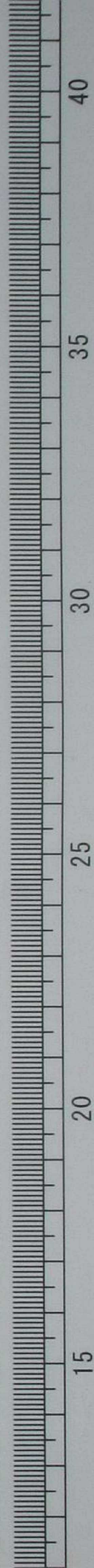


談天

上

5
1387
1



1.387
106

譚天

雲間胡遠

題



談天序

西士言天者曰恒星與日不動地與五星俱繞日而行
 故一歲者地球繞日一周也一晝夜者地球自轉一周
 也議者曰以天為靜以地為動動靜倒置違經畔道不
 可信也西士又曰地與五星及月之道俱係橢圓而歷
 時等則所過面積亦等議者曰此假象也以本輪均輪
 推之而合則設其象為本輪均輪以橢圓面積推之而
 合則設其象為橢圓面積其實不過假以推步非真有
 此象也竊謂議者未嘗精心攷察而拘牽經義妄生議
 論甚無謂也古今談天者莫善于子輿氏苟求其故之



明萬曆四十四年十月十四日
本校之版部氏贈

談天

序

一語西士蓋善求其故者也舊法火木土皆有歲輪而
金水二星則有伏見輪同爲行星何以行法不同歌白
尼求其故則知地球與五星皆繞日火木土之歲輪因
地繞日而生金水之伏見輪則其本道也由是五星之
行皆歸一例然其繞日非平行古人加一本輪推之不
合則又加一均輪推之其推月且加至三輪四輪然猶
不能盡合刻白爾求其故則知五星與月之道皆爲橢
圓其行法面積與時恒有比例也然俱僅知其當然而
未知其所以然奈端求其故則以爲皆重學之理也凡
二球環行空中則必共繞其重心而日之質積甚大五
星與地俱甚微其重心與日心甚近故繞重心即繞日
也凡物直行空中有他力旁加之則物即繞力之心而
行而物直行之遲速與旁力之大小適合平圓率則繞
行之道爲平圓稍不合則恒爲橢圓惟歷時等所過面
積亦等與平圓同也今地與五星本直行空中日之攝
力加之其行與力不能適合平圓故皆行橢圓也由是
定論如山不可移矣又證以距日立方與周時平方之
比例及恒星之光行差地道半徑視差而地之繞日益
信證以煤坑之墜石而地之自轉益信證以彗星之軌
道雙星之相繞多合橢圓而地與五星及日之行橢圓

益信余與偉烈君所譯談天一書皆主地動及橢圓立說此二者之故不明則此書不能讀故先詳論之咸豐己未重陽後八日海甯李善蘭序于崑山舟次

序

天文之學其源遠矣太古之世既知稼穡每觀天星以定農時而近赤道諸牧國地炎熱多夜放羣羊因以觀天間嘗上攷諸文字之國肇有書契即記及天文如舊約中屢言天星希臘古史亦然而中國堯典亦言中星歷家據以定歲差焉其後積測累推至漢太初三統而立七政統母諸數從此代精一代至郭太史授時術法已美備惟測器未精得數不密此其缺陷也中國言天者三家曰渾天曰蓋天曰宣夜然其推歷但言數不言象而西國則自古及今恒依象立法昔多祿某謂地居

中心外包諸天層層硬殼傳其學者又創立本輪均輪諸象法綦繁矣後代測天之器益精得數益密往往與多氏說不合歌白尼乃更創新法謂太陽居中心地與諸行星繞之第谷雖譏其非然恒得確證人多信之至刻白爾推得三例而歌氏之說始爲定論然刻氏僅言其當然至奈端更推求其所以然而其說益不可搖矣夫地球大矣統四大洲計之能盡歷其面者無幾人焉然地球乃行星之一耳且非其最大者計繞太陽有小行星五十餘大行星八其最大者體中能容地球一千四百倍其次能容九百倍也設以五百地球平列土星之光環能覆之而諸行星又或有月繞之總計諸月共二十餘設盡并諸行星及諸月之積不及太陽積五百分之一太陽體中能容太陰六千萬倍可謂大之至矣而恒星天視之亦只一點耳設人能飛行空中如最速礮子亦須四百萬年方能至最近之恒星故目能見之恒星最小者可比太陽其大者或且過太陽數十萬倍也夫恒星多至不可數計秋冬清朗之夕昂首九霄目能見者約三千設一恒星爲一日各有行星繞之其行星當不下十五萬况恆星又有雙星及三合四合諸星則行星之數當更不止于此矣然此僅論目所能見之

恆星耳。古人論天河皆云是氣。近代遠鏡出，知爲無數。小星遠鏡界內所已測見之星，較普天空目所能見者，多二萬倍。天河一帶設皆如遠鏡所測之一界，其數當有二千零十九萬一千。設一星爲一日，各有五十行星繞之，則行星之數當有十億零九百五十五萬。意必俱有動植諸物。如我地球，偉哉造物，其力之神能之鉅，真不可思議矣。而測以更精之遠鏡，知天河亦有盡界，非佈滿虛空也。而其界外別有無數星氣，意天河亦爲一星氣。無數星氣，實即無數天河。我所居之地球在本天河中，近故覺其大，在別星氣外遠故覺其小耳。星氣已

測得者三千餘意，其中必且有大于我天河者。初人疑星氣爲未成星之質，至羅斯伯之大遠鏡成，始知亦爲無數。小星聚而成，而更別見無數星氣，則亦但覺如氣不能辨爲星之聚。設異日遠鏡更精，今所見者俱能辨，恐更見無數遠星氣，仍不能辨也。如是累推，不可思議。動法亦然。月繞行星，行星繞太陽。近代或言太陽率諸行星更繞他恆星，與雙星同。然則安知諸雙星不又同繞一星，而所繞之星不又繞別星耶？如是累推，亦不可思議。偉哉造物，神妙至此，蕩蕩乎民無能名矣。昔大關有詩曰：觀爾所造之穹蒼，又星月之輝光，世人爲誰兮。

爾垂念之，人子爲誰兮？爾眷顧之，夫大關所見，天空理非甚深也。尙歡欣贊歎，不能自己。况我人得知，天空如此精奇神妙耶？夫造物主之全智鉅力，大至無外，小至無內，罔不涖臨，罔不鑒察。故人雖至微，無時不蒙其恩澤。試觀地球上萬物，莫不備具。人生其間，渴飲飢食，夏葛冬裘，何者？非造物主之所賜，竊意一切行星，亦必萬物備具。生其間者，休養樂利，如我地上。造物主大仁大慈，必當如是也。設他行星之人類，淳樸未雕，與天合一，見我地球，天性盡失，欺僞爭亂，厥罪甚大。而造物主猶不棄絕，令愛子降生，舍身代贖，當必贊歎造物主之深仁厚澤，有加無已。而身受者，反不知感激圖報，可乎？余與李君同譯是書，欲令人知造物主之大能，尤欲令人遠察天空，因之近察己躬，謹謹焉修身事天，無失秉彝。以上答宏恩，則善矣。

咸豐己未孟冬之月，英國偉烈亞力序於春申浦上。

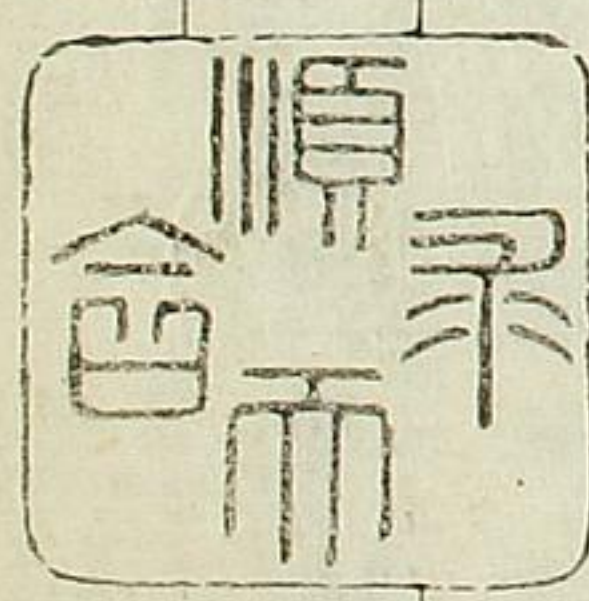
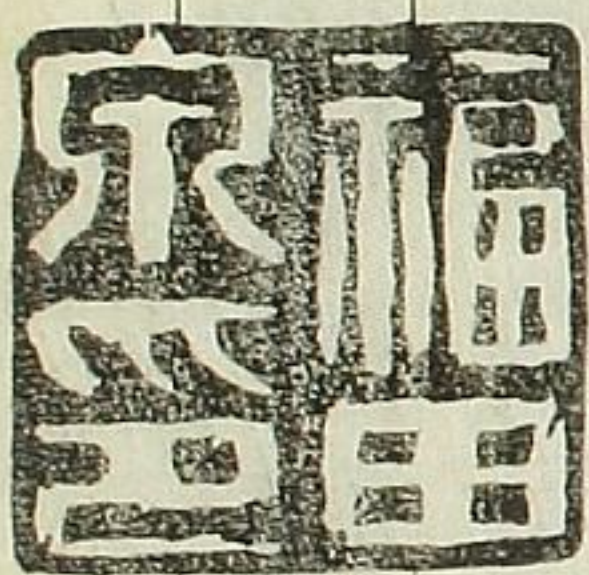
刻談天序

談天十卷英國天文公會之首候失勒氏所撰其原
刊係西洋千八百五十一年 皇邦嘉永四年辛亥其
后英人偉烈亞力又加集爾後之創見諸說譯為此書
則西洋千八百五十八年而 皇朝安政五年戊午也
日躔月離經星緯星衛星彗星雙星三四合星變星流
星北曉黃道光其他天象地理測量歷法無不究盡其
理焉所謂緯星者古昔為五星近歲創見六星為十一
星此書更創見五十餘星又其他所創見之諸象新論
最多攷證最精實天學究理之要書也其說曰最大寂

精之遠鏡以所創見者多。余今雖未能悉試攷而然於其理則不可必其不然也。凡天學究理者其法隱微為最難而然就所存日時眼自之物求之則又非難也。神州人文夙開月繞地地繞日之說人人無不知焉。然於其理多未知之者何哉。蓋不求之也。故欲求知其動理則可知其公重心。如欲知其公重心則不如就天文數種之星象而求之也。何則我所居之地球者所仰觀一太陽一太陰而天星者其類最多其數亦多。故取其多者求推之則其距離轉度自可辨知矣。辨知距離大小則其動理自顯然而知。非月繞地地繞日而繞諸質

合體之公重心也。故以為天學究理最要之書。莫此書若焉。今應命重刊加訓正以為天學入門之備用。因換其編次前後首動理次諸行星以至終編。又如說文隨清人李善蘭之所刪述之舊文不妄改一字如其西字換以皇字以便讀者云。

皇文久紀元辛酉立冬日 司天生理軒福田泉誌于浪華順天堂中



談天

凡例

一、此書原本為侯失勒約翰所撰，約翰今為英國天文公會之首，其父曰維廉，日爾曼之阿諾威人，遷居英國，專精天文，不假師授，有盛名。維廉有妹曰加羅林，相助測天，功亦不細。侯失勒氏言天者，凡三人，學者勿混為一云。

一、此書原本咸豐元年刊行，其後測天家屢有新得，今一一附入，如小行星，最後有咸豐八年所得者，非原書所有也。

一、凡年月日時原本皆用西國法，準倫敦經度，今用中國法，準順天經度，譯改以便讀者。如十六卷三頁六行，本文為耶穌降世一千八百四十六年正月三日。○時九分五十三秒，今譯改道光二十五年十二月初五日戌初三刻十分五十三秒是也。亦間有用各國本地時者，如十一卷十六頁七行，午後三小時六分，若改用中國時，則在夜中，不能見日，與下文測見中體距日心句不合，故仍原文也。

一、中國步天黃經赤經皆用度分，西國黃經用度分，赤經用時分，例見二卷緯度分南北條，今依中法亦譯

改度分，如十六卷六頁十七行，本文為十六時五十分一分一秒五，今譯改二百五十二度四十五分二十二秒五是也。

一、凡數俱直書，單位下帶小數，則以別之。如六卷二頁十二行，一〇一六七九，其小數即十萬分之一千六百七十九也。間有橫書者，則因與代數記號相雜，依代數例，不便直書也。

一、凡度量尺諸數，皆遵數理精蘊，每度二百里，每里一千八百尺，近代西國細測地球，密推赤道徑，得英尺四千一百八十四萬七千一百九十二，赤道周得英

尺一億三千一百四十六萬六千八百二十八。七一
 七以三百六十度除之，則一度得英尺三十六萬五
 千一百八十五。六三五。攷一度為中尺三十六萬，乃
 以一度之英尺為一率，一度之中尺為二率，一為三
 率，求得四率。〇九八五八是英國一尺為中尺九寸
 八分五厘八毫也。凡原文英尺，譯改中尺，俱準此。又
 英國一里得英尺五千二百八十。中國一里得英尺
 一千八百二十五。九二八。依此推得英一里當中國
 二里八九一六八。凡原文英里，譯改中里，俱準此。
 一、書中各圖除木刻外，有用原書銅版印者，此諸圖重

刻不易故也。而其字皆英文，書中引此諸圖，亦用英
 文，恐讀者難曉，今一一釋之。凡每版右，上角之字，如

譯即一版，譯即二版，書中或用此英文，亦指一

二諸版也。又每版中如譯即一圖，譯即二圖，書

中或用此英文，亦指一二諸圖也。又圖中有

A B C 等字，乃英國字母，猶之中國用甲乙丙丁等

字也。又版中有諸數目字，指度與秒之若干，即

五十，即一百，即六十，即一百十，即一百六

十，即二百十，即二百六十，即三百十，即〇

150 即一百五十，200 即二百，250 即二百五十，300 即三百

即三百五十也又字右上角作"乃指秒如 50" 即五十秒無"則為度也

一、中國天圖有新舊二種舊圖與步天歌合新圖與經天該合書中諸星凡舊圖所有者則云某座第幾星如角宿第一星之類是也若舊圖無而新圖有者則云某座西幾星如老人西二之類是也若二圖俱無則或云近某座如近四瀆之類是或依西圖立新名如鶴翼王腰之類是也又變星條中言某座變星雙星條中言某座雙星亦指其相近而言如輦道變星貫索雙星之類是也或有二星相近之座同則言第一第二以別之如貫索第一變星貫索第二變星是也又有目視僅為一星而以遠鏡視之見有數星者欲指其中一星則言某星之幾星如牛宿第二之次星織女第二之四星第二之五星之類是也

已著諸書目

數學啟蒙 二卷

幾何原本七卷至十五卷

代數學 十三卷

代微積拾級 十八卷

泉曰因前文所謂中英尺度比較之例示我皇
尺之比例以本文所載之尺度者為我皇邦之
尺度則清尺者乘一個。一七英尺者乘一個。
。五七得各皇尺也乃清之一尺當皇之一
尺。一分七厘弱英之一尺當皇之一尺。
六厘弱也又清里者乘一個一四一二五英里者
乘一個四。八四五得共皇里乃清一萬里當
皇千四百十二里半英一萬里當皇四千。八
十四里半餘皆準此諸圖之符號書西字者今換
以皇字記之故不細註也

順天堂校本談天書目

初編

卷一

動理

攝力、公重心

原本係卷八

卷二

諸行星

水星、金星、地球、火星、土星、木星、天王、海王、及五十有餘星

同係卷九

卷三

諸月

地球、月一、木星、月四、土星、月七、天王、月六、海王、月二、

同係卷十

卷四

彗星

雙彗、將來、攻數

同係卷十五

卷五

恆星

天河、測量、光行差、光分比例、所視、目至、七等、因遠鏡者、自八等至十六等

同係卷十六

卷六 恆星新理 原本係卷十六

變星 四星、三四合星、幅星、聯星

附錄 諸表 同 係卷末

恆星常例等光理等表、諸行星根數表、諸月根數表、諸彗星根數表

諸圖

中編

星林 論地 命名 測量之理 地理 天圖

末編

日躔 月離 攝動 橢圓諸根之變 逐時經 緯度之差 歷法

談天卷一

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 訂正

動理

地繞日月繞地已知之無可疑矣而地何以繞日月何以繞地且俱終古不停也今特推闡其理

凡物在空中必依地面之垂線下墜其下墜必有力使之名曰攝力地名地心力攝力之方向恆對地心若物斜拋

空中則下墜時不正對地心然地心之方向仍寓于中不滅也理詳動重學若正向上拋則拋力與攝力相消消至

相等則下墜至地面而拋力消盡凡斜拋物其方向本直攝力令漸變方向故下彎成曲線名曰拋物線拋物線有最高點如月道焉此曲線至地面時其方向斜交地平與發時方向交地平之角等物在其線無一處向地心者烏知其向地心烏知此線非極長橢圓道地心爲其一心若無地質隔礙烏知物不回至本處果爾則拋物行曲線與月繞地乃一理也

以索之一端繫石手持一端而旋舞之石必生離心力拉索令緊而索力必有限旋太急拉索力大過其限則索絕而石飛恰如限則不絕知索力之限即能推當用若干速率設以索聯地心與地面之重物而旋之令速率所生離心力恰如索力則物必繞地心行而有攝力令物恆向地心與索力等用以代索則物仍繞地心行不變月之繞地亦此理也而攝力小何以知之準動重學法以地半徑推得地面重物欲令繞地心行不停其速率當爲一小時二十三分二十二秒繞地一周若攝力加于月體與地面同則推其速率當十小時四十五分三十秒而繞地一周今月繞地一周爲二十七日七小時四十三分故知地心攝力加于月較加于地面物小也推其比例若一與三千六百設二物一在月道一

在地面同下墜地面物當速于月道物三千六百倍也
月距地心約六十倍地半徑三千六百與一比即六十
與一之二平方數比蓋攝力漸遠地心則漸殺其比例
若距地心線平方之反比例也此與光熱漸殺之理同
與噏鐵電氣二力雖證據未多然其理亦必同也

奈端言天空諸有質物各點俱互相攝引其力與質之
多少有正比例而與相距之平方有反比例凡一體中
各點相攝所受攝力各不等當推體之形狀法甚繁而
地與月俱爲球體奈端云球體之攝力與球質俱收聚
于心點而發攝力無異故凡球皆如一點也地雖非正
球然其差甚微可不論

奈端又言徧虛空界攝力無不到設有一球體本各行
直線道因攝力互相引必成曲線道或彼體繞此體或
二體共繞一公重心其道必爲圓錐諸曲線之一視其
速率方向及相距遠近而異所繞之心乃曲線之心除
平圍外不在中點又距心線及速率刻刻不同恆成反
比例而距心線所過之面積同則歷時亦同觀地繞日
月繞地皆與此理合其道皆爲橢圓而兩心差不同則
其說信而有徵也

以日地兩心距及地繞日一周之時推得地之離心力

又設一與地等質積之物距地如日地距推得其恰當
地球攝力之離心力則地繞日之離心力大于所設物
離心力三十五萬四千九百三十六倍即知日之攝力
大于地之攝力三十五萬四千九百三十六倍蓋日之
質與三十五萬四千九百三十六個地球質相等故也
而日之體積大于地一百三十八萬四千四百七十二
倍則日質較地質疎而輕設取等大之積衡其輕重則
地爲一日爲〇二五四三夫日之攝力甚大則四面之
壓力甚重而質反如此輕疑日中有猛火或大熱故受
甚大壓力而不被擠小也

凡球通體之攝力與全質收聚于心點而發攝力無異
而攝力與球質積有正比例與距心之平方有反比例
若論球面之攝力則距心數乃球之半徑也如法推得
日地二球面之攝力如二十七九與一之比地面一斤
重移至日面當重二十七斤九也故日面當用地面抵
力約二十八倍方與攝力相當也地面之人若至日面
必不能行動因攝力大而增重不能自勝其體也
觀上諸條益知地球率月繞日而日不動蓋日質甚大
地月之攝力甚微加之不覺也與前所云公重心甚近
日心非地面所能測之說合故地或繞日心或繞重心

無須分別也。

地與月共繞其公重心而又同行于黃道以繞太陽此如大小二球聯于桿以索繫于重心而旋舞空中而二球又共繞其重心是行于繞日之橢圓道者非地非月乃地月之公重心也準此則地上視日又有小差每月一周凡推日度當加減此差又月繞日之道似十二曲線合成其曲線俱凹向日名次擺線每月二次交地道一由內出外一由外入內然月地二心距不能過四百分地道半徑之一則出入于地道亦甚微設畫于紙非用至精之規度之不能覺也



月若僅依地球之攝力繞地行則必為真橢圓道行一周仍至本處且在一面內今又受日之攝力故有交點逆行橢圓長徑順行及橢圓變形諸差也譬如以平置二石于高處同下墜攝力相等而漸增二石之速亦必同增而相偕至地設一石受攝力微大則增速亦更大必先至地而生相屬之動日地距大于月地距約四百倍故朔望月距日差二百分之一如圖申為日戊為地寅卯為白道朔時月在寅受日之攝力大于地望時月在卯

受日之攝力ヲ小カ于地ニ在白道各點受日之攝力ヲ比地各不同攝力之方向亦不同設地與月受日之攝力ヲ大小與方向俱不變則月繞地之行亦不變今既俱變故生差力其方向斜交地月之聯線令月或速于橢圓行或遲于橢圓行且或令地離月或令月離地又白道斜交黃道面而日之攝力非與黃道平行故恆令月欲離白道面則生交點行等差也此名攝動差其詳見後卷恐人因此疑攝力之公理有時不合故先略言于此以釋其疑

談天卷一終

男 福田明 校

談天卷二

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

諸行星

於地面仰測諸曜見其時時行動異于恆星者不獨日月已也又有諸星其近且大者曰水曰金曰火曰木曰土古所謂五緯星也其遠而難見非遠鏡不能察者曰天王曰海王其微而難見亦必窺以遠鏡者一曰穀女二曰武女三曰天后四曰火女五曰巖女六曰穉女七曰虹女一曰虹神八曰花女

談天

卷二

諸行星

一

花神一名獵師九曰慧女一名獵師十曰醫女一名巴腿

十一曰勝女一名及利亞十二曰傳女一名哀十四曰和女

來一名以奈十五曰時女一名利亞十六曰靈女一名利亞十七曰海女

十八曰歌女一名利亞十九曰吉女一名利亞二十曰王女一名利亞二十一曰琴

女一名利亞二十二曰詩女一名利亞二十三曰戲女一名利亞二十四曰公女

二十五曰福女一名利亞二十六曰陰女一名利亞二十七曰簫女一名利亞

二十八曰戰女一名利亞二十九曰洋女一名利亞三十曰天女一名利亞三十一

曰麗女一名利亞三十二曰果女一名利亞三十三曰瑟女一名利亞三十四曰

巫女一名利亞三十五曰沉女一名利亞三十六曰馳女一名利亞三十七曰信

女一名利亞三十八曰卵女一名利亞三十九曰喜女一名利亞四十曰律女一名利亞四

十一曰桂女一名大副尼四十二曰地女一名昔斯四十三

三曰愛女一名大副尼四十四曰使女一名大副尼四十五曰香女一名大副尼四十六

曰家女一名大副尼四十七曰仁女一名大副尼四十八曰溟女一名大副尼四十九曰

牧女一名大副尼五十曰貞女一名大副尼五十一曰禽女一名大副尼五十二曰虜女

五十三曰島女一名大副尼五十四曰哲女一名大副尼五十五曰皆西國近

代所測得者凡此諸星細推其行法實繞太陽故

皆為太陽所屬星然恐不止于此或隱而難見者

尚多今姑就所已見者論列之

諸行星之道亦自西而東除穀女武女天后諸小星外其道俱近黃道在地望之不能正見各道之面僅能側

見其邊其各面相交角及遠近俱不能了了惟星距黃道面之度能明見之



地上視日月之行略有遲速由于橢圓而行星則大異于日月有順逆行順行由速而遲而留而逆行亦由速而遲而留而復順行總計之順行多于逆行順逆二行之較為星東行之度試以黃道相近一帶所見之星道展為平面而圖之戊丙為黃道巳午未申為星道巳至午順行午為留午至未逆行未為復留未至申順行餘可類推知為二道之

交點地在黃道面內交點亦在黃道面內故見星至卯必無視差欲知星過交點時刻取相連二日一在黃道南一在黃道北各測其緯度用比例推之即得屢推之知凡星二次過中交或正交中間之積時恆等無論順逆遲速皆然然則星之行皆有定法我見其忽順忽逆忽留若無法者因我所居之地不在星道之心而地又居于日面觀之必見其行有定法而無順逆留諸變矣行星皆為球體與地同類本皆無光日照之而生光此以遠鏡測而知之又皆為實質面之狀各不同見一圖

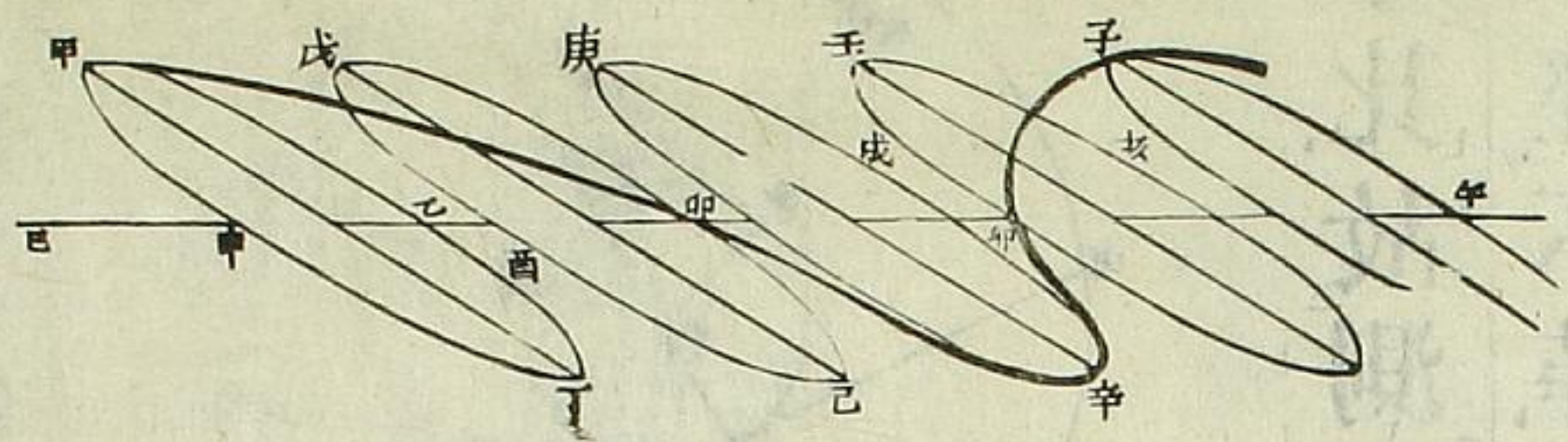
即火木土三星之圖諸星距地較月甚遠故月能掩之
有更遠于日者故距地球最近之星地半徑視差甚小
不過數秒而其遠者視差更微難測也推行星大小以
本星之地半徑視差與星之視半徑比若地徑與星實
徑比蓋視差即在星上所測地之視半徑而同一星
地距故比例同也凡行星皆小于日然有大如地或大
于地者

行星視徑有時變大有時變小以三角法推得距地諸
數則知若以地爲心無論行正圓行橢圓其數俱不合
而于日則大有相屬之理如火星衝日之時視徑最大
爲十八秒衝後漸變小至合日時最小僅四秒他行星
亦然故知俱繞日又金水火三星以遠鏡測之見有莖
望與月同其明面恆正對日故知諸行星無光皆借日
之光也

以日爲諸行星道之心則地上所見諸參錯行之故盡
明而一切行星并地球之動法皆歸一公理蓋行星皆
繞日其道斜交黃道交角甚小而交點不移聯二交點
爲二道面之交線交線平分黃道行星自正交或中交
起復至本點爲繞日一周其時可測而推也

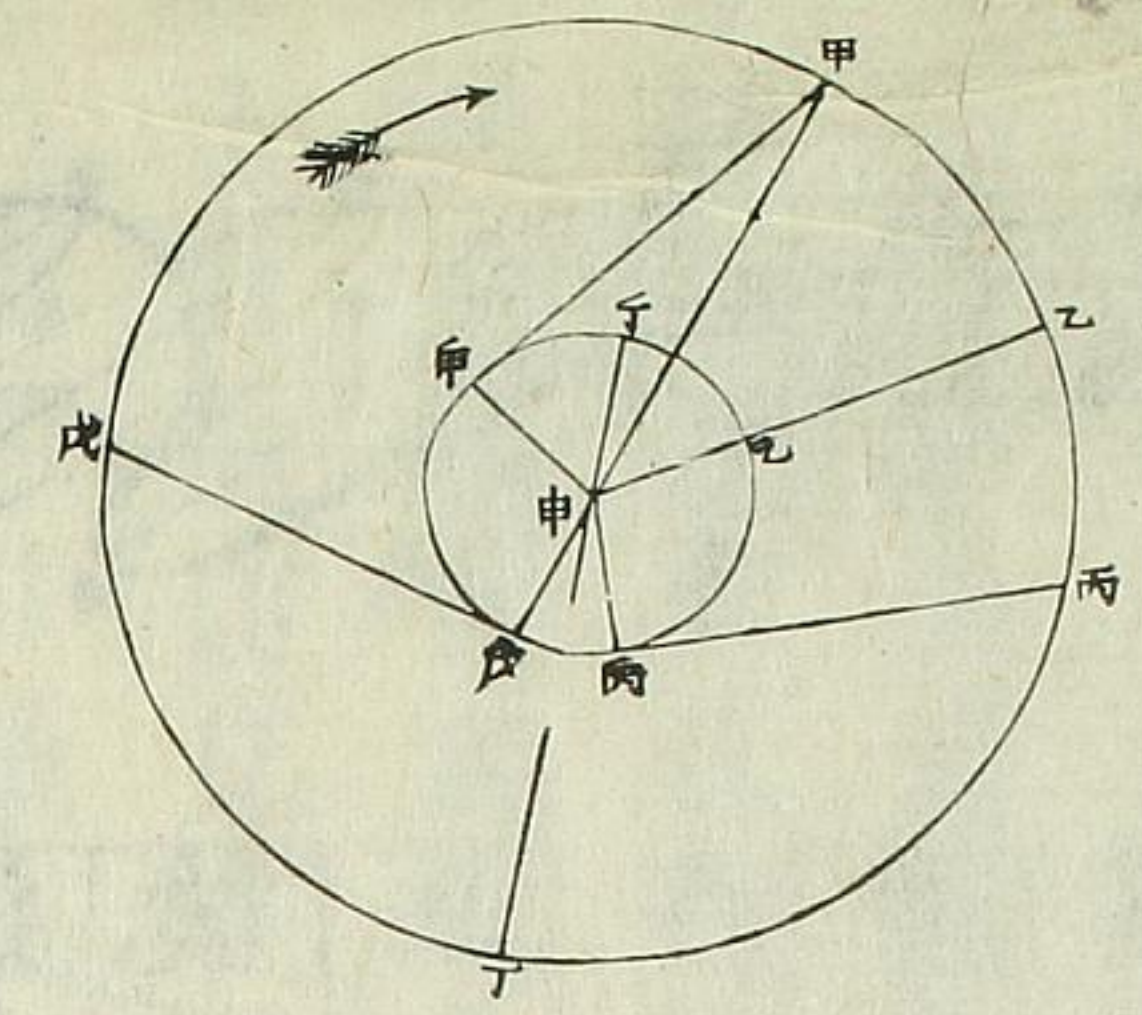
諸行星繞日一周在地望之各不同金水二星如偕日

而行離日之度有定界或在日東或在日西在日東則日入後見于西方名昏見在日西則日出前見于東方名晨見離日最遠水星不過二十九度而金星四十七度在日東最遠與日同速既而留而逆行初遲後速與日漸近而伏伏時或見其過日面如小黑圓斑此必行星過交線而地球亦在交線乃有之與日月食理同伏若干日而復見在日西仍逆行初速後遲遲極復留而順行復離日最遠而與日同速既而速漸增追及于日而又伏伏數日復見在日東焉順逆伏留之時有增損不恆等焉



如圖巳午為黃道甲乙丁為行星道日居星道心乙申為二交點若日定居黃道無視動則必見行星進退于日之前後設地在交線則在日下必見星過日面在日上必見日掩星今日于黃道巳午有視行設過申酉戌亥諸分每分中行星在本道過一象限則其視道必成甲卯辛子曲線在甲卯辛分內必見順行在辛卯子分內必見逆行而在辛點必見留也此惟金水二星為然二星在地道內名

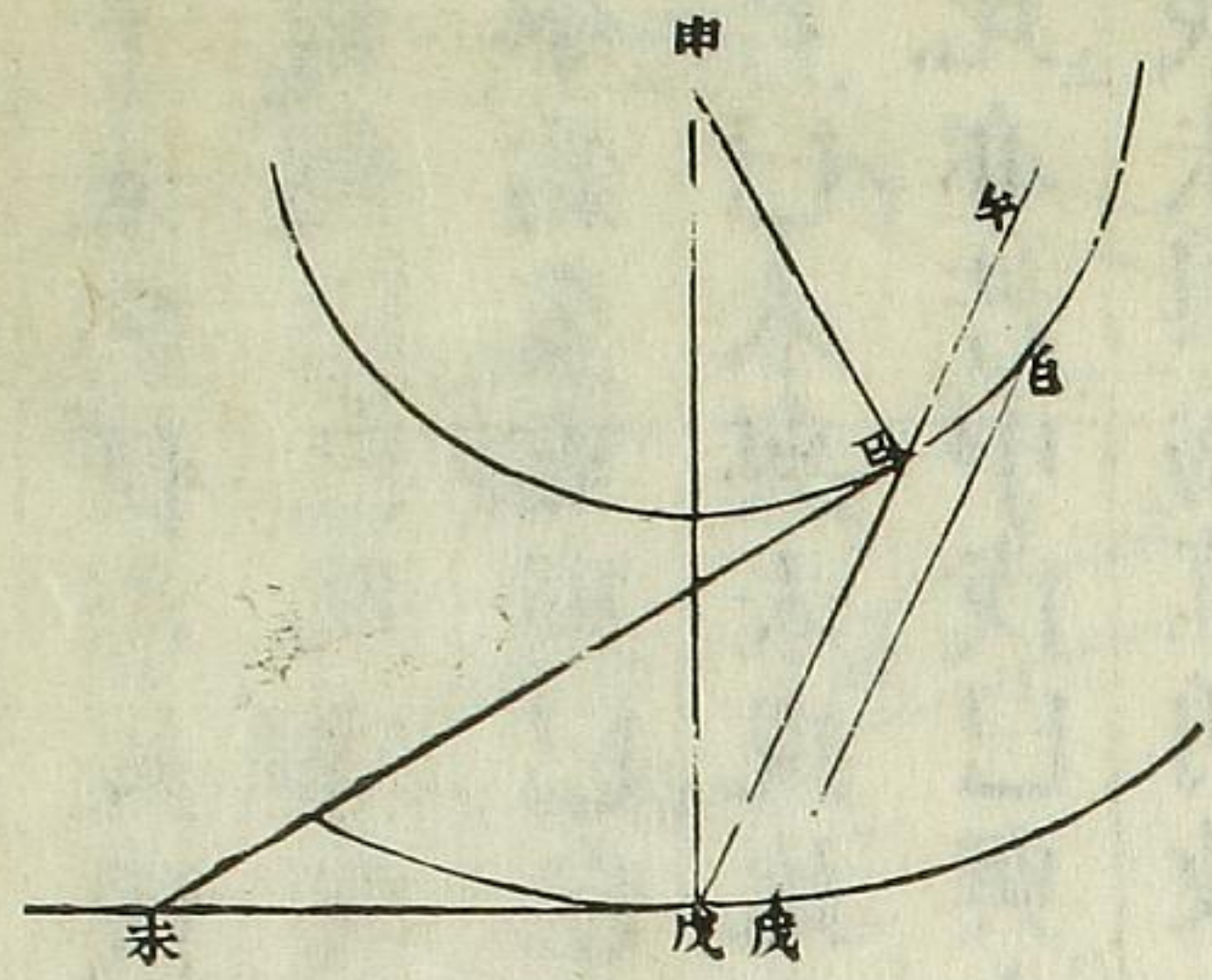
內星伏時星在日地間名下合日在星地間名上合又
 圖正視星地二道申爲日申子之內爲水星道甲乙丙
 丁爲地道矢表星地所行之方向
 星在申時設地在甲其方向爲星
 道之切線申甲則必見其離日最
 遠其角度申甲申爲最大甲申申
 爲直角則半徑與申甲申角正弦
 比若地道半徑甲申與星道半徑
 申申比故測得申甲申角即能知星道之半徑然屢測
 其半徑不等故知星道非正圓而爲橢圓用連次測數



推得水星距日中數約一億零五百萬里金星距日中
 數約一億九千七百里地道半徑爲二億七千五百萬
 里又以高卑二點正交點之微差推得水星一周之恒
 星時爲八十七日二十三小時一刻零四十三秒九金
 星一周之時爲二百二十四日十六小時三刻四分八
 秒而晨昏見一周之時水星爲一百十五日八七七金
 星爲五百八十三日九二此恆星周太陽周之別設地
 定居于甲則行星在申爲晨見離日最遠行一周復至
 申仍得晨見離日最遠今地自甲向乙行于本道故星
 復至申時地已前行追至戊遇地在戊始同在切線上

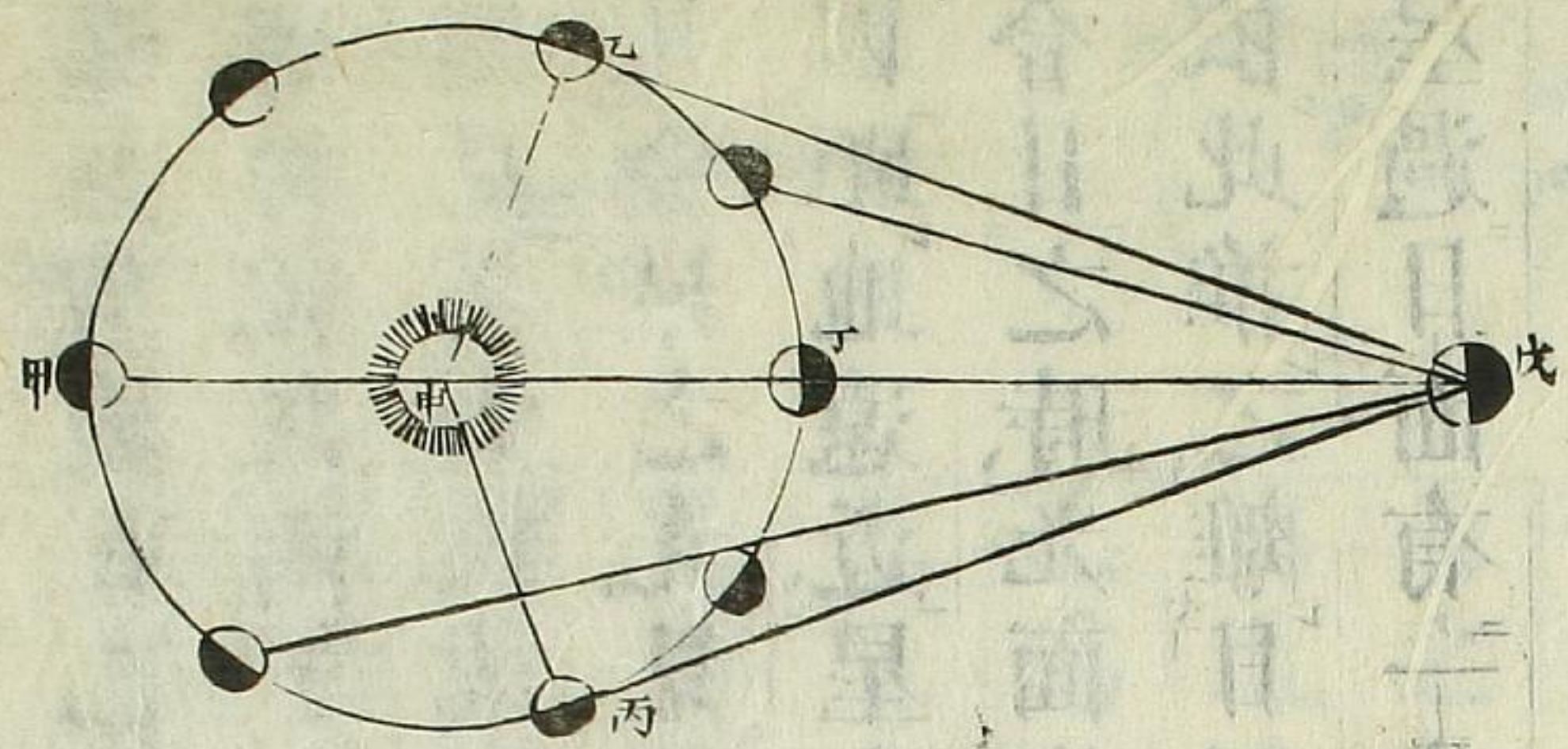
而復得星晨見離日最遠也中間星至乙時地至乙則見星下合日星至丙時地至丙則得星昏見離日最遠星復過申至丁時地至丁則見星上合日星自申起復至申是謂恒星周一周後更行至戊是謂太陽周也以金水二星地球三道之半徑推得二道里數各以一周之時約之得一小時中水星約行三十一萬六千二百三十里金星約行二十三萬一千三百三十里地球約行十九萬六千七百五十里故星在下合日之點左右時星地之行方向同而星速于地從地視之見星行之方向與日視之方向與日視行逆故為逆行在上合日之點左右時

星地之行方向逆而從地視之見星行之方向與日視行順更速于日故為順行二留點不在離日最遠申丙二點而在申乙與丙乙之間又圖戊戌為地道上之微



弧已巳為星道上之微弧若二微弧與二速率比例恰令地過戊戌星過已巳其距線已戌至巳戌方向不變則地視星或背地上行或向地下行而不見有順逆行故曰留也若離日最遠時則見其與日同速而為順行

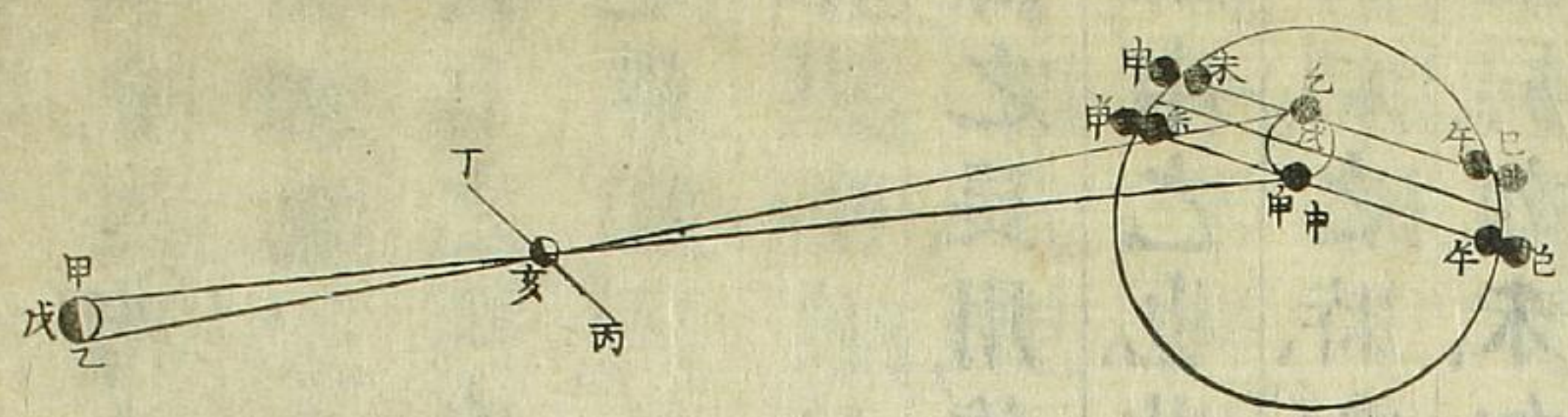
矣欲推留點所在引長巳巳戊戊爲巳戊二點之切線
 會于未點任引長戊巳至午巳戊與巳戊平行則準平
 三角例巳巳與戊戊比若巳未與未戊比命星地之二
 速率爲亥亥則巳巳與戊戊比若亥與亥比故亥與亥
 比若巳未與未戊比亦若巳戊未與未巳戊二角之正
 弦比亦若申戊巳與申巳午二角之餘弦比因申巳未
 申戊未俱爲直角故也亦若申戊巳角餘弦與申戊巳
 戊申巳二角和之餘弦比又命星地二道之半徑爲未
 未則未與未比若申戊巳角正弦與申戊巳戊申巳二
 角和之正弦比而申戊巳戊申巳二角可推一爲行星



留時離日之角一爲日視行星與
 地二經度之較角也然星地二道
 俱非平圓故推算更繁今不詳論
 而著其已推得之數水星之留點
 離日最小約十五度最大約二十
 度金星恆在二十九度左右其逆
 行水星約二十二日金星約四十
 二日
 金水二星有弦望如圖申爲日戊
 爲地乙甲丙丁爲星道星因日照

向日半面明，背日半面暗，故當上合星在甲，戊視之見光滿如望星，在乙甲甲丙之間，光必多于弦，在乙丙二點則如弦，在丙丁丁乙之間，光必少于弦，漸近下合丁點則見其如線，或全無光如朔，或見其過日面如黑斑焉。凡金星之光，見其時明時微者有二故焉：一因弦望，一因距地遠近，星之視體大小不同，如自離日最遠至下合日之時，光面漸變少，然漸近地，視體漸大，每相補焉。依此推之，離日四十度時，光最明焉。

金星過日面有一定時，而二次相距之年不等，率初八年，次一百二十二年，次八年，次一百零五年，如是周而



更始恆近冬夏二至，測此以推地日距及日之地半徑視差法最妙。如圖申為日，戊為地，亥為金星，丙丁為過日面時之道，甲乙為二測處，在地球面相對二點，其徑甲乙正交黃道面，若地不轉，星過日面時，甲乙徑不動，則甲點見星在日面，申乙點見星在日面，乙甲亥甲乙亥乙皆為直線，則亥點之相對二角必等，故申乙與甲乙比，若星之距日與距地比，即若六十八與三十七比，約為五與二比，則日面之申乙必

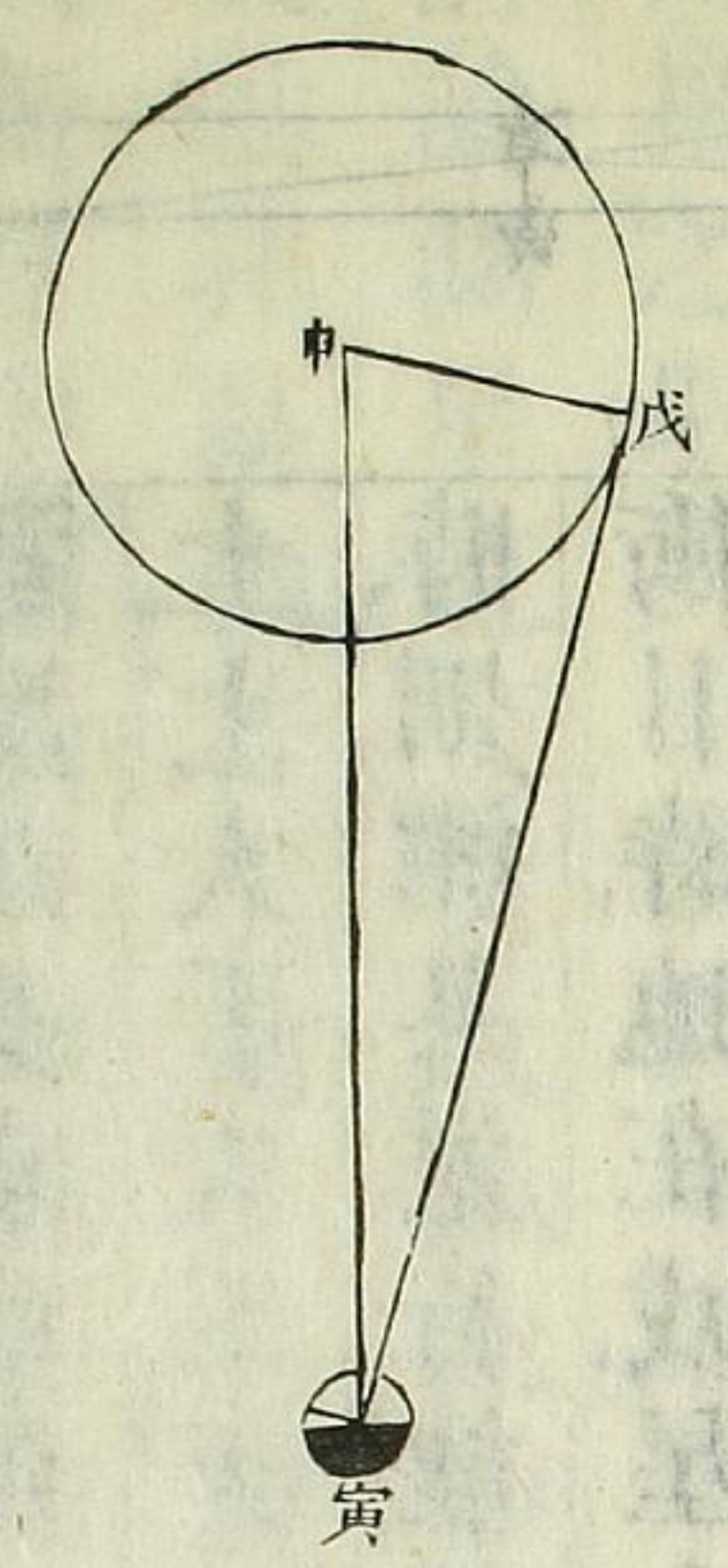
五倍地半徑其視度必五倍地平視差是以測申之設有差推得地平視差其差減小不過五分之一故曰法最妙也巳午未申巳午未申二線爲金星視道之二界從日之西邊入東邊出甲乙測者必細測出入二點以定界線所在若細測過日面之時更妙蓋查金星表能知其行度速率而視道約同直線知其時即知過日面線之長用作通弦以日徑求其矢甲乙所得二矢之較即申乙也此必測星心過日面故先測入日時一星日外切之時如巳一星日內切之時如午次測出日時與前同如未如申取外切內切之中時以日周之弧攷之則得星心出入之時然地球自轉而二測處又不能恰在相對二點故推步甚曲折與日食月掩星同而更細密今不詳論但論測金星過日面爲最要事云乾隆三十四年星過日面英佛蘭西俄羅斯等國俱分遣時人至遠方測之合各國測數推得太陽之地平視差爲八秒五七七六此後過日面當在咸豐二十四年三十二年

水星道之兩心差最大約爲四分半長徑之一故其離日最遠度相差甚多小則十六度十二分大則二十八度四十八分金星道亦爲橢圓而兩心差不甚大

水星過日面在正交點近小雪在中交點近小滿分計
 之在正交點約十三年或七年一次率三次相距俱十
 三年一次相距七年在中交點亦然此約言之耳水
 星道與黃道之交角大故時或不合當以二百十七年
 一交之終計之其次周而復始也水星近日用以攷日
 之視差不便故非若金星之當詳測焉道光二十八年
 水星過日面此後當在咸豐十一年

凡星道包地道者名曰外行星何以知其包地道其証
 有二內行星離日度有限遠至限而復近外行星則無
 限衝日時遠至半周地不在星日中間不能如是也

星之光常滿不見有弦缺其遠者為木土天王海王恒
 為圓體其近者為火星雖或小虧亦不能過八分之
 故知在地視星與日照星之方向略同非地道在星道
 內不能如此二也以火星論之如圖申為日戊為地寅

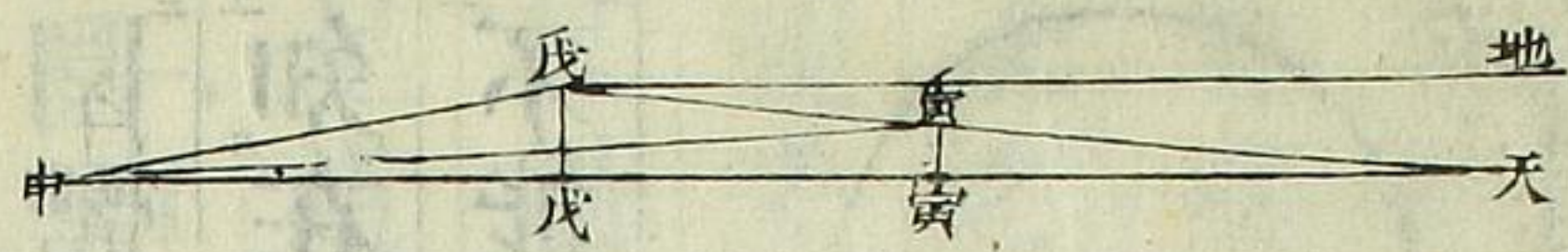


為火星地在戌時火星
 上見地離日度最大地
 上視火星見暗面亦最
 多準星之光分能推申

寅戌角及星日二心距申寅與日地二心距申戌之比
 例故知火星道半徑為一個半地道半徑強而木土天

王海王之虧不能見則其道必包地與火二道

外行星于衝日前後皆逆行逆行之時及所過度分及速率各不同俱火大于木木大于土土大于天王天王大于海王若知星之周時則測其逆行能推星道大小如圖中為日衝日時地在戊星在寅同在申天直線內歷若干時地行至戊星行至寅作戊寅聯線引長之交申天線于天成申戊天申寅天二三角形先用申戊天形已有申戊邊即日地距亦有天申戊角即地所過之弧度亦有申天



戊角即地戊天角為星逆行之度則可推得申天邊次用申寅天形已有申天寅角亦有天申寅角即星所過之弧度以星周時與今所歷時比例而得又有申天邊則可推得申寅邊即星日距也然星道非平圓必累測而推之取其中數為星道半徑也

前論測星道交黃道點能知周時然其交角有甚小者交點非易測若干衝日前後數日連測之以定衝時二次衝日中間積時即星之太陽周時也然因橢圓有微差必屢測取其中數方得太陽平周時知太陽周即知恒星周測次愈多得數愈密五緯星已歷測二千年推

得其周，可云密之至矣。

凡二行星周時之平方比，若二距日線之立方比。如地與火星二周時之率，爲三百六十五萬二千五百六十四與六百八十六萬九千七百九十六，二距日之率，爲十萬與十五萬二千三百六十九，上二率各自乘，下二率各再乘，其比例同也。此爲古今來天學中第一至妙無上之理。刻白爾精思苦索而得之，是時未有對數，推三角頗不易，諸行星之根數未能若今時之精密，而刻白爾乃能探得此理，則又難之難已。苟非大智，何以能之。自明此理，而知地球與諸行星不獨形體相似，顯然一類，無可疑矣。

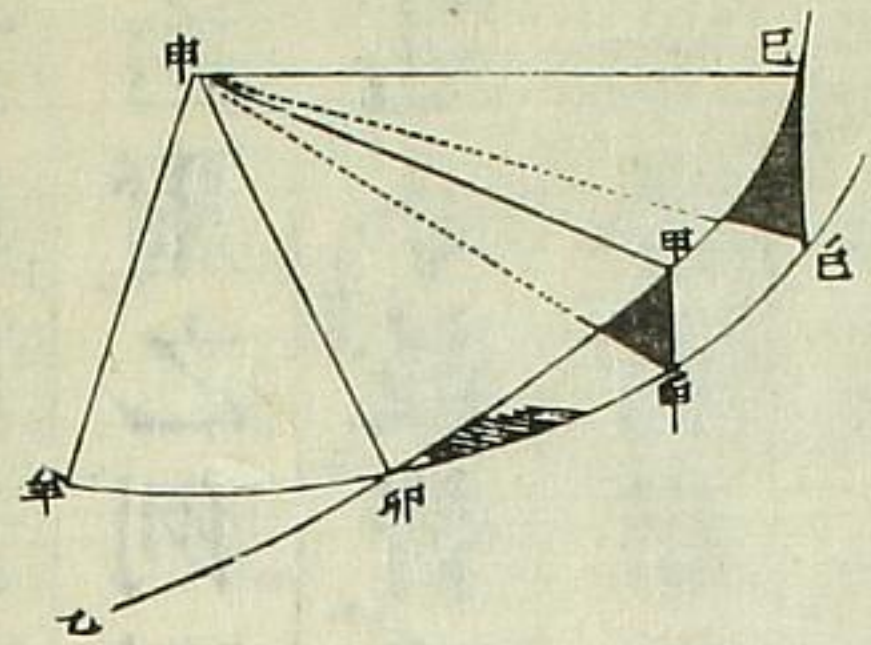
刻白爾攷火星行法，悟得火星之道爲橢圓，日居橢圓之一心，星日距線所過面積等，則歷時亦等。驗之火星，既密合，以其法推諸行星，皆合。因立三例：一曰歷時同，則星日距所過面積亦同；二曰諸行星皆行橢圓道，以日爲橢圓之一心；三曰諸行星距日中數與周時有公比例。此三例以奈端動重學之理攷之，俱合。其第一例歷時同，距線所過面積亦同者，蓋諸行星本欲以平速行于直線，其行于曲線者，必有力恆加之，令曲也。其力之方向恆指日心，奈端論此理甚明，其大略云：凡力恆

加于一動體力之方向恒指一點則體必行曲線道歷時同體距點之線所過面積亦同此可以淺近事顯之譬如以繩懸一小鐵球手執一端依地平而旋轉之一指向下令繩纏指則球必漸近所繞之心而速率漸大周時變小同時過同面積日驗即知無煩細論也若反旋令繩展于指必由速漸遲與前相反其第二例行星皆行橢圓道以日爲橢圓之一心者蓋諸行星皆依日之攝力而行曲線與他星無涉以動重學言之凡動體無他力加之必行直線恒加以他力則行曲線動體行平圓周者動體之本速率與所加他力令本道各點之曲率恰相等也若力更大則曲率亦更大力更小曲率亦更小此皆不合平圓而動力必時大時小曲率亦時大時小凡動體行曲線道若先知其本動之方向與本曲線之理則亦可推其令方向變之力令物行橢圓道用力之法不一設作鐵線橢圓圈穿一珠令行其上則令方向變之力恒正交鐵線而不向橢圓心其行必爲平速此與同時同面積之理不合必如前論用繩懸小鐵球乃合也欲攷橢圓之力有三理一準同時同面積能知體在各點之速率二準曲率能知各點離切線而向心之數三準速率變大小能知各點力之大小令體

同心而離直線之率任在何點皆可推算欲驗體行橢圓之理最妙以蠶絲懸一細鋼球下置一大力翁鐵園柱喻鐵之極與懸點正相對乃動其球令繞翁鐵則球必行橢圓而不行平園也其第三例諸行星距日與周時有公比例者蓋諸行星各行本道皆由于日之攝力凡化學中質點相并力及翁鐵力僅能攝數質而日之攝力凡所屬諸星無論何質皆攝之攝力有大小由于諸星距日有遠近蓋攝力與質多少有正比例而與相距遠近有反比例也準奈端之理凡二體互相繞其周時必如橢圓道半長徑立方之平方根以二體質和約之之數準此若諸星之質較日質相去非俱甚懸絕則刻白爾之例不能合今諸星質雖有大小而較諸日則俱甚小故皆略合其差甚微不能覺也

欲明各行星橢圓道之根數有三要一爲橢圓形及大小以長短二徑定之或以半長徑及兩心差定之如橢圓之長徑十短徑八則半長徑爲五兩心差爲三其橢率爲五分之三一爲橢圓之方位以黃道面及分點線爲準此有三事星道與黃道二面之交角一也二面交線之方向二也長徑之方向三也交線必過日心故知交點經度即知其方向星過交點自南至北爲正交此

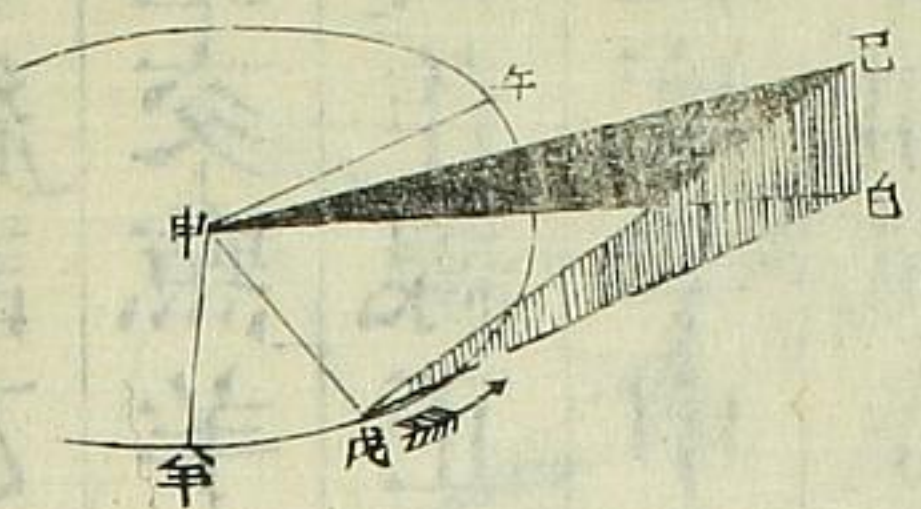
時星之經度即交點經度也。而知最卑點經度即知長
 徑方向最卑點長徑之一端也。一為星于某時當在本
 道某點。但知最卑點或橢圓上一定之點及周時則依
 同時同面積之理即能知之也。三要已知則無論何時
 能知行星所在之處。而從日心與地心之二視方位俱
 可推得也。先論從日心之視方位。如圖
 申為日。巳甲卯為行星橢圓道。以申為
 心。甲為最卑點。巳申卯羊為依星道作
 柱面正交黃道面所成形。申羊為分點
 線為經度所起。申卯為星道黃道二面



交線設乙在黃道南甲在黃道北星自乙向甲則卯為
 正交點羊申卯角為交點經度若星在巳從甲巳二點
 俱作線正交黃道面于申巳二點則羊申巳角為行星
 經度羊申申角為最卑點經度巳申巳角為行星緯度
 已知周時及橢率橢圓面積故但知星過最卑點之時
 則準同時同面積之理能知甲申巳面積而用幾何法
 能推得甲申巳角即星距最卑度乃取甲卯申正弧三
 角形推之已知卯申弧即最卑與交點二經度之較卯
 申申角亦知卯角即二面之交角故卯申弧即卯申甲
 角亦可知以卯申甲加甲申巳得卯申巳角為星距交

度乃用巳卯巳正弧三角形已知卯角及卯巳邊即星
 距交度推得巳巳邊即巳申巳角乃星之緯度也又推
 得卯巳即卯申巳角加交點經度卯申羊角得羊申巳
 角乃星之經度也

再論從地心之視方位地心視行星方位異于日心者
 因地球距日而生故必先求行星距地距
 日之數次求地距日之數乃可推也如圖
 申為日戊為地巳為行星申羊為分點線
 羊戊為地道巳巳為行星心至黃道面之
 垂線申巳戊為星之地道半徑差角戊巳



為從地視星之方向戊巳為地至星垂線底之方向作
 申午線與戊巳平行則羊申午角為星之地心經度而
 巳戊巳角為地心緯度夫羊申戊為地之日心經度有
 日表可查羊申巳為星之日心經度巳申巳為日心緯
 度依上法可推而申巳為星道之帶徑各本代微積拾級申戊
 為地道之帶徑各準道之大小及體所在度可推既有
 此諸數則星之地心經緯度俱可推法先用申巳巳直
 角三角形已知申巳邊及巳申巳角求得申巳巳二
 邊次用申戊巳三角形已知申巳申戊二邊及戊申巳
 角乃星地二日心經度之較求得申巳戊角及戊巳邊

創見星表

天王

天明元辛丑

西千七百廿年

穀女

享和元辛酉

西六百廿年

武女

享和元辛酉

西六百廿年

天后

文化元甲子

西六百卅年

火女

文化四丁卯

西六百卅七年

甲巳戊與巳申午二角等故申巳戊巳申戊羊申戊三角和等于羊申午角即星之地心經度又用巳戊巳直
角三角形已知戊巳巳巳二邊求得巳戊巳角即星之
地心緯度也

五緯星上古以來人皆知之天王星乃侯失勒維廉于
乾隆四十六年二月十九夜以遠鏡細測諸恆星始知
為行星前此因遠鏡未精每誤列于恆星表也火木二
道間諸小星嘉慶時先得其四一為穀女得于六年測
地為以大利之西西里巴勒摩城人為必亞齊一為天
后得于九年測地為日耳曼之阿諾威高丁近人為哈
爾定一為武女一為火女得于七年十二年測地為日
耳曼之不來梅人為阿爾白士初有波特者普魯士伯
靈之天文士也言火木二道之間必有行星但未測得
耳蓋各行星道距水星道約俱遞倍如地水二道距約
倍金水二道距火水二道距約倍地水二道距推之土
天王莫不皆然惟火木二道間太遠與例不合故也後
測得此四星其道大小略等俱在火木中間距火木二
道之數與上例合歷家咸異之或謂此四小星本一大
星破碎而成果爾其數當不止于四後人因細測近黃
道一帶小星盡著于圖以核其中有行星否于是道光

皇漢四	二共五	三共六	四共七	五共八	六共九	七共十	八共十一	九共十二	十共十三	十一共十四	十二共十五	十三共十六	十四共十七	十五共十八	十六共十九	十七共二十	十八共二十一	十九共二十二	二十共二十三	二十一共二十四	二十二共二十五	二十三共二十六	二十四共二十七	二十五共二十八	二十六共二十九	二十七共三十	二十八共三十一	二十九共三十二	三十共三十三	三十一共三十四	三十二共三十五	三十三共三十六	三十四共三十七	三十五共三十八	三十六共三十九	三十七共四十	三十八共四十一	三十九共四十二	四十共四十三	四十一共四十四	四十二共四十五	四十三共四十六	四十四共四十七	四十五共四十八	四十六共四十九	四十七共五十	四十八共五十一	四十九共五十二	五十共五十三	五十一共五十四	五十二共五十五	五十三共五十六	五十四共五十七	五十五共五十八	五十六共五十九	五十七共六十	五十八共六十一	五十九共六十二	六十共六十三	六十一共六十四	六十二共六十五	六十三共六十六	六十四共六十七	六十五共六十八	六十六共六十九	六十七共七十	六十八共七十一	六十九共七十二	七十共七十三	七十一共七十四	七十二共七十五	七十三共七十六	七十四共七十七	七十五共七十八	七十六共七十九	七十七共八十	七十八共八十一	七十九共八十二	八十共八十三	八十一共八十四	八十二共八十五	八十三共八十六	八十四共八十七	八十五共八十八	八十六共八十九	八十七共九十	八十八共九十一	八十九共九十二	九十共九十三	九十一共九十四	九十二共九十五	九十三共九十六	九十四共九十七	九十五共九十八	九十六共九十九	九十七共一百
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------

二十五年十一月初十夜亨該得嚴女二十七年五月
 十九夜又得穉女七月初三夜欣特得虹女九月初十
 夜又得花女二十八年三月二十二夜格來漢得慧女
 二十九年三月二十夜特迦斯巴利得醫女三十年三
 月三十夜又得處女八月初八夜欣特得勝女九月二
 十九夜特迦斯巴利得傅女咸豐元年四月十九夜欣
 特得和女七月初二夜特迦斯巴利得時女二年正月
 二十七夜又得靈女二月二十八夜路得得海女五月
 初八夜欣特得歌女七月初八夜又得吉女八月初六
 夜特迦斯巴利得王女十月初四夜哥勒斯迷得琴女
 初五夜欣特得詩女十一月初五夜又得戲女三年二
 月二十七夜特迦斯巴利得公女二十八夜沙谷納得
 福女三月二十八夜路得得陰女十月初八夜欣特得
 簫女四年二月初三夜路得得戰女馬德得洋女六月
 二十八夜欣特得天女閏七月初九夜佛古孫得麗女
 九月初七夜哥勒斯迷得果女沙谷納得瑟女五年三
 月二十夜又得巫女四月初四夜路得得沉女八月二
 十五夜哥勒斯迷得馳女路得得信女十二月初五夜
 沙谷納得卵女六年正月初三夜又得喜女二月二十
 五夜哥勒斯迷得律女四月十九夜又得桂女二十夜

包格孫得地女，七年三月二十一夜，又得愛女，五月初
五夜，哥勒斯迷得使女，六月初七夜，又得香女，二十七
夜，包格孫得家女，七月二十七夜，路得得仁女，八月初
二夜，哥勒斯迷得溟女，牧女，十七夜，佛古孫得貞女，十
二月初八夜，老倫德得禽女，二十三夜，哥勒斯迷得虜
女，八年二月二十一夜，路得得島女，八月初四夜，哥勒
斯迷得哲女，初七夜，昔勒又得其一，名未詳并前四星，共
五十五星，其道俱略相近，則大星破碎之說，似可信矣。
大行星中，海王最後得初測望，家見天王星有無法之
小動，英亞但史、法蘭西、力佛理亞驗其動法，皆以爲別
有一行星，其攝力加于天王，而生此動，其說不謀而符。
二人各以法推，未見之行星，謂今當在某經度某緯度，
其推又略相近，力佛理亞以所推送伯靈星臺，是夜臺
官嘉勒用遠鏡，依所推之處，測諸小星，核以星圖，果得
一行星，距力佛理亞所定之經緯，其差甚微，名之曰海
王。時道光二十六年八月四日也。

前條言諸星道相距有定例，其數雖不能如刻白爾諸
例之密合，然甚相近，求其所以然之理，未能得及。得海
王，其道距水星道，非倍于天王，距水星而僅加半，與例
不合，然後知此例乃偶合，不足憑，而凡說之無証者，俱

當細攷之，不可遽信矣。

諸行星上設有動植諸物，其性與質必較地面諸物大不同。蓋諸行星異于地球者三：受日之光熱多少不同，一也；攝力大小不同，二也；體質疎密不同，三也。受日光熱，水星多于地約七倍，地多于天王約三百三十倍。試思我地面之光熱若多七倍，何以堪之？若少三百倍，又何以堪之？攝力大小，木星視地約若五與二，火星約半于地，月較地若六分之一，小行星約二十分之一。質疎密以重率言之，則土星重率爲八分地重率之一，意土星質當略如樺皮。此二者既如是不同，則動植諸物若性質無異地面，必不能生活也。

以遠鏡測諸行星所得諸事條列于左：

水星畧如球體，光如月有盈虧，因最近日而小，不能細測其質，實徑約九千二百里，視徑五秒至十二秒。金星亦_有盈虧，其實徑二萬二千六百里，視徑最大六十一秒，大于他行星，然其面但見有光而不能見有山與影，雖有光暗之異而非能一定，故或言金水二星自轉之時畧與地同，或言多于地二十四倍，因其面無斑未能測定也。或星之體我人不能見，但見包星之雲，雲所以蔽日光以護星也。

火星之面甚明晰道光十年六月二十九日用二丈回光鏡測之見有大洲與海狀如一圖大洲作紅色意其上紅也海作綠色有時不清晰或狀改變意包星之氣中有雲故耳而當清晰時有一定形狀星自轉其面以次而見已有好事者細測著于圖其二極有白斑最明見本圖或云是積雪故向日久則小背日久則大最大時約距極六度細測此白斑知火星自轉其赤道面與黃道交角三十度十八分歷二十四小時二刻七分二十三秒而一周其轉亦自西而東與地同其實徑約一萬一千九百里視徑最小四秒最大十八秒

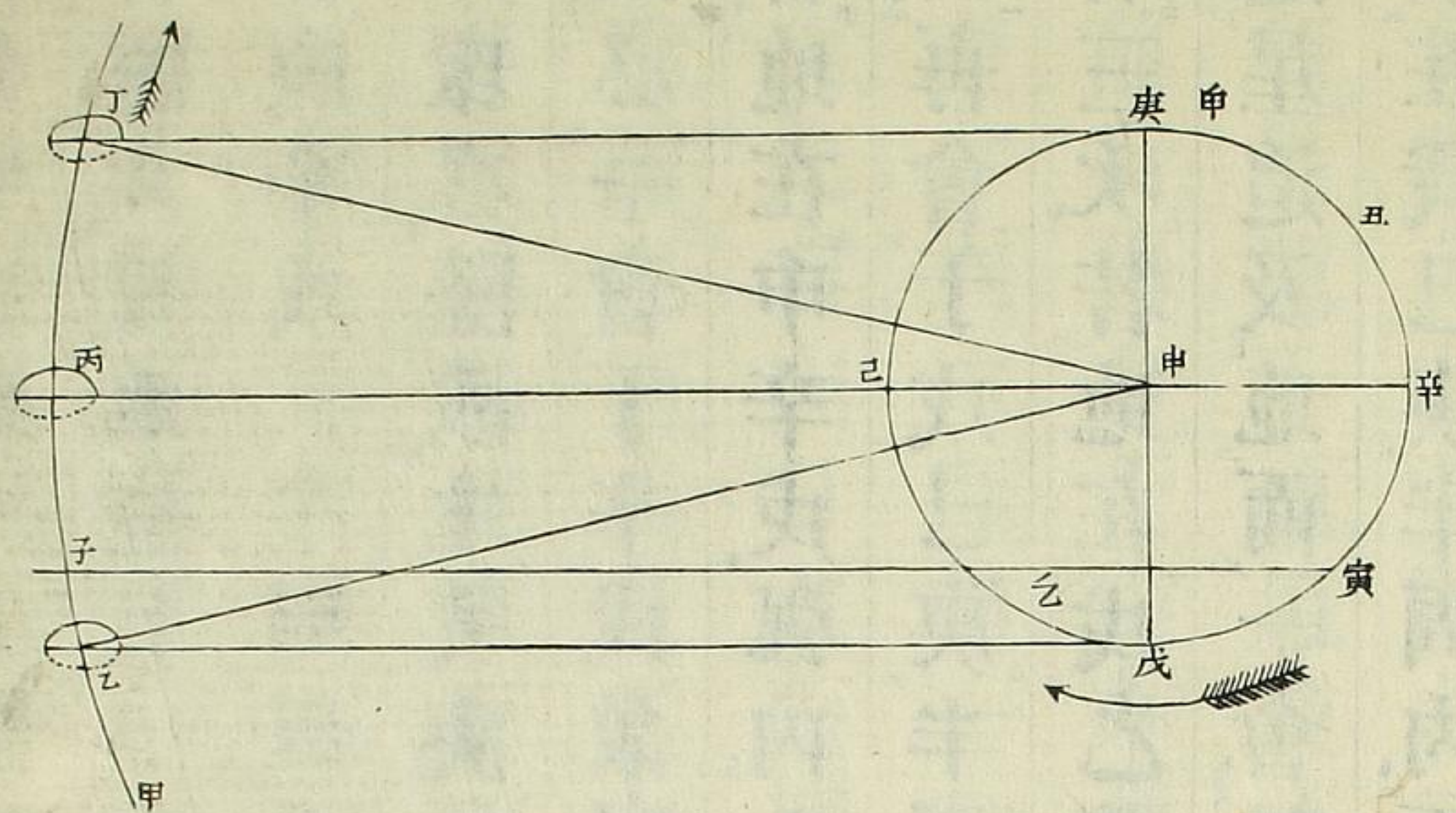
木星在行星中爲最大實徑二十五萬二千里其體積大千地球一千三百倍視徑最小三十秒最大四十六秒其面有帶數道道光十二年八月二十九日用二丈回光鏡測之如一圖其帶之廣狹位置屢變非一定間或散于星之全面此必在包星之氣中因風而成如地之貿易風也而星之轉其面行速于地故其風愈有一定其黑者爲星之體然不至星之邊其邊氣愈厚故也星面或見大斑其帶或見分枝細測之知木星自轉歷恆星時九小時三刻十分五十秒而一周其軸與帶正交木星體非正圓而微匾與地同用分微尺測得赤道

徑與二極徑之比若一百零七與一百之比依算理推
木星之體質并繞日之時與測得數合故知此法可推
最遠行星無不合也木星有四月繞之如地之有一月
也其繞法自西而東亦同諸月繞木星與諸行星繞日
理與法俱合

土星實徑約二十二萬八千里體積大于地球約一千
倍距地遠近適中時視徑十八秒其面亦有帶數道不
及木星之清皙理與木星同間或見大斑即星之體據
以測自轉得十小時一刻十四分十七秒而一周土星
有七月繞之最異者體外有光環分二層與星同心而

共在一平面內外環之外徑五十一萬零一百四十四
里視徑四十秒○九五內徑四十四萬八千九百九十
七里視徑三十五秒二八九內環之外徑四十三萬八
千六百三十九里視徑三十四秒四七五內徑三十三
萬九千三百零七里視徑二十六秒六六八環之厚難
測然必不能過七百里星之赤道徑二十二萬八千九
百零五里視徑十七秒九九一赤道距內環內周五萬
五千二百零二里視距四秒三三九兩環之間五千一
百七十九里視距○秒四○八此二空處望之若二黑
環焉環之前半對日生影影在星面環之後半有星體

之影故知環為實體非虛象也星面諸帶與環平行故知星自轉之軸正交環面也見三圖土星繞日行其自轉軸與光環方向不變故光環面交黃道面之角亦不變恆為二十八度十一分其二面交線與分點線成角一百六十七度三十一分而光環二交點之經度一為一百六十七度三十一分一為三百四十七度三十一分土星至此二點光環之邊正對日若適當衝日時地上視光環如一細長光線非最精遠鏡不能見謂之光環隱土星約十五年一過交點過交點時光環或隱一次或隱二次三次如圖申為日甲丁為土星道戊己庚



辛為地道矢所指為星地行道方向丙為交點丙申為交點距日線作戊乙庚丁與丙申平行切地道于庚戊二點光環之方向恆不變故土星在乙丁之間若與地球會于丙申平行線如子寅戊乙等線光環必隱土日距申乙與地日距申戊之比若九五四與一之比推得丙申乙角為六度一分倍之即乙申丁

角爲十二度二分，即乙丁度，土星過此約三百五十九日，四六較地繞日一周，僅少五日八地，或在戊己庚或在庚辛戊，二半周俱可與土星會于丙申，平行線會則光環必隱，設地從庚行五日八至申之時，土星初至乙，則必一會于辛戊象限內，再會于庚點，計其隱有二次，若地在申辛戊弧內，土星至乙，則必一會于辛戊象限內，再會于戊己庚半周內，三會于庚辛象限內，計其隱有三次，若地在戊乙弧內，土星至乙，則其初地斜行而遲，星追及地而一會，後地行近正而速，追及星而再會，俱在戊己庚半周內，而星未至丁，地已過庚，又會于庚辛象限內，計其隱亦三次，地在乙時，土星至乙，其初地斜行，星速于地，追及地與會，會後地行漸正，即速于星而前行，再會于庚辛象限內，計其隱只二次，若地在乙己申半周內，則僅一會于庚辛戊半周內，而其隱不過一次，光環向日之面明，背日之面暗，若丙爲光環之正交點，圖之面爲黃道北，其背爲黃道南，則地會星在辛戊象限內，爲從明至暗，在戊己象限內，地追及星，爲從暗至明，星追及地，爲從明至暗，在己庚象限內，爲從明至暗，在庚辛象限內，爲從暗至明，地入暗面時，望星見，面上有帶數道，而赤道上，有細黑線，若星在乙丁弧外，

則無此狀。凡土星之日心經度，自一百七十三度三十分至三百四十一度三十分，見環之北面恆受日光。自三百五十三度三十二分至一百六十一度三十分，見環之南面恆受日光。在七十七度三十一分及二百五十七度三十一分時，見光環之面最廣，其短徑約爲長徑之半，或疑光環如此大而係實體，何以能懸居空中而不落于星面。曰：光環亦依本面自轉，環上之光有不同處，據以測得歷十小時二刻二分十五秒而一周。準土星攝力推之，如物在環半繞星應得之速，故能懸居空中不落也。以分微尺細測，知光環之重心行于小圓周，以繞星之重心，非與星共一重心也。如此環之攝力加于星之四面不同，令星恆欲向環之最近點而最近點繞星而行，頻移其處，故環甚穩，不致搖動，亦不致與星附着也。又環與星繞日，遲速如一，故永不變若速率微不同，環亦必落于星面也。或言外環之光小于內環，而內環內半之光亦小于外半，道光三十年十月初八夜，米利堅堪比日星臺官本特用大赤道儀測之，見內環之半有暗帶界之，其內半較濶，覺別有一環，其濶若五分舊二環和之一，後二十二二十六兩夜，英國根德天文士導斯用精遠鏡徑六寸者測之，亦見暗帶。

更明皙與本特不謀而合故定爲三環暗帶乃新環舊
環間之空處也而新環半亦見有黑線界之界已內光
更小
天王僅見爲一小光面無環無帶斑亦難見實徑約十
萬一千里視徑四秒此星之道甚大故視徑之變不甚
覺其體積較地大八十二倍其月或四或五或六未測
定月道異于他星詳後卷

海王最後測得其道最近黃道面不能審視故其狀不
能言或謂其有光環環面交黃道之角甚大而拉斯拉
斯得路佛本特俱測見有二月一已確可信一尙未得

全証

火道外諸小星俱甚微不能詳視武女狀似星氣想係
厚氣星之攝力小不能令聚也又惟武女火女用最精
遠鏡能測其視徑他俱不能也設人居諸小星上能躍
高六丈如在地面躍高三尺也地上水族之大者移于
諸小星可陸居也

欲顯繞日諸星大小及相距之率當擇一極平地面置
一球徑二尺爲日距球一百六十四尺置一芥子爲水
星距球二百八十四尺置一豌豆爲金星距球四百三
十尺又置一豌豆爲地距球六百五十四尺置一菘豆

爲火星距球一千尺至一千二百尺置五十餘沙粒爲
 穀女等諸小星距球一里餘置一橘爲木星距球二里
 半置一小橘爲土星距球四里半置一大櫻桃爲天王
 距球七里置一大李爲海王若作圖于紙不能得真比
 例也

談天卷二終

門生崑田清庸校

