有渾儀渾象司辰總以
水運者宋元祐七年詔蘇頌及韓公廉造渾天儀象
其法爲臺三重上設渾儀中設渾象下設司辰貫以

一機激水輪轉不假人力是也又有璣衡渾天別爲二儀者明正統二年及四年造渾天儀璿璣玉衡是也以上皆殊其制而通稱渾天者也考之天文志古者言天者有三家一曰盖天二曰宣夜三曰渾天宣夜之學先絶而盖天之說遂不通渾天特得其要領故後世儀象于天者皆曰渾天渾天者盖對盖天之稱也就中錢氏所鑄之渾儀簡則簡矣然於測象爲得要乎洛下氏之於地中轉渾天後世雖不得其詳說已非古也明矣其他之機巧水運互矜尚其技巧大庆測天之舊章至于明遂至別爲二物然實理之不可廢也崇禎中西人湯羅之輩悉排虛飾力主實用著渾天儀說十卷於此中古之奇巧皆屬無用清之造璣衡撫辰儀多從其制度亦祖述錢氏之渾儀是盖湯羅之成規而有虞氏之遺意也今此渾天儀乃摸倣淳風等之渾儀者也其璿璣玉衡制作多可疑者盖擬水運渾儀之類者歟二儀一用故共稱渾儀亦可也共稱璣衡亦可也姑從舊名述其制式如左

璿璣玉衡

璣衡之說見于簡天儀條本儀之制多用紫銅唯黃道環用鍮赤道環用銅益用各色銅令易別也地平環徑一尺二寸周嵌二十四方位字以龍象柱四條承之柱下用十字交條為礎焉自礎至地平環一尺五寸五分平分地平環上側立天脊雙環雙環相距三分強照本邦北極出地之度以結于赤道環三環構結不游動以挈諸游環游環者乃子午黃白道及四遊等之環也環以次小矣子午環軸結天脊環轉可以察赤道經度黃道環軸亦結子午環環面嵌二十四氣之字轉可以察黃道經度又南斜繫白道此環之制大異于他環其濶面六分堤起其周邊堤內陷在一環今假謂內環內環向內有細齒而外環之平面立小軸軸頭帽銅彈彈鍍銀其半面倣月軸根有傍齒與內環之齒犬牙相接故以手那轉內環則兩齒遞輸而轉銅彈如陀螺以象晦朔弦望又於子午雙環之黃極架軸設四游雙環以上諸環相包以為迴轉而每環必劃周天度其不記度者地平環及

赤道環耳今按本儀別副小箱箱上金泥書七政之
字然箱中只星樣四箇合環上月樣存者五也益原
有七箇今亡太陽及一星也其加諸環上之法不可
得而考焉又璣衡宜有望簫而此器無望簫疑中古
虧損不全者歟今唯足視古聖之遺法而以無用于
測候不深論焉云

渾天儀

諸環及望簫用竹造焉其槃架乃木制也每環鬃以
各色之漆配環名也地平環徑一尺一寸六分平面
記二十四方位之字以四龍象柱捧之柱高一尺五
分以十字交木爲礎礎面有渠可注水以取平測時
與羅針之裝于方匣者之邊相切以取子午矣地平
環上側立天脊雙環背刻距極度數中分天脊下半
繞地平以結于子午故爲天經倚天脊環斜結赤道
環亦刻赤道度數以平分天腹各半出入于地平而
結其卯酉是爲天緯天元赤道卽是也三環表裏相
結不動謂之六合儀又於天脊環之兩極出短軸軸
端綴雙環其制如天脊雙環環徑一尺円挈黃赤二

道其赤道則單環而背刻周天度側面記二十八宿之部位游旋赤道卽是也依赤道綴黃道斜依赤道之腹以交結卯酉配記二十四氣又以無名單環兼黃赤二道之交以使其不傾歪以上三環與游旋雙環相結以運轉謂之三辰儀又於游旋雙環當兩極之處內嚮而出短軸以綴四游雙環四游雙環徑八寸四分制如天脊雙環環內有直距以綴望簫之腰而便其低昂謂之四游儀以上三重運轉相爲測象之用然多環相翳障不便於窺測況其器狹小且制作簡粗只備可以見古式耳

天地球儀

二球不知何人製益明和初置之於測量所而制作之巧粧飾之麗顧非凡間之物唯惜繪象浮華不若今世之質實也今別爲其說如左

天球儀

儀畫恒星全座爲渾圓體者也漢土古謂之渾天又渾天象又渾天儀隋書天文志載梁末所作渾天象又舉吳太史令陳苗說曰先賢製木爲儀名曰渾天

即此之謂耶由而言儀象二器遠不相涉則張衡所造益又止在渾象又清梅文鼎曆算全書曰陪天文志曰後漢張衡爲太史令鑄渾天儀總序經星謂之靈憲是也至于清稱之天體儀益别於重環累包渾天儀也本朝稱之天球儀西洋之名義亦同故今從之又按張衡靈憲所載中外之官常明者百有二十可名者三百二十爲星二千五百微星之數萬有一千五百二十庶物蠢動咸得係命而衡所鑄之圖遭亂堙滅星官名數今不存矣三國時吳太史令陳卓始列甘氏石氏巫咸三家星官著於圖錄并注占贊總有二百五十四官一千二百八十三星并二十八宿及輔官附星一百八十二星總二百八十三官一千五百六十五星宋元嘉中太史令錢樂之所鑄渾天銅儀以朱黑白三色用殊三家而合陳卓之數又儀象志星名與古同者總二百五十九座一千一百二十九星比步天歌少二十四座三百三十五星又於有名常數之外增五百九十七星又多近南極星二十三座一百五十星從是以來累加測驗星名度

數儀象志尚多未合又星之次第多不順序亦宜釐
正於是逐星測量推其度數觀其形象序其次第著
之圖計三垣二十八宿星名與古同者總二百七十
七座一千三百一十九星比儀象志多十八座一百
九十星與步天歌相近矣然如其命名所創今不可
考或曰黃帝作之恐非也其官名多周漢之稱何耶
已有其名而凌犯掩食悉有吉凶故當時言星象者
多道家者流也後世遂別爲二家元明至于清言曆
象者專主測步復言吉凶者鮮矣自明崇禎立大小
六等之差今就其等位考之古者有著明之星而今
光體甚微後世所增或有至二三等者遜毋兒窮理
書頗論其理今不復錄也

全式

球有床形若步障障版用桑材柱及基足之邊周用
鵝鶬木飾馬版之面背皆刻雲樣通高一尺二寸強
濶一尺七寸五分障版仰缺半圓以含子午環下半
周子午環用鍮造之厚一分弱側面七分都鏤飛雲
且刻周天度直角于子午環置地平木環上面金書

二十四方位以銀版釘固障上焉

球以薄銅版鍛製焉漆黑其面球腰畫黃赤二道黃道用金赤道用朱又用金寫赤道距等圈於北極以南三十六度爲上規常見及又寫赤道距等圈於南極以北三十六度爲下規常不見及及內無星座又北斗三垣二十八宿皆用金點寫其他衆星用朱點寫亘兩極撒砂金以摸天河兩極之心出極軸結子午環於本邦北極出地度以安于赤上

地球儀

儀畫萬國輿地爲渾圓體也大地原渾圓其勢不可于平面故寫以球也地圖之設各國有之漢土則其來也久矣然至萬國全圖則以元爲權輿梅氏曆學疑問曰元西域札馬魯丁造西域儀象有所謂苦來赤阿兒子者漢言地理志也其制以木爲圓球七分爲水三分爲土地其色白畫江河湖海貫串於其中畫作小方井以計幅員之廣袤道里之遠近此卽西說之祖也先是漢土未有地圓之說漢人自古不閑航海其貢聘之所通僅西北諸國已故不詳坤輿之

全壤其說萬國實昉明季明史稿列傳外國條曰萬曆二十九年西洋意太里亞人利瑪竇至京師作萬國全圖今視本儀之圖益依明譯之圖者歟

全式

球及赤之制總若天球分全世界爲五大洲用五彩區別焉其所異者障版鏤流水渦紋不設地平環耳

蠻制天地球儀

西洋說兩儀之象者益權輿于阨入多國王布多祿某斯崇禎曆書稱多祿某者卽是推其時當漢順帝永建中此人仰觀俯察而能通乾坤之理遂講明以地爲天心作七曜運行之圖說凡說天地之圓形益莫有先焉者爾後西土之俊傑相繼研究其理測驗實履遂建確說於此設二球擬乾坤之體勢謂之天球地球今測量所陳列者有大小四品大者係舊制小者新製也乃舊新相通以造之解說如左

天球儀

球面亦卽恒星全圖也而其用太廣其製最巧因此可以察黃赤二道之經緯出入擴其用則太陽躔度

晝夜時刻皆可知也其舊制者據星曆大家筭谷之
原圖我寛永十九年卧意禮爾及謨斯武剌依二士
之所增益也其三品舊新不一星象地形頗有沿革
益皆出於後哲之測定矣

全式

球用白堊塑焉而空其中矣球面造細線畫黄道經
緯矣是爲星宿之運行皆由于黄道也又設樞軸於
赤道極矣是爲合各土之極高也球腰黄赤相交二
道上用赤青泥金之三色隔度塗彩之又滿球繪物
象五彩粧飾之而金點其星文一像爲一座每像有
自三四星至數十星者猶漢土之星座取于易記誦
矣球外有子午鍮環側面畫三百六十度子午環上
於赤經之心別平貼一小環謂之時盤其心軸透子
午環立赤極心軸上設小表從球之迴轉表尖步小
環邊按南中之星可以知時刻又有表遊遷于子午
環上謂之高弧表其形如弧其根爲匡形含子午環
以遊移焉其端下垂至環面之半乃從天頂至于地
平之一象限弧也子午環外有地平木盤闕其南北

安子午環盤面畫十重之層規最外一層十二分之
爲一年之月數次層差濶有數量字可讀而不可解
焉故姑措焉次爲西洋閏年之日數次爲配閏年七
曜值日之記次三層爲平年其日數雖同刻數不同
故三層之區分皆有微差漸積合於周歲又其次爲
上層三年七曜值日之記最內爲黃道十二宮是乃
西洋日曆之法也環下有四柱柱下有旋盤以兼柱
旋盤之心立短柱凹鑿柱上縈持子午環旋盤之背
有底盤其形三角而有三脚是乃全儀之基礎而下

盤迴旋於其上是儀之通式也其大者制式頗有所
加其制四柱有螺絲爲縮伸令地平盤合水準又旋
盤置羅針針背貼紙盤盤畫三十二方位以正本儀
之方向又至新球之簡製者有無底盤者又有底盤
心之柱上設滑車助子午環之迴轉者然槩不若大
球之精巧具備者也

用法

先轉子午環合本地北極出地度次按本年本日所
當之度於十二宮而以所得之宮度檢查之於球面

又以其宮度置於子午環下以時盤上之指表令指正南是此定法也以下諸測皆出於是矣

欲知本時太陽之所在則轉球使指表中于時盤上之本時用高弧環截通太陽躔度則所截即地高度也見高弧環之下端所指可以知地平經度若用他儀測太陽高度而就本儀知本日之時刻亦准之

欲知本時某星之高度則依前法記本日太陽躔度而使指表當本時以高弧環截通某星得其高度焉

地球儀

球面亦萬國輿地全圖也用可以辨五帶寒暖之分可以知各地北極出地度各州之位置形勢也航海者多資便于此器焉圖有新舊航海家每有實履測驗及新得地方就而補修之者故逐年更加精確云

全式

球之制及基架同天球唯其經緯用赤道設黃赤二線及熱正冷五帶焉地平盤面之層圈亦同天球唯其外層置三十二方位其他製式與天球同矣

用法

凡用地球儀可座而知者若日月交食則推算一處可以知各處之時刻焉若航太洋則可以推海上之道里距度及方向焉如其算法別有成書矣

蠻製天體儀

天體儀者摸造寰宇中諸惑星運旋之象使初學知地動之理也從來西洋談天體者二家其一靜地說如本邦漢土所說其一地動說其論出于阨入多國麗迪我剌私刻百爾之徒主張之爾來殊盛矣其言曰太陽居寰宇之中五星與地球旋其周謂之大惑星也別有十小星旋土星之周者五旋木星之周者四旋地球者一即太陰是也謂之小惑星此諸惑星各異高下異行度而運旋謂之公運人在地上見之唯觀諸曜之運旋耳謂之視運也此器之製也欲令人知其運轉之理矣儀二物一所以示公運之理即盤心安太陽以銅衡六箇捧六惑星以位于太陽之周圍盤背收數齒輪以機轉之則諸曜遲速運旋掩食衝伏之狀自顯焉一蓋所以察地上之視度設一銅輪架輪內有傾軸凡三箇一捧天球一捧地球一

捧象牙球互可相代也轉之可知地球之自轉諸曜之視度二物相合天道運行之理宛然如指掌使人如在空中焉機巧之精妙製作之緻密殆非凡常物今畧舉其製如左

公運儀

架用木造焉上爲圓盤徑二尺五寸面集奇木嵌六惑星之圖及周天度三層恰如著色盤心有立軸層層匹製如箏狀心軸頂安太陽銅衡六箇以次長而其端皆立小軸帽衆惑星狀根乃以次裝套軸頭以土星爲最外星狀皆用象牙只太陽以銅製焉撥圓盤視其背乃層層之立軸根各安齒輪與異臍之齒輪數箇相咬以傍螺軸咬一齒輪軸端旁出加曲柄從匣外可轉之盤以四柱捧之以十字交架固之交心設圓盤劃方向線亦以各色之奇木合成焉其用法連排衆星於初線上捫曲柄轉之衆星以各樣之行度運行運行以有遲疾爲合伏對衝別有二星狀象牙造之一黑漆半面帽于小軸頭軸下有方箍裝于衡遊移下附小滑輪自箍及衡根纏銅線如藤蘿

以張縮星球臨用安地球之軸別裝不同心軸以絲
躔方箍下之輪軸轉之則見大惑星搯圓行之狀及
受太陽光爲明暗之狀一帽星狀於曲軸頭裝于衡
端下附滑輪亦裝地球之軸以絲纏滑輪與軸而轉
之則見小惑星旋其本星又與本星共旋太陽之狀
以上二技除去六星之衡而單用焉

視度儀

輪架用黃銅造爲下一環其周二百五十分爲植二
圓柱柱頭設樞受上環可從樞傾斜外周三百六十
分內周四百九十分益惑星行環也以安十字基上
而平旋爲基上平置一環周分十二宮是爲黃道環
偏于天蝎宮斜置小圓盤與黃道面爲二十三度半
之角盤劃二十四時是爲時盤直角于盤裝球軸球
凡三天地球徑四寸圖繪至密不異大儀象牙球徑
七分許只畫黃赤二道耳皆設軸于南極軸根傍出
指針以步時盤之周球腹帶地平盤盤周劃三百六
十度綴半環于軸以爲樞以受地平之東西子午半
環跨地球上其天頂安指針裝置之則輪架之上環

平帶球腹其用法益多端今畧舉其一法曰裝地球低昂地平盤合本地北極出地令本地轉而就子午環下則天頂針指其地假如地球在巨蟹太陽當子天蝎爲冬至以照架之上環卽爲太陽之所在轉球則子午環隨轉而以環截太陽爲午正初刻又切于地平爲日出入也於是撿時盤上指針所當知晝夜時刻可以視地球明暗之衆自轉之象是其一端也別有八角玻璃箱形如炬籠所以覆本儀防塵埃也

蠻製八分儀

八分儀者蠻名以全圓八分之之義卽半象限之謂故名半象限儀亦可也

此儀近來西洋航海家之所創製而專便舶中之測量先是舟中之測器星尺之類益數種臨用皆爲風波所動搖遂未能避其妨云當我寛延中西士骨爾業斯者始廣此器之用取其平也以海面之水其測物也以鏡中之影且因移鏡返照之理以四十五度之弧可兼九十度之數其用甚便其數甚密不患風波動搖於是舟中之測始爲無所憾矣近來航海家

多用之顧其爲器不啻洋中之用至陸地之測裨益不少然儀體狹小不可得微數故今唯充之行測云

全式

儀之狀全圓八分之一用木造焉半徑一尺五寸一弧二直邊其空間地充丁字形木固之弧邊劃度之地陷象牙弓形版劃九十度每度三分之別有遊表綴于規心設樞令遊行其切弧邊之處開長方窓額計隔表可以撿一分植三鏡一曰樞心鏡側立于遊表面之樞心其制玻璃鏡短邊一寸長邊一寸五分許嵌于鍮版版之下邊後折具二螺旋其一所以定綴于遊表一所以令鏡微俯仰之機也一曰順視鏡側立于左直邊外其制玻璃短邊八分長邊九分許其下半爲鏡亦嵌于鍮版版下設圓座二層座內藏螺旋俯仰之機座下施圓軸形如神牌圓軸貫于儀背其端設旋轉之機一曰逆視鏡位于順視鏡之次其制亦若順視鏡而鏡半一帶乃玻璃質而透明上下乃鏡也是其所異也然其位置之法樞心鏡微偏初度線外順視鏡距樞心三寸許立於九十度線外

一寸多少之地而與樞心鏡平行矣逆視鏡距樞心六寸弱立於九十度線外一寸多少之地而與樞心鏡直角矣而設窺門二處一乃植初度線外距樞二寸半之地窺孔上下二處一對鏡與透明之際一對玻璃透明之心是爲順窺門一立于逆鏡前中心開一孔是爲逆窺門又備避眩鏡爲測太陽之用其制於方鍮版面一寸二分開圓孔以收紫玻璃濃淡三箇從日輝之強弱換用之儀身面背別嵌牙版是爲記測數之用是其槩畧也若夫旋轉衆鏡定止遊表之機益可有別式不必拘也

用法

儀所要在鏡必先平直三鏡而後可論測量焉其法以儀側立之遠處設一垂線而從順窺門望之則鏡之上下所見之真線與影線參直若不參直則俯仰鏡必要參直又望遠地平則玻璃中所視之地平與鏡所映之地平又參直若不參直則轉順鏡背之機使其參直則二鏡當直對矣其定逆鏡設垂線于前後人在中望之如前法則得逆鏡平直然而其用法

順測乃對所測之物從玻璃中望地平轉遊表則所測之象降于地平而見其高度於弧上逆測乃背於所測之物望地平于玻璃中轉遊表則所測之象降于地平亦見其高度於弧上而後減高下之視差及濛氣差得其實高度別有本表今不録于此焉

蠻製平面懸儀

平面懸儀者測高儀中之一式葢行測之器也若陸若舟皆不宜于定儀故以此器充用焉按靈臺儀象志測雲霓條有懸此器之圖其志曰用象限儀測之又測量全儀出測高之數式中有平面懸儀今從此稱焉其爲器全徑不滿尺而有數竹量故懸之則垂線自定且無動搖之患是以隨所在懸之或手提而測之亦可也是此器之所以爲簡便也

全式

儀用黃銅造焉全徑八寸二分厚八分其面存十字條及雲樣其餘鑿空之頂有霞荷狀莖處爲樞又別設一樞附鐶鈕令遊步其周廣八分弱劃平行圈兩道容度分上半周各從地平線起初度至于天頂九

十度每度二分之別以儀心爲樞綴窺衡衡之兩端隨中心線鈌其一半坡其邊又衡面窺表共距心二寸方各一寸二分中心通細孔以對指線乃以銅軸貫儀背以螺旋止之葢儀心及衡左右等重同形故不偏倚也

用法

取儀懸一處以測所欲之高度如月星則轉窺衡從表孔窺之與月星參直而即得焉測他物亦准之測太陽則從上通晷得其景而撿窺衡所切爲其高度

蠻製分度諸器

諸器盛之一匣和蘭呼爲箇屋弧耳即裝器箱之義也用可以圖畫算計有三矩三規三尺及畫界筆鉛筆等其式如左

大矩

矩有長矩邊長邊劃尺二道一拂郎察之六十歷應也一八十分之者也其短邊乃三十五歷應而細分之以對角線法計二十分歷應之一

小矩

長邊二寸七分短邊一寸九分面背平滑無分寸只可取真矩耳

分度矩

半圓一直邊空其中形如半環而直邊記其規心其邊劃四層弧線外層一百八十區一區卽一度也每區割爲二小區卽三十分也次層與三層記順逆之度號內邊又記割圓從三分至十二分之界以爲造諸角之標的其直邊劃列印蘭土之二寸而以對角線法二百四十分之此器用法甚廣用可以圖繪可以御簡平等法矣

大規

形如兩筋相合其兩脚至銳其握有樞開合焉其一脚之下半換用界筆連點筆鉛筆故一規兼四用

中規

形如前式而於一脚之半設螺旋轉之則脚尖微俯以節細微之俯仰益專備比例尺簡平等法之用也

小規

形如前式無他機換而其形小耳

直尺

一面劃西尺五道一拂郎察尺一列印蘭土尺一譜厄利亞尺一亞謨斯得爾覃尺也皆劃半尺而以其一寸十二分之又十一分又十分又八分之以充數種之用其傍以拂郎察之半尺三十二分之者一道以立方積分之故起于濶終于窄葢爲御鐵之斤量之尺焉其背劃列印蘭土之半尺細分之用對角線法而知其千分之一也

平行尺

尺用烏木造焉坡其邊兩尺相駢用兩銅錠綴之其離合輙平行用可以畫平行線

比例尺

此尺於諸器中爲最巧其質用白銅造焉兩直尺長六寸濶五分餘上端有樞可開合其兩面設九種之線以代算法乘除其線比數理精藴曆算全書等所載大同小異也一曰平分線以御四率比例其畧曰以一率爲腰張尺之形如圭頭兩腰一底故以本線爲腰以兩線相距爲底下倣之以二率爲底而定尺凡用尺安之於平地令勿動移而撿其數名之謂定以三

率爲腰求其底爲四率二曰分面線以御開平方法其畧曰以分釐尺上之一寸爲本線第一分之底而定尺以所有之積爲腰求其底得面若干寸三曰分體線以御開立方法其術同平方四曰更積線此線舊法皆分爲二線此合爲一線可謂巧矣以御變換諸積其線之記號則其所用之形也故以所有之形爲底計所求之形之底得同積異形之面五曰諸金線以御輕重其線之記號則七政也太陽爲黃金太陰爲銀太白銅歲星鐵火星錫鎮星鉛辰星澒其用法畧曰以本器之徑或面爲其記號之底定尺而取其號之底得其物同重之徑或面焉六曰分圓線以御弧角其略曰以半徑爲本線六十度之底依所求之度號取底爲其通弦七曰容體線以下舊式所無御容諸體其畧曰以球徑爲球號之底取其號底爲所容之面八曰分圈線御分割圓周其畧曰以半徑爲本線六號之底隨其號得其分弧角面九曰等分線以御平分直線其畧曰以所有之線爲末點之底隨其號取底得其一分以上九線單用固便而駢用

二三則變化無窮矣實諸尺之至巧者也

畏筆

其制兩頭兼二用一畫畏線也其形兩葉相抱其間蓄墨汁用螺旋開合之故吐墨可細可粗其一連點筆也亦葉抱其端含細齒輪以運出墨汁

諸儀製作法

儀器之形重規矩不論大小其製貴眞確不取浮華夫有規而天體可倣有矩而經緯可定故測天度量地經其儀器皆取則方圓從盈尺至尋丈無大無細必不得正則不已如元之圭表清之六儀比諸本邦諸儀雖有大小等差而俱比之寰宇大圈猶一杓水之於大洋夫一杓水細味之推其甘鹹清渾可以察四海之水性故製不得其方則大者不爲必勝乎小者規矩得正則盈尺之器可以測天度顧其製如何耳夫儀之巨大壯麗者觀則美矣其用却不然凡造大儀之艱數倍於小儀若物貴姑置焉其型範鏇磨一不可苟太率數閱月而始成矣已安置之後一事不適于法基架與諸機不任其重運轉亦隨不靈遂

爲儀中之長物豈可不用意乎近古西洋有擧重之便有螺旋之巧皆原天地順逆之勢勾股比例之矩於是乎儀器雖大不勞人力不生歪斜雖小能可得分秒之至細矣古人有言曰大儀勝於小儀銅儀勝於鐵及木儀其理宜然矣然如其儀器之大小及銅鐵材料亦不可一概論焉要在材與器得其所故述製作及撰法如左

銅類多種大抵出礦之新者好起爐經製煉者宜造諸儀西書曰山坑之自然銅受鎚輒破碎有綠色青色又有和鐵而產者故非精鍊者不中用也

黃銅儀象考成曰紅銅六成倭鉛四成鎔鍊精到可以鑄諸儀唐僧一行製渾儀鍊盡黑黃白青之氣西書曰黃銅乃銅與爐甘石之和卽亞鉛鑛也今本邦鍮云者豈是乎又本草綱目曰崔昉外丹本草曰用銅一斤爐甘石一斤鍊之成鍮石一斤半云

又一種黃銅邦言唐銅葢銅錫亞鉛其他雜金混雜不可復分別者卽是也其質無定色久而發黃黑暗青等之色其佳者可用造儀器矣

蠻產紅銅彼用屋瓦或海舶釘鈑之類已出緣過半者煆而鎚之投以諸般藥料精鍊經久而成其性剛堅且不出緑最爲貴重之品宜造細微諸器焉

烏銅邦言赤銅其製銅中加黄金者也暴露不鏽可施細工是亦貴重品可造小器矣

鐵有二種曰柔鐵曰剛鐵性皆純土精也故雖百鍊尚鏽見其元質然鍛鍊用之造鍬版及摳軸又多勝乎他材柔鐵用鑄基架其剛堅亦勝諸材漆之不鏽可備永久矣

水銀者須也其質密實而流動善爲縮張如油與水亦有縮張隨所觸輙耗減如須常縮張而遂不耗其斤量故驗氣儀等皆用須然須中有帶錫或鉛質者故用韋絞漉之取其清粹益取須於銀朱者最良云

木材用檜檜又有品以紀州產爲上撰其生立準直木理緻密者除其心用之故非大材不中用既伐之後曝露早霖寒暑任其屈伸曲直視復不反側鋸而版之版而復聚合之如此則向來無歪斜之患也

儀器之製或用純銅或兼銅鐵如蠻製地平經緯儀

並揺球儀之類其相切咬之處必間用鍮與鐵葢以偏用必有不可之理也象限儀測午表儀之類鍮與木其量相半全體乃木居七八鍮居二三是諸金比木過量大勞運轉多費物力不若二質合用之輕便確實共得之善也

凡用諸金之要精錬之固也然大抵不宜鍛而宜鑄何則鑄者患在破鍛者患在歪夫測器分秒之嚴苟見破則已若漸次生歪斜不知不識誤其測數故曰好鑄惡鍛也

輕重法

夫製儀器須知輕重輕重得宜而堅完永久理亦在其中其理固非尺寸之廣厚銖量之加重也大率義器長短尺寸與輕重銖量相稱而為得矣葢儀徑長大量太重則久而下垂如黄赤諸環円有直距以應圓環面積若不稱則環周致不平諸形皆然是造儀所難也儀象志曰西士嘉理勤法曰繫金銀銅鐵等之線觀起若于重漸次添分兩至本線不能當而斷如金及銀其徑一釐試加斤量至二十三斤而斷又

以同徑鐵試之至十八斤而斷因此法推論曰有金銀立柱于茲其横徑六釐必起八百二十七斤之分兩銅鐵柱則起六百四十七斤之分量也同徑烏木堅實材料立柱分面能當之夫徑一釐與六釐其積三十六倍之分兩又論竪柱横柱之力尋及筋絲麻繩等可謂密矣而彼土有專門重學一紙不可盡故欲製儀器必先知其環積若干其直距若干別製小柱知其所當之力而比其環其直距則可得相稱是器不致毀損之本測者所不可不知也

求重心法

輕重雖得宜亦不可不辨其重心重心正則平置無偏側之失運轉無遊移之弊其故何也凡人之行動至禽獸飛走之勢其體偏倚有所相扶持不失重心故能無有顛躓之患假令人以右手提物其身體必左偏飛禽躍斜坡或張一翼亦偏身體以免傾仆又如樹木生山坡其根其幹其枝長短相扶持而不致傾仆是皆有自然之重心存焉所以行走飛躍皆得安穩也是製儀器者不可不知也求其重心法圓形

則規心必重心也故以規心安柱頭有偏倚必知鏇磨之不平則磨偏處而可得也求三斜四斜形之重心法數理精蘊曆算全書後編等載之夫象限之爲形合衆圭形者也或有中空或充格子等形故推其理則雖如可算其術甚繁且不一定姑以簡法陳其理法先從上隅亘其半設一經線令此線當柱頭而垂下之而左右無偏側乃爲重心於此加釘以倚于柱如此則遊移旋轉不勞力而又自無傾側之患諸遊儀皆綴重心亦不招毀損之一端而所以得測度之正於是乎存矣

螺旋法

新儀皆用螺旋起動之開闔之填壓之遊轉之其用最廣其能最大假令儀器有數十斤重人力不可動者用螺旋則一孺子之力能可動之其省力之理亦出于勾股比例譬如擔重行途險則非數人不能夷則一人而可能故執儀器者不可無省力之便也夫螺柱之長如山之直高又如勾股形之勾其螺絲之畦道如回磴又如勾股形之弦於是弦線一倍於勾

則從省一倍之力弦線數倍則省數倍之力無他途漸平夷省力亦隨數倍也試以紙造勾股形纏之於圓柱則爲螺絲狀是螺旋之所由起也而其把心加絞柄以轉之其柄又加衡其衡尺寸便一倍于螺柱徑則亦可省一倍之力其理如槓杆之撥重益絞柄一轉螺旋悉轉如衆人相撥然宜哉其省力也又有舒縮進退之術其用非省力在司細微之步嫘螺絲更分法是也是其一端也其他開合挑壓之術無慮若干就說于諸儀條下爰不復詳也

寒暖儀製造法

管用玻璃之皛明者造焉管球大不一定大抵孔之細粗隨球之大小唯要內面滑利髮直不澁滯又有匾孔者本邦罕製之者只取外降度易視故不必強也須亦欲純粹者若有滓汚以韋絞漉之管須精純而始可議造法是不啻寒暖儀也驗氣儀亦然其注須之初先以木或厚紙作漏斗狀緊接于管口以球蘸沸湯中則管內之氣逸去其大半此時注須于漏斗中以傾于冷處管內氣空故欲引外氣補不足益

管中生吸力須乘其吸勢降管中若干而復蘸復注視須漸溢球而遡管中於是定驗試法其法以本器投之藥水中（硇砂十一錢硝石十錢芒硝十六錢以水三十二錢溶化之）以須之縮極遂不陷于球中為度記其處為下極又蘸滚沸湯中記其升度為上極折半為血温度自血温度以上其空處無定寸隨意斷之熔結焉熔結法先預從所欲切斷其管而蘸器于熱湯中見須之張擴而滿管口隨即以烈焰尖熔結焉然後安頓之於静室熱氣全盡則上際必得空處若干寸分也稱之真空不毫有外氣之謂也製式如法則管中無氣壓塞之而升降能應冷暖也必靈矣製造已畢而記升降度其法以上下兩極間若干寸割為一百二十區造記號詳于本說今以測試之儀與西製之儀對較乃以彼三十二度為甚寒以四十六度半為寒以六十一度為中度以七十五度半為暑以九十度為甚暑是南北寒暖之通式也

驗氣儀製造法

儀用三物一曰須煑令潔清二曰玻璃管大抵長自

二尺七八寸至三尺五六寸管空徑自二分強至三分其一端有底三曰承壺玻璃製爲捲形或匏形者其始製時以須注飽二器以指頭遏塞管口倒植承壺中徐放管口乃須少下承壺中與下須爲一體而見管底空處空處短則減承壺中之須隨減管須隨降是因外氣壓下須面管中之須不暴逆也已上空得宜其傍貼分度細畫欄紙試驗累月以升降極度六分之以定晴雨之記號七等云

築土法

築土所以防儀器傾斜也儀器失水平其垂線皆乖矣重心失正必爲偏重漸致歪斜築法所以不可不完固也

凡爲營築者先可相其土之高卑燥濕若其地面原來高燥不經耕糞則土質純厚能堪巨儀之重力故築之不必費物力安排方石即完固尚欲至堅舂築如法打築石及石灰而可也若夫卑濕或洲渚爲陸之地大抵砂石間雜無凝著之勢而土質不醇壤墳相偏一爲至重被壓則壞乃爲頹壞墳固凹陷就中

卑濕之地最難若不得已而築之此則其法宜掘地及泉而用最能堪水巨材一丈或二丈者舂欵於土中無數而平定株頭令箇箇莫長短而後又以檜栗等堪水方材排列固著于坑中株頭常令涵在水泉中已排畢充合水平於是用方石及石灰搠築之如此則庶幾永無傾頹之患築法宜漸作不宜急遽經旬彌月歷日雨而可期成也

用灰築礎法載泰西水法水庫條其法以畜水爲本務與礎築法少異趣今只記以備參考如左

一曰具具言其築料與塗料築料石尾砂皆可用塗料者石灰砂瓦屑謂之三和灰去其一謂二和灰皆可用以石理密潤者爲上燒之二日半其量三分損二者爲佳砂乃海爲上海砂又赤爲最專撰其純者瓦以陶竈之新毀瓦爲佳若無則陳者亦可用只水濯之日曝之極乾而可用製之鐵石杵臼舂之篩之其極細者與石灰爲同體次細者與砂爲同體大者如菽者謂查

二曰齊齊者分量勻和也法曰水灰一砂二水和勻

之如糜謂麄齊三分麄齊水加一謂築齊毛砂二砂一灰一謂初齊中屑二灰一曰中齊細屑二灰二謂末齊煉之日再五日而成謂新齊畜之恒以水潤之放於下濕處久益良和匀之水泉水江水爲宜雜鹵與鹻皆不中用

三曰築築礎固之謂也大體以築料爲座塗其罅隙以築齊或初齊以木或石礎築若有龜坼以中齊末齊塗之其築法累日須盡力築數多礎杵重度則堅密勝于石云

分度法

平行層圈法　對角線法　計隔表法

螺絲更分法

儀器劃度分法以其半徑爲度以步周截爲六弧而折半之又三分之定每十度點象限弧乃以半徑爲度截其弧邊次折半之得三十度弧通前弧爲九十度皆於環面設円外圈線爲劃度界而後於外圈上照前法記每十度點每點向心劃直線又分圈線一層如此度分之界線次第退圈線一層欲令其經界

明晰至細分之法古所未有也但不過每度二分之或四五分之耳是非不欲細分線雖器大而度間無容數十線之地也於是西儒丁氏剏用平行層圈法其法於象限盤面劃同心平行圈四十五層最外圈九十分之第二圈八十九分之第三圈八十八分之次第內向減一分至最內圈爲四十五分而每圈端記弧數及其分數加窺衡或垂線測候時察其所截某圈某分而其圈之全分數爲一率所截之分數爲二率九十度爲三率求得四率爲所測得度分此法雖得分秒之細分圈已繁且窺鏡所截有二三之疑似加之儀面重實而不便于轉移故中古用對角斜線法其法原勾股形內設平行線之比例葢勾股形於弦線上齊平分之作點從各點引線與股平行至勾之分數等于弦線之分數於其股上亦然故欲劃細分於直尺上則每一分劃畏線爲數格之長方形內畫各斜線十平分之每分通横線則一分之濶如勾其畏線如股斜線如弦於是加壓表檢其横線斜線相交之數則表之截勾線亦如弦線之分若弦線

上二十分之或三十分之隨可得其細分是以勾線之短易弦線之長所以易得細分其於弦環面則每十分劃直線至內界圈爲數區之長方樣於是每區依前法作斜線十平分之乃得逐度之一分然此法於直尺上則理固適矣於弧度遂不通何則每十分界線皆向環心其線不平行又底線者所截弧線元非直線則雖環至大而分區甚細而理遂不免車輞形故不能通也今以三角形比例定每分之圈線此形知一鈍二銳角心銳角一十分又知其對邊所劃斜線若干及十分外界圈半徑於是依對角法以所劃斜線若干爲一率心角一十分之正弦爲二率十分外界圈半徑爲三率求得四率爲對十分外界圈半徑角之正弦用八線表求其度分爲其角度加心角一十分以減半周餘爲對內界圈半徑之角求其正弦爲通實又以對十分外界圈半徑角累加一分求九件之鈍角以各正弦除十分外界圈半徑爲各率以乘通實爲各各半徑而於內外兩界間劃圈線九道界爲十層則每圈線與斜線之交即逐度之一

分也於是加指度表檢之而每分之交處始合真數也近來西洋創一種簡法今此名計隔表其法於本弧上別添一表以測分秒之細形如篦櫛臨木弧劃線上以遊行其分法有盈分縮分之別假令直尺上劃尋常寸分以其一區欲十細分之則別製一小表以本尺十一區之長造界線界內十平分之劃每分界線記自初至于十之數字以襲副本尺其初線乃表之指線也檢之之法察本尺劃線與小表劃線參直小表之筭一線參直乃退指線一細分筭二線參直乃退二細分益小表之每區廣於本尺之每區爲十分區之一故小表之分線參直本尺之分線之數乃初線如相離之數是爲盈分法若取本尺之九區十平分之乃小表之每區狹於本尺之每區十分區之一也亦指線進退相同是爲縮分法此法劃半徑三尺之弧度可得劃十秒線其分法於環面劃五分線取其三十區增減一區以爲遊表之兩界三十分之加于本環則得十秒較益五分者十秒之三十倍也故以三十區增減一區劃遊表界是十秒之盈縮

也此法劃線不煩能測細微環面不廣然便轉移且得直尺弧度通用又於理爲最得又一種有用螺絲轉出分秒之法今此名螺絲更分法其式先造一箇籠子中通一螺絲竿而於弧面或直尺裏面施螺絲轉齒以令咬籠中之螺條其螺齒之每畦如弧環或直尺每分之寬於是螺絲一轉送本弧一區有指度表以檢其數又別以籠子端一圓盤令螺條絞處突出于其中心而盤周劃分秒線假令本弧一區一度則盤周三百六十分而可得十秒之細或用計隔表更可得微數而本環之一區移爲次盤一周故雖小器而得分秒細數亦可謂奇巧矣只恐螺絲易耗久而生差也今測量所所用之諸儀大者用對角斜線法或計隔表法小器乃用螺絲轉法是所以今測之勝於古測也

寛政曆書卷二十五終