

541  
53

6 7 8 9 50 1 2 3 4 5 6 7 8 9 6

始



26.7.5

55958



理學士 清水半吾著

天文概說

東京 目黒書店發兌

大正  
14. 5. 14  
内交

# 天文概説 目次

## 第一篇 緒 説

第一章 天文……………一

第一節 天文……………一

第二節 天文學……………二

第三節 天文學に對する誤解……………三

## 第二篇 天體の視運動

第二章 天球……………五

第四節 天體と天球……………五

第五節 恒星、惑星、衛星……………七

第六節 恒星と惑星との見分け……………七

第七節 星の光級……………八

第八節 星座……………九

目次

目次

第九節 星の名……………一〇

第三章 天體の視運動……………一一

第一〇節 視運動……………一一

第一一節 恒星の視運動……………一二

第一二節 日周圈と天文地平(水平面)との傾き……………一四

第一三節 星の出没方位と出現時間……………一五

第四章 太陽の視運動及び實用天文學一斑……………一六

第一四節 太陽の視運動……………一六

第一五節 星の座標……………一九

第一六節 星圖の見方……………二二

第一七節 春分、秋分、夏至、冬至……………二四

第一八節 節分及び雜節……………二五

第一九節 日の長さ……………二七

第二〇節 日南中……………二八

第二一節 日の出沒時間……………三〇

第二二節 日時計による子午線の定め方……………三一

第二三節 大氣に於ける光の屈折……………三三

第二四節 天球の北極の高度と緯度……………三四

第二五節 南中日の高度と緯度……………三五

第二六節 日時計に依る緯度の定め方……………三六

第二七節 夜無き日を有する地方……………三七

第二八節 屋内に差し込む日影……………三九

第二九節 夜明、日暮、薄明……………四〇

第三〇節 季節……………四二

第三一節 四季の遅れ……………四七

第三二節 季節の區分……………四六

第五章 季節と星空……………四二

第三三節 同時に見得る天……………四七

第三四節 季節と星空……………四九

目次

目次

第三五節 南中星の定め方……………五〇  
 第三六節 星の現れる季節の定め方……………五一  
 第三七節 「星の早見」のつくり方……………五三

第六章 時……………五五

第三八節 時、恒星時……………五五  
 第三九節 太陽時……………五六  
 第四〇節 太陽日の不同……………五七  
 第四一節 平均太陽日……………五九  
 第四二節 時差……………六〇  
 第四三節 地方時、標準時……………六二  
 第四四節 時の報知……………六三  
 第四五節 日附變更線……………六四  
 第四六節 恒星年と回歸年……………六六  
 第四七節 時刻の簡單なる定め方……………六八  
 第四八節 方位の簡單なる定め方……………七一

第七章 分點の移動……………七二

第四九節 分點の歳差……………七三  
 第五〇節 地球の極の移動……………七四  
 第五一節 章動……………七六

第八章 月の視運動……………七六

第五二節 月の視運動……………七六  
 第五三節 月の盈虧……………七八  
 第五四節 朔望月……………七九  
 第五五節 朔望月、恒星月及び恒星年の關係……………八〇  
 第五六節 黄道と白道……………八一  
 第五七節 月の出没時刻……………八二  
 第五八節 月齡……………八三  
 第五九節 冬の満月と夏の満月……………八五  
 第六〇節 收穫月、狩獵月……………八六

目次

目次

第六一節 地平に近き月……………八八

第九章 曆……………九〇

第六二節 曆……………九〇

第六三節 太陽曆……………九一

第六四節 ユリウス曆……………九二

第六五節 グレゴリ曆……………九三

第六六節 我が國の曆……………九五

第十章 惑星の視運動……………九六

第六七節 惑星の視運動……………九六

第六八節 惑星の運行……………九七

第六九節 内惑星、外惑星……………九九

第七〇節 外惑星の太陽に對する位置……………九九

第七一節 内惑星の太陽に對する位置……………一〇〇

第七二節 惑星視運動の共通點……………一〇二

第三篇 太陽系

第十一章 太陽系の組織……………一〇五

第七三節 太陽系の組織……………一〇五

第七四節 地球の形……………一〇六

第七五節 地球の大きさ……………一〇七

第七六節 地球の自轉……………一〇九

第七七節 地球自轉の證據第一……………一一一

第七八節 地球自轉の證據第二……………一一二

第七九節 地球自轉の證據第三……………一一三

第八〇節 地球自轉の證據第四……………一一五

第八一節 地球の公轉……………一一六

第八二節 地球公轉の證據第一……………一一八

第八三節 地球公轉の證據第二……………一一九

目次

目次

第八四節 地球公轉の證據第三……………一二二

第八五節 惑星の眞運動……………一二三

第八六節 トレミートの太陽系……………一二三

第八七節 コペルニクスの太陽系……………一二五

第八八節 月及び惑星の衛星……………一二七

第八九節 月の距離……………一二八

第九〇節 太陽と内惑星との距離……………一二九

第九一節 太陽と外惑星との距離……………一三〇

第九二節 内惑星の眞運動……………一三一

第九三節 外惑星の眞運動……………一三三

第九四節 ケプレル……………一三五

第九五節 ニウトン……………一三七

第九六節 海王星の發見……………一三八

第九七節 分點の歳差の説明……………一四〇

第十二章 潮汐……………一四二

第九八節 起潮力……………一四二

第九九節 起潮力の大きさ……………一四三

第一〇〇節 日月の起潮力……………一四五

第一〇一節 潮汐……………一四七

第十三章 太陽系……………一四八

第一〇二節 太陽系の大きさ……………一四八

第一〇三節 水平視差……………一四九

第一〇四節 太陽の距離……………一五〇

第一〇五節 惑星の軌道……………一五四

第一〇六節 惑星の大きさ……………一五六

第一〇七節 地球の質量……………一五七

第一〇八節 月の質量……………一五九

第一〇九節 惑星の質量……………一六〇

目次



目次

第一一〇節 惑星の表面重力……………一六一

第一一一節 太陽系の要素……………一六二

第一一二節 ボーデの法則……………一六六

第一一三節 太陽系内の運動大観……………一六七

第十四章 食

第一一四節 食……………一六八

第一一五節 月の影と日食の種類……………一六九

第一一六節 日食の黄道範囲……………一七一

第一一七節 日食の継続時間……………一七二

第一一八節 地球の影と月食の種類……………一七三

第一一九節 月食の継続時間……………一七四

第一二〇節 月食の黄道範囲……………一七五

第一二一節 サロス……………一七六

第四篇 太陽系各論

第十五章 地球

第一二二節 地球の楕圓體説……………一七九

第一二三節 ゲオイド……………一八〇

第一二四節 準據楕圓體……………一八一

第一二五節 緯度の三種……………一八二

第一二六節 緯線徑線一度の長さ……………一八四

第一二七節 地球内部の温度……………一八五

第一二八節 地球内部の状態……………一八七

第一二九節 地球の年齢……………一八九

第一三〇節 極の移動……………一九〇

第十六章 月

第一三一節 月の光と熱……………一九二

第一三二節 月面の状態……………一九二

第一三三節 月の自轉……………一九三

目次

目次

第一三四節 月面の温度……………一九六

**第十七章 太陽のエネルギー……………一九八**

第一三五節 太陽の輻射するエネルギー……………一九八

第一三六節 太陽の温度……………二〇〇

第一三七節 太陽の熱源……………二〇三

**第十八章 太陽の組織及び構造……………二〇六**

第一三八節 太陽のスペクトル……………二〇六

第一三九節 黒線の説明……………二〇七

第一四〇節 太陽の組成……………二〇九

第一四一節 太陽の構造……………二一一

第一四二節 黒點……………二一三

第一四三節 黒點出現の週期……………二一六

第一四四節 太陽の自轉……………二一八

**第十九章 内惑星……………二一九**

第一四五節 水星……………二一九

第一四六節 金星……………二二一

**第二十章 火星及び小惑星……………二二三**

第一四七節 火星……………二二三

第一四八節 火星の大氣……………二二四

第一四九節 火星の氣候季節……………二二五

第一五〇節 火星の表面……………二二六

第一五一節 火星の生物……………二二八

第一五二節 小惑星……………二二九

**第二十一章 木星……………二三〇**

第一五二節 木星……………二三〇

第一五四節 木星の物理的狀態……………二三三

第一五五節 木星の衛星……………二三四

**第二十二章 土星……………二二六**

目次

目次

第一五六節 土星……………二三六

第一五七節 土星の環……………二三八

**第二十三章 天王星 海王星……………二四二**

第一五八節 天王星……………二四二

第一五九節 海王星……………二四四

**第二十四章 彗星……………二四五**

第一六〇節 彗星……………二四五

第一六一節 彗星の軌道……………二四七

第一六二節 彗星の組成並に發光……………二四九

第一六三節 彗星の尾の向き……………二五一

**第二十五章 流星……………二五二**

第一六四節 流星……………二五三

第一六五節 流星群……………二五六

第一六六節 黃道光對日照……………二五八

**第五篇 恒星界**

**第二十六章 恒星……………二六〇**

第一六七節 恒星の數……………二六〇

第一六八節 地球上に於ける恒星の分布……………二六五

第一六九節 恒星の距離と大さ……………二六六

第一七〇節 恒星の色と其のスペクトル……………二七〇

第一七一節 恒星の温度……………二七三

第一七二節 恒星の絶対光級と絶対光度……………二七五

第一七三節 恒星の固有運動……………二七八

第一七四節 太陽系の運動……………二八〇

第一七五節 恒星の視線速度……………二八六

**第二十七章 連星、變光、新星……………二八八**

第一七六節 連星……………二八八

第一七七節 變光星……………二九一

目次

目次

第一七八節 新星……………二九五

第二十八章 星團、星雲、銀河……………二九八

第一七九節 星圖……………二九八

第一八〇節 星雲……………三〇一

第一八一節 銀河……………三〇七

第六篇 宇宙論

第二十九章 宇宙の構造……………三二〇

第一八二節 宇宙の構造……………三二〇

第一八三節 カプタインの宇宙……………三二二

第一八四節 シャプリーの宇宙……………三二五

第一八五節 宇宙の現界……………三二七

第三十章 宇宙進化論……………三二八

第一八六節 宇宙進化論……………三二八

第一八七節 恒星の進化……………三三二

第一八八節 星雲説……………三三三

第一八九節 微惑星説……………三三七

第一九〇節 ジーンズの進化説……………三二九

第一九一節 新城博士の流星説……………三三一

第一九二節 大空の莊嚴……………三三三

附録

普通教育に於ける天文教授の實際……………三三六

一 緒言……………三三六

二 天文教授の困難……………三三七

三 星座……………三三八

四 星の日周運動……………三四〇

五 月の視運動……………三四二

六 季節による星空の差違……………三四三

七 惑星の視運動……………三四五

目次

目次

八 太陽系……………三四六

九 宇宙論……………三四八

十 誤まられたる天文学……………三四九

天文概説 目次終

天文概説

理學士 清水半吾著

第一篇 緒説

第一章 天文

一 天文



淺葱色の空に燦然として輝く星辰の美は古來梨地に銀粉を鏤めたるにも、紺の紙に箔を打ち散らしたるにも類へてその麗しさを稱へてゐる。

殊に整然たる之れ等星辰の運行は古往今來一糸亂るゝこと無く古人をして「天行健なり」と叫ばしめた。

第一章 天文

實に星空は天の文である。天文の名は此に生れるのである。

## 二 天文學

人生を此の世に享け衣食住稍足るに至らば先づ天文の美を賞するは當然の事である。かくて天文學は自然に生れ出づるのである。然かし最初生れ出づるものはその崇拜時代に屬するものである。季節によつて現はるゝ星空の差異、月の盈虧の整然たるを見てはやがて應用時代が來る。支那に於ては疾く五千年以前已に星空の觀察から季節を知つてそれを農業に應用してゐた。爲政者が農業指導を以て治國の全事業とする農業國に於て應用の發展するは當然のことである。

然るに惑星の運行を検するに及んで其を人事に結び付けんとする所謂占星術が生れたのは洋の東西を問はず皆其の軌を一つにしてゐる。此の難關を太陽系の組織によつて漸く脱し得て始めて始めて天文學の眞の研究時代の到來を期待し得る。泰西の天文學は此徑路によつて現今の眞の天文學となつた。殊に吾人が大宇宙に於て如何なる位置を占むるかの問題は漸く二十世紀に入り數學物理學等の研究發展と相須ちて宇宙論の構成によつて始めてその曙光を認めた。

## 三 天文學に對する誤解

我が國神代に於ける日の神、月讀命の御名は崇拜時代を有した證左と見るこゝとが出来然るに三韓より支那曆の輸入以前天空の現象に注意した事實は認められてゐない。泰西文物輸入以前は専ら支那天文學を受け入れた外我が國固有の天文學は遺憾ながら何物をも有しない。

然るに支那天文學は占星術を以て終りを告げ以後何等進展の跡を止めなかつた従つて我が國民は一般に少くとも明治時代まで天文と八卦とを殆んど區別しなかつたといふてよい。現今に於ても我國民の大多數は猶眞の天文學を

了解してゐるのではないかと思はるゝ。現在の天文学は決して迷信や想像の上  
上に立つてゐるものではない、天體の觀測を材料とし數學物理學の基礎の上に  
打ち建てられた普遍的の科學である。

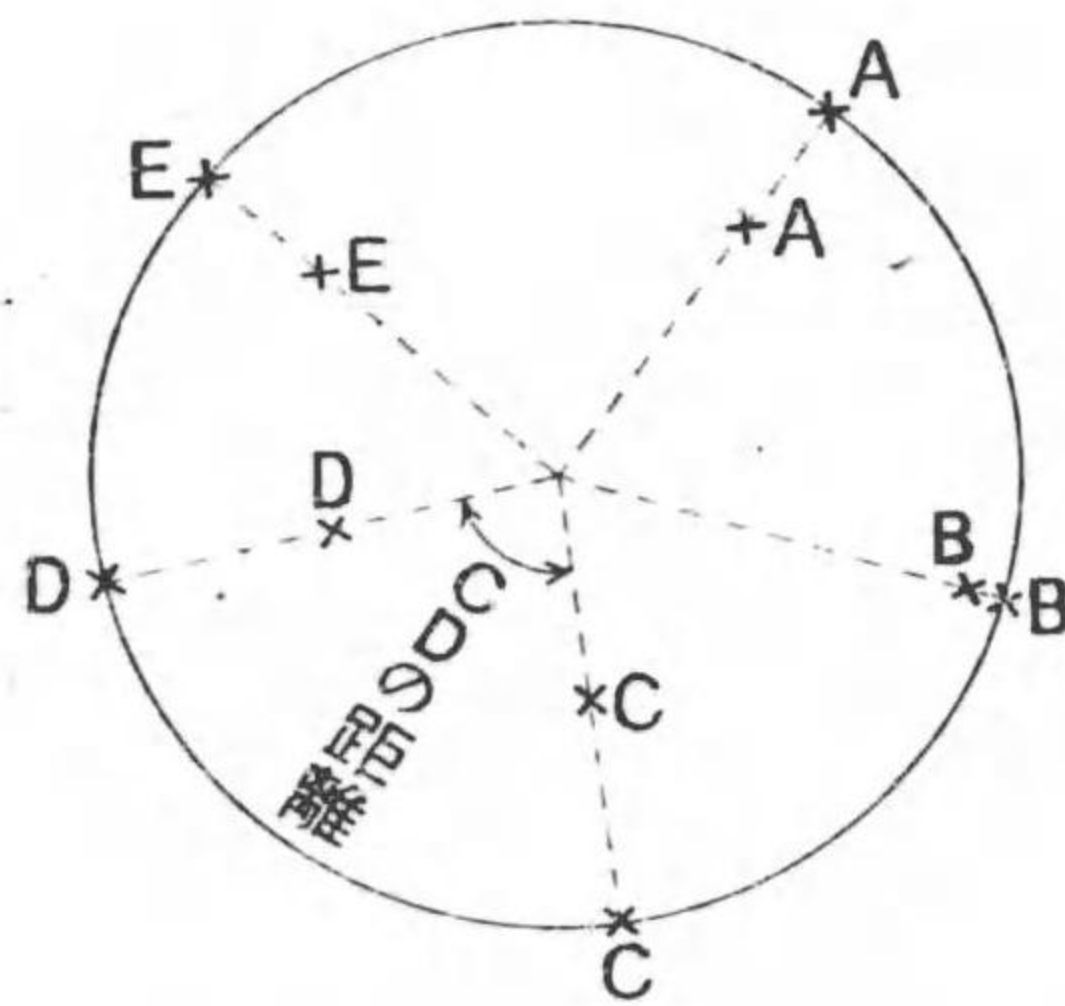
## 第二篇 天體の視運動

### 第二章 天球

#### 四 天體と天球

太陽、月、恒星、惑星、星團、星雲、彗星、流星等を總稱して天體といふ。暗夜天空を見  
る時吾々は天體の距離はその一つたりとも之れ  
を判定し得ないで只それ等が凡べて非常に大き  
な球の内面に附着してゐるやうに見るのみであ  
る其の球面を天球といふ。換言すれば天球とは  
見る人の眼を中心とし無限大の半径を以て書け  
る球面であつて吾々の見る天體の位置は凡べて  
その内面への投影である。

第一圖



第二章 天球

地表は視線を遮へざるから吾々が同時に見得る天球は恰も其の半分である、其の境界は觀測地點に於ける水平面の延長が天球を切る大圓(中心を通る平面による球面の切口を大圓といふ)である、之れを天文地平といふ。天球と地物と相接すと見る線は吾々が實際見る地平線であつて之れを天文地平と區別して實視地平と呼ぶ。

四望悉く水である洋上に於ける實視地平は略天球の大圓である(二三節參照)、しかし陸上に於ける實視地平は山谷樹木等の爲めジグザグになつてゐる。

吾々の頭の眞上即ち觀測地點を通る鉛直線の上方への延長線が天球を貫く點を天頂といふ、又此の線の下方への延長線が天球を貫く點を天底といふ。

尙二天體間の距離は二天體をそれ〴〵眼に結ぶ二つの直線の挟む角即ち角距離を以て之れを示す、尤も二天體間の實際の距離は如上角距離とそれ〴〵兩者と觀測點との實距離とを知らば三角形の解法を應用して計算することが出来る。

## 五 恒星、惑星、衛星

天球上に於て殆んど凡べての星はそれ等相互の位置を變へない、之れを恒星といふ。然るに恒星の間に於て少しづつその位置を變へるものがある、之れを惑星といふ。星の間を惑ひ歩るく星の意である。

木星を望遠鏡を通して見ればその近くに在る小星が規則正しくその位置を變じつゝあるを知る、それ等は木星をはなれ得ないでたえずその周圍を運行しつゝある、之れ等を木星の衛星といふ、木星を衛る星の意である。惑星は殆んど皆衛星を持つてゐる、月は地球の衛星である。

## 六 恒星と惑星との見分け

恒星は如何程大なる望遠鏡を通して見ても常に點である、然るに惑星は大きさを有し望遠鏡の倍率大なるほど大きく見える。従つて地球の大氣の動搖の



爲め恒星はきらめく、しかし惑星はさうで無い。之れが兩者の最も簡単な見分け方である。しかし大氣が濁つてゐれば恒星は判然と點に見えないから此の法にては見分けがつか無くなる、その時は星圖と比較するのである。

### 七 星の光級

星空に親しみては星の光る度合(大きさ)の比較を試みるは自然である。今から約二千年前希臘のトレミー(Ptolemy)は最もよく輝く星を一等、肉眼で漸く見得る星を六等とし凡べて六等に分けた。

現今精密な光度計を用ゐて之れを測定すれば一等星は六等星の百倍の光度を有してゐる。そこで現今星の光級は次ぎの様に定めてある。

光輝に於て一等星は二等星の二・五一倍、二等星は三等星の二・五一倍……  
 五等星は六等星の二・五一倍。

此のやうに定めると一等星は六等星に比し光輝は  $2.51^5 = 100$  即ち百倍となる。

此の割合で小さい星は七、八、九……等、大きい星は〇、負一、負二……等とする。斯様に光級は數量的に定めらるゝから自然に端數が出て來る、例へば二・六等の如きである。

### 八 星座

梨地の天球に鑲めた銀粉は無秩序に無數にあるやうであるが暫く夜の空に親しめば遂にいくつかの星を連ねた線を下繪にして或るものを想像するやうになるのは極めて自然である。天體崇拜時代に於て殊に然りである、かくていろいろの星座が生れ出る。

トレミーの書き残した天文學聖書の稱ある偉著アルマゲスト(Almagest)に四十八の星座が示してある、後其の數漸く増して百餘座となつたが、大正十一年五月ローマに開かれた萬國天文同盟會議に於て其の主要なるものとして八十九星座が撰定された。

九 星の名

北半球で見得る一等星又は特別の性質を有するものは特に一々の名を持つてゐる、それ等を除き今は一般の星の命名法を述べる。前節に説いたやうに星凡べてが星座に屬してゐる、一星座の中一般にいはいはゞ大きい星から順次  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \dots$  と命名する、しかし一星座の星は多數であるから之れ等の文字は用ゐる盡される、その次ぎには  $a, b, c, d, \dots, 1, 2, 3, \dots$  を用ゐる、數字の値があまり大きくなれば煩はしくもあるから、恰も海上の位置を經緯度で示すやうに、地球上の星の位置を示す數字に關係ある符號を用ゐることにしてゐる。

$\alpha, \beta, \gamma, \dots$  が光級の順序と一致せざる例を示せば

星座	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\epsilon$
龍	三六	三〇	二四	三四	
白鳥	一三	三一	二三	三〇	

オリオン	〇九	〇三	一七	二五	
射手座	四一	三六	三一	二八	一九

第三章 天體の視運動

一〇 視運動

衛星が母星の周圍を周ぐり惑星が太陽の周圍を周ぐりつゝあることは今は之れを疑ふべくもない、さりとて地球を去り太陽系から離れて之れを概観した人は決して無い。蓋し之は物理學の示す所に従つて理論的に歸納された處であつて實際に見ることは斷じて許され無い。

抑自然科学の研究は先づ吾人が實際經驗する事實を整理整頓して概括記述するを第一とし、次ぎにそれを吾々の經驗外に及ぼして法則又は假定を發見するを第二とし、最後にそれによつて自然現象の凡てを説明し盡して法則又は假定の絶對普遍性を要求するものである。

太陽系の組織は絶対普遍性を獲得した假定であつて實に吾々の經驗外のものである。然らば吾々の經驗し得る事實は何ぞ？、それは吾々の實際に見る天體の運動である見掛けの天體の運動即ち視運動である。

地表に立つ人が見る列車の運動、列車中の人が見る地物の運動、何れもその人の眼に映ずる視運動である。

### 一一 恒星の視運動

日月と同様に恒星は東から出て西に没する、しかも同じ星は常に同じ場所から出て天球上に同じ道を畫きて同じ場所に没する、即ち恒星が梨地に畫く道は一定してゐる、恒星の此の運動を日周運動といひ、此の道を恒星の日周圈といふ。秋の夕方殆んど天頂を通つてゐた織女星が冬の夕方にすつと北寄りに没するを見る人は没する場所のあまりに北寄りであるのに驚くであらう。殊に小熊七星の運動を見たらば更に驚くであらう。(第二圖)

南の空の星の出没を見よ、第三圖殊に眞南に近い星は出で、間もなく没する、

又東の空に出る星は斜に南上に昇り、西の空では南上から斜に没入する。

かくて日周圈は凡べて平行である、且つ南北に偏するほど漸く小に遂に或る處に於て一點となる、その點がそれぞれ天球の南極、北極である、日周圈は極を離れるほど大きく、其の最も大きいのが南北極を極とする天球の大圓である、これを天球の赤道といふ、蓋し天球の赤道は地球の赤道面の延長が天球を切る大

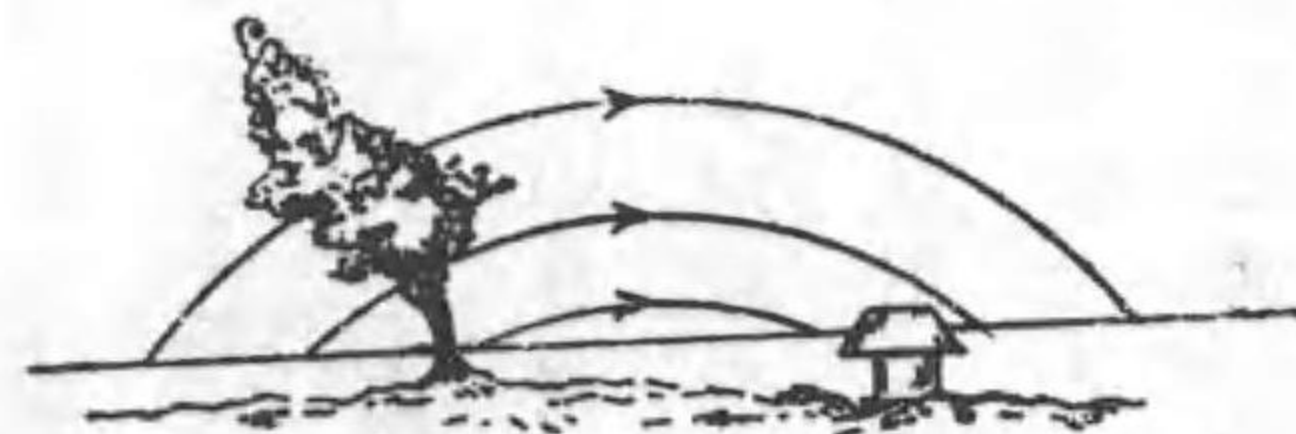
第二圖



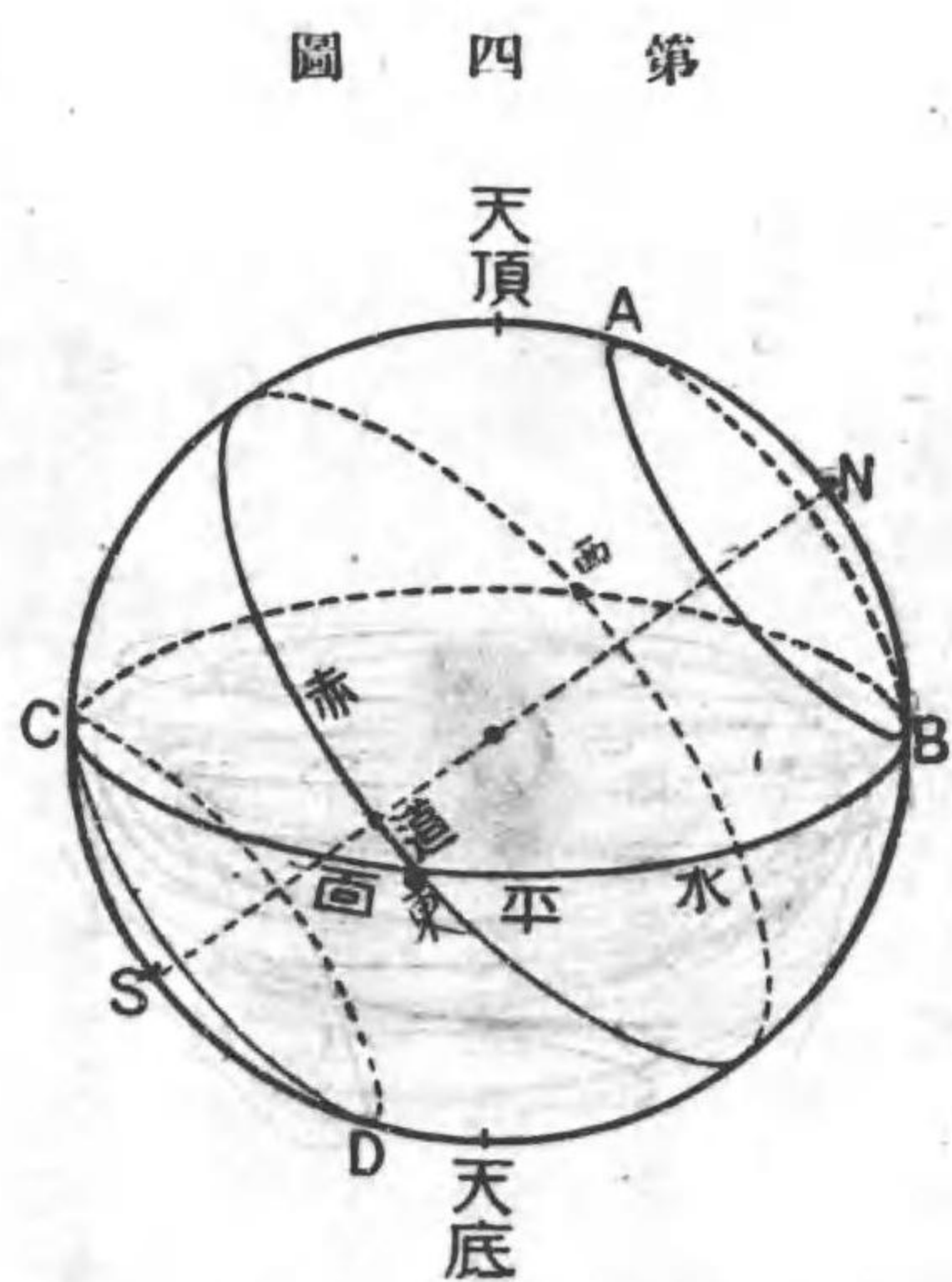
圓である。

要するに天球はその内面に恒星をつけたまゝ、兩極を連ぬる直線を軸として絶えず東から西に廻轉しつゝある。

第三圖



第四圖 天球の北極 N から日周圈 A B までの間の星は其の日周圈全部が地上



に現はれてゐるから永久に没することが無い、入らずの星で、天は入らずの天である。A B を過ぎて更に南にある星の日周圈は其の一部を地下に没してゐるからやがて星の出没が起る、日周圈の地下にある部分はその全體に比して南に進む程大となり赤道に至つて恰も半分、更に南に進めばいよいよ大となり C D に至つて全部地下に没す、従つて見えずの星、見えずの天がある。

### 一三 日周圈と天文地平(水平面)との傾き

天球の日周運動は觀測地點の如何に論なく紛れの無い事實であるがその日

周圈と其の地點の水平面との傾きは地球上南北處を異にするに従つて異つてゐる。即ち南に至るに従つて日周圈の水平面に對する傾度は小さくなる、依つて見えずの天、入らずの天は漸く狭くなる。遂に地球の赤道上の地點に於ては日周圈は凡て水平面に直立し、半分だけ地上に表はれてゐる、入らずの天、見えずの天は全く無くなる。

北に行けば現象は凡て反對で、遂に地球の北極に至れば日周圈は凡て水平面に平行となり、全天は入らずの天、見えずの天に折半せらるる。南半球に於ても現象は同様である。

### 一三 星の出没方法と出現時間

天球は二十四時間精しくは二十三日時間五十六分四秒間に一廻轉する。従つて凡ての恒星はその日周圈の大小に係はらず此の時間を以て一周する。因みに天文地平と天球の赤道との二つの交點はそれ〴〵東西である。東西な

る方位は之れによつて定めらるゝのである。

天球の赤道は水平面によつて東西二點に於て二等分せらるゝから赤道上にある星例へばオリオン $\alpha$ 、 $\beta$ 三つ星の中最初に出る星は之れに近いは正東に出で天頂より低く南に中し正西に没し十二時間だけ地上に現はれてゐる。

赤道の北にある星ほど正東西よりも多く北寄りに出沒し出現時間は十二時間以上漸く長くなり遂に入らずの星に至つて二十四時間となる。

赤道以南の星はその南にあるほど正東西よりもいよゝ南寄りに出沒し南中時の高さそれに應じて低く出現の時間亦漸く短くなり遂に見えずの星に至りて全くその影を現はさない。

## 第四章 太陽の視運動及び實用天文学一斑

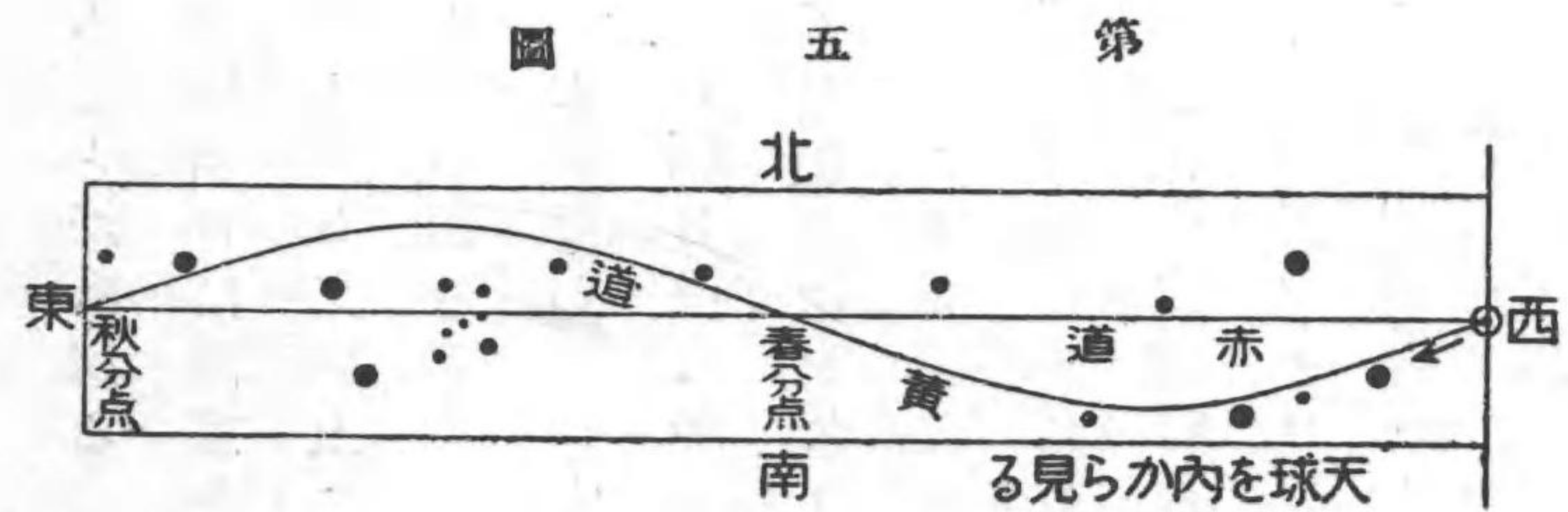
### 一四 太陽の視運動

南中日の高度は夏に低く冬に高きは縁側にさし込む日影によつて容易に知

ることが出来る。又日の出沒の方位が季節によつて異なるは夏の朝日は北窓を、冬の朝日は南窓を照らすことから直ちに知ることが出来る。かくて太陽は恒星と異り天球上に於て其の位置を變じ夏は赤道の北に冬は赤道の南にあることがわかる。

太陽没して一定時間後南中する恒星は漸く代はりつゝある例へば毎年三月八日頃日没二時間後大犬 $\alpha$ (シリウス負一四等が南中する、然るに越えて同月十八日頃には日没二時間後シリウスは己に西に傾き、その斜め東上にある小犬 $\beta$ (プロシオン $\circ$ 五等)が南中してゐる、又毎夜同じ時刻に南中する恒星も之れと同様漸く東にあるものと交代する。

恒星の出沒時刻は日の出沒時刻に對し漸く早くなる例へばオリオン $\alpha$ は毎年十二月三十日以前までは日没後程經て東天に現はるゝもその頃日没と同時に東に出で、其の後は時經るに従ひ日没頃己に東の地平上高く現はれてゐる。同じ恒星の東に出る時刻は毎日凡そ四分間宛早くなる。



之れ等の事實は明らかに太陽が諸星の間を縫うて西から東に向ひ移動しつゝあることを示すものである。即ち太陽は日々南北の方向の移動と共に東西の方向の移動をもなすつある。

而して前述の凡ての現象が一ケ年を週期として繰り返されつゝある處から太陽は必ずや天球上に一定の軌道を畫き一ケ年を以てその軌道上の運動を完成するに相違無い。此の運動を太陽の年周運動といひその軌道を黄道といふ。黄道は天球の大圓である。

かく太陽が日々諸星と共に東から西に向ふ日周運動をなしながら僅かづゝ諸星の間を縫うて西から東に向ふ年周運動をなすは恰も多勢の人込みの中に交つて衆人と共に其の運動の大勢に従ひながら僅かづゝ大勢に逆行して退く人の

運動に譬ふべきである。

太陽の年周運動は疾くから知られてあつた。十二の獸帶或は二十八宿等は殊に太陽の季節毎に位置する天球上の場所を示す爲めに設けられたものである。

### 一五 星の座標

吾々は地球上の一點の位置をその經度と緯度とによつて定むると同じ方法で以て天球上に於ける星の位置を定める。而して其の採用する基準の大圓によつていろいろの系統が出来る。

① 第一赤道系 赤道を基準とする之れと直角に交はる大圓即ち兩極を通る大圓を時圈と名づけその極によつて二等分されたものを赤經線といふ。地球上の子午線に相當するものである。地球上に本初子午線を定めたと同じく基準の時圈を定めなければならぬ。

赤道と黄道とは共に天球の大圓であるから互に二點に於て交はる之れ等を

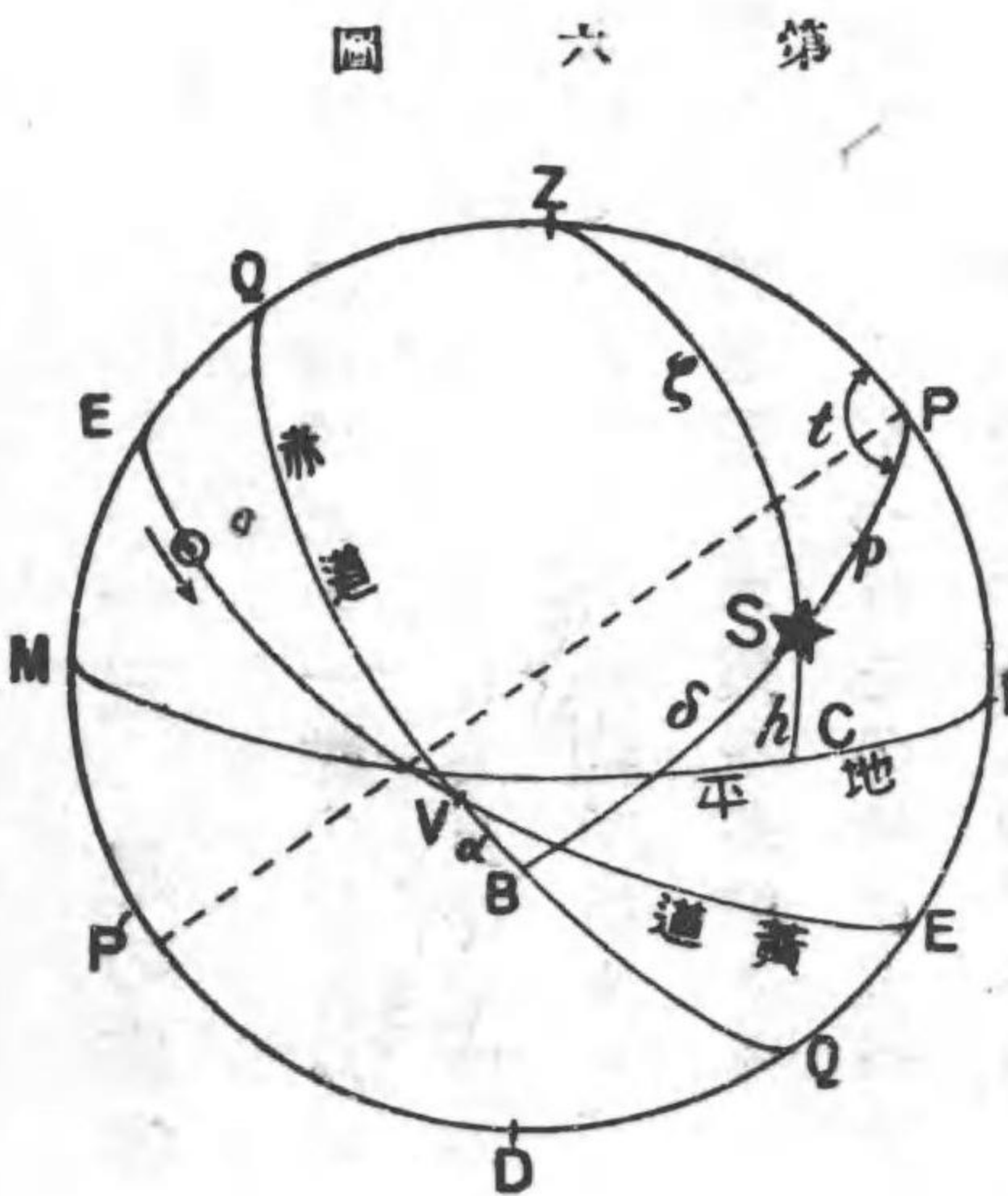
分點と名づけるその中太陽が赤道を南から北に横ざる點を春分點他を秋分點

天球を外から見ると

といふ。基準の赤經線として春分點を通  
過するものを採用する。

かくて第六圖に於て星Sの位置を定む  
る爲めSを通る赤經線PSBPを書き赤  
道VBとの交點をBとする。然る時赤經( $\alpha$ )  
VB赤緯( $\delta$ )BSによつてSの位置が定ま  
る。之れ等は乃ち座(位置)の標である。座標で  
ある。

赤經は凡てVより東へ數へて何度と  
し赤緯は赤道から北(+何度、南(-何度と呼ぶ。赤經は便宜上全赤道を二十四等  
分しVより始めて二十四時とし其の奇零は之れを分秒とするのが最も普通で  
ある。かくすれば各時の赤經線は略一時間毎に一地點の天頂を通過す。



又PSを星の北極距離( $p$ )と名づけて赤緯に代用することがある。

尙觀測地點の子午線面の延長が天球から切り取る大圓を子午圈といふ。子  
午面と星の時圈面との挟む角を時角( $t$ )と呼ぶ。

第二、地平系 天文地平MCNを基準とする、之れに垂直なる大圓即ち天頂Z  
天底Dを通る大圓を垂直圈といふ。

星Sを通る垂直圈ZSCDを書き地平と交はる點をCとする。然る時高度( $h$ )  
SC方位角MNCが此の系によるSの座標である。方位角は正南Sから日周運  
動と同方向へまわつてCに至る角度を示す。しかし簡單に北から東へ何度(NC)  
といふやうに普通の方位を示すこともある。

ZSを天頂距離( $z$ )といひ高度に代用することもある。

第三、黃道系 黃道を基準とする、此の系による星の座標は黃經と黃緯とであ  
る。黃經は春分點から東へ何度とはかる。

以上三系にはそれら得失がある、地平系は簡單ではあるが高度と方位とは

時處によつて變はるから記録に用ゐるには不便である、赤道系は基準が恒星に關し一定してゐるから前述の不便はないが極嚴密には赤道の位置が極僅かづゝではあるが絶えず變化しつゝあるは見逃すべからざる缺點である。従つて之れによる星の座標には必ず觀測時日を附記する必要がある。然るに黃道系に此の缺點は無いが觀測から直ちにその座標を定めることが出来ない、必ず相當混雜な計算を必要とする、之れ此の系が日月惑星の位置を示す時の外多く採用せられない所以である。  
かくて星圖には常に赤道系が用ゐられてある。

一六 星圖の見方

地圖は上方より見たる地表の圖であるから、圖の上が北ならば右は東、左は西である。然るに天球は常に其内面より見るものであるから南天の圖に於て上が北ならば右は西、左は東である、故に赤經線の「時」は常に右より左に其の數値を

星	光級	赤 經		赤 緯		午後八時南 中する時日	
		時	分	度	分	月	日
大龍 ケンタウルス 琴馭 α (織女) 者	-1.6	6	41	-16	36	2	23
	-0.9	6	22	-52	39	2	23
	0.1	14	34	-60	29	6	29
	0.1	18	34	+38	42	8	30
牛 オリオン 小エリダウルス	0.2	14	12	+19	37	6	24
	0.3	5	11	- 8	17	2	5
	0.5	7	35	+ 5	23	3	14
	0.6	1	35	-57	40	12	16
オ リオン わし α (牽牛) 十 牡 双	0.9	5	51	+ 7	24	2	15
	0.9	19	47	+ 8	39	9	19
	1.1	12	22	-62	33	5	29
	1.1	4	31	+16	21	1	26
乙 蝎 南 白 獅	1.2	13	21	-10	44	6	12
	1.2	16	24	-26	15	7	27
	1.3	22	53	-30	4	11	8
	1.3	20	39	+44	59	10	4
十 双 十 大 大	1.5	12	43	-59	16	6	2
	1.6	7	29	+32	3	3	14
	1.6	12	26	-56	40	5	29
	1.6	6	55	-28	52	3	6
オ リオン 龍 オ 牡	1.7	12	51	+55	22	6	4
	1.7	5	21	+ 6	17	2	11
	1.7	17	28	-37	3	7	14
	1.7	8	21	-59	16	2	11
大 ベ オ 双 射	1.8	5	32	- 1	15	2	14
	1.8	5	22	+28	33	2	11
	1.8	13	45	+49	41	6	19
	1.9	3	19	+49	36	1	11
大 大 飛 さ	1.9	5	37	- 1	59	2	15
	1.9	6	33	+16	27	3	1
	2.0	18	19	-34	25	8	26
	2.0	10	59	+62	9	5	7
大 大 飛 さ	2.0	7	5	-26	16	3	8
	2.0	6	19	-17	55	2	16
	2.0	8	43	-54	26	4	3
	2.0	17	32	-42	57	8	14



増す。又北天の圖に於ては北極が北なる方向の集中する點であつて北極を上に見ればやはり右は西、左は東、赤經線の「時」は右より左にその數値を増す。

或る星の北の星といはゞそれより北極の方向を尋ね、南の方向といはゞ北極と反對の方向を尋ねべきである。

今光級二等以上の星の位置を示す。(前頁)

### 一七 春分、秋分、夏至、冬至

太陽が春分點を通過する日を春分といふ。此の日以後太陽の赤緯即日赤緯は北となり其の値は日々増加し遂に其の最大となる時太陽の位置する天球上の點が夏至點でそれを通過する日が夏至である。

夏至を過ぐれば太陽は南漸し秋分に於て秋分點を通過する。秋分以後日の赤緯は南に其の値を増し遂に冬至に至つて其の値最大、天球上の其の點が冬至點である。冬至を過ぎて後、日は北に進みて春分點に歸る。

日々正午に於ける日赤緯の値は本曆日々の欄に載せてある。尙太陽は常に黃道上を運行してゐるから前述四點通過は只一瞬時である。従つて春秋分、夏冬至の時刻がある。本曆四八頁に記されてある。

### 一八 節氣及び雜節

本曆四八頁にある節氣、雜節は元來支那の或る地方に於て創められたものでそれ等は其の土地に於てこそ意味ありたれ、處を異にし然も南北に長く伸びてゐる我が國に於て何等の意味も有しない事は明かである。殊に雜節に至りては殆んど凡べてが迷信から來てゐる。尤も二百十日入梅等は我が國に於て創設したものであるがこれとて重大な意味は無い。とかく支那曆をそのまゝ輸入した事は我が先人の爲めに惜しむべきである。

前述の理由から本曆に記載せらるゝ節名は漸く減じ來れるも猶相當多く殘されあり我が文化の程度を示し居る如く思はるゝのは遺憾である。

かくて節は全く太陽の位置する黄經を示すものと見るを最も穩當とする。

小	寒	黄經二八五度	半	夏	生	黄經一〇〇度
土	用	二九七	小	暑		一〇五
大	寒	三〇〇	土	用		一一七
立	春	三一五	大	暑		一二〇
立	夏	四五	立	秋		一三五
入	梅	八〇	立	冬		一二五

尙節分は立春の前日、彼岸は春分秋分の前四日目、八十八夜は立春から八十八日目、二百十日は同じく二百十日目である。

社日は全く迷信より來たもので春分秋分に近い日である之れ等は當然本曆より除かるべきものである。

春分、夏至、秋分、冬至の時刻に於ける太陽の黄經はそれ〴〵〇・九〇・一八〇・二七〇度なることはいふまでも無い。

### 一九 日の長さ

黄道は赤道と一致せず又平行でもない従つて太陽は南北に移動する。されば日の出沒の方位並に日晝の長さは日々差等がある。恒星の出現時間(一三節)から推し得るやうに日の長さは夏至に最も長く冬至に最も短く春分秋分に於て晝夜は平分せらるる。

又一三節より同じ日の晝の長さは緯度によつて異なることもわかる、地球の赤道上の地點に於ては年中晝夜平分である又地球の極に於ては春分の日太陽が赤道を北に越ゆると共に入らずの天に入り以後沒することなく螺旋狀に日周運動をなしながら僅かづゝ高くなり夏至に尤も高く以後漸く低く秋分の日太陽が赤道を南に越ゆると共に遂に見えずの天に沒し去り後半年の夜がづく筈である。

一般に日の長さは次の如く求められる。

$$\sin \eta = \tan \phi \tan \delta$$

此に  $\phi$  は其の地點の緯度  $\delta$  は其日の日赤緯。

此の式を満足する  $\eta$  (度) を求むれば次の式から日の長さの第一近似値を得る。

$$12 + \frac{27}{15} \text{ 時間}$$

我が國主要地點の緯度は本曆五〇―五四頁に示されてある。

尤も此の方法による日の長さには大氣の屈折(二三節)日の視半徑(二一節)に對する修正を要する。

## 二〇 日南中

太陽は日周運動をなしつつあるから毎日その中心は必ず一度其の地の子午圈を過ぎる即ち南中する。日南中の時刻は地球上同じ經度の地點では何處でも全く同じであるが東西相隔たつた地點では東の方ほど早く西の方ほど遅れる。其の進み遅れの時間は全く兩地點の經度の差によつて定まる。太陽は二

十四時間で以て地球を一周する即ち三百六十度を周ぐるから經度の差十五度は一時間の遅速を生ずる。

地球上各地點の經度は東經又は西經幾度と示しもするが前述の便宜上本初子午線から東に進んで經度三百六十度を二十四時間に呼びなすことが多い。

本曆五〇―四頁に我が國主要な地點の經度が時、度兩方で示してある。例へば

東京天文臺 九時一八分五八七秒

大阪天守臺 九、〇二、〇五九

此の差 一六分五二八秒

従つて大阪の日南中は東京よりも十六分五十二八秒約十七分遅れる。

東京に於ける日南中の時刻は本曆毎日の欄に記されてある。例へば一月一

日南中一一時四四分である依つて大阪に於ける日南中は午後零時一分である。

蓋し時分で示す經度は其の地點に於ける時刻がグリニッチの時刻に比し進んでゐる時間を示して居る。

## 二一 日の出沒時刻

抑日の出とは太陽の上縁地平線に現はるゝことをいひ、日没とは太陽全部地平線下に没することをいふのであるが今は計算を簡單にする爲め太陽の中心の出沒に付て論ずることとする。

扱日の出沒時刻は同じ經度の地點でも緯度を異にするに従つて違つて來る、固より經度に差あらば出沒に遅速あるは勿論である。而して同じ緯度の地點に於ける日の出沒の遅速は全く日南中の遅速と同様に取扱はるる。

今日出沒時刻計算の最も簡單なる方法を示す。日南中は日の出と日の入りの間の時間を折半してゐる従つて日の長さと同様に日南中の時刻とを知れば日の出沒時刻は直ちに計算することが出来る。

例、一月一日 東京天文臺

$$\tan \eta = \tan \phi \tan \delta$$

$$\left. \begin{array}{l} \phi = 35^{\circ} 39' \\ \delta = -17^{\circ} 29' \end{array} \right\} \therefore \eta = -12^{\circ} 44' \therefore \text{半日} = 6\text{時間} - (12 \times 4\text{分} + 44 \times 4\text{秒}) = 5\text{時間} 9\text{分}$$

$$\text{日南中} = 1\text{時} 55\text{分} \therefore \text{日の出の時刻} = 11^{\text{h}} 55^{\text{m}} - 5^{\text{h}} 9^{\text{m}} = 6^{\text{h}} 46^{\text{m}}$$

然るに本曆日々の欄に記されたる日の出六時四二分である、四分だけ計算の時刻よりも早い。之れは大氣の屈折、日の視半徑を無視したるより來た誤差である。

日の視半徑は本曆四五頁に記されてある。その年平均は十六分二秒である、されは前述の計算よりも毎日角約十六分の日周運動に要する時間即ち一分餘日の出は早く日没は遅くなる筈である。

全國主要地に於ける日の出沒時刻は本曆二八―四三頁に出てゐる。

## 二二 日時計による子午線の定め方

平面上にその面に直角に眞直の棒を立て板を水平に置きたるものが日時

計である。實際には棒を立てる代りに錘を付けたる糸を吊り下ぐる方がよい。

太陽は水平面上に出て漸く上るに従つて南にうつり南中には高度最も高く

後漸く下るに従つて西にうつりて日没となる。されば日

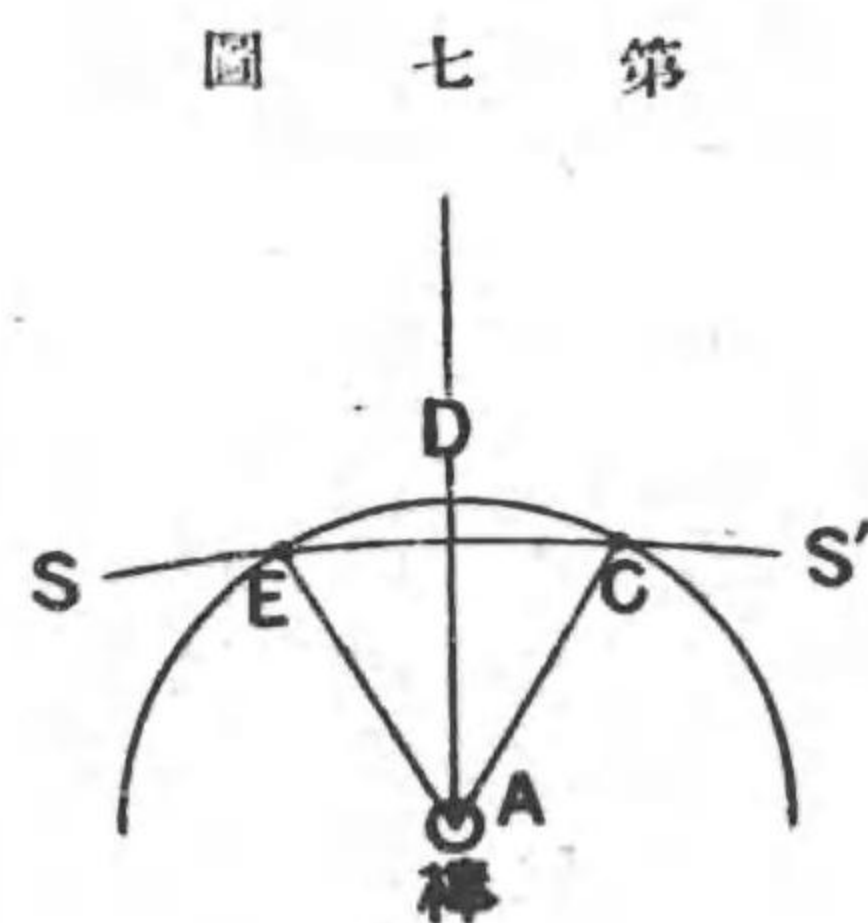
時計の棒Aの板上に投ずる影の尖端はE C S'を畫き

正南即其の地點の子午線を横ぎる時棒の足に最も近く

なる。従つて棒の影の最も短かくなつた方向を定むれ

ば子午線は定まる。しかし影の尖端が明確でないから此

の測定は容易でない。



第七圖

此の困難を減ずる爲め豫めAを中心として影の尖端と交はる程の圓周E Cを畫き南中の或る時間前に影の尖端が此の圓周を過ぎる點Eを定め南中より同じ時間後再び圓周を過ぎる點Cを定め角E A Cの二等分線をつくれれば子午線を得る勿論此の方法によるも前述の困難を全く除くことは出来ない従つて之れによつて定められた子午線の正確度にはあまり多くを望まれ無い。

日時計の板として水平な地面を用ゐるもよい。

### 二二 大氣に於ける光の屈折

地球を圍む大氣は其の高さ約六百軒、地表に近づくほど漸く密となる。従つ

て斜め上から大氣中に入射する光線は地表に近

づくに従ひ次第に鉛直方向に近づくやうに屈折

する。大氣の下底にある吾々が此の如くして進

み來る光線を眼に受けて天體を見る時眼はたゞ

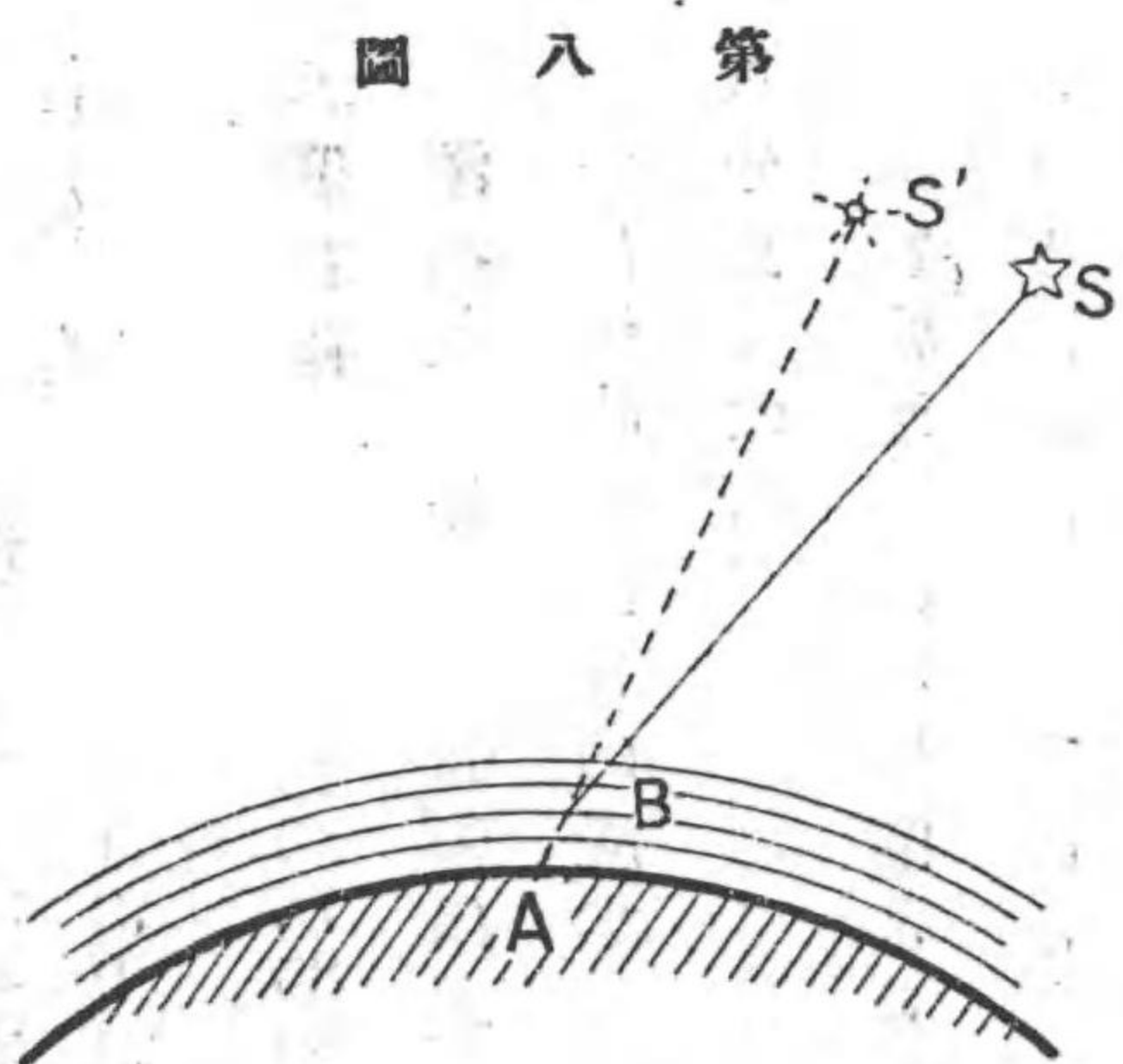
眼に入り來れる光線の方向に其の天體を認める。

故に天頂にあるものの外凡べての天體は地平に

近きものほどいよく、多く天頂に近く見える。

されば見掛けの天體の方向はその眞の方向と異

る。此の差角を濛氣差といつてゐる。左に見掛けの天體の天頂距離とその位置



第八圖

に於ける濛氣差を專ける。

濛氣差 秒 0 3 16 9 32 47 25 54  
分 1 3 9 24 34

天頂距離 0 3 15 50 75 85 89 90

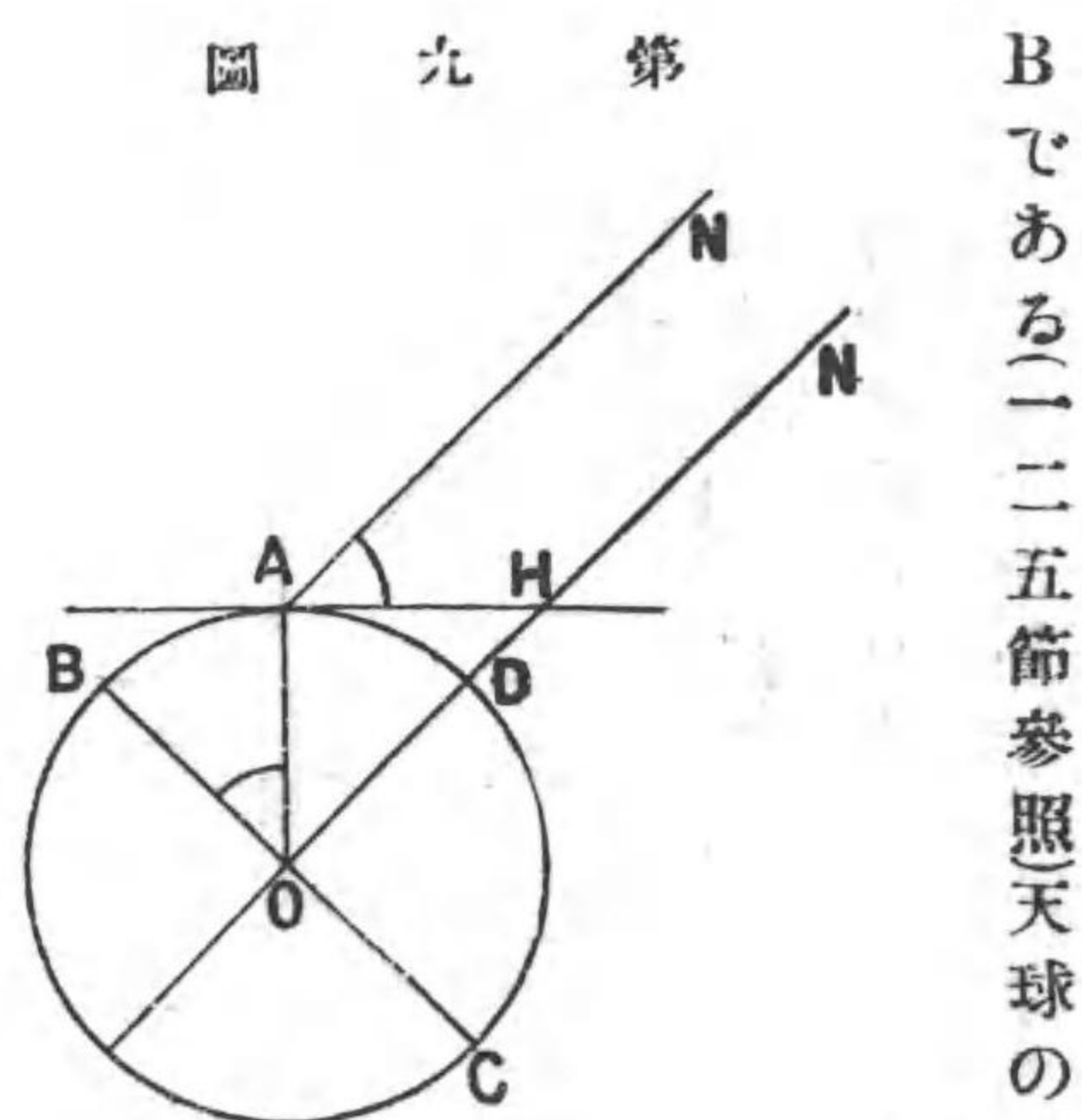
(15°c760.mm)

濛氣差の爲め天體の出現は約二分半早く没入は約二分半遅くなる。かくて日の出沒時間は日の視半径の修正と共に約四分宛の修正を要し日の長さは約八分長くなる。

又實視地平は水平面より角度三十五分下にまで及び同時に見得る天は半球よりも之れだけ大である。

### 二四 天球の北極の高度と緯度

第九圖は或る地點Aの子午線面による地球の切斷面圖を示す、その地點Aの緯度とはその地點を通る地球の半径AOと地球の赤道面BCとのなす角AO

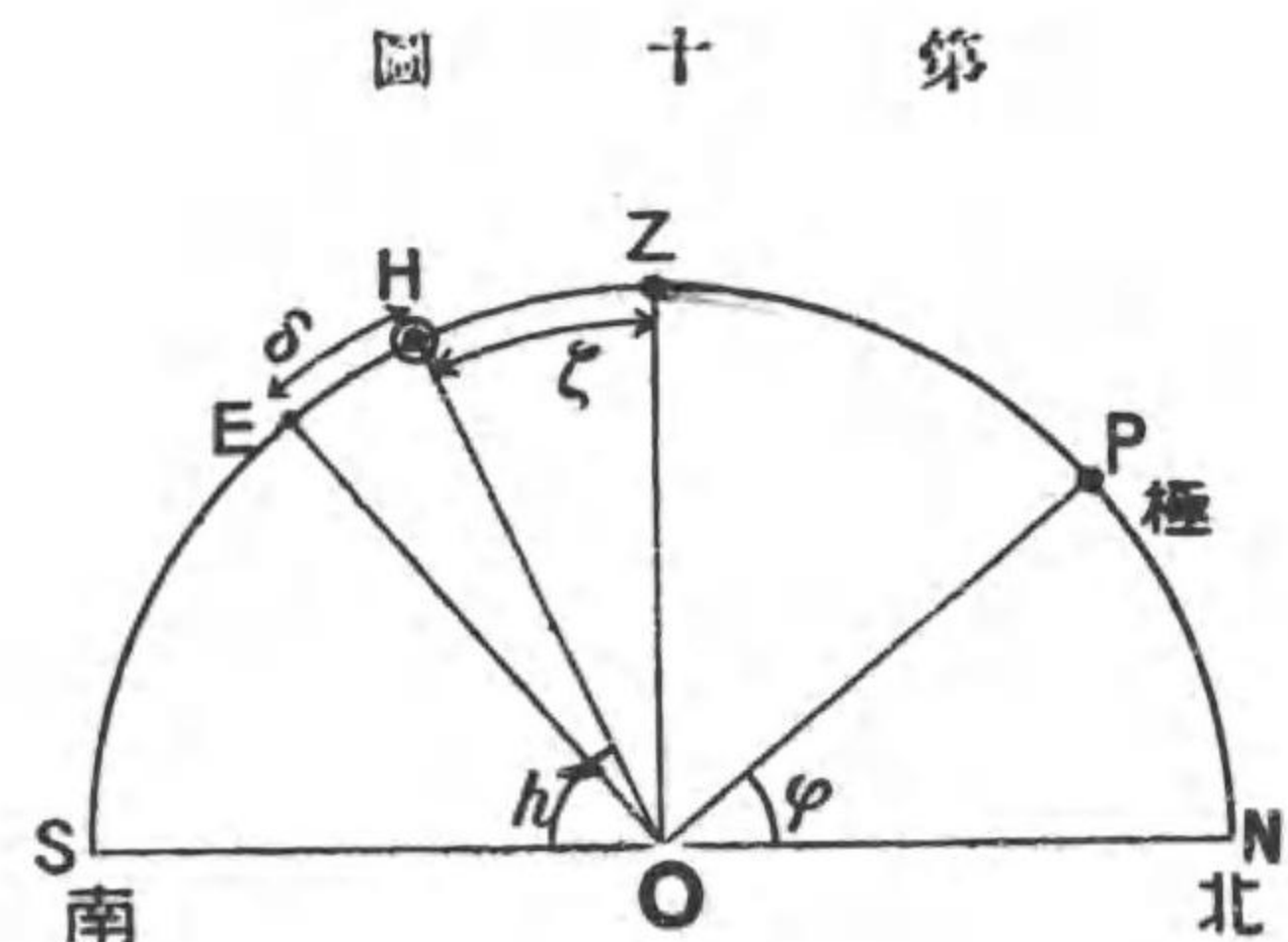


Bである(一二五節参照)天球の北極Nは地軸ODの延長線が天球と交はる點であつて(七六節参照)地球から無限遠にあるからAとNとを結ぶ直線は地軸と平行である。今Aに於ける水平面をAHとすれば角NAHはAに於ける北極の高さである。

而してON⊥BC然るにON=AN故にAN⊥BC又水平面AH⊥地球の半径AO故に∠NAH=∠ACH即ち或る地點に於ける北極の高度は其の地點の緯度に等しい緯度の實測は之れによるのである。南半球に於ても同様である。

### 二五 南中日の高度と緯度

第十圖は或る觀測地點Oの子午線による天球の切斷面を示す。EOは赤道



面Hは南中した太陽である。  
 角NOPは極の高度、φはO點の緯度、EHは日赤緯、  
 角SOHは南中日の高度h、角ZOHは南中日の天頂距  
 離である。

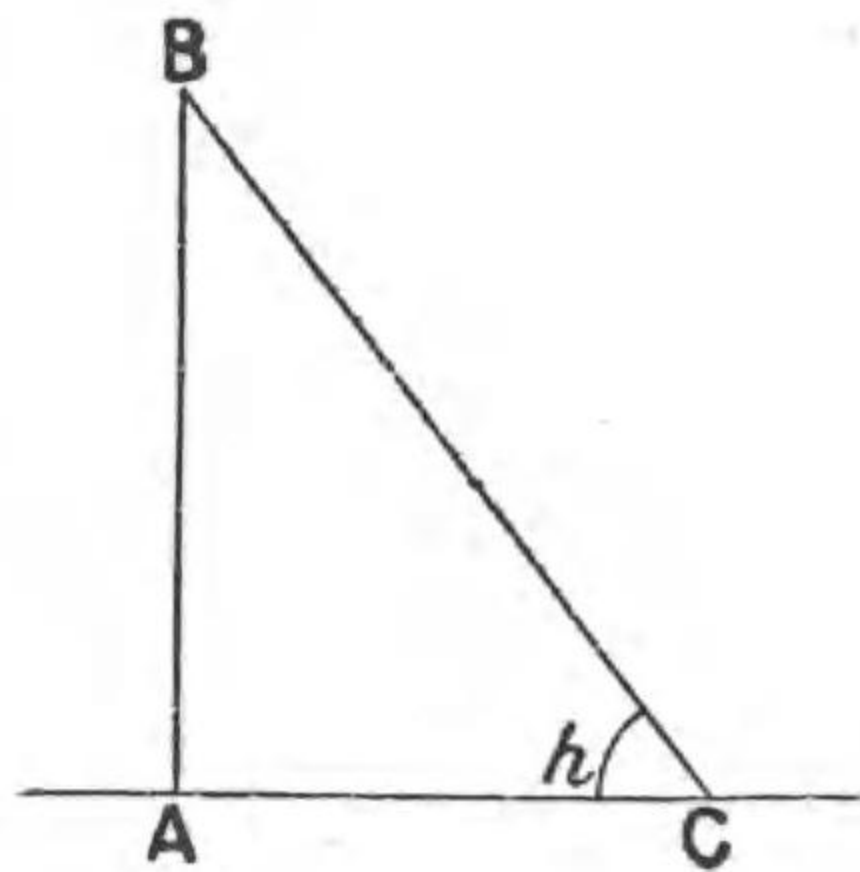
而して  $ZO \perp NO, EO \perp PO$  故に  $\angle EOZ = \angle PON = \alpha$   
 故に  $\epsilon + \delta = \alpha$  或は  $90^\circ - h + \delta = \alpha$   
 故に南中日の高度とその日赤緯とを知らば直ちに其  
 の地點の緯度を求めることが出来る。

二六 日時計に依る緯度の定め方

像め子午線ACを定め置き日南中に於て棒ABの影の尖端の位置Cを定む、  
 然る時角ACBは南中日の高度である。ABとACとの長さを量る。

$$AB + AC = \tan h$$

第十圖



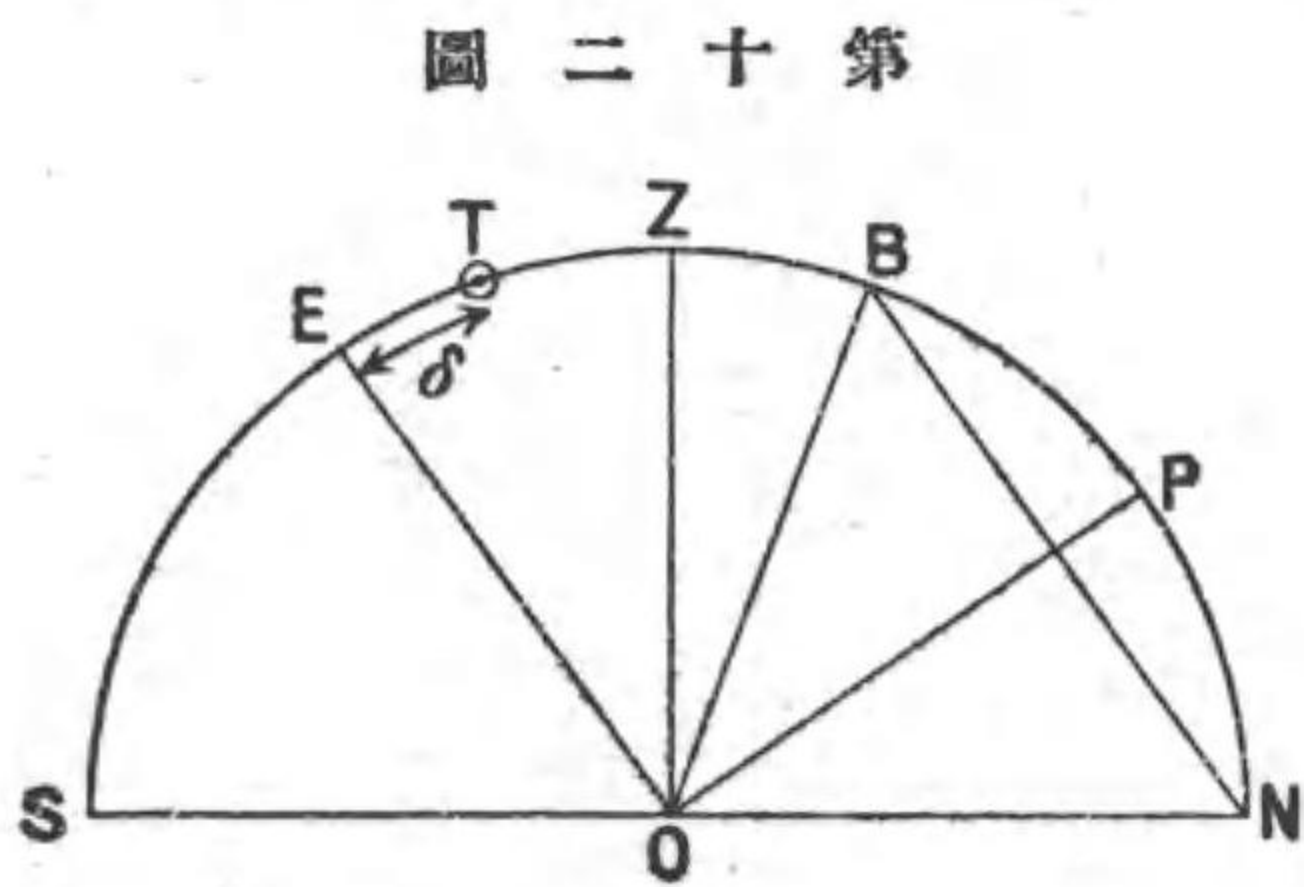
三角函數表からhを求め本曆から日赤緯を求むれば前節によつて緯度が得  
 らる。此の方法に於てABの値は相當精密に求  
 め得るがACの測定が困難である。

ACの精密度は其の長さが大なるほど高い、しか  
 しACが長くなるほど棒の尖端と影の尖端とはい  
 よく遠くなるから影の明  
 確さが缺けて来る。されば

此の方法によつて高い正確度を望むことは出来ない。

二七 夜無き日を有する地方

第十二圖は天球の外正東から見た天球の側面圖を示  
 す。Pは北極、EOは赤道面、NBは北點Nを過ぎる日周  
 圈、SZNは子午圈である。NPBは入らずの天である。



第十二圖

若し太陽が入らずの天に入り来るならば其の地點に於ては夜の無い日を有することゝなる。己に一九節に述べた様に北極に於ては赤道以北半天が入らずの天であるから春分の日現はれた太陽は秋分まで没することが無い。しかし極から南に進むに従つて常照の日数は漸く少なくなり、晝夜を有する日數漸く増して来る、遂にある地點まで進まば夏至一日だけ夜の無い處に達するそは如何なる地點か？

かゝる地點に於ては夏至に太陽Tが丁度入らずの天に入り來つた時その南中時に於ける高度hは角SOBである。然るに弧BPNはPに於て二等分せらるゝから  $\angle BON = 2\phi$  故に

$$h = 180 - 2\phi.$$

二五節に於て次の式を得た

$$90 - h + \phi = \phi \text{ 即ち } h + \phi = 90 + \phi.$$

hに前式を代入して

$$180 - \phi = 90 + \phi \text{ 故に } \phi = 90 - \phi.$$

此の現象が恰も夏至の日に起るから

$$\phi = 23^\circ 27' \therefore \phi = 90 - 23^\circ 27' = 66^\circ 33'$$

即ち北極圏である、事實此の地方に於ては濃氣差の爲め夏至の前後數日間太陽は南に高く北に於て殆んど地平とすれゝに運行して没することは無い。

### 二八 屋内に差し込む日影

南面した室内にさし込む日影は冬に深く夏に淺く、それに依つて寒暑を自然に柔らけてゐる、天の配劑妙を得たりといふべしである。

南中日の高度hは二五節から  $h = 90 + \phi - \delta$  である。

夏至の日東京に於ては  $h = 90 + 23^\circ 27' - 35^\circ 39' = 77^\circ 48'$

同日札幌に於ては  $h = 90 + 23^\circ 27' - 43^\circ = 70^\circ 23'$

従つて軒端の高さが床上二米半であるならばさし込む日影は軒端の直下から



測つて東京では五十四種、札幌では九十一種である。

更に同じ地點同じ軒に付いて冬至の日の南中日の高度とさし込む日影はそれぐ次の通りである。

東京  $h = 90^\circ - 23^\circ 27' - 35^\circ 39' = 30^\circ 54'$

四・一八米

札幌  $h = 90^\circ - 23^\circ 27' - 43^\circ 4' = 23^\circ 29'$

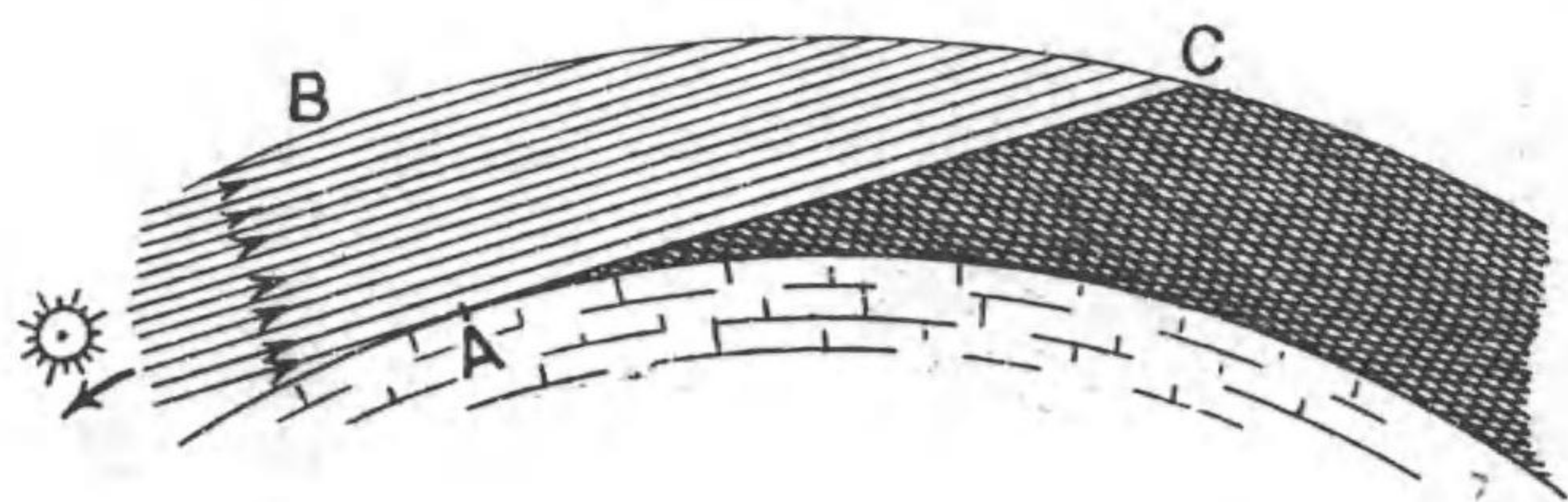
五・七五米

### 二九 夜明、日暮、薄明

太陽影を没するも空は直ちに暗黒とはならぬ、これ地上約八十軒近邊に或層BCありて日光を反射するからである。

しかし暫くして東の空に明暗の境Cが現はれて来る、此の境は太陽が漸く水平面下深く沈むに従つて西に移つて行く、やがて若し在るならば天頂に於て一等星が見え出す頃となる、その時刻を日暮といふ、本曆二頁に日暮を次の如く定義してゐる。

第三十圖



明治五年以前暮六ツト稱シタルモノニシテ日ノ中心ノ俯角七度二十一分四

十秒ニ當ル時刻

日の中心の俯角とは太陽の方向(日の光線)と其の地點の水平面とのなす角である。

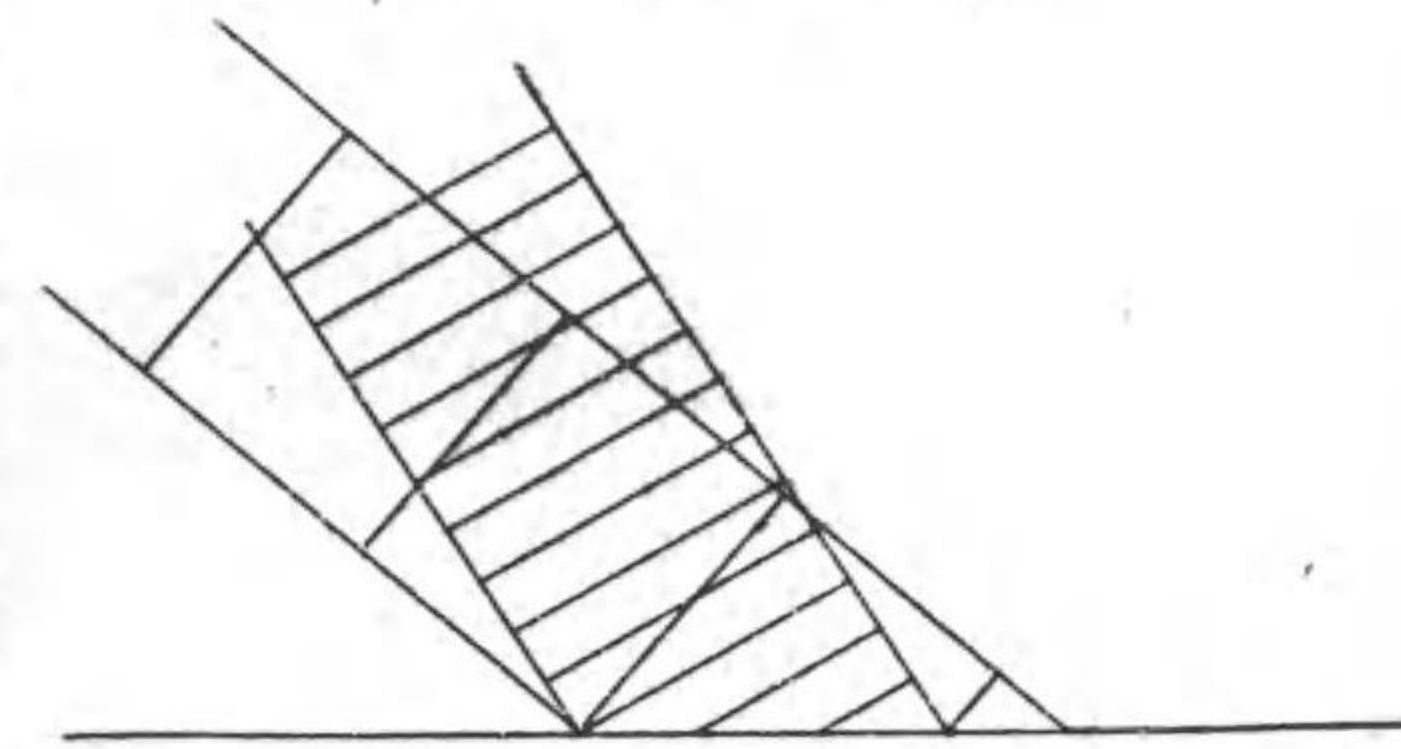
後明暗の境は俯角十八度に達する時全く地平に沈み終りて夜は全く暗黒となる、日没から此の時刻までの時間を薄明といふ。

日の出る前には之れと全く反對の現象が起り薄明と夜明とある。

薄明の時間は高緯度の地に長く低緯度の地に短かく又夏冬に長く春秋に短かい、我が國に於ては約一時間四十分乃至一時間二十分である。「秋の日の釣瓶落とし」とは秋季薄明の時間短かく日の暮れ易きをいふたのである。

三〇 季節

第十四圖



地球上の気温は殆んど全く太陽から受くる熱によつて定まる而して北半球何れの地點にあつても日は夏に高く冬に低い。第十四圖から直ちに知らるゝ如く太陽が輻射する熱量はよし等しくとも日低きほど地表の受くる熱の量は小である従つて気温は夏に高く冬は低い、加之日は夏に長く冬に短かいから夏冬の気温の差をいよゝゝ大ならしめる。かくて各地それゝゝ季節が出来て来る。

今大氣の屈折を枯く措けば地球上何れの地點にあつても春分に於て晝夜は平分せらるゝ而して晝の時間はそれ以前に短かく以後に長く、夜の時間は之に反してゐる。しかし春分の前後に於ける凡べての日を晝と夜と取り換へ得る様な對に組み合わせることが出来る。

大正十四年曆に於て一對の例を示せば

	晝間	夜間
三月十日	一一時四三分	一二時一七分
四月一日	一二時三三分	一一時二七分

屈折の爲めの晝の延長は約八分であるから各晝間から八分を減じ、夜間に八分を加ふれば兩日の晝夜は全く取り換へることが出来る。秋分の前後に於ても同様である。

故に全一年を通じて晝間夜間を別々に總計すれば互に等しくなる即ち地球上何れの場所でも一年間の日照總時数は皆一樣に半年である。

屈折等の爲め晝間に加ふべき時間は太陽が地平に斜めに出入するほど大であるから日照總時数は高緯度の地ほど僅かづゝではあるが多くなる。

然るに年平均気温が高緯度の地點ほど低いのは全く太陽の高度小なるによるのである。

次に全地表の中最高気温を有する地點は赤道には無く夏至に於て太陽が天頂に來る地方即ち北回歸線附近にある。其の理由は、赤道上の地點にては晝夜は常に平分せられてゐる(一九節)北回歸線上の地點ではさうで無くて夏至に日は最も長い。又赤道に於て太陽が天頂に來るのは春分秋分である丁度此頃太陽の南北方向に於ける運動最も速かなる頃であるから南中日は一、二日で天頂からはなれ去る。然るに北回歸線上で太陽天頂に來る頃は太陽の南北動最も少い夏至の頃である。従つて其の前後暫くの間太陽は殆んど毎日天頂を過ぎる、かくて気温は著しく昇るのである。

### 三一 季節の遅れ

凡べて物體は其の絶対温度の四乗に比例して常に熱を輻射しつゝある、されば若し他より輻射熱を受けなかつたら物體は極めて速かに冷却する。高山の頂上に於て夜間の温度が極めて低いのは此の理である。しかし物體Aが輻射

熱を吸収する物體Bで圍まれてゐるならば、BはAから來る輻射熱によつて温度昇り逆にAに向つて熱を輻射するからAは急激に冷えない。尙AがB以外のCから輻射熱を受くる時はBは先づそれを吸収して自ら高温となり以前よりも多量の熱を輻射し之れをAに與へる。此の如くBの存在はAの温度の變化を遅延せしむるものである。地表の季節が太陽の位置に伴はないのは地球大氣の存在によるものであることが之れからわかる。曇つた夜夏はあつく冬は暖かいやうに殊に水蒸氣雲等にて濁つてゐる大氣が地表の温度を左右する事實は之れを雄辯に説明するものである。

一日に付いて考へると日が出てから日南中まで地表の受くる熱は常に己れの輻射熱よりも多く従つて温度漸く昇る、しかしその温度の上昇は大氣の存在の爲め直接太陽より熱を受くるよりも常に遅れてゐる、故に日南中を過ぎても尙受くる熱が勝つて温度は昇りつゞけ、午後二時前後受授の熱量相等しくなつて最高温度に達す、その後は放散の熱量が受くる熱量に打ち勝ち温度は漸次下

降し、日射が断絶しても大氣の掩蔽作用は温度の降下を急激ならしめないで日の出少し後までつゞかしめる。

一年の季節の遅れも之れと同様である。極暑は夏至後約一ヶ月半後八月上中旬、極寒は冬至約一ヶ月半後二月上中旬である。

### 三二 四季の区分

明治以前我が國に於て採用しつゝあつた四季の区分は支那傳來のもので全く太陽の黄經によつて定めたものである。

春	立春(三一五度)	春分(〇度)	立夏(四五度)
夏	立夏(九〇度)	夏至(九〇度)	立秋(一三五度)
秋	立秋(一八〇度)	立冬(二二五度)	
冬	立冬(二七〇度)	立春	

之れは天文學的ではあるが季節の遅れの爲め實際とは合はない。明治時代に入

り次の如く定められた。

春	三月—五月。	夏	六月—八月
秋	九月—十一月。	冬	十二月—二月

しかし未だ實際とはよく合はないが月限なる處から今も其まゝ用ゐてゐる。

歐米の四季は天文學的にしかも氣象學的に定められてある即ち

春	春分—夏至。	夏	夏至—秋分。
秋	秋分—冬至。	冬	冬至—春分。

尙寒帯熱帯地方では唯二季あるのみである。

## 第五章 季節と星空

### 三三 同時に見得る天

地球上のある地點に立つ人が同時に見得る天は全天球の丁度半分である(大氣の屈折を除外す此章の説述皆然り其半分は赤道又は時圈によつて限られた

もので無い。従つて各日周圈(赤緯の平行圈)の此の中に含まるゝ長さ(度)はそれぞれ差等があり、しかもそれ等の値は觀測地點によつて差異あるは勿論の事である。赤緯 $\delta$ なる平行圈の同時に見える角度の半分即ち時角 $t$ は觀測地點の緯度を $\rho$ とすれば次の式で表はされる。

$$\sin \frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin 90 + (\rho - \delta)}{2} \cdot \frac{\sin 90 - (\rho - \delta)}{2}} / \cos \rho \cos \delta$$

今北緯三十五度の地點に付て之れを計算すれば

$\delta$	$t$ (度)	$t$ (時)
	度 分	時間 分
+55(北)	360 00	12 00
50	293 08	9 46
40	251 58	8 24
30	327 41	7 35
20	209 32	6 59
10	194 12	6 28
0	180 00	6 00
-10(南)	165 48	5 32
-20	150 28	5 1
-30	132 19	4 25
-40	108 02	3 36
-50	66 52	2 14
-55	0 00	0 00

北赤緯五十五度から北極までが入らずの天、南五十五度から南極までが見えずの天である。

### 三四 季節と星空

銀河の中の白鳥座、銀河を挟んで相對する琴、鷲兩星座等は秋の夕方子午圈附近にあつて天を賑はしてゐる處から之れを秋の星といふ。同様に馭者、牡牛、オリオン座等は冬の星である。此の如く夕方南の空を飾る星をそれ々々その季節の星と呼びなしてゐる。

已に一四節に示したやうに或る一定の時刻に南中する星は期日が過ぎるに従つて東の星と入れ替はつて來る、毎月一日十六日午後八時東京に於て南中する星座は本曆毎月の欄に記されてゐる。

今東京に於て午後八時に南中する星の定め方を次節に記す。

### 三五 南中星の定め方

太陽は其の光輝が極めて大であるから其の附近、赤經にて東西各六時以内の星はよし入らずの星にても見ることが出来ぬ、もし太陽が普通の恒星ほどの光輝を有するのみならば一日中に凡ての星が次ぎくゝに南中し去るを見るであらう、しかも天球は約二十四時間で一廻轉即ち各時の赤經線は一時間を隔てゝ一時二時三時…が南中し來るのであるから赤經に於て一時の差あるものの南中時刻の差は一時間である。従つて太陽の赤經よりも八時だけ大(即ち八時東)なる星の南中は日南中よりも八時間遅れる、即ち日南中が正午であるならば午後八時に南中する。故にもし其の日の日南中が午前十一時半ならば午後八時に南中する星は日の赤經よりも八時半だけ大なる赤經を有する星である。

例へば

大正十四年十一月一日東京に於て

日南中 一一時二五分(大正十四年曆より)従つて日南中より午後八時までの時間八時間三十五分然るに此の日

日赤經 十四時三十九分(大正十四年船海年表より)

故に午後八時南中する星の赤經は

14時 39分 + 8時 35分 = 23時 14分

即ち天頂附近にアンドロメダ南に降ればベガス、水瓶北に降ればケフェウス。

北極星はいはずもがな、地平に近く大熊の $\alpha$ 、 $\beta$ が上下に並んでゐる。

東京より西の地點では日南中が或る時間だけ遅れる。従つて二十三時十四分の赤經線の南中も同じ時間だけ遅れる、例へば大阪にては日南中が十七分遅れるからこの赤經線の南中は午後八時十七分である。故に大阪に於て午後八時に南中する赤經線は十七分だけ西即ち二十二時五十七分である。

### 三六 星が現はれる季節の定め方

前節に述べた様に太陽の東西各赤經六時以内の星は見る事が出来ぬ、それ以外の星は夜の中に必ず見ることが出来る。しかし専門家以外のものには見ようと思ふ星が夕方に現はれてゐることが望ましい。それがいつの季節に起るか例について定めよう。

牛飼 $\alpha$ ( $\circ$ )二等赤經十四時十二分赤緯北十九度三十四分の赤緯を二十度とする。北緯三十五度の地點に於て北二十度の赤緯平行圈の地上に表はれる部分は三二節により二百九度三十二分である。故にこの星が丁度東に出づる時南中する赤經線は赤經で  $209^{\circ}32' + 2 = 104^{\circ}46'$  即ち六時五十九分だけ $\alpha$ 星の西にあるものである。故に此の赤經線の赤經は  $14^{\text{時}}12\text{分} - 6^{\text{時}}59\text{分} = 7^{\text{時}}13\text{分}$ である。

日南中を正午、星を見る時刻を午後八時とすれば、午後八時に牛飼 $\alpha$ が丁度東に出づる爲め即ち午後八時に七時十三分の赤經線が南中する爲めには太陽の赤經は此の赤經よりも八時小(西)即ち  $7^{\text{時}}13\text{分} - 8^{\text{時}} = 23^{\text{時}}13\text{分}$ でなければならぬ。

太陽がかゝる赤經を有する日を船海年表によつて求むれば三月八日である。かくて三月八日午後八時牛かひ $\alpha$ はほとぼ東北東の方位から出て来る。

太陽は西から東に向ふ年周運動をするから此の日以後うしかひ $\alpha$ の出現時刻は少しづつ早くなりだん／＼見頃となる。午後八時に此星の南中する日の太陽の赤經は  $14^{\text{時}}12\text{分} - 8^{\text{時}} = 6^{\text{時}}12\text{分}$  即ち六月二十四日。

南中時の高度は二五節により

$$90 - h + s = \phi \quad \text{故に } h = 90 - \phi + s$$

$$\text{然るに } \phi = 35^{\circ}, s = +20^{\circ} \quad \text{故に } h = 75^{\circ}$$

更に其の後午後八時にはだん／＼西に傾いて位置するやうになり遂に午後八時に丁度西に没する日の太陽の赤經は  $14^{\text{時}}12\text{分} + 6^{\text{時}}59\text{分} - 8^{\text{時}} = 13^{\text{時}}11\text{分}$ 。十月十三日。此の日以後は全く見る事が出来ぬ。

### 三七 「星の早見のつくり方

附圖III、IVの赤經緯線は全く同じであるIIIの楕圓様の閉曲線は一つの赤經線の中線として各赤緯平行圈の上に三三節に示した角度を取つて作つたもので、同時に見える天の範圍を示してゐる尙赤道の兩端に東西を記入し中線の兩端に南北を記入してある。一致するやうにIII、IVを重ね、星が閉曲線の中で東から西に動く様に星圖を廻せば曲線内の星の運動はその日周運動の類似である。

星の周圍の數字は日附を示し其の日附は其の日太陽の位置する赤經線を示してゐる例へば零時(二十四時)の赤經線上に三月二十一日がある。六時の赤經線上に六月二十三日がある。

今三月二十一日を夜の十二時と合はす然る時XII線がIIIの南北線と一致する。實際の星空に見るに春分の日の日南中が正午であるならば赤經十二時の赤經線は夜十二時に南中する。故に閉曲線内の星は實際三月二十一日午後十二時の天を示してゐる。

IIIの周圍の時刻は極を中心として角十五度づゝの間隔に記入してある或る

日の日附を各時刻に合すれば其の日其の時刻に於ける星空は閉曲線内に表はれる筈である。

故にIVがIIIの下で極を中心として廻轉し得るやうに装置し閉曲線を切り抜けば星の早見が出来る緯度三十五度以外の地點に使用する爲めに三三節の計算によつて別の閉曲線をつくらねばならぬ。

## 第六章 時

### 三八 時 恒星時

時間の單位は正確なる週期的運動によつて定むるものである。其の最も正確なるものとして現今天球の廻轉即ち地球の自轉に優るものはない。

實際に於て地球一自轉の時間は恒星の日周運動によつて定める即ちある恒星(又は春分點)が南中してから次ぎの日再び南中するまでの時間がそれである。此の時間を一恒星日と名づけ以下時間、分、秒に等分する。





### 三九 太陽時

地球の太陽に對する一廻轉の時間即ち或る日の日南中から次ぎの日の日南中までの時間を一太陽日といふ。人間の活動は晝夜によつて分かるゝものであるから時間の單位として實用上太陽時を採用するが極めて有理である。恒星時は恒星の運動を取り扱ふに便利であるから天文學に用ゐる。而して太陽は年周運動の爲め日々西から東に動くから太陽日は恒星日よりも長い。何故なら、今春分の日の日南中時に恰かも太陽が春分點を過ぎたとする然る時は其の翌日春分點が南中する時刻に太陽はそれよりも東にゐるからまだ南中するに至らない。即ち日南中が春分點の南中よりも遅れる。前日の春分點の南中から其の日の春分點の南中までの時間が一恒星日にして前日の春分點の南中即ち日南中から其の日の日南中までの時分が一太陽日であるから太陽日の方が恒星日よりも長い。

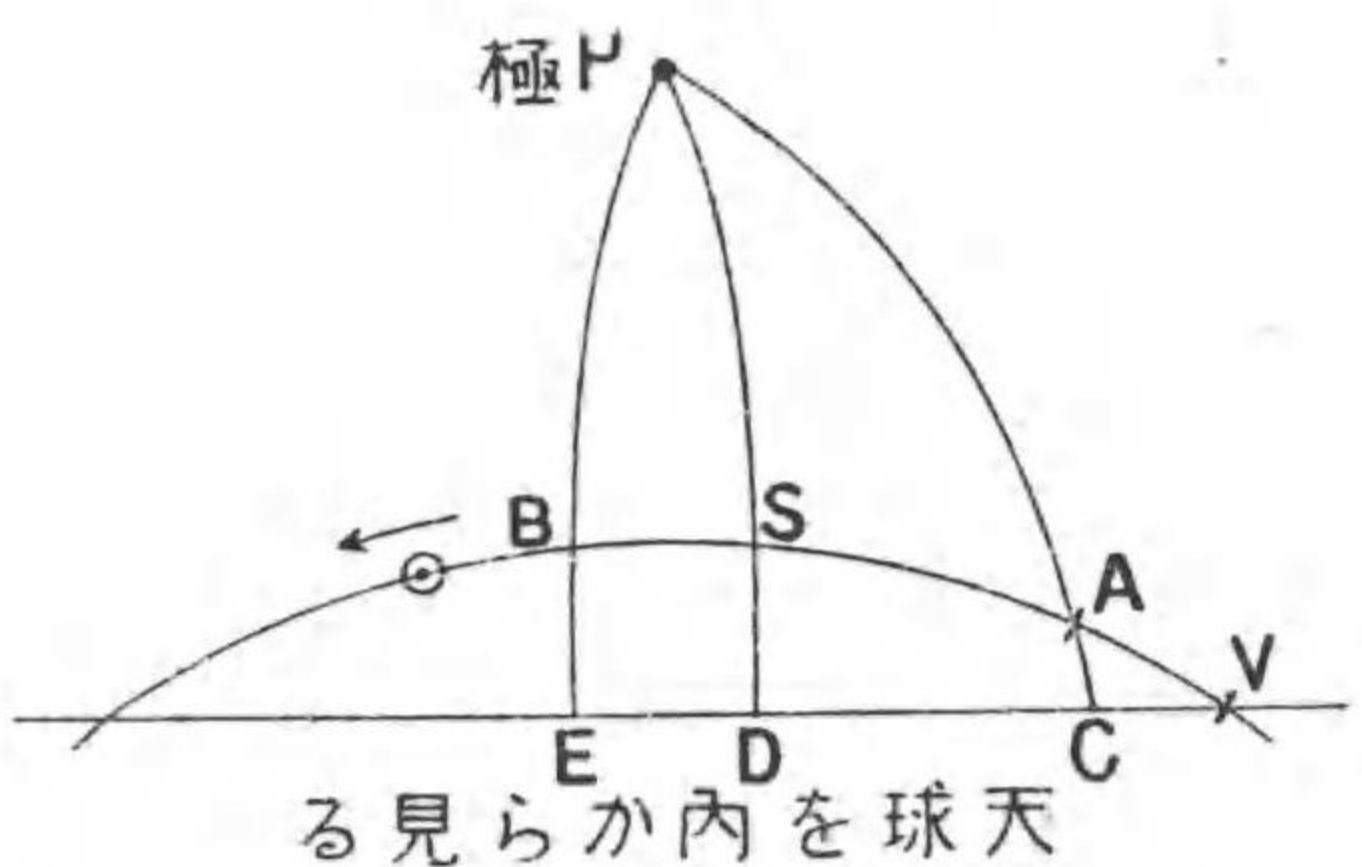
太陽の年周運動は三百六十五日餘に三百六十度即ち一日僅かに約一度である。一度の運行時間は四分であるから兩種の日の長さの差は約四分である。

### 四〇 太陽日の不同

太陽の年周運動によるその赤經の増加が年を通して一定ならば太陽日の長さは一定不變であるが此の増加は常に變化しつゝあるから太陽日の長さも常に變化しつゝある。其の原因が二つある。

① 第一、黄道と赤道と一致してゐない。太陽が黄道の上を一定の速さで運行しつゝあつても分點附近では黄道は赤道と最も大なる角を挟んでゐるが至點附近では兩者互ひに平行してゐるから一日の赤經の變化は分點附近に於て最小、至點附近に於て最大である。従

第五十圖



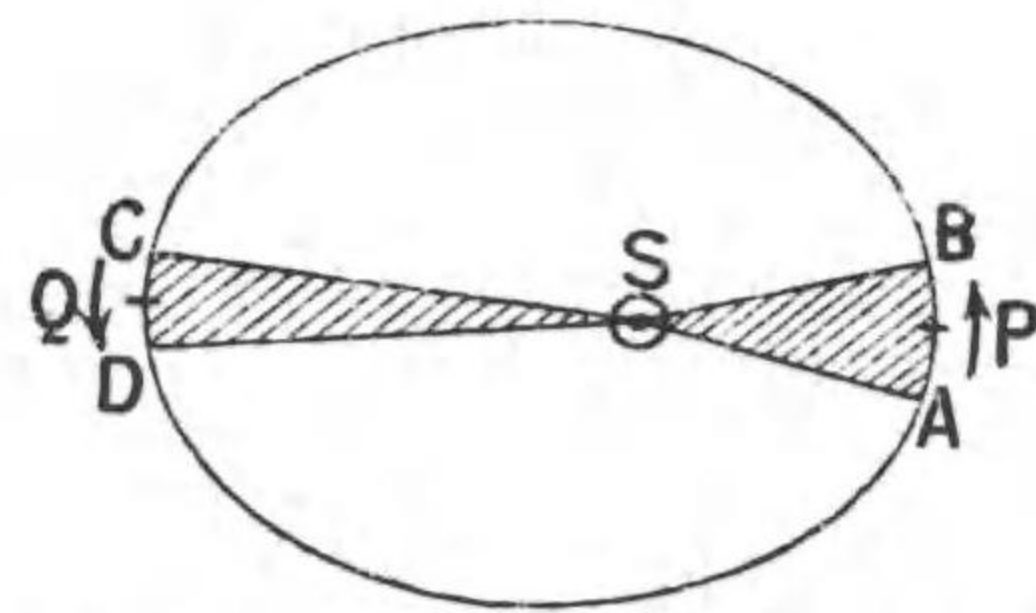
つて此の原因から太陽日は春分秋分に最短夏至冬至に最長である。

第二地球が太陽の周囲をケプレル(Keppler)の

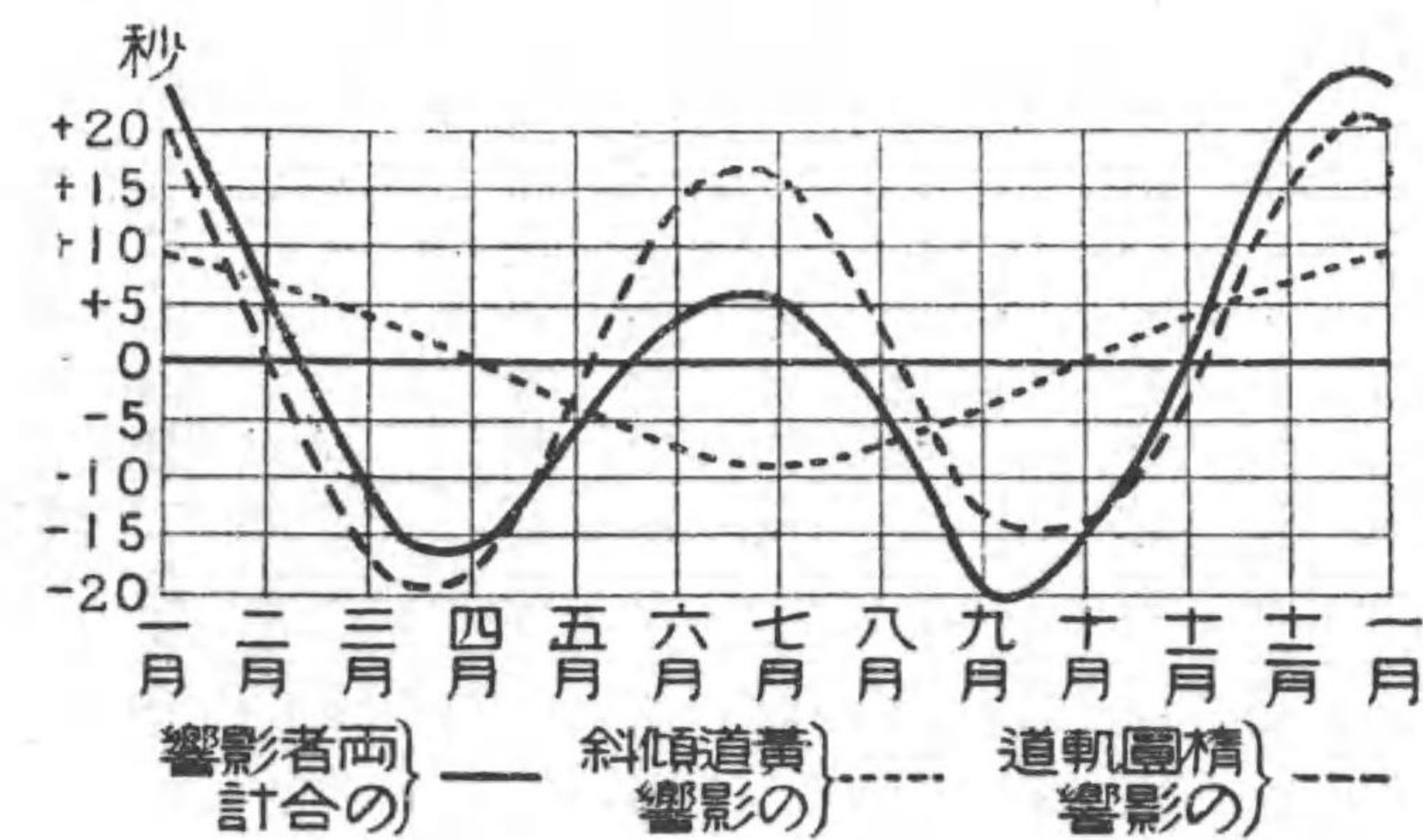
法則に従つて公轉すること。

太陽の天球上に於ける視運動は地球の公轉から來てる(八一節)として公轉の軌道は楕圓をなし太陽はその焦点の一つにある然しその公轉の速さは太陽の中心と地球の中心とを結ぶ直線即ち動徑が同時間に等面積を畫くといふケプレルの法則(九四節)に依つて定まる。従つて公轉の速さは近日點Pに大遠日點Qに小である、本曆一月並び七月の欄

圖六十第



圖七十第



に一月二日日最近七月三日日最遠と記す、されば第二の原因から太陽の年周運動は一月二日に最大、七月三日に最小である従つて太陽日は一月二日に最長七月三日に最短である。

兩者の原因による太陽日の長さの變化を第十七圖に示す。

#### 四一 平均太陽日

太陽日の長さは前述の如く一定してゐないからそれを直ちに時間の單位とすることは許されない。此に於て平均太陽と名づくるものを想像する、これは實の太陽が黄道上の一定點Aを出發すると同時にAと同じ赤經の赤道上の點Bを出發し赤道の上を等速を以て運行し實の太陽がA點に歸ると同時に赤道上のB點に歸り來るものであるとする。かくて平均太陽によつて定めた太陽日を平均太陽日とし以下時、分、秒に等分する、吾々の實際用ゐてゐる時間の單位は此の平均太陽日である。

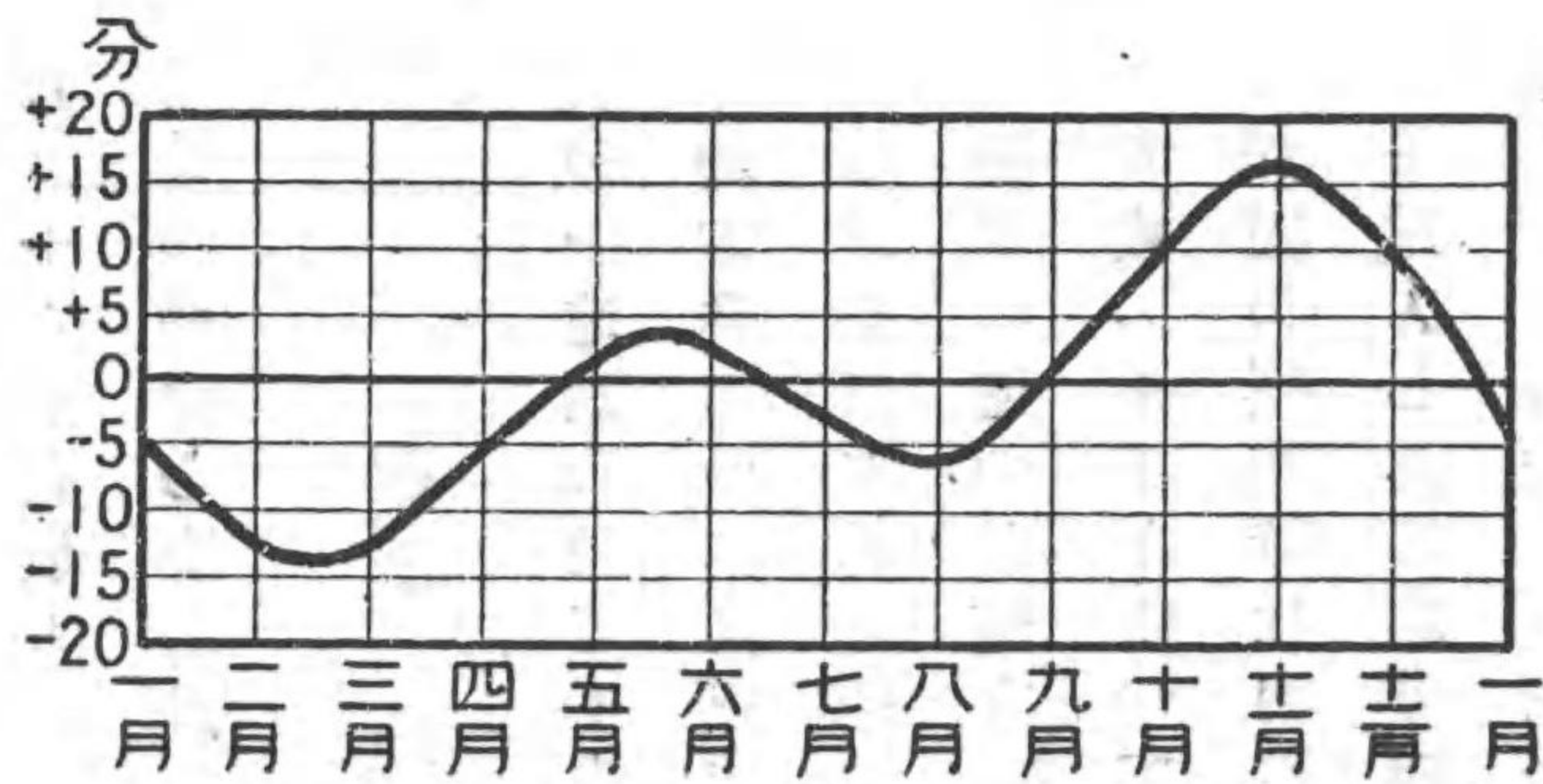
一平均太陽日は恒星時の二十四時三分五十六秒である又一恒星日は平均太陽時の二十三時五十六分四秒〇九で或る恒星が天球一廻轉の時間である即ち恒星が完全に一日周運動をなす時間である。然るに平均太陽の一日周運動は二十四時間を以て行はるゝから星の出没時間は日の出没時間よりも毎日約四分づゝ早まるわけである。

#### 四二 時差

實の太陽と平均太陽との同時出發の赤經線を何う取るか即ち何時兩者の赤經をして等しからしむるかは全く勝手であるが兎も角兩者による時刻の差を最も小さくすることが望ましい。そこで太陽日の最も長い日即ち十二月二十四日の正午に同じ赤經線上にあることゝする。従つて同日正午に於ては太陽時による時刻は平均太陽時による時刻と全く一致する。その他の日に於て吾の實際使用する平均太陽時の時刻を得る爲めに實の太陽による太陽時の時

刻に加ふべき修正(正負あり)を時差といふ。

第十 圖



第六章 時

十二月二十四日時差は零である、其の後太陽日は短くなるがまだ二十四時間より長いのであるから時差は負で、しかも時差は絶えず持ち越されるから負に其の値をだんぐ増して来る、二月十一日太陽日の長さが丁度二十四時間になるから時差の増加は止まつて負に最大十四分二十五秒となる。二月十一日以後太陽は二十四時間以下となるから負の時差はだんぐ打ち消されて四月十五日に遂に零となり平均太陽は實の太陽と同じ赤經線上に来る。

其の後時差は正となり、五月十四日最大三分四十八秒。後漸く減じ六月十四日零となる。其の後は

負七月二十六日負最大六分二十秒。九月一日零、十一月二日最大十六分二十一秒。其の後減少し十二月二十四日零となる。

#### 四三 地方時、標準時

地表の一地點に於て平均太陽南中時刻を其の地の正午とする。之れを其の地點の地方時といふ。同經度の地點の地方時は同一であるが經度を異にすれば西にある地點ほど其の地方時は經度十五度毎に一時間の割合で遅れてゐる。各地點毎に違つた地方時を用ゐることは非常に混雜でしかも非常に不便であるから或る地域を限つて同じ時刻を用ゐることに規定する之れを標準時といふ。我が國の標準時は明石市の東部を過ぎる九時(東經百三十五度)の子午線を標準子午線とし其の地方時を中央標準時と定める。グリニッチ標準時に比し九時間進んでゐる特に關東州臺灣附近には之れより一時間遅れてゐる地方時を用ゐる之れを西部標準時といふ。

標準時をなるべく廣き範圍に用ふるは望ましくはあるがそのはし／＼の地點に於てその地方時との差のあまり大なるは不自然であるから此の差を大體三十分以内に止むるを普通とする。

世界各地の標準時は本曆四十九頁に示されてある。

#### 四四 時の報知

東京天文臺に於ては夜が晴れてある限り常に恒星を觀測して正確なる時刻を定め毎日各地に之れを報告してゐる。此の爲め毎日正午三分前凡べての電信局は同時に通信を中止して正しき正午を受信する。殊に洋上に於て其の位置を定むる必要上缺くべからざる時刻を船に報ずるため横濱、神戸、門司、長崎に於けるタイムボールが電氣装置により天文臺から直接に落とさるゝボールの落ち始むる瞬間が正午である。尙仁川に於ては直接觀測によつて正時を得タイムボールを落とす。又東京天文臺は船橋、銚子の無線電信局を経て日曜日を

除き毎日午後九時を報じてゐる、電波傳達距離にある船上陸上の凡べての受信装置は此の時報を受けることが出来る。

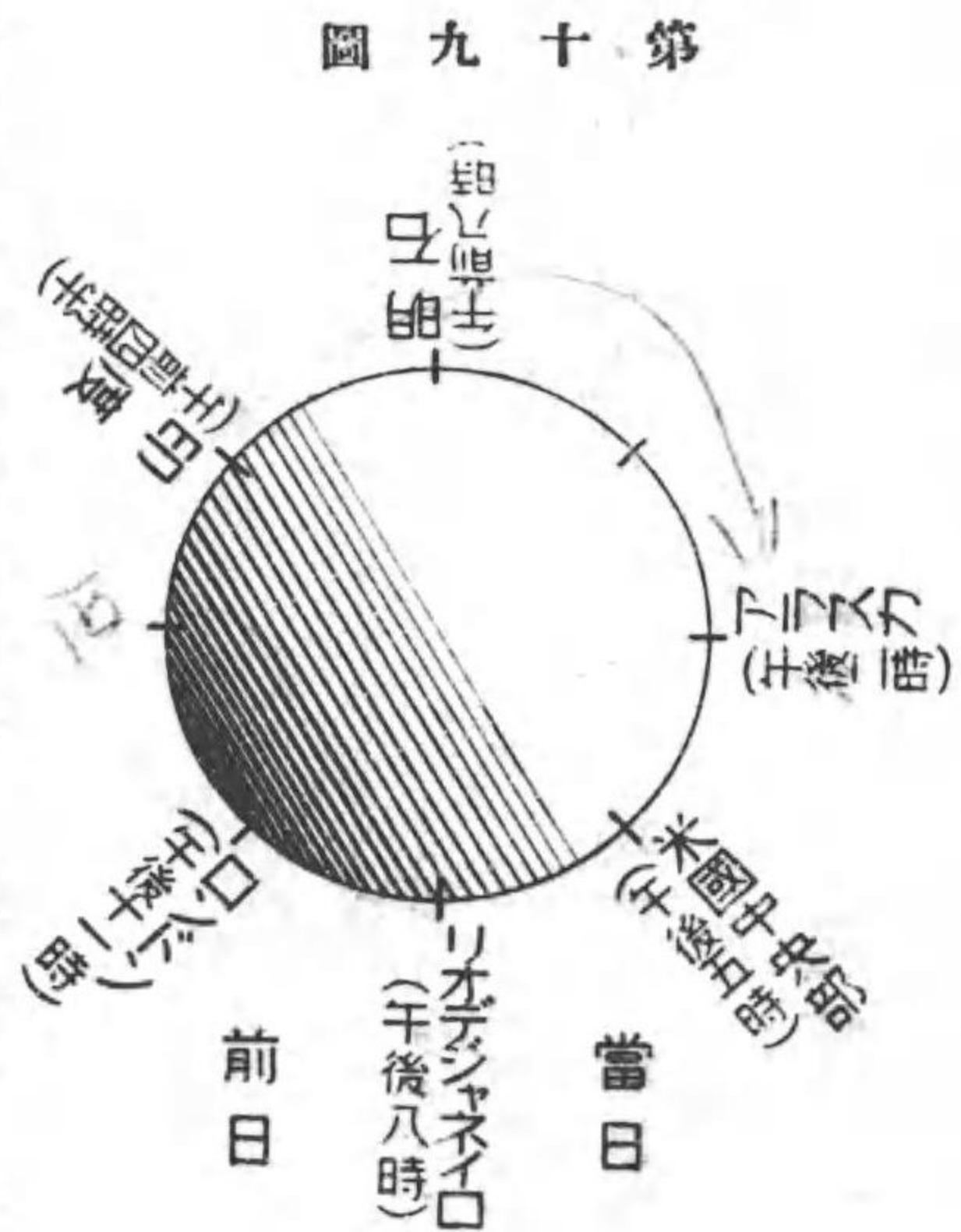
### 四五 日附變更線

前節述ぶる如く地球上に於て東西に經度十五度を距つる毎に一時間宛異れる標準時を用ふるとして、或る瞬時に於ける各地の時刻を考へて見やう。

今時は三月十日我が中央標準時の午前八時であるとする、我が國より東アラスカに於て標準時は我が國のそれよりも六時間進んでゐるから已に日南中を過ぎて午後二時である、米國中央部に於ては午後五時である、尙東に進み明石より經度百八十度を距つる南米リオデジャネイロに於ては三月十日午後八時である。

反對に西に進めば印度にて標準時は三時間半遅れてゐるから三月十日午前四時半、英國の標準時は我國のに遅るゝ事正に九時間であるから時はまだ三月

十日の眞夜中前即ち三月九日午後十一時である、明石より經度百八十度西に距



つる地方にては正に三月九日午後八時である、その地點はやはりリオデジャネイロである。然らばリオデジャネイロに於ては同一瞬間が三月十日午後八時であると同時に三月九日午後八時でなければならぬ。之れは實際成立すべからざることである。此に於てリオデジ

ャネイロを過る子午線を境としそれより東は三月十日午後九時、西は三月九日午後九時となすことに規定すれば此の不都合は無くなる、かゝる子午線を日附變更線といふ。

されば日附變更線の東西に於て時刻は同じであつても日附けが一日違ふ、かかる線を人の多く居住する場所に設けることは許され無い。勿論日附變更線

を何處に設くるも全く自由であるから太平洋の中央東西經共に百八十度の子

午線を採用ししかも

島嶼は便宜之れを避

くることとする。

かくて定められた

日附變更線を西から

東に通過する船は日

附を一日減する代り

に翌日再び同じ日附

を用ゐ、又東から西に通過する船は日附を一日飛ばすこととする。

第十二圖



#### 四六 恒星年と回歸年

日に太陽日、平均太陽日、恒星日等の種類があるやうに年にも恒星年、回歸年等

の種類がある。

恒星年とは太陽が恒星に對しある位置から出發し天球を丁度一周して元の位置に歸るまでの時間即ち地球が太陽の周圍を丁度一周する時間にして、其の長さは

365日 6時間 9分 5.4秒 = 365.2564日 (平均太陽時)

である。

回歸年は太陽が春分點を通過して天球を一周し再び春分點を通過するまでの時間である、春分點が東から西に移動するから(四九節)回歸年は恒星年より短

く  
365日 5時間 48分 45.92秒 = 365.2422日 (平均太陽時)

である。

季節は日赤緯により、日赤緯は分點の位置によりて定まるから、年と季節とを合はす爲めには年としては回歸年を採用すべきである、吾々の普通用ゐる一年

は一回歸年である。

### 四七 時刻の簡單なる定め方

親切なる郵便局電信を取り扱ふに就いて正しき時刻を得るが最も簡單である。しかしあまり正確を望まぬならば實測によつて比較的簡單に之れを得ることが出来る。

第一、日時計による方法。日時計に付いて先づ子午線の方角を定め(二二節)その棒の影によつて日南中の時刻を測定し、其の瞬時に於ける任意の時計の示度を讀む。豫め本曆によつて其の日東京に於ける日南中の時刻並びに觀測地點と東京との經度差を求めて其の日其の地の日南中時刻を得る。依つて使用した時計の指時の誤差を得従つて正時を得ることが出来る。

#### 第二特別の日時計による法。

第二十一圖は天球を、外東の方より見た圖である。NPZQSは子午圈、E'Qは

赤道Tは太陽、DTCは太陽の日周圈を示す。太陽Tは二十四時間を以て天球

を一周するから太陽を含む赤經線の面PTP'も一晝夜に天球を一周する。

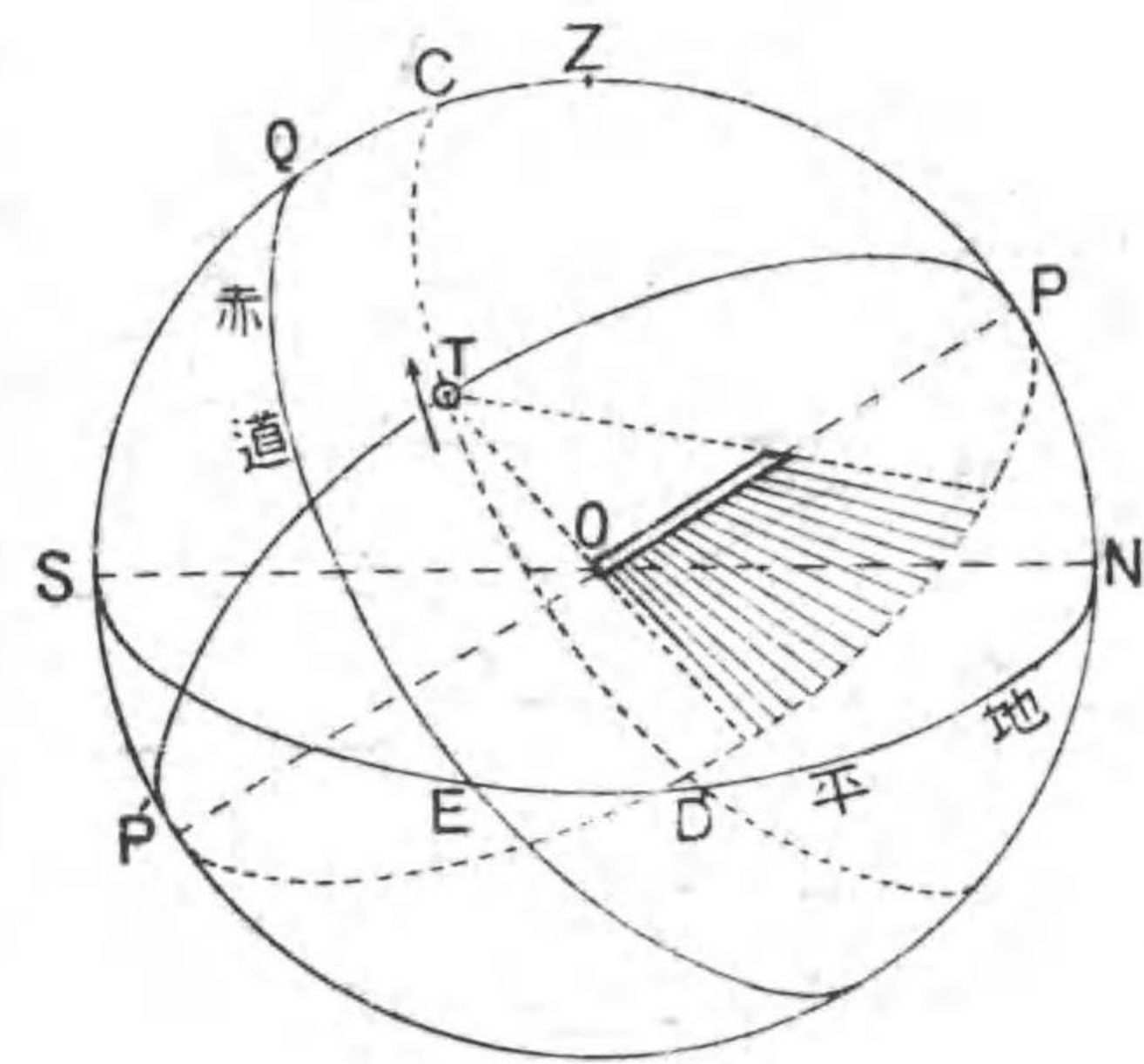
天球の廻轉軸と一致して細い長い眞直な棒を置けば太陽によつて生ずる棒の影は一平面をなしPTP'の延長と一致し太陽と同様天球を一晝夜に一周する。

#### 第二十二圖

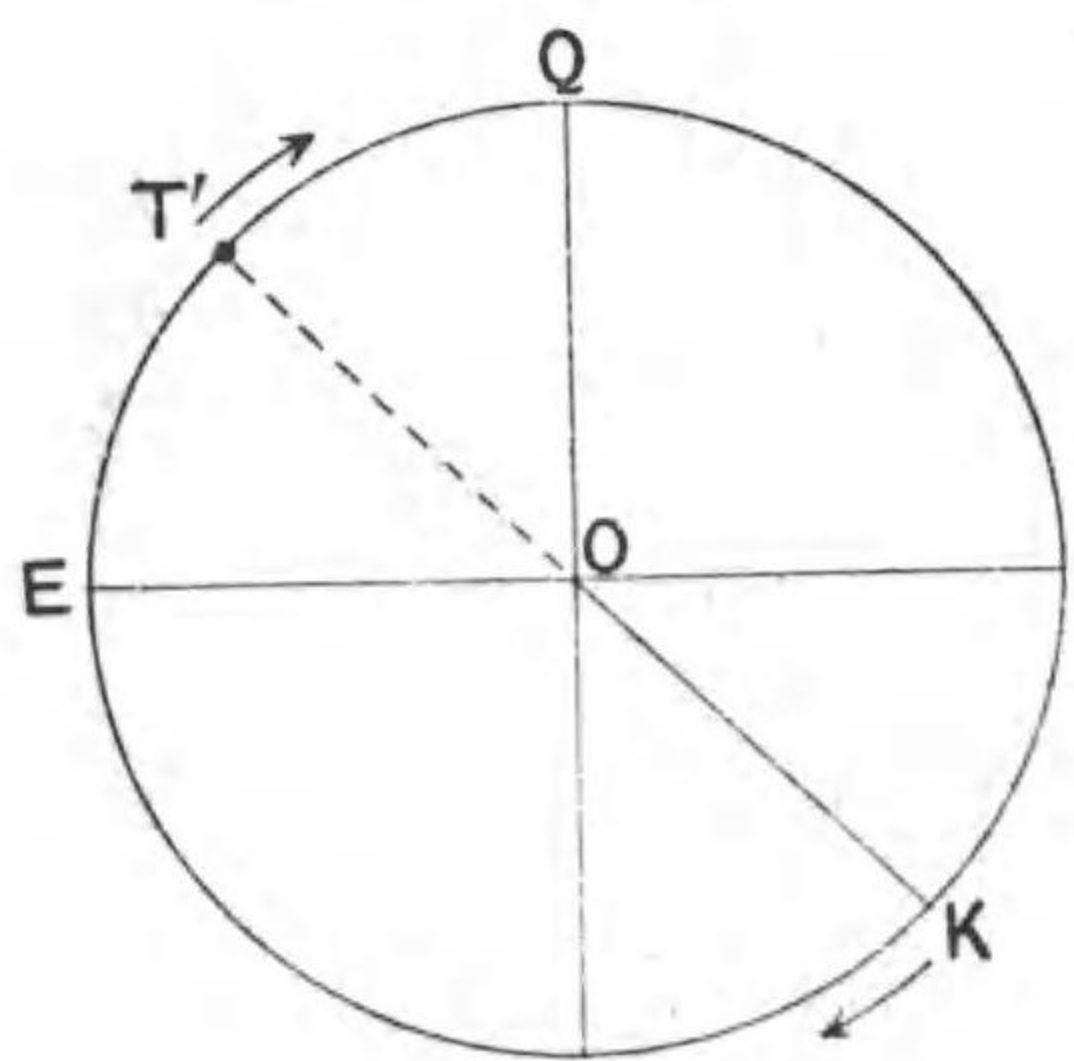
は天球の赤道

面による切口を北極の方より見た圖である。O'T'は太陽を含む赤經面の切口、OKは影の面の切口にして之れ等は一直線をなして一晝夜に三百六十度即ち一時間毎に十五度づゝの速さを以てO

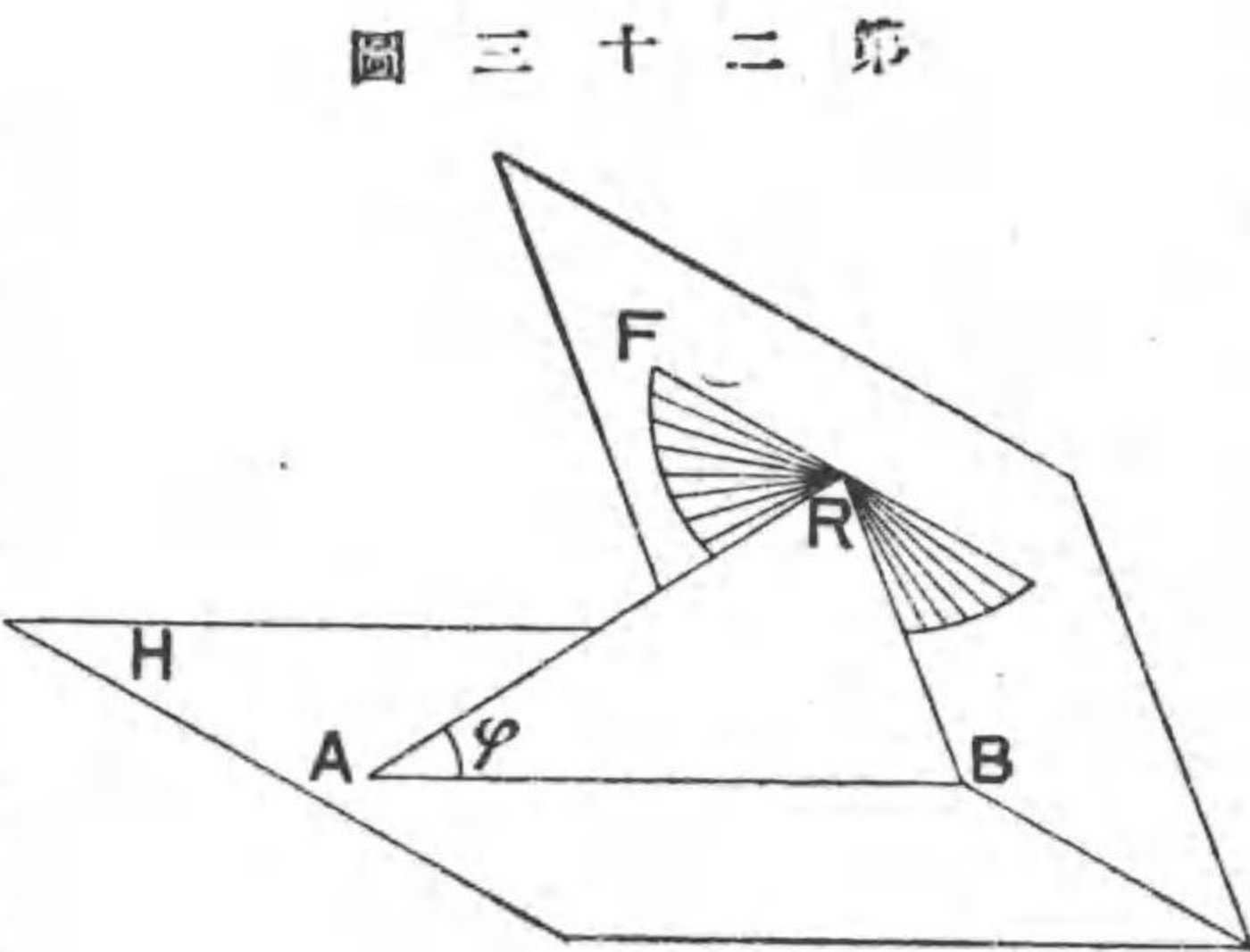
第二十一圖



第二十二圖



を軸として廻轉する。故に日南中の時刻とOKの位置とを知れば其の地の方位を求むることが出来る。



第三十二圖

第二十三圖は此の原理に従つて地方時を定むる日時計を示す。三角板ABRは角Aが其の地の緯度に等しく角Rが直角なる様につくられてある。此の三角板を板Hの上に二面互ひに垂直をなす様に固定す。次に他の平面板FをARに垂直なる様に固定す。板Hを水平に据ゑ且つABを正南北の方向に向ける。然る時ARは正に天球の軸と一致し板Fは天球の赤道面と一致してゐる。

かくて太陽がFに投ずるARの影は第二十二圖のOKであつて日南中に於てRBと一致する。依つてRを中心としRBから左右に十五度づゝを隔てゝ放射線を引けばARの影は日南中の前後一時間毎にその線を過ぎて行く。か

くてその日の日南中時刻を知つて正時を求むることが出来る。此の装置がまことの日時計である。

又正しき時計を有すれば此の日時計によつて方位を知ることが出来る。即ちF上に投ずるARの影を時計の時刻と同じ時刻を示すやうにHを据ふればABは子午線の方角を示す。

#### 四八 方位の簡単な定め方

天文學的に南北の方角を知る方法は夜間は北極星により、晝間は日時計によれば最も簡単である。又東西の方角を知るには夜間は出でつゝある又は没しつゝある赤道上の星例へばオリオンと星晝間は日出日没季節を知つてによれば簡単である。而して此に正しき時計を有する時計によつて日照ある時、簡単に子午線の方角を求むる方法がある。

南面して座し其の指示板を己れの方に向け板が赤道面と一致する様に時計



を立てよ、然る時、時計の短針每一時間の進み方は  $360 \div 12 = 30^\circ$ 。又太陽を含む赤

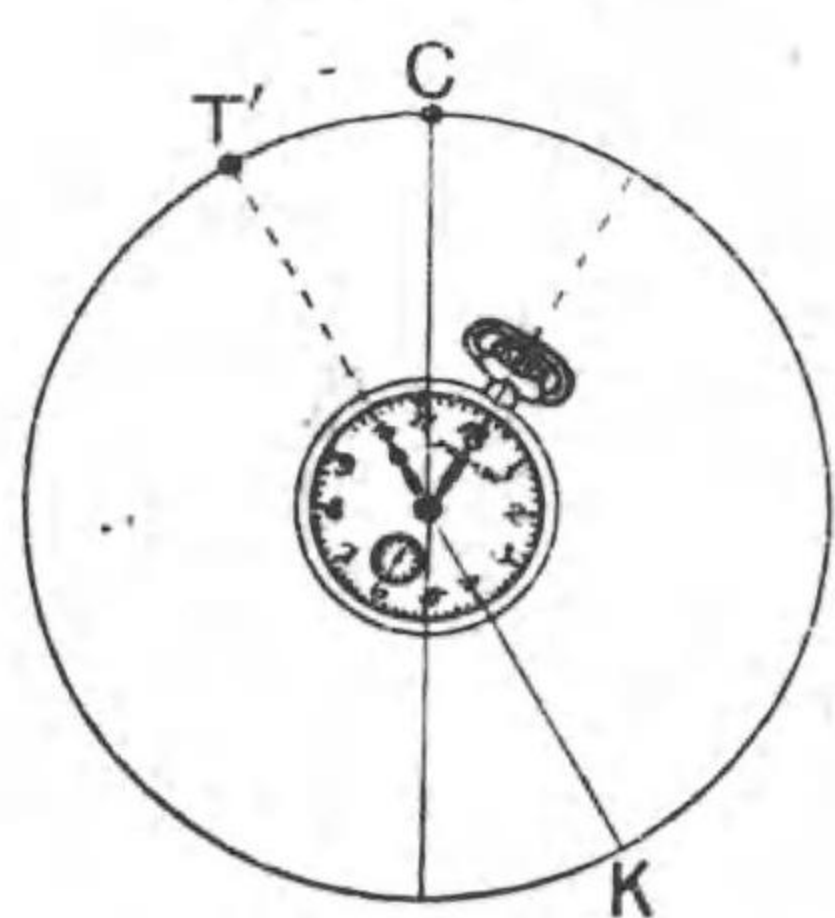
經面の切口  $OT'$  の進み方は毎時間十五度で短針の進

み方の二倍である、しかし進む方向は同じである。

時計の針の軸を軸とし指示板の向き並びに傾きが不変なるやうに時計をまはし短針が丁度太陽を指すやう即ち  $OT'$  と一致するやうにする。

今観測時刻を午前十時、日南中を正午とすれば日南

第二十四圖



中までに短針が廻轉すべき角は六十度、 $OT'$  の廻轉すべき角は三十度である。

故に短針と一致する  $OT'$  から量つて指示板の XII は六十度先き、子午線面の切口は三十度先きにある、故に子午線面の切口は指示板上 X と XII との丁度中間即ち

XI と一致してゐる。故に前述の如く時計を置き短針を太陽に向ければ短針と

XII 線との挟む角の二等分線の方が子午線の方角である。

今方角を知らず従つて赤道面の方向を知らざる時に於て短針が太陽の方角

を指すやうに時計を水平に置いて前述の方法により略子午線の方角を定めることができる、勿論これによつて定めた方位は極大體のものであるが然し用具が只懐中時計のみにて而も方法の極めて簡單なることに特長がある。

## 第七章 分點の移動

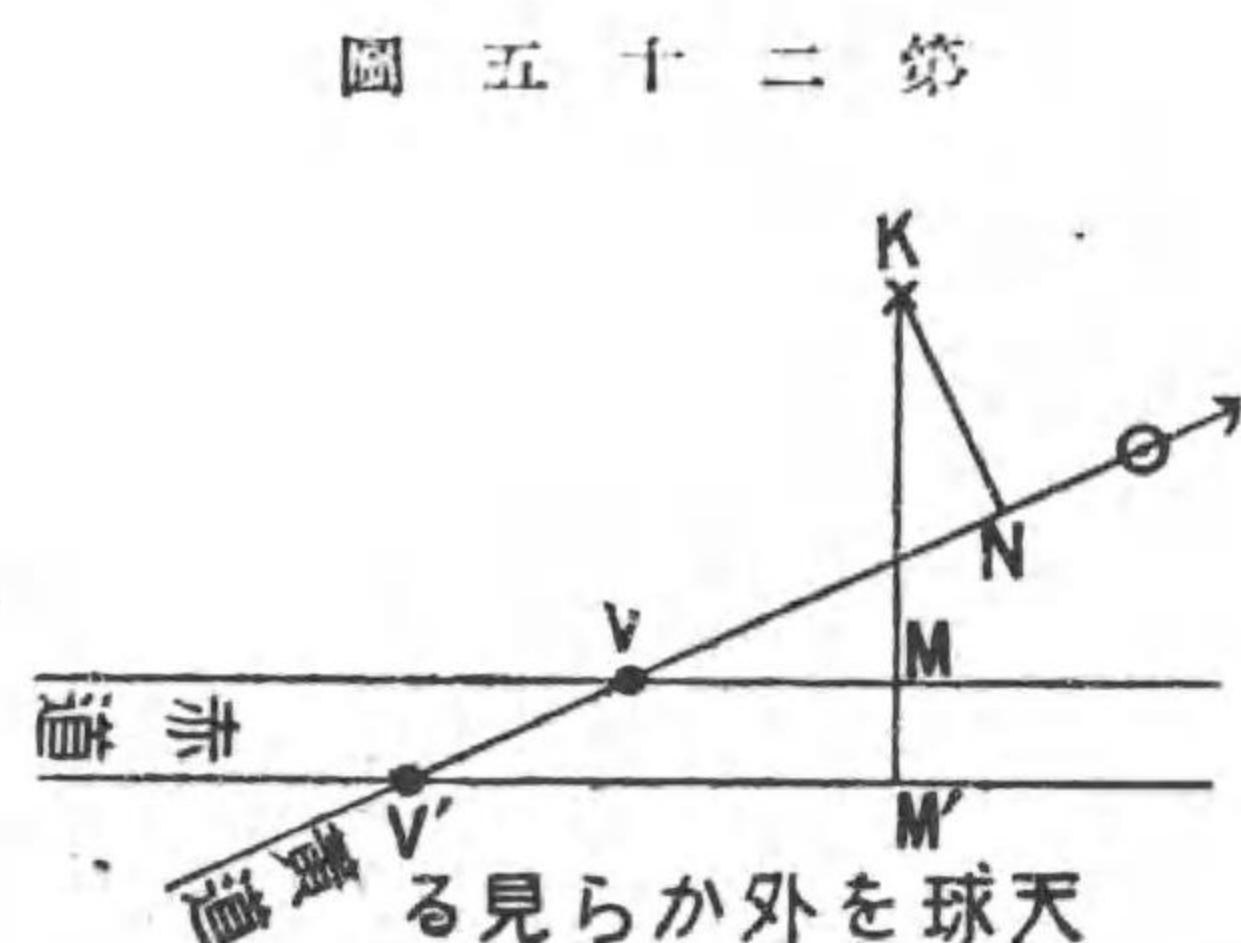
### 四九 分點の歳差

西曆紀元前一二〇年希臘のヒパーカス (Hipparchus) は新たに星の表をつくるため、多くの恒星の位置を測定して之れを先人の星の表と比較した。然るに各星の赤緯は不変なりしも赤經は皆一樣に以前のよりも増してゐることを見た。氏は此の事實から春分點が黃道の上を西の方へ僅かづゝ移動しつゝあると論じ其の移動の速さは一年毎に少くとも三十六秒であると計算した。

現今精密なる觀測によれば星の赤經は極めて僅かづゝ變化しつゝある、又黃緯は不変なるも黃經は各星同様に増しつゝある、然らばヒパーカスの結論に誤

りはない(第二十五圖参照)しかしその移動の速さは毎年五十秒二である、これを分點の歳差といふ。かくて分點は約二萬五千八百年で黄道を一周する。

### 五〇 天球の極の移動



第二十五圖

前節の如く黄道が其の位置を變へないで分點が移動するは結局赤道が絶えず移動しつゝあるといふことである。然るに赤道は天球の極を極とする大圓であるから赤道の移動は天球の極の移動を意味する。

而して黄道面と赤道面との挟む角は一定(嚴密にいはゞ極めて僅少の變化がある)にして二十三度二

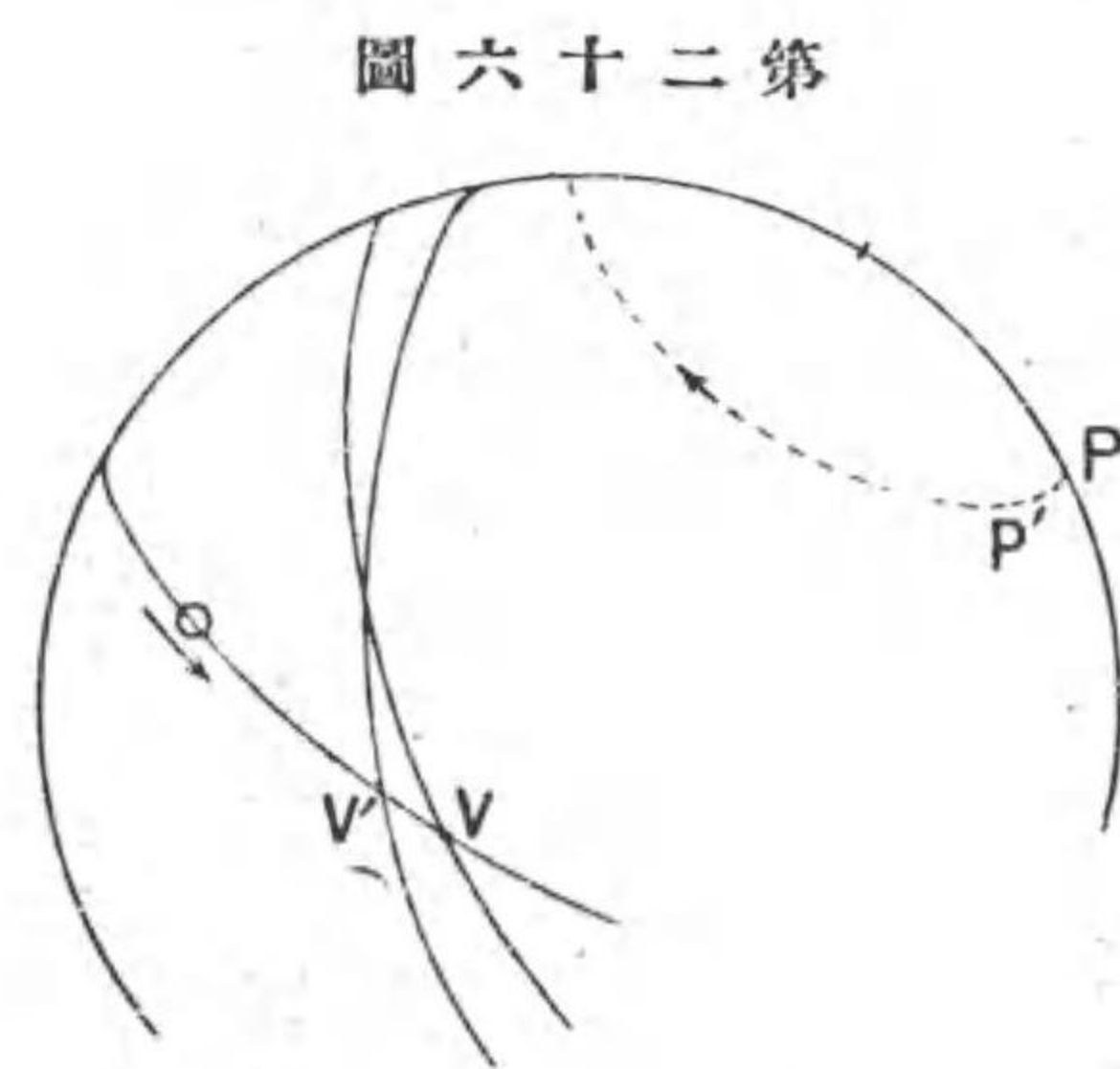
十七分であるから黄道の極と赤道の極(天球の極)との距離は二十三度二十七分である(第二十六圖参照)従つて極の移動する道は黄道の極を中心として半徑弧二十三度二十七分の圓周をなしてゐる。(附圖I参照)

現在天球の極は小熊 $\alpha$ に近きたためこの星を北極星と呼んでゐる今後極は尙此の星に近より西曆二一〇二年頃最も接近して其の距離僅かに二十七分三十七秒、後漸くはなれ行き約一萬二千年後織女星に近づき此に光輝強き北極星を得るやうになる。

今から約四千年以前の北極星は龍 $\alpha$ であつた、エジプトに残れるピラミッドの隧道が皆此の星に向つてゐる處から考ふれば此の形大な建設物は其の國に於ける天文學の歴史を語るものである。

支那に於ては以前小熊 $\beta$ を「天帝」今の北極星を「天后」と呼んだ、此の時代極が $\beta$ 附近にあつた證左と見らるる、然らばそれは今より約三千年以前である。

### 五一 章 動



第二十六圖

圖七十二第  
天球を内から見る



九二秒に過ぎぬ。

分點の動き方に多少の不規則があり従つて極の移動の道は正しく圓周でなくて第二十七圖に示すやうに小なる凸凹があることを発見したのは英國ブラドレー (Bradley) である。之れを章動といふ氏は尙其の週期を見出すために一七二七年から二十一年間觀測をつゞけ其の値十八年六を得た。章動は最大限

## 第八章 月の視運動

### 五二 月の視運動

月が毎日東に出て西に没するはいふまでもない。しかしその晝間の出没は日光に優越せられて見ることが出来ない。夕方西の空に於ける三日月の出現は其の時刻に天球のその位置に湧き出たのでは無い、己に晝間東に出てその場所まで日周運動をなしたのである。

月が星空の中を西から東に移動しつゝある事實は夜間に於て二、三時間をよりよくば一日を隔て、他の恒星と月との相對的位置を見れば直ちに認めることが出来る。此の運動は太陽の年周運動に似しかも其の速さが太陽のそれよりも遙かに大である。

月の恒星間を動く道を白道といひ、恒星に對し或る一點から出發し天球を一周して再びもとの位置に歸るまでの時間即ち或る赤經線を横ぎつてから次ぎに再びその赤經線を横ぎるまでの時間を恒星月といふ。

一 恒星月の長さは

27日 7時間 43分 11.5秒 = 27.32166日

である。此の時間に月は赤經で三百六十度を運行するのであるから、一日には平均赤經十三度十分三十五秒づゝ運行する。尤も之れには多少の不規則を伴うてゐる。

### 五三 月の盈虧

恒星間に於て東に向ふ一日の運行は太陽は五十九分八秒、月は十三度十分三十五秒であるから月は太陽に對し日々赤經にて約十二度十一分二十七秒づゝ東に向つて移動する。

月が太陽の少し東にあつて夕方西天低くかゝつてゐる時は所謂利鎌の月となり鎌の背を太陽に向けてゐる。その後日々赤經約十二度一分づゝ太陽から遠ざかるにつれて月はその輝く部分を増す、兩者互ひに赤經九十度を距づる時月は恰も半月となり大體月南中は日南中に六時間遅れる、此日出つる月の上半が輝く處から上弦の月といふ。その後兩者百八十度を距てる様にならば日月は吾々を中に東西相對し南中時の差は約十二時間となり満月をなす、かゝる位置にある時月は太陽と衝をなすといふ、其の後は月は太陽の西に移り九十度まで近づけば即ち赤經二百七十度東再び半月となり月南中は日南中に先だつ

事約六時間。此の日月は夜半太陽の先驅をなし下半を輝かしつゝ出る下弦の月といふ。爾後漸く利鎌の殘月となる。月いよく太陽に近づき遂に兩者同じ赤經線上に來らば全く暗黒の新月となる、かゝる位置にある時月は太陽と合をなすといふ。

新月の時刻朔、満月の時刻望、並びに上弦下弦は本曆四十四頁に記されてある。本曆毎日の欄に付て上弦下弦の日に於ける日月南中の差を求むるに其の値六時間とならず、又望の日のそれは十二時間とならぬ、之れは月の太陽に對する運行速きが爲めである。又日月共に赤道にあるならば太陽と満月とは東西の地平に相對するであらう。

### 五四 朔望月

月が太陽に對して天球を一周する時間即ち朔から次ぎの朔まで又は望から次ぎの望までの時間を朔望月と名づける

日食は朔に、月食は望に起るのであるから長期間に於ける日月食の観測から一朔望月の長さは極めて精確に測定され次ぎの値を得てゐる。

29日 12時間 44分 2.8秒 = 29.530588日

恒星月、朔望月の長さは共に常に變化するもので甚しきは二時間の差がある、前顯の値はいづれもそれ等の平均値である。

### 五五 朔望月、恒星月及び恒星年の關係

今朔望月をP日、恒星月をM日、恒星年をE日とすれば、月が天球の上を東の方へ動く速さの平均はそれ〴〵、赤經で毎日  $360^\circ + E$ 、 $360^\circ + M$  度である、然るに月が日に對し東の方へ動く速さは毎日  $360^\circ + P$  度である。

然るに日月運動の方向は一致してゐるから兩者の速さの差は月の日に對する速さである、即ち

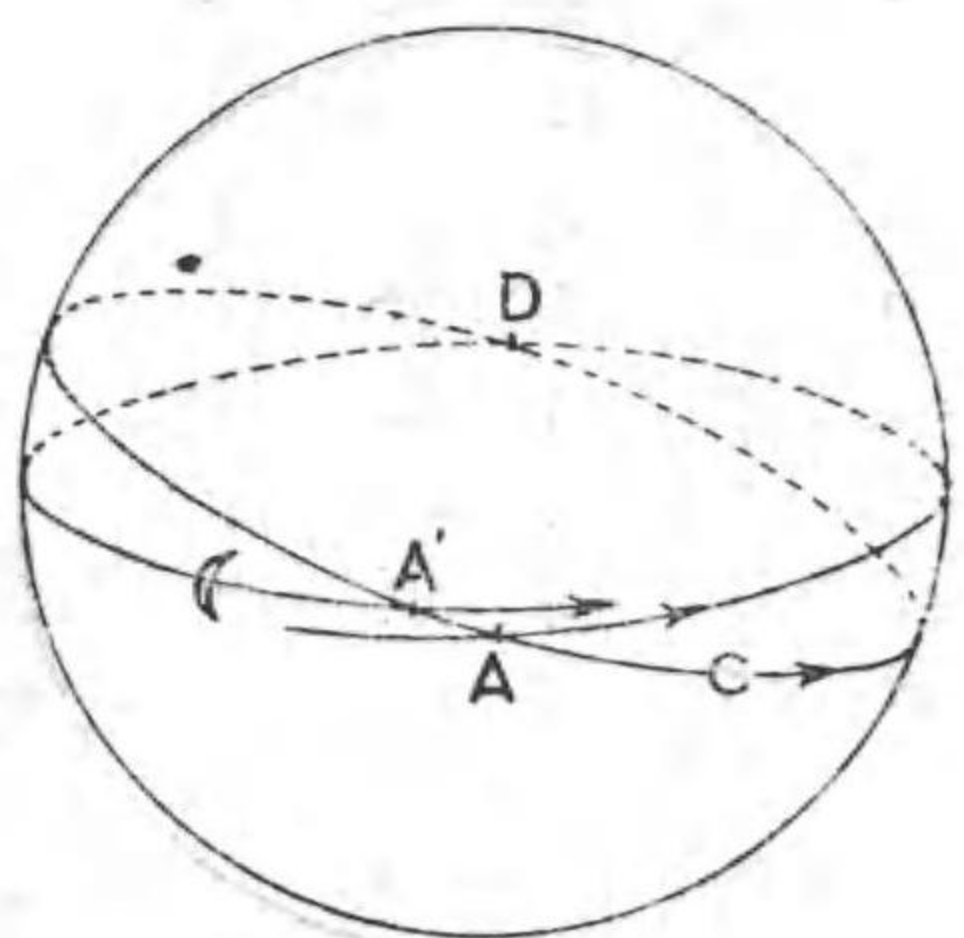
$$\frac{360}{M} - \frac{360}{E} = \frac{360}{P} \quad \text{故に} \quad \frac{1}{M} - \frac{1}{E} = \frac{1}{P}$$

### 五六 黄道と白道

毎夜或る時刻に於て恒星に對する月の位置を定めて白道を求むれば、白道は大凡天球の大圓にして常に黄道と非常に接近せるを知るは容易である。而して精密なる観測によれば白道面と黄道面とのなす角は四度五十七分乃至五度二十分の間に変化し平均五度九分である。

白道と黄道とは二點に於て交はる、就中月が黄道を南から北へ横ぎる點を昇交點、他を降交點と名づける、赤道と黄道とに於ける分點に相當してゐる。分點に歳差があつたと同様昇降交點も黄道の上を東から西へ移動する其の週期は僅かに十八年六である。即ち白道の昇降交點は十八年六を以つて黄

圖八十二第



道上を一周する。従つて一恒星月に一度二十七分づゝ西に移動する。

## 五七 月の出沒時刻

今前日、日月合をなしつゝ南中せりとす、然らば當日の日南中には月は已に十二度十一分だけ東に移つてゐるから月の南中は遅れる、その日南中の時刻に月の位置した赤經線が南中するまでの時間は日南中より四十八分四十四秒である、此の時間内にも月は運動をつゞけてゐるから此赤經線が南中する時刻には月はその赤經線から赤經二十四分四十四秒東に移つてゐる。されば月が南中するまでには少くとも尙一分三十九秒を要する結局日南中から五十分二十七秒約五十一分を経て月は南中する、之れ日々の月南中の遅れの平均である。

月出沒(月は盈虧を有するによりその出沒は中心の出沒を示す)の日出沒に對する時刻の遅れは日月の赤緯によつて差等がある事は二一節から容易に了解さるゝであらう。若し日月共に赤道にあらば日々の遅れは平均約五十一分となる。

東京に於ける月出、月南中、月入の時刻は本曆毎日の欄に記されてある、前述の事實はそれによつて知らるゝ。なほ或る日の月南中から次ぎの日の月南中までの時間は平均二十四分五十一分であるから、月がその日の午後十一時過ぎに南中することあらば翌日には月南中を缺くべきは明らかである。月出入に付ても同様である。

大正十四年曆に於いて十一月三十日の欄を見るに月南中午後十一時四十五分である従つて翌十二月一日には月南中を缺いてゐる、尙此の日、月の出は午後五時二十二分月の入は午前六時五十六分であるが此に入る月は午後五時二十二分に出た月ではなく前日に出た月である、又午後五時二十二分に出た月は翌日の月入に沒することはいふまでも無い。

## 五八 月 齡

本曆二頁に月齡を次の如く與へてゐる。

月齡 中央標準時正午ノ値―朔ヨリ算ヘタル日數

即ち新月の時刻即ち朔からその日中央標準時の正午までの時間を日數で示した數値が其の日の月齡である。

例へば大正十四年十月十八日午前三時六分に新月となつた、此の時刻が朔である、此の朔から同日正午までの時間は八時間四十四分である。之れを日單位に換算すれば〇・三六四日である、依つて十月十八日の月齡は〇・四である。従つて翌十九日の月齡は一・四二十日は二・四……一日に一づゝ加はる。

然るに一朔望月は二十九日五三であるから月齡は最大二・九五を越ゆることは無い。十月十八日から毎日一づゝ増した月齡は十一月十六日に至つて二・九四となつてゐる、従つて次ぎの新月は此の日午後に起らなければならぬ、果せる哉本曆四十四頁に十一月十六日午後三時五十八分朔とある。此の朔から十七日正午までの時間は二十時間二分即ち〇・八三五日である、従つて十七日の月齡は〇・八である。

五九 冬の満月と夏の満月

月は黄道に接近して一ヶ月に天球を一周するから其の出沒方位の變化、南中時の高さの變化は太陽が四季を通じてなすそれ等と同様の變化を一ヶ月で完了する。しかし吾々は夕方月の外は殆んど見無いから此の變化は吾々の注意を引くことが少ない。

此に注意すべきは望の前後に於ける南中時の月の高さの季節による變化である。満月は月が赤經百八十度を隔てゝ天球の上に東西に相對する時に起る、然るに太陽は夏は夏至點附近に、冬は冬至點附近にある。しかも月は黄道を多く離れ得ないのであるから夏の満月は冬至點附近に、冬の満月は夏至點附近になければならぬ、従つて夏の満月の赤緯は南、冬の満月の赤緯は北であつてしかもいづれも其の値最大に近い。

前述の理由から夏の満月は冬の太陽に比すべく、冬の満月は夏の太陽に比す

べきである即ち満月の南天に於ける位置は夏に低く冬に高き筈である。「猛虎一聲山月高」きは白皚々たる山景を示してゐるのである。

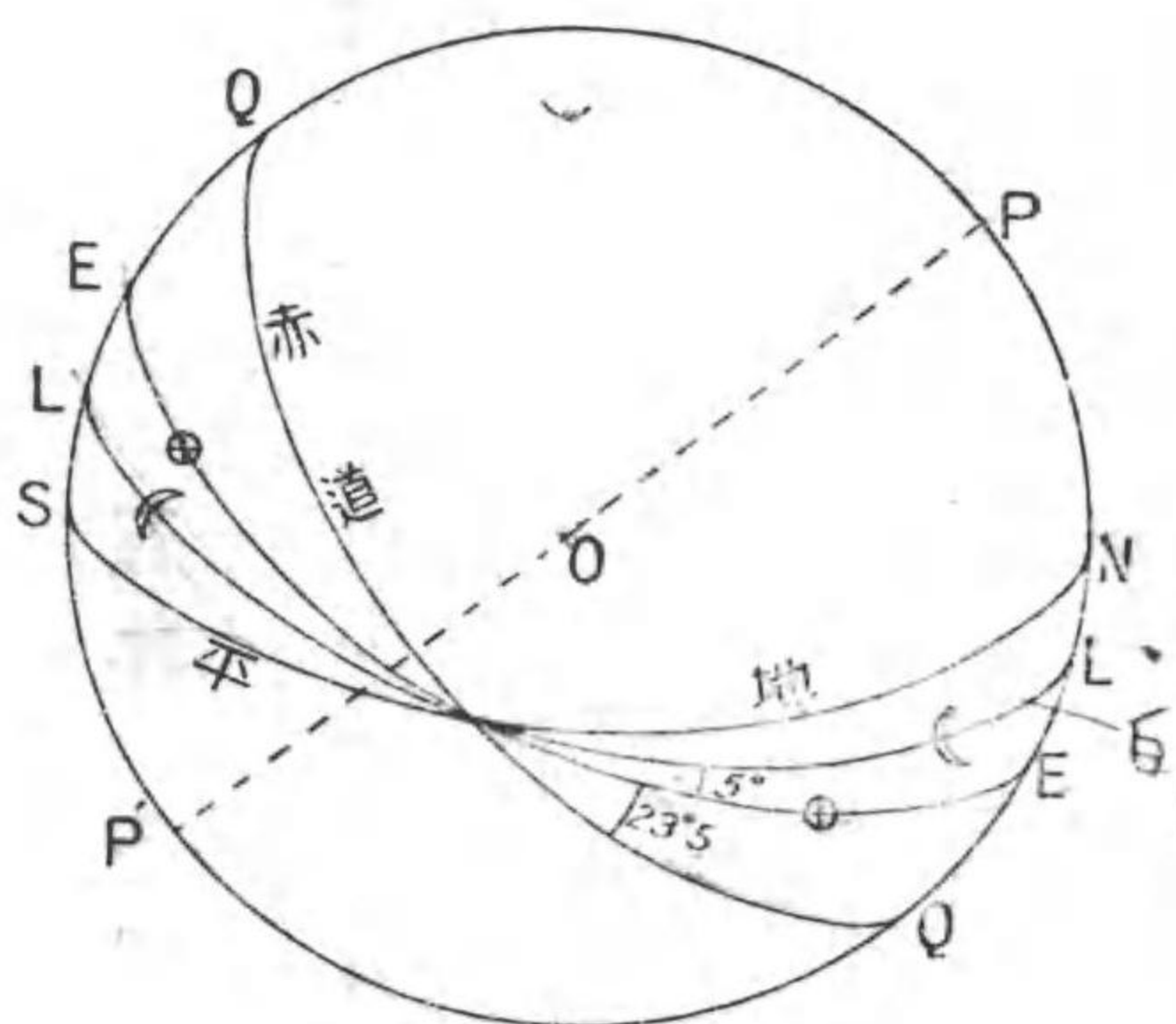
六〇 收穫月 狩獵月

黄道の上で春分點と昇交點とは共に西の方に移動しつゝあるが兩者の速さが異つてゐるから何時か兩者相合ふ時がある、そのとき降交點は秋分點と重なる(嚴密にい

は少しずれる) 此の頃の秋の満月の位置を考ふるに、太陽が秋分點附近にあるから満月は春分點附近にある。第二十九圖を見るに白道は赤道に對し

$22^{\circ}27' + 5^{\circ}8' = 28^{\circ}35'$  傾いてゐる而も此の傾きは兩者の間に挟み得る最大の角である。而して

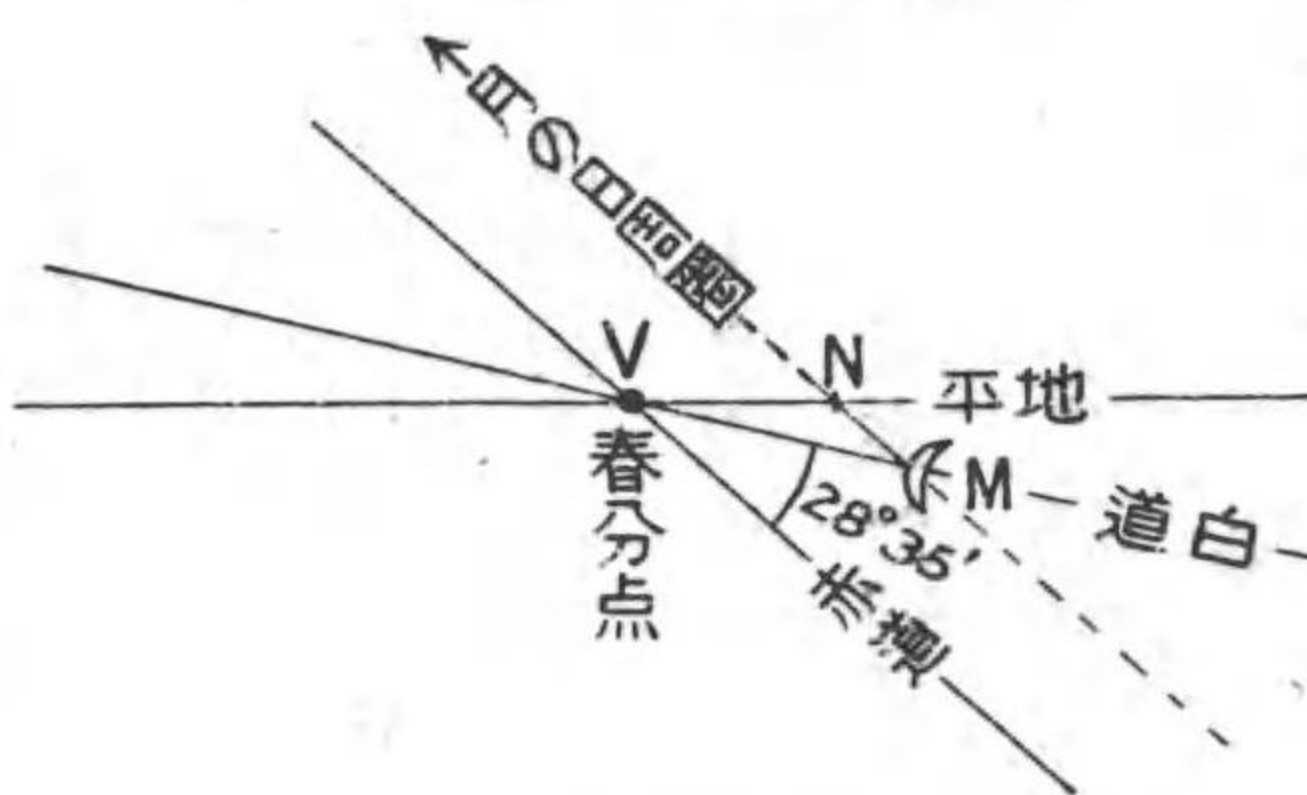
圖九十二第



赤道と白道とはこの傾きを持ちながら天球全體日周運動をなす。今満月が丁

天球を東外から見る

圖十三第



度春分點にあつて月の出となつたとする、然らば翌日同時刻精しくは約四分前に春分點は東の地平に表はれるが月は白道上で十三度餘東にうつゝつてゐるから十六夜の月はまだ出ない。月の出の遅れはその夜の月の日周圈上をMNの長さだけ月が移動する時間に等しい。MNの長さは地平と白道との傾きに關係すること、は圖から明らかである、白道が地平に直立する時最も大である。又白道と地平と一致するならば最も小さく其の値は零となる即ち満月も十六夜月も同じ時刻に出る。

然らばかゝる現象の起る地點は何所であるか。此の地點は赤道が地平に二十八度三十五分傾いてゐる地點である、二五節(第十圖)により北緯六一度二十五分の處である、ペトログラード、クリスチャニヤ附近は之れである。此の地方では數



日間月の出の時刻は殆んど一定しその方位はずん／＼北により月の出現時間亦漸く長くなる。秋の收穫に便なる處から收穫月と呼びなしてゐる。

收穫月の翌月は昇交點の西漸と満月の位置の變化の爲め白道の地平に對する傾きは減ずるも未だ其の特質を保つてゐる。收穫を終へて後の狩獵に便利を得るから狩獵月と呼んでゐる。

此の場所よりも北の地方にあつてはその頃月の出は却つて毎日早くなり出現時間亦漸く長くなる。夕方野良仕事にはいよ／＼便利である。

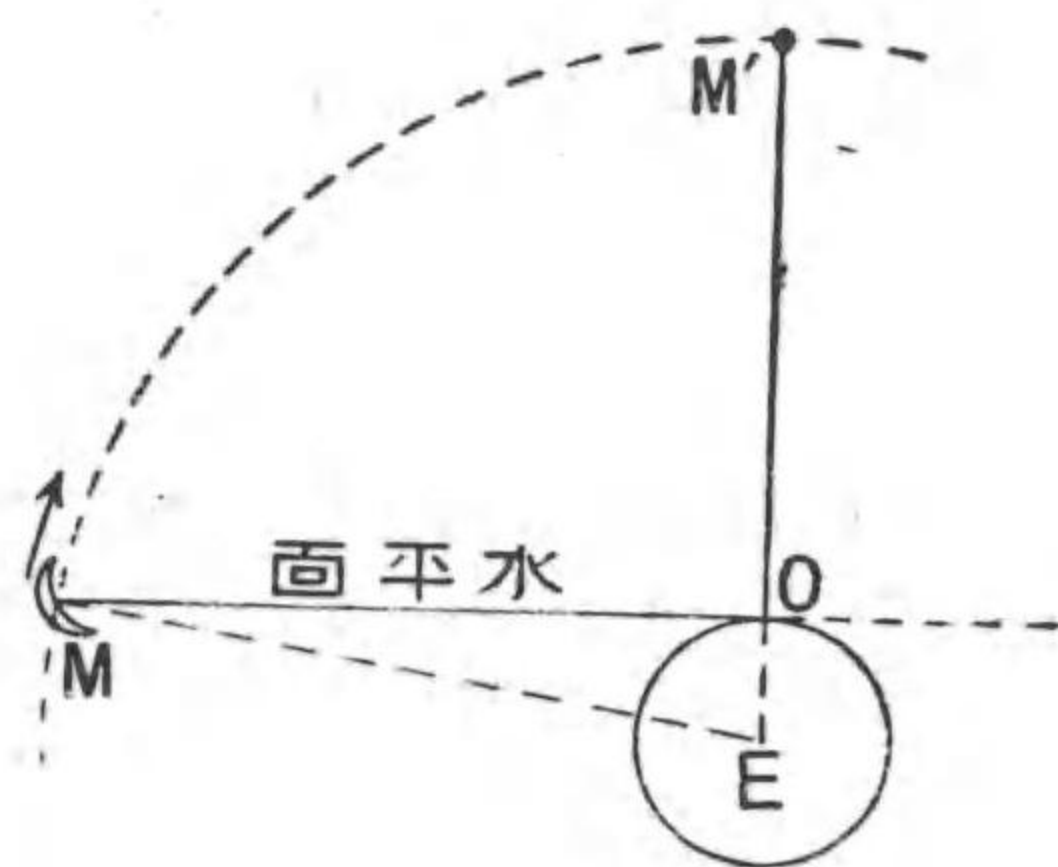
之れより以南の地方にあつても日々の月の出の遅れ最小になる。大正二年に此の月が来た。同年九月十六日十六夜の月の出は前日の月出より僅かに二十二分遅れたに過ぎない。週期は十八年六であるから次ぎには大正二十年に再び此の月が来る。

### 六一 地平に近き月

月の出没する時其の形は非常に大きく見える。又月は太陽よりも大であると見る人が多い。此の理由を尋ねるに、大氣の屈折は地平に近きものほどより高く見えず、然らば地平に近い月の横巾に變りはないが上下の巾は小さく見え、従つて地平に近き月は扁平になつて見える筈である。實測によるにやはり中天にある時よりも地平の月の方が小である。又地球と月との中心距離が一定であれば觀測地點から量つて、出る月までの距離は中天にある月までの距離よりも大である。かく觀じ來れば出る日月は中天の月よりも却つて小さく見えなければならぬ。されば原因は他にあるべきである。

倒れた大木は立つてゐる時よりも大きく見え、立てた竿は横になつてゐたそれよりも短かく見える。之れ錯覺の一種であつて、出没する月の大きく見えるのも之れである。吾々は出入の月は吾々が常に望みつゝ

圖一十三第



ある幾十里遠き山川の彼方にありと見る、中天の月は其の距離を比較すべき何物も天空にかゝつてはゐない、従つて前者を後者よりも遠しと見る、されば眼前の針を遠方の棒と見まがうやうに地平に近き月を大きく見るのである。

又月の視直徑は時により四分以上の差はあるが平均して三十一分四秒である、太陽の平均視直徑は三十一分五十九秒である、然るを出没の月を出没の太陽よりも大きく見ることあらばそれは吾々が柔かき光を放つ月を凝視し得る爲であらう、靄のかゝれる夕空に入る真紅の日の大きく見えるのは此間の消息を語つてゐる。

## 第九章 曆

### 六二 曆

吾々は太陽の熱と光とによつて生活してゐるから之れを適當に利用するは極めて大切なことである。春の次ぎに夏が来る、霜を結べば雪が近い等は萬人

皆知る處であるが、日射の最も強い夏至が今から幾日後に来るか、日射の最も弱い冬至が今から幾日後に来るかを定むるは決して簡單で無い、之れには是非天文の観測によつて定めた曆に頼らなければならぬ。曆は實に天文利用の重要なものゝ一つである。

國民に正しき曆を配布し、よつて以て播種收穫時等を違へざらしむることは農業國に對し極めて必要なは言を俟たぬ。

### 六三 太陰曆

曆はその起原が農作に便するにあつたのだからそれによつて直ちに季節を知るやうに作られてある。而して季節は地球上に於ける太陽の位置によつて定まるのであるから曆は太陽の地球上に於ける運動の週期即ち一年を以て區劃さるゝが自然である、蓋し一年は氣候一循して五穀の凡てが一稔する時間である、然らば此の「一年」は回歸年即ち三百六十五日二四二二でなければならぬ。

本曆各日の欄に記さるゝ如く一年を週日で三六五日まで呼べばあまりに大數になるから一年と一日との間に便宜天球上最も著しき現象の週期一朔望月を置く、然し一朔望月は約二十九日半であるからそのまゝ時間の小區劃には用ゐられない。

ケーザー (Julius Caesar) 以前は二十九日と三十日との兩種の月を交互に記して曆日を月相と合はせ十二ヶ月を一年とした羅馬曆之れである。しかし一年は一朔望月の倍數でないからかくては曆と季節とは合はなくなつて來る、よつて時々十三ヶ月の閏年を入れて之れを調節してゐたのである。此の如き曆を太陽太陰曆又は單に太陰曆といふ。

#### 六四 ユリウス曆

太陰曆は日附と季節と合はぬ、依つて曆本來の目的に對して毎年何等かの方法で季節を示す必要がある氣節雜節は之れである。しかし之れ等は徒らに繁

を加ふるものであるから自然日附から直ちに季節を知り得るやうな曆の要求が起つて來る。かゝる目的に副ふものは月相とは全く無關係に太陽のみによつて定めらるる純太陽曆でなければならぬ、その最初のもは西曆紀元前四六年ケーザーの制定實施したユリウス曆で當時の天文學者ソシゲネス (Sosigenes) をして立案せしめたものである。之れによれば平年を三百六十五日とし一、三、五、七、九、十一の六ヶ月を三十一日(大)二月を二十九日、他は凡べて三十日(小)と定め四ヶ年毎に一閏年を置きその年の二月を三十日とす。

然るに其の後アウグスツス (Augustus) 王は王の生れた八月に己れの名を附して August とし三十一日を配した従つて九、十一月を小、十、十二月を大に變更し平年の二月を二十八日として日數の調節をなした。かく改惡せられたものが大體現今常用の曆である。

#### 六五 グレゴリ曆

一年が三百六十五日二五であるならばユリウス暦の日附は季節と一致する、然るに一年は三百六十五日二四二二であるから長年月の間には日附は漸く季節の先きに進むわけである、ケーザー時代に於ける天體觀測の精密度は勿論之れを豫知し得なかつた。

ケーザーは春分を三月二十五日になるやうに新暦を制定した、然るに西暦三二五年ニケイア會議の時には春分は三月二十一日、一五八二年には更に遅れて三月十一日となつた。

此に於て羅馬法王グレゴリ第十三世(Gregory XIII)は天文學者リリウス(Lilius)の立案せる左の改曆案を實施した。

紀元年數が四の倍數である年を閏年とす、但し紀元年數が百の倍數なるも其の商が四の倍數で無い年は特に平年とす。尙一五八二年十月四日の翌日を十月十五日とす。

かくて春分をニケイア會議の當時と同様三月二十一日とし閏年をユリウス

曆に於けるよりも四百年毎に三回減じた。然るに季節の遅れは

$$\text{一ケ年に} \quad 365.25 - 365.2422 = 0.0078 \text{ 日}$$

$$\text{四百年に} \quad 0.0078 \times 400 = 3.12 \text{ 日}$$

従つて四百年毎に〇・一二日即ち四千年毎に一二日の遅れが残つてゐる。しかし之れは極めて僅かであるから其の時々に調節してもよいわけである。

## 六六 我が國の曆

我が國に於て以前用ゐた曆は支那から輸入されたもので徳川時代のそれは太陰曆であつた。明治維新以後改曆の議起り遂に明治四年十二月十四日の翌日を明治五年一月一日とすることゝなつた、されば明治四年の大晦日は自然無くなつたので一時物議を起した。當時の曆は日附はグレゴリ曆を置閏法はユリウス曆を採用してゐた、然るに明治三十二年即ち一八九九年置閏法をもグレゴリ曆に従ふ事に定め明治三十三年を平年とし全くグレゴリ曆に改められて

現今に至つてゐる。

現今殆ど世界を通じてグレゴリ暦が採用せられてゐるが尙ユリウス暦(西洋の舊暦)も残つてゐる、各種暦年及年の始めは本暦節氣及び雜節の次ぎに記されてゐる。

## 第十章 惑星の視運動

### 六七 惑星の視運動

總べての天體は晝間はよし日光に壓せられて見得ないにせよ、いづれも一樣に日々東に出で西に入りつゝ日周運動をなす、その中、日月は恒星間を縫うて西から東に向つて運動しつゝあるは前述の通りである。吾々は猶此に恒星間を移動する他の天體として惑星を有してゐる、しかし其の運行は日月のそれのやうにしかく簡單では無い。

惑星の恒星間を移動する速さは遅速一定せざるのみか其の方向も或は東に

或は西に向ふ。しかし結局は遂に東に進みつゝある。

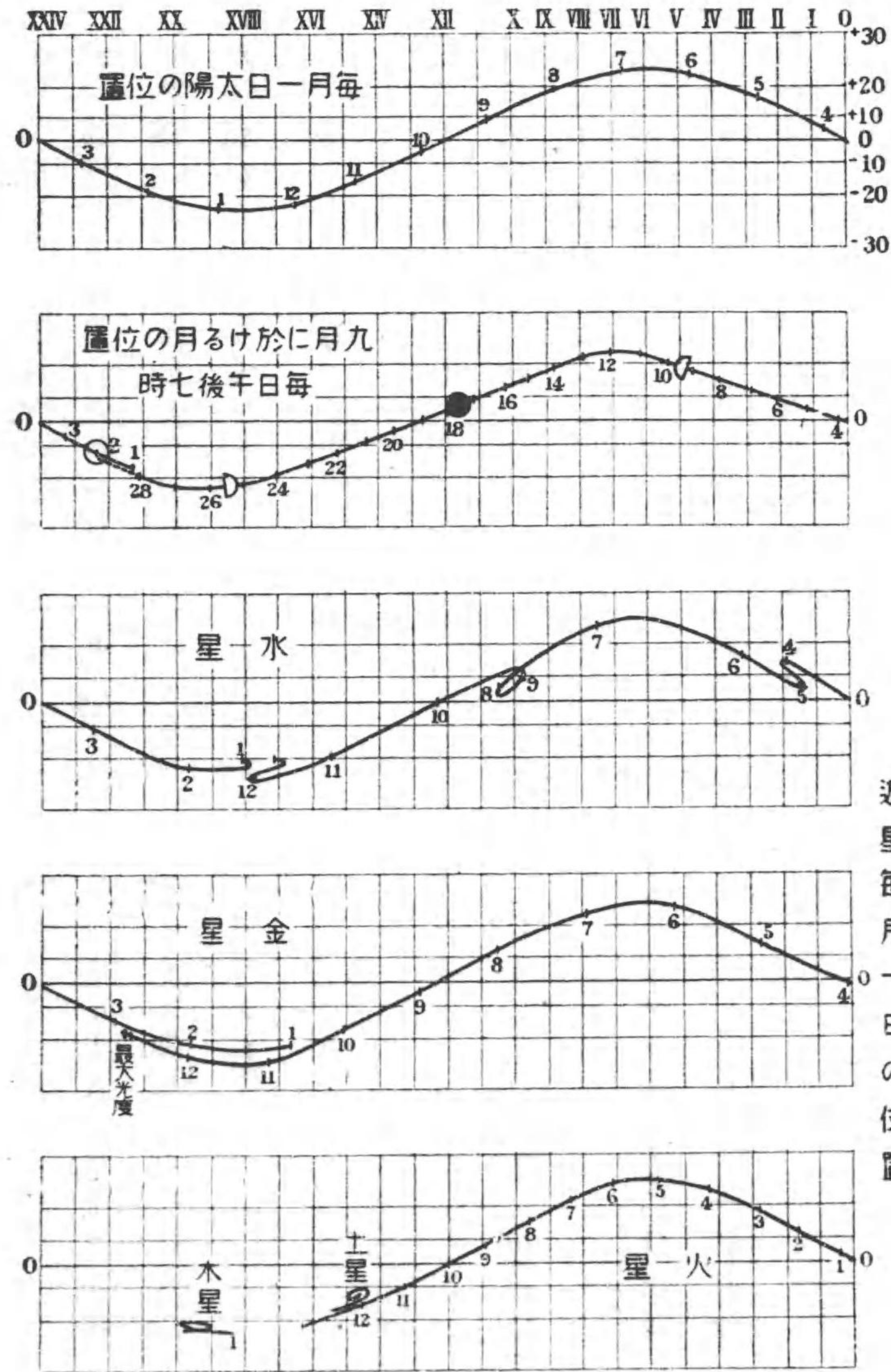
此の複雑なる惑星の運行を見るに及んで迷妄なりし或る先人は只惑星と呼ぶのみ遂に爲す所を知らず、此の未知なる事實に未知なる想像を結びつけ營に己れを僞はるのみならず無知なる衆人を欺いたのである(二節)。

### 六八 惑星の運行

第三十二圖は大正十四年に於ける水、金、火、木、土、星の天球上の運行を示し且つ之れに黄道と九月の白道とを併せ示してある。之れによつて諸惑星の徑路は黄道を多く離れてゐないことがわかる。

惑星の運行が日月と同じ向き即西から東に向ふとき之れを順行といひ、反対の向きの運行を逆行といふ、順行から逆行に逆行から順行にうつるとき惑星は一時靜止する、此の状態を惑星の留といふ。

圖二十三第



六九 内惑星、外惑星

一年間に於ける惑星の運行を見るに水星金星は一年で大凡天球を一周する、  
 兩者を内惑星と名づける(八七節)又火星は約三分の一周し木星土星に至つては  
 其の移動まことに微々たるものである之れ等を外惑星と名づける(八七節)。

七〇 外惑星の太陽に對する位置

恒星間に於ける外惑星移動の速さは太陽のそれと等しくはないから兩者互  
 ひに追ひつ追はれつ天球上を運行してゐる。されば一つの惑星は太陽と同じ  
 赤經線上に來る事もあらう此の時惑星は太陽と合をなすといふ。又兩者赤經  
 で九十度を距てゝゐる事もあらうその中惑星が太陽の東にある時は上矩、西に  
 ある時は下矩といふ。更に兩者赤經百八十度を距てて東西相對する事もあら  
 う此の時衝にありといふ。惑星のこれ等の位置は本曆毎月欄に記されてあ

る。

前述の外惑星の太陽に對する位置は月相と一致してゐる、兩者を順序に相對稱せしむれば次ぎの通りである。

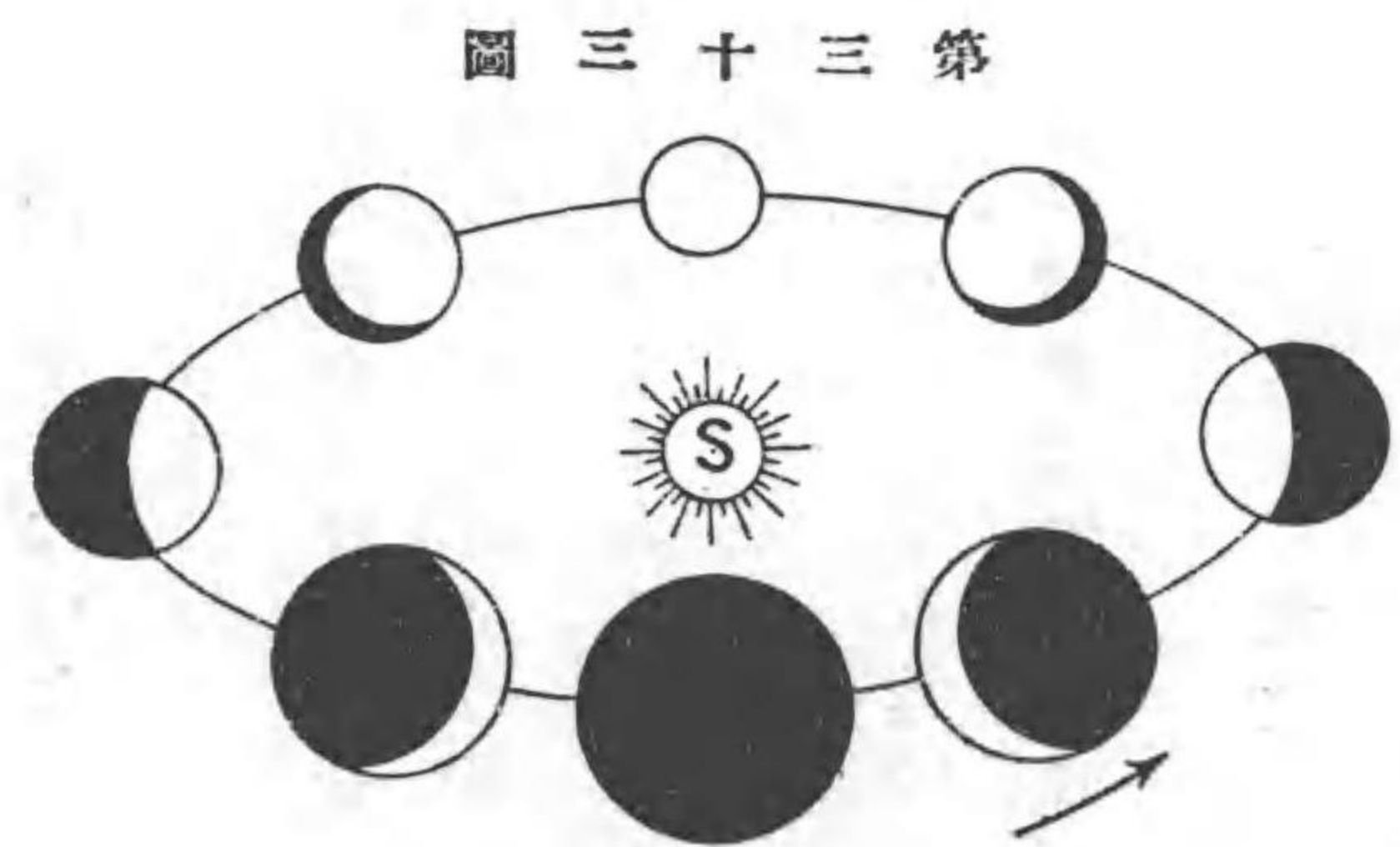
惑星	合	上矩	衝	下矩	合
月	新月	上弦	満月	下弦	新月

七一 内惑星の太陽に對する位置

第三十二圖に付て太陽と内惑星との同日に於ける位置を對照して直ちに見らるゝ如く内惑星は常に太陽を多く離れないで太陽の近くを東から西、西から東と移動しつゝある。従つて内惑星に上矩、下矩、衝はなく唯合と留とを繰り返へすのみである。

大正十四年曆三月の欄を見れば三十一日水星東方離隔と記されてある、之は水星が太陽の東にあつて宵の明星でありしかも最も東に離れあることを示す

しかし之れを留と混同してはならぬ(九二節参照)



第三十三圖

此の日以来漸次太陽に近づき行く水星を双眼鏡又は望遠鏡を通して見たならば三十日には半月をなしたるがその後見掛けの大き増すと共に輝く部分が漸く細り行くに一驚を喫するであらう。太陽近くになれば利鎌は非常に細りて遂に見えなくなり四月十九日合となる。此の後水星は太陽の西に移り漸く太陽をはなれ數日後曉天に現はれて曉の明星となる、双眼鏡に映ずる見掛けの大き漸く小さくなると同時に利鎌は太とりて五月十六日西方離隔に於て半月形となる。その後再び太陽に近づき見掛けの大き愈々小、月形は満つるに近く、六月二十日再び合となり後宵の明星となる。

大正十三年五月八日水星が太陽面を經過した、之れ明かに水星が太陽と地球

との間に入り來つた證左である、かゝる現象の起るはいつでも水星の見掛けの大きが大きくなつた時の合である。然るに他の合の時には最も小さくなるのであるから此の時水星は地球から見ると太陽の外側を通るに相違無い。かくて前者を内合、後者を外合といふのである。

他の内惑星金星の運行、見掛けの大きさ及び形の變化は之れと全く同様で唯週期を異にしてゐるだけである。やはり内合の時金星の太陽面經過の起ることがある。

外惑星に於ても其の見かけの大きさは衝に於て最大、合に於て最小である、しかし形の盈虧は極めて僅かである。

## 七二 惑星視運動の共通點

前二節に述べた合、衝等の現象の起る時惑星がその視運動の経路の如何なる位置にあるかを第三十二圖に付て尋ねよう、外惑星の合、内惑星の内合は徑路の

輪の上しかも大體惑星逆行の半途にある、又外惑星の衝、内惑星の外合は惑星順行の半途にある之れ惑星視運動に共通なる一事實である。(九二、九三節)

外惑星に付ては合から次ぎの合まで、或は衝から次ぎの衝までの時間、内惑星に付ては内合から次ぎの内合まで、或は外合から次の外合までの時間は月の有する朔望月の如きもので凡べての惑星についてそれ〴〵一定してゐる、之れ亦惑星視運動に共通なる一事實である。それ等の時間をそれ〴〵その惑星の會合週期といふ。

又惑星が或る赤經線を西から東に過ぎ、次ぎに同じ赤經線を同じ方向に過ぎるまでの時間、即ち惑星が天球を一周する時間は月の有する恒星月に比較すべきもので之れを惑星の恒星週期といふ。

會合週期(S)

恒星週期(P)

水星

〇・三二七二六<sup>年</sup>

〇・二四一<sup>年</sup>

金星

一・五九八八二

〇・六一五



火星	二二三・五二三	一八八一
木星	一〇九二・〇六	一一八六二
土星	一〇三五・一四	二九四五八
天王星	一〇一二・〇五	八四〇一五
海王星	一〇〇六・一二	一六四七八八

今會合週期をS日とし恒星週期をP日とし

内惑星に對し

$$\frac{1}{P-S}$$

外惑星に對し

$$\frac{1}{P+S}$$

をつくれば此の値は凡べての惑星に對し悉く一定で  $1/365.25$  となる。もしS、Pの單位を前表の如く年を取れば凡べての惑星に對し前式の値は悉く一となる。之れ亦惑星視運動に共通なる一大事實である。

### 第三篇 太陽系

#### 第十一章 太陽系の組織

##### 七三 太陽系の組織

前章までに天體の視運動を概説した。扱て之れ等の現象が未開の時代に於て万人崇拜の中心となるは極めて自然の事である。ギリシヤ神話の如き凡べて天體に關する臆説を宗教化したものである。

しかし理性を有する吾々人間は之れを宗教化し哲學化するのみで満足し得ない。その依つて來る所を尋ねて遂に科學化せざれば已まないのである。かくて眞の天文學が發達し來つたのである。

されば天文學發達の徑路は人類の有する理性の進歩、やがて科學發達の跡を示し趣味深きものではあるが之れを精しく説くの邊を有しない。今は先づ天體

視運動の真相を語る太陽系の組織を述べる。それには地球の形から説くのが順序であらう。

### 七四 地球の形

原始時代には天空は球形をなし地盤は方形をなすと考へた所謂天圓地方説である。西暦紀元前六百年の頃既にターレス(Thales)は吾々の住む地面は日月と同様球形をなすと考へた。地球の球形説を始めて盛んに唱導したのはターレスの直後に出たピタゴラス(Pythagoras)及び其の學派の人であつた。しかし球形の證左を擧げて此の説を確固不拔のものとなしたのはアリストートル(Aristotle)である。其の證據として、一、高所に昇るに従ひ視界が廣くなる、二、地表を南北に距つるに従つて星の高度が其の距離に正比例して變化する、三、月食は地球が月面に其の影を投ずるより起るのであつてそれが圓である。

尙一定の星の日周圈の半径は地表何處から見ても全く同角度を有してゐる。

以上凡べての事實は地盤が球形をなし恒星が凡べて無限の距離にありとすれば極めて鮮かに説明し得らる。

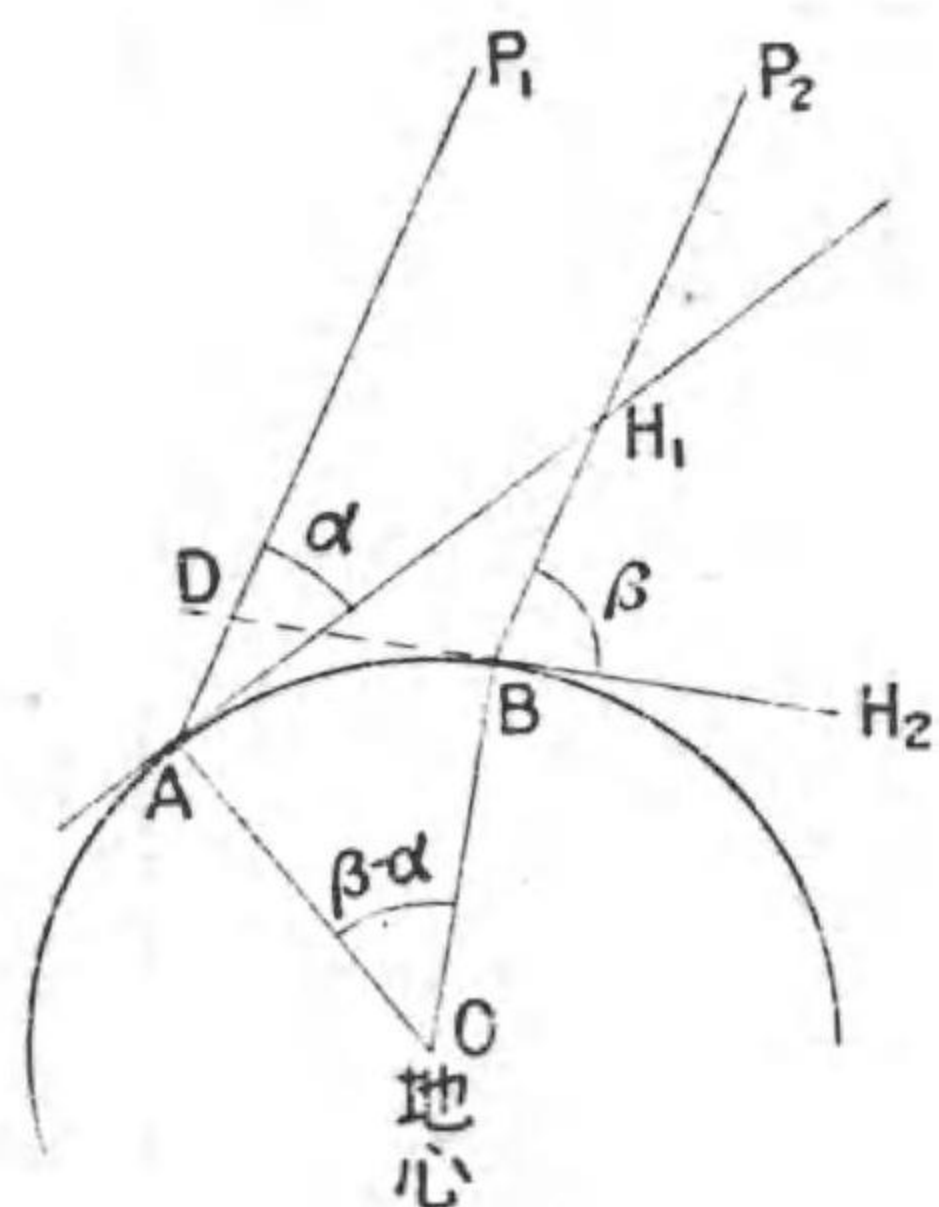
### 七五 地球の大きさ

第三十四圖に於てA Bは地球の子午線を示す、Bに於ける天球の極の高さ $\beta$ とA點に於けるそれ $\alpha$ との差は弧A Bが地球の中心Oに於て含む角A O B即ち二點の緯度の差に等し、故に弧A Bの長さを實測すれば其の子午線の全長即ち地球の大きさを求めることが出来る。之れに

着眼して始めて地球の大きさを求めたのはエラトステネス(Eratosthenes)である、時に西暦紀元前三二〇年の頃であつた。

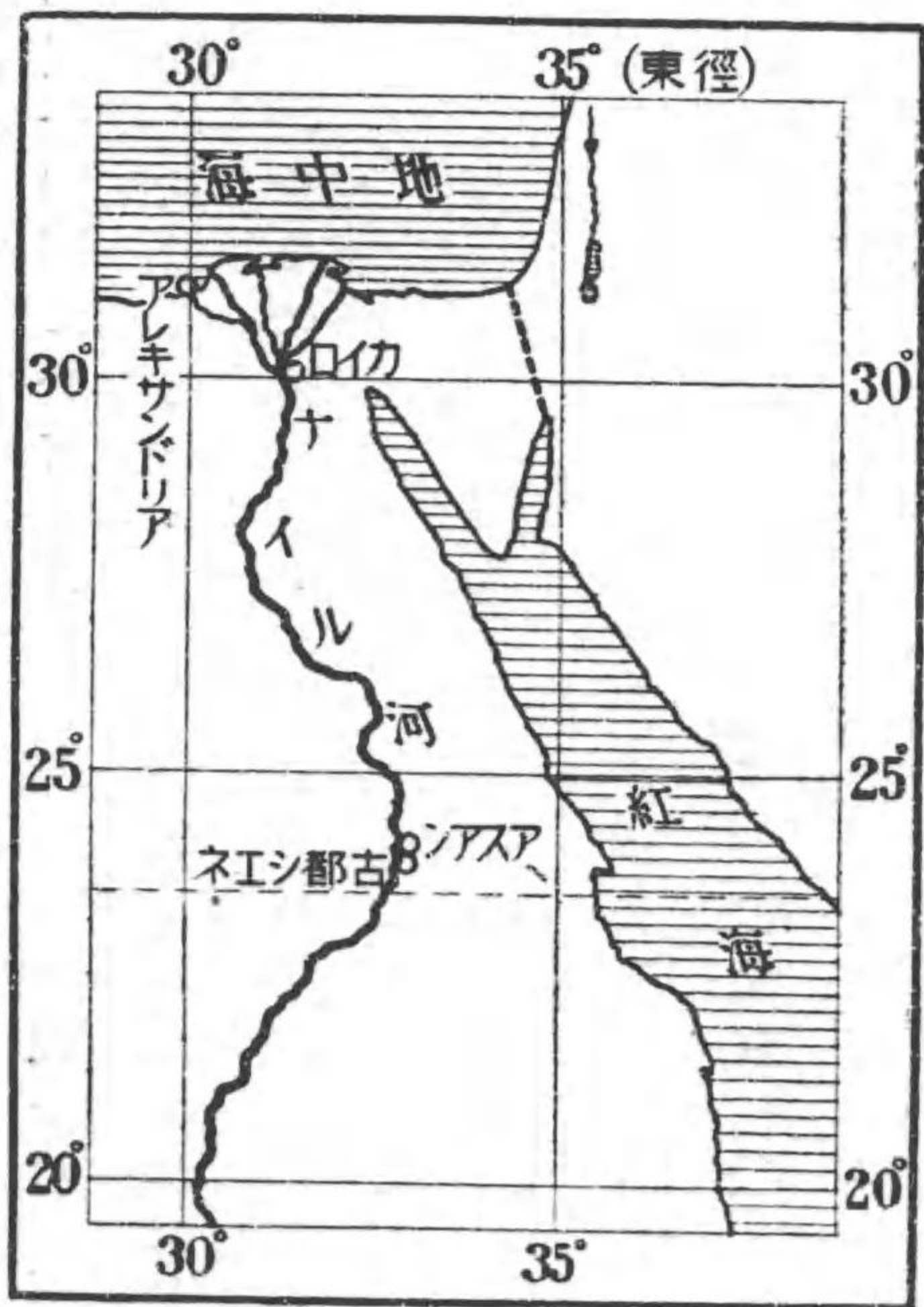
當時埃及の都シエネはほぼ北回歸線上にあつた従つて夏至の日此の町の井戸に太陽

圖四十三第



は直射したのである。此の日氏はシエネの北アレキサンドリヤに於て日時計

圖五十三第



を用ひて太陽の高度を測り  
 八十二度四十八分を得た。  
 尙兩地の距離を測り五百ス  
 タヂヤを得た。當時の尺度  
 一スタヂヤは凡そ百八十五  
 米である、依つて算出さるゝ  
 子午線の四分の一の長さは  
 $185 \times 500 \div (90^\circ - 82^\circ 48') \times 90^\circ =$

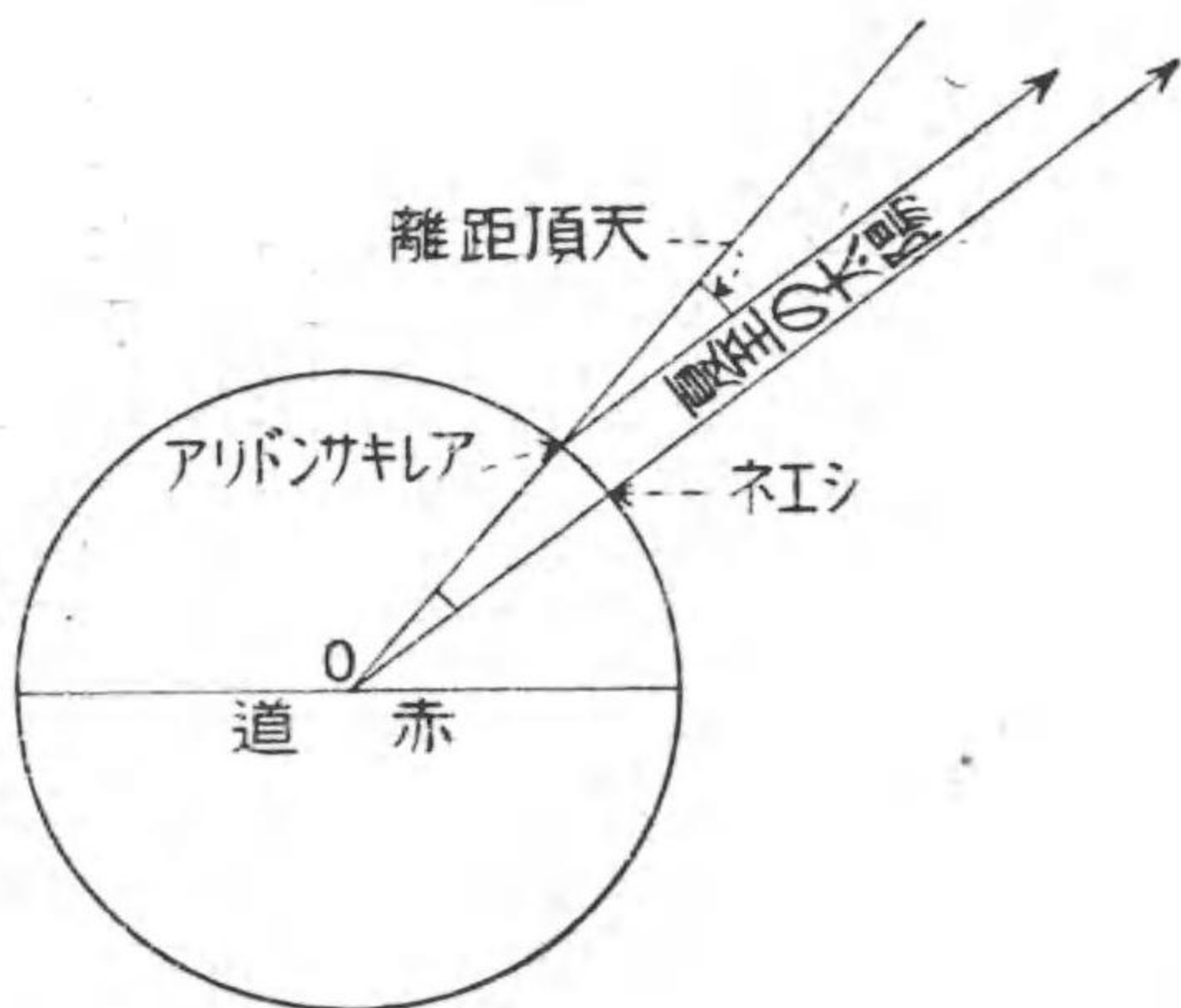
1156 杆である。

現今最も精確なる値とせらるる 1000.85 杆に比し十五% 餘大である。今から二  
 千百五十餘年前の測定としては寧ろ驚嘆に値するものである。其の後ギリシ  
 ヤ、アラビヤ等に於て同様の測定が行はれたがやはり一割乃至五分程過大の値

を得てゐる。

其の後基督教の興隆は世人を天圓地平の  
 迷妄に引き入れ全く天文学の發展を阻止し  
 た。然るに一四一九年コロンバスのアメリカ  
 大陸発見は科學界の新機運を展開し幾多先  
 哲の不撓不屈の努力を經一五一九—一五二  
 二年マゼランの世界一週は基督教者の迷妄  
 を破壊し終つた。

圖六十三第



### 七六 地球の自轉

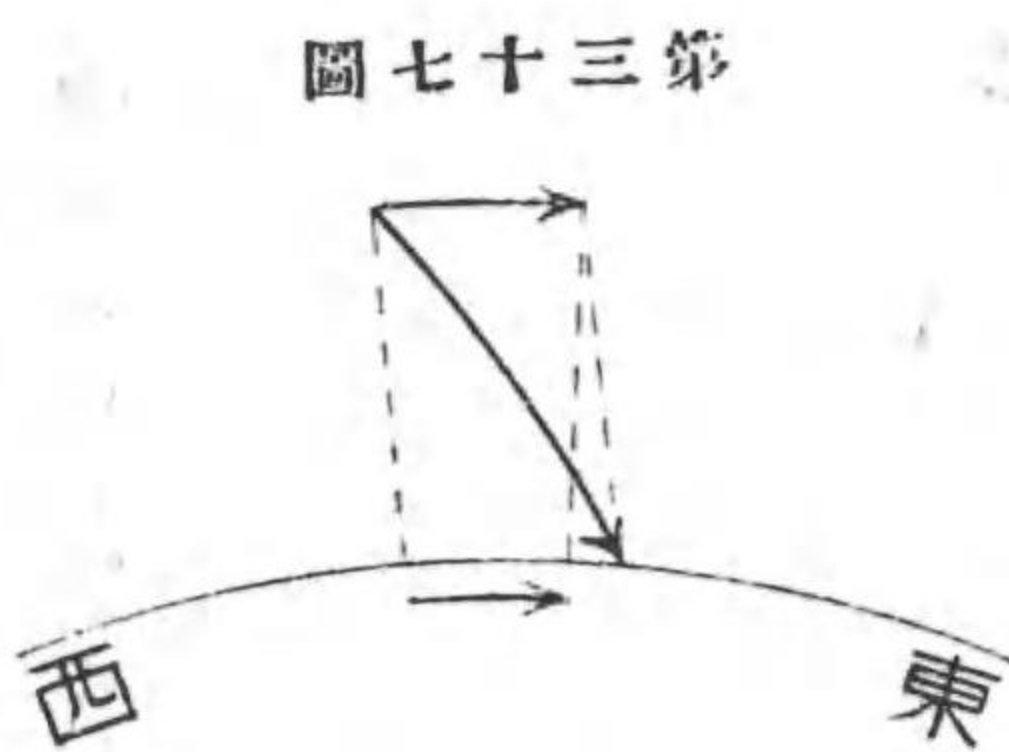
古人がその眼に映するまゝに地表は靜止し天球が一晝夜に一廻轉すと信じ  
 たのは天圓地平の考へと共に極めて素朴的で其の間に何等の無理も存しない。  
 然るに風に追はるゝ帆船に乗つてゐた人が山河の後へ退くを見て天動か地動

かと疑ひ始むるも亦極めて自然である。此に於てか始めてピタゴラスの地動説の提唱がある、しかし氏は唯廣大無邊の恒星界が相互の關係的位置を變へず常に地球を周ぐるとするよりも地球が自轉すと見る方が隱當であるといふ意見を持つるに過ぎなかつた。先哲プラトーン (Plato) もその晩年に至つて之れに賛意を表したがアリストートル並びにトレミーが共には地動説を棄て、天動説を採つたことが勿論科學の發達が之れに伴はざりしによるも遂に衆人を迷妄裡に導くもととなつた。コペルニクス (Copernicus 1473-1543) の天文學に關する偉著現はるゝに至つて近世天文學の序幕は切つて落とされ此の思想は全歐を震撼した殊に一六一〇年望遠鏡の發見があつて日月諸惑星の自轉が明かに現視せらるゝに至つて地動説はいよゝゝ一般に認めらるゝ様になつた其後の發展に關しては後に述べる。

今吾々は地球自轉すとなすにあらざれば説明し得ざる事實(即ち自轉の證據)を擧げよう。

### 七七 地球自轉の證據第一

地球が常に西から東に向うて自轉しつゝあるならば地球に屬する物體の此の廻轉によつて有する速度は其の廻轉軸からの距離大なるほど大でなければならぬ即ち同じ地點に於ては高所にある物體は低處にある物體よりも速く動かなければならぬ。従つて高所にある物體を落とせば物體は其の直下に落ち



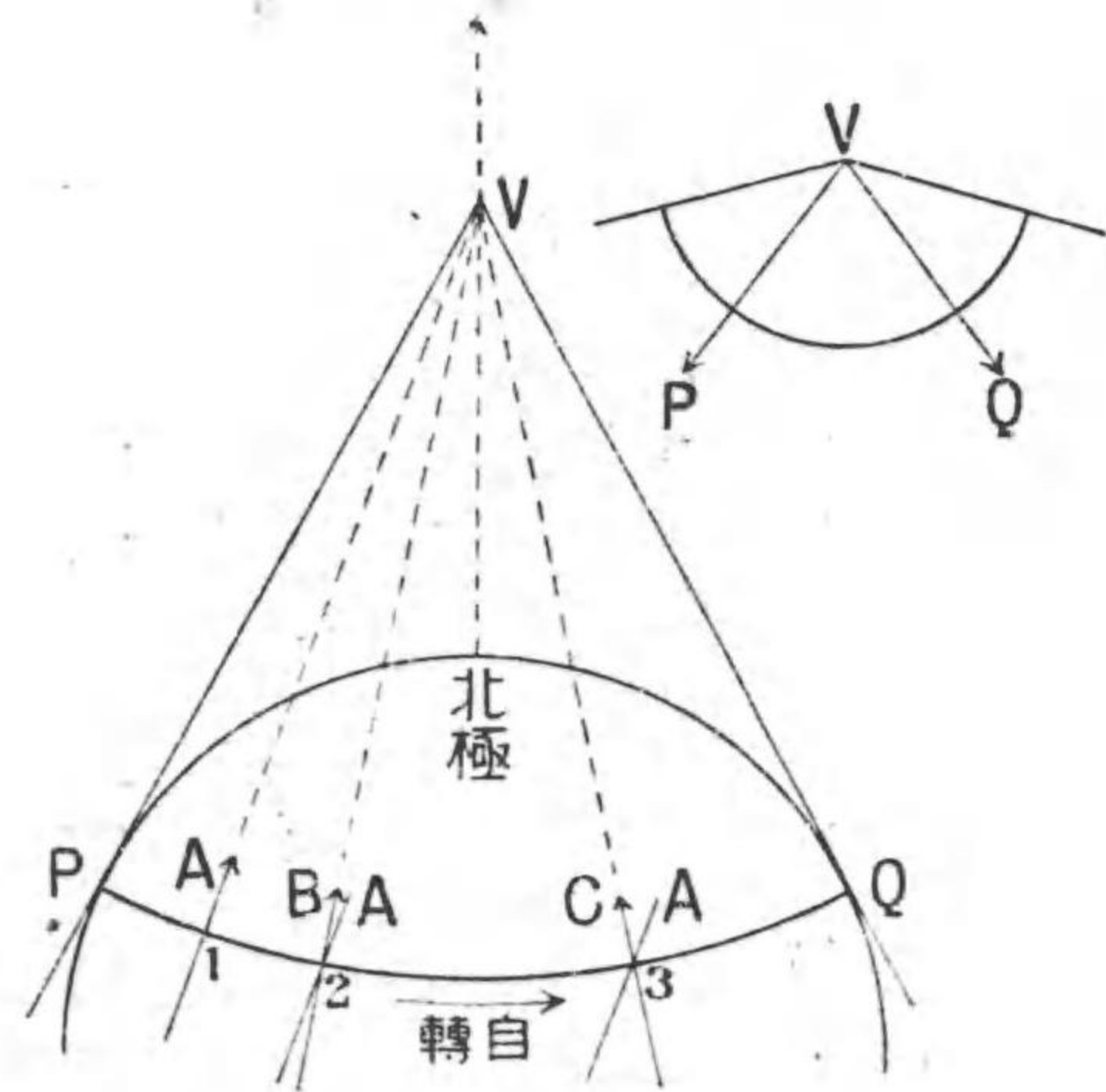
ないでそれよりも幾分東の方へ落ちる筈である、恰も走りつある汽車の窓から落とした物體が其の真下よりも若干汽車進行の方へ片寄つた點に於て地表に落ち着くと同じ様に。此の事實を實驗によつて完全に證明したのはライヒ (Reich 1831) である氏は鑛山の堅穴中に於て五百二十呎の高所から物體を落として一時一二の偏倚を得た。

又或る地點に於て眞北に向ふ風が進むに従つて東に偏る事實は氣象學上風

の説明に對し盛んに應用されつゝある之れ低緯度に在る物體が高緯度に在る物體よりも速く自轉しつゝあるからである。

### 七八 地球自轉の證據第二

圖八十三第



振子が重力の作用のみで振るときその振動面の方向は空間に對して絶對に一定してゐる、而して地球が自轉しつゝあるならば吾々の「北」と稱する方向は絶えず變り行くから却て振子の振動面が變る様に見える筈である。

1 なる位置に於て北はAである、地球が廻轉して2 なる位置に達したとすれば其處に於て北はBである。然し1 にあ

る時振子を南北方向Aに振らしたとすれば振子が2 の位置に達した時にも其の振動面はAに平行なるA'である。依つて地上の人は却而振子の振動面が角(B 2 A')だけ時計の針の方向に廻つたと見る。此の如くにして緯度 $\theta$ 度なる地點に於て振子の振動面の一晝夜に廻轉する角度は圓錐面V P Qを切り開いた時Vにある角に等しく $360 \sin \theta$ 度である、東京に於て二百九度二十五分である。一八五一年フーコー(Foucault)は巴里バンテオンに於て二百呎の針金の端に直徑一呎の鐵球を吊るして此の事實を實驗的に證明した。

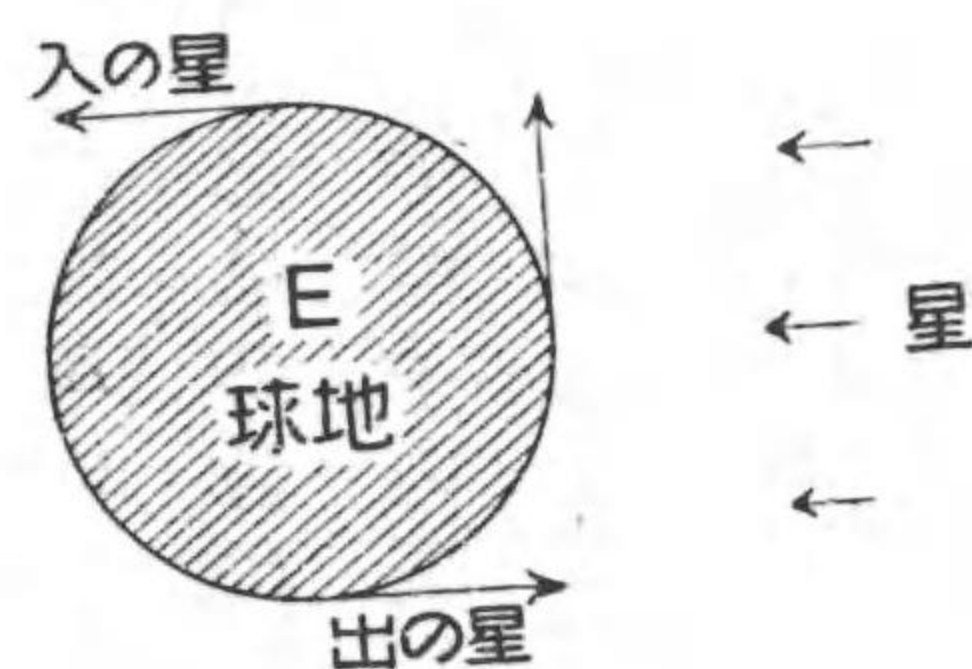
### 七九 地球自轉の證據第三

一定の調子の音を發しつゝある發音體に對し或る速さにて近よりつゝ之れを聞く時はその調子高くなり遠ざかりつゝ之れを聞く時は低くなる、しかも調子の變化は速さ大なる程大である。之れは音に音のみならず凡べての波動に對して應用せらるゝもので之れをドップレル(Doppler)の法則と呼ぶ。光は電

磁波であつてその色は調子によつて定まるものである、即ち調子は董に高く、赤に低い、依つて發光體に對し或る速さにて運動しつゝ之れを見る時にはドツブレルの現象が起るべき筈である。

もし地球が西から東に向つて自轉しつゝあるならば星が東に現はるゝ時吾等は之れに近より西に没しつゝある時之れより遠ざかりつゝある。従つて輝線スペクトルを有する星の出現時にはその光の調子高くなり輝線は極僅か董の方へ動き、没入時には極僅か赤の方へ動く、又天頂にある時は輝線のずれは無い筈である。之れ等三つの場合に同じ星の光のスペクトルの寫眞を撮り三者を比較すれば輝線又は吸収線のずれを明かに認むることが出来る、尤も地球公轉の影響を除く必要がある。尙注意すべきは輝線のずれは星の光の變化を肉眼に認めしむる程度のもものでは決して無い。夕日の赤くなる等を之れと混同してはならぬ。

圖九十三第



#### 八〇 地球自轉の證據第四

地球が現在の状態となる以前に於て嘗て液體であつた事は種々の方面から視て事實であらう、もし然らば自轉が存在するにあらざれば完全なる球をなすべき筈である。然るに地球の半径は極に於けるよりも赤道附近に大きく所謂赤道隆起帶を有してゐる事實は如何にしても力學的に自轉の存在を要求する、即ち自轉による速度が廻轉軸を最も多く離れた赤道に於て最も大であり従つて遠心力も大であるから必ず其の附近に隆起帶を生じなければならぬ。

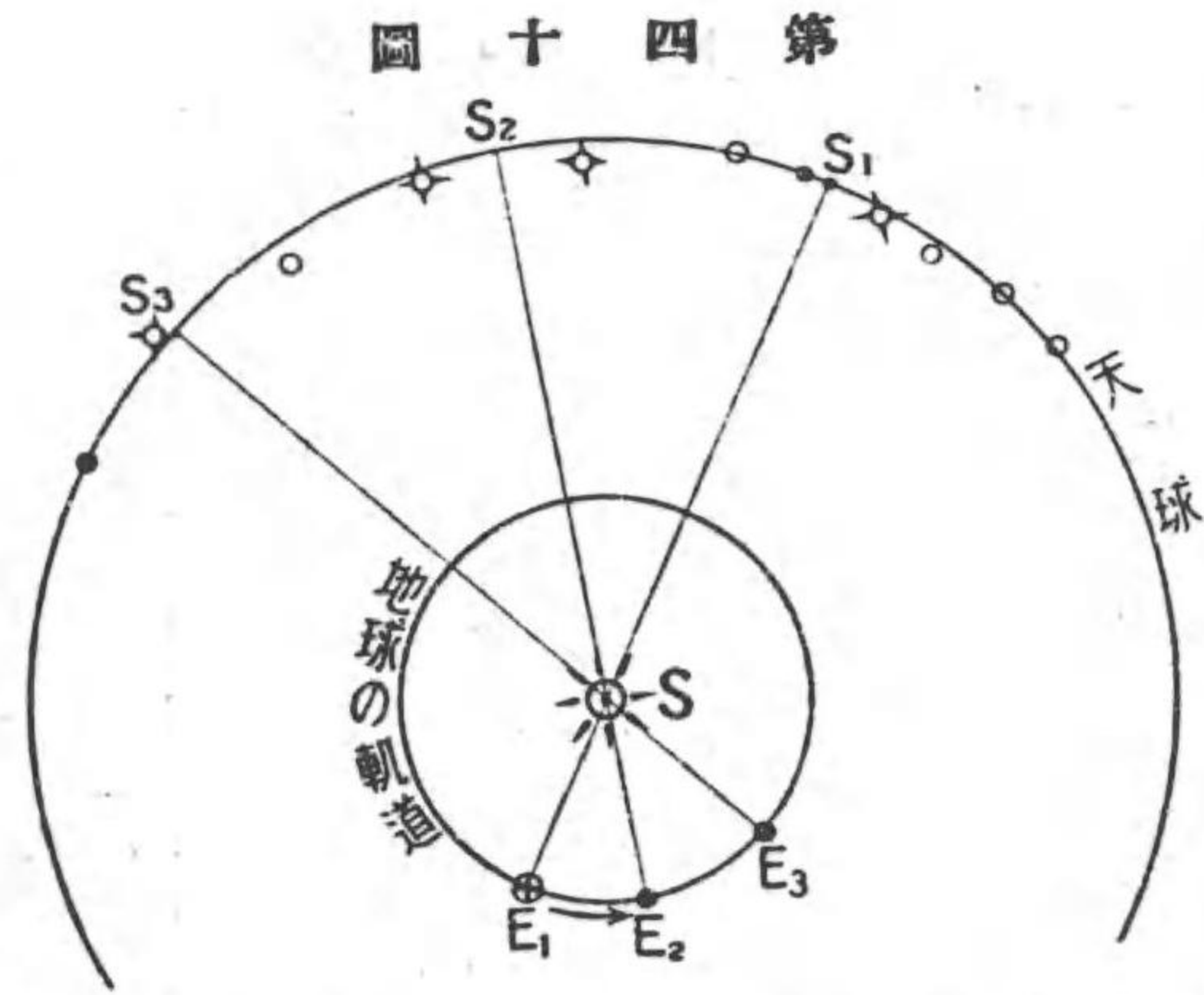
以上列擧したる事實は地球の自轉を假定せずして説明し得るものでは無い、尙以後處々に散見する事實亦然りである。あらゆる事實を鮮かに説明する假定は實に眞理である。

かくて地球の自轉は天球の日周運動を生ぜしめ、地球自轉の軸は天球の極を定むるのである。

### 八一 地球の公轉

太陽の黃道上に於ける視運動は第四十圖から明かなる如く地球が太陽の周圍を周ぐる公轉から來るものとも見らるゝ。相對原律を須つまでも無くたゞ太陽の視運動のみから觀れば地球を中心に探るも太陽を中心に探るもそれ等の價値は全く同一である。

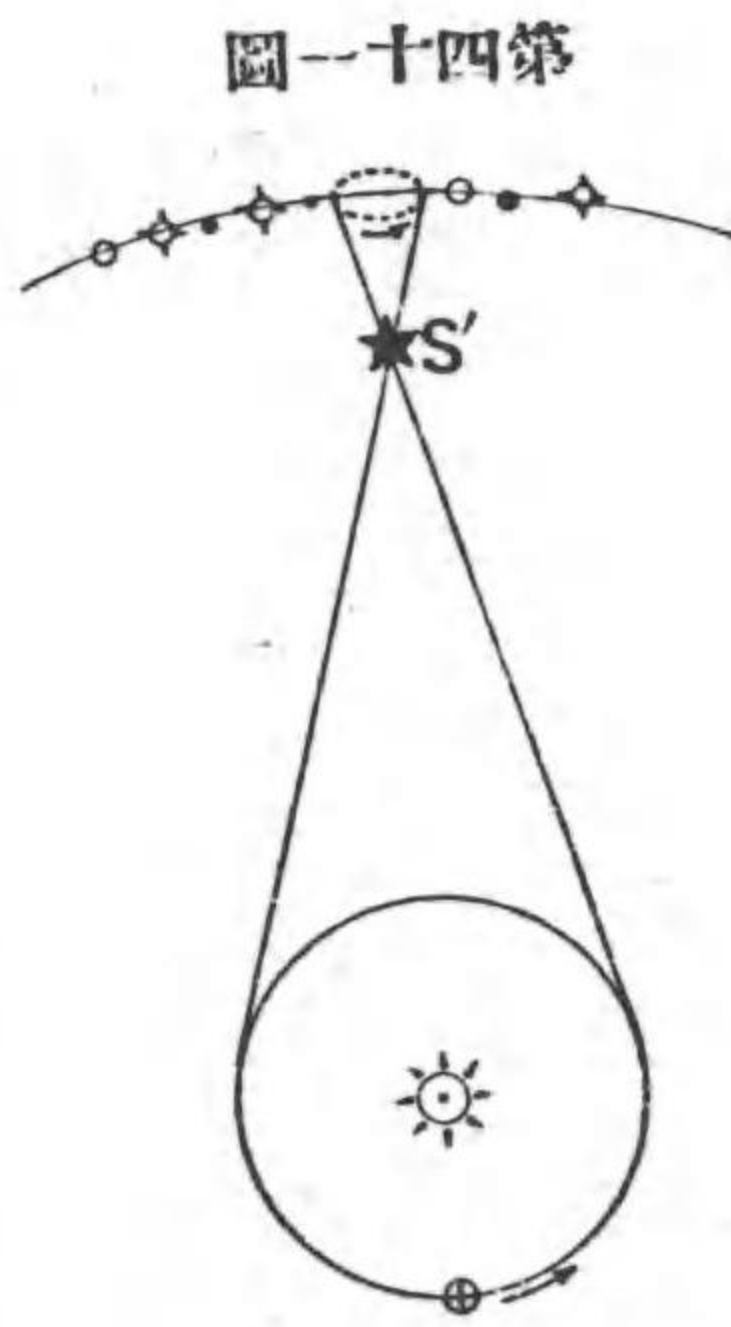
アリストートルは地球の自轉を信じたるも公轉は之れを認めなかつた氏はもし公轉あらば地球から見た恒星の位置は四季によつて變化しなくてはならぬ然るに實際之れが無いから公轉は無いと論じた。ヒッパルカス、トレミー何れも觀測に理論に優秀なる天文學者ではあつたがやはり公轉を認めなかつた。トレミー



第十四圖

の如きもし地球が自轉公轉の如き急激な運動をなすならば直ちに破壊すると主張した。

コペルニクスは幼より數學的才能に富み疾く太陽中心説を懐抱したが當時教義を犯すを恐れて發表しなかつた然るに一五四〇年に至つて愛弟レチクス(Rheticus)によつて其の學



第十四圖

説の梗概が發表せられしかも大なる故障壓迫がなかつたから氏はレチクスの勧めによつて大著述を完成しその書が氏の許に達した時氏は病既に篤く殆んど人事を辨別せず遂に間も無く此の世を去つた時に一五四三年五月二十四日であつた。

コペルニクスの後幾多の天文學者は或は之れを祖述し或は之れを研究補足した。就中望遠鏡發見以前最後の大觀測者たる丁抹の貴族チコーブラーへ(Tycho Brahe 1546-1601)は丁抹國主の補助を得て丁抹瑞典間海峽の一小島フツ

ヘン (Hven) に大觀測所を建設し二十一年間に亘り前人未到の精確なる觀測を行ふた。しかし氏は天動説を採つて動かなかつた。氏の弟子ケプレルは (Kopler 1571-1630) 二十年に亘る慘澹たる苦辛の末師の觀測の結果より有名なる氏の天體運動の三大法則をつくり上げた(一六〇九年及び一六一八年)而して之れが物理學的の證明は所謂萬有引力の法則の創定によつてニュートン (Newton 1642-1727) 之れを完成し此に太陽系の組織は完成された。尙此間自から發明したる望遠鏡を用ゐて天體の觀測に従事し天文學の發達に多大の貢獻をなしたガリライ (Galileo Galilei 1564-1642) を忘れてはならぬ。

かくて地球の公轉は太陽の年周運動を生ぜしむるものであつて、黄道面は地球公轉の軌道面を與ふ。

## 八二 地球公轉の證據第一

アリストートルが考へた様に地球の公轉は恒星の天球上に於ける位置に一

年を週期とする方向の變化即ち位置の變化がなければならぬ。之れを恒星の年週視差といふ。コペルニクス、チコブラーへ等は之れを觀測せんものと大に努力したが其の頃の機械の不精密なりし結果努力は凡べて無効に終つた。其の後測定法並びに望遠鏡發達の結果は遂に一八三七年ベッセル (Bessel 1784-1846) によつて發見された。氏は白鳥座六一星の年週視差〇.三三秒を得た、其の後星の年週視差は續々測定され現今約千二百に達し尙年々百五十乃至二百づつ増しつゝある。

年週視差は地球からその星までの距離近き程大である、しかし最も近きケンタウルス $\alpha$ にあつても僅かに〇.七六秒である、従つて極めて遠距離にある恒星の視差は現今にあつても一般に吾々の測定範圍外に屬する。

## 八三 地球公轉の證據第二

風無き日降る五月雨の中を行く人は必ず傘を其の進む方向に傾ける家の中



から見て鉛直に降つてゐる雨は實際道行く人から見れば前から斜に降りつけてゐる。

今Bにゐる人の頭上Aにあつた雨滴がBまで落ちる時間にその人がCまで進んだとする。此の人から見れば初め頭上にあつた雨滴が地上に落ち着いた時にはCBだけ後方にあるのだから雨滴の運動をDBと見る。然らば雨滴の眞の運動はABで其の人がDBと見たのは誤りであるか。

圖二十四第

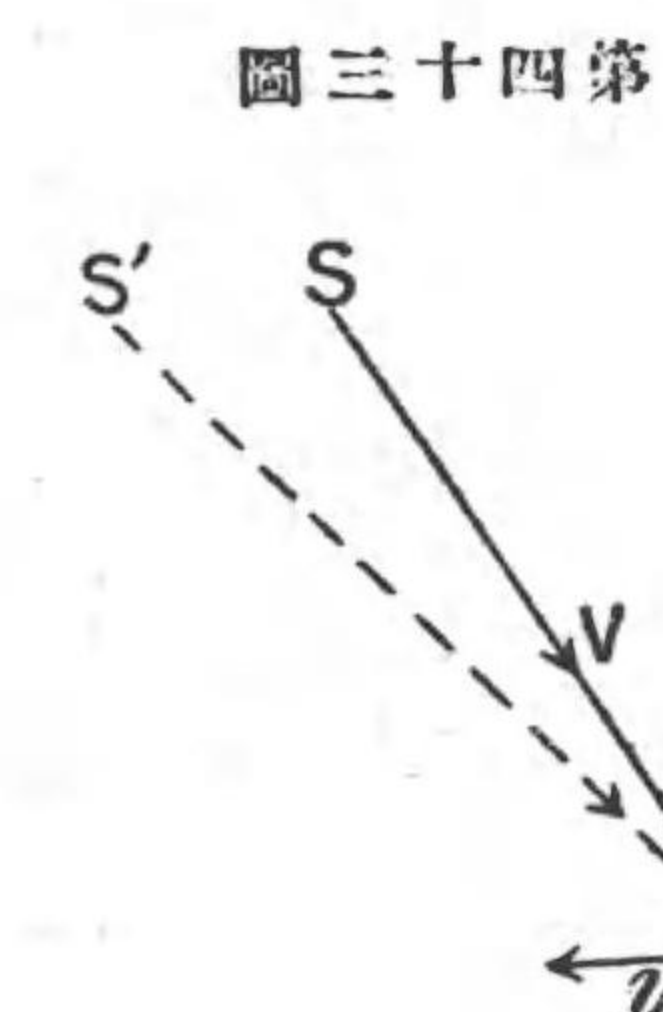


運動は全々關係的のもので決して絶對的のものでは無い。普通吾々は地表を對象として運動状態を云々してゐるのである。しかし雨の空間に於ける運動は變らなくても吾々の立つてゐる地表が汽車の床のやうに動き始むるならば其處から見た雨の運動の方向は變つて来る。恰も動いてゐる人から見た雨滴の運動方向が變ると同様に。だから雨滴の運動をABと見るは立ち場を地表に取つての事で又DBと見るは立ち場をBCの方向に動きつゝあるもの

ての事である。何れを正し何れを誤りとすべきものでは斷じて無い。

AB, BCを何れも一秒間の運動とすればそれ等はそれ／＼雨滴並びに行く人の速さである。従つて運動する人から見た降る雨の方向の變化CDB角は兩者の速さ次第で變る。行く人の速さ一定ならば降る速さの小さい糠雨では此の値大降る速さの大きい篠つく雨では極めて小である。又降る雨の速さ一定ならば人が速く走る程大である。

恒星から来る光の速さは毎秒三十萬軒である。恒星を見る吾々が空間で動いてゐるならば恒星から来る光の方向は變り従つて星の位置(實際觀測するもの)は地球が動かぬとした時の位置(算出するもの)とは變つてゐなければならぬ。此の位置の變化を光行差と名づける。



圖三十四第

ブラドレー (Bradley 1771-1762) は一七二八年龍の年週視差を見出すため滿一ヶ年間その星の位置を觀

測したが其の値極めて小(○●九秒)なる爲め當時の機械を用るての仕事は自然失敗に終り却て光行差を發見した。

光行差は凡べての恒星に付いて一樣であつて天頂に於て最大値二十秒四七高度小なるほど小地平に於て當然○となる。光行差の値から地表運動の速さを算出すれば毎秒約三〇籽でなければならぬ。然るに自轉の速さは其の最大なる赤道に於てすら毎秒四百七十米に過ぎぬ従つて公轉の存在を否むことは出来ぬ。

### 八四 地球公轉の證據第三

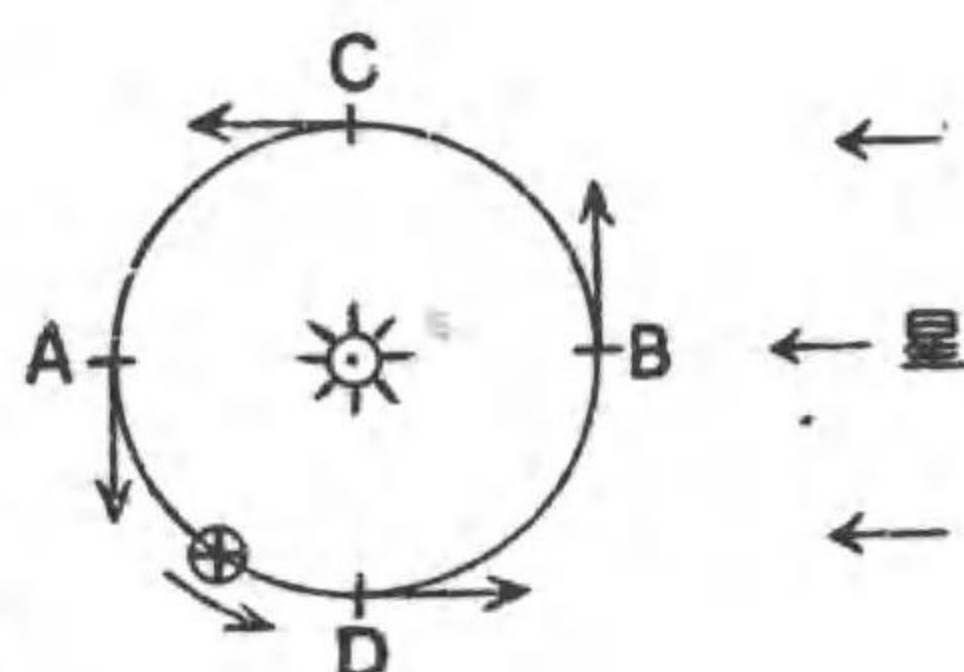
第三は恒星スペクトル線のずれである。地球は恒星に對し半年は近より他の半年は遠ざかりつゝある、その近より遠ざかる速さの最大なる位置D、及Cに於て星のスペクトル寫眞を得、動かすと見得る位置A、又はBに於て同じ星のスペクトルを得、三者を比較しスペクトル線のずれから地球運動の速さを算出す

れば毎秒三十籽を得、此の値が前節に於ける値と極めてよく一致することは地球の公轉に對し益々精確な證據を與へるものである。

### 八五 惑星の眞運動

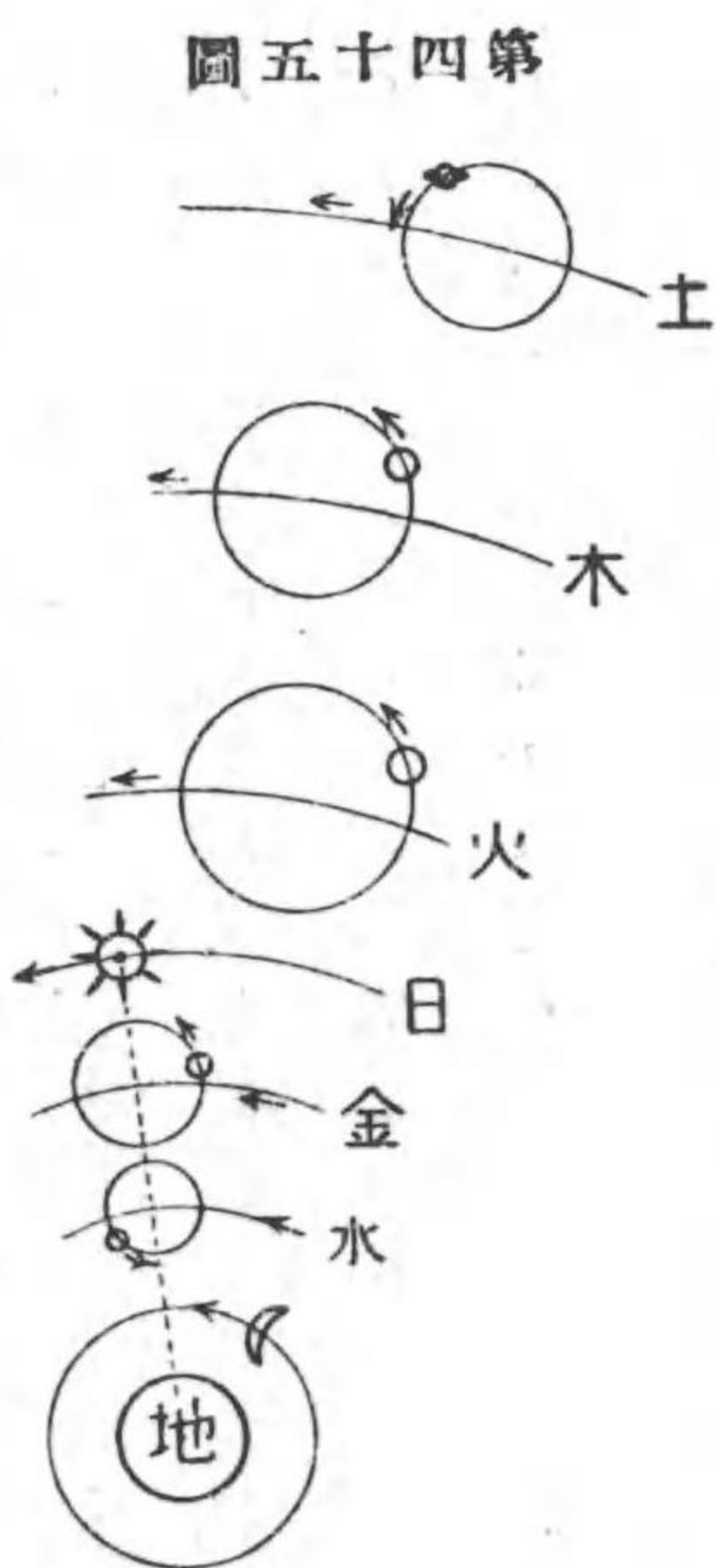
惑星の中水、金、火、木、土星は幾千年の昔から知られてゐた、これに日月を加へてそれ等の運行から占星術を編み出した頃は天文学の蒙昧時代であつた。然るに五星の運行を精査ししかもその衝(内合)附近に於て光輝増し、合(外合)附近に於て光輝減するを見てともかく惑星がほと黄道面内に輪を畫きつゝ周ぐるものなることは當然思惟され得べき事である、此に於てか既に二千百餘年前トレミーの太陽系は組み立てられた。

圖四十四'四第



### 八六 トレミーの太陽系

惑星は凡て自から一つの小圓の周上を周りつゝしかも其の圓の中心は他



の大圓の圓周上をめぐるものでありとした。但し水星と金星とのみは實際太陽を多くはなれ得ないからそれ等のめぐる小圓周の中心は常に太陽と地球とを結ぶ直線上にあ

るべきも他の惑星のめぐる小圓周の中心移動の速さはそれら異つてゐるとした。當時既に水星金星が月の影に隠れること(水星金星の掩蔽といふ星が隠るれば星の掩蔽といふ)あるを知り月を最も近しとし、又他の火木土等小圓周の小なるものほど遠く位置するものとしたれど實際の距離に付いては何等知る所はなかつた。尤も月の距離は現今用らるると全く同じ方法(八九節)によつて地球の半径の五十九倍(實は六十倍)を得た又アリスターカス(Aristarchus)紀元前二六〇年頃の考へを用る月食の時月面に投ずる地球の影の視直径、日月の視

直径から地球と月、地球と太陽との距離の一つを知り他を求むる方法(一〇四節)により太陽の距離は地球半径の約千二百倍(實は約二萬三千倍)を得てゐた。

トレミーの太陽系組織の根本には神は凡て圓滿を望むが爲め宇宙間に存する天體の形及びその運動は凡て球又は圓でなければならぬといふ考へが流れてゐた。従つてトレミーの太陽系は神意に副ふものとして飽くまで信奉されたのである。

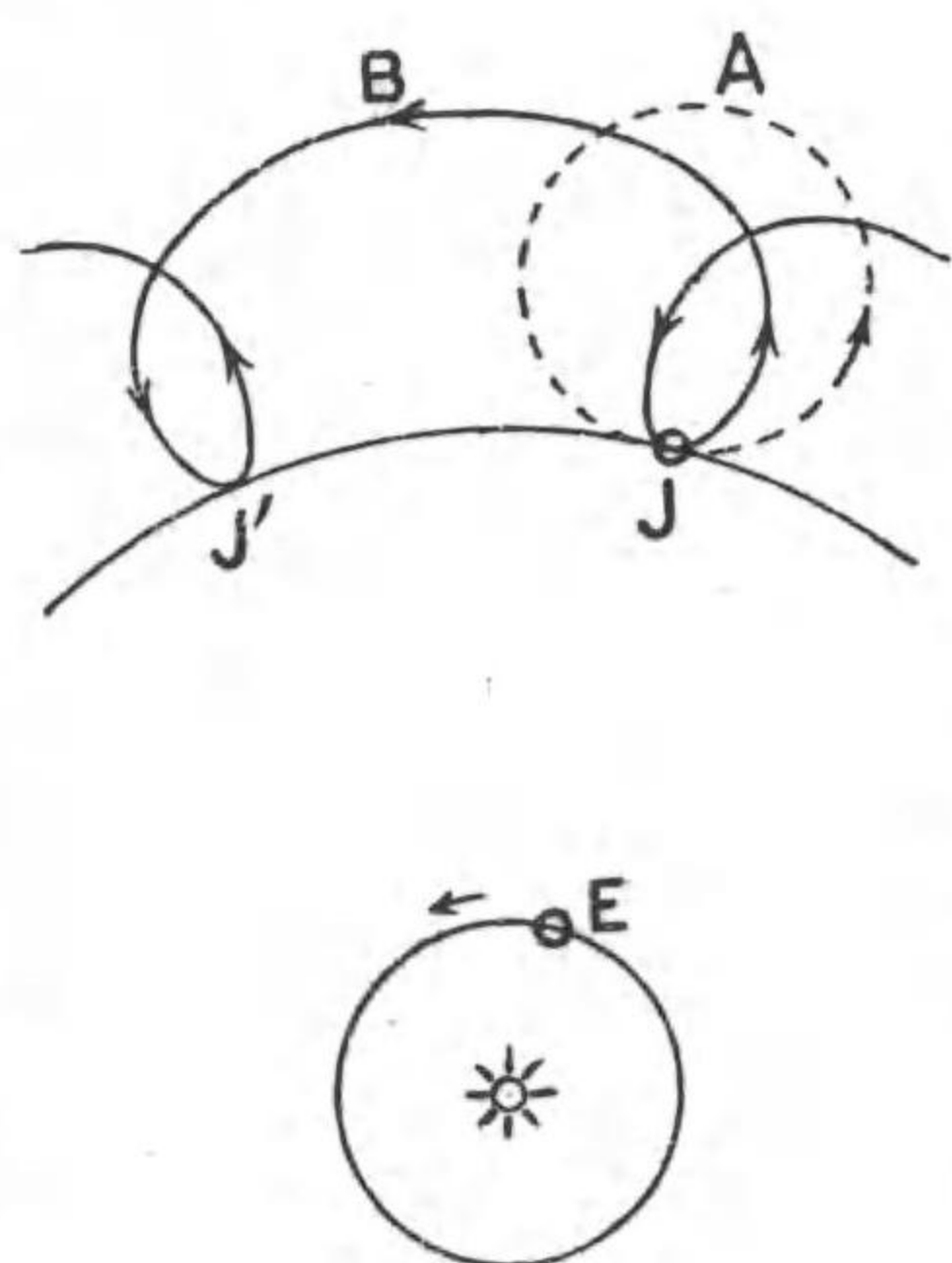
### 八七 コペルニクスの太陽系

コペルニクスの太陽系は現今の太陽系と大局に於て同じものである。氏は惑星の凡ては太陽の周圍を周り其の軌道は圓又はそれ等の組み合せであるとして惑星の視運動を地球の公轉によつて説明した。

火、木、土星が太陽と衝をなすことあるよりその軌道は地球の外にある。而して地球は公轉しつゝあるからもし例へば木星Jが靜止してゐるとすれば地球

から木星を見れば木星は當然地球のなす運動と全く同じ運動J B J'をなすや

圖六十四第



うに見える。然るに木星は其の間に軌道上を動くから木星の視運動はJ B J'となる。かくて之れ等の惑星の畫く輪の中は實際地球の軌道の中と同じである、それが小さく見ゆるものほど距離大である。

水、金星の視運動が太陽を多くはなれ無

いのはそれ等の軌道が地球の軌道の中にあるとして前同様に説明し得らるゝ。以上の説明に依て氏は諸惑星の會合週期と恒星週期及び恒星年との間に存する一定の關係(七二節)を數學的に説明した(五五節參照)。

氏の系統はトレミーの系統を打ち壞すものであるから始めは唯嘲笑を以て迎へられたのみであつたが、研究者の漸く増すに従つて羅馬法王廳は之れ等を見べて異端者となしあらゆる壓迫を加へ一六〇〇年ブルーノー(Giordano Bruno)

の如き羅馬に於て生きながら焼かるゝに至つた。

以下數節に亘つてコペルニクスの所説を述べよう。

### 八八 月及び惑星の衛星

月の視直徑のあまり變化せざる事及びそれが盈虧を有する事は光を發せざる物體月が地球を周りつゝある間日光を受けて輝くべきものなることは誰れしも直ちに思ひ及ぶことである希臘の哲學者アナクサゴラス(Anaxagoras)は疾く紀元前約五〇〇年即ちトレミー以前約三百年當時天空の神として崇拜營ならざる太陽は白熱せる鐵又は石の一塊に過ぎず又月は地球と同じく一塊の土で日光を受けて始めて輝くのみであると發表した、此の言説の爲め氏は異神論者として一家を擧げて死刑に處せらるべきを友人門弟の命乞ひによつて漸く死一等を減ぜられてアゼンを追はれた。

コペルニクスに至つて月を地球の衛星とした。一六一〇年一月七日ガリラ

イが望遠鏡觀測によつて木星の四衛星を發見し、引續き觀測を行つてそれ等の公轉週期さへ測定した、その後氏は土星の輪を發見した又太陽の黒點をつゞいでそれによつて太陽の自轉を見附けた。尙ほ氏は巧みに教權のあらゆる壓迫を避けて著述に觀測にあらゆる精力を盡して研究をつゞけそれが爲め一六三六年全く明を失ひ一六四二年一月困弊の内遂に此の世を去つた。當時ガリライの望遠鏡を通して天體を觀望するのみにてもコペルニクス系統の如何に眞に近きかを窺ひ得たるにも係はらず多くの人は神威を冒瀆するものとして之れに觸るゝ事すら敢てしなかつた。

### 八九 月の距離

同一子午線上に於て南北に距つた二地點A及びBに於て同時に南中する月の天頂距離 $Z_1$ 及び $Z_2$ を測定す、然る時四邊形OAMBは一平面上にあつて邊OA、OB並びに角AOB二地點の緯度の差及び角OAM、OBM(それ々 $Z_1, Z_2$ の

補角を求めて月の距離OMを算出することが出来る、此の法は地上から視る月の方向が地點によつて差あること即ち視差を根據としてゐるから視差による距離測定法といふ。

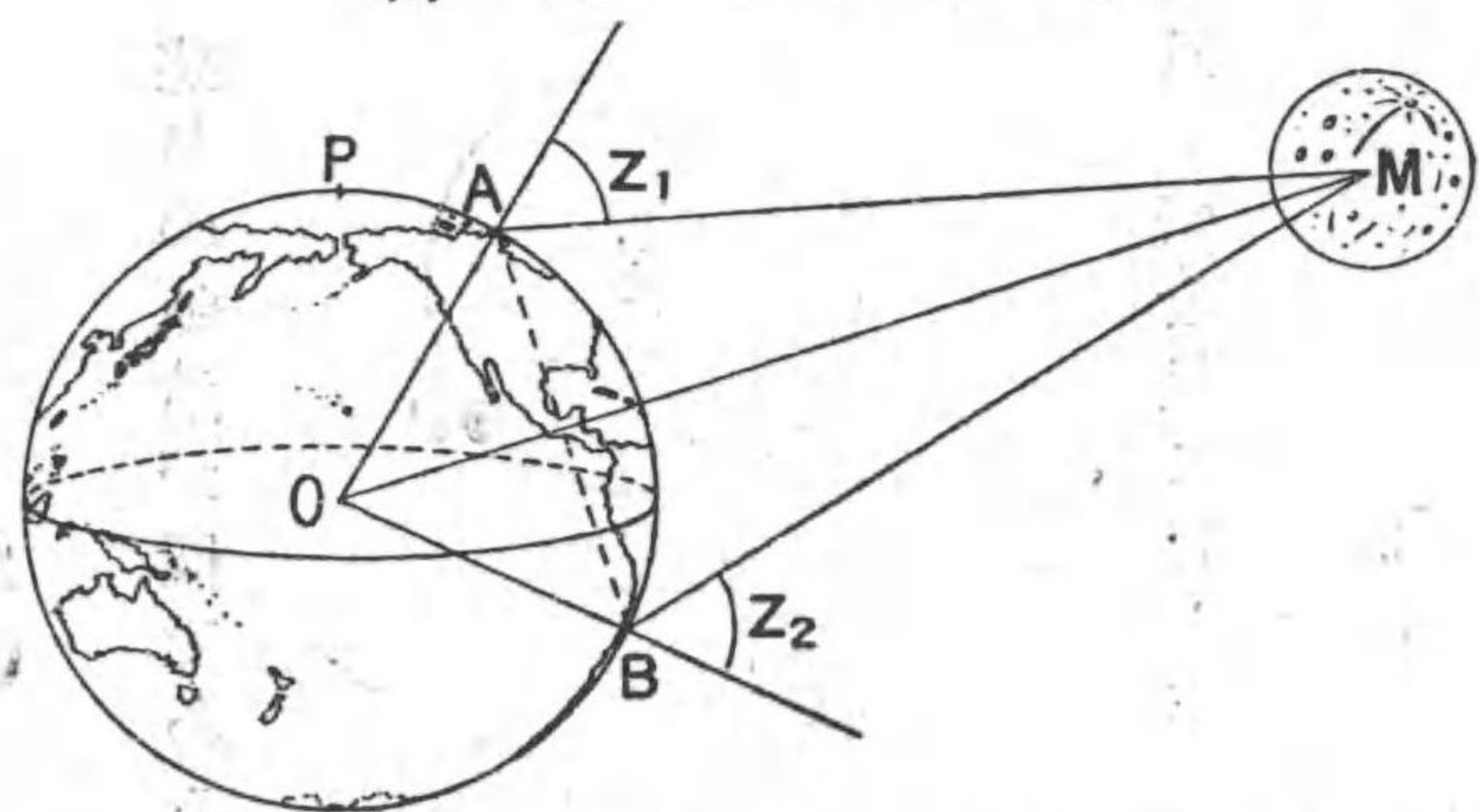
而して月の視直徑は約三十三分乃至二十九分の間を變化し平均三十一分三秒七である處から考ふれば月の距離は一定してゐない、現今精しき測定によれば

最大	四〇七〇〇〇	杆
最小	三五七〇〇〇	杆
平均	三八四四〇〇	杆

平均距離は地球の平均半徑の約六十倍である。

コペルニクスは月が地球を周ぐる軌道が楕圓をなすことを覺らなかつた爲

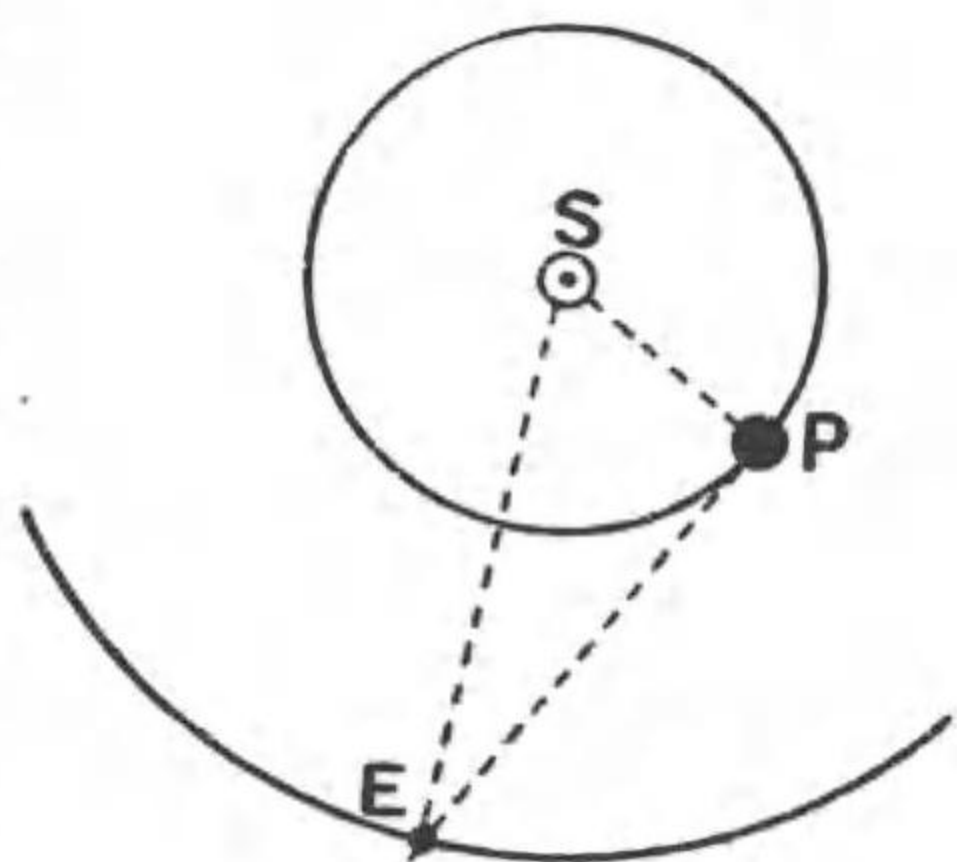
第四十七圖



め此の問題の解決に苦心した。

### 九〇 太陽と内惑星との距離

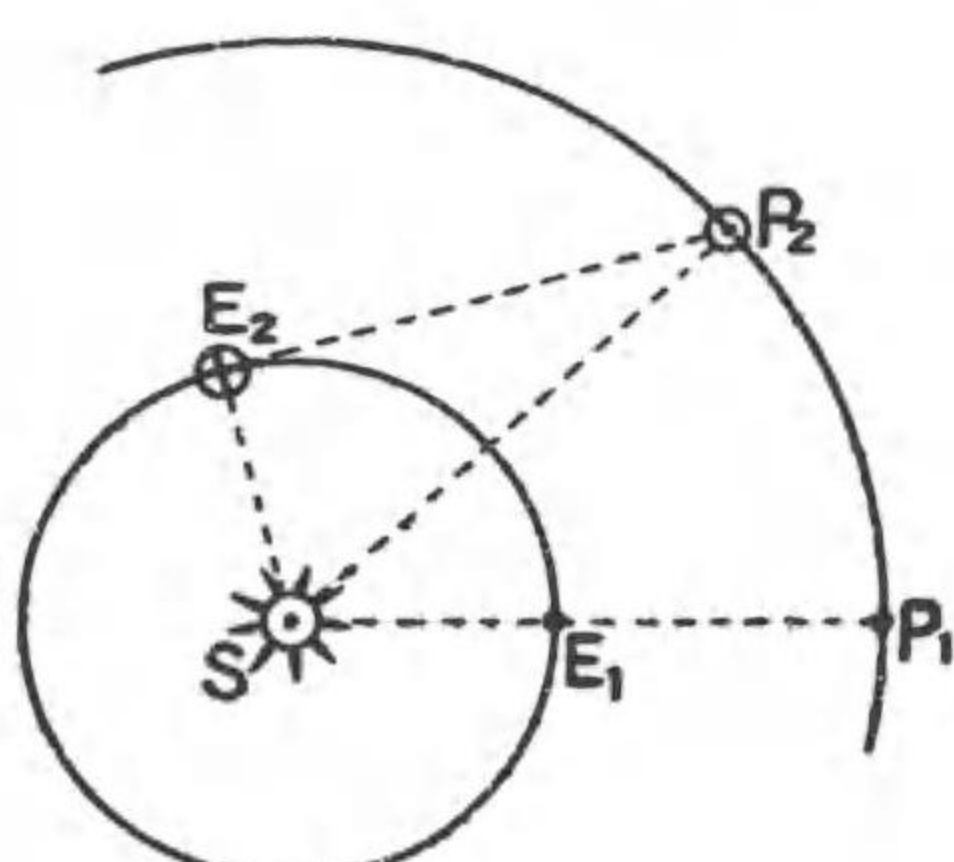
圖八十四第



惑星の軌道が圓であるならば内惑星が最大離隔にある時は地球からその惑星を見る視線EPが軌道に切線をなしてゐる従つて此の時地球から見た太陽及び惑星の視線ES、EPの挟む角PESを知るならば直角三角形EPSの解法によつて地球と太陽との距離を單位として内惑星と太陽との距離を求めることが出来る。此の考へからコペルニクスは水星に對し平均〇・三六倍(正しくは〇・三八七倍)金星に對し平均〇・七二倍(正しくは〇・七二三倍)を得た。

### 九一 太陽と外惑星との距離

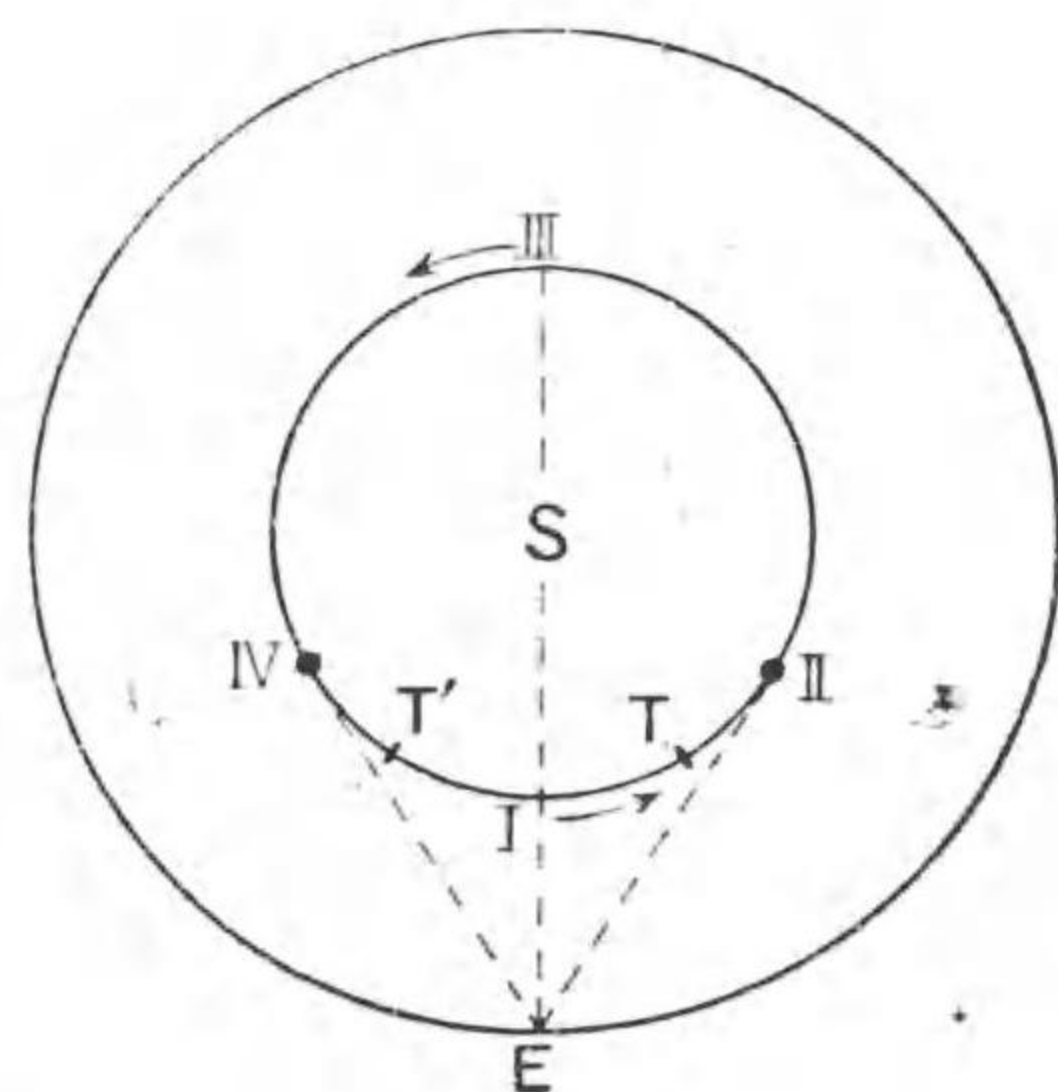
圖九十四第



第四十九圖に於て地球E<sub>1</sub>外惑星P<sub>1</sub>に於て惑星が太陽と衝をなし、次に地球E<sub>2</sub>惑星P<sub>2</sub>に於て惑星が太陽と矩象をなすとす。衝と矩象との間の時間は観測によつて測ることが出来る然らば此の時間に於けるPの公轉した角P<sub>1</sub>S P<sub>2</sub>は其の恒星週期から求められる、又同じ時間に於ける地球公轉の角E<sub>1</sub>S E<sub>2</sub>は恒星年から求め得らる、依つて二角の差E<sub>2</sub>S P<sub>2</sub>を算出すれば直角三角形S E<sub>2</sub> P<sub>2</sub>の解法によつて惑星と太陽との距離は地球と太陽との距離を單位として算出し得る。コペルニクスは此の法に依つて始めて外惑星の距離を定めた。即ち火星に對し一・五倍木星に對し五倍(正しくは五・二倍)土星に對し九倍(正しくは九五倍)を得た。

### 九二 内惑星の眞運動

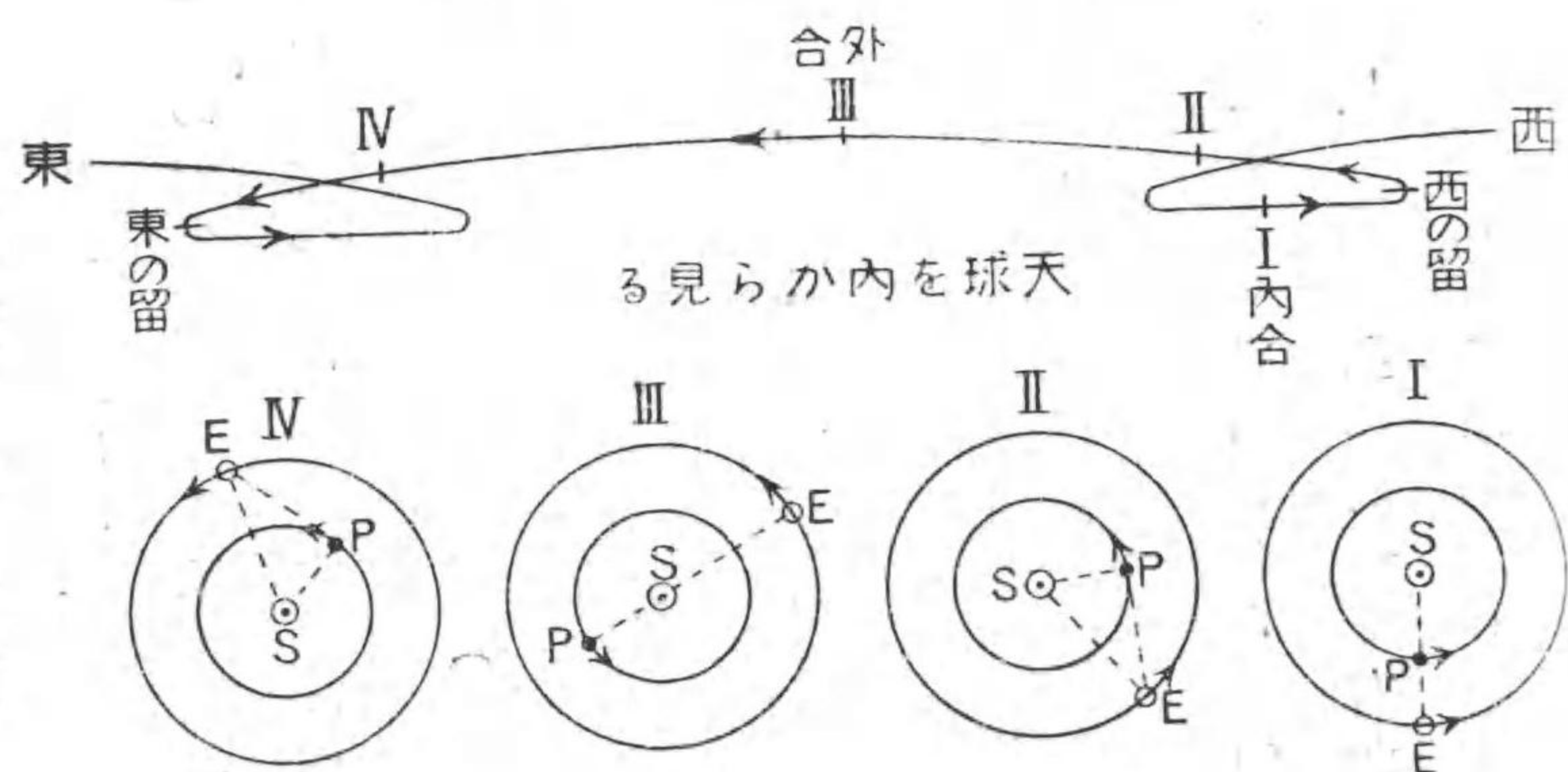
第十五圖



コペルニクスは惑星の視運動は地球の公轉より來るものであることを鮮かに説明した、今先づ内惑星について之れを述べる。

内惑星の軌道は地球の軌道の内側にあり且つその軌道上の速さは地球のそれよりも大である。(九四節故に地球から見た内惑星と太陽との天球上に於ける關係的位置は第五十二圖に示すやうに變る即ちIなる時内合IIIなる時外合IIなる時、内惑星が太陽から最も多く向つて右即ち西、吾々が頭を北極に向けて天球を内より見る時、西は向つて右東は向つて左である)に離れて西方離隔IVなる時東方離隔である。

第十五圖



第十一章 太陽系の組織

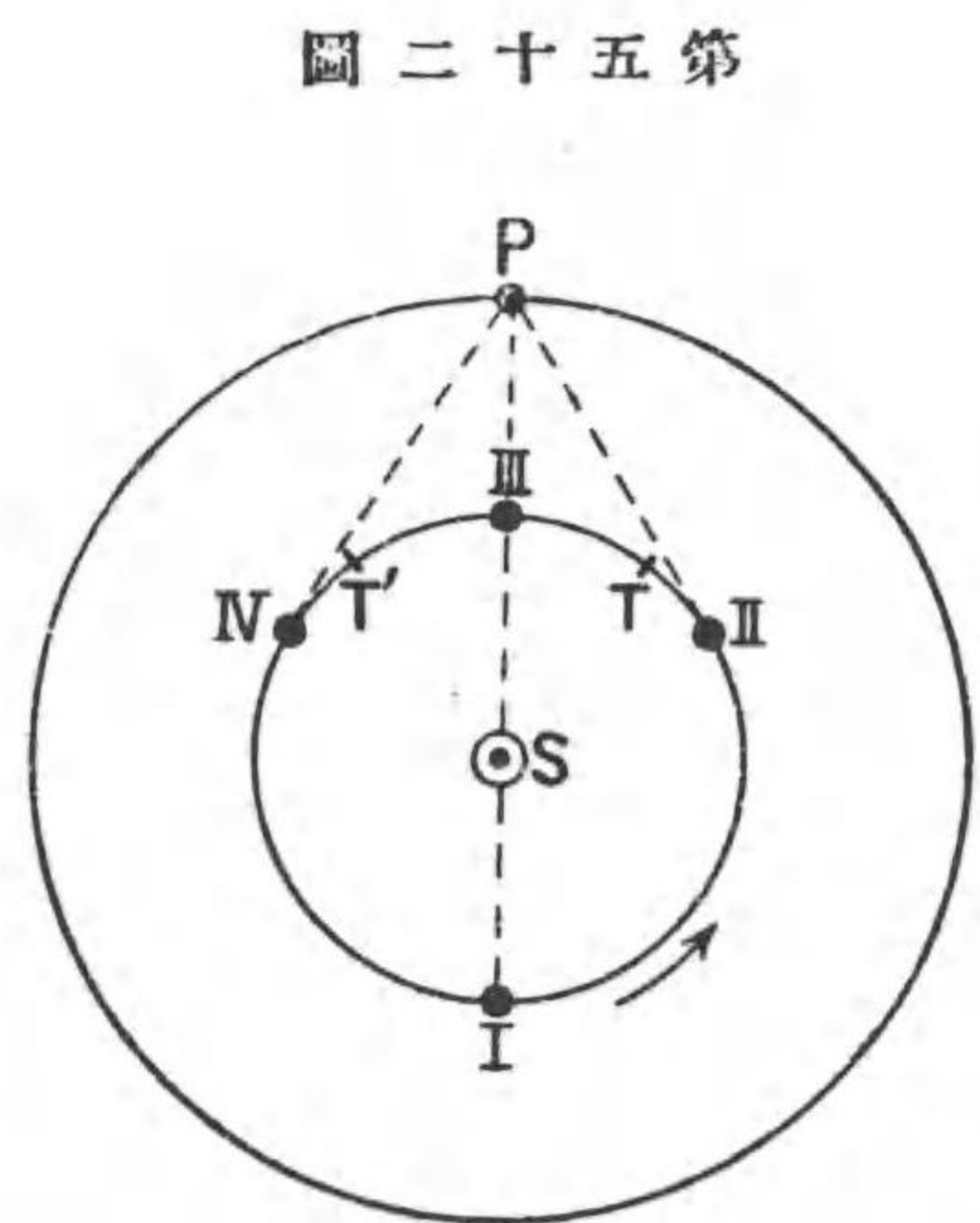
漸く減じて遂に留となる。

尙IIに於ては惑星の視運動は一應視線と重なる様ではあるが地球自身も運動してゐるから惑星の視運動は向つて右から左即ち西から東に向つてゐる即ち己に順行してゐる、故に留は西方離隔の前例へばTに於て起る。

留以後順行の速さ漸く大きく外合に至つて最大後漸次減小し東方離隔に於ても尙順行を続け例へばTに至つて東の留となり逆行に變じて漸く其の速さを増し内合に至つて最大となる。

### 九三 外惑星の眞運動

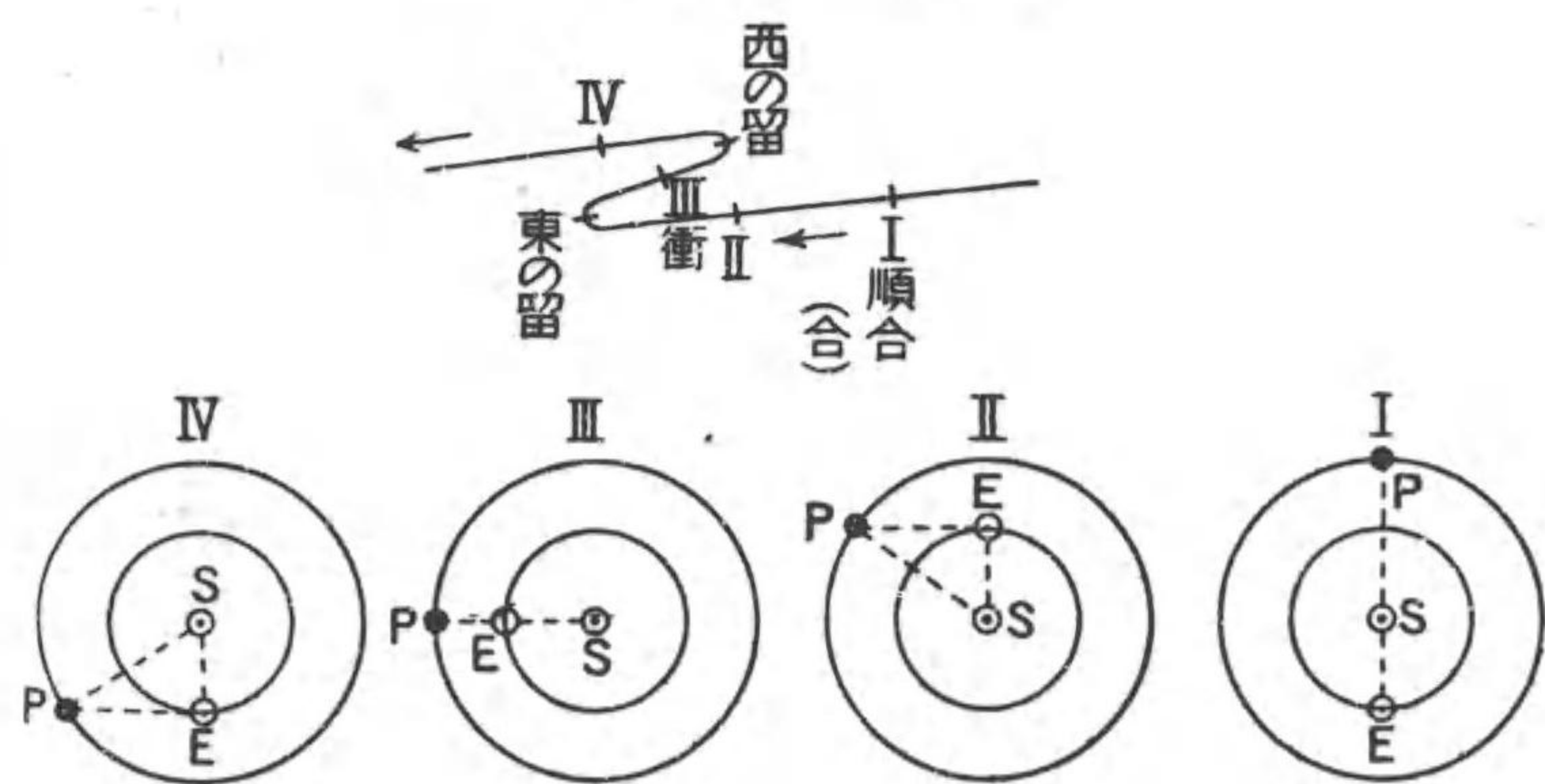
外惑星の軌道は地球の軌道の外側にあつて、その軌道上の速さは地球のそれよりも小である。従つて兩者の太陽に關する關係的の位置は第五十二



圖に示すやうに變る。Iに於て惑星は太陽と合をなす、地球の公轉の速さは惑星の

それよりも大であるから此の時恒星間に於ける惑星の視運動は向つて右から左(第四十圖参照)から東であるから順行である、しかも視

圖三十五第



運動の速さ最大である。

その後地球は漸く惑星に追いつくに從ひ地球の軌道は惑星に對し斜めになるから順行の速さ漸く減じ遂にIIに於て下矩となる。此の時地球は恰も惑星の方向に進みつゝあれど實際惑星は左即ち東に動きつゝあるから尙順行を続けてゐる。留は内惑星の場合と同様の理由にて下矩の後Iに於て見る。

留の後は地球は惑星を追ひ抜く状態となるから逆行となり漸く其の速さを増しIII衝に於て最大、後減じつゝ留となり順行に移つて間も無くIV上矩となる。

九四 ケプレル

慣性の法則は精神界にも應用さるゝと見え望遠鏡に觸るゝことさへしなかつた衆人はさて措きあれほどの大系統を立てた大コペルニクスすらそれ等と母星との距離一定ならざるを知りながら衛星の軌道を圓以外に出でしめなかつた又あれほどの大系統を見せつけられながら殆んど一生を天體觀測と天文



學研究とに捧げた大チコトブラへすら僅かに水金二星を太陽に屬せしめたる外トレミーの系統に近きものを想像した。然るに果然ケプレルは師の觀測を精査し數學に關する天才を發揮しコペルニクスの太陽系を修正完成した氏の三大法則は次ぎの通りである。

一、各惑星はそれと太陽とを結びつくる直線即ち動徑が等しき時間に等しき面積を畫く様に動く。(等面積の法則)。

二、凡べての惑星の軌道は楕圓であつて太陽はその焦點の一つに位置してゐる。

三、任意の二つの惑星の公轉週期の二乗は惑星太陽間の平均距離(最大最小距離の和の半分)の三乗に比例す。

惑星の公轉週期を $T$ 、平均距離を $a$ とすれば第三法則は $T^2$ が凡べての惑星について一定であることを示す、しかし今は之れを $T^2 \propto a^3(m_1+m_2)$ と修正すべきものであることが知れた。此に $K$ は比例常数 $m_1$ は太陽 $m_2$ は惑星の質量である、 $m_2$

が $m_1$ に比し小なる時のみ第三則は眞である。衛星と母星についても同法則が成り立つ。

### 九五 ニュートン

さてケプレルは以上の如く太陽系に關する事實をまとめたが、しかし其の説明に至つては何等陳述する處も無かつた。此の理論を與へたのが理學界不世出の偉人ニュートンである。

氏はガリライの死したる一六四二年に生れた、氏は惑星の運動を支配する法則を作らんと疾くから思索を凝らした、偶々一六六六年郷里にある時林檎の落つるを見て萬有引力の暗示を得たといひ傳へられてゐる。此の大法則による惑星公轉の説明は一六八二年に公にされた。

ニュートンの學説は直に英國に廣まつたが大陸に入つたのは漸く一七二七年であつた、爾後此の方面の研究はオイレル (Euler 1707—1783) クレーロー (Clairaut 1713—1765) ダランベア (D'Alembert 1717—1783) ラグランジ (Lagrange 1736—1813)

ラプラス (Laplace 1749-1827) 等の學者によつて大發展を遂げた、天文學の中此の理論的方面の研究を天體力學といふ。

今天體に關する力學的の研究が如何なる宇宙の眞理を語るものなるかを示す爲めに一例として海王星の發見を擧げよう。

### 九六 海王星の發見

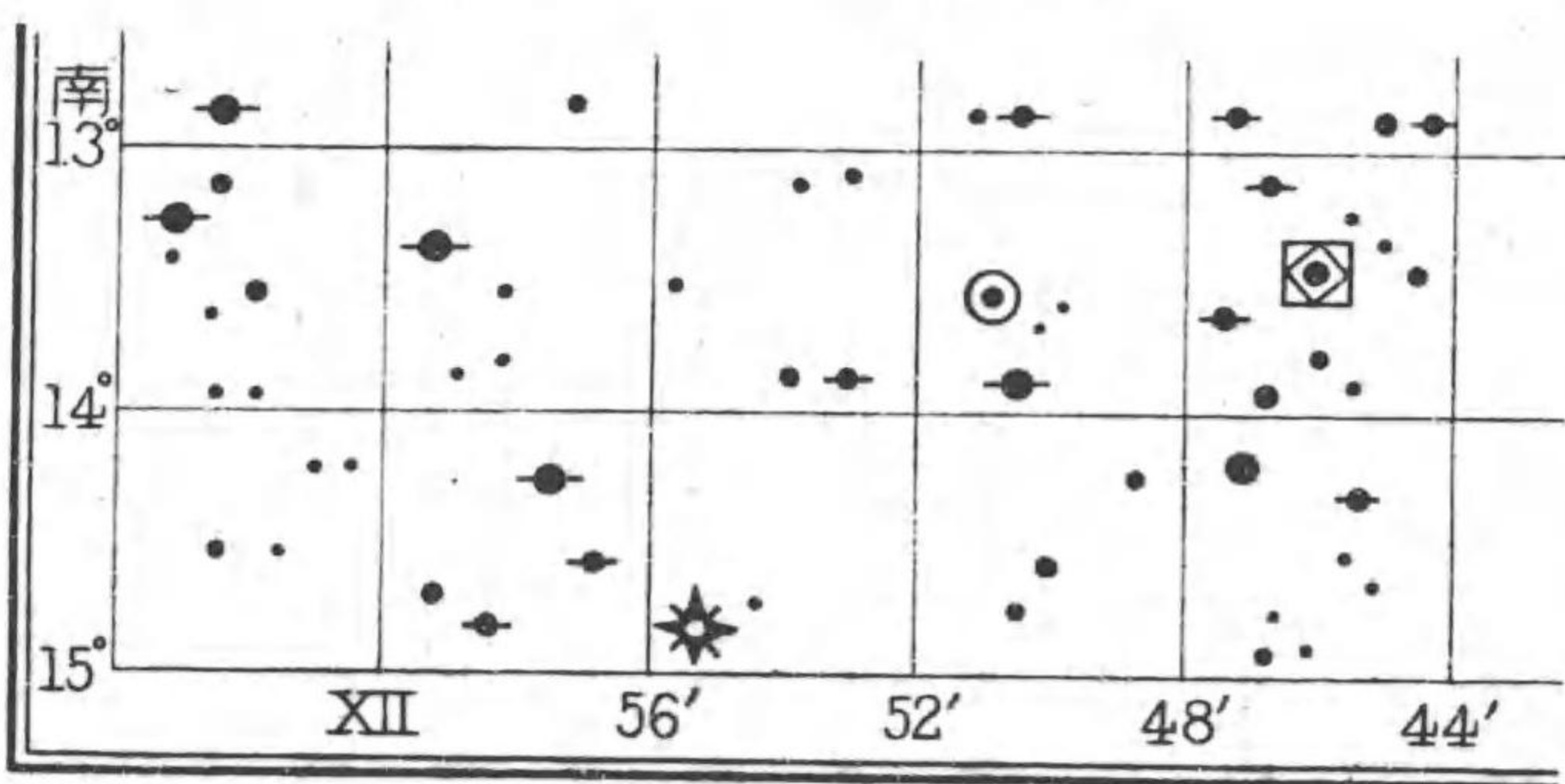
一七八一年ハーシェル兄妹 (William and Caroline Herschel) は氏等のつくれる望遠鏡によつて天體模索中天王星を發見した、光級の平均僅かに六等、倍率百倍以下にては恒星と區別し得られない。

天王星發見後其の位置について數學的研究は進んだがいつも理論と實際とは合はなくて遂に一八四〇年頃の喰ひ違ひは角度三分餘となつた。

其の頃已に此の差がその外方にある惑星より來る擾亂に依るものとして數學的研究を完成した二人の學者があつた其の一人は英人アダムス (John Couch

Adams 1845) 年二十七歳他の一人は佛人ルベリエ (Joseph Leverrier 1845) 年三十七

第五十四圖



◎ 天王星の實際の位置  
 ◻ 天王星の定算の位置  
 ● 變光星  
 (1846)

歳。兩氏各獨立に未知の星の質量、太陽よりの距離を全く數學的に得た。

アダムスは其の位置を指示し觀測をロンドン天文臺に依頼したが思はざる故障の爲めそのままとなつてゐた。

ルベリエはパリ天文臺に所要の星圖がなかつたから其の友人なるベルリン天文臺ガルレ (Galle) にその觀測を依頼した、ガルレはその手紙を受くるや直ちに其の夜觀測を行ひ僅か三十分間模索の後豫示された位置に近く新惑星を發見した、此の新しき星こそ實に海王星である。

九七 分點の歳差の説明

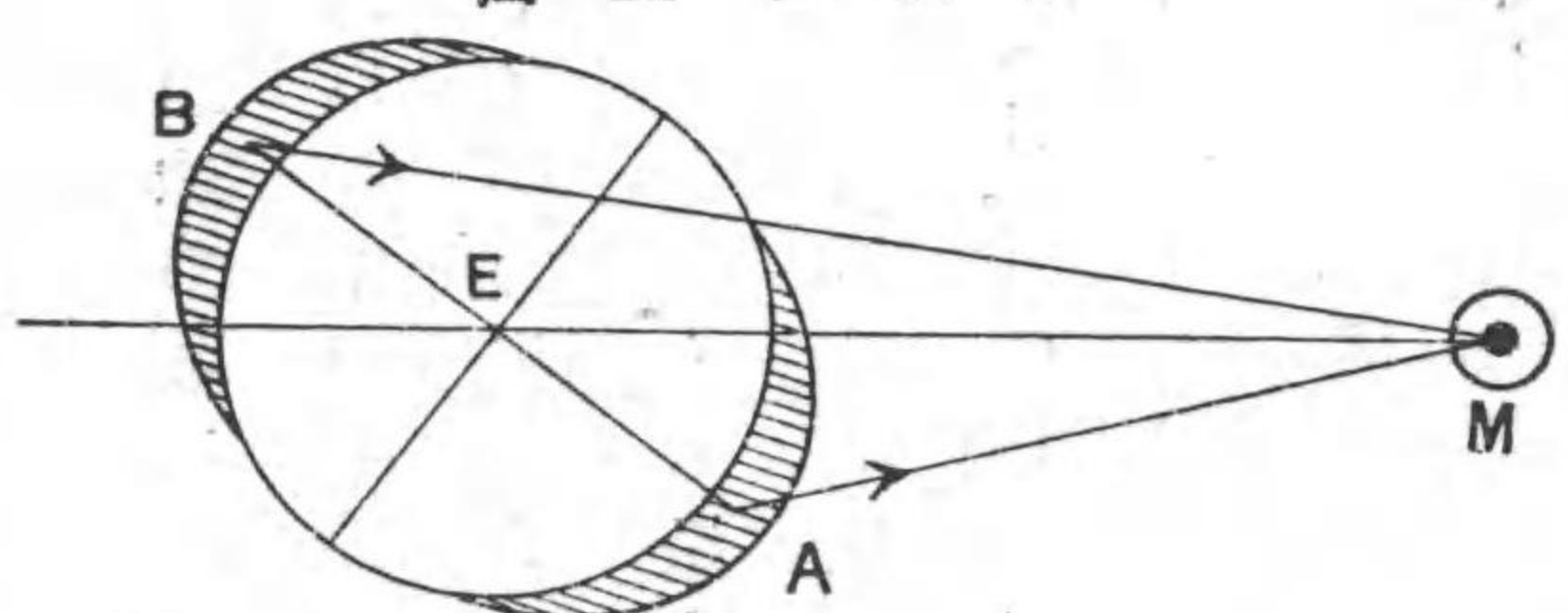
萬有引力の法則は常に惑星公轉の現象を説明するのみならず天文學上各方面に應用せられ天文現象を説明すること快刀亂麻を斷つのが概がある、分點の歳差章動の説明もその一例である。

黄道は太陽の視運動の面であるからそれは地球公轉の軌道面に外ならぬ。又白道面は月の軌道面である、兩者同一平面をなすに近い。即ち地球は其の軌道面にある月及び太陽から萬有引力を受けてゐる。

地球の自轉の軸に直角なる赤道面は黄道面に約二十三度半の傾きを有してゐる、又地球は球形で無く赤道附近に赤道隆起帯を有してゐる、此の隆起帯の一部Aは月の軌道面の下に一部Bは上にある、之れ等に及ぼす月の引力は距離が近いだけそれだけAの方に大である、其の結果として地球の軸を軌道面に直立せしむるやうな偶力が作用する、月が反對の位置(向つて左)にある時も同様であ

る。従つて地球が靜止してゐるならば地球の軸はすぐ直立すべきも地球は自

第五十五圖



轉しつゝあるから結果は軸が圓錐面上を廻轉することゝなる。走つてゐる自轉車を横から押すは水平方向の其の廻轉軸を直立させやうとする力を作用せしむることになる、此の時自轉車は倒れないでその軸の向き従つて自轉車の向きが變るだけである、又廻りつゝある獨樂を推して倒さうとすれば獨樂は傾きながらその軸が圓錐面上にまわる分點の歳差は全く之れと同様の現象である。

白道面は黄道面と一致せずその傾き方は十八年六の週期を以て變る、故に月が地球に及ぼす前述の影響は十八年六を週期とする不規則がある筈である、之れ章動のある所以である。尚太陽は其の距離遠きたため地球に及ぼす前述の影響は極めて小である。

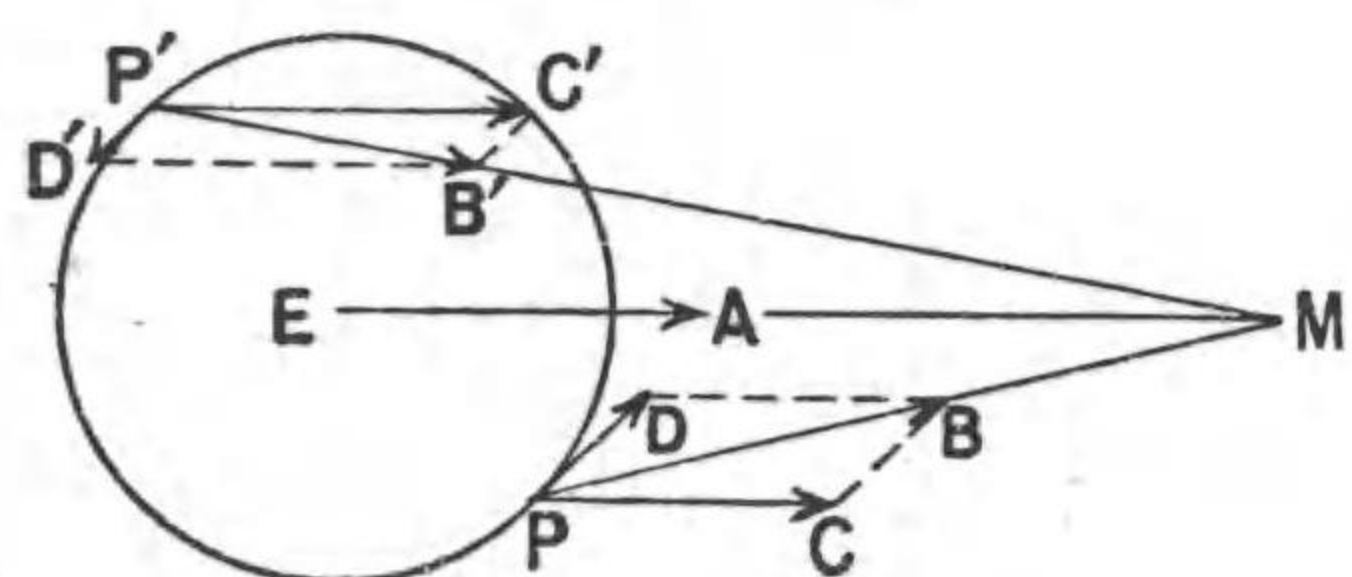
## 第十二章 潮汐

### 九八 起潮力

地球の各部は他の天體から萬有引力を受ける。各部各一瓦毎に受くる引力之れを引力の強さといふが凡べて大き相等しく方向平行ならば地球全體として各部の相對的位置は變らない例へば水を入れた壘をそのまま落とす時途中で水が少しも散らない。若し各部の受くる引力の強さ又は方向異なるか或は兩者とも異なる時はそれ等の相對的位置は變はつて來る。

今地球の中心に於ける月からの引力の強さをEAで示す。地表各點に於ける月からの引力の強さはEAに等しくはない又平行でもない(月の眞下にては平行)之れ等を二つの分力に分ちその一つPCP'C等をEAに平行に而も大き等しく取れば他の一つの分力はPD'P'D等となる之れ等は地心と地表とに於ける引力の強さの差である。

第五十六圖

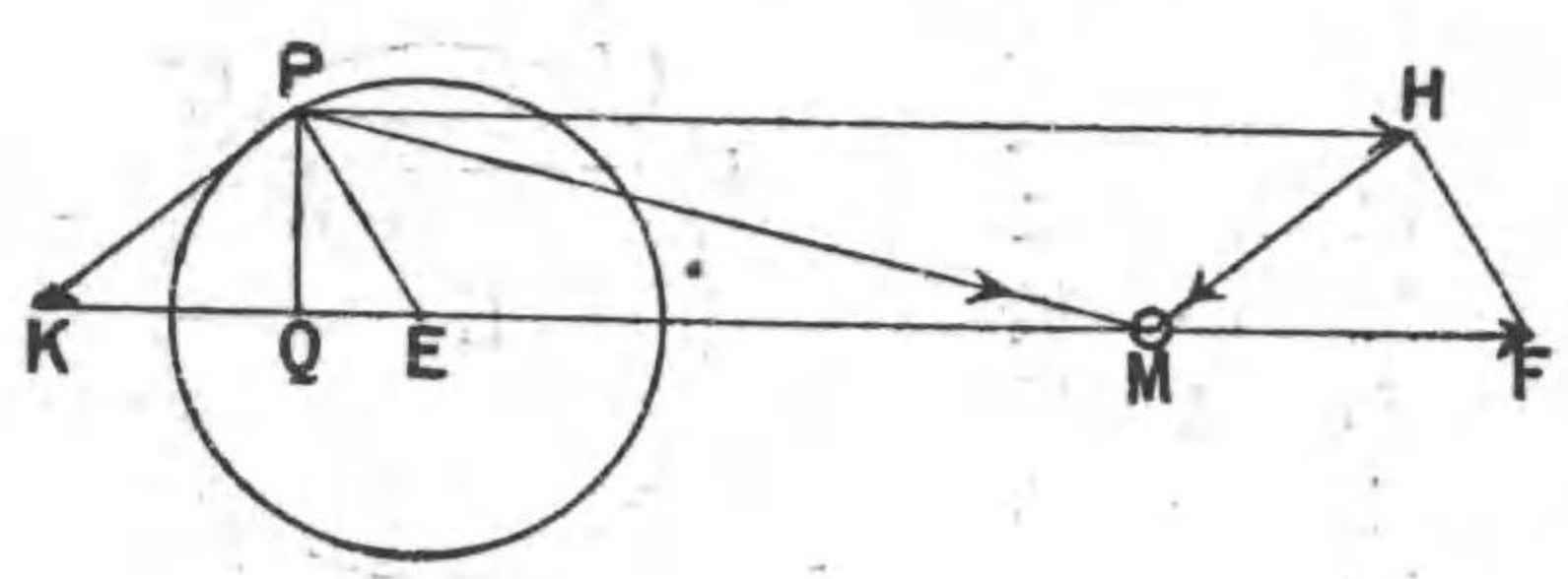


PCP'C等はEAに平行にしてしかも大き相等しいから地表の物體の相對的位置を變へないしかしPD'P'D等は月から等距離の地點に於てのみ大き相等しくはあるが然らざる處に於て大き相異り而もいづれの場合にても互に平行でないから地表の物體の相對的位置を變へるPD'P'D即ち地球中心に於ける月の引力の強さと地表に於けるそれとの差を起潮力といひ之れによつて起る海水の動搖を潮汐といふ。

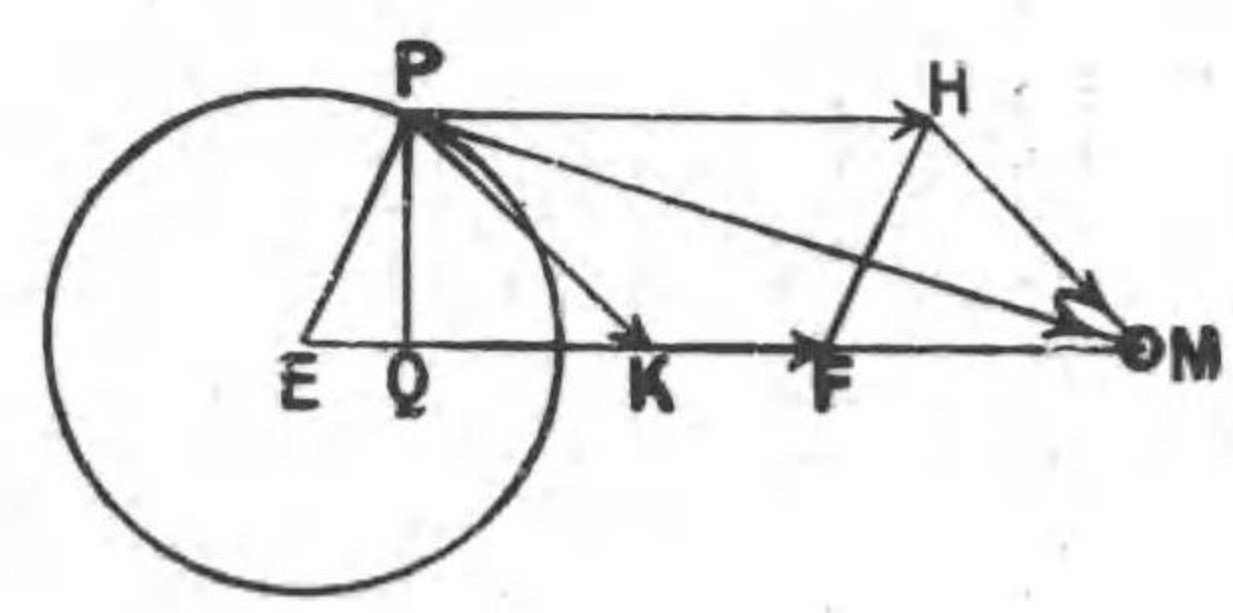
### 九九 起潮力の大小

地表に於ける任意の一點をPとしPに於ける月からの引力の強さをPMで示す。地心に於ける引力の強さはPMとは異なる之れをEFにて表はす。PHをEFに等しく取り平行四邊形PHMKをつくれればPKは起潮力の大きを示す。今Kの位置を證議する。

圖七十五第



圖八十五第



然るに  $\frac{EF}{PM} = \frac{PM^2}{EM^2}$  (萬有引力は距離の二乗に逆比例す)

故に  $EF = \frac{PM^3}{EM^2}$  故に  $EK = EM \sim \frac{PM^3}{EM^2}$

$\frac{EM^3 \sim PM^3}{EM^2}$

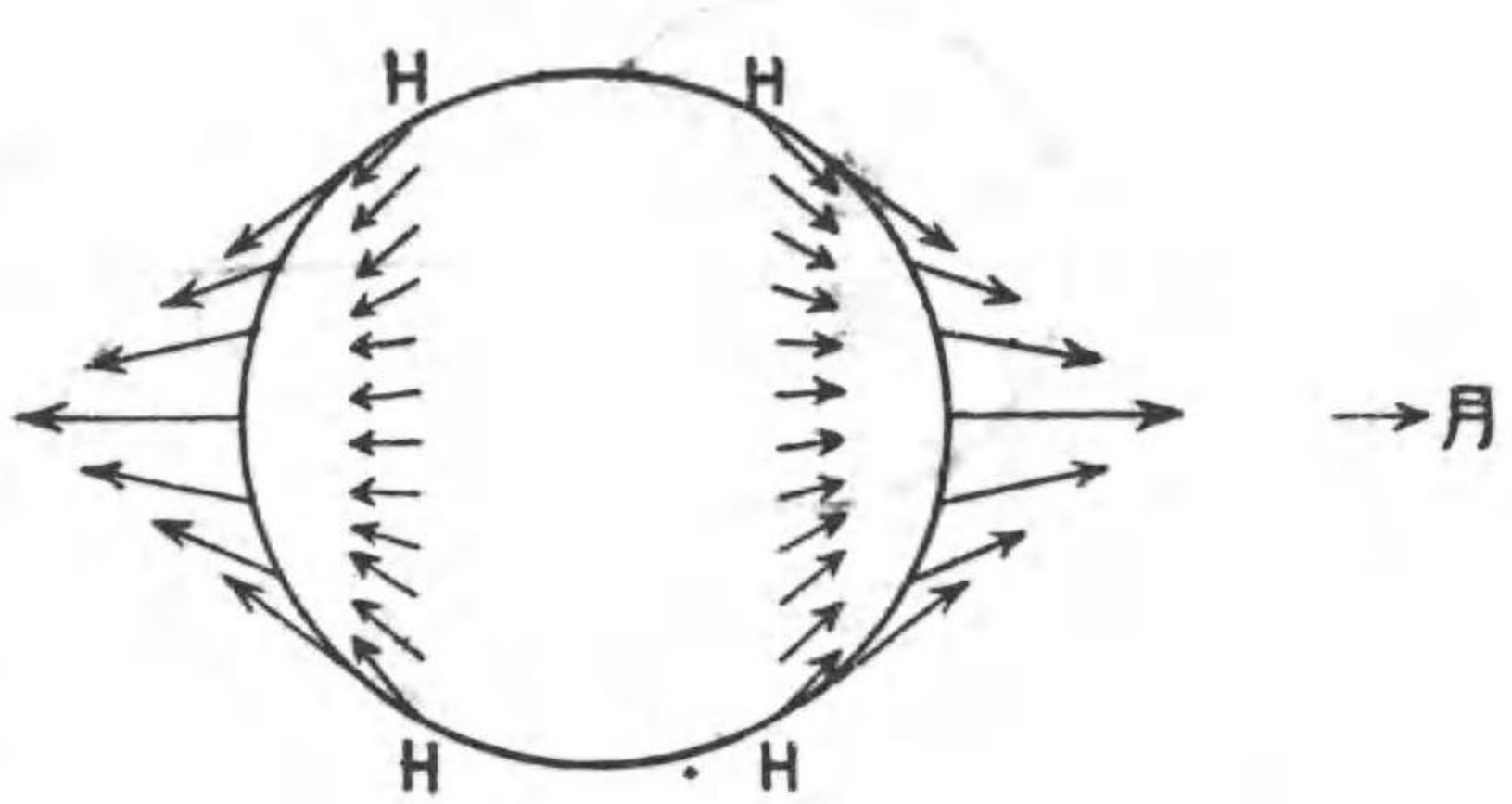
故に

$$EK = \frac{(EM \sim PM)(EM^2 + EM \times PM + PM^2)}{EM^2} = (EM \sim PM) \left( 1 + \frac{PM}{EM} + \frac{PM^2}{EM^2} \right)$$

然るに EM は地球半径の六〇倍であるから角 P M E は極めて小である、依つて

P から EM に垂線 PQ を作れば EQ を EM と PM との差と見てよい、又 EM の PM に対する比も一と見て誤差は六十分の一を超えない、故に  $EK \approx EQ$  となる。

圖九十五第



地表各點に於ける起潮力 PK は此の如くにして見出さるる、尤も PK は P 點に於ける月の引力の強さを PM としそれに比較したものであるが PM は凡て EM に等しとして誤差三十分の一を超えない。

起潮力が丁度水平になる點 H から月を天頂又は天底に見る地點へ進むほど起潮力の大き漸く増し方向は上向きになるから重力を減す此の範圍外では起潮力は下向きになるから重力を増す。

### 100 日月の起潮力

一般に地球に起潮力を及ぼす天體の質量を m、夫と地球との中心距離を d、地球の半径を r、萬有引力の比例恒數を K とすれば、天體を天頂に見る點 A に於ける引力の強さは  $Km/d^2$ 、地心に於ける強さは  $Km/d^2$

兩者の差はAに於ける起潮力である故に

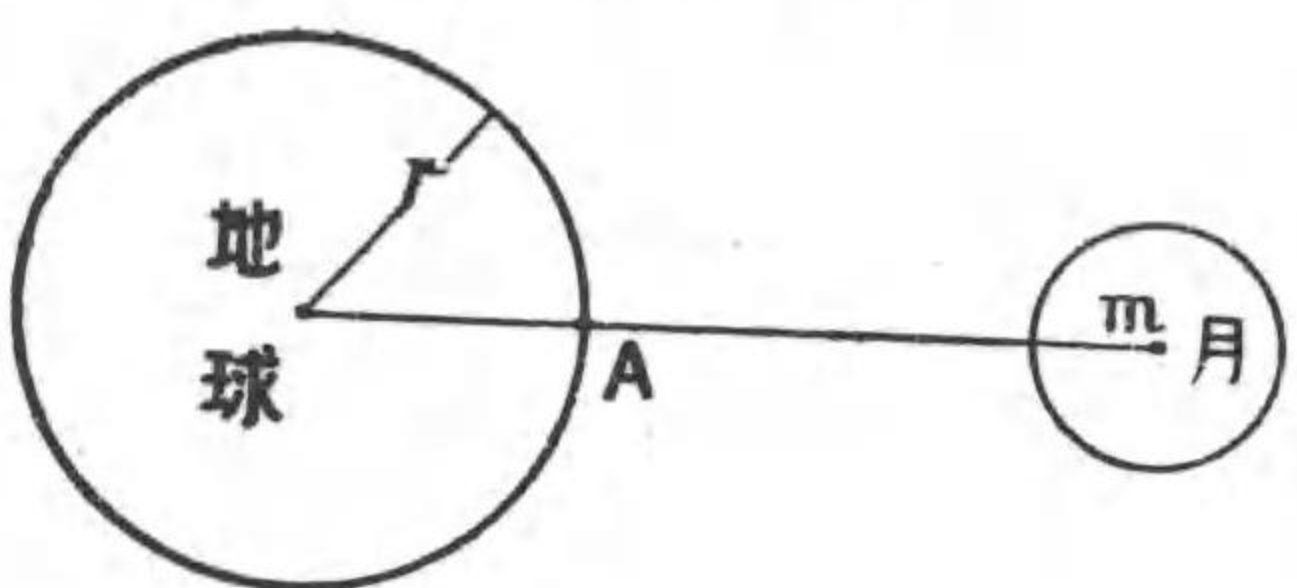
$$A \text{ に於ける記潮力} = K_m \left\{ \frac{1}{(d-r)^2} - \frac{1}{d^2} \right\} = K_m \frac{d}{d^3} \left\{ \frac{1}{1-\frac{r}{d}} - 1 \right\}$$

$$= K \frac{m}{d^2} \left( 2 \frac{r}{d} \right) = \frac{2 K m r}{d^3}$$

即ち起潮力は地球天體間の距離の三乗に逆比例する、月と太陽との起潮力を比較すれば

	太陽	月
質量(地球=1)	333000	$\frac{1}{81.8}$
距離(地球半径=1)	23400	60
起潮力	$\frac{333000}{23400^3}$	$\frac{1}{81.8} \times \frac{1}{60^3}$
	1	22

第十六圖



太陽による起潮力は月のそれに比し僅かに二十二分の一に過ぎぬ、他の惑星による起潮力は固より遙かに小である、されば潮汐は殆ど全く月によつて支配される。

一〇一 潮汐

もし地球の全面が海水で蔽はれしかも静止してゐるならば月又は太陽が天頂天底にある地點に於て水最も高くそれより四方に九十度離れた地點に於て最も低くあるべきである。此の高低の水位は日月と共に動いて各地とも大凡日月其の地の子午線を過る時潮最も高くそれから六時間を隔て、最も低くなるものと一應考へらるゝ。しかしよし地球全面が海水で蔽はるとするもそれが起潮力のまに、動くか否かは其の深さによつて定まる問題である。物理學よりいはず赤道を取り巻いてゐる水道について其の深さ二十一杆又はそれ以上ならば月の眞下に高潮を有しつゝ潮は月と共に地球を周ぐる、しかし二十一杆より淺ければ潮は月よりも遅れ月の眞下及びその反蹠の地點の潮は却て低くなる。

實際に於て地球の表面は海陸錯雜せるのみならず海の深さも多様であるか

ら潮汐を理論的に取り扱ふことは殆んど不可能の事である。近來潮汐は起潮力によつて起る定常波であるといふ見解から海面を幾多の振動區域に分ちてその實際を論ずる様になつた。

本曆には東京豊岸島に於ける日々の満潮干潮を記入し第四十八頁にはそれ等と各地の潮の差(平均潮候差)を擧げてゐる。

### 第十三章 太陽系

#### 一〇二 太陽系の大きさ

前章に於て日月諸惑星の視運動より如何にして太陽系の組織せらるゝかを説いた。コペルニクスは地球と月との距離を測定しそれによつて地球と太陽との距離を算出したるも其の値は實際とはあまりにかけはなれてゐた。然るに此の値は九〇九一節に述べた様に惑星と太陽との距離測定の基本となつてゐるものであるからコペルニクスの得た太陽系の大きさは到底取るに足らぬも

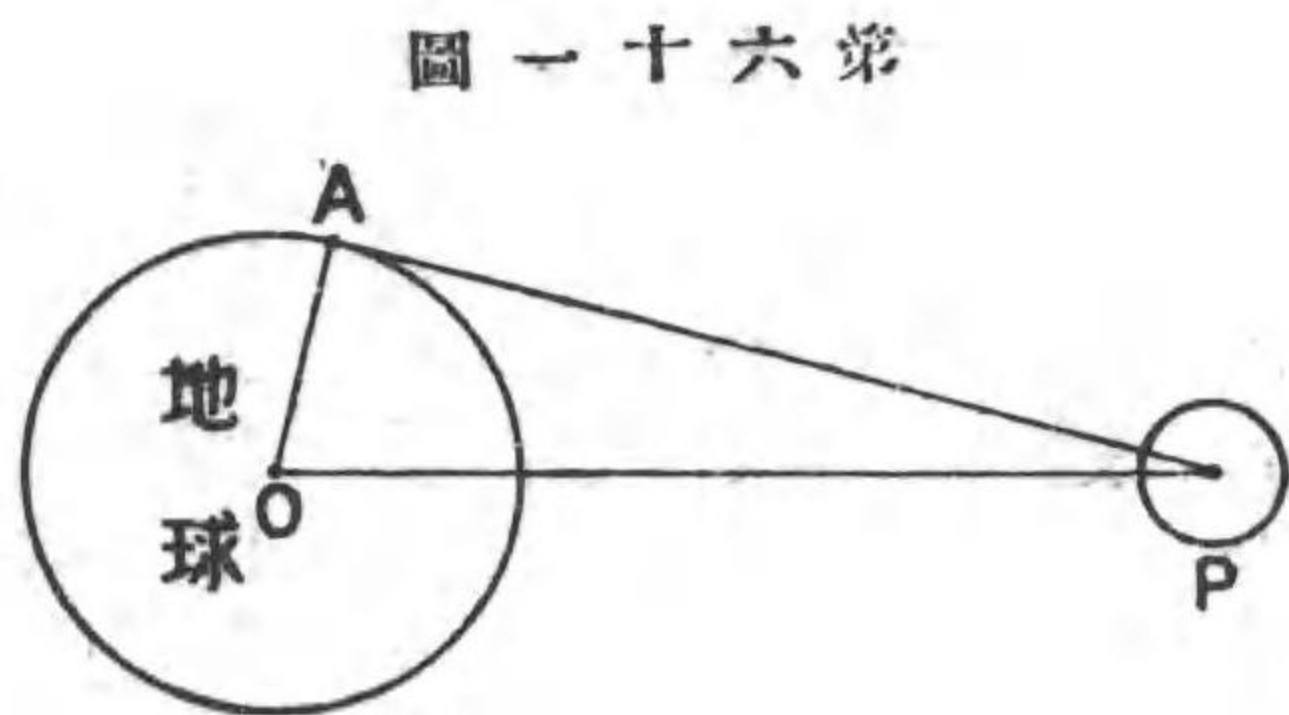
のである。

#### 一〇三 水平視差

八九節に於て月の距離を視差によつてはかることを述べた。此の時距離測定の基線はAB(第四十七圖)である。

天文学に於て普通視差といはゞ或る天體の地表の一點Aから見る時と地球中心Oから見る時との方向の差をいふ殊に一地點から天體を見る方向が水平なる時その視差を水平視差と名づける。此の時距離測定の基線は地球の半径OAであつて、水平視差はその天體から見た地球視半径である。

然るに地球の半径は地點によつて異り赤道に於て最大極に於て最小である、赤道半径を基線にした時赤道水平視差と



いふ。

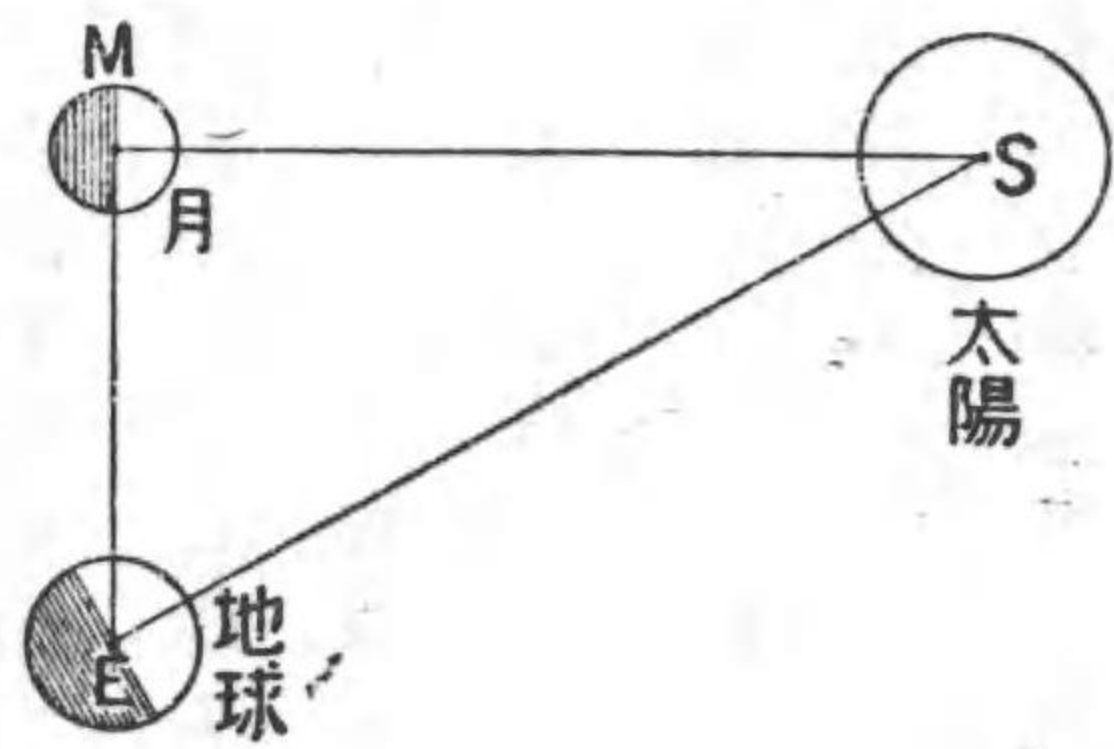
赤道水平視差を知る爲めに吾々は實際地球の中心から天體を見るのでは無く、天體が天球の赤道にある時その惑星の出没に於ける方向と約六時間後その天體の天頂にある時の方向とを測定すれば足る。尤も之等二つの場合に於ける天體の方向を知るには極めて遠方にある恒星の方向は一定であるとして二つの場合に於て目的の天體の地球上の位置を他の恒星と相對的に定め兩者の差によつて赤道水平視差を求むるものである。此の時天球の寫眞が極めて有効に利用せらるゝ。

地球に近き天體の赤道水平視差は此の方法によつて求められそれによつて地球の中心からその天體の中心に至る距離を得るのである。

### 104 太陽の距離

西曆紀元前約二〇〇年アリスターカス(Aristarchus)は月Mが丁度半月になる時はEMSは直角であるから其の時地球Eから見た月と太陽との視線のなす

圖二十六第



角MESを測定し直角三角形の解法によりEMを單位としてESを測つた其の結果は十八乃至二十(正しくは三百九十)を得た。當時の結果として己むを得なかつた。

次にヒバールカス之れを工夫しトレミー、コペルニカス共に採用した距離測定法は次の通りである。之れに於ては日月の視半徑は相等しとしてゐる。

第六十三圖に於てS、E、Mをそれぞれ日地球月の中心

R、r、r'をそれ等の半徑、oは地球の太陽による本影(圓錐

體)の月の距離に於ける切口の半徑、Dを本影の尖端とする。然る時

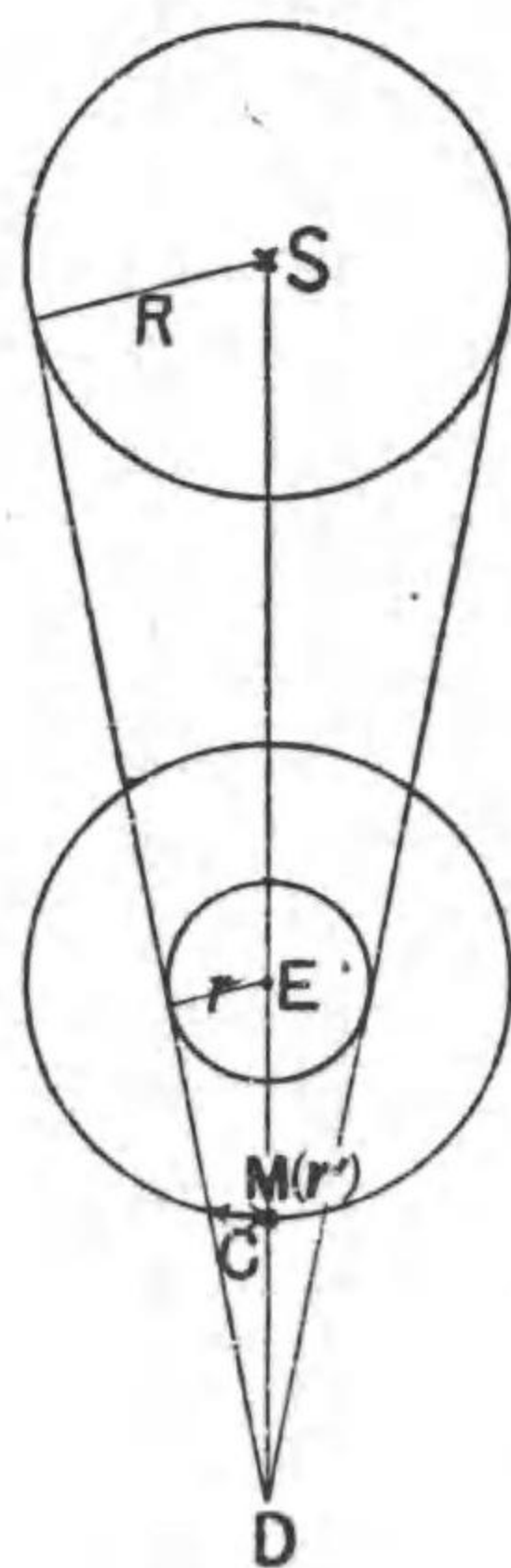
$$R:r:o=DS:DE:DM$$

$$R-r:r'o=SE:EM$$

今SE=nEMとすればR=nr'(日月

視半徑相等しとして)

圖三十六第





$$\begin{aligned} & \therefore r_1' - r_1 = r - c = 2r & \therefore r_1' - \frac{r}{2} & \therefore r - c = 1 & \therefore r_1' - \frac{r}{2} = r - c & \therefore r_1 + c = r + \frac{r}{2} \end{aligned}$$

かくて月の視半徑と地球の影月の距離に於ての視半徑との和は月から見た地球の視半徑と太陽から見た地球の視半徑即ち太陽の水平視差との和に等しい。地球の影の視半徑は月食の時に月面の影によつて知る事が出来る。月から見た地球の視半徑は月地球の距離が地球の半徑の何倍であるかを知れば計算することが出来る、かくて太陽の水平視差が求め得らるゝ、しかしその値は非常に小であるから此の方法に依つて正しき値を得ることは出来ぬ。

金星、水星の如き地球に近き星の距離を正確に求め、又その公轉週期を求め、而して又地球の公轉週期(一恒星年)を知りケプレルの第三法則を應用して太陽の距離を求める事が出来る。之れには惑星の地球に最も近くしかもそれと太陽地球が一直線に來る時を利用するが最も便利である、水、金星の太陽面經過が以前天文學上重要視せられたのは之れがためである。水、金星太陽面經過は十七世紀の終りから十九世紀の末頃まで此の爲めに盛んに利用された、然るに一

八九八年之よれりも尙地球に近よる事のある小惑星エロス發見せらるゝに至つて専ら之れによつて視差が測定され略正しき値に到着した。

一六七六年レーメル(Römer)が木星の衛星の蝕の觀測から地球軌道の直徑を知つて光の速度を求めた、二五五節参照之れを逆に用ひて實驗室内に於て得らるゝ正しき光の速度を用ゐて地球軌道の直徑を求めることもある。

最後に月は太陽から受くる引力の爲め其の軌道は擾亂を受くる、その力の大きさから天體力學を應用して太陽の距離を見出す方法もある。

かくて各種各様の測定の結果現今正しき平均視差として八秒八〇を採用す、従つて太陽の平均距離は

$$149,500,000 \text{ 軒}$$

許さるべき誤差は最大限角〇・〇一秒即ち一七〇,〇〇〇軒である。

次に之れによつて、太陽と諸惑星間の實際の距離を測定し得るならばやがて惑星の軌道の大きさを求むることが出来る。

一〇五 惑星の軌道

只一つの惑星がそれと太陽との間の萬有引力に引かれて太陽の周圍をめぐる時惑星の軌道は楕圓であり、太陽はその一つの焦點にある。

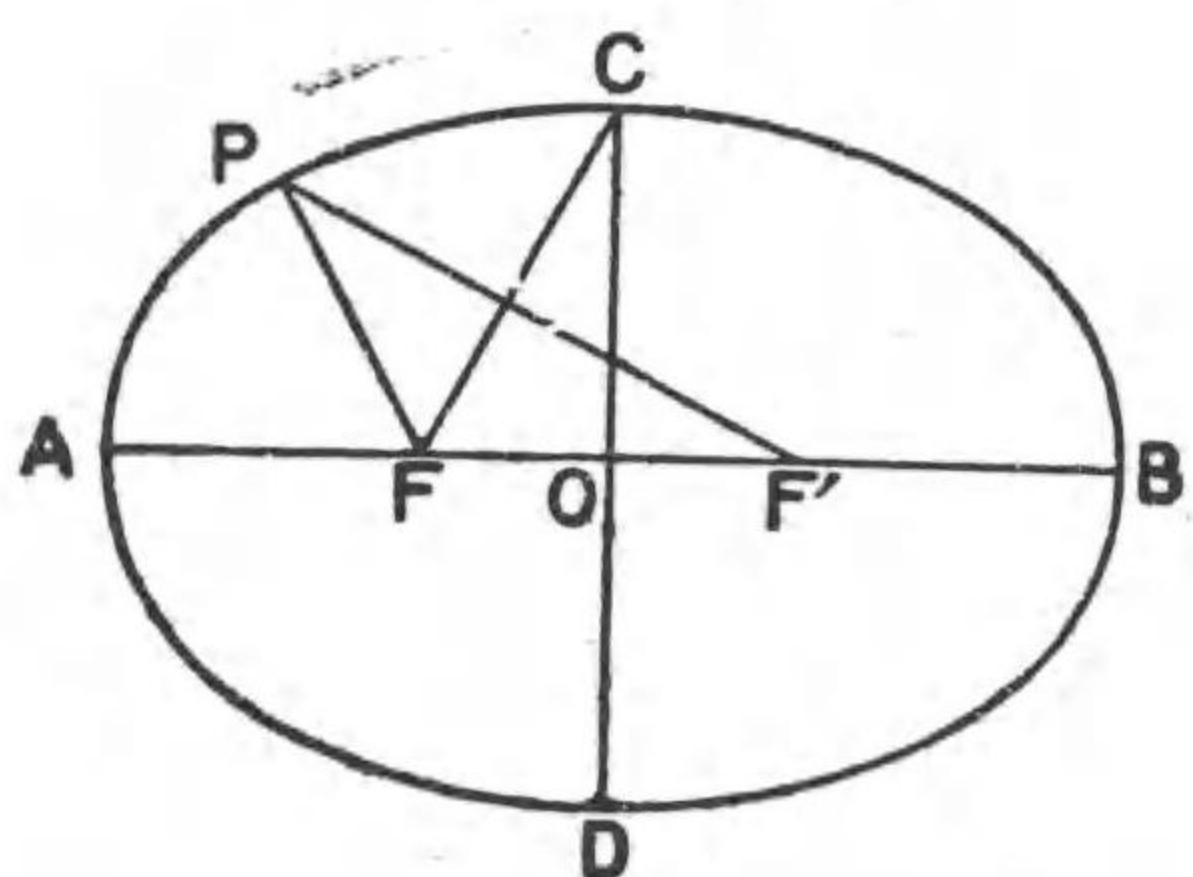
圖に於て楕圓ACBDとは二定點F及びF'よりの距離の和が一定である點Pの軌道であつて二定點F、F'を楕圓の焦點、ABを長徑、CDを短徑、Oを楕圓の中心といふ。

焦點が中心Oから多くはなれてゐるほど楕圓は扁平となる。そこでOFの長徑OAに對する比を楕圓の離心率(e)といふ。今OAをa、OCをbで表せば

$$OF^2 = a^2 - b^2 \text{ なる關係ある故 } e = \sqrt{1 - b^2/a^2} \text{ 従つて}$$

$$r = a(1 - e^2) \text{ 又 } OF = ae$$

圖四十六第



又  $(a-b) + e$  を楕圓の扁平率といふ。

今Fに太陽があるとすればAを近日點、Bを遠日點といふ。惑星と太陽との最大距離はFB、最小距離はFAである。軌道上各點に於ける惑星太陽間の距離の總平均はOA即ちaとなる。故に惑星の平均距離aが與へられるれば最小距離及び最大距離は次の如くにして求められる。

$$\text{最小 } FA = a(1 - e)$$

$$\text{最大 } FB = a(1 + e)$$

尙他の惑星が同時に存在する時は軌道は正しき楕圓とならず多少の擾亂を受け所謂章動を交へて軌道は僅かの不規則を伴ひ軌道の長徑は極めて徐々に向きを變へる。

又太陽と惑星との如く質量に大差ある時は太陽は動かさず惑星のみ動くとなし得るも兩者の質量に大差なき時は動かざる點は兩者共同の重心である。

諸惑星の軌道面は黃道面即ち地球の軌道面と大體一致してゐる。しかし全々重ならざる爲め惑星の視運動の徑路は黃道と重ならない、故に地球から見ると

星の軌道面の方向が一定しない之れ惑星視運動の輪が或は結び或は結ばざる所以である。

### 一〇六 惑星の大きさ

以上述べる如くにして惑星の軌道の形大きさ並びに向きがわかれば與へられたる時刻に於ける地球からの距離を知ることが出来る、かくてその時刻に於ける惑星の視直徑を觀測すればその絶對の大きさを直ちに算出することが出来る。しかし惑星の視直徑は非常に小であるからなるべく地球からの距離小なる時を利用すべきである、即ち惑星が太陽と衝をなす時を最も良しとする。

仔細に檢すれば惑星は球形をなさず廻轉楕圓體楕圓が長徑又は短徑を軸として廻轉して出来る立體をなしその極の方につぶれてゐる。

惑星が自轉しつゝあることは其の表面上の何物かを目じるしとし數日間引きつゞ之れを觀測して直ちに知ることが出来る、其の自轉の軸の兩端がその惑

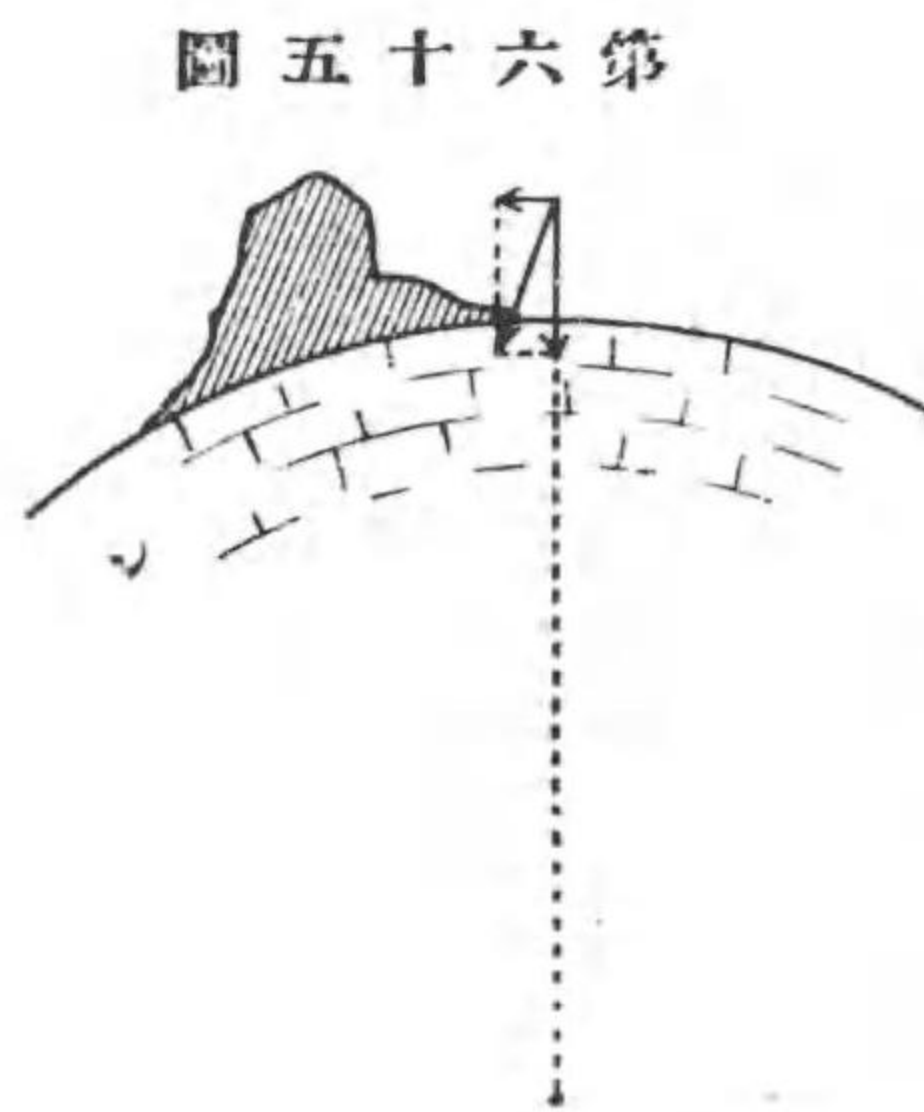
星の極である。

### 一〇七 地球の質量

地球の表面にある質量  $m$  グラムの物を地球が引く力は地球の全質量  $M$  瓦が重心即ち地心にあつて兩者が其地點に於ける地球半径  $r$  程の距離に於て互に相引く萬有引力に外ならぬ、即ち  $G = KMm/r^2$ 、此に  $K$  は重力の比例恒數である、此の恒數の値を見出さば自然  $M$  を算出することが出来る。此の恒數を見出すには既知の二つ質量の重心距離を知り兩者の互

ひに相引く力を求むればよい。之れが爲めニュートン以來いろ／＼の方法が案出實施された。

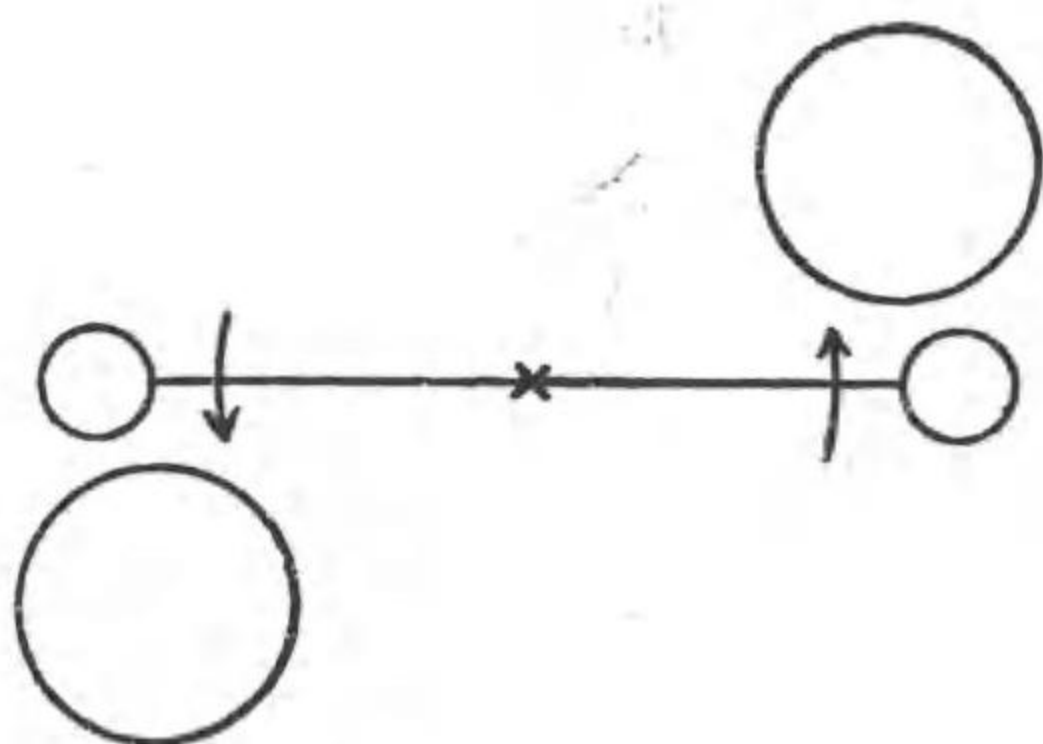
第一。大山の近くに於ては重力の外に山の引力を受くる爲め重力の方向が偏る、その偏りから二つの引力の比を求め、山の質量を推算してそれによつ



第六十五圖

て地球の質量を見出さうとするのである。此の方法はニウトンによつて提唱せられ一七六六—一八一一年英國マスケリン(Maskelyne)によつて大規模に實驗せられ地球の比重四五を得た。

第二。細い軽い棒の兩端に等質量の鉛球(徑二吋)を固定し棒をその重心に於て細い針金にて吊るしその兩脇に大鉛球(徑十二吋)を近づける。然る時小球は引かれて針金は振られる。此に於て小球がもとの位置に戻るまで針金を振り返へす、その時振り返した角によつて球の受くる引力を見出すのである。此の實驗を行ふた人はキャベンディッシュ(Cavendish)で一七九七—一八〇四年に互つた、かくて比重五四四八を得た。此の實驗は後他の學者により改良され繰り返されて比重五五二七が得られてゐる。



第六十六圖

第三。秤の皿の一方に分銅、他方にある物體を置いて釣り合はす、次に一方の

皿の直下に大鉛塊を置きその引力の爲めの目方の増しをはかり、それによつて地球の質量を求む、此方法によつて實驗した人並びに得た結果は

獨國ヨリー (Joly)	一八七八年	五六九
佛國ポインチンク (Poynting)	一八九四年	五四九

現今までに行はれた種々の實驗の結果を綜合すれば地球の比重五五五、即ち地球の質量は

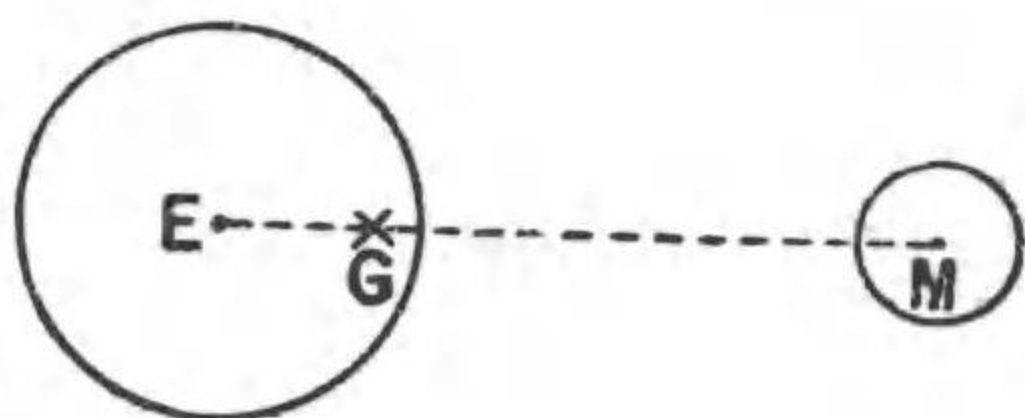
$$6.00 \times 10^{24} \text{ 噸 即ち } 6.00 \times 10^{31} \text{ 吨 である。}$$

### 一〇八 月の質量

月は地球に近きに係はらず其の質量をはかるは容易でない。

太陽の周圍を周ぐるものは地球でなくて地球と月との共同重心である。従つて地球の中心が軌道上を動くものとして定めた天球に於ける太陽の位置は實際の位置とは違つてゐなくてはならぬ、此の違ひはやがて共同重心の位置を

圖七十六第



與へ從つて地球と月との質量の比を與へる。  
 第六十七圖に於てEを地球の中心Mを月の中心、Gを兩者共  
 同の重心とすれば觀測の結果地球の半径を六千三百七十七  
 としてEGは四千六百三十七である。故にEMを地球半径  
 の六十倍とすれば月の質量は地球の質量の約八十分の一であ  
 る。精しくは1/81.3である。

一〇九 惑星の質量

ケプレルの第三法則を地球と月との場合に應用すれば

此にaは兩者の平均距離

Pは月の公轉週期

m<sub>1</sub>は地球、m<sub>2</sub>は月の質量

Kは比例恒數、

$$\frac{a^3}{P^2} = K(m_1 + m_2)$$

今之れを衛星を有する他の惑星に應用すれば

$$\frac{a'^3}{P'^2} = K(m'_1 + m'_2)$$

衛星と母星との平均距離a'は地球から惑星までの距離

をすれば觀測によつて求め得る、P'も觀測によつて知らるる。m'<sub>1</sub>、m'<sub>2</sub>はそれ々々  
 惑星及びその衛星の質量である。

然る時  $\frac{a'^3}{P'^2} \times \frac{P^2}{a^3} = \frac{m'_1 + m'_2}{m_1 + m_2}$

此に未知のものはm<sub>1</sub>とm<sub>2</sub>である。一般に衛星の質量は母星のそれに比して  
 小であるから前式から算出せらるるm<sub>1</sub>、m<sub>2</sub>は惑星の質量と見做すことが出來  
 る太陽と一つの惑星とについて同じ計算から太陽の質量も定めらる、かくて惑  
 星の質量を知ればその體積から密度を見出し得る。

衛星を有せざるものの質量は他に及ぼす章動によつてその質量を算出する。

一一〇 惑星の表面重力

一般に惑星の表面に在る物體はそのものと惑星との間の萬有引力に作用せ

第三篇 太陽系

らる此の力を表面重力といふ。

地表にある  $m$  瓦の物體に作用する表面重力即ち重力  $G$  は

$$G = K \frac{Mm}{r^2}$$

$M$  は地球質量、 $r$  はその地點の地球半径。

他の惑星(質量  $M'$ )の表面上に  $m'$  瓦の物體存する時表面重力  $G'$  は同様に

$$G' = K \frac{M'm'}{r'^2}$$

$r'$  は其の點に於ける惑星の半径。

$$\therefore G'/G = M'/M \times \frac{r^2}{r'^2}$$

かくて地球の質量を單位として惑星の質量をはかり又地球の半径を單位として惑星の平均半径をはかれば惑星の表面重力が地球の表面重力の幾倍なるかを直に知ることが出来る。

一一一 太陽系の要素

前節までに説明した太陽系に属する諸天體の要素を次ぎに示す。

諸星	一日の平均公轉角度	太陽より の平均距		軌道の離心率	黄道面地球の軌道面に 對する軌道面の傾き	衛星の數
		地球の平均距 離を一として (天文單位)	百萬 杆			
水星	14732.42 <sup>秒</sup>	0.38710	58	0.20561	7° 0' 11"	0
金星	5767.67	0.72333	108	0.00682	1° 23' 37"	0
地球	3548.19	1.00000	149	0.01675	0° 0' 0"	1
火星	1886.52	1.52368	228	0.09331	1° 51' 1"	2
木星	299.13	5.20256	778	0.04833	1° 18' 31"	9
土星	120.45	9.55475	1428	0.05589	2° 29' 33"	10
天王星	42.23	19.21814	2873	0.04634	0° 46' 21"	4
海王星	21.53	30.10957	4501	0.00900	1° 46' 45"	1
月	47489.53	地球から	0.3844	0.054901	5° 8' 43"	

圖八十六第



左圖は諸星間の距離の比を示す

諸星	赤道直徑(地球のそれを一とす)	赤道直徑(杆)	扁平率
水星	0.37	4700	0
金星	0.97	12300	0
地球	1.00	12756	$\frac{1}{293}$
火星	0.54	6900	$\frac{1}{200}?$
木星	11.14	142000	$\frac{1}{17}$
土星	9.4	120000	$\frac{1}{10}$
天王星	4.0	50700	?
海王星	4.3	54400	?
太陽	109.05	1391000	0
月		3470	

尙天體自身に關する定數は次の通りである。

質量	比重—地球のを一とし	赤道に於ける表面重力—地球のを一とし	自轉の週期	表面反射率	
					太陽を一とし
1/6000000	0.06	1.1	0.41	88日?	0.07
1/408000	0.82	0.91	0.88	225日?	0.59
1/333432	1.00	1.00	1.00	23時56分4秒	0.45
1/3093500	0.11	0.69	0.37	24 37 23	0.15
1/1047355	318.36	0.25	2.53	9 50	0.56
1/35016	95.22	0.13	1.06	10 14	0.63
1/22869	14.58	0.23	0.92	11	0.63
1/19314	17.26	0.22	0.95	?	0.73
1	333432	0.26	27.9	25日—27日	—
	0.0123	0.61	0.166	27日19分18秒	0.17

表面反射率とは惑星の表面に垂直に入射した光が何れほど反射せらるゝかを示す数である例へば火星では入射光の一割五分、水星では僅に七分反射せらる。

一一二 ボーデの法則

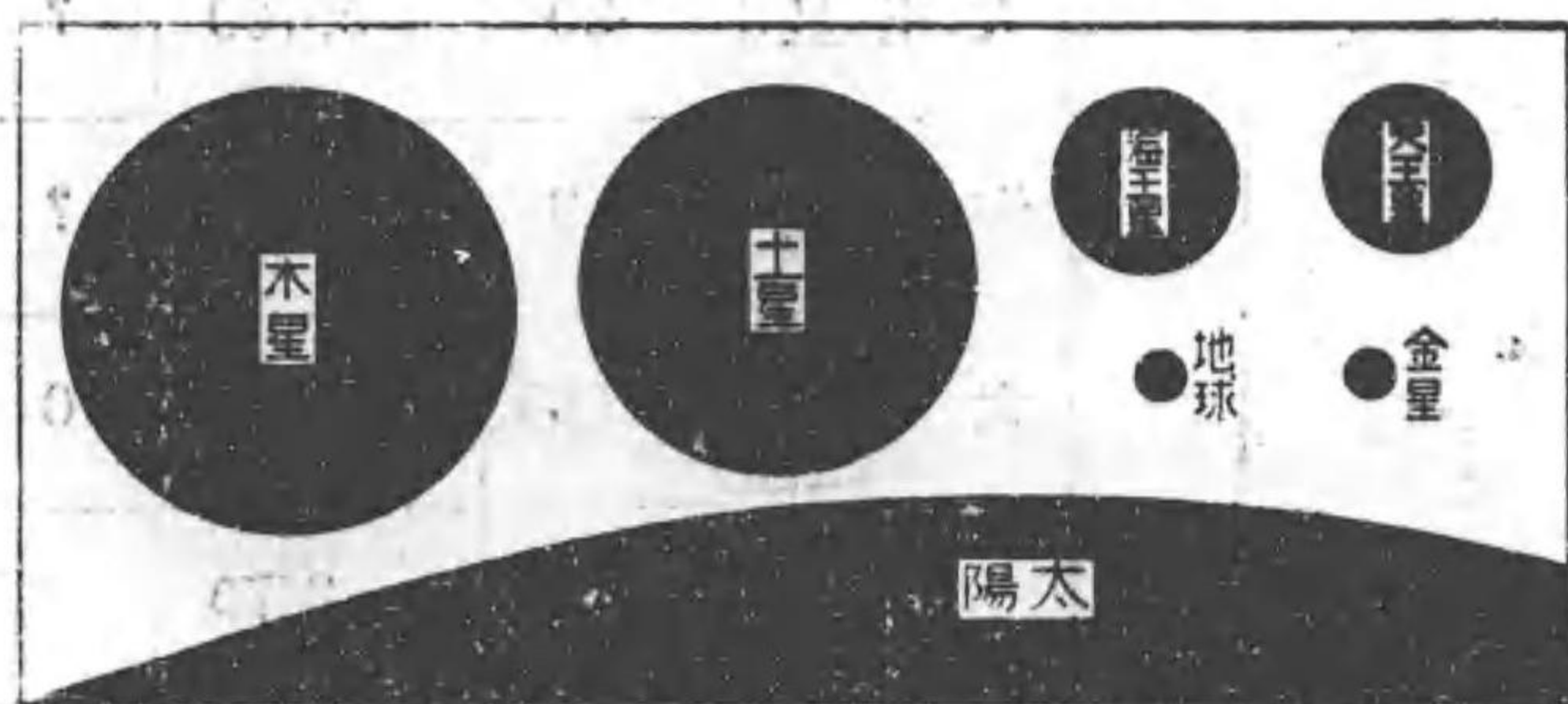
一七七二年チチウス (Titius) は太陽から諸惑星に至る距離の間に簡単な關係ある事を發見した。

惑星の距離	兩者の差
0+4= 4	0.1
3+4= 7	0.2
6+4= 10	0.0
12+4= 16	0.8
24+4= 28	15.5 <sup>3</sup>
48+4= 52	52.0
96+4= 100	95.5
192+4= 196	192.2
384+4= 388	301.1

ボーデの級數

水星 金星 地球 火星 木星 土星 天王星 海王星

第十六圖



諸星大きさの割合

此の法則はボーデ (Bode) によつて發表せられたるより此の名を得た、尙之れについては何等の説明も與へられてゐない。

一一三 太陽系内の運動大觀

太陽系に屬する天體は凡べて自轉と公轉とを有す。

自轉しつゝある天體の廻轉軸はその天體上に極と赤道とを定む、而して南北極並びに方位は次の如く定む、即ち人が腕を兩方に一直線に伸ばし天體の自轉が左手より右手の方へ進むやうに天體の表面にうつぶしに抱きつくとき、然る時右手の指す方向を東、左手の指す方向を西なりと定む、從つて頭は天體の北極に向ひ足はその南極に向ふ。故に人北極に立ちて自轉を見れば天體の表面は時計の針と反對、南極に立てば時計の針と同じ方向にまはる。

以上の如く定むれば太陽系内の諸天體の北極は凡べて同じ方向に向うてゐる。



公轉の方向も亦同様である即ち天體の北極の方に高く上りて公轉の向きを見れば凡べて時計の針と反對の方向にまはつてゐる、たゞ最も外方にある天王星の二つの衛星並びに海王星の衛星の公轉の向きは逆である。

### 第十四章 食

#### 一一四 食

日月の食は最も著しき天空の現象であつて蒙昧の時代には恐怖を以て迎へられてゐた。日食は新月が吾々と太陽との間に來りて太陽面を覆ふにより起り、月食は満月の時地球がその影を月面に投ずるより起るものなることは已に西曆紀元前五世紀の頃見つけられてゐた。又之れ等は十八年十一日の週期を以てくりかへさるゝ事實は疾くカルヂヤ人によつて發見され之れをサロス (Saros) 線り返へすの意と名づけられた。ヒバークスは深く之れを研究し太陽の水平視差を見出すに利用したことは前述の通りである。

#### 一一五 月の影と日食の種類

地球並びに月は太陽の光を受け常に太陽と反對の方向に長大なる影を引き、て空間を動きつゝある。而してもし地球が此の月の影の中に突入することあらば、其の本影の中にある地表の各點から太陽の一部又は全部を見ることが出來ない、之れやがて日食である。

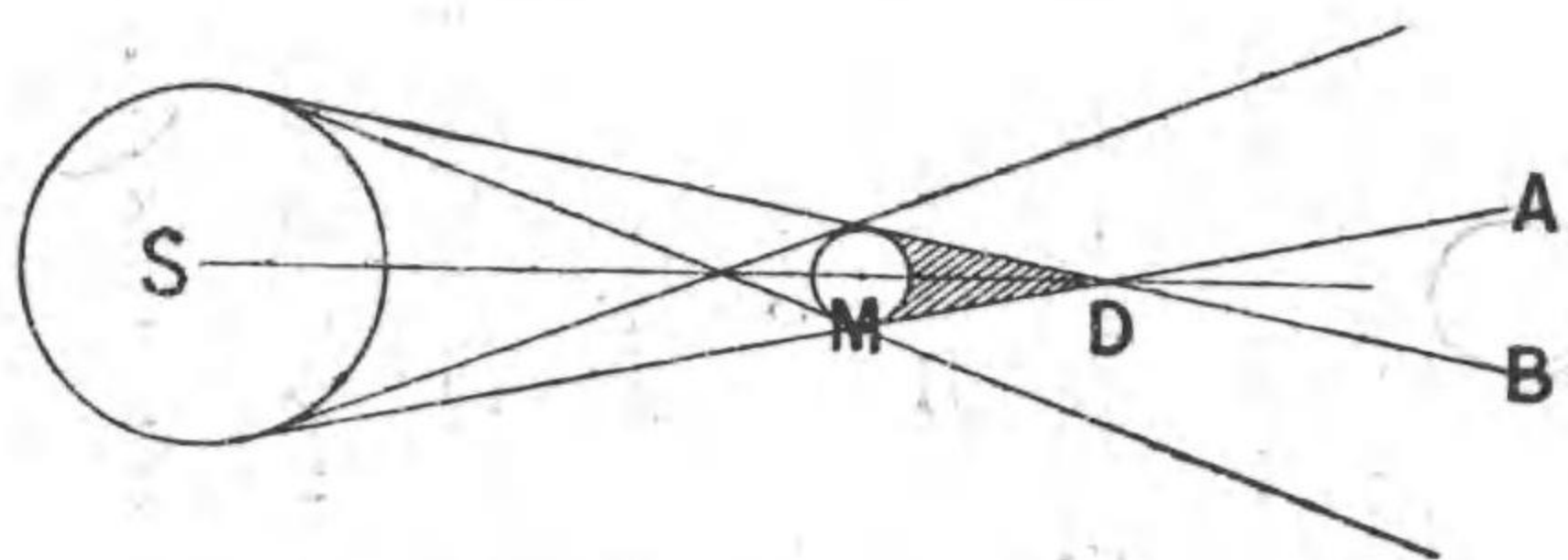
圖に於てSを太陽の中心、Mを月の中心、Dを本影の尖端とする、本影の長さMは太陽及び月の半徑並びにSMにてよつて定まる、然るにSMは一定でないからMDも長短一定でない。

日月の距離	月の本影に長さ
最大	一五一・五百萬軒
最小	一四六・六百萬軒
平均	一四九・二百萬軒

然るに月と地球との距離は

最大	四〇七〇〇〇
最小	三五七〇〇〇
平均	三八八四〇〇

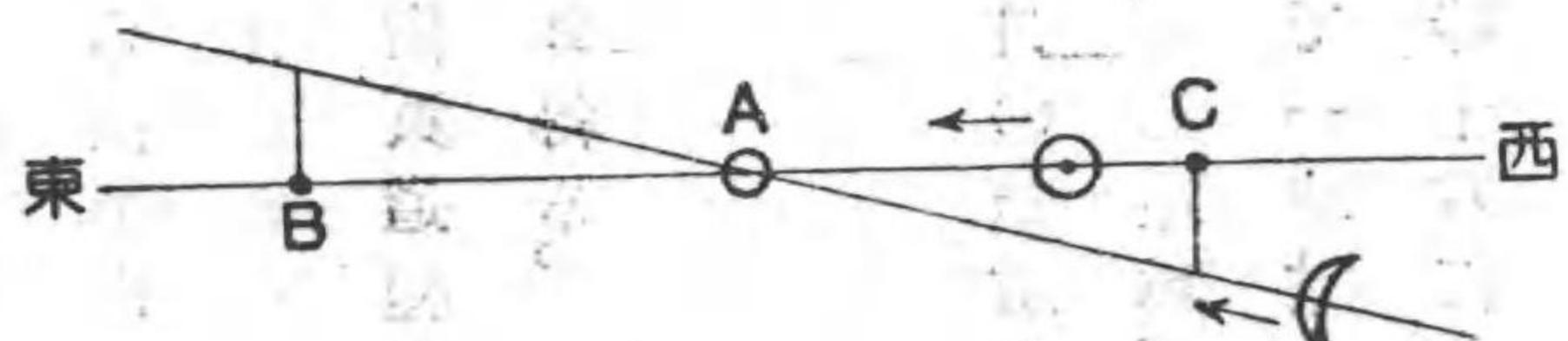
第十七圖



尙地球の平徑は平均六三六六浬であるから平均状態に於ては月の本影は地表に達しないが、ある時は地球は月の影の影ADBの中に入り、其の中の地點から見れば、太陽の視直徑は月の視直徑より大であるから月は全く太陽の中に入りて金環食を見る。

地球が月に最も近くしかもその本影の長さが最大に近き時はその本影は地表に達しその中に於て日食皆既を見、半影内に於ては部分食を見る。即ち日食は地點異なるに従つて異なるのみならず地球上の一小部分にのみ見らるゝ現象である。

第十七圖



### 一一六 日食の黄道範圍

新月に際し必ずしも日食の起らないのは黄道と白道とが同一平面上になく、即ち地球の軌道と月が地球を周ぐる軌道とが同一平面上にあらざる爲め地球は月の影を外れて通ることがあるからである。黄道と白道とは昇降交點で交る、故に日月が交點又はその附近にある時新月起りて始めて日食を見る従つて日食を見る爲には太陽が黄道上に於て交點より左右へ或る範圍以内にある時新月の起ることが必要である。この範圍を日食の黄道範圍と名づける。

日食の黄道範圍は黄道と白道とのなす角によつて異なるものであるが平均交角五度八分に於て交點の左右各十六度半即ち交點を中點として三十三度である。

交點の後退は一朔望月二十九日半に僅かに一度半であり、太陽の黄道上に於ける前進が一日に約一度であるから、黄道範囲の一端の附近にて日月合をなし、て日食起らば後一朔望月間に太陽は二十九度半進み再び日月合をなす時太陽は尙黄道範囲内にあるから再び日食起る、即ち日食は引きつゞき二回の新月に起り得る。

### 一一七 日食の繼續時間

月の軌道上の速さは地球から見て西から東の方へ毎時三千六百八十軒である、もし地球が靜止し赤道に於て月を天頂に見てゐるならば月の影も亦此の速さで一地點を過ぎる筈である。然るに地表は之れと同じ方向に赤道に於ては毎時千六百七十軒の速さで動いてゐる、従つて月の影は毎時二千十軒の速さを以て一地點を西から東に通過する依つて日は西縁から欠け東縁に終る。高緯度の地點は地表の速さが少であるから影の速さは従つて大きくなる。殊に日

の出没に於て月食の起る時月の影の速さは毎時六千乃至八千軒に達することがある。

本影の地表に於ける直径は一般に非常に小さく二百七十軒を超ゆることは無か、従つて日食皆既又は金環食の繼續時間は非常に小さく十二三分を超えない、先年鳥島に於ける日食は僅か五十八秒間續いたに過ぎぬ。

### 一一八 地球の影と月食の種類

空間に引く地球の影の長さは太陽との距離によつて變ずる。

今影の長さと月地球間の距離とを併記すれば

地球の影	地球と月との距離
最大	一四〇二萬軒
最小	一三六二萬軒
平均	一三八四萬軒

平均位置に於て地心から月の位置にある本影の切口の視直徑は四十一分九秒であつて月の視直徑は平均三十分四秒であるから月は完全に本影内に入り込む事が出来る。かゝる時月食皆既となる。

月が半影の内に入り込む事もあるも其の光輝の減少は僅かであるから到底それを區別し得無い、部分食はその一部分が本影の中に入りて始めて起るものである。

此の如く月食は地球がその影を月面に投ずるによつて起るのであるから苟くも月を望み得る處に於ては何處よりも同じ食を見、之れを見得る範圍は全地表の半ばである此の點に於て日食と大に趣を異にしてゐる。

### 一一九 月食の繼續時間

月は恒星月に地球を一周するから(自轉は考へ無くてよい)地球から見ても西から東に十時間毎に角三十三分移動する。又地球から見て、太陽従つて地

球の影は一恒星年に天球を一周するから一時間毎に二分半だけ同じ方向に進む従つて月は地球の影に對し一時間毎に角度三十分半の速さを有してゐる。

今月が丁度影の中心を通る場合には視直徑三十一分の満月が西より東に進みつゝ視直徑四十一分の影に追ひついて之れと外接してから順次東縁から影の中に没入し遂に再び外接して後西縁に於て全く兩者相分れて復圓するまでの時間即ち月が東の縁より欠け始めてから西の縁に全く復圓するまでの時間は二時間二十四分である、その中で月が全くかくれてゐる時間は約二十分である。

月が影の中心を通らざる時は月の通過する道が影の中心を遠ざかるほど月食繼續時間は短くなる。

### 一二〇 月食の黃道範圍

新月に於て必ずしも日食が起らぬと同様の理由を以て満月に於て月食が強