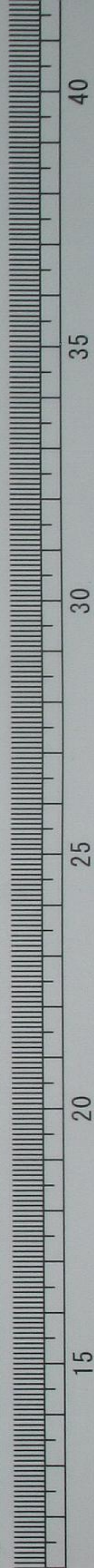


談天

二編  
中

叔 5  
1387  
5



387  
5

談天卷九



英國侯失勒 原本  
英國偉烈亞力口譯

海甯 李善蘭 刪述  
大日本 福田泉 訓正

命名

古有諸層玻璃天載星而轉之說此于恒星環繞之理未始不可通而于日月及諸行星之理則殊不合然即以恒星天言之如此大玻璃球每日自轉一匝亦大不易或古人力大故作此想耳近已廢此說不用而以歌白尼地球自轉之說為定論既除舊法必立新名故此卷專主命名

談天

卷九

命名

一

地球以平速向東自轉，所繞中心直線爲地軸。見某星在地平上某度某分，明日復見其在某度某分，爲自轉一周。

地軸之兩端爲二極，終古不變。近中國者爲北極，遠中國者爲南極。

平分地爲南北二半球之太圈，爲赤道。赤道每點距南北二極俱等，故赤道所居之平面必過地心，且正交地軸。

凡地面任一點，作過兩極之大圈，爲地子午圈。子午圈所居面爲子午面。

凡地平有真地平，視地平，詳前卷。

各地子午面交地平面之線，名午線。所以定地平圈正南北二點。

各地子午圈上距赤道之度，爲各地緯度。最小爲○，最大爲九十度，在赤道南爲南緯，在北爲北緯。如順天府，爲北緯四十度是也。

按緯度之名，初學暫用之。若地之狀及天文之理，益明此名當改也。

凡地球面與赤道平行之諸小圈，爲赤緯圈。圈之各點緯度皆同，如順天府在四十度緯圈上是也。

曆家恒以本國都城之觀星臺爲原點，各地子午圈與原點子午圈交赤道二點之距度，爲各地經度。即二經

圈之交角度分也。以後凡經度皆以順天爲原點。緯度分南北則經度自當分東西。如法蘭西都城巴黎斯或爲東經二百四十五度五十一分五十二秒。或爲西經一百十四度八分八秒是也。然不若從原點○度起至三百六十度俱向西推更便。故以後但用西經度。經度亦可以時分秒計之法。以一小時代十五度。以一分代十五分。以一秒代十五秒。如巴黎斯爲十六時二十三分二十七秒九是也。

知各處之經緯度即可準之作地球儀及地球全圖。若作各國圖不過地球面之一段。可以法改球面爲平面。蓋但欲知本地之經緯度不必拘定作球形也。餘詳地理。

赤道南北各約二十三度二十八分之緯度圈爲晝長晝短圈。二圈上諸點當春秋分時俱見太陽過天頂。

距南北極各約二十三度二十八分之緯度圈爲南北二寒帶圈。其緯度約六十六度三十二分。此二圈及晝長晝短圈在

地面恒變故曰約其變詳後

虛擬一無窮大之球以定諸星之方位爲天空球。其半徑無窮長。地心及人目俱可作球心。

地軸所指天空球之二點爲天空南北極。

地赤道所居面割天球之線爲天赤道乃天球之大圈也。展廣地平面所割天球之線爲天空地平界視真二地平面無異。所居地平面正中點作垂線上遇天球之點爲天頂點下遇天球之點爲天底點。凡過天頂天底二點之大圈爲垂圈必正交地平亦名地平經圈諸曜在地平上依此諸線測其高度高度之餘度爲距天頂度。

地子午圈所居面割天空球之線爲本處天子午圈歷書凡言每處子午圈者皆指天子午圈乃過天空兩極之垂圈也。正交地平界于子午二點。

正交子午圈之垂圈爲知西圈必過地平界正東西二點。諸曜所居垂圈交地平圈之點距正南北二點爲地平經度乃過極過曜二垂圈之交角也。地平經度舊從正南北二點向東向西計之例不過一百八十度今從距極最遠點向西計之自○至三百六十度爲正度向東計之爲負度以免淆亂便于用代數也。

諸曜在地平上之度爲高度即爲距天頂之餘度知高

度及地平經度即知其所居之點

凡諸曜距天赤道度名赤緯度其餘度名距極度赤緯度以北為正南為負距極度從北極起至一百八十度無正負較便于用

過極正交赤道之圈為赤經圈亦名時圈時圈交赤道之點一如垂圈交地平圈之點也

凡過某曜及本處天頂一時圈之較度為本曜之時度恒從子午圈正向西度之從○至三百六十度與曜之每日視行合也

凡從春分點至某曜經圈交赤道點為本曜之赤經度

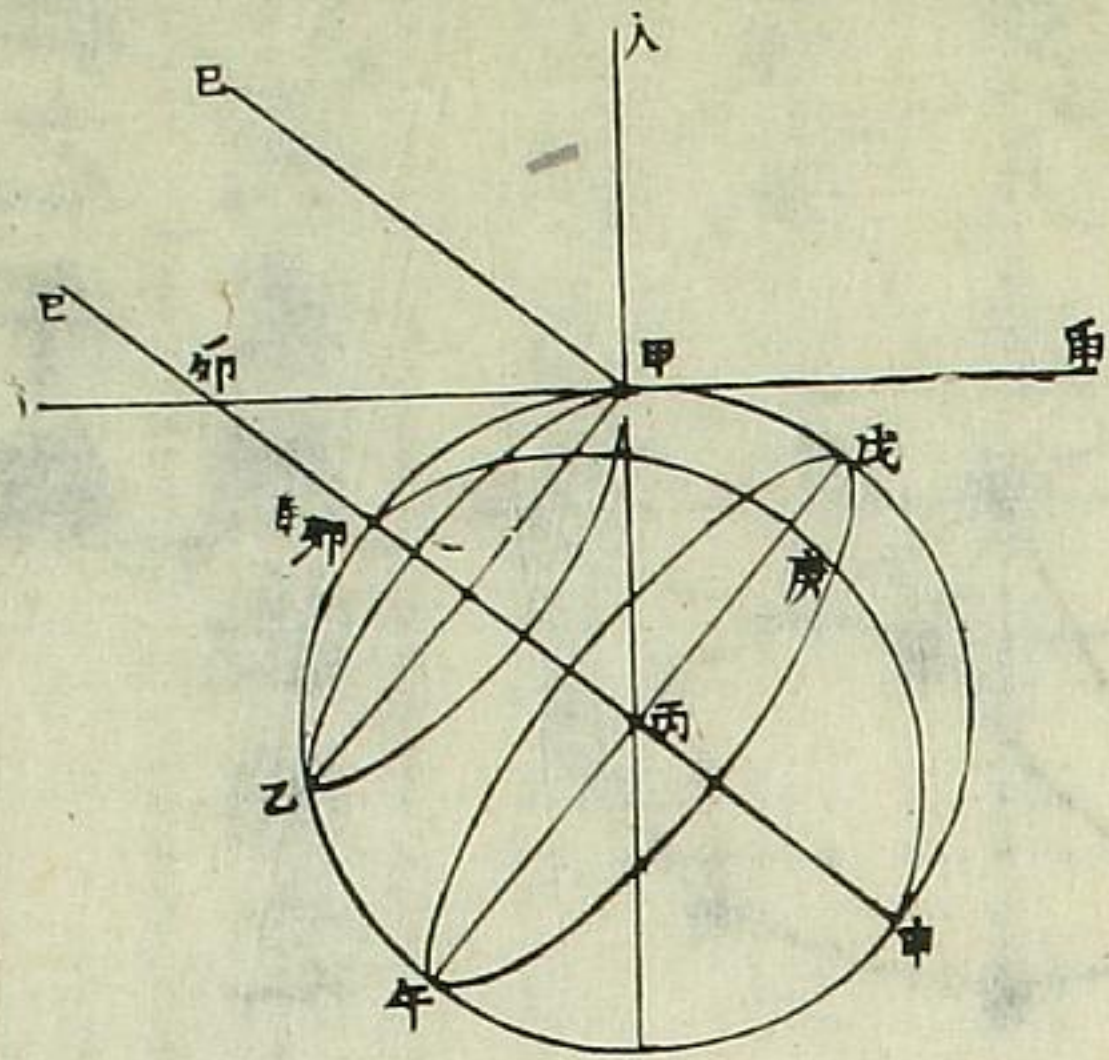
即春分及本曜時圈之交度也考定春分點法詳後

凡諸曜之赤經度從春分點起以度分秒計之與地赤經度同例自○至三百六十度或以時分秒計之自○至二十四小時諸曜之視行與地自轉相反故亦向西度之

用恒星每日向西行計時名恒星時從春分點起春分點雖有變然甚微在一周時中不覺可不論一周名恒星日亦分為二十四小時及分秒凡星臺中必用恒星鐘表以分點在午線為針之始即○時○分○秒也諸曜之時度以十五度為一小時即指距午線若干時也

午線後爲正在前爲負諸曜赤經時度即本曜及分  
 點距午線時之和較也在前後同則爲較異則爲和  
 凡渾天球及全天圖或一段天圖亦仿地球地圖法作  
 之則位置諸星一一與天合觀其圖如在地心觀天也  
 故不論在地面何處用之皆與天合蓋此圖無天頂天  
 底二點亦無地平界及東西方位而過兩極之大圈與  
 地諸子午圈合然與地面各處之定子午圈不同蓋地  
 面各點每日必盡經過天之各子午圈也

歷家欲天地二圖通爲一理以天球之赤道與地球之  
 赤道合而地之諸子午圈在天球名時圈諸圈於極成  
 角度名時度此法甚便于用又有黃道經緯圈地球所  
 無惟天球有之以地與諸行星繞日之軌道爲主二者  
 歷家兼用之

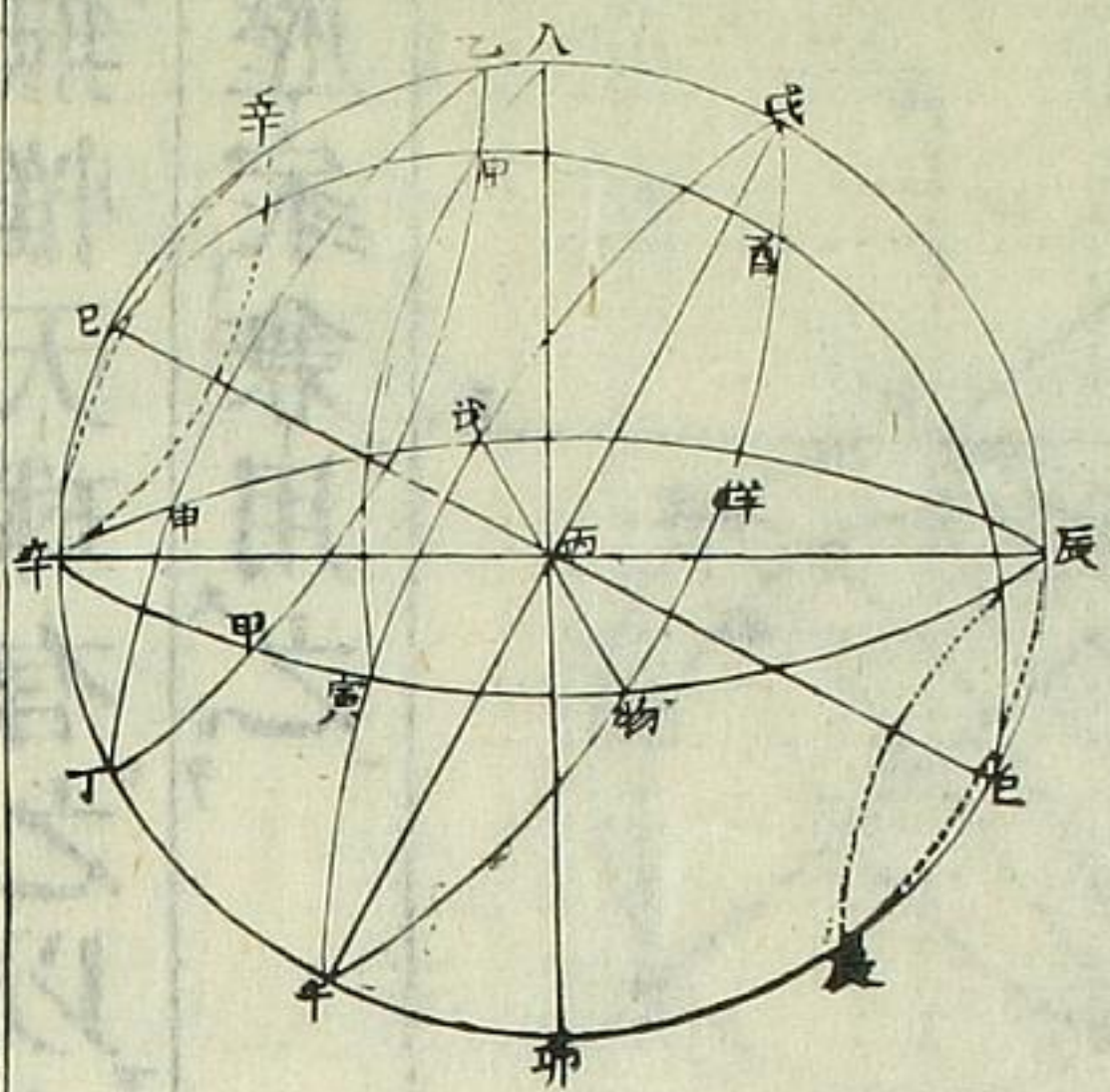


如圖丙爲地心丙申爲軸申  
 爲二極戊午爲赤道甲乙爲地面  
 甲點上赤緯圈甲巳與申丙申平  
 行乃人在甲點望天極之視線甲  
 人由地半徑丙甲引長乃天頂之

垂線如申戊申爲甲點之子午圈如庚申爲原點之子  
 午圈如中國即順天之子午圈也庚戌即庚申之弧

角爲甲點之經度戊甲即緯度卯申爲地面之切面即  
 視地平面面之正南北二點爲卯申故卯申申線爲甲  
 點之午線

作天球圖法地之大小不論一若人居地心準真地平  
 面作之如圖丙爲人目人爲天頂  
 卯爲天底辛甲辰爲天空地平界  
 以人卯爲二極巳巳爲南北二極  
 辛巳爲極出地度辛巳人戊辰爲  
 子午圈戊酉午大圈正交巳巳爲  
 天赤道設星在申準赤道推之則巳申酉巳爲本星之



時圈羊爲春分點羊酉爲申點之赤經度酉申爲赤緯  
 度巳申爲距極度乙申丁爲每日視繞極之圈若準人  
 申寅垂圈推之則辰寅爲申點之地平經度寅申爲高  
 度人申爲距天頂度辰辛爲地平正南北點戊物爲正  
 東西點辛辰辰爲南北點上二赤緯圈故辛辛爲恒  
 見圈其內之星永不入地辰辰爲恒隱圈其內之星永  
 不出地二圈之間任何星如申每日視繞極之度申乙  
 甲一分在地平上甲丁申一分在地平下餘仿此  
 天視學爲視學之一門知諸曜體線角動等事之實象  
 即能知其視象或先測得其視象亦可推得實象僅論



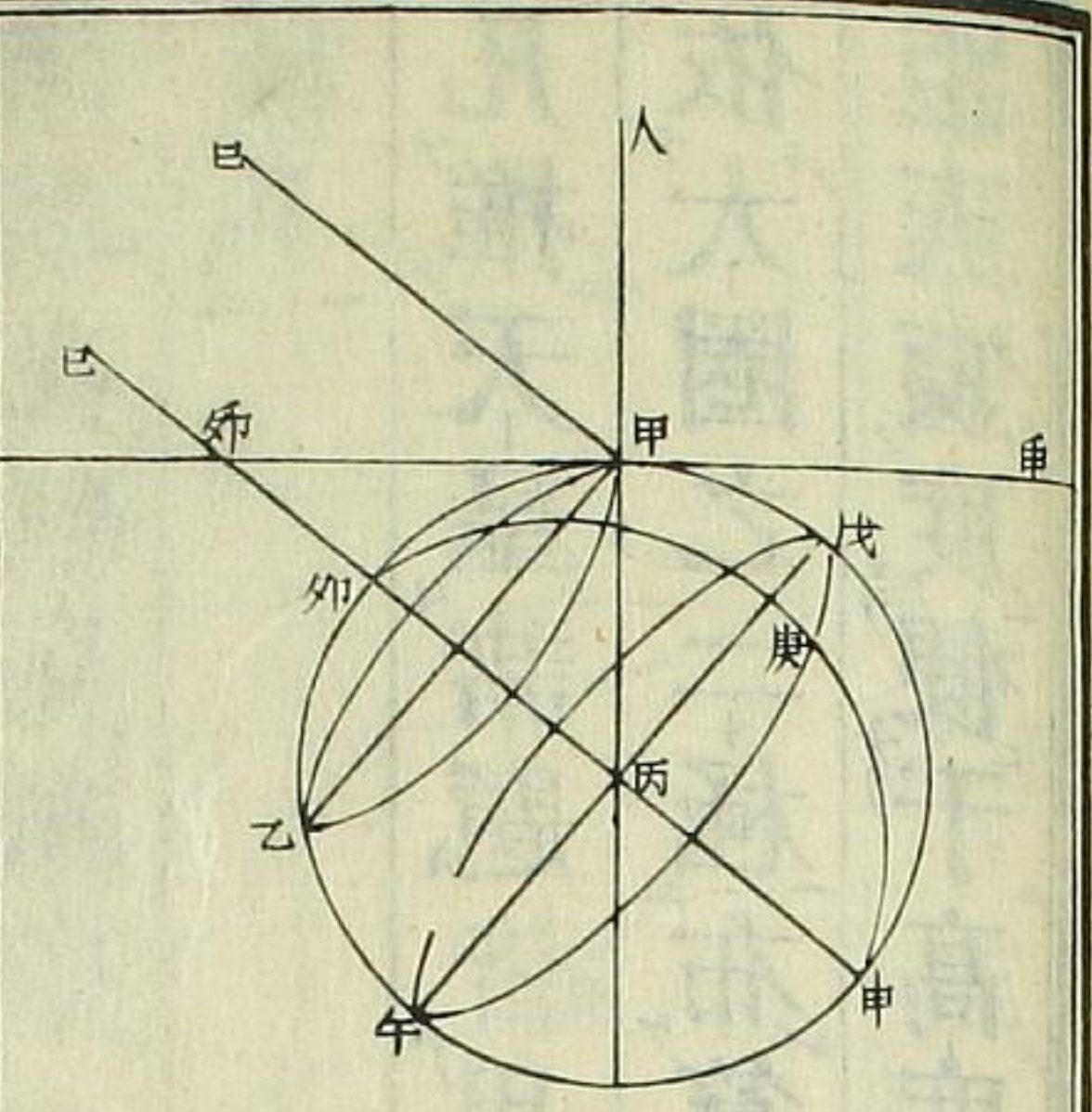
天之一小分與地面同若測天之大小或測全地球則與地面不同地面視法只有一個視點乃作畫之心畫心至人目之線正交畫面爲一點餘直線顯于畫面仍爲直線天之視法各點皆爲畫心畫心至人目之線爲球之半徑餘直線引長之皆爲球之半周任作若干平行線方向不論皆視合于球之相對二點常視學只用其一點名曰合點餘一點不用天球上無論何點從地望之皆爲本點上半徑平行諸線之合點對面之點爲餘一合點而凡球之大圈爲本圈平行諸面之合線凡雲開微隙日光漏入成直線數條此諸線從天之最

遠處來可作平行線論成天球之大圈有二合點一在日一在日對面之點在日之點平地可見而對面之點必登高山當日初出或將入時見此諸線發于東漸斂于西或發于西漸斂于東成對面合點也又北曉俗名天開或云是電氣光其光成諸直線皆與指南針平行視之向地平漸斂若合于針所指之點其上皆如天球之大圈而合于對面之點又立冬後四五兩夜諸奔星之方向詳前七卷若引長之可彙于一點故諸奔星大約方向平行觀此諸事前條之理自明

準天視學則南北二極爲地軸諸平行線之合點頂底

二點為地平面垂線諸平行線之合點也  
天赤道為地赤道諸平行面之合線  
真地平面諸平行面之合線  
測地面物能知遠近故目之視差易改測天空諸曜不能預知其實體大小故視差不易知欲知其方向遠近之真非精心考察不能然必先測其實象方能得其視差此天學之最要事也

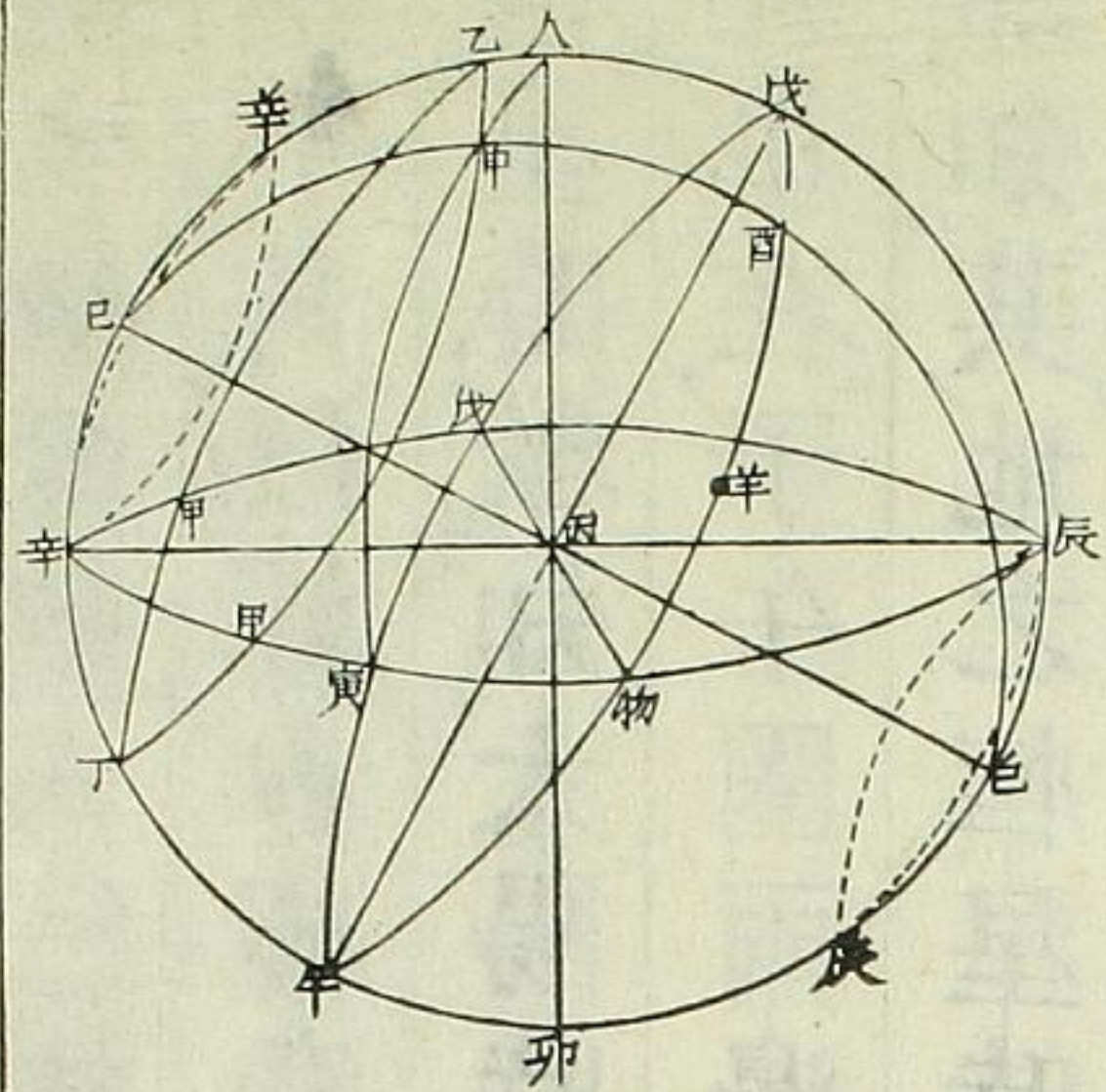
用弧三角以推諸曜乃天學之一門今略論之為學者入門之法  
凡各處極出地度即各處赤道之緯度如圖極距天頂



之角度已甲人即知丙甲而人甲  
卯與丙戊皆為直角則極出地  
度已甲卯必等于赤道緯度甲丙  
戊也故居地之北極則以天之北  
極為頂點向南行則北極出地度  
漸小至赤道則二極皆在地平面再南行則北極入地  
南極出地至南極則天之南極為頂點  
諸星每日繞地復至本所為十二恒星時其繞地用平  
速故至本處之時同星過二子午圈之時較為二地經  
度較率二星過子午圈之時較為二星經度較率

赤道交地平面在正東西二點其交子午圈點之高度  
 爲極出地度之餘度天之南北極爲赤道之二極各處  
 地平東西二點爲子午圈之二極南北二點爲卯酉圈  
 之二極天頂天底二點爲地平圈之二極諸曜皆以至  
 子午圈爲最高度蒙氣最小最便于測  
 諸曜在恒見圈中一日兩次至子午圈一在極上一在  
 極下

凡推天星諸題皆用弧三角推其鈍正銳形而弧三角  
 依大圈之二極布算較便故用距極度便于赤緯度用  
 距天頂度便于高度知此則推星較易矣若但求一星



之位置可仿下推之如圖人巳申二角形人爲天頂巳

爲出地之極申爲星此形有極出  
 地巳辛之餘度巳人即天頂赤緯  
 之餘度有星赤緯之餘度巳申即  
 星距極度有星距天頂度人申即  
 星餘高度若巳申大于九十度則

星必在赤道下若人申大于九十度則星必在地平下  
 又有人巳申角爲距午度有巳人申角爲地平經度申  
 人辰之餘度有巳申人角因無大用不立名故有五事  
 一天頂赤緯餘度一星距極度一星距天頂度一距午

度一地平經餘度不論何題任有五事之三則餘二事亦可推假如赤道經度有距極度求其出入時凡見星初出地平實尙在地平下三十四分此由于蒙氣差故有人申邊爲九十度三十四分又有距極度巳申天頂赤緯餘度人巳則已有三角形之三邊求得人巳申距午角以減赤經度得出時以加赤經度得入時此係恒星時欲知太陽時依表變之

凡星在子午圈兩邊其高度相等之時測其距時若干即知其地之恒星時及赤道緯度凡高度等其距午亦等故測其兩邊相距度半之即本時距午度也此三角形有距午時度人巳申角有星距極度巳申有高餘度人申故可求赤緯餘度人又若已知距午度赤經度即知此時之分點距地平度故亦知此時之本地恒星時是爲求新地緯度之要術

談天卷九終

門生花井盛吉校

談天卷十

英國侯失勒 原本

海甯

李善蘭

刪述

英國偉烈亞力口譯

大日本

福田泉

訓正

測量之理

前二卷論地球之大凡諸曜之相屬測量所憑諸事及諸名目今以天學之實事及諸法詳論之其要每法之立必考求其測量之理蓋不明測量之理不能深信其法故特詳論之俾學者確知古法之誤而今有法以改其誤然後歎立法之精密無可疑焉

造測天器爲工之最精細者非精通幾何之理不能充此工如作銅環分爲三百六十等分置其中心于軸端令其面恰平似甚易事而不知此事極難蓋測角度用遠鏡設遠鏡力爲一千則測天差一分一若差一千分矣設一尺爲半徑則一分角度爲周線三百五十分之一非顯微鏡不能察矣然此尙爲測天之麤器今西國觀星臺之器能分一秒之角度夫一秒之弧不滿二十萬分半徑之一故以六尺爲徑則一秒之弧不滿六千八百分寸之一非大力顯微鏡不能分也于銅環周分三百六十度令無微差已非易事况度旣成再作分分旣成再作秒世未有能作如此細分而無差也即曰能之而寒暑及質重俱能生差蓋寒暑能令銅長縮不能令環通體同變故生差而四周所憑不能如一故質重亦生差又安環于架時必微有震動亦能生差故近法先安環于架然後分爲度分再用諸巧法分爲極細分然亦不能無差也要之天學家所願得之器良工不能造不得已精心設法補救良工之差故測量必當擇時又必當知器之差又必當知器之質性攷之旣詳乃用其正者去其差者此爲天學家之妙用然理甚深曲此特言其大略耳

用有差之器能令測得之數不差爲天學家之要事其法必精心勤求其差或改正器或改正所得之數攷器生差之故其大端有三一曰自然之差人力不能爲氣之變化是也所以蒙氣差雖有表與實測恒不合其理人不能知故大小不能定又器之大小方向亦因寒暑而生差其餘不能備述二曰測量之差乃人不巧便或目力不精或測量略先略後不得真時之度或天氣不清或器之力不足或器微動如是者亦難枚舉三曰器之諸差分爲二端其一器不精或軸筭不正圓或環心不在正中或非的係正圓或非真平面或度分不停勻

其他亦難盡言此非心目之過測天者每恨之其一置器不審或配合未能恰好或動分相屬未能恰好此不能免者如地面或房屋不十分堅實雖生差甚微在他事可不論而于測天則不能不論也又如工匠安器時非極穩固久而生差此諸差最難知蓋非用本器不能知器之地平子午郊西地軸等諸要線有差與否而用本器測本差則甚難也

設所差有定數則能用法改正之而自然及測量諸差參差不齊故必累次測望約取其中數則出入相消而得數畧近也至于工匠及安器諸差須恒防之凡人之

手器之體必不能成正圓及直線垂線但其差甚微目不能見手不能揣而測望時必能覺之蓋人所造之器與造化所生之物以大力鏡勘之而知人所造者其差甚大可立見也故先測望以所得之數造法即以其法攷測望之器求其誤而改正之循環察驗其差易去也攷天地自然之法必由漸而精先用疎器測得數亦疎命名亦疎以所得數細考之而知其不合或仍其名而釋其理或立新名如此考察必至其名與測量之實合而止當考求時大法之中又生小法故初所立名及數皆當改易而用新法時其中又有分支之法必再考之

凡初得之法其理往往誤會心以爲如此與所測恒不合初以爲偶然再四推之皆然然後知器必有差乃推其差之最大當得若干若最大之差大于測望當得之差則器爲無用或棄之或改正之改正非能消其差但令差益明而知前所立法俱當改故幾次測望新理乃明

凡考天覺有不合理處必思有未知之理隱而未顯則以測望之數列表見表有級數之理則再改正器復測之而不合之數與前不同則或係器差用幾何之理推其差之根凡器必有差若不知其差之例恒誤謂天地



之理蓋天地之理與器之差恒雜而難分也此差非同  
測量之差生于偶然由于器之病器不改差不滅所以  
或造器或安器必俱有一定法推其差此差既明方知  
其中有一級數之差與此不合理之事合昔所難分者  
一旦忽分故測望能正器之差也

天學家最要者當先明器之理此理明則造器安器差  
俱能知而有法以消其差測天乃密也假如器之理環  
與活軸當同心而人所造不能一定同心則考其不同  
心當得差若干乃準幾何理環軸不同心一邊之角必  
較小一邊之角必較大又兩心相去無論若干于環之

相對二分各測其角取所得之中數必無差蓋此大彼  
小恰相消也又器之理其軸當與地軸平行而人所安  
不能恰平行則當考其不平行之差凡此考器差之理  
乃最要事若一一明之則器雖不精用以測天仍精密  
也此準幾何理攷之不難後凡言器俱作精器論也

上所論凡欲從事天學者必應知之天學必由疎漸密  
今畧舉數條言之古未有測天之器有具大智慧者仰  
觀而知各星每晝夜繞極一匝後用疎器測之覺諸星  
繞極之道非平圈而近橢圈愈近地平愈橢攷知非器  
之差推求其故忽悟蒙氣之理

與前論太陽同

則知測望所得

星道有蒙氣差以法推之而得真星道也

未有器時覺諸曜一晝夜俱繞地心一匝後用器測諸

曜過午以鐘表攷其時知有不同且亦非測量之差細

測諸恒星至子午圈時俱同而一匝非同太陽二十四

小時乃為二十三小時五十六分四秒〇九故有恒星

日有太陽日二日不同若以太陰言之所得之日更長

為二十四小時五十四分也

以太陽每至子午圈為日之本攷諸恒星之日為二十

三小時五十六分四秒〇九俱同故知此係地球自轉

一周無疑

太陽太陰之周時與公法不合故二物自有動法無論

或真或視與地之動法無涉欲測証之不必用器任取

一牆之界線用銅板中開小穴安定一處令不動人立

于牆之北方以鐘表考各星過穴之時太陽過時用煤

薰玻璃測其東西二邊至界線之時取其中數即太陽

心至界線之時依此測之即知日至子午圈每日不同

或早于鐘或遲于鐘故太陽周時長短不同冬至大于

平周時半分秋分小于平周時半分相連二周時長短

不同故太陽之視動不獨與恒星異且每日不同其遲

速可以法測之測此理必用精器非徒仗目力所能也

既有子午儀再細攷鐘表之差如此考之至器之理極精細則知太陽周時差中又恆生諸細差昔未知者因與器差相雜故也海中之平面可比太陽之平周時一月之潮差可比一年中太陽之差

太陽日與恆星日之別為西歷諸法大綱之一恆用者太陽平日中術起于子正至明日子正為一晝夜西術起于午正至明日午正為一晝夜惟民事間常用者自子正至子正與中術

無異如正月初二午初歷家謂一日二十二小時初二未

初歷家謂二日一時此法有便有不便

二地推時必不同此自然之理為地球相對二地此方

日中彼方夜半此方日出彼方日沒甚或差至一日是甚不便也近立新法徧地球同用一時不以本地晷影中星為主而以太陽躔度為主名之為分點時其詳見後

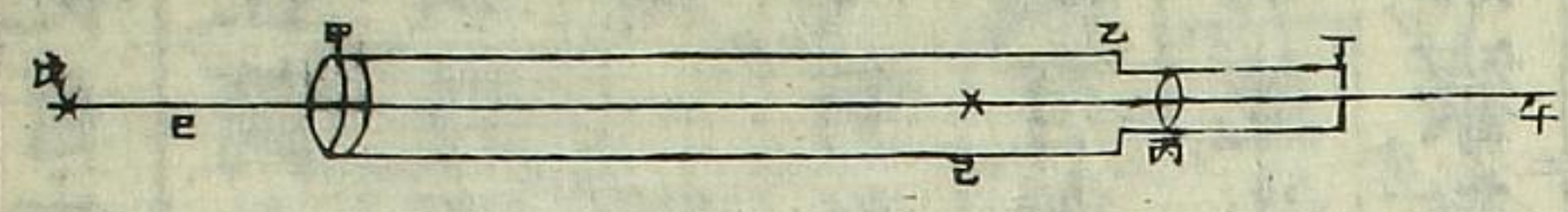
以天文言時其要有二一顯動角地球平轉一匝各星用平時繞地故以各星過子午圈時計之為星之赤徑度一用歷法之時恆為自變數天文之大綱在求諸曜之動法及其故而星視動之法乃考其過去見在未來之方位用此法與測量比較必先有古測望之簿及測之時

古測時用水漏沙漏沙漏最疎而未  
有鐘表時水漏製  
造亦甚精今因不及鐘表故廢之  
獨用鐘表近代武弁  
迦得以法令水銀恆滿器中下  
開微穴恆漏而不淺測  
時承以斜溝令注他器測畢去  
其溝秤他器水銀之輕  
重即得二時中間之分秒此法  
甚妙可用也

擺鐘及度時表 表之別一種 歷家恒憑以測時近日二  
乃最精者

器造法益精密一晝夜差至一  
秒即以為無用故所用  
者十二時以內其差不過十分  
秒之二三然積時愈多  
其差必大故相連數日欲全  
憑鐘表必不能須逐日察  
其差而改之則積時雖久與  
暫無異焉

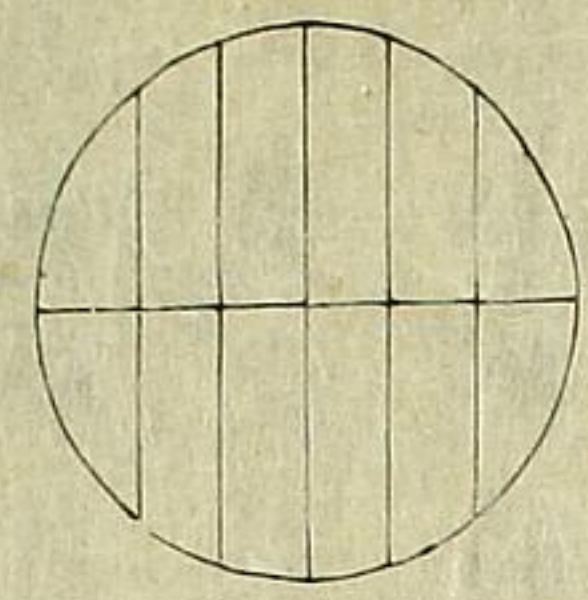
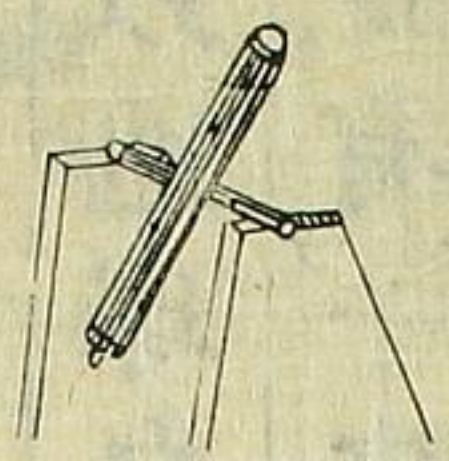
測中星得時最準確故歷家取  
最明便測之星定時以  
察鐘表之差



用光差遠鏡測中星法如圖甲乙為筒以螺  
旋定于架甲為象鏡用二種玻璃相合而成  
令無紅藍暈色鑲以銅圈周作螺旋旋入  
筒口令不動丙為目鏡或用數鏡依光學令  
視力增大視物更明目鏡亦須旋定令象鏡  
目鏡筒三者合為一體則不生變已午線過  
象目二鏡之心此線之方向與筒合名曰視  
軸戊為所測物己為戊之倒象在象鏡聚光

點從目鏡窺之如真形目鏡力增大如真形增大焉此  
 象在筒之空際無實體故當象處作二正交徑或用銅  
 絲或畫于平面玻璃俱可窺之見二徑交點與物點戊  
 合爲一設微不合目鏡增大力能覺之即知視軸非正  
 射戊則微轉螺旋令恰合乃止用此法而置鏡又極平  
 則縱有差角不過十分秒之二三測物每患不恰當視  
 軸有此法可免此患如此用遠鏡能分微角如顯微鏡  
 之能察微物焉再用變大理推其微度能知其形狀所  
 得與幾何所推幾無別焉

測中星之鏡名子午儀其鏡連一橫軸鏡與軸必正交

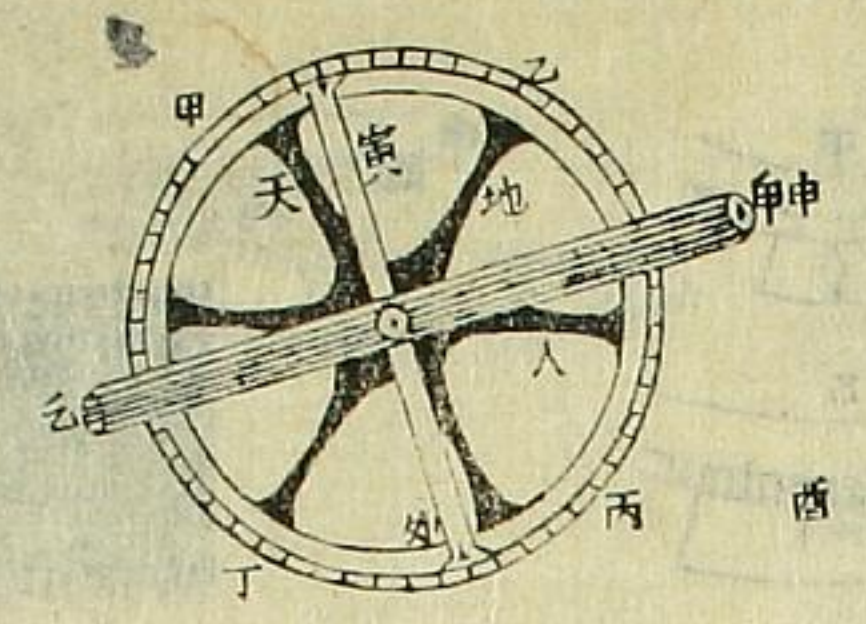


則測望所得皆真軸之兩端其徑必等  
 以銅爲圓殼兩半合而固之殼之下半  
 堅定于石安軸時必正其高低及知西  
 二方向高低憑視軸準知西憑測望皆用螺旋正之當  
 目鏡聚光點處作一地平線正交視軸  
 又作垂線若干相距俱等皆以細銅絲  
 爲之測時須令諸線全見晝則映以日  
 光夜則用法映以燈光線之外圈用螺旋正之令中垂  
 線正交視軸則星過中線即過子午圈驗表記其時再  
 以所測星過左右諸線之時較其誤否若恐器不平則

易置橫軸之東西而測之所得仍不異則筒與橫軸果  
 正交而筒旋轉恰在天空大圈面內也最精子午儀測  
 中星除鐘表差外所差不過十分秒之二三  
 視軸旋轉之面當合本地之子午面攷察法取恒見界  
 中一星測其二次過鏡中線若在中線兩邊之時相等  
 俱得半周時則其面爲真子午面蓋子午面必正交星  
 所行圈于相對二點也

用子午儀及鐘表測度分所得即赤極之角度也此法  
 即以地球自轉之時刻爲準不必用銅環之度分蓋若  
 于時有一定若干弧分過去也其率一時十五度若非

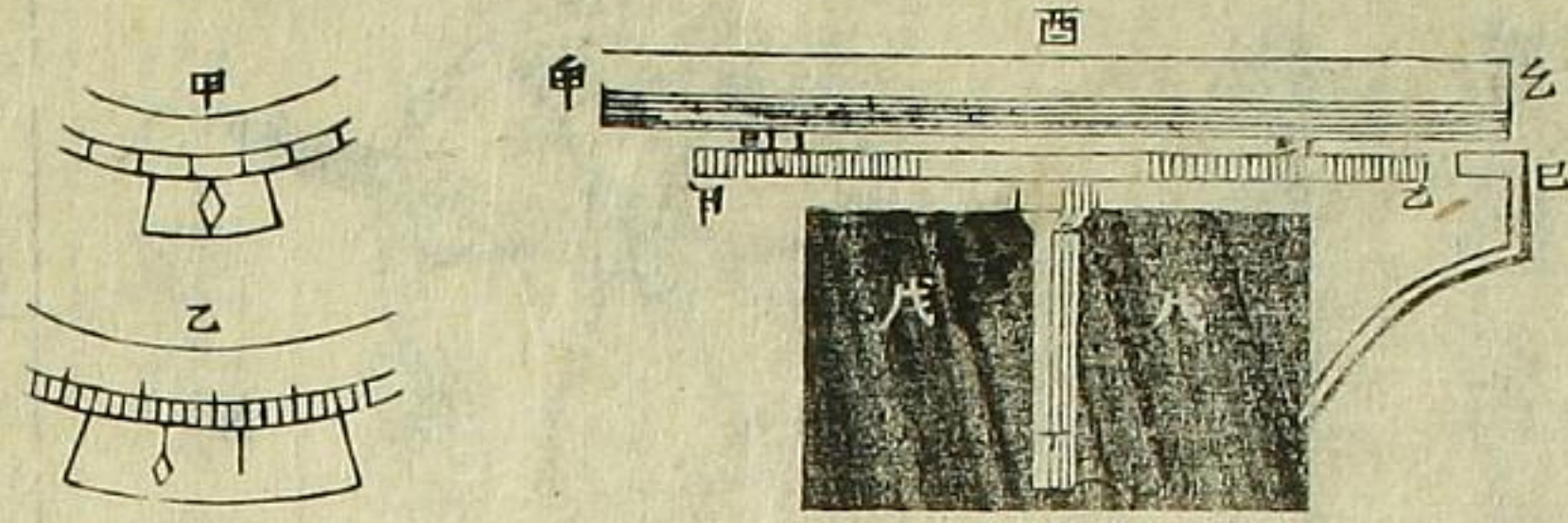
赤道經欲知其度分須作銅環細分度分秒以測之如



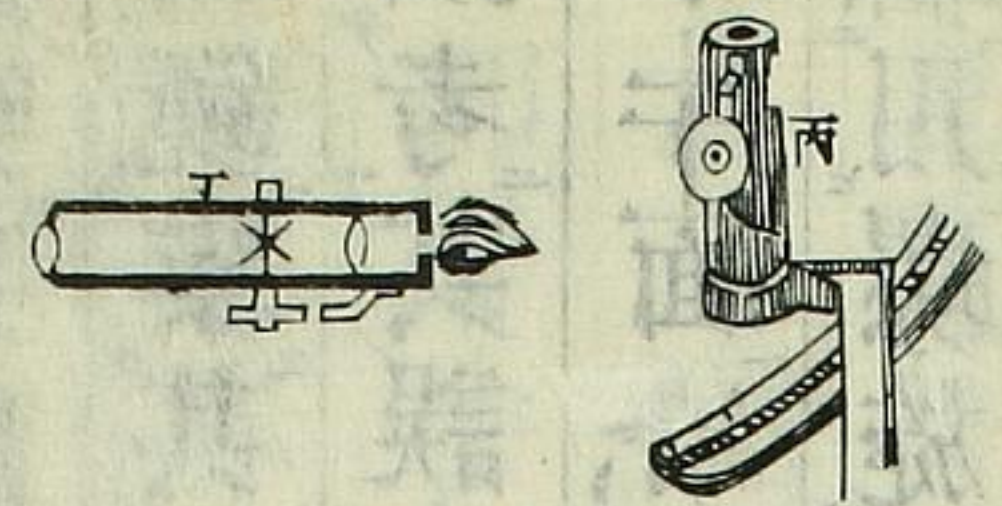
圖甲乙丙丁爲銅環分爲三百六十度用  
 天地人諸輻連于中心心開圓孔孔中鑲  
 以短活軸可旋轉軸上裝一遠鏡鏡之視  
 軸申乙與環面平行而正交短軸鏡之腰  
 連一橫桿桿正交視軸短軸轉動則鏡與

桿俱循環而轉假使欲知申酉二物之距度先令環合  
 于申酉及人目所居之面而以法定環令不動乃轉鏡  
 令視軸正射申復定鏡令不動而視桿端小針所指察  
 其度或恰滿一度但察其度或在二度之間須細察分

秒法詳復移鏡令視軸正射西定鏡察其度二度之較  
 即環中心之角申酉之距度也



一法遠鏡筒與環合為一體不動而活軸  
 另連一銅墩理亦同如圖酉為遠鏡筒以  
 己巳二柱連于甲乙環丁為環之活軸轉  
 于戊戊銅墩墩裝一曲尺己其端有針近  
 環乙以指環之度鏡與環轉時過針之度  
 分即角度也針若鐘表之針如甲或用佛  
 逆如乙最妙者用疊顯微鏡如丙法于目  
 鏡象鏡公聚光點處作正交二線用細螺

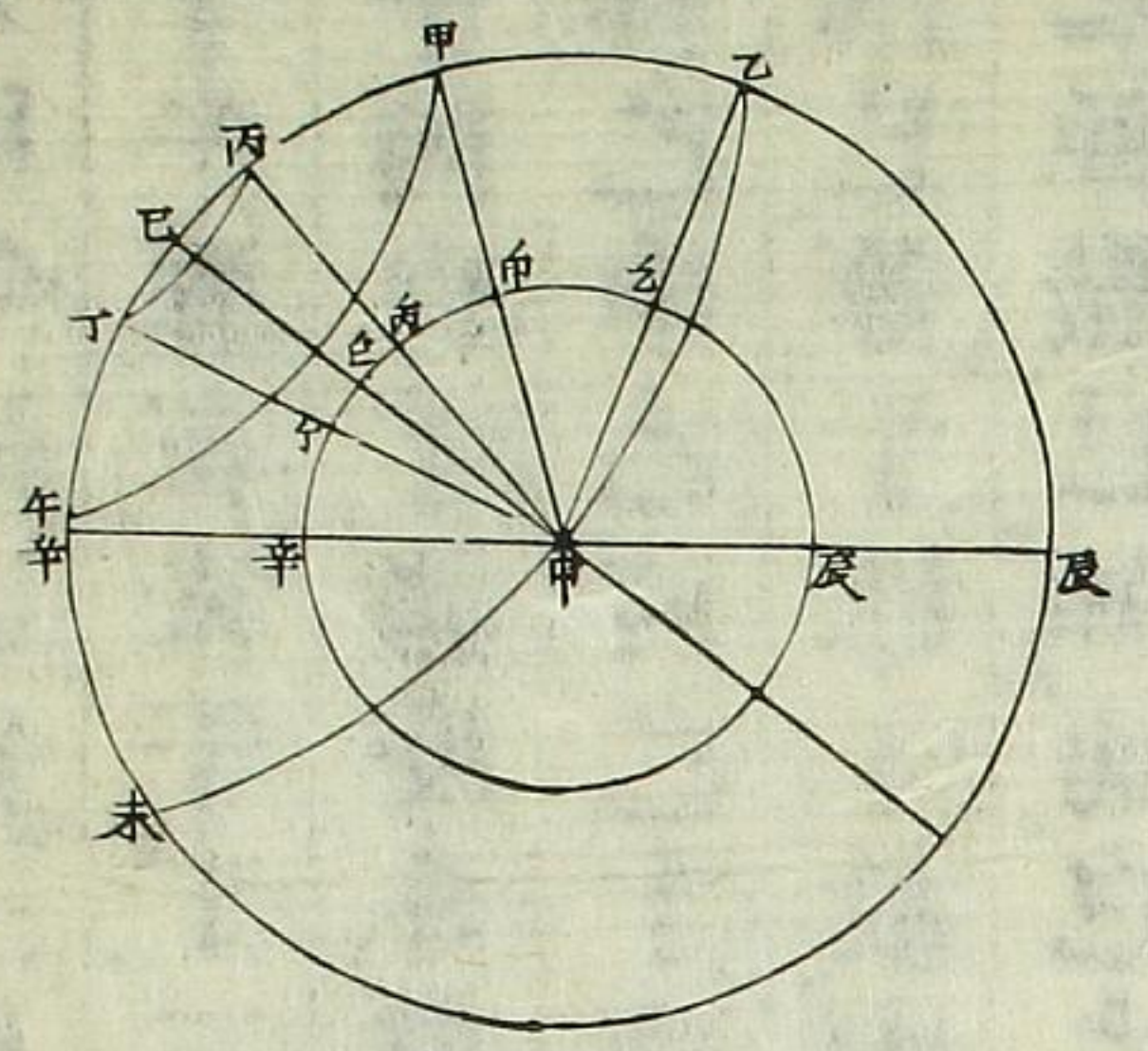


旋轉之如丁先令交點與所察點之最近  
 度合乃轉螺旋復令與所察點合螺旋若  
 干轉即知距視軸所指點若干分秒鏡力  
 須極深螺旋須極佳此法能辨度分之極  
 微與遠鏡之細測相輔而行也用此法測  
 量全憑三事申乙筒向物須的准一也環之度分須極  
 勻二也二分中間須細辨其秒微三也察筒之方向申  
 乙兩端或用交線或開小穴或一端用交線一端開穴  
 俱可皆全憑目力若易以遠鏡象鏡在乙目鏡在申而  
 于公聚光點置交線則遠勝目力之細測也

前條爲測度分之最簡法，但僅能測不動之角度，如地平界之類。若天星則刻刻漸移，此法不能合。惟測二恒星視道相距，則亦合。諸星每日周行天空，所成之道若有迹可見，隨時可測其相距。今無迹可見，然鏡之交點與星合，即與其道合。故候星過時，以交點合之，而定其鏡察其度分，乃轉遠鏡，候他星過，復以交點合之，而定其鏡察其度分，二度分之較，即二星道之距也。連測之，以考其誤否。此乃牆環之理。牆環者，即前條之環，而與子午面合法。令環連一地，地平長軸，堅固不動，軸深入石牆，用螺旋正其高卑，及東西方向，令環與子午面合。凡

恒星道皆正交子午圈，牆環測得二星過子午圈點中間之角度，去衆氣差，爲二星道之距，即二星赤緯之較，亦即子午圈高度之較。

凡曜之赤緯度爲距極之餘度，極在子午圈內，設極點有星，以環測定其度，則餘星之距極及赤緯度俱可測。今極點無星，故取一近極之最明星，測其上下過子午圈之較度，折半，以加下高度，或減上高度，即極之高度。如圖辛巳辰爲天空，子午圈巳爲極，乙





未甲午丙丁為三星道上過子圈在乙申丙三點下過  
子午圈在未午丁三點辛巳辰為牆環申為心其邊乙  
申丙巳丁諸度分與天空乙申丙巳丁諸星相合既測  
得乙申乙丙乙丁丙丁四度分則各星距極俱可知蓋  
丙巳等于巳丁故丙巳等于巳丁俱為丙丁之半則環  
之極點已知而巳乙巳申丙三點三星距極度分亦可知  
矣

極星為最近極之明星距極約一度半過子午圈上下  
二點甚相近極出地度多則二點距地平俱遠蒙氣甚  
微又甚明晝亦可測故天學家恒用之以正諸器之差

如子午儀測此星以驗其合子午圈與否法見前是也

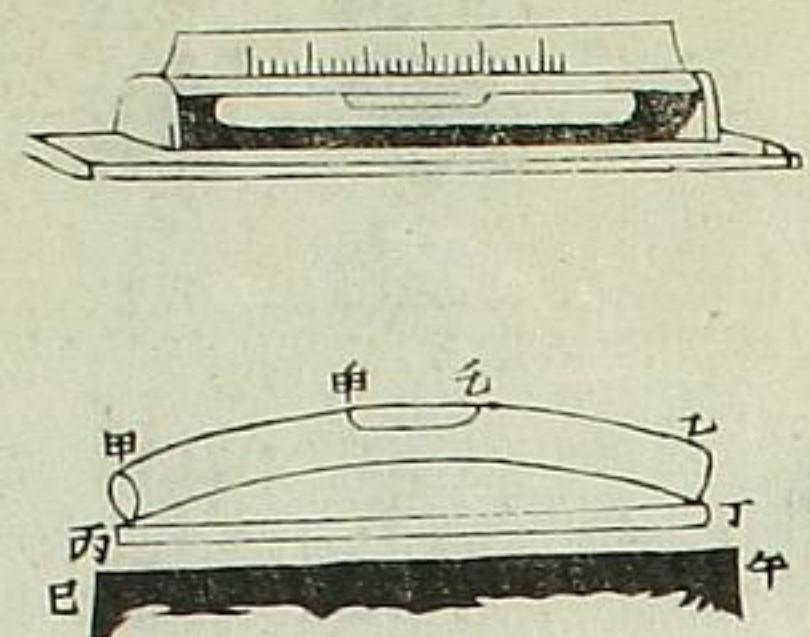
環上極點既測定永為原點諸星距極度皆準之設環  
上度分或有不勻可旋轉其環再測三測比勘以定之  
移動遠鏡有螺旋能定之故環可任意旋轉也

牆環上更有最要者為地平點一切子午圈高度皆準  
之測定之法與極點同天空地平交子午圈點無星法  
于夜中測一星過子午圈明夜測水銀中此星之影過  
子午圈環上二測中間之度去蒙氣差為星之倍高度  
折半得地平點準視學理光射平面之倚度與回光之  
倚度等水銀之面恒平星在地平上影在地平下其度

恒相等也故水銀面名曰借地平

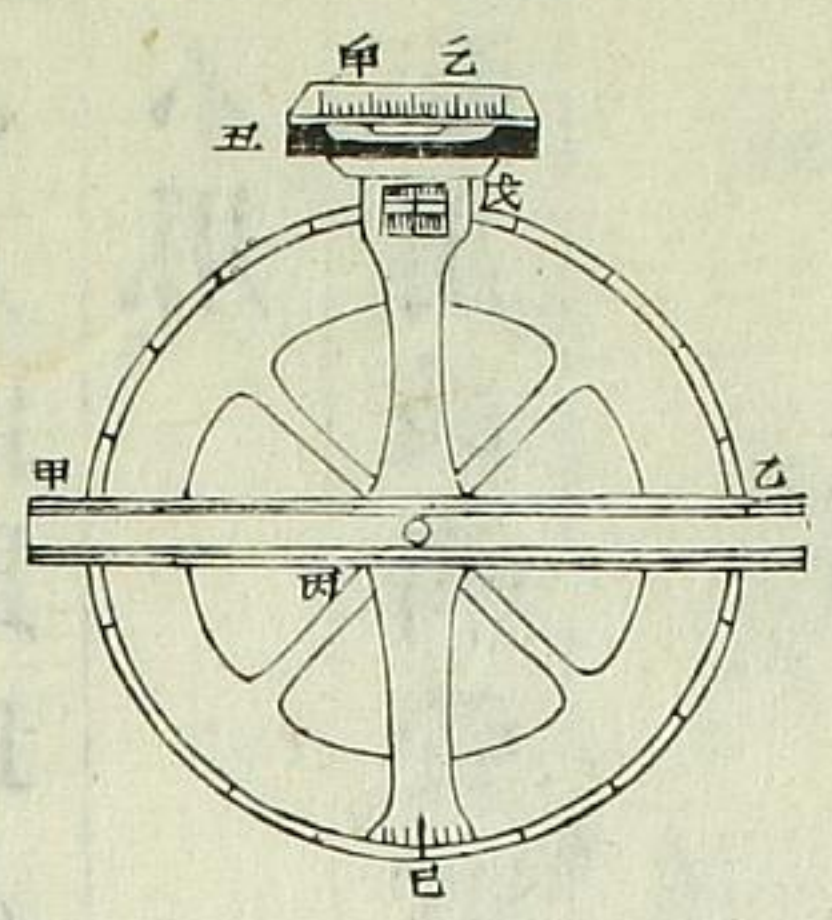
牆環之軸惟一端着于牆力不甚固亦不能如子午儀  
兩端可易置以正其差故其用不若子午儀然其環可  
連于子午儀之軸與鏡同轉定顯微鏡于銅墩以測其  
分秒名曰子午環可并測赤道經度及距極度測時用  
鐘表定其過午時用顯微鏡察其分秒欲造恒星表用  
此法經緯度一時同得甚便也子午環上之遠鏡其力  
無論若干大俱可牆環鏡太大則重力不能勝也

環上定地平點為天學最要事其法不一曰借地平曰  
垂線準曰酒準曰視軸準借地平已見前垂線準用極  
細鐵絲或銅絲或蔴線下懸砵砵浸入水中則不擺動  
線之方向即地心力方向此法非精心細察最易差故  
今不用

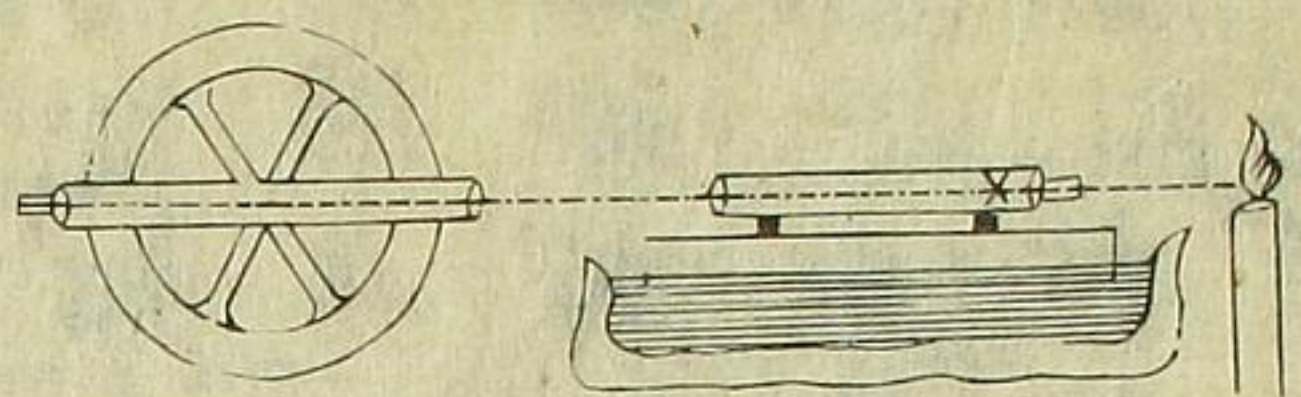


酒準用玻璃管貯燒酒等物微不滿合中有小空著于  
直板上邊微凸準平則小空恒在中如  
圖甲乙為管定于直板丙丁先置板合  
底極平于小空之界申乙二點各作識  
後凡置準合小空與申乙合則丙丁必  
與地平合若稍不平小空必偏向高邊  
也如欲驗已午合地平否置丙丁板于上視小空二界

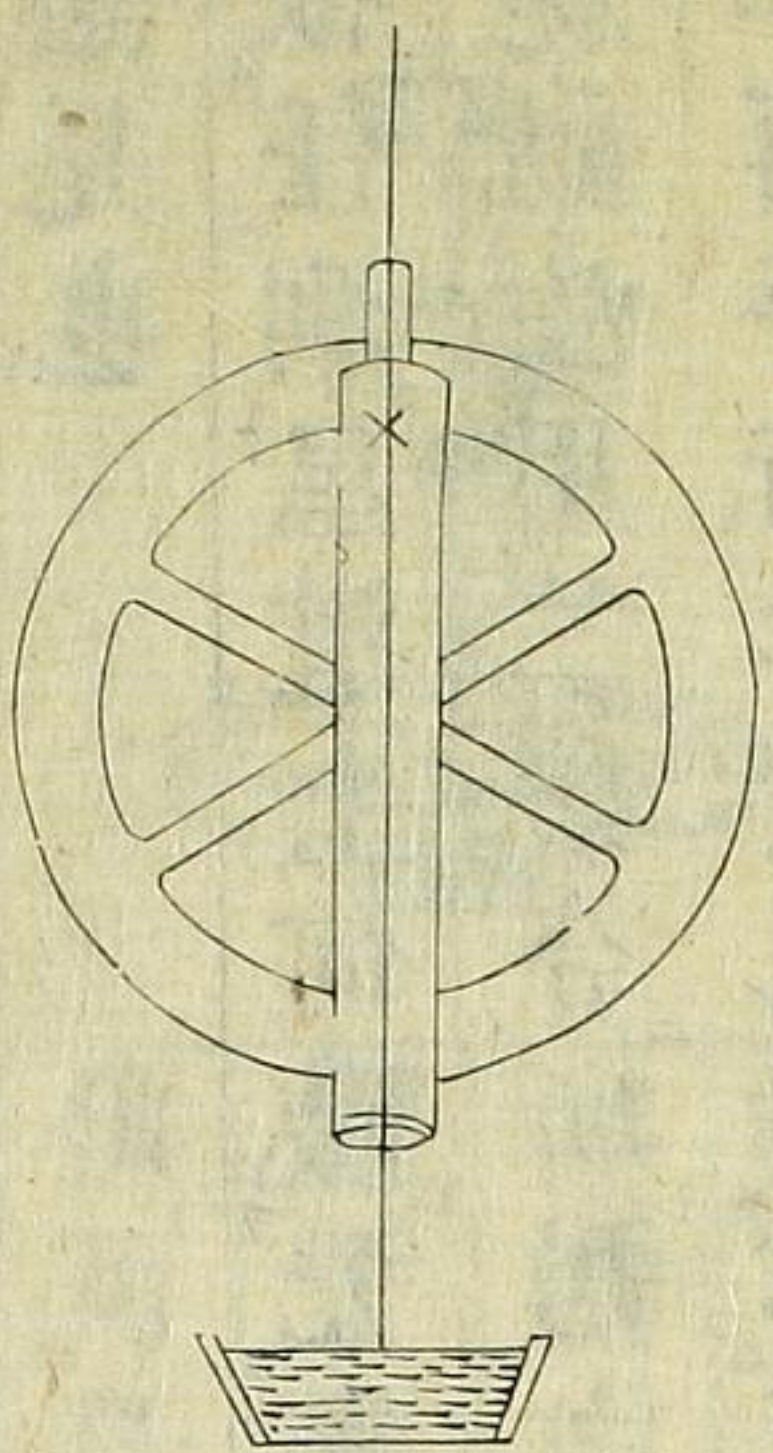
合申乙反置之視小空仍合申乙則巳午必合地平若不然則小空所向一邊必偏高也天學家所用酒準皆有細分視小空二界所在能辨一秒之角差此準必用法細磨管內非易造也用酒準定環之地平點法如圖甲乙爲遠鏡與戊己環相附而轉于橫軸丙其軸亦可東西易置前見而環固定于軸丑爲酒準正交戊己桿而于己或戊用顯微鏡或佛逆察其分秒己戊桿與丙軸連或令易轉而軸不轉或與軸俱轉將遠鏡正對物申乃定之令酒準之



小空合申乙二點亦定其桿則桿與鏡成一定角度乃察己點之度而以橫軸東西易位令環南北易位復將環與鏡同轉于軸令鏡仍對申定之如前定酒準再察己點之度二測中間之度折半得申距天頂度其餘弧爲高度知申之高度即可定環之地平點此法雖繁然用酒準必如此不能簡也視軸準者迦得所創乾隆五十年立敦厚始依光學之理用之此器佳者用遠鏡當聚光點有交線其鏡之筒連以一柱橫立于厚鐵版上而鐵版浮于水銀面故與地平成角恒同用燈映鏡中之交線交線在象鏡聚光



點令光線出鏡平行復聚于他鏡之聚  
 光點與同方向天空之星無異鏡之倚  
 度即星之高度故測二線之交點如測  
 星焉法置視軸準于環之兩邊距環遠  
 近不論以環之鏡二次窺之俱令二鏡  
 交線之點相合則環上半之度即倍距  
 頂點度故天頂及地平點俱可知準鏡  
 二交線一正交地平一與地平平行環鏡二交線俱交  
 地平四十五度故測時交角之度互相平分焉後便孫  
 伯又變化其法即以環鏡正對水銀面而以燈傍映鏡

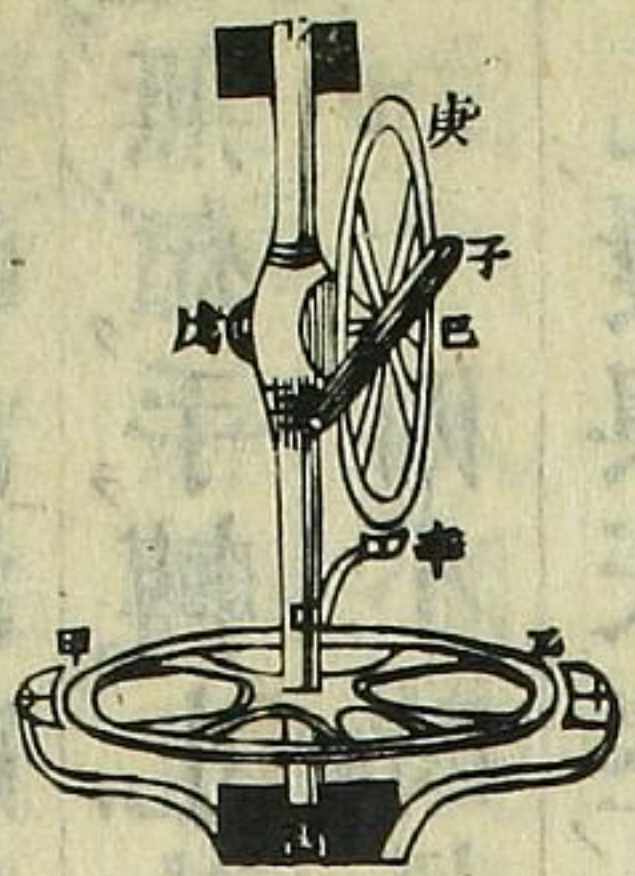


中之交線交線之光出象鏡  
 平行遇水銀面而回復入象  
 鏡聚于聚光點成交線之象  
 故轉動其鏡令象與線合即  
 知鏡之視軸正對天底點

子午儀與墻環皆所以測諸星過子午圈之時刻測星  
 過子午圈時刻以正遠鏡方向最易蓋星視道與鏡中  
 交線之橫者平行而用螺旋能細移至密合少有未合  
 有餘暇改正他處不能也凡測角務得真確若角有變  
 者則當于最大最小時測之蓋此時不驟變有餘暇可

安徐細測也。星之高度亦然。其變之最大最小皆在子午圈上。星任在何處皆當測之。不定在子午圈也。其法天球上無論何點以正交二大圈定之。幾何所謂點之縱橫線是也。如知地面之經緯度即知本地之點。知赤道之經緯度即知本星之點。知地平經度及高度即知出地之點是也。

欲任測星道上何點先當置遠鏡令有上下及四周一旋動法用二環令所居之面恒正交亦與遠鏡旋動之二面平行二環之軸亦正交一為本軸其兩端裝入銅



數可旋轉餘一軸即裝入本軸之腰二環或用二佛逆或用二顯微鏡一着于石墩一着于本軸察其度二環俱可任意定於軸其定之之物亦連

於墩及軸此器測天之大用在置本軸丙丁有二方向一與地軸平行直指天空之極則甲乙環與赤道面合測其時角即赤經度之較丙丁軸旋轉則庚辛環恒與天空之諸時圈合其環之度分為赤緯度或距極度此置法名赤道儀欲久測一星此器最便蓋遠鏡已正對其星則遠鏡與極軸交角等于星距極度乃定遠鏡于

庚辛環隨極軸而轉如此鏡所指不出星道也正赤道儀最不易其法先隨極星轉一周則知極軸偏于何方向而改正之極軸已定乃以緯度環依子午圈定于極軸任取數星緯度大不同者各測其過子午圈若其過午之時較俱與表合則鏡正對子午圈而環之軸恒正交極軸或與表有不合則視其差而改正之近時赤道儀用輪法測時能自轉于極軸以隨星測者但專心候星無煩手轉也法用懸錘轉諸輪以轉極軸錘力極準恰二十四小時極軸一轉也二令本軸爲地平垂線而甲乙環與天空地平面合庚辛環恒與天空垂大圈合

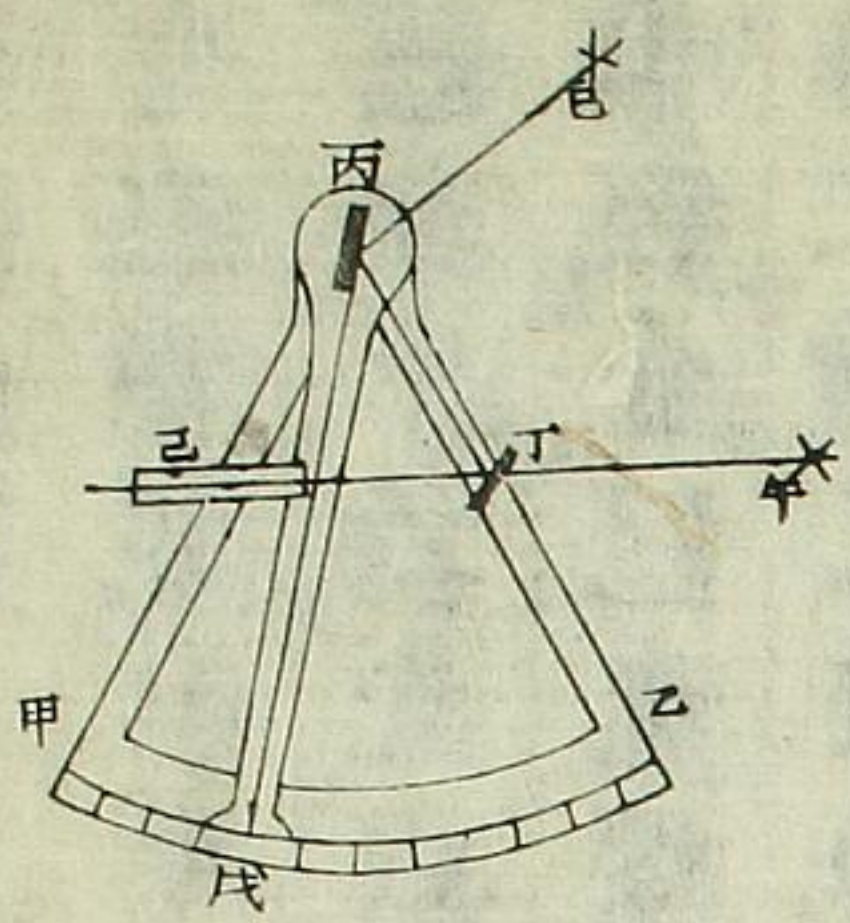
甲乙環上之度爲地平經度庚辛環上之度從頂點起則爲距天頂度從地平起則爲高度此置法名地平經儀用垂線準正本軸或用酒律置器上而轉之視小空不變即正矣定平環上南北二點則以垂環正向子午用考子午儀合子午面法定之前見又法取子午圈東邊一星令與遠鏡內之交點合察地平環上之度分乃定鏡于垂環俟此星過午後轉器隨之至星復與交點合再察平環之度分乃以二度分之較折半即得地平之南北點蓋前後所測二高度等凡星在子午圈兩邊之高度等則兩點距午之地平經度亦必等故也此名等

高度法，歷家恒用鐘表測二高點之時較，折半得午正。此法亦可正鐘表之差。

地平環上南北點已定，以垂環正對之，即與子午面合。乃轉鏡正對地平環上之北點，視交線所合之點，識之。南點亦然。過此二點之線為午線。地平經儀之妙用，莫大于測蒙氣差。法先取一過天頂之星，再取一切地平而過之星，俱測其視道，攷每點與平圍差若干，即知蒙氣大小。

天頂尺、地平尺、製與地平經儀皆略同。天頂尺細測近天頂諸星，垂環惟用下面之一分餘，俱不用。故垂軸極長，環之半徑極大，令弧度寬大，便于細分也。地平尺用以測地面諸物，遠鏡俯仰無幾度，故不用垂環。或用小者，亦不必細分也。遠鏡連一橫軸，着于二柱，與子午儀同。二柱堅定于平環之輻，與環同轉。

又有紀限儀，用以測二物之距度，或測一物之高度。如



圖甲乙為全圖之六十度，分為一百二十等分。丙乙半徑上有鏡，半回光，半透光，正交儀面，而與甲丙半徑平行。丙戊為活半徑，可移動。其末有佛逆戊，可細測度分。其端

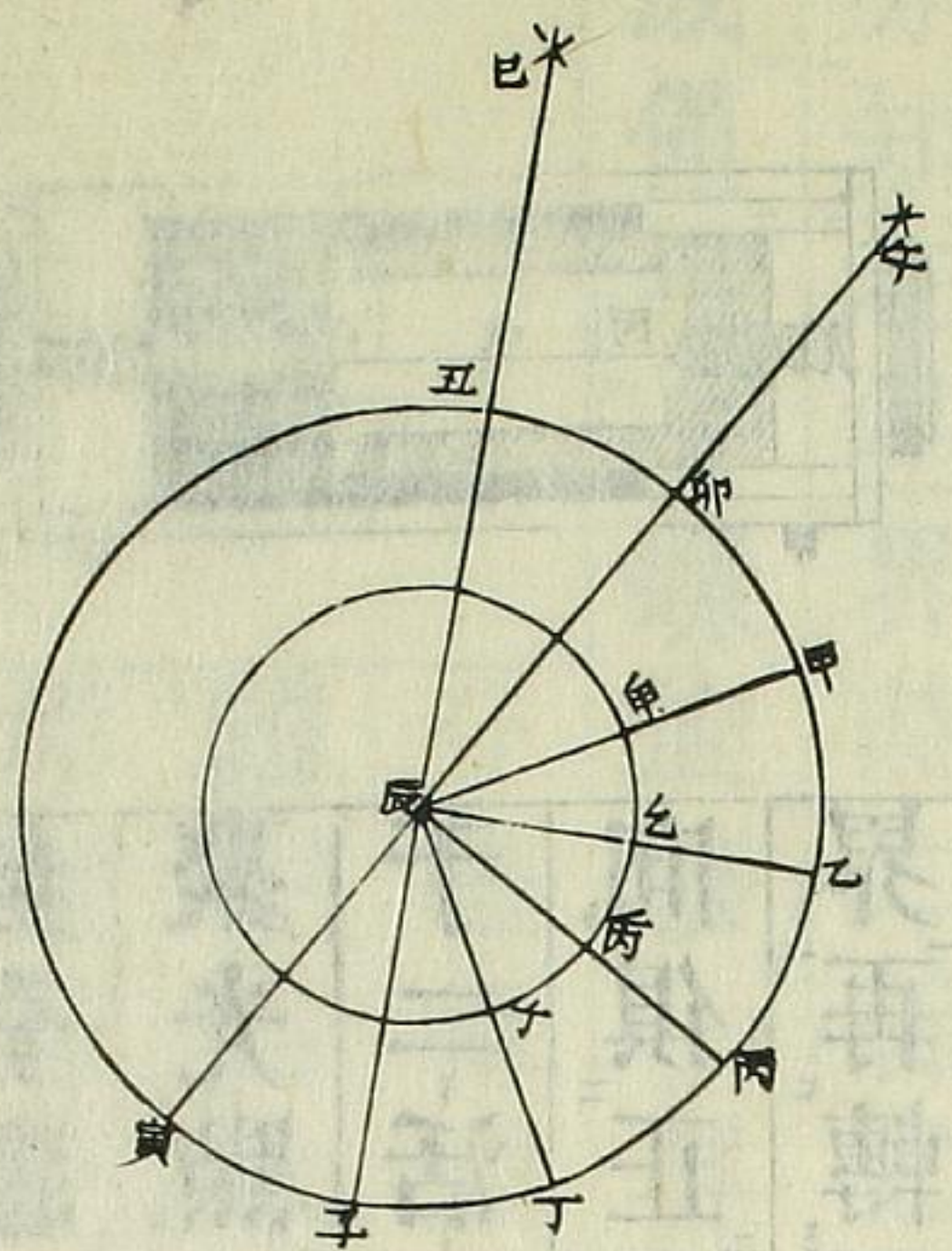
全圖者為三百六十度

有回光鏡丙亦正交儀面而與本半徑平行甲丙半徑  
上有遠鏡視軸與乙丙半徑成己丁丙六十度角如欲  
測己午二物先以遠鏡從丁之透光鏡正對午乃移動  
活半徑令己光線從丙回至丁從丁回入遠鏡筒至遠  
鏡內二物之象合于一即定其活半徑則丙己己午二  
線之交角必倍于戊丙甲角即二物之距度也故此儀  
倍其分數以三十分爲一度蓋光與二次回光三線在  
一面內則首末二線之交角必倍于一回光鏡面之交  
角也此器或云哈得烈所造實則作于奈端可手握而  
測航海者測星距太陽及高度非此器不能蓋海面高  
度酒準垂線準借地平俱不可用故必用此器令所測  
之星與海中地面界合即得星距地面界之高度前見減  
地面界深度即得真高度陸地可用借地平無地面界  
深度也

正紀限儀之差法最簡令活半徑所指之度爲○則二  
回光鏡當平行若不平行則任測一星令遠鏡見丁透  
光回光鏡中星之二象合爲一即知其差數蓋象合時  
其度當爲○若不爲○所得度分即差數每測去其差  
數即得真度分焉若回光鏡不正交儀面則鏡傍有小  
螺旋可旋動正之大率活半徑上之回光鏡造儀者已



詳細定之無須正惟丁鏡當正其差而遠鏡之視軸亦  
 必詳審令與儀面平行其正差法用一地平線一垂線  
 相交而以儀面合地平之垂面以遠鏡正對交線移動  
 活半徑令地平線與回光之影相合又轉小螺旋令垂  
 線與回光之影相合視地平線仍與影合即正矣  
 回光環之用與紀限儀同而圓周皆有度分此器有三  
 佛逆每測俱察其度分以三度分相并約之三差相消  
 略得真度分故此器稱最精妙  
 疊測之例寶大所造有大小二環遞次疊測可任至若  
 千次故其差幾可消盡也如圖甲寅丑為定環子丑為

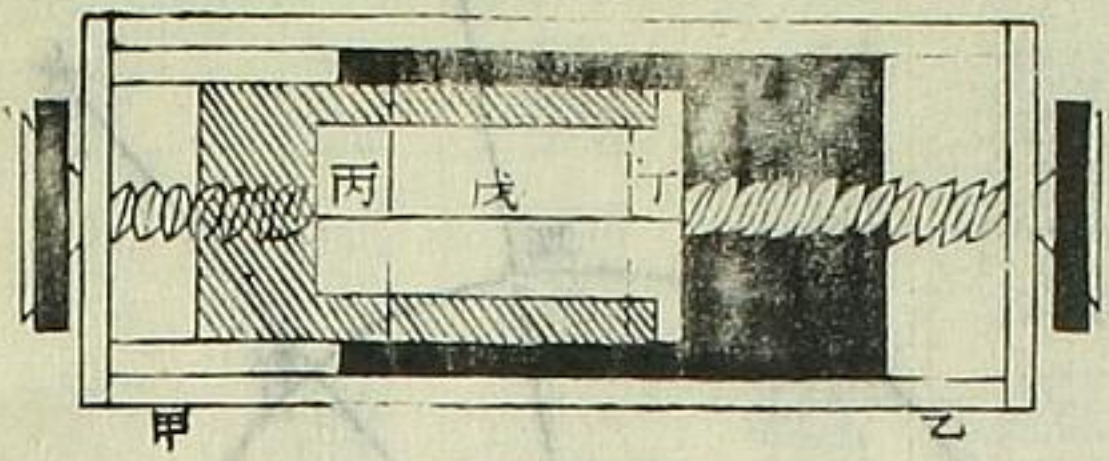


遠鏡定于申乙丙環與甲辰  
 活桿共轉于定環之心辰活  
 桿之端有針或佛逆設欲測  
 巳午二物之距度先以遠鏡  
 正對巳察其度乃定桿于丙

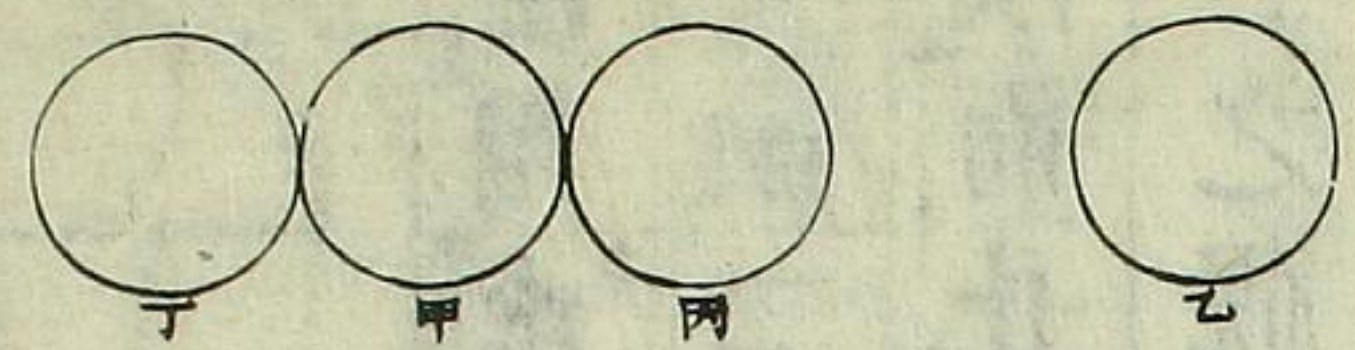
環旋鏡正對午桿隨之俱轉過環甲乙弧與巳辰午角  
 度等再察其度二度之較必等于巳辰午角然必有一  
 差一分度差一測量差乃定桿于定環脫于內環轉遠  
 鏡向巳復定桿于內環脫于定環轉遠鏡向午桿同轉  
 至丙所過乙丙弧亦等于巳辰午角再察其度二次察

得度之較弧甲辰丙倍于巳辰午角亦有二差如此累測至十次得十倍所求之角以十約之則其差幾可消盡此法甚妙然依此測之仍有差未知其故俟測者攷之

分微尺能細分角度之秒微可測諸曜視徑之角度其妙全憑螺旋法于遠鏡內象目二鏡公聚光點置二平行線以細銅絲爲之定于二活架用二螺旋移其架其動之方向俱正交平行線令二線恰至星之二界再轉至二線相合視螺旋轉幾周幾

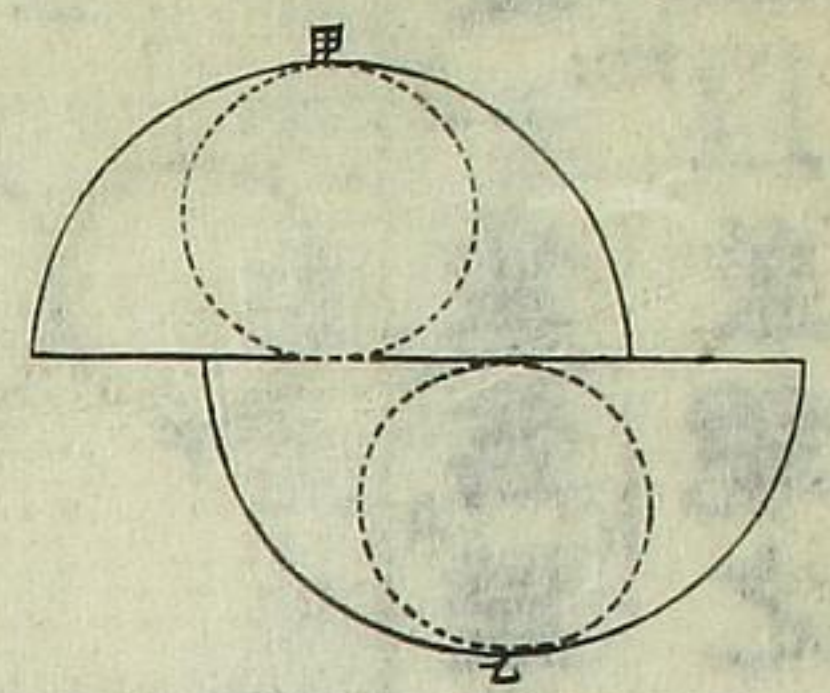


分知在星界時二線之相距以轉數化爲度分秒即得或僅用一螺旋移一界之線亦可



分微術或用光學法能變其象爲雙象如圖甲爲本象變爲相等相似甲乙二象其相距若干及方向一任測望者令之故可令二象相切如甲丙復令移于又一邊相切如甲丁自此切移成彼切所過之分秒即象之倍徑也

變一象爲雙象法甚多一法平分象鏡即能變其象爲二以象鏡之兩半分置二架而參差移動之此名量日

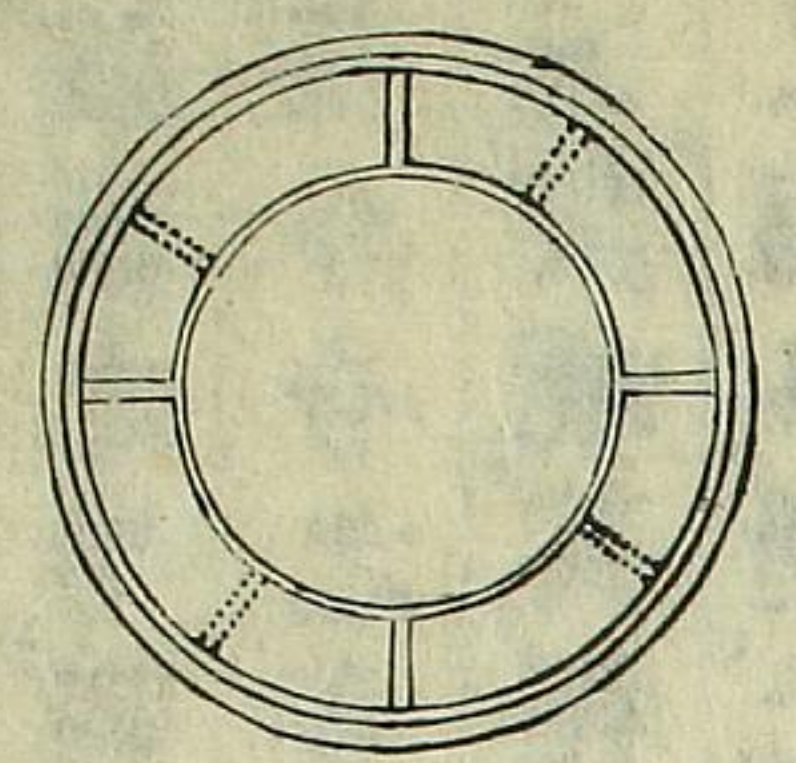


鏡用以量日之徑最便也。如圖甲乙為象鏡之兩半，準光學理，二半鏡之象俱在本軸上，故目鏡窺聚光點處有二相，似之象並列，轉螺旋能令相近相遠也。

一法用水晶之一種視物成雙象者，此水晶中有一線名光軸，二象之相距準此線有定限，最近至相合最遠至限而止，用此水晶作球代目鏡，轉其球則球之光軸與目之視線角度漸變，當光軸與象鏡之視軸合則象為一，轉之至光軸正交視軸則見本象分為二，漸離而遠，視晶球所轉度分而知二象相距度分也。

又一法最簡易，凡三稜體二種玻璃，一名冕一號 玻璃相一名火石 玻璃相

併能消去光之彩暈而視物形狀不變，但有光線差法，令二稜體彼此相對各面略近平行光線，差甚小約五分，平剖之兩半各裁為正圓，鑲以銅架，而以尋常平面玻璃隔之，如圖虛線為一半玻璃架之輻，實線為又一



半玻璃架之輻，令在後之架能轉動，亦可察其轉之度，若二半相合其差角為十分，則相逆必無差角，而自相逆至相合俱有差角，自○至于十分，皆以圓架之轉若干計之，凡光自象

鏡至聚光點成尖錐形置此兩半玻璃于尖錐之腰恰  
占截面之半則象鏡之光一半有差一半無差故成雙  
象其分合之度可測也若象鏡不大則置于象鏡之外  
貼近象鏡其徑較象鏡之徑比例當爲七百零七與一  
千又輻略礙光約爲七與十

方位分微尺只一線轉于目象二鏡之公聚光點恒正  
交遠鏡之視軸取視界中一線爲準線依準線以定二  
物聯線之方向法轉分微線令與二物相合或與二物  
聯線平行遠鏡外有度分小環察其度分若干即聯線  
與本線之交角也此尺若用于赤道遠鏡上則本線方  
向合于赤緯其方位角恒從原點一邊計之自北而後  
而南而前原點之方向正北也九十度之方向正東即  
後也一百八十度之方向正南也二百七十度之方向  
正西即前也

談天卷十終

門生岡田保壽校

談天

卷十

測量之理

二十四

