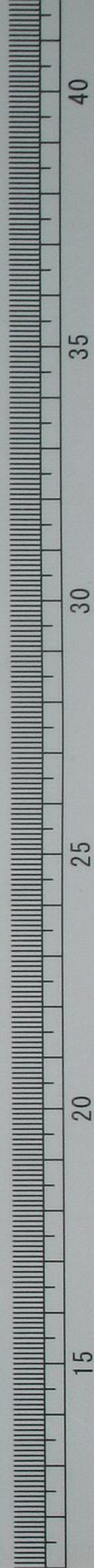


談天

二編
下

1387
6



西二叔5
石 387
卷 6

談天卷十一

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

地理

地理乃天文之一事而實為最要蓋地球為測天之公方位如兩地測星得數不同而生角差即可據之推星之遠近然必先知地面諸方位之不同推之方不誤故此卷詳論測天以定地理之事

地理家所論之大概為洲島海洋山河之形以及地質地氣物產人民諸事地質物產人民無與于天文故不

論今僅論地之形狀及大小地球之面爲海洋爲洲島
洲島之形狀有山谷有原隰而海底與洲島上面相連
其形狀亦當攷之今未能悉知若悉知之實有裨于天
學

地之狀大約近圓球地見論而細測之知非正球乃微扁
狀若橘其南北軸短于赤道徑然所差甚小不過三百
分之一設以木仿此作徑十五寸之球其差不過二十
分寸之一雖目力甚精者亦難辨故恒以球稱之必細
度始知非正球也

爲橢圓人居地面舍二極外所見地面界亦非正圓但
所差甚微目既不能覺深度尺亦不能辨苟不知測地
球大小法則地非正球永不能知也

圓之周徑率爲三一四一五九二六與一之比例故若
地爲正球則測得其大圈爲幾里幾尺即知其徑若干
而但測大圈之一分即可知全周如測一度即知三百
六十度也故若依子午圈細測一度之里數即全周可
知然地面無表亦無準繩指南針不能無小差亦無用
則何以能知度分何以能不離子午圈故法當用地外
之表恒星是也恒星距極度可查故測其高度即知本

地極出地度，乃依子午圈向南或向北，至極出地，差一度，計其所過里數，即三百六十分，地球大圈之一也。用子午儀，則逐秒知子午圈之方向，雖地面有諸阻礙，不能盡依子午圈行，然其差可知，即能算而除去之。用上法量子午圈度分之里數，最簡要，但不能步步築星臺，故二測處相去，不能恰得一度，然此亦無須可任意築星臺，相去或一度，或二三度，或度下帶奇零，俱可測星之高度，須精心細察，不可令有差，蓋在一度為小差，在全周則三百六十倍，在全徑則一百十五倍，即積成大差也，故二測處須取一星近本處天頂者測之，則

蒙氣小，生差甚微，幾若無也。設一處測此星過天頂，一處測此星過子午圈時，距天頂或南一度，或北一度，則知二處地面緯度差一度，一度之二界已知，即有法量其里數，尺數定，地面一度之二界，有微差，必不能大于測星距天頂度之微差，而精心細測，所差不能過半秒。設二處相去五度，而地面每度之差為一丈，用此差并二處之測差各半秒，以推地之全徑，其差僅約二里耳。右測地球大小法，蓋以地為正球，子午圈上每度長短俱相等也，乃如法依子午圈逐度量，其距則其差大于上所言，且逐度不同，故知地非正球。今取各國天文名

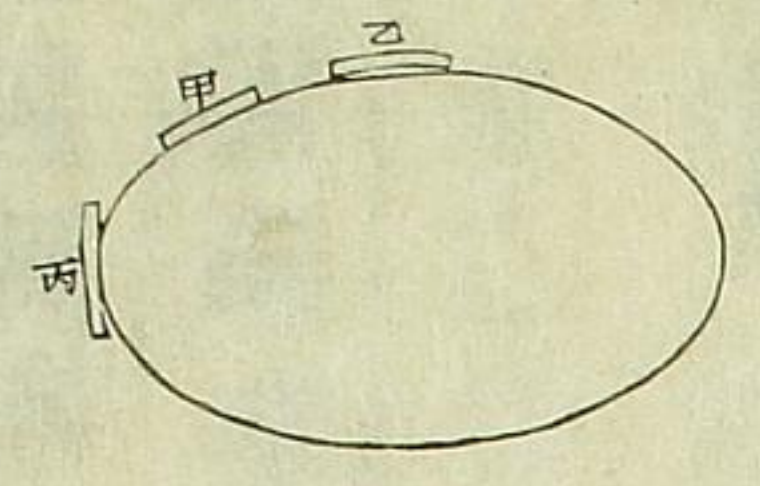
家用最精器測得之數列表于左

國名	弧線中點緯度	弧線之度	弧線之尺	內弧線之尺	數率
瑞顛	一〇	一六六	一三七一	五八四八	三六〇五五〇
瑞顛	三十七	一六六	一三七一	五八四八	三六一八七三
俄羅斯	三十七	一五八	一三五五	二九一一	三六〇一七九
俄羅斯	五十五	一五六	一三二八	二八九五	三六〇一〇三
普魯士	二六	一五四	一三〇二	五四三二	三六〇二三一
璉	三十七	一五四	一三一五	五五一一	三五九九二二
阿諾威	六六	一五二	一〇五七	七二五九	三六〇〇二二
英	四五	一五二	一三五七	一四二二	三五九七八八
英	四	一五二	一三五〇	一〇二一	三五九七六八
法蘭西	二	一四六	一〇三	二九九七	三五九六九〇
法蘭西	二五	一四四	一〇二	四四四四	三五九三九五
羅馬	五九	一四二	九四七	七七六七	三五九〇八九
米利堅	二	一三九	一四七	五三〇四	三五八六二〇
印度	一五	一六	一五七	五七一二	三五七八八八
印度	八	一三	一四	五六六一	三五七八〇二
秘魯	〇四	一	一七	一一五三	三五八四六二
好望角	三〇	一三	一七五	四三九一	三五九五一四
好望角	二〇	一三	一四七	二八三五	三五八八九〇

表中識愛白二字者指愛里白西勒推算之所用或同或異也
測地球弧線諸家表
瑞顛一思凡白二摩伯多
俄羅斯一斯得路佛二敦納
普魯士自西勒倍爾
璉書馬赫
阿諾威高斯
英羅衣迎得
法蘭西一拉該勒葛西尼二特浪勃墨商
羅馬薄思各維
米利堅梅森迭格孫
印度一蘭敦二蘭敦哀佛勒斯
秘魯拉士大民部額
好望角一拉該勒二馬格釐

未行數以前二行數比例而得此法若弧線太大則不甚密觀表中二五兩行知緯度愈大度之尺數亦愈大故近極最大近赤道最小準此推之得地之形狀

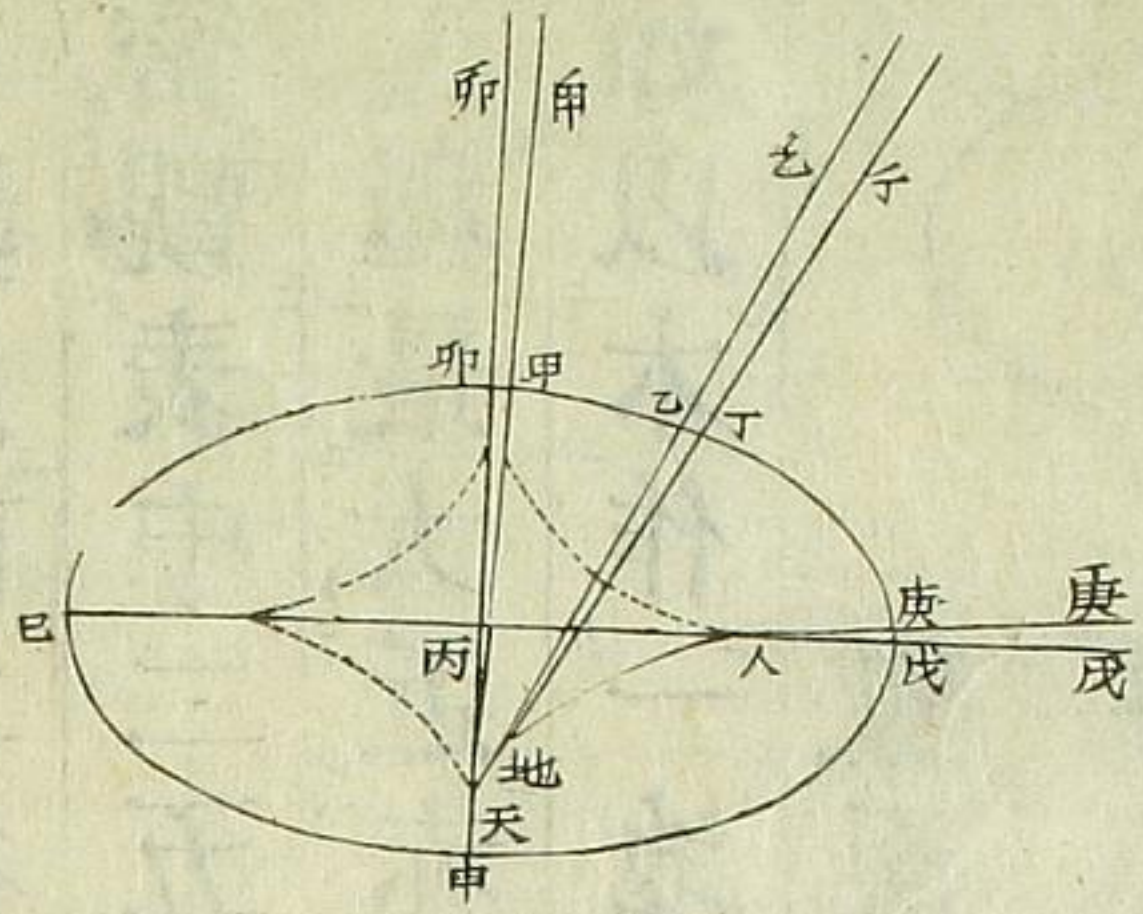
假如以木作一地球象不許以規尺度球之各相對二點而欲知其是正球否則當別用法測之法製一薄銅版其底微凹置于甲密合無縫乃移于球之各處試之若俱密合則為正球設有時其下中空如乙有時兩端空



如丙是乙平于甲丙凸于甲則非正球也木球面以銅板測之猶之地球面逐度測之也蓋曲面逐點之切線

方向俱不同。地若為正球，則向前行所過里數同。地面之切線變方向，其角度亦同。今測地或前後所行二里數同，則所變方向二角度不同。又或前後變方向，其角度同，則二次所行里數不同。故知地球子午圈赤道凸于二極，而地非正球，乃扁橢球也。

如圖，知甲乙丁戊己為依子午圈割地球之面，丙為心。知甲乙丁戊為子午圈內三段，皆容緯一度。即人行子午圈測極高弧各差一度也。卯為極，戊為赤道，卯知申甲



乙乙丁丁庚庚戊戊為知甲乙丁庚戊地面六點之垂線。六點之切線必正交。諸垂線諸垂線引長之，兩兩相交于天地人三點。知天甲乙地丁庚人戊俱為一度之角。故甲卯丁乙戊庚皆可當作平圓一度之弧，其心即天地人。以幾何言之，此三點為曲率之心。天知等于天甲地乙等于地丁人庚等于人戊，皆為曲率半徑。故諸點之曲率可測而知。凡大小正圓，其等角弧之比，若半徑之比。今知申弧長于乙丁弧，乙丁弧長于庚戊弧。故知天半徑大于乙地半徑，乙地半徑大于戊人半徑。故諸垂線之交點不能在圓心丙，而在天地人三點。此三

點同在一曲線內，此曲線爲卯甲乙丁庚戌曲線之母
曲線，乃諸曲率心點之聯線。

凡圓面一徑略短而其正交之徑略長，則爲橢圓。故子
午圈非正圓而微橢，其短徑卯申，即地軸長徑戊己，即
赤道徑。蓋因地球自轉于卯申軸而成此形也。此與從
極至赤道逐度漸大之里數密合。凡橢圓長徑端之曲
率半徑最小，短徑端之曲率半徑最大。準幾何，凡橢圓
可因曲率變之比例而定長短，二徑之比例亦可任取
一處之度，度其長若干而定其，二徑之長若干。今不細
論，但本此攷幾何家用所度緯度之里數推地球二徑。

近有二家，一爲白西勒取十一弧推之一，爲愛里取十
三弧推之，其數如左。

赤道徑四千一百二十五萬二千九百六十一尺，即二
萬二千九百十八里三一。

二極徑四千一百一十一萬五千零八十九尺，即二萬二千
八百四十一里七一。

二徑之較十三萬七千七百八十三尺，即七十六里四
六。

二徑比例率，二百九十九一五，二百九十八一五。
右白西勒推得之數。

赤道徑四千一百二十五萬三千一百九十三尺即二萬二千九百十八里四四

二極徑四千一百一十一萬五千三百七十二尺即二萬二千八百四十一里八七

二徑之較十三萬七千八百二十一尺即七十六里五六

二徑比例率二百九十九三三二二百九十八三三三

右愛里推得之數

前卷約言地球徑二萬一千七百八十里以今測較之實畧小其較爲一千一百三十八里約差二十分之一

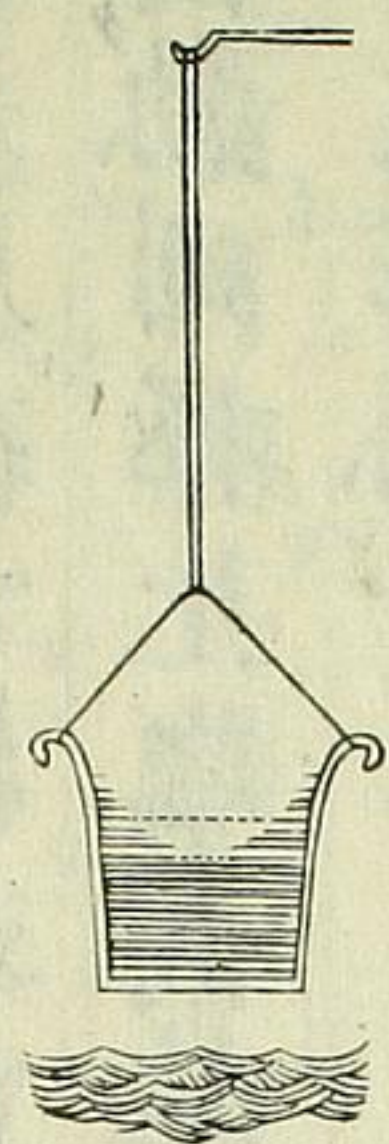
也大畧一度得二百里共二十六萬尺一秒得一千五百尺地赤道之周爲七萬二千里其扁率約三百分赤道徑之一

依軸線割地球意其面必爲橢圓以前所列諸數攷之而信雖間有不合處大于測量之差然較之正球差甚小矣其不合處或因地勢所生或更有他故耳

攷地球自轉所當生之形與測得之數相符故定地爲扁球無可疑議設云地爲正球不動各處之質俱相同統地面之海等深如此輕重相抵定水不流若移二極多質于赤道令極與赤道之徑差七十六里令赤道上

成山與洲然水必流向二極此理易明蓋定質隨所置而定而流質則一若在高山必流向下也如此二極必成大海而赤道為高地以環之乃今赤道與二極皆有海而海面距地心赤道多于二極三十八里未嘗背赤道向極流此必有力攝之若正球不動不當有此力故地球必動此與地形扁圓及地自轉之說俱合其理詳下

凡重物旋行每欲離心名曰離心力試以繩一端繫石手執一端旋舞空中其理自見又試懸桶水于繩旋轉其桶水面必中凹蓋水之諸點皆欲離軸向外行故積



于桶之四邊而漸高至離心力與抵力相等而止若轉漸緩則四邊之水漸降中心之水漸升

而凹漸小其水面恒如玻璃無波至轉定而平故設地為正球靜而不動四周有海其深俱等忽令自轉由緩而速至十二時行一周水之諸點生離心力皆欲離軸勢必四面散飛試于雨中轉其繖繖上之水皆四面散飛此其証也然有重力阻之水恒欲離軸而又不能故常離兩極向赤道成凸勢與趨桶邊之理同焉水恒趨赤道令兩極生夾力而當赤道有地心攝力二力相等

故水之凸勢不變如此二極必有大地而無水故地形若爲扁球而不自轉則水必向二極赤道必有大地若爲正球而轉則水必向赤道二極必有大地海水衝激堤岸漸被消蝕成泥沙石子沉海底察地家攷今所有大洲皆如此蓋陸地被海水蝕盡成泥復積成大洲非一次矣地面陸地無一定之處今所有高地久必壞故地之形狀依等重之理屢變設地球不動則赤道所有大洲必漸壞其質移至二極成正球設地球復動則極上之高地必漸壞其質移至赤道成扁球與今之形同

已知地球大小及自轉時分則離心力亦可知赤道上無論何物其離心力爲向心力二百八十九分之一赤道上之海水必依此而輕故所居之面高于極上極上無離心力海水必依此而重故所居之面低于赤道上幾何家曾準此理推之謂地體若各處等重或有一分水或全體皆水自轉二十四小時一周當成此形算數所得與測驗所得約畧相近故若能明知地中之質則算與測當無絲毫差也

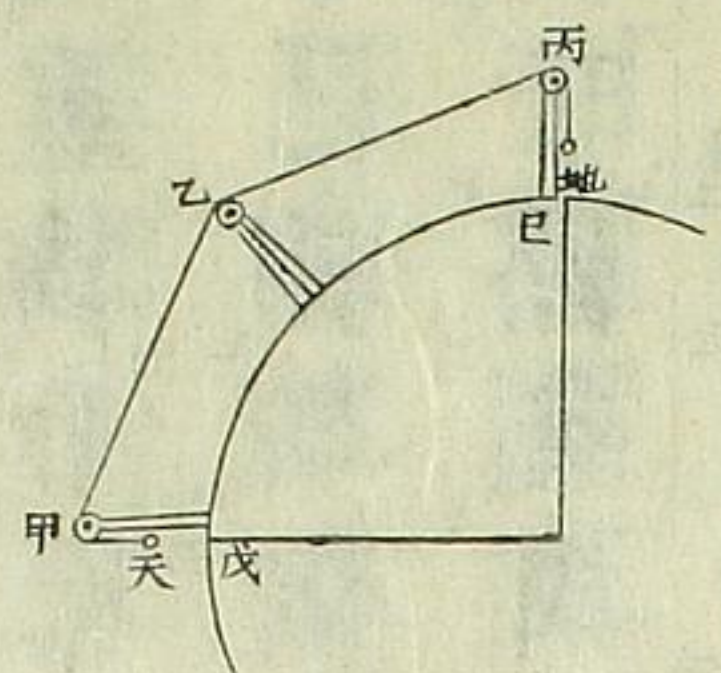
地形扁圓乃地球自轉之明証昔人言地球自轉但用以解每日恒星繞地耳未嘗及此理然已知自轉即可

爲扁球之証，自轉與球扁理相關如此。初奈端用自轉之理，推地之形，謂當爲扁球。時尙未測量也。今既測量，而知奈氏之說果不謬。

離心力必減地面諸物之重力。當赤道上所減最大，漸遠赤道漸小，至二極而無。故凡物南北移置，緯度變，重力亦變。曾于各緯度測其輕重，故能定其級數。物至二極，增重最大，比赤道重一百九十四分之一。從赤道行至極，加重之比，若各地緯度正弦冪之比。

各緯度測物之輕重，不能用天平及秤蓋二器。皆用此重測。彼重彼重變，此重亦變，故不能用也。假如有物在

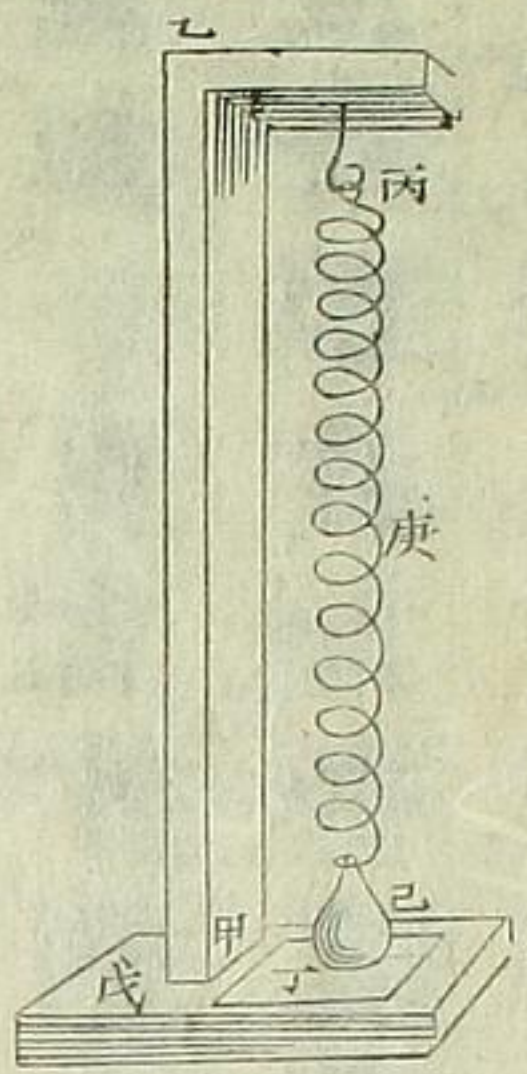
赤道重一百九十四斤，移至極重一百九十五斤。若用天平于赤道平之，移至極加法碼一斤，必偏重，不能平



矣。設有重物懸于赤道，如天，其索過滑車甲，又過滑車乙，至北極過滑車丙，亦懸以重物。如地設此二重，在赤道或在北極，用天平平之，輕重相等。則如圖懸之，必不能相定。地重必向下行，若于天

重加一百九十四分之一，則定矣。

故各緯度測物之輕重，必用別器。一用簧，簧力不隨地面而變也。如圖甲乙丙爲銅曲尺，與底板戊丁連爲一



體板內鑲以光面白瑪瑙如丁置
板用酒準令極平庚爲螺線簧懸
于尺之鈎丙己爲圓體重物底下
須極光先于緯度最大之地懸簧
及重物令己丁相距僅一絲復以微重物遞加于己令
丁己相切而止乃去微重及己重又輕輕去簧裝于匣
內于路須謹慎防護勿令生鏽亦勿動搖至緯度漸小
之地再懸簧懸己重并前所加諸微重必不能復切瑪
瑙再遞加微重令復切瑪瑙而止則後加微重爲己重
前所加微重半簧三重和二地重力之較設螺線簧之

力連本體能懸一萬分伸縮一寸不壞則加一分重能
加長一萬分寸之一其數易測故不論何處測其重力
其差不能過一萬分寸之一此靜重學之理也

一用鐘擺凡同一鐘擺用大小二力擺動之則同時分
中擺動之次數不同置于緯度大小二地擺動之亦然
因重力有大小也其二力之比若二次數平方之比假
如用一擺置赤道上太陽平日擺動八萬六千四百
次移置倫敦擺動八萬六千五百三十五次則赤道與
倫敦二處重力之比若八萬六千四百自乘數與八萬
六千五百三十五自乘數之比約之若一與一〇〇三

一五之比故倫敦有體質十萬斤與赤道上體質十萬
零三百十五斤二重力相等此動重學之理也

各緯度用上法細測知赤道與二極重力較數爲一百
九十四分之一此與赤道離心力數二百八十九分之
一不合二數之較爲重力五百九十分之一蓋地球自
轉生離心力離心力令地成扁球扁球變地面之攝力
而生此較數攝力雖一而分爲二一直加一得應而加
直加易推傳加須用幾何精理解之別有專書今略言
其理凡物不論離心力但論其重即地之攝力奈端論
攝力云諸質點非共向一心乃各點爲餘諸點所攝故

地攝地面之物非用一力而用地球中各點所生之諸
力也若地爲正球則物不論在地面何處所得攝力皆
等因所有諸質點之方向皆相似故也今地爲扁球則
地面各點所有諸質點之方向各不相似則所得攝力
亦各不同故設有二等體一在赤道一在極則二體與
扁球相關之理大不同球攝此二體其力亦不同測而
推其數與說合此乃數學中理之最深者奈端麥祿林
格來老諸家俱詳推之從赤道至北極若無離心力當
加重五百九十分之一依其數再加離心力則爲一百
九十四分之一

地面有恒風爲航海者所必需西人名之曰貿易風此風之生其故有二一地面赤緯度不同受太陽之熱氣亦不同二流質之公理熱則漲大而輕冷則縮小而重準此二故合地球東西自轉即能明此風之理蓋二至圈中間之地太陽恒正照故地面恒熱于他處傳入氣中氣得熱則漲大輕而上升二至圈外南北之冷氣重輒來補之已升之氣高出氣面即分流向二極漸遠赤道漸冷漸降以補前氣向赤道之空如此上下循環流轉不息地球自轉當赤道之地面最速漸遠赤道漸遲各緯度地面之速率比若各距等圈比當無風時非氣停也乃隨地而轉似氣不動耳近極之氣行至赤道其向東本速遲于近赤道之地面必一若風逆行自東而西故地球若不自轉則赤道北恒北風其南恒南風今因自轉故北恒東北風南恒東南風也二至圈外之氣若忽移至赤道兩地之速率不同必激成颶風然恒徐徐行沿路爲地面所攝速率漸增若畧停不行則速率驟增必與所停之地面同速蓋包地之氣甚薄其積較地球積約僅一億分之一故地面攝之東行甚易也近赤道距等圈大小之差甚微故風西行之方向漸消至赤道而消盡而南北二風相遇若無他故其方向亦必

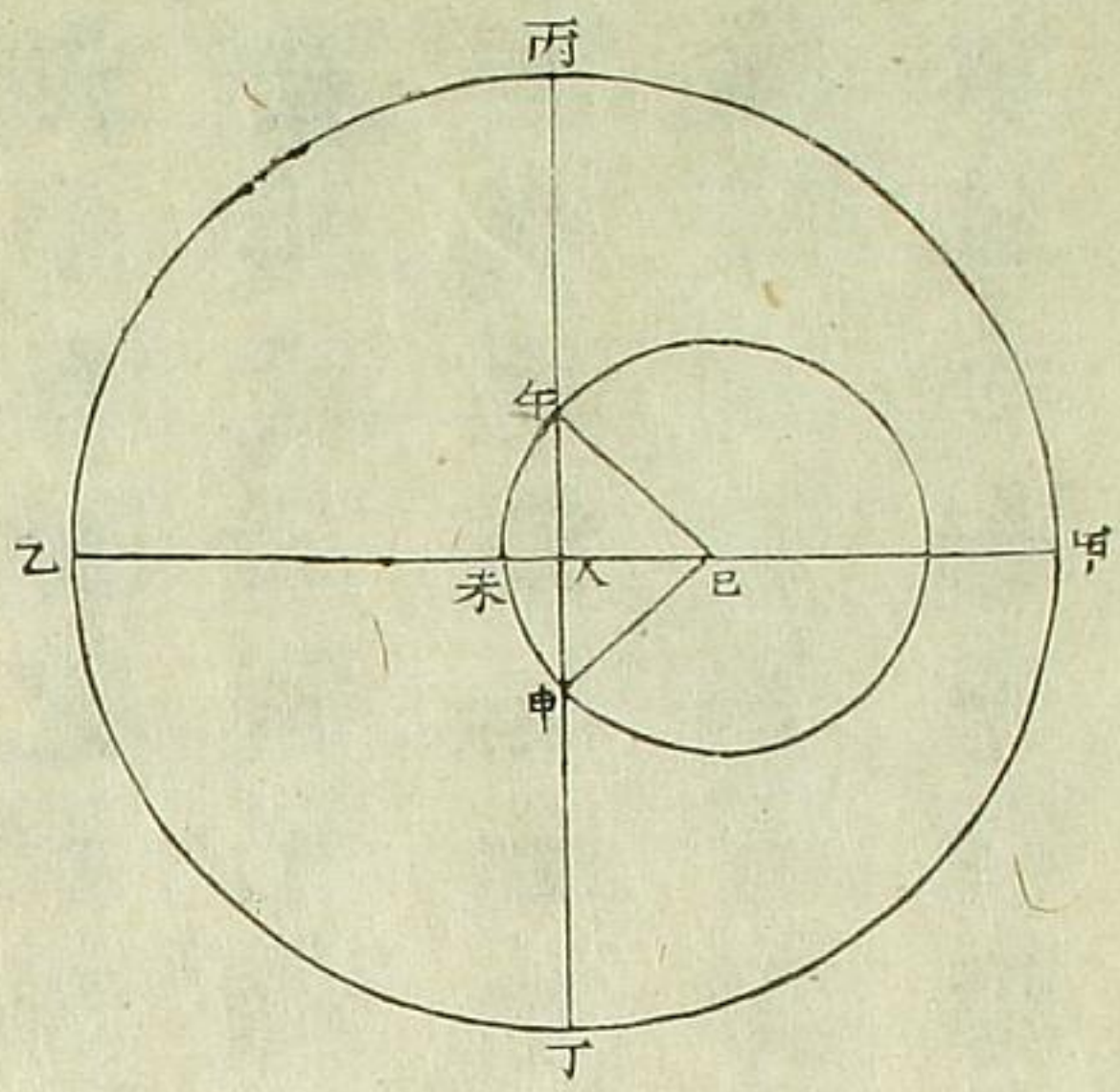
互相消盡故赤道上應無風左右有二大帶在北者恒
東北風在南者恒東南風驗之悉合

或問曰此二大帶之風恒與地面逆行則必磨地面而
令地轉漸遲以至於停今地轉不變何也曰赤道上而
之氣流向二極其向東速于各緯度地面故降至地面
在北爲西南風在南爲西北風則必磨地面令地轉漸
速與前恰相消故地轉不變溫帶中多西風西南風大
西洋之北恒有西風皆其証也

欲作地球或地圖當詳攷陸海之界限大洲群島之位
置山脈河流之方向城郭部落之形勢而尤當知各處
之經緯度知緯度則知各處之距極與赤道知經度則
知各處所居之午線

定球上每處之位置其緯度乃本處午線上距赤道之
度分亦即極出地之度分然地爲扁球故緯度不過用
以測量與地之形像不合作地圖無論全體或一段當
知緯度之較同里數未必同也

用三角法測地面之形狀先當細定各地之緯度舊法
用天頂尺測過子午圈時近天頂之星其星之赤緯可
檢表而知故名測量之基星近法用一器略如子午儀
而鏡之轉面不與子午圈合而與外西圈合如圖甲丙



乙丁為地平上天空半球巳為極人為天頂甲乙為子午圈丙丁為卯酉圈午未申為星一日之道過子午圈時星在未距極巳未略大于天頂距極度巳人星過卯酉圈在午申二點若器極準則恰當遠鏡中間之界線

上詳前卷子二次至界線中間之時分即過午未申度之時分故知時分即知極上午巳申角即午未申弧也巳知午巳申角或午巳未半角及星距極巳午用午

人已正弧三角推之可得天頂距極度巳人即本地餘緯也此法之妙有三緯度之弧不須測可免察度細分之差一也午未申弧較其矢未人甚大未人即本地天頂與星二緯度之較是測大而知小故午未申即有大差未人之差必甚小二也此器測天有器差可不論反鏡測之即相消三也

定各地之緯度易定各地之經度難假如二地同在一子午圈內則所見各星道交地面之角與地面割星道所分上下二分及高度兩地俱不同若二地同在一距等圈內則所見各星道交地面之角與地面割星道所

分上下二分及高度兩地俱同故曰定緯度易定經度
難也然二地緯度同同時測天所見半天球必不能相
同假如二地同在赤道上相去一象限同時中在東之
地見一星在天頂則在西之地必見此星初出地平歷
六小時方至天頂也故若能知此地星過子午圈與彼
地星過子午圈二時之較即知二地之經度較假如星
過甲地子午圈後歷一小時過乙地子午圈一小時當
弧線十五度即知乙地在甲地西十五度也

欲明測定經度法當先知統地球之公時及各地之星
時取黃道之一點爲時之元點推日平行距元點若干
度分得若干日時名分點時乃地球之公時也春分在
子午圈爲○刻○分○秒乃各地之星時也西國有恆
星鐘表春分在子午圈爲針之始各星距分點俱有一
定度分歷家時測大星以攷恆星鐘表有微差即改之
故各地之恆星時無纖毫差也設有二人于甲乙二地
各測大星以正恆星表令二分至子午圈時表針正指
○刻○分○秒乃取二表並置一處視其二時之較即
星自甲子午圈至乙子午圈之時分化爲度分即兩地
經度較也

鐘表有擺遷移震動必生差而海船所用之度時表獨

不生差故莫如以度時表與甲地恒星表較其時携至乙地復與乙地恒星表較其時即得二恒星表之時較測經度之法無妙于此者

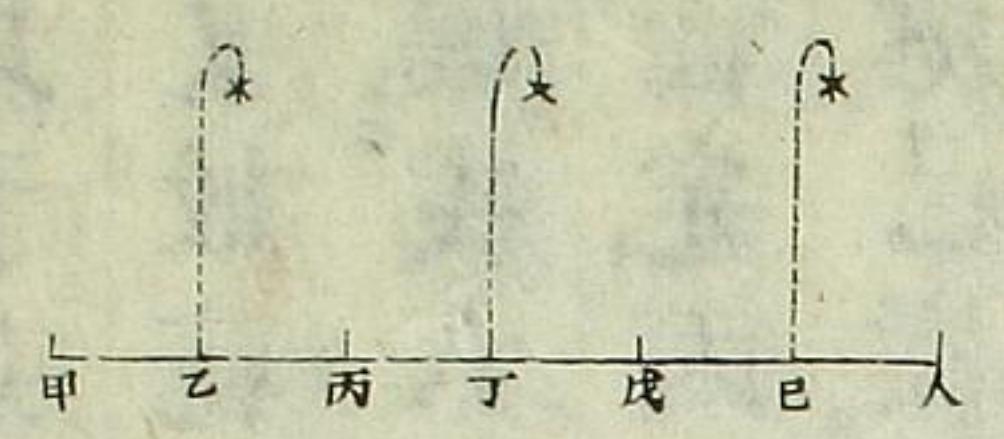
假如在甲地分點至子午圈時令度時表針指○刻○分○秒西行歷二十四恒星小時過十五度至乙則度時表之針仍行至○時而分點仍在甲地子午圈上必再歷一小時方至乙地子午圈然表之針已不指○時而指一時矣是度時表之時必先天也若東行則必後天

設人向西行繞地一周復至本處則計月日必少一日如至日實初二必誤爲初一也蓋所謂晝夜者因日出入而生實則因地球自轉而生也地自轉人隨之而轉歷明暗二界而成一晝夜轉若干周即有若干晝夜若人繞地一周與地自轉方向同則較地必多轉一周與地自轉方向逆則較地必少轉一周多轉一周必多一日少轉一周必少一日又方向與地轉同所得晝夜必短于真晝夜與地轉逆所得晝夜必長于真晝夜所以二地同在一子午圈上緯度遠者其曆書或差一日蓋其民古時一自東而來一自西而來二地之民偶相會見始知也若統地面用黃道時即無此差矣

度時表雖極精然遠行日久或偶有差不能知則亦未足憑或用數表比勘可合差略小然費太費且亦不能消盡故測定經度用通標更妙于度時表何謂通標甲乙二地俱建星臺可互相望見各以法測定本處之時正其鐘表甲地驗鐘表至某時即發標以報乙地乙地即驗鐘表察二地之時差即知二地之經度較如甲地之針指恒星時五小時乙地之針指恒星時五小時四分則兩地之時較為四分化為度分得一度即兩地之經度較或累次測時連發標以相比勘則鐘表之差可消盡更妙也標或用花爆當憑地勢而異令彼此可望

見海面距四百三四十里放花爆能見有山之地以飄貯火藥發于山頂望見之地更遠有時火光上照雲則望見之地更遠今用電氣通標無論遠近俱能比勘鐘表之時則更精矣合眾國紐約克華盛頓非拉鐵非三地星臺曾用此法攷定經度

無電氣通標之處兩地中間另取一地發標令兩地皆見之或兩地中間取相連數地相間發標則兩地相去任何遠任有何阻隔俱能比勘鐘表時亦妙法也如圖甲人為最遠二地中間取乙丙丁戊己五地



乙地于某時放花爆甲丙二地各驗度時表丁地于某時又放花爆丙戊二地各驗度時表己地于某時又放花爆戊人二地各驗度時表則甲丙二地之時差望乙標而定丙戊二地之時差望丁標而定戊人二地之時差望己標而定并三時差即得甲人二地之時差乙丁己三地以次發標每次遲早相去不及一刻表差不大又累次連發則得數之差可消去

用奔星代發標最妙奔星自發至隱歷時無幾二地雖極遠可同見立秋後二二兩夜立冬後五六兩夜奔星最多二地可預期約同測之

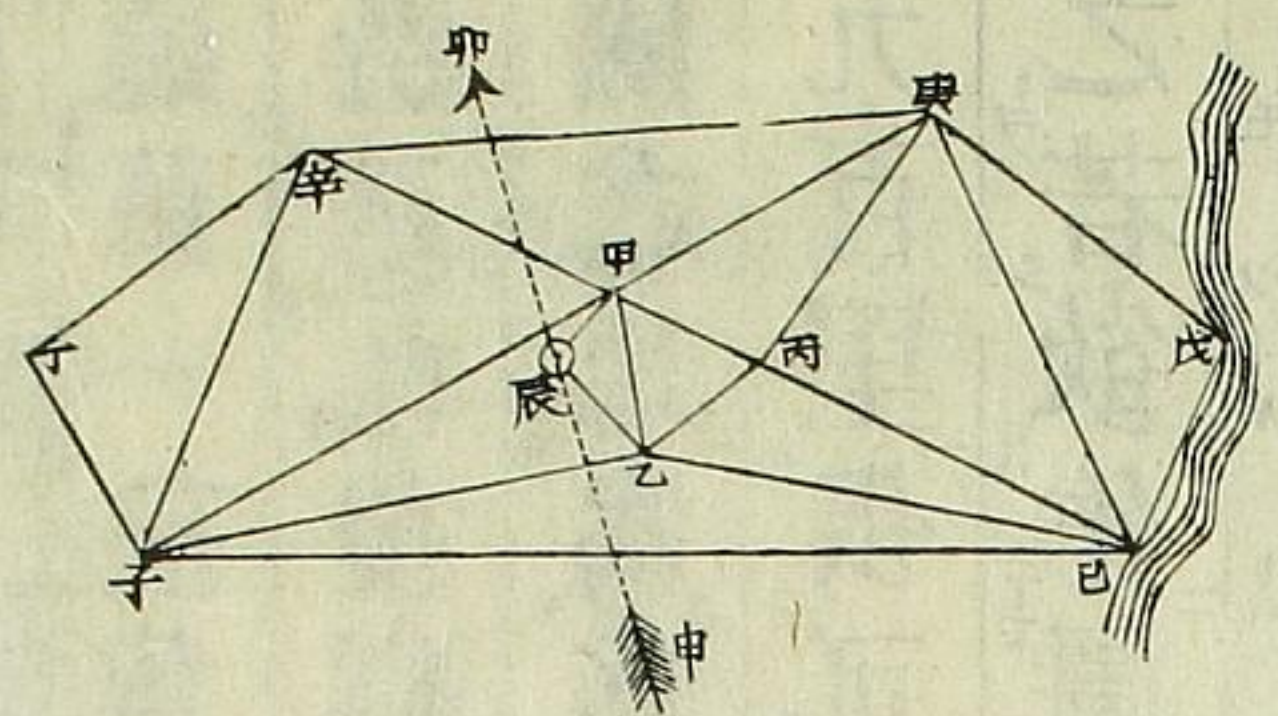
指南針有時忽自動偏而復正數萬里內皆同時而動或紘地球皆同亦未可知今諸國常觀針候之若果同用以測經度差法無妙于此者

木星月蝕半地球同見之乃自然之標也此事臺官已預推得一定之時故不必多地多人但一人于一地測之即能知本地之經度也然此法非最密又海船搖盪測亦不便

測月離亦可以定各地經度月之動法甚繁今不細論略以其理淺言之譬如有時表其針恆指京師之時則無論何處已測知本地之時與此表之時相較即可知

本地經度又設此表面其周記分秒之刻識非勻分且表針之軸又不在中心而針之轉又非平速則欲知表之時當先知三事一表周時分當先測定造立成以記之二針軸距中心若干三表內之巧機以定逐時速率知何時何分當轉若干度知此三事方能知此表所指之時夫天空界時表之面也諸恆星表面分秒之刻識也月表之針也月繞橈員之中心是針軸不在中心也月行有遲速是針不以平速轉也月行之差甚繁其根之理極深妙即表中之機巧也月一月約行一周行時或掩星或出二星之間不論何時可用紀限儀測之如用規尺量表面之針也又月甚近地星甚遠地人在地面見月行于星中之道各處不同所謂里差當以地心所見月道為準各地須推其差角而加減之此譬針不貼表面相離甚遠人立于旁側視則見針所指必生大差須知己目視線之方向而推正之方得真時也有表如此用之甚難然憑此表能知至難知之事則實爲至寶當殫心竭力以攷察上所言諸事矣猶之月離可憑之定經度故不憚詳攷其行法列爲表細載某月某日某時某分某秒月離何處經緯度各若干又詳考各處月道之里差以近月道諸星距月各地之角差列爲表

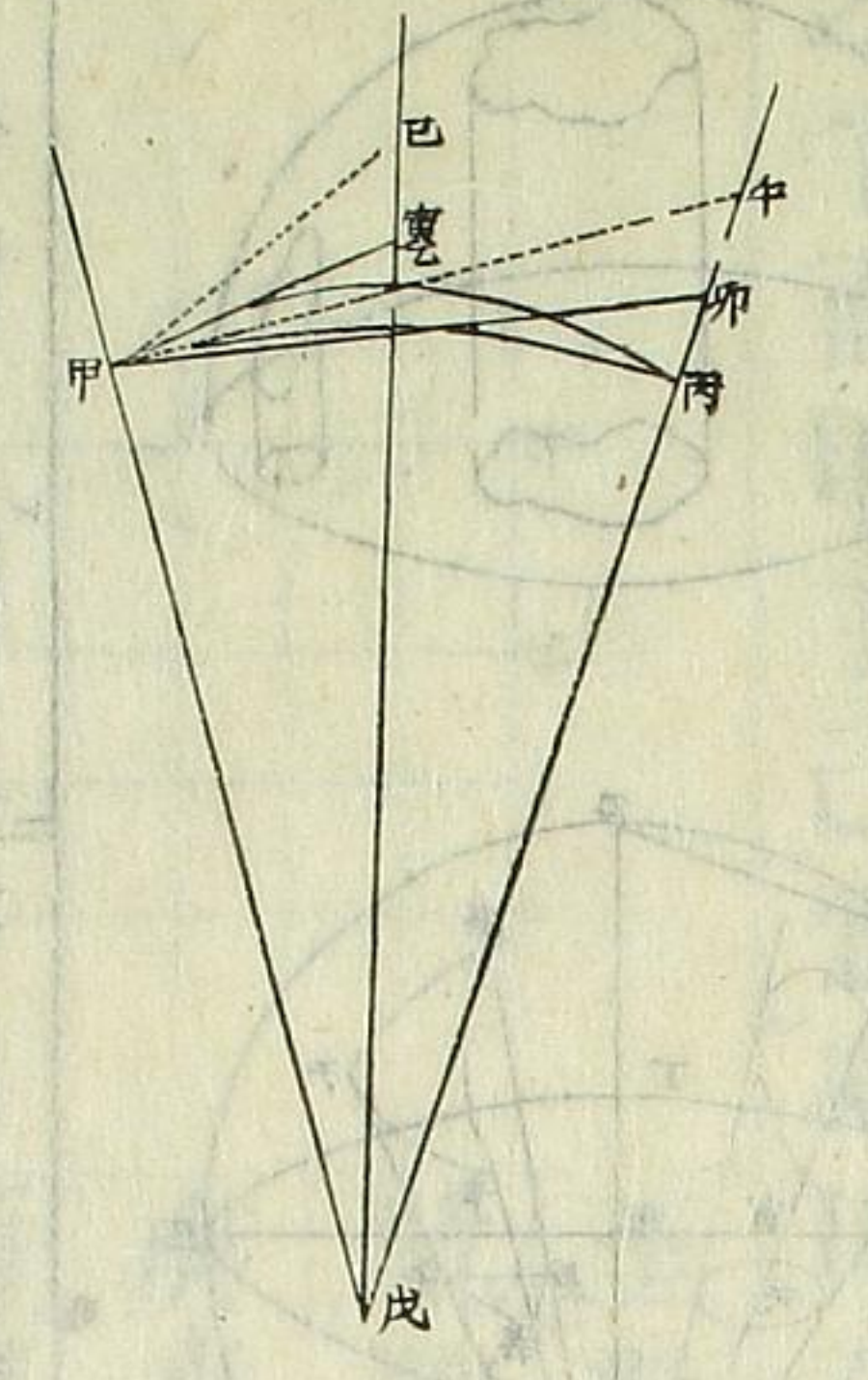
從此無論或居陸地或在海中但測月距表中諸星之度又知本處之時則知各處星臺距本地之經度準上諸法則一切要地之經緯度可定中間之地可細測量以作圖今量地之法最便捷法分大地面為諸三角形令諸角俱可彼此相望用地平尺測其角先用法測定一邊為三角底底約以六十里為率不可太長底之二端為測量處須擇極平之地用金版鑲于大平石內而精測其底長既確準乃各作點于金版上次測其底交午線之角度次測二端之經緯度依此連作三角形如圖甲乙為底辰丙為地面二點甲乙俱能望見之



辰點最近底有星臺便測也丁戊己庚辛子為地面附近各點已測定甲乙丙三角形之底甲乙及其三角則甲丙乙丙二邊亦可知復以二邊為甲丙庚乙丙己二三角形之二底各測定其角則二形之餘邊甲庚丙庚丙己乙己皆可知復以丙庚丙己為庚丙己三角形之二邊測定庚丙己角則餘邊庚己亦可知餘仿此可推無數三角形以作一國或一洲全地圖

右法有二要須知一當擇地令三角略相等如子乙己形從乙子二點測定己點大不便因己角太銳故測子角之度若小差則乙己線上之己點必大差所以三角若大不等不適于用也能免此病則測與量無大異故愈遠第一三角形可愈用大邊為底如庚己庚辛辛子三邊是也後測所得地面漸大于初測所得地面則分一國之地為諸三角形亦不甚繁大約其邊自三百里至九百里俱可諸大邊已測定可更分為諸小形而細測之若欲作圖極細可分至最小形令一人可測則作圖最密矣二諸三角形非平面皆弧三角也小形之邊

四十五至六十里不甚覺若大形不能作平算也如圖

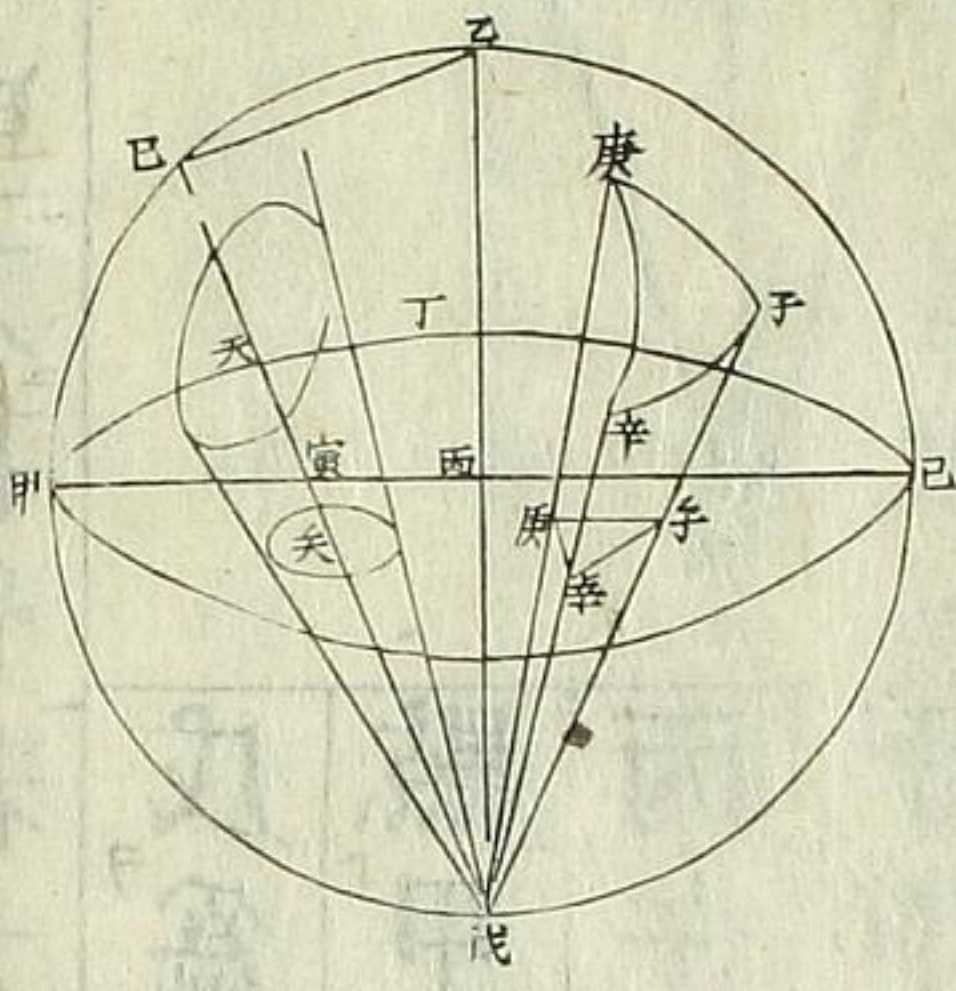
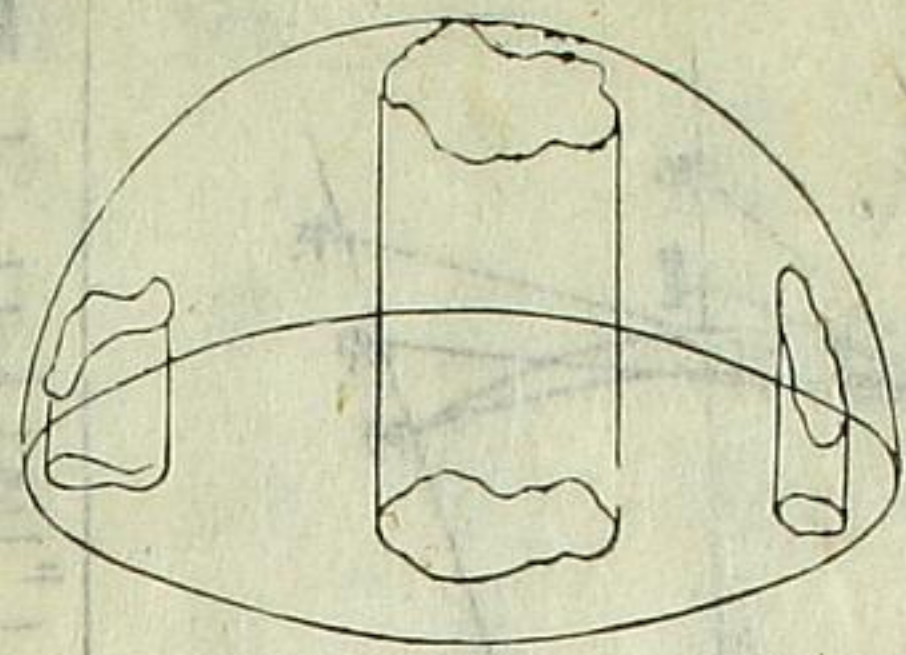


戊為地心甲乙丙為球面三點甲巳午為戊甲戊乙巳戊丙午引長三半徑之三點若于甲點置地平尺極正無差則地平環之軸必指戊而其

面與甲點之切線合割戊乙巳戊丙午二半徑引長線于寅知二點轉遠鏡先對巳後對午視地平環上之度不得巳甲午角而得地平經寅甲卯角即弧三角形之乙甲丙角故凡測地面所得三角之和必大于一百八

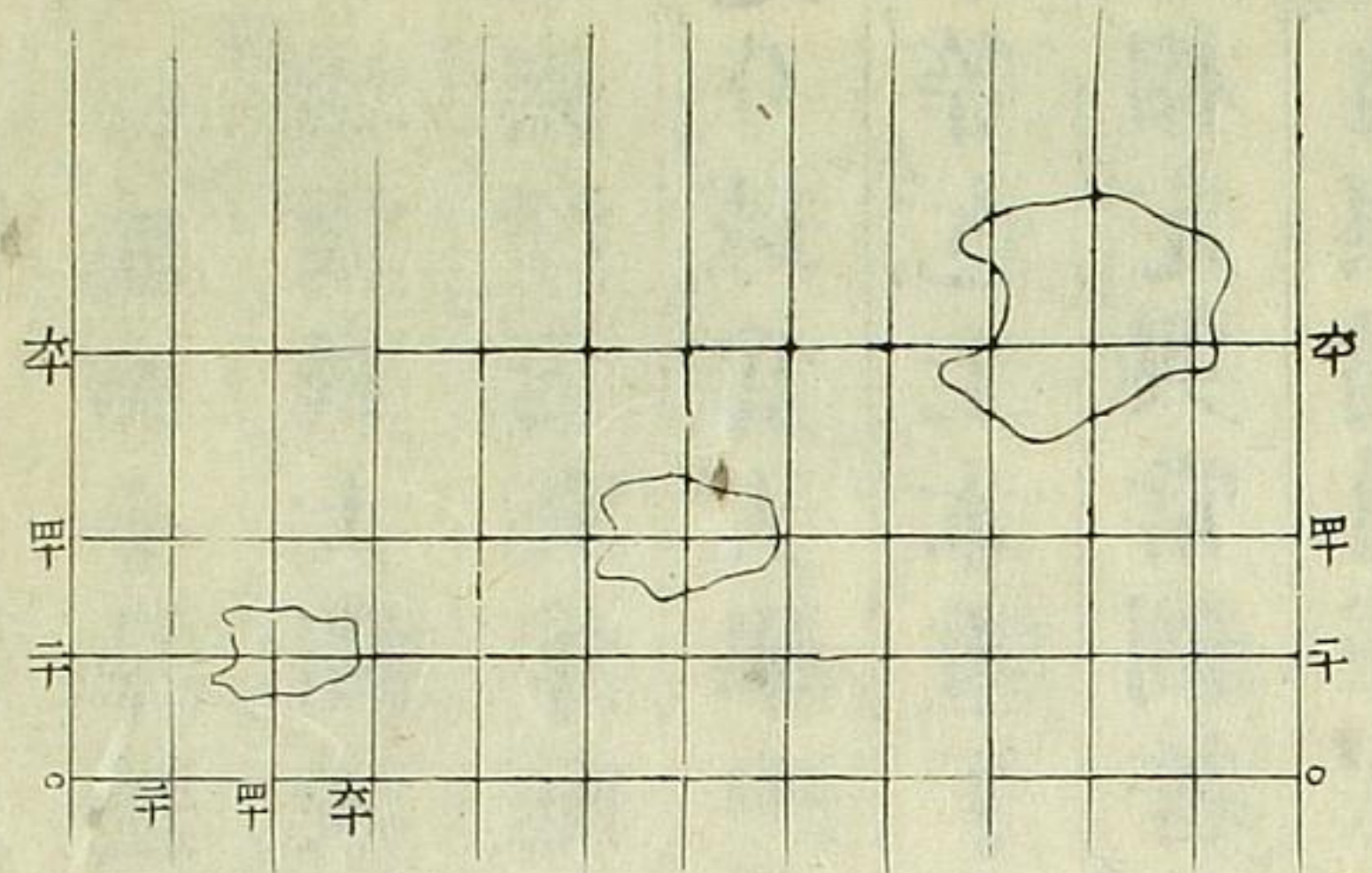
十度若平三角則止一百八十度不當有餘度也此地
形為球之証地面高卑不一各處以海面為準

作地圖乃于平面畫球面悉依視法有處當大有處當
小與地面之真大小比例俱不合作圖有二法一曰簡
平儀法如圖以球腰之平面為準于半球面各點作線



正交此平面憑之作圖
此如遠見球之半近中
心則與真形合漸近地
則漸變狹而不合故此
法可作地面小分圖若

作大分圖不甚妙也二曰渾蓋通憲法如圖亦以球腰
之平面甲丁己為準甲乙己半球面之物各點俱作線

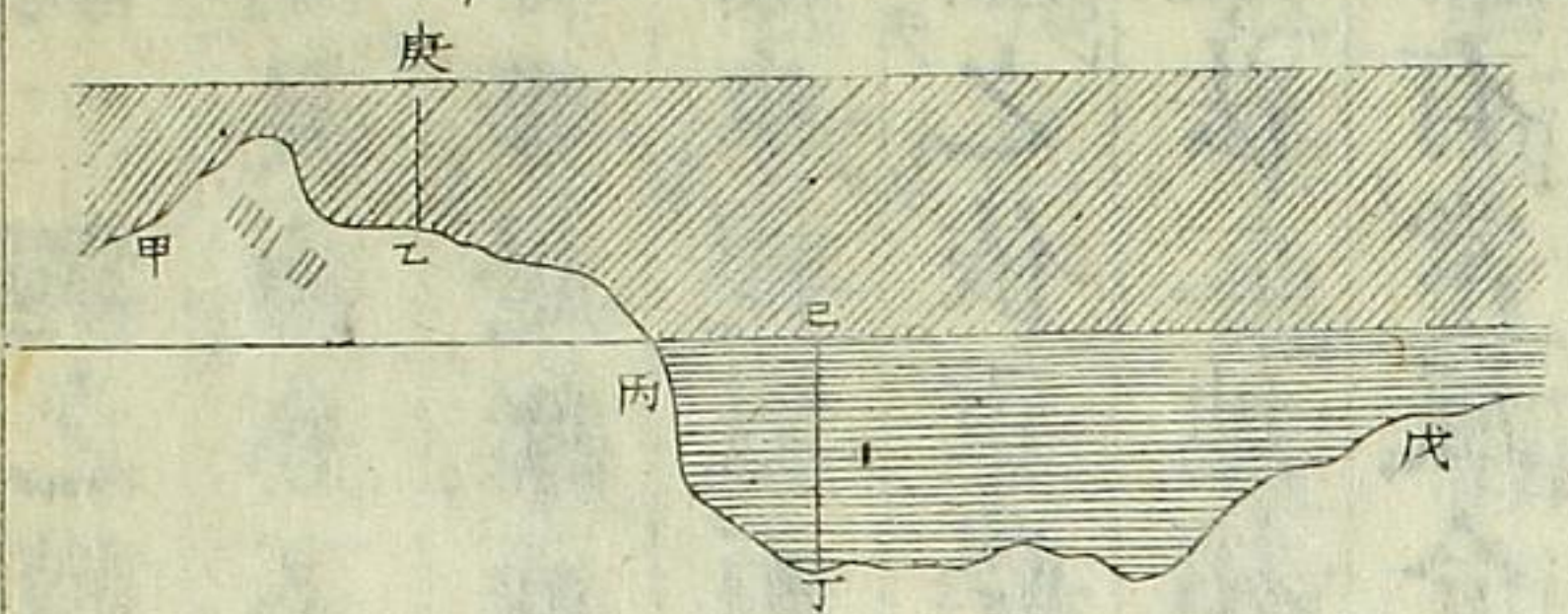


至對半球之中點戊取過平面諸
點憑之作圖如庚辛子三角形為
庚辛子三角形天員面為夫員面
而甲乙己半圓線為甲丙己直線
此法如人日在戊點窺半球之凹
面球面之形在平面俱略相似無
大差勝于簡平儀法三曰墨加禱
名人法乃以意造之以赤道為直線

諸經線正交赤道皆爲直線經緯度大小俱同此法亦可作地面小分圖而太分不合愈近極愈不合也

于球面畫大洲及海可平分全地球爲二諸大洲在半球諸洋面在半球英京倫敦約居諸大洲半球之中如是分球爲天學中要事蓋準此知地兩半球之質輕重不等也土本重于水則大洲半球當重于洋面半球今仍相定與常例若不合然此必別有理須深思之後卷論地與橢員球應得之輕重不合可與此事互相證明欲詳知地球土面當細測陸地各處高于海面若干海底各處低于海面若干海底之深淺于海船沉錘測之

陸地之高卑用三角法測之或用風雨針測之視水銀升降即知氣厚薄此與沉錘之理同蓋一用實繩測海底距海面若干一用虛繩測地面距氣面若干也假使



地球四周非氣包之而有油包之如甲乙丙丁戊爲積土甲乙丙一段出水面成洲島丙丁戊一段在水下爲海底己丙爲水面庚爲油面設欲測海底任一點丁之深淺法于己沉錘至丁量其繩即知距海面若干也設欲測陸地乙點之高卑則用繩繫一物上浮油面如庚復于丙點上浮一

物二繩之較，即乙距海面也。今地外所包者，爲氣無從測其面，亦不能浮物。然凡兩地距海面等，則氣之輕重亦等，是無面而有面之理。設任取地面一點乙，欲知其高卑，視風雨針水銀高若干，則知乙之上面有若干氣壓之，依重學之理，即知乙距海面若干高也。

上法二地相去不甚遠，則可用之。若太遠，則不合。蓋地面有常風，令氣層不平，與地之高卑相似。故有地水銀高于常度，而南北海水銀低于常度一寸，蓋各處氣俱輕，故此處獨重也。

既測定各地高卑，分爲數層，各作虛線，聯之以海難爲最下一層，最高山頂爲最上一層，設海盡包陸地，極高山頂亦在水中，則于水面用垂線測之，最高山頂爲最短之線，最深壑底爲最長之線，是原陸山嶺爲水淺諸層，而江湖川瀆爲水深諸層也。

近察地家言，各大洲若平其山谷，改爲大平原，則亞西亞高于海面一千一百二十一尺，歐羅巴高于海面六百六十一尺，北亞墨利加七百三十七尺，南亞墨利加一千一百三十五尺。

談天卷十一終
男 福田半 校

談天卷十二

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

天圖

測定天空諸曜相距之方向并遠近作圖或球顯
其象作表詳其度分較作地球圖表尤易

天空諸星俱可取為本點而用三角形求他星相距之
度與地面之理同推蒙氣差求得真度方可著于圖表
又與地面之山嶺城郭同而安坐一處可盡測半球則
較測地面更易也又有簡法因地球自轉測各星過本

地子午圈而準赤道推其經緯度即能一一一定某星在天球某點甚密也蓋天球每一點之經緯度與地球每一處之經緯度理無異知星之經緯度能定其星于天球面猶之知某城之經緯度即能定其城于地球面也而用子午圈測星較弧三角法其便有四各星至于子午圈高弧最大蒙氣最輕一也測器爲子午儀子午環器差最微二也無論角之銳鈍俱甚便三也用此法測得之數即可著于表不似三角法須推算四也故今天文家恒用此法

家恒用此法

欲知星之經度

但用子午儀測其過子午圈驗恒星鐘

表之時刻即得地面可任取一處爲經度所起則作天圖亦可任取一星爲原點不必從春分起也準原點以測時角有時之較即知他星之經度測諸較有微差當正之方得真經度法詳後

欲知星之緯度有二法一用墻環或子午環測星過子午圈時之高弧準本地緯度即知星之緯度一用墻環測星之距極數見卷十與九十度相減即星之緯度去其蒙氣差方得真緯度既得諸曜之經緯度即可作圖與球

天空諸曜有時時變其處者月之變最速其次爲日其

次爲諸行星而恒星則相與之方位恒不變然詳攷歷代測望簿亦有數星小變其處是謂恒星之自動然其動甚遲作不動論亦可故諸曜分爲二類恒星類不變日月行星彗星皆歸行星類時時變作天圖者于圖或球識天空諸曜之處又識天球之極爲天之不動處即地軸諸平行線之合點又識二分點及赤道之處極點分點及赤道爲虛點虛圈非有星顯之也地軸變則亦隨之變憑之測最便故作球與圖恒識之最妙者造同心大小數天球最外者識諸心于上餘識便測望之諸點與圈當知此諸球任相磨而轉因地軸或他故緩緩變則此諸點及圈與歷代所測之星簿皆合而星之小變不足異其故可攷矣

天空中人人能知者爲天河天河約略成天空大圈一帶中分爲二道後復合爲一自古至今其形狀不變近代用遠鏡測之見爲無數小星相聚而成

黃道十二宮之星爲日月諸行星之所經故當論列之設欲于諸星中測日月與諸行星之道當屢測各曜與諸星相近之度作線聯之即成本星道一似航海者日作海中所行之路圖也日道爲球上一大圈即黃道也與赤道相交于二點即春秋分點其交角爲二十三度

二十八分，太陽自南向北之點，爲春分，自北向南之點，爲秋分也。諸行星之道，亦周于天球，但不若日道之爲大圈，而成螺線之一種。又易其處，即易其速率，與日同者，惟皆自西而東也。諸行星道恒在黃道兩邊，最遠不過八九度。此火木二道間有小星，不論其體甚微，故不論。又恒變，自古至今，黃道相近一帶中，各點俱曾經過，故其道不能著于圖。行星之動法最繁，因我所居之地亦動故也。設居日面觀諸行星，則不若是之繁矣。蓋居日面觀諸行星動，與居地面觀日動無異也。是以測日躔爲最要，其益非一事而已也。攷定其行法，準之即可攷諸星之行法。

黃道爲日之視道，見日行黃道一周，爲一歲。歲實三百六十五日六小時九分九秒六。此太陽時之數。若恒星時，則爲三百六十六日六小時九分九秒六。二時之異，蓋由每日見太陽與星皆向西行，而一年見太陽于黃道，則向東行，即如太陽西行遲于諸星，每日約一度。歷一年，則見太陽繞地較諸星少一周，而太陽時較恒星時少一日也。故恒星時與太陽時之比，若一〇〇二七三七九一與一之比。以此二數測時，猶之以二國之尺度物，既有定率，則便于用也。

攷古今測望簿，知黃道有小變，其故詳後卷，但其變甚

緩若數百年中作不變論可也

黃道之二極為球上相對二點距黃道四面俱九十度

黃赤二極相距如黃赤交角亦二十三度二十八分名

曰黃斜度如圖巳巳為南北二極

凡單言極皆指赤極後做此戊甲午亥為赤道

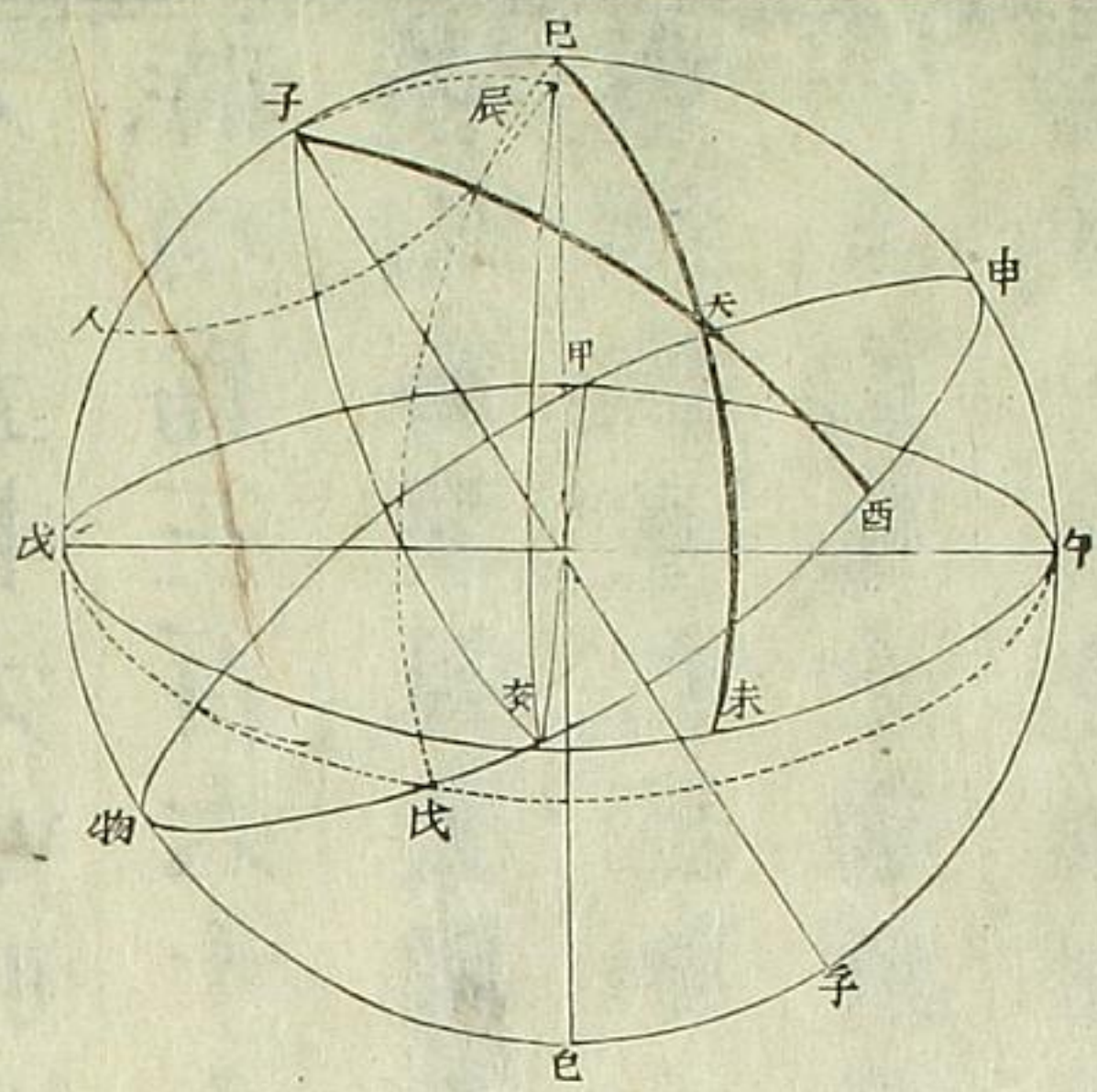
子子為二黃極亥申甲物為黃道

午亥申角與巳子申午二弧度俱

相等為黃斜度亥為春分點甲為

秋分點申物俱為黃道距赤道最

遠點名二至點申在黃道最北為夏至物在最南為冬



至也過黃赤兩極之大圈戊子巳午子巳名二至經圈

過二分之子午圈巳亥甲名二分經圈準從黃極過

諸星之線亦可推諸星之方位理與赤道同此諸線名

曰黃經圈黃經圈上星距黃道度分名黃緯度本經圈

距春分度分名黃經度如前圖天為星巳天未為過星

之赤經圈子天酉為過星之黃經圈亥未為星之赤經

度未天為赤緯度亥酉為星之黃經度酉天為黃緯度

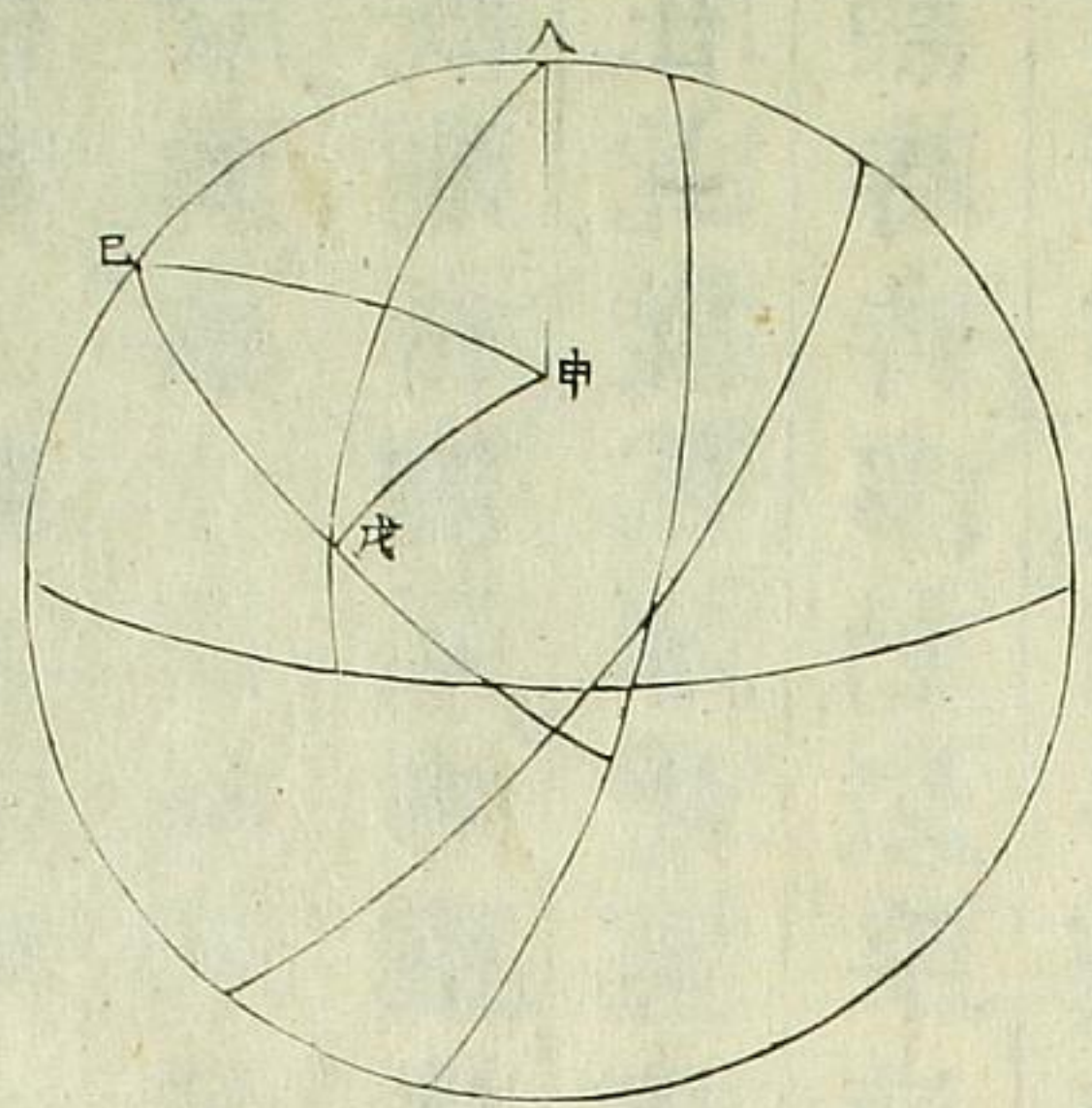
黃道在天球如赤道在地球黃道在諸星中間方位永

不變如赤道在地面方位永不變也詳見後卷

知星之赤道經緯度即可推得黃道經緯度反之亦然

如_二上圖_一戊子巳午爲_二至經圈_一距春分亥俱九十度亥點即爲_二至圈之極_一故若知赤經度亥未則亦知戊未即戊巳未角亦即子巳天角今設有弧三角形子巳天已知巳子弧即黃斜度亦知巳天弧即星距極亦即赤緯未天之餘度又知子巳天角依三角法可推得餘邊子天及子天二角夫子天弧即黃緯酉天之餘度而已子天角即申子酉角爲黃經酉亥之餘度是知赤經緯即可推黃經緯也若先知黃經緯亦可反推之此題在天文中其用最廣

設欲知某時黃道交地平之二點及黃平象限即高弧最大之點也及此點距分點之度當準天頂及黃赤二



極所成之弧三角形推之如圖人爲天頂即地平之極巳爲赤極戊爲黃極設有恆星時又有黃極赤經度十八時即亦知人巳戊時角推黃道所在取人巳戊三角形有巳人弧即天頂赤緯餘度有巳戊弧即黃赤二極距度二十三度二十八分有人巳戊角即黃極距午度也依三角法推得人戊弧等于黃平象限之高弧又得巳人戊角爲黃極地平經度以加減九

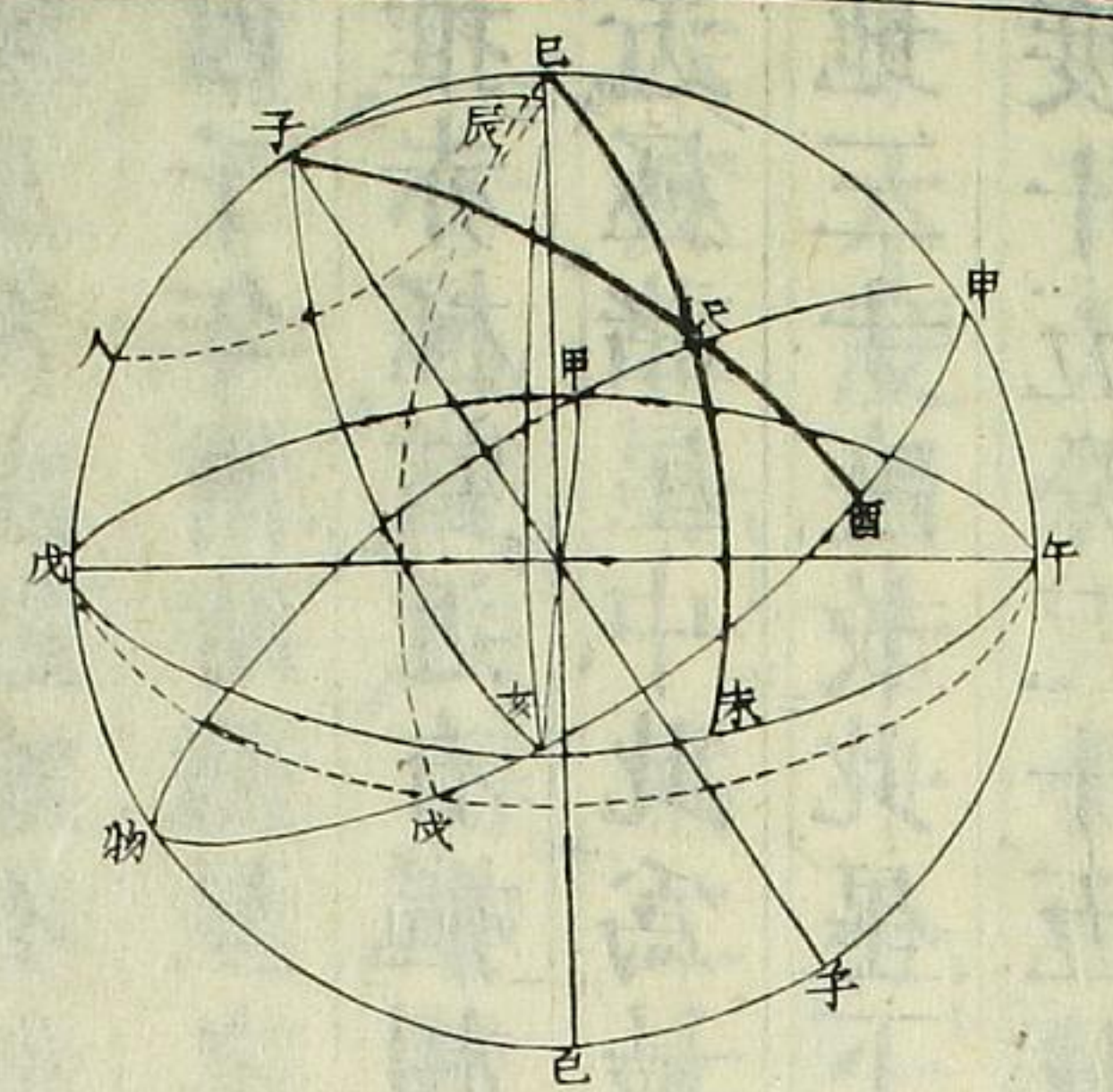
十度即得黃道交地平二點之地平經度又推得巳戌
人角其餘度即黃平象限之黃經度設欲知星之黃赤
二經交角以申爲星用巳申戌三角形推之已有巳申
巳戌二弧亦有申巳戌角爲星之赤經與二至經線之
交角依法可推得巳申戌角即所求之角也

既測得諸星中間之黃道亦可知此時春分點亥前圖所
在此點爲赤道經度所起爲最要點攷歷代測簿知此
點時時移動以平速行于黃道自東至西以諸曜每日
西行言之則分點恆速于星以東行言之則分點每歲
退行五十秒一名歲差雖甚微然積久則大亦天學中

一不使事因星表恆須改造故也最古之星表與今星
表相較二分點退至三十度今推得二萬五千八百六
十八年行于黃道一周

因有歲差故恆星行星經度俱以平速漸變蓋春分點
爲黃赤經度所起此點退後則無論恆星行星經度必
俱變也一若天球自轉于黃道極其一周與每日繞赤
道極一周相似諸星經度之變非星自動由原點即春分點
退行而然也若任取一恆星爲原點則無此變矣置分
點不論但觀赤極屢變其處其故自明無論何時用子
午環或墻環任測二星用二角形推之能知赤極所在

黃道及他圈俱不論細攷之雖二時甚相近其變不能
 覺然據理一定有變赤極之變法有多端其一略近平
 速歲差所由生又有諸不平速章動後詳所由生此二事
 本于一根俱因地球自轉而生也歲差之動以平速繞
 行黃極所行平員之半徑為二十三度二十八分自東
 而西一年行五十秒一歷二萬五千八百六十八年而
 一周觀極有如是行法即明歲差之故矣如圖赤極已
 繞黃極子行于小圈已辰人赤極至辰則赤道戊亥午
 變成戊戌午距新極辰皆九十度而黃赤交點即春分
 自亥西行至戌是歲差之理由于赤極繞黃極行于諸



星間成小圈故天球之轉日日生
 變而古今所見天球之極恒易其
 處夫極為地軸諸平行線之合點
 極既見有如是之行則地軸必有
 尖錐形動法其端恒指極所行之
 小圈地軸變全地球與之同變蓋

地軸一如鐵條貫地球其兩端在地面永不變方位故
 從太古至今地面之緯度永不變而海潮升降亦略無
 少異此軸與球同變之明証也
 準歲差理諸恒星與極有漸近者有漸遠者今之極星

昔非恒近于極後亦非恒近于極攷最古之星表此星距極十二度今一度二十四分後必近至半度再後必復漸遠而他星爲極星後一萬二千年織女大星必爲極星最近時距極五度

埃及峇塞之地有石築四方大尖堆九其築時迄今約四千年爾時諸星之經度較今少五十五度四十五分推赤極當近右樞相距二度四十四分二十五秒爾時近極諸星中此爲最明則必爲極星攷峇塞地北極出地三十度故此星下過峇塞子午圈其高度爲二十六度十五分二十五秒近有西士外仕者開此諸尖堆驗

之其大者六俱有隧道斜下與地平交角畧同一爲二十六度四十一分一爲二十五度五十五分一爲二十六度二分一爲二十七度一爲二十七度十二分一爲二十八度約得中數爲二十六度四十七分又阿婆媳地二尖堆其隧道與地平交角一爲二十七度五分一爲二十六度當時坐諸隧道底能見極星下過子午圈則此諸尖堆蓋爲測極星而設非漫然築之也

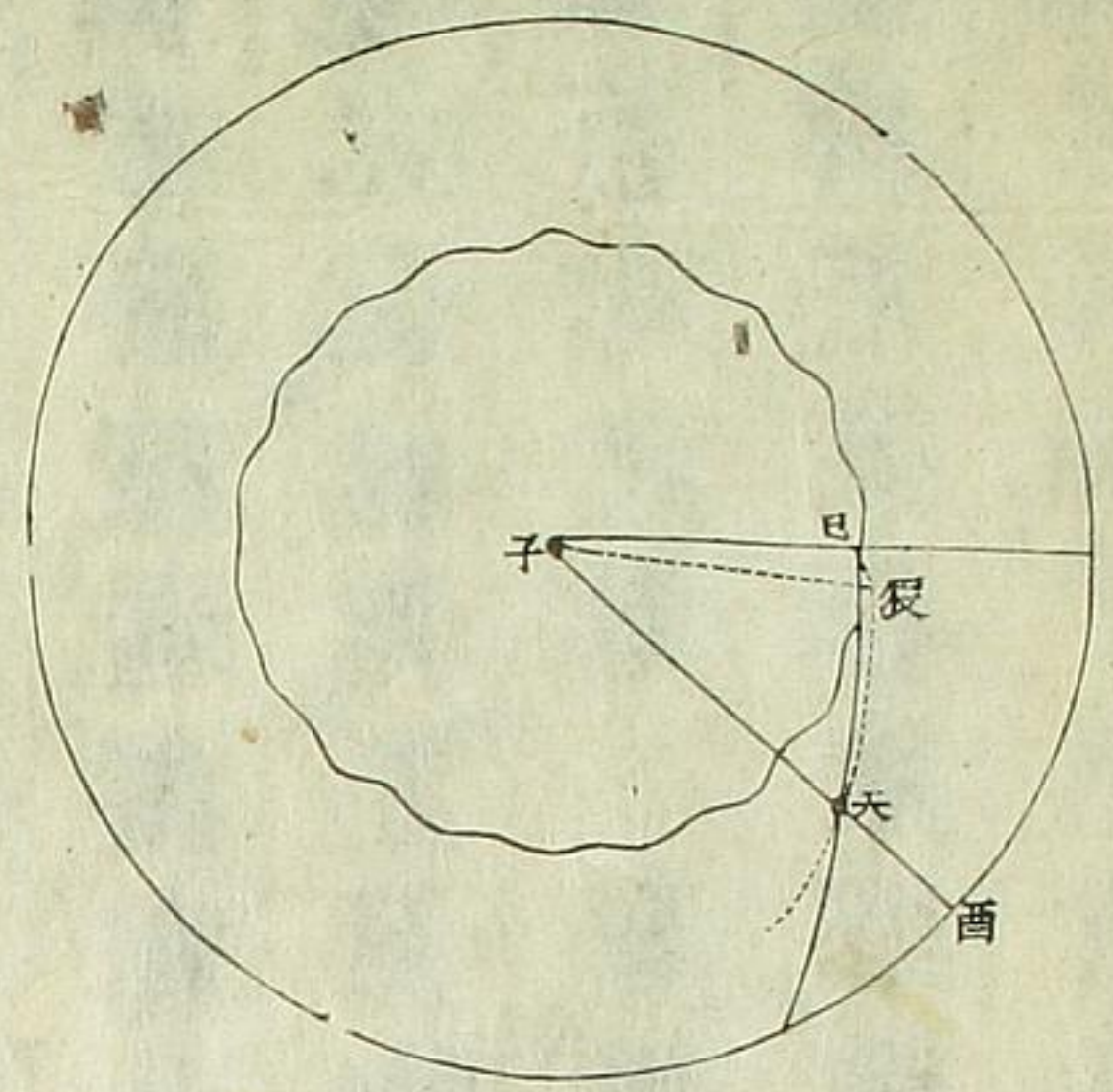
地軸除歲差外別有搖旋之動十九年一周名章動若無歲差則十九年中赤極必行成一小橢圓長徑十八秒五短徑十三秒七四長徑恒向黃極地軸有此動故

天空諸星十九年中與赤極必乍近乍遠而分點在黃道必乍進乍退諸星之黃赤二經度必乍加乍減

地軸兼有此二動章動橢圓之長徑一章中依歲差之動繞黃極行于小圈過若干分此若干分與圈之比若一章與歲差周時之比乃十九倍五十秒一以真數計之設小圈徑爲二十三度二十八分則得六分二十秒赤極依此二動而行故其道非正圓亦非橢圓而成浪紋之圈後圖見

以黃極爲心而轉二萬五千八百六十八年而一周又有小動十九年而一終今日月行星俱有此二差則其故舍地軸之動不能解之矣

天空諸曜因上二動其方位時時生變故凡言諸曜之經緯度必當云在某年又當分別平赤經度真赤經度真赤經度者從春分實在之點起算也凡推步皆用一定之元或用正月初一日或用每十年之第一年或用每百年之第一年皆推其時之歲差及章動而定其赤經緯度其推法即前用黃經緯求赤經緯也試依簡平儀法作圖子爲黃極巳爲赤極天爲星巳有子巳爲黃



赤大距子天爲星之黃緯餘度巳
子天角爲星之黃經餘度子天不
變餘二數俱因歲差章動而微變
用所變弧角求巳天邊及子巳天
角即可定赤經緯度蓋巳天即赤
緯餘度而子巳天角乃赤經加象

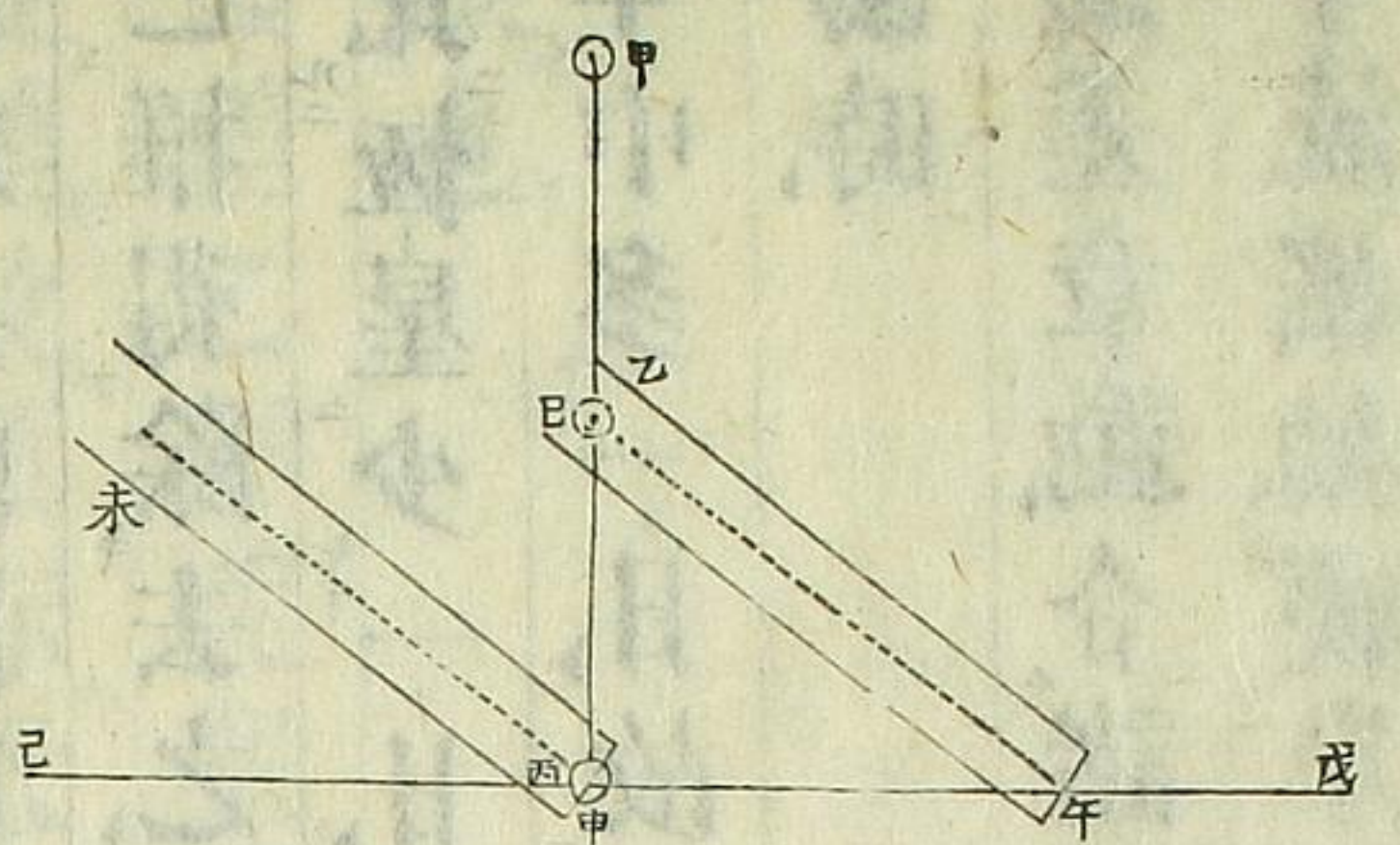
限也

歲差之經度與積時比若五十秒一與一年比而無緯
度差故黃赤大距不變章動則兼有經緯度差其數即
地軸所行小橢圓之諸縱橫線也

天算家所用之恒星時以春分點過子午圈爲時之始
而春分點因章動而變則時有加減不平矣章動之差
已推得除去之而時仍不平蓋太陽一年中向西之行
比恆星少一日而分點因逆行二萬八千八百六十八
年中多一日故有平恆星時真恆星時平太陽時真太
陽時

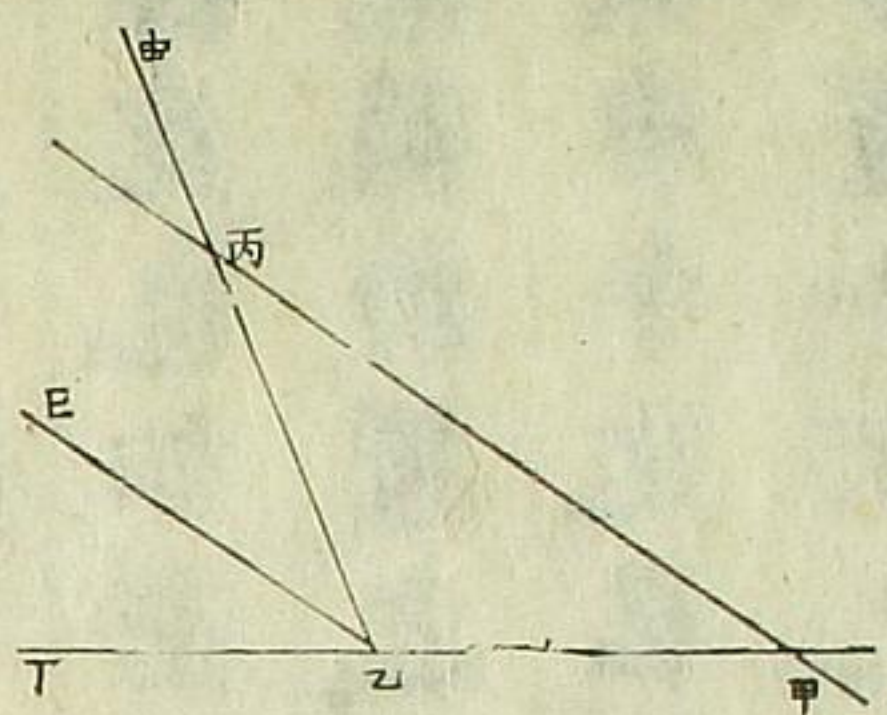
歲差章動令諸曜同變而相與之方位不變譬若舟在
中流搖動視岸上物俱生變而相與之方位如故也
諸曜又有光行差因地球繞日行甚速而諸曜之光亦
有行法故人視之俱生微差譬如無風時人立雨中雨

俱直下，僅着笠而不濕身，若疾行向前，則必着面。一若兩斜入笠下也。又譬如，有球從甲下墜，斜置巳午筒，筒日在乙承之。若筒不動，則着巳邊。若球至乙時，筒向申行，筒底自午至申，與球自乙至丙，其速率恰相合，則球雖直下，人視之，一若斜行于筒之軸線也。遠鏡與人目亦然，無論光或如浪之來，或為無數細點相聯，直射過物鏡，未至聚光點時，若鏡中之交線橫移，而聚光點不變，則與交點不能合。又過目明角罩



未至聚光點時，若目中之腦筋衣橫移，而聚光點不變，則與目底之中點不能合，故視物之處不真，即光行差也。今地球繞日行于橢圓道，每秒約五十五里，其方向刻刻不同，而光行每秒約五十五萬五千里，此二速率之比例雖甚大，然非無窮，乃若二十秒五之正切與半徑比也。如前圖，甲為星，甲巳申為星之光線，巳午為遠鏡筒，斜置之，令物鏡之聚光點恰遇銅線交點，則巳申與申午比，必若光速率與地速率比，即若半徑與二十秒五正切之比也。故申巳午角，即巳申未角為遠鏡視軸方向與星真方向之交角，必為二十秒五。若地行方向與

星真方向非正交理亦合如圖申乙爲星之真方向甲丙爲遠鏡斜置方向則乙丙與乙甲比若光速率與地速率比亦若半徑與二十秒五正切比準三角理乙丙與乙甲比若乙甲丙之正弦與甲丙乙即丙乙之正弦比夫甲丙乙即光行差角也光行差之正弦與地道及視線交角之正弦有比例故視線與地道正交則光行差最大此事本當詳于後卷因與天圖之理有關故先論之



光行差令諸曜之度俱微移共向天空一點即本時地

行方向諸平行線之合點也地球行于黃道則此點必居黃道面在地球所在經度前九十度即太陽後九十度故此點刻刻變一年周于黃道若每星論其差則一年必成一小橢圓設地不動必見星在橢圓之中心諸星之視赤經緯歲差章動外又有此光行差西士白西勒已造表故求赤道之真經緯甚便也凡物發光入我目我方見物然我所見之光非我見時所發之光乃未見前所發之光其光自物至我目中間所行之時即我見物距物發光之時準地球速率推得光行差而改正之得恆星之真方向然此方向非發光

時地球至星之一直線乃光到時地球至星之一直線也故凡步行星當以星地之距推光行若干時始至地此若干時中地當行若干路星當行若干路乃能得星視行度之全差此差令星行之方向與視行之方向不符其故有二一為光行差即上條地行與光行相合而生一為光道差乃因光行之時星亦行而生并光道差恒入光行

推差而合之

凡用器測天所得之數有五差須改正之方可著于圖或球一蒙氣差二視差三光行差四歲差五章動差以蒙氣差改之則知無蒙氣時星當在何處以視差改之

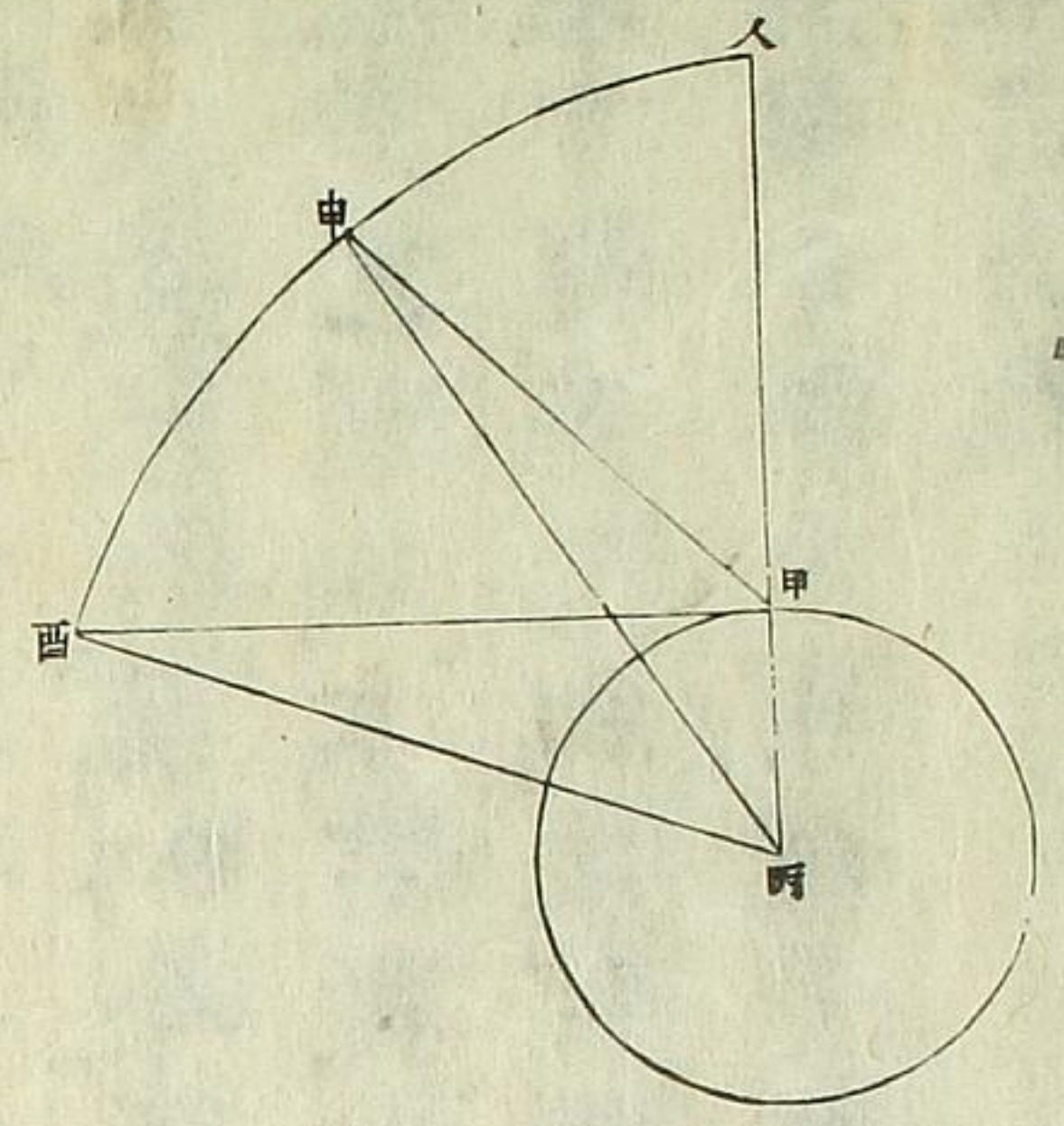
則知從地心視星當在何處以光行差改之則知地不動視星當在何處以歲差章動差改之令天空屢變之赤道改為一定之赤道凡測天所得無此五改則不能作圖與球故今一一論之

蒙氣差已詳前卷八今不論

視差之理如本當從地心視之今乃從地面視之則有地半徑差又如本當從日心視之今乃從地視之則有黃道半徑差用視差推之即得從地心或日心所見諸曜之方位

凡已知星地相距即可知地半徑差若已知地半徑差

亦可知星地相距如申爲星丙爲地心甲爲地面測星



處人甲丙爲地面甲點之垂線
從甲視星之方向爲甲申距天
頂爲人甲申角從丙視星之方
向爲丙申距天頂爲人丙申角
二角之較爲甲申丙即地半徑
差也準三角法丙申與丙甲比

若丙甲申正弦即人甲申正弦與甲申丙正弦比故地
半徑丙甲乘星距天頂度人甲申正弦以星地距丙申
約之即得視差角之正弦是地半徑差與星距天頂度

有正比例故諸曜在地平時視差最大欲知諸曜在各
高度時之視差以其距天頂正弦乘地半徑視差即得甲
丙申恒小于人甲申故以視差改正之距天頂度恆變
小與蒙氣差之改相反

地半徑差起于天頂點黃道半徑差起于衝日點其差
角在過星日地三心之面內改後星距此點之角恆變
小即距日之角變大其推法星日距與地日距比若所
見星日距度正弦與黃道半徑差正弦比

諸改法分爲二類其一令諸曜相與之方位俱變爲實
改其一相與之方位不變爲法改蒙氣差光行差視差

之改皆實改也歲差章動差之改皆法改也

凡實改者諸曜之差皆共向一點如蒙氣差令諸曜皆
向天頂點地半徑差令皆向天底點黃道半徑差令皆
向太陽心點光行差令皆向地行方向諸平行線之令
點改之皆令向對面一點

地半徑差黃道半徑差光行差大小之比皆若距所向
點度分正弦之比蒙氣差之理較繁重其比例略近于
正切而距所向點九十度其差最大則三者皆同
其改依理之次序一蒙氣差二光行差三地半徑差四
黃道半徑差五章動差六歲差然光行差章動差俱甚
小并入歲差而最後改之爲便

談天卷十二終

門生上原一校

撰西海軍局教官 福田半 總言

發行

江戸日本橋通貳丁目

須原屋茂兵衛

同 淺草茅町二丁目

須原屋伊八

同 日本橋通二丁目

山城屋佐兵衛

同 本石町十軒店

英大助

同 芝神明前

岡田屋嘉七

同 兩國横山町壹丁目

出雲寺萬治郎

同 下谷御成道

紙屋徳八

同 芝神明前

和泉屋吉兵衛

同 日本橋南壹丁目

須原屋新兵衛

大坂心齋橋通唐物町

河内屋太助

書林

