

328-12

理學博士 横山 又次郎 著

天文地學講話

早稻田大學出版部藏版

明治
42 8 26
内交

目次

一、	地學の意義	一頁
二、	天文地學の意義	六
三、	天	六
四、	天體	七
五、	恒星	八
六、	太陽	九
七、	遊星	一〇
八、	月	一一
九、	彗星	一一
一〇、	流星及び火球	一二
一一、	太陽系の成立説	一二
一二、	地球の形	一四
一三、	地球の球形を證明する事實	一七

× 一四、地球面の區劃	二二
一五、度線網の張り方	二四
一六、度線網の用	二五
一七、第一子午線	二七
一八、× 經度を時間にて表はすこと	二九
一九、地平と方角	三〇
√ 二〇、時計を以て方位を知る法	三二
二一、四正方位の用	三四
二二、地平の種類	三五
二三、對脚者對住者及び隣住者	三七
× 二四、地球面は何處でも住まはれ得べきものとの説の始まつた時代	三七
二五、地平より上方にある天球中の點と線	三九
二六、地平より上に見ゆる星の位置を極むる法	四〇
二七、子午線と初等垂直圈	四二
○ 二八、天の赤道	四四

二九、地平の上に在る天極の位置の用	四四
三〇、時圈	四五
三一、赤緯圈	四六
三二、地球の實形	四七
○ 三三、度の測量	四八
三四、弧の角度的長さを測る法	四九
三五、三角法にての測量	五一
三六、赤道及び併行圈の度の測量	五三
三七、度の測量の歴史	五三
三八、歐洲に於ける度の測量の再生	五九
√ 三九、地球の眞形に關する現下の説	六五
四〇、地球の大きさと米(メートル)との關係	六七
四一、更正緯度	六八
√ 四二、地球の大きさ	七〇
四三、赤道と極との間の併行圈上の一度の長さ	七一

四四、各緯度の下に於ける子午線一度の長さ	七四
四五、眼界の廣さ	七五
四六、種々の距離より見ゆる物の高さ	七七
四七、地理里	七八
四八、視差	七九
四九、太陽、太陰及び遊星の視差	八一
五〇、遊星、太陽及び太陰の地球に比べての大きさ	八四
五一、天體間の引力發見歴史	八六
五二、地球の引力を計る尺度	八九
五三、地球の質量の大小を量る法	九〇
五四、地球面上の各地に於ける引力の強弱	九四
五五、物の墜落の速力と振子の振動	九五
五六、地球内に入りて其中心に近づく時の引力	九八
五七、地球の質量と他天體の質量との比較	九九
五八、太陽、遊星及び太陰の、地球よりの距離と地球半徑との比例	一〇一

五九、太陽、遊星及び太陰の密度と地球密度との比較	一〇三
六〇、遊星及び太陽の引力の地球の質量に働く強弱	一〇六
六一、太陽の引力の遊星に働く結果	一〇七
六二、地球の自轉	一〇八
六三、地球の自轉の證據	一一〇
六四、高さ處より落つる物の東偏	一一一
六五、振子の振動する方向の變更	一一四
六六、赤道の北には北東風吹き、其南には南東風の吹くこと	一二二
六七、地球面に於ける引力の作用の極より赤道に向つて減すると	一二四
六八、地球面の南北兩極地方に平なること、地球の自轉の證據となること	一二七
六九、地球の自轉の實らしき證據	一二八
七〇、地球の自轉に基づく地球面上の現象	一三〇
七一、同時に正午を示す土地	一三二
七二、各經線上に於ける土地の時刻の差	一三三

七三、	地方時の差を以て地學上の經度を知る法	一三六
七四、	日附の界線の所在地	一三七
七五、	觀察者の地平面と地球の自轉軸の位置との關係	一三九
七六、	地軸の地平面に對する位置より來る現象	一四〇
七七、	地球の自轉に基く天體の視運動	一四三
七八、	北半球に住む者の注意すべき事項	一五〇
七九、	星時計と赤緯赤經	一五二
八〇、	天球面の度線の網	一五四
八一、	恒星の視運動と太陽、太陰、遊星、彗星等の地球自轉に基く運動	一五五
八二、	地球の公轉	一五七
八三、	コペルニクスの地動説を取りて尙迷つたこと	一五八
八四、	地動説の證據	一六〇
八五、	ブラドレイを光行差の發見に導きたる動機	一六一
八六、	光行差を説明すべき光學上の現象	一六三
八七、	前例の星の場合に對する適用	一六五

八八、	地球の軌道の擴張面以外にある星の光行差	一六八
八九、	視差の實測された恒星	一六九
九〇、	地球の軌道の形	一七一
九一、	地球の軌道内の諸點間の距離	一七一
九二、	地球の公轉速力の變化	一七三
九三、	一個年の長さ	一七四
九四、	日常用の一個年	一七五
九五、	曆にて一日の端數を平均する法	一七六
九六、	地球が太陽を過ぐる理由	一七九
九七、	地球の軌道を天まで擴張する理由	一八一
九八、	春分點	一八四
九九、	黄道の傾斜の變化	一八七
一〇〇、	黄道の傾斜と四季	一八八
一〇一、	日光を受くる分量の多少より生ずる結果	一九〇
一〇二、	回歸線及び極圈	一九三

一〇三、一年中に於ける晝間の長さ……………	一九五
一〇四、希臘人の七傾斜帯……………	一九九
一〇五、各地の一年中に受くる熱の分量の割合……………	二〇〇
一〇六、光線の屈折……………	二〇二
一〇七、薄明の爲に夜間の短縮すること……………	二〇五
一〇八、地平中に於ける太陽の出没點の毎日變化すること……………	二〇六
一〇九、光線の屈折の東幅西幅に與ふる影響……………	二〇九
一一〇、太陽の黃道に於ける位置……………	二一二
一一一、太陽日と恒星日……………	二一五
一一二、平均太陽日……………	二一七
一一三、日時計……………	二一八
一一四、正太陽日と平均太陽日との差……………	二一九
一一五、恒星時……………	二二二
一一六、日本の標準時……………	二二四
一一七、太陽の星の中を進行するのを観ること……………	二二六

一一八、地球の公轉が他の遊星の現象に及ぼす影響……………	二二九
一一九、恒星的公轉と衝伏的公轉……………	二三四
一二〇、遊星の軌道と地球の軌道との間の角度……………	二三六
一二一、下遊星の通過……………	二三八
一二二、地球の公轉と彗星との關係……………	二四〇
一二三、流星と地球の公轉との關係……………	二四一
一二四、地球の公轉と黃道光との關係……………	二四三
一二五、遊星の月と地球の公轉との關係……………	二四五
一二六、地球の公轉と太陽の現象との關係……………	二四六
一二七、太陰の進行速力の異なる原因……………	二四九
一二八、太陰の地方子午線上に復歸する時日……………	二五〇
一二九、地球の公轉と潮時……………	二五〇
一三〇、一個月の種類……………	二五二
一三一、満月の地平上の高さ……………	二五四
一三二、太陰の最高位置に復歸する週期……………	二五七

一三三、	日蝕及び月蝕と、太陰の節線との關係	二五九
△三四、	蝕の種類	二六〇
一三五、	蝕の起る場合の限界	二六三
一三六、	日蝕の限界の月蝕の限界より廣き理由	二六四
一三七、	日蝕及び月蝕の繼續時間の差	二六五
△一三八、	太陽の金環蝕	二六七
一三九、	太陽に隠蔽せらるゝ遊星と恒星	二六八
△一四〇、	歳差	二六九
一四一、	地軸の位置の變更	二七〇
一四二、	地軸の回轉と分點の前進との關係	二七二
一四三、	春分點の左旋の大きさ	二七五
一四四、	回歸年の長さ	二七五
一四五、	春秋兩分の時と地球の近日點を通過する時との關係	二七六
一四六、	夏冬の兩至と軌道の長軸との關係	二七八
△一四七、	近日點の變位と四季の長さ	二八〇

一四八、	近日遠日兩點の移動と地球面の温熱との關係	二八三
一四九、	近日點の兩半球の各地に對する作用	二八六
一五〇、	星宿と黄道に於ける同名の十二宮との區別	二八七
一五一、	黄道の十二宮と同名の星宿との間に差の生じたる理由	二八九
一五二、	春分點の移動と恒星の位置	二九一
一五三、	分點の前進の結果として、星天が其の觀を變ずること	二九二
一五四、	分點の前進と遊星、彗星及び月の軌道の位置並に公轉時との關係	二九四
一五五、	分點前進の原因	二九六
一五六、	章動	二九七
一五七、	章動の十八年五分の三かゝる理由	二九八
一五八、	章動の地球面及び天の現象に及ぼす影響	二九九
一五九、	章動のあることに氣附きたる時代	二九九
一六〇、	章動の發見者	三〇〇
一六一、	地球儀	三〇二

一六二、地球儀の臺に附したる水平輪の線及び記號……………三〇四

一六三、地球儀に造り附たる副機械……………三〇五

一六四、地球儀と水平輪との關係……………三〇七

一六五、太陽の地球を照す工合を直覺的に見る法……………三一

一六六、地球儀を以て月蝕の見ゆる土地を知る法……………三一

一六七、地球儀を以て日蝕の經過の模様を見る法……………三一三

一六八、地球儀の歴史……………三一五

一六九、地圖……………三一八

一七〇、地圖の尺度……………三一八

一七一、彎曲せる地球面を平面上に表はす法……………三一八

一七二、地球面の稍大なる部分を書く法……………三一九

一七三、地球面の大なる部分を書く法……………三二一

一七四、正直射影法……………三二二

一七五、中央射影法……………三二四

一七六、全景射影法……………三二五

附 録

第一編

一七七、ランペルトの射影法……………三二七

一七八、海圖の製法……………三二八

一、圓錐曲線……………三三一

二、楕圓……………三三五

三、拋物線……………三三六

四、双曲線……………三三八

五、曲線と星との關係……………三三九

六、ケプレルの法則……………三三九

第二編

一、ガレリオの運動の法則及びニュートンの重力の法則……………三四三

第三編

一、地磁氣と極光……………三五三

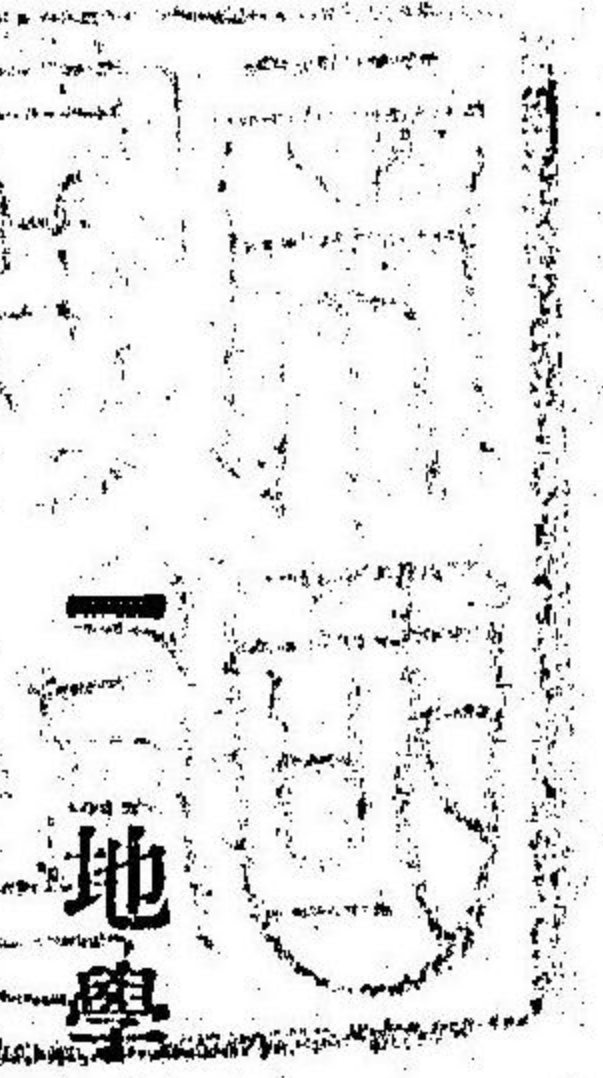
第四編

一、地球内部の熱と状態……………三六一

目次終

天文地學講話

理學博士 横山又次郎著



一、地學の意義

抑地學と稱ふる學問は英語にて(Geography)と稱へ、一口に言へば地球に關する事柄を
攻究する學問と言ふべきであるが、然しそれでは、其の範圍が餘り廣過ぎて、意義が漠
然たるものとなり、解り苦いにより、もう少し之を明瞭に言ひ表はさなければならぬ
が、實は矢張り此學問は近來大に其の範圍を擴めて、種々の他の學問の領域に侵入し
て、多少漠然たるものとなつて居ることは、争はれぬ事實である

昔は、地學と云へば、全然記述的の學問で、吾が國の風土記の如きものであつた、それで
其の頃は、チオグラフィなる語は、大に當つて居たのである、チオグラフィとは希臘語
の「チ地」グラフィ「吾れ誌るすの二語より來たもので、山川草木風土等の記事には至極
適當して居たものと言はなければならぬ、然るに世の中が開けて、諸學問が進むに隨

つて、人が單に山川草木風土の状態を記すことのみを以て満足せず、山川は如何にして出来たものであるか、草木は如何にして生じたものであるか、風土は何故に隨處異なるものであるかと云ふ様な理窟張つたことを言ふ様になつて來た爲に、地學は此等の事をも共に攻究しなければならぬ様になつて來た、夫て其の範圍が今では餘程廣くなつて居て、理窟も共に究むるのであるから、邦語の地學と云ふ字は、正に適當して居るが、デオグラフィなる語は不適當となつた譯である、然らば之を適當の字に變へたらばと云ふ論もあらうが、物の名を取り替へるのは、餘義ない場合の外、不得策であるのみならず、恰も之に適當するデオロジ（地の學問の意なる語が、既に他の學科に用ひられて居るから、意義は甚だ廣くなつたに拘らず、名稱は其の儘にしてあるのである、但し獨逸人はデオクラフイなる希臘出の語の外、自國の語に、エルドクンデ（エルデは地、クンデは學と云ふ適當の語があるから、多く之を用ひて居るのである、蓋し我が國で地學と言ふのも、其の由來は此の獨逸語にあるものと見るべきである）
諸獨逸のヘルマンツグネルと云ふ地學者は、地學を大約左の如く解釋して居る
地學は、地球を一の天然體と見て、其の上に發生する種々の天然現象を究むるのみならず、又之を人類と云ふ一種特別の高等生物の住處として究むる學問である、

地球を天然體として論究する地學は、吾等の耳目に觸るる天然物及び天然現象を説くものなれば、こは取りも直さず、純正の博物學である、故に自然此の學の攻究する事項に立ち入ることがある、但し各種の天然物や現象を究むる間に、常に其の場處的分布、一名土地的分布を説くのであるから、そこに他の博物學との歴然たる區別がある、夫て地學では、此等の存在の原因や經過を説く傍ら、其の相互間の作用と、總てに對しての作用とを究むるものである

地球を人類の住處として究むる地學は、人類が地球面上に生息する限りは、一方には如何に四圍の天然物の影響を受けて、之に支配せらるるか、又他方には如何に之が羈伴を脱せんと力めつゝあるかを究むるものである、夫て此の部分は歴史的地學とも云ふべく、蓋し史學と博物學との間に介在するものである、但し其の基礎たるべきものは、矢張前記の博物的地學である、其の理由は、人類の土地的分布を來す原因は、皆土地の天然的狀態に基くからである

是に依て觀るときは、地學は其の中に、史的要素を含める博物的の學問である、右の如く説いた後、ツグネルは地學の細別に論及して、此細別は其目的物の種類に依る時は自然四部になる、(一)地球全體を論ずる部分、(二)無機物より成る地球の表面、即ち

陸、水、氣の三界を論ずる部分、(三)動植物を論ずる部分、(四)動物の最高位を占むる人類を論ずる部分、と云ふ工合になるので、第一を数理地學と云ひ、第二を天然地學と云ひ、第三を生物地學と云ひ、第四を人類地學と云ふと言つて居る。又同氏は更に教授上の便宜により、地學を地學總論(ゼネラル、チオグラフィ)、地學特論(スペシヤル、ヂオグラフィ)とに別つと言つて居る。此の別け方は、前記の別け方とは全く別物で、總論とは地球全般に渉る現象を説くもので、決して或る一地方にのみ偏して説くものではない。之に反して特論とは、地球面の局部の現象を説くものである。即ち此の局部と彼の局部は如何なる差異を呈するか、又各局部の特性は、何であるかと云ふことを説くものであると、かう言つて居る。

是に因て觀るときは、地學總論は俗に言ふ地文學の事、地學特論は政治地理一名地誌の事である。されば總論では地球面を汎く見渡して説き、特論では、地球面の各局部即ち國々のみを見て説くと云ふことになる。それで氏の目には、地文學と政治地理とは、從來世人が考へた如く、全く別物ではなく、只眼界を廣く取るのと、狭く取るのとの違ひで、説く事項は全く同一物である。例へば、甲では、地球の陸面、水面等を説けば、乙では各國の面積を説き、甲で世界の人口を説けば、乙では各國の人口を説き、甲で世界の

人種の事を説けば、乙では各國に住する人種の事を説き、又甲で世界全體を見渡して、氣溫、氣壓、風、濕氣等を説けば、乙では各國の氣溫、氣壓、風、濕氣等を説き、其の他生物地質等も同じ工合に説くのであると云ふのである。それを政治地理と云ふものも、昔の如く、各國の面積、人口物産等の如き統計的の事ばかりでなく、其の氣溫、氣壓、雨量、海中の狀態、生物、地質等、氣水陸の三界に關する一切の事項を説く事となつて、其の範圍亦從來に比して、大に廣くなつた譯である。實際近刊の政治地理を見るに、多くは此の新方針に據りて編纂されて居る。

我が國で、從來記述的地學を、地理學と云ひ、探究的理論的地學を、地文學と稱して居たが、字義から謂へば、理と文との間に如何なる差のあるものであるか、理は「スヂ」と訓み、文は「アヤ」と訓む、これで記述的と理論的との區別を言ひ表はすことが出来るか、決して出来るものでないのみならず、結局同じ様な意味になると云はなければならぬ。泰西でも近來の説が、總論特論の兩地學の究むる物、其の物には差がないと云ふ事、歸着した以上は、我が國の地理、地文の兩語に、字義に於て、區別のないのは、偶然の一致と云ふても宜いのである。區別の出来る様な譯字を用ひなかつたのが、仕合せであるとも云ふべきか。

二 天文地學の意義

爰に天文地學と稱ふるのは、ワグネル、其他、泰西諸學者の、數理地學 *Mathematical Geography* 云ふもので、我が國の書の中には、地球星學と稱へてあるものもある位で、地球を天文學者の見地より見て論ずる地學の一部分である。夫て先地球は、宇宙の何れの部分に在るか、獨立して他の天體の束縛を受けて居るものであるか、さうでないか、静止して居るものであるか、動いて居るものであるか、動いて居るならば、如何なる動き方をするものであるか、夫から運動に伴ふ種々の現象、夫から又地球の大きさ、形狀等に説き及ぼし、尙進んで地球の實質、内外兩部の狀態、溫度、磁氣等をも究むる部分で、地球の實質以下の事項を究むる部分には、特に地球物理學 (*Geophysics*) の名稱もあるが、是は今日の處、未だ天文地學の一部分としてある。

三 天

吾々が仰いで、上の方を見渡せば、天なるものがある。天は、一名大空とも稱へて、地球をぐるりと取り巻いて居る空間である。此の空間は、地球から見てこそ、天とも云ふべし。

れ、空間其の物に就て言ふときは、宇宙と云ふもので、吾々の眼で見て、天と稱ふる處は、則ち此の宇宙の一部分である。然らば、此の宇宙は、如何に大なるものかと云ふに、未だ其の境界を見極めた者はないのみならず、境界ありと假定すれば、境界は場所を區劃するものであるから、其外側にも又場所があると見なければならぬ。場所があれば、其の場所は、何といふ所であるかと云ふことになるによつて、宇宙は無限無窮、全く境界なきものと定めてある。

四 天體

天には數多の星がある、之を天體 *Heavenly body* とも稱して、種類がいくつもある。然し之を大別すれば二種類となる、即ち一は星自ら光を發して耀くものと、一は自ら光を發するのではなく、他より受けた光を反射して自ら耀く様に見ゆるものとである。自ら光を發して耀く星は、太陽と恒星と稱する星とである。又他より受けた光を反射して耀く星は、遊星と稱する星と、之に附隨する月又は衛星と稱する星とである。尙外に隕星と云ふ無光の星があるが、是は地球を取り巻く大氣を通過する時のみ、發光して、之を通過し去れば、再び無光となるものである。

以上種々の星に關する委しき記事は余が著せる天文講話に譲るとして、茲には只其の大略を擧ぐこととする

八

五 恒星

夜間天に見ゆる星の大多數は、恒星 Fixed Star であつて、皆自光を有する星である、之を恒星と名けたのは、其の相互の位置が、少も變らないから、英語の Fixed も固着すると云ふ意味の字である、尤も地球は日々回轉するものであるから、彼の星も太陽や太陰の如く、東から西に動くものであるが、其の動き方は皆一齊であるので、之が爲め相互の位置は少も亂れない、然し近年に至りて、此の恒星も極少しつゝは動くものであると云ふことが判明したが、此の運動は吾々の眼には一寸氣の附かぬ程非常に少ないから、普通の場合には、恒星は先づ動かないものとして少も差支はないのである

恒星は、天文学では、星座 Constellation と云ふものに類別してある、これは吾々より見て相接近して居る様に見ゆるもの數個を一括して拵へたもので、夫々特別の名稱が附けてある、其の名稱は、多く動物や品物の名から取つたもので、白羊宮、天蠍宮、天秤宮等、其の例である、宮とは、昔支那で星座に附けた名である、恒星は、光の強弱により、一等よ

り十五等までに區別してある、即ち一等星が最も光の強いもので、十五等星が、光の最も弱いものである、して一等より六等の星までは肉眼で見ゆるが、其の以下は望遠鏡でなければ見えないのである

六 太陽

太陽 Sun も恒星の一ではあるが、他の恒星に比ぶれば、遙に吾に近い所にある爲に、甚だ大きく且明に見え、其の大きさは、直徑三十五萬三千里餘もある、前に述べた恒星は、吾より甚だ遠い爲に、其の大きさも判然しないが、先太陽の大きさを恒星の平均の大きさとして見て、恒星は平均太陽位の天體であらうと云ふ人もある

太陽は、非常の高熱度を有して、其の表面の部分は全く瓦斯より成り立て居る、其の光と熱とを發するのにも全く此の高熱度の爲で、吾が寒暖計にて表せば、何度位のものであると云ふに、一説には攝氏の五千度乃至一萬度位ならんとのことである

太陽の周圍には、數多の星があり、其の星は、皆太陽を中心として、運動して居る、此の數多の星と太陽とを一括して、太陽系 Solar system と稱するのである

太陽系を成す星は、太陽の外、遊星、月、彗星及び流星である

七、遊星

遊星には、大小の二種類がある、大遊星は、單に遊星 Planet とも云ふて、其の數八ある、太陽に最も近いものを、水星 Mercury、其の次ぎを金星 Venus、其の次ぎを地球、夫より順次、火星 Mars、木星 Jupiter、土星 Saturn、天王星 Uranus と稱して、太陽を距る最も遠いものを海王星 Neptune と云ひ、皆地球と同じく、自光を發せず、太陽の光を反射して耀くものである

小遊星 Planetoid (一名 Asteroid) は、遊星と同質の星であるが、只其の形が甚だ小さい、且其の數數百ありて、皆火星と地球との間に在る

小遊星は、望遠鏡を以て始めて見得るものであるが、大遊星は肉眼でも見ゆる、彼の宵の明星又は曉の明星と稱へて、折々夕景又は拂曉、明光を放ちて耀く星は即ち金星である

遊星の光と恒星の光とは、自ら差異がある、恒星はちら々々して、輝くものであり、遊星は静かな、不動色を以て耀くものである

八、月

月 Moon は、衛星 Satellite とも云ひ、恰も遊星が太陽を廻る如くに、又遊星を廻つて居る、太陰は即ち地球の月で、他の遊星にも、此の月がある、即ち火星に二、木星に五、土星に九、天王星に四、海王星に一、發見せられたが、水星と金星とは、一もない様である

太陰は、天體中、最も吾が地球に近いもので、其の距離は、凡九万七千八百餘里である、それ程強力の望遠鏡にて窺へば、其の表面に在る山が、明に見ゆる、太陰の大きさは、地球に比ぶれば餘程小さい、其の直徑は八百八十六里で、地球の直徑の四分の一強にしか當らない

九、彗星

彗星 Comet は、通例尾のある一種異様の星で、一定時を経て見ゆるものと、一度見ゆるのみで、再び見えないものとの二種類ある、一定時を経て見ゆるものは、楕圓の軌道を踏んで、太陽を廻るもので、一度しか見えないものは、拋物線や双曲線の軌道を踏んで、太陽を廻るものである

彗星は、許多の小固體の集團で、其の集團は、元來無光のものであるが、太陽の熱にて電氣を生じ、之が爲に光るものならんとの説である

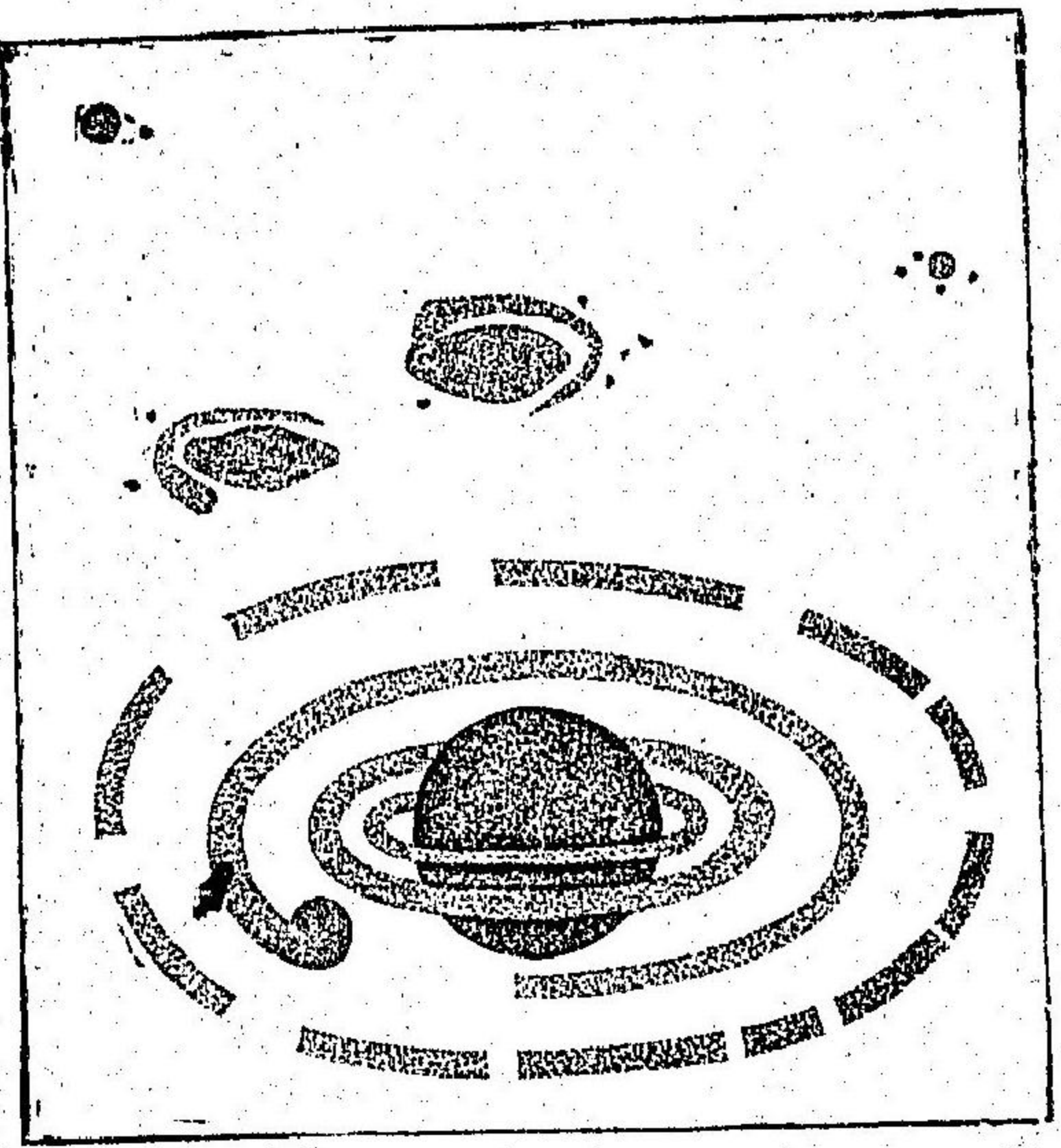
一〇、流星及び火球

太陽の周圍には、以上挙げた星の外、尙多數の小天體がある、此等は太陽を廻る間に、地球附近に來り、地球を取り巻く大氣中を通過することがある、其の時、此の大氣と摩擦して、光を發する、之を流星の shooting star と稱して、其の光る時間は、ほんの瞬間である、火球 Bolide とは、流星の大なるもので、光る時間も長い、して、其の地面に落下したるものを 隕石 Meteorite と云ふのである

一一、太陽系の成立説

太陽系が、太陽と數多の遊星及び其の他の星より成り立て居ることは、上述の通りであるが、其の出來方に就ては、カント Kant と、ラプラス Laplace と云ふ兩學者の考説がある、之を兩氏の星霧説 Nebular Hypothesis と稱へて有名なるものである、カントは、獨逸の哲學者で、十八世紀の中頃に、此の説を唱へ、ラプラスは、佛國の數學者で、同世紀

第一圖



太陽系の成立

の末に、此の説を唱へたのであるが、ラプラスは、カントの説を知らずして、全く單獨に考へ出したのであるから、此の説に兩學者の名を冠することになつた
さて此の説の曰ふ所は、下の通りである、吾々が今日太陽系と稱へて居るものは、其の始めは西より東に回轉せる一團の大瓦斯球であつて、其の周圍の部分は、今日の最遠の遊星たる海王星の軌道より、更に外の方に及んで居たものであるが、此の瓦斯球も、次第に放熱冷却して收縮し、其の結果として、回轉の速力を増加し、之が爲に球の赤道部の遠心力を増加し、遂に此の部分膨脹分離せしむるに至つた、此の分離した部分は、最初は環の形をなすものであるが、其の環も、冷却收縮の結果、相離れて團結し、遂に獨立の球となつた、斯くして第一番に出來た球が、最遠最外の遊星の舊身である、又赤道部の膨脹分離は、

天文地學 一〇、流星及び火球 一一、太陽系の成立説

中央瓦斯球の收縮に連れ、幾回となく繰り返へされたに違ひないから、遊星も其の都度出来たので、今の太陽は元の中央球の殘物である、又遊星の舊身たる分離瓦斯球も又冷却收縮の結果、赤道部膨脹して、遂に分離し、分離して出来た環は、更に團結して球となつた、是が即ち今の月の舊身である、因て今の遊星は、元の大瓦斯球の子で、月は其の孫である

此の説は、種々の事實に照らして、正確らしいのであるから、學者間には専ら信ぜられて居るものである、乃ち是による時は、吾が地球は、初めは瓦斯球であつたが、それが次第に冷却收縮して、終に現今の如き状態となつたと云ふ譯になる
是より、此の講義の主眼とする、地球の天文的性質を述べよう

一一、地球の形

地球は、其の名の如く、略球の形を有つて居るものである、此の明治の盛代になりて以來、吾が世界が圓い球の形をなして居ると云つても、知識ある者に於ては誰一人之を怪むものはないが、其の以前には、決してさうでなかつた、歐羅巴でも、コロンバスマbusが、地は圓いものと言つて、歐洲から西にばかり航して行けば、終には必ず本の歐

羅巴に返るものであると説いたのを、當時の學者は、殆ど皆異口同音に、之を排斥したと云ふことである、尤も球狀説は、コロンバス以前と雖も、少數の學者間には知れて居たものである、極々太古の事はさて置いて、今から二千五百年ばかりも前の、西曆紀元前七世紀の頃には、當時の學問の淵藪である、と稱へられた希臘國の學者中に、地球の圓いとを説いたものがある、タレス Thales は西曆紀元前凡六百年頃の人であるが、此の人は、吾が世界を、空間に浮游して居る圓盤と見たと云ふことである、圓盤と球とは、勿論同形狀のものではないが、兎も角一方に向かつては、圓いものであることだけは、同人に依て認められたのである、次に其の後五十年ばかりを経て、アナクシマンデル Anaximander と云ふ人が、世界の球形なることを唱へたとの説である、蓋し此の人は、初めて世界圖の調製を企てたと云ふこととて有名なのである、紀元前五百年の頃、ピタゴラス Pythagoras は、其の門弟に教るに、吾が世界は宇宙間にあるものの中最も完全なるものである、形に於て最も完全なるものは球である、因つて世界も亦球狀であると云ふことを以てしたと云ふことである、紀元前三百五十年頃、ユードクソス Eudoxos と云ふ人は、希臘にて見えない星が、埃及に往けば、地平に見ゆるにより、地面は圓いものでなくてはならぬと言つたと云ひ、又同時代のアリストートル Aristotle は、月蝕の

時、月面に映ずる地球の影が、其の周圍に圓みを帯びて居るから地球も球狀でなくてはならぬことを唱へたのである。乃ち希臘の學者の中でも實地の觀測に依て、地の球狀なることを唱へた者は、此の二人を以て始めとするのである。尙又アリストートルは、空間に浮遊する液體は、引力の法則によれば、必ず球狀に集合すべきものであると云ふ原則から見ても、地の形は球狀でなくてはならぬと言つたと云ふ事である。希臘時代より、遂に昔に遡る埃及人が、天文の智識に富て居たことは、確なる事實である。それで、彼等は此の方面の觀測に依て、世界の圓いこと位は知得して居たであらうと思はる。若しさうであつたとすれば、希臘人間の球狀説も、其の淵源は遠く埃及に遡るものと見なければならぬ。

希臘人間に、地球の實形を唱道した學者があつたことは、上述の通りであるが然し人民の多數に至ては斯くの如き高尚なる説を解することが出来なかつたのである。希臘時代後は、學問大に衰微して、地球の形狀の事に就ては、羅馬人と雖も、之を願ふことなく、中古は無論の事、コロンブス時代に至て、始めて球形説が再生して來たのである。學者以外の者が、地球の眞形を解することの出来なかつたのは、其の實無理のないこととして、通常吾々は上と下と云ふことを言ふ故に地球が球形の者であるとすれば、吾々と反對の側に居るものは、足を上に向け、頭を下に向けて立つて居る譯である。それと素人考にては、反對の側に居るものは、地球を離れて、下の方へ墜落するであらうと思ふのである。固より斯る誤信は、地球に強大の引力あることを知らぬから起るのであるが、普通の人が引力なるものゝあることを認むるまでには、餘程の教育を受けねばならぬ。

一三、地球の球形を證明する事實

地球の球狀なる證據として、擧げらるる事實は、凡左の如きものである。

- 一、月蝕の際、月面に寫つる地球の影は、丸みを帯びて居ること
- 二、觀察者が、立脚點を高むれば、高むる程、眼界愈廣きこと
- 三、船にて陸地に近づく時、山の絶頂最初に見え、それより愈陸地に近づくに隨がひて、山の中腹、麓等が見ゆること、又海岸に立ちて入港する船を見れば、初め其の楕頭を見、それより近づくに従ひ、順次橋の下方及び船體をも見ゆること
- 四、地球のぐるりと一週し得らるること
- 五、地球以外の遊星も、皆球狀なること

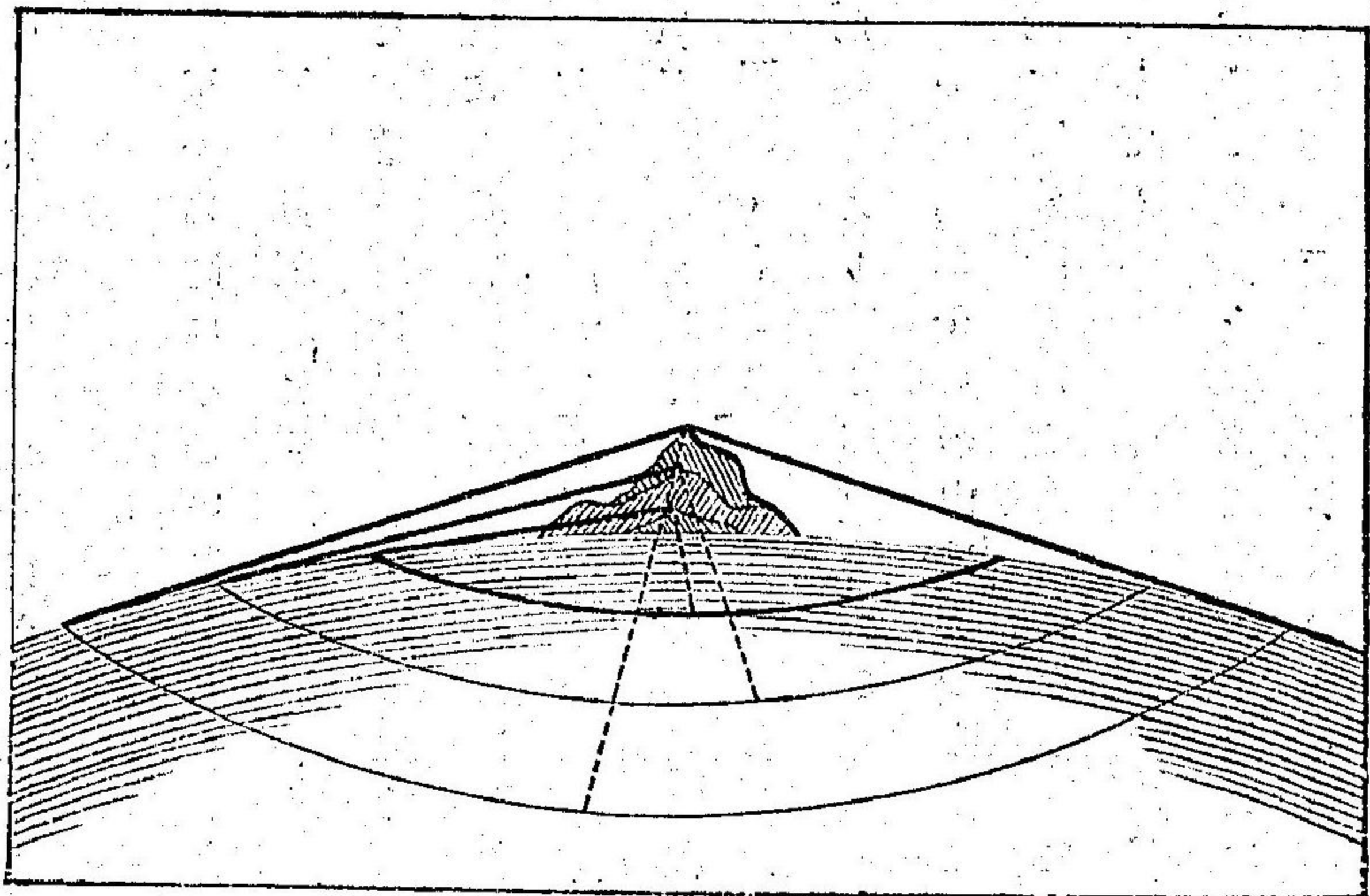
是より右の各項に就き詳述すべし

(一) 地球の影のこと

天文学上の研究によれば、月蝕なるものは、月が地球の影に入る爲に起る現象である。と云ふのである。月は元來光のない天體であるから、太陽に照らさるれば、其の光を反射して耀くものであるが、地球の爲に、其の受くべき光を遮断せらるれば、無論本來の無光體となつて、黒くなるのである。

さて影の形は、之を投ずるものゝ形によるもので、日光を遮るに、直線に界せられたるものを以てすれば、影の形も亦直線に界せられ、曲線に界せられたる板を以てすれば、影も亦曲線に界せられたる形を呈するものである。夫から圓形の影を投ずる形にも、數種ある。圓筒、圓錐、球の一部分、圓盤等皆圓形の影を投ずるに違ひないが、併し是は光線が圓面に垂直に來る時のみであつて、其の他の方面より來るときには、影の形は、眞の圓ではないのである。光線が何れの方向より來ても、必ず圓形の影を投ずるものは、球のみである。地球の影が、月面に映ずるときは、其の形は必ず圓の弧、即ち圓の一部分となつて現るるのである。或は地球面には、山や谷があるから、月面に映ずる影も、多少凹凸を呈せざるやと言ふものもあるかも知れぬが、山や谷の凹凸は、地球の大きさに

圖 二 第



視察點の高低によりて異なる大小を示す

比ぶれば、甚だ僅のものであるから、そんなものは、月面には、少も顯れないのである。それにて地球の影は、立派な弧である。

(二) 立脚點を高むれば眼

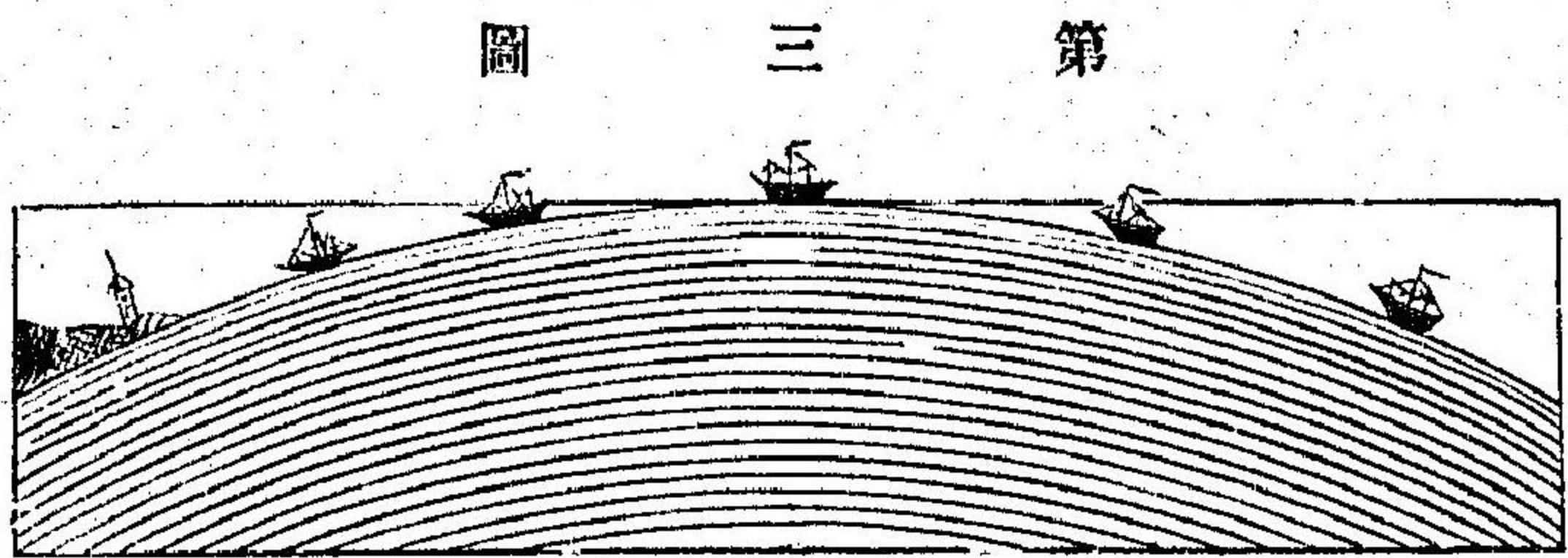
界隨て廣くなること

平地なり、又は海上なり、遠くまで見通し出来る所に立て見れば、吾々の眼界を界するものは圓である。此の圓であること、そのことが、即ち地球面の丸みを帯びて居る一證であるが、尙又此の丸い眼界が、高い所に登れば、登るほど廣くなるのである。是は第二圖に示すが如く、丸みのある面にのみあるべき理のもので、又廣くなる割合も、球面に於ての割合と同一である。

凡そ品物は我々の眼を遠かれば遠かる程

小さくなり、終には全く見えなくなるものである。此の見えなくなるのは視角と稱して物の兩端より、我が眼に引かれたる二線間の角度が、三十秒以下になる時である。三十秒以上の時は、小さいながらも、眼には見ゆるものである。底て凡十四間四方の板又は物體は、觀察者より四十三里半ばかりを離れて、初めて其の視角が三十秒になるので、それより近ければ、三十秒以上である。因て觀察者は、其の板又は物體が四十三里半の處に到るまでは、見得る筈である。然るに平野又は海上の如き、地球面に於ては、如何に天氣は晴朗でも、又板の色合は、如何に眼に着き易きものであつても、凡五里半を距れば、最早見えなくなるのである。是は全く三里半以上となれば、其の板又は物體が吾々の眼の届く視界面の下に這入るからである。換言すれば、此の見えなくなる事は地球面の形より來る現象である。

又高さ一萬二千尺の山は、眞の平面に於ては、七百五十六里の距離より見ても、尙其の視角は、四分餘であるから、吾々の眼には、見ゆべき者である。良し肉眼では明に見えないとしても、望遠鏡では必ず見ゆる筈の者である。然るに實際に於ては、五十五里を離るれば、望遠鏡を用ひても、最早見えないのである。是も亦距離の遠き所以でなく、山が吾々の視界面下に隠るゝからである。して此の試験は、地球面の何れの部分にて行は



第三圖 地球の曲面の曲對す
船の海に近づく時其の地球の曲面の曲對す

るゝも、常に同一の結果を生ずるが故に、地球面は彎曲して居るに相違なく、是に因て地球の球狀なることも推斷せらるゝのである。又海岸に立て船の近づくのを觀れば、最初に其の最も高い點たる櫓の頭が見え、夫から次第に其の下方が見え、最後に船體が見ゆるのである。第三圖、反對に船に乗つて海岸に近づくときは、初め海岸附近の山の頂上又は高塔の頭を見、夫から愈近づくに隨つて次第に山の麓なり、塔の脚部なりを見る。此の事も、亦地面が彎曲して居ること、即ち地體の球狀なることを示すものである。

(三) 地球の一週すべきこと

例へば日本より東の方、米國のサンフランシスコ港まで海路を取りて行き、夫より陸路ニウヨーク府まで東行し、夫より再び船に乗りて、佛國なり、白耳義なりに、東行し、夫より陸路獨逸露西亞、西伯利亞を経て、浦鹽まで東行し、夫より又船にて東行すれば、終に日本に歸來するのである。若し又全く船のみにて行くとすれば、日本より南米の南端を廻り、大西洋を横斷して、

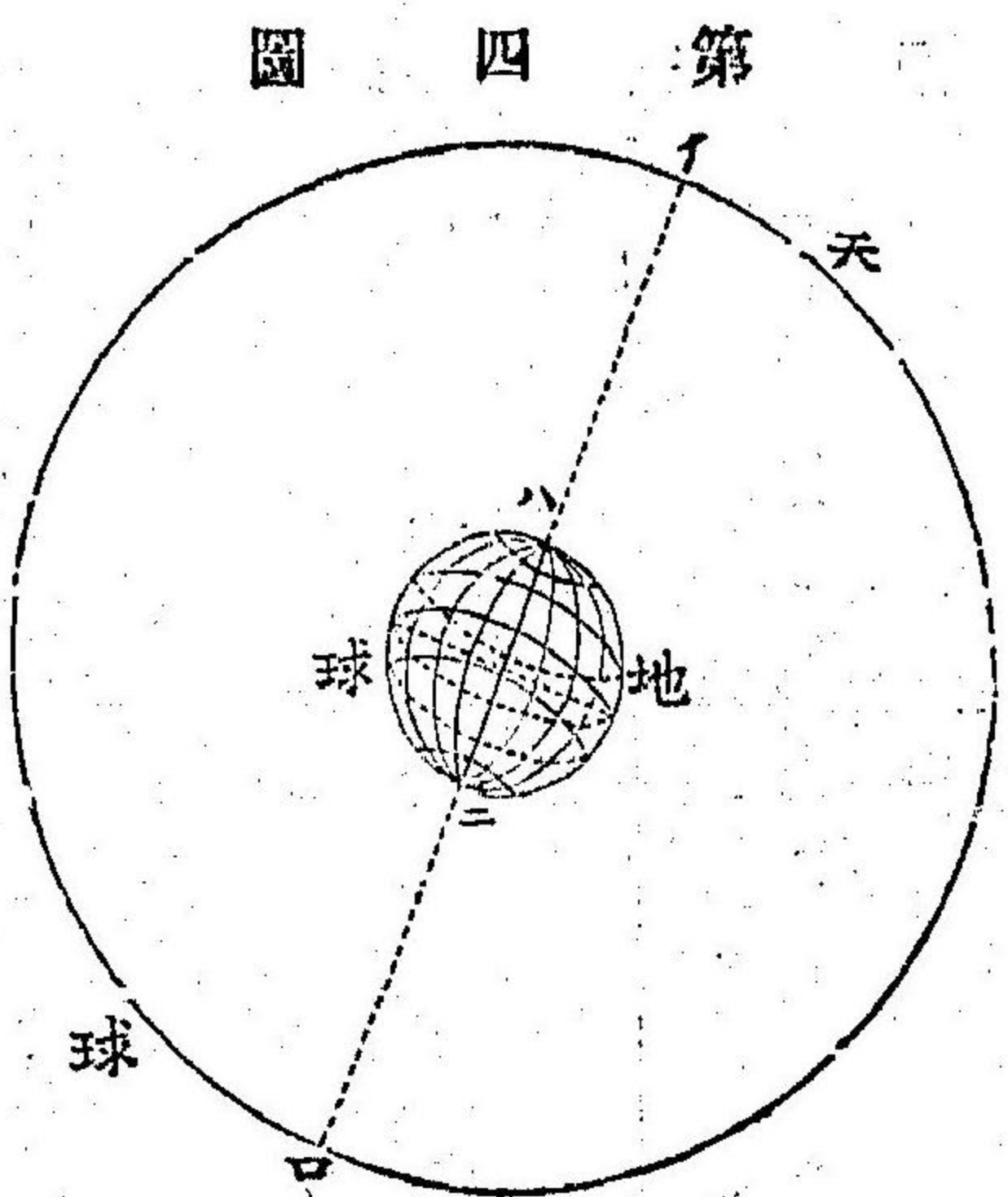
亞弗利加の南端に至り、夫より印度洋を横切り、シンガポールを経て、日本に歸來することが出来る、尤も東進に代ふるに、西進を以てしても同じ結果を生ずるものである。此の世界一週航海は、既に西暦千五百十九年(今を去る三百九十餘年前)に遂行せられたのである、此の東進又は西進一週にて、地は少なくとも東西の方向には圓いものであると云ふことが分るに因て、是より推して、全體の球状であることを認むるのである

(四) 遊星の皆球状なること

地球以外の遊星は、一として球状でない者はない、故に此論より謂ふても、地球のみ他の形を有つて居るとも考へられない、因て是れも亦地球の球状であることを示す者である、然し是は絶対的の證據とはならぬ、尙外にも地球の球形なることを極々精密に證し得る、適切の事實がある、是は即ち實地の測量であるが、此の事は後章に精しく述ぶる必要があるから、其の時に譲ることとする

一四、地球面の區劃

地球が球體であると分つた以上は、其の表面に、一定の區劃を施すことが必要である、



北の地球(ハ)極南の天(ロ)極北の天(イ)
軸地(ニハ)軸天(ロイ)極南の地球(ニ)極

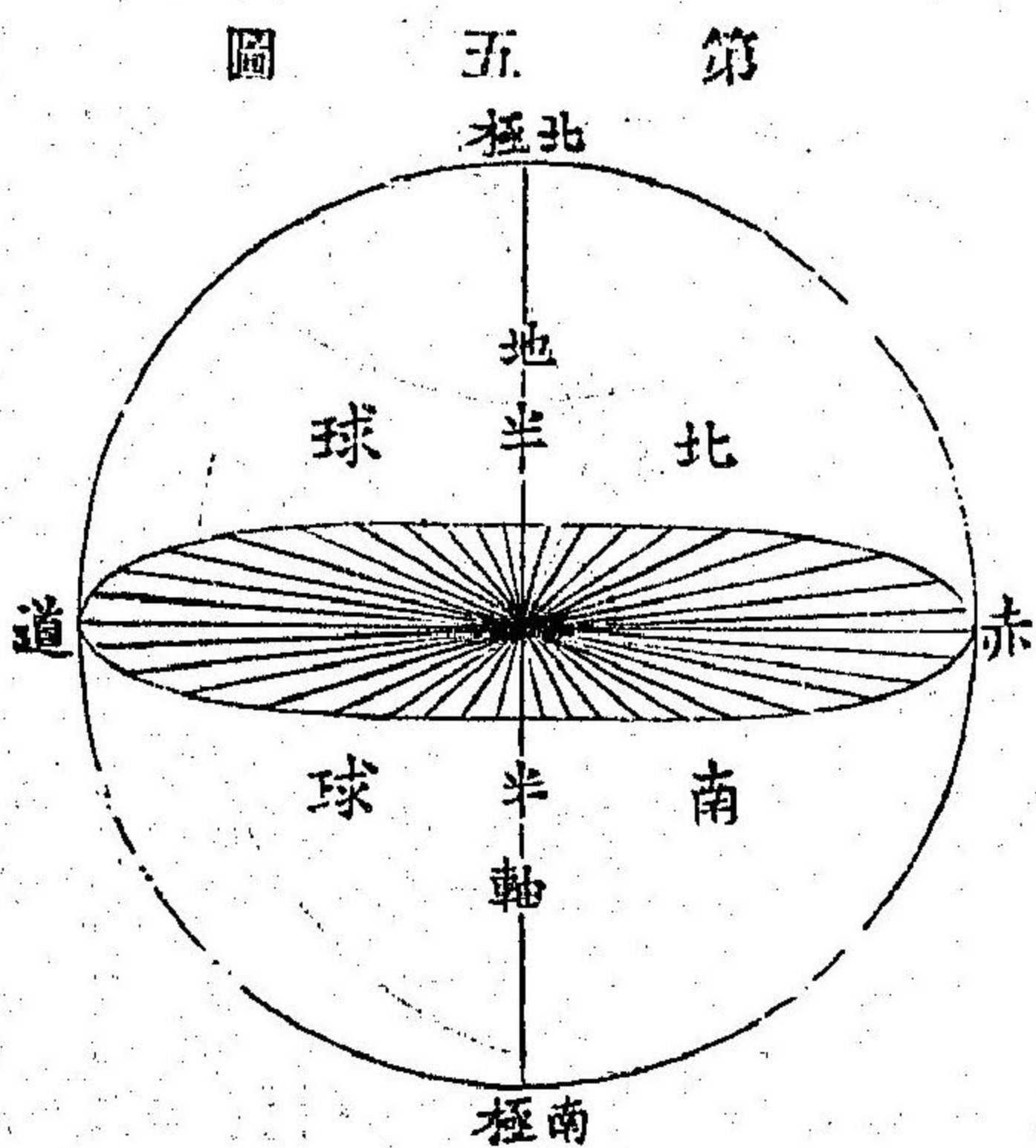
區劃をするには何れの點にても、之が基礎となるべき所がなくてはならぬ故に、それには、先天文學にて極まつた天極 *Celestial poles* と云ふものを取るのである、天極には南北の別があつて、此の二點は互に相對立する天の二個點にあるものである、天は我々の眼には圓いものゝ様に見ゆるのであるから、之を天球 *Celestial sphere* (第四圖)には外側の大圓にて示すと稱へ、前の二個點は、此の天球の中心にある地球の中心を貫いたる直線の兩端で、天球の内面に當る所にあるのである、底て天の北極 *North celestial pole* (第四圖イ)の直下にある地球面の一點(同ハ)は、地球の北極 *North pole of the Earth*、天の南極 *South celestial pole* (同ロ)の直下にある地球面の一點(同ニ)は、地球の南極 *South pole of the Earth* である、南北兩天極を結び附くる直線(同イロ)は天軸 *Celestial axis*、地軸 *Earth's axis* である、斯くの如く、地球面に二個點と、其の中を通過する一直線との位置が極まつた以上は、

此等を基礎として、地球面に、縦横に、線を書き、恰も之に網を張つた様にするのである。此の網を度線の網と云ふのである

一五、度線網の張り方

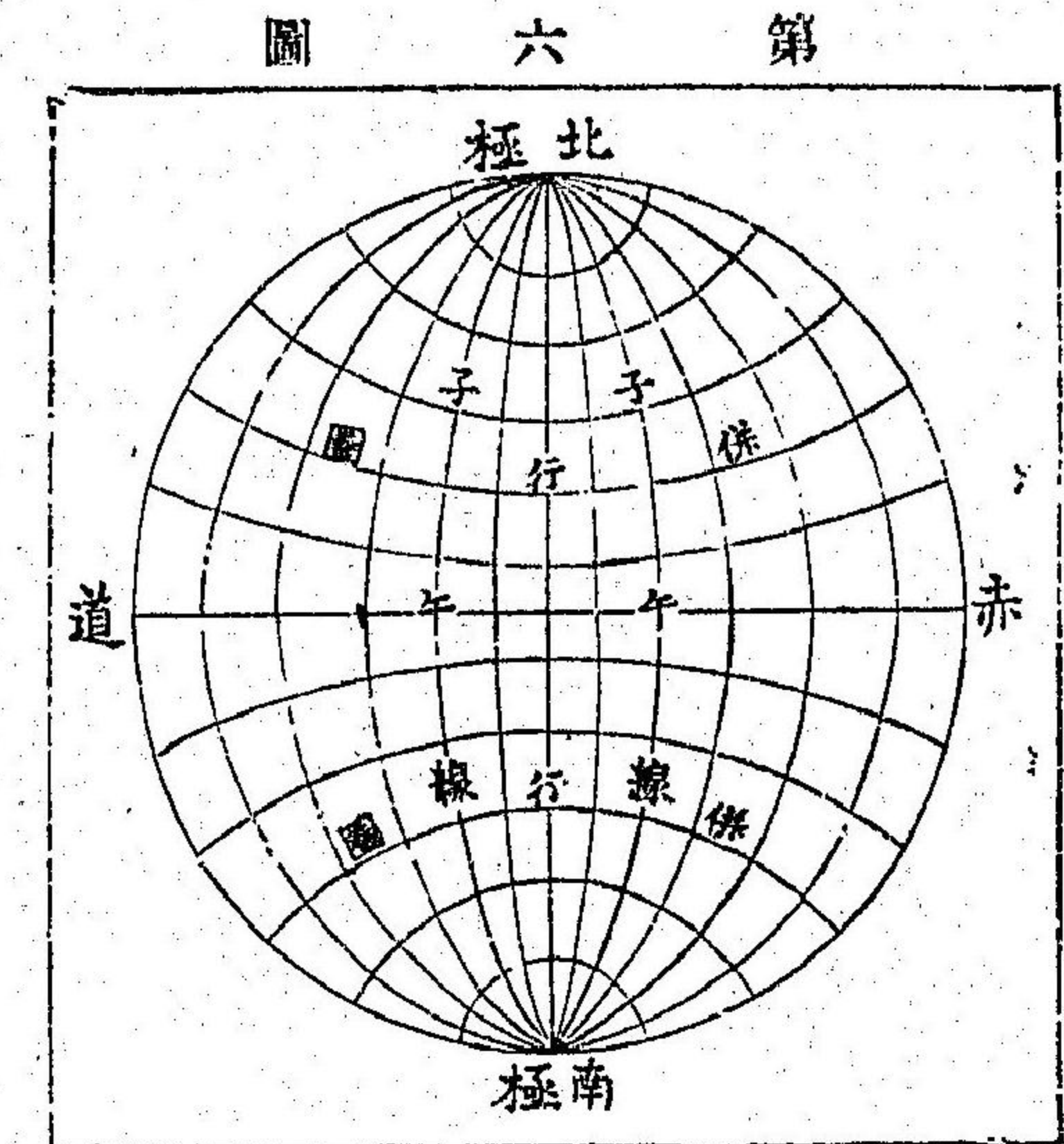
先地軸の中央を通して、之と直角に、一平面を書くと假定すれば、此の平面の地球面と切り合ふ所は圓(第五圖参照)である、而も地球面に書かれ得べき圓中の、最大なるものである。之を赤道 Equator と云ふて、地球を二等半に分つものである、一は北極の方面に在るもので、之を北半球 Northern hemisphere と云ひ、一は南極の方面に在るもので、之を南半球 Southern hemisphere と云ふのである

夫から今度は、南北兩半球の上に、赤道に併行せる數多の圓を畫いて、之を併行圓 Parallel circles と云ふのである。極に近づけば近づく程



第五圖

小さくなる



第六圖

一六、度線網の用

度線の網は、地球面に在る、各地の位置を確定する爲のものである、又地球面に於て、赤道より北極に向かふ方向を、北と云ひ、ブラス(+)なる記號を以て示し、南極に向かふ方

夫から今度は、一極を基點として、他の極迄線を書くのである、此の線は地球の面に畫かるのであるから、眞直に畫いても自然半圓となるのである、之を地球の子午線 Meridians of the Earth と稱へて、皆赤道を直角に切り、又地球面に書かれ得べき最大の半圓である。右の如く書かれたる併行圓や子午線は、其の各自の間隔を、一度づゝとするのであるから、斯くして出来上つた網が、即ち前記の度線の網である

向を南と云ひ、マイナス(一)なる記號を以て示すことになつて居る。一地點の赤道より極の方への距離を、其の地點の地學上の緯度 Geographical Latitude (略して云ふときは、單に緯度と云ふ)と云ふのである。緯度には北と南との區別がある。北緯度通常略して北緯と云ふとは、赤道より北極の方への距離で、南緯度略して南緯と云ふとは赤道より南極の方への距離である。緯度は、度及び其の細別たる分、秒にて言ひ表はすものである。

今假りに吾々が赤道の上に、北を正面として立つとすれば、吾々の右の方向は、東で、左の方向は、西である。東西の方向に、地球を一週して、子午線が三百六十本ある。其の相互の間は、一度づつて、孰も同じ長さを有つて居るから、何れにても其の中の一を、適宜第一子午線として選ばなければならぬ。第一のものが極まれば、他のものは、是より何本目のものであると云ふことが分る。

三百六十本の子午線に當る地點以外の地點と雖も、其の點を通じて、子午線を畫くことが出来る。それ地球面上、何れの點でも、何れの子午線かの上にある譯である。之を地方子午線 Local meridian と稱して、三百六十本の中のものであることもあるし、又其の他のものであることもある。地方子午線は、第一子午線より計算して、何度何分何秒

と云ふのである。此の計算法に二様ある。第一のものより、東西雙方に算へて、雙方共百八十度を以て終りとするものと、單に一方にのみ向て算へて、三百六十度を以て終りとするものとである。第一子午線より地方子午線までの距離を、該地點の地學上の經度 Geographical Longitude と云ふのである。此の經度は、第一子午線より、東西雙方に算ふるときは、之に東又は西の字を附けて云はなければならぬ。例へば東經何度何分何秒とか、西經何度何分何秒とか云ふ様な工合である。地點は、其の經度と緯度とを擧ぐれば、其の地球面上に於ての位置は、確定したるものとなる。

一七、第一子午線

第一子午線は、前述の如く、適宜に選ぶことが出来るので、昔から今日までの間に、屢變更されたのである。希臘及び羅馬で、最初に用ひて居た第一子午線は、地中海の出口、ジブラルタル海峡を、南北より擁して居る、アビラ Abilene (今のモロッコ國セッタ Ceuta) 及びカルペ Calpe (今のジブラルタル Gibraltar) の岬角を通過して居た子午線であつた。何故此の所の線を取つたかと云ふに、昔の人は、此の所をヘルクリースの柱 Pillars of Hercules

と稱へて世界の西端と考へたからである
 其の後、此の柱以西に在る諸島が発見せられてから、第一子午線も西遷して、カナリ群島 Canary Islands に至つたのである。

中古以來に至ては、歐洲各國の學者は、各自勝手に、第一子午線を選ぶことゝなつて、獨逸の地學者メルカートル Mercator、蘭の地學者ヤンソン Janson、及びブロイ Blen の如きは、大西洋中に在るアゾールス群島 Azores Islands 中の、コルウヲ Corvo 及びフロアレス Flores の二島を通過する子午線を第一とし、葡萄牙人は初め同群中のアルセイラ Reia 島を通過するものを第一とし、次で同ピコ Pico 島を通過するものを第一とし、後には之をケーブウエルド群島 Cape Verde Islands に遷し、順次其のセイント・ニコラス St. Nicolas、サン・イヤゴ Sao Iago、サルフェト Dal Fuego、セイント・ツキンセント St. Vincent 等の島を通過するものを第一とし、伊太利亞人リチオリ Riccioli は、カナリ群島中のパルマ Palma 島を通過するものを第一とし、阿蘭陀人ファルク Falk、フッキンセル Vischer 及びシエンク Schenk の三名は、初め同じカナリ群島中のテネリフ Tenerife 島のものを第一とし、次で之を同群島のフェロ Ferro に遷したのである。此のフェロの線は、其の後西曆千六百三十四年に、佛王路易十三世の勅令に依て、佛國內一般に用ひらるゝ

ことになつた爲に、他國にても亦廣く之を用ふることになつた。然るに其の時の取り極めに、此の線は、巴里天文臺の西廿度の距離に在るものとなつたにより、線は丁度フェロの島を通過せずして、それより稍東方に偏することになつた。其の後は第一線の位置非常に亂雜となり、遂に第一として佛人は巴里通過の線を、英人はグリニッチ Greenwich 通過のものを、獨人は伯林通過のものを、米人は華盛頓通過のものを取ると云ふ工合になつて來た爲に、終に去明治十七年に至り、華盛頓に萬國子午線會議なるものが開かれて、世界各國皆英國グリニッチの線を第一とし、是より東西雙方に算へて、百八十度を以て終ることに一定したのである。

一八、 經度を時間にて表はすこと

經度を何度何分何秒と言はずに、何時何分何秒と云ふことがある。天文學や天文地學では、此の時間の方を用ふるのである。度数を時間數で表はす原理は、地球は二十四時を以て、一回轉する即ち三百六十度を通過することにあるのである。地球は二十四時で三百六十度を通過するから、一時間には十五度を通過する理である。それで、乙地點が甲地點より十五度東に在れば、前者にての日出は、後者にての日出よりも、一時間

早い譯である。

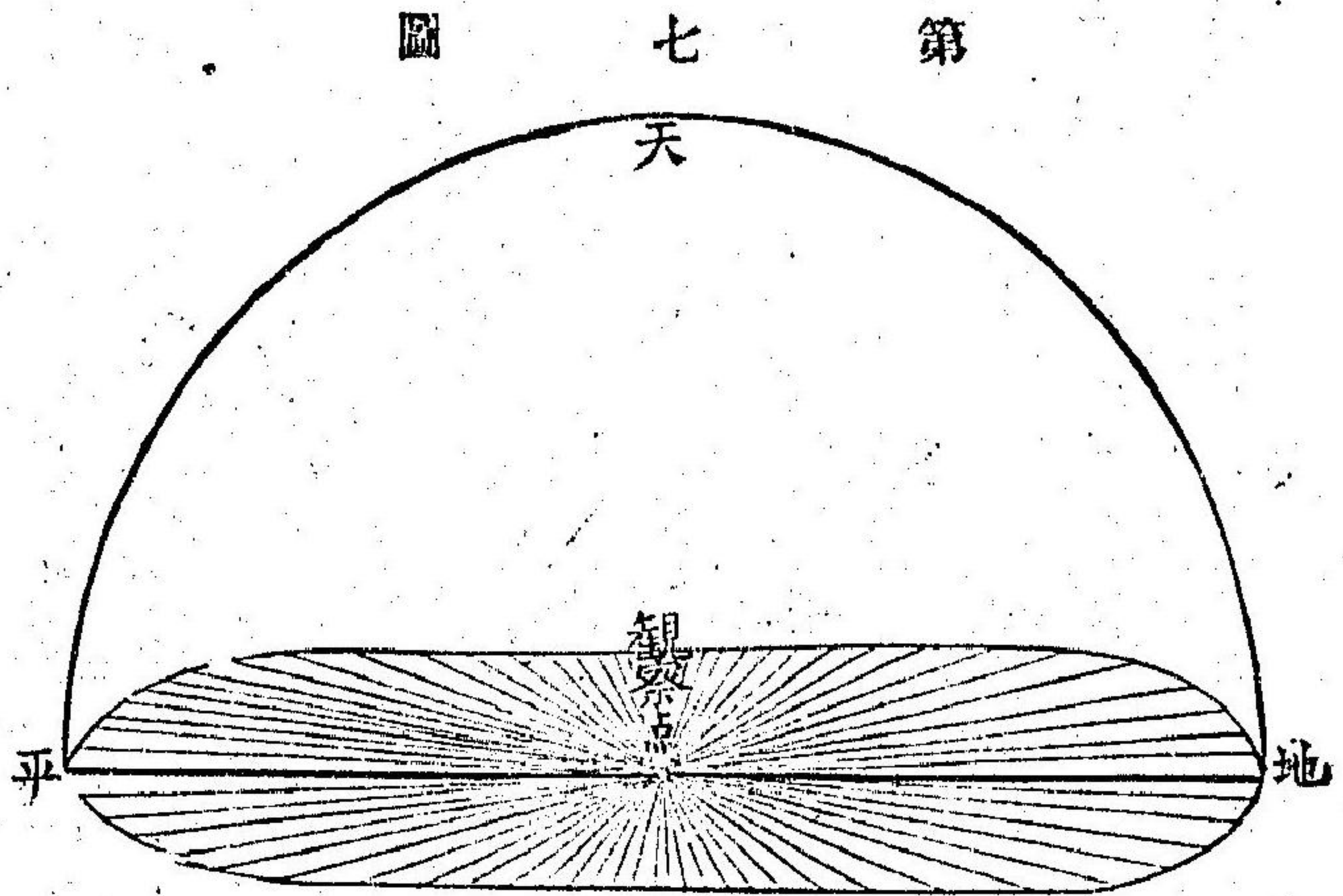
さて弧の十五度が、一時間に相當するならば、弧の十五分は時間の一分に、又弧の十五秒は時間の一秒に相當することになる。夫て東京天文臺は、グリニッチの東九時十八分五十八秒と謂へば、東經百三十九度四十四分三十秒と謂ふのと同一になるのである。

一九 地平と方角

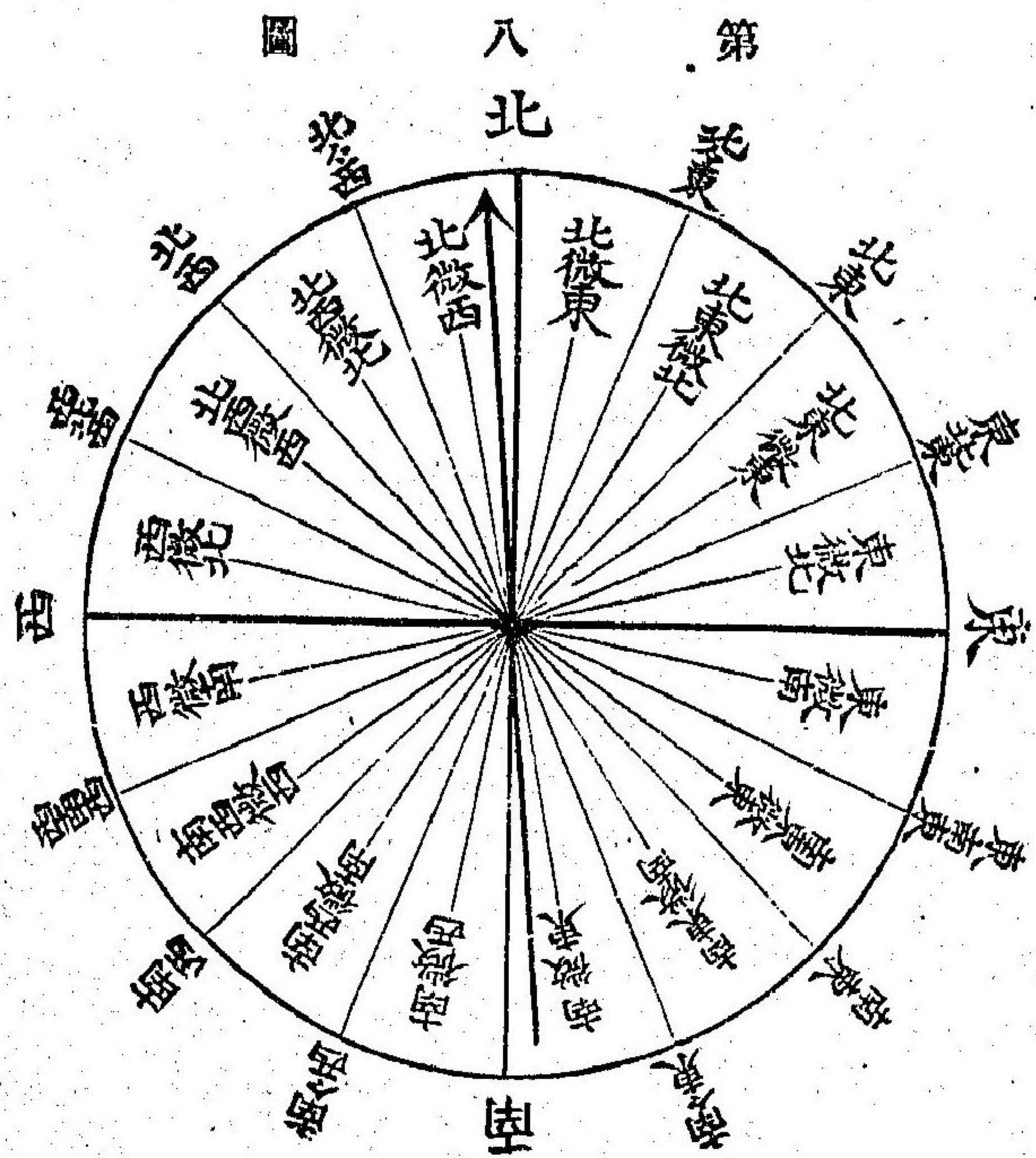
地球面に於て、一地を選び、之を觀察點とするときは、先づ地平 *Horizon* と云ふものに注意しなければならぬ。吾々日本人は、北半球の住者であるから、觀察點は此の半球に在ると假定する方便利である。

海上又は平野に於て、四方を見渡せば、吾々の眼界は、天と地球面の相接する線に界せられたる如く見ゆるものである。此の天と地球面と相接する線は、吾々をぐるりと取り巻いて、圓の形(第七圖)をなして居る。此の圓形の、天地相接する線を地平(又地平圈)と云ふのである。して觀察者の位置は、常に此の地平の中央を占めて、天は半球の形(第七圖)をなして、此の觀察者の頭上を被覆して居る様に見ゆるのである。

さて地平なる圓形の周圍中、何れの點にても、之を精密に指示し得る爲に、吾々は其の



中に、先四個點を撰ぶのである。之を四正點 *Cardinal points* と稱へて、東西南北の四點の事である。此の四正點を知るには、地平の面に直竿を直立せしめて見るのである。さすれば、日光を受けたる竿の影は、正午に於ては、略南北の方向を示すもので、又日光の來る方向が南で、其の反對の影の向いて居る方向が北である。南北の兩點は、地平の圓を二等半に分つもので、其の各半の中間に、西又は東の二點がある。即ち吾々が南に向いて立つときは、吾々の左方に在るのが東で、右方に在るのが西である。三月二十一日又は九月二十三日には、日出、日没の兩點は、略地平の東西兩點を示すものである。さて此等の四正點が極まれば、其の二個點の中間に、又一點づゝを置くのである。即ち東と北との間に、北東を、北と西との間に、北西を、西と南との間に、南西を、南と東との間に、南東を置くのである。斯くして得たる八個點の中間に、又一點づゝを置くのである。夫



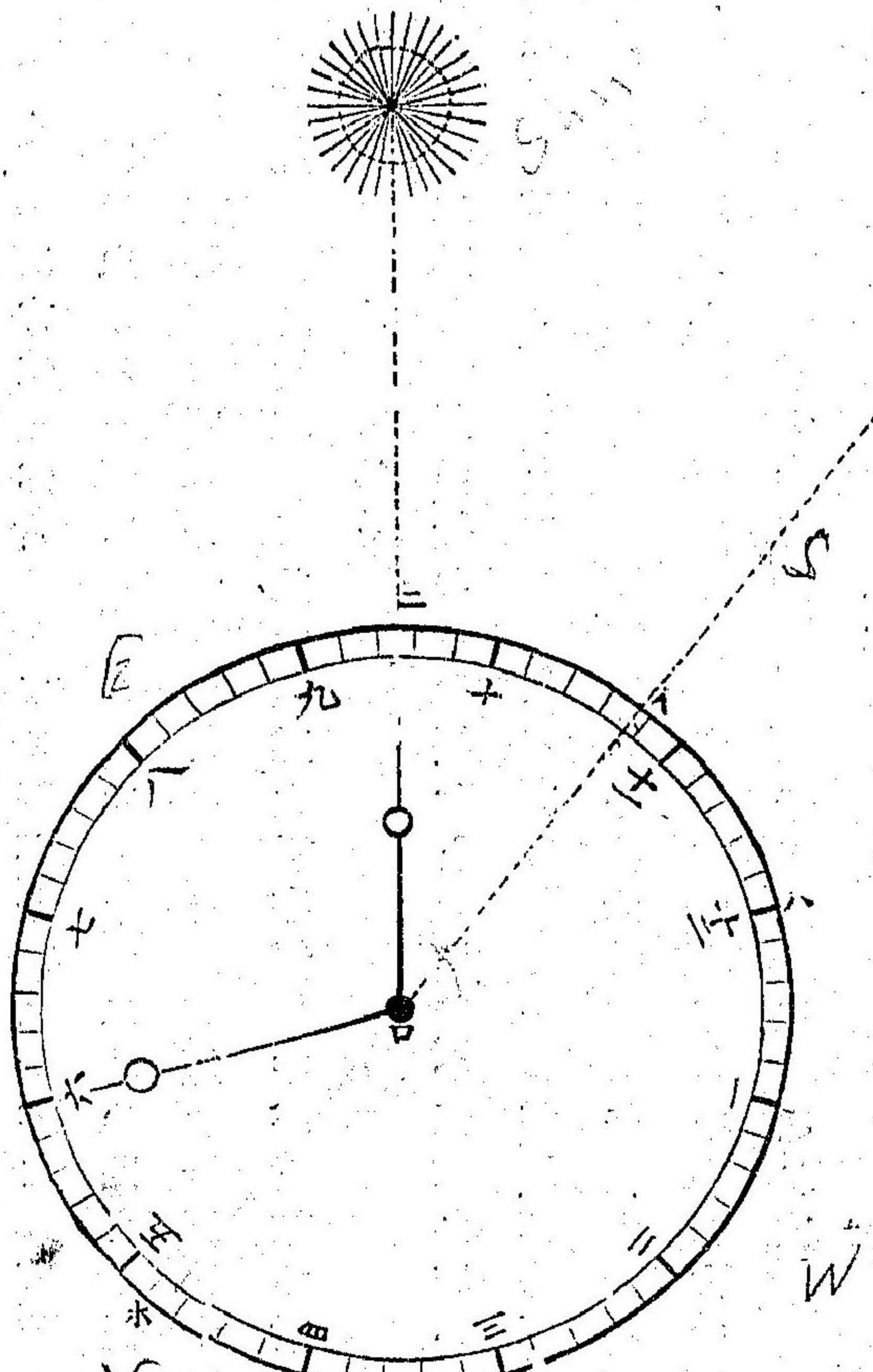
海用のコムパスに擧げてある。

110. 時計を以て方位を知る法

は北より西の方に順次列挙すれば、北々西北と北西との間、西北西と北西との間、西南西と南西との間、南々西南と南西との間、南々東南と南東との間、東北東東と北東との間、北々東北と北東との間である。是で方位の数は、都て十六となる。其の間に更に又一點つゝを置くのであるから、皆合せて三十二方位となる。譯である。後なる十六方位の名稱は第八圖に擧げて本文には畧す。

右の如く細に分けたる方位は通例航

第九圖



時計を以て方位を知る法

コムパスを持たぬ時には、時計を以ても、方位を知ることが出来る。即ち懐中時計を取り出し、先づ其の短き針を出來得るだけ、太陽の方に向くのである。針が正しく太陽の方に向いて居るか居ないかは、數字盤の上に寫る針の影にて分る。夫から今度は十二なる數字と、短き針の指す個處との間は、何分であるかを讀み、其の分の數を二分し、此の二分したる數に當る點と、數字盤の中心とを直線にて結び附くと想像すれば、此の直線は、略南北線を示すものである。南北線が分れば、東西は直に分る。此の法を例を擧げて説

明せんに、例へば方位を知らんとする時が、午前九時半なれば、第九圖に示すが如く、短き針を太陽に向くるのである、すると此針と、十二時の點との間は、十二分三十秒であるから、之を二分すれば、六分十五秒となる、そこで短き針又は十二時の處から六分十五秒の距離の個處を取りて、此の個處を數字盤の中心と結び附けたる、イロなる線が、即ち南北線と云ふのである。

短き針と、十二時との間の、分の數を讀むときには、小弧第九圖ハイニを讀ても、又大弧(同ハホニ)を讀ても、理窟は同じであるが、然し簡易の爲、通例小弧の方を讀むのである、茲に一つ注意すべきことは、晝間即ち午前六時より午後六時までは、南方は短き針と、十二時との間の小弧の中央にありて、北方は大弧の中央の方向に在ることである、然るに試験時刻が、午前六時以前か、又は午後六時以後なれば、前と反對で北方が小弧の中央に在りて、南方が大弧の中央に在ることになる。

二二、四正方位の用

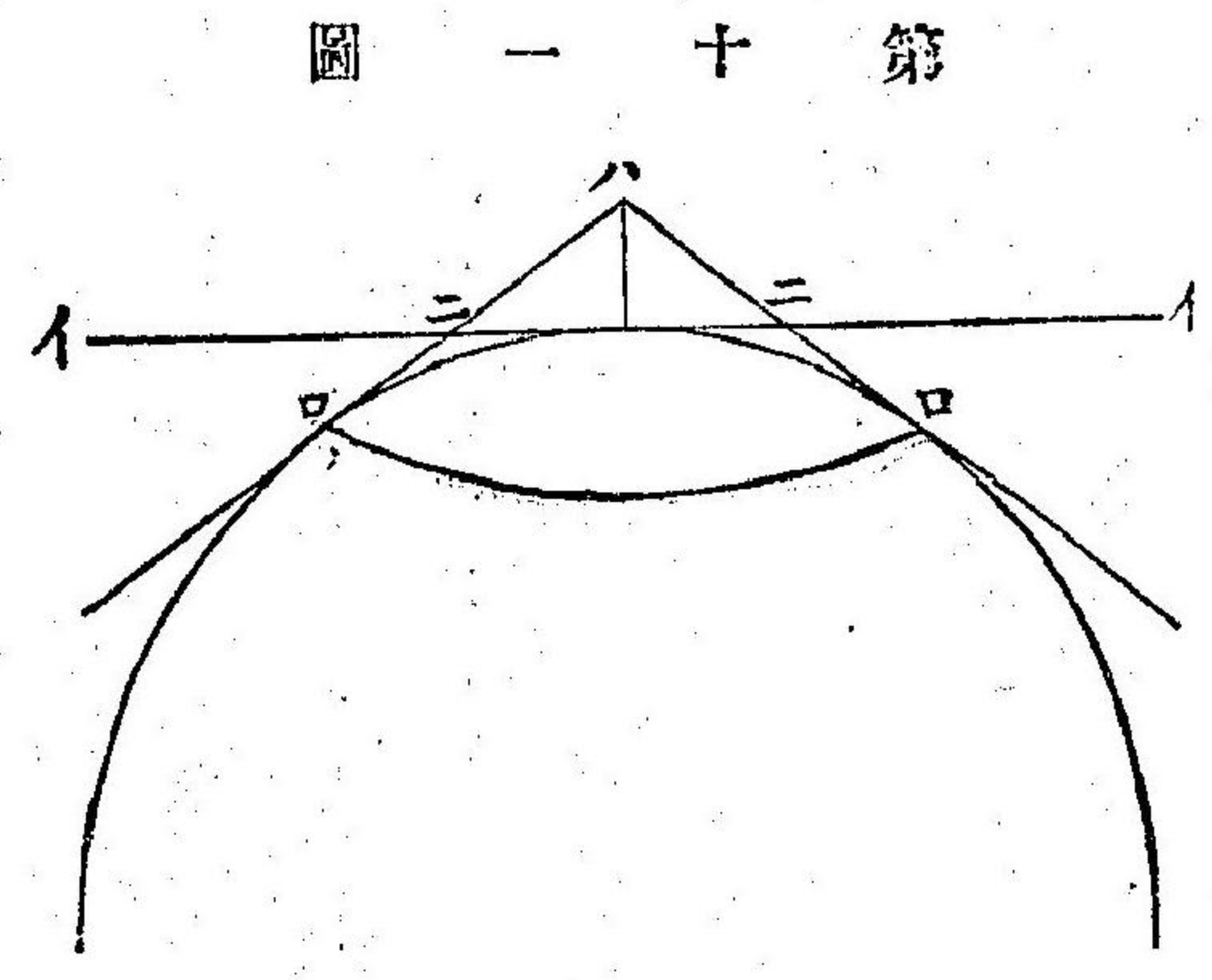
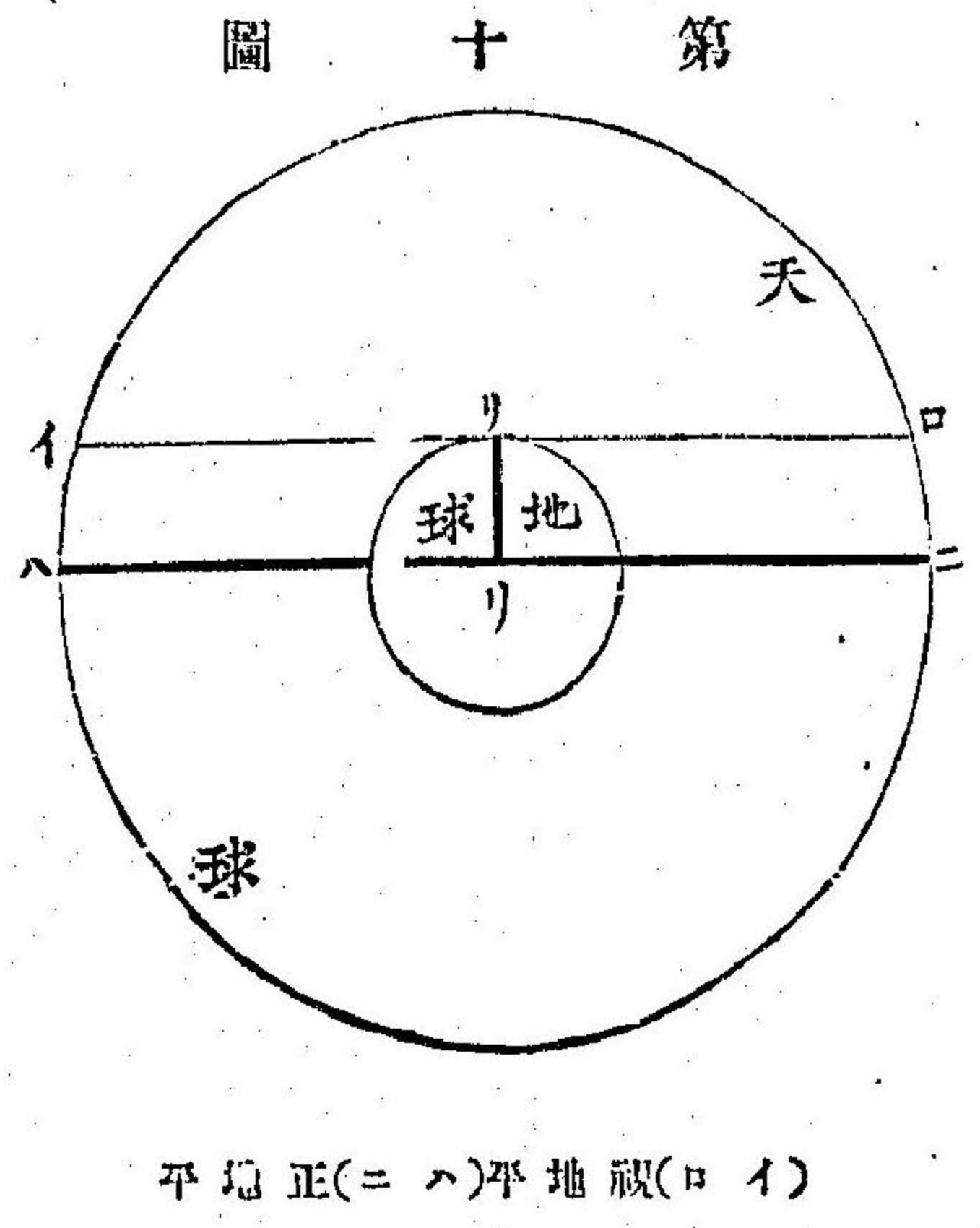
地平中の南點より、東西何れの方向に向ても、度、分、秒にて擧げたる距離を方位角 *Amplitude* と稱へ、南點より、東の方に廻りてぐるり地平を一週して、三百六十度まで讀むこともあるし、又は南點より東の方に百八十度まで讀み、西の方にも亦百八十度まで讀むこともある、此の方位角の用は、地平の上にある星の位置や、又は其の他の地平の上にある點の位置を極むるに在るのである。

今度は、地平の東點を基點として、此の基點より、地平に沿ひ、南の方への距離を、南の東幅 *South eastern amplitude* と云ひ、北の方への距離を、北の東幅 *North eastern amplitude* と云ふのである。

又地平の西點を基點として、是より地平に沿ふて、南の方への距離を *South western amplitude* と云ひ、北の方への距離を *North western amplitude* と云ふのである。以上の稱呼は、星の出沒の個處を表すときに用ふるものである。

二三、地平の種類

地平は、天然地平、視地平、正地平の三種に區別すべきもので、天然地平 *Visible horizon* (一名 *Natural horizon*) とは、吾々が實際眼で見た地平で、陸上に於ては地面の凹凸より生ずる、多少屈曲せる線であるが、海上にては、殆ど正しき圓である、視地平 *Sensible horizon* (一名 *apparent horizon*) とは、觀察者の立脚點に於て地球面に觸るゝ平面(第十圖イロ)で、



三六

延長するときは、是が即ち正地平 Rational horizon (第十圖ハニ)で、又真地平とも云ひ天文學的地平とも云ふのである。

海面に於て、船上又は岩上の如き、多少海面より一層高さ點第十一圖ハより見たる天然地平は、其の面が視地平よりも、一層下の方(遠方)まで達すものである(第十一圖)此の天然地平面と、視地平面との間の角度第十一圖イニロを、地平の勾配 Dip of the horizon と云ふのである。

二三、對脚者、對住者及び隣住者

觀察者の位置より、地球の中心を通じて引きたる直線が、再び地球面に出づる點に住む者を、對脚者 Antipodes と云ふのである。何故なれば、彼は觀察者の方に脚を向けて倒に立て居るからである。同じ經度の下にて、赤道より南北同距離に住む者例へば東經十度北緯五十度と東經十度南緯五十度とに住む者を對住者 Antioeci と云ふのである。又同じ緯度にて、經度百八十度を隔て、住む者例へば東經零度北緯五十度と東經百八十度北緯五十度とに住む者を隣住者 Periœci と云ふのである。赤道に住む者には、對住者なく、又對脚者は同時に隣住者である。極に住む者には、隣住者なく、又對脚者は同時に對住者である。

二四、地球面は何處でも住まはれ得べきものとの説の始まつた時代

西曆紀元前六世紀に於て、希臘の學者ヒサゴラス Pythagoras は、地球は何地でも住ま

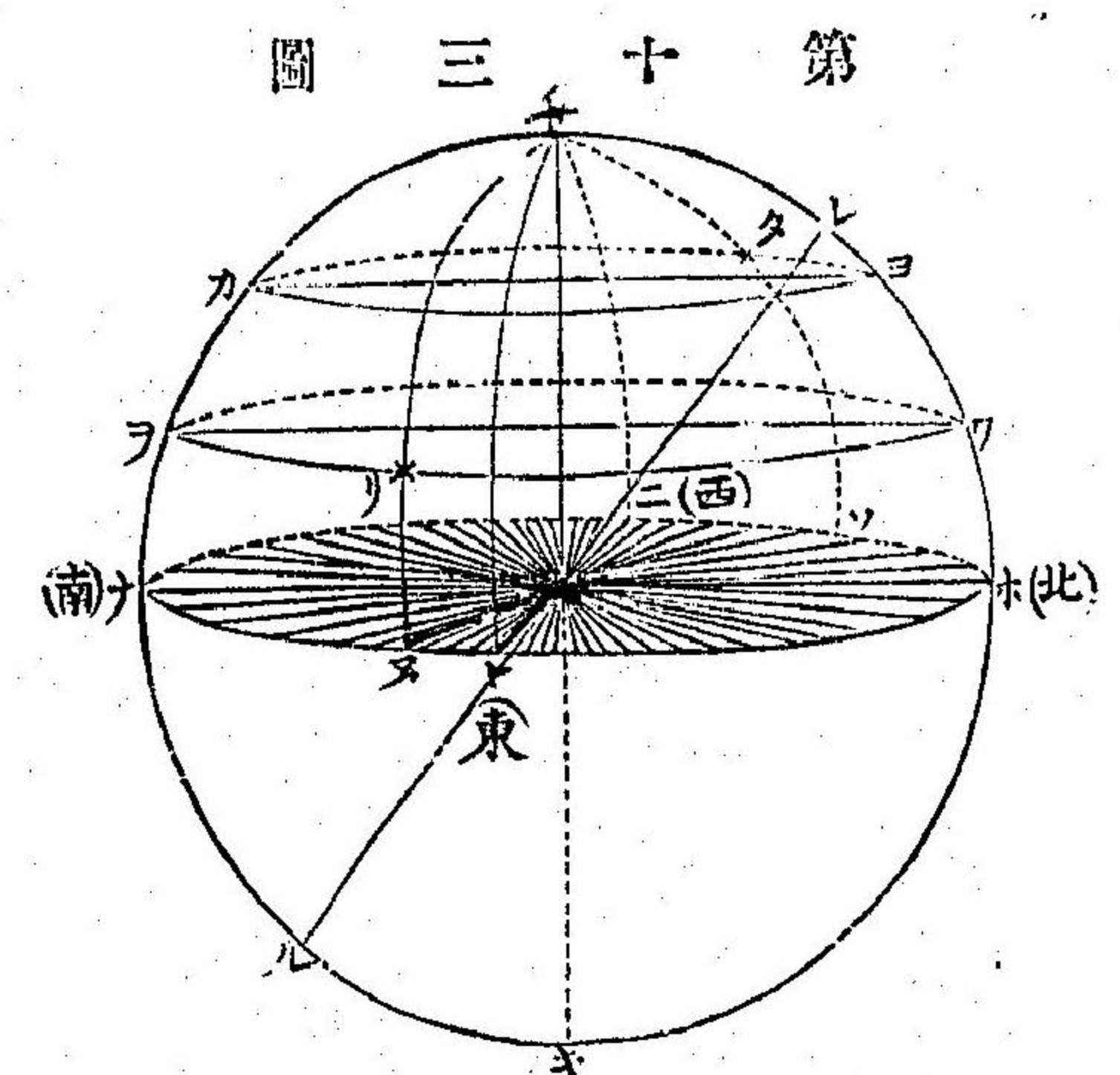
天文地學 二三 對脚者對住者及び隣住者 二四 地球面は何所でも住まはれ得べきものとの説の始まつた時代 三七

在る、天球は視地平に等分せらるゝのみならず、又正地平にも等分せらるゝものである、何故なれば、二地平間の距離は、地球の半径に均しきものなれども、之を無窮極大の天球の大きさに比すれば、消滅せぬばかりの、小さなものなるからである。(此の故に第十二圖には二地平を區別せず)

(三)垂直圈 Vertical circles は、天頂より地平に垂直に下したる、四象限圓の四分の一、九十度の弧、第十二圖ヲカヨの如しである、今直垂圈を地平の南點に下し(同チカナ)、又此の南點より、東點、北點及び西點を経て、初めの南點まで、一度づゝを隔て、地平の各點に垂直圈を下せば、其の全數は、三百六十本となる譯である、又南點のものは、零度で、東點のものは、九十度、北點のものは、百八十度、西點のものは、二百七十度と勘定するのである。

(四)高度圈 Parallels of altitude 是は、地平と併行に、觀察者の頭上の天球面に書かれたる圓、第十二圖ヲカヨ等で、此の圓は、地平を距るに隨ひ、愈小となり、天頂に至つて點と化するのである。

二六、地平より上に見ゆる星の位置を極むる法



●ナカチ 點脚(キ)頂天(チ)極天(ル)平地(ナホ)
 ヨ)角位方(メナ・ソナ)星(リ・タ)圈直垂(メ・リ)チ
 天(リチ・タチ)度高(メ・リ・ソ・メ)圈度高(ソ・ナ・カ
 離距頂

垂直圈が、地平に直立する際なることは、前記の通りであるが、其の地平に出會ふ點を、該垂直圈の脚點と云ふのである、又垂直圈は、三百六十本外、其の間にも、幾本にても書き得るのであるから、地平より上に見ゆる何れの星を通じても、亦之を書き得る譯である、此の、吾々が目指す星を通過する垂直圈の脚點が、地平の南點より何程離れて居るか、即ち其の間は何度何分何秒であるかと云ふことを、該星の方位角 Azimuth と云ふのである、故に第十三圖に於て、タなる星の方位角は、ソソで、西何

度何分である、又リなる星の方位角は、ナヌで、東何度何分である。夫から今度は、星の脚點から、上に向ての距離、第十三圖ソタ及びヌリは、之を星の高度 Altitude と云ふて、矢張度、分、秒を以て言ひ表すのである、此の、星を通して、地平と併行に書かれたる圓、第十三圖ヲカヨ及びカヨは、前に述べた高度圈で、高度圈なる名稱は、星の

地平上の高さを示す圏と云ふ意味で附けられたのである。

星の地平以上の位置は、高度を以て之を示さず、天頂からの距離を以て亦之を示すこともある、之を天頂距離 Zenithal distance (第十三圖チタ及びチリ)と稱して、高度に加ふれば、其の和は九十度となる、例へば、高度が三十度四十分なれば、天頂距離は五十九度二十分となり、又天頂距離が四十度二十五分なれば、高度は四十九度三十五分となるのである。

観察の瞬間に同一の高度圏にある總ての星は、皆同じ高度を有し、又同一の垂直圏に在る總ての星は、皆同じ方位角を有て居るのである、但し是は、観察時の一瞬間に止るので、時が立てば、直に違つて來るのである。

方位角と高度とを擧ぐれば、観察の瞬間に於ける、星の地平面上の位置は確定したるものとなる。

二七、子午線と初等垂直圏

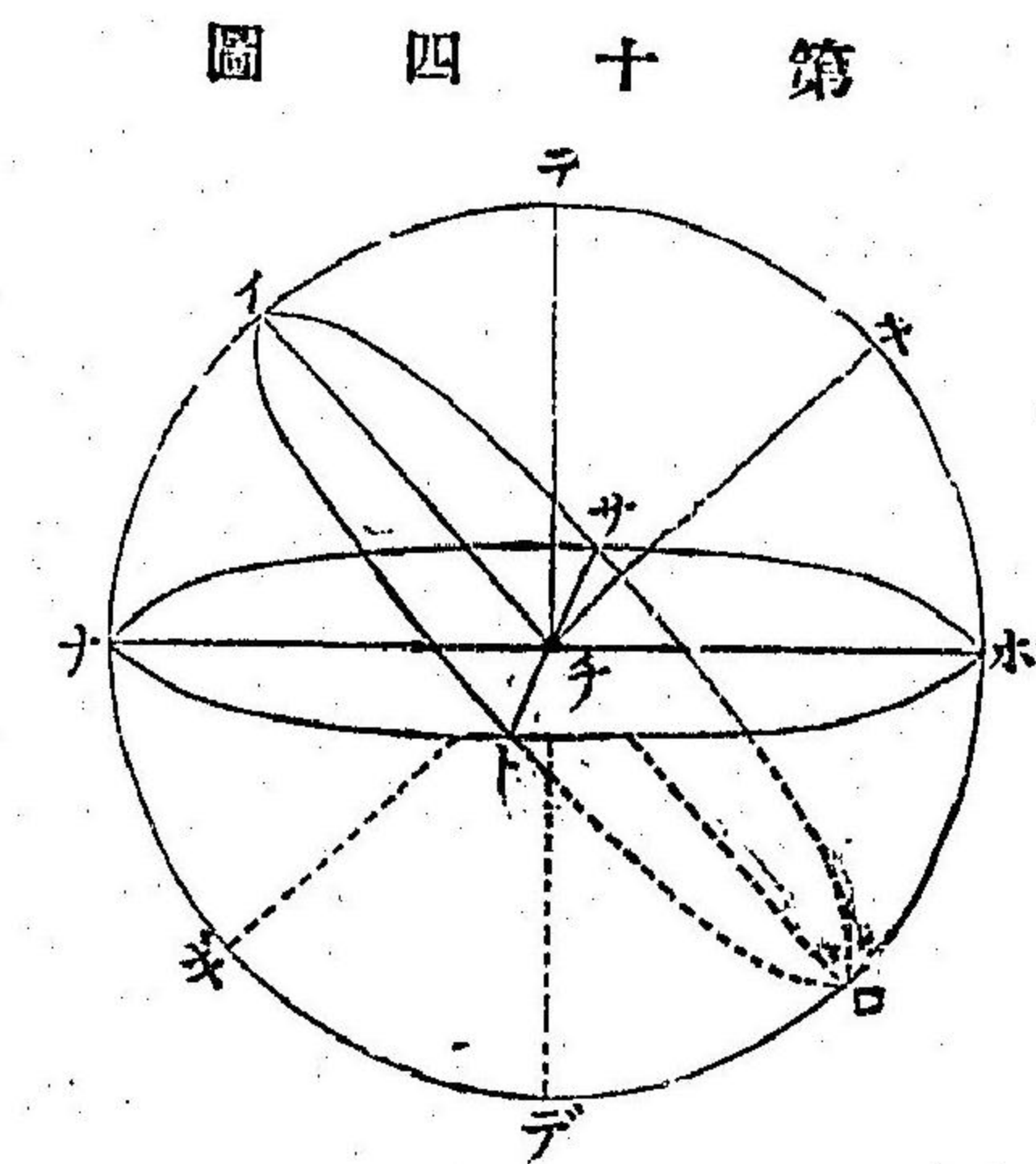
脚點を、南點に置く垂直圏第十三圖ナチは、天頂を越ゆれば、脚點を北點に置く垂直圏(チホ)に續くのである、此の線ホチナは、天の子午線 Celestial meridian と稱して、天の半球を、

東半と西半とに分つのである、此の兩半は、又朝半、夕半とも稱するのである、其理由は、天の子午線は、朝即ち午前と、夕即ち午後の界線となつて居るからである、觀測の瞬間、此の子午線の上に坐せざる星は、東西兩天の何れかに居なければならぬ譯である。

天の子午線に直角をなせる垂直圏で、其の脚點を東點に置くものを、初等垂直圏 Prime Vertical (第十三圖チニ)と云ふて、其の天頂を越へての續きは、脚點を西點に置く垂直圏である、此の二圏より成る半圓によりて、天は又南半と北半とに分るのである、此の別け方と、前の別け方とを合するときは、地平より上の天は、四分せられて南東の天、南西の天、北西の天、及び北東の天となるのである、夫て觀察の瞬時天頂、子午線、初等垂直線等の上に坐せざる星は、此の四天中の一に居なければならぬ譯である。

地平の面に直立する子午線の面を地球の内部に伸ばせば、必ず地軸に出會ふものがある、随つて地軸は、子午線の面の中にある譯である、然るに地軸は、南北兩天極を結び附くる天軸中の一部分であるから、天極も亦子午線面中にありて、而して天の北極は、地平上の天の北半球に、天の南極は、地平下の天の南半球に在る譯である、子午線中に在る總ての點は、北極と共に天の東半と西半との界線にあるのである、天極の位置は、何れの地平より見るも、一定不變のもので、地平の變ると共に變るものではない(第十

二八 天の赤道



(テ)極南同(キ)極北の天(キ)平地(ナホ)
天(ロイ)き高の極(ホキ)點脚(サ)頂天
道赤の

地球の赤道面を四方に擴張するとき、其の天球面を切る所は、一大圓である。之を天の赤道(Celestial equator 又は Equinoctial と稱へて、三月二十一日、又は九月二十三日に、太陽が地平の上に書く道が、略之に當るのである。第十四圖に於ては、トイサは、天の赤道の地平上にある部分で、サロトは、其の下に在る部分である。

二九 地平の上に在る天極の位置の用

天極の用は、先地學上の緯度を見るにある。第十四圖に於て、チを以て、觀察者の位置を示すとせば、テは其の天頂で、キは天の北極である、イサロトは、天の赤道面で、ナサホト

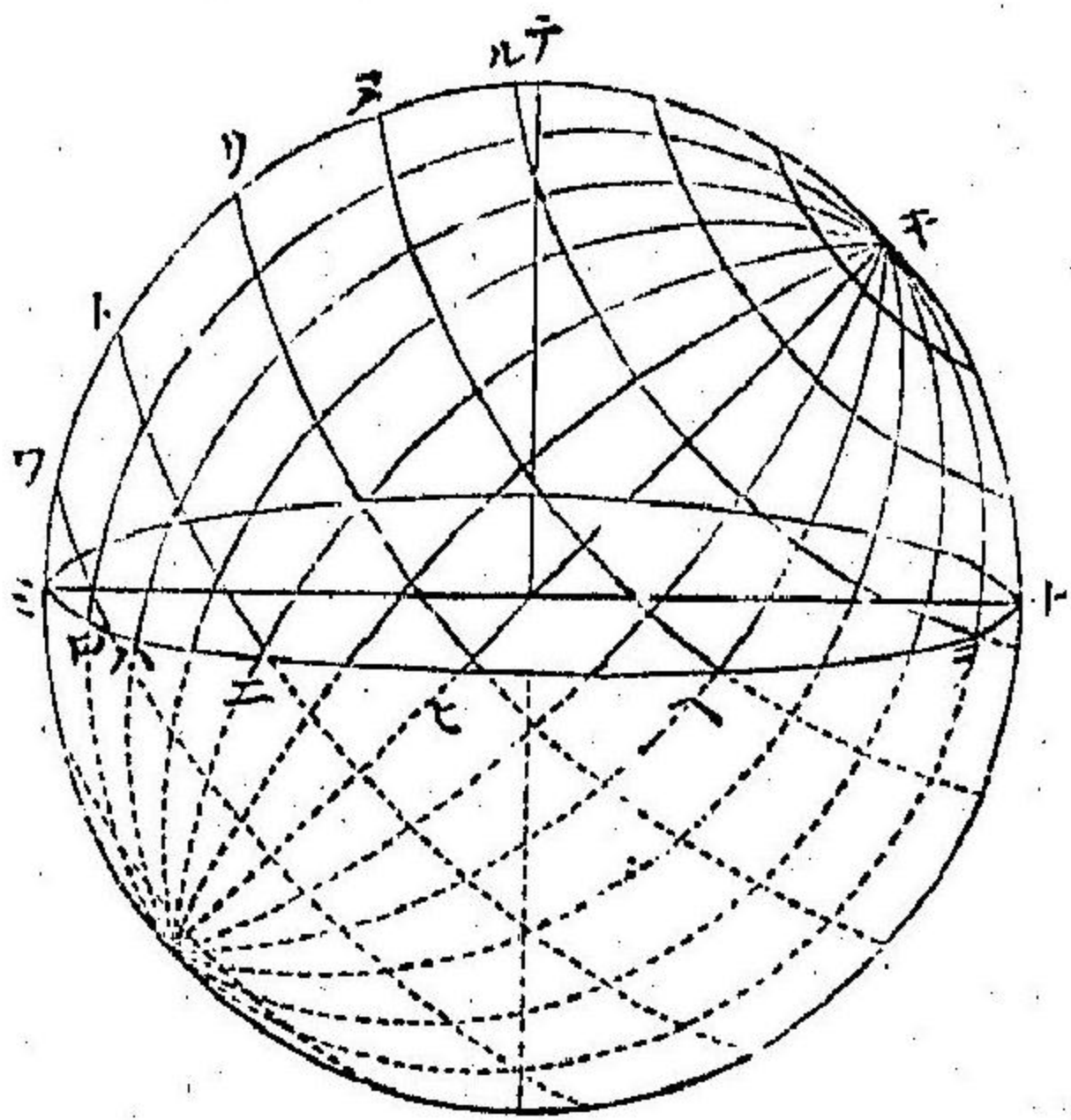
は地平面で、キホはチ點より見たる極の高さ Height of the pole である、さてキホなる弧とキテなる弧と相合すれば九十度となり、又キテなる弧と、テイなる弧とを相合すれば九十度となるにより、キホなる弧と、テイなる弧は、同じき理である、然るにテイはチなる觀察點の緯度であるから、随つて一地點の緯度は、其の地點より見たる極の高さに同じきものとなるのである。故に觀察點の緯度を知らんと欲せば、其の點より見たる極の高さを測れば、それで済むのである。極の高さは、簡單なる器械を用ふれば、容易に測ることが出来る。

極の位置は、嚴密に言へば、決して不變のものではない、即ち最近の實測によれば、極の位置は少しづつ變化しつゝあるもので、是は地軸の方向の變化より來るものである。然し此の變化は、一秒の何分の一と言ふ位であるから、極めて精細の測量によらざれば、之を認むることが出来ないものである。

三〇 時圈

右の譯であるから、天極の位置は先づ不變のものとして見て、差支ない、随つて天の赤道も亦不變の者となるのである。底で地平の上に在る天極から、天の赤道に垂直に、弧を

第十 五 圖



下し之を地平線に達するまで伸ばして而して
 その中で、其の脚點(最下點)を南點に置くもの
 は、即ち觀察點の地方子午線と一致するもの
 ある、上述の如き、天極より、天の赤道に垂直なる
 弧を、時圈 Hour circles と云ふて、第十五圖にては、
 キミ、キロ、キハ、キニ、キヒ等にて表はしてある、各
 時圈の間隔は十五度つゝのものである、是は一
 時間が弧の十五度に當るからである。

三二、赤緯圈

天の赤道と併行して各一度つゝを隔てて書かれたる圓を、赤緯圈 Parallels of declination と云ふので、第十五圖に於ては、リヒを天の赤道の一部とすれば、ヌヘ、ルヲ等は、赤道以北の赤緯圈で、トニ、ヲハ等は、赤道以南の赤緯圈である。
 赤緯圈と時圈とにて、天に又縦横線が出来る譯で、是も亦星の位置を見るに用ひらるるものである。

三三、地球の實形

地球は略球状ではあるが、完全無缺の球状ではない、即ち其の形は橢圓體と稱して、其の回轉軸の兩端に於て、稍平なるものである。
 地球の形が何程真正の球と違つて居るかを見るには、出來得るだけ、多數の地點に於て、地球面の彎曲の度を測らねばならぬ、此の目的を達するには、縦の子午線と、横の赤緯圈とを取り、之を地球面に密着して居るものと見做して、其の彎曲の状態を實測するのである、底で子午線を實測する時には、其の赤道附近の部分と、中緯度にある、一部分と極附近にある部分とを、實測比較するのである、斯くして、若し子線の一度の長さ、が何處に於ても、同一にして、又赤道の一度の長さと同じであるならば、此等は地球面に書かれ得べき最大圓を表示して、地球其の物は、完全無缺の球體と見做すべきものである、さもない場合には、地球は正球體ではないことになる。
 併行圈即ち緯線(赤緯圈を地球面に射影したもの)は赤道を距るに隨ひ小さくなるものであるから、其の一度の長さは、緯度の高低によつて違はなければならぬのみならず、其の違がう割合は、地球が、正球なる以上は、赤道を距るに隨ひ、一定の比例によらな

ければならぬ、又同じ併行圏中であれば、何れの箇處の一度も、同じ長さでなくてはならぬ、然るに實際に於ては、併行圏に於ても、赤道に於ても、又子午線に於ても、同じ一度が、其の長さを、多少異にする所を以て觀れば、地球は決して完全無缺の正球體でないことが分るのである、随つて併行圏でも、子午圏でも、正圓でないことになる。

地球面上の諸圏は、又之を天球面に射影することがある、此の時には、觀察者の眼は地球の中心にあると想像するので、さうすれば、地球面の圏線は、天に射影せられて見ゆるのである、斯く天に射影せられたる圏線は、正圓と見做すべきである、何故なれば、天は球と假定せらるゝからである。

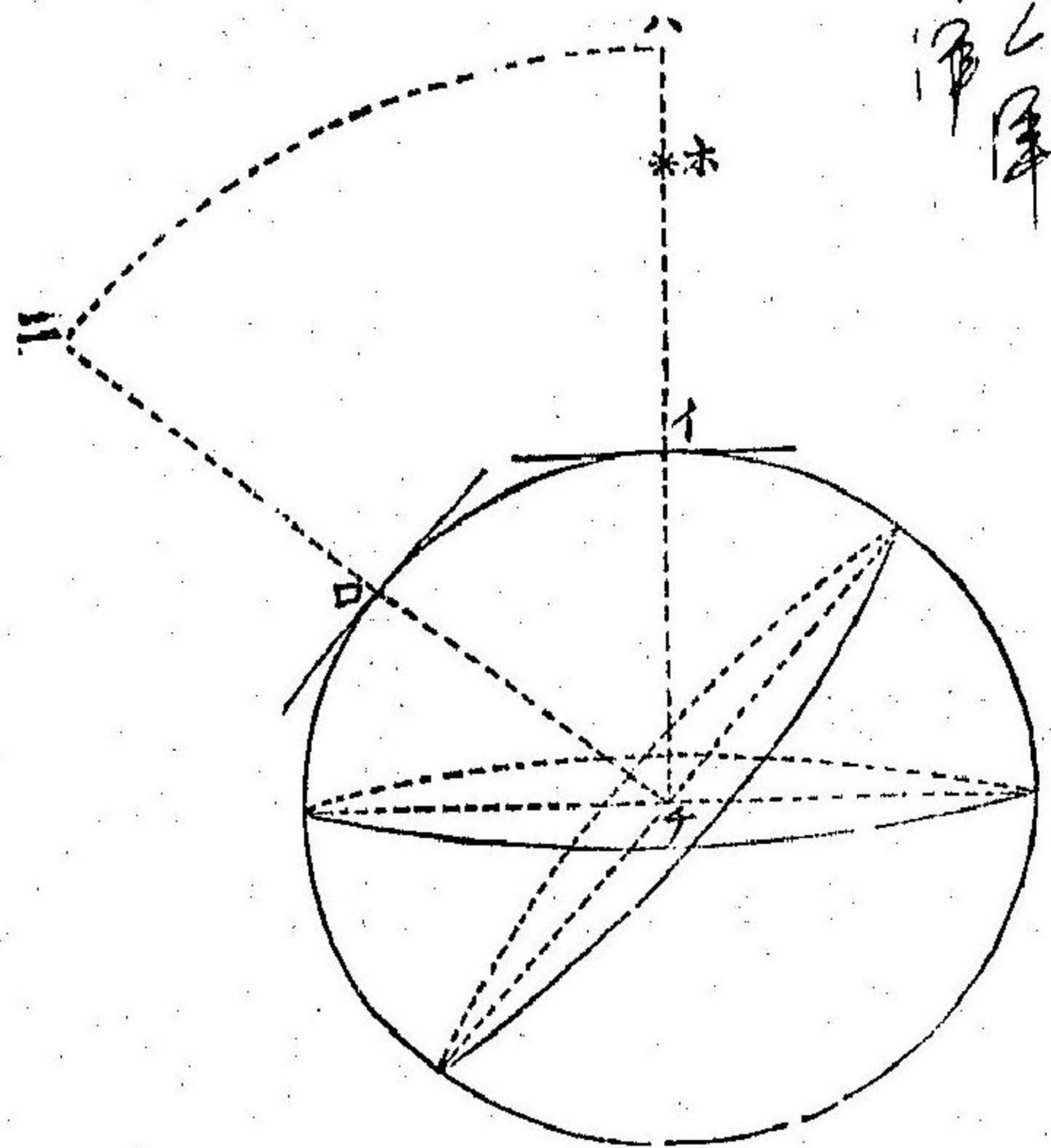
三三、度の測量

度の測量とは、地球面の弧の尺度的長さの測量で、其の目的は地球の大きさと形とを知るに在る、此の爲に、先地球面の二個點の間の弧が、何度何分であるかを測り、次に其の間は何里何町何間あるかを測るのである、此の仕事の第一の部分、即ち弧の角度的長さを測ることは、天文學の仕事で、第二の部分、即ち尺度的長さを測るのは、三角測量法の仕事であるが、兩者を合せて、之を測地學 (Geodesy) の仕事と云ふのである、測量

は子午線の方角に行ふこともあるし、又併行圏の方角に行ふこともある。

軍艦圖大三四、弧の角度的長さを測る法 軍艦圖大三四

第十 六 圖



弧の角度的長さを測るには、天頂附近の星を利用するか、又は天極を利用するものである、この二者中、何れが勝れるかと云ふに、天頂附近の星を利用する方が勝つて居る、何故と云ふに、天頂附近にては、光線の屈折の影響がないからである。

先天頂附近の星を取る場合には、例へば第十六圖に於て、ホなる星が、イなる地の子午線を通過する時、天頂(ハ)にあるとし、又ロなる地にて同じ星が同じ子午線を通過するときには、ロなる地の天頂(ニ)より、ハなる距離に在るとすれば、地球面の、イロなる弧は、天のハニなる弧に均しく、ハニ弧は、ハチニなる角度に均しきものである、但し此の觀測に用ふる星は、必ずしも二地點の内の一

地點にて天頂に來るものには限らない、他の星にても、二地點に於て、其の子午線を通
過する時、天頂より何程離れ居るかを見て置けば計算は直に出來るのである、第二地
即ち口點に於て、星が天頂より何程離れて居るか、簡易な角度計を以て計ることが
出來る。

極を用ふるときには緯度は極の高さに均しと云ふ事實を利用するのである、乃ち南
北の二地點に於て、極の高さを測れば、其の差は緯度の差に、均しきものでこの差は即
ち二地點の弧の角度的長さである。

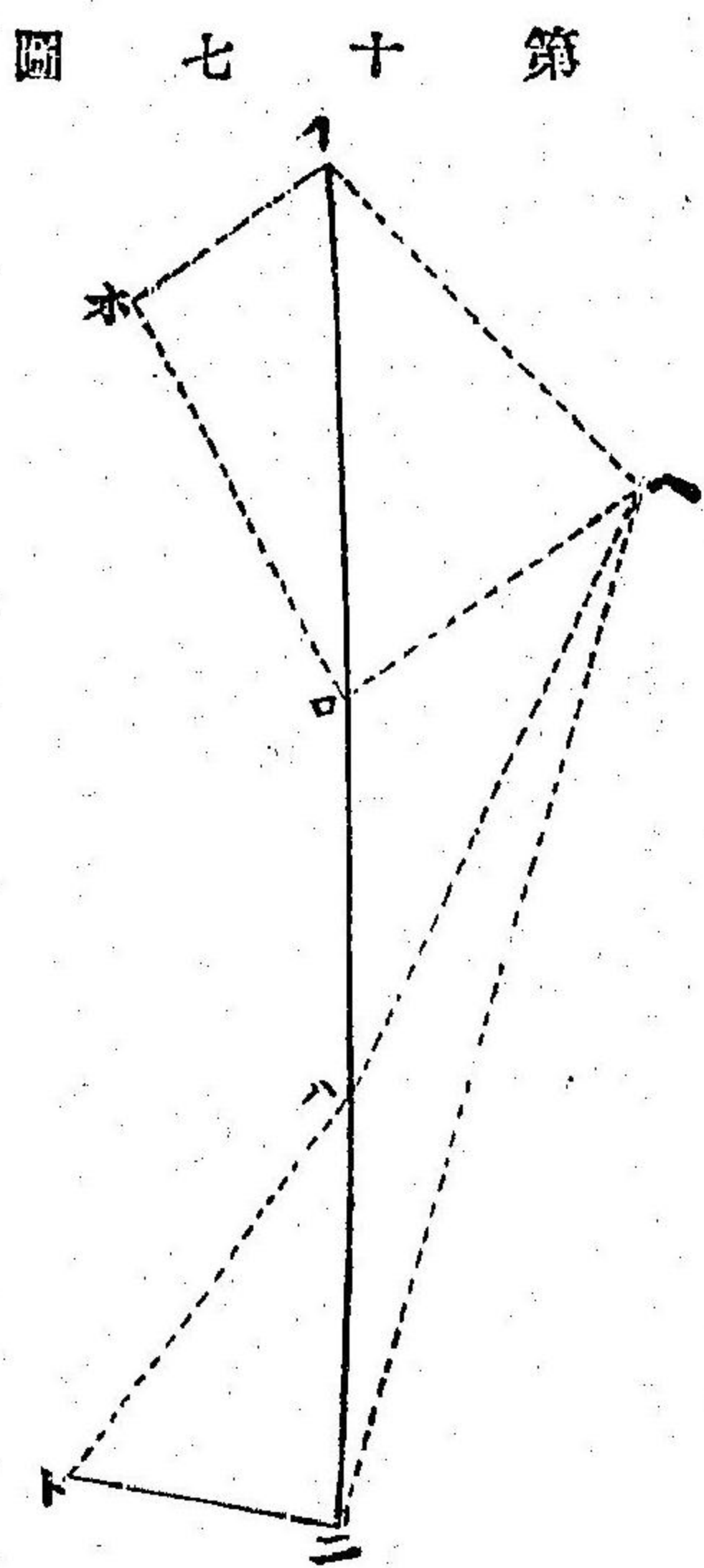
弧の尺度的長さを測るには、一定の長さを有する鎖又は竿を以てするか、又は三角法
に依るのである。

鎖又は竿を以て測る場合には、地面に其の鎖又は竿を直線に寐かして幾度となく、其
の上に置くのである、勿論此の際に誤差が生じ易いから、餘程綿密にしなければなら
ぬ、又地面が斜面であれば、其の上を計つたものを、更に水平に更正しなければならぬ
然し此の法は、距離が長い場合には、不適當であると云ふのは、地球面には凹凸が多い
爲に、誤謬が極めて生じ易く、結局正確なる結果を得難いからである、夫で十七世紀の
初期以來此の法の代りに、三角法を用ふることになつた。

三五、三角法にての測量

三角法にて測量をするには、先基線 *base-line* と云ふものを置かなければならぬ、基線と
は、適宜の場所に撰まれたる、小距離に亘る直線で、其の長さは、鎖又は竿にて極々精密
に量るのである、斯の基線が極まりさへすれば、其の他の距離は、角度の測定と、計算と
にて見出すである。

基線が極まれば、今度は其の附近に、丘や山の頭の如き高さ地點數個を撰び、之を想像
線にて結び附け、三角を拵へ、其の角度を測定するのである、勿論各點は、必ず他の二個
點を見得る處でなくてはならぬ、
之に因て、出來得るならば山頂の
如き四方を見渡し得る點を撰ぶ
のである、斯くして拵へたる最初
の三角形には、基線を、其の一側と
して、他の二側は、三角法にて計算
し出すのである。



天文地學 三五 三角法にての測量

今圖を以て、之を示せば、先づ第十七圖に於て、イニを、吾々が測量すべき弧と見て、イトニとの間にロとハなる二點があるとする。又ホヘトなる三點は、弧より程遠からざる所に在る地點とする。又イホなる線を基線とする。底で圖中、點線にて結び付けられたる、三角形の角度は、各點に据へ付けらるべき器械にて量るとの出来る者である。故にイロホなる三角形に於ては、イホは基線であるから、其長さは知れて居る。隨てイロなる一側も算出する事が出来る。さてイロの長さが分つた以上は、イロへなる三角形のロへなる一側の長さは之を算出する事が出来る。ロへが分れば、ロへハなる三角形に於て、ロハなる一側の長さは之を算出する事が出来る。斯くの如き方法にて、ハニなる線も分るに因て、終にイロ、ロハ、ハニの三弧の長さが分る。底で此の三弧の長さが果して正確に算出せられたか、しないかを見るには、ニトの如き、第二の基線を撰び、今度はニハ、ハロ、ハイと反對の方面に測量をすれば、各弧の長さが一層正しく分る譯である。三角測量の方法は、大略右の如きものであるが、地球面は、眞の平面ではなく、球面であるから、平面三角法ではなく、球面三角法に據らなければならぬ。又地球面は、眞の球面ではなく、橢圓體の面であるから、嚴密に言へば、球面三角法も當らないのである。みならず、如何なる橢圓體面であるかは、之を測定しなければならぬのである。因て度

の測定は、實際に於ては、非常に錯雜困難のもので、之に打ち勝て、略正しく測量の出来る様になつたのは、極々近來の事である。

三六、赤道及び併行圈の度の測量

赤道及び併行圈上に於ての、度の長さを測る方法も、大體前の方法と同一である。此の仕事も、一部は天文學に屬し、一部は測地學に屬する。天文學者の爲すことは、測らんとする弧が精密に又は同一の併行圈上にあるかないかを極め、然る後に、其の弧が何度何分何秒あるかを見るのである。弧が果して赤道又は同一の併行圈上に在るかないかは、其の弧が同一の緯度に在るかないかに依り、之を知るので、弧の大きさは、子午線の場合と違ひ、地方時の差を以て見るのである。地方時の事に就ては、後に委しく述ぶるつもり。

測地學者のすることは、子午線の場合と同一で三角法によるのである。

三七、度の測量の歴史

昔し行はれた度の測量は、今日の如く、地球の形の正球より違つて居る點を知る爲て

はなく、地球の周囲を計るのが、其の唯一の目的であつた、即ち一部分の長さを實測して、周囲の長さを算出し、それより地球の直径、面積、立積等を算出することであつた。希臘の哲學者、アリストートル Aristotle は西曆紀元前四世紀の人であるか、此の人の書に、當時數學者が地球の大きさを算して、其周囲は、四十萬スタヂヤ Stadium であると言つて居ると見えて居る、一スタヂウム Stadium は一町六九五であるから、四十萬スタヂヤは、六十七万八千町、即ち一万八千八百三十三里二町となる(近來の計算にては、赤道の周囲は一萬二百里ばかりである)

西曆三世紀の希臘人であるダイオジニース・レールシウス Diogenes Laertius の書に、ミレットのアナクシマンダー Anaximander of Milet は西曆紀元前五百五十年頃、初めて地球の水陸の面積を擧げて居ると言つて居るが、アリストートルの言つた數學者とは、此の人のことであるかも知れぬ、兎に角アナクシマンダーは、地球儀及び地圖最初の製造者として有名な人である。

西曆紀元前一世紀の羅馬の詩人ホレーヌ Horace は、紀元前四世紀に住んで居たクレンタムのアルキタス Archytas of Tarentum を地球の測量者と稱して居る。

西曆一世紀のストラボ Strabo と云ふ希臘の地理學者は、下の如きことを言つて居

る、紀元前三世紀の、エラストスセニース Eratosthenes と云へる、埃及アレキサンドリヤ府の圖書館長は、地球の周囲を、三十五萬二千スタヂヤと計算したりと、此の事は羅馬の老プリニー Piny (第一世紀の著述家) 及びセンソリヌス Censorinus (三世紀の羅馬の著述家) の書にも見えて居る。

西曆五世紀の希臘の著述家、クレオメデイス Cleomedes の書に下の如き言がある、エラストスセニースは、一年中に、太陽の地平上の位置が最も高い日(夏至を意味す)の正午には、埃及シエネ Syene の地の深い井戸の底が日光を受くる、換言すれば此の日には太陽がシエネの天頂に來ると云ふことを知つて居て、此の日の正午、アレキサンドリヤ府にては、太陽は天頂より何程の所まで來るかを計つた、其の時、之を計る爲に用いたものは一種の日時計で、其の形は中空の半球狀で、空球の中心に、直針が立ててあり、針の側には度の目盛をした輪があつて、針の影の頭に依て、太陽の觀察點の天頂からの角度的距離を讀む様にしてあつたが、此の器械にて、エラストスセニースが得た結果は七度十二分であつた、即ち夏至に、太陽は、アレキサンドリヤの天頂から七度十二分の處に在るを見出した、此の七度十二分は、シエネとアレキサンドリヤ間の弧の長さであるから、兩地間の里數さへ分れば、地球の周囲は是に據て算出することが出

來ると云ふのは、七度十二分は、圓即ち三百六十度の五十分の一であるから、七度十二分の里數に、五十を乗すれば、地球の周圍は出る譯であるからである。底でシエネとアレキサンドリヤ間の距離は、常時五千スタヂヤと稱へられて居たに因て、エラストセニウスは、地球の周圍を、二十五万スタヂヤ(凡一萬千七百七十一里)と計算したとの事である。但し此の數は、ストラポーンが同じエラストセニウスが得た數として擧げて居るものと、二千スタヂヤの差がある。

西曆紀元前百六十年より百二十五年の間に、天文學者として有名なりし、ヒツバルクス Hipparchus は、地球の周圍を、二十六萬三千スタヂヤ(凡一萬二千三百八十三里)と計算した。

紀元前一世紀に住んで居た、小亞細亞ローズ Rhodes 島の哲學者兼天文學者ポシドニウス Posidonius は、自分の島と、埃及アレキサンドリヤとの緯度を測るに、南方の天に見ゆるカノプス Canopus と云ふ、船形宮の一明星を利用したのである。此の星はローズから見れば、南の地平に暫時の間見ゆるのみで、少も上に昇らずして直に地平下に入る者であるが、アレキサンドリヤから見れば、地平より七度半だけ上の方に昇るのである。そしてポシドニウスは、ローズとアレキサンドリヤとの間の弧は七度半であるこ

とを知つたのである。然るに兩地間の距離は、當時五千スタヂヤと云ふことになつて居り、且七度半は三百六十度の四十八分の一であるから、是に因て地球の周圍は、五千スタヂヤの四十八倍、即ち二十四万スタヂヤと計算されたのである。此の計算は、理窟に於ては間違はないが、ポシドニウスの氣附かざりしことは、地平附近の星は、光線の屈折に因て實際より高く見ゆること、ローズ及びアレキサンドリヤは、同子午線の下に在らざることとであつた。夫て實際に於ては兩地間の弧は、七度半より一層小ならざるべからざる譯で、又五千スタヂヤなる距離も、斜線距離であるから同子午線の距離に換算すれば、もつと少なくならなければならぬのである。

紀元八百二十七年回教主アベット・エル・マムーム Abed el Mumm の命により、數名の天文學者が、アラビヤ灣の海岸に沿へるジンジャル Zindjar の平原に於て、二度に亘る子午線の長さを測つたことがあるが、測量は此の弧の中央より南北双方に向て行はれた。其の結果、北なる一度は、五十六アラビヤ里、南なるものは、五十六アラビヤ里三分の二となつたが、當時南なるものが正確と見做されたとのことである。但し當時のアラビヤ里の長さが不明であるから、判然たることは分らぬが、近來の取調によれば、當時算出せられたる地球の周圍は、凡五千七百獨逸地理里、我が一万七百六十七里余であ

つたらうとの説である。

希臘時代よりアラビヤ人物興の時代に至るまでは、随分長い年月の間であるが、此の間度の測量の中止されたのは一時全く學問の衰へたのに基くのである。希臘時代の學風を受け繼いで、學問を研究したは、紀元二世紀に於けるアレキサンドリヤ府の天文学者トレミー Ptolemy を以て最後とするので、此の人は、當時天文学に關する總ての從來の研究の結果を蒐集して、一大著述をなし、又地理書を編纂し地圖を製した人である。此の人死して後、同じ系統の學者の絶えた理由は、希臘が漸く衰へて來たからである。希臘の衰ふると同時に勃興したのは羅馬であるが、羅馬人は何故か希臘人の始めた學問には少も身を入れなかつたのである。然るに其の後數世紀を経て興つたアラビヤ人は再び希臘風の學問を起して、遂に之を可なり高等の度まで進めたのである。アラビヤ人衰退後は學問研究の地は再び亞細亞より歐洲に復歸したが、此の間は又ハ世紀に亘る長い時代であつた。只此の間に稍見るべきものは、西班牙に渡つたアラビヤ人で、彼等の中には博物學に力を入れたものがあつた。然し天文の方は、全く之を顧る者なく、爲に度の測量も全く中止の姿となつたのである。

三八、歐洲に於ける度の測量の再生

佛國の醫師兼數學者、ジャン・フェルネル Jean Fernel は、千五百二十五年中、巴里とアミアン Amiens との間に在る、一度の長さを測つて、五万七千七百七十トアーズ Toises (十萬九千五百七十四米四、即ち二十七里九)なる結果を得た。此の際フェルネルが距離を測るに用ひたものは、車の形をなした一種の測路計で、之を道路の上に回轉せしめ、其の回轉の數にて距離を知る様になつて居たものである。斯かる方法にて精密なる結果を得難いのは識者を俟たずして知るべきことであるが、二七九里と云ふ、中らずと雖も遠からざる數を得たのは、實に不思議で、ラーランド Lalande は、誤差が互に相平均して、偶然實際に近き數を得たるものであらうと言つて居る。

千六百十五年には、和蘭陀ライデン Leiden 府の數學者、ウィレブルド・スネリウス Willebrord Snellius が、三角法に據つて、一度十一分三十秒に亘る弧を測量した。此の時の基線は、長さ三百六十レニシロッド Rhinish rods (凡七百九間)のライデン府とセーテルウワード Soeterwoud 府との間に在つた直線で、弧の方向はアルクマール Alkmaar から、ライデンを経て、メルデン、オップ・ゾーム Bergen op Zoom の方に走つて居た。して此の弧の

長さは三万四千六百十八レニシ・ロッドであつたから、是より更正を加へて算出された一度の長さは、二万八千五百レニシ・ロッド(二十六里強であつた。然るに其の後、百餘年を経て、同じライデン府の數學者ムッシェンブローク Mussenbroek はスネリウスの計算法に誤りある所を正して、一度の長さを二万九千五百十四レニシ・ロッド(二十六里九)と算出した。此の數は實際と違ふこと、フェルネルのものより多いが、然しスネリウスの功は、三角法を利用したことと此の後の測量は、皆スネリウスの方法に倣つて行ふことになつたのである。

英國の數學者ノ・ウード Norwood は、千六百三十八年に於て、ロンドン府より、ヨーク府 York までの、二度二十八分に亘る弧を測量して、此の地方の一度の長さを、五万七千三百トアーズ(二十八里強)と計算した。

伊太利亞の神學者兼數學者リッチョリ Riccioli は、グリマルチ Grimaldi の手傳ひを以て、モデナ府 Modena 附近の一度の長さを、六万三千五百九十九ボノニヤン步 Bononian paces と計算したが、是はカッシニ Cassini によれば、六万一千四百七十八トアーズ(三十里一一)に均しきものと云ふことである。此の時、リッチョリの用ひたのは、三角法であつたが、其の成績が實際より大分違つて居たのは、多分器械の不完全なものと光線の屈折を度外視

した爲であらうと云ふことである。

佛王路易十四世の命によりて、佛國學士會院の一員、ピカール Picard は、千六百七十年に於て、巴里府通過の子午線の、北緯四十九度の所の一度の長さを測量して、五千七百五十七トアーズ(二十七里八九三)なる數を得た。

生國は伊太利亞で、千六百九十年、巴里新設の天文臺長となつた、ドミニクス、カッシニ Dominicus Cassini は、千七百二年に於て、巴里以南の六度の長さを測量して、一度の長さを五千七百九十七トアーズ(二十七里九一三)と計算した。

ドミニクス、カッシニの子で、又父の職務を繼いだジャコップ・カッシニ Jacob Cassini は、千七百十八年、巴里より北の方ダンカーク Dunkirk まで測量して、一度の長さを、五万七千六十一トアーズ(二十七里八九五)と計算した。

右カッシニ父子の得たる結果にては、巴里以南の一度は、同地以北の一度より、長くなくて居た爲に、當時の佛國の學者は、地球は赤道部に平にて、即ち南北に長い橢圓體であると言つたのである。然るに此の前に發見せられたニウトン Newton の重力の考說によれば、地球は兩極に平なる橢圓體でなくてはならぬにより、佛國學士會院の學者とニウトン及びニウトンと同説の學者との間に學術上の論争が始まつた。それて之

を決せんが爲に精細なる測量を實行することとなつた。乃ち佛國學士會院の申請により、佛王路易十五世は、赤道附近の子午線と、出來得る丈北方の地の子午線とを測量することを命じたのである。夫て佛の學士會院より南北双方に、學者隊を派遣することになつた。即ち南隊の總督には、學士會院委員ブーゲー *Bouguer* が命せられ、北隊の總督には、同じ委員のモーベル *Maupertuis* が命せられた。して測量を始めたのは、千七百三十五年であつたが、二年を経てモーベル *Maupertuis* は、スカンデナヴィヤの北方、トルネオー *Touneai* (北緯六十六度四十八分) の地に於て、測量を結了し、同地に於ける一度の長さとして、五万七千四百二十二トアーズ (二十八里〇七二) を得たのであるが、南米エックワドル國キート *Quito* に行つたブーゲーは種々の困難に出會ふて、三度に亘る弧を測量するに九個年掛つたのである。して其結果、赤道附近の一度の長さは、五萬六千七百五十三トアーズ (二十七里七四六) となつた。さて此の南北の測量は、從來のものに比し最も精密に行はれたものであつたにより、以上の結果を正確と見做して、地球は赤道に平かならずして、兩極に平かなるものであることに決着した爲に、佛國の學士會院の敗となつて、ニウトンの學院が益光輝を放つ様になつたのである。

佛國の僧ド・ラ・カイ *De la Caille* は、六七百五十一年、亞弗利加喜望峯の南緯三十三度の邊に於て子午線一度の長さとして、五萬七千三十七トアーズ (二十七里八八四) を得た。千七百五十五年、ボスコウキツク *Boscovich* は、伊太利亞の北緯四十三度に於て、子午線を測量し、其の一度の長さを、五萬六千九百七十九トアーズ (二十七里八五六) と計算した。

千七百六十八年、ヘッカリヤ *Peccaria* は、伊太利亞テウリン府 *Turin* 附近の北緯四十四度四十四分の所に於て、子午線一度の長さを、五千七百二十四トアーズ (二十七里八七八) と計算した。千七百七十年、リースガング *Liesegang* は、奥國の主府附近の北緯四十八度四十三分の下に於て、子午線一度の長さを、五萬七千七十八トアーズ (二十七里八九九) と算出した。米國ペンシルヴァニヤ *Pennsylvania* 州の北緯三十九度十二分の地に於て、メーソン *Mason* 及びデクソン *Dixon* は、子午線一度の長さを、五萬六千八百八十八トアーズ (二十七里八一二) と計算した。

印度ベンガルの北緯二十三度十八分の地に於て、バロー *Barrow* 及びダルトビー *Dalby* は、

子午線一度の長さを五万六千七百二十五トアース(二十七里七三三)と算出した。第十八世紀中には行はれた最も名高い測量は、佛國政府の命により、千七百九十二年乃至千八百八年にドランプル Delambre、メシヤン Méchain、ビオット Biot、アラウチー Arago の四名にて行はれたもので、此の時測量された弧は、佛國のダンカーク Dunkirk より地中海のフラルメンテラ Formentera に至る、十二度二十二分のものであつた。英國にても、千七百八十三年に三角測量を始め、コルビー Colby 及びエアリー Airy は、測量の弧を十度十二分に擴げて、前の佛蘭西の測量線と結び告げて、シェットランド Shetland より、フラルメンテラ島まで、全長二十二度半に及んだのである。

英人ラムトン Lambton は、千八百二年印度に於て、測量を始めたが、其の後エベレスト Everest 及びウラルカー Walker の繼續する所となり、遂に二十四度に亘る弧が、測量せられた。

露國及びスカンデナヴィヤの合併測量は、頗る大規模のもので、測量者は、ストルーフエ Struve 及びテンネル Tenner 弧は北氷洋より黒海まで、延長二十五度二十分のもので、結了したのは千八百五十一年であつた。

規模は小さなものであるが、獨逸ハノーバ： Hannover にてのガウスの測量千八百二十一年より二十四年まで、及びプロイス Prussia にてのベッセル Bessel の測量(千八百三十一年より三十四年まで)は、其の精密なることに於ては、有名なるもので、其の結果は、地球の形と大きさを計算するに極めて有力なるものと見做されたのである。

近來に至ては、世界の文明國にて、萬國測地學會なるものが組織せられて、極めて大規模の測量が行はれつゝあるにより、此の測量結了の上は、地球の形と大きさは、極めて、精細に分ることであらう。

三九、地球の眞形に關する現下の説

理論上の研究と從來に於ける實地の測量の結果とにより、知られたる地球の形は、回轉楕圓體と稱して、兩極に平なる球に極めて近いものであつて、其の短き軸は、地球の回轉軸と一致するものである。

地球の赤道の直徑と、兩極間の直徑との差を、赤道の直徑にて除して、得たる商を地學者は地球の扁平の度 Oblateness of the Earth と稱するのである。例へば赤道の直徑を三千二百四十九里八八とし、極の直徑を三千二百三十八里五六とする時は、兩直徑の差

は十一里三二となる、此の數を赤道の直徑三千二百四十九里八八にて除する時は、二百八十七分の一となる、之を扁平の度と云ふのである、さて從來弧の測量から割り出されたる扁平の度は、左の如きものである。

一八〇〇年	ドラムブル	Delambre	三三四分ノ一
一八三〇年	エヤリ	Airy	二九九三分ノ一
一八四一年	ベッセル	Bessel	二九九一五三分ノ一
一八五六年	クラーク	Clarke	二九七七二分ノ一
一八五八年	ジェームス	James	二九一八六分ノ一
一八六六年	クラーク	Clarke	二九四九七九分ノ一
一八六八年	フィッシャー	Fischer	二八八五分ノ一
一八七二年	リスチング	Lising	二八九〇〇分ノ一
一八七八年	クラーク	Clarke	二九三四五六分ノ一

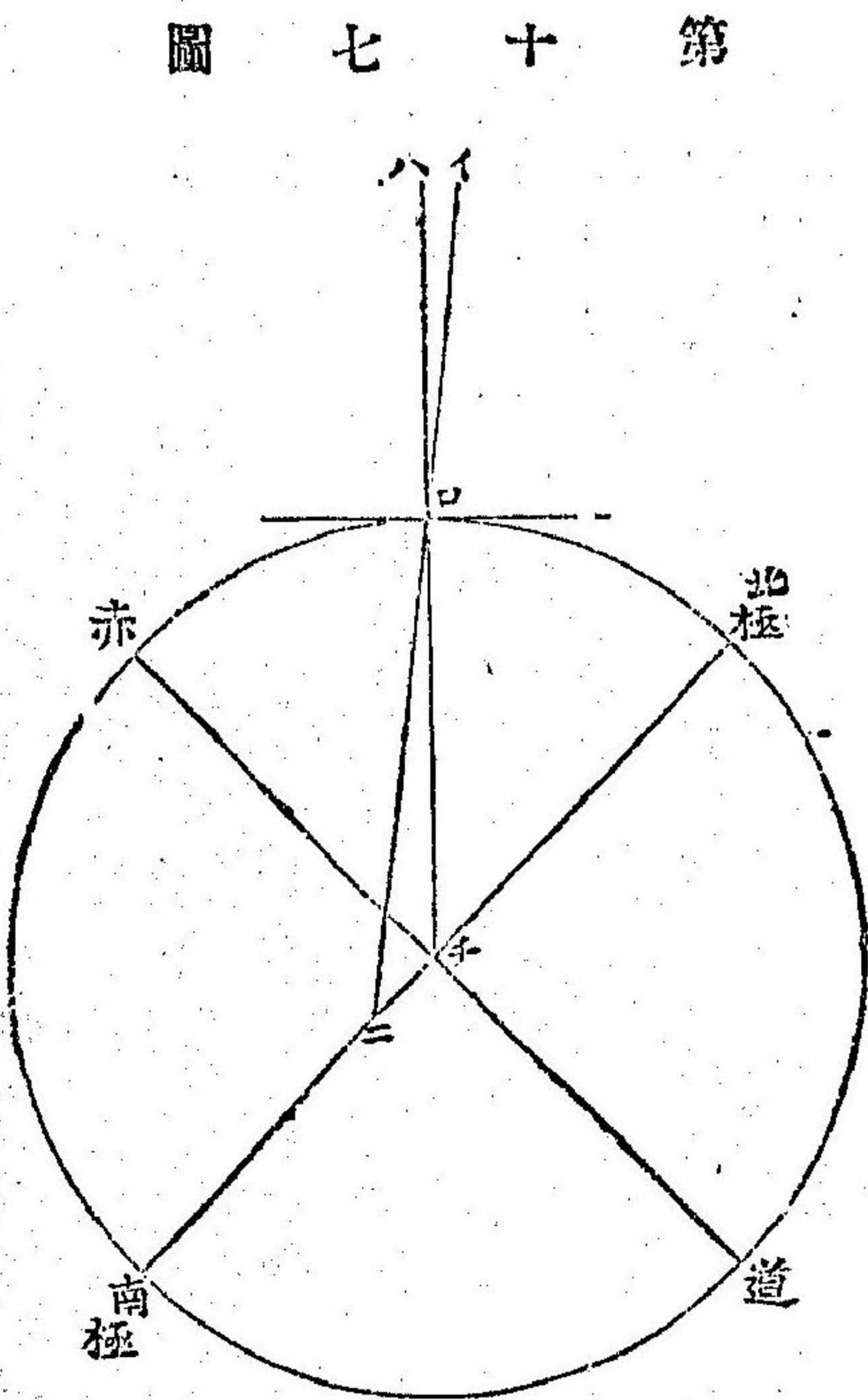
右に列擧したる數を見るに、地球扁平の度は、千八百年以來大體上次第に大きくなつて來て居ることが分る、これで今日では、二百八十九分の一位の所が、尤も眞に近きものではないかとの説である。

四〇、地球の大きさと米(メートル)との關係

メートル(米)と云ふ尺度は、現今廣く世界に行はるるもので、日本の尺も亦之に據りて定められたるものであるから、其の由來を知るとは、最も必要な事である、メートルは、十八世紀の末に當つて、佛國の學者會議に依て極められたもので、赤道より極に至る地球の四象限の一千万分の一と云ふことになつたものである、それで此の四象限の長さを精密に知る爲に、彼のダンカークよりフアルメンテラ島までの測量も行はれたのである、千七百九十五年四月七日及び千七百九十九年十一月九日、佛王の發せられたる詔勅にて、一メートルは、攝氏零度にて、四四三二九六巴里ライン Paris lines と決定せられたのである、然るに其の後に至りて、此の數は地球の四象限の一千万分の一に足らざること〇〇九ミリメートル(耗)なることが發見せられたが、一度決定したメートルの長さを變更することは、不得策であるから、初めの儘まにて、一般に用ひらるることになつた、底で我が國の一尺は一メートルの三三分の一(即ち三尺三寸が一メートル)と云ふことになつて居るのである。

四一、更正緯度

地球面上の觀察點より、地球の中心に直線を書き、此の直線と赤道面との間の角度を更正緯度 Revised Latitude と云ふのである。緯度が極の高さに均きものなることは、前に述べた通りであるにより、此の更正緯度は、即ち極の高さに均きものでなくてはならぬ、然し是は地球が完全なる球體である時の事で、地球が少しにても楕圓であれば、兩者の間に必ず少しの差が生ずるのである。例へば第十八圖に於て地球の中心とし、此の中心より觀察者の所在點たる口を通して、天までチハなる直線を書けば、ハは觀察者の正眞なる天頂である、又觀察者所在點の地平に、垂直に書かれたるニイなる直線は、天まで伸ばさるれば、



其の天に衝突するイなる點は、觀察者の視天頂で、此の線は、地球の圓部に伸ばさるる

も、其の中心には至らぬのである、されば、兩直線の間の、ハロイなる角度は、觀測されたる視緯度より差引かるべきもので、此の差引きたる殘餘が、更正緯度となるのである。今の角度は、赤道より四十五度の緯線までは、少しつゝ増加し、それより九十度までは、少しつゝ減するものである、増減の摸様は、左の通りである。

地學上の緯度	更正緯度	差
零 度	零 度 零 分 零 秒	零 分 零 秒
五 度	四 度 五 八 分 零 秒	二 分 零 秒
一〇 度	九 度 五 六 分 五 秒	三 分 五 五 秒
一五 度	一四 度 五 四 分 十 六 秒	五 分 四 四 秒
二〇 度	一九 度 五 二 分 三 七 秒	七 分 二 三 秒
二五 度	二四 度 五 一 分 一 二 秒	八 分 四 八 秒
三〇 度	二九 度 五 〇 分 三 秒	九 分 五 七 秒
三五 度	三四 度 四 九 分 一 二 秒	一〇 分 四 八 秒
四〇 度	三九 度 四 八 分 四 〇 秒	一一 分 二 〇 秒
四五 度	四四 度 四 八 分 二 九 秒	一一 分 三 一 秒

五〇度	四九度	四八分	三九秒	一分	二一秒
五五度	五四度	四九分	一〇秒	一分	五〇秒
六〇度	五九度	五〇分	一秒	九分	五九秒
六五度	六四度	五一分	一〇秒	八分	五〇秒
七〇度	六九度	五二分	三五秒	七分	二五秒
七五度	七四度	五四分	一四秒	五分	四六秒
八〇度	七九度	五六分	三秒	三分	五七秒
八五度	八四度	五八分	〇秒	二分	〇秒
九〇度	九〇度	〇分	〇秒	〇分	〇秒

七〇

四二、地球の大きさ

ペツセルの計算によれば地球の大きさは、左の如きものである。

赤道の半徑	六三七七三九七籽	(二六二三九六里)
地軸の半分	六三五六〇七九籽	(二六一八五五里)
赤道の周圍	四〇〇七〇三六八籽	(二〇二〇三八一里)

子午圈の周圍	四〇〇〇三四二三籽	(二〇一八六七六里)
子午圈の四象限	一〇〇〇〇八五六籽	(二五四六六九里)
地球の面積	五〇九九五〇七一四平方籽	(三三〇六七二三五方里)
地球の容積	一〇八二八四一三〇〇〇〇立方籽	(二七八八〇八九八〇四七立方里)

四三、赤道と極との間の併行圈上の一度の長さ

併行圈は、赤道を距りて、極に近くに隨ひ、次第に小さくなるのであるから、同じ一度でも、其の尺度的長さは、各併行圈に於て、夫々違はなければならぬ、即ち左の通りである。

緯度	籽	里	緯度	籽	里
〇	一一一三一(二八三四)		一	一一一三九(二八三三)	
二	一一一三四(二八三一)		三	一一一三五(二八三〇)	
四	一一一〇四(二八二七)		五	一一〇八九(二八二三)	
六	一一〇七〇(二八一九)		七	一一〇四八(二八一三)	
八	一一〇二三(二八〇六)		九	一一〇九五(二七九九)	

天文地學 四二、地球の大きさ 四三、赤道と極との間の併行圈距の一度の長さ

七一

一〇	一〇九六三(二七九六)	一一	一〇九二七(二七八二)
一二	一〇八八九(二七七二)	一三	一〇八四七(二七六七)
一四	一〇八〇二(二七五〇)	一五	一〇七五四(二七三八)
一六	一〇七〇二(二七二五)	一七	一〇六四七(二七一二)
一八	一〇五八九(二六九六)	一九	一〇五二八(二六八九)
二〇	一〇四六三(二六六四)	二一	一〇三九六(二六四七)
二二	一〇三二五(二六二九)	二三	一〇二五一(二六一〇)
二四	一〇一七四(二五九〇)	二五	一〇〇九四(二五七〇)
二六	一〇〇二一(二五四九)	二七	九九二四(二五二七)
二八	九八三五(二五〇四)	二九	九七四三(二四七八)
三〇	九六四七(二四五六)	三一	九五四九(二四三一)
三二	九四四八(二四〇五)	三三	九三四四(二三七九)
三四	九二三七(二三五二)	三五	九一二八(二三二四)
三六	九〇一五(二二九五)	三七	八九〇〇(二二六六)
三八	八七八二(二二二六)	三九	八六六二(二二〇五)

四〇	八五三八(二一七四)	四一	八四一三(二一四二)
四二	八二八四(二一〇九)	四三	八一五三(二〇七六)
四四	八〇二〇(二〇四二)	四五	七八八四(二〇〇七)
四六	七七四五(一九七二)	四七	七六〇五(一九三六)
四八	七四六二(一九〇〇)	四九	七三一六(一八六三)
五〇	七一六九(一八二五)	五一	七〇一九(一七八七)
五二	六八六七(一七四八)	五三	六七一三(一七〇九)
五四	六五五七(一六六九)	五五	六三九九(一六二九)
五六	六二五九(一五九三)	五七	六〇七六(一五五四)
五八	五九一三(一五〇五)	五九	五七四七(一四六三)
六〇	五五七九(一四二〇)	六一	五四一〇(一三七八)
六二	五二三九(一三三一)	六三	五〇六七(一二九二)
六四	四八九三(一二四五)	六五	四七二七(一二二二)
六六	四五四〇(一一五六)	六七	四三六一(一一一〇)
六八	四一八二(一〇六四)	六九	四〇〇二(一〇二八)

天文地學 四四、各緯度の下に於ける午線一度の長さ

七〇	三八・一八(九七二)	七一	三六・三五(九五二)
七二	三四・五〇(八七八)	七三	三二・六四(八〇三)
七四	三〇・七八(七八三)	七五	二八・九〇(七三五)
七六	二七・〇一(六八七)	七七	二五・一二(六三九)
七八	二三・二二(五九一)	七九	二一・二三(五四二)
八〇	一九・三九(四九二)	八一	一七・四七(四四四)
八二	一五・五四(三九五)	八三	一三・六一(三四六)
八四	一一・六七(二九七)	八五	九・七三(二四七)
八六	七・七九(一九八)	八七	五・八四(一四八)
八八	三・九〇(〇九九)	八九	一・九五(〇四九)
九〇	〇・〇〇		

四四、各緯度の下に於ける子午線一度の長さ

ベッセル Bessel が計算した地球の大きさを基礎として、各緯度に於ける子午線一度の長さは、次ぎの如し。

零度より一度まで (緯度の)	一一〇・五六	二八・一五
十度より十一度まで (同)	一一〇・六〇	二八・一六
二十度より二十一度まで (同)	一一〇・七〇	二八・一九
三十度より三十一度まで (同)	一一〇・八五	二八・二二
四十度より四十一度まで (同)	一一一・〇三	二八・二七
五十度より五十一度まで (同)	一一一・二三	二八・三二
六十度より六十一度まで (同)	一一一・四一	二八・三七
七十度より七十一度まで (同)	一一一・五六	二八・四〇
八十度より八十一度まで (同)	一一一・六三	二八・四二
八十九度より九十度まで (同)	一一一・六八	二八・四三

四五、眼界の廣さ

地球面は彎曲して居るから、高き所より見る眼界は低き所より見るものより大なるは、當に理の然らしむる所である、故に此の眼界の廣さ(一名視界距離)は觀察者の位置の高まると共に、擴まるものである、今種々の高さに於て吾々が前後に見渡し得る眼

界の廣さは、大略左の如きものである。

地球面上の高さ	前後の眼界距離(弧にて)	同上尺度にて
一〇 米(三三三尺)	〇度一二分二〇秒	二二八七八米(五・八二里)
二五 米(八二五尺)	〇度十九分一〇秒	三五五五四米(九・〇五里)
五〇 米(一六五尺)	〇度二七分二〇秒	五〇七〇三米(一・二九一里)
一〇〇 米(三三〇尺)	〇度三三分三〇秒	七一四一八米(一・八一八里)
二五〇 米(八二五尺)	一度〇〇分五〇秒	一一二八四五米(二・八七三里)
五〇〇 米(一六五〇尺)	一度二六分一〇秒	一五九八四〇米(四〇・六〇里)
七五〇 米(二四七五尺)	一度四五分三〇秒	一九五七〇二米(四九・八三里)
一〇〇〇 米(三三〇〇尺)	二度〇一分五〇秒	二二五〇〇〇米(五七・二九里)
五〇〇〇 米(一六五〇〇尺)	四度三二分二〇秒	五〇五一七八米(一二・八六九里)
七四二〇 米(一八八九里)	五度三一分	六一三〇〇五米(一五・六〇九里)
七四二〇〇 米(一八八九里)	一七度二四分	四九三〇三八里
七四二〇〇〇 米(一八八九里)	五二度四六分	一四九四二〇里

四六、種々の距離より見ゆる物の高さ

廣漠たる平野又は海上に於ては、物の高さとは、之を見得る距離との關係は、畧左の如しである。

物の高さ	見得る距離(弧にて)	同上尺度にて
八 米(二六四尺)	〇度五分	九二七五米(二・一里)
二六 米(八五八尺)	〇度一〇分	一八五五〇米(四・七二里)
六〇 米(一九八尺)	〇度一五分	二七八二五米(七・〇八里)
二四三 米(八〇一九尺)	〇度三〇分	五五六五〇米(一四・一七里)
五五一 米(一八一八尺)	〇度四五分	八三四七五米(二二・二五里)
九七〇 米(三二〇一尺)	一度〇分	一一一三〇〇米(二八・三四里)
三八七九米(三五五町)	二度〇分	五六六八里
二・二二九里	三度〇分	八五〇二里
三九六七里	四度〇分	一一三三四里
六一九六里	五度〇分	一四一六七里

天文地學 四六、種々の距離より見ゆる物の高さ

二五〇四八里	一〇度〇分	二八三四二里
一〇四二九七里	二〇度〇分	五六六八四里
二五一二八〇里	三〇度〇分	八五〇二六里
六七一五二二里	四五度〇分	一二七五三七里

七八

右の如き割合であるから、海上七里の距離にて見ゆるものは、海面上少なくとも六十米の高さを有たなければならぬ、又海岸に富士山(三七七八米)位の山ありとすれば、其の頂上は五十五里の沖にては、僅に之を地平に見る譯である、又一流の火の球が互に二百里を隔つる甲乙の地にて、同時に見え、且甲地にては天頂に、乙地にては地平に見ゆるときは、甲地にて火の球の高さは、少くも十二里はなくてはならぬ理である。以上は地球面を正球體の面としての計算なれば、實際は之と幾分の差異あること勿論なれども、此の差異は極めて些少のものである。

四七、地理里

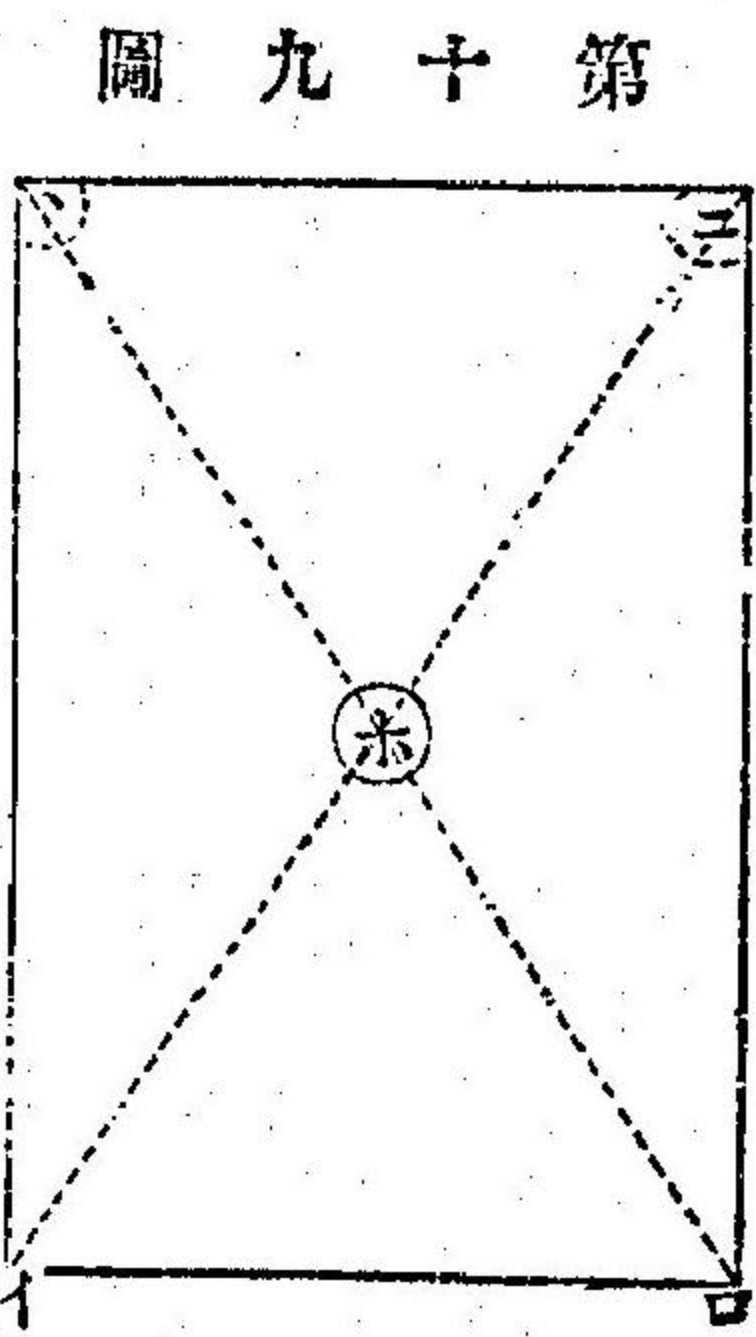
地理里 Geographical mile と稱するものには、二種ある、一は獨逸の地理里で、一は英吉利の地理里である、獨逸の地理里は、既に四百年前に出來た獨逸里より來たもので、當時

之を一度の四分の一と極めたのであるが、然し其の後、地球は橢圓體で、一度の長さも一定しないと云ふことになつたので、遂に赤道の一度の四分の一とすることに、なり十八世紀の中頃より、之に地理里の名稱を附することゝなつた、然し其の長さは、赤道の一度の長さが、測量が精密になればなる程、少しづゝ變化したると同じく、又變化したのである、ベッセルの計算によれば、一獨逸地理里は、七千四百二十米五分の二となつたので、今日では之を正當と見做してある、因て一獨逸地理里は、我が二四四八七三二尺(一里三十二町一間一尺三寸)に當るのである。

英吉利地理里は、一に海里と云ひ、當初伊太利亞里と稱したものであるが、是は一度の六十分の一で、其の一度は、子午線の平均一度と云ふのである、然し海上にては、測地學にて要する程の精密なる長さの必要なる爲めに、千八百五十米と云ふ大數としてある、但し精密にベッセル測定の平均一度の長さたる十一萬千二百一十一米の六十分の一とすれば、千八百五十二米になる譯である、千八百五十米は、吾が六千五百五尺、即ち十六町五十七間三尺に當るのである、海里には英獨の差はないのである。

四八、視差

視差 Parallax とは同一の物が甲乙の二個點より眺めたる時に其の位置の上に生ずる差異を云ふのである、例へば一室の中央にある物第十九圖ホが、室のイなる隅より見れば、ニなる隅の方向に見ゆるも、ロなる隅より見れば、ハなる隅の方向に見ゆる如きもので、室の一方にては其の射影せられたる位置は、ニとハとて、此の差の事を視差と云ふのである、乃ち天文學に於ては、觀察點の違ひにより、天體の位置に、如上の差が起る、此

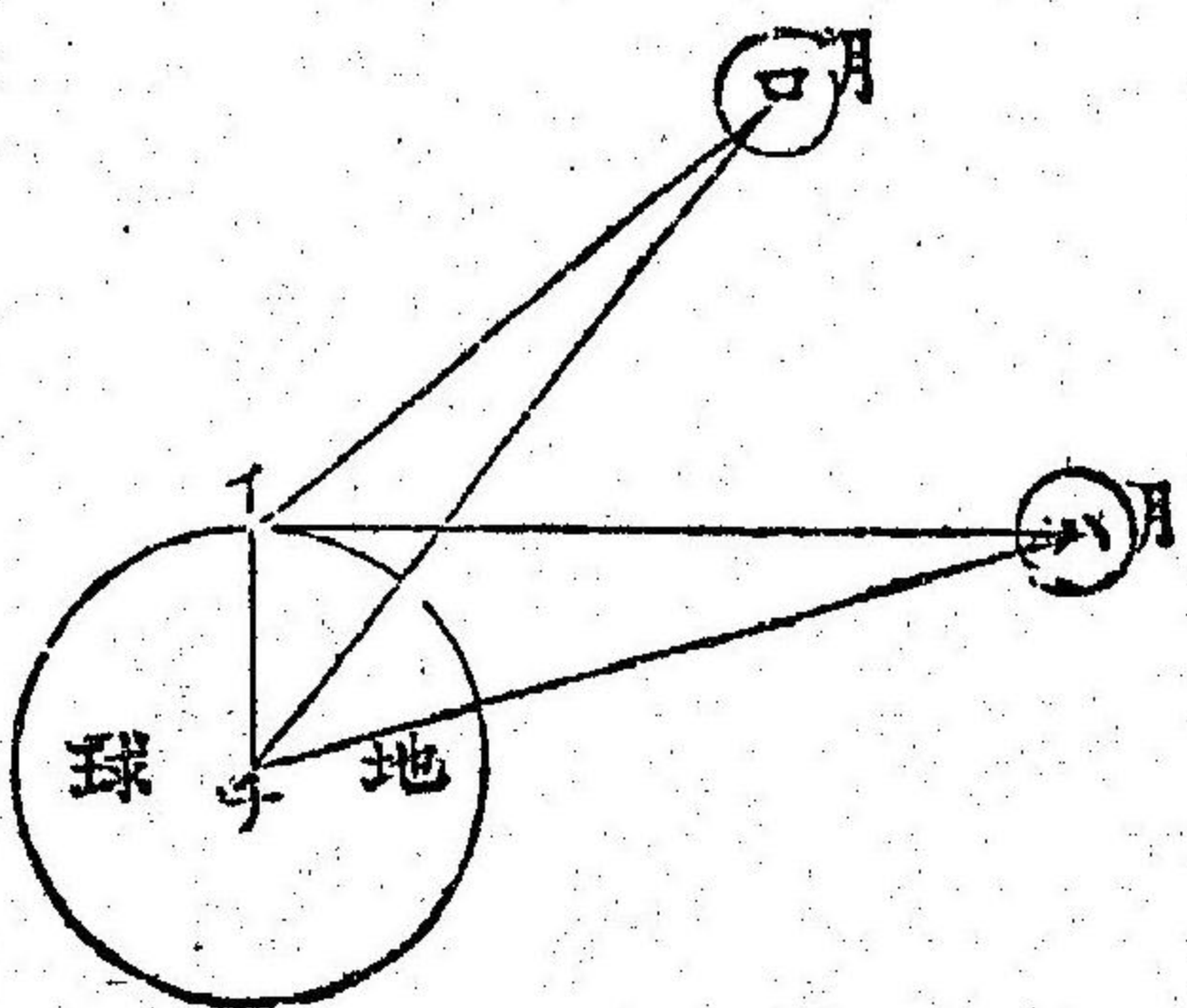


第九十圖

の差に二種を區別する、一は日視差 Diurnal parallax 一は年視差 Annual parallax である、日視差は、地球上の二地點より見たるときの差で、年視差とは地球の軌道の二個點より見たる時の差である、此の處には、日視差のみを説明して、年視差は後章に譲る。

日視差は、一名地球中心視差 Geocentric parallax とも云ひ、太陽、太陰、遊星等が地球の中心より見たる時と、其の表面より見たる時の差で、之を言葉を変へて言へば、天體より、一は觀察者に、一は地球の中心に引かれたる二線間の角度である、此の角度は、天體の地球よりの距離を測るに用ゐらるるものである、第二十圖に於て、イを地球の觀察點とし、チを地球の中心とし、ハとロとを、太陰の甲時と乙時との位置とすれば、イロチなる

第十二圖



視差の事である

四九、太陽、太陰、及び遊星の視差

太陽の視差を測ることは、非常に困難なる事業で、十九世紀になつてからも、長い間古い千七百六十一年と六十九年に測られた八・五秒といふ數を、太陽平均の視差として

角度と、イハチなる角度は、孰も太陰の視差である、但し圖にても明かなるか如く、太陰が地平に在る時(イ)と、地平上高く昇つた時(ロ)との視差には、差異がある、即ち地平に在る時は、視差角度が最も大で、上に昇るに隨ひ、此の角度が小となる故に、此の視差に、又地平視差 Horizontal parallax と、高度視差 parallax in the altitude との區別がある、甲はハに於ける角度で、乙はロに於ける角度である、此の兩者の中で、地平視差が最も有用なので、通例單に視差と云へば、則ち此の地平視差の事を意味するのである、それで太陽の視差、太陰の視差、遊星の視差等の語あるときは、皆此等天體の地平

居たのであるが、近年に至りて、八八秒が一層精確なるものになつた、此の
 兩數の差は僅に一秒の十分の三であるから、些細であるとの考を起す人もあるなら
 んが、一秒の十分の一の差でも、太陽の地球よりの距離を、地球の直径の百三十二倍半
 里數にして四十三萬里も伸縮するのであるから、〇三秒でも、中々輕視することは出
 來ないのである、乃ち平均視差を八八秒とすれば、太陽の地球間の平均距離は大凡三
 千八百萬里となる、此の距離は、天文學に於ては、他の天體の距離を計る單位として用
 ひらるることがある、即ち某星は地球太陽間の距離の何倍と云ふことがある。

太陰の視差は、地球よりの平均距離に於ては、五十七分二秒、最近距離に於ては、一度一
 一分二十四秒、最遠距離に於ては、五十三分四十八秒である、此等の角度は、太陰より吾
 が地球の赤道半徑を見た時の角度である、以上の視差に據り、太陰の距離を算出する
 ときは、地球よりの平均距離は、九萬七千八百七十里、最小距離は九萬二千五百里、最大
 距離は十萬三千四百四十里となるのである。

遊星の視差は、地球面上、二個の成るべく相離れたる地を撰び、此の二地より觀て、遊星
 の天球面上に射影せられたる位置は、何程遠ふものなるやを測りて計算するものな
 れば、則ち此の計算の有効なるは、火星の在る位置までにて、是より遠方の遊星に至り

ては、此の方法にては計算が出来ぬである、何故なれば、餘り遠い遊星になれば、其の位
 置の差異が小に過ぎて、之を觀測することが出来ないからである、夫て此等の星の視
 差はケプレル Kepler の法則を應用して計算するのである、以上の二方法にて得たる
 視差は、水星十八秒、金星三十四秒、火星二十五秒、木星二二秒、土星一秒、天王星〇五秒、海
 王星〇三秒で、而も此等の視差は、諸遊星が地球に最も接近した時のものである、是に
 因て觀るときは、地球に最も近づくものは、金星で、其の次が火星で、其次が水星であ
 る、それより順次木星、土星、天王星、海王星である、さて諸遊星が地球に最も近づいた
 時、其の半徑を、地球より觀れば左の通りである。

地球に最近の時

地球に最遠の時

水星	六秒五分	二秒三
金星	三十二秒六	四秒七
火星	十三秒	一秒八
木星	二十五秒	十五秒四
土星	十秒	七秒四
天王星	二秒三	二秒

海王星 一秒三

一秒二

五〇、遊星、太陽、及び太陰の地球に比べての大きさ

地球の直径、面積、及び立積は、遊星、太陽、及び太陰の直径、面積、及び立積を計る單位として用ひらるゝことがある。乃ち地球の直径を一とするときは、前記諸天體の直径は、左の如くなる。

水星	〇・三八	金星	〇・九四	火星	〇・五三
木星	一一・三〇	土星	九・三〇	天王星	四・六〇
海王星	四・三〇	太陽	一〇・八〇〇	太陰	〇・二七

地球の面積を一とすれば、諸天體の面積は、左の如くなる。

水星	〇・一四	金星	〇・八八	火星	〇・二八
木星	一一・一〇	土星	八・一〇	天王星	二・〇〇
海王星	一九・〇〇	太陽	一一・八〇〇	太陰	〇・〇七

地球の立積を一とすれば、諸天體の立積は、左の如くなる。

水星	〇・〇五	金星	〇・八三	火星	〇・一五
木星	一・三三〇	土星	七・二〇	天王星	九・二
海王星	八・〇	太陽	一二・五〇〇	太陰	〇・〇一八

以上の比較數に依て、地球の天體に比べての大きさが能く分るのである。然し此に注意すべきは、天體の立積が大なれば、其の重さも、其の割に大なるものではないことである。重さは其の密度、即ち實質の多少によるもので、質の密なるものは小さくても、重く、疎なるものは、大きくても軽いのである。之を細に述ぶるには、重力と云ふことを説明しなければならぬ。

此の宇宙間に在るものは、皆相互に引き合ふて相近つかんとする。一種の力を有つて居るものである。之を萬有重力 Universal gravitation と稱へて、我が地球面に於ては、引力 Attraction となつて現はれて居る。即ち地球は、其の上にならるものには、何でも引力を働いて居る。平たく言へば、之を引き付けて居る。故に引かれた物は、之を中途に支ふるものがなければ、地球に引き寄せられて、其の面に墮つるのである。支ふるものがあれば、之に壓力を加ふるのである。

重さとは、即ち一の物體が他の之を引き寄せる物體の方に近づかんとするとき、之を妨げんとする。第三の物體に加ふる壓力を云ふもので、此の壓力の大小を定むるこ

とを、物を秤ると云ふのである。

地球其れ自身を形くる物質も、又天秤に掛けらるべきものと見做さなければならぬ。天秤に掛くるとは、即ち其の重さを見ることである。但し此の場合に、地球の重さと云ふのは、只其の質量の引力を意味するもので、他の天體の地球に働く引力を意味するものでない。若しこゝに他の天體を持ち出すときは、其の天體の異なるに連れて、地球に働く引力も自ら違つてこなければならぬ。何故なれば、物の重さの大小は、其物の質量の多寡によるのみならず、之れに引力を働く物の質量の多寡にも因るからである。

五一、天體の間の引力發見歴史

西曆紀元前五世紀に於て、希臘の人アナクサゴラス Anaxagoras は、天體は皆地球を中心として動くものであるとの説を唱へた人であるが、其の地球を中心として動くのは、地球が彼等を引き附けて居るからであると言ひ、又其の地球の方に落ちて來ないのは、皆圓軌道を走る力があるからであると言つた。

西曆紀元前一世紀の羅馬の詩人、ルクレシウス Lucretius は、萬有重力を以て、宇宙間の宏大無限なる證據とした。即ち其の理由は下の如くである。宇宙が有限で境界を有す

るものならば、總ての天體は、一個處に集合しなければならぬ。何故と云ふに、最外の天體は、最早之を外の方に引くものがないから、順次内の方のものに引き寄せられて、結局皆一個處に集ることにならざるを得ないからである。

獨逸の天文學者コペルニクス Copernicus は、十六世紀の人であるが、此の人は、天體の球狀なるは、其の原因重力に在りと唱へた。

十七世紀の初めに於て、有名なる獨逸の天文學者ケツプレル Kepler は、重力に關して肝要なる發見をした。即ち此の人は下の如く言つた。二體互に相引くときは、雙方互に相近づいて、終に衝突するものである。此の際二體の相近づく距離は、各自の質量の大小によるもので、質量大なるものは、質量小なるものより短距離を動くものである。例へば地球と太陰とが、互に相近いて衝突する場合には、地球は兩者間の距離の五十四分の一を動き、太陰は同じ距離の五十四分の五十三を動く者である。蓋ケツプレルは、地球の質量と太陰の質量との比例を五十三と一と見たからである。

十七世紀の中頃に住める、佛國ツールーズ Torricelli の數學者、フェルマテ Fermat は、ケツプレルの説に賛同して、且附加して曰ふたのは、地球の引力は、内部に於ては、外部に於てより弱からざるべからず、如何となれば、外部は逆引して、内部の引力を減殺するから

である。

英京倫敦の皇立協會の會員フークHookeは、十七世紀の後半に於て、重力に關しては、左の三個條あることを唱へた。

- (一)天體は皆相互に引力を働くものなり。
 - (二)天體は、其の運動を妨ぐるものなき限りは、皆直線に運動するものなり。
 - (三)引力は、之を働く物體が近ければ近き程をそれ、大なり。
- 同じ皇立協會の會員ニフトンNewtonは、十七世紀の後半より、十八世紀の前半に掛けて住んだ人であるが、地球上のみならず、總て宇宙に働く重力に就き、大法則あることを發見した、其の法則は左の通りである。

(一)引力は、相互に引く物の質量に正比例す(此の意味は、質量の大なるものは、其の引力強く、少なるものは引力弱しと云ふことである)。

(二)引力の作用は、距離に限りなし、但し重力の中心よりの距離の平方を以て、減ずるものなり(此の意味は、引力は如何なる遠方迄でも、働くものであるが、然し遠方となればなる程、それだけ弱くなる、其の弱くなり方は、二倍の距離に於ては、原引力の四分の一となり、三倍の距離に於ては、九分の一となり、四倍の距離に於ては、十六分の一となる

と云ふのである)。

右の法則は、地球と、其の表面に在る物との間に働く重力にも、當て嵌まるのであるが、此の場合には、一見地球のみが、引いて、其の上の物は、只之に引き寄せらるる様に見ゆるのである、然し、其の實、地球も引けば、其の上の物も引くのであるが、二者の質量の比、例が非常に違ふから、地球の動くのは見えせずして、其の上の物の動くのみ、見ゆるのである。

五二、地球の引力を計る尺度

引力の大小は、一塊をなす物の分子の分量の多少に因るのである、乃ち地球も亦物の分子の相集りて、一塊をなして居るものであるから、又一定の引力を有するものである、此の引力を以て、地球は、其の上に在るものの、一時之を離るるものに働くときは、吾々は其の働きの結果を目撃することが出来る、又地球以外より來るもので、其の引力圏内に入れば、忽ち此の引力に働かるるのである、此の働きの結果は、墜落又は墜落せんとする力である、此の墜落せんとする力は、振子の振動に現實し、又秤の中に入れたる物の重さとなりて現實するのである、墜落の速力は、乃ち質量の引力を計る尺度で

ある故に地球の引力の強弱を計るには、先づ其の質量の大小を定めなければならぬ

五三、地球の質量の大小を量る法

地球の質量の大小を量るには、地球の質量と、他の天體の質量とを比較して、量ることもあるし、又地球全體の質量と其一部分の質量とを比べて量ることもある。甲の場合には、吾々は只比較的の數を得るのみで、乙の場合には、吾々が日常使用する重さの單位によりて言ひ表すことが出来る。尤も是とても、一種の比較には相違ないが、然し吾々には此の方が一層解し易いのである。

さて地球の一部分の質量を、重さにて言ひ表はし、地球全體の質量は、其の何倍に當るかを擧ぐるときは、之を俗に地球の絶対重さ Absolute weight と云ふのである。地球の重さは何噸とか何貫とか云ふのは即ち絶対重さである。

さて又この地球の絶対重さを得るには、地球の比重を計らねばならぬ。地球の比重とは、地球の重さは、同大の水球の重さの何倍あるかと云ふことである。水の一定の量の重さは分つて居るから、地球の大きさの水球の重さも、分る筈である。之に前の何倍と云ふ數を乗すれば、地球の比重は、分る筈である。只困難なのは、何倍であるかと云ふ、其

の數を見出すことである。

地球の内部は、如何なる状態の物より成り立て居るか、全く不明であるが、然し物質は地球の中心に在る、共同の重力の中心たるべき部分を、層の形をなして取り巻いて居るものなることだけは、殆ど疑ふべからざることである。靜止せる振子、又は垂鉛の向ふ所も、他に之を妨害する物が無い限りは、即ち此の共同中心であるに違ひない。それ若し垂鉛の方向が、理論上の方向と、少しでも相異なる場合には、是は何か他に妨害物があつて之に引力を働き掛けて、其の正當に取るべき方向から、偏せしむるものに違ひないのである。乃ち此の妨害物を、側にある孤立の山とすれば、先づ此の山の實質の密度(質量)を計り、次に垂鉛の、正當の方向よりそれた所謂偏差を計れば、是にて地球の絶対重さを算出することが出来る譯のものである。

英國倫敦のマスケーリン Maskelyne は、十八世紀の末、スコットランドに在るシェハリリヤン Schhalliaen と云ふ山の附近にて、垂鉛を下げた處、鉛は、山に引かれて、垂直の方向より偏すること十一秒六に及んだのである。此の時、山の密度(比重)は、二・五乃至三と見て、地球の密度と、山の密度との比例は、九と五の割合になると計算せられた。それより更に地球の比重は、四・五、即ち地球は同大の水球の四倍半の重さを有つて居るも

のであると云ふことが分つた。

水平振子の方法精しくは茲に説明せずにも、亦地球の比重を計算することが出来るので、此の方法にてカベンデン(Cavendish)英人にて千七百卅一年乃至千八百十年の人は五・四八なる數を得、獨逸フライベルとFreibergのライヒ Reichは五・四四なる數を得、英人ベイリー Baileyは五・六八なる數を得、其の他佛のコルニエ Cornu及びバイ Balieは振子秤の法にて五・五六を得、同じく佛國のポアンタン Poyntingは秤の法にて五・四九を得た。

地球の比重は、亦高山頂及び深き坑内にての振子の振動の遲速にても計ることが出来る、何故なれば、振子の振動は地球面を離れて、上に行けば行く程夫丈、遅きもので、之は取りも直さず、重力の減少に基くものである、然し山頂にては、空中と違つて、又山の重力の働きもある、故に此の場合にも、亦山と地球の比重とを比べることが出来る、それから地球の比重を算出することも出来る、勿論山の大きさと、其の密度、山を構造する岩石の密度とは、豫め計つて置かなければならぬ、此の方法にて、カルリニ Carliniは千八百二十四年アルプス山中のモン・ヌニ Mont Cenis 峰上、振子の試験をして、地球の平均密度 Average density を四・八と算出した、又メンデンホール Mendenhallは先年富士山頂にて、振子の試験をして、五・八なる數を得た。

深い坑内にての試験は、種々の困難があるので、餘り行はれないのであるが、曾てエアリー Airyが、英國ニウカッスル Newcastle 附近の、ハートン Harton の炭坑で行つたものは、最も信憑すべきものとしてある、此の坑内は、地下千二百六十三呎半の所にあつて、此の中で二十四時間振子を振らした所、地面で振るより、二秒四分の一だけ早く振つたのである、即ち一秒振子なれば、二十四時半には、八萬六千四百回振るのであるが、此の回數を二十三時五十九分五十七秒四分の三で振了したのである、此の差は、固より甚だ少ないが、兎に角、是でも、地球の密度を計算するに足るのである、それて之を土臺として、ホートン Haughtonは五・五と云ふ數を得た。

さて種々の試験により、地球の密度として得られたる數は、五・五五である、それで四捨五入の法て之を五六と云ふこともある、即ち地球の重さは、同大の水球の五倍六ある、さて水の一定の量の重さは分つて居るから、地球大の水の重さは、何貫何噸と云ふことが分る、之に五・六を乗すれば、地球の絶対重さが出るのである、それは、

六六〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇噸である。

此の絶対重さは、地球を形造する物質が、一塊に固まつて居る所から来るもので、是が又地球の引力を惹起する原因である、此の引力の強弱を具體的に數字にて表すには、

先づ引力の爲に地球面にて起る現象を説明しなければならぬ。

地球の表面に在るものは、何でも地球に引き寄せらるるのであるが、其の引き寄せらるるものゝ方向は、地球の中心である。又地球が物を引き寄せる力は、獨り地球の重さによるのみならず、尙又引き寄せらるるものゝ、地球の中心(即ち重力の中心)からの距離にもよるものである。此等種々の原因にて惹き起さるる現象は、物の之を支ふる土臺に對しての壓力、地球面に向ての墜落、及び振子の振動である。

五四、地球面上の各地に於ける引力の強弱

引力に因る物の壓力、即ち重さを取り極むるには、一定の大きさの壓力を其の單位として選ばねばならぬが、是れには、水の一定の量を撰ぶのである。水の縦横厚さ一センチメートル(種とも云ひて我が三分三厘の立方體、即ち一立方種を、一グラム(瓦)と名づけて、千立方種の水を一リートル(五合五勺餘)と云ひて、其の重さを一キログラム(瓦)と名づくるのである。さて精細なる装置によりて引力の作用を計るに、其の力は、赤道に於て最も弱く、兩極に近づくに隨ひ次第に強くなるのである。即ち赤道で一千瓦の物は、極に到れば、一千五瓦二となる様な勘定になる。赤道と極との間の地にては、此の兩

數の間の數となる。此の數は某地にては一千何瓦と云ふことを計算することが出来るので、此れが即ち其の地の引力の強さと見做さるべきものである。尙又物の墜落の速力と振子の振動の遅速も各地の引力の強さを計るに用ひらるるのである。

五五、物の墜落の速力と振子の振動

物の地球面に落つる速力は、千七百八十四年アトウッド Atwood の發見した器械で計ることが出来る。此の速力は二様に言ひ表はすことが出来る。即ち物が落ち掛けた最初の一秒間に通過した距離にて表はすか、又は最初の一秒の終りに至りて、得た速力にて表はすのである。此の試験にて確定した事實は、物は、赤道より兩極に近づくに隨ひ、早く落つると云ふことである。赤道にては、最初の一秒間に通過する距離は四八九米十六尺一寸三分七厘であつて、其の終りに有する速力は、九八米三十二尺三寸四分である。此等兩者の内孰れにても、地球の引力の強さを表すに用ひて差支ないのである。

振子は、引力が強ければ強い程、それだけ早く振るものである。より、引力の強さの違ふ所で、一秒間に必ず之を一振せしむるには、其の長さを違へねばならぬ。さて赤道に



て一秒一振する振子は、九百九十一耗三尺二寸七分の長さを要するものであるが兩極にては、計算上、其の長さを九百九十六耗一(三尺二寸八分七厘としなければならぬ故に一秒一振の振子の長さは、平均九百九十四耗三尺二寸八分)と見れば大差ないのである、乃ち此の長さは地球面に於ける、重力の強さ(之を通例の字にて表す)を取り極むるに用ふるの、此の強さは、最初の一秒の終りの速力にて表さるのである、故に H を以て一秒一振する振子の長さを表すとすれば、 $H = 9.8336 \times H$ 是は米にて表したものである、それで赤道にての重力の強さは、九・七八一米で、極にての強さは、九・八三一米となるのである。

地球面上、各地に於ける引力に強弱あることは、一秒振子の長さに差あることとて明かである、即ち實測によれば、其の長さは、各方面に於て左の如くである。

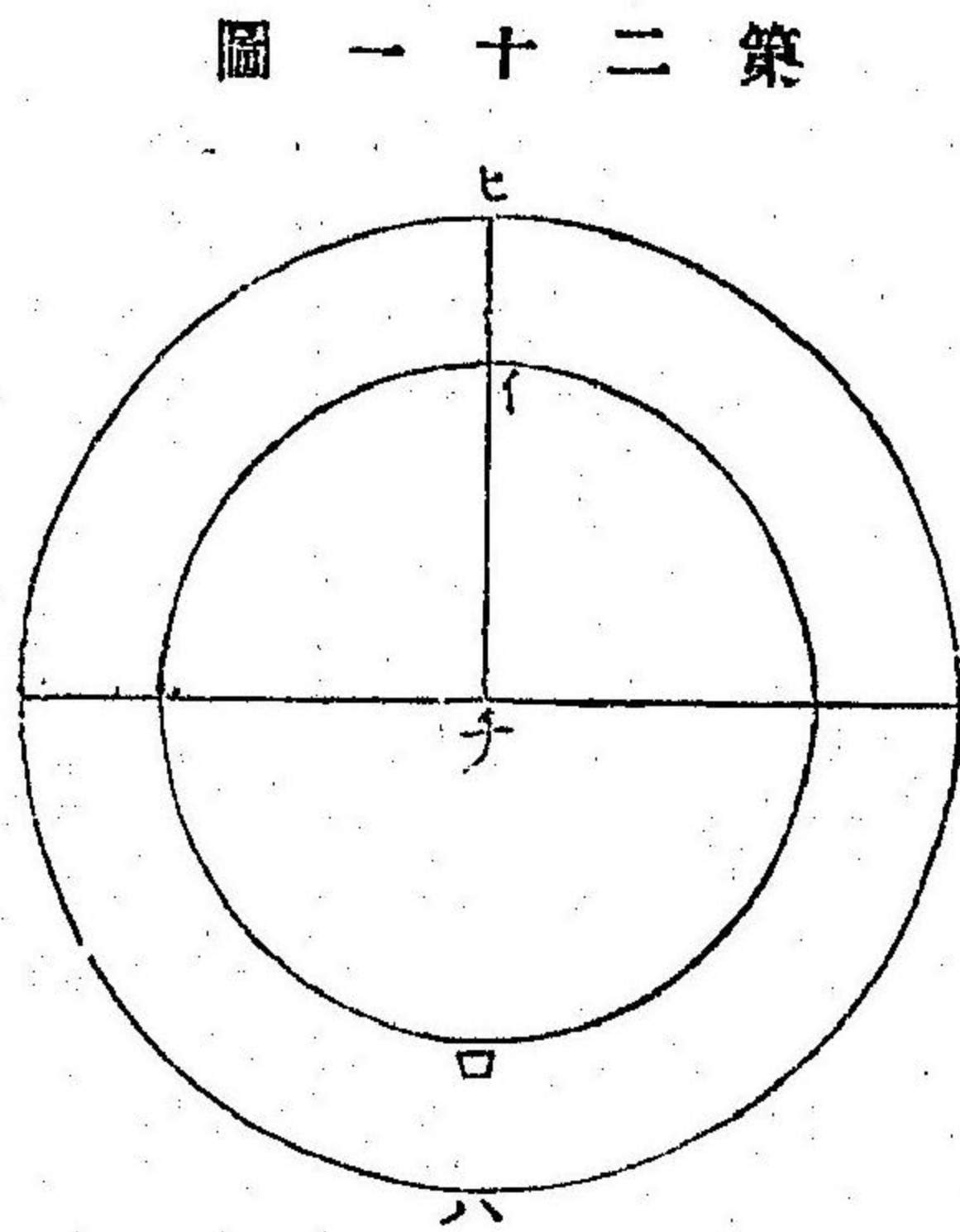
地名	地學上の緯(北)	一秒振子の長さ
セイント・トーマス St. Thomas (西印度)	零度二四分四一秒	九九一・一二耗
マドラス Madras (印度)	一三度四分九秒	九九一・二四耗
ジャマイカ Jamaica (西印度)	一七度五六分七秒	九九一・四七耗
ニューヨーク New York (合衆國)	四〇度四二分四三秒	九九三・一六耗

ボルドー Bordeaux (佛國)	四四度五〇分二六秒	九九三四五耗
パリス Paris (佛國)	四八度五〇分一四秒	九九四・一二耗
ロンドン London (英國)	五一度三一一分八秒	九九四・二二耗
ベルリン Berlin (獨國)	五二度三〇分一七秒	九九四・二二耗
ケーニヒスベルク Königsberg (獨國)	五四度四二分五〇秒	九九四・四一耗
トロンニェム Trondjem (諾威)	六三度二五分五四秒	九九五・〇二耗
ハンメルフエスト Hammerfest (諾威)	七〇度四〇分五秒	九九五・五三耗
グリリーランド Greenland	七四度三二分一九秒	九九五・七五耗
スピッツベルゲン Spitzbergen	七九度四九分五八秒	九九六・〇四耗

上述の通り地球の引力は、地球面を去る小距離の處に在る物を、最初の一秒中、平均四九米の距離を墜落せしめ、又一秒一振の振子の長をして、平均九九四耗ならしむる力がある、此の力は地球面を去りて、天空に至れば、距離の二乗を以て減するものなることは、前にも述べた通りであるが、さて地球の内部に入れば、又一種の變化を受くるものである。

五六、地球内に入りて其の中心に近づく時の引力

重力は、重力の中心に近ければ、近き程、それだけ強いものであると云ふにより、地球の重力に基く引力も、地球面を去りて、其の内部に入れば、それだけ強い様に思はるるかも知らぬが、中心の重力が地球に無關係で、獨立のものなら、さうであらうが、此の重力は、地球を離れて存在するものではない、即ち地球を形造くる物質の分子の起すものであるから、地面を去りて、内部に入れば、一部分は反對の方向に働く様になる、例へば第二十一圖に於てチを地球の中心とし、ヒを地球の表面とすれば、ヒにては、半径ヒチに均しき球の物質分子が働くも、イにては半径イチに均しき球の分子が働き、ヒとイの間の部分はイチの部分に反對して働くのである、但し又正反對の側にロとハの間に在る部分もあるから、詰りヒイの反對作用は、ロハの作用にて打消さるるのである、随つてイにての働きは半径イチの球の作用となるのである。



ある、されば引力は地球内に入れば入るほど減じて、其減却の割合は、地球の中心よりの距離に正比例するものである、例へば地面下四百五里の深さでは、若し地球の半径を約千六百二十里と見做すとすれば、其點の地球の中心よりの距離は、千二百十五里である故に、其深さにての引力と、表面にての引力は、三と四との割合となる譯である。地球の重さが、現在のものと違ふ場合には、其の引力も違つて來て、壓力、墜落及び振子の現象も、亦自然違つて來るものである、又地球の重さは、同一でも、其の大きさが即ち立積が違ふ場合にも、亦前記の現象に變更を見るのである、先づ重さが違へば、引力の強さに變化を來たし、立積が違へば、地球の表面の、重力の中心からの距離が違つて來る道理であるから、亦引力の働きも違つて來る、斯かる譯であるから、地球面より、他の天體の面に移された品物は、其の重さも變化し、墜落の速力も變化し、亦一秒振子の長さも變化せねばならぬ、尤も他の天體でも、重さと立積が地球と全く同一のものなれば、上述の如き變化は起らぬのであるが、さういふ天體は、先づ我が太陽系にはないのである。

五七、地球の質量と他天體の質量との比較

地球の質量を、一と見れば、日月遊星等の質量は左の如くである。

太陽	三二〇〇〇〇〇〇
水星	〇〇四
金星	〇七八
火星	〇一
木星	三〇八〇〇
土星	九二〇〇
天王星	一五〇〇
海王星	一六〇〇
太陰	〇〇一二

諸遊星地球を除きの月、小遊星、彗星及隕星等の質量は、甚だ小なるにより、茲に擧げず。恒星の質量に就ては、知る所が甚だ少ないが、兎に角、或るものは、我が太陽より大に或るものは、我が太陽より小なる様である。

天體相互間の引力の強弱は、其の質量の多少に比例するものであるから、地球の引力より弱い引力を有するものは、水、金、火、太陰の四星と見るべきである。何故なれば、質量の地球より小なるは、小遊星を除くときは、此等四星の外、他にはないからである。しかし此の引力の強弱は、大に距離にも關係するので、即ち天體の地球の重力の中心より距離と、地球面の、其の中心よりの距離（即ち地球の半径）との比例に關係するものである。

五八、太陽、遊星及び太陰の、地球よりの距離と地球半径との比例

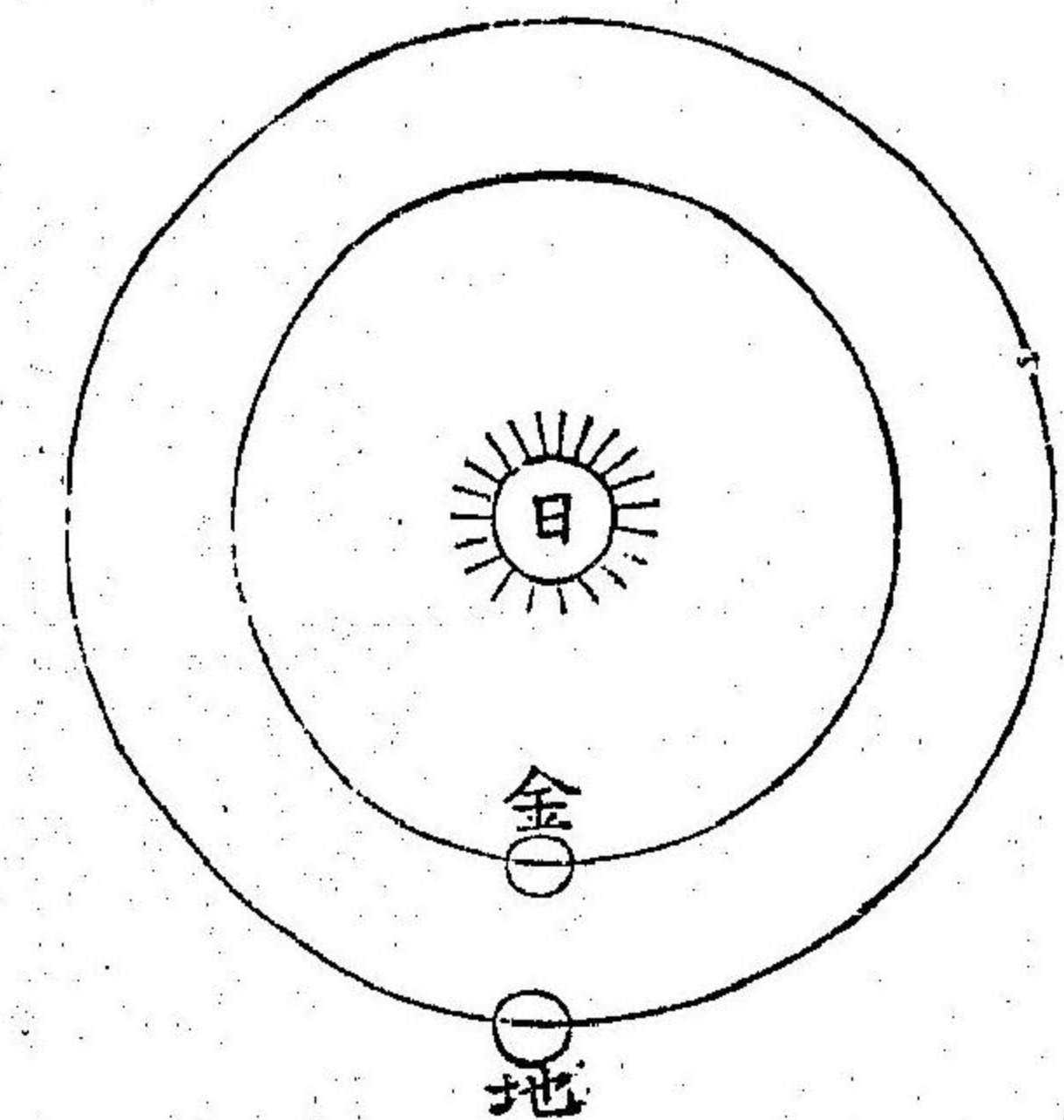
太陽遊星、太陰等は皆地球に近い時と、遠い時とがある、即ち孰も地球から見れば、最小距離の時と、最大距離の時とがある、今地球の半径を一とすれば、諸天體の距離は、左の如くなる。

	最大距離	最小距離
太陽	二三六八八	二二九一二
水星	三四五〇〇	一二六〇〇
金星	四〇七〇〇	五九〇〇
火星	六二四〇〇	八五〇〇

天文地學 五八、太陽遊星及び太陰の地球よりの距離と地球半径との比例

木星	一五〇七〇〇	九一六〇〇
土星	二五八四〇〇	一八六〇〇〇
天王星	四九一四〇〇	四〇二三〇〇
海王星	七二四〇〇〇	七〇〇六〇〇
太陽	六三六	五七

以上掲げたる比較數は、現在の距離に於て、地球の引力が、諸天體に働く強弱を説明するに必要なるものである。抑引力の作用は、距離の二乗を以て減ずるものであるから、



地球の引力が地の天體に働く結果は、多くは非常に弱い者である。地球の引力の一標準たる第一秒時間に落下する距離は、前に述べた通り、地球面では、四・九米(十六尺一寸七分)であるが、最近の遊星である金星が地球に最も近づいた時(第二十二圖)即ち其下伏にても、兩者間の距離は、地球の半径の五千九百倍あるによつて、地球の引力が此遊星の働く爲に、其の地球の方に落ち来る距離(即ち引き寄

圖 二 十 二 第

せらるゝ距離は一秒時間に、一耗の一百四萬分の一と云ふのであるから、殆ど度外視しても差支ない位な短い距離である。さて此の數は、如何にして得たるかと云ふに、五九〇〇を二乗して出た數で、四九を除した商である、それで地球の引力の影響の稍注目すべきは、最近距離に來た時の太陽の上にあるので、其の距離は、地球の半径の五十七倍であるから、其の地球の方に落ち来る(引き寄せらるゝ)距離は、一秒時間に、一五七倍となるのである、又其の平均距離地球の半径の六十倍三に於いては、一三五耗である、此の數は、六〇三を二乗して出た數で、四九を除した商である、さて太陽、金星さへ以上の如き小數であるから、他天體に對しての地球の引力の作用の小なることは、推して知るべしである。

五九、太陽、遊星及び太陽の密度と、地球の密度との比較

地球以外の天體に密度 Density の語を用ふる時は、天體の容積中、物質が均等に配布せられて居て、全部均一と見做してある、或は天體も地球と同じく、密度が内部に大で、外部は小なるかも知れぬ、然し吾々には之を究むることが出来ぬから、何でも全體平等

質と見做すのである。

天體の比重 Specific Gravity と云ふときは、地球の比重を論ずると同一で、矢張攝氏四度の純水の密度を標準として云ふのである。乃ち地球の密度を一とし、比重を五・五とすれば、諸天體の密度と比重とは左の如くなる。

天體	密度	比重
地球	一・〇〇	五・五
水星	〇・八七	四・七
金星	〇・九六	五・三
火星	〇・七五	四・一
木星	〇・二三	一・三
土星	〇・一二	〇・七
天王星	〇・一六	〇・九
海王星	〇・二〇	一・一
太陽	〇・二五	一・四
太陰	〇・六五	三・五

以上に因て観るときは、地球ほど密度の大なる天體は一もなく、又最も之に近いもの

は金星で、最も遠いものは土星である。さて木星、土星、太陽等の密度は、地球より小であるからと言って、此等天體の引力の、其の表面に於ける作用も、小なるものと見てはならぬ。否、其の作用は地球の引力の地球に於ける作用より一層大なるものである。引力の作用の大小強弱は、直に表面に在る物體の重さ、落下の速力及び振子の振動速力に變更を來たすものであるから、此等の三者は、他天體に於ては、地球面と多小異なるものである。

乃ち地球面にて一斤の物を、其の儘、他の天體面に持ち行けば、其の重さは左の如くなる。

水星面上	〇・三三斤	金星面上	〇・九斤
火星面上	〇・四〇斤	木星面上	二・二四斤
土星面上	〇・八八斤	天王星面上	〇・七四斤
海王星面上	一・二三斤	太陽面上	二七・六〇斤
太陰面上	〇・一六七斤		

他の天體面に於て、物の第一秒時間に落下する距離は、左の通りである。

水星面	一・五米四尺九寸五分	金星面	四・四米十四尺五寸二分
-----	------------	-----	-------------

火星面	一四米(四尺六寸二分)	木星面	一〇九米(三十五尺九寸七分)
土星面	四三米(十四尺一寸九分)	天王星面	三六三米(十一尺九寸八分)
海王星面	五五四米(十八尺二寸八分)	太陽面	一三五六〇米(四百四十七尺四寸八分)
太陰面	〇八一八米(二尺七寸)		

六〇、遊星及び太陽の引力の地球の質量に

働く強弱

他の天體の引力の地球に働く結果の大小は、此等天體の質量の大小と、其の地球よりの遠近とに關するもので、引力は質量の大小に正比例し、距離の二乗に反比例するものである。

天體相互の引力の結果は、其の運行の多少不規則なることである、固より太陽の遊星に働く作用は、非常に大なるものではあるが、然し之が爲、他遊星の引力作用は全く減殺されるものではない、殊に木星土星の如き、大遊星の作用は、決して輕視すべからざるものである、且斯る遊星の作用の、特に著しく現はるるは、太陽より遠距離に在る天王星や海王星の上に於て、此等の遊星の公轉軌道の、決して太陽の引力のみに指定せ

られたるものでないことは、既に久しく知れて居る事實である。

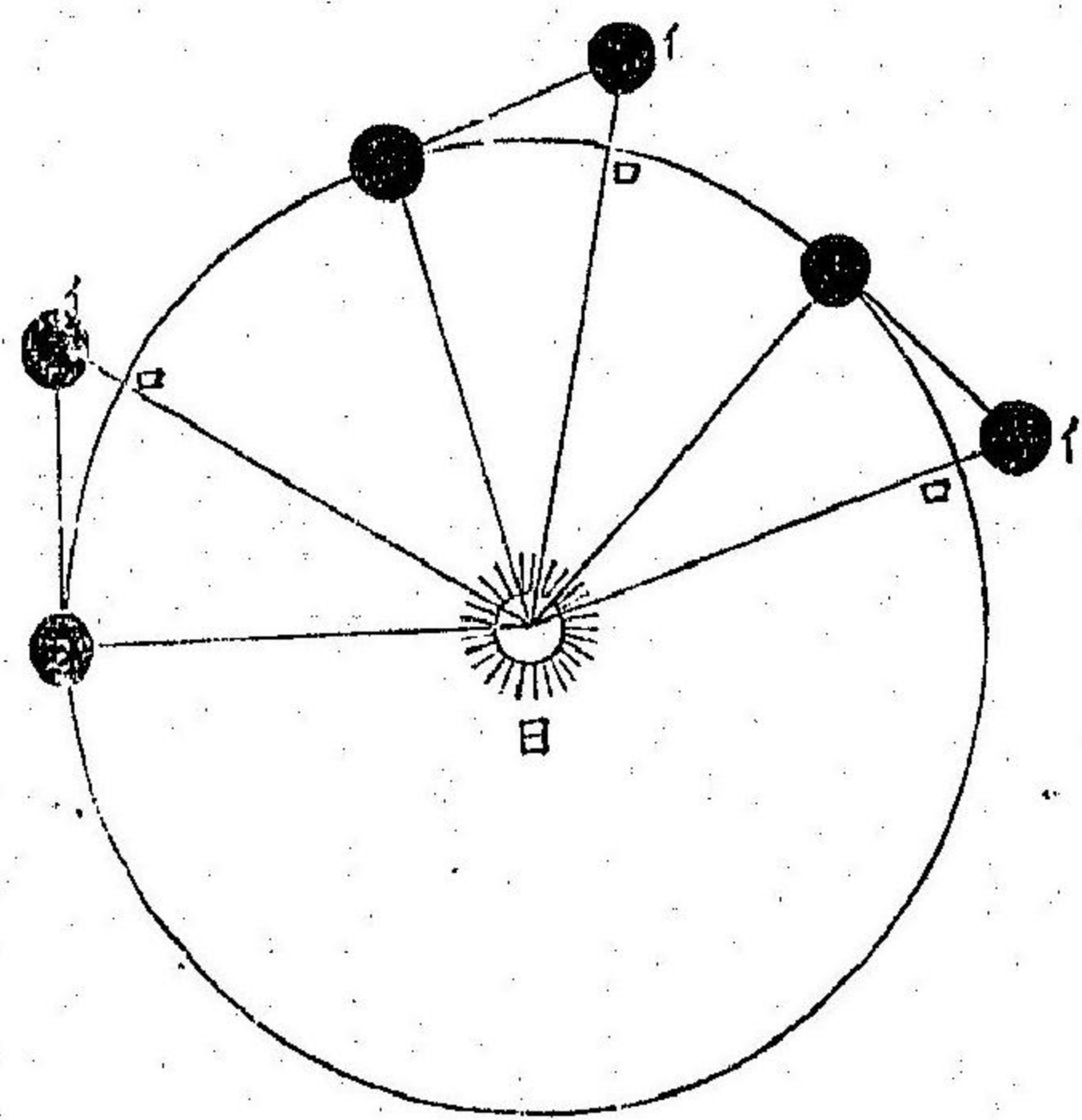
六一、太陽の引力の遊星に働く結果

太陽の引力の、遊星に對する作用は、其の所謂太陽の方に墜落する距離である、遊星が直線軌道を取らずして、楕圓軌道を取らば、太陽の引力に感じて、間斷なく太陽の方に落ちつゝあるからである、如何なる物でも、宇宙

間を飛行するものは、他に之に引力を働くものがなければ、直線に運動するものである、故に遊星も、太陽の引力が弛めば、第三十三圖に示す如く、軌道の何れの點に在るにせよ、直に直線路を取るのである、此の直線路と曲線路との間の距離が、即ち遊星が太陽の方に落ちた距離となるのである、例へば一秒時間に太陽が引力を働

けば、遊星は「ロ」の位置に至るも、引力なき場合には、「イ」に走るとすれば、其の一秒時間の墜落は、「イロ」なる距離となるのである、底て地球は、一秒時間に、太陽の方に三二〇二米

圖 三 十 二 第



天文地學 六一、太陽の引力の遊星に働く結果

(一〇五六六六尺)つゝ落ちつゝあるが、之を一とすれば、他の遊星の落ちる距離は、左の通りである。

水星	六六七六三	金星	一九〇八五	火星	〇四二九四
木星	〇〇三六六	土星	〇〇一一二	天王星	〇〇〇二八
海王星	〇〇〇一五				

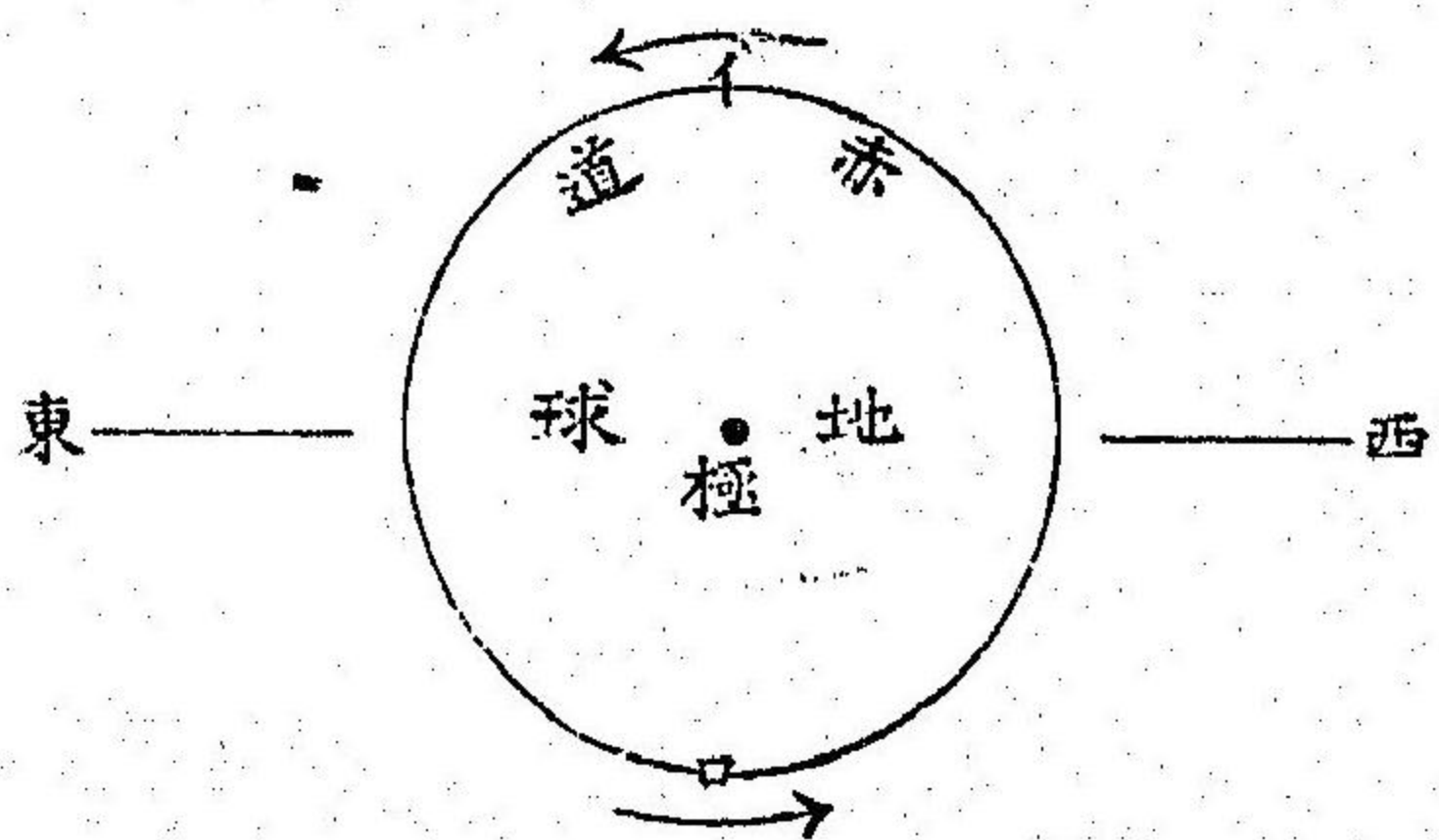
遊星が其の軌道に於て、太陽の方に落ちるのも、亦物の遊星面にて落ちるのも、場所によりて、其の距離に多少の差があるものである。是は軌道が圓ではなく、楕圓であり、又遊星は正球體ではなく、楕圓體であるからである。

地球は初め正球體であると思はれて居たが、今日では、さうでなく、南北兩極に平なる楕圓體であることが分つたから、兩極にての引力は、赤道にての引力より稍大なるものであることも分つた。然し實地の観測に因つて観るときは、此の差は單に地球の形にのみ基くものでなく、他にも之が原因あることが分つたのである。それは即ち地球の自轉と稱する運動である。

六二、地球の自轉

地球の自轉 Rotation とは、獨樂の回轉と同じく、地球の北極より、地心を経て、地球の南極に通ずる、自家の軸を中心としての、地球の回轉である。此の回轉は、常に同速力にて行はるるものにて、一回轉に要する時間は、二十四星時(普通の時計にては二十三時五十六分)で、其の進行は、夕の方より朝の方に、即ち星の没する方より、其の昇る方に向ふのである。此の進行を、北半球上に居る者が、南面して観るときは、右より左に向ふのである。或は之を俗間に唱ふるが如く、西より東にと云つては如何と言ふ者もあるべけれど、西と東とは、宇宙間に於て一定したる方向でないことを記憶せねばならぬ。若し東とは、日月及び衆星の出づる方向で、西とは、此等の入る方向を意味すると言へば、別に不都合もないが、左もない場合には、大なる誤謬を惹き起す患がある。例へば第二十四圖に於て、地球を、北極又は南極の上より観るとして、東と西とを、一定の方向とすれば、*イ*に在る觀察者は、地球の回轉(箭)の方向にて示す(を、西より東に向ふと言ふべきも、*ロ*に在る觀察者は、之を

第二十四圖

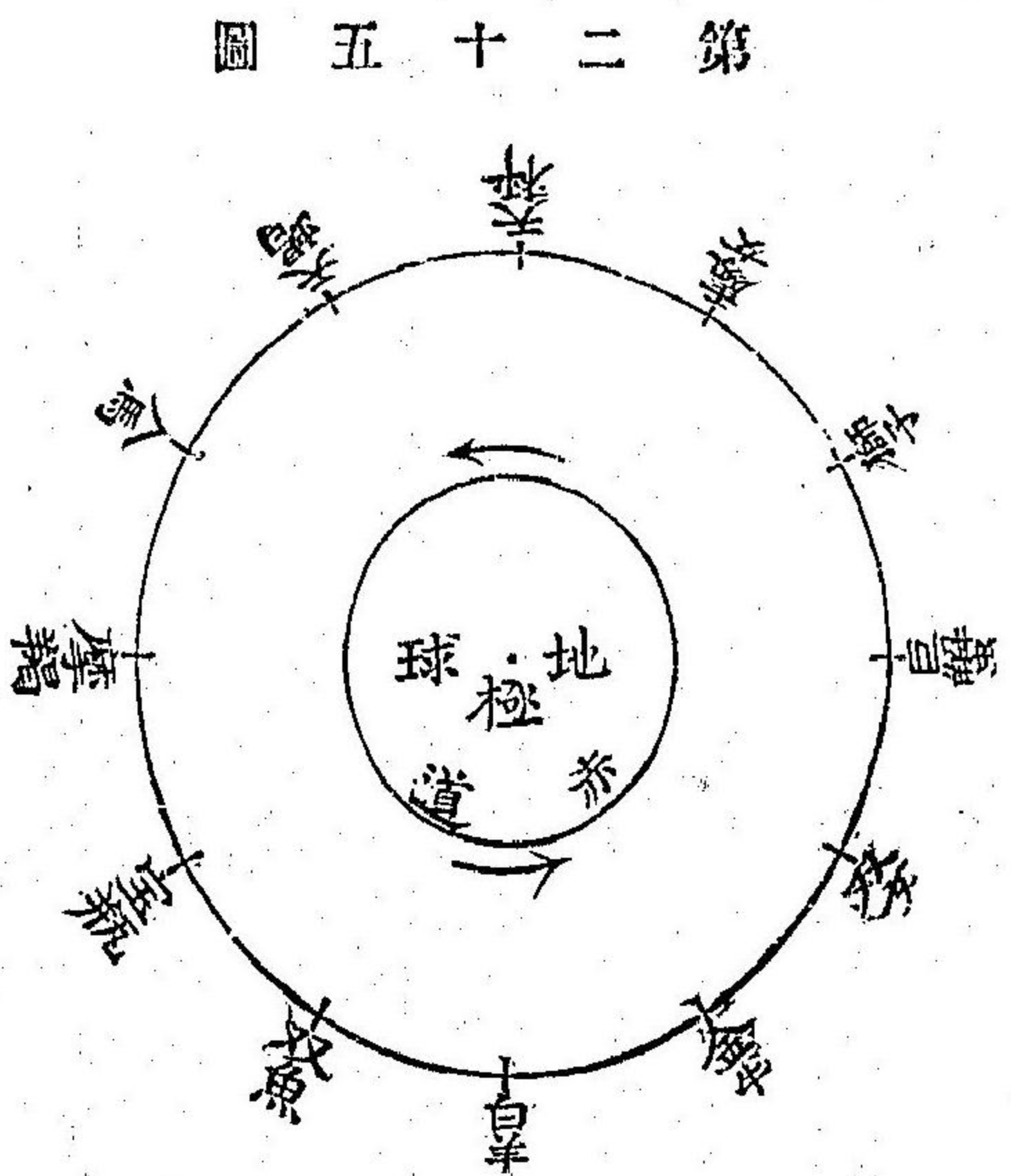


東より西に向ふものと言はざるを得ない譯である。是に因て東西なるものゝ、宇宙間

に固定の方向でないことが分るのである、又地球の自轉の方向を、最も正確に即ち疑問の起らざる様に言ふには、十二宮の方向にと言ふのである、十二宮とは何であるかと云ふに地球の赤道の上には、十二の著名なる

星座がある、其の名稱及び順序は、白羊宮、金牛宮、双女宮、巨蟹宮、獅子宮、處女宮、天秤宮、天蠍宮、人馬宮、摩羯宮、寶瓶宮、及び双鱼宮、第二十五圖である、此の十二宮の順序の方向に回るのを右旋とも云ふのである。

吾々が地球の自轉を少しも感じない譯は、則ち吾々の周圍に在るものは、空氣までも共に、皆一様に回轉するからである、隨て地球が自



圖五十二第

轉する證據を擧ぐる必要がある。

六三、地球の自轉の證據

地球が自轉を有することの證據として、擧げらるるものは、其の數少からざるのであ

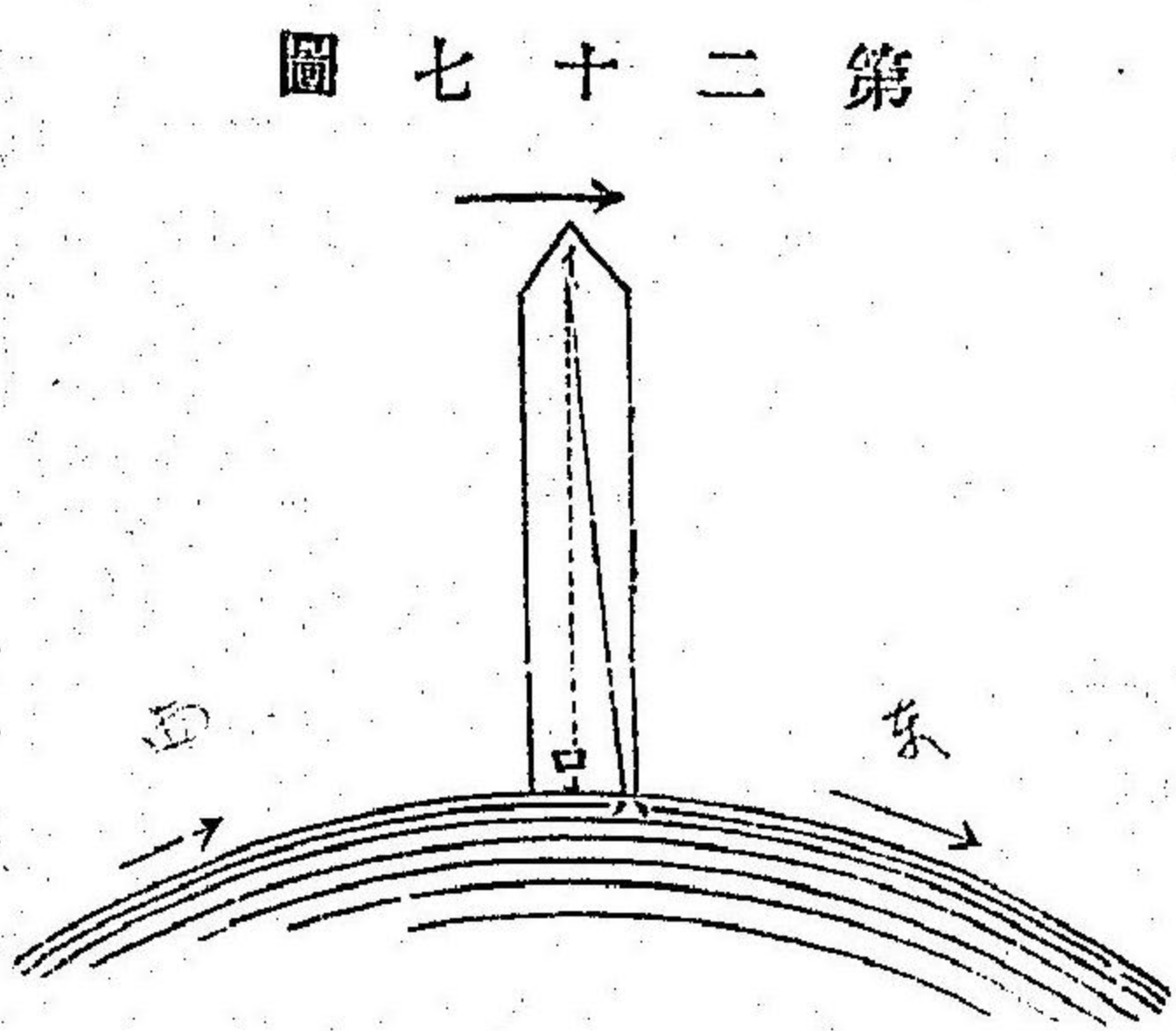
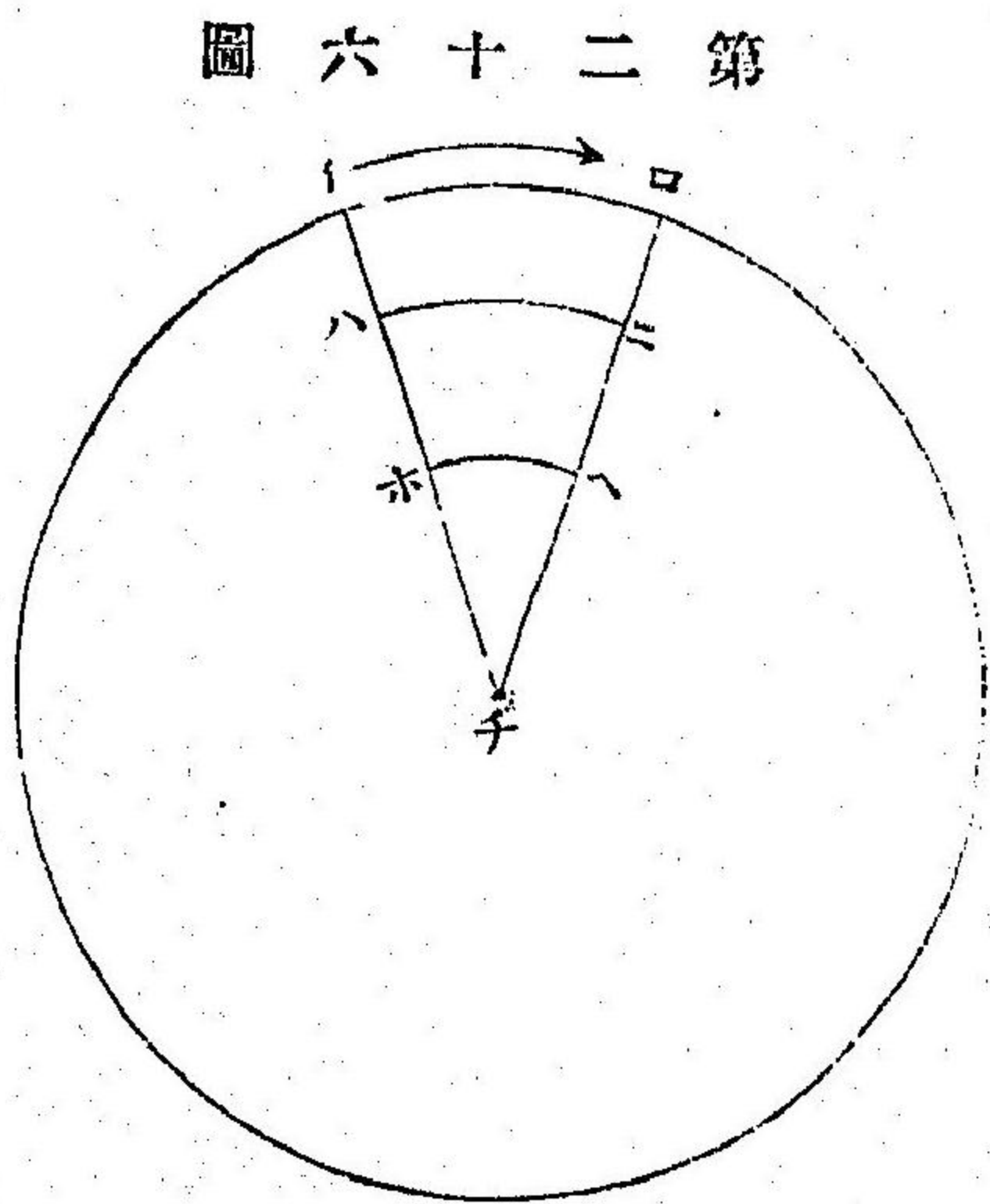
るが中に就き、最も剴切確實なるものは、左の如きものである。

- 一、 高さ空中より落つる物が、其の最初の空中の位置の直下に落ちずして、其の稍東に落つること。
- 二、 自由に空中にて振動する振子の、其の振動する方向を變更すること。
- 三、 赤道の南北には、斷えず南東風と、北東風との吹くこと。
- 四、 地球面に於ける地球の引力の、兩極より赤道に近づくに隨ひ、次第に減ずること。
- 五、 地球の、其の南北兩極に平なること。

六四、高さ處より落つる物の東偏

西曆千五百四十六年より、千六百一年の間に住める、丁抹の天文學者チユーコ、ブラー
〜 Tycho Brahe は、地球の自轉を否認したる人であるが、或る時左の如きことを言つた、
若し地球が西より東に回轉するものならば、高さ空中より墜とした物は、地球の回轉
に後れて、空中の高き點の直下より、多少西に偏在した所に落つねばならぬと、然し當
時上述の如き西偏を認めたる者は、一人もなかつたのである、西曆千六百七十九年に至

りて、此の事に就き、ニットン Newton とフック Hook との間に、手紙の往復ありて、其の結果は、理論上より云へば、隋勢の法則により、西偏ではなく、東偏を認めねばならず云ふことに歸着した、其の譯は、回轉しつつある球は、其の周囲の部分、最も速に回轉して



内部に入るに随ひ、回轉速度は次第に減じ、球の中心は、速度零となるべき者である、例へば第二十六圖に畫いたる球にて、「イ」の部分が「ロ」まで廻る間に、「ハ」の部分は、「ニ」までしか廻らず、又「ホ」の部分は、「ヘ」までしか廻らぬので、中心「チ」の部分は、最も廻らずして常に

同一の位置を占むるものである、此の理に因り、第二十七圖に示せる高塔の頂上「イ」は、其の脚部「ロ」より、東進(回轉)速度が大であるに違ひない、随つて「イ」から落としたものは、「イ」の部分の東進速度を以て落つるから、地球の表面の東進速度の稍小なる所に達した時には、「ロ」に在らずして、其の稍東なる「ハ」に在るのである。

底で、此の理を試験によつて確めた人は、伊太利亞の物理學者グリエルミニー Guglielmini、て、此の人は、千七百九十二年、伊國ボローニヤ Bologna 府の「デリ、アシネリ Degli Asinelli」と稱する、高さ二百四十尺の高塔上より、十六個の球を墜としたが、其の球は皆多少東偏して落ちたのである。

又獨逸の物理學者ベンツェンベルグ Benzenberg は、千八百二年、漢堡 Hamburg 府のミケリス寺院 Michaels church の高さ三百四十尺の高塔上より、三十一個の球を落として、其の二十一個に、四ライン Lines (凡二分七厘)の東偏を認め、又同人は、其の翌年、獨逸スプロックヘーフェル Sprockhövel 附近の「シネレーゼンシエ Schlesiensich」の炭坑に在る、深さ二百六十尺の豎坑にて、試験をしたのであるが、此の際には球は皆墜とす毎に東偏を示した。

千八百三十一年ライヒ Reich と云ふ物理學者は、サクソニー國フライムルヒ Freilberg

府の、ドライブリウデル Dreibrüder と稱する深さ四百八十尺の堅坑内に於て、試験をしたが、此の時は試験を百六回繰り返して、平均十二ライン五分の二八分二厘の東偏を認めた。

以上の試験に因て観る時は、墜落物の東偏は、疑ふべからざる事實である、事實である以上は、之が原因がなくてはならぬ、其の原因は、地球の自轉の外、他に求むべきものはない、故に地球の、夕の方面(西)より朝の方面(東)に回轉することは、是れに依て證明せられたものとなる。

六五、 振子の振動する方向の變更

隋力の法則によれば、空中にて自由に振動する振子は、必ず同一の方面に振動して其の振動面の位置を更へざるものである、例へば東西に振動する振子は、何時まで經つても、同じ東西の方向に振るもので、又南北に振るものは、何時まで經つても南北に振るものであると云ふのである、蓋し此の振動中、振子を釣るす上の點は回つても、摩擦なしに回る以上は、決して振子の振動の方向(面)に影響を及ぼすものではないのである、又振子が静止して居る場合には、之を釣るす糸又は金屬杆の類は、地面に鉛直の位

置を取るものである、底て振子が振動しつゝある場合に、之を釣るす上の點が、前記の鉛直の糸又は杆を中軸として、振子の振動方向に少しも影響を及ぼさずして回轉すると假定せば、振子の振動面の方向と、釣るし點の位置との間に差異變更を見るは、理の當に然らしむる所である、乃ち若し實際振動面が、其の下の土臺地面、床板、疊等に畫かれたる直線に對して、位置を變へたるものとせば、これを説明する仕方は、二様の外ない、即ち下の直線又は上の釣るし點は動かずして、振動面が動いたとするか、又は釣るし點及び直線が動いて、振動面は、依然舊方向を取つて居るとするの二様である、此の回轉運動は、どちらがなしたるにせよ、完全なる圓を畫くこともあり、又其の一部を畫くに止ることもある、此の回轉の多少は、振動面が直線に對する位置の變更の大小によりて知ることが出来る、若し釣るし點が一方にのみ進みて、回轉運動をせざるときは、振動面と直線との間には、少しも位置の變更はない筈である。

先の學理は以上の通りであるから、實際の試験によりて、振動面と直線との間に位置の變更があるや否やを見れば、それで問題は、容易に解決せらるる譯である。

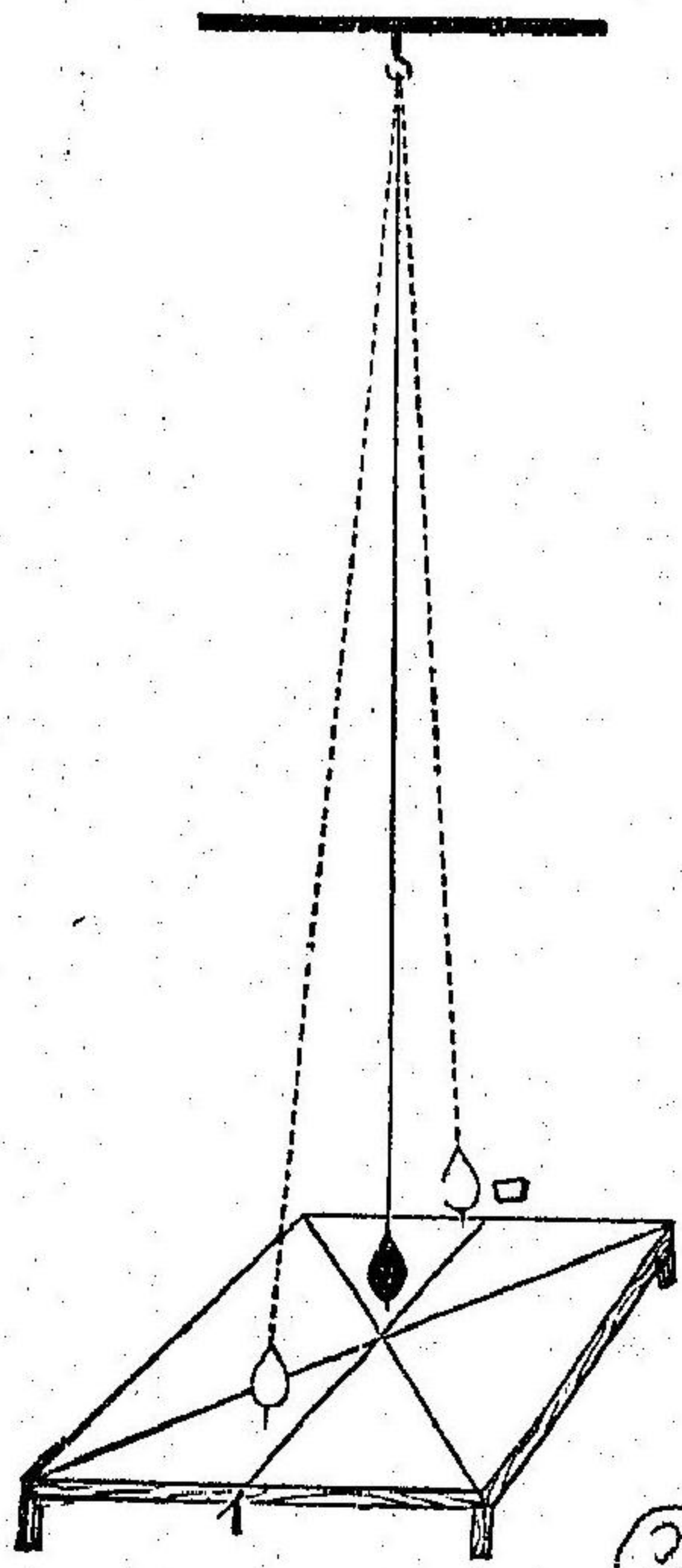
既に西曆千六百六十一年に於て、伊太利亞フロレンス Florence 府の學士會院にて、振子の振動試験をしたことがある、此の時に其の振動面に變位のあることが認められた

のであるが、當時之が原因を究め様とした者は一人もなかつた、然るに其の後、凡そ百九十年を経て、千八百五十一年に至り、佛國の物理學者フーコー *Foucault* は、同様の試験をして、矢張振動面の變向を認めて、是は地球の自轉の然らしむる所であること

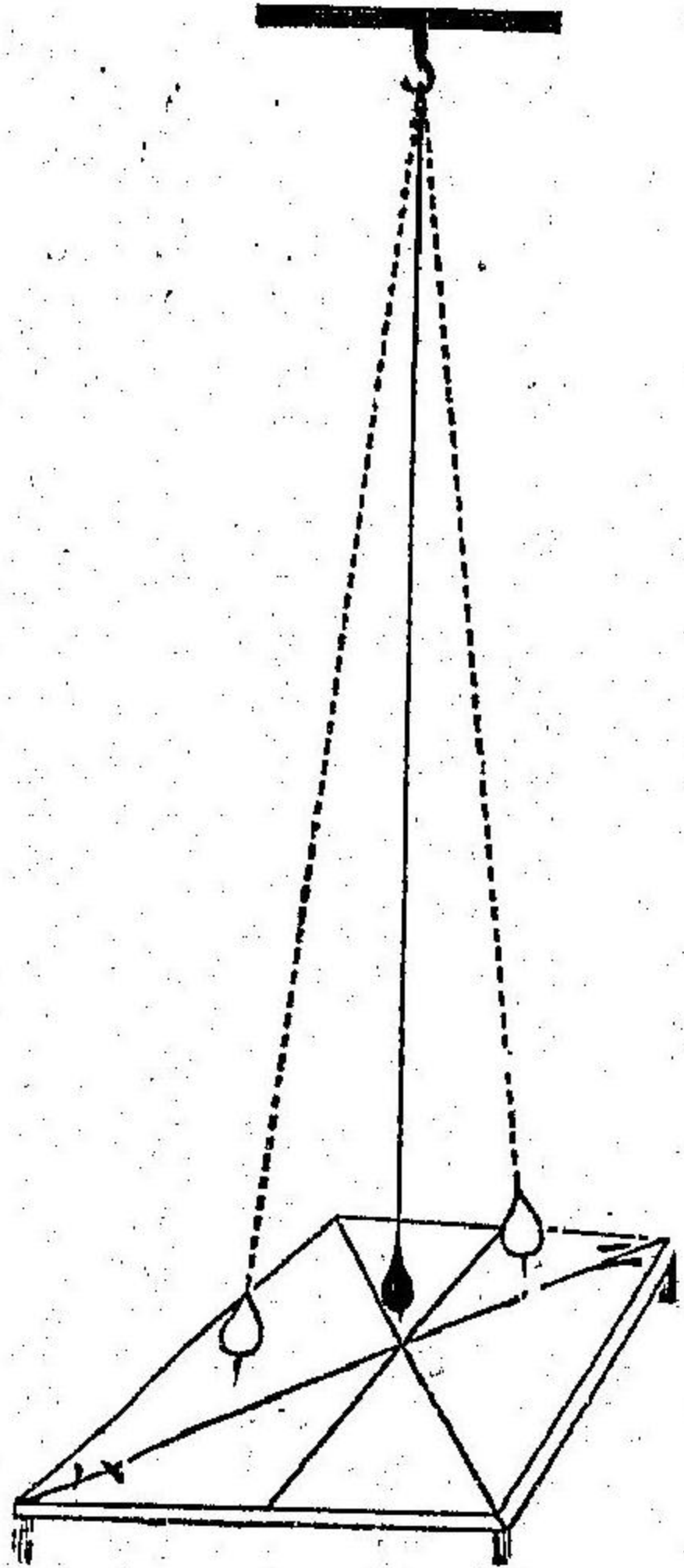
②を發見したので、フーコーの振子の試験と言へば、極めて有名なものである。

フーコーは、初め土中室の天井から長さ二米の細き鋼鐵の針金を垂れて其の下端に金屬の球を付けて試験した(てあるが、後更に之を巴里府の有名なる寺院ノートルダム *Notre Dame* の圓天井より長い針金を下げ、其の下端には大なる鐵球を着けて、之を振動せしめたのである、此の時實驗せら

圖八十二第



圖九十二第



れたのは、時刻がたつに隨て、振動面の寺院内の壁に對する方向(又床板に畫かれたる直線に對する方向)が變化したのである、之を簡易なる圖にて説明せんに、第二十八圖に示すが如く、初め「イ」の方向に振動した振子が、或る時刻を過ぎて後、第二十九圖に示すが如く、「ハ」の方向に振動する様になつたのである、且此の試験は、其の後諸處にて行はれたのであるが、振動面の變向は必ず多少あることが認められて、且つ其の動き方は、東より西に向ふものである、ことも認められた、即ち最初南北に振つて居るものならば、次第に北東南西の方向に振る様になることが分つたのである。

さて此の振動の方向(即ち振動面の方向)の變更は、實際さうであるかと云ふに、是は唯外觀に止まるのである、即ち振動面の方向を轉じた様なのは、振動面の方向が轉じたのではなく、下の床板隨而地盤が西から東に其の方向を轉じたのである、觀察者が少も之に氣附かないのは、地盤ばかりでなく、其の周圍のものも皆共に回轉するからである、實際振動面が回轉せずして、地盤が西より東に回轉するものなることは、此の回轉の多少は、全く緯度の高低によるに因て明かである、即ち觀察點(試験の地)が南北兩極に近ければ近い程、振動面の外觀的回轉の度が、それだけ多く、又赤道に近づけば近づく程、それだけ少なく、赤道其の上に於ては、回轉が少しも認められないのである。

底て此の回轉の多少は、振子の系の地球の回轉軸(地軸)に對する位置に關するもので、南北兩極に於ては、糸の地軸の延長線に當るのであるから、兩者同一の直線と見做すべきものである。されば此の極其の點に於て、振子の試験を行ふと假定せば第三十圖)此の處にては、觀察者は振子の振動面が二十四間を以て、一回轉する、即全く圓を畫く

圖 十三 第

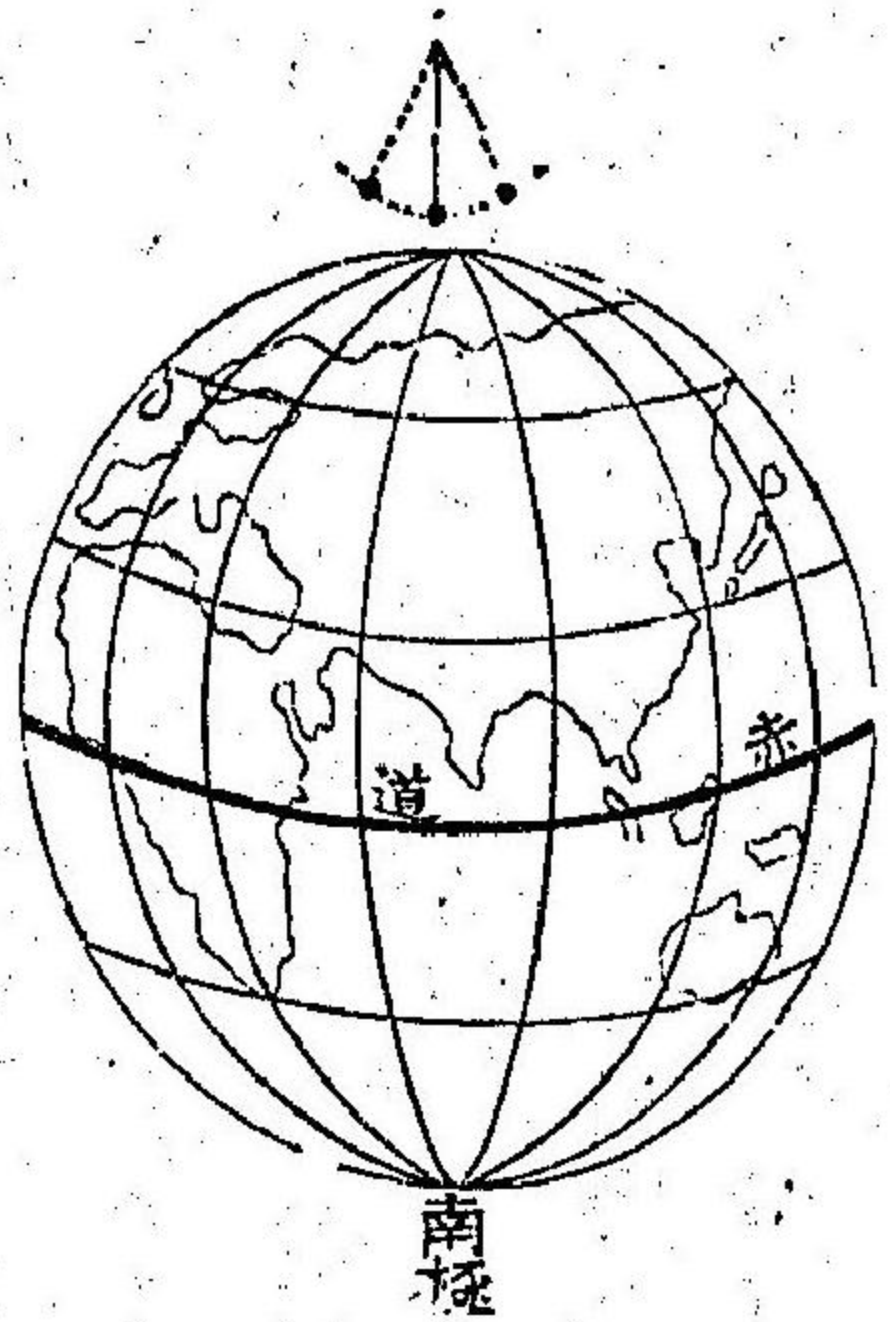
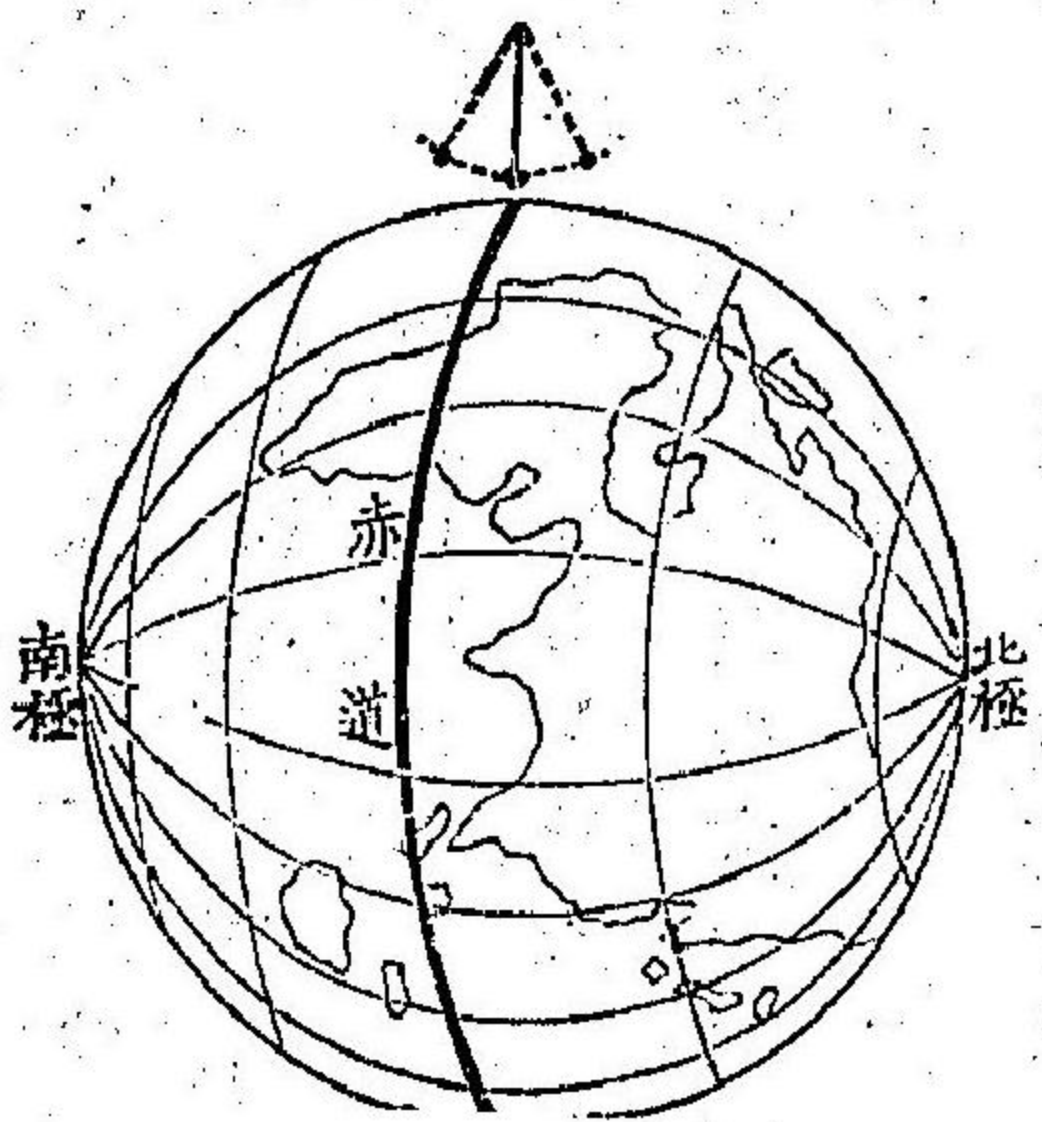
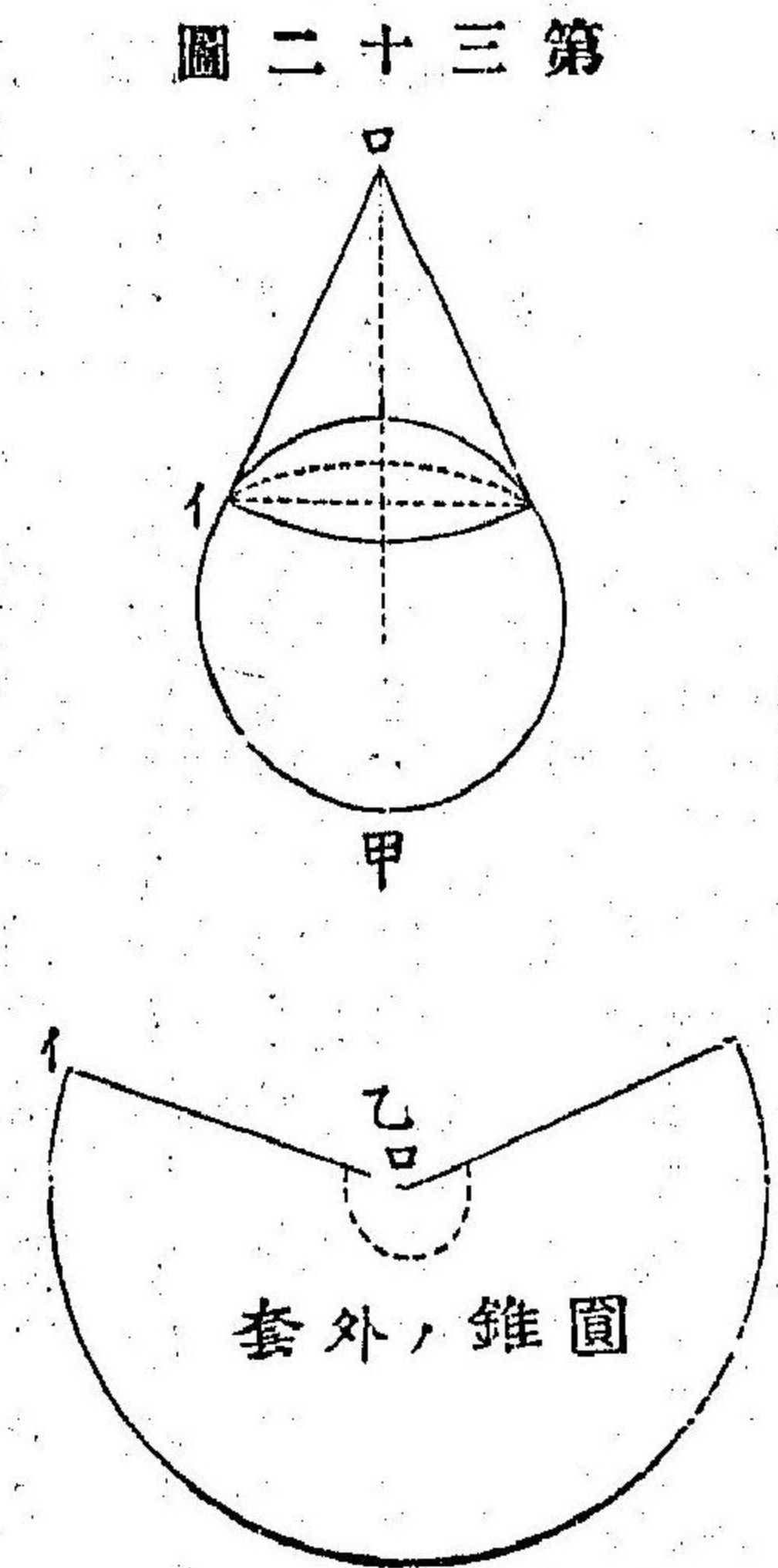


圖 一十三 第



のを見るに違ひない、何故なれば、地球は、此の間に振子の下を一回轉するからである。赤道にては、振動面は少も回轉する様に見えないで、其の釣るし點は只地球の回轉に順ふて一方にのみ進行するのである(第三十一圖)故に振動面が、初め南北に向へば何時まで經つても南北で、少も其の方向を變じないのである、此の兩極と赤道とに於

ける振動面の動き方は、地球儀を取て、其の上で振子を振らして見れば、直に分るものである、只少し六ヶ敷いのは、極と赤道との間の地にての回轉の多少を知ることである、乃ち此の中間の地にては、振動面は決して一回轉、即ち三百六十度を回轉することはなく、極附近にては回轉の度多く、赤道附近にては回轉の度が少ないのである。此の回轉の多少を知る方法は、次ぎに述るが如きものである。



一個の圓錐を形りて、其の頂は、地軸の延長線中に在る、して此の圓錐の外套(外面を云ふ)を、一個所縦に切斷して、之を乙圖に示すが如くに平に擴くとときは、舊圓錐の底を形くる圓は擴かりて一層大なる圓の一部となる、是が即ち觀察地の緯度にて振子の振動面が

二十四時間に回轉する大きさを示すものである。赤道にて接觸線を畫くも、皆相併行して圓錐を形らぬ、換言すれば、回轉が皆無である

赤道以外にては、線は皆圓錐を形る、但し其の圓錐は赤道附近にては甚しく尖りたる圓錐で、極に近づくに従ひ、其の尖りが次第に減する様になる、即ち圓錐が頂角の鈍い平低の形となる、又極其の點にては、線は平なる圓を形る、故に圓錐の外套は、赤道より極に向つて次第に大きくなり、極にては、圓となる換言すれば赤道にては、振動面の回轉は零で、それより極に近づくに従ひ次第に回轉の度を増し、極にては回轉が三百六十度に及ぶのである、乃ち地球の自轉より來る振動面の回轉の度数は、各緯度に於て、略左の如くなる。

緯	零	度	回轉度数弧の大きさ	〇	度	〇	分		
〃	五	〃	〃	三	一	〃	二	三	
〃	十	〃	〃	六	二	〃	三	一	
〃	二十	〃	〃	一	二	三	〃	八	
〃	三十	〃	〃	一	八	〇	〃	〇	
〃	四十	〃	〃	二	三	四	〃	二	四
〃	四十五	〃	〃	二	五	四	〃	三	三
〃	五十	〃	〃	二	七	五	〃	四	七

〃	六十	〃	〃	三	一	〃	四	六	
〃	七十	〃	〃	三	三	八	〃	一	七
〃	八十	〃	〃	三	五	四	〃	三	二
〃	九十	〃	〃	三	六	〇	〃	〇	〃

故に振子が、少しも他より影響を受けずして、全く自由に半時間振動すれば、半時間は地球一回轉の時間(二十四時)の四十八分の一であるから、此の間に振動面の回轉する度数は、左の如くなる。

緯	五	度	回轉度数	〇	度	三	九	分
〃	十	〃	〃	一	〃	一	八	〃
〃	二十	〃	〃	二	〃	三	四	〃
〃	三十	〃	〃	三	〃	四	五	〃
〃	四十	〃	〃	四	〃	四	九	〃
〃	四十五	〃	〃	五	〃	一	八	〃
〃	五十	〃	〃	五	〃	四	五	〃
〃	六十	〃	〃	六	〃	三	〇	〃

天文地學 六五、振子の振動する方向の變更

七十	七	三
八十	七	二三
九十	七	三〇

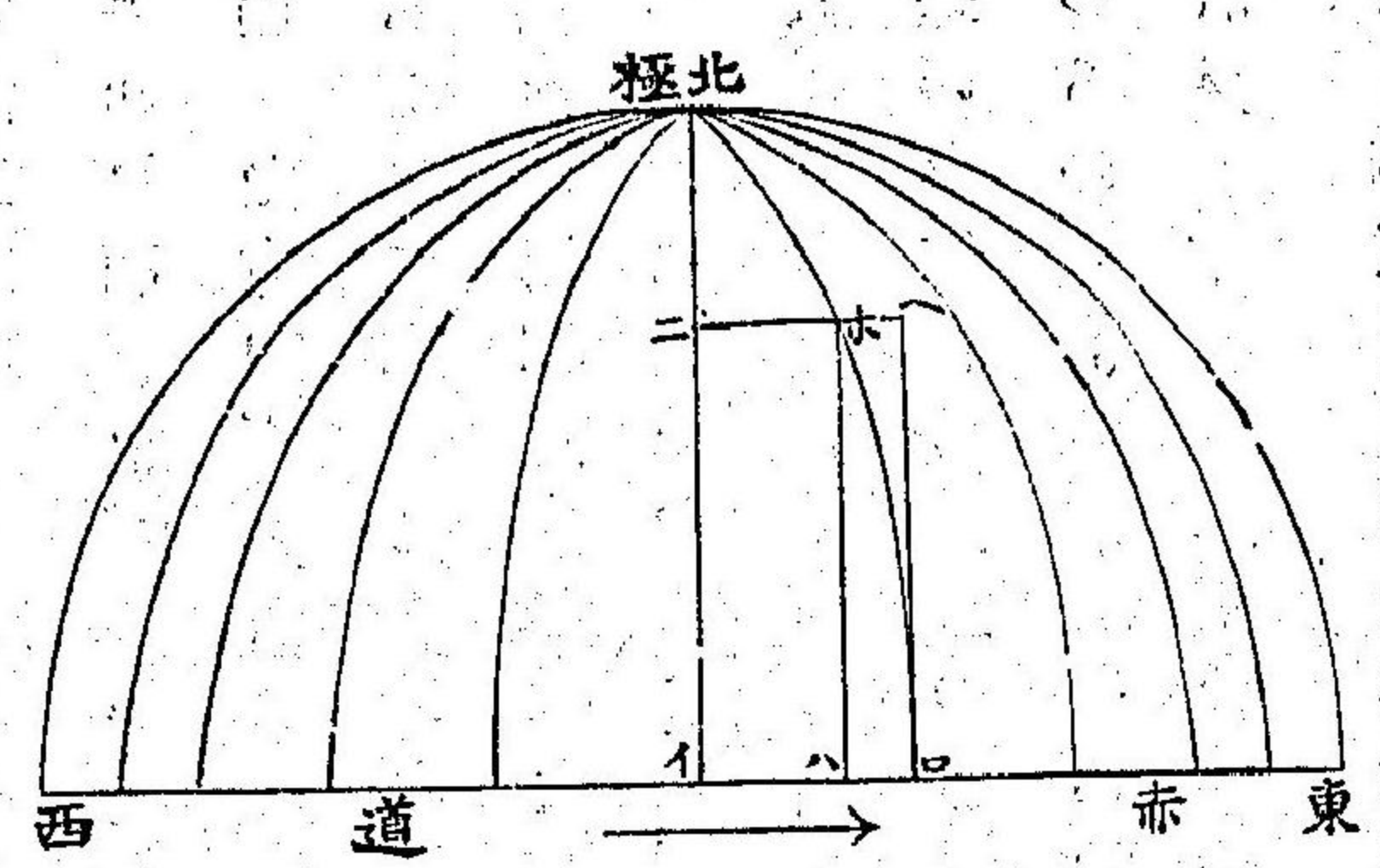
倍て以上は理論より割り出した数であるが、種々の緯度に於て、實地観測せられた試験の結果も、亦此の理論上の数と一致するものであるのみならず、他に之を説明すべき原因もなければ、之に依て地球の自轉は證明せられた者と云ふべきである。

六六、赤道の北には北東風吹き、其の南には

南東風の吹くこと

赤道附近に於ては、空氣は非常に熱せらるゝ爲、膨脹して、其の質疎となりて、輕くなる。故に一應空中高く昇りて、次いで南北兩極に向ひ流れて行くのであるから、其の空氣は北半球にては、北に向かひ流れ、南半球にては、南に向かひ流るのである。然し是は大氣の上層のこととて、下の方即ち地面附近にては、上昇したる空氣と入れ換りて、南北兩極の方から赤道の方に向かひ、空氣が流るので、即ち北半球にては、北から南に、南半球にては、南から北に、流るのである。而して此の空氣流は、隋力の法則により、最初

第三十三圖



に取りたる方向は決して之を變じないものである。故に若し地球が靜止して、少も回轉しないものであるならば、吾々が住む北半球にては、地面附近には、北から南に向かふ空氣流ありて、大氣の上層には、南から北に向かふ空氣流がなくはならぬ。然るに實際に於ては、地面附近には、北東から南西に向かふ空氣流ありて、大氣の上層には、南西から北東に向かふ空氣流がある。之を貿易風 Trade-wind と稱して、其の西方に偏するものは、全く地球の自轉の爲である。

地球が自轉する際には、赤道の回轉速度が最も大で、それより兩極に進むに従ひ、地面の回轉速度は、次第に小となり、兩極其の點にては、回轉は皆無となる。例へば第三十三圖に於て、北極と赤道との間の「ニ」なる點が「ホ」に至る間に、赤道にては「イ」なる點が「ロ」に至るのである。空氣は常に地球と共に回轉しつゝあるもので、其の南に流れ、北に進むも、亦西より東に回轉しつゝ、運動するのである。故に、「ニ」北から「イ」南の方に流るゝ空氣は、回轉速度の少ない所から、多い所に流るゝのであるから、其の赤道に

着いた時には、「ニ」の正南なる「イ」點は、「ロ」に移つて居ても、「ニ」の空氣は、「ハ」點「イ」なる距離は「ニ」ホに同じまでしか進んで居ない、因て「ホ」から見れば、「ハ」點は正南ではなく、多少西に偏した方向で、正南は「ロ」である、随つて空氣流は、正北から流れて來たのではなく、北東から流れて來たことになる、是か即ち北東貿易風の由來である、又赤道から北に流るゝ空氣は、回轉速力の大なる所から、小なる所に流るゝてあるから、「イ」から出た氣流は、「ニ」の緯度に行いた時には、「ホ」より一層東の「ヘ」點に達するので、「ヘ」から見れば、「ロ」は正南でなく、多少夫より西に偏した方向である、是が即南西貿易風の由來である。

地球の自轉を證據立つるものは、獨り貿易風に止まらず、其の他の風も、亦皆之を證據立つるのである、即ち風の法則によれば、空氣流が低氣壓部に流れ込むには、一直線に流れ込まずして、必ず北半球にては、右方に偏曲し、南半球にては、左方に偏曲するのである、是は即ち前の貿易風と、一般地球の自轉に基因するもので、之を措いて他に之を説明すべき原因はないのである。

六七、地球面に於ける引力の作用の極よ り赤道に向つて減ずること

地球が南北兩極に平なる爲、此の點は赤道に比べて一層重力の中心に近い、随つて此の點に於ける引力の作用も赤道に於けるよりは、一層大なることは、前に既に述べたる所である、而して其の作用の差の結果は、物の重さ、振子の振動及び物の墜落の速力の上に現はることも、既に述べた通りである、然るに此の差は、實測によれば計算して得られた差より、一層大である、即ち種々の緯度の地にて、實測したる結果を土臺として計算したる所によれば、赤道にて重さ一千斤の物は、極に持ち行けば、一千五斤となるの理である、然るに理論のみからいふときは、極では一千一斤半となる勘定である、即ち一斤半増すべきものが、五斤増すのである、此の間の差なる三斤半は、則ち地球の自轉の爲に生ずる、遠心力の、赤道にては引力に反對に働く結果である、此の遠心力は、赤道にては重力の二百八十九分の一で、兩極に進むに隨ひ、次第に減ずるものである、何故なれば各地の回轉軸からの距離は、極に進むに従ひ、次第に小となりて、極其の點にては零となるからである、それで赤道にての物の重さは、自轉の爲に、極にての重さより、二百八十九分の一だけ軽くなくてはならぬ、今假りに地球の自轉速力が十七倍早くなる、即ち地球が一時二十四分間に一回轉する様になつたとすれば、赤道にての遠心力は、引力と同大となりて、物の重さは皆無となり、又自轉の速力が十七倍以上と

なる場合には、遠心力は引力に打勝つので、赤道附近の物は、地球面に縛り付けて置かねば、皆天外に跳ね飛ばさるゝのである。

十七世紀中に至り、人が漸く以上の事柄に注意する様になつた爲めに、千六百七十二年に於て、佛國巴里の學士會院は、其の會員たるリシェー Richey を南亞米利加ギヤナ Guyana 國の海岸に在る、カエンヌ Cayenne の島(北緯五度に在り)に派遣して、一秒振子の長さにて就ての試験を行はしたが、其の結果、此の處で、振子を一秒間に一振せしむるには、巴里府にてよりは、一ライン四分の一(凡二耗五我が八厘三毛)だけ短くしなければならぬことになつた。是は取りも直さず、此の地は赤道に近い爲で、随つて巴里より幾分か地球の中心より遠く、重力もそれだけ弱いからである。

さて地球の引力の作用の、赤道から極まで、地球の楕圓形と、自轉とを顧みて計算した理論上の増加と、種々の緯度の地にての實測の結果と、相一致することが分つた以上は、地球に、自轉あることばかりでなく、同時に地球の表面の楕圓形なることも、證明せられた譯である。

六八、地球面の南北兩極地方に平なること

の地球の自轉の證據となること

現今學者の間に行はれて居る、地球及び其の他の遊星、并に月等の、出來方は、星霧説にて説明するので、此の説によれば、此等の天體は、昔しは皆非凡の熱を有する瓦斯の球で、それが冷めて液體の球となり、遂に固體の球となつたと云ふのである。それで若し地球も、瓦斯から液體の有様を経て固體となつたものであるならば、其の南北兩極に平たくなつて居るのは、回轉の爲でなくてはならぬ、何故と云ふに、液體の如き軟かな球が、回轉するときは、赤道の部分には、遠心力が強い爲に、此の處は必ず膨脹する。隨て極の方では平たくなるのが當然であるからである。

今假りに、何かの原因で、最初から極が平たく、赤道が膨れて居たとする、此の場合に、若し地球が自轉せずして、じつと靜止して居るものならば、地球の形は、此の儘で何時までも維持されて行くものではない、何故なれば、極で平で、赤道が膨れて居れば、前にも述べた通り、極地方は重力が、赤道より大なる譯であるによつて、陸は動かなくても、水は流動物ゆへ、兩極の方に引き寄せられて、此の地方の水平を高むるに違ひない、それ

に又年月が立つに随つて、海波は陸を次第に蠶食して、之を破壊し、破壊して出来た土砂は引力によりて、極の方に持ち去られ、結局地球面は重力の作用の結果として、高低互に平均せられて、遂に正球體となるものである。故に地球は昔し楕圓形であつても、長年月の後には、必ず正球體となるのである。

尙又假りに、地球は、固體となつた後までも、正球體であつたとする、それでも、地球は自轉すれば、矢張楕圓體に變ずるものである。何故なれば、水は次第に陸地を破壊して、之を土砂に變ずるが故に、此の土砂は、遠心力の働きにより、赤道の方に集合せねばならぬ、されば極の方は、平たくなり、赤道は膨脹して、結局又楕圓體となるのである。そこで自轉は如何に考へても、楕圓形の原因と見なければならぬのである。

六九、地球の自轉の實らしき證據

上述のもの、外、地球の自轉の、九割九分まで實らしき證據が、數件ある。

一、地球から見れば、幾萬とも數の知れざる許多の星は、皆一齊に、一晝夜に、地球を一週する如くに見ゆるのである。此等の星の中には、地球より割合に近い所にあるものもあれば、又割合に非常に遠い所にあるものもある。地球からの距離は、夫々大に

違つて居るのである。距離の遠ふ星が皆一齊に揃ひも揃つて、一晝夜に地球を一週するとすれば、近い星は一週速力が遅く、遠い星は、一週速力が速かであつて、而も遠近に比例して、其の速力が一晝夜に丁度地球を一週する様に出來て居ることになる。是は學理上から言ふと、如何にも不可思議の事で、極々窮した説明法と云はなければならぬ。然るに星が、地球を一週せず、地球が自ら回轉するとすれば、星の外観上の一週は、極めて穩に説明することが出来る。

二、假りに、地球は、諸星をして、自家を一週せしむるものとすれば、地球は、諸星に數千倍する勢力を有つて居るものとしなければならぬ。太陽が諸遊星を引き廻はすは、其の質量が、諸遊星を合せたものより、遙に大であるからである。然るに地球は如何と云ふに、其の形、諸星に比すれば、甚だ小にして、質量も割合に極めて少きものである。して見れば、此の小地球が、巨萬の大質量の大星を引き廻はすことは、學理の決して許さない所である。斯る不可思議、不自然、不條理の説明をするよりも、地球自身が廻轉するとすれば、總てが穩に、且丸く説明することが出来る。

三、天に連なる諸星の運動が、宇宙間の或る點を、共同の中心として行はるゝものとの事は、何人もまだ究めたことのないことである。今日までの研究にては、斯かる共同

の中心はないのである。然るに前の説の如く、地球が諸星を引き廻はすとすれば、其の共同の中心となるべきものは、天軸である。諸星が天軸を廻りて、運動すると云ふことは、學者の未だ究めた事でないのみならず、又學者間に斯かる問題が一度も起つた事もないのである。

以上は、勿論絶対の證據ではないが、天界に不可思議なることを許さず、又地球に怪力を附與せざる限りは、亦有力なる證據と見做すべきものである。

七〇、地球の自轉に基く地球面上の現象

地球が自轉をする爲に、之が結果として、地球面に現はるゝ種々の事柄があるが、先づ其の各點の回轉速力の事を述べんに、此の速力を言ひ表す法に、二ある、一は角度にて言ひ表す法と、一は尺度にて言ひ表す法である。角度即ち度、分、秒にて言ひ表すときは、地球面の何れの點と雖も、同一であるが、尺度にて言ひ表すときは、夫々違つて來て、地點が赤道に近ければ近き程、速力は大で、之に遠ければ遠い程、速力は小である。それで此の速力は、各地點の併行圈(緯線)の大小によるもので、此の圈の小なる所では速力が、夫だけ小で、大なる所ではそれだけ大である。

さて今赤道の長さを凡四万六千八百八十八里(凡一万二千三百三里)とすれば、各緯度に於ける地點の一秒間の速力は左の如くである。

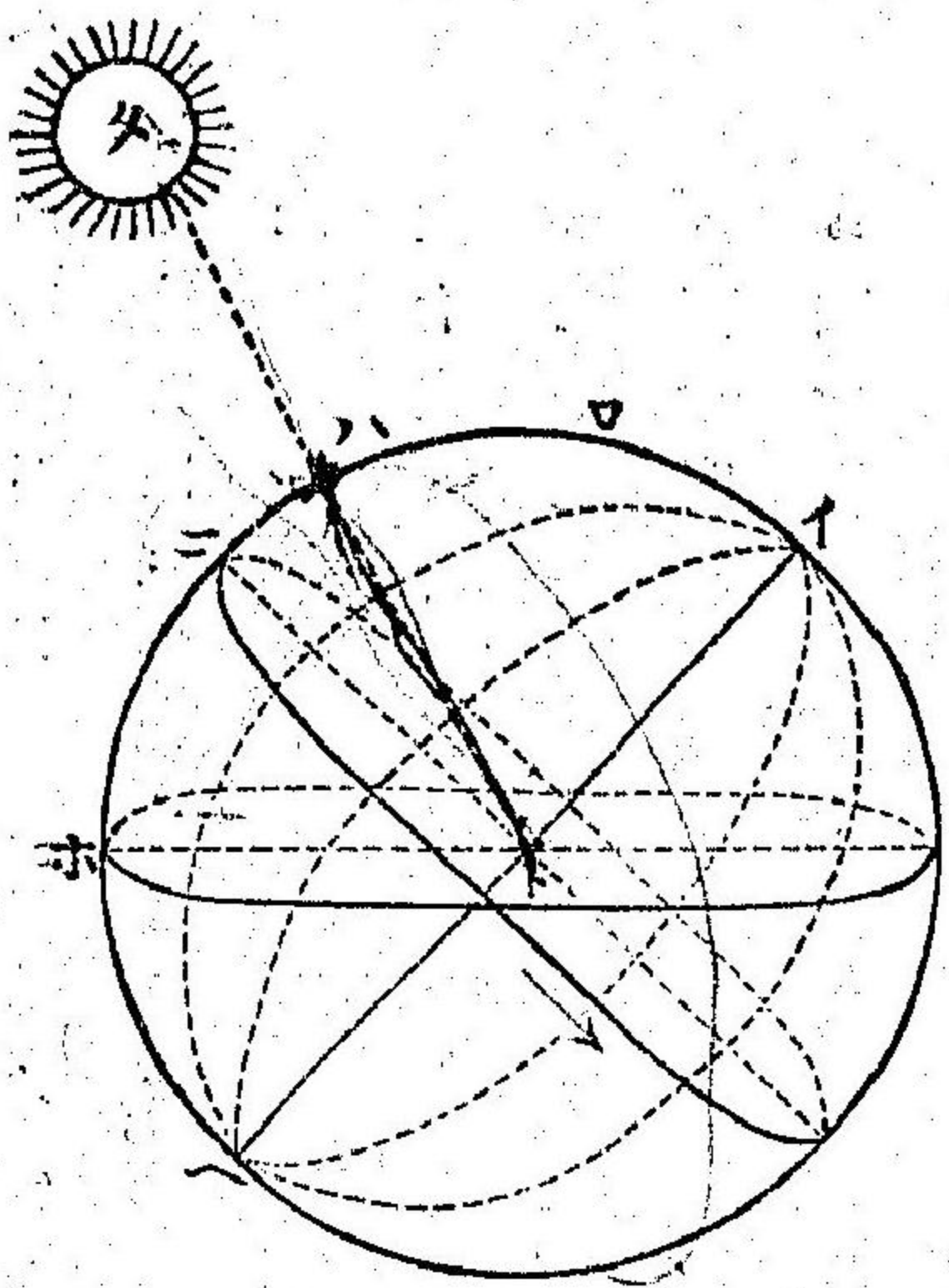
赤道	四六四米	(二五三一・二尺)
緯十度	四五七〇	(二五〇八・一〇)
二十度	四三六〇	(二四三八・八〇)
三十度	四〇二〇	(二三二六・六〇)
四十度	三五五〇	(二一七一・五〇)
四十五度	三二八〇	(二〇八二・四〇)
五十度	二九八〇	(一九六一・四〇)
六十度	二三二〇	(七六五・六〇)
七十度	一五八〇	(五二一・四〇)
八十度	八一〇	(二六七・三〇)
八十五度	四一〇	(一三五・三〇)
八十九度	八〇	(二六・四〇)
九十度	〇	(〇)

以上の如く、各緯度に於ける地點の速力の間には、大なる差があるに拘らず、同じ經線の上に在る地點は、皆同じ時刻(地方時を意味す)を有するので、經度の差が同一なれば、緯度は何程違つても、時刻の差も同一である。

七一、同時に正午を示す土地

先づ時に天然時と地方時との區別あることを知らなければならぬ、時刻中、何れの瞬間でも、其の瞬時は、世界の何れの土地に取ても同一である、之を天然時 Physical time と云ふのである、然し此瞬時、例へば今と云ふ瞬時は、世界各地に取つて同一でも、時計で見れば決して同一の時刻ではない、即ち其の今と云ふ瞬時は、或る所では正午、或る所では夜半、或る所では午前何時と云ふ工合に、時計で計る時刻は、夫々異なるものである、之を地方時 Local time と云ふて、同一の子午線の上にある土地だけは、皆同一である。

第三十四圖



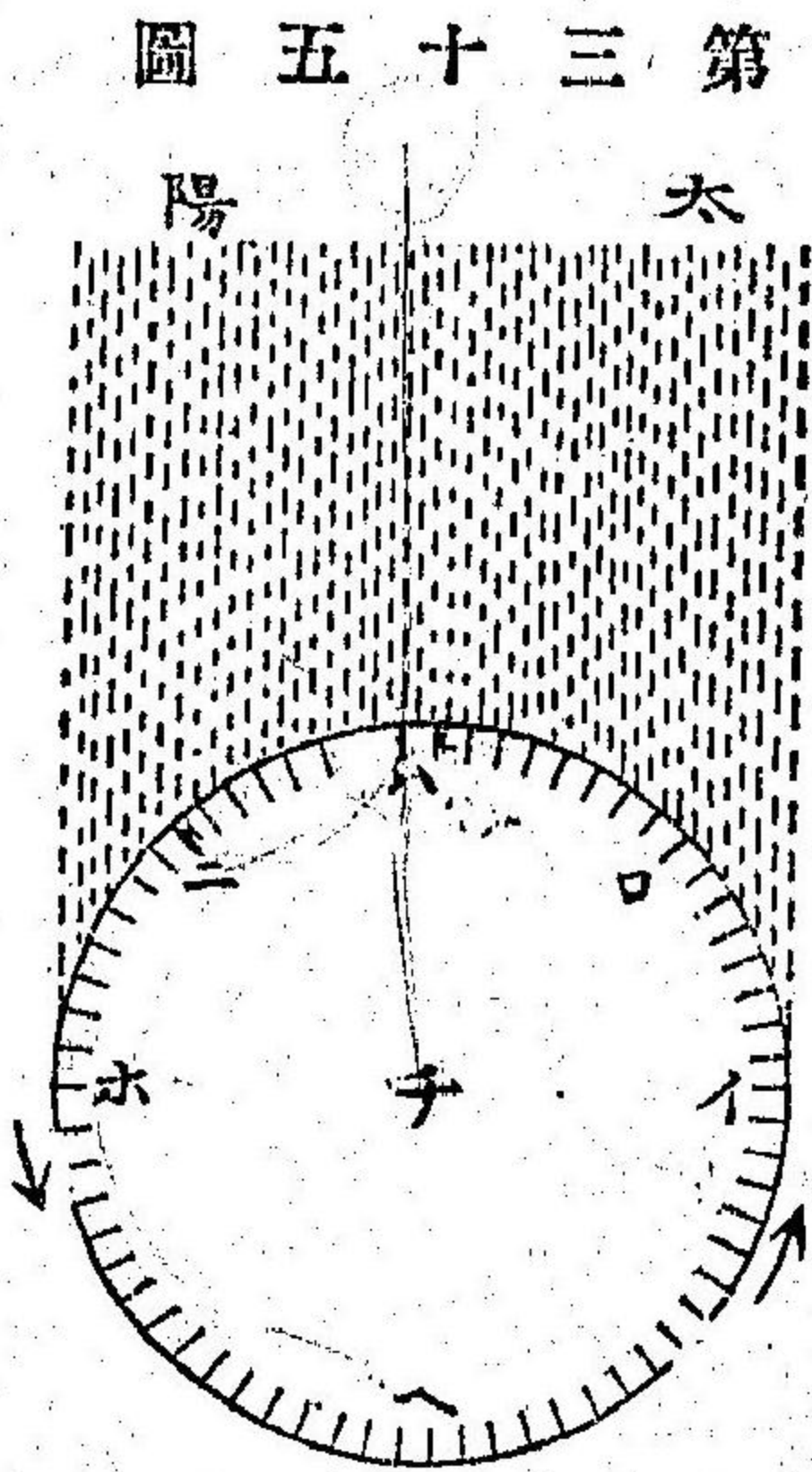
る例へば一土地が、正午の時は、他の土地も正午である、一土地で夜半の時は、他の土地でも夜半である、則ち常に同一の地方時を示すのである。

第三十四圖に於て、イ、ロ、ハ、ニ、ホへなる半圓を以て、地球の一子午線を表するものとすれば、此の半圓と、地軸イへとによりて、一平面の位置が極まる譯である、今若し地球の中心なるトより、ハなる、地球面の一點にて、前記の子午線中にある地を通して書かれたる直線が、丁度太陽(夕)に衝突すると思へば、此の時は、ハ點に取りては、太陽が南中(子午線に來た時を云ふ)した時で、太陽の位置は、前の平面を擴張した面中に在るのである、又天の地方子午線は、地球の地方子午線を、天まで擴張したものであるから、此の瞬時には、地球の同一子午線中に在る地より見れば、太陽は天に於ける地方子午線中に在りて、イ、ロ、ハ、ニ、ホ等にも、皆正午である。

七二、各經線上に於ける土地の時刻の差

地球が二十四星時間に、西より東に向ひて、一回轉すること、并に此の回轉は、始終同速力を以て行はれて、或る時は早く廻り、或る時は遅く廻ると云ふ様な不規則なる速力でないことは、前に述べた通りである、之が爲に、一の子午線面が、太陽を通過すれば、其

の跡に亦次ぎの子午線面が来て、太陽を通過すると云ふ工合に、各子午線面が順次太陽を通過するのみならず、此の子午線面が太陽を通過する時は、其の子午線上に在る各地は、正午であるにより、正午は陸續各子午線の地に來る譯である、而も東に在る子午線が西に在るものに先だつのである、乃ち第三十五圖の圓を以て、地球の赤道を示し、其の内面に在る短線は、各子午線を示すとし、又チを以て地球の中心を示し、圓の半面より畫かれたる併行點線は、太陽の光線を示し、地球の自轉の方向を矢を以て示すとせば、此の圖の位置に於ては、ハなる地にては、太陽はチとハとを結び付けたる直線の方角に在りて、ハの子午線面中に在るものなれば、此の地にては、丁度正午である、又イなる地にては、太陽を地平に望むのでありて、而も此の時初めて太陽の光線に照らさるゝのであるから、此の地にては朝の日出時である、之に反してホなる地にては、太陽が將に地中に入らんとするのであるから、丁度夕の日没時である、又ロの地にては、午前九時頃で、ニの地にては午後三時頃であり、又への地にては、夜半である。



第三十五圖

さてハの地の次ぎに正午が來るのは、ハよりイの方向に在る次ぎの子午線の地である、斯くの如くして、各子午線の上に在る地が、順次正午となりて、二十四間には、何れの子午線の地も皆一回正午を得て、一循環を全ふするのである。地球の自轉は前にも述べたる如く、二十四星時を以て、一終結するのであるから、何れの地でも、一度だけ西に位する所は東に在る地より四分時間後れて正午の位置に來る譯である、何故なれば、二十四間時の三百六十分の一は、四分時となるからである、此の四分時も、矢張星時の四分で、此の星時の一分は、普通の一分より、一秒の五百分の一ばかり短いのであるが、此の差は當分度外に措ても、差支ないのである。それから一度の差は、時間にて四分の差に當るのであるから、十五度の差は、一時間の差となり、又弧の一分は、時間の四秒に當り、弧の一秒は、時間にて、一秒の十五分の一に當るのである、斯かる關係であるから、同一の天然時に、二地點の地方時を知ることが出來れば、其の差にて、兩地點の經度の差を計算することが出來るのである、例へば茲に二地點ありて、甲地の地方時は正午で、乙地の地方時は午後三時なれば、甲地は乙地の四十五度東方に在る譯になる、夫て探檢の爲未知界に入り込て、其の地の經度を測るには、常に此の地方時の差を利用するのである、其の方法は、左の如くである。

七三、地方時の差を以て地學上の經度を知る法

何れの地に行いて、經度を測るにせよ、何地の子午線にても差支ないが、兎に角、初子午線を撰ばねばならぬ、又之と同時に、此初子午線の地の地方時に合せるたる、正確なる時計を持つて居なければならぬ、底て吾々が知らんと欲する經度の地にて、天文的に即ち太陽を見て、其の地方時を測りて、此の地方時と、初子午線の地の時刻を示す時計の時刻とを相比べて、其の差を見るのである、若し此の場合に、新に測りたる地方時が吾々の携へたる時計より進んで居るならば、其の地は初子午線の地より東に在るので、若し後れて居れば、西に在るのである、夫から先きは前に述べた經度と時間との關係を以て、其地が經度の西又は東何度何分何秒の處に在ると云ふことを算出するのである。

例へば米國ワシントン Washington 府の時計が、午前九時を示すときに、英國グリニッチ Greenwich の時計は、午後二時八分十二秒を示すのである、それでワシントン府は、グリニッチの西(即ち西經)七十七度三分に在る譯になる、又グリニッチの時計が、午前十時二十九分四十三秒を示す時に、露國モスコウ Moscow 府の時計は、午後一時を示すによつ

て、モスコウは、グリニッチの東(即ち東經)三十七度三十四分十五秒に在る譯になる、尙又我が東京の時計が、正午を示すときに、グリニッチの時計は、午前二時四十一分を示すのであるによつて、東京はグリニッチの東(東經)百三十九度四十五分に在る譯になる。

吾々が日常使用する時刻の計算法にては、一日は夜半を以て始まり、十二時間を午前とし、十二時間を午後とするのであるが、天文學上では、正午を以て一日の初刻として、午前午後の區別なく、二十四時を以て終るのである、例へば吾が五月二日午前九時は、天文學上では五月一日二十一時である、故に時によれば、或る出來事に、二種の日附があることがある、例へば昔し發見せられた彗星などは、普通の日附にて、發見日を記してあるにより、天文學上より見るときは、之を天文學的の計算法に換へなければならぬ、爲に、つまり日附が二様になる譯である、斯かる星の發見には、單に目的のみならず、發見の場所を附加することも必要である、何故なれば、一個所では、五月一日なるも、他の個所にては、四月三十日である場合があるからである、是は勿論何處に日附の界線を取るといふことによつて、違つて來るのである。

七四、日附の界線の所在地

日附の界は、或る子午線を取るのが最も便利である、又それには、亞細亞と北亞米利加との間のベーリング Bering 海峡を通過する線を取るのが便利である、何故なれば此の線は、アルーシヤン Aleutian 列島を横断するのみで、他に肝要なる島を通過しないで、太平洋の中のみを通るからである、乃ち船が海を越えて西の方に航するときには、太陽の跡を追ふて行く譯であるから、其の速力に應じて日が長くなる譯である、例へば船が一晝夜に、經度十度に亘る距離を走ると見れば、此の十度は時間にして四十分であるから、一日が四十分だけ長くなつて、二十四時四十分になる譯である、故に此の船が世界を一週したる場合には、日々の四十分が積もり積もりて二十四時間即ち一日となり、元出發した地に歸つて見れば、日附が其の地の日附に丁度一日後れて居ることになるのである、又反對に船が東に航するときには、毎日一日が四十分づゝ短縮して、一週し了りて出發地に來て見れば、船の日附は、土地の日附より一日進んで居ることになる、此の不都合を除んが爲に、航海者は東經百八十度の線(即ちベーリング海峡通過の子午線)を通ふる時に、日附の更正をする例となつて居る、即ち船が東航する(地球自轉の方向に航する)時は、此の界線に至りて、同じ日附を二度重ねるのである、例へば其の時が、一月二日月曜日（本報）の正午なれば、之を一月一日（本報）日曜日正午に改むるのである。

る、故に一月一日（本報）日曜日が二日間續く譯で、第一の一日月曜日と、第二の一日月曜日とある様な譯になる、若し又船が西航する(地球の自轉方向に反對して航する)ときは、或る日附を一日だけ全く省略するのである、例へば其の時が、一月一日月曜の正午なれば、之を直に二日火曜日正午に改むるのである。上述の如くして前記の不都合を除去するのである。

七五、 觀察者の地平面と地球の自轉軸の位置との關係

觀察點の異なるにより、地平面に對する地軸の位置は、種々様々に變りて、其の數には全く限りなしと云つて差支ないのであるが、然し要するに先左の五の場合に歸着するのである。

- 一、 地軸が正地平面に横臥する場合。
- 二、 地軸が正地平面と天頂線との間に在りて、北極が地平上に在る場合。
- 三、 地軸が天頂線中に在りて、北極が地平上に在る場合。
- 四、 地軸が正地平面と天頂線との間に在りて、南極が地平上に在る場合。

五、地軸が天頂線中に在りて、南極が地平上に在る場合。

七六、地軸の地平面に對する位置より來る現象

地軸の地平面に對する位置の差異により、諸星の視運動に、亦差異がある、換言すれば諸星の運動の工合は、全く地軸と地平面との關係によるもので、此の關係は、觀察上の差異から來るものである、以上の關係は第三十六圖より第四十圖までの圖によりて説明することが出来る、此の諸圖にある附字の説明は左の通りである。

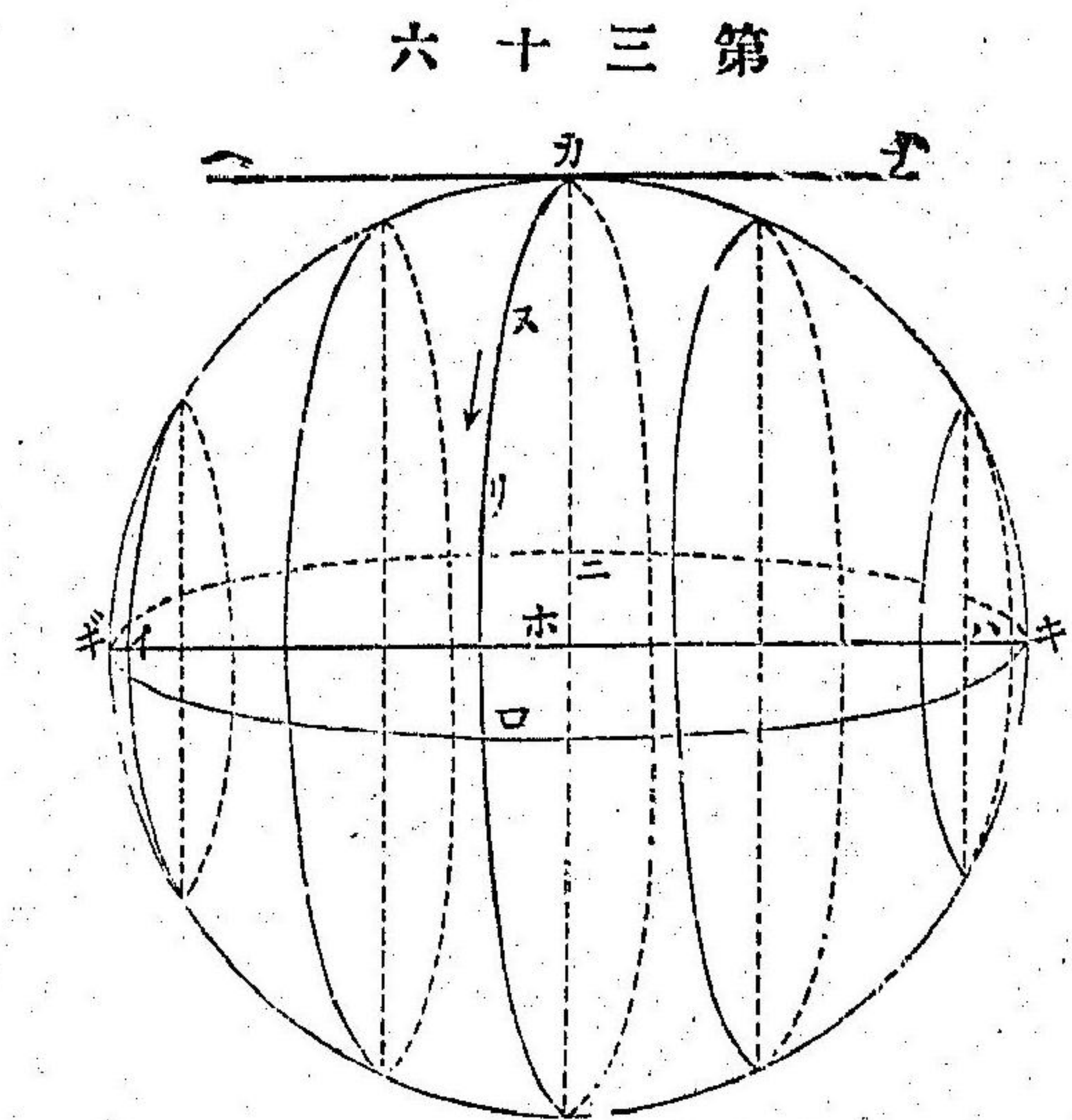
- 一、カは地球面上の觀察者の位置にて、チカへは、其の視地平を示す。
- 二、イロハニは、正地平の位置を示し、其の中心ホに、カなる觀察點があると見るべし。
- 三、觀察者の天頂は、ホから、カの方向に書かれたる線中に在りて、ホカは天頂線を示す。

四、キは北極、ギは南極、キギなる線は、地球の回轉軸にて、回轉圈、地球の各點が回轉して書く圓の面は、之に對し鉛直の位置を呈す。

さて觀察者の位置が、地球面の何れの點に在るにせよ、觀察者が、北極を背にして立つときは、地球の回轉は、右より左に向かひ、南極を背にして立つときは、左より右に向か

ふものである、又觀察者が、北極を天頂に見る場合には、地球の回轉は、右より左に向かひ、南極を天頂に見るときは、左より右に向かふものである。

(一)地軸が正地平面に横臥する場合



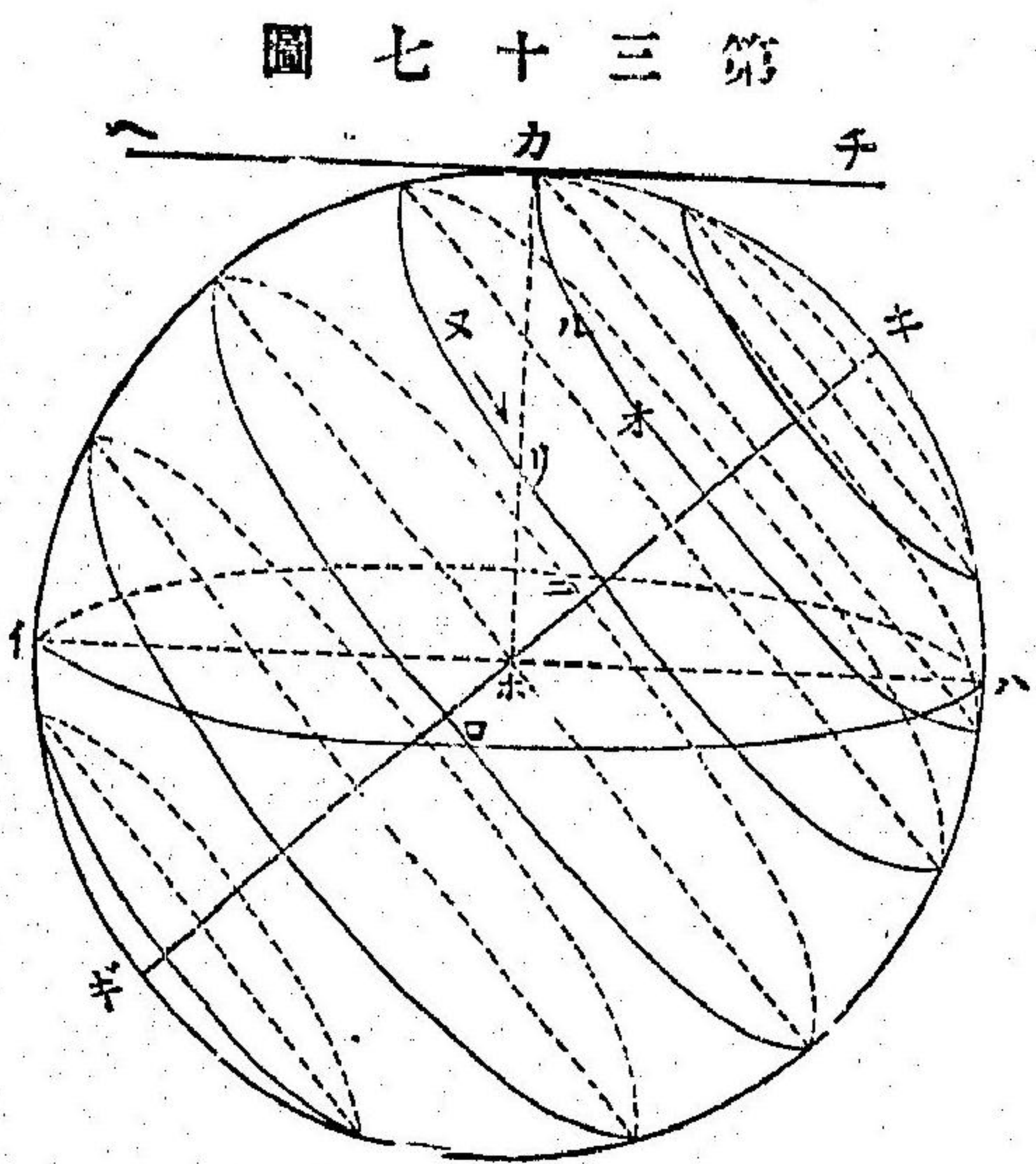
第三十六圖

運動は、又より、リを経て、ロの方に向ふので、觀察者の視地平も、地球と共に同方向に回

轉するのである。

(二)地軸が正地平と天頂線との間に在りて、北極が地平の上にある場合
 此の場合、観察者が北半球の赤道と北極との間の地に在る時に、現實するもので、地軸は、正地平に斜に横り(第三十七圖)て其の位置は、観察者が赤道に近づけば近づくほど、地平面に寐て、北極に近づけば近づく程、之に立つて来る、又此場合に、正地平に、二等半に切らるるものは、赤道圏だけで、他のものは不等半に切らるるものと、全く切られないもの(兩極附近のもの)との二種に分るるのである、地球は、ヌより、リの方角に、キギなる線を軸として廻るのである、故に視地平チカへも、ヌリなる圓と併行して、ルオの方角に廻るのである、因て正地平も亦之に應じて空間に於る位置を更ふるのである。

(三)地軸が天頂線と一致して、北極が地平の上にある場合

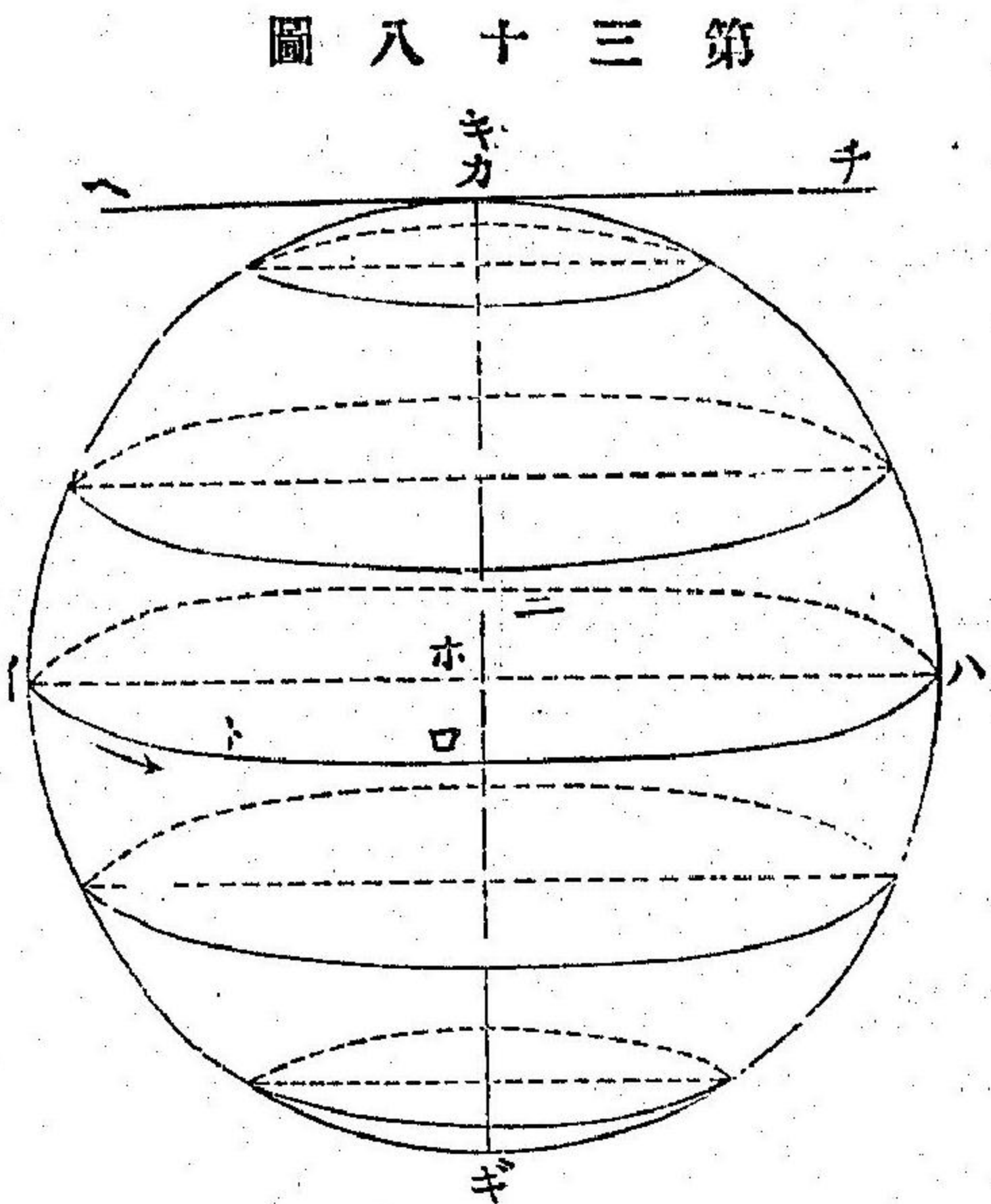


第三十七圖

此の場合、観察者の位置が、北極に在る時のこと、回転軸は、地平に直立して、回転の方向は、地平に併行するものである、又回転の方向は、極に近づくに随ひ、愈小となる、回転の方向は、イよりトを経て、ロに向ふのである (第三十八圖)。

(四)地軸が正地平と天頂線との間にありて、南極が地平の上にある場合

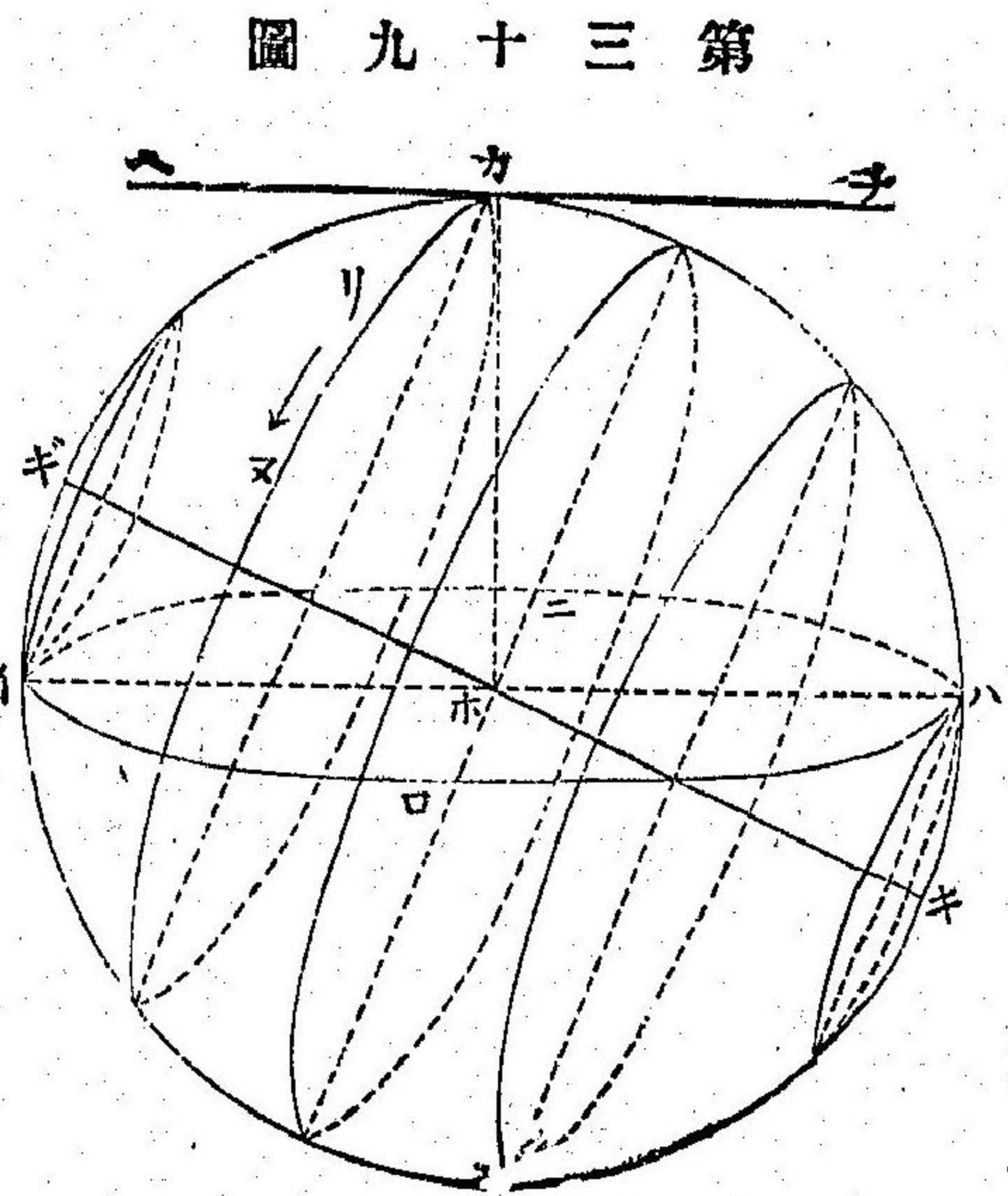
此の場合、観察者が、南半球の赤道と南極との間に在る時のもので、南極附近の圏は、下の方、正地平まで達せず、又北極附近の圏は、上の方、正地平まで達せずして、回転は、カよりリ及びヌの方角に向かふのであるから、観察者は、南極を背にして立つときは、回転は、左より右に向かふのである、其の他回転の正地平に對する位置は、第二の場合の如く、斜である。



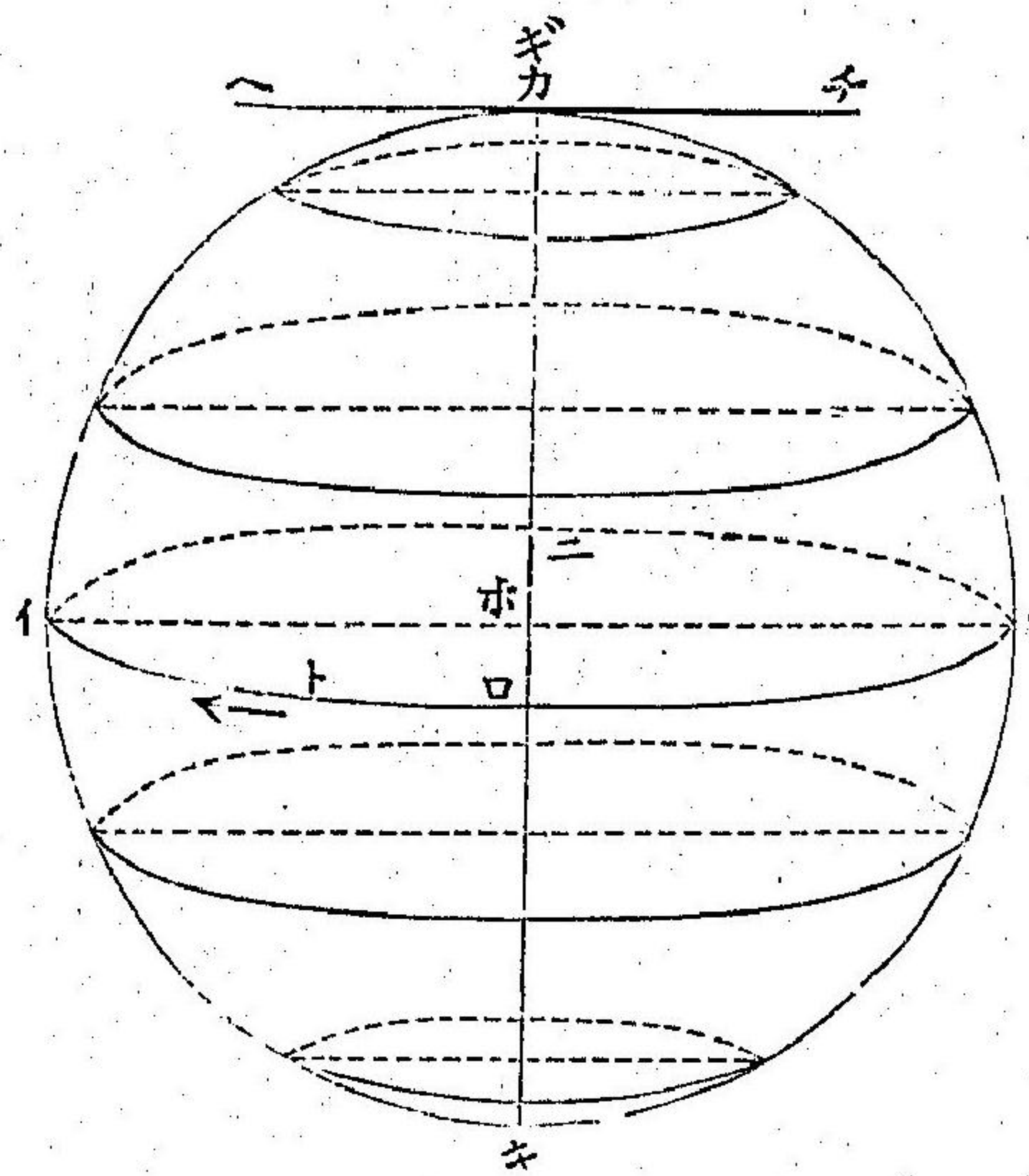
第三十八圖

(五)地軸が天頂線中に在りて、南極が地平の上にある場合

一四四
観察者が南極の上に立てば、此の場合を來たすのである。(第四十圖)此の場合には回轉



圖九十三第



圖十四第

圈の正地平に對する位置は、第三の場合と同じこととて、之に併行して、回轉軸は、地平面に直立し、回轉は、ロの方より、トを経てイの方に向かふのである。以上の五場合は、臺附きの地球儀を取りて、試験するときは、容易に且明瞭に説明することが出来る、此の場合には、臺の圓輪は、正地平を代表するものである。

吾々地球の上に住む者は、上述の如き地球の回轉を感じないにより、天に列なる星が以上の如き運動をする様に思ふのであるが、是が即ち星の視運動で地球の自轉より生ずる外觀上の現象である。

七七、地球の自轉に基く天體の視運動

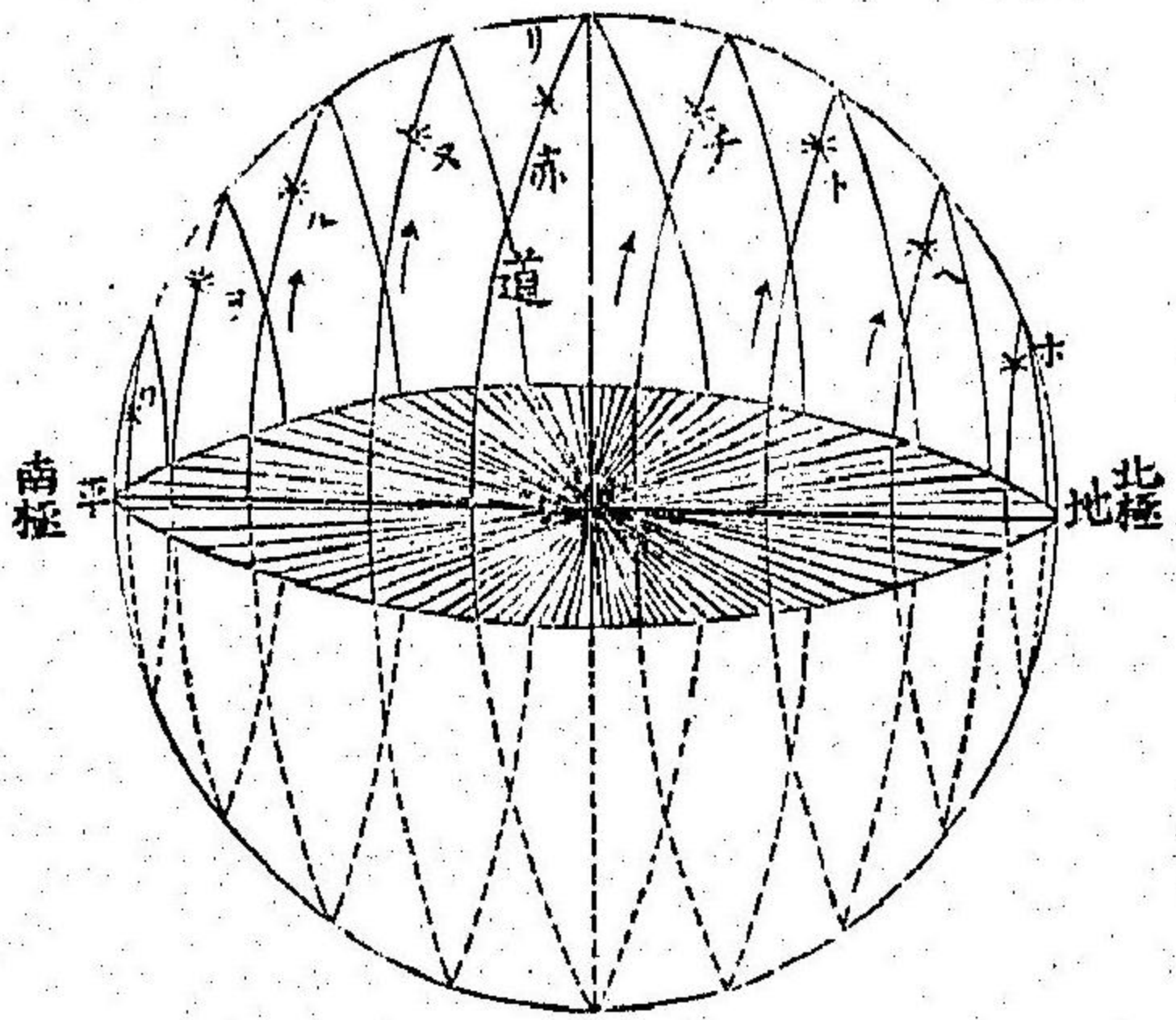
地球が自ら回轉する爲に起る天體の視運動を観るには、恒星の視運動を見るのが尤も宜しいのである、其の故は、此の星の運動は、尤も能く地球の自轉を表明するからである、恒星の視運動は、謂ふまでもなく地球の自轉方向と反對の方向に向かはねばならぬ、それは恰も船に乗りて航海するとき、船の進行に氣附かずして、岸を眺むれば、岸は船の進む方向と反對の方向に動くと同じである、但し星の運動ある道筋は、観察者が赤道上に在ると、赤道と極との間に在ると、又極の上にあるとにより、種々に違つて來るのであるから、之を前の地球の運動に對照して、左に之が説明を試みるのである。

(一)赤道上に立つ観察者の觀る星の行路

天軸は、地軸の延長線であるから赤道上に在る観察者は、天の南北兩極が地平の中に在りて、地軸が観察者の地平中に在るとき、地球面の各點が運動に相當する星の運

動を見るのである、只此の場合に於ける差異は、星は地球面の各點の運動と、反對の方向に動くことである、即ち星の一日中の行路(圈狀をなす)は、地平面に直立(第四十一圖)

圖一十四第



より左に向かふのである(圖中矢の向かふ方向に)。

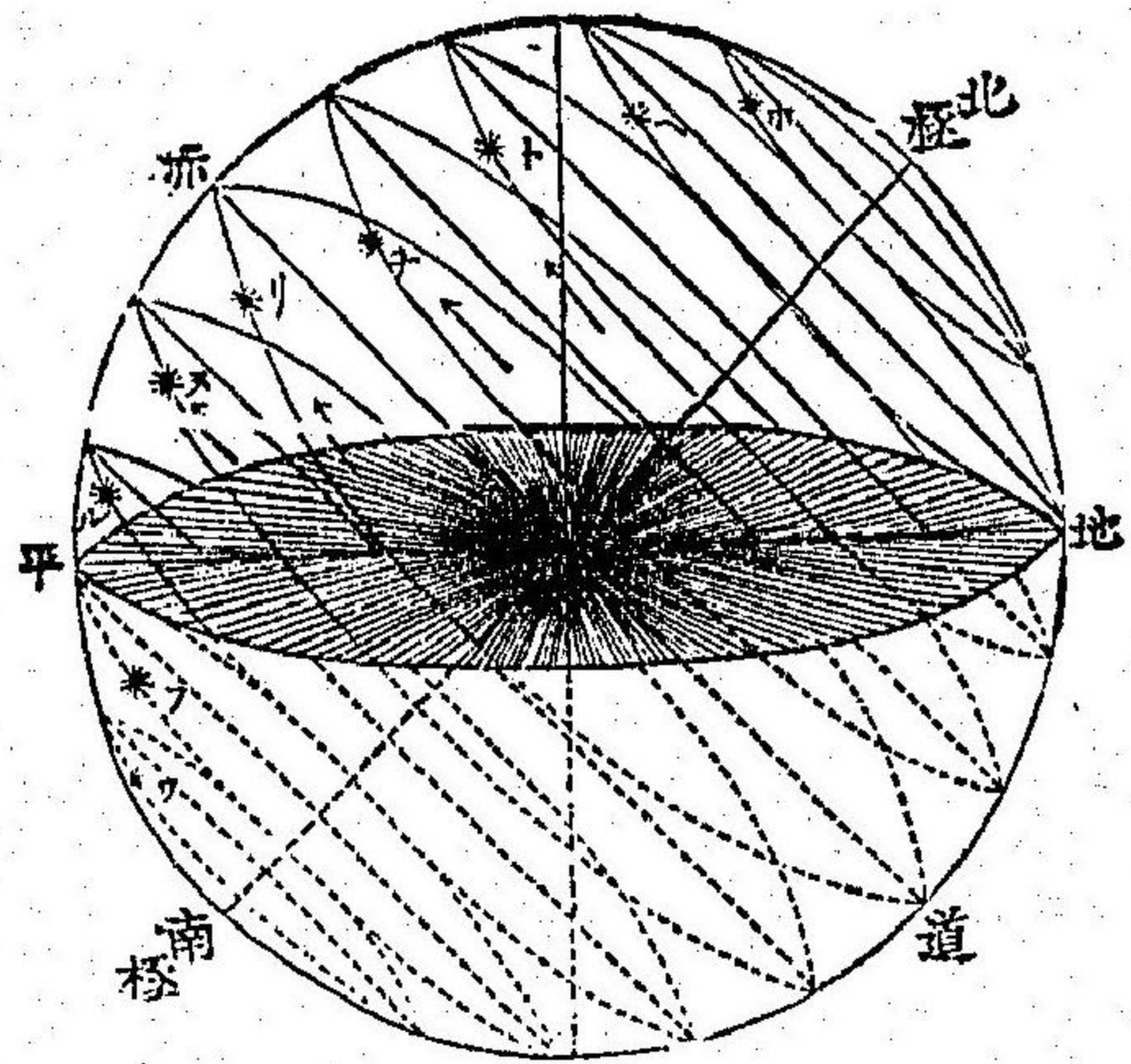
(二)赤道と極との間に立つ觀察者の觀る星の行路

觀察點が北半球又は南半球の上に在るときは、星の行路は地平面に斜であつて、而も

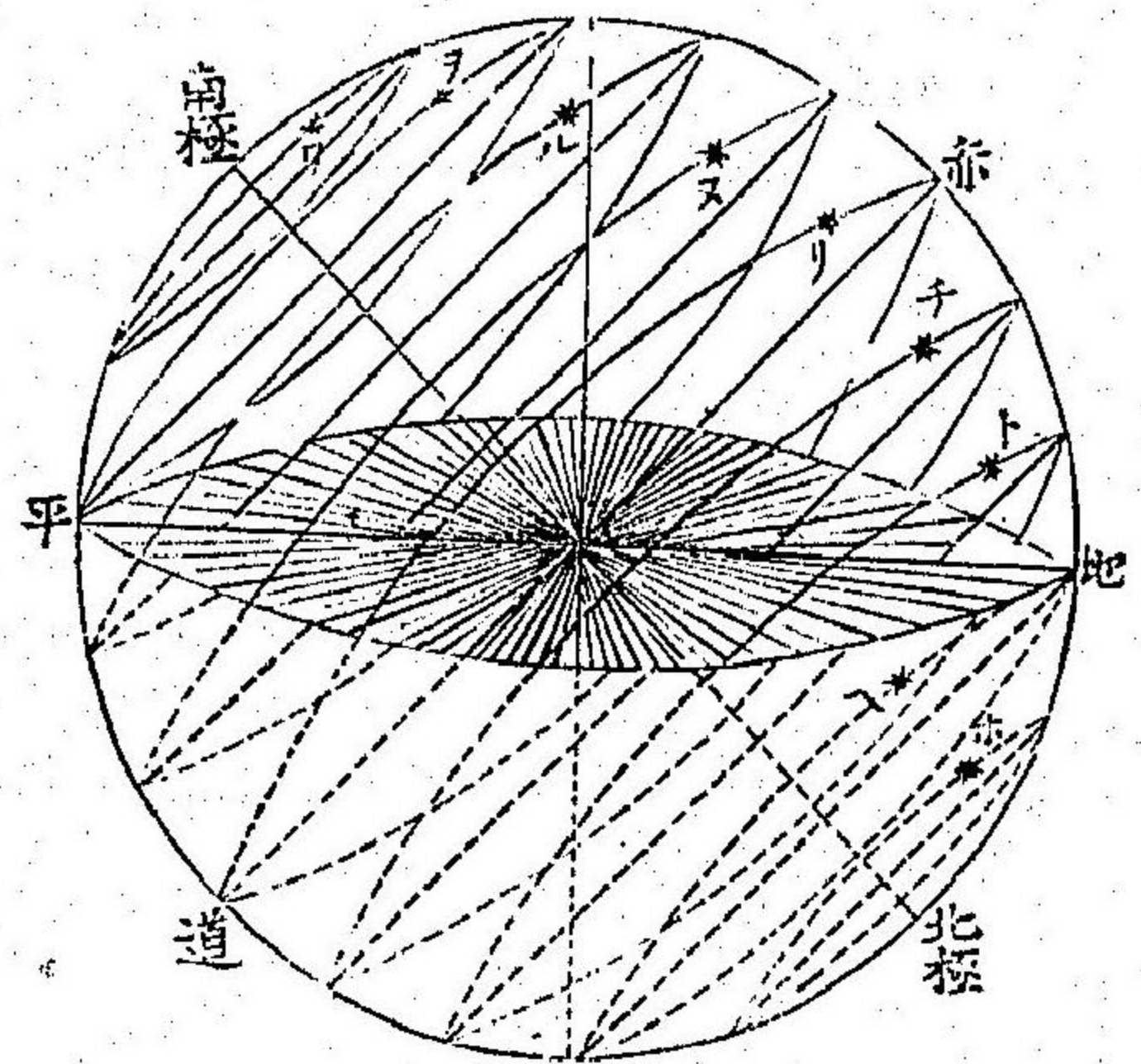
して、此の面により、皆二等半に分たれ、又其の形は、星が極に近ければ近き程、夫だけ小さくなるのである、天の赤道以北の星の出沒點は、皆北の朝夕距離を有し、天の赤道以南の星の出沒點は、皆南の朝夕距離を有するのである、又天の赤道上にある星の行路は、天球面上最大の圓を畫いて、必ず觀察者の天頂を通過するのである、して星の進行は觀察者が、北を背にして立つときは、左より右に向かひ、南を背にして立つときは、右

其の斜の度は、觀察點が、極に近づけば近づく程、大きくなつて、行路は、益地平に寐て來

圖二十四第



圖三十四第



るのである、又此の行路の多くは、一部分を地平の上に有し、一部分を、地平の下に有する(第四十二圖及び第四十三圖)故に、斯かる行路を有する星を出沒星 *Rising and setting stars* と云ふのである、第四十二圖、ト、チ、リ、ヌ、ル、第四十三圖、ト、チ、リ、ヌ、ル、さて出沒星の行路は地平に二分せらるるのであるが、極附近の星のものは、全部地平の上に在るか、第

四十二圖ホへ、第四十三圖ヲ、又は全部其の下に在る(第四十二圖ヲ、第四十三圖ホへ)のである。斯る行路を有する星を周極星(Circumpolar stars)と云ふのである。

出沒星の行路で、天の赤道と一致するもの(第四十二圖リ、及び第四十三圖リ)は、地平に二等半に分かたれて、其の出沒點は、正東正西の兩點である。他の出沒星の行路は、地平により、不等半に二分せられて赤道以北の星は、北の朝距離と、北の夕距離を以て出沒し、赤道以南の星は、南の朝距離と、南の夕距離とを以て出沒するのである。して其の兩距離の大小は、星の位置の赤道よりの距離の大小によるのである。

星の出沒を観察するときは、通例極を背にして立つものであるか、若し此の位置を取るならば、星の進行は、北半球にては、左より右に、南半球にては、右より左に向かふものである。又星が地平上最高の位置に到るのは、観察者の子午線を通過する時で、此の線は、星の地平上の行路を東西の兩部に二等分するものである。

周極星は、其行路の全部が、地平の上又は下に在るから、上に在るものは、決して没しないて、其の全行路が、子午線にて東西の兩部に二等分せらるるのであるに反して、下に在る周極星の行路は、観察者の眼には、少しも見えないのである。

地平上に在る周極星の、最高、最低の位置にて、極の高さ(地平上の位置)を知ること、出

来れば、又観察者の子午線の位置をも知ることか出来る。乃ち極は、星の地平上の、最高、最低、兩位置の中央に在るもので、子午線は、星の最東最西の位置の中央に在るもので、地平面に垂直に立ち、且天頂を通過するものである。

圖 四 十 四 第

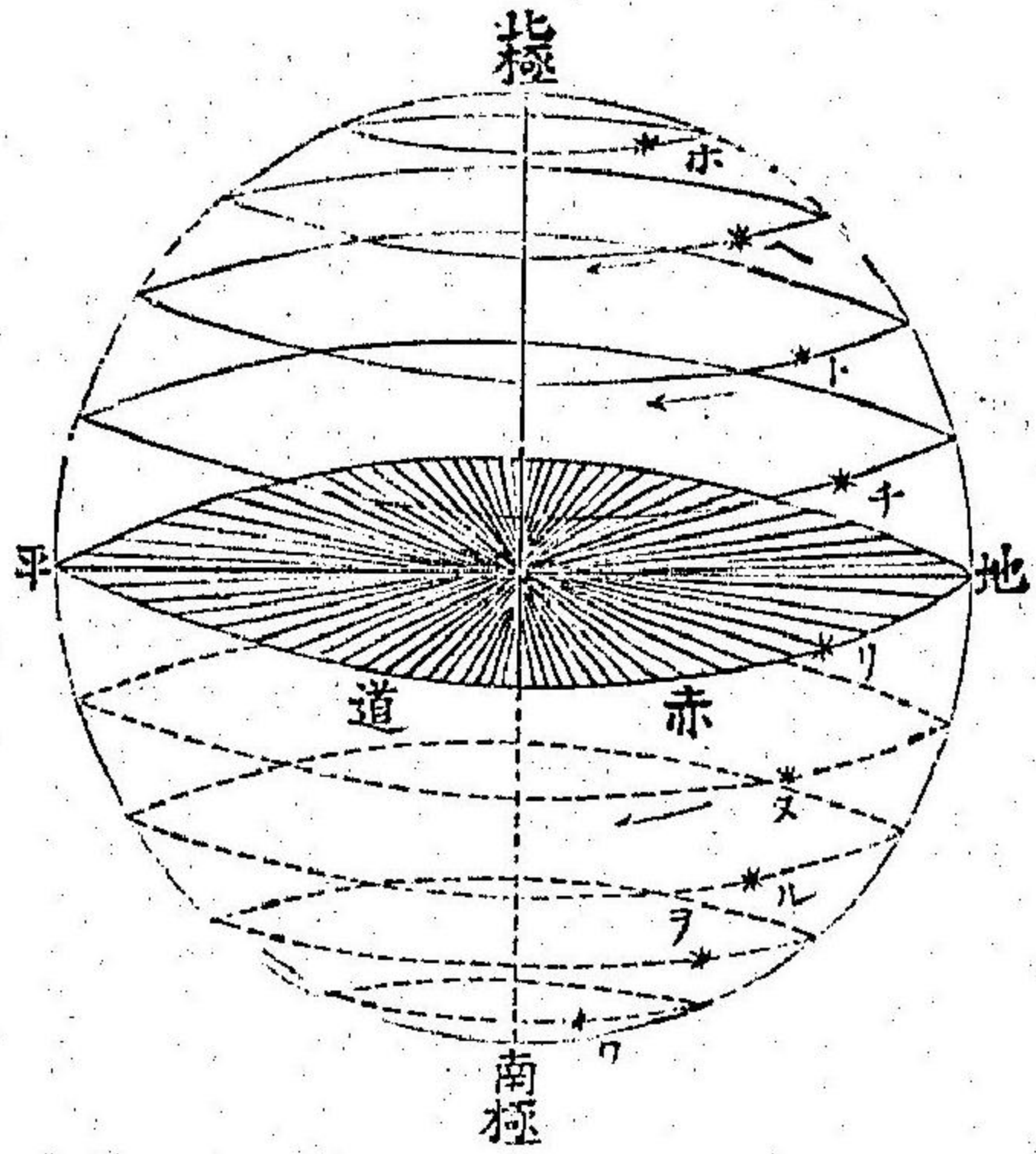
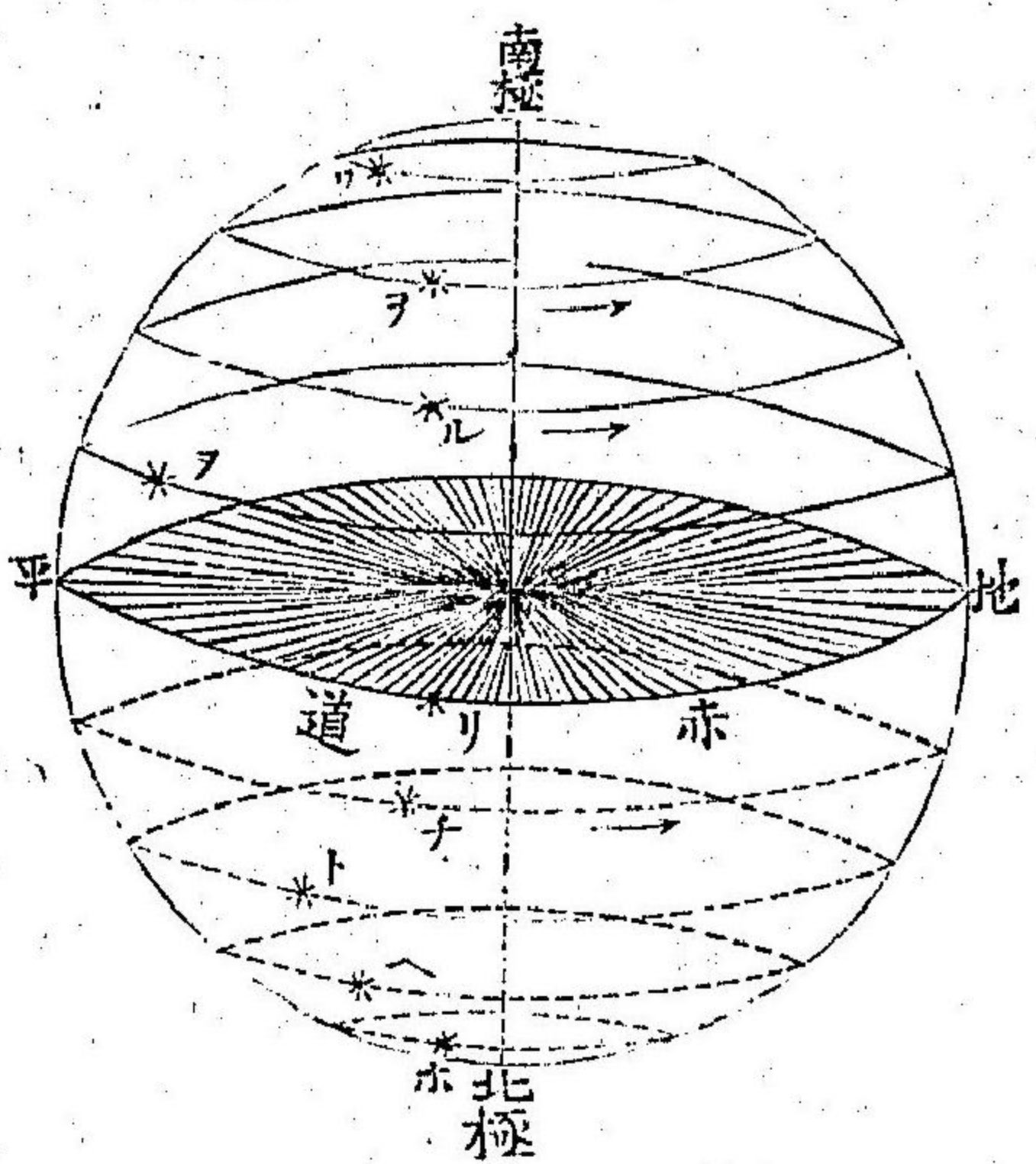


圖 五 十 四 第



出沒星の出沒點は北と南との、二點を見出すに用ふることが出来る。即ち地平線中、此等の星の出沒點の中央は、北又は南に方るのである。南北の兩點の間に天頂を通して

畫かれたる半圓は觀察點の子午線である、兩極に於ては、出沒星の出沒點を以て、子午線の位置を見出すことは到底出來ない、其の譯は、極から見れば、星は皆悉く周極星で、出沒星は一もないからである。

(三)北極又は南極に立つ觀察者の見る星の行路

兩極中の一に立つ觀察者から見れば、天の赤道は、地平に寐て、之と符合し、天軸は、自家の位置にて、地平面に直立するのである、故に星は、皆地平面に併行する行路を取りて、(第四十四圖及び第四十五圖)北極から見るときは、天の赤道以北の星は、皆見えて、南極から見るときは、天の赤道以南の星は、皆見ゆる、而して此等は皆周極星で、出沒星たるものは、一もないのである、星の進行は、東より西に向かふて、前の圖にては、矢を以て示してある。

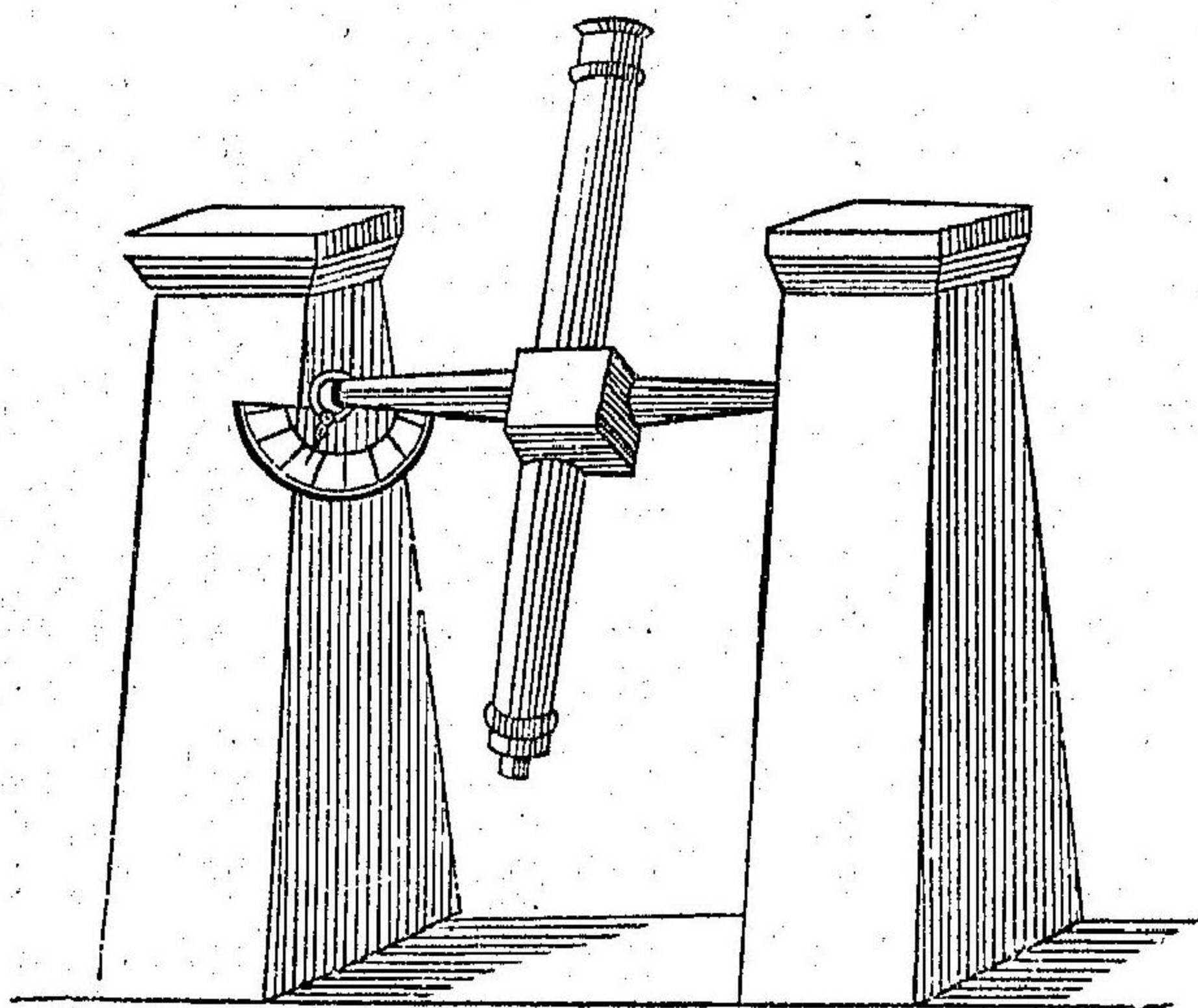
七八、北半球に住む者の注意すべき事項

以上述べたる所の要點を繰り返して見れば、吾々の如く、北半球の中邊に住む者の、地球の自轉より來る現象中、特に注意すべきは、左の事項である、即ち第一に恒星は、二種に別かるることである、一は地平の上にある周極星で、其の行路の、全部が見ゆるもの、

第二は出沒星で、其の赤道上に在るものの行路は、一正半は、地平上に在て、一正半は、其の下に在り、又赤道以北に在るものは、其の行路の地平上に在る部分は、其の下に在る部分より大きく、赤道以南に在るものは、其の行路の地平上に在る部分は、其の下に在る部分より小さいことである、第三は第三種の星は、地平の上に来らざる周極星であることである。

尙他に注意すべきは、赤道上の星は、正東點に出て、正西點に入り、北方の星は、其の朝夕距離が、北に在りて、其の幅は、星の位置が赤道を遠ければ遠かる程、愈大きくなること、星の運動の線狀速度は、赤道上のものに於て最も大きく、赤道を去ること遠きものほど小さくなること、星は各其の行路の半分を、左より右に、他の半分を右より左に動くのであること、又赤道及び赤道以南の出沒星に於ては、以上の行路の一半をのみ見るのであるが、北方の出沒星及び殊に其の周極星に於ては、運動方向の左より右に右より左に變化するを明に見ることが出来ること、又周極星の最東及び最西の位置に據りては、觀察點の子午線の見出すべく、又最高最低の位置に據りては、北極の高さを見出すことが出来ること、周極星の圓狀行路のみならず、出沒星の地平上の行路も同じく、子午線にて二に等分せられて居ること等である。

七九、星時計と赤緯、赤經



圖六十四第

今爰に一の時計があつて、其の盤面の周圍は、普通の時計の如く、十二分せられず、二

十四分せられて、時計は、一晝夜を以て、之を一週し、且其の時針は常に春分點 Point of vernal equinox と稱する天の一點(後に至り説明すべし)を指す様に装置せられて居るものを星時計 Sideral clock と云ふのである。此の時計は、普通の時計より、毎日三分五十六秒づゝ進むのであるから、それが積り積りて、一ヶ年の後には、丁度一日となるのである。又普通の時計によれば、平年は三百六十五日より成るも、星時計にて算ふれば、三百六十六日より成るのである。三月二十一日(春分)には、兩時計とも、同一の時に、正午を示すのであるが、其の後に至れば、星時計の方は、毎日三分五十六秒づゝ進んで行くのである。星時計は、其の針の位置によりて、何れの星にても、その星が、子午儀の中央を通過するときは、春分點より、何時何分何秒ほど遅れて之を通過するやを示すのである。此の星の春分點よりの距離を、赤經 Right ascension と稱して、時間を以て表すのが例てはあるが、然し又度分秒にて表すことも出来る。此の場合には、矢張十五度が、一時間に當るのである。

子午儀を以て星を観るときは、星は鏡面の横糸を通る様に子午儀を向けねばならぬ。因て子午儀を何程上又は下に動かしたかを知る必要がある。其れには、天の赤道を利用するのである。天の赤道の、地平上の高さは、九十度と觀察點より見た極の高さとの

差である、例へば東京にては、極北極の高さは三十五度四十分であるから、天の赤道の高さは南の地平の上、六十四度二十分である、星が子午線(子午儀の鏡面)を通る時は、天の赤道上か、又は其れより上か下かでなくてはならぬ、此の星の赤道よりの距離を、赤緯 Declination と稱して、赤道以北の時は、北赤緯と云ひ、以南の時は、南赤緯と云ふのである、赤緯と赤經とは、地球面の各地の緯度と經度とに相當するものである。さて星は、各一定の赤緯と赤經とを有するもので、精しく之を記入した表があるから、それさへ見れば、某星の赤緯と赤經は何々であると云ふことが直に分かる様になつて居る。

八〇、天球面の度線の網

赤緯赤經は、天の赤道と天極とに關係あるもので、天の赤道は、地球の赤道面を天球面まで擴張した時に之を切る所の線であり、又天極は、地軸の延長線が天に衝き當る所であることは既に説いた所である、左れば地球面に、極と赤道とを土臺として、度線の網を張る如くに天球面にも、亦天極と天の赤道とを土臺として、度線の網を張るのである、此の網は、星が回轉すると共に、亦回轉するのである、此の網は、縦横の線より成る

もので、縦線は、天極から、赤道に垂直の位置を有する半圓で、之を赤緯圈 Declination circle と云ひ、其の第一線、即ち零度線は、春分點赤道の一點を通過するものである、又横線は、赤道に併行に、各一度を隔てて、其の南北双方に畫かれたる線で、之を併行圈 Parallel circles と云ふのである、併行圈は、赤道を遠かりて、極に近づけば、近づく程少さくなる、斯くの如く天に網を張つた以上は、星の位置は、皆此の網に依て確定するのである、此の網は、實際は天に固着するものであるが、地球の自轉の爲に又動く様に見ゆるに因て、之を可動度網と云ふのである、赤緯圈は、星が經過するに隨ひ、順次地方子午線の位置を通過するもので、其の第一としてあるのは、前記の如く春分點を通過するものである、春分點が子午線を通過する時は、星時計の針は、正午を示して、それより四星分を過ぐる毎に一度づゝ東に在る赤緯圈が、子午線の位置に来るのである、可動度網の全部は、一星日毎に天軸を廻ぐりて、地球の回轉と反對の方向に一回轉する。

八一、恒星の視運動と太陽、太陰、遊星、彗星等の地球自轉に基く運動

球自轉に基く運動

恒星は、年中常に同一の朝距離を以て出て、同一の夕距離を以て入り、子午線を通ふる

時の地平上の高さも同一で、日々書く地平上の行路の長さも同一で、此の行路は子午線の爲に常に二等半に別たれ、又子午線を通過して、次ぎの日再度子午線に来るまでの時間は、年中同一である。

然るに太陽に在りては、さうでない、即ち其の朝距離夕距離は、日々少しつゝ變化して、地平上の高さも、毎日變化する、夫のみならず、地平上に書く行路も日々變化して、子午線は之を眞の二等半には分たぬ、朝夕距離は三月二十一日より九月廿四日までは、北で、其の後は南である、且此の間絶えず増減するのである、正午に於ける地平上の位置は、北半球より見るときは、十二月二十二日より六月廿二日までは、次第に高くなり、その後は次第に低くなる、又地平上の行路は、十二月二十二日に最も短く、六月二十二日に最も長く、又午後の行路は十二月二十二日より六月二十二日までには、午前の行路より少しつゝ長く、其の後は毎日少づしゝ短いのである、太陽の子午線を通過して、次に之を通過するまでの時間も、同一でなく、又恒星の如く、常に同一の赤緯圏と併行圏にも居ないで、天を十二宮の順序に進行するのみならず、又赤道の北に行くこともあるし、又其の南に行くこともある。

太陰の運動も、太陽に似たものであるが、其の變化は、是より一層大きいのである。

遊星及び彗星は、太陽太陰の運動より一層違つた運動を呈するので、恒星の運動と比べれば非常に違ふのである、太陽太陰の子午線を通過して、更に又此の線に来るまでの時は、二十四星時より凡四分間も長いのであるが、遊星彗星のは時に二十四星時より短いことがあつて、且其の差も四十五分位にも及ぶのである。

以上諸星の恒星と其の運動を同ふせざるは、一は彼等の中には自家の運動を有する事に基くものもあるし、又地球は自轉の外、他に公轉と稱する第二の運動を有する事に基くものもある。

八二、地球の公轉

地球の公轉 Revolution とは地球の太陽を廻りて、再度其の初め發した點に歸り來るところとを云ふもので、地球は此の公轉の際と雖も、自轉は決して之を廢さないものである、地球の太陽を一週し終る時日は、凡三百六十五日四分の一で、此の際地球と太陽との間の距離は、時節により少しつゝ異なるものではあるが、平均すれば凡三千七百八十五萬里になる。

地球が太陽を廻ることは昔し。ピサゴラス Pythagoras サモスのアリスターク Arist

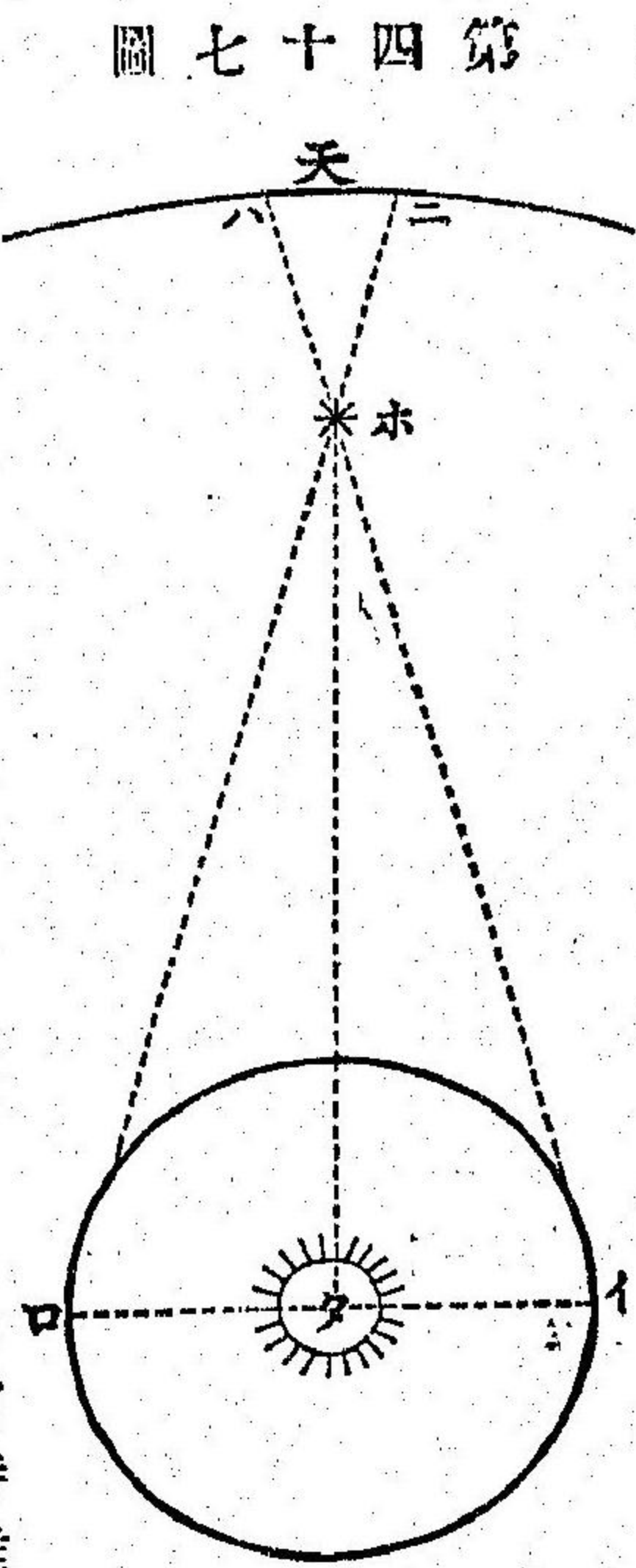
Arch of Stars 其の他の希臘の哲學者兼天文學者の間には知れて居たのである、然し當時國の宗教と多少抵觸する所ある爲に公然之を唱道するまでには行かなかつたのである、中古に至りては、獨逸フラウエンブルク Frauenburg の僧コペルニクス Copernicus は、當時まで世に行はれて居た地靜日動説の、天體の運動を説明するに不充分なるを看破して、遂に日靜地動説を唱へて、其の著書は、同人の死後、即ち千五百四十三年に、初めて世に現はれたが、之が爲、天文學上、眞に一生面が開かれたと云ふのは、當時の天文學者中直に此の新説を取つた者が多かつたからである、只當時はまだ之が證據を擧ぐるまでには行かなかつた然し此の説を取るに於ては、遊星の運動を説明すること、容易に且自然的なることは、皆彼等の認めたる所であつた、只茲にコペルニクス自身も地動説を取りて、尙迷ひの雲の霽れぬことが一つあつた。

八三、コペルニクスの地動説を取りて尙迷つた

こと

若し地球が太陽を週行するものならば、地球は半年の後には、其の軌道中前の位置と大に離れた位置に行かねばならぬ譯である、即ち太陽から觀れば、全く反對の側に行

ばかねならぬのである、之が爲地球が位置を更ふること七千五百七百萬里に及ぶのである、斯くの如く地球の位置が變るにより、一方(第四拾七圖イ)より見たときと他方より見たときとは天に射影せられたる恒星第四十七圖ホの位置は多少違つて

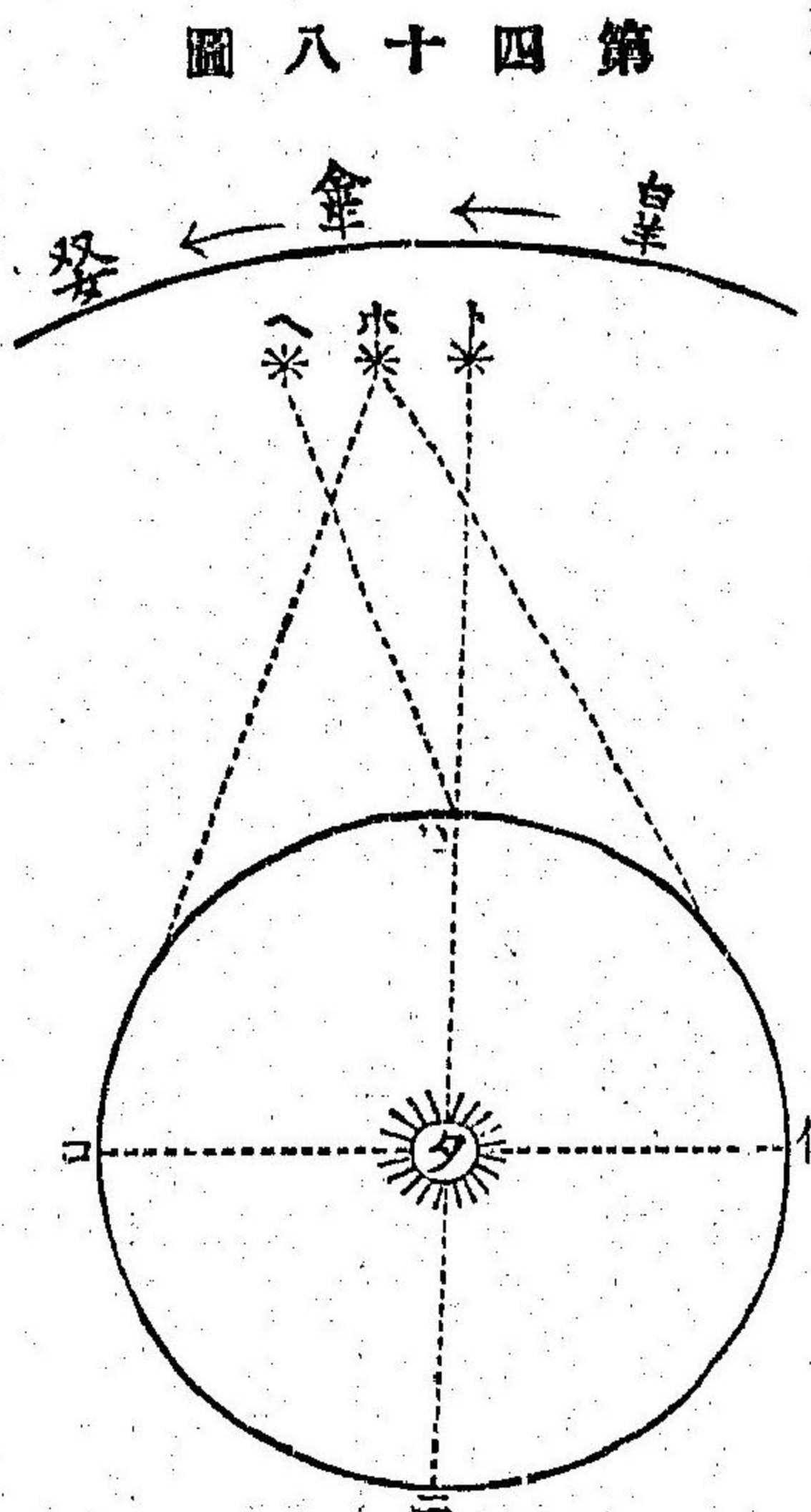


來なければならぬ例へばハとニ等なるに當時誰一人此の位置の變化を認めたるものがなかつたのであるから、コペルニクスも、不思議とは思ひながらも、之を恒星の距離の非常に大なることにて説明せんとしたのである、則ち星が遠方にあるほど、位置の變更は少なくなるから、恒星の距離が餘り遠過ぎて、地球からは到底位置の變更を見ることが出来ないのであると言つたのである。序に言つて置くが、イホロなる角度は、ホなる星の視差角 Parallaxial angle と云ひ、其の半分(イホタ又はロホタ)はホなる星の視差 Parallax と云ふのである、但し此の角度は地球の一年間の軌道によるものであるから、精しく言ふときは之を年視差 Annual parallax と云ふのである。

八四、地動説の證據

コペルニクス及び當時の天文學者が星の變位を見出すことの出来なかつたのは一は其の動き方の甚だ少ないのもよるのであるが、一は當時の望遠鏡が今日のものゝ如く精緻でなかつたことにもよるのである、然るに今日では、器械類も綿密になるし、觀測の方法も進歩して來たので、コペルニクスの地動説が實らしきのみならず、更に進んで之が證據をも擧ぐる事が出来る様になつたのである、其の證據と云ふのは、英の天文學者ブラッドレイ Bradley の發見した、光行差 Aberration of light と稱するものである。

ブラッドレイ(千六百九十二年の誕生にて千七百六十二年に歿す)は、如何にもして前に述べた恒星の變位を認めたいものと、最良の望遠鏡と最良の角度測定器械とを以て、一心不亂に恒星を觀測して居ると成る程恒星の位置に些少の變位あるを見出しはしたものの、其の變位は豫期した視差的變位ではなかつたのである、即ち其の變位は、地球がイ(第四十八圖)からロに行いた時に起るものではなく、重にハとニとの二個所を進行する時に起るものであつて、其の差は、凡二十秒に及び、地球がハを通過する



第四十八圖

ときは、ホにある星は、二十秒だけ十二宮の方向(矢の方向)に變位して「ハ」の點に見え、地球がニの點を通過するときは、星は二十秒だけ十二宮の方向に反對して變位して、トの點に見えたのである、此の現象は年々地球が兩點を通過する時には必ず起るものでブラッドレイは直に之を理會して、之を光行差と名づけ、地球の太陽を週行する一適證たることに氣附いたのである。

八五、ブラッドレイを光行差の發見に導きたる

動機

或る時ブラッドレイは、ロンドン府中を流るるテムス Thames を、小さな舟に乗りて下る際に、橋の頭に附けてあつた驗風器の羽が、舟が岸の方を向いて行くときと、岸から遠かるときとは、其の方向を變ずることに氣附いて、是は一々風の方向の變るからで

天文地學 八五、ブラッドレイを光行差の發見に導きたる動機

あらうかと、舟人に問ふた所、舟人は笑つて、是は風の方向が變る爲ではなく、舟の進行する方向が變るからであると言つたので、ブラッドレイは、成る程、舟の方向の變ることとに氣附かねば、風の方向が變つた様に見ゆるが、天の星から來る光線にも、右の様なことはありはしまいか、即ち吾々が地球の進行に氣附かなければ、光線の方向が變る様に見えはしないかと考へて、これから段々研究して、遂に光行差の發見に及んだのである、當時既に光線の速力は一秒時間に凡七萬五千里なることが知れて居たのである、又地球は一秒時間に凡七里半を進行するのであるから、光線の速力は、地球の速力の凡一萬倍である、此の兩者の關係から光行差は生ずるものであることが分つたのである。

前にも述べた通り、ブラッドレイは、地球の軌道面を天まで擴張した所に在る恒星は、或は前進し、或は後退して、其の動く距離は中央の位置から凡二十秒づゝであることを發見したのである、第四十八圖に於て、星が朝六時に天中した時には、(地球はイに在り)其の位置は中央の位置(ホ)であるが、それより後は、星は次第に十二宮の方向(白羊より金牛を経て雙女に)に進んで、夜半十二時、地球はハに在り)に至りて星の天中する時には、中央の位置より最も離れて、二十秒程、雙女宮の方に偏して見え(ヘ)それより後は、

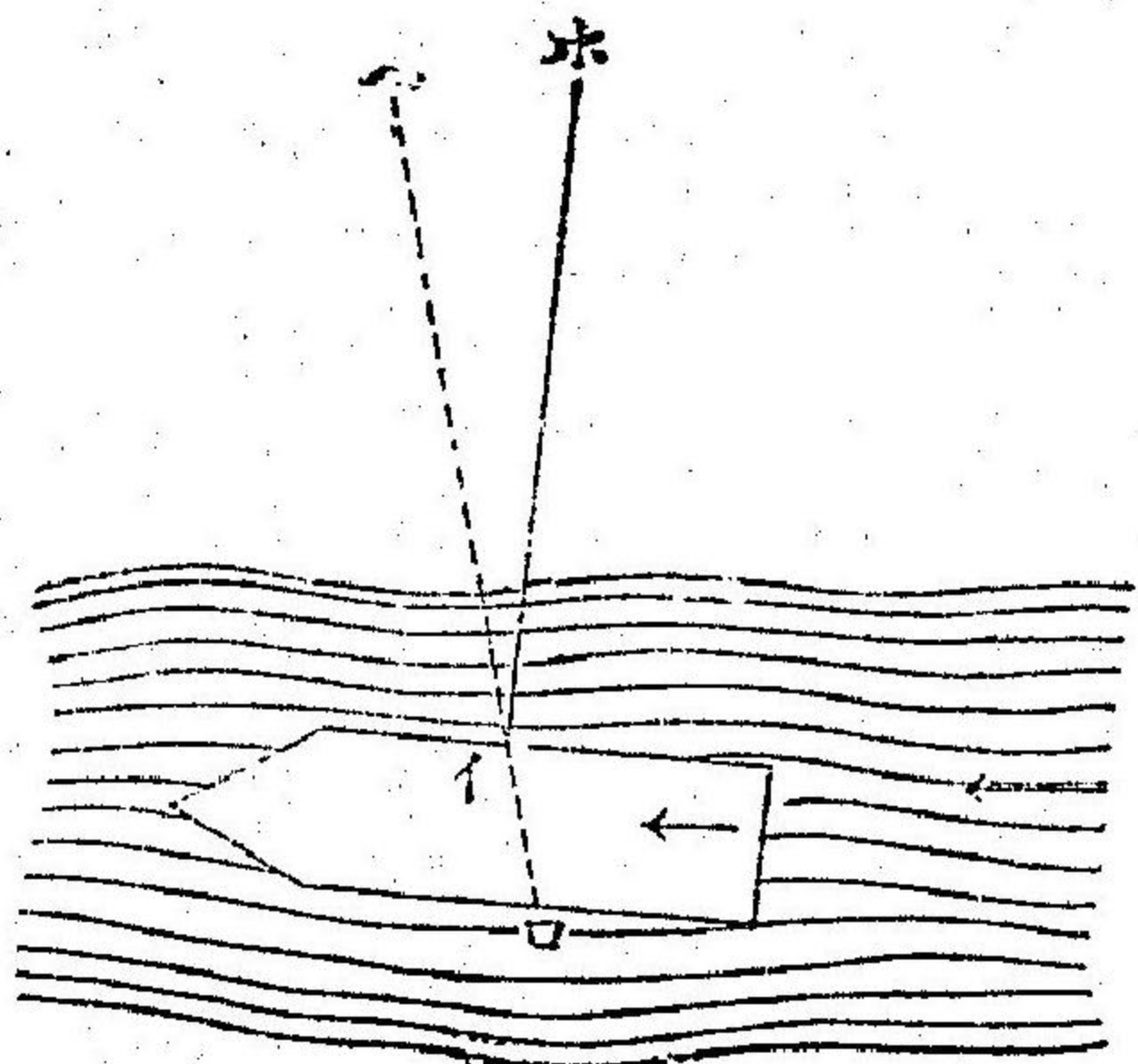
星は次第に逆行して、晚六時に天中する時(地球はロに在り)には、再び中央の位置(ホ)に戻り、それより後は、次第に後退して、正午十二時に其の天中する時(地球はニに在り)には、中央の位置より、二十秒ほど十二宮の方向に反對して、白羊宮の方に偏して見え(ト)、夫より後は、又次第に前進して、朝六時に天中するとき(地球はイに在り)には、再び中央の位置に戻るのである、此の前進後退は、地球が、其の軌道中の位置を變ふるに連れて出現して、年々少しも變ることがない、恒星にて、地球の軌道の擴張面に居ないで、之に垂直の位置(軌道面の直上)に在るものは、單純なる前進後退ではなく、天に、半径二十秒に及ぶ、小圓を畫くのである。

軌道の擴張面と、其の直上との間に在る恒星は、皆天に楕圓を畫いて、其の形は、直上に近い星に於ては、それだけ圓に近く、軌道面の擴張面に近い星に於ては、それだけ圓に遠い(狭長い)のである。
さて此の光行差の理屈を説明するには、先一二の光學上の現象を説明して置かなければならぬ。

八六、光行差を説明すべき光學上の現象

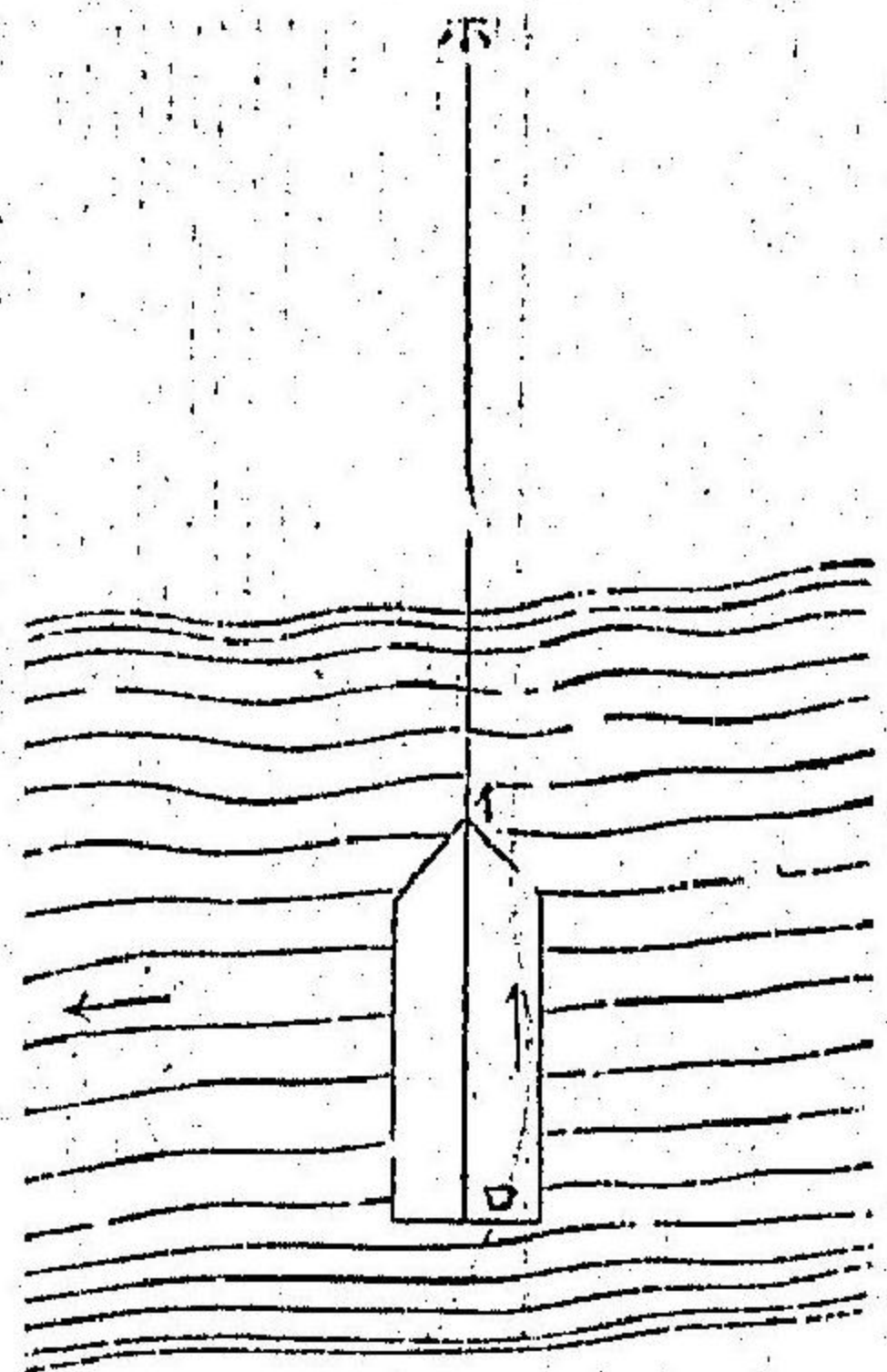
例へば爰に舟ありて、川を其の流れに順ふて下りつゝある時に(第四十九圖)河岸に砲

圖九十四第



つけた線の方向である、への邊から來た様に見ゆるのである、此のホとへの間の距離は舟と彈丸との速力によるもので、舟の幅には無關係である、然るに舟が彈丸の來る方向に、即ち岸に向かつて動きつゝある(第五十圖)場合には、彈丸に打ち抜かれたる二穴を結びつけた線は、丁度砲(ホ)の方を指して、差は全くないのである。以上兩位置の間の位置、即ち舟が岸に向かつて斜に動くときには、差は前記兩場合の

圖十五第



間に在るもので、舟の長軸が流れの方に向ければ向くほど、大きくなり、岸の方に向けば、向くほど、小さくなるのである。又此の差の起る際に、注意すべきは、彈丸は何時でも眞の位置より見れば、前方舟の進み行く方向を云ふから來たように見ゆることである。

八七、前例の星の場合に對する適用

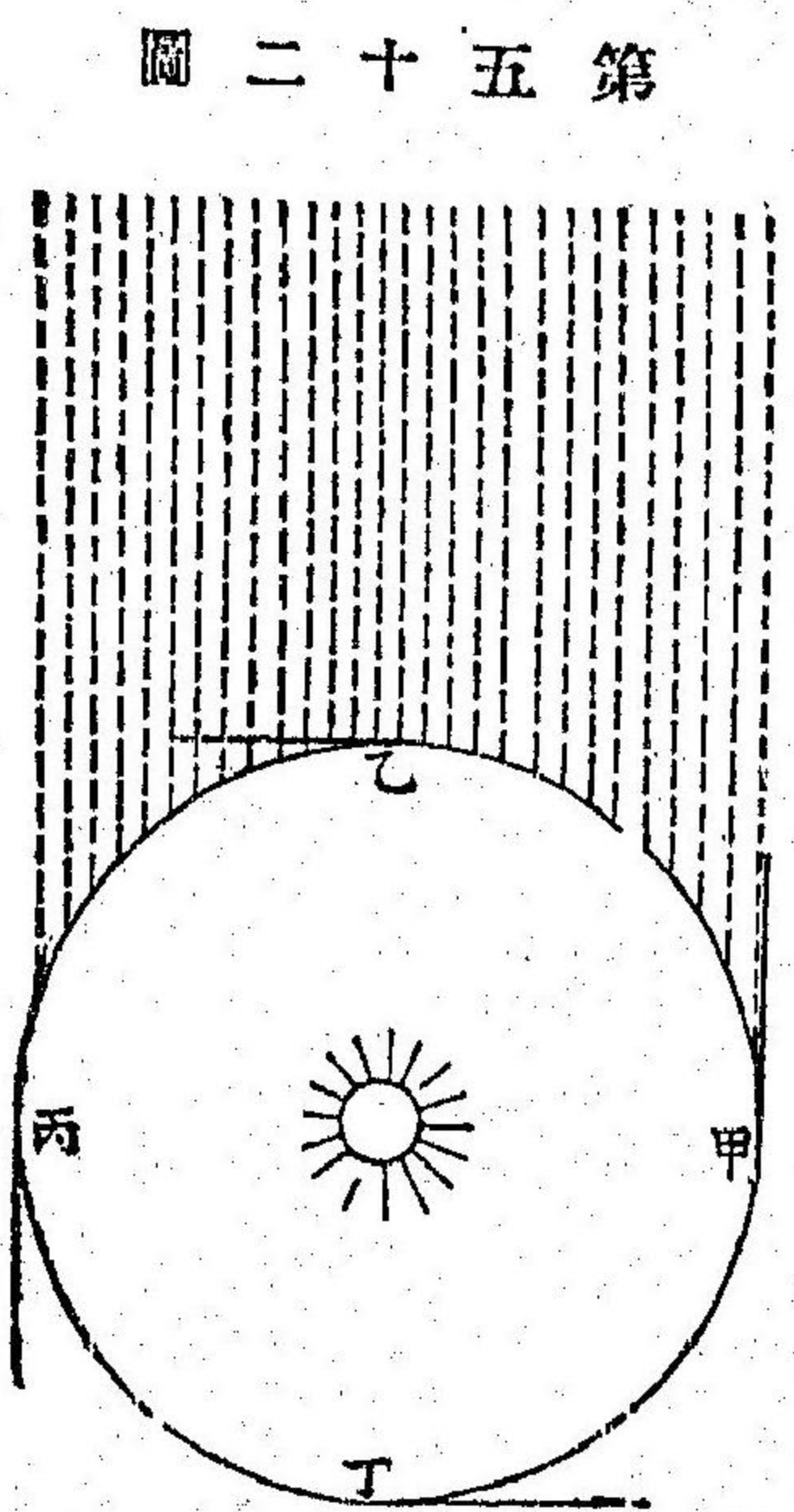
恒星から來る光線は前例の彈丸に當り、地球面に居りて、之と共に其の軌道を進行する観察者は、舟中に在る人に當るので、即ち光線は進行しつゝある所の地球の邊に來れば、彈丸が舟に中つた時と同じ様な外觀上の變向を受くるのである、此の際光線が

圖一十五第



地球に達するまでの距離の大小は、此の變向に少しも影響を及ぼさないうて、變向の大小は偏に光線と地球との速力の割合にあ

るのである、此の割合は、前にも述べた通り、一萬と一（光線の速力は一秒間に七萬五千里で、地球の速力は、一秒間に七里半）となるので、地球の速力を、イロ（第五十一圖）にて表はし、光線の速力をロハ（イロの一萬倍の長さ）にて表はすとすれば、イハロなる角度は、いつでも二十秒となる、是れが即ち地球の進行方向が、恒星の光線の來る方向に、垂直なる時の光線の差角（光行差）である。



第五十二圖

さて地球が、甲（第五十二圖）の位置に在るときは、地球の進行方向は、光線の來る方向線と一致するのであるから、光行差は皆無であらう。星は其の真正の位置に見ゆるのである。だが地球が乙の方に進むに隨つて、其の進行方向は次第に光線の方向と違つて來て、星は其の位置を次第に十二宮の方向に進め、地球が丁度乙點に達した時には、地球の進行方向と、光線の方向と垂直になるから、光行差は最も大である、是れより後は、地球の進行方向は、光線の方向に近づいて來るから、光行差は次第に小となるのである。又地球が丙點に達すれば、其の進行方向と光線の方向とが同一となつて、光行

差が皆無となるのである。地球が丙を過ぎて後は、其の進行する方向は、十二宮の順序の反對となるから、星も外觀上あと戻りをして、十二宮の順序に反對して動くのである。地球が丁點に達すれば、其の方向は、又光線に垂直となつて、光行差は、乙點に於ての如くに、最大となるのである。但し此の場合には、光行差が十二宮に反對して起る爲に、星は乙の場合と反對の方向に變位するのである。地球が丁點を出て、甲點の方に進めば、其の進行方向が光線の方向に近いて來るから、光行差は又次第に小となり、地球が甲點に達するに及んでは、差は皆無となるので、是より後は以上述べたことが又再度繰り返さるのである。

舟の場合に、外觀上彈丸の出たと思ふ位置は、真正の位置より、前方に偏したるが如く、地球が進行するときに來る星の光線は、眞に星の在る位置より、前の方より來た様に見ゆるものである。上記の如き直線に前進後退する如き運動は何れの恒星にても地球の軌道面を擴張した面に在るものなれば、皆之を示すのである。素より軌道の擴張面でない星と雖も、變位を示すに違ひないが、其の變位の模様は地球の進行方向と、光線方向との關係が違つて來る所から、又多少違つて來るのである。

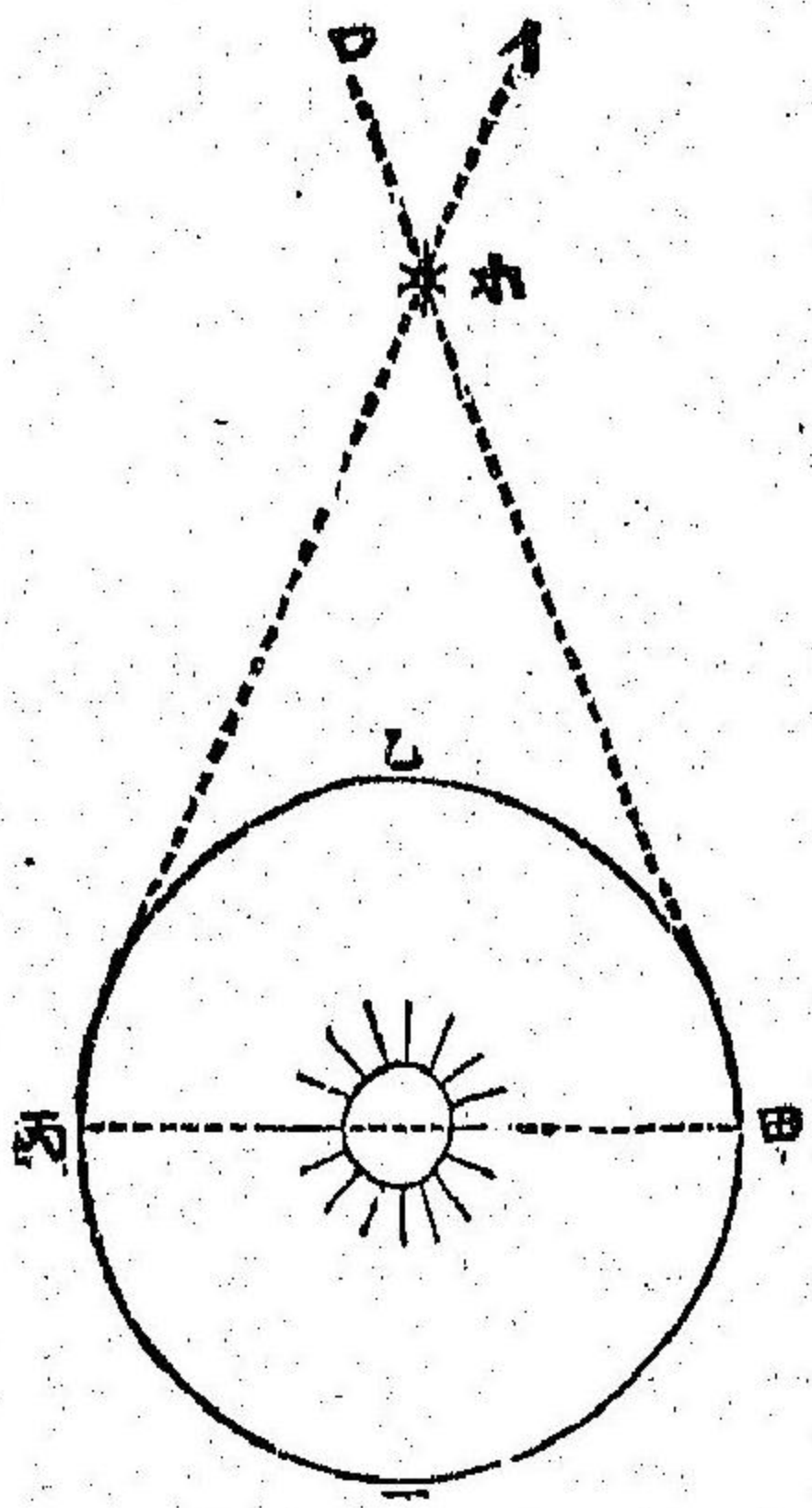
八八、地球の軌道の擴張面以外に在る星の光行差

茲に説明を簡單ならしめんが爲に、地球の軌道の形を正圓なりと假定し、先第一に、恒星は、其の光線を、我が地球の軌道面に垂直に下だす位置に在るとすれば、此の場合には、地球の進行方向は、始終光線の來る方向に垂直であるから、光行差も、始終其の最大極度たる二十秒でなくてはならぬ、随つて星は常に地球の進行する方向に、二十秒つゝ前進して見ゆるが故に、地球が其の圓軌道を一週したる時には、星も天に半徑二十秒の小圓を畫くこととなる而して星の眞の位置は、此の小圓の中心に在るのである。此の星の位置は、即ち地球の軌道の擴張面(黃道 Ecliptic)の極(北極又は南極)に當る個所に在るのである。

軌道の擴張面と、其の極(黃道の極)との間に位置を有つて居る星に在りては、星の光行差の現象は直線と圓との間のものではなくてはならぬので、其の變位の形は橢圓となるのである。而も此の橢圓は黃道面に近き星に於ては、長くなり、黃道の極附近の星に於ては、圓に近い形となるのである。

以上の如き光行差は、年々同じ様に規則正しく繰り返されて起るのであるから、地球

第五十三圖



の公轉の剗切なる一證となるのである。此の光行差が決して初めコペルニクスが考へ付いた様な、星の視差的變位でないことは、ブラッドレイが直に氣付いた所であつたのである。ブラッドレイをして、此に早く氣付かしめたのは、差は地球が、甲と丙第五十三圖との位置に來た時に起るものではなく、乙と丁との位置に達した時に起るものであつたからである。但し次に述ぶる所の年視差の發見も、亦地球の公轉の一好證據に違ひないのである。

八九、視差の實測された恒星

最初コペルニクスは、恒星の視差を發見せんとして、能はず、不思議と思ひながら、恒星の距離が、餘り遠過ぎるからとの説明を以て、自ら心を慰めて死んだが、其の後、之を發見せんと苦心したガリレイ Galilei、チーコブラー Tycho Brahe、リッチョリ Riccioli、フーク Hooke、フラムステッド Flamsteed、ブラッドレイ Bradley、ピヤツィ Piazzani 及び其の他の天

文學者も皆失敗したのであるが、終に恒星に視差あることの発見の端緒を開いたのは、獨逸ケーニヒスベルヒ Königsberg の天文學者ベッセル Bessel であつた。ベッセルが視差を発見したのは千八百三十六年で、其の恒星は、白鳥宮 *Oryzus* の第六十一星であつて、其の變位は、極めて小さく、僅に〇・四秒(一秒のさつと三分の一)であつた。然し此の視差角が発見せられた爲に、此の恒星の地球からの距離は、太陽地球間の距離の、五十一萬六千倍(凡十九萬億里)であると云ふことが分つた。斯く距離が分つて見れば、又外に面白いことが分つて來るもので、此の星から、光線が地球に達するには、凡八個年も掛ると云ふことが分つたのである。

此の発見後、他の天文學者も、他の恒星の視差を発見したが、何れも皆甚だ小なるものである。左に掲ぐるは即ち此の視差である。

- セントーラス Centaurus 宮の主星 〇・七五
- リラ *Lyra* 宮の主星 (織女 *Vega*) 〇・一六
- カッシオペヤ *Cassiopeia* 宮のイータ星(王良二) 〇・一五
- オフィオカス *Ophiuchus* 宮のビー星 〇・一五
- ラーランド氏恒星目錄中の第二一一八五號星 〇・五〇

- 大犬 *Canis Major* 宮の主星(天狼 *Sirius*) 〇・三九
- ヘルクリース *Hercules* 宮のイータ星 〇・四〇

以上の外向其の他にもあるが、それ等の視差は、以上のものより、一層小である。

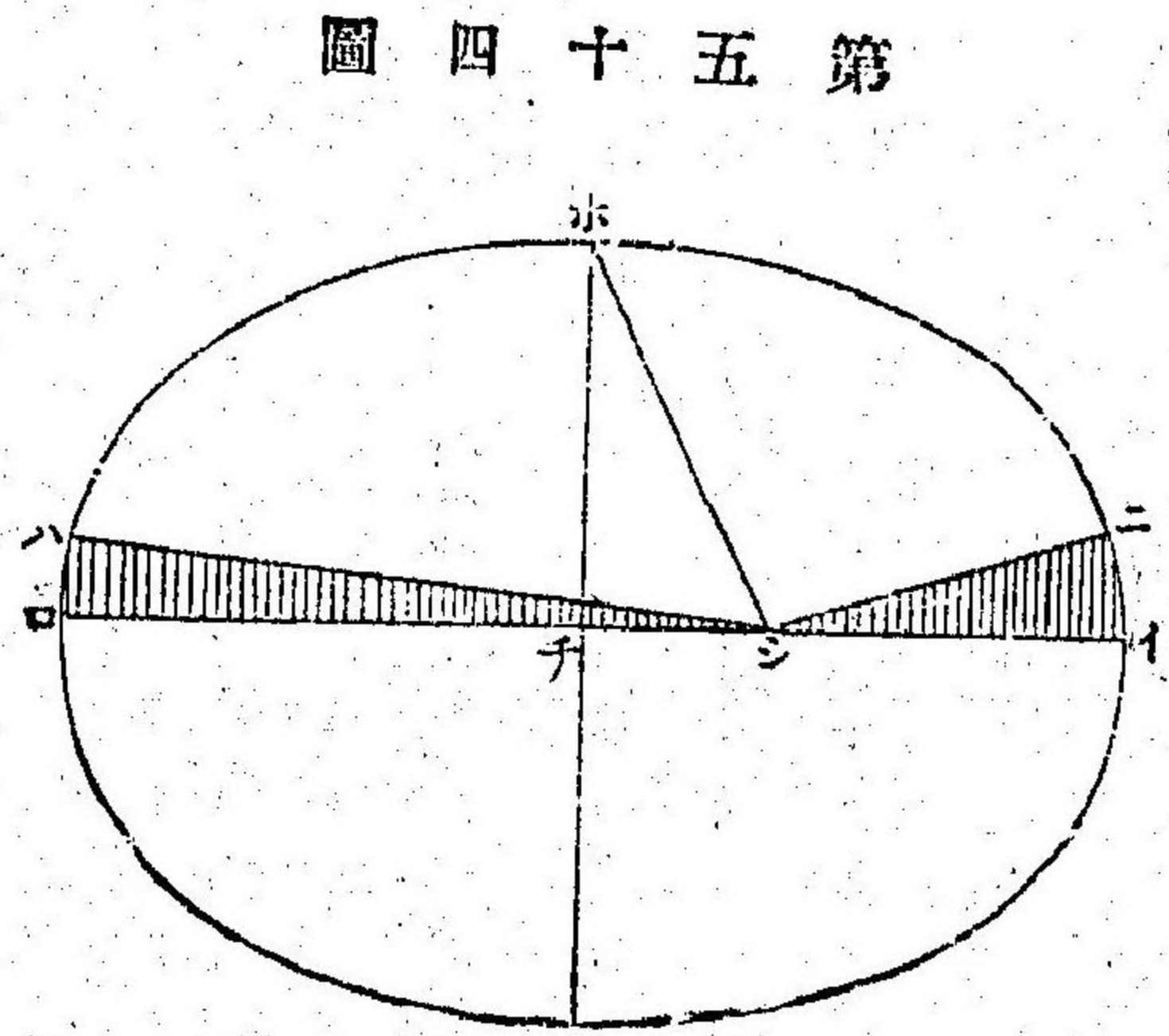
九〇、地球の軌道の形

以上の場合には、地球の軌道は、圓であると假定したのであるが、其の實、橢圓 *Ellipse* である。但し橢圓でも、餘程圓に近い橢圓である。此の橢圓の長軸と短軸との長さの差を、里數にて表はせば、随分大なるものであるが、此の橢圓を普通の書物の一頁中に這入る様に書いて見れば、圓と區別することが餘程六ヶ敷位に、之に似て居るのである。何故なれば、橢圓の中心と、燒點との間の距離は、長半徑の凡六十分の一しかないのであるからである。通例書物の中に載せてある形は、特に橢圓と見ゆる様に横に引き伸ばしたものである。

九一、地球の軌道内の諸點間の距離

太陽の占むる位置は、橢圓の燒點 *Foci* の一第五十四圖シテ、此の點と中心(チ)とを通

過する直線(イロ)は、楕圓の長徑 Major axis と稱して、其の長さは、七千五百七十二萬二千八百里である、又短徑 Minor axis (ホハ)の長さは、七千五百七十一萬二千二百里で、偏心 Excentricity (チシ)は長半徑(イナ)の凡六十分の一、即六十三萬一千里である、地球の太陽よりの距離は地球が近日點 Perihelion (イ)に在るときは、三千七百二十二萬六千五百里で、遠日點 Aphelion (ロ)に在るときは、三千八百四十九萬六千三百里である、又地球と太陽との間の平均距離と云ふのは、最大最小の二距離を平均したものではなく、地球の軌道なる楕圓と其の面積を同ふする圓の半徑で、其の長さは、三千七百八十五萬七千六百里である。



太陽の位置(シ)より楕圓の周圍まで畫かれたる直線(イ、シ、ニ、シホ、シハ、シロ、等)は、動徑 Radius vector と稱して、地球の、其の軌道のイ、ニ、ホ、ハ、ロ等に在るときは、太陽よりの距離を示すもので地球が、イからホを経て、ロに進行する時には、次第に大となり、ロより、ハを経て、イに進行する時には、次第に小となるものである、又地球の軌道

圖 四 十 五 第

面と同一の面積を有する圓の周圍は、二億三千七百八十八萬五千五百里である、それで地球は一秒時間に、平均凡七里半の速力を以て、太陽を廻りつゝあるものである、若し之を弧にて表はせば、一晝夜の速力が、平均五十九分八秒三となりて、近日點にての最大速力は、六十一分十秒一、遠日點にての最小速力は、五十七分十一秒七である。

九二、地球の公轉速力の變化

ケプレル Kepler の第二の法則と云ふものによれば、動徑は、同時間に、同面積を畫くと云ふことがある、それで自然地球の速力は、近日點にては、遠日點にてより稍大ならざる可らざる理である、乃ちケプレルの法則に據れば、例へば第五十四圖に於て、地球がイからニまで進行する時日と、ハからロまで進行する時日と同一なれば、イニシなる三角形と、ハロシなる三角形とは、同面積を有つて居ることになる、然しイシの、シロより短いことは明かである故に、イニは、ハロより長いに違ひない、何故なればイニハロとは、以上の三角形の底線に當り、イシとシロとは、其高さに當りて、三角形の面積は、底線と高さと、相乗じた積の半分であるからである、實際地球が、近日點を通過する時の、一日間の速力は、一度一分十秒一で、遠日點を通過する時の速力は、五十七分十一

秒七である。又平均速力は、五十九分八秒三で、之を里數に改算すれば凡六十五萬一千三百里となるのである。之を地球自轉の際に、赤道の一點が一日間に通過する凡一萬二百里の距離と比ぶると、實に六十四倍である。即ち公轉は、自轉より六十四倍早いのである。故に地球の進行を、板の上を轉がる球に比ぶる者があるが、是は大なる誤りである。球が板の上を轉がる時は、成程自轉しつゝ進行するに違ひないが、此の場合には、自轉の速力と進行の速力は同一である。然るに地球の場合には、兩速力が大に異なる故に、地球は徐に自轉しつゝ至大急速力を以て飛行する球と見做さなければならぬ。地球の軌道の長さは、凡二億三千八百七萬五千里であつて、地球は之を一個年を以て飛行するのであるが、赤道の一點が、一年間(三百六十五日六時と見て通過する距離は、僅に三百七十二萬七千里ばかりである。

九三、一個年の長さ

一個年とは、地球が、其の軌道の一點を出て、再び此の點に歸るまでの時日を云ふものであるが、此の點の取り方に、三通りあるので、年にも亦三種あるのである。先第一の點は、恒星である。地球が同じ恒星に對して、同じ位置に歸るまでの時を、恒星年 Sidereal

Year と稱へて、其の長さは、三百六十五日、六時、九分十秒七五であつて、是は一定不變のものである。

第二の點は、前にも述べた春分點 Vernal equinox である。此の點は、年々五十秒づゝ、十二宮の順序に相反して動くものであるから、地球の公轉方向とも反對で、つまり五十秒づゝ、地球の方に向いて動くのである。そして、此の點を基點とした一個年は、恒星年より、稍短く、三百六十五日、五時、四十八分、四十五秒四である。之を回歸年 Tropical Year と云ふのである。此の回歸年は、年々同じ長さのものではなく、今は一百年間に〇・五四秒づゝ、減じつゝあるものである。

第三の點は、近日點で、此の點は、十二宮の方向に、年々十一秒づゝ動きつゝあるものであるから、地球が、真に一週して歸つて見れば、もと出た點は、少し向ふの方に動いて居る。それで之に達するには、地球は更に少しばかり進行せねばならぬ。之が爲に、此の點を基點とする一年は、恒星年より少し長く、三百六十五日、六時、十四分、二十三秒である。之を異常年 Anomalistic year と稱するのである。

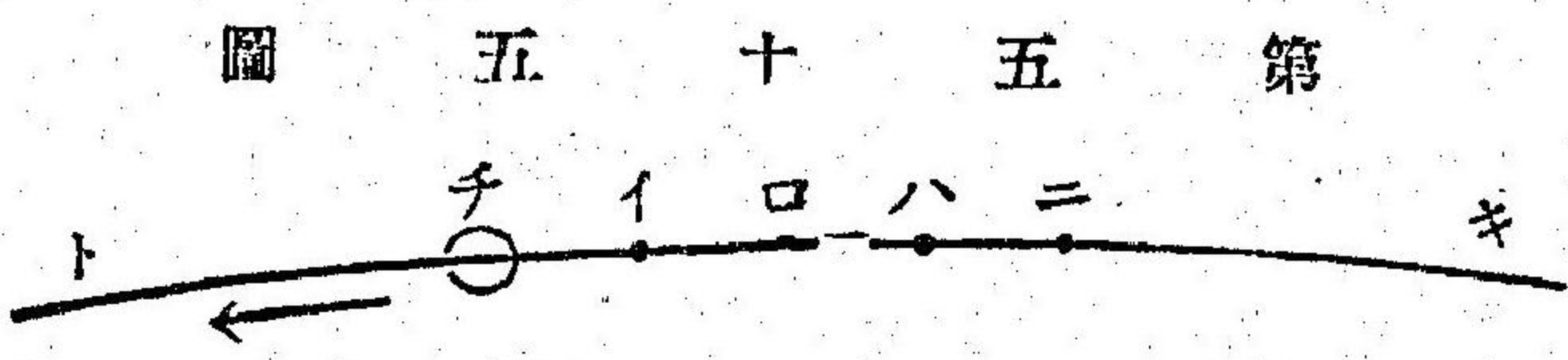
九四、日常用の一個年

以上三種の年の中、今日吾々が日常一個年と稱へて居るものは何れなりやと云ふにこれは回歸年である、今日吾々の用ひて居る曆は、太陽曆 Solarcalendar と稱して、回歸年を土臺として拵へた曆である、何故之を太陽曆と云ふかと云ふに、回歸年は、地球が太陽に對して同一の位置に復歸する時日であるからである、然るに今の曆の一月一日が、地球が春分點に在る時でないのは、古い歴史の在ること、曾てシーザルの時代に、羅馬の天文學者ソシゼニース Sosigenes が、月の或る位置を參酌して、地球が其の軌道の春分點以外の個處に在る時を、一月一日とした爲めである、此の個處は、今は近日點に極く近かい處になつて居るが、然しこれは偶然の一致で、今後兩點は次第に相遠かつて來るものである。

九五、曆にて一日の端數を平均する法

回歸年の長さは、三百六十五日、五時四十八分、四十五秒であるが、吾々が日常用ふる年に、五時何分と云ふ端數があつては、不便此の上もない次第であるから、一日以下の端數は、用ひないのである、然し三百六十五日では、短過ぎるし、三百六十六日では、長過ぎるのであるから、これを都合よく平均する法を考へなければならぬ、今第五十五圖に

於て、キトを以て、地球の軌道の一部を示すとすれば、地球がチ點を出て、矢の方向に進行し、三百六十五日を経れば例へば、イ點まで來るとし、夫から又三百六十五日を経れば、ハ點まで來るとし、夫から又々三百六十五日を経れば、ニ點まで來るとすれば、四年の後には、チからニまでの距離だけ、最初出た點から離ることになる、此の距離は、地球が凡一日かゝれば行くとの出來るのであるから、四年目の年を閏年 Leap Year として、之を三百六十六日とすれば、地球は最初出たチ點に居ることが出来る譯である、それで曆では、平年を三百六十五日とし、閏年を三百六十六日として、之を四年目に置くことになつて、居る、然し前にも述べた通り、回歸年は、恒星年や異常年の如く、矢張り一日の端數があつて、此の端數は、丁度六時間（一日の四分の一）ではなく、これより少し短い爲に、四年目に、一日を加ふれば、地球はチ點より前の方に少しばかり行き過ぎるのである、此の差は、勿論極めて僅ではあるが、四百年間には積りて約三日となるのである、それを、四百年の間に、閏年とすべき年を、三回平年とすれば、此の差を除くことが出来る譯である、これは、太陽曆の曆法で



は、左の如くに定めてある、即ち耶蘇紀元年數の四で割り切るる年を閏年とし、零の二個付く年(例へば一八〇〇年一九〇〇年二〇〇〇年等の如し)は四百で割り切るる年のみを閏年として、他は平年とすることになつて居る、零の二個つく年は、皆四で割り切るる年であるから、當り前なれば、閏年でなくてはならぬが、以上の如くすれば、四百年間に、三日を減することになつて、彼の行き過ぎより生ずる差を控除することが出来るのである、因つて此の法によると、左の如くなる。

一七〇〇年	平年	一八〇〇年	平年
一九〇〇年	平年	二〇〇〇年	閏年
二一〇〇年	平年	二二〇〇年	平年
二三〇〇年	平年	二四〇〇年	閏年

右の中、二〇〇〇年と、二四〇〇年とは、四百で割り切るるにより、閏年とし、他は四で割り切るるに拘らず、平年とするのである、日本で閏年に關する、勅令は左の通りである。神武天皇即位紀元年數の、四を以て整除し得べき年を閏年とす、但し紀元年數より六百六十を減じ、百を以て整除し得べきもの、中、更に四を以て其の商を整除し得ざる年は、平年とす。

此の勅令中には、神武紀元年數を取つては、あるが、是より六百六十を減じとあるは、取りも直さず、西洋の紀元年數に直すので、彼我の紀元年數には、丁度六百六十年の差があるからである、其の他の部分は、言葉が少し違ふ様であるが、理屈は前に説いた方法に少しも違ひないのである。

さて四百年間に、三日を減する法も、極々精密と云ふては、ないが、是より生ずる差は、洵に少なく、餘程未來に行かなければ、更正する程の大きさに達せぬから、當分は今の方法にて充分事が足るのである。

九六、地球が太陽を週ぐる理由

地球が太陽を週ぐりて、其の軌道を廻はるのは、太陽の引力と、地球の飛行力との合併作用の結果である、太陽は萬有重力の法則に據り、地球を自家の方に引き寄せんとし、地球は自家の飛行力を以て、直線に飛で、太陽より遠からんとするのである、地球が如何にして直線的飛行力を得たかは、未詳であるが、兩天體の各自の力の割合が、地球を以て、丁度今日の軌道の如き形の楕圓の路を取らしむる様になつたのである、ケプレルの第一及び第二の法則は、左の如くである。

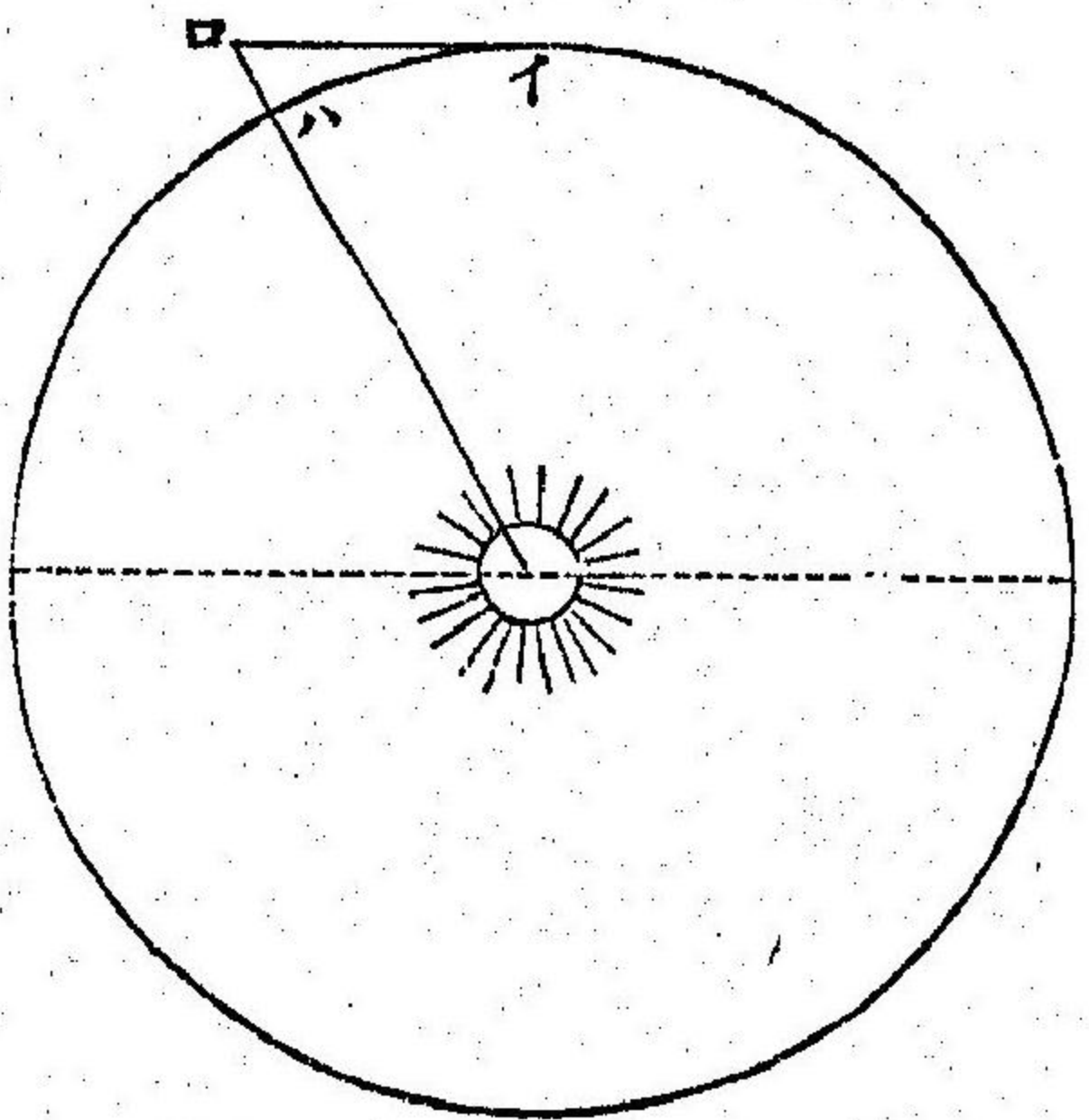
(一)遊星の軌道は楕圓なり。

(二)動徑が、同時間に畫く面積は、互に相同じ。

第一の法則に據て、地球は太陽を週行して、必ず其の初め出發した軌道の一點に戻らなければならぬ、又第二の法則に據て、地球は絶えず不同の速力を以て、其の軌道を進行せねばならぬ、地球の太陽よりの距離と地球の公轉速力はこの間には常に一定の關係があつて、地球は太陽を去て、遠く宇宙間に飛び去ることも出來ねば、又太陽に近づいて之と衝突することも出來ない様になつて居る。

地球は、其の軌道を進行する際、階勢の法則に據り、其の何れの點に於ても、切線 Tangent の方向に、一直線に飛び去らんとする傾きを以て居るものである、然し太陽は間斷なくこれに引力を働き掛けて居るから、地球は切線の方に進行することが出來ずして、少しづつ、太陽の方に引き付けらるのである、地球が近日點を通過する時は、其の進行速力が大であるから、其の飛行力も大であるが、然し此の點では、太陽の引力も、亦それだけ大である、遠日點にては、地球の速力も、少ない代りに、飛行力も、それだけ小である、又太陽から遠い爲に、其の引力も小である、斯くの如く、此等の諸力の間には、常に一定の比例があるによつて、地球は閉鎖して居る軌道を廻りて、少しも之を離れない

第五十六圖



のである、太陽の引力は、地球を、一秒間に、平均三三二一耗(一分〇五毛六)引き付けるのであるから、一日には、二百七十七米(九百十四尺)引き付ける譯になる、此の太陽の引力にて、地球が、太陽の方に引き寄せらるるの距離を、太陽に向ての墜落と云ふて、第五十六圖に於ては、地球が其の本來の飛行力にて、イからロに行くべき所をハに行けば、地球はロハなる距離だけ、太陽の方に落ちたと云ふのである、地球の一秒時間の墜落は、前記の如く、三三二耗であるが、水星の同時時間の墜落は二十一耗四で、木星のは僅に〇・一三耗である、此等は軌道を皆圓と見ての勘定である、是と同じく、地球の軌道を、天まで擴張すると考へるときは、又之を圓と看做すのである。

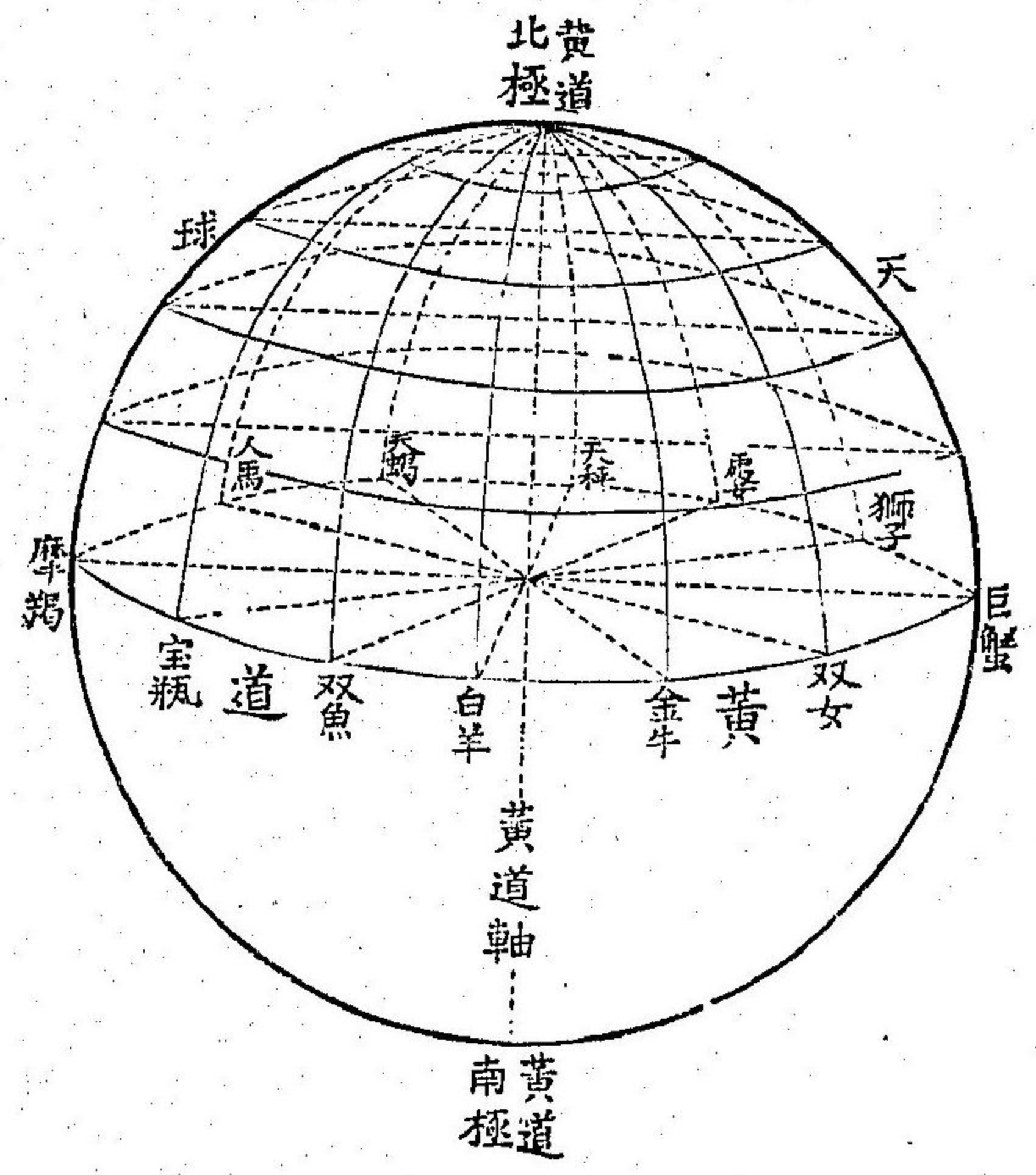
九七、地球の軌道を天まで擴張する理由

地球の軌道を天まで伸ばすときは、之に方つて十二の星座 Constellation がある、之を動

物圈の星座 Zodiacs と稱して、白羊宮 Aries、金牛宮 Taurus、双女宮 Gemini、巨蟹宮 Cancer、獅子宮 Leo、處女宮 Virgo、天秤宮 Libra、天蠍宮 Scorpio、人馬宮 Sagittarius、摩羯宮 Capricornus、寶瓶宮 Aquarius、双鱼宮 Pisces 等のものである。此等の十二星座の中を通過して居る圓を黄道 Ecliptic と云ふのである。故に黄道は、地球の軌道の天球面に射影せられたるものに外ならぬのである。黄道は總て他の圓の如く、三百六十度に等分せられ、各度は六十分、各分は六十秒に等分せらるゝのである。

黄道の中心には、太陽が座を占むると假定せられて此の太陽より、天を觀察する場合には之を日心的 Helio-centric 觀察と云ふのである。

黄道面に垂直に、太陽の位置を通じて、圖上方(北の方)にも、亦下方(南の方)にも、一直線を書くとときは、此の線は相對峙せ



る二個點に於て、天球面に衝突するのである。此の線を黄道軸 Axis of the ecliptic と稱し、其の北端を黄道の北極 North pole of the ecliptic、其の南端を黄道の南極 South pole of the ecliptic と云ふのである(第五十七圖を看よ)。

黄道の兩極より、天球面に沿ふて黄道に、垂直に、數多の四象限圓の四分の一で、第五十七圖には北極より下せるもののみを示す(を)下せば、其の中には、其の脚點を、白羊と記せる個處に置くものがある。此の點は、前にも記した春分點で、これから黄道圈中、十二宮星座の方向に、度、分、秒にて表したる距離を、黄經 Astronomical Longitude と云ふのである。是に黄の字を附するのは、之を赤經及び地經地學上の經即ち地球面の經から區別する爲である。又黄道に併行せしめて、天球面に書かれたる諸圓は、黄道より南北に向かふ距離を示すもので、之を黄緯 Astronomical Latitude と云ひ、黄道を去つて、其の兩極に近づくに隨ひ、小となるのである。是に黄の字を附するのも、前と同理由によるもので、又赤經及び地經の如く、北黄緯と南黄緯との別があつて、之を言ひ表すには、又度、分、秒を以てするのである。

黄經と黄緯とは、黄道の座標 Coordinates of the ecliptic と稱して、亦天に一種の網を形るものである。此の網に依て、何れの星でも、其の位置を擧ぐる事が出来るのである。例