御製厤象考成後編

四册

御製厤象考成後編卷三上

交食數理

交食總論

日月相會爲朔相對爲望朔而同度同道則月掩日而日爲之食望而同度同道則月亢日而月爲之食朔望日月皆東西同度而南北不皆同道同道則食顧推步之法月食猶易而日食最難以月在日下人在地面隨時隨處所見常不同也自大衍以至授時其法寖備我朝用西法推驗尤精上編言之詳矣近日西人噶西尼等益復精求立爲新表其理不越乎昔人之範圍而其用意細密又有出於昔人所未及者如求實朔實望用前後

二時日月實行爲比例昔之用平朔平望實距弧者未之及也日月兩心相距最近爲食甚兩周初切爲初虧初離爲復圓皆用兩經斜距爲比例昔之用月距日實行者未之及也日食用圖算月之視行不與白道平行帶食日在地平視差即圓之半徑月之視距即見食之淺深昔之言視差者亦未之及也雖其數所差無多而其法實屬可取其他或因屢測而小有變更或因屢算而益求簡捷則又考驗之常規而推步所當從也各爲之

用日躔月離求實朔望

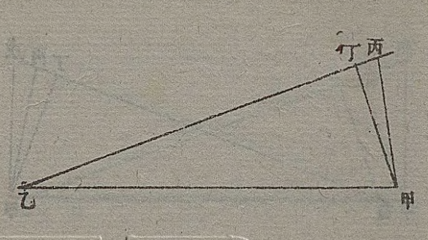
從來求實朔望有二法一用本日次日兩子正日月黃道實行度比例其相會之時刻爲實朔相對之時刻爲實望推逐月朔望用之（見下編推合朔弦望法）以已有本年逐日之日躔月離故也一用本年首朔先求本月平朔望之時刻然後求其平行實行之差比例加減而得實朔望之時刻推交食用之（見上編朔望有平實之殊篇及下編推日食月食法）因上考往古下推將來不必逐日悉推其躔離而即可逕求其朔望故也斯二法誠不可偏廢但

從前交食求平行實行之差。太陰惟用初均。故甚整齊簡易。今求太陰初均。又有諸平均之加減。既屬繁難。而黃白大距。又時時不同。非推月離不得其準。故今交食推實朔望。合二法而兼用之。先推平朔望。以求其入交之月。次推本日次日兩子正之日躔月離。以求其實朔望之時。又推本時次時兩日躔月離。以比例其時刻。較之舊法。似為紆遠。然太陰之行甚速。因遲疾差之故。一日之內。行度時時不同。且平行實行之差。大者至八九度。則平朔望與實朔望之相距。即至十有餘時。今以前後兩時相比例。較之止用兩子正實行度相比例者。固為精密。即較之以距時為比例者。亦又加詳矣。

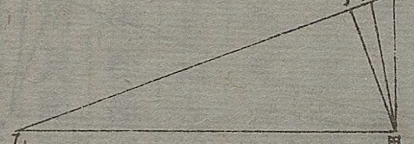
用兩經斜距求日月食甚時刻及兩心實相距

新法算書以實朔用時即爲日食食甚用時以實望用時即爲月食食甚時刻皆黃白同經（太陰白道度與太陽黃道度相等爲黃白同經）上編以此時兩心斜距猶遠惟自白極過太陽作經圈與白道成直角太陰臨此直角之點兩心相距最近始爲食甚故以白道升度差爲食甚距弧以一小時月距日實行比例得時分與實朔望用時相加減方爲食甚時刻（月食即食甚時刻日食爲食甚用時）其法較前爲加密矣（見月食五限時刻篇日食三限時刻篇）近日西法用日躔月

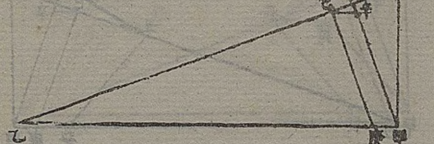
離比例求實朔望是爲黃道同經較之新法算書去食甚爲尤遠而其求食甚之法則亦以兩心相距最近爲食甚實緯以實朔望太陰距最近點之度爲食甚距弧又以黃白二道原非平行而日月兩經常相斜距若以太陽爲不動則太陰如由斜距線行故求兩心相距最近之線不與白道成直角而與斜距線成直角其距弧變時亦不以月距日實行度爲比例而以斜距度爲比例較之上編爲尤近焉雖度分時刻所差無多而其理更爲細密圖說詳著於左



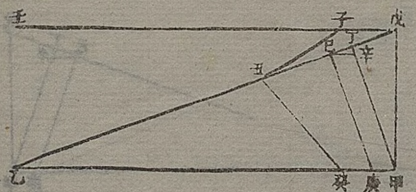
如圖甲乙爲黃道丙乙爲白道乙角爲中交新法算書以日心在甲月心在丙爲實朔影心在甲月心在丙爲實望甲乙與丙乙等是爲黃白同經無另求食甚之法上編以月行至丁爲食甚甲丁距緯與白道成直角較甲丙爲近故丙丁爲食甚距弧以月距日實行比例得時分加於丙點實朔望之時刻方爲食甚時刻今用日



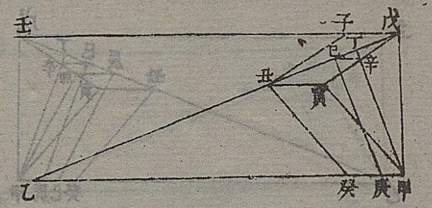
躔月離黃道度算則以日心在甲月心在戊爲實朔影心在甲月心在戊爲實望甲戊距緯與黃道成直角是爲黃道同經戊之去丁較丙丁爲尤遠按上編之法當以甲乙黃道度求丁乙白道度與戊乙太陰距交白道度相減餘戊丁爲食甚距弧而仍以甲丁距緯爲食甚兩心實相距夫日月各有行分日在甲月旣在戊逮



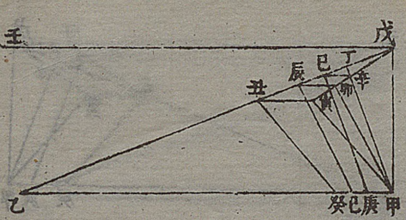
月由戊行至丁則日亦不在甲而遽謂甲丁爲食甚兩心實相距戊丁爲食甚距弧者蓋月由戊行至巳則日由甲行至庚庚巳與甲丁平行甲庚巳甲丁與庚巳皆相差無多故借甲與辛巳等庚巳與甲辛等丁巳與辛丁爲與庚巳等爲兩心實相距借丁巳爲與辛巳等爲日行月食爲影心行與日行等而戊巳原爲月行則戊丁即爲月距



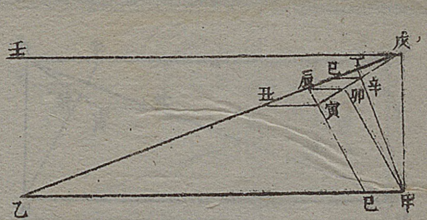
日之行。故卽以戊丁爲距弧。以一小時月距日實行爲比例。卽得食甚距時也。今求食甚之法。以戊乙與甲乙原非平行。日月兩經常相斜距。已點固爲直角相對之時。而其相距尤近必猶在巳點之後。試與甲乙平行作戊壬線爲黃道距等圈。取一小時日實行甲癸之分截之於子。取一小時月實行截白道於丑。則子丑爲一小

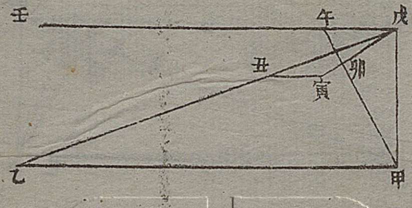


時兩經斜距。又與戊子平行作丑寅線。與子丑平行作戊寅線。則寅丑與戊子等。亦爲一小時日實行。戊寅與子丑等。亦爲一小時兩經斜距。戊寅丑與戊辛巳爲同式形。月行爲戊丑。則日行爲寅丑(與甲癸等)。斜距爲戊寅。月行爲戊巳。則日行爲辛巳(與甲庚等)。斜距爲戊辛。是日月二道原非平行而兩經斜距則常爲一線。若以日心爲不

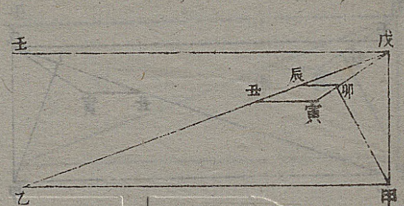


動將庚點合於甲則月心己點必合於辛將癸點合於甲則月心丑點必合於寅是月在戊丑白道上行即如在戊寅斜距線上行矣乃自甲點與戊寅斜距成直角作甲卯線與丑寅平行作卯辰線與甲卯平行作辰巳線則甲巳與卯辰等爲實朔至食甚之日實行戊辰爲實朔至食甚之月實行辰巳與甲卯等即食甚兩心實相距甲卯相距之近尤近於甲辛卯爲股甲辛爲弦股必短於弦也是月心臨於辰點方爲食甚其實行在巳點後也若以日心爲不動將巳點合於甲則月心辰點必合於卯故戊卯爲食甚距弧求之之法先用戊丑寅三角形寅丑邊爲一小時日實行戊丑邊爲一小時月實行丑角與乙角等即本時黃白交角用切線分外角法求得戊角爲

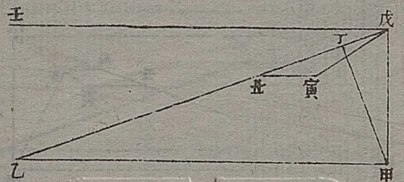




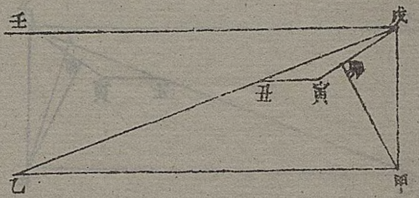
斜距交角差。斜距交角差者。乃斜距黃道交角與黃白交角之差。此本係弧線三角形。因其形甚小。故作直線算以從簡易。並求得戊寅邊爲一小時兩經斜距。次用甲戊卯三角形。以丑戊寅角與丑戊壬黃白交角相加。戊壬寅丑二線皆與甲乙線平行。故丑角戊角皆與乙角等。得寅戊壬角爲斜距黃道交角。卽與卯甲戊角等。甲戊午與戊卯午。皆爲同式三角形。故寅戊壬角與卯甲戊角等。乃以半徑與甲角餘弦之比。同於甲戊與甲



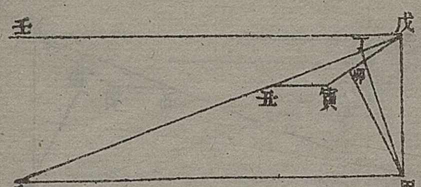
卯之比。此亦作直線算。而得甲卯爲食甚兩心實相距。又以半徑與甲角正弦之比。同於甲戊與戊卯之比。而得戊卯爲食甚距弧。然後以戊寅一小時兩經斜距爲一率。一小時爲二率。戊卯食甚距弧爲三率。求得四率爲食甚距時。蓋月行爲戊辰。日行爲卯辰。斜距爲戊卯。戊卯辰三角形與戊寅丑三角形爲同式比例也。今設乙角爲



四度五十八分三十秒。丁甲戊角。戊丑寅角。丑戊壬角。皆與乙角等。甲乙爲實朔太陰黃道距中交前十度。戊甲爲太陰距黃道北五十一分五十七秒六五。寅丑爲一小時日實行二分一十七秒八五。戊丑爲一小時月實行三十二分五十六秒四六。舊法用甲乙戊三角形。求得甲丁兩心實相距爲五十一分四十五秒九〇。戊丁距弧爲四分三十



秒三五。以日月一小時實行相減。得一小時月距日實行爲三十分二十八秒六一。比例食甚距時。得八分五十二秒二四。今法先用戊丑寅三角形。求得丑戊寅角二十四分五秒八二。與丑戊壬角相加。得五度二十二分三十五秒八二。爲斜距黃道交角。與卯甲戊角等。又求得戊寅邊三十分二十九秒一九。爲一小時兩經斜距。次

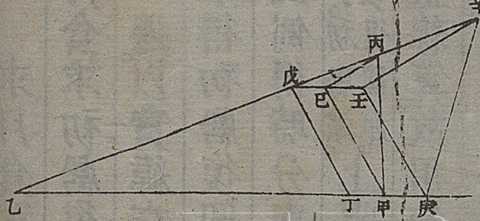


用甲卯戊三角形求得甲卯兩心實相距爲五十一分四十三秒九三。比甲丁近一一秒。戊卯距弧爲四分五十二秒一三。以戊寅兩經斜距比例食甚距時得九分三十四秒九四。比戊丁距時遲四十三秒。是爲兩心相距最近之時。若實朔望在交後。則日由乙向甲。月由乙向戊。兩心以漸而遠。食甚在實朔望前。距時比舊爲早。其法並同

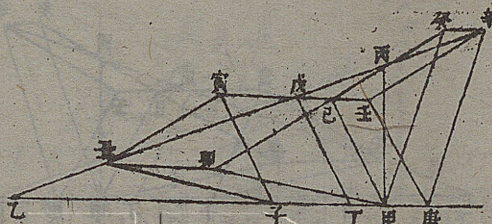
求月食初虧復圓時刻 食既生光附

月食求初虧復圓時刻。以食甚實緯為一邊。併徑為一邊。以實緯交白道之角為直角。用正弧三角形法。求得初虧復圓距食甚之弧。以一小時月距日實行比例得時分。與食甚時刻相加減。即得初虧復圓時刻。初虧減。復圓加。上編言之詳矣。見月食五限時刻篇。今以弧線可作直線算。故用勾弦求股之法。即得距弧。至以距弧變時。則以一小時兩經斜距為比例。蓋食甚兩心實相距既與斜距成直角。則初虧復圓之併徑亦與斜距

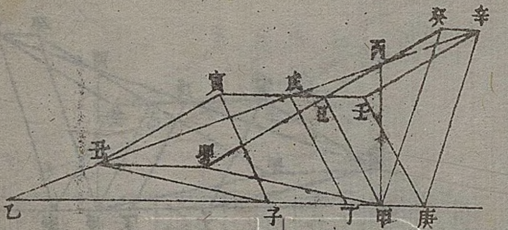
成勾股。故仍以斜距比例時分也。圖說并著於左。



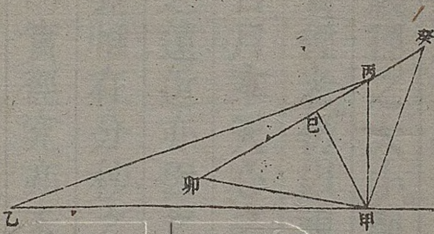
如圖甲乙爲黃道。丙乙爲白道。乙角爲黃白交角。實望時地影心在甲。月心在丙。食甚時地影心在丁。月心在戊。戊丁爲食甚兩心實相距與甲巳等。丙巳爲食甚距弧。初虧時地影心在庚。月心在辛。辛戊爲初虧至食甚之月實行。庚丁爲初虧至食甚之日實行與壬戊等。辛壬爲初虧至食甚



日月兩行之斜距與癸巳等。卽初虧距弧。理與食甚同。庚壬卽食甚兩心實相距與甲巳等。庚辛爲併徑與甲癸等。復圓時地影心在子。月心在丑。戊丑爲食甚至復圓之月實行。丁子爲食甚至復圓之日實行與戊寅等。寅丑爲食甚至復圓日月兩行之斜距與巳卯等。卽復圓距弧。子寅卽食甚兩心實相距與甲巳等。子丑爲併徑與



甲卯等。辛壬庚癸巳甲。丑寅子卯巳甲爲相等四勾股形。若以地影心爲不動。以食甚影心丁點合於甲。則月心戊點合於巳。以初虧影心庚點合於甲。則壬點合於巳。而月心辛點合於癸。以復圓影心子點合於甲。則寅點合於巳。而月心丑點合於卯。初虧復圓距弧。即與癸卯斜距合爲一線。故今求初虧復圓距弧。即用癸巳



甲勾股形。以巳甲爲勾。癸甲爲弦。求得癸巳股。與巳卯等。爲初虧復圓距弧。夫癸巳與巳卯二弧。既皆爲兩經斜距。則以二弧變時。亦當與斜距爲比例。故以一小時兩經斜距與一小時之比。同於癸巳或巳卯初虧復圓距弧與初虧復圓距時之比也。若食既生光。則甲癸甲卯二線爲月半徑與影半徑相減之較。其法并與初虧

復圓同。

求日月實徑與地徑之比例 視徑附

從來算家謂日月之在天。其實徑原爲一定之數。而視徑之大小。則因距地有遠近而時時不同。然所謂實徑者。仍以視徑之大小。距地之遠近比例而得。今日月本天心之距地心數皆與舊不同。則日月距地之遠近亦因之而各異。且視徑之大小。古今所測相差惟在分秒之間。在器只爭毫釐。而在數已差千百。則實徑究亦未有一定之數也。新法算書載日實徑爲地徑之五倍有餘。中距日天半徑與地半徑之比

例。爲一與一千一百四十二。月實徑爲地徑百分之二十七强。中距朔望時月天半徑與地半徑之比例。爲一與五十六又百分之七十二。上編仍之以推最高日天半徑與地半徑之比例。爲一與一千一百六十二。最卑日天半徑與地半徑之比例。爲一與一千一百二十一。見日躔地半徑差篇。最高朔望時月天半徑與地半徑之比例。爲一與五十八又百分之十六。最卑朔望時月天半徑與地半徑之比例。爲一與五十四又百分之八十四。見交食日月距地與地半徑之比例篇。今監臣戴進賢等據西人近年所測日天半徑與地半徑之比例。最高爲一與二萬零九百七十五。中距爲一與二萬零六百二十六。最卑爲一與二萬零二百七十七。月天半徑與地半徑之比例。最高爲一與六十三又百分之七十七。中距爲一與五十九又百分之七十八。最卑爲一與五十五又百分之七十九。詳本編日躔月離地半徑差篇。又用遠鏡儀。西人默爵所製。以遠鏡加衡爲窺管。測得日視徑最高爲三十一分四十秒。中距爲三十二分一十二秒。最卑爲三十二分四十五秒。月視徑最高爲二十九分

二十三秒。中距爲三十一分二十一秒。最卑爲三十三分三十六秒。用此數推算日實徑爲地徑之九十六倍又十分之六。月實徑爲地徑百分之二十七小餘二六強。夫月實徑與舊大致相符。而日實徑差至十九倍者。蓋今所測日距地數比舊原大十八倍餘則日實徑比舊大十九倍。此爲大十八分之一。故今之日視徑亦比舊大十八分之一。是則視徑之大小固各得之實測。要亦合諸推算以成一家之言。至於日體純陽。其光恒溢於常徑之外。新法算書謂周圍皆大一分。今說謂大一十五秒。故推日食之法。必於併徑內減去太陽光分一十五秒。餘與視緯相較。方爲受食之分。而日之本徑則仍帶光分算。其理固應爾也。測算之法。並見上編。

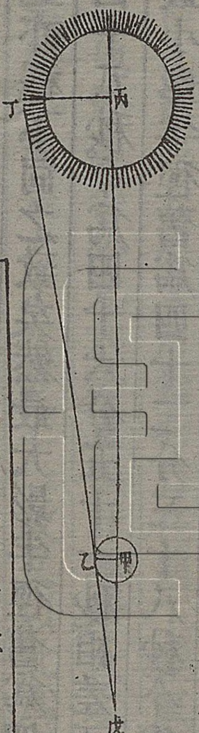
求影半徑及影差

地影半徑之大小。由於太陽距地有遠近。及太陰距地有高卑。故先以太陽在最高所生之大影爲率。求得太陰從高及卑所當地影之濶爲影半徑。又以太陽從高及卑所生各影小於大影之較爲影差。與影半徑相減。乃爲實影半徑。上編言之詳矣。見地影半徑篇今以三角形之理考之。日月兩地半徑相併。卽與日半徑影半徑相併之數等。而日月地半徑差及日半徑皆推交食所必用之數。且又皆由距地之高卑遠

近而生。故近日西法皆不用另求影半徑。惟以日月兩地半徑差相加。內減去日半徑。餘卽爲實影半徑以影差已在其中也。此外又有視影之說。蓋以地上有蒙氣差。能映小爲大。則太陽實徑必小於視徑。實徑小。則影大矣。又月食時日在地下。蒙氣轉蔽日光。則地影視徑必尤大於實徑。計其所大之分。約爲太陰地半徑差六十九分之一。故又以此爲影差。與實影半徑相加爲視影半徑。則所謂影差者名雖同而義實異也。總之算家立說。古今不必相同。然測驗皆

期於合天。而推步必歸於有據。舊說謂太陽有光分。能侵地影使小。今說謂地周有蒙氣。能障地影使大。此亦極不同之致矣。然最大影半徑舊爲四十六分四十八秒。今爲四十六分五十一秒。相差不過三秒。最小影半徑舊爲四十二分三十八秒。今爲三十八分二十八秒。相差四分有餘。蓋地影之大小固由於太陽距地之遠近。及太陰距地之高卑。而太陰所關爲尤重。查最卑太陰距地。今昔相差不過百分地半徑之九十五。最高太陰距地則相差至百分地半徑

之五百六十一。夫月之距地既因兩心差而不同則月徑與影徑遂亦因之而各異要皆據一時之所測設法推步以求合。而非爲臆說也。圖說詳著於左。



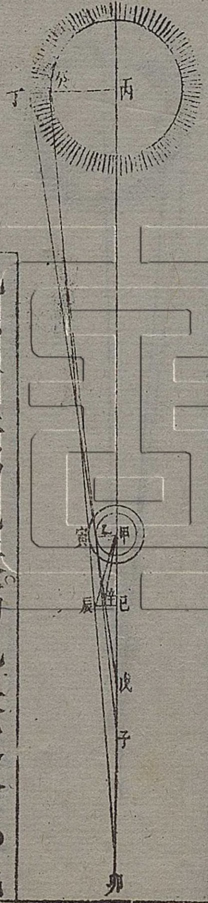
如圖甲乙爲地半徑甲丙爲日天半徑。丙丁爲日半徑從丁切乙作光線與丙甲線交於戊甲戊爲地影之長。甲己爲月天半徑庚己辛爲月行所當地影之濶。己甲辛角爲影半徑分。詳上編地影半徑篇。試觀甲丁辛三角形丁辛

二丙角與壬甲辛一外角等。而丁角即太陽地半徑差。辛角即太陰地半徑差甲丁線略與甲丙日天半徑等甲辛線略與甲己月天半徑等

而其角皆與甲乙地半徑相當故其角即爲地半徑差角。壬甲巳角與丙甲丁角爲對角。即日半徑。故以丁角太陽地半徑差與辛角太陰地半徑差相加。即得壬甲辛角。丙減日半徑壬甲巳角。餘巳甲辛角。即實影半徑。蓋日月地半徑差及日半徑。

既因日月距地之高卑遠近而時時不同。故所得影半徑。即爲本時之實影半徑。不復有影差也。又蒙氣映小

爲大。丙丁爲太陽視半徑。丙癸爲太陽實半徑。從癸切乙作光線。與丙甲線交於子。則月行所當地影半徑爲

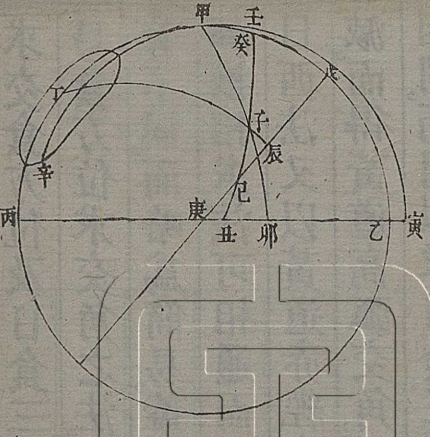


己丑。而己丑之分必大於己辛。且地球外蒙氣之厚如乙寅。從癸切寅作光線。與丙甲線交於卯。則月行所當地影半徑爲己辰。而己辰之分必尤大於己辛矣。此辛辰之分當辛甲辰角約爲甲辛乙角六十九分之一。故又以此爲影差與實影半徑己甲辛角相加得己甲辰角爲視影半徑也。

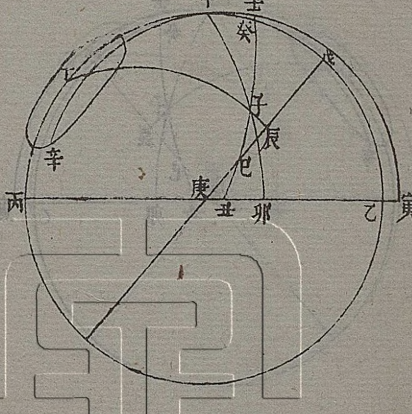
求黃道高弧交角

求交食方位及日食三差。皆用黃道高弧交角。上編月食方位求交角之法。與日食三差之求交角者微有不同。而畧爲簡易。葢各圈相交。皆成弧線三角形。轉換相求。法可相通。而理實一致。彼此互相發也。近日西法。又以黃道赤經交角與赤經高弧交角相加減。而得黃道高弧交角。用以求月食方位。繁簡大槪相同。而用以求日食三差。則甚爲省便。葢黃道隨天西轉。其象時時不同。而黃道赤經交角無異。不須逐

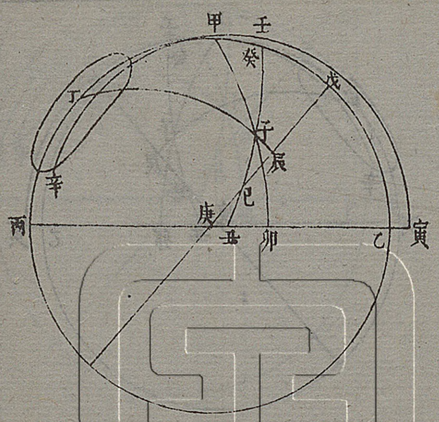
時推算也。因著其法於左。



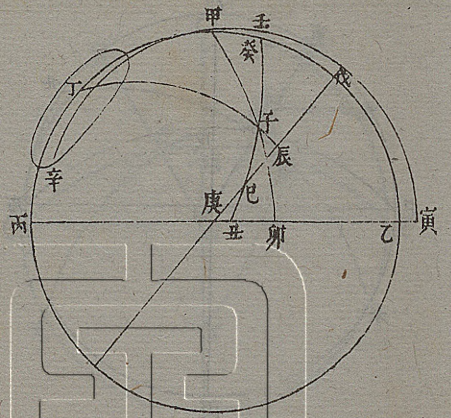
如圖。甲為天頂。甲乙丙為子午圈。乙丙為地平。丁為赤極。戊巳庚為赤道。辛為黃極。壬癸子丑為黃道。巳為春分。丑為黃道交西地平之點。壬為黃平象限。距丑九十度。癸為正午。壬癸為黃平象限距正午之度。



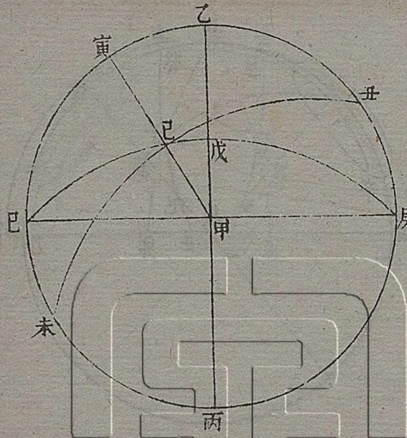
壬寅為黃平象限距地平之度。卽丑角度。子為太陰實行經度。（日食卽為太陽經度。月食為太陽對衝地影之經度。）子巳為太陰距春分後之經度。子壬為太陰距黃平象限之度。甲子卯為高弧。丁子辰為赤道經圈。辰巳為赤道同升度。戊辰為太陰距正午赤道



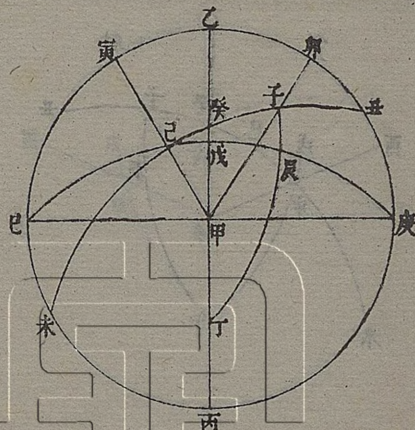
度。日食即太陽距午正赤道度。月食爲太陽距子正赤道度。丑子卯角爲黃道高弧交角。求之之法。先用戊巳弧求癸巳戊二弧及癸角。次求癸丑弧及丑角以求子角者。日食三差之法也。先用巳庚弧求巳丑弧及丑角以求子角者。月食方位之法也。今按巳子



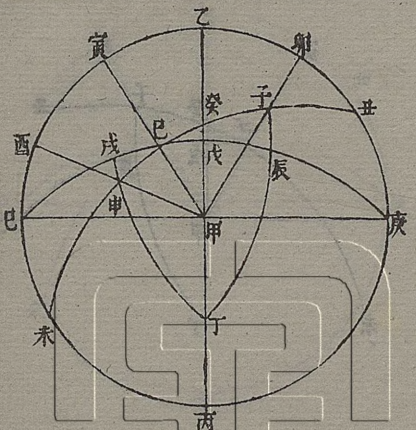
辰角即黃道赤經交角。甲子丁角與辰子卯角爲對角。即赤經高弧交角。兩角相減。即得丑子卯黃道高弧交角。夫黃道交地平之丑角時時不同。而巳子辰黃道赤經交角。則初虧與復圓無異。然則先求得黃道赤經交角。至求黃道高



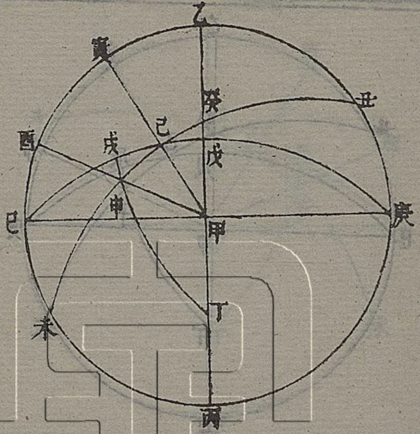
弧交角。則惟求一赤經高弧交角與之加減而已。其加減之法。以太陰在夏至前後各六宮與距正午之東西爲定。試以甲爲天頂。作乙庚丙巳地平圈。乙甲丙爲子午經圈。庚甲巳爲東西經圈。庚戊巳爲赤道。丑己未爲黃道。己爲春分。



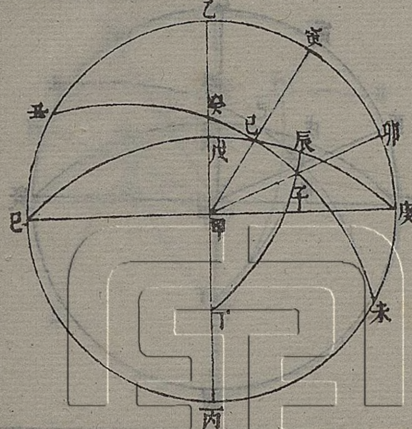
當黃平象限。丑爲冬至。當西地平。未爲夏至。當東地平。是爲夏至前六宮在地平上。癸爲黃道當正午之度。己癸爲黃平象限距午東之度。設太陰子點在正午之西。甲子卯爲高弧。丁辰子爲過赤極經圈。己子辰角爲黃道赤經交角。甲



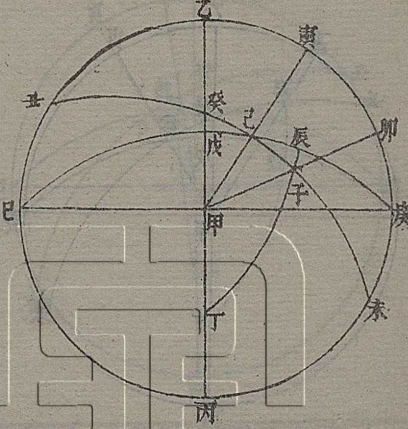
子丁角爲赤經高弧交角。丑子卯角爲黃道高弧交角。與甲子癸角等。是以甲子丁赤經高弧交角與巳子辰黃道赤經交角相減。餘甲子癸角。即黃道高弧交角也。設太陰申點在正午之東。甲申酉爲高弧。丁申戌爲過赤極經圈。巳申



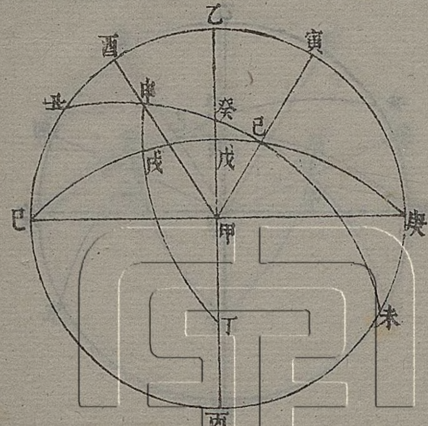
戌角爲黃道赤經交角。與丁申未角等。甲申丁角爲赤經高弧交角。酉申未角爲黃道高弧交角。乃甲申未角之外角。是以甲申丁赤經高弧交角與丁申未黃道赤經交角相加。得甲申未角。與半周相減。餘酉申未角。即黃道高弧交角



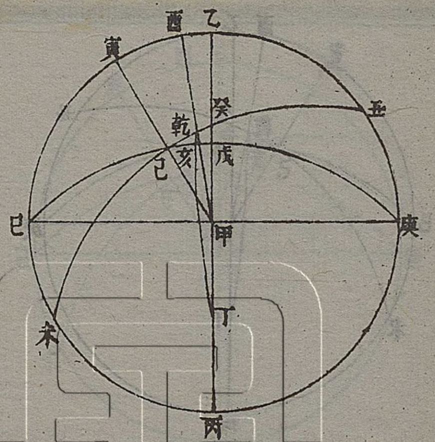
也。若己爲秋分。當黃平象限。未爲夏至。當西地平。丑爲冬至。當東地平。是爲夏至後六宮在地平上。癸爲黃道當正午之度。己癸爲黃平象限距午西之度。設太陰子點在正午之西。甲子卯爲高弧。丁子辰爲過赤極經圈。己子辰角爲黃



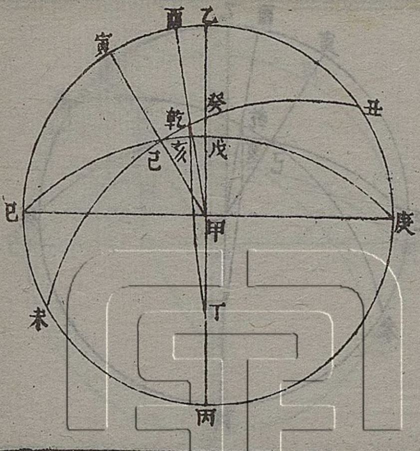
道赤經交角。與丁子未角等。甲子丁角爲赤經高弧交角。卯子未角爲黃道高弧交角。乃甲子未角之外角。是以甲子丁赤經高弧交角與丁子未黃道赤經交角相加。得甲子未角。與半周相減。餘卯子未角。即黃道高弧交角也。設太陰



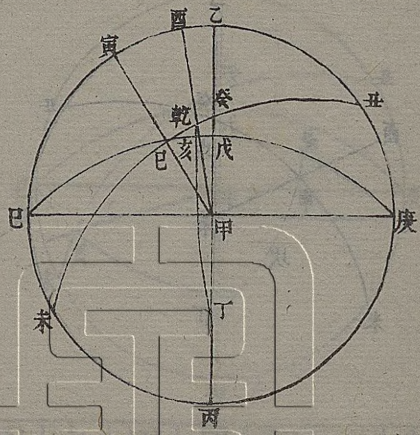
申點在正午之東。甲申申酉爲高弧。丁戌申爲過赤極經圈。已申戌角爲黃道赤經交角。甲申丁角爲赤經高弧交角。丑申酉角爲黃道高弧交角。與甲申癸角等。是以甲申丁赤經高弧交角與已申戌黃道赤經交角相減。餘甲申癸角。即



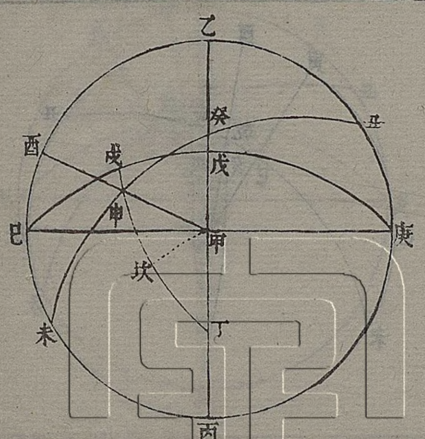
黃道高弧交角也。此太陰在午東而亦在限東。太陰在午西而亦在限西之常法也。若太陰在夏至前六宮而在正午之東如乾。以已乾亥黃道赤經交角與甲乾丁赤經高弧交角相加。得已乾甲角不足九十度。與酉乾丑角等。則不與



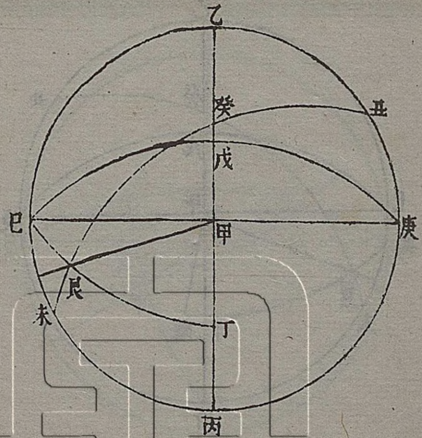
半周相減。即以酉乾丑角
爲黃道高弧交角。乃知太
陰乾點在黃平象限巳點
之西也。蓋惟正當黃平象
限。高弧與黃道成直角。在
限西者則高弧與限西之
黃道成銳角。在限東者則
高弧與限東之黃道成銳
角。今巳乾甲角既不及九



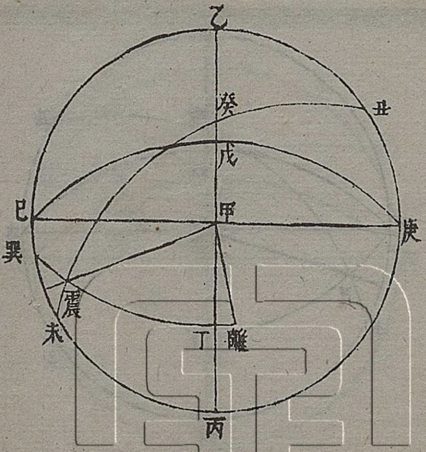
十度。故知乾點在黃平象
限巳點之西。而乾酉高弧
乃與限西之乾丑黃道相
交成銳角也。太陰在午西
而在限東者倣此。右圖以二至當
地平。乃黃平象限偏午東
午西之極大者。如二分當
地平。則黃平象限當
正午。加減之法並同。至求
赤經高弧交角之法。則以
北極距天頂爲一邊。影距



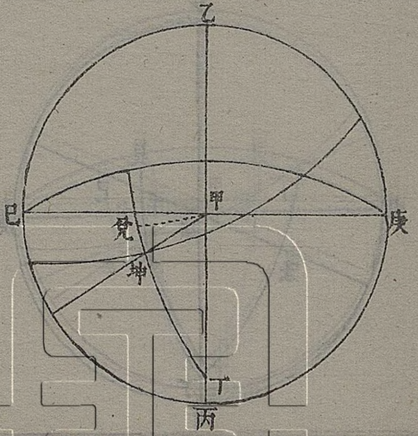
北極爲一邊。影距正午赤道度日食則爲日距正午赤道度。爲所夾之角。用弧三角法算之。如太陰在申。申甲丁三角形。申角爲赤經高弧交角。甲丁爲北極距天頂。申丁爲影距北極。丁角當戊戌弧。爲影距正午赤道度。因丁角爲銳角。則自天頂甲



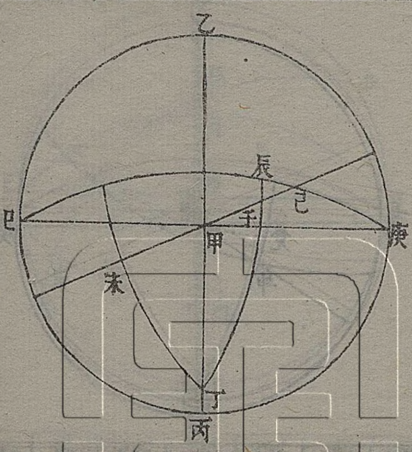
作甲坎垂弧於形內。使坎角成直角。求得甲坎丁坎二邊。以丁坎與丁申相減。餘得坎申邊。用之與甲坎邊求申角也。如太陰在艮。甲丁艮角當戊己弧。適足九十度成直角。則甲丁卽爲垂弧。卽用甲丁艮正弧三角形以求艮角也。如太



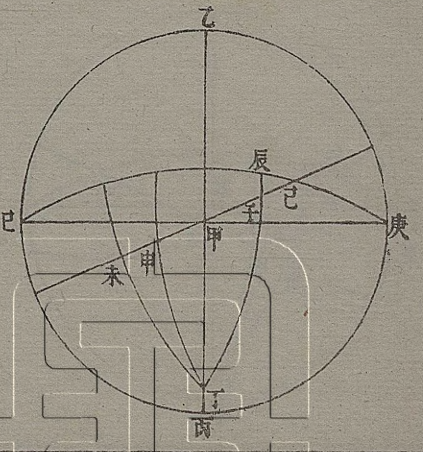
陰在震甲丁震角當戊巽弧過於九十度成鈍角則自天頂甲作甲離垂弧於形外使離角成直角求得甲離離丁二邊以離丁與丁震相加即得離震邊用之與甲離邊求震角也又如黃道在天頂北太陰在坤甲坤丁赤經高弧交角



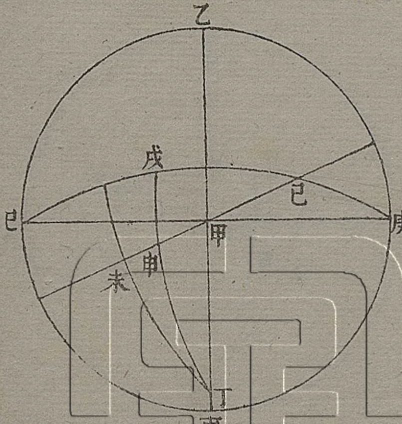
大於九十度則自天頂甲作垂弧至兌而所求之丁兌距極分邊反大於丁坤影距北極則以坤兌甲兌二邊求坤角之外角即知甲坤丁角爲鈍角也若所求距極分邊與影距北極等即知赤經高弧交角爲直角不待求也至於赤經



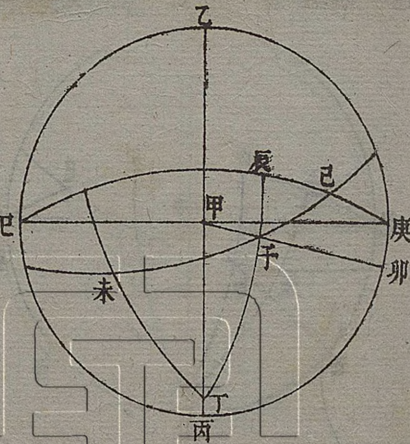
高弧交角。有與黃道赤經交角相等者。亦有與黃道赤經交角共爲一百八十度者。有反大于黃道赤經交角而不足減者。亦有與黃道赤經交角相加大于半周而又減去半周者。如北極出地二十三度二十九分以下。夏至前後黃道



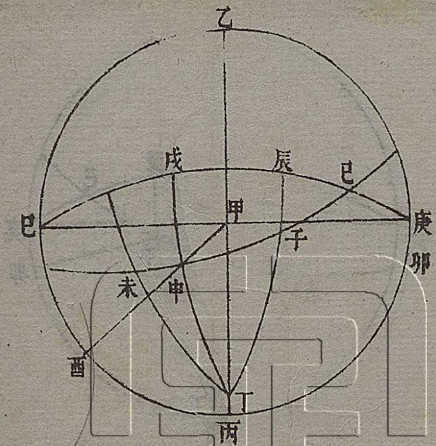
正當天頂。太陰子點在夏至未點之前而在正午之西。當以赤經高弧交角與黃道赤經交角相減爲黃道高弧交角。今甲子丁赤經高弧交角與巳子辰黃道赤經交角相等。兩角相減無餘。卽知黃道與高弧合無交角也。又如太陰申



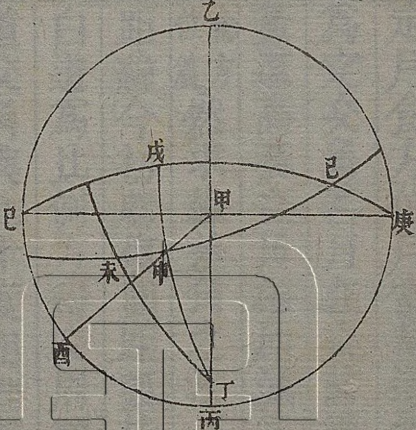
點在夏至未點之前而在正午之東當以赤經高弧交角與黃道赤經交角相加為黃道高弧交角。今甲申丁赤經高弧交角與己申戌黃道赤經交角相加。共一百八十度。亦知黃道與高弧合無交角也。又如北極出地在二十三度以



下夏至前後黃道在天頂北。太陰子點在夏至未點之前而在正午之西。當於黃道赤經交角內減赤經高弧交角。為黃道高弧交角。今甲子丁赤經高弧交角與辰子卯角等。反大於己子辰黃道赤經交角。則於辰子卯赤經高弧交角



內反減己子辰黃道赤經交角。餘己子卯角為黃道高弧交角。即知黃平象限在天頂北也。又如太陰申點在夏至未點之前而在正午之東。當以赤經高弧交角與黃道赤經交角相加為黃道高弧交角。今甲申丁赤經高弧交角與戌



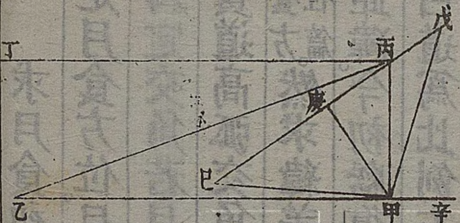
申酉角等。與己申戌黃道赤經交角相加。大於一百八十度。則減去己申戌角及戌申未角共一百八十度。餘未申酉角為黃道高弧交角。亦知黃平象限在天頂北也。總之黃道出入於赤道之內外。隨天左旋。其高低斜正既隨時不同。

又以人所居之南北異地。改觀。益多變換。然定之以數。自無遁形。或從地平立算。或從子午圈立算。或從赤道經圈立算。法雖不同。理實一致。合而觀之。益見弧線三角之用至通變矣。

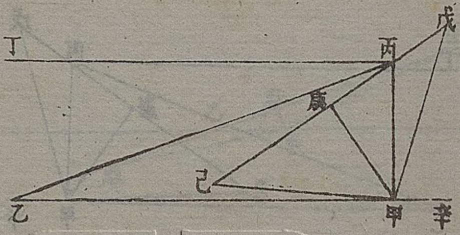
求月食初虧復圓併徑黃道交角 卽緯差角

定月食方位。月當黃道無距緯。卽用黃道高弧交角為定交角。若月在交前後有距緯。則又求緯差角與黃道高弧交角相加減。為定交角。上編言之詳矣。見月食方位篇。然求緯差角之法。必先用初虧復圓交周各求距緯。今初虧復圓距弧皆斜距之度。須復以斜距與白道為比例方得交周。頗為費算。且前已有斜距黃道交角與九十度相加減。卽黃道交實緯角。則求得併徑交實緯角與之相減。餘併徑交黃道之角。卽緯

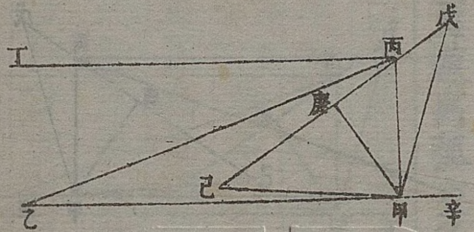
差角甚爲簡便故質名之曰併徑黃道交角。至其與
黃道高弧交角相加減之法並同上編茲不復載。



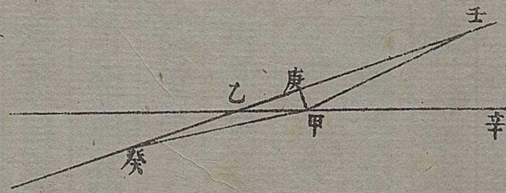
如圖甲乙爲黃道。丙乙爲白道。丙丁
爲黃道距等圈。戊己爲日月兩經斜
距。甲爲地影心。食甚時月心在庚。初
虧時月心在戊。復圓時月心在己。戊
甲辛角爲初虧併徑黃道交角。即初
虧緯差角。己甲乙角爲復圓併徑黃
道交角。即復圓緯差角。求之之法。先



以丙甲庚斜距黃道交角丙甲庚角與庚丙丁角等。與九十度相加。得庚甲辛角。爲初
虧黃道交食甚實緯角。甲庚爲食甚兩心相距。不係經圈。以其爲南北之度。故借名實緯。以丙甲庚斜距
黃道交角與九十度相減。餘庚甲乙
角爲復圓黃道交食甚實緯角。此論在交前。地影由甲向乙。月由丙向乙。故戊爲初虧。己爲復圓。若在交後。地影由乙向甲。月由乙向丙。則己爲初虧。其角與九十度相減。戊爲復圓。其角與九十度相加。
次求得庚甲戊角與庚甲己



角等為併徑交食甚實緯角初虧則與庚甲辛角相減餘戊甲辛角即初虧併徑黃道交角復圓則與庚甲乙角相減餘己甲乙角即復圓併徑黃道交角也乃視併徑交實緯角小於黃道交實緯角則初虧復圓在黃道之南北與食甚同若併徑交實緯角轉大於黃道交實緯角則南北與食甚相反蓋太陰近交初虧復圓一在



交前一在交後則距緯之南北必變如乙為中交食甚地影心在甲月心在庚甲庚為食甚實緯在黃道北初虧庚甲壬併徑交實緯角小於庚甲辛黃道交實緯角則初虧亦為緯北與食甚同復圓庚甲癸併徑交實緯角大於庚甲乙黃道交實緯角則復圓變為緯南與食甚相反也食甚實緯在黃道南及食甚在交後者皆倣

此旣知初虧復圓併徑黃道交角及其在黃道之南北則與黃道高弧交角相加減爲定交角其理并與上編同

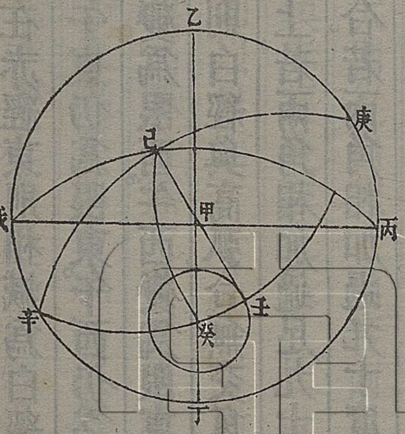
求白經高弧交角

日食三差之法以黃白二道交角與黃道高弧交角相加減得白道高弧交角白道與高弧及白道經圈相交成正弧三角形直角對高下差交角對南北差餘角對東西差上編言之詳矣今以黃赤二經交角加減黃白二經交角得赤白二經交角與赤經高弧交角相加減得白經高弧交角對東西差餘角對南北差蓋白道與白道經圈相交其角必九十度白經高弧交角卽白道高弧交角之餘凡弧角與九十度相減所餘爲餘弧

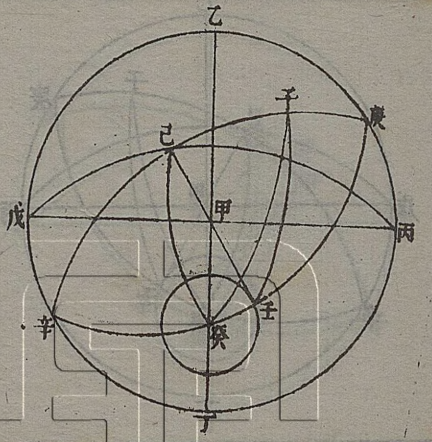
餘角是用白經高弧交角與用白道高弧交角等且以赤經高弧交角與黃道赤經交角相加減得黃道高弧交角（見前篇）又加減黃白二道交角爲白道高弧交角須加減二次而黃赤二經交角即黃道赤經交角之餘交食時日必近交黃白二經交角又即與黃白二道交角等故以黃赤二經交角與黃白二經交角相加減得赤白二經交角則爲初虧食甚復圓同用之數至求三限白經高弧交角止與赤經高弧交角一加減而得之其法尤爲省便也二經交角加減之法以黃道之二至白道之二交爲定蓋惟冬夏二至黃經與赤經合無交角冬至後黃道自南而北黃經必在赤經西夏至後黃道自北而南黃經必在赤經東交周初宮十一宮在正交前後白道自南而北白經必在黃經西（猶黃道冬至後）交周五宮六宮在中交前後白道自北而南白經必在黃經東（猶黃道夏至後）乃視黃經在赤經西白經又在黃經西或黃經在赤經東白經又在黃經東則相加得赤白二經交角東仍爲東西仍爲西若黃經在赤經西而白經在黃經東或黃經

在赤經東而白經在黃經西則相減得赤白二經交角黃赤二經交角大則從黃經之向黃白二經交角大則從白經之向若兩角相等而減盡無餘則白經與赤經合無交角也其與赤經高弧交角加減之法則以日距正午之東西爲定蓋惟日當正午則赤經與高弧合無交角午前赤經必在高弧東午後赤經必在高弧西乃視赤經在高弧西白經又在赤經西或赤經在高弧東白經又在赤經東則相加得白經高弧交角午東亦爲限東午西亦爲限西若赤經在高弧東而白經在赤經西或赤經在高弧西而白經在赤經東則相減爲白經高弧交角赤白交角小則午東仍爲限東午西仍爲限西赤白交角大則午東變爲限西午西變爲限東若兩角相等而減盡無餘則白經與高弧合無交角即知太陽正當白平象限上若兩角相加適足九十度則白道在天頂與高弧合若兩角相加過九十度則與半周相減用其餘即知白平象限在天頂北也是法也不用求黃道高弧交角而逕求白經高弧交角入算甚簡而理亦無遺

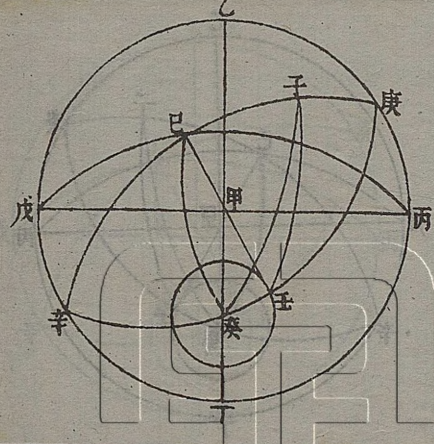
新法用簡平儀繪圖尤爲明顯。列圖如左。



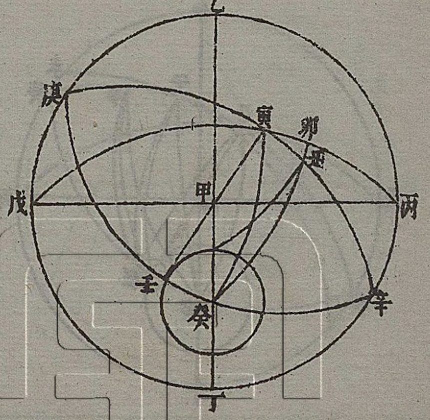
如圖甲爲天頂。乙丙丁戊爲地平圈。丙己戊爲赤道。庚己辛爲黃道。己爲春分。庚爲冬至。辛爲夏至。癸爲赤極。即北極。壬爲黃極。庚壬癸辛爲過二至經圈。即過二極經圈。冬至日行在庚。黃赤二經合爲一線。無交



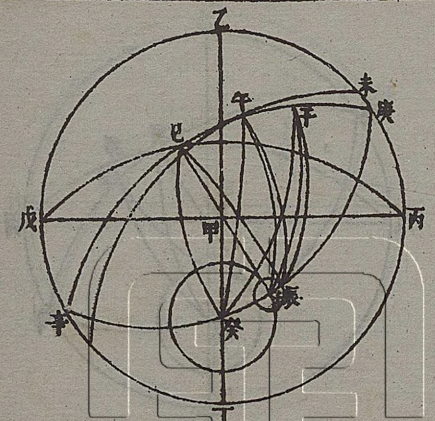
角。冬至後日行自南而北。黃經必在赤經西。漸遠則角漸大。至春分而止。如日行在子。壬子黃經在癸子赤經西。壬子癸角爲黃赤二經交角。即癸子己黃道赤經交角之餘。己子壬角九十度。春分日行在己。壬己黃經在癸己赤經西。壬己癸角



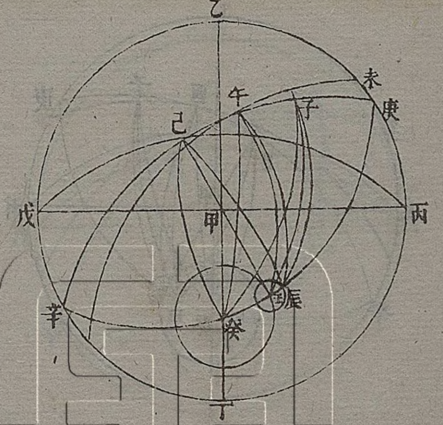
爲黃赤二經交角。與戊己辛二道交角等。壬己辛角、戊己癸角、皆九十度。是爲最大。過此又漸小。夏至日行在辛。則黃赤二經又合爲一線。無交角。夏至後。日行自北而南。黃經必在赤經東。漸遠則角又漸大。至秋分而止。如日行在丑。壬丑黃經在癸丑

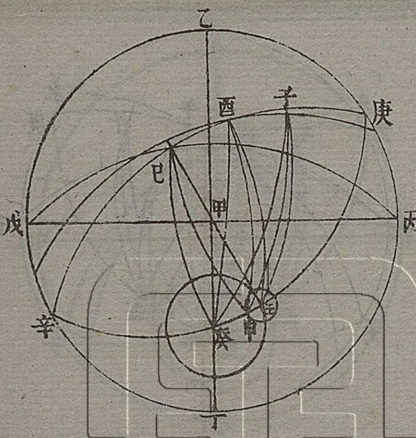


赤經東。壬丑癸角爲黃赤二經交角。即癸丑辛黃道赤經交角之餘。癸丑辛角與寅丑卯角等。秋分日行在寅。壬寅黃經在癸寅赤經東。壬寅癸角爲黃赤二經交角。與丙寅辛二道交角等。過此又漸小。至冬至乃復合爲一線也。至白道之交於黃道。

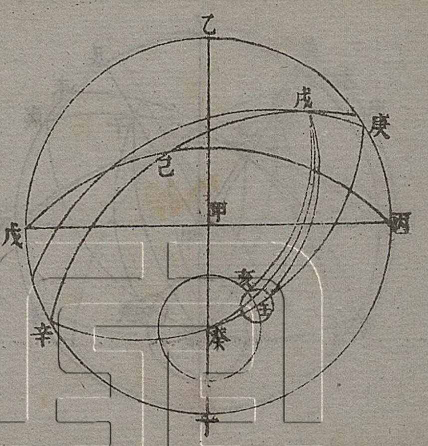


亦如黃道之交於赤道。但其行度自正交起算。交食時日月又必近交。故其南北東西及兩經交角惟以兩交爲定。設白極在辰。正交在午。白道自南而北。猶黃道之春分。日行在正交點如午。或正交前如子。正交後如巳。白經皆在黃經西。黃白二經交角皆與黃白二道交角爲相等。惟日在正交午點。其壬午辰黃白二經交角與庚午未黃白二道交角等。若在交前如子。交後如巳。其壬子辰與壬巳辰黃白二經交角皆微小於二道交角。然所差無多。故爲相等。與上編法同。提此黃經在赤經西。白經又在黃經西。則以黃白二經交角與黃赤二經交角相加爲赤白二經交

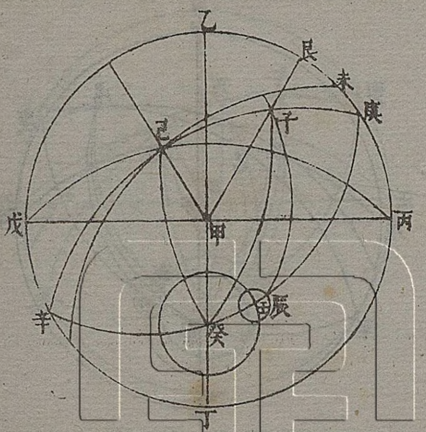




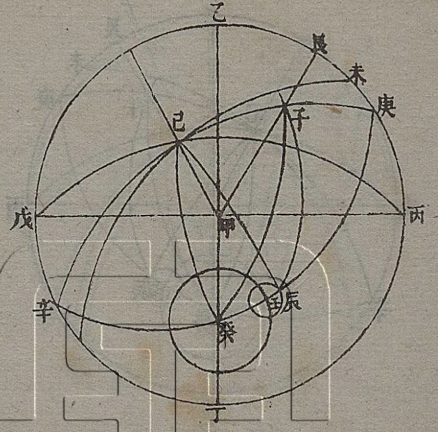
角也設白極在申中交在酉白道自北而南猶黃道之秋分日行在中交點如酉或中交前如子中交後如己白經皆在黃經東黃白二經交角亦與黃白二道交角為相等此黃經在赤經西而白經在黃經東則以黃白二經交角與黃赤二經

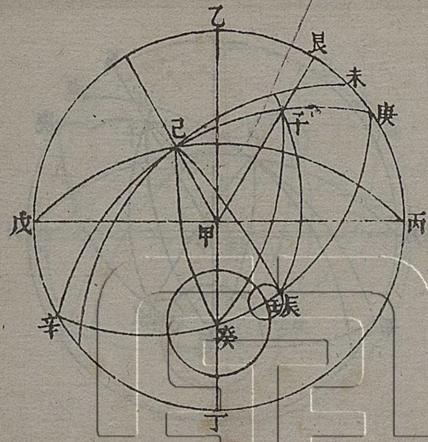


交角相減為赤白二經交角黃赤二經交角大則從黃經之向白經亦在赤經西也設黃經在赤經西而中交近二至經圈如戌亥戌白經在壬戌黃經東壬戌亥黃白二經交角反大於壬戌癸黃赤二經交角相減餘癸戌亥角為赤白

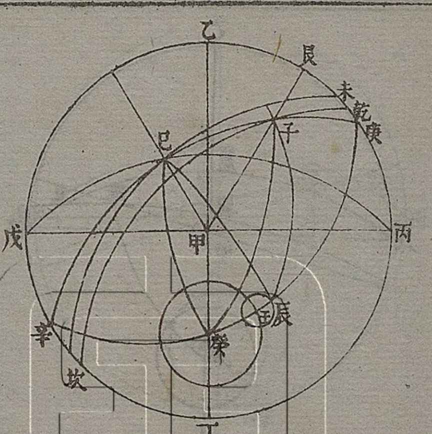


二經交角則從白經之向。白經轉在赤經東也既得赤白二經交角是爲初虧食甚復圓同用之數。初虧至復圓。太陽行度無幾故二經交角不改隨時求得赤經高弧交角與之加減即得各時白經高弧交角。如日行在子是爲午後。甲子癸角爲赤經高弧交角辰子癸角爲赤白二經交角。此赤經在高弧西。白經又在赤經西。則相加得角。白經更在高弧西。是知太陽在白平象限西也。又如日行在己是爲午前。甲己癸角爲赤經高弧交角。辰己癸角爲赤白二經交

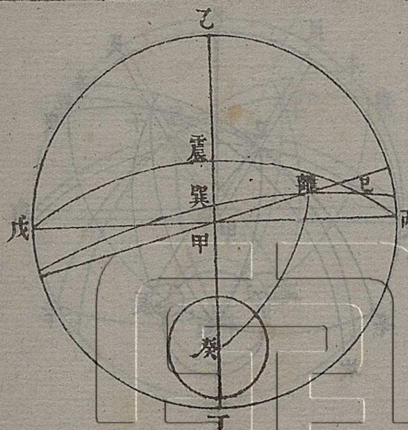




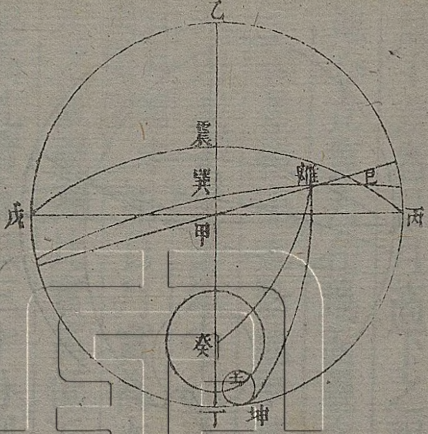
角。此赤經在高弧東。白經在赤經西。則相減餘甲己辰角爲白經高弧交角。赤白二經交角大。白經爲在高弧西。是知太陽雖在午東而却在白平象限西也。蓋惟太陽正當白平象限。則白道經圈過天頂與高弧合爲一線。限東者白經



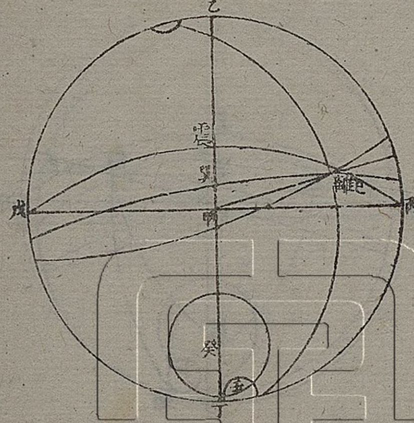
必在高弧東。限西者白經必在高弧西。是定白經之東西與白平象限一理也。又與白道平行作乾坎線。則辰子坎角爲九十度。甲子坎角爲白道高弧交角。與乾子艮角等。甲子辰白經高弧交角。即甲子坎角之餘。是用白經高弧交角



與用白道高弧交角一理也。又如癸丁北極出地二十八度，赤道距天頂之甲震弧亦二十八度。春分已點在午西。夏至前巽點當正午。震巽距赤道北二十三度餘。正交在離，巽甲距黃道北又四度餘。則白道在天頂與高弧合。日行在



離甲離癸赤經高弧交角與癸離坤赤白二經交角相加，得甲離坤白經高弧交角適足九十度。蓋白經與白道相交其角必九十度。白道既與高弧合，故白經高弧交角亦九十度也。過此以往北極愈低，則白道極北入地平下南出地

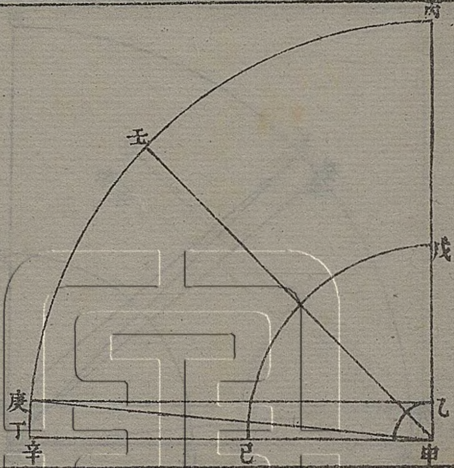


平上白道即在天頂北白經高弧交角即大於九十度而成鈍角則與半周相減餘為白道南之經圈與高弧相交之角是不求限距地高而白平象限在天頂之南北俱以白經高弧交角為定也白經在赤經東者倣此

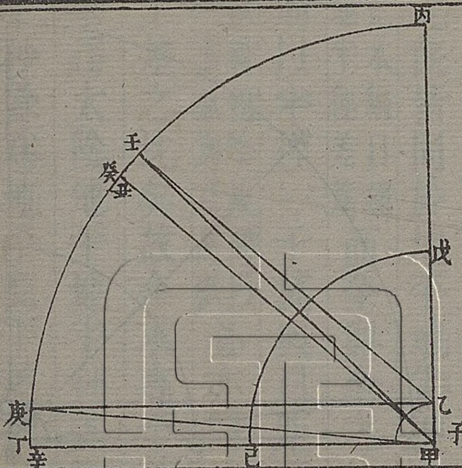
求高下差

高下差者日月高下之視差也日食食甚用時乃從地心立算人在地面視之則有地半徑差而太陽地半徑差恆小太陰地半徑差恆大故於太陰地半徑差內減去太陽地半徑差始為高下差焉見上編日食三差及日月地半徑差篇如日月實高本係同度而太陽以地半徑差之故視高比實高低五秒太陰以地半徑差之故視高比實高低三十分則人之視太陰必比太陽低二十九分五十五秒也然求兩地半徑差而後相減

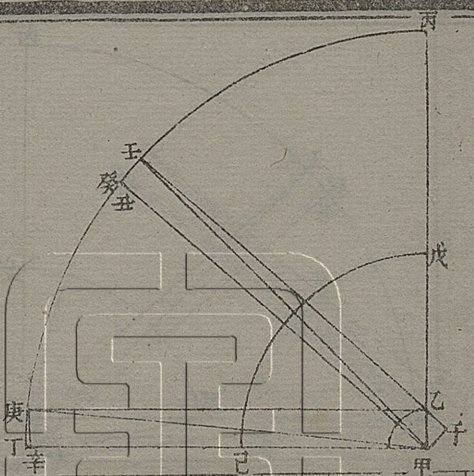
其法甚繁今按半徑一千萬與日月距天頂正弦之比既皆同於地平地半徑差與本時地半徑差之比見本編日躔地半徑差篇而全與全之比又原同於較與較之比則以半徑一千萬與日距天頂之正弦之比交食時日月高弧畧相等故即以日高弧爲月高弧必亦同於地平高下差與本時高下差之比矣故今求高下差唯以本時太陰距地數求得太陰地平地半徑差內減太陽地平地半徑差十秒餘爲地平高下差初虧食甚復圓各以其時日距天頂之正弦爲比例其法甚爲省便也



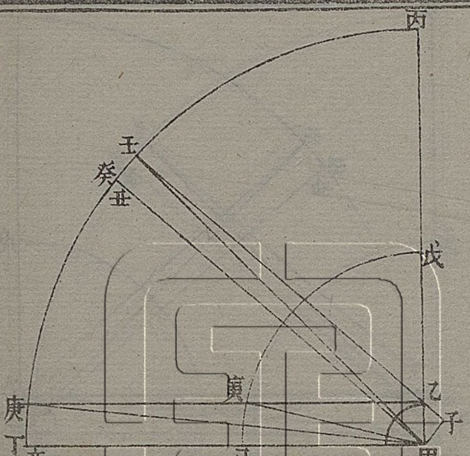
如圖甲爲地心乙爲地面丙丁爲日天戊己爲月天假如日在庚實距天頂爲丙甲庚角視距天頂爲丙乙庚角與丙甲丁角等其差庚甲丁角即地平太陽地半徑差與甲庚乙角等甲乙地半徑即其角之正弦與庚辛等又如日在壬



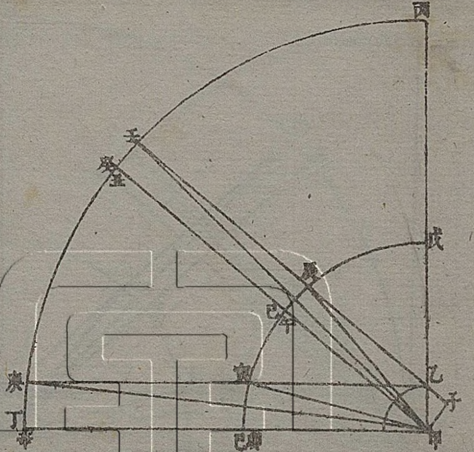
實高爲壬甲丁角。視高爲壬乙庚角與癸甲丁角等。其差壬甲癸角。卽本時太陽地半徑差與甲壬乙角等。將壬乙線引長作甲子垂線。卽其角之正弦與壬丑等。甲乙子勾股形。子角爲直角。乙角與丙乙壬角爲對角。卽太陽視距天頂



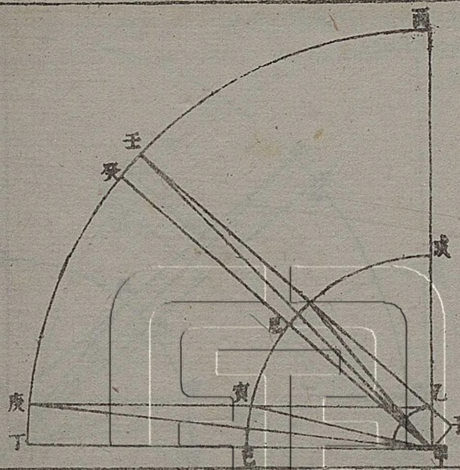
之度。甲乙卽地平太陽地半徑差之正弦。甲子卽本時太陽地半徑差之正弦。因其邊度甚小。正弦與弧線可以相爲比例。則甲乙卽爲地平太陽地半徑差與庚丁弧等。甲子卽爲本時太陽地半徑差與壬癸弧等。故以子直角正弦與



乙角正弦之比。即同於地平太陽地半徑差甲乙與本時太陽地半徑差甲子之比也。假如太陰在寅。實距天頂為寅甲戊角。視距天頂為寅乙戊角。與巳甲戊角等。其差寅甲巳角。即地平太陰地半徑差。與甲寅乙角等。甲乙地半徑亦

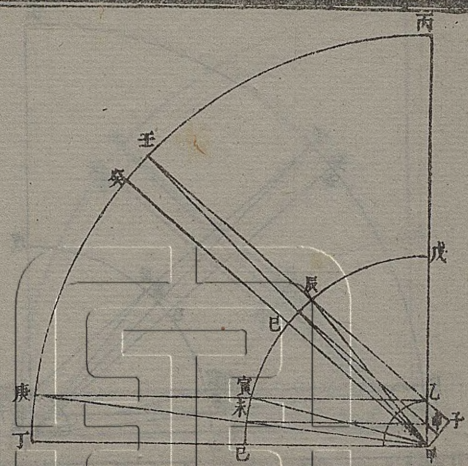


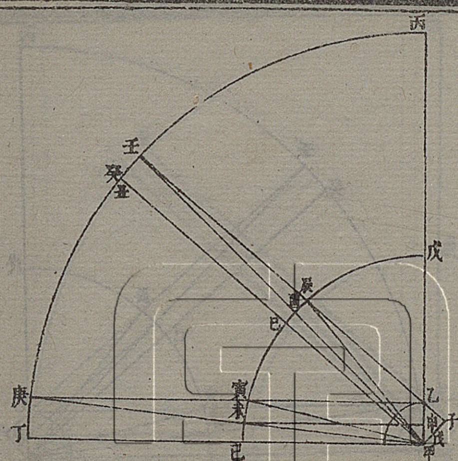
其角之正弦。甲乙同為地半徑。甲庚日天半徑大。故角小。甲寅月天半徑小。故角大。與寅卯等。又如月在辰。實高為辰甲巳角。視高為辰乙寅角。與巳甲巳角等。其差辰甲巳角。即本時太陰地半徑差。與甲辰子角等。甲子亦其角之正弦。與辰午等。因以正弦作弧度。則甲



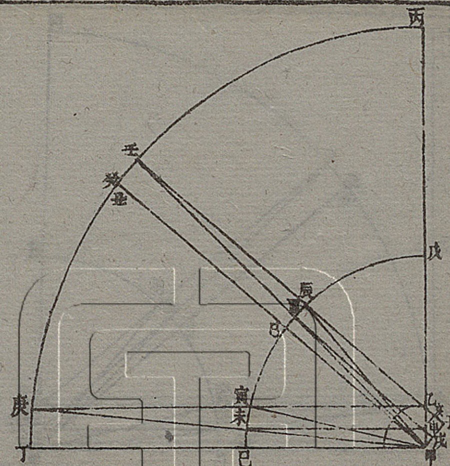
乙卽地平太陰地半徑差與寅巳弧等甲子卽本時太陰地半徑差與辰巳弧等。故以子直角正弦與乙角太陰視距天頂正弦之比亦同於地平太陰地半徑差甲乙與本時太陰地半徑差甲子之比也。試以日天半徑與月天半徑爲相等而比較之。日天月天半徑不等故地半徑雖等而差角不等。今以日天半徑與月天爲相等則差角之不等者其正弦亦不等乃可相較也。

自地平太陽實高線割月天之未點與乙庚視高線平行作未申線則甲未申角與甲庚乙角等甲申卽地平太陽地半徑差。甲申本係甲未申角之正弦因以正弦作弧度則甲申正



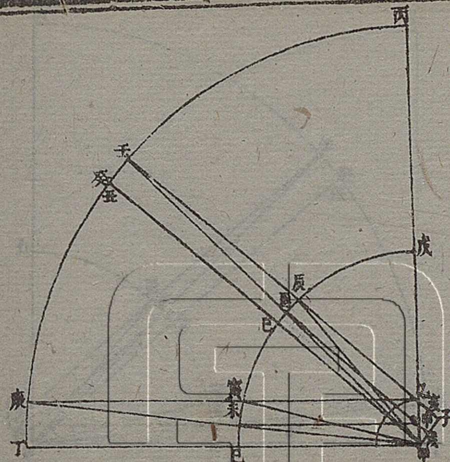


弦與未巳弧等而月天之未巳弧與日天之庚丁弧同當庚甲丁角其度相等故甲申卽爲地平太陽地半徑差與甲乙地平太陰地半徑差相減餘申乙卽地平高下差甲乙當寅巳弧甲申當未巳弧乙申當寅未弧自本時太陽實高線割月天之酉點與乙壬視高線平行作酉申線引長至戍則甲酉戍角與甲

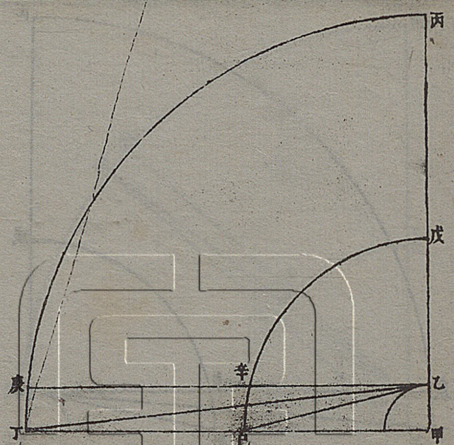


壬乙角等甲戍卽本時太陽地半徑差與甲子本時太陰地半徑差相減餘戍子卽本時高下差與申亥等甲子當辰巳弧甲戍當酉巳弧子戍當辰酉弧申乙亥與甲乙子爲同式形故以亥直角正弦與乙角日距天頂正弦之比亦卽同於地平高下差申乙

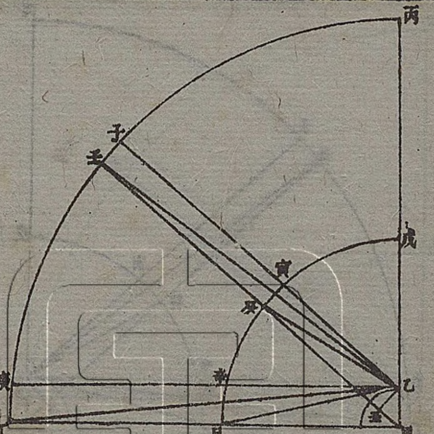
與本時高下差申亥之比也。



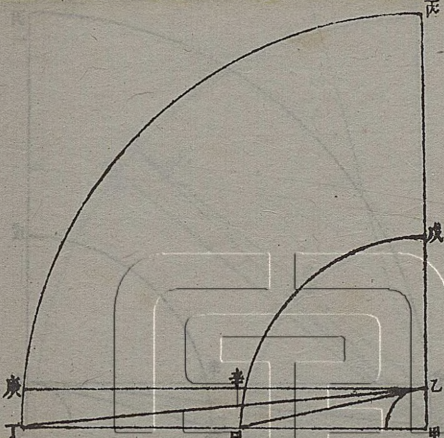
右求高下差以半徑與太陽視距天頂之正弦爲比例今日食所推太陽高弧乃實距天頂之度而卽以其正弦比例高下差者蓋實高與視高所差無多故借用之自來實高視高相



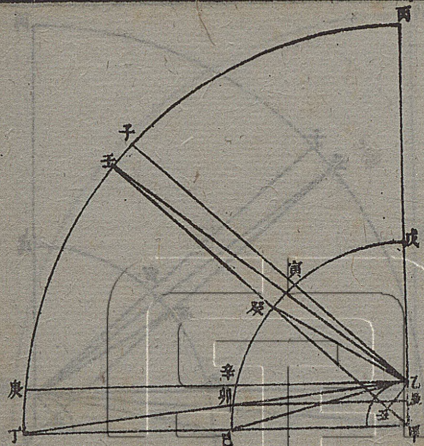
求皆同　一地半徑差加減互用不列二表也如細辨之地平太陽實高在丁太陰實高在己丁乙庚角爲地平太陽地半徑差與甲丁乙角等甲乙地半徑爲其角之切線當庚丁弧己乙辛角爲地平太陰地半徑差與甲己乙角等亦以



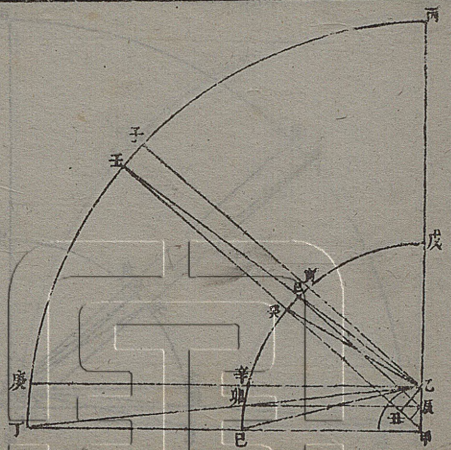
本時太陽實高在壬太陰在癸壬乙子角爲本時太陽地半徑差與甲壬乙角等乙丑爲其角之垂線當子壬弧癸乙寅角爲本時太陰地半徑差與甲癸乙角等亦以乙丑爲其角之垂線當寅癸弧丑壬之長小於甲壬丑癸之長小於



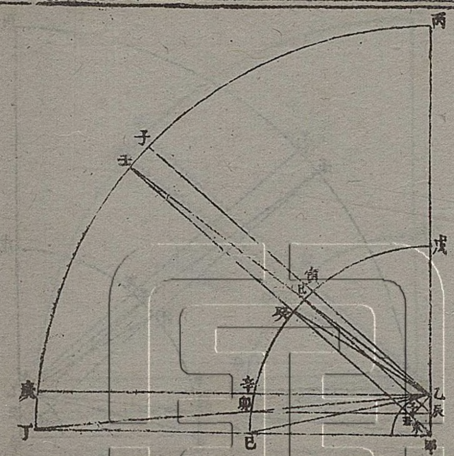
甲乙地半徑爲其角之切線當辛己弧前以地半徑爲其角之正弦此以地半徑爲其角之切線其角度雖有微差然最大者不過半秒愈高則愈小故亦以弧度爲比例而甲乙即爲地平太陽地半徑差亦即爲地平太陰地半徑差也



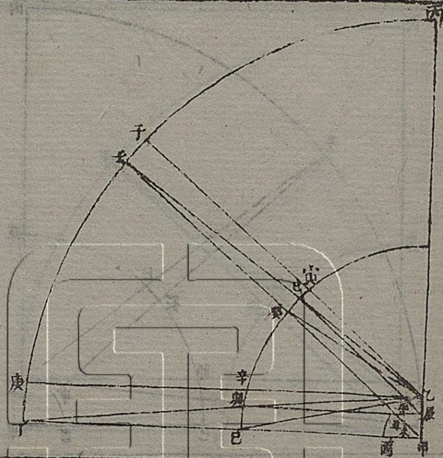
甲癸則角度必較弧度為稍大。蓋視高低於實高。其大固宜。然所差甚微。故亦以弧度為比例。而乙丑即為本時太陽地半徑差。亦即為本時太陰地半徑差也。試自地平太陽視高線割月天之卯點。與甲丁實高線平行作卯辰線。則乙



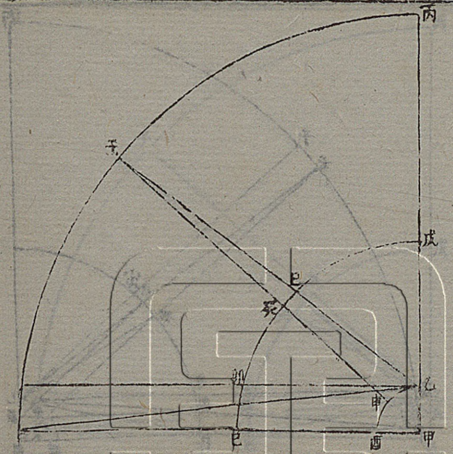
卯辰角與甲丁乙角等。乙辰當辛卯弧。即地平太陽地半徑差。以乙辰與地平太陰地半徑差甲乙相減。餘甲辰當卯巳弧。即地平高下差。自本時太陽視高線割月天之巳點。與甲壬實高線平行作巳辰線。則乙巳辰角與甲壬乙角等。



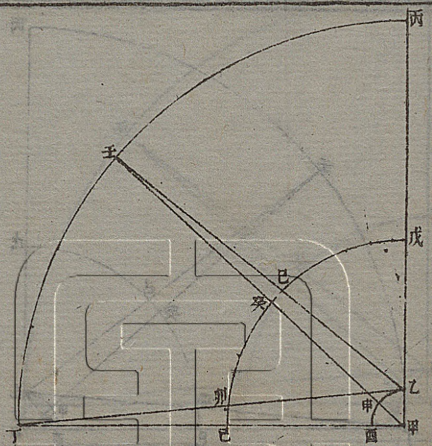
乙午當寅巳弧即平時太陽地半徑差以乙午與本時太陰地半徑差乙丑相減餘午丑與辰未等當巳癸弧即本時高下差甲乙丑與甲辰未爲同式形丑未二角爲直角甲角爲日月實距天頂之度故以直角正弦與實距天頂正弦



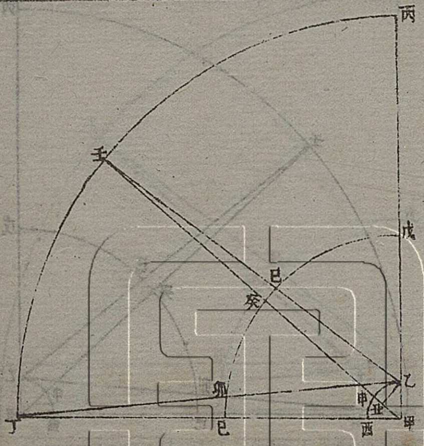
之比同於地平地半徑差甲乙與本時地半徑差乙丑之比亦同於地平高下差甲辰與本時高下差辰未之比也今日食用簡平儀法求地面日影心之所在皆用實高比例高下差設日實高在丁則正射地心照至地面酉點之影當



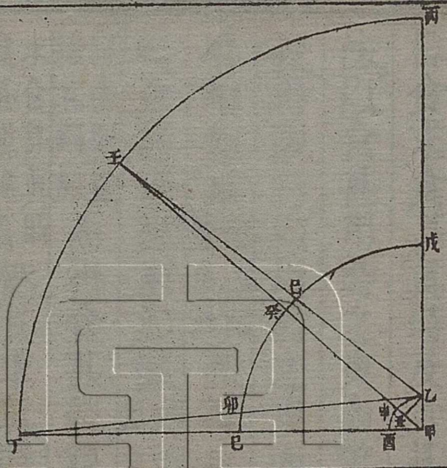
月天己點之度。照至地面乙點之影。當月天卯點之度。是酉乙地面上應日天實距天頂之丙丁弧。而其當月天之度。則爲卯己高下差也。設日實高在壬。則正射地心照至地面申點之影。當月天癸點之度。照至地面乙點之影。當月天



巳點之度。是乙申地面上應日天實距天頂之丙壬弧。而其當月天之度。則爲巳癸高下差也。若以地平高下差爲半徑作地面平圓。則甲乙卽卯己之度。爲地平高下差。當乙酉地面。以地球爲平面。則地面之弧與正弦等。甲乙爲乙酉弧之正弦。故甲乙當乙酉弧。　與日天之



丙丁弧等。乙丑即巳癸之度。為本時高下差。當乙申地面。乙丑為乙申弧之正弦。故乙丑當乙申弧。與日天之丙壬弧等。由此推之。時時實距天頂之度。在地面皆與本時高下差等。實距天頂之度。原與地面之弧度等。簡平儀以地球為平面。則地面之弧又與地面之正弦等。今地面之正弦既為高下差。故實距天頂之度即與高下



差等。故隨高弧之所向。以高下差之度自圓心取之。即日影心之所在。隨白經之所向。以實緯之度自圓心取之。即月影心之所在。此所以用實高為比例。於視差之理尤為顯而易明也。

求日食食甚真時及兩心視相距

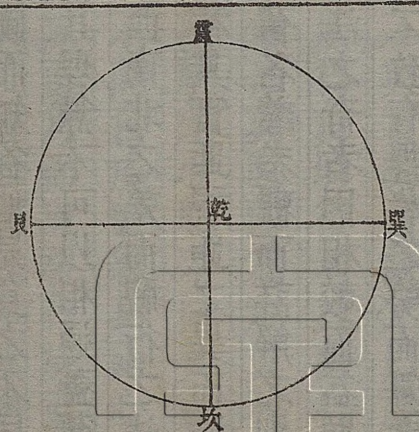
日食求食甚真時及食甚視緯。新法算書用渾天儀法。以食甚用時之東西差與食甚近時之東西差相較得視行。以用時之東西差比例得時分。與食甚用時相加減（限西加限東減）而得食甚真時。以真時之南北差與食甚實緯相加減（白平象限在天頂南。緯南則加。緯北則減。白平象限在天頂北。緯南則減。緯北則加。）而得食甚視緯。上編言之詳矣（見日食三限時刻及求食甚真時食甚視緯篇）然其求真時也。必求太陰視行正當實緯之度。乃以視行之道與白道爲平行。故與實緯成

直角。而視緯與實緯必合為一線也。夫近時之東西差與用時之東西差既不等。因白道高弧交角及則高下差不同之故。南北差亦不等。而視行即不與白道平行。視行既不與白道平行。則實緯即不與視行成直角。而日月兩心相距最近之線亦不與實緯合為一線矣。近日西法用簡平儀繪圖算。渾儀從上視。如觀平面。是為簡平儀。以本日地平高下差本日地平日月兩地半徑差相減。餘為本日地平高下差。為半徑作平圓。即地徑當月天之度。即地受日照之半面上應渾天半周。圓心即日射地面至地心之點。以人視日。則人所處之地

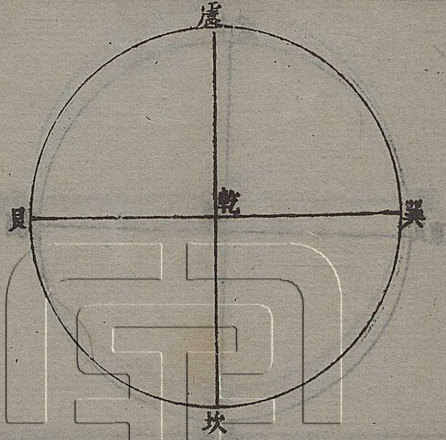
面即日影心。以日照月。則月所當之地面即月影心。假令人所處之地面正在圜心。則必見日當天頂。又正當子午圈。而月之實緯即日月兩心視相距。外此則日影心之所在。隨時隨地不同。若日影心與月影心同點。則必見日全食。若日影心與月影心之相距大於併徑。則不見食。故先以食甚用時求其兩心視相距。復設一時。限西向後設。限東向前設。亦求其兩心視相距。以此兩視距線及所夾之角。求其對邊為視行。自日影心至視行作垂線。與視行成直角。是為兩心相距最

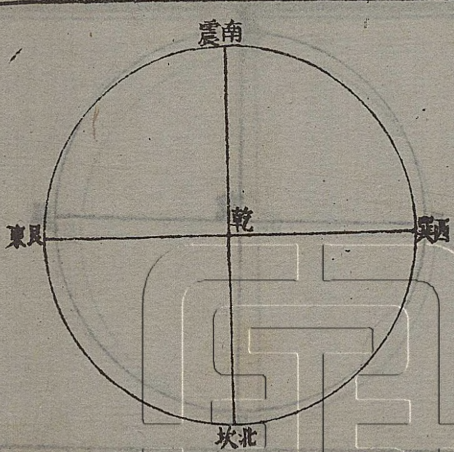
近之處。月影心臨此直角之點。即為食甚眞時。因垂線不與實緯合。故不曰視緯而曰兩心視相距。然後以所得眞時復考其兩心視相距。果與所求垂線合。則食甚眞時即為定眞時。不然則又作垂線求之。蓋太陰視差時時不同。其視行之道既不與白道平行。又不能自成直線。其兩心視相距最近之線。不與白道成直角而與視行成直角。兩心實相距不與白道成直角而與斜距成直角。兩心視相距又不與斜距成直角而與視行成直角。今法與舊法之不同在此。故反覆推求。務得太陰正當視行直角之點。斯為兩心最近之

處。而食甚乃為確準也。是法也。可以圖代算。可以一圖而知各地見食之不同。新奇精巧。與舊法迥殊。然其理無不可以相通。蓋舊法以渾測渾。可實指其東西南北之差。而視行之法甚簡。新法寫渾於平。可實稽其實距視距之異。而視差之理尤精。今以新法合舊名義。参觀而詳解之。則理之確者以並觀而益明。法之奇者因相較而益顯。庶觀者由舊徑以適新途。不致有捍格之勢。而算者取新規以合舊範。更坐收密合之方矣。

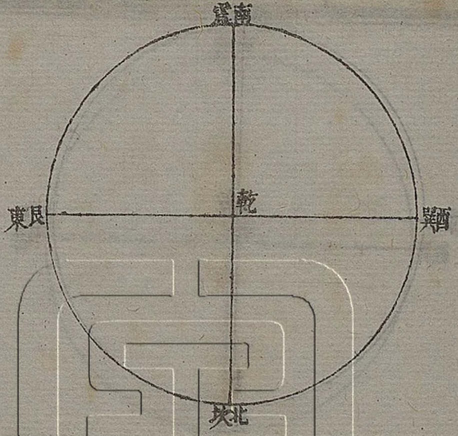


如雍正八年庚戌六月戊戌朔日食。太陰實引初宮八度四十七分三十一秒四〇。地平地半徑差五十三分五十九秒九〇。內減太陽地平地半徑差十秒餘五十三分四十九秒九〇。爲本日地平高下差。以此爲乾坎半徑作坎艮震巽平圓寸以五十三分作五寸三分。以四十九秒九〇通作八釐三毫繪圖用四分之一。後倣此。即地球受日照之半面上應渾天半周。而其當月天之度則爲五十三分五十秒。四十九秒九〇進爲五十秒。入算仍用小餘。後倣此。故以地球上應渾天之度而論。則乾爲日照地面之正中距圓界各九十度。

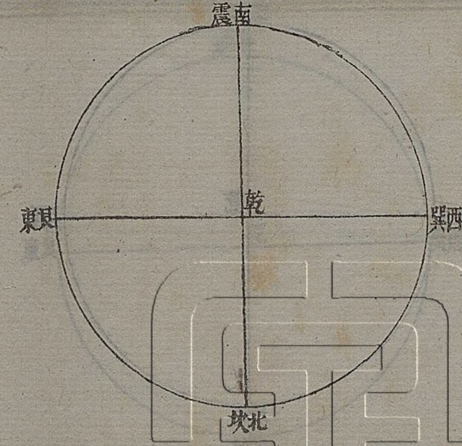




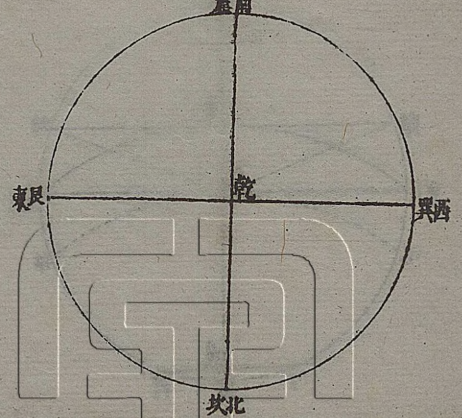
以地球爲平面則地面之弧與正弦等半徑爲九十度之正弦故半徑即九十度。假令人在圓心乾則見日當天頂叉當正午坎震赤道經圈即其地之子午圈艮巽即其地之卯酉圈坎爲北震爲南艮爲東巽爲西若人在圓界則見日當地平在坎震線之西者見日爲午前



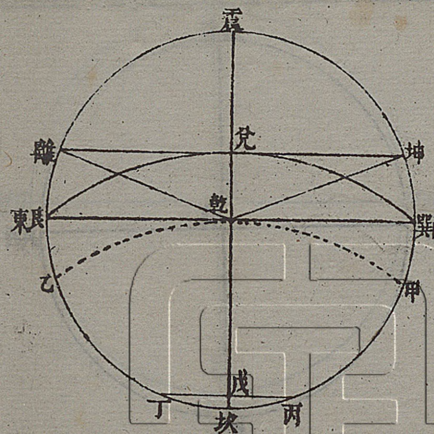
在坎震線之東者見日爲午後自是以外則見日之高下隨地不同要以人所處之地面爲日影心上應本處天頂人距日照地面正中之度即日距天頂之度而以地面所當月天之度而論則地之半徑與地平高下差等人距日照地



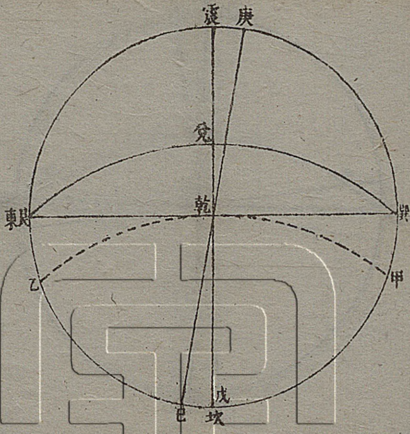
面正中之度與本時高下差等。見前高下差篇。故隨高弧之所向以本時高下差之度。自圓心取之。即人所處之地面。亦即本時之日影心。隨白經之所向以月實緯之度。自圓心取之。即本時之月影心。夫月影心當月天之度。即太陰之實緯度。



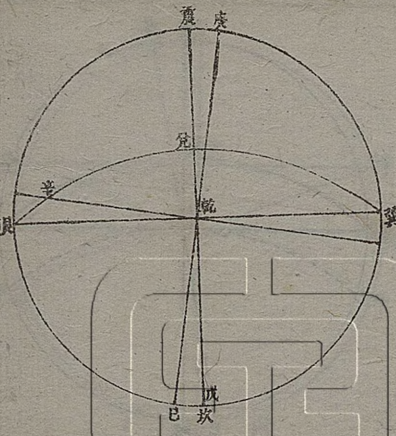
而日影心當月天之度。不為太陽之實高度。而為太陽之視高度。則地面日月兩影心之相距。因高下差而殊。而食甚之早晚。食分之淺深。所以因視差而變者。皆可按圖而稽矣。乃以本時日距赤道北二十一度三十八分一十二秒〇



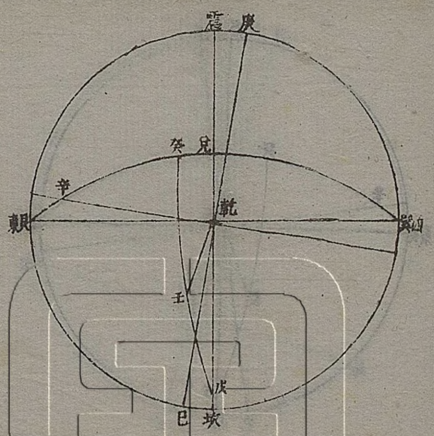
二取艮離巽坤之分。即離乾艮角與坤乾巽角等。作離坤線截赤道經圈於兌。作艮兌巽弧為赤道。則兌乾即日距赤道北之緯度。又作甲乾乙弧為赤道距等圈。即太陽隨天西轉之軌。又以坎艮九十度之分。自離截圓界於丁。自坤截圓界於丙。作



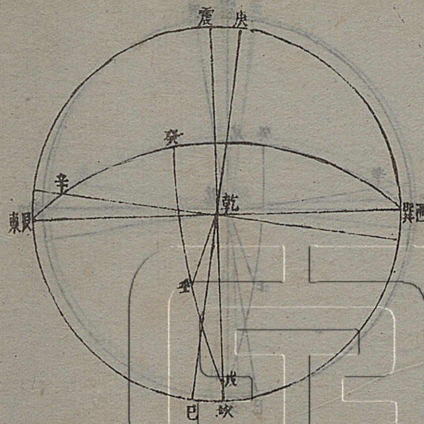
丙丁線截子午圈於戊。則戊點為北極。戊兌為九十度。戊乾為日距北極六十八度二十一分四十七秒九八。又以本時黃赤二經交角九度二十一分二十秒五七。取坎乾巳角。本時日在夏至後黃經在赤經東。故向東取。作巳庚線為黃道經圈。自乾與巳



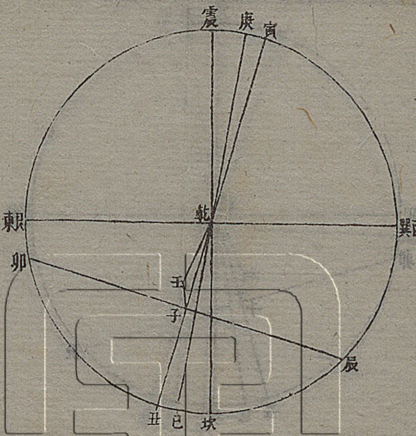
庚線取直角作辛乾線爲
黃道辛爲秋分乾辛爲日
距秋分前六十七度四十
二分五十四秒四三是時
京師食甚用時爲午正二
刻九分五十八秒九五日
距午西赤道度爲九度五
十九分四十四秒二五則
京師地面必在坎震線之

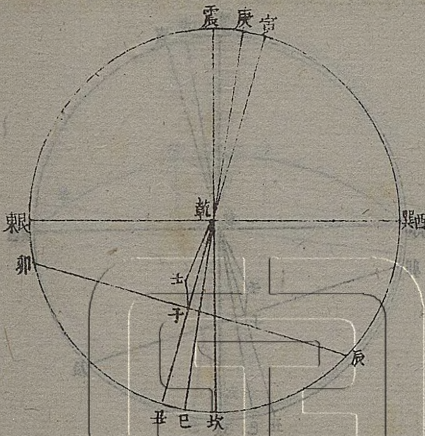


東故以用時赤經高弧交
角二十二度四十三分八
秒三九取戊乾壬角以用
時日距天頂二十度九分
四十八秒二七之高下差
一十八分三十三秒三四
取壬乾之分作壬乾線自
戊向壬作戊壬癸弧則壬
點爲京師之地面即用時

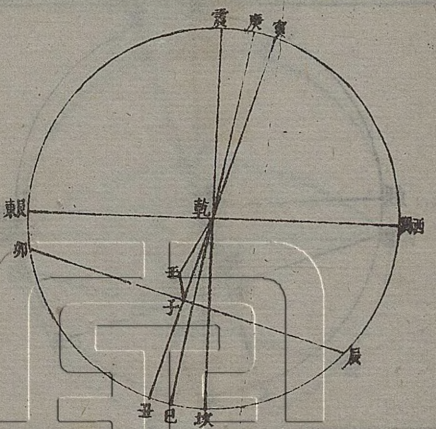


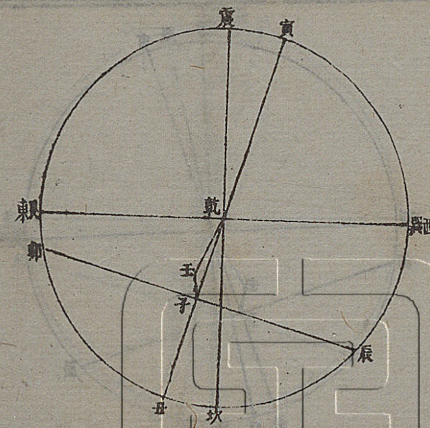
之日影心。上應京師天頂。
壬乾為用時日距天頂之
高弧。在地則與用時高下
差等。戊壬癸為京師子午
圈。戊壬為京師北極距天
頂五十度五五分。戊角為用
時日距午西赤道度。戊乾壬角
及乾壬弧。俱用戊乾壬三角形求之而得。又以
斜距黃道交角五度四十
四分五十五秒二九。取巳
乾子角。本時月在中交前白經在黃經東。故
向東作丑寅線為白道經取。
圈。即斜距。以月實緯距黃
道北二十三分二十八秒
四五。自乾向北截之於子。
與丑寅線取直角。作卯辰
線為白道。即兩經斜距。則子點
為用時月影心。壬子即用



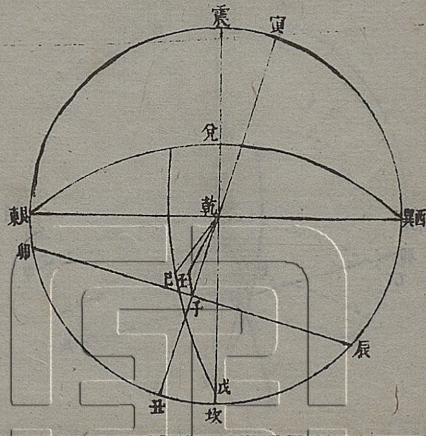


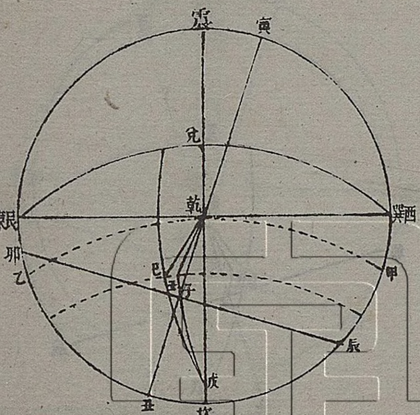
時日月兩影心視相距。乃用乾壬子三角形，乾子爲食甚用時日月兩心實相距，乾壬爲用時高下差。以己乾丑黃白二經交角與坎乾己黃赤二經交角相加，得坎乾丑角一十五度六分一十五秒八六，爲赤白二經交角。（黃經在赤經東。白經又在黃經東。故相加。）與坎乾壬赤經高弧交角相減，餘丑乾壬角七度三十六分五十二秒五三，爲用時白經高弧交角。即用時對兩心視相距角。（赤經在高弧西。白經在赤經東。故相減。赤白交角小。白經仍在高弧西。）仍用切線分外角法，求得壬角一百四十六度三十四分二秒〇七。



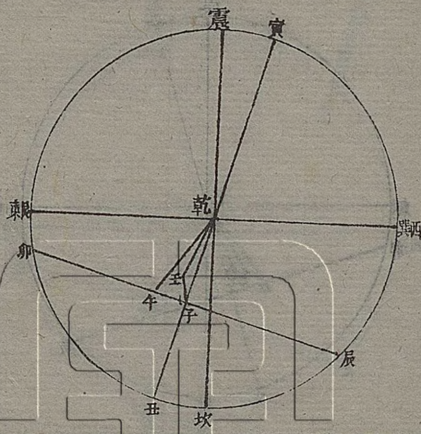


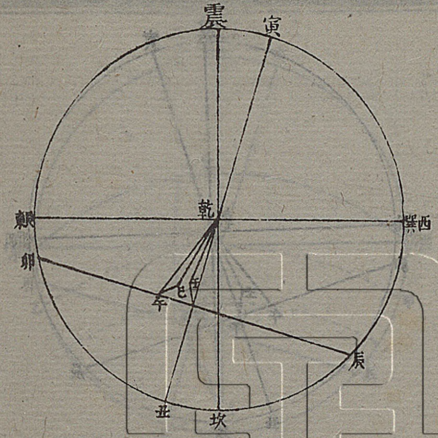
爲用時對兩心實相距角。又求得壬子邊五分三十八秒七四爲用時日月兩影心視相距此時白經實距在高弧西月影心必在日影心之西則食甚用時尙在食甚前也次向後取未初初刻爲設時。白經在高弧西月影心差西而西用時尙在食甚前。故向後取設。若白經在高弧東月影心差而東用時已過食甚後則向前設。以設時赤經高弧交角三十一度三十三分一秒七三取戊乾巳角。以設時日距天頂二十二度一十七分四十二秒二六之高下差二十分二十五秒三五取乾巳之分。作乾巳線。自戊向巳作戊巳弧。則巳



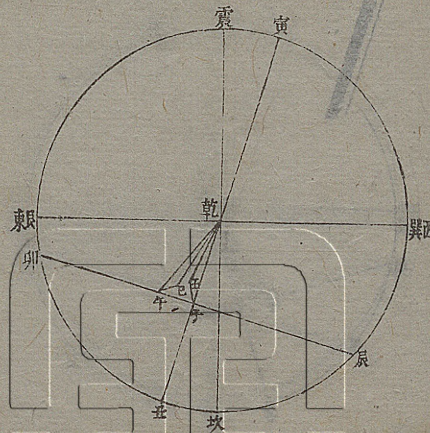


點爲設時日影心。乾巳爲設時日距天頂之高弧。在地則與設時高下差等。戊巳卽京師北極距天頂五十度五分。與戊壬等。太陽本隨距等圈西轉。今以太陽爲不動。則影向東移。亦與赤道成距等圈。其距北極皆相等。巳戊乾角卽設時日距午西一十五度。戊乾巳角及乾巳弧俱[illegible]而得。次以設時距用時二十分一秒〇五與一小時兩經斜距二十七分一十六秒五六爲比例。得用時至設時之月實行爲九分六秒。自子向東截之於午。則午點爲設時月影心。午子爲設時距弧。月由白道東行。設時在用時後。故距弧向東取。午乾子角爲設

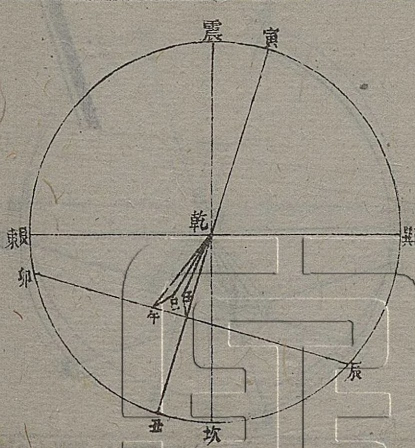




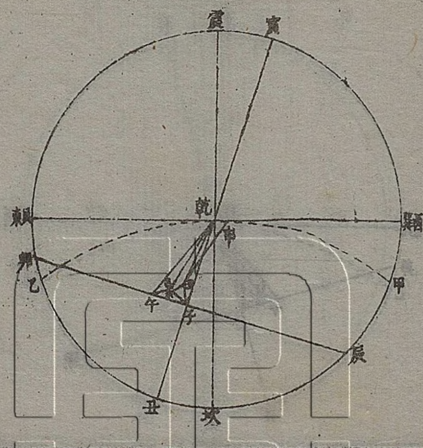
時對距弧角二十一度一十一分二十秒九九。午乾爲設時兩心實相距二十五分一十秒五八。午乾子角及午乾弧。俱用午乾子三角形求之而得。巳午爲設時日月兩影心視相距。乃用巳乾午三角形。以坎乾巳設時赤經高弧交角與坎乾丑赤白二經交角



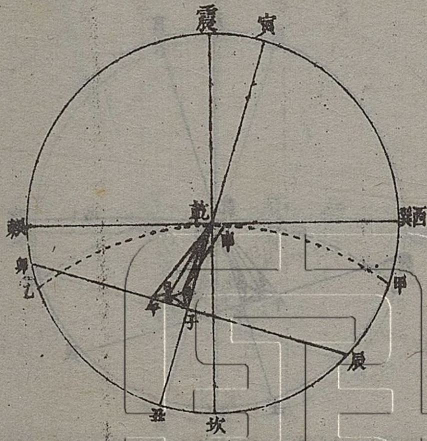
相減餘丑乾巳角一十六度二十六分四十五秒八七爲設時白經高弧交角。加減之理。與用時白經高弧交角同。與午乾子對距弧角相減餘巳乾午角四度四十四分三十五秒一二。即設時對兩心視相距角。月在黃道北。白經在高弧西。對距弧角大。則實距在高弧東。對距弧角小。則實距在



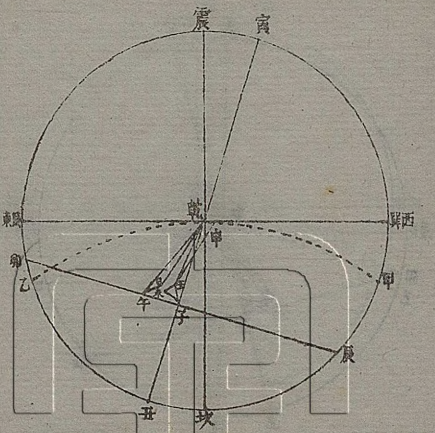
高弧西。白經在高弧東者做此用切線分外角法。求得巳角一百五十五度五十七分四十六秒四。為設時對兩心實相距角。又求得巳午邊五分六秒六五。為設時兩心視相距。此時實距在高弧東。月影心必在日影心之東。則設時已過食甚後而

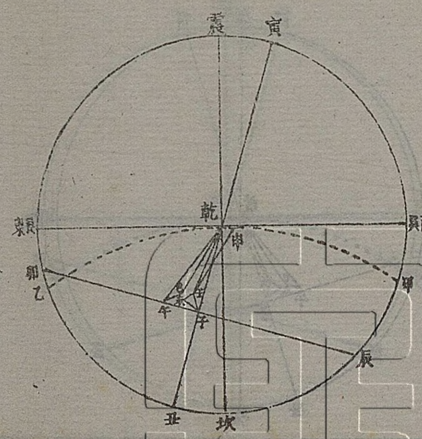


食甚真時之月實行。必在子午二點之間矣。於是與巳午線平行作壬未線與巳午等。為設時兩心視相距。又與巳乾平行作壬申線為設時高弧。則未壬申角與午巳乾角等。以丑乾壬用時白經高弧交角與丑乾巳設時白經高弧交

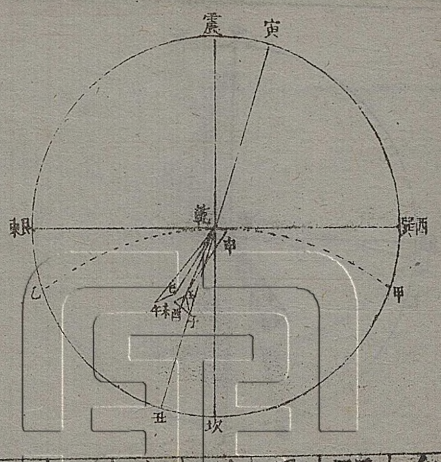


角相減餘壬乾巳角八度四十九分五十三秒三四。爲兩白經高弧交角較。與乾壬申角等。與乾壬子用時對兩心實相距角相減。餘申壬子角一百三十七度四十四分八秒七三。爲設時高弧交用時視距角。與未壬申角相加。未壬申角與午巳乾角等。即對設時兩心實相距角。得二百九十三度四十一分五十五秒一三。與三百六十度相減。餘未壬子角六十六度二十八分四秒八七。爲對設時視行角。用時實距在高弧西。設時實距在高弧東。兩角與高弧相背。故相加。若同在高弧之一邊。則相減。又用時設時兩月影心俱在日影心之北。兩角與兩視距相背。俱爲鈍角。故相加。

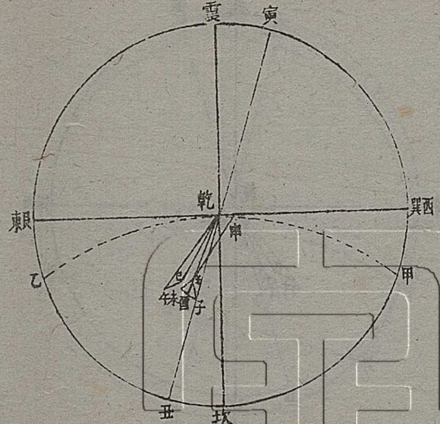




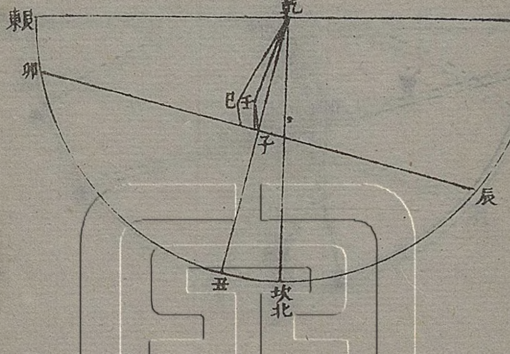
卽過一百八十度與全周相減。方爲兩視距所夾之角。乃用未壬子三角形。壬子爲用時兩心視相距。壬未爲設時兩心視相距。未壬子角爲所夾之角。用切線分外角法。求得子角五十二度二十九分四十五秒六九。爲對設時視距角。又求得子未邊五分五十



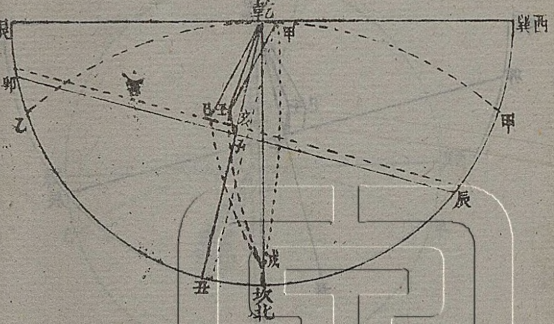
三秒九五。爲設時視行。次自壬作壬酉垂線與子未視行成直角則壬酉相距爲最近故用壬子酉直角形。求得子酉分邊三分二十八秒二三。爲眞時視行。以子未設時視行與設時距分二十分一秒〇五之比。卽同於子酉眞時視行



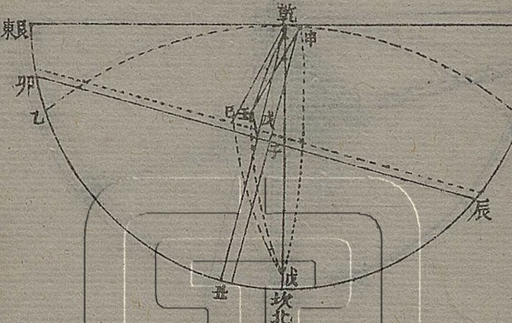
與眞時距分一十一分三十九秒八〇之比。與食甚用時相加。得午正三刻六分三十九秒。爲食甚眞時。食甚用時白經在高弧西。月影視在西。眞時在用時後。故加。若白經在高弧東。用影視在東。眞時在用時前則減。又求得壬酉垂線四分二十九秒。卽食甚眞時兩心視相距也。夫京師之



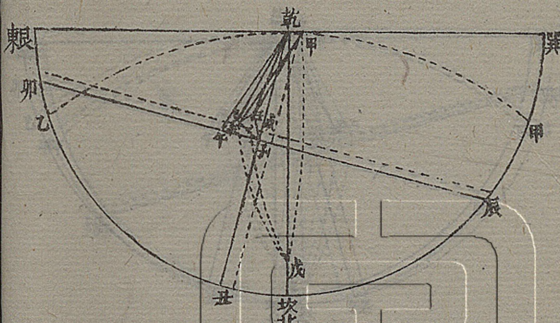
地面一也。旣以人所處之地面爲日影心。而用時日影心在壬。設時日影心在巳。其故何也。此圖用三分之一。蓋人之所處原有定在。而太陽隨天西轉。其所照之地面時時不同。設時太陽旣轉而西。人在壬視之。則乾點亦移而西矣。今仍就原



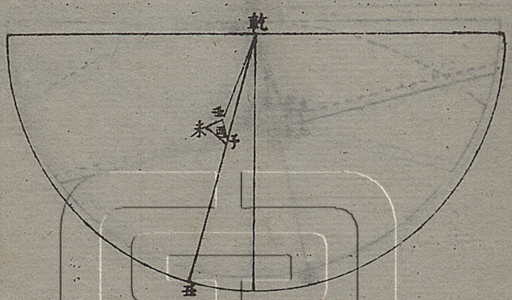
乾點立算則八之視日如在巳視乾是非八所處之地面改也日之所照者改也若就一壬點立算則設時日照地面正中之點隨距等圈西轉至申白道經圈西轉至戊申爲太陽距北極與戊乾等申戊爲距緯與子乾等戊申戊角



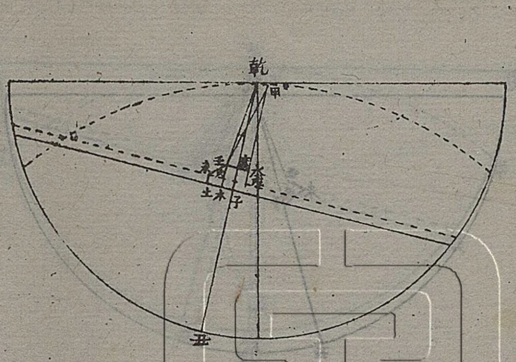
爲赤白二經交角與戊乾丑角等戊壬爲京師北極距天頂與戊巳等申戊壬角爲設時日距午西赤道度與乾戊巳角等戊申壬角爲設時赤經高弧交角與戊乾巳角等申壬爲設時太陽距天頂即設時高下差與乾巳等戊申壬角



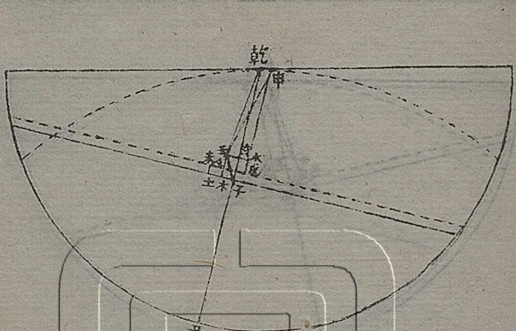
爲設時白經高弧交角與子乾巳角等。戌未爲設時距弧與子午等。未申戌角爲設時對距弧角與午乾子角等。壬申未角爲設時對兩心視相距角與巳乾午角等。人在壬視之。則日影心總在壬。而用時則見月影心在子。設時則見月



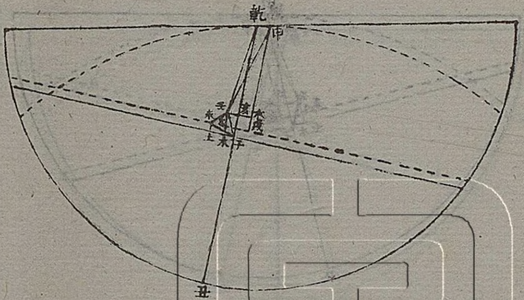
影心在未。是自用時至設時見月影心循子未線行。故子未爲設時視行夫子未視行線既不與白道平行則壬酉兩心相距最近之線卽不與白道成直角而與視行成直角故以月影心臨於酉點爲食甚眞時以壬酉垂線爲食甚兩



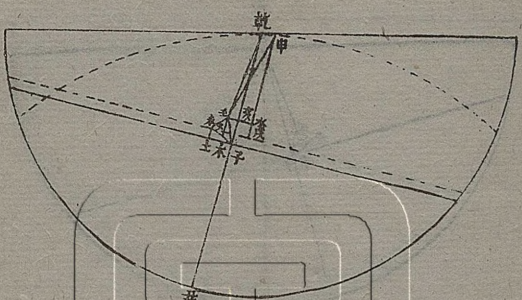
心視相距也。然則與舊法之可以相通者何也。蓋舊法從太陰取高下差。今從日影心當月天之度取高下差。形象雖殊理數則一。試與白道平行作壬亥水線。與白經平行作壬火木線。及未土線。則壬亥即用時東西差。乾亥即用時南



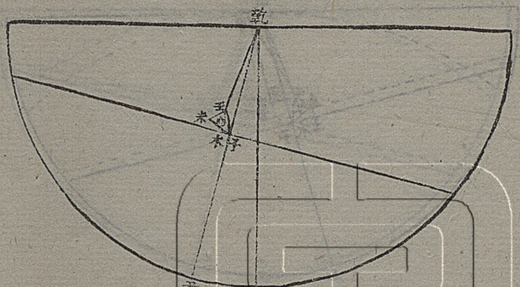
北差。與乾子相減餘亥子用壬亥子勾股形。亦可求壬子邊。壬水即設時東西差。申水即設時南北差。以申水與申戌相減餘壬火。壬火與水戌等。以壬水與戌未距弧相減餘火未。用壬火未勾股形。亦可求壬未邊。壬亥與火未相加得子土。壬亥



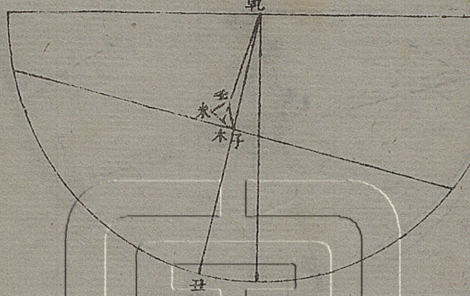
與子木等。火未與木土等。壬火與亥子相減餘未土。亥子與壬木等。火木與未土等。用子未土勾股形。亦可求子未邊。既得三邊。則用壬子未三角形。亦可求中垂線矣。是則與舊法之可以相通者然也。然則與舊法之所以異者何也。按舊法當以壬水設時東西差



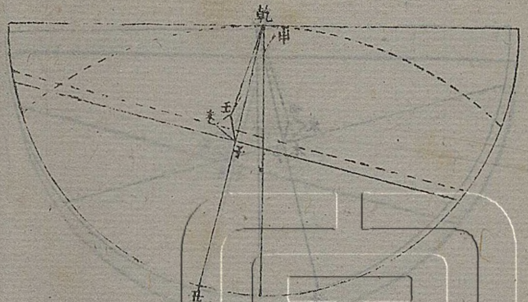
與戌未設時距弧相減舊法以用時東西差爲距弧。故即以兩東西差相減餘火未與子木用時東西差相加。火未與木土等。子木與壬亥等。得子土爲設時視行。乃以白道度算。故以太陰視行經度臨於白道木點爲食甚眞時。壬木線與白道成直角。今以子未爲設時視行。不



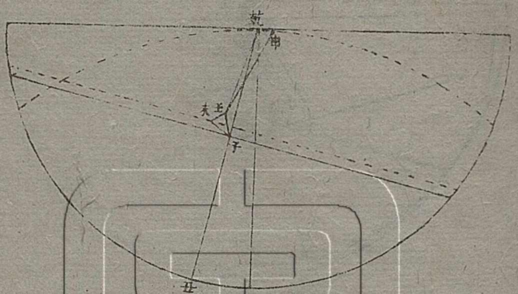
以白道度算。故以月影心臨於酉點為食甚真時。壬酉線不與白道成直角。而與子未視行成直角。是則與舊法之所以異者然也。然則設時與近時之不同何也。蓋舊法以木點為白道當太陽之度。故先求實行至木點之時刻為近時。



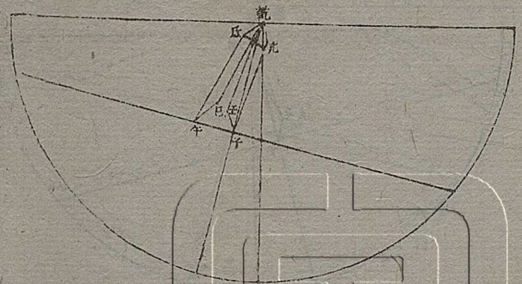
而近時視行又不正當木點。故又以近時視行與近時距分為比例而得食甚真時。今以實行至未點之時刻為設時。故以設時視行與設時距分為比例而得食甚真時。其所不同者惟在視行與白道平行不平行之殊。若均以視行為



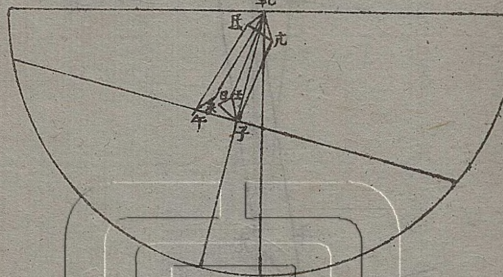
不與白道平行立算。則或用設時或用近時其所得眞時正自相同也。然則簡平與渾天之同異何也。蓋渾天以仰觀立算。故以太陰當日天之度爲視差。簡平以俯視立算。故以太陽當月天之度爲視差。今乾甲二點之影自日心正射



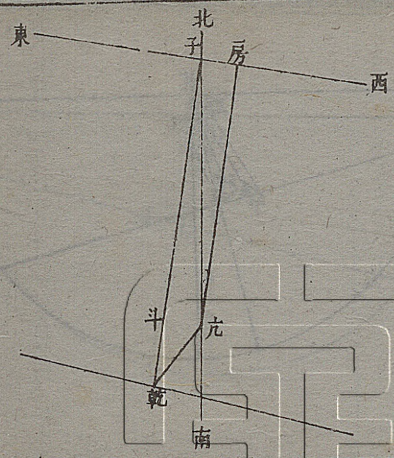
地心。乃太陽實高當月天之度。壬點之影自日心照至地面。乃太陽視高當月天之度見前高下差篇。故壬乾壬甲皆爲高下差。夫太陽視高既當月天壬點。而用時月心原在月天子點。設時月心原在月天未點。故壬子壬未即皆爲日月兩心



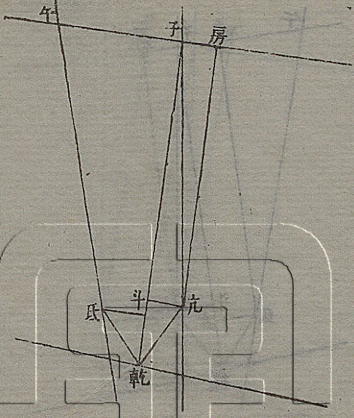
視相距。是以日天當月天之度算也。若以月天當日天之度而論。則用時月天壬點之度當日天之乾。而太陰子點即當日天之亢。故子亢爲用時高下差與乾壬等。乾亢爲用時兩心視相距與壬子等。設時月天巳點之度當日天之乾。



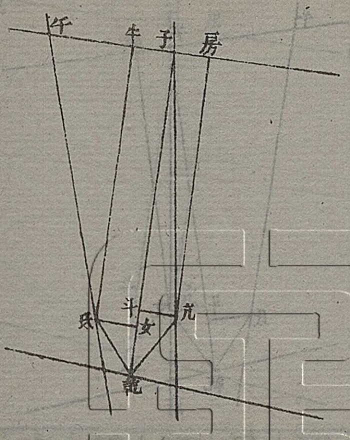
而太陰午點即當日天之氐。故午氐爲設時高下差與乾巳等。乾氐爲設時兩心視相距與巳午等。亦與壬未等。而亢氐亦與子未等。是簡平與渾天本屬一理。但自圓外觀耳。如以圓內仰觀立算。則上爲北。下爲南。東西猶舊。此以白平象限在天



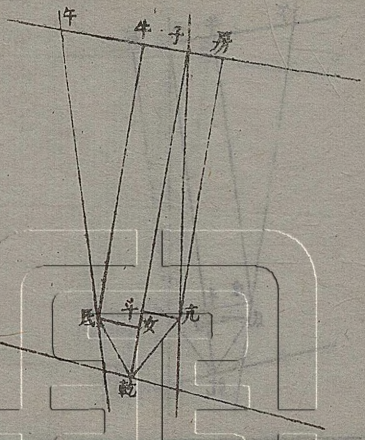
頂南而論。如白平象限在天頂北則上爲南下爲北相反。東西用時日心在乾。月心實高在子。視高在亢子亢爲用時高下差一十八分三十二秒三四。此圖用乾子亢角爲用時白經高弧交角七度三十六分五十二秒五三與子亢房角等子房爲用時東西差二分



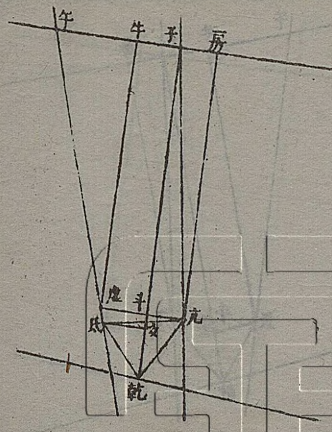
二十七秒五三與亢斗等房亢爲用時南北差一十八分二十三秒五二與子斗等。以子斗與子乾二十三分二十八秒四五相減。餘斗乾五分四秒九三。用乾斗亢勾股形。求得乾亢弦五分三十八秒七四。爲用時兩心視相距。設時日



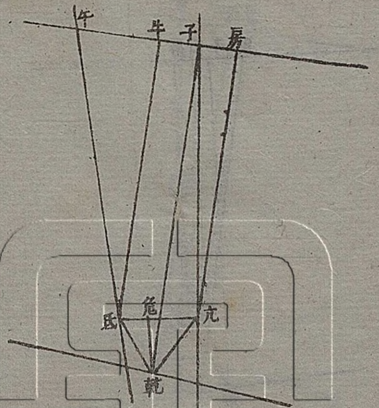
心仍在乾。月心實高在午。視高在氐。午氐為設時高下差二十五秒三五。午氐牛角為設時白經高弧交角一十六度二十六分四十五秒八七。牛午為設時東西差五分四十六秒九一。牛氐為設時南北差一十九分三十五秒



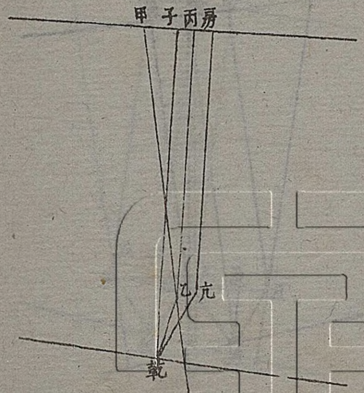
二二與子午女等。以牛午與子午設時實距弧九分六秒相減。餘子牛三分一十九秒○九為設時視距弧與女氐等。以子女與子乾相減。餘女乾三分五十三秒二三。用乾女氐勾股形。求得乾氐弦五分六秒六五。為設時兩心視相距。次



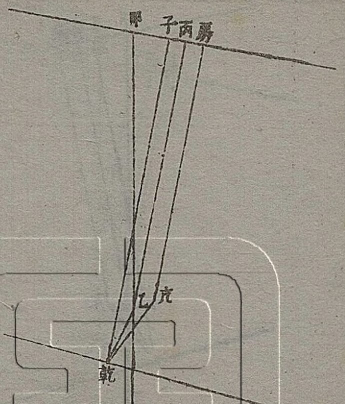
及兩心視相距以女氐設時視距弧與亢斗用時東西差相加。女氐與斗虛等。得亢虛五分四十六秒六二〇爲用設二時視距和。以房亢用時南北差與牛氐設時南北差相減。餘虛氐一分一十一秒七〇。爲用設二時緯差較。用亢氐虛勾股形。求得亢氐弦五



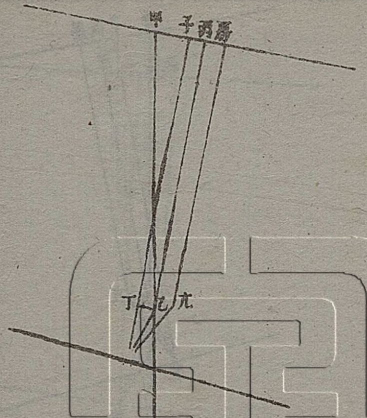
分五十三秒九六。爲設時視行。次用乾亢氐三角形。求中垂線分爲兩勾股法求得亢危分邊三分二十六秒二四。爲眞時視行。乾危垂線四分二十九秒。爲眞時兩心視相距。乾亢乾氐兩腰各自乘相減。以亢氐勾和除之。得勾較。與勾和相加折半。得亢危大勾。勾弦求股得乾危垂線。其數



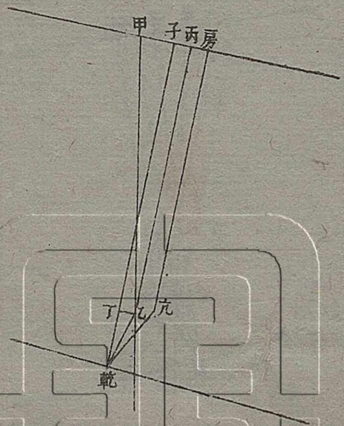
皆與前同。是東西南北差
與實距視距一理也。如用
近時之法算之。先以子房
用時東西差二分二十七
秒五三取子甲之分為近
時實距弧。以一小時兩經
斜距二十七分一十六秒
五六為比例。而得近時距
分五五分二十四秒五二。為

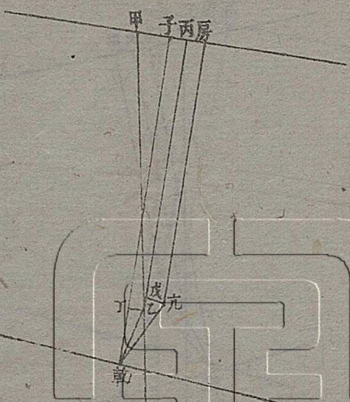


太陰行子甲弧之時分。即近
時距用時之時分。與食甚用時午
正二刻九分五十八秒九
五相加。用時月在白平象
限西。視經度差而
西。近時在用時後。故加。若
月在白平象限東。視經度
差而東。近時在
用時前。則減。得午正三
刻零二十三秒四七。為食
甚近時。即太陰行至甲點
之時刻。惟時太陰實高在

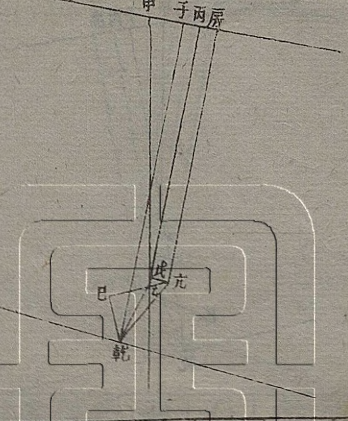


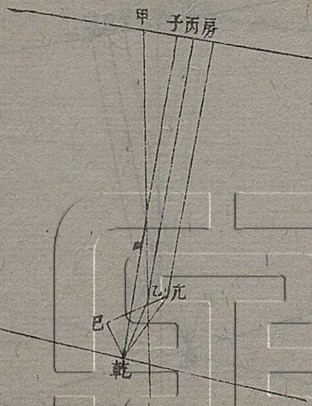
甲視高在乙甲乙爲近時高下差一十九分零百分秒之三十七按法求得甲乙丙角一十度一十二分一秒九二爲近時白經高弧交角甲丙爲近時東西差三分二十一秒九五丙乙爲近時南北差一十八分四十二秒三五與子丁等以子甲近時實距弧與甲丙近時東西差相減餘子丙五十四秒四二爲近時視距弧在實緯西即近時視行距實緯之弧月在白平象限西視經度差而西而東西差大於實距弧故爲緯西若小於實距弧則爲緯東月在限東反是與乙丁等以子丁近時南北差與子乾實緯二十三分二十八秒四四



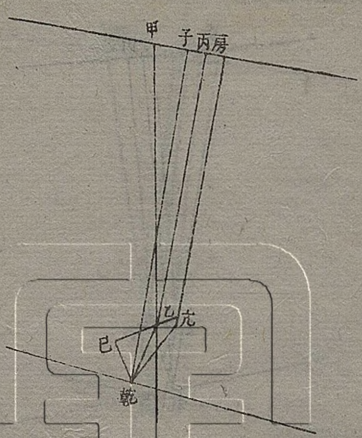


五相減與丁乾四分四十六秒一○用乾丁乙勾股形求得乾乙弦四分五十一秒二三為近時兩心視相距次以子丙近時視距弧與子房用時東西差相減餘丙房一分三十三秒一一與亢戊等為用近二時視距較用時東西差與近時視距弧同在緯西故相減為視距較若一東一西則相加為視距和以房亢用時南北差與丙乙近時南北差相減房亢與丙戊等餘戊乙一十八秒八三為用近二時緯差較用亢戊乙勾股形求得亢乙弦一分三十四秒九九為近時視行卽近時距用時之視行次用乾亢乙三角形求形外

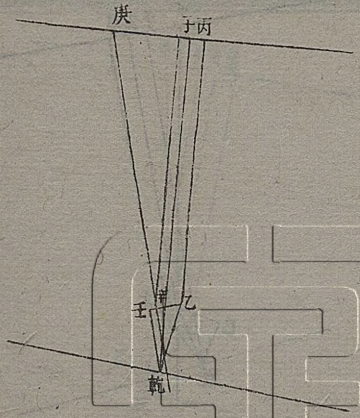




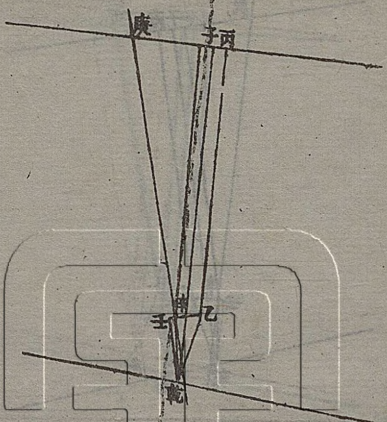
垂線補成兩勾股法求得亢巳分邊三分二十五秒〇三。爲眞時視行。即眞時距用時之視行。以亢乙近時視行與近時距分五分二十四秒五二一之比。同於亢巳眞時視行與眞時距分一十一分四十秒四六之比。即眞時距用時之時分。與食甚用時相加。



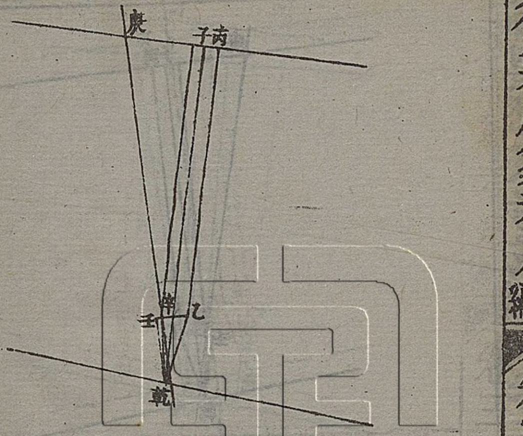
限西故加。限東則減。與近時同。得午正三刻六分三十九秒爲食甚眞時。又求得乾巳垂線四分二十九秒。爲眞時兩心視相距。乾亢乾乙兩腰各自乘相減。以亢乙爲法除之。得數大於亢乙。則所得爲兩勾和。而亢乙爲兩勾較。故知垂線在形外。若除得之數小於除之之數。則所得之數爲兩勾較。而除之之數爲兩勾和。即知垂線在形內。若除得之數與除之之數等。則知



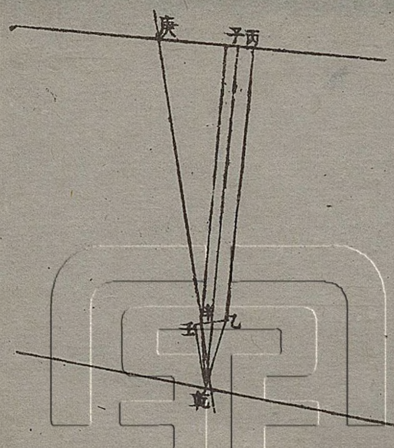
乙丙兩心視相距小腰卽係垂線成直角也。其數與用設時所得同。是用近時與用設時一理也。乃以眞時午正三刻六分三十九秒。按前法求其實高在庚。視高在辛。乾辛兩心視相距果爲四分二十九秒。與前所求垂線合。而辛角猶未爲直角。故又求得乙辛邊一



分五十秒四九爲考眞時視行。乙壬邊五十一秒〇二。爲定眞時視行。乾壬垂線仍爲四分二十九秒。爲定眞時兩心視相距。以乙辛與考眞時距分六分一十五秒五三之比。卽眞時距近時之時分。同於乙壬與定眞時距分六分一十七秒三三二



之比。與近時相加得午正三刻六分四十秒七九。爲進一四十一秒。始爲食甚定眞時焉。蓋食甚時兩心視相距之線。與視行成直角。故前後數秒之間。其相距皆相等。若秒下加小餘細考之。則午正三刻六分四十一秒之時。相距爲四分二十九秒二三八九。其三十九秒之時。則相距猶爲四分二十九秒二三九九。至四十三秒之時。則相距又爲四分二十九秒二三九一。故以四十一秒之時爲相距尤近。然測候之際。至分已密。故推算之法。總以三十秒進一分。秒下之小餘。原



可不計。今考之又考者。第以求其確準耳若用新數而以視行與白道為平行算之則早三分有奇故今推視行之法。尤為精密。至求近時則猶求設時之法也。求視差。則猶求視距之法也。理無殊途。法歸一致庶幾質諸往昔而無疑。用之推步而不忒矣。