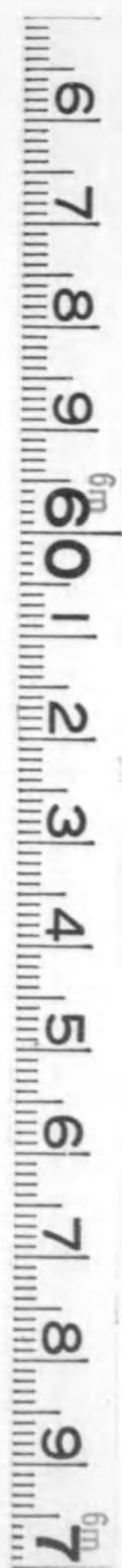


349

159



始





248  
3

349-159

理學博士 一戶直藏 著

通俗  
講義

# 天文學

現代之科學社藏版

大正  
2.9.18



### 天文學序文

余は明治三十九年のこゝ博文館の帝國百科全書第四百十編として「高等天文學」を公にしました。之は印刷して世に出した余の最初の著述であります。實を言へば其書は其次ぎに裳華房から發行された「ニューコンムの『星辰天文學』」の拙譯よりも後に企てられたものであります。

余は其頃天文學に關する良好な書籍の本邦に少ないのを見て、自分の研究を妨害せぬ限りは力を盡して天文學全般に亘つたものを編纂せんことを心に期して居りました。而かも比較的高尙な高等天文學の方が最先になり、之に次いで「ニューコンムの譯書をなし、かくて其何れも本邦の讀



書界から少しく飛びはなれたものゝみを書いたのも要するに良好な通俗講義をものするに困難な爲めでありました。

其後余は米國に滞在中自分丈の頭で米國や歐羅巴の科學界の有様を観察し、又我國のここを想ふて自分が如何なることをなして國家の爲めに盡すべきかを決し、歸朝後其一部を實行して來ました。が其以前からも期して居た天文學一般に亘る書籍の編纂丈は幾度か始めんごして而かも之を決行すること能はず、其間僅かに「月」「星」をものして通俗講義のやり方を試みた丈であります。

昨年中央氣象臺の岡田博士から、同臺で全國の測候所の方々を會して「氣象協議會」を催すについて、其際天文學一般に亘つて十時間位で講義をせよとの依頼を受けました。かくして其時の講義の筆記を削正し之を再三再四書き改めました所が、最初二百頁以内で全部を完了し様ごの希望は敗れて少くとも其三倍を要することになりました。故に豫ての希望の一部を充たす爲め之を上下二卷ごなし、其上卷を出版することとしました。

余は正直に白状します、本書には幾多の欠點のあることを、天文學は自分の研究に従事して居る學問とは言へ、廣くして余の如きものゝ窺つて居るのは所謂よしの髓から天をのぞくものであります。其全部に對して誤なきを期するのは非常に困難で、とても之を能くすることが出来ませぬ、依て余は本書を公にするに際して、先づ本書は第一次的の



ものにして、さしあたり現今の科學界の欠陥を塞ぐこと、漸次諸大家の教を乞ふて然る後充分改良することに決心しました。さりながら今回も余は自分の力で能ふ丈の注意を拂ふたことを記して置きたいのであります。

余は更に他日必ず天文学の良好な書を江湖にすゝめんことを期して居ります。其場合の参考として、讀者諸君の氣のつかれたことは何でも申越されんことを希望します。尙ほ本書に挿入しました若干の表や圖の編成につきて小倉理學士の多大の盡力を謝します。同君は尙ほ校正を讀まれ、本書の誤を減ずることや、分かりよくする上に勞力を寄せられました。茲に記して謝意を表します。

大正二年八月三十一日

著者識

### 例言

- 一 本書は普通學の一般を修了せる方又は科學に特別の趣味を有する方には容易に分かる様に注意して書いたものであります。
- 一 本書中時に數式あるも其二三を除けば何れも至つて簡易なるもので何方も一見して分るものゝみであります。只六しき三角の公式は特別の人の爲めにしたものであれば其部分を省いて讀んでも一向差支ありません。
- 一 天文学の譯語は一定して居りませぬ故余は特に之を英語と共に示して置きました。譯語は大部分本邦天文学者間の一致して使用するものであります。
- 一 索引は上下兩卷をまとめて作る筈故上卷には之を掲げませぬ。下卷まで暫時待つて戴きます。



# 天文學上卷目次

## 第一編 總論

第一章 緒論(本書の程度)……………一—九

第一節 天文學の定義及分類……………二

天文學の定義—天體とは何ぞや—天文學の分類—測天學—舊天文學—新天文學。

第二節 球面天文學……………四

第三節 實地天文學……………四

第四節 天體力學……………五

天體力學—ニュートン—ハッセル—アダムス—ルヴェリエ—ガレル。

第五節 理論天文學……………七

第六節 天體物理學……………七

天體物理學—天體測光學—光度計—天體寫真學—天體分光學。

目次



第七節 宇宙開闢論

第二章 坐標法

第八節 方位角と高度と

坐標—日週運動—天球—經度—本初子午線—赤道—緯度—鉛直線—天頂—天底—地心地平—現視地平—垂圈—方位角—高度—天頂距離。

第九節 時角と赤緯と

地軸—天球の極—北極—南極—日週圈—天の赤道—時圈—子午線—時角—赤緯—北極距離。

第十節 方位四主點及三十二方位

北—南—西—東—北極星—北斗—北極指示星—三十二方位。

第十一節 赤經と赤緯と

恒星表—赤經—春分。

第十二節 黃經と黃緯と

天球儀—黃道—分點—秋分—黃經—黃緯。

第十三節 銀經と銀緯と

銀河—銀河圈—銀經—銀緯。

第十四節 各種坐標間の關係

坐標の轉換—天文三角形—視差角。

第十五節 恒星時

地方恒星時—一恒星日。

第三章 天文學用器械

第十六節 望遠鏡

望遠鏡の種類—屈折望遠鏡—反射望遠鏡—鏡金—ニュートン式—カツシグレ式—ケレゴリー式—ハーシエル式—望遠鏡の沿革—フイゲンズ—對物鏡—接眼鏡—収差—ドルロンド—色消しレンズ—ケイナンド—世界の大屈折望遠鏡—ロツスの大反射望遠鏡。  
屈折及反對望遠鏡の得失—屈折及反射兩式の比較—望遠鏡の効力—瞳孔の直徑—口径—光學的中心—焦點距離—焦點面—像の光度—廻折—重星。

第十七節 角を測る器械

渾天儀。

第十八節 經緯儀等



方位角据付法—萬能儀—地平角—旋轉塔—水準器—子午環儀—子午儀—携帶用子午儀—卯酉線—卯酉儀—レチクル。

第十九節 六分儀 ..... 五七

六分儀—指標鏡—指標桿—地平鏡。

第二十節 赤道儀 ..... 六〇

赤道据付法—極軸—赤緯軸—赤道儀—赤緯環—時角環—時計仕掛—觀測椅子—肘形赤道儀—ルーウエー。

第二十一節 測微尺 ..... 六五

測微尺—方位測微尺—測微尺箱—方位環—測微尺の構造—位置角。

第二十二節 ヘリオメーター ..... 六七

ヘリオメーター。

第二十三節 時を計る器械 ..... 六八

天文時計—Tollé—油差—指針修正—歩度—コロノメーター。

第二十四節 天體寫真器械 ..... 七一

寫真用器械—色遮り—彗星又は惑星の寫真方法。

第二十五節 分光器 ..... 七四

分光器—プリズマ—格子—視準器—分光寫真儀—分光太陽寫真儀。

第二十六節 光度計 ..... 七六

ツエルナー—ブリッテチャード—ビケリング—ステビンズ—寫真光度の公式—實視等級。

第二十七節 天球儀 ..... 八〇

天球儀—天球儀の据付法—天球儀の使用法。

第四章 觀測の修正 ..... 八三—一〇一

第二十八節 個人差 ..... 八三

目耳法—打ち—個人差—關係個人差—絶對個人差—寫真子午儀—自記測微尺。

第二十九節 地平線俯角 ..... 八七

地平線の俯角—人造地平—海線—俯角の公式。

第三十節 視差 ..... 九〇

視差—地心視差—地平視差—赤道地平視差—視差の公式—年週視差—日心視差。

第三十一節 視半徑 ..... 九四

視半徑—地心視半徑—視半徑の公式—天體の距離の公式。



第三十二節 濃氣差 ..... 九六

大氣—濃氣差—濃氣差の公式。

第三十三節 観測の修正 ..... 九九

修正せる高度。

## 第二編 太陽系

第五章 地球 ..... 一〇一—一〇九

第三十四節 地球の形状及大きさ ..... 一〇一

廻轉楕圓體—地球の扁率—地球の大きさに關する常數。

第三十五節 經度及緯度 ..... 一〇四

本初子午線—天文學的緯度—地殼—鉛直線の「フレット」—地理學的緯度—地心緯度—天文緯度測定—上經過—下經過—天文經度の測量。

第三十六節 地球の自轉及緯度變化 ..... 一〇九

獨樂最針盤—オイラー—チャンドラー—キユストナー—緯度變化。

第三十七節 太陽の視運動 ..... 一一三

黃道の位置の決定—太陽の軌道—動徑。

第三十八節 軌道の要素 ..... 一二六

軌道の要素—離心率—近地點—近地點の黃經。

第三十九節 地球の公轉 ..... 一二七

年週視差—光行差—ブラッドリー—暗線—ドップラーの効果—視線速度。

第六章 時 ..... 一二〇—一二八

第四十節 回歸年 ..... 一二〇

回歸年—新星—北極星の観測結果—分點の歲差—章動。

第四十一節 恒星年 ..... 一二四

恒星年。

第四十二節 近點年 ..... 一二四

近點年—三種の年の比較。

第四十三節 太陽日 ..... 一二六



太陽日—天文學的平均太陽—平均太陽日。

第四十四節 恒星日と平均太陽日との關係……………二六

恒星及平均太陽日の比較。

第四十五節 時の觀測及換算……………二九

平均太陽時—單一高度にて時角の決定公式—時計修正—子午線觀測—恒星時を知りて平均太陽時を求む—平均太陽時より恒星時を求む。

第四十六節 時差……………三六

時差—力學的平均太陽—中心差—遠地點—赤道へ引直し—時差一年中の變化。

第四十七節 標準時……………四三

地方時—標準時—萬國時—日附線—天文時—常用時。

第四十八節 地球の運動及之に伴ふ諸現象……………四九

天體の出入—出入の時刻—出入の方位—晝夜平分—春—夏—秋—冬—季節—東洋の四季—立春、立夏、立秋、立冬。

第四十九節 太陽曆……………五五

一年—閏年—ユリウス曆—グレゴリー曆—月。

第七章 月の運動……………一五八—一六七

第五十節 總論……………一五八

月—白道—交點線—昇交點—降交點—恒星月—朔望月—形—朔望—新月—滿月—合—衝—上弦—半月—凸月—下弦—月の各週期間の關係。

第五十一節 月の運動……………一六二

交點月—近點月—分點月—攝動—出差—變差。

第五十二節 月の自轉……………一六五

緯天平動—經天平動—太陰日—日週天平動。

第八章 惑星の運動……………一六七—一八一

第五十三節 概説……………一六七

面積法則—調和法則。

第五十四節 惑星軌道の要素……………一六九

近日點—近日點の黃經—起時の黃經。



第五十五節 内惑星の運動……………一七一

内惑星—外惑星—恒星週期—會合週期—合—内合—逆行—離隔—最大離隔—留點—順行—外合—金星の形—最大光輝。

第五十六節 外惑星の運動……………一七六

外惑星の兩週期間の關係—衝—環。

第九章 食……………一八一—一九四

第五十七節 月食……………一八二

本影—本影圓錐—半影圓錐—半影—月食の黃道限界。

第五十八節 日食……………一八六

日食。

第五十九節 サロス週期……………一八八

サロス。

第六十節 掩蔽經過等……………一九三

掩蔽—經過。

第十章 萬有引力……………一九四—二〇八

第六十一節 ニュートンの法則の開展……………一九四

ニュートンの法則—科學者の覺悟—ニュートンの法則とケプレルの法則—彗星の軌道—ニュートンの引力の普遍。

第六十二節 攝動……………二〇〇

攝動—太陽系の安定—短週期攝動—長週期攝動—長期攝動。

第六十三節 惑星の質量……………二〇三

地球と月との質量の比—表面重力。

第六十四節 潮汐……………二〇六

潮汐。

第十一章 太陽系細論……………二〇八—三〇八

第六十五節 太陽系の概観附太陽視差……………二〇八

太陽系—惑星—五星と支那人の星占—天文單位—太陽の視差—金星の經過の利用—黒滴—火星及小惑星



の利用—太陽視差の現今の知識。

第六十六節 ボーデの法則……………二二五

ボーデ数—ボーデの法則—ボーデ法則と新惑星の発見。

第六十七節 惑星に関する常数……………二二九

惑星の軌道の要素—惑星に関する常数—反射能率—各惑星の特徴—地球惑星—大惑星。

第六十八節 水星……………二三三

水星の自轉—シユリユテルの觀測—ツエルナーの觀測—スキアパレリの觀測—ローエルの觀測—水星の現象—水星の運動の謎—アルカン。

第六十九節 金星……………二三八

太白晝見ゆ—金星經過—金星の自轉。

第七十節 火星……………二三一

火星と人々の想像—火星の現象—火星の衝—ファイゲンスの觀測—自轉週期—火星の斑紋—極冠—火星の溝—ローエルの研究。

第七十一節 小惑星……………二三七

小惑星ケレスの発見—ガウスの軌道計算法—小惑星引續いて発見せらる—小惑星軌道の統計—小惑星の光度—小惑星の變光性。

第七十二節 木星……………二四二

木星の現象—木星の帯の變化—木星の自轉—大赤點—木星の表面。

第七十三節 土星……………二四八

土星の形状—ファイゲンスの推論、土星の環—環の消失—土星及其環の大きさ—マクスエルの推論—ケーラーの觀測。

第七十四節 天王星……………二五五

天王星の発見—天王星の現象及性質。

第七十五節 海王星……………二五六

海王星の発見。

第七十六節 衛星……………二六〇

衛星の軌道要素—衛星の番號—火星の月—火星の人が見る珍現象—木星の衛星系—土星の衛星系—天王星の衛星—海王星の衛星。

第七十七節 月……………二七一

月の壯麗—月面は空の世界—月界の溫度—月の表面。

第七十八節 彗星……………二七六

彗星—彗星の軌道—近日點距離—週期性彗星—一六八〇年の彗星—ハリ彗星—一八一一年の彗星—



八五八年の彗星—一八六一年王の彗星—一九一〇年彗星—エンケ彗星—ペーラ彗星—モーアハウス彗星—彗星の現象—頭—核—髪—包被—尾—尾の成分—核の光度—彗星の起源—彗星の尾の説明—彗星族—彗星の占領。

第七十九節 流星……………二九二

流星—流星の研究—科學愛好者の寄與—流星の高さ—隕石—流星の數—流星の出現—地球自轉—流星の光度—流星雨—獅子座流星群—日本史上流星雨の記録—流星雨の輻射點—輻射點の説明—流星群と彗星との關係。

第八十節 獸帶光及對日照……………三〇五

獸帶光—獸帶光の光度—對日照。

第十二章 太陽……………三〇八—三四〇

第八十一節 太陽の光球……………三〇九

太陽の形狀—光球—黒點—太陽面上の運動—太陽面中心部の光度—日光のスペクトル—反影層—ローランドの觀測—暗線の強さと原子量。

第八十二節 黒點及太陽の自轉……………三二五

黒點の標準圖—暗黒部—半暗部—黒點の發生史—太陽の自轉。

第八十三節 太陽の活動週期……………三二九

シラーベの發見—太陽黒點活動の現象—マウンダーの研究—木村博士の研究。

第八十四節 太陽コロナ、紅焰、色球等……………三三五

皆既日蝕の模様—コロナ—紅焰—紅焰の種類—雲狀紅焰—噴出性紅焰—閃光—スペクトル—ヘールの研究—黒點の性質。

第八十五節 太陽の輻射……………三三八

太陽の輻射—ラングレーの研究

### 挿畫目次

- 第一圖 ニュートンの肖像……………(ボールの大天文學者より)……………六
- 第二圖 グリニチ天文臺……………(全上)……………一一
- 第三圖 ………………(原圖)……………一三
- 第四圖 週極星の日週運動……………(ロバート撮影)……………一七
- 第五圖 ………………(原圖)……………一九
- 第六圖 北極指示星……………(原圖)……………二二



第七圖 三十二方位……………(ボール球面天文学より)……………三三

第八圖 ……………(原圖)……………三七

第九圖 ……………(原圖)……………三八

第十圖 天文三角形……………(原圖)……………三三

第十一圖 反射望遠鏡の様式……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………三六

第十二圖 ポツダム大赤道儀……………(全上)……………四二

第十三圖 クロスレー反射望遠鏡……………(リック出版物より)……………四四

第十四圖 萬能儀……………(玉屋製作所目録より)……………五二

第十五圖 子午環儀……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………五三

第十六圖 携帯用子午儀……………(サルトリウス目録より)……………五五

第十七圖 レチクル……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………五七

第十八圖 六分儀……………(シヨブネー天文学より)……………五七

第十九圖 六分儀使用の原理……………(全上)……………五九

第二十圖 赤道儀……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………六一

第二十一圖 肘形赤道儀……………(全上)……………六三

第二十二圖 測微尺……………(アラシーア目録より)……………六六

第二十三圖 測微尺の内部……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………六六

第二十四圖 天文時計……………(リーフラー目録より)……………六九

第二十五圖 分光器様式……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………七五

第二十六圖 エルケス分光寫真儀……………(同巻出版物より)……………七七

第二十七圖 天球儀……………(インストルーメンテン・クンツァより)……………八一

第二十八圖 寫真子午儀……………(東京天文臺年報業)……………八六

第二十九圖 俯角……………(原圖)……………八六

第三十圖 視差……………(原圖)……………九一

第三十一圖 視半徑……………(原圖)……………九五

第三十二圖 濃氣差……………(原圖)……………九六

第三十三圖 濃氣差曲線……………(原圖)……………九六

第三十四圖 極の位置……………(原圖)……………一一一



第三十五圖 緯度變化……………(A・N誌より)……………一三二

第三十六圖 橢圓軌道……………(原圖)……………一三七

第三十七圖 歳差……………(モビウス天文学より)……………一三三

第三十八圖 時差……………(原圖)……………一三九

第三十九圖 標準時……………(原圖)……………一四四

第四十圖 四季の長さ……………(原圖)……………一五二

第四十一圖 四季の分け方……………(天文月報より)……………一五四

第四十二圖 月の自轉……………(原圖)……………一六五

第四十三圖 交點……………(原圖)……………一七〇

第四十四圖 内惑星の運動……………(原圖)……………一七五

第四十五圖 金星の形……………(ニューコンム・エンゲルマン天文学より)……………一七七

第四十六圖 外惑星の形……………(原圖)……………一八〇

第四十七圖 小惑星の視運動……………(原圖)……………一八二

第四十八圖 食現象……………(原圖)……………一八三

第四十九圖 ……………(モールトン天文学より)……………一八四

第五十圖 日食……………(原圖)……………一八七

第五十一圖 皆既日食の中央線……………(ホルの天文手引より)……………一九一

第五十二圖 ……………(モールトン天文学より)……………一九九

第五十三圖 潮汐……………(全上)……………二〇七

第五十四圖 エロス及MTの軌道……………(P.A誌より)……………二一四

第五十五圖 太陽系……………(原圖)……………二一七

第五十六圖 水星……………(ローエル世界開展論より)……………二二五

第五十七圖 水星の視運動……………(原圖)……………二二六

第五十八圖 金星の斑紋……………(ローエル出版物より)……………二三〇

第五十九圖 全……………(全上)……………二三〇

第六十圖 火星の極冠……………(PA誌より)……………二三五

第六十一圖 火星の地圖……………(ローエル世界開展論より)……………二二六

第六十二圖 アントニアデの火星見取圖(クライン年報より)……………二二六



第六十三…四圖 木星見取圖……………(ユートレヒト天文堂出版物より)……………二四三

第六十五圖 木星帯の變化……………(A.誌より)……………二四四

第六十六圖 木星のスペクトル……………(ローエル世界開展論より)……………二四七

第六十七圖 土星の形の變化……………(ニューコンム・エンゲルマン天文學より)……………二四九

第六十八圖 1907年の土星の環……………(天體物理學雜誌より)……………二五〇

第六十九圖 土星……………(クライン年報より)……………二五一

第七十圖 土星の環のスペクトル……………(ローエル世界開展論より)……………二五四

第七十一圖 惑星のスペクトルの比較……………(ローエル出版物より)……………二五七

第七十二圖 衛星系……………(著者の「月」より)……………二六五

第七十三圖 半月……………(巴里天文臺攝影)……………二七三

第七十四圖 月の表面……………(エルケス天文臺攝影)……………二七五

第七十五圖 ドナチ彗星……………(ハーグド出版物より)……………二八二

第七十六…七圖 モーアハウス彗星……………(天體物理學雜誌より)……………二八五

第七十八圖 木星の彗星族……………(A.P.誌より)……………二九〇

第七十九圖 獅子座流星雨……………(ニューコンム・エンゲルマン天文學より)……………二九八

第八十圖 岡野隕鐵……………(地學雜誌より)……………三〇六

第八十一圖 太陽觀測裝置……………(モンズリー・ノチスより)……………三一〇

第八十二圖 太陽面の寫眞……………(ジヤンセン氏攝影)……………三一三

第八十三圖 太陽面の寫眞……………(スタファニア氏攝影)……………三二二

第八十四圖 ………………(原圖)……………三二三

第八十五圖 ラングレーの黒點圖…………………………三二六

第八十六圖 太陽黒點の活動……………(ヤング太陽より)……………三三一

第八十七圖 マウンダーの研究……………(モンズリー・ノチスより)……………三三三

第八十八圖 木村博士の研究……………(東京數學物理學會記事より)……………三三四

第八十九圖 太陽コロナ……………(アツボト太陽より)……………三三六

第九十圖 太陽コロナの變化……………(ハンスキー原圖)……………三三七

第九十一圖 紅燭……………(天體物理學雜誌より)……………三三九

第九十二圖 閃光スペクトル……………(ミツチル撮影)……………三三二



挿書目次

三

第九十三圖 カルシウム羊毛斑……………(天體物理學雜誌)……………三三

第九十四圖 H<sub>α</sub>羊毛斑……………(全上)……………三三

第九十五圖 H<sub>1</sub>及H<sub>2</sub>羊毛斑……………(全上)……………三五

天文學目次終

通俗講義 天文學

理學博士 一戸直藏 著

第一編 總論

第一章 緒論

僅かに數百頁で天文學全部の講義を致さねばならないのでありますから、勿論詳細に亘ることが出来ませぬ。依つて其概要に止め、且つ所謂通俗天文學 (Popular Astronomy) の程度に於て天文學全部に關係してお話し致したいと思ひます。されば本講義は例へば

- Newcomb-Engelmann: Populäre Astronomie
- F. R. Moulton: Introduction to Astronomy
- Simon Newcomb: Astronomy for Every Body
- Charles Young: Manual of Astronomy

等にある程度の者と思へば宜しいのであります。尤も或問題に付ては數學

第一章 緒論

本書の程度



をも多少使用し、應用上にも幾分か役に立つ様にしたいと思ふのであります。

### 第一節 天文學の定義及分類

天文學は天體の運動を論ずる學問であるを定義する人もありましたし、或は又天文學は凡て天體の質量位置運動即ち公轉及自轉等や其他是等の天體の物理學的性質などに就いて論ずる學問であるを定義する方もあります。が、私は茲には單に

天文學は天體 (Heavenly Bodies) 及天體間の空間 (Interstellar Space) に就いて論ずる學問である

と定義を下します。かくする方が、現今天文學に於て論ずる所の諸々の問題を一層よく包容し得るものと信じます。

然らば天體とは何であるかと言ふのに、太陽惑星、衛星、彗星、流星、恒星、星雲、宇宙塵等を總稱する語であります。さて此様に多様のものに關する諸問題を論ずるに當りては、其分類をなすのが普通でありますから、便宜上近來天文學を

天文學の定義

天體とは何ぞや

天文學の分類

ば次ぎの數種に分類するのが一般であります。

- (1) 球面天文學 (Spherical Astronomy)
- (2) 實地天文學 (Practical Astronomy)
- (3) 天體力學 (Celestial Mechanics)
- (4) 理論天文學 (Theoretical Astronomy)
- (5) 天體物理學 (Astrophysics)
- (6) 宇宙開闢論 (Cosmogony)

更に(1)から(4)までを一纏めにして之を測天學 (Astrometry) と稱し、之を天體物理學とを對立させて二つに分類することもあります。前者は古くから發達したもので、後者が最近に於て開拓された關係から、前者をば舊天文學 (Old Astronomy) と稱し、後者をば新天文學 (New Astronomy) と稱することも屢々であります。獨り天地開闢論の如きは最近までは科學として取扱はるゝよりは寧ろ空想視せられ、科學者よりも寧ろ哲學者によりてより多く論せられました。が、次第に天文學上の知識が増して來て不完全ながらも宇宙の構造を洞察す

測天學

舊天文學

新天文學



ることが出来る時世となり、遂に天體の開展も或點まで推論し得る様になりました。

是より上に列舉した六分類につきて別々に其大體の説明を述べませう。

### 第二節 球面天文學

球面天文學では星の運動は全然天蓋(Heavenly Vault)の上に制限せられたものと假定し、且つ其天蓋が其中心を通過する一つの直線を軸として東より西に廻轉して居るものと見做し、地球から其星に至る距離をば全く度外視して、單に球面上に於ける星の位置、運動及現象等を研究するのであります。此様な研究法を取るのには天體の大部分が驚く可き程大なる距離にあること、又よし割合に近き天體に於ても其距離が容易に辨別せらるゝものでない事實から自ら起ることであります。而して此様に考へると複雑な問題をも甚だ便利に解くことが出来ます。

### 第三節 實地天文學

實地天文學では星を觀測するに用ゐる器械の理論及其使用法や、星を觀測す

球面天文

實地天文

る種々の方法の講究したり、觀測した記録を整約して目的物を算出する方法等を論ずる部分であります。從來所謂新天文學の隆盛でなかつた當時にありては、天文學の觀測に利用した器械も専ら舊天文學用器械でありました。其關係上最近まで實地天文學には舊天文學用器械等に關するもの丈を論じましたが、今日以後には天體物理學にも別に實地天文學に相當した部分を要するとあります。但し現今でも尙其部分について纏まつた書籍はない様であります。

### 第四節 天體力學

天體力學は昔時は Physical Astronomy と稱せられた部分でありまして、ニュートン(Isaac Newton, 1642—1727)の重力則を基礎として天體の運動を論ずる部分であります。研究の結果同法則が太陽系否宇宙に普ねく適用し得るものであると分つた。其必然の結果として過去の觀測を整理し之を基として理論上から推算を行ふて、遂に目に見得ざりし或天體をも發見することが出来たのであります。例へばハーシエル(Sir William Herschel, 1738—1822)の發見した天王

天體力學

ニュートン

ハーシエル



星について實地觀測した結果と理論上の結果とを比較して見ると、どうして

六

も其間に既知の惑星丈で説明し得ない一種の差が存在して居ることが知れました。底で**アダムス** (John C Adams, 1819-92) と**ルベリ** **エー** (Leverrier, 1811-77) とは此差違の原因をば尙一個の未知の惑星の影響として逆に其星の位置を推算し、其處を檢査して實際**ガルレ** (Galle, 1812-1910) が海王星を發見す

アダムス

ルベリ

ガルレ

第一圖



Isaac Newton

るを得ましたことなどは、其最も著名な一例であります。之を要するに、天體力學の目的は宇宙の運動を統一的に説明するに存するのであります。

第五節 理論天文學

此部分では、天體力學から導いて來た各天體の軌道の諸の要素を用ゐて、將來又は過去に於ける是等の位置を推算して天體曆や航海曆を編製したり、或は又既に知れる要素をば新たに得た觀測を利用して一層正しきものに修正するなどのことを行ふものでありますから、自ら計算を非常に含んで居ります。従て此部分の重なる仕事は政府の事業とか或は學會とか或は研究所の行ふ所となつて居ります。

第六節 天體物理學

天體物理學は或は又 *Astronomical Physics* と稱せられて居るもので、最近五十年間に驚く可き程發達した一分科であります。即ち是は物理學上の數多の原理を應用して、各天體の物理學的狀態や化學的成分等を決定し得るのみならず、其運動さへも知り得るに至つた所の要なる部分であります。今更に普

理論天文學

天體物理學



通の分け方に従ひて、其内容をば (a) 天體測光學 (Astrophotometry) (b) 天體寫眞學 (Astrophotography) (c) 天體分光學 (Astrospectroscopy) の三とすることが出來ます。

天體測光學

光度計

天體寫眞學

天體分光學

天體測光學は太陽、惑星、衛星、恒星其他各天體の放射する光線の強さを測定するのが目的であります。故に實際觀測するものは其天體の見掛けの光度であります。之を決定するには光度計 (Photometer) と稱せらるゝ器械を使用しますが、其原理や構造には種々のものがあります。

天體寫眞學は天體の像をば寫眞に撮る方法を研究し、其寫眞から其天體の表面の模様なり、或は又天空一體の状態を調べる方法を講じ、次いで此種の原板から星の位置を計算する、方法などまでも論ずる部分であります。

最後に天體分光學は最も新しい部分でありまして、分光器 (Spectroscope) を用いて天體のスペクトル (Spectrum) を作り、之を實視又は寫眞の方法で研究し、其天體の運動の速度や、温度や、壓力や、成分や其他の點までも研究する至て趣味ある部分であります。

### 第七節 宇宙開闢論

宇宙開闢論

宇宙開闢論では宇宙の始源に遡りて考察を廻らし、若し宇宙に始めありしならば、そも如何にして始まり、其後如何なる経過を辿りて今日に至れるか、又將來は如何になり行くものか等の問題を考へる部分であります。今日では之をば宇宙構造論 (Structure of Universe) と天體發展論 (Evolution of Stars) とに分けて説く方が宜しい様に思はれます。要するに此邊が天文学の奥の院とでも言ふ可きものでありませう。唯今日の所奥の院は未だ少ししか開帳せられて居りませぬ。

## 第一章 坐標法

### 第八節 方位角と高度と

坐標

天體の位置を決定するには地球上の位置を定めるのに經度 (Longitude) 緯度 (Latitude) などを用ゐる様に、何等かの坐標 (Coordinates) を定める必要があります。吾等はこれから此坐標の取り方について考へ様と思ふのであります。

偕天空上の星を吟味しますると、極めて少數の星を除く外は皆天蓋に固定し



日週運動

天球



經度

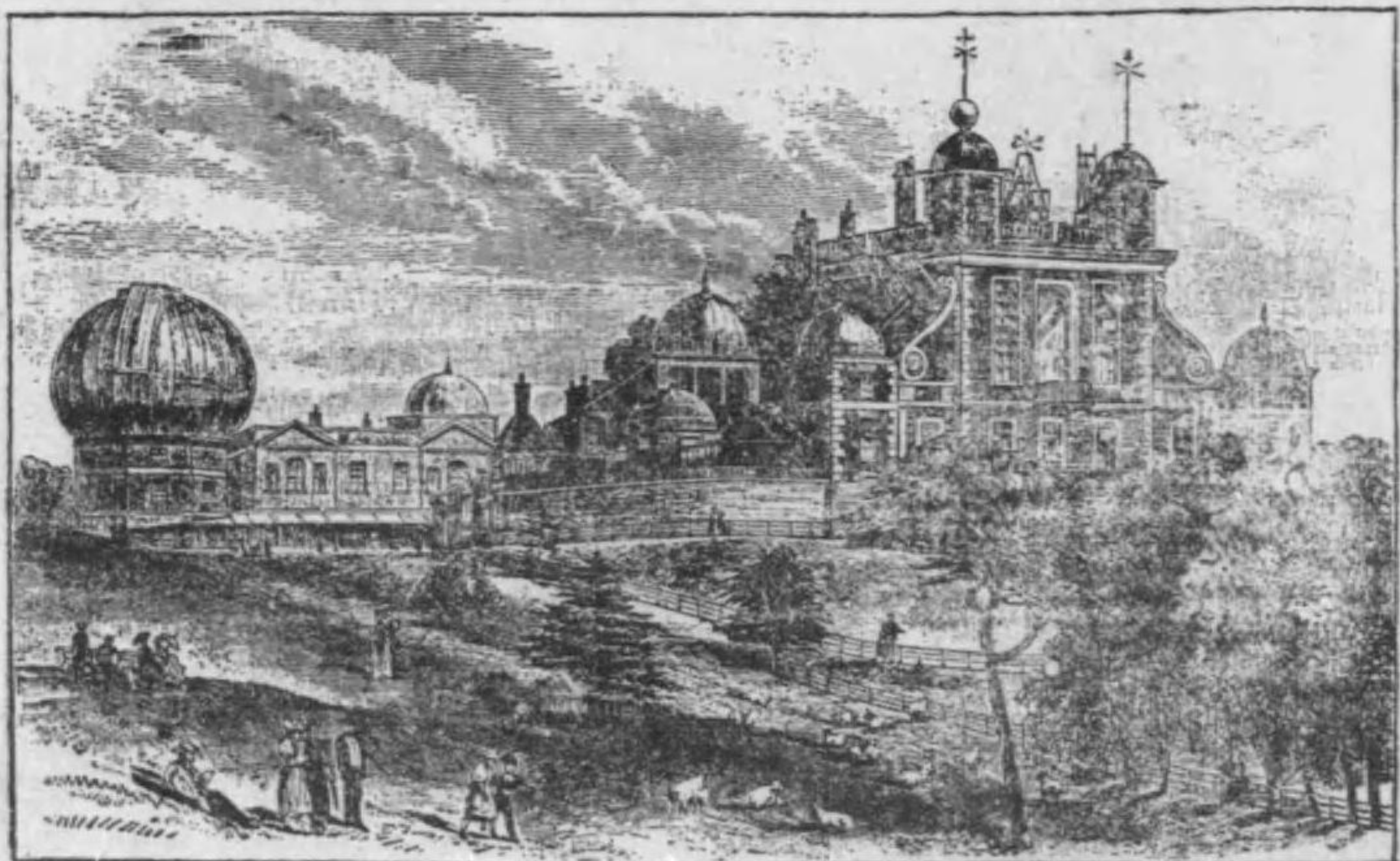
本初子午線  
赤道

て居り天蓋其ものが既に説明した様に定まつた心棒の周りに廻轉して見えます。天文學者は星の此の如き運動をば日週運動(Diurnal Motion)と稱して居ります。依て今地球の中心を中心とし、天蓋迄の距離併し此距離は任意の長さで代表して可なりを半径とする一の大きな球面を書いたと想像し、星は皆此球面の内側に投影されたものとして一種の心象を書き、之をば天球(Celestial Sphere)と稱します。倍其上にある一星の位置を定めるものとすれば、此れは丁度地球上の一點例へば東京と云ふ地點の位置を定めるのと同様な仕方で出来ることは明かであります。又東京の位置を定めるには經度と緯度とを以てすることは一寸前に述べた通りであります。

然らば經度と云ふのは何であるかと云ふに、英國グリニチ天文臺(Royal Observatory, Greenwich)の天子午儀と稱する器械の中心と地球の兩極とを通る大圓即ち本初子午線(Prime Meridian)と兩極より等距離の所にある大圓即ち赤道(Equator)との交點を原點是等兩大圓の交點には二個あるを以て其内グリニチに近きものを取りて原點とし、他は經度180°の點となすとなし、更に此原點か

緯度

圖 二 第



Greenwich Observatory.

第二章 坐標法

ら赤道に沿ふて位置を決定せんとする地點例へば東京と兩極とを通る大圓が赤道と交る點まで計つた圓弧のことであります。

緯度とは兩極と地球上の一點例へば東京とを通る大圓に沿ふて赤道から北又は南に其點まで計つた圓弧のことあります。此際にも二圓弧を得るのでありますが、吾等の用ゐるものは其劣弧であります。

倍天球上に就いて考ふるに、此赤道に相當する大圓をば何か著しき現象を基として定めるのは普通であります。今人が地球の表面上に立



鉛直線  
 天頂  
 天底  
 地心地平  
 現視地平

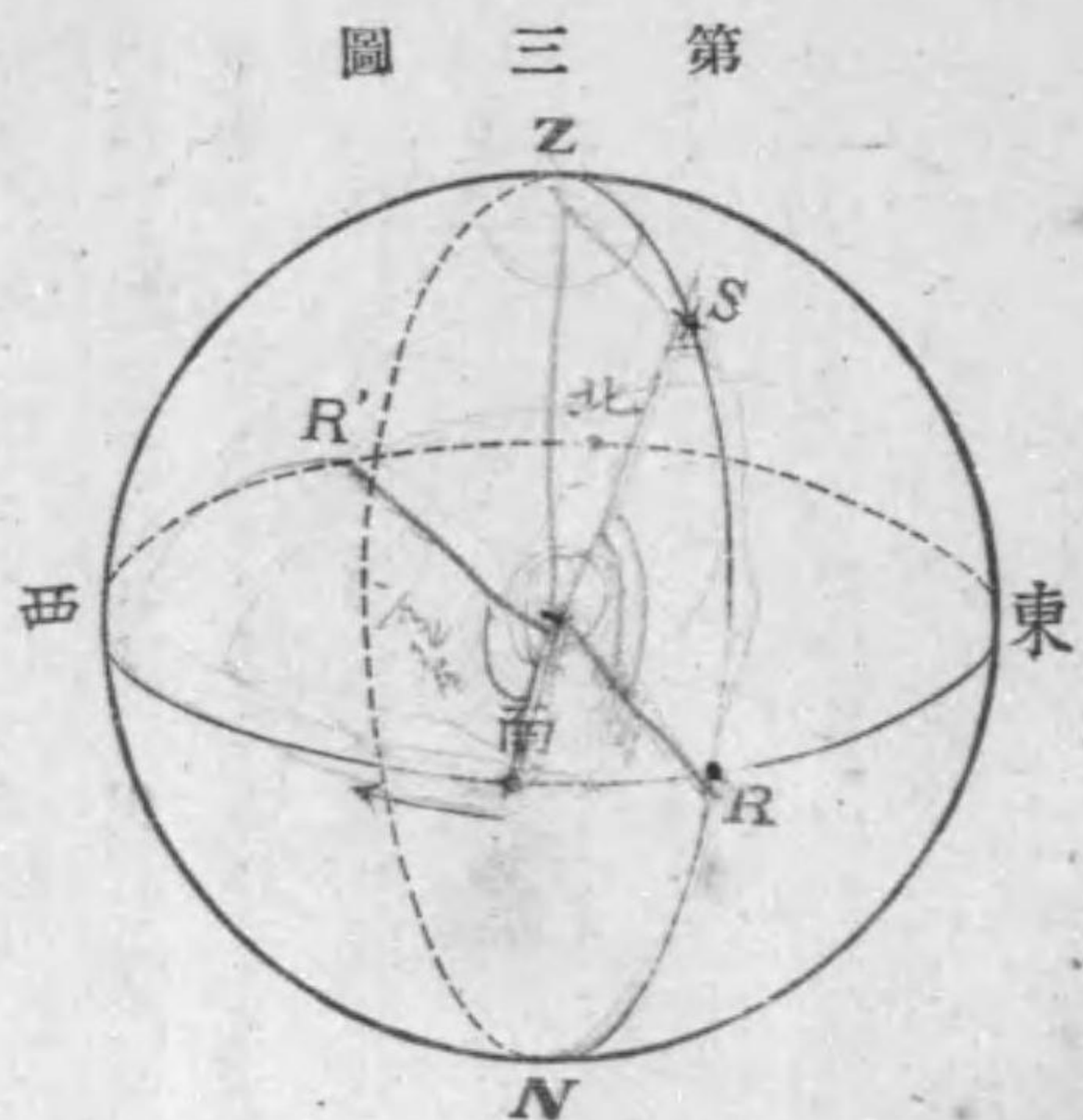
つて居るとすれば、其場所の鉛直線 (Plumb-Line) は足の下から頭を貫く線と考へることが出来ます。若し此線を限りなく延長したるものとすれば、此れは地球と二點で交るに相違ない。此等二點の内、頭上で交はるものを天頂 (Zenith)、足の下の方へ延ばしもの、交る點をば天底 (Nadir) と稱します。次に地球の中心を通り此鉛直線に直角なる様に一つの平面を書けば、之れは地球と一つの大圓で交ります。此大圓は天文學者の天球の地心地平 (Rational Horizon) と稱するもので、大體地球表面上で吾等の一般に地平線と稱するものと一致するものであります。併しより詳細に言へば、俗稱の地平線即ち地球の表面上で吾々の區別し得る天空の見える部分と見えぬ部分との限界は、上に定義した地心地平とは異なるものでありまして、特に之を現視地平 (Visible Horizon) と稱して居ります。併し其實、地心地平なるものは現視地平をば理想化したものであることは言ふまでもありません。

此地心地平(略して地平)をば彼地球上の經緯度を決定するに際して用ゐた所の赤道に相當したものと考へる時は、矢張り天球上の一點の位置を決定し得



垂圖

方位角



第三圖

可き坐標を得るのであります。即ち經度に相當したものを測るには、第三圖に示す通り此地平の上に原點南を取り、これから西を経て北方へ算へて、其位置を定めんとする星Sと天頂Z、天底Nとを通る大圓が地平を切る點(切點)の内劣弧SRを與ふるR點Rにあらを採用すること前の如しRまでに至るものを採用するのであります。茲に注意して置きますが、一般に地心を通り地平に直角をなす任意の大圓をば垂圖 (Vertical) と稱します。故に上のものは換言すれば南點から地平に沿ふて西を経て北の方向へ向ふて星の垂圖まで算した角とすることが出来、之を天文學者は方位角 (Azimuth) と稱します。原點は何處でなければならぬと云ふことがない。天文學上の計算には屢々便宜上之を後に説



明する所の南(South)とするのであります。が地球上で方向を定める場合には北(North)を原點とするのは普通であります。

高度

次に上に述べました交點Rから垂圈に沿ふて其星までの最短距離をば高度(Altitude)と稱します。但し此際星が地平から上方にあれば其高度を+にて表はし、反對に其下方にあれば之を一で表はすのは普通であります。方位角の場合でも上に述べたのと逆の方向に計れば、之を一とするのであります。一般に天文學者は方位角の符牒としてはAを、又高度にはhなる符牒を用ゐます。倍星のAごんごは時間が経過すると共に漸次變化するものなることは、太陽なり星なりの位置が日出の時には東方で地平線に近いが、漸次南方へ進むと共に其高さを増加し、正午には南方に來りて最大の高度に達し、其後漸次西方へ進むと共に其高度を減することによりて會得することが出来ませう。此様にAごんごは時と共に變化するものでありますから、此坐標を用ふる時には必ず之を觀測した時刻か、或は其天體の現はる可き推算時刻即ちTを附記するを要します。加ふるに同一時刻に同一天體を觀測する場合で

天頂距離

ありまして、其場所が異なると共に、之に應じてAごんごが變化するものがあります。故にA, h, T, L,  $\phi$ の五量がなければ、充分に其天體の位置を記録したものと云ふことが出来ませぬ。例へば海上で一個の彗星を發見したならば、其方位角Aと其高度hとを六分儀で決定し、其船の位置と觀測した時刻とを合せて報告すれば、夫れは一個の觀測として利用することが出来るのであります。西洋の船などが船上で此種の觀測をなして専門の雜誌に寄稿するのを見受けれます。我國でも軍艦や商船にある方が時に此様な道樂をして欲しいと思ひます。注意して居ると、新星や彗星の新發見をせぬとも限りませぬ。(注意) 高度の餘角 $90^\circ - h$ は第三圖に於てはZの弧であります。私共は此角をば高度の代りに採用することが屢々であります。依て之に天頂距離(Zenith Distance)なる名を附し、之をZにて表はします。即ち $Z = 90^\circ - h$

## 第九節 時角と赤緯と

上に述べた方位角及高度なる坐標は場合によりては不便なものであります。なせと申すのに、例へば地球上の一點の坐標即ち東京の經緯度が時と共に變







赤道

時圈

子午線

時角

赤緯

5350  
300

します。或は又單に略して赤道と稱します。されば彼天球の軸が地球の軸を擴張して得られた關係上天の赤道其者が矢張り地球の赤道を擴張したものに外なりませぬ。

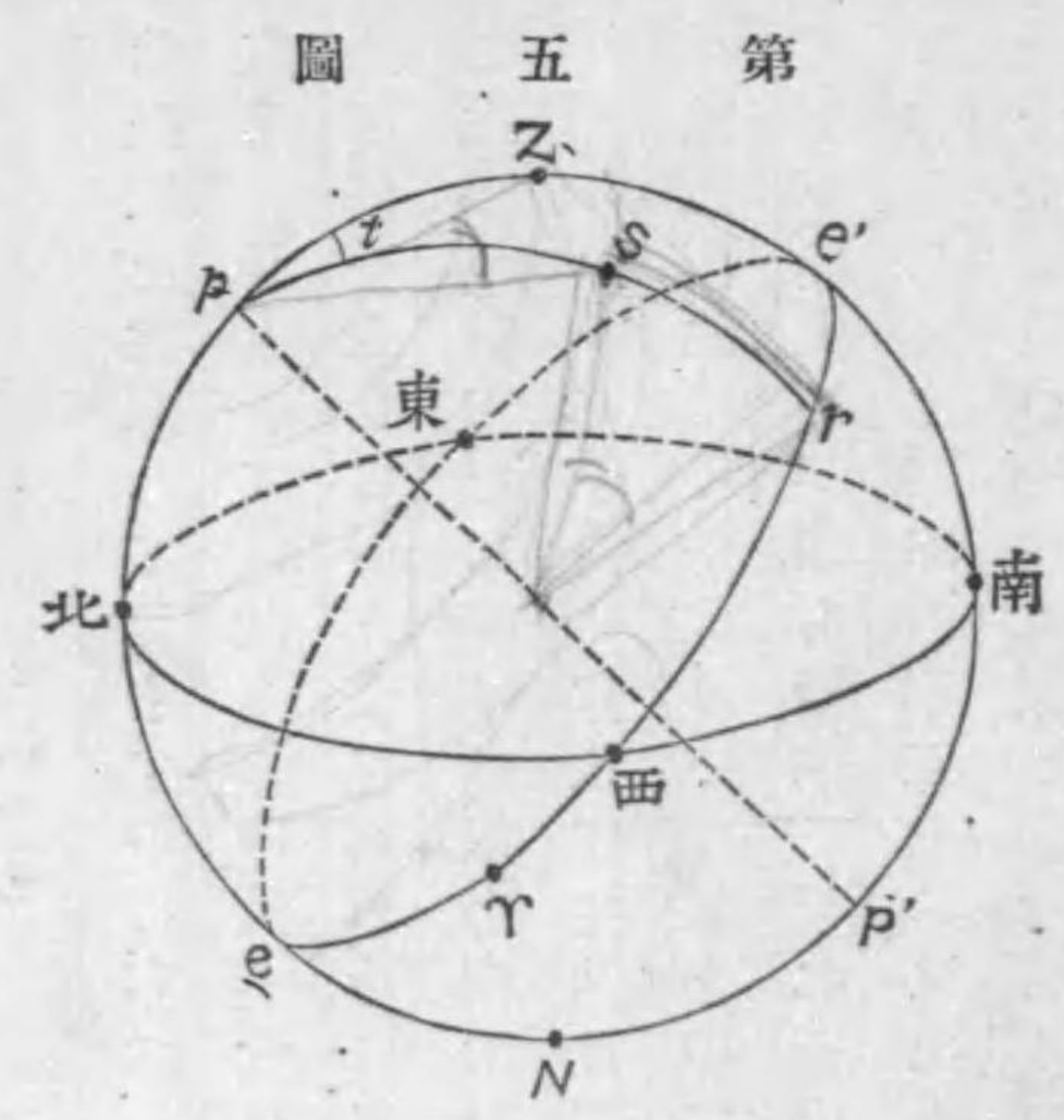
此様に天の赤道を決定すれば、吾等は之を標準として矢張り一組の坐標を設けることが出来ます。一般に地球上或點の時圈(Hour Circle)とは其星と兩極を通る大圓を稱し、又天球の子午線(Meridian)とは其地の天頂と兩極を通過する特別の時圈のことであります。

今子午線と其位置を決定せんとする星の時圈とが極に於てなす角(赤道に於てなす角にても可なり)を子午線から西の方に算し、之を坐標の一とすることが出来る。天文學者は之を時角(Hour Angle)と稱し、之を角度其儘で示すよりは寧ろ一般に其角度を十五で除したものの即ち時間で表はし、 $0^h$ から $24^h$ は時間を示す)其記號として $t$ を使用して居ります。

次に今一個の坐標としては、赤道から其星の時圈に沿ふて其南北へ星まで算した最短距離を採用しまして、之を赤緯(Declination)と稱して居り、其記號に

は希臘文字 $\delta$ を用ひます。赤緯は勿論角度で表はし、時間には致しませぬ。

第五圖で $PZ$ 、 $P'e$ なる大圓は觀測地の子午線を表はすもので、 $P'P'$ は天球の軸を



表はすものであります。又、 $\delta$ 、 $\delta$ は $P'P'$ に直角なる天の赤道であります。借天球上にSなる一星ありて、其位置を只今導いた坐標法で決定し様とすれば、上の定義で時角 $t$ は $\angle ZPS$ でも宜しい、又或は $\delta$ でも宜しいのであります。次いで赤緯 $\delta$ の方は $\delta$ 弧であります。

(注意) 赤緯の餘角 $90^\circ - \delta$ は北極から其星までの最短距離と考ふることも出来るものであります。

天文學者は屢々赤緯の代に採用することがあります。之を採用する利益は南北を區別する必要がないことであります。これは北極

北極距離



距離(North Polar Distance)と稱せられ、 $p$ を以て記されるのが普通であります。即ち

$$p = 90^\circ - \delta$$

此坐標を注意して見ますのに、赤緯の丈は日週運動の影響を受けないことは直ちに分ります。然るに時角も丈は變化します。が、此れとても天球の廻轉速度が一定して居ります爲め、時に正比例して増加するものであります。従て或種の研究をなすには、此坐標法を利用すると非常に便利であります。

第十節 方位四主點及三十二方位

今或觀測地で子午線と地平線との二交點を求むれば、其一個は北極から九十度以下(極大の時即ち觀測者が北極の下に立てる時に九十度となるべし)の所に存在します。即ち第五圖には北と記して示した點で、之を北と稱します。今一つの遠い一點は南と稱せらるゝものであります。更に南北の線と直角をなす様に一線を引けば、其線上に北に向いて立つた人の左方は西(West)、右方は東(East)と稱せられます。是等の四點即ち東西南北が方位主點(Cardinal

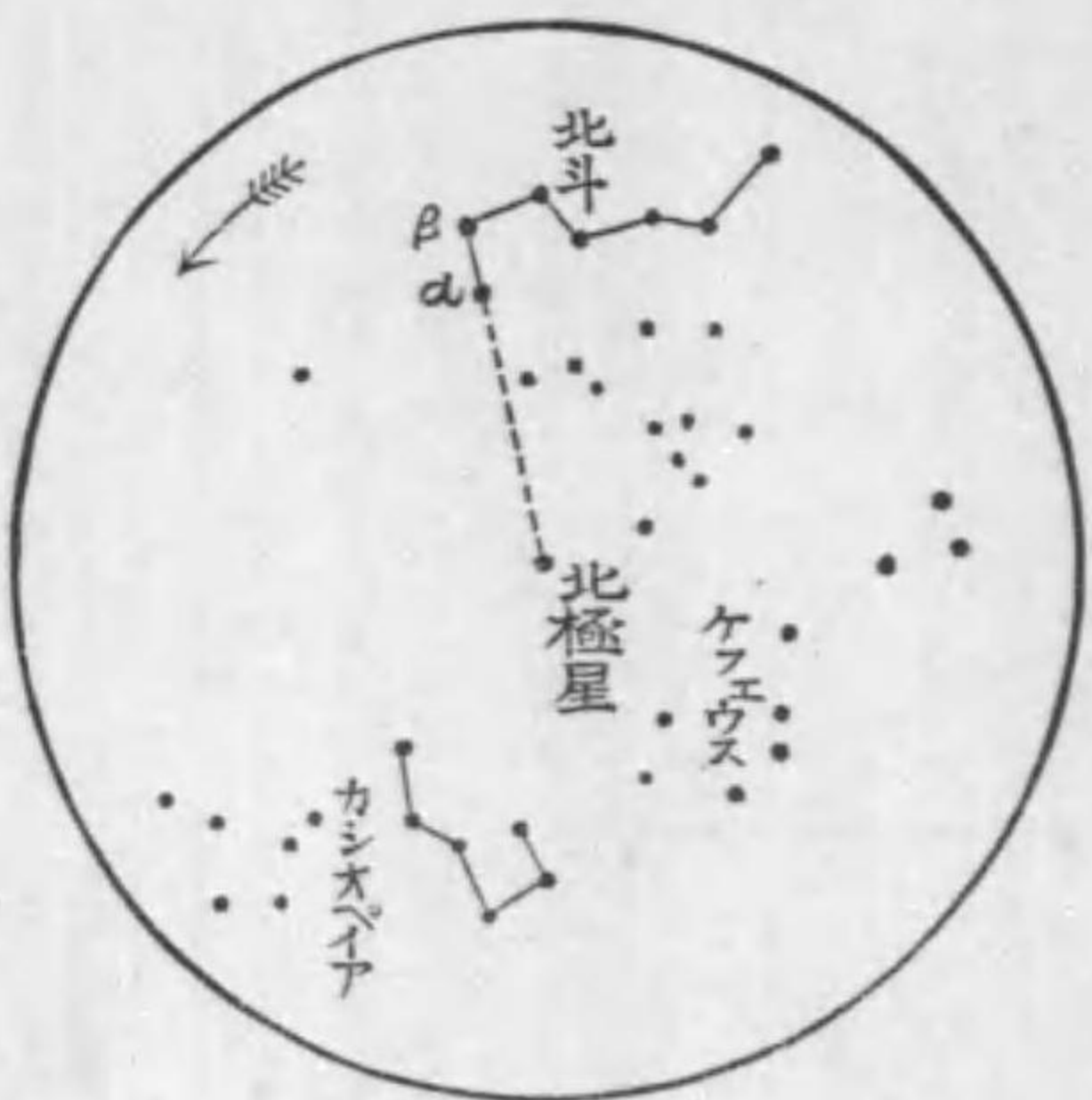
北 南 西 東

Points)と稱せらるゝもので、一般使用せらるゝものであります。

此様に方向を知ると言ふことは、先づ北の方向を見出すことによりて出来ることであり、ますから、北半球にある人々にありましては、北極に近い北極星(Polaris)の垂圈が地平を切る點を見出せば

大體其目的を達し得る譯であります。従つて極大體方位の決定をなさんとする場合の如きは、至つて簡單なもので、直立して天球上北極星のある所を見定め、愈之を見出し得たならば、身體を廻らして正しく此星を正面に見定め、かくて後漸次頭を垂直に下げ、地面上目の向ふ所を決定すれば、即ち北方であります。又

第六圖

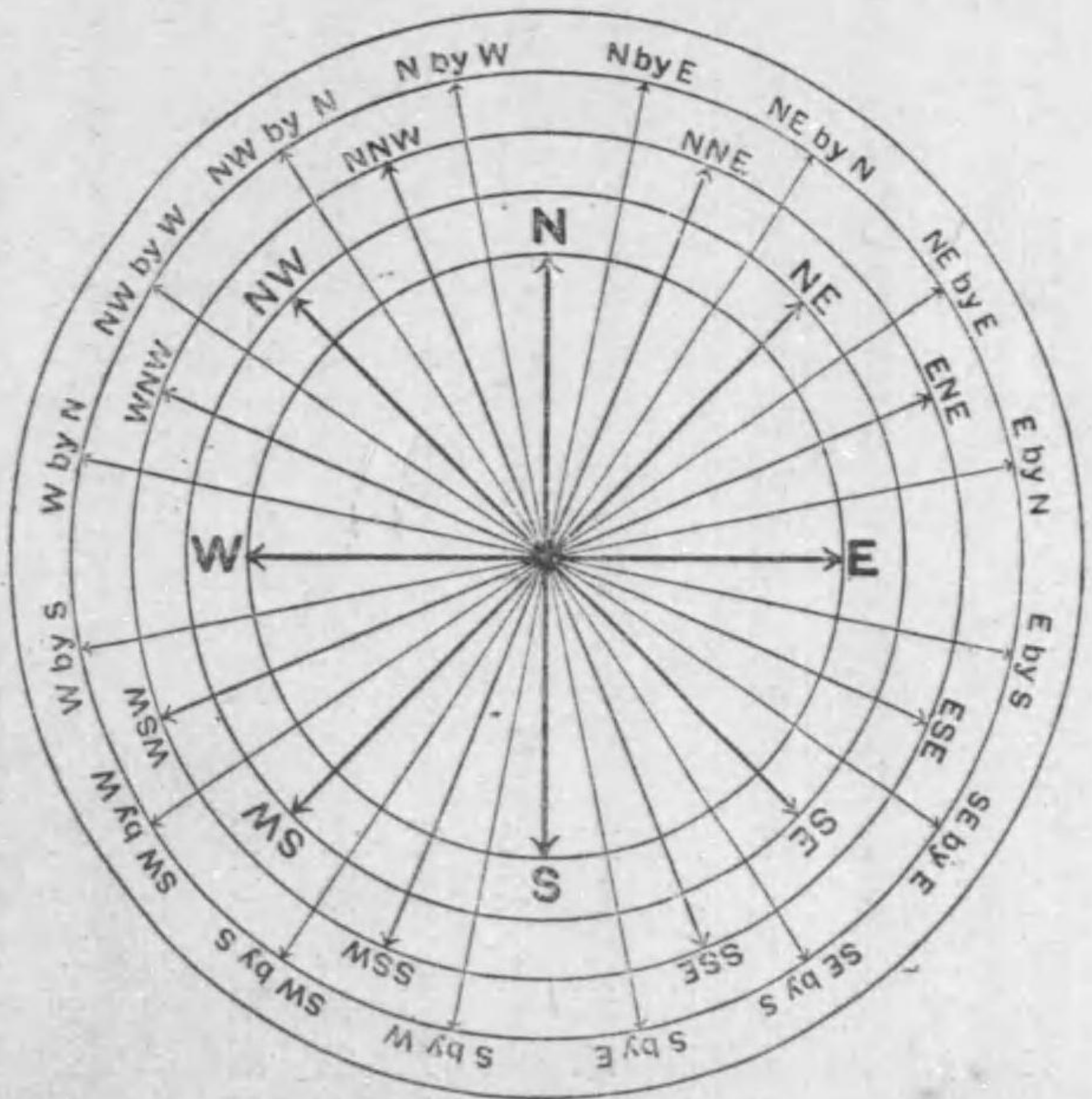


北極星を見出すには、能く知られて居ります様に、北斗七星(Great Dipper)を熟知して居れば宜しいのであります。是れは第六圖に示す様に、大きな柄杓の様



北極指示星

第七圖



な形状を呈したもので、恐らく諸君の凡てが御承知のものでありませう。北斗中 $\alpha$ 及 $\beta$ と呼ばれる、兩星は北極指示星 (Pointers of the Pole) と稱せられ、此兩者を連ねた直線を想像し、之を $\beta$ より $\alpha$ の方向へ延長すれば、其近傍に二等星を認める、是れが北極星であります。矢張り大體のことを申せば、 $\alpha$ より其星までの距離は、 $\beta$ 間の距離の略五倍に當つて居ります。

加ふるに北極星は大なる星の存在して居らぬ天空の一部に見ゆる唯一の二等星であります故、北斗を知つて居る人には決して間違ふことなく、之を認め得るものであります。

此様にして先づ北を決定しきへすれば、地平線上如何なる方位も自ら北から東を経て南へ向ふ方向へ計算した方位角で表はすことが出来るのであります。即ち $360^\circ$ から $300^\circ$ まで變化する數字で示されます。併し此様に數字を以てするよりも、方位四主點の名稱を採用して單に北とか東とか言ふのが便利な場合もあります。されど四主點丈では至つて不精密である爲め、更に四主點間の角を二分して第七圖の如く八方位とすれば、一般の目的には充分なものになります。されど更に其中間にも命名して十六方位とし、又三十二方位となし航海者などが之を使用して居ります。圖にある三十二方位を日本語に直すには例へばNWをば北西、NNEを北北東、NE by Nで北東微北(β)を微にて置換ふと稱します。

三十二方位

第十一節 赤經と赤緯と



## 恒星表

前節に述べた坐標即ち時角と赤緯とは重寶ではありませんが、凡ての場合に必ずしも左様ではありません。其一個の時角が時間と共に正比して變化するものである以上、尙變化するものたるを免れませぬ。故に或目的例へば恒星表(Catalogue of Fixed Stars)などを作る時などは、全然日週運動に關係のない坐標を用いた方が便利なのであります。

## 赤經

然らば其様な坐標はあるまいかと考へて見るのに、此目的の爲には觀測者の位置に關係ある所の點を天球上に取り取る代に、天球其者に固着した一點を採用すれば宜しいと云ふことが注意せられます。即ち此様な點を取れば、夫れは日週運動の際星と共に天球に固定した儘廻轉する故に、其原點の子午線と星の子午線との間の角は常に一定したるものとなり得ます。此の如くして決定した坐標の一つをば天文學者は赤經(Right Ascension)と稱し、 $\alpha$ なる記號で表はします。

偕其原點を天球上何處に取る可きかは勝手なことでありますが、幾ら勝手であるとしても不便なものを取るに及ばない。否な勝手である以上には成丈

## 春分

都合のよい天文上我々人間に主要な現象と關聯せしめた方が最も良好な處置と言はねばなりません。此關係上古人は原點として春分(Vernal Equinox)  $\gamma$ を以て記すを採用しました。乃ちある星の赤經とは春分點から天の赤道に沿ふて東方へ進み、星の子午線と赤道との切點に至る距離を一般に時間ではしたものであります。併し時には角度でも示して居ることもあります。茲に於て星の坐標をば赤經 $\alpha$ と赤緯 $\delta$ とで決定することが出来るのであります。乃ち日週運動に關係なき坐標を得ました。第五圖に於て $\gamma$ はSなる星の赤經を表はすものであります。又其赤緯は既に述べたる如くであります。

## 第十二節 黃經と黃緯と

以上三種類の坐標の外に、猶大切な一坐標法があります。依て之より其方法を説明しませう。今太陽が天空上を動いて行く有様を注意して見ますのに、既に指摘した所の恒星の運動とは餘程其趣を異にして居ることを見受けま

す。彼の恒星の觀測を行ひまするのは夜間であります。而かも晝間太陽を



觀測し得る時頃には恒星は見えないので、太陽が天球上を運行する様を研究する際其位置をば直ちに他の恒星の位置と比べて判断することが出来ませぬ。従て何か適當な間接の方法を採用しなければならぬのであります。

今一年間に太陽が天球上を運行する極ざつとした途を追はんごすれば、太陽が其地の子午線を経過した時刻を観る代りに、其時刻から十二時間丈経過した時刻に其地の子午線を経過する星を記録し、其赤經から太陽の赤經を推量することが出来ます。乃ち毎日毎日此種類の觀測をして見ますと、毎日毎日殆ど四分丈より大なる赤經を有する星が子午線を経過することが分つて参ります。或は又丁度午後十二時に此の如き觀測をする代りに、同じ星が每晚其子午線を経過する時刻を注意すると、今度は星の方が毎日毎日四分づつ早く子午線を経過するのであります。此様な間接の方法で赤經の決定を行ふと同時に、更に一方で其赤緯をば高度の觀測から決定するものと考へませう。併し今吾々の場合は極大略の結果を求むる丈のこと故、唯長さの知れて居る直立した棒が正午になげる影の長さを測定した丈でも充分であります。今棒

の長さが $l$ で、影が $s$ であるとき、太陽の高度 $h$ 又は天頂距離 $z$ は次の式

$$\tan h = \tan(90^\circ - z) = \frac{l}{s}$$

から容易に求められます。實測の結果 $h$ 又は $z$ が年中一定したものではありませんで、漸次變化するが、而かも赤經と同様に一ケ年の後舊に復することが分つたのであります。倍子午線經過の際の天頂

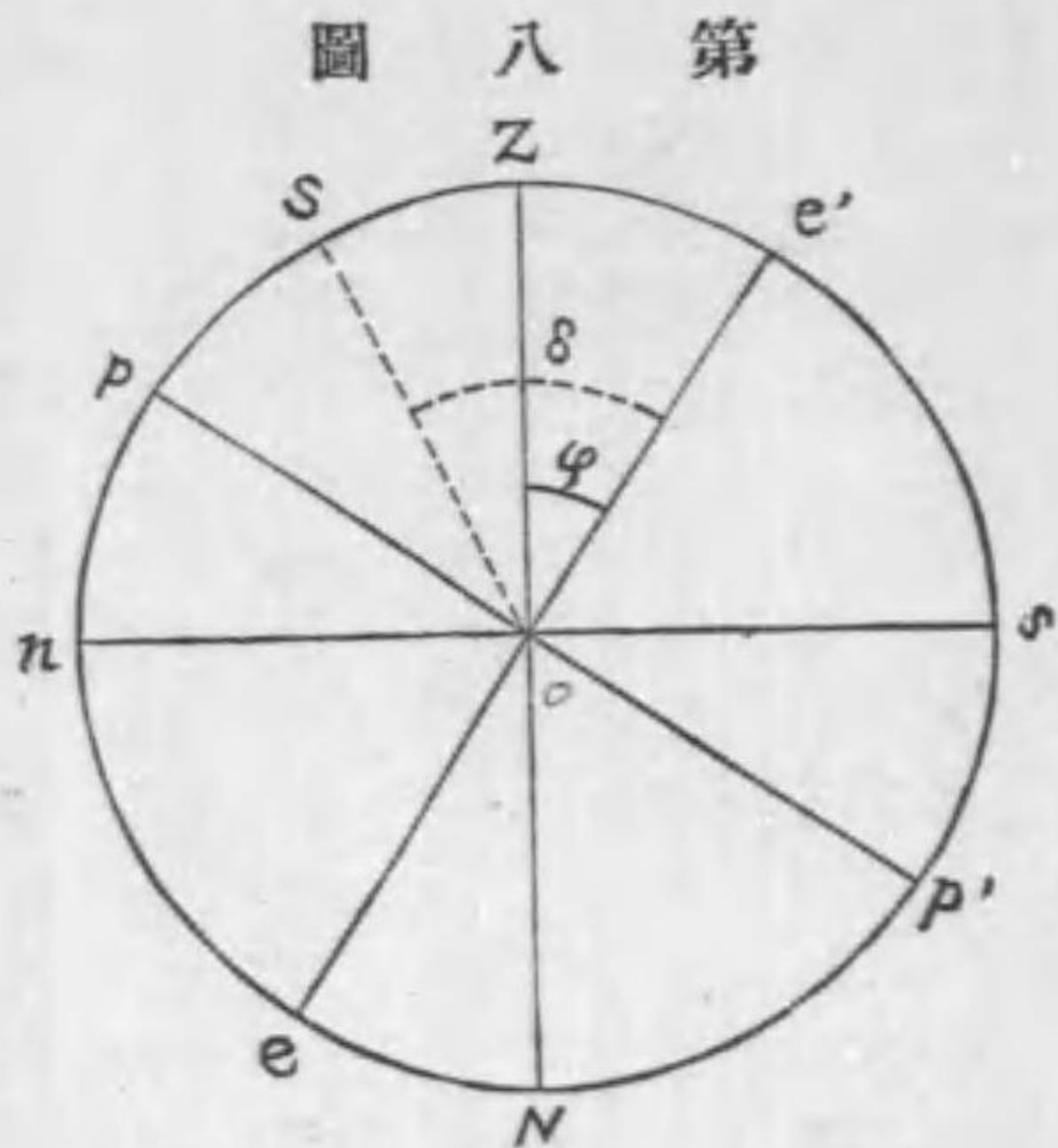
距離 $z$ の時は南方 $z$ の時は北方 $z$ を能く考へて見るのに、第八圖から容易に

$$z = 90^\circ - \delta = 90^\circ - \phi$$

であることが分ります。茲に $\phi$ は觀測地の緯度で、 $\delta$ は太陽の赤緯であります。なせと言ふのに、圖に於て $\phi$ は $NOZ$ 角が緯度であ

ります。従て $S$ が子午線上の星の位置とすれば、 $\phi$ が $z$ であります故

$$z = 90^\circ - \phi = 90^\circ - \delta$$



第八圖



天球儀

となります。故に太陽の赤緯を求めることが出来るのであります。此様に間接に求め得た太陽の位置をば天球儀(Celestial Globe)の上に表し、是等の點をば連結して見ますると勿論凡ての點が充分正しく決定せられて居りま



第九圖

せぬ爲めに破線になります。夫れは大圓でありまして、赤道と大凡 23.5° の傾斜をなして居ることが分ります。茲に於て吾等は太陽と恒星とが天球上確かに異つた運動をなし、太陽は天球上を一年間に週一轉し、而かも其道が赤道と一致しないと言ふ事實を知り得たのであります。

黄道 分點 秋分

太陽の動く此道をば吾等は黄道(Ecliptic)と稱し、此れが赤道と切り合ふ點をば分點(Equinoxes)と稱し、就中其中太陽が赤道の南方から其點を通過して北方に移る分點をば春分又反對に太陽が其點を通りて北から南に移るものをば秋分(Autumnal Equinox)之れを以て表はすと稱しま

黄經 黄緯

す。此春分點と云ふのは吾等が既に赤經を計算する原點に撰定したる者であります(第十一節)。

今吾等は赤道の代りに黄道を取り、子午線の代りに黄道の軸を含む大圓を取りましても、矢張り一種の坐標を求めることが出来ます。即ち春分點から黄道に沿ふて東方へ算し星と黄道の兩極とで決定された大圓が黄道を切る點(星により近き)までの距離を黄經(Longitude)と云ひ、之れに對應する坐標即ち黄道より其星に至る最短距離を黄緯(Latitude)と稱します。是等の記號は全然一致したものを以て表はされて居りませぬ。但し前者を $\lambda$ を以て後者を表はすのはより一般であるらしいのであります。

第十三節 銀經と銀緯と

以上述べた四種の坐標は天文學では絶へず用ゐるものであつて、充分其定義を熟知するを要するものであります。然るに是等程に用ゐられませぬが、近來非常に必要になつて來ました一坐標法があります。之れは即ち銀經(Galactic Longitude)及銀緯(Galactic Latitude)と呼べる、一組であります。



晴夜天空を注意して見ると、銀河(Galaxy or Milky Way)と稱する一種の薄明るい帯状のものが天空を横断して居ることを見るでありませう。是れは小さな星が澤山集り一ツ一ツとしては肉眼に映じないものが、全體として此現象を示して居る者であります。其幅は一定せず所によりて異りますが、大凡卅度内外であります。天文學者は此銀河の中心部を求めて之を連結して見ました所が大圓であることを知りました。尤も其輪廓があつた様に朦朧たるものでありますから、人々によりて此中心線が多少異なりますが、大體に於て定つたものであります。之を吾等は銀河圈(Galactic Circle)と稱します。

今銀河圈を以て黃道や赤道に相當したものと考へ、之と赤道との交點の一即ち赤經六時半の所のものを原點とすれば、矢張り坐標の一組が出來ます。銀經銀緯と云ふのは即ち是れであります。

#### 第十四節 各種坐標間の關係

同一の星の位置を決定するに當り、方位角 $A$ と高度 $h$ とを以てしても、時角と赤緯 $\delta$ を取つても、或は赤經 $\alpha$ 赤緯 $\delta$ を以てしても、又黃經 $\lambda$ 黃緯 $\beta$ に由るも乃

至は銀經 $A$ 銀緯 $D$ を以てするも決して差支がありません。依て今或星の位置をば此等五種の何れかで表はしたとすれば、其れと他のもので表はしたものと之間には一定の關係があり、其一組を知れば其關係を利用して他のものに換算することが出來る性質のものであります。此様に一種の坐標法で表はしたものを他の種類のものに變化することを名けて坐標の轉換(Transformation of Co-ordinates)と稱します。

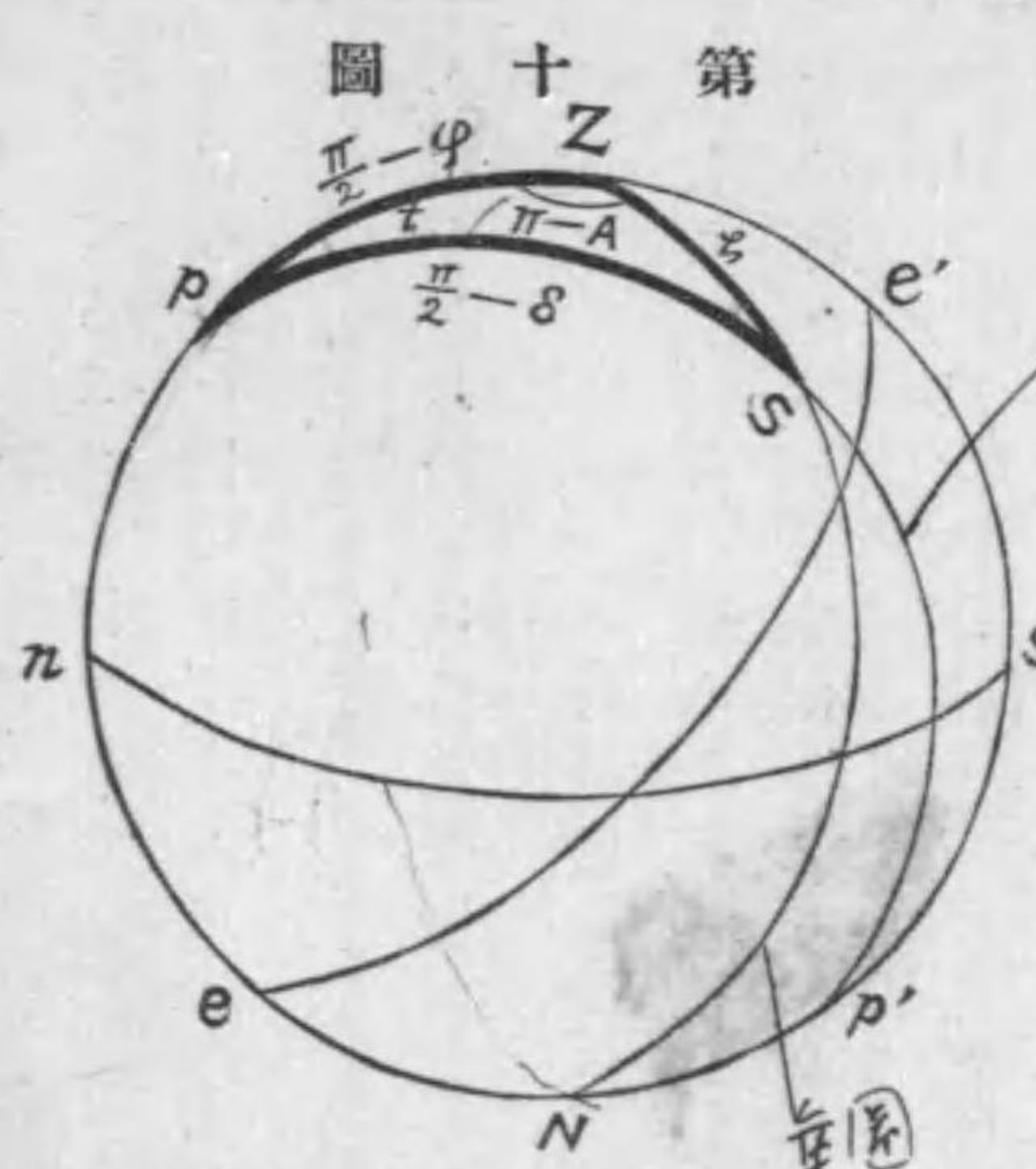
今第十圖に於て $S$ は其坐標の轉換を要する星の位置であるとし、子午線 $PZ_s$ 、星の垂圈 $SN$ 、星の子午線 $PSP_s$ が $PNS$ と云ふ一個の球面三角形を形成します。此の如き三個の大圓によりて得らるる球面三角形は天文學の研究に屢々起り來るものでありますから、之を天文三角形(Astronomical Triangle)と稱して居ります。

吾等は圖の三角形を解いて、例へば $\phi$ なる緯度の地方で或星の坐標 $A, h$ を測定した時に之を $\alpha, \delta$ に換算することが出來ます。此三角形の六要素即ち三邊と三角とは次のものであります。



$$\begin{cases} \angle PZ = 90^\circ - \varphi \\ \angle ZS = \zeta \\ \angle Z = 180^\circ - A \end{cases}$$

$$\begin{cases} \angle S = p \\ \angle PS = 90^\circ - \delta \\ \angle P = t \end{cases}$$



視差角

是等の内左方に書きました三要素は既知のものでありまして、右方の三個は既知のものから計算し様とするものであります。又其中で  $p$  と記したのは視差角 (Parallactic Angle) と稱せられて、直接に決定する、必要がないが、時として之を知ると便利な角であります。倍數式で轉換を行はんと欲するならば球面三角法の公式を應用して次ぎの三式を得ます。

$$\begin{cases} \cos \delta \sin t = \sin \zeta \sin A \\ \cos \delta \cos t = \cos \zeta \cos \varphi + \sin \zeta \sin \varphi \cos A \\ \sin \delta = \cos \zeta \sin \varphi - \sin \zeta \cos \varphi \cos A \end{cases}$$

是等の式の右邊は何れも既知の量に關係するものでありますから、この兩方が  $A, \varphi$  から計算し得る譯になります。計算を實地に行ふ場合には對數表 (Logarithmic Table) を使用するに便宜な様に次式で定められる  $m, M$  を右邊に採用し

$$\begin{cases} m \sin M = \sin \zeta \cos A \\ m \cos M = \cos \zeta \end{cases}$$

上の式を變化して

$$\begin{cases} \cos \delta \sin t = \sin \zeta \sin A \\ \cos \delta \cos t = m \cos(\varphi - M) \\ \sin \delta = m \sin(\varphi - M) \end{cases}$$

を得至て都合よく  $m$  を計算し得るのであります。若し又此時に際し、吾等は子午線  $PZP'$  の上にある任意の星の赤經を知つて居るものと考へ、之を  $\theta$  を以て表はすものとすれば、 $t$  即ち  $S$  星の時角は  $\theta$  から此星の赤經  $a$  を減じたる者であることが一目瞭然のことであり、即ち



$$t = 0 - \alpha$$

$$\therefore \alpha = 0 - t$$

故に  $\Delta \alpha$  から  $\alpha$  を求め得る譯になります。

他の坐標に轉換するにも之と同様であつて、此場合に  $PNS$  なる三角形を用ゐた原理に従ひ、轉換し様とする兩坐標の標準平面の極二個と星とで出來た三角形を解きますれば、求むる結果に到達するのであります。

### 第十五節 恒星時

丁度前節に導き入れた子午線上にある星の赤經  $\theta$  なるものは、圖から直ちに知られます通り、 $S$  なる恒星から東方  $t$  丈の差を有する子午線の上にある星の赤經であります。而かも  $t$  は前に示しました通り時に正比例して變化するものでありますから、 $\theta$  も亦時間に正比例して變化する量であります。

今假りに  $S'$  なる星が春分點に存在するものと考へますと、其星の時角  $\theta'$  は取りも直さず  $P'N'P'$  なる天の子午線の赤經であります。依て春分點の時角をば地方恒星時 (Local Sidereal Time) と稱すれば、此は勿論  $\theta$  其者であります。  $\theta$  が

地方恒星時

一恒星日

$360^\circ$  丈變化する時間即ち其觀測地に於て春分點が子午線を經過する時刻を起點とし、夫れより再び同一の状態に至るまでの時間をば天文學者は一恒星日 (A Sidereal Day) と稱し、時を測る單位の一として居ります。更に之を通常吾等の使用する一日の如く二十四等分し又六十等分、更に六十等分して一恒星時、分、秒を採用します。

依て若し一時計を製造し其表面上の指針は常に恒星時間を表はし得る様に其速さを整へて置き、且つ春分點が其地の子午線を經過する時刻に其指針が  $0^h 0^m 0^s$  を表はす様に仕掛けて置けば、其以後此時計の指針は絶えず其地の恒星時を示すことになり、故に其指針を見れば其讀取り時刻  $\theta$  と等しき  $\alpha$  を有する星が其地の子午線を經過して居ることが分ります。

恒星時は太陽に基いて定められた太陽時と異りますので、吾等の日常の使用には適しませぬが、地球上の運動を論ずるには非常に必要な者であります。のみならず、吾等が太陽時を決定するにも先づ其地の地方恒星時を觀測し、夫を直して平均太陽時とするのでありますから、此概念は天文學を學ぶ上に非



常に大切なるものであります。又恒星日は取りも直さず地球の自轉の週期に基いて制定しましたものであります。故に一恒星日とは地球自轉の週期である云ふのが一般であります。併しこは春分點が地球上に固定した場合に見受くる理想的のことで、實際吾等の使用しつゝあるものは丁度上に示しました様に春分點によつたものであります。吾等は後章に於て春分點が地球上に如何なる運動をなすかを示させよう。但し此運動は一寸の間には小なる故多くの場合に恒星日を地球自轉の週期と見ても差支ありません。

### 第三章 天文學用器械

天體の觀測をする器械は、之を要するに、其目的物をば成る可く手數のかゝらない便利な方法で精密に測定をなし得る様に考案し、且つ之を製造するに際しましても無用の費用を節し得る様に工夫したものであります。但し天體の觀測と言ふても、それは至つて其範圍の廣いものであります。依て今先づ之を制限して星の位置を決定する場合のみにつきて言へば、第一に角を測る

こと、第二に時刻を計ることが必要になります。

所で昔時に於ては兎も角、今日に於ては角を測る器械には必ず望遠鏡を附して居ります。此望遠鏡は後に述べやうとする他の器械にも必要なものであります故、先づ望遠鏡に關することを述べませう。

#### 第十六節 望遠鏡

望遠鏡(Telescope)には二種あります。即ち屈折望遠鏡と反射望遠鏡とであります。屈折望遠鏡(Refractor)とは光線の屈折率を應用して透明體で作つたレンズ(Lens)を用ゐる天體又は地上の物體の一點から來れる光線を集中して之を一點に集め、之を更に擴げて見得る様にしたものであります。次ぎに反射望遠鏡(Reflector)とは一つの反射鏡を置いて天體又は地上の物體から來れる光線を之に於て更にこれから其光を反射させ、反射したものが一點に集まる様に仕掛けたものであります。

昔は反射鏡を作るに金屬所謂鏡金(Speculum Metal)と云ふて銅二錫一の割合に混じ之に砒素を一寸混じた合金を磨いて利用したものであります。が現

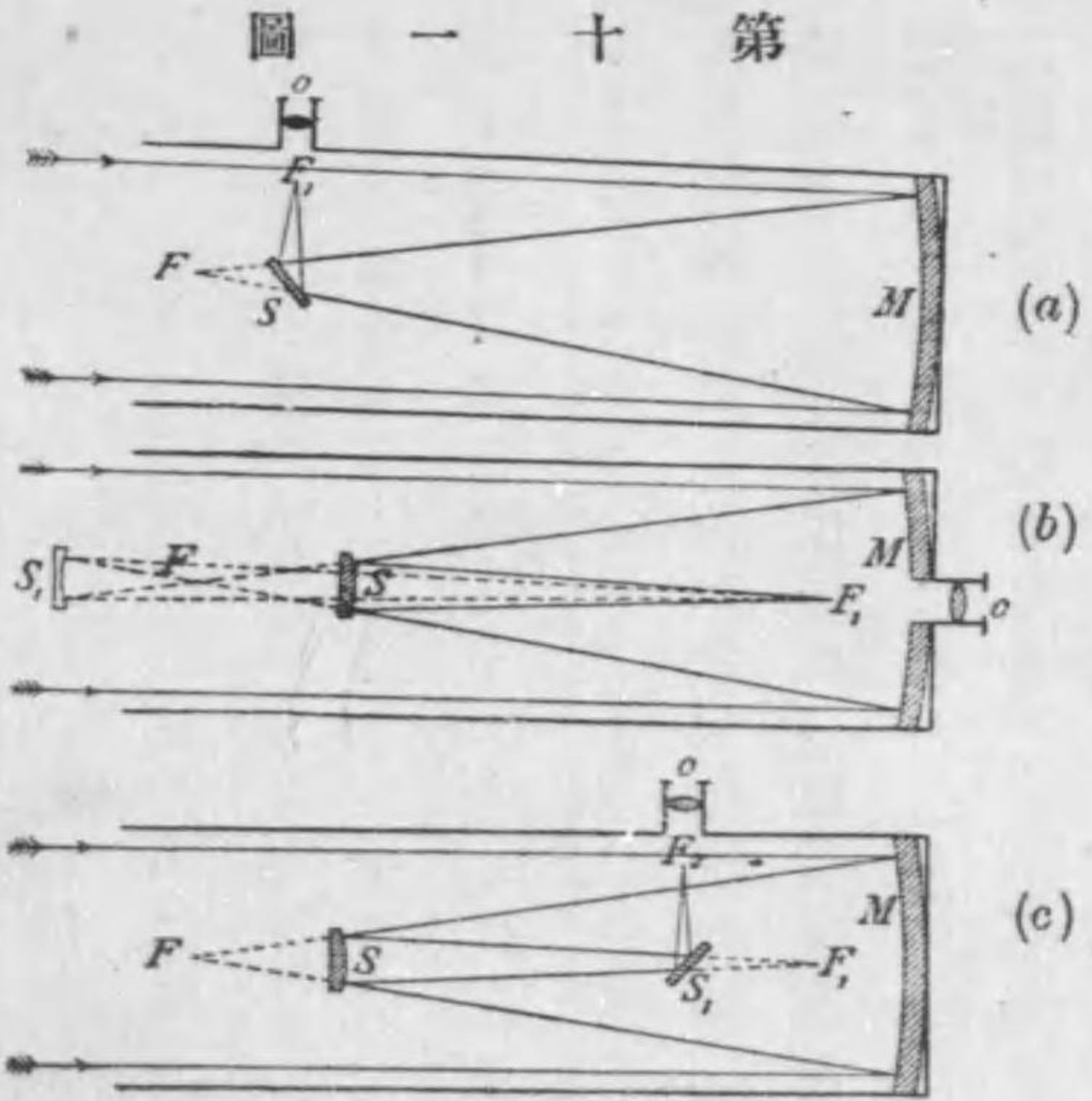
望遠鏡の  
種類  
屈折望遠  
鏡

反射望遠  
鏡

鏡金



今では其集光力を増大する爲めに玻璃をよく磨いて、之に鍍銀したるものを用ゐるのが普通であります。此様に反射望遠鏡では星の光を反射させて見



る様にしたものであります。之が所謂ニュートン式望遠鏡で、其他カツシグレー(Cassegrain)は鏡の中央に穴をあけ焦點の前に凸鏡を置き眼を鏡の後方に

ニュートン式

カツシグレー式

第十圖

置いて観測し得る様なものを工夫しました。第十一圖で實線で示したものが即ちカツシグレー式のものであります。然るにグレゴリー(Gregory)は此圖で點線で示しました様に凸鏡の代りに凹鏡を焦點の少しく後方に置いたものを作りました。更にハイシエルは鏡を少しく傾けて星を全然背に向けず、少しく横の方から見得る様にしました。併し現今ではニュートン式とカツシグレー式とを合した第十一圖の様なものも行はれて居ります。

現今未だ完成したものと言はれませぬが、米國のウッド(R. W. Wood)が水銀を盛れる圓筒を其軸の周りに廻轉し、其際水銀面の自然に取る表面が廻轉拋物線面となるのを利用し、一種の垂直望遠鏡を作り、可なりの結果を收めたと言ふことでもあります。此方法が出来ると其口径を大きくすることも出来、速度の加減で其焦點距離を望む様に變化することも出来る極めて調法なものを得られることとなります。

更に兩種類の望遠鏡の發達を見るのに、ガリレオ(Galileo Galilei, 1564 - 1642)が1609年に一枚の凸狀レンズ(Convex Lens)と一枚の凹狀レンズ(Concave Lens)を用

グレゴリー式

ハイシエル式

望遠鏡の沿革



ゐて一個の屈折望遠鏡を作つて以後、始めて天文學の觀測に應用せられることになつたことは人々の普ねく知つて居るところであります。其後此式では眼の近くに置く凹狀のレンズをも凸狀レンズに代ふることが出来ること、事實にこれはケプレルの始めて注意せる所でありました。基いて**フイゲンス** (Huyghens, 1629-1695) が改良された望遠鏡を作りました。然るに之れは觀測せんとする物體に向ふて居ります所のレンズ即ち**對物鏡** (Objective) も眼に接して居る接眼鏡 (Ocular or Eye-piece) も共に一枚のものから成り立つて居り、其結果此望遠鏡には所謂**色収差** (Chromatic Aberration) と所謂**球面収差** (Spherical Aberration) とが存在して、天體の像が明瞭でありませぬ。故に球面収差を小にする爲めに、其頃には至つて長い望遠鏡を作つたものであります。實に長さ300呎のものもあつた位であります。加ふるに**フイゲンス** は尙殘つて居る球狀収差を除く爲めに接眼鏡を二枚の凸レンズで作ることを考案したのであります。されど色の缺點は依然として究められず、**ニュートン** の時代に至りました。彼れは光線につきて種々の實驗を行ひて日光の複雑な組織を探知し、望遠鏡

フイゲン

對物鏡

接眼鏡

収差

に見る像の色が所謂色の収差によることを認めました。茲に於て彼れは屈折望遠鏡に見る色収差が到底拭ふべからざるものであると考へ、遂に望遠鏡發展の活路を色の収差のない反射望遠鏡に求めたのであります。かくて彼の反射望遠鏡の出來上つたのは1666年のことでもあります。

ドルロン

色消しレ

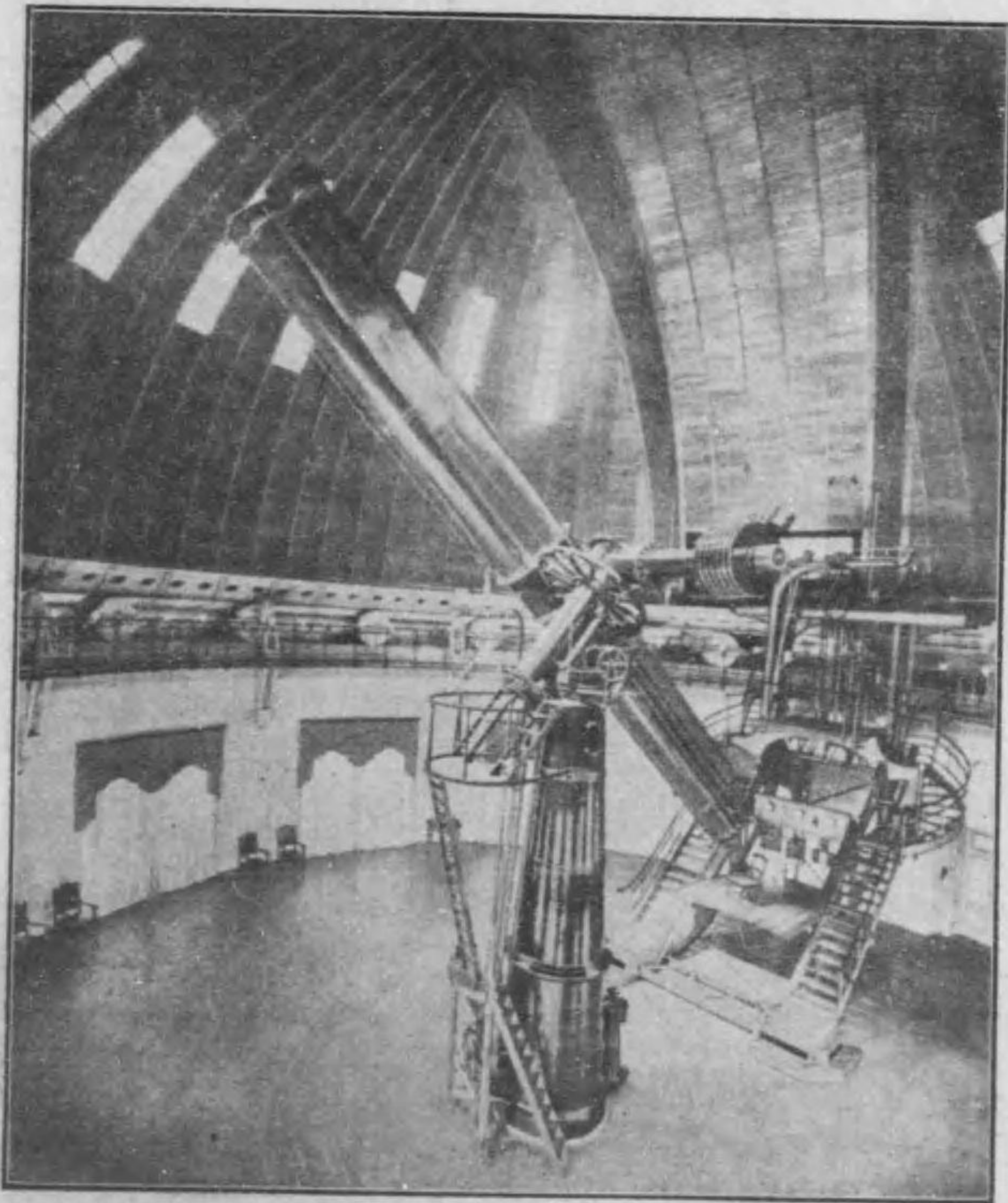
グイナ

出來るものであることを發見したのは**ドルロント** (John Dollond, 1706-1761) の熱心なる研究の結果でありました。即ち一枚はクラウン玻璃 (Crown glass) 今一枚はフリント玻璃 (Flint glass) でレンズを作り、其曲率を適當にして之を組み合せ色の収差を大部分除き去つた所謂**色消レンズ** (Achromatic Lens) を作り得たのであります。此様にして屈折望遠鏡が再び其勢力を挽回したものの、尙之を作るに必要な玻璃の大きなものをば作ることが出来ませんでした。而かも此方面の難問も亦**グイナンド** (Guinand) と云ふ瑞西の農夫によりて解決せられました爲め、屈折望遠鏡の發達は急速に其歩を進めて參りました。やがて1824年には31吋の大なる口径を有する望遠鏡を作るに至つたが、其後1832年



世界の最大  
屈折望遠鏡

第二十圖



四三  
には12吋のも  
のまで進み、18  
62年には18吋  
のものが最大  
の望遠鏡と稱  
せらるゝに至  
りました。而  
かも益す進歩  
して1884年に  
は露西亞のプ  
ルコフ(Poulkoff)  
の天文臺で  
30吋の大望遠  
鏡を使用し得

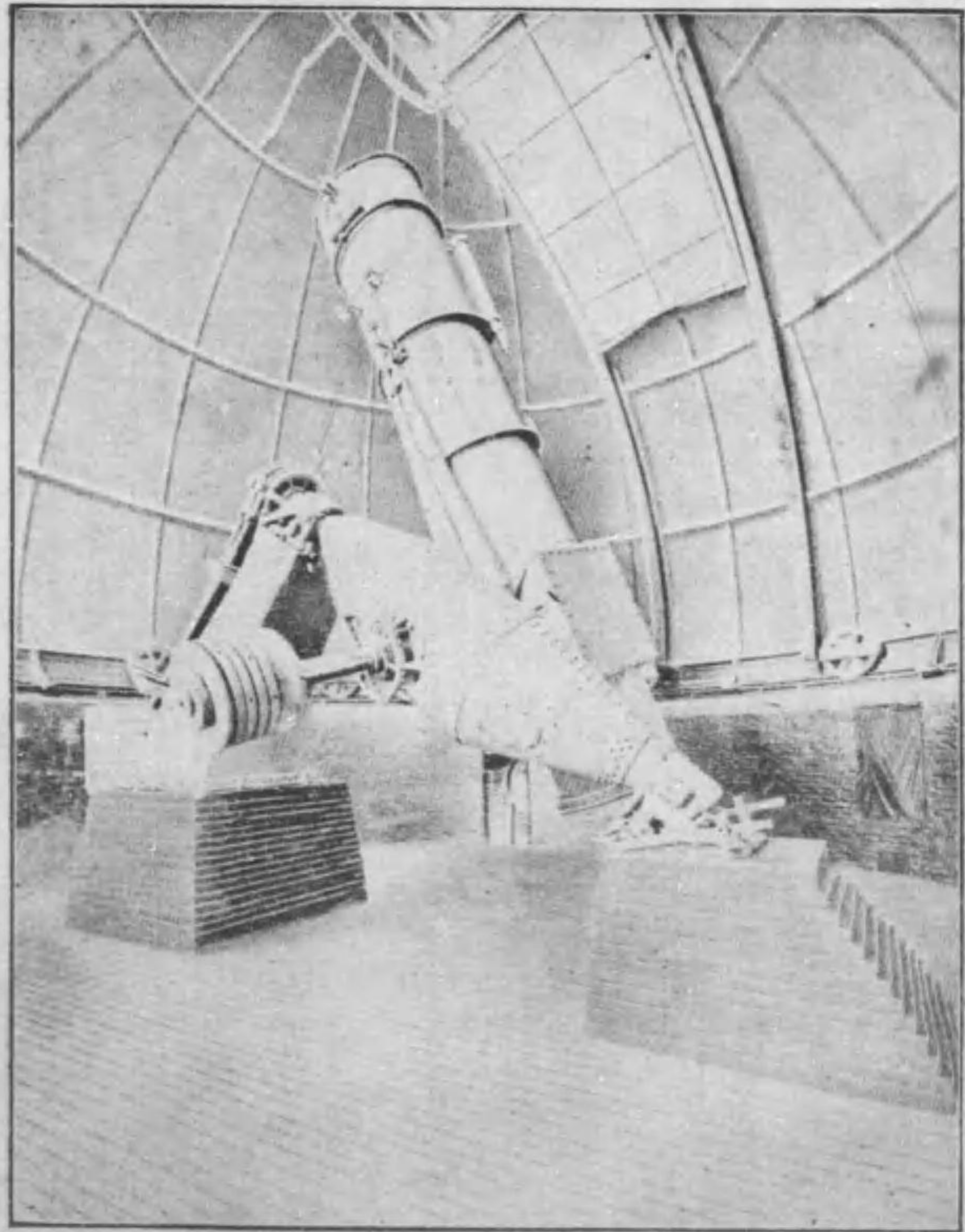
ロツスの  
大反射望  
遠鏡

るに至つたのであります。而かも其趨勢は1888年に米國のリック天文臺(Lick Observatory)天文臺をして36吋のものを作らしめ、次いで1895年にはエルケス天文臺(Yerkes Observatory)の40吋のものを作らしむるに至りました。此ことについては米國のアルヴァンクラークの功勞を思はざるを得ませぬ。彼は大望遠鏡中良好なものを殆ど凡て作り上げた此方面の偉人であります。其後佛國では30吋のレンズをも作りましたが、其レンズが餘り良好でなく、従つて是れ丈は屈折望遠鏡として充分の力を振ふことが出来ぬ運命になり了りました。

更に反射望遠鏡の方は1845年に英國のロツス(Lord Rosse)をして既に口径六呎と云ふ驚く可き者を作らしめたのであります。是はニュートン式のもので Speculum Metalで作つたものであります。口径の點では今日でも尙之を凌駕するものがありませぬが、其後 Speculum Metalの代りに玻璃を用ゐることになり、其効力を増大することが出来ました。彼の1870年にグルツブ(Thomas Grubb)の作つたものは之れで口径は三呎であります。現今有名なる反射望遠鏡の一



第三十圖



米國ミントル山上クリフ天文臺の反射望遠鏡  
は**コモン**の作りまし  
た口径三呎  
のもので、今  
はリック天  
文臺でクロ  
スリー望遠  
鏡と稱する  
ものであり  
ます。又數  
年以前ウイ  
ルソン山(Mt  
Wilson Solar  
Observatory)

に設けましたものは口径五呎のもので、評判の高いものであります。尙其所では口径100吋のものを製造中でありますから、是が出来ますと口径に於ても従來の記録を破ることになります。

屈折及反射望遠鏡の得失

底で望遠鏡を作るに何れの種類のものを作る方が得策であるかこの問題を生ずるのであります。が、現今の所では何れも夫れ夫れに長所を有して居りますから何れをも捨つることが出来ないであります。唯資力の點から考へて見ると、屈折望遠鏡で口径の大なるものを作ることは至つて費用の嵩むものであります。勿論一度製造しますれば殆ど永久的のものであります。而か制限せられた金では自ら其口径を小にせざるを得ないのであります。而かも其際反射望遠鏡を採用することに致しますれば、費した金額に比して非常に口径の大なるものを作ることが出来るのであります。併し反射望遠鏡には鍍銀する必要があり、之れは一年數回行はなければ充分に光を集めることが出来ない。不精した所で一年に一回は鍍銀せなければなりません。され

屈折及  
反射望遠鏡  
の比較



ご私自身の考へでは損な所と利のある所とを綜合して考へると、結局反射望遠鏡を作る方が費用が少なく集光の効果も比較的大で、色の收差もなく観測も便利でありますから、特別の要求がないならば之を採用するのが宜しいかと思ひます。別して測候所などや素人天文學者が望遠鏡を求め様とするならば、此種のものを買求める方が宜しい様に思はれます。例へば今10時の口径を有する望遠鏡を求めるとして、屈折のものにすれば望遠鏡丈で大略1500圓を要するのでありますが、至つて簡単な反射望遠鏡でありますると、原價600圓以内で作る所さへあるのであります。

## 望遠鏡の効力

解かり切つたこの様であります。望遠鏡を用ゐて観測をするに如何なる利益があるものでありませうか。吾人々類の眼は勿論人々によりて其大きを異にして居りますが、兎に角一般に小さいものであります。大体について述べますれば、瞳孔の直径は一寸の四分一、或は尙小さいものであります。でありますから、瞳孔を充分に開いて見た所で、物體から來る光線が僅かばか

瞳孔の直

口径

りしか眼球に集まりませぬ。望遠鏡使用の趣意は遠いものを大きくして見たいのであります。故にある物體から相平行して進んで來た光線を成丈多量に集めなければ、之を擴げて見る時に其各部分の光の強さが少なくなつて辨別することが出来ぬのであります。此點から言へば望遠鏡の役目の一は瞳孔がなすよりも莫大の光を集めるにあるのであります。底で其口径(Aperture)を大にする必要が有ります。之を増大しますと、集光力は又其の口径の自乗に正比するものであります。此様に幾倍もある光量を焦點に集めた所で其全部を瞳孔に入れると、肉眼で見るとよりも非常に強い光度を呈します。彼のエルケスの大望遠鏡は肉眼に比し四萬倍の集光力を有するものであります。が併し又一方より見れば、レンズを通過する時に光線の一部を別して其波長(Wave-length)の短かい輻射(Radiation)が玻璃によつて吸収せられます。爲め、實際は三萬五千倍の實力であらうかと思はれます。望遠鏡で星を見ると、獨り其光度を大にし得るのみでなく、之を擴大して見得るものであります。今Lを望遠鏡の對物鏡であるとするれば、遠方の或點から



光學的中

焦點距離

焦點面

像の光度

此處に達する光線は何れもLを通過した後一點に集まるもので、一般に元と來た方向と異なる方向に進むものでありますが、只其のレンズの光學的中心(Optical Centre)を通過するものは其儘元との方向に進行します。故にLの光學的中心に置いた肉眼で見れば、Lの角を含む兩點はLを通過しても矢張り其處でLを含むやうな兩點に集まります。從て其レンズの焦點距離(Focal Length)が長ければ長い程其焦點面(Focal Plane)に出来る像が大きくなります。併し一方では焦點距離を増せば増す程像の明るさが弱くなります。即ち今一望遠鏡の口径をDで、瞳子の直径をdで表はし、mでレンズの光を通過させる率を示すものとすれば、像の光度Bは

$$B = m \frac{D^2}{d^2}$$

であります。若し又像をば更に接眼鏡で擴大して見るものとすれば其光度は著しく減少します。即ち接眼鏡の倍率の自乗に反比例して減じます。故に此倍率をGで表はせば

$$B = m \frac{D^2}{d^2 G^2}$$

となります。

廻折

重星

次に特に一言注意して置く可きものがあります。夫れは外でありませぬが廻折(Diffraction)と云ふ現象の爲めに一點の像が一點ではなくして其周圍に小さな環を有することあります。倍此環は望遠鏡の口径が増加すればする程其直径を減ずるものであります。例へば重星(Double Star)とて其距離の至つて近い星などを見る場合には其兩星には別々に環があります。而かも口径の小さい望遠鏡の場合には是等の兩環が割合に大なるものであります。而かも兩方が混同して別々に星を見ることが出来なくなり、重星が單に細長いものに見受けられます。而かも其口径を増加すれば其環が非常に小さくなりますので、小さな二星が別々に見えることになります。是れが大なる望遠鏡の利益中で著しいものであります。未だ望遠鏡で星を見たことのない素人が始めて望遠鏡で星を見ると、其豫想に反して恒星而かも大なる恒星が非常に小さいのに驚くのは一般であります。此れ實に上に述べた理に外なり



ませぬ。

望遠鏡の要部はざつと述べましたが、之を使用して観測をする爲めには、之を天文學的研究をなすのに便利な装置に之を据付けなければなりません。吾等はこれから其据付法(Mounting)に就いてお話ししたいと思います。

### 第十七節 角を測る器械

既に述べました様に昔時は太陽の高度を測るのに柱を真直に立て、太陽の光が投げる柱の影の長さを測定して定めたのであります。併し單に柱の頭の影を見ることはそれが明瞭な影を作らないものでありますから、其柱頭に圓き穴を明け其穴が投げる影即ち橢圓の中心を観測したものもあります。之が原始的天文器械であります。又時を測るにも水時計とか沙時計とか云ふ至つて簡單なものを使用して居りましたが、其後漸次に改良せられました。かくて前者は渾天儀(Armillary Sphere)となり、後者は天文時計(Astronomical Clock)となつたのであります。然るに望遠鏡の發見せられた後には視準を完全にし得る爲めに之を利用する様になり、經緯儀(Theodolite)とか六分儀(Sextant)とか

渾天儀

を漸次生み出すに至りました。勿論茲では詳細のことを述べ得ませぬが、現今使用する此種類の器械について極大體の説明を致したいと思います。

### 第十八節 經緯儀等

望遠鏡を据付けて或星を見るに最も簡單な方法は高度 $h$ と方位角 $A$ との二坐標によるもので此の如き据付法は方位角据付法(Azimuthal Mounting)と稱せられます。天文用經緯儀も其一で天體の高度と方位角とを決定する爲めに製造せられたものであります。其構造は一般に地上の測量に従事する人々の使用するものと同一であります。只此種類の内非常に大仕掛で其各部分をも至つて精密にしたものは萬能儀(Universal Instrument)と稱せられて居ります。

萬能儀

地平角

此器械の要點をお話し申せば、先づ地平線と一致した圓盤を設け、其周邊に目盛を施して置いて、地平角(Horizontal Angle)を測り得る様にし、次に其圓盤の中心に垂直な軸を設け、且つ其周圍をば自由に廻轉し得る様に圓筒を足とした器械を載せるのであります。而して此上部の器械が其心棒の周りに廻轉し

方位角据付法



た角度を讀む爲めに、地平盤の目盛圈と密接しつゝ、廻る様な指標(一般に遊標 Vernier)を採用して居ります)を上部の器械に緊着してあります。

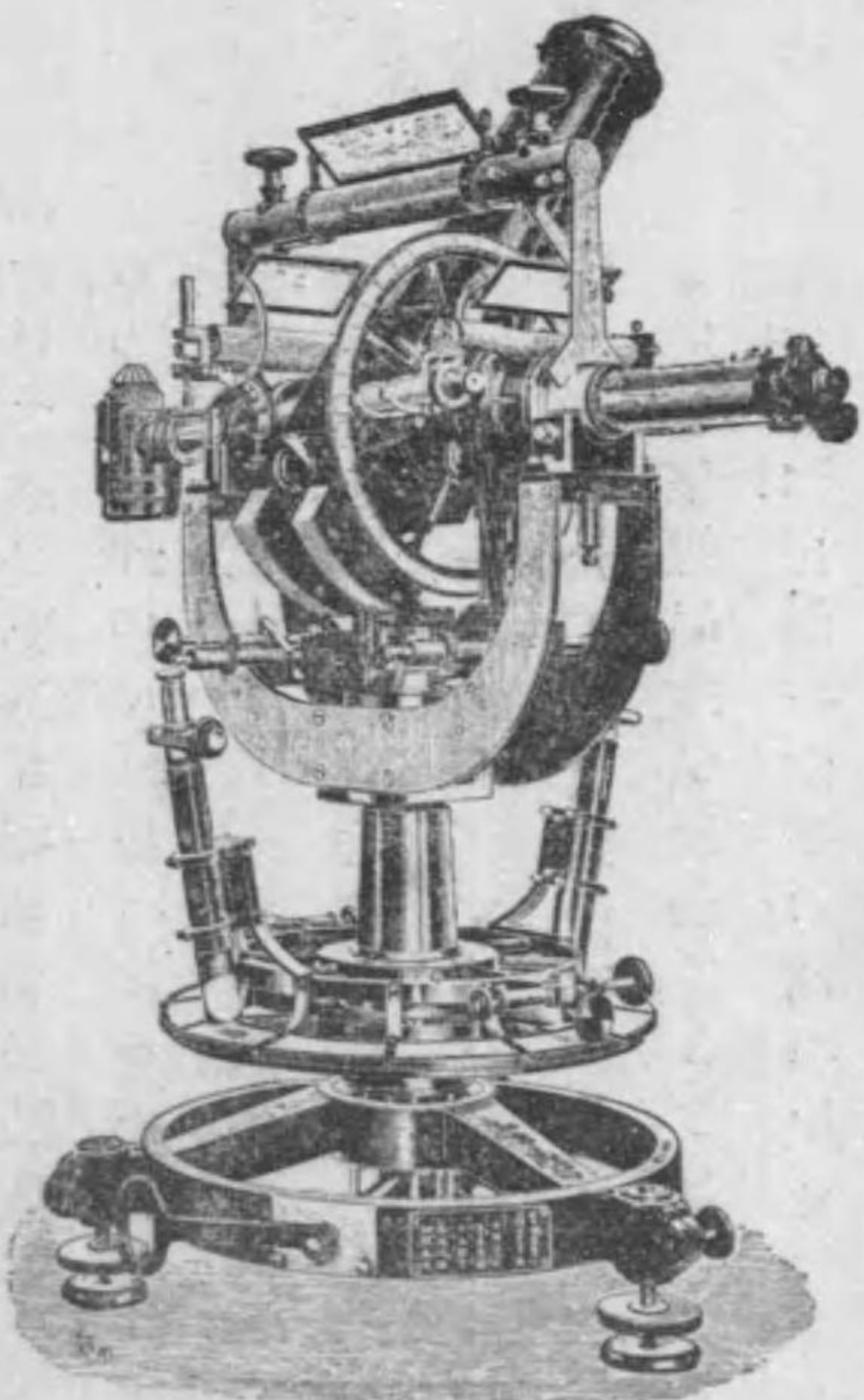
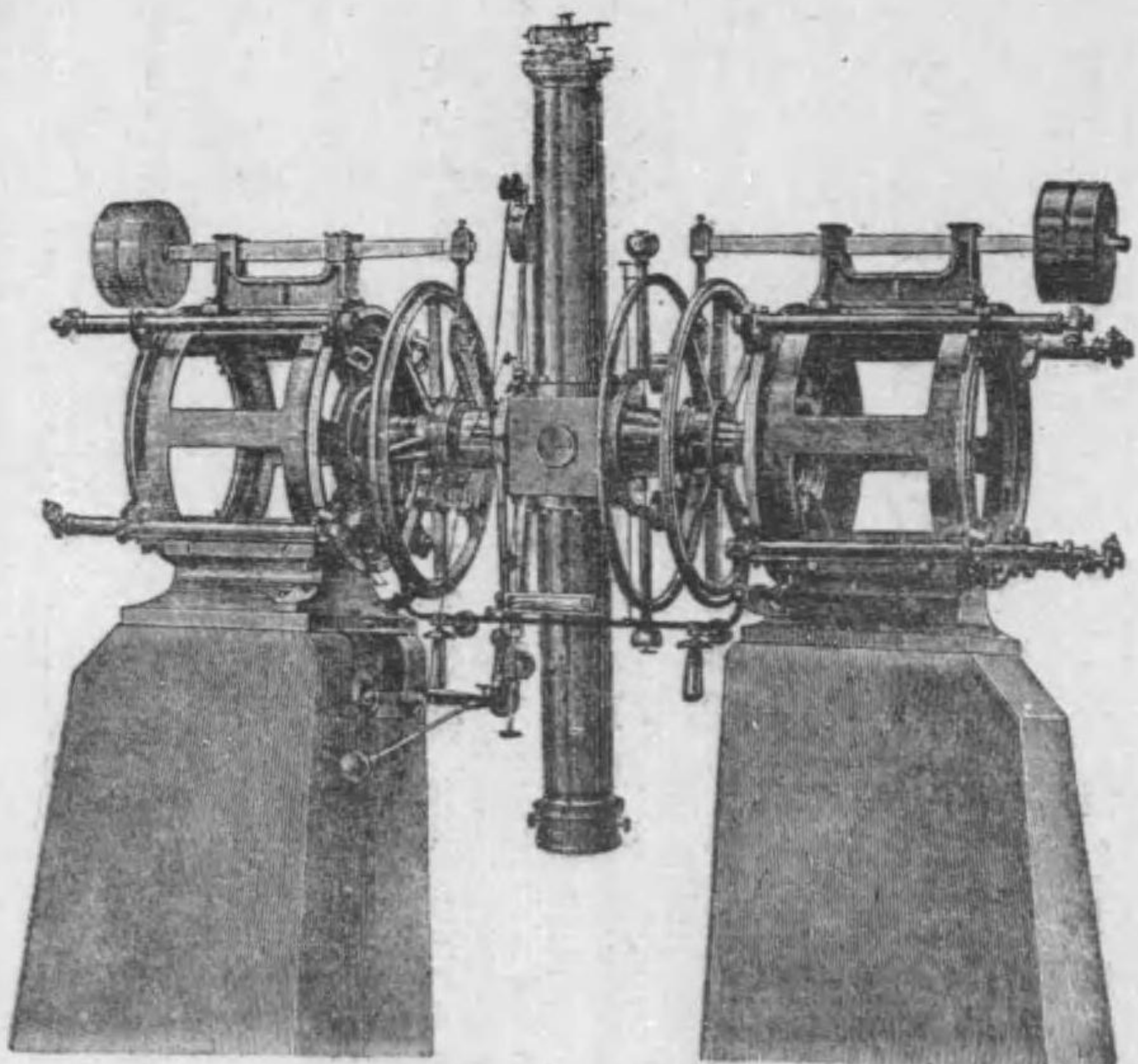


圖 四十 第

又上部の器械には圖に於て見る通り二個の支柱を設け、其端を互に平行する Y 字形にして置き、之等で眞直な望遠鏡の水平軸を支持し且つ之を自由に其軸を心棒として望遠鏡を廻轉することが出来る様にして居ります。又望遠鏡と之に固定して居る水平軸とが圖に見るが如くでありまして、其大體を示せば其中央部に立方形の箱を設け、其相對する兩面に一方には對物鏡を他の一方には均重(Counterpoise)を附し、又今一揃の兩面には矢張り對稱的になつた地平軸を設けてあります。其兩端は特別に注意し

圖 五十 第



て作つた旋轉塔(Pivot)で終つて居ります。更に水平軸には是と直角に其中心を地平軸の心棒を一致させた垂直環を附し、其上に目盛して望遠鏡の傾きを讀み取る事が出来る様にして居ります。又水平軸を正しく地平線と一致させる爲めには、水準器(Level)を前に述べた旋轉塔に載せるか或は掛けて之を整正し、且つそれでも残る傾角を計る様にしてあります。



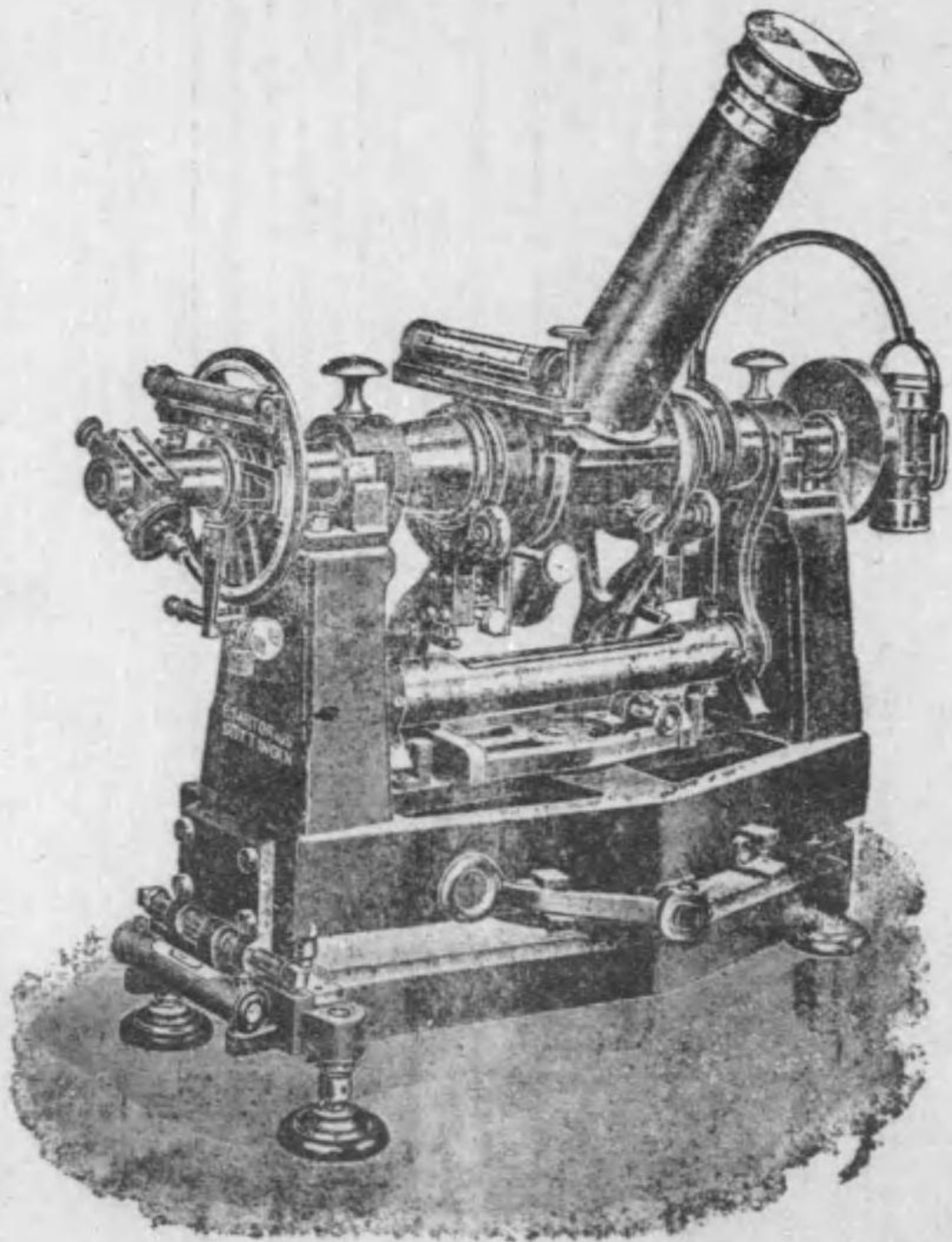
子午環儀  
子午儀  
携帶用子午儀

此様にすれば方位角と天頂距離とを至つて簡単に測定し得るのであります。然るに若し此様な器械をば望遠鏡が必ず或一定の垂圈内に動く様に固定し、他の所で観測しないものとすれば、地平盤を要せないのであります。此様にして之を除き去れば器械は非常に簡単なものとなり、只二個の支柱と之に載せる望遠鏡と他の附属品丈で充分なことになります。此の如きものを大仕掛に作つた器械は所謂子午環儀 (Meridian Circle) と稱せられ、常に望遠鏡が子午線内を廻轉し得る様に据付けて居ります。子午環儀を用ふれば勿論星が子午線を經過する際其經過する時刻と其高度とを決定し得るものであります。併し屢々入用である様に此器械を使用する目的は單に時の決定でありませぬ、夫を作るのに多額の費用を要する所の精密な垂直環を設くる必要がない。依て大略の高度を讀んで望遠鏡を星の近傍に向けることの出来る程度のものを附ければ夫れで充分であります。此様に簡單にした器械をば子午儀 (Transit Instrument) と稱します。但し小形の Universal Instrument 即ち萬能儀を子午儀の様に制限したものをば、特に携帶用子午儀 (Portable Transit Instrument) と

卯酉線

卯酉儀

第十圖

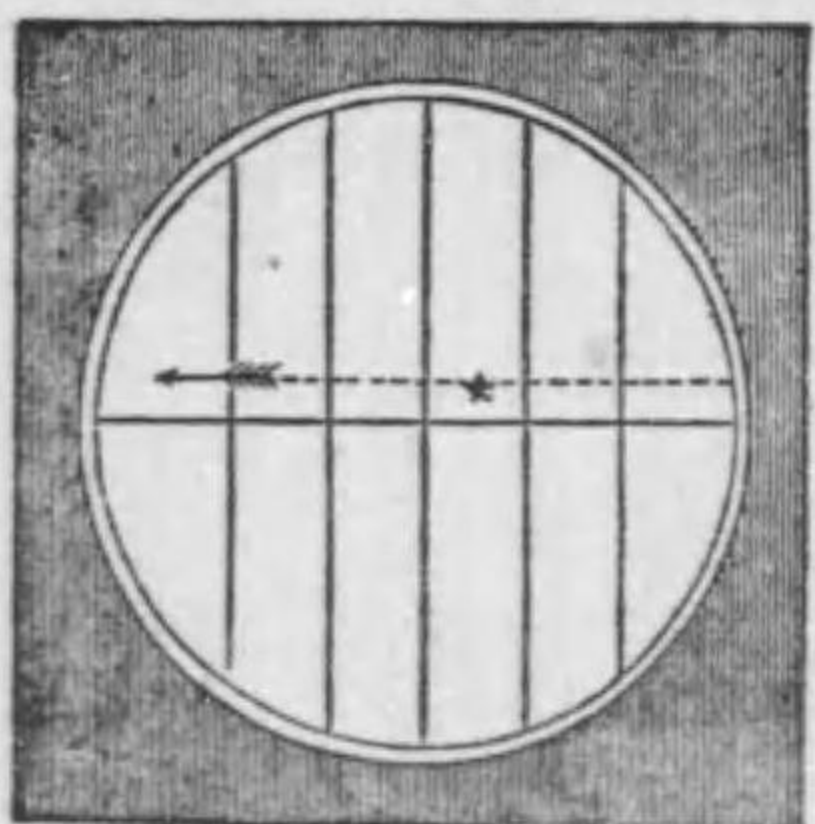


稱して居ります。(第十六圖)。携帶用子午儀をば時としては子午線と直角をなして居る垂圈即ち卯酉線 (Prime Vertical) に据付けることがあります。かくした場合には一般に之を卯酉儀 (Prime Vertical Instrument) と呼んで居ります。以上述べた経緯儀又は其他を用ゐて子午線又は卯酉線等で其經過の観測をなすには、望遠鏡の視野中何處に子午線があるかを標識する必要がありま



レチクル

第七十圖



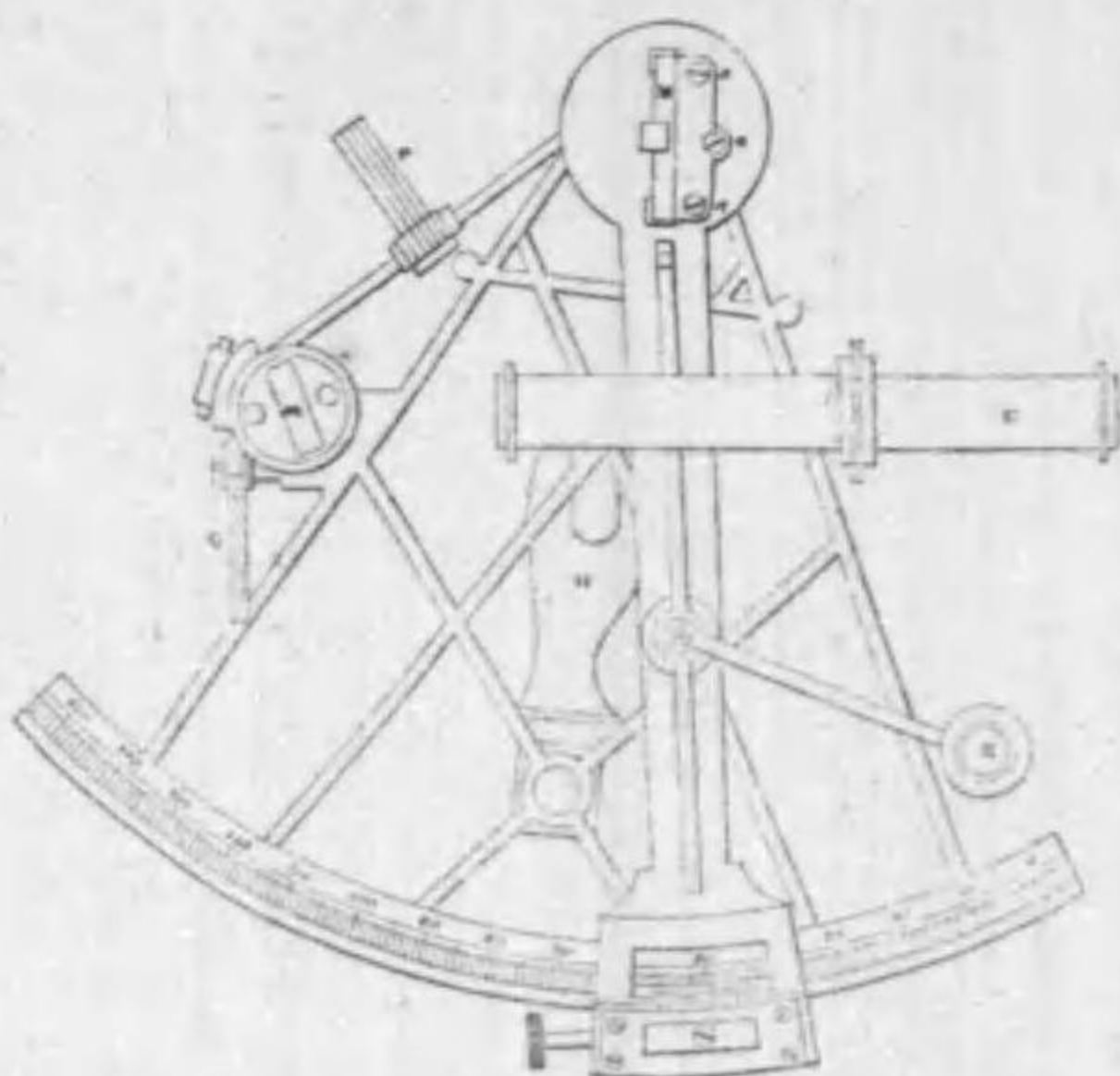
す其爲め望遠鏡の接眼鏡の内方には蜘蛛の糸を張つたものか、或は玻璃に細線を刻したレチクル(Reticule)なるものを設けて居ります。今其構造の一例を示しますと第十七圖の様なもので、二揃の線を張つて居ります。其一揃は中央を横に通る一個又は二個の線で、全一揃のものは是等と直角なもので先づ其中央を通過するもの一本を引き、其外其左右には對をなして居る若干の糸を張つてあります。

此様にレチクルを設けましても、若し他の仕掛をなしてありませぬと、其視野は夜間には眞暗で一々其細線を見ることが出来ませぬにより、横から光線を入れ之を反射さして視野を照らし、糸が充分明かに見える様にしてあります。然し餘りに視野を明るくしますれば小さい星が見えなくなります故、更に其光度を思ふ儘に更へる装置をも附加し、時には視野全部をば暗くして置き糸のみを照らし得る様にした装置をも加へたものもあります。

第十九節 六分儀

六分儀

第八十圖



經緯儀は高度と方位角とを定めることが出来る至て重寶な器械であります。が、若し観測者が常に動搖する船舶の中に居るとか、或は又天球上二點間の角度を観測し様とする場合には適して居りませぬ。其目的で作られたものは六分儀で、第十八圖は此器械を示したものであります。先づ此器械で重なるものは目盛をした弧で、其長さは六十度であるが、其半度を一度として120°となし、更に10°までを直接に読み得る様に目盛をなし、遊標を用ゐると10°まで読み取ることが出来る様になつて居ります。Hは器械全部を支持する爲めの把手であります。次ぎに弧の中心を通じて弧に直角に立つて居るMなるものは鍍銀した玻璃鏡で指標鏡(Index Glass)と稱せられ、弧の中心を心棒

指標鏡







六分儀は軽く而かも小形のもので至つて携帯に便利なものでありますから、天文學者にも屢々利用せられます。

第二十節 赤道儀

經緯儀の如く据付けた器械を用ゐると、或天體の高度と方位角とを容易に決定することは出来ませんが、星が時と共に高度に於ても方位角に於ても絶えず動く故、一度望遠鏡を其ものに向けても時の經つと共に視野から逃げ去ります。依て長い時間見て居ねばならない様な研究をする爲めに動く星をば視野に絶えず留めて置くには、あの様な据付法では不便であります。

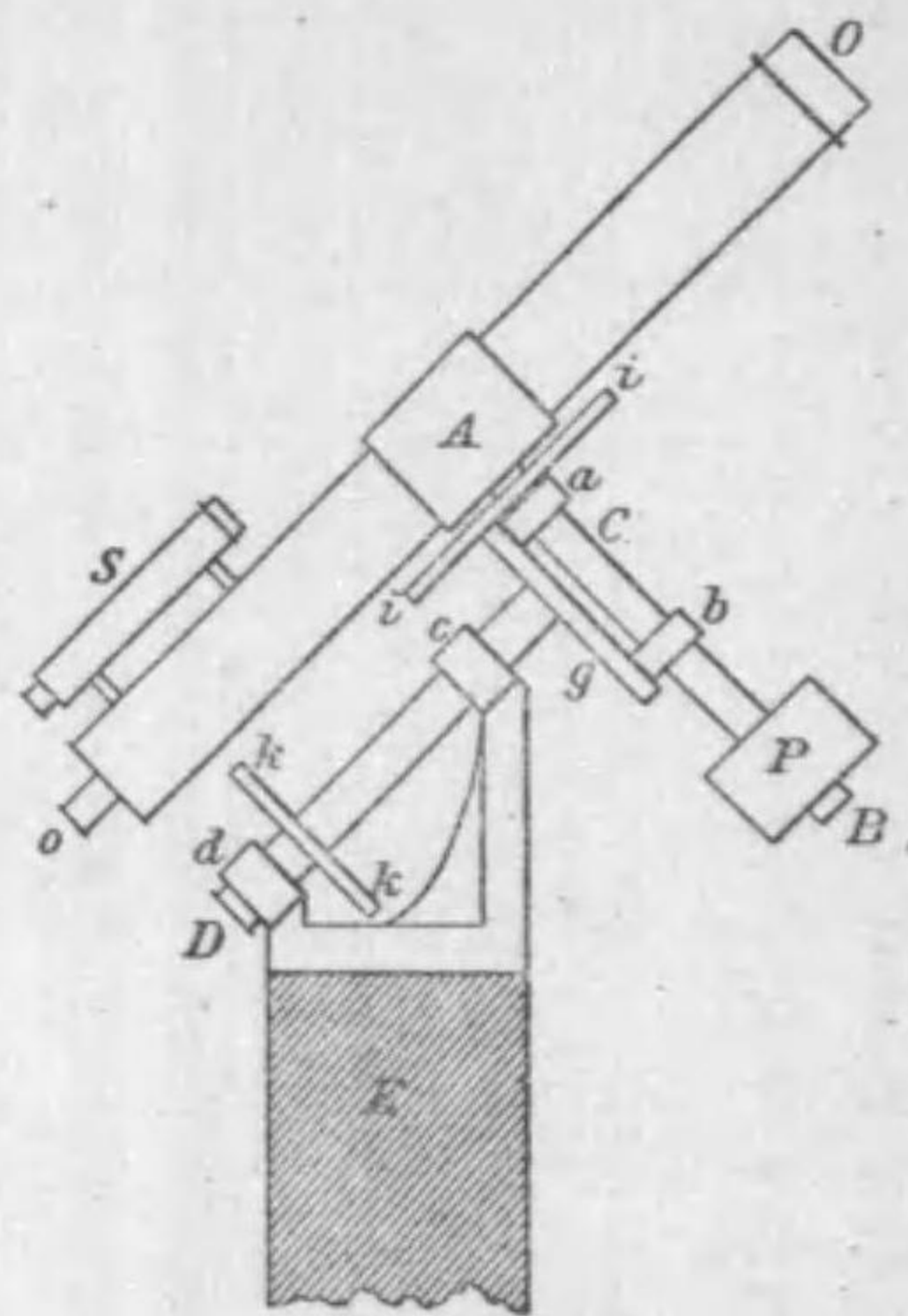
吾等は既に見た通りに、天球は静止した地球の周に、一定の方向を心棒として東より西に廻つて居ります。即ち此際凡ての星は天球上に固定して天球と一緒に廻るので時角は時間に正比して變化するものであります。此事實は望遠鏡据付方法をば地平線を基とせず、赤道を基とすれば、星を長い間観測するに好都合なものが出来ることを暗示するものであります。此原理による据付法は一般に所謂赤道据付法(Equatorial Mounting)と稱せられます。

赤道据付法

極軸

赤緯軸

第十二圖



先づ堅固に築き上げた臺Eの上にc d d'の支を固定し、之を通過して此地の地平線に對し緯度φ丈傾いて而かも子午線内に位する軸所謂極軸(Polar Axis) CDを設け其軸がc d'の中に自由に旋轉し得る者とし、次ぎに其軸に直角にa bの支の中に自由に廻る他の一軸、所謂赤緯軸(Declination Axis) ABを固定し又之れと直角をなす様に望遠鏡Oを据付け、其望遠鏡が赤緯軸の周りに自由に廻り得る様にすれば、極軸を廻せば赤緯軸は赤道を畫き、之に對して若干度傾けた望遠鏡は等赤緯圈を畫くことになり、從て吾等は任意の時に任意の星に望遠鏡を向けることが出来ることになり、而かも此場合には赤緯軸に對する望遠鏡の傾を一定にして置きますれば、星の動くのは絶え



す等緯圈に於て行はれ、時角の變化は時に正比して増加することになります。故若し極軸を東から西へ時角の變化と同じ速さで廻轉せしめますれば、望遠鏡内にある天球の部分は引續いて観測せられることになります。此の如く据付けた望遠鏡をば天文學者は赤道儀(Equatoria)と稱して居ります。又極軸をば星を追ふて廻轉せしむる爲めには時計仕掛を用ゐて居ります。

赤道儀  
赤緯環  
時角環

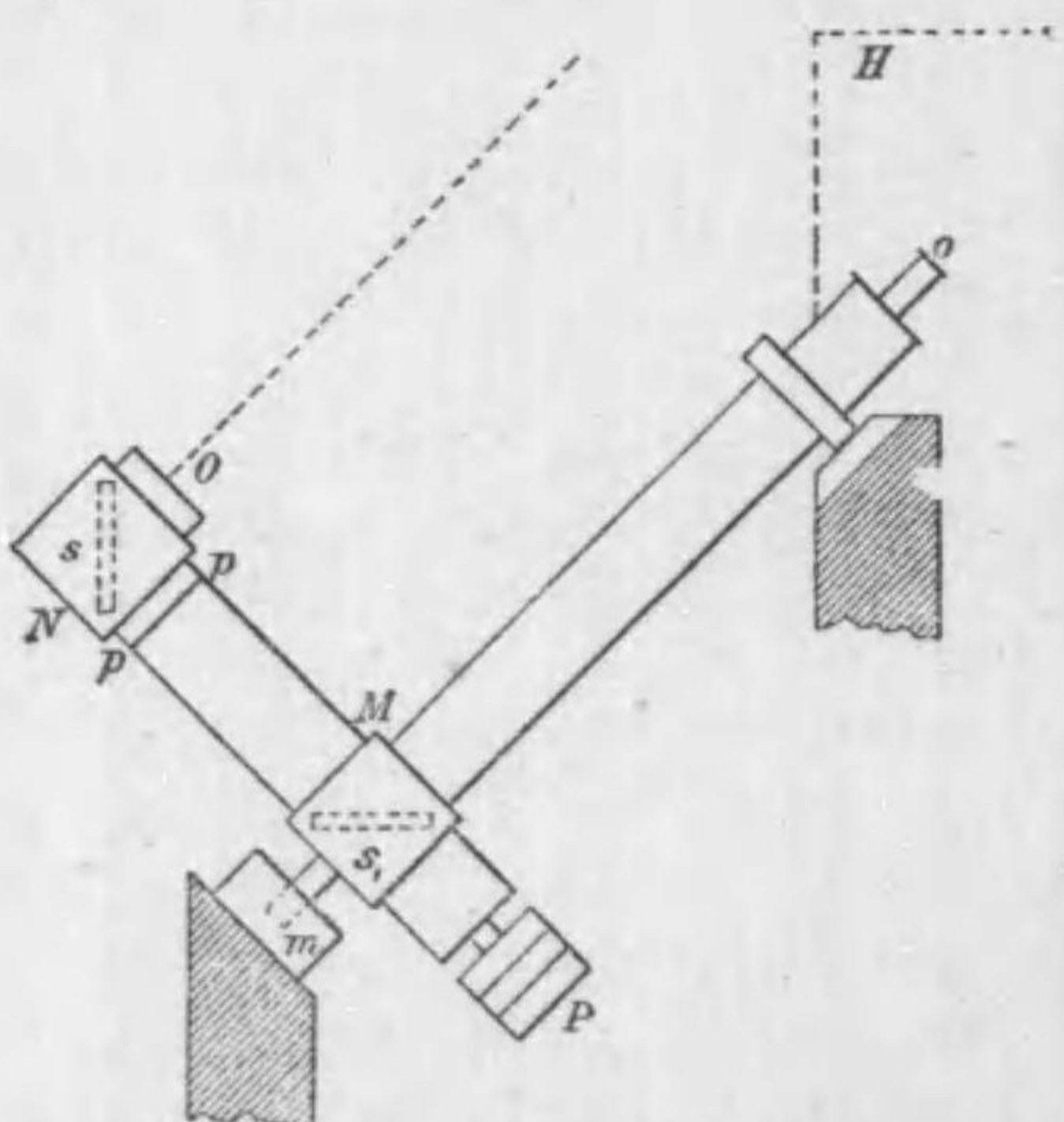
赤道儀の赤緯軸には赤緯環(Declination Circle)を、又極軸には時角環(Hour Angle Circle)KKを附し、是等によりて或は與へられたる位置に望遠鏡を向けたり又は反對に或點に向ふて居る望遠鏡の位置をば是等の讀取で決定することを行ふのであります。

赤道儀を利用し一度之を或星に向けさへすれば單に望遠鏡をば極軸の周りに動かす丈で同一の星をば地上にある間は何時間でも引續いて観測することが出来ますから、天體の撮影などには缺くべからざる器械であります。勿論此場合には極軸をば時計仕掛で一恒星日に地球と逆に矢張り一週轉する様にして置く必要があります。借赤道儀は此様に重寶なものにも係らず尙

時計仕掛

観測椅子

圖 一 十 二 第



な點もありません。なせと言ふのに、観測中望遠鏡の接眼鏡は或時は非常に高い位置に上り又或時は非常に低くなると云ふ様な次第でありますから、観測者は絶えず其位置を更へなければなりません。是れは小さな望遠鏡でありますれば大したことでありませぬが大なる望遠鏡になりますと非常な不便を來すことになります。さればポツダム大望遠鏡では大仕掛な観測椅子(Observing Chair)を附し、又リックやエルケスの大望遠鏡では観測者を載せて居る床全部をば必要に応じて上下し得る様にしてあります。のみならず他の



肘形赤道儀

一方からも不便な點があります。と云ふのは望遠鏡の目的は天空を見る爲めであります故、如何に寒い冬でも屋根を明けて置かねばならず。加ふるに室内をば外部と同様の温度を保持させる様にして置きませんと、大氣の流を起し天體の像を不明瞭にしますので、観測者は非常に苦しいのであります。此等の困難を避けんが爲めに考案せられたのは、所謂肘形赤道儀 (Equatorial Condit) であります。此据付法では赤道儀の望遠鏡の筒は非常に短縮して赤道軸の一端に立方形 N を存する丈で僅かに其痕跡を示し其對物鏡から入れる光線は反射鏡 S によりて赤緯軸の方向へ向ふ様になり、かくて更に一枚の反射鏡 S<sub>1</sub> の作用により、再び曲げられて極軸の上端へ向ふ様になり、其處に装置した接眼鏡や他の仕掛で観測することが出来る様にしたものであります。此様にすれば観測者は其觀測中に靜坐して更に其位置を變ずる必要がなく且つ接眼鏡附近をば普通の部屋 H にすれば非常に安樂なものとなります。之を始めて設計した人はルーウエー (Loewy) で、1862 年に巴里天文臺に建設せられたのは此種類の望遠鏡の嚆矢であります。

ルーウエー

### 第二十一節 測微尺

赤道儀の兩環の讀取は星の正確な位置を決定せしむるものでありませぬ。故に若し此器械を用ゐてある星の確かな赤經及び赤緯を知りたいと思へば、其星に接近し且つ既に其位置を充分に知り得た所の星と比較して其赤經差赤緯差を測定する必要があります。此目的には測微尺 (Micrometer) を用ゐて直接觀測を行ふか或は又寫眞を應用します。尤も寫眞を取りましても其後一種の測微尺で、其原板を測定せなければなりません。

直接に赤道儀に附ける測微尺は所謂方位測微尺 (Position Micrometer) と稱せらるゝものでありまして、第二十二圖に示す様なものであります。即ち其圖は外形を示したものでありまして、其重要部は精密な螺子を含有する測微尺箱 (Micrometer Box) 目盛をなした方位環 (Position Circle) と接眼鏡とであります。

測微尺箱の内部は第廿三圖に示した様な者で、其箱に固定し螺子と直角に張つた蜘蛛糸及び之等と直角をなして居る即ち螺子と平行して張つた一本又はより以上の糸の二組を有して居ります (圖には  $\rho$  を以て示す)。其中に外箱を

測微尺

方位測微尺

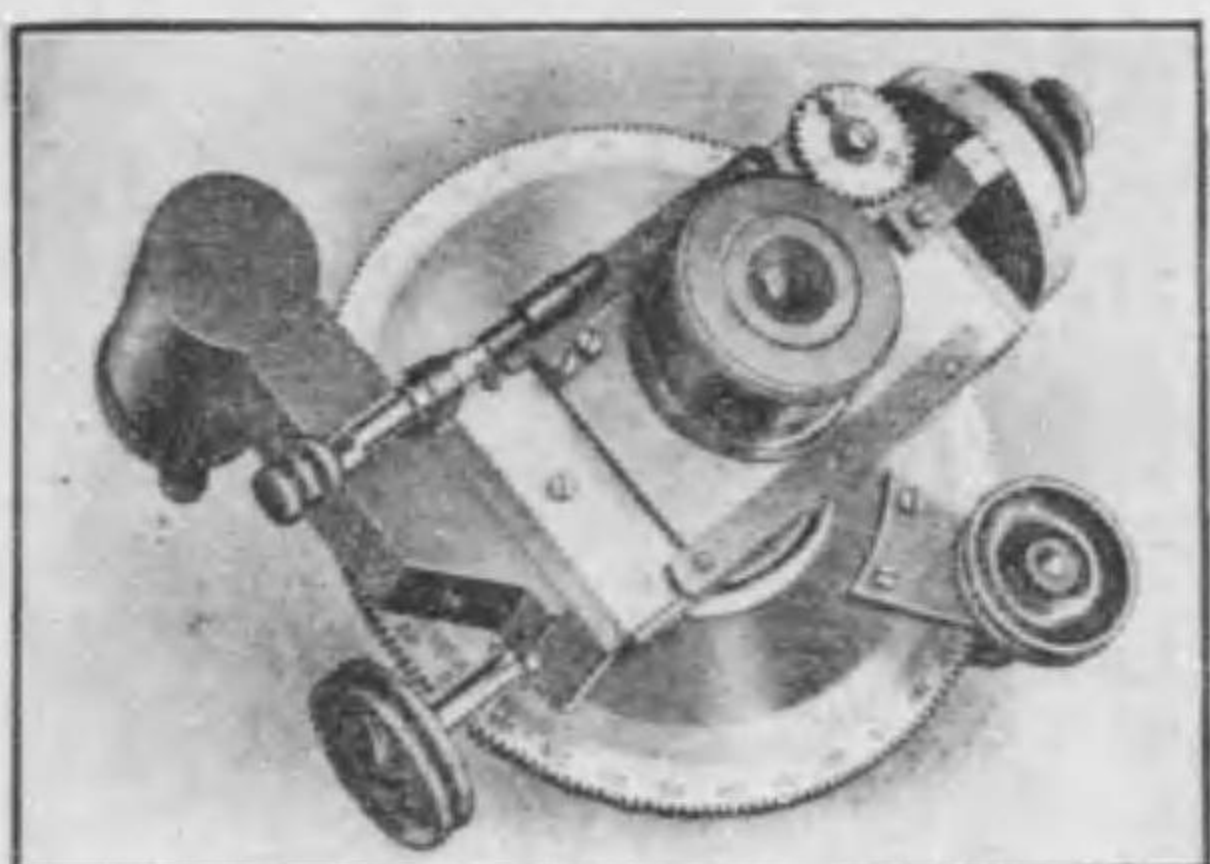
測微尺箱

方位環

測微尺の構造

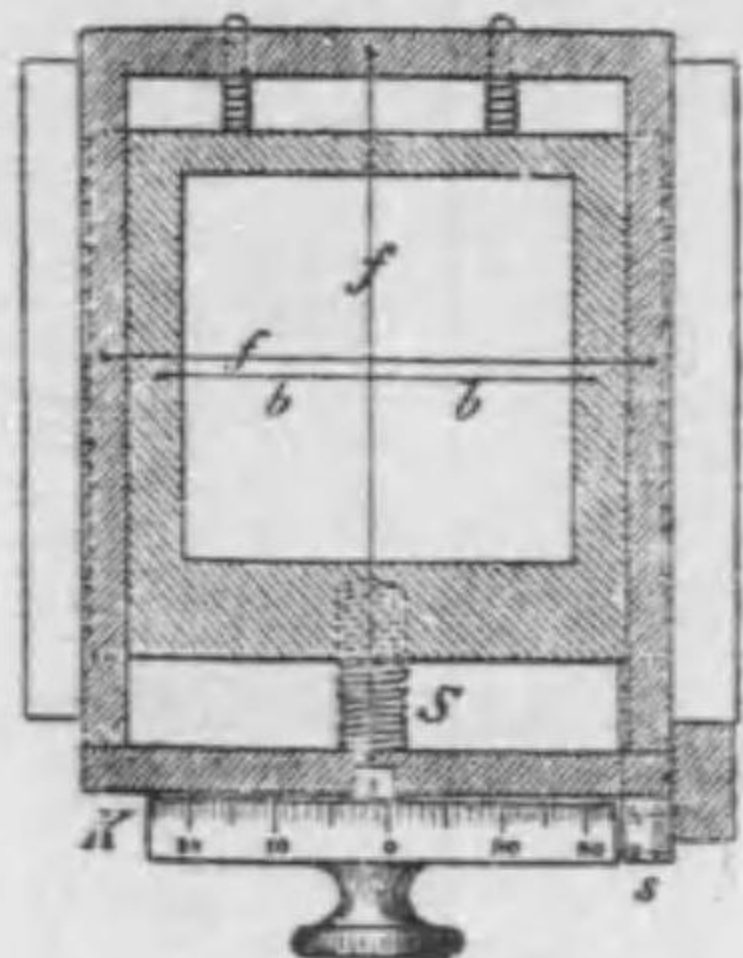


圖二十二第



ば滑かに這ることが出来る様な一個の箱を入れ之を螺子と連絡して居ります。此内部の箱にも亦螺子と直角に張つた蜘蛛の糸がありあります。そうすると測微尺の頭を靜かに廻轉すると、その距離を任意に變化することが出来、螺子の廻轉した回数及其小數は頭の目盛KとSとで決定する事が出来、從つて二星間の距離を知り得るのであります。

圖三十二第



次に測微尺箱は望遠鏡の視軸の周りに自由に廻轉することが出来ますから、之を動かして如何なる位置にも据ふる事が出来る譯であります。依て先づなる線をば天の赤道に一致するまで方位環を廻轉して其讀取をなし、更に之を動かして此線が測定せんとする二星勿論二星は視野に

位置角

なければなりません。方向に向ふ様にして其讀取をなせば、所謂位置角(Position Angle)が分かるのであります。方位測微尺を用ゐれば此様に位置角と距離とを測定するを得ますが、若し其距離が半度以上に上ると精密な結果を得ることが六かしくなります。又反對に其距離が非常に小なる場合には大なる望遠鏡を利用して倍率を高くせないと兩星を分離して見る事が六かしいものであります。

(注意) 茲では螺子を使用して角を測るのであるから螺子の一廻轉する間に之と、共に動く糸が如何程の角度を畫くか其常數を決定して置く必要があります。

第二十二節 ヘリオメートル

ヘリオメートル(Heliometer)は元來太陽の直径を精密に測定する目的で設計せられた器械であります。丁度前に説明した測微尺では、二星間の距離を測るには二つの星を同時に見なければなりません。故に其距離が或程度を超過しますと、觀測が中々困難なものになります。依て今或方法で距離を測らん

ヘリオメートル



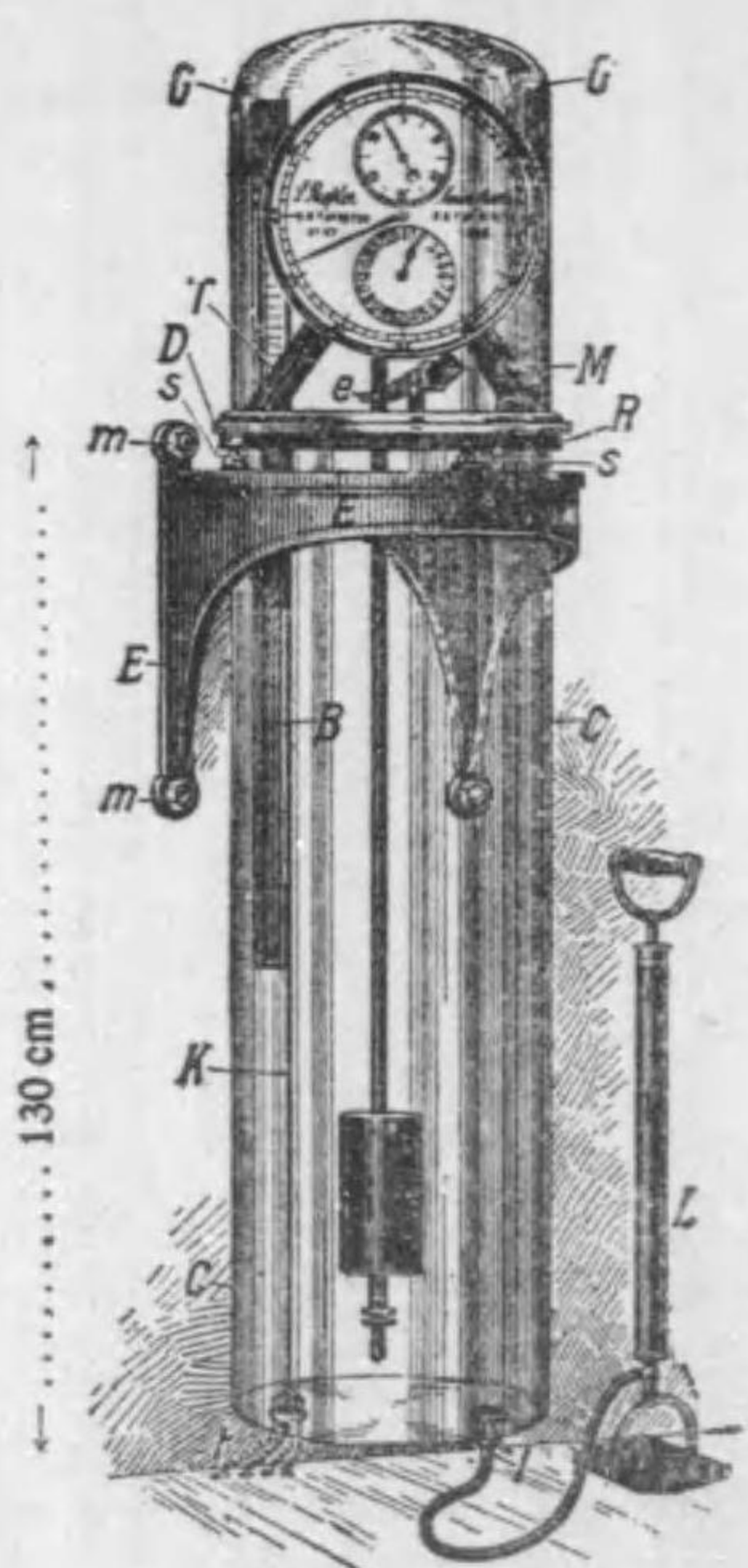
とする兩星の像を動かし、是等が一致するまで続け、丁度一致した時讀取をなせば距離が分る様な工夫をすれば甚だ重寶なものとなります。ヘリオメーターは此理を應用したのでありまして、其の對物鏡をば一直徑に沿ふて二分し、其各部分が其切斷面に沿ふて容易に動き得る様にしたものであります。今此兩部分を切斷面に沿ふて動かせば、其各が別々に同じ星の像を結びます。依て兩部分を離せば離す程是等兩像の距離が變化します。更に望遠鏡の筒を全体として廻せば其方向が變じます。それで一部分に出來た像が他の部分に出來た他の星像と一致するまで兩部分をづらせ、又同時に筒を廻せば星の距離と位置角とを知ることが出来るので在ります。此器械が甚だ都合のよい者で在りますが、只之を作る費用の大なるが爲め獨逸を除いては餘り多く在ませぬ。

第二十三節 時を計る器械

時を計るに用ふる器械は所謂天文時計(Astronomical Clock)でありまして、之れは普通の振り時計と同様のものであります。只其重要部を出來得る丈け注意して製造したものであります。

Invar

圖四十二第



先づ此種の時計で必要な條件は此時計の示す毎秒の間隔(Interval)が相等しいこととあります。而かも其れは大氣の温度や壓力や湿度やで變化するものであります。依て天文時計に於ては是等の影響を補正して正しい時を與へる様に注意して居ります。温度の變化と共に振子の長さが變化する、此變化を出來得る丈小にする爲に近來はInvarと稱せられ、ニッケルと銅鐵を分との合金を用ゐて振子を作つて居ります。此合金は其膨脹率の小さいので有名な者であります。此様に注意して作つた時計を温度を一定した室に入れると、第一に温度の影響をさけることが出來ます。次に外部から空氣が侵入せぬ様に時計全部を密閉し



た室の中に入れますれば、氣壓の變化から起る影響をも免れることが出来ま  
す。のみならず温度が一定した上に其内に水蒸氣が入込みませぬから、湿度  
の變化に起因する影響をもさけることが出来るのであります。乃ち以上の  
様な注意を加へた時計では氣温、氣壓、湿度による不平等な影響を残らず除くこ  
とが出来来る筈になります。が、併し尙所謂油差(Oil Age)と稱しまして其進行が  
漸次變化するを免れませぬ。

第二十四圖に示したのは獨逸のリーフラー會社で製造した密閉時計を示し  
たものであります。

如何に注意して製造したもので、人工の時計は決して完全なることが出来  
ませぬ。依て上述の如き注意をしましたとて絶對的に正しい時計を得るこ  
とが出来ませぬ。依て其誤差をば天文の觀測で見出し、其時計面の時刻に修  
正をなし、正しい時を読み取ることが出来る様にします。此修正は指針修正  
(Clock Correction)と稱せられ、若し進み過ぎて居れば負量で、遅れて居れば正の  
量であります。偕日々觀測して指針修正を見出して見ると、一般に時と共に

油差

指針修正

歩度

コロノメ  
ートル

變化することを認めるものであります。若し其變化が時に正比する場合に  
は、其時計は良好なものであります。一般に其時計の一日に進み又は後れる  
割合を日歩度(Daily Rate)と稱し、一時毎の變化の率をば時間歩度(Hourly Rate)と  
稱します。

振り時計の方は一般により精密な時刻を知らしむるものであります。我國  
の如く地震の頻繁な所では振り時計は屢々此爲めに影響を受けまして信用  
することの出来なくなる場合があります。此の如き場合にはコロノメー  
トル(Chronometer)を用ゐます。これは行司車(Escapement)に一種特別なる装置を施  
した懐中時計の如きものであります。又毎時間の歩度が不平等にならぬ様に  
鎖引きの装置にしてあります。併し如何に注意したもので、コロノメー  
トルでは、よし日歩度が一致して居りまして、毎時間の歩度が一定しないもの  
であります。此點は振り時計に比して劣る點と言はねばなりません。

#### 第二十四節 天體寫眞器械

天體物理學の研究をなすには、望遠鏡を用ゐて天體の寫眞を取り、或は分光器



を附して星の光を分析し、又或は光度計を附して天體の光度を測定することもあります。

## 寫真用器

寫真を取るには時計仕掛を附した赤道儀を用ゐるのは普通であります。此様な装置を利用すれば星の方が絶へず望遠鏡の視野に止つて居りますから、接眼鏡を去りて其焦點面に種板を置き幾時間か星光に曝露して置きますれば、其寫真を取ることが出来るものであります。左様でありますから、天體撮影法は至つて簡單なものでありまして、素人にも容易に出来るものであります。要は接眼鏡の代りに暗箱を附することで、暗箱は至て簡單なもので充分であります。

茲に注意を要することは、一體に望遠鏡は實視用の目的で製造したものが大部分を占めてをります。此様な種類の器械を用ゐますと、肉眼に感ずる部分の光線が一點に集つて居りますが、寫真に感ずる光線は同一焦點に集まりませぬ。勿論非常に甚しい差ではありませぬが、其結果不明瞭な像を寫したものと成ります。依て寫真用の目的で製造したものでない對物鏡を用ゐる場

## 色遮り

合には一點に集らない、乃ち像の明瞭を妨害する光線をば遮りて之を吸収し只寫真光線のみを通過させる色遮り(Colour Screen)なるものをば焦點の前に置いて都合のよいもの丈を通過させます。或は又特に修正レンズを今一枚入れて寫真玉とすることもあります。

種板を光に曝露して置く時間は星によつても異り、又對物鏡の大きさにも關係します。併し撮影せんとする天體が月とか太陽とかでありますと、其光線は至つて強いので其時間も短くなければなりません。別して太陽を撮影する場合の如きは一秒の何百分の一でも宜しいのでありますから、シャッター(Shutter)を用ゐねばなりません。小さい星になりますれば其曝露時間を益々長くする必要が有ります。而かも天體寫真の長所とも言ふ可きことは此時間は何程でも長くすることが出来、而かも之を長くさへすれば大望遠鏡でも到底見得ざる小星をも撮影し得ると言ふ點であります。

次に彗星や惑星の様な地球上恒星の中を運行する天體を寫真する場合に、恒星の運動に合せた時計仕掛の儘では望遠鏡の速度が星のと能く一致し

## 彗星又は惑星の寫真方法



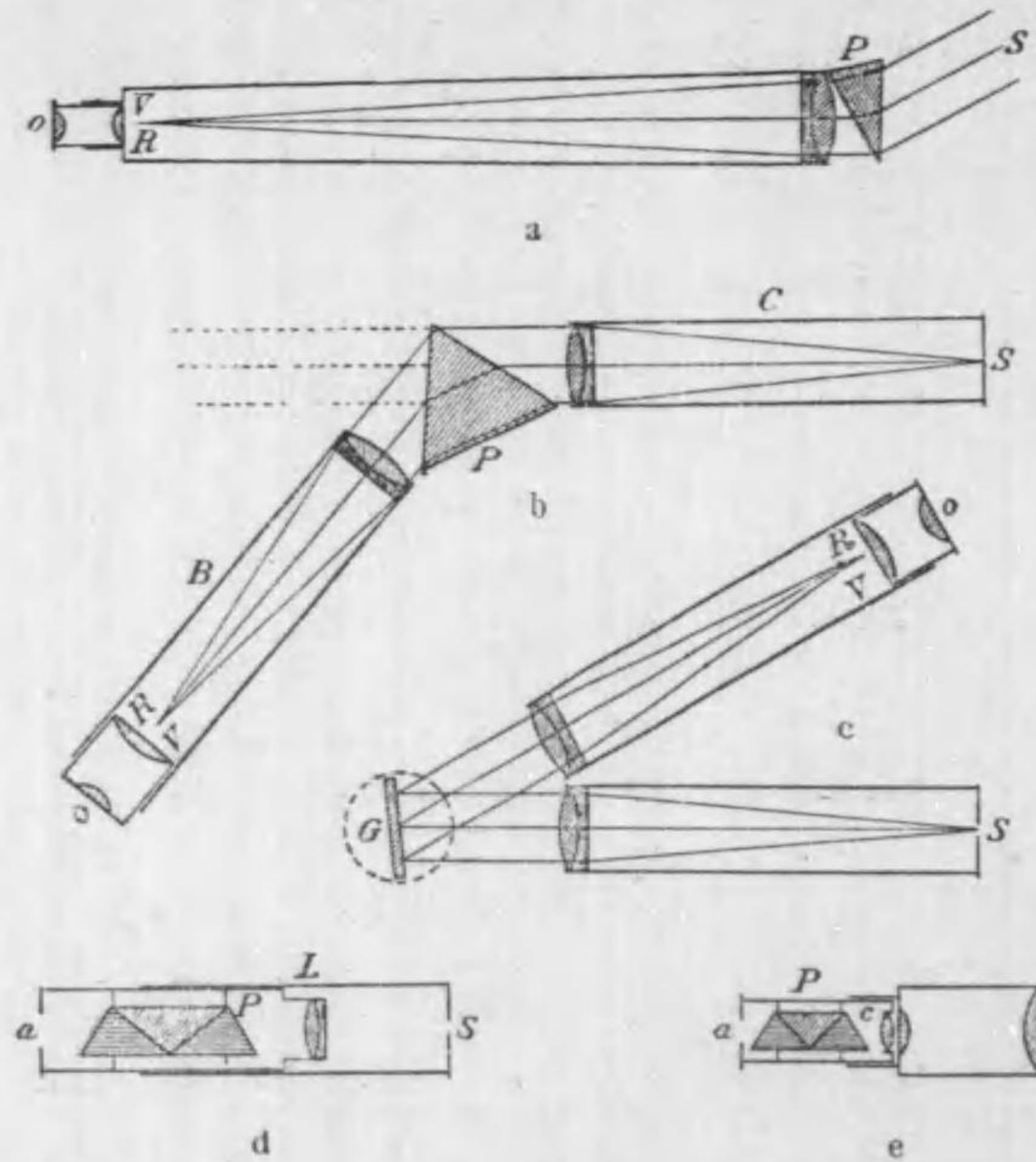
ませぬ。依て此場合には観測者が絶へず星を注視し、其天體の中心に望遠鏡が絶えず向ふ様に望遠鏡をば赤緯及時角の方向に多少移動せしめ、時計仕掛の及ばない所を補正するのであります。故に出来上つた寫真を見れば惑星や彗星の方が正しい形を示して居りますが、恒星の方が長くなつて居ります。但し恒星撮影の場合に於ても時計仕掛は完全でない爲めに矢張り観測者の監視を要します。若し又恒星間を動く天體には頓着せずに、恒星のみを追ふて撮影しますれば、夫等は長くなり不明瞭なものになります。近來彗星や小惑星を寫真から發見するのは重に此の如き後の方法によるものであります。

第二十五節 分光器

光を分析するには分光器 (Spectroscope, Spectrometer) を用ゐます。分光器には普通一個又は數個のプリズマ (Prism) を用ゐますが、太陽の場合には格子 (Gratings) 又はエシロン (Echelon) であるとかを利用します。第二十五圖 (a) は星の光を對物鏡の前に置いた P なるプリズマに受けて分析しましたものを望遠鏡で観測する装置、又 (b) は望遠鏡の對物鏡を通して一旦 S に結ばせた星の光線をば其

分光器  
プリズマ  
格子

圖五十二第



處にある細隙 (Slit) を通過させ、C なる視準器を通して平行光線を作り、かくて後 (a) の様に分析し且つ観測する装置であります。又 (c) は (b) に於けるプリズマの代りに G なる格子を用ゐたものであります。又次ぎの (d) は直視プリズマ (Direct Vision Prism) を利用しましたもので、細隙を通して入つた光線をば視準兼望遠鏡の對物鏡

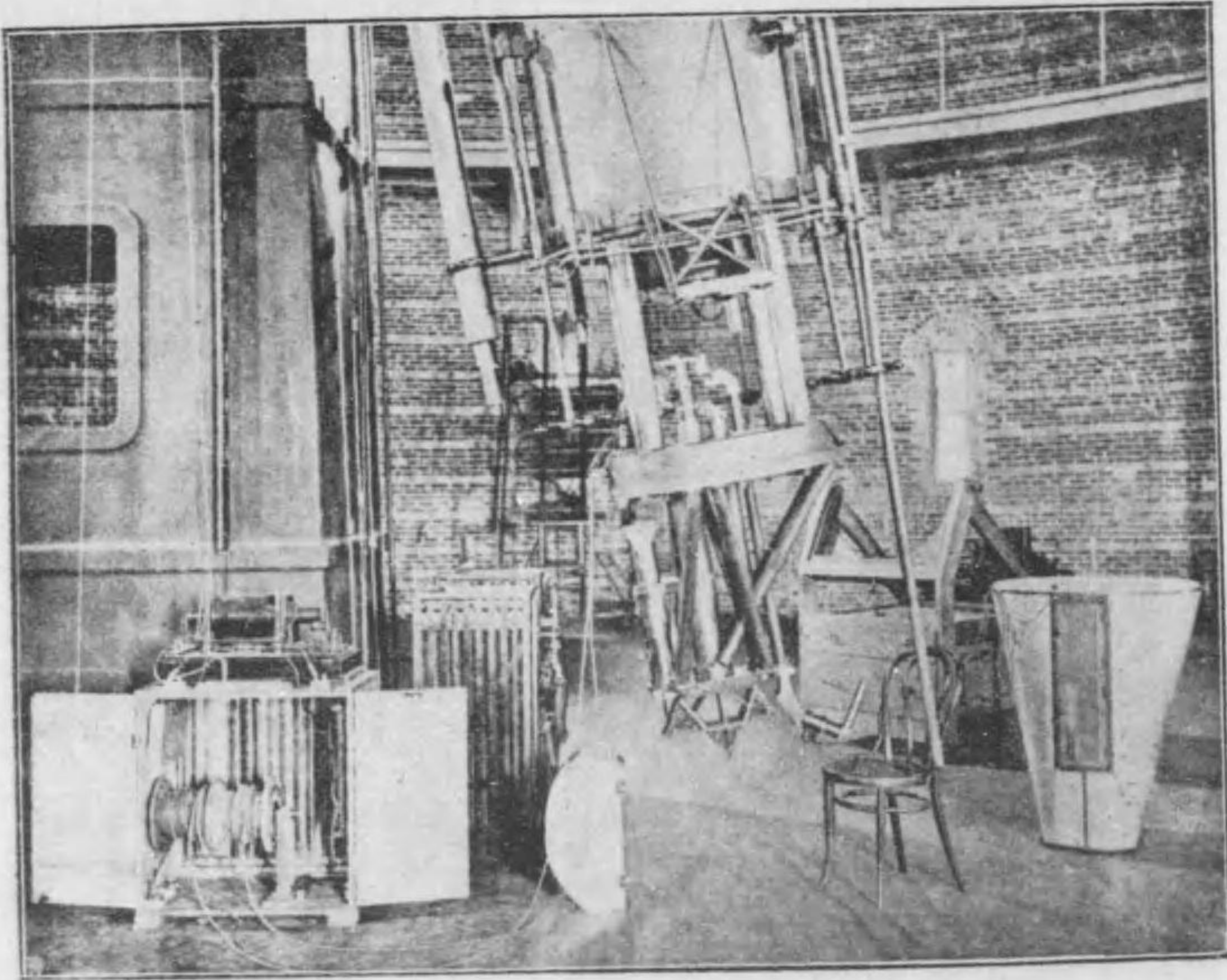


視準器

の役をなすLを通過せしめたる後プリズマを通して観測せしむるもので甚だ便利なものであります。又(e)は望遠鏡の接眼鏡の外に附けました直視分光器を示したものであります。此様に凡てスペクトルの線を明瞭にする爲にはSの所に細隙を置き、之を通過した光線が視準器(Collimator)のレンズCを通過して之を出た光線が平行する様にしてあります。又是等の光線がプリズマを通りますと、分解せられてスペクトルを形成する故再び一個のレンズを置けば同じ波長の光線が同じ位置に各々其焦点を結び、其焦面に七色が現はるゝこととなります。勿論只一個のプリズマでは充分に強く分けることが出来ませぬにより、恒星分光器には三個のものを連続したのがあります。第二十六圖はエルケスの大望遠鏡に分光器を附した寫眞であります。是れはスペクトルを撮影する様な装置になつて居ますが、此の如きものを一般に**分光寫眞儀(Spectrograph)**と稱します。又ヘールの創製した**分光太陽寫眞儀(Spectroheliograph)**と云ふ器械があります。是れは太陽の表面をばスペクトル中のある波長を有する一光線丈で撮影せんが爲めに工夫したものであり

分光寫眞儀  
分光太陽寫眞儀

第二十六圖



第三章 天文學用器械

ます。但し其原理は1869年に**ジャンセン**の暗示したもので、二個の細隙を利用するのであります。其第一は太陽の極小部分の光を通過させる様になつて居り、其處を通ふたものはスペクトルを作ります故、其スペクトルの望みの波長の光線丈を通らせる第二の細隙を設け、其下に種板を置けば、太陽面の其部分をば其波長で撮影することが出来ます。倍今太陽面が第一の細隙を越えて動



く同時に第二の細隙が常に矢張り同一の波長の光線を通過させる様に動くものとすれば、全太陽面は細隙の撮影の總和として現はれるのであります。

第二十六節 光度計

天體の光度を比較するに用ゐる器械で種々のものがあります。今日最も廣く用ゐられるのはツエルナー(Zöllner)光度計であります。其の外簡單でありますからブリチャード(Pritchard)楔形光度計も行はれて居りますし、ピケリン(Pickering)式光度計も亦行はれて居ります。第一のものは光の分極作用を利用して標準の光をば二個のニコルを通過させて其光の強さを變化せしめ、今其光度を測らんとする星の光と比較するのであります。第二のものは楔形の中性色の玻璃(Neutral Glass)を星と接眼鏡との中間に入れて少しづつ移動させ、楔の厚さが増すと共に星の光が減少し遂に消失するまで動かして、其動した長さをば甲、乙の星について比較し、夫れから兩星の光度の差を決定するのであります。第三のものは其原理に於て大體楔形のに似たものであります。只楔形の玻璃の代りに寫真板を漸次に其強さを増して寫したものを用ゐ、之

ツエルナー  
ブリチャード  
ピケリン

ステピン

を動かして標準の光の強さを加減し星の光と比較するのであります。更に最近に於て米國のステピンス(Schubins)と云ふ人はセレンニウム(Selenium)が光に感じて其電氣の抵抗を變化する現象を利用してセレンニウム光度計を工夫し、非常に精確に星の光を測ることが出来ました。

寫真術は天文學に益す應用せられる様になりました。或は赤經、赤緯の決定を容易に且つ精確ならしめ、又分光器にも肉眼を以てするよりも分光寫真(Spectrogram)を利用して一層正しき結果を與へる様になり、又或は天體の表面をも精査せしむる様になりましたが、光度の測定も矢張り寫真の應用が著しくなりました。天空の寫真を見ますのに、光度大なる一等二等の星が光度の小さな五等六等の像よりも大なる像を宿して居ります。依て其像の直徑を測定し次の様な式を用ゐて光度を決定することが出来ます。

$$m = a + b \log D$$

寫真光度の公式

此式で  $m$  は等級、 $D$  は像の直徑、 $a$ 、 $b$  は常數を表はします。特に此場合には種板を少しく焦點を外した所に置けば、其像の黒さ加減からでも其光度を測定



することが出来るのであります。

只寫眞の場合には肉眼の場合と其光線を異にします故、肉眼で強光のものが寫眞では必ずしも強光を呈しませぬ。此現象は寫眞等級 (Photographical Magnitude) の實視等級 (Visual Magnitude) の差別を生ずることとなりました。併し近來ワレース (R. J. Wallace) の發明した Pan-Isochromatic 種板を用ゐると、實視等級と一致した寫眞効果を認め得る様になりました。

第二十七節 天球儀

天球儀

天球儀は天体を觀測するに用ゐる器械ではありませぬが、觀測をする準備をなしたり或は觀測したもののから種々の結果を求めに際し甚だ便利なるものであります。

天球儀の最も要用な部分は適當の直徑を有する球でありまして、其表面に赤道は勿論之に平行する等緯線と、何れも兩極を通過する等經線を書き、重なる恒星の位置や等級を表はして天球其者を表し且つ黃道をも示したる者であります。併し時としては坐標は赤道基本式でなしに黃道基本式にしたもの

もあります。

天球儀の据付法

此球の据付け装置は第一に兩極を貫いて球が其周りに自由に廻轉する心棒 (自轉軸) を固定し、球面と殆んど接する金屬製の環を取りて子午線を代表せしめ、之に一度毎に目盛して天球上の赤緯

第二十七圖



居ります。地平環は30°等分し又之を十二ヶ月に配し、大體月日をも知り得る様にしてあります。要するに地球儀と同様な構造を有し、球面には天球を示したまでのことでもあります。



此器械を使用して與へられたる土地で與へられたる時刻に天球が如何なる有様を示して居るかを知らんとすれば、先づ次の様な調整をなさなければなりません。

- (一)子午環の目盛を利用し軸を適當に傾けて之と地平との角を觀測地の緯度に等しくし、子午環を子午線に一致せしめること。
- (二)恒星時計を取り、地方恒星時を読み、之と等しき赤經を示す天の子午線が子午環と一致するまで球を廻轉すること。

此様にすれば其時刻に於ける天空を示したことになります。故に若し丁度此時刻に一彗星を發見し其高度 $h$ と方位角 $A$ とが觀測されたとすれば、計算をせぬとも直ちに赤經と赤緯とを求めることが出来ます。即ち先づ地平環で其方位角 $A$ に相當する點を見出し、次に特別に作つた尺度で、此點から上方に高度 $h$ に相當した點を見出して其處に記號をなし、其點の赤經、赤緯を分量で讀み取れば求むる結果であります。

或は又赤經赤緯の知れた天體がある方位角の所に來る時刻を求むることも

出来ます。其目的の爲めには先づ(一)なる調整を行ひたる後、球を廻して與へられたる赤經赤緯の點を求めて其點を録し、然る後其點が與へられた方位角の所へ達するまで球を廻します。かくして子午線と其點の子午線との間の角を讀み取れば、此天體が該方位角にある時の時角であります。此様に時角が分れば第十五節の式から地方恒星時が $\gamma$ になり、 $\gamma$ になります。其他種々の問題は天球儀で解決せられます。

地平環には更に一年中の月日の外、其月日毎に太陽の黃經を記して置けば一層便利であります。後章に於て更に其應用について述べませう。

#### 第四章 觀測の修正

##### 第二十八節 個人差

星の子午線經過の時刻を測るには目耳法(Eye and Ear Method)と稱せらるゝ方法を用ゐることがあります。目耳法とは視野中でレチクルの線に對する星の位置をば目を以て見止め、同時に時計の打子(Beat)を聞いて之れを心で數へ、星



が其線を経過する時刻を估價する方法であります。此際音響器(Sounder)を用ひて時計の一秒毎に強い音を出し、第六十秒即ち毎分の初めに音響を出さないものを使用しますと、秒を數へるのに誤算をさけることが出来ます。今假りに二秒と三秒との間で星が子午線を経過したとすれば、其秒の分數をば目と耳とで判斷するのであります。即ち目で見て耳で聞いた二秒の時に星が其系の一方何處に存在したるかを記憶し、更に三秒には其反對側の何の邊であつたかを見定めて、實際星が其系を経過したと思はれる時刻をば一秒の十分一まで估價するのであります。斯様に申しますと至つてアヤフヤな觀測法の様に聞えますが、能く熟練した觀測者になりますと、秒の十分一迄は正しい決定を示すものであります。

然るに經驗の結果、人毎に一種の癖があり時刻の決定をするのに其人に定つた一種の遲速があることが分りました。即ち其人々の性質によつて或人は星が實際其線を経過するよりも早い時刻を読む癖を以て居り、又或人は之を反對に經過して仕舞つた後の時刻を読む癖を以て居ります。従て或人の定

## 個人差

めた時刻には其癖に基く誤差を含んで居ります。此誤差を個人差(Personal Equation)と云ふのであります。

個人差は此様に甲乙兩觀測者の結果を比較して發見したものでありまして、其何れの觀測者の結果をも正しいものと信ずることが出来ませぬ。唯要するに甲と乙との間に然か然かの差があると云ふに過ぎないのであります。

## 關係個人差

此爲めに之を特に關係個人差(Relative Personal Equation)と稱します。然らば此關係個人差が大なれば大なる程兩人の内の何れかが觀測が下手であるのかと云ふに、決して左様ではありませぬ。學理のみでなく觀測でも有名なベツセル(B. W. Bessel, 1784-1846)と他の人々との間には殆ど一秒の差がありましたし、其他此様に大なる關係個人差を示した上手な觀測者もあつたのであります。兎に角數多の人々が連續して一列の觀測を行ふた場合には、各觀測者間の關係個人差を知つて置く必要があります。若し之を知りませぬと、是等を一定の標準に改算することが出来ませぬ。

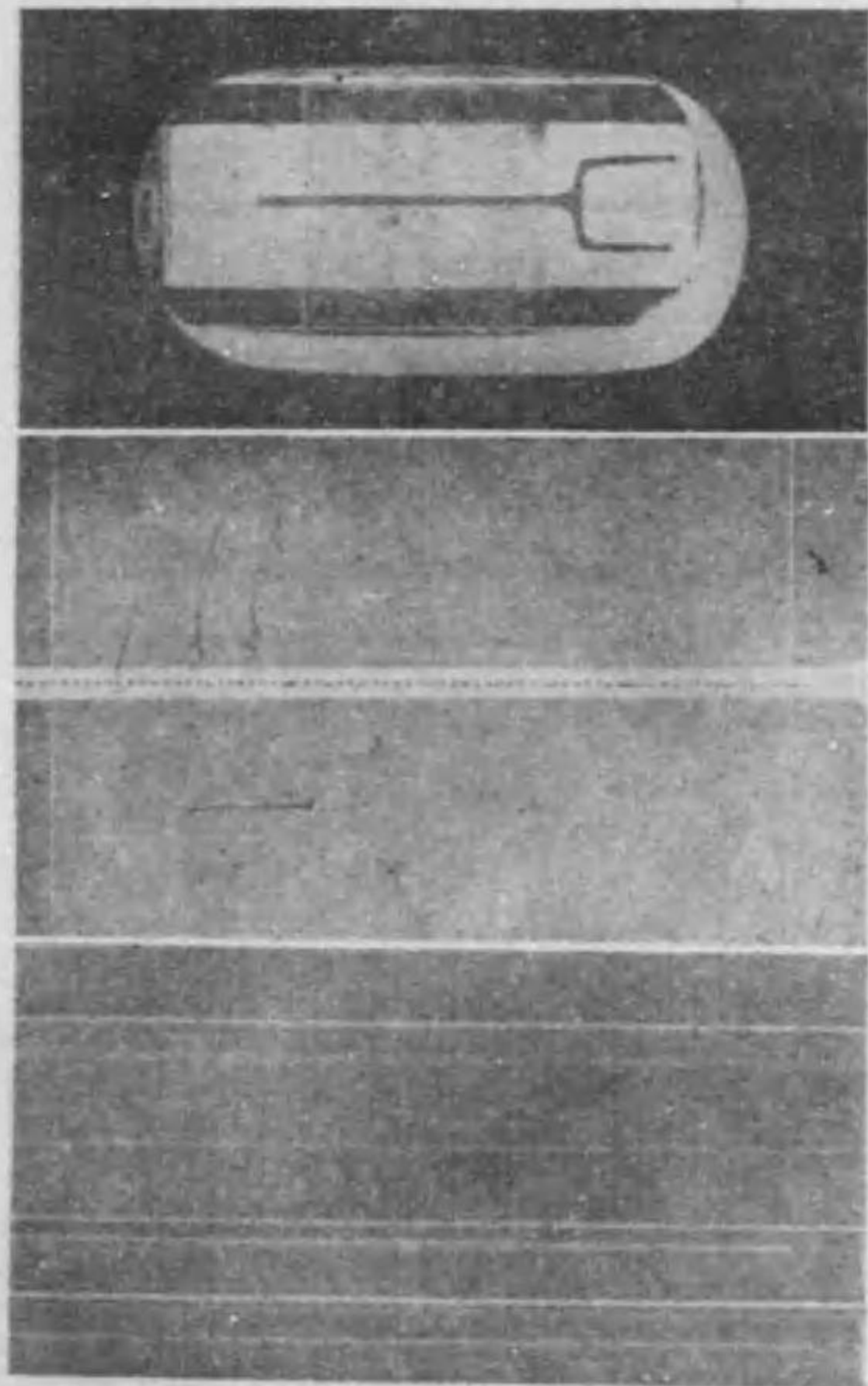
若し或觀測者の絕對個人差(Absolute Personal Equation)即ち星が實際經過した時

## 絕對個人差



寫眞子午儀

刻と其人の觀測した時刻との差を決定せんとするならば其絕對經過の時刻を定めなければなりません。此目的に便利な器械は寫眞子午儀(Phototransit)或は寫眞コロノグラフ(Photochronograph)と云ふ器械であります。此器械の要

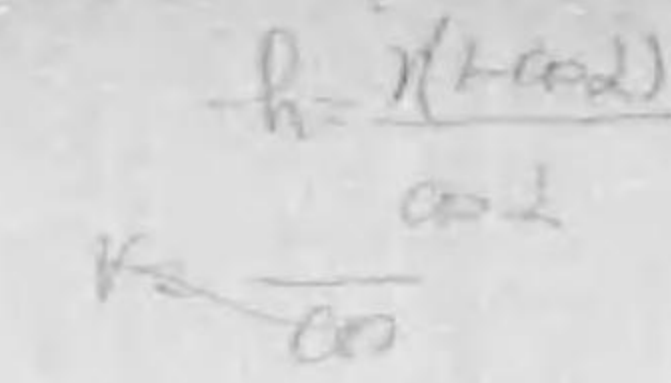


圖八十二第

領は視野の中を星が運動して行く際其時刻を其中のレチクルと共に撮影するに於てあります。乃ちレチクルの前方星の動いて行く線の極近傍に外部にある電磁石(Electro-magnet)の保磁子(Armature)と連絡した細い板(第二

十八上圖の中央のものにて圖にては上下に動く)を挿入して置き、隔秒毎に電氣を通じて之を動かし、其爲めに星の光がレチクルの反對側に置いてある種板の上に落つるのを隔秒妨害せられる様に仕向けて置くのも一方法であり

自記測微尺



ますし(中の圖)又或は保磁子と種板とを連ねて隔秒種板をばレチクルと平行に動かし、星の像が二列になる様にするのも一方法であります(下の圖)。此器械で星を觀測しますれば勿論經過の時刻を正直に教へますから、其原板を測定して個人差の影響せない時刻を求め得るのであります。併し原板を測る時には矢張り一種の個人差を起す虞れがないでもありません。が、併し之を更にもう一度種板を180°丈廻轉して逆に測れば、殆ど其影響を消去することが出来るのは經驗の示す所であります。此外自記測微尺(Self-registering Micrometer)又は經過測微尺(Transit Micrometer)と稱せらるるものを用ゐて星の子午線經過を觀測しましても、矢張り大部分個人差を除き得ることは經驗の示す所であります。

第二十九節 地平線俯角

地球は球形のもので、天體の觀測者たる吾等は勿論其表面に居を占めて居ります。今觀測者の目がCを中心とした球面から一寸高い點Oに存在するものと考へると、COに直角に引いた平面はO'Dで、是れは既に吾々の導いた地

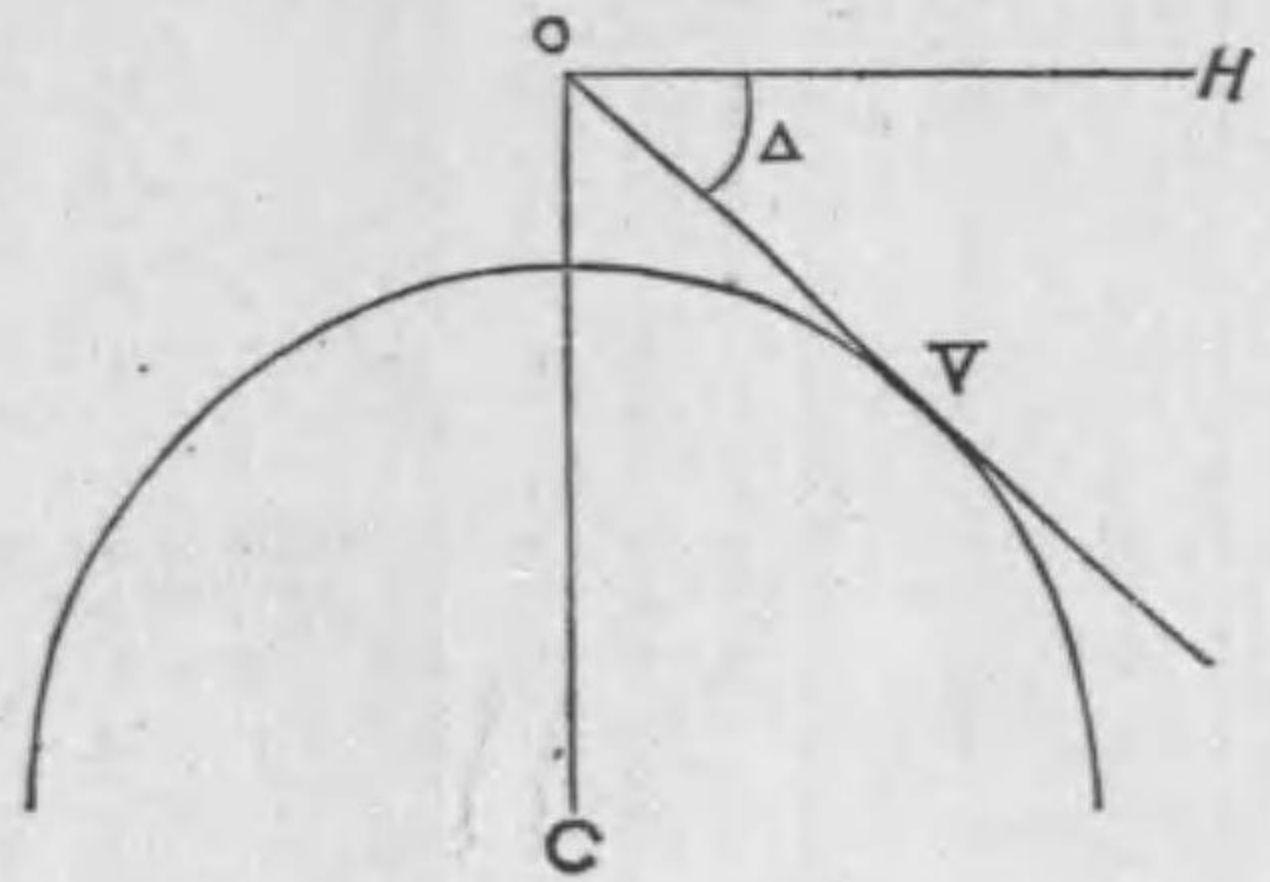


心地平其ものであります。若しOから地球の表面へ接線OVを書けば、現視地平を得る譯になります。それで地心地平の上方にある天空の部分は勿論見ることが出来ませんが、Oにある目には更にHOVなる部分に含まれて居る天体

地平線の俯角

人造地平

海線



第二十九圖

の境界所謂水天髣髴の所を視てOVの方向を見定め、之を天體の方向とのなるて遙か遠方に見える海線(Sea Line)即ち海と稱す。

をも見得るのであります。吾等は此∠HOVを稱して地平線の俯角(Dip of Horizon)と云ふて居ります。

陸上では水銀盤即ち人造地平(Artificial Horizon)などを利用してOHなる方向を決定し、之に照らして天體の高度を観測することが出来ますが、観測者が海上にあります際には水銀盤などを使用することが出来ませぬ。従てOHを直接に決定することが出来ませぬ。依て此場合には海面其者を用ゐて遙か遠方に見える海線(Sea Line)即ち海と稱す。

俯角の公式

す角を實測するのであります。従てOHに照らせるものを求めるには或修正を加へなければなりません。今俯角をΔとし、地球の半径をrにて表はし、地上よりrの所に観測者の眼が存在するものとすれば、次の様に簡単にΔを計算することが出来ます。

$$\cos \Delta = \frac{r}{r+h} = 1 - \frac{h}{r} + \dots$$

之を多少變化した後、次式を得ます。

$$\Delta = \sqrt{\frac{2rh}{r}}$$

今更に地球の半径をrで表はし、hも亦rで表はせば、Δを弧の分で表はしたものは次ぎの様になります。

$$\Delta' = 3438 \sqrt{\frac{2h}{20890000}} = \sqrt{h}$$

されば俯角のざつとした値を求め様とすれば、單に観測者の眼までの高さを求めて之をrに直し、其平方根を求めると、分で表はしたものになります。

例へば一呎の高さではΔ'=1', 25呎の高さではΔ'=5', 100呎の高さではΔ'=10'になります。



若し又 $h$ を米で表はせば

$$d' = \sqrt{\frac{3h}{R}}$$

と置きますと、一層正しい價になります。

次に又 $OV$ なる距離も容易に計算することが出来るものでありまして、其數式は「 $\tan \alpha$ 」になります。若し之を哩で表はした近似價を求め様とすれば

$$\frac{\sqrt{3h/R}}{2}$$

を計算すれば夫れで宜しいのであります。

### 第三十節 視差

一つの物體を二つの場所で見れば其方向は一般に異なるもので、其視線の間に或角を作すもので、吾等は其角を視差(Parallax)と稱して居ります。今地球から有限の距離にある星をば地球上より見た場合と地球の中心から見た場合とを考ふるに、其兩方向には矢張り或角をなすものであります。天文學では其角を地心視差(Geocentric or Diurnal Parallax)と稱します。何れの觀測も皆地球の表面上で行ふものでありますから、海面上多少の高さの所あれど地球の半

視差

地心視差

地平視差

赤道地平視差

徑に比べること表面と見做して差支がありません。此の如く有限の距離にある天體の觀測の場合には夫れを地球の中心で觀測した標準のものに引き直す必要が起ります。此爲めには所謂視差の修正を施さねばなりません。さて星が天頂にあれば此時には視差は消失するものであります。其後星が段々と天頂を遠かり漸次地平線に接近すると共に、其視差も亦次第に増大するものであります。地平線に星があれば其時視差は極大の價をとりま

此時の視差をば地平視差(Horizontal Parallax)と稱します。

地球の形が球であれば視差の計算が樂なものであります。實際は廻轉橢圓體であるので、從て同じ地平視差も地球上の緯度と共に變化するものであります。即ち觀測者が赤道上に居る場合の地平視差は最大のものとなります。之をば赤道地平視差(Equatorial Horizontal Parallax)と呼ぶのであります。

併し觀測する天體が地球から遠いものでは其様に八釜しいことを考へても宜しいのであります。唯月とか地球に非常に接近した彗星などの場合には此點を八釜しくしなければなりません。



次に地平視差を知つて居る天體を任意の天頂距離で観測した時に之を地心観測に引直すのに要する視差を計算することとしませう。第三十圖でCは地球の中心、Oは地球表面上観測者の位置であるとし、天體が地平線上Pの位置にあるものとすれば、其地平視差 $\pi$ は

$$\sin \pi = \frac{CO}{PC} = \frac{r}{R}$$

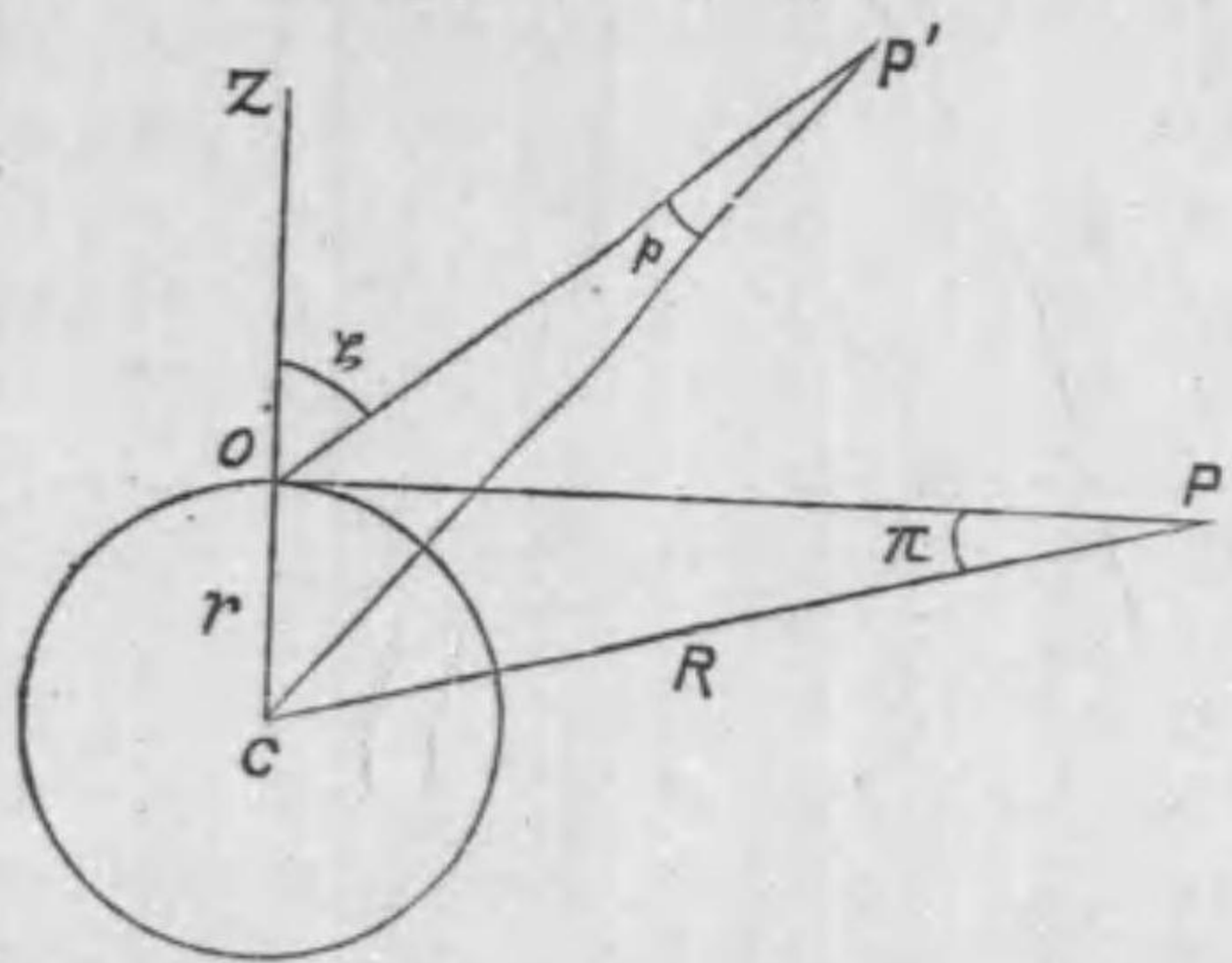
でありまして、其天體の距離が知れて居りますと計算することが出来るものであります。次に此天體がP'なる位置に昇り、Oから天頂距離 $\epsilon$ の所に観測することが出来たものと考へますと、其時の視差は $\angle OP'C$ であります。今之を $p$ で表はせば、圖から容易に次の様な關係を得ます。

$$\sin p = \frac{r}{R} \sin \epsilon = \sin \pi \sin \epsilon$$

式視差の公

得ます。

圖十三第



一般に $\pi$ は小なる角でありますから之を秒(")で表はし、次ぎの様にしても差支ありません。

$$p'' = \pi' \sin \epsilon, \quad \pi' = 206265 \times \frac{r}{R}$$

上に述べた所から或方法で $\pi'$ を決定しさえすれば、其天體の距離Rを計算することが出来ることに注意せられませう。即ち

$$R = \frac{r}{\sin \pi'} \quad \text{or} \quad R = \frac{206265 r}{\pi'}$$

視差はどの位大なるものかと言ひますのに、月の様に近いものでも其地平視差が $31'$ に過ぎませぬ。太陽の如きものに至りては $8.8''$ と云ふ至て小さなものになります。若し夫れ恒星の視差はと問ふて見ますに、勿論無限に小にして消失します。換言すれば地球の半径に比べた恒星迄の距離は測り得ない程大なるものであります。依て此場合には視差の觀念を一層押し廣めて年週視差(Annual Parallax)と稱するものを採用します。此は又日心視差(Heliocentric Parallax)と稱せられ、其恒星をば地球から見た時と太陽から見た時との方向の差であります。勿論年週視差も一般には一年中其大きさを變化するものであ

$$\sin \pi = \frac{r}{R}$$

年週視差

日心視差



ります。其最大の價をば普通其星の年週視差或は又一層略して視差と稱します。即ち換言すれば其星の所に行つて地球軌道の半徑を直徑とする大なる星を見るに、何程の大きさに見えるかを秒(〃)で表はしたものであります。實測の結果此年週視差なるものは非常に小さく1〃に達するものはありませぬ。ケンタウルス座α星は最大で0.8〃と言はれて居ります。

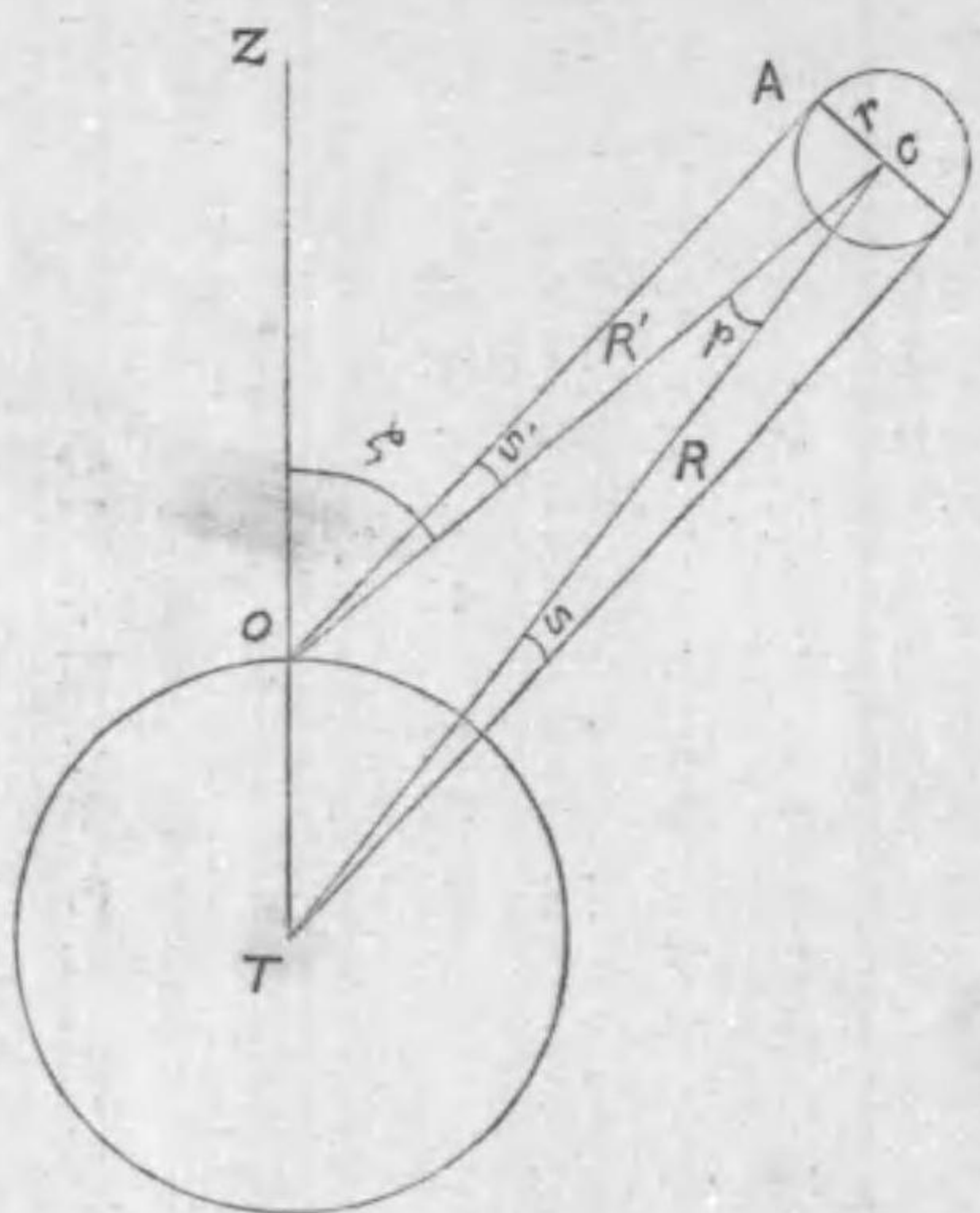
第三十一節 視半徑

視半徑  
地心視半徑

天體中心(C)から来る光線と其縁(A)から来る光線とが地球表面上の観測者の眼(O)に於てなす角即ち換言すれば該天體の半徑(AC)がOに於てなす角をば視半徑(Apparent Semidiameter)と稱します。此れは第三十一圖に於て∠AOCであります。若し観測者が地球の中心(T)にあるものと假定し、一天體の視半徑を求めると之を地心視半徑(Geocentric Apparent Semidiameter)と稱します。今天體の實半徑即ち其半徑を長さで表はしたものを(r)で表はし、視差をpで、O及TからCまでの距離を夫れ夫れにR', Rで表はし、又視半徑及地心視半徑をS', Sで示しますれば

視半徑の  
公式

第三十一圖



$$\sin S = \frac{r}{R}, \quad \sin S' = \frac{r}{R'}$$

$$\therefore \frac{\sin S}{\sin S'} = \frac{R'}{R} \quad \text{or} \quad \frac{S}{S'} = \frac{R'}{R}$$

更に圖の三角形OTCを注意すれば

$$\frac{R}{R'} = \frac{\sin C}{\sin(C-p)}$$

$$\therefore S = S' \frac{\sin(C-p)}{\sin C}$$

此最後の式によつて視半徑Sを観測し得れば、之を地心視半徑に引き直すことが出来ます。

元來吾等の観測は其天體の中心點を視ふ可き筈であるが、其中心點が稍々大きな天體では直ちに狙ふことが出来ないものであります。故に



其上又は下の縁を觀て其高度なり天頂距離なりを見出すのが常であります。されば觀測を整理する際、必ず視半徑を知らねばなりません。更に一天體の地心視半徑を豫め測定して置きますれば、其天體と地心との距離は至て簡單に

天体の距離の公式

$$R = \frac{r}{\sin \alpha} - r$$

なる式で計算することが出来ます。

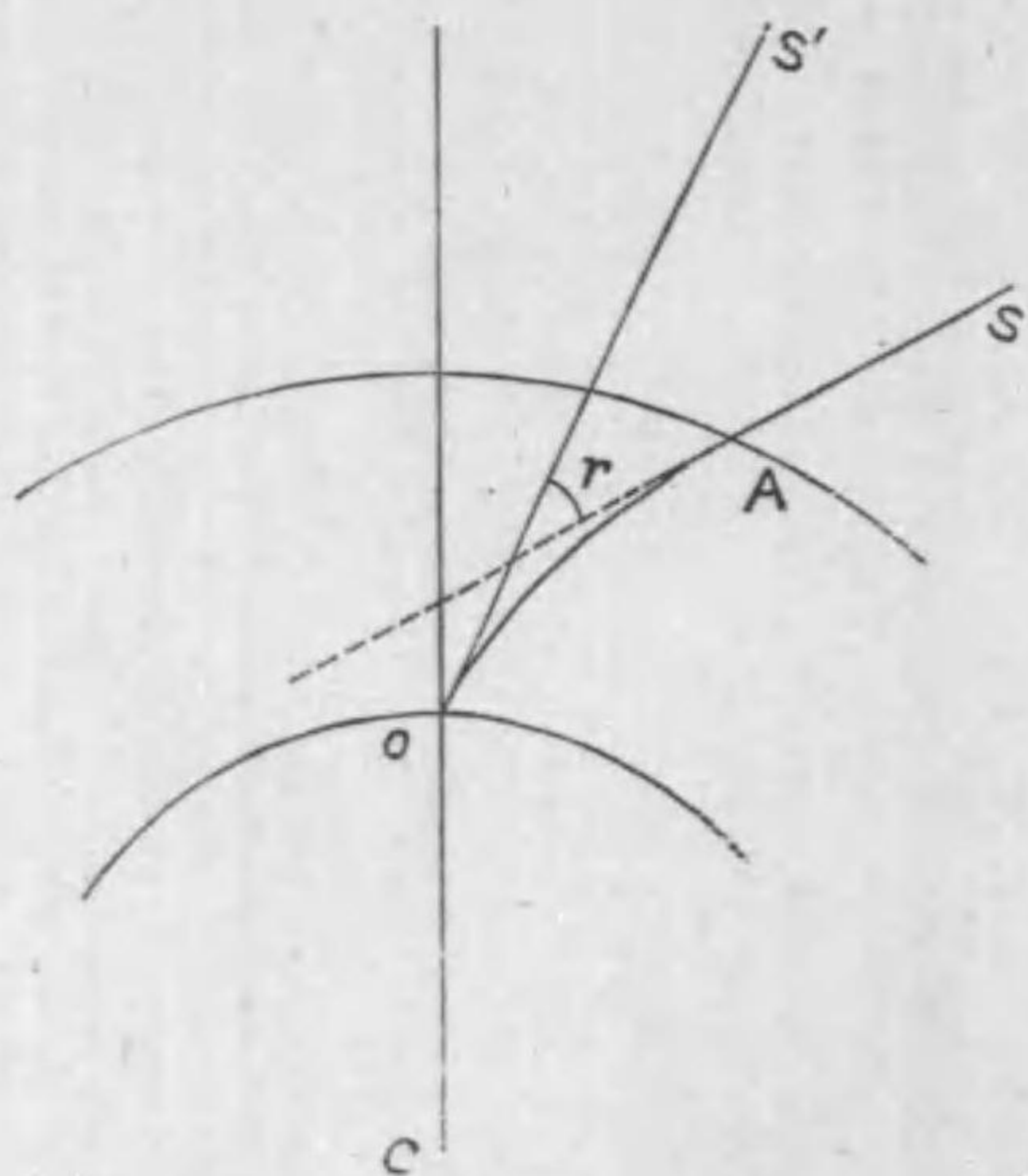
第三十二節 濃氣差

大氣

地球の表面をば諸君の最も親んで居る大氣 (Atmosphere) が包圍して居ります。此大氣が天體より出發して此處に到達した光線に種々の影響を與へますが、吾等は茲に其一なる屈折現象を考へたいと思ふのであります。即ち天體から來つた光が此大氣の海を通過する間に漸次に屈折をなし、愈々觀測者の眼に到達した時には元この方向と餘程異なる方向を取るものであります。今第三十二圖で星からの光が真空空間をOの方向に進んで來たものごしますれば、A點で薄いながらも空氣にふれ、之を通過すると圖で見ると其方向が

濃氣差

第三十二圖



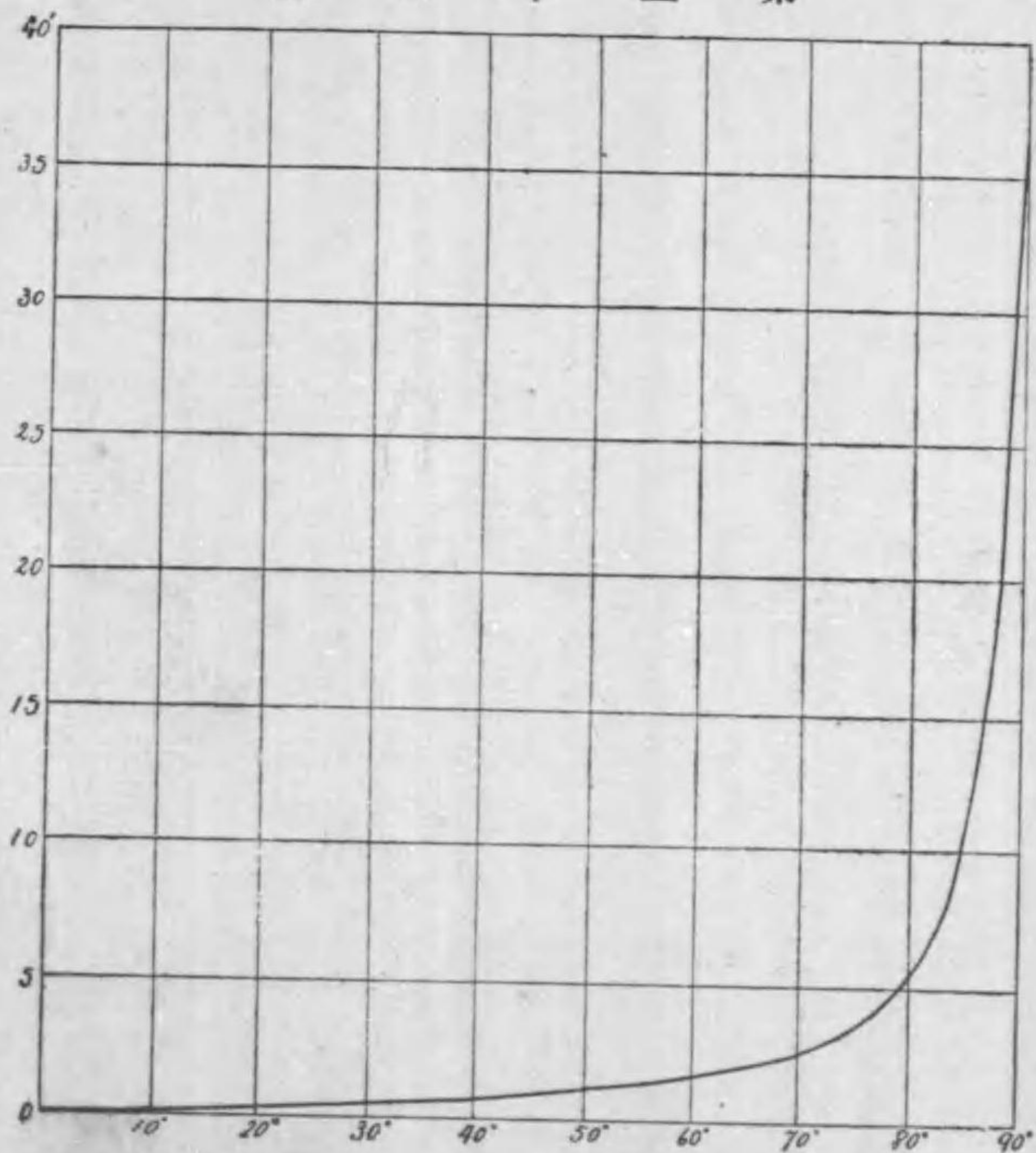
變じて來ます。尙一方では此空氣が地球の表面に近くなればなる程漸次に其密度を増加する爲め、星から來た光線は益々強く其方向を曲げられ遂には地球の表面Oに達せる時Oと云ふSAとは可なり異なる方向から來た様に見えます。夫でありますから星の天頂距離は見掛上減少して高度の方が大きくなります。此兩方の差をば濃氣差 (Atmospheric Refraction) と稱します。

濃氣差は視差と同様に天體が天頂にある場合には全然其影響がありません。此れは屈折の法則の當然の結果であります。天頂距離が段々と増加すると共に濃氣差も亦増加して地平線にある時には極大となります。就中地平線上十度近傍までは



公溼氣差の  
公式

圖 三 十 三 第



溼氣差は非常に大なるものでありますから、今は其部分を除いて一般に數多の觀測を行ふ所即ち高度三十度以上の場合に適用することが出来る様な溼氣差の公式を記して置きませう。即ち  $r$  を溼氣差とし、 $a$  を常數とすれば

$$r'' = a'' \tan z$$

で  $a''$  は大凡  $60''$  と置けば宜しいのであり

ますが、更に

$$r'' = \frac{983 b}{460 + t} \tan z$$

と云ふ様な式を採用し、 $b$  で氣壓を、 $t$  で溫度を(前者は吋で、後者は華氏で)表はしますれば一層正しい溼氣差を計算することが出来ます。第三十三圖は溼氣差の天頂距離と共に變化する有様を曲線で示しましたもので、六十度位までは至つて緩かに増加しますが、是から急に増大し、九十度から著しく増すことは能く分ります。非常にざつとした値を求むる時には此圖から求めても宜しいのであります。勿論これは平均溫度、平均氣壓に於けるものであります。かくて地平線に非常に近い所では溼氣差は激しく増加し地平線では、程になります。でありますから其の視直徑が、位しかなない太陽や殆ど同大の月などが其出沒の際に丁度地平線上に全部現はれて居つても其時は未だ地平線以下にあり、只溼氣差の爲めに上にある様に見ゆるのであります。

第三十三節 觀測の修正

以上述べて來ました色々な影響を計算に入れて觀測した結果を修正しなけ



れば此際観測の目的物と考へた星の位置を算出することが出来ませぬ。否  
 な正しき結果を求むることが出来ませぬ。

今一天體の高度 $h$ を測つたものとし、其際其視半径が $S'$ 丈ありますのに其下  
 端を視ふたものど考へますれば其中心の高度を見出すにはんに $S'$ を加へな  
 ければなりません。即ち $h + S'$ になります。

次に濃氣差を考へますと上の結果は $r$ 丈餘り高くなつて居りますから、之  
 を減じて $h + S' - r$ を得ます。然るに尙これは地球表面上の観測結果でありま  
 すから視差 $p$ を計算すれば、地心での観測は $h + S' - r + p$ でなければなりません。  
 故に吾等の求める修正した高度 $h_0$ は

$$h_0 = h + S' - r + p$$

であります。若し観測したものが天頂距離 $z$ でありますれば是等の修正量  
 は其符號を變じますから

$$h_0 = z - S' + r - p$$

となります。

修正  
せる  
高度

次に方位角の観測は如何であるかと云ふのに若し地球が球形のものであ  
 れば影響を受けません。而かも實際は廻轉楕圓体であります爲め、近い天体  
 には其影響を考へる必要を生ずることもあります。上に求めました $h_0$ なり  
 $z_0$ なりは陸上で地心地平に照らした観測を修正したものであります。若し  
 海上でなした $h$ の観測であれば更に俯角の修正を要するのは勿論でありま  
 す。即ち $h_0$ とせなければなりません。

上に述べた観測の修正は天体の位置を測定する場合に注意せなければなら  
 ぬことを略述したのであります。が星の光度であらうが、色であらうが、凡て  
 の測定には夫れ／＼注意せねばならぬ種々の修正があります。夫等につい  
 ては茲に省いて、若し機會があれば後に一寸でも記しませう。



## 第二篇 太陽系

### 第五章 地球

#### 第三十四節 地球の形状及大小

地球のことにつきましては何方も能く通曉して居りますから茲には餘り詳しいことは申述べませぬが、只後の關係上足臺として必要なことを多少お話し置かねばなりません。地球の形状が大地球状のものであることは地文學の本などにも種々其證據を擧げてあります。其大小は必ずしも小さいものでもありませんが、天文學上から見れば大して大きなものでもなく、其直径僅かに8000哩位のものであります。

更に詳細な點を考へますれば、既に述べ來つた様に短軸を心棒として廻轉した廻轉橢圓體 (Ellipsoid of Rotation) であります。故に兩極を含む平面で切れば何處も同じ大きさの橢圓であり、若し又赤道に平行して切つた切口を見ると常に圓で、而かも其大きさが緯度と共に變化するものであります。此様に申せば

廻轉橢圓體

地球の形状てふ問題は至つて簡單なものゝ様であるが、現今の知識に到達するまでに理論的討究と大仕掛の精密な測量とを幾回か繰返したことを記憶せねばなりません。諸其長徑  $a$  と短徑  $b$  とが如何程の差を示すものであるかと質して見ますのに、其差が長徑の299分の一であります。即ち

$$c = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299}$$

であり、即ち此値は地球の扁率 (Compression of the Earth) を稱せらるゝものであります。或は地球の赤道も橢圓を示す様に三個の異なる徑を有するものであると論ずる人もありますが、其説の通りであるとしても赤道の兩徑の差は至つて小なるものであります。

次に地球の大きさに關する常數を二三記載しませう。

赤道直径.....	7926哩
極直径.....	7899哩
赤道周回.....	24899哩

地球の大きさに關する常數

地球の扁率



子午線周回.....	24857哩
赤道一度ノ長サ.....	69.2哩
緯度 0°—1° 間ノ長サ.....	68.7哩
緯度 29°—30° 間ノ長サ.....	68.9哩
緯度 59°—60° 間ノ長サ.....	69.2哩
緯度 89°—90° 間ノ長サ.....	69.4哩
緯度平均一度ノ長サ.....	69.0哩
面積.....	197,000,000平方哩
容積.....	260,000,000,000立方哩

次に地球の比重を考へて見ますのに其表面に割合に接近して居る部分に至つて小さいが地球全部の平均を求めると五五と云ふものになります。故に地球の内部は鐵と似た緻密なものと言はれて居ります。

第三十五節 經度及緯度

地球表面上にある一點の位置を決定するには經度 (Longitude) 及緯度 (Latitude) を用ゐることは誰しも知つて居る所であります。此際地球が球状のものであると假定し、且つ天球の場合の様に地球の兩極と其表面上にある一點とで決定される平面と地球表面との切口を子午線と稱すれば、經度及緯度の定義は次の様に述べることが出来ます。

地球表面上某地點の經度とは本初子午線即ちある任意の標準子午線(現今グリニチ天文臺の天子午儀の中心を通過するものを採用す)と其地點の子午線とが極に於てなす角度のことである。

又地球表面上某地點の緯度とは赤道より其地の子午線に沿ふて該點に達する角距離のことである。

然るに地球の形は其實、廻轉橢圓体であるが爲めに、多少其事情は變化して來ます。加ふるに經度及緯度を決定するには水準器などで重力の方向を見出し、依て以て天頂の位置を正す故精密なことを言へば上の様に定義した丈では充分でありませぬ。此様にして緯度には自ら次ぎの様に三種のものが生

本初子午線



天文學的  
緯度

(1) 天文學的緯度(Astronomical Latitude) とは其地の鉛直線に照して測定した北極の高度であります。されば此緯度は更に換言すれば其地の鉛直線と赤道との間の角であります。

地殼

今日までの實驗によれば地殼(Earth Crust)内の物質の密度が決して一樣なるものでないらしく、實地の觀測から得られた鉛直線の方向は密度が一樣である場合に示さねばならない計算上の方向と若干の差を示して居ります。此の差をば鉛直線の「フレ」(Deviation of Vertical)と稱します。されば今地球の形をば理想的に地球上各點の重力の方向に直角な表面で表はして見れば、其形状は其處此處で廻轉橢圓體と多少の差を呈します。此形はGeoidと稱せらるゝものであります。

鉛直線の  
フレ

Geoid

地理學的  
緯度

次に Geoid を一層理想化したるものが標準廻轉橢圓體であります。地球上の一點の緯度を決定するに際して一般に要求さるゝのは、此の如き標準橢圓體に照らしたものであります。茲に於て地理學的緯度(Geographical Latitude)

なるものを生じます。倍

(2) 地理學的緯度とは觀測地から標準橢圓體へ立てた垂線と赤道面との間の角であります。

測地學で地球の面を大三角的に測量し、各地の經緯度を求むるには常に此の如き標準橢圓體に照らしたものを計算するのであります。されば某地で其緯度を知る爲めに天文測量をなした丈では未だ不充分であります。實測の結果によれば鉛直線の「フレ」は時として20"に及ぶことがあります。

然るに(1)に於ける鉛直線(2)に於ける垂線も觀測地と地心とを結ぶ直線と一致させぬ。所が

(3) 時々此の如き線と赤道との角を要する場合がある爲め、之れには地心緯度(Geocentric Latitude)なる名を附して居ります。

經度の場合にも矢張り天文及地理の別があるのは勿論であります。併し地心經度なるものは別に存在させぬ。

天文緯度を測定する方法にはいろいろありますが、茲には單に其の一例を示

天文緯度  
測定

地心緯度



すだけのことで、詳細なることは他の書類で學ばねばなりません。定義で知つた通りに、天文緯度は北極の高度であります。

或星が子午線を経過する時に天頂距離 $\delta$ は既に述べました通り

$$\delta_1 = \varphi - \delta$$

であります。故に極に近い $\delta$ の知れた星が極よりも高い所で子午線上經過

(Upper Culmination 上經過を譯す)をする時に $\delta_1$ を實測すれば

$$\varphi = \delta_1 + \delta$$

で $\varphi$ 即ち緯度を計算することが出来ます。

若し又其星の北極距離が $\varphi$ より小なる星でありますれば上經過の後十二時間を経て極よりも下方で下經過(Lower Culmination)をなします。此時の天頂距離 $\delta_2$ は

$$\delta_2 = \varphi + \delta - 180^\circ$$

となりますから

$$\varphi = \delta_2 - \delta + 180^\circ$$

上經過

下經過

天文緯度の測量

依て兩方の和を平均して

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2 + 90^\circ)$$

を得。されば觀測した星の $\delta$ を知りませんが $\varphi$ を求め得るのであります。天文緯度の測量には天球の視運動を利用するのであります。今星が本初子午線を経過する時刻を觀測し置き觀測地の子午線を経過する時刻を電信して來た時の時刻との差を見出せば、求むるものとなる譯であります。實際の場合には必ずしも本初子午線で觀測をせず、甲乙兩地の經度差を觀測し、既に經度の知れた乙地の値を加へて求めます。觀測も亦必ずしも其儘電信するにも及びませぬ。兩地で共に其地方恒星時を精密に觀測して、其間時々電信で兩地の時計を比較して置けば宜しいのであります。

### 第三十六節 地球の自轉及緯度變化

從來天球の自轉と稱し來つたものは地球自身の廻轉として説明することが出来るものであり、實際其通であることは種々の現象から證明された所であり、特にフーコー振子の實驗などは人口に膾炙する所であります。近



獨樂羅針

來の産物たる獨樂羅針盤 (Tyrrocompass) が成功しつゝあるのも亦地球自轉の新證明と考ふることが出來ます。

此様に地球の自轉が明かになりますと更に注意深き人に疑問を生ずることなしとも限りませぬ。即ち地球の地轉軸は地球の表面に照らして一定の方向を占めて居るものであるかと云ふのが即ちそれでありませぬ。此問題は第十八世紀の後半期に數學者オイラー (Leonard Euler, 1707-83) によつて理論上から討究せられ其結果これは變化し得るもので若し地球が完全な剛體であれば其の軸は304日を週期とし地球表面上に固定した一點の周りに一週せなければならぬことが分りました。併し其大きさが非常に小なるもので、とても實測から認知し得ぬものと考へられて居りました。其の後數多の研究がありました。1885年に米國チャンドラー (S. C. Chandler 現存の天文學者) 及獨國のキュストナー (F. Kistner 現にボン天文臺長) の二人が獨立に而かも殆ど同時に觀測の結果から此種の移動を發見しました。元來緯度は地球の自轉軸の方向に基けるものであります故、自轉軸の方向が時と共に或變化をなすもの

オイラー

チャンドラー

キュストナー

緯度變化

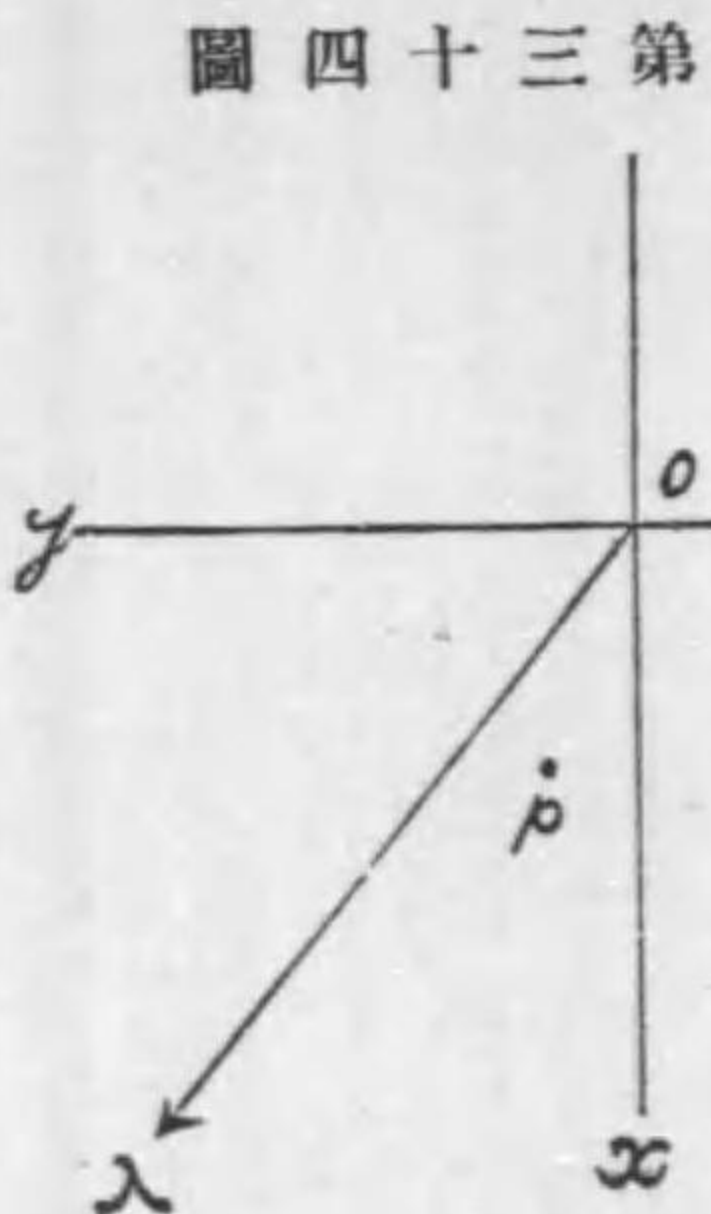
であれば、地球上一定點の緯度は自ら變化するに至るものであります。兩氏が調査したのは此の緯度で、研究の結果此れは殆ど十四ヶ月を週期として一種の變化をなすものであることが分りました。茲に於て此現象は緯度變化 (Variation of Latitude) と稱せられ、天文學者及地學者の呼び物となりました。

今北極の平均位置を基點Oとし、これから英國グリニチに向ふ線をx軸とし、西經90°の線をy軸とし、或時刻tに於ける北極の位置Pの坐標をx, yで表はせば、西經λの地方では平均位置に照したる緯度λ

$$\text{緯度變化} = a \cos \lambda + y \sin \lambda$$

を生じます。

勿論λは時と共に變化するものでありますから、是等を精密に決定し様とすれば、數多の觀測地で緯度變化を決定し、是等から最小自乗法でλとγとを定めることが出來るのであります。此問題が地學者の注意を引いて1886年萬

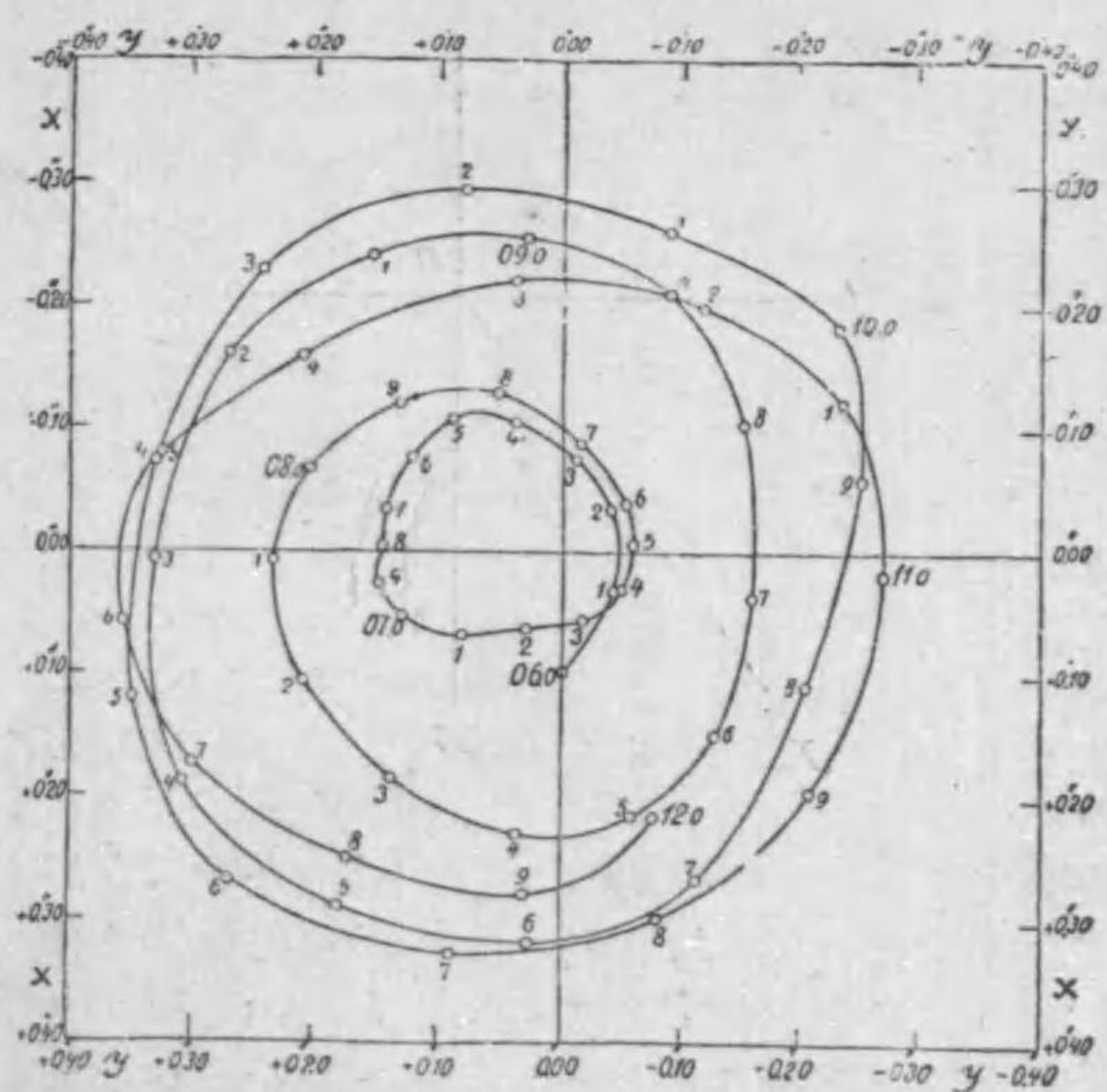


第三十四圖



國測地學會が萬國協力で同緯度の帶上に經度の成丈相離れた天文臺を設立

圖五十三第



は極めて大体のことで、其實非常に複雑なる變化を呈し、其法則は未だ以て充分

して、時々刻々その變化を決定することを決議し、1900年から其事業を開始しました。かくて我國水澤にも萬國緯度觀測所が設立せらるゝこととなつたのであります。事業開始後近頃に至るまでの間に用ゐて北極の移動を示したものは第三十五圖であります。

此圖から分る通り、極の位置は殆ど一ヶ月精しく言へばその日位で大凡原位置に返るものゝ、夫れ

などは分りませぬ。尙此研究の進行中、水澤の木村榮博士は萬國の觀測結果は何れも  $a \cos \lambda + b \sin \lambda$  なる變化を除いても尙共通な變化を有することを認めました。之は  $\lambda$  と稱せられ、 $\lambda$  には關係なく一年を週期としたものであります。此の頂は天文學上今尙一種の謎で、果して何を意味するものか學者の頭を悩まして居る所であります。或人は地球上の氣象學的現象や器械による現象と稱し、又或人は天文學常數の尙誤差あるのに歸し、又或人は恒星天の現象として説明せんと試みたともあります。

第三十七節 太陽の視運動

吾等は天體の坐標法を研究した時、黃經黃緯なる一坐標法を考へました。而して其際太陽の運動する面即ち黃道は春分點  $\gamma$  で、赤道と切り合ひ、兩者の間に  $23^\circ 27'$  の角を含むとを觀察しました。そして黃道の位置を決定するには  $\gamma$  點の赤道上に於ける位置と此傾斜を知らねばなりません。而かも是等の二量は赤道上任意の一點から數へた太陽の赤經  $\alpha$  と赤緯  $\delta$  とを數多度觀測すれば、夫等から最小二乘法を利用して其假定點の赤經  $\alpha_0$  と赤緯  $\delta_0$  とを定めると

黃道の位置の決定



が出来ます。此二量が定れば太陽の動く平面が知れます。依て吾等は其平面上に於ける運動を研究すればよいことになります。

今年間引續き太陽の赤經赤緯を觀測し、是等を $\delta$ の値を利用して黃經黃緯に換算したものとします。更に上の如き觀測と共に毎日毎日太陽の視半經をも適當な器械で觀測したものと考へますれば、是等を用ゐて下の如く太陽の運動を研究することが出来ます。

若し地球と太陽までの距離が一定不變のものであれば、視半徑も亦一定不變でなければなりません。然るに觀測を見渡せば之が一定したものでありませぬ。即ち其の最大なる時には $16'18'' = 978''$ でありますが、最も小なる時には $15'46'' = 946''$ を示して居ります。而かも其變化する状態を注意して見ますのに、一定の時日が經過すれば再び元の値に歸ります。是れ即ち地球太陽間の距離が時と共に變化することを示すものであります。

今地球の中心を原點とし極式坐標として黃經と視半徑の逆數(數字に比例した線の長さにて之を表はす)とを採用し、太陽の位置を順次に記入して行けば

太陽の軌道

一列の點が出来ます。是等は全體一つの橢圓上に存在し、只少しく其線からそれて居るのを見受けます。而かもこれは觀測其者が全然正しいならば何れも皆一橢圓の上にあるべきものであるが、只觀測に多少の誤差が免れぬ爲め之に影響せられて橢圓からそちこちにそれた點を生ずるものであると解すべきであります。依て夫等の點を通過する平均曲線即ち橢圓を畫けば、それは太陽の視運動を表はすものになります。且つ之を注意して見れば地球の位置即ち圖の原點が橢圓の一焦點になつて居ることが分かります。

次に太陽が此橢圓の上を行く速度を注意して見るのに、毎日一樣なものでありせんで、段々と變化して行きます。然らば其變化の法則がどうであるかと云ふのに、此橢圓の動徑(Radius Vector)即ち焦點と橢圓上との一點とを結んだ線が一日間に漸次橢圓上を掃ふ間に其畫く面積は年中一定したものであるとの法則に従ふて居ります。此法則の結果として、太陽が地球に遠い時には其角速度は小さく、地球に近い時には角速度が大きくなります。此等の法則は**ケプレル**(Kepler, 1571—1630)が**チホブラヘ**(Tycho Brahe, 1546—1601)の觀測結果

動徑



を吟味して導き出しましたものであります。

茲には太陽が地球の周に週轉するものとしてありますが、之をば太陽の周りを地球の方が週轉するものとしても、同様に其現象を説明することが出来ます。

第三十八節 軌道の要素

或與へられたる時刻に於て太陽が其軌道の上に占む可き位置を計算するか、或は逆に與へられた位置に太陽の來る可き時刻を計算するには、豫め之に必要な常數若干を知らなければなりません。此の如き常數をば吾等は軌道の要素 (Elements of Orbit) と稱します。然らば要素とは何んであるかと言ふに、既に見出した  $a, e$  なる黄道面を決定する常數と、其から其平面上に於ける楕圓軌道の大きさを決定するに必要な長半徑  $a$  と離心率 (Eccentricity)  $e$  をも要します。  $e$  とは御存じの通り

$$e = \frac{a - r_p}{a}$$

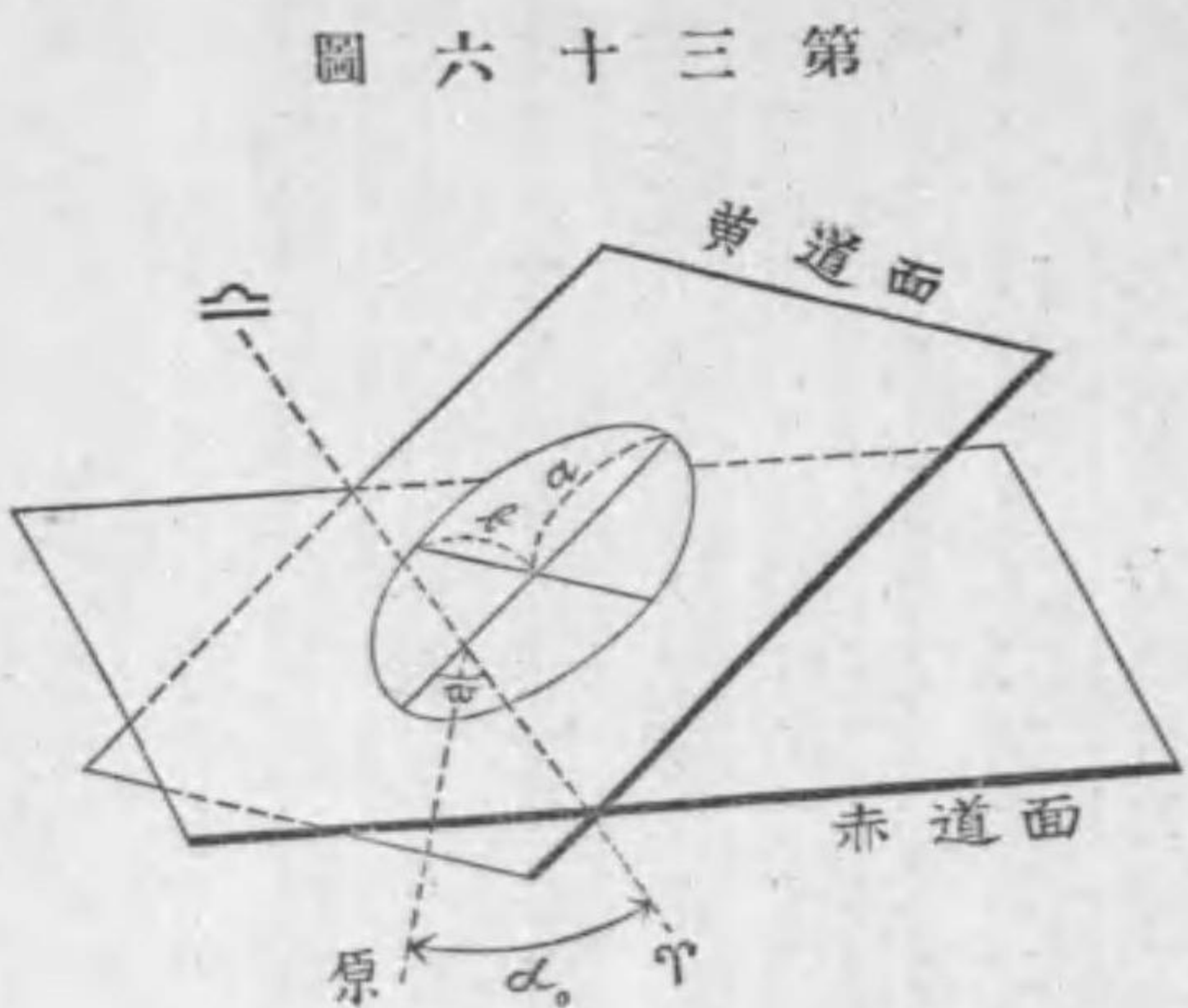
でありまして、かの代に採用したものと云ふ可きものであります。尚更に必

軌道の要素

離心率

近地點

黄經地點の



第三十三圖

の軌道の要素は  $a, e, \omega, \Omega, T, I$  なる七常數となりす。

第三十九節 地球の公轉

第五章 地球

要なとは此の如き大きさを有する楕圓が平面上にどの様に横つて居るかを決めることであります。此目的の爲めには太陽が地球に最も接近した點即ち近地點 (Perigee) の方向が春分點  $\gamma$  から何程隔つて居るか、換言すれば近地點の黄經 (Longitude of Perigee)  $\omega$  を知れば宜しいのであります。

此様に  $a, e, \omega$  を知れば楕圓の大きさも其位置もはつきり定められた譯であります。諸太陽が其軌道を一週轉する週期は一年でありますから、此週期  $Y$  と更に太陽が近地點を通る時刻  $T$  を知りますればケプレルの定律から吾等の望む計算をなし得るのであります。此様に考へて見ると、太陽の視運動



吾々の見た太陽の運動は眞に太陽の動くものと考へても説明し得ますが、太陽が動かずして反對に地球が動くものと見ても宜しい次第であります。即ち天球が固定して地球が廻轉し、且つ太陽の周りを公轉するものと見てもよいのであります。否な既に注意しました如く、其實際を言へば地球の方が動いて居るものであります。果して然らば動くものが太陽であることを如何にして證し得るか、之を質したくなります。何よりも最も強い證據は後に説明する萬有引力の法則が宇宙間に行はれることであります。萬有引力の法則に従へば質量が地球に比べて非常に大なる太陽の方が殆ど静止して居り、地球が其周を週轉することになります。併し此證明は餘り抽象的であるから他の證明を求めますれば、地球が公轉して一年間に其位置を變ずる爲めに遠い天體が年週視差を示すことも其一であります。是れはベツセルなどに發見されて以後疑ふ餘地はありません。又光行差(Aberration)と稱し、地球が公轉する速度に對し天體から來る光線が幾程かの速さを有するものとすれば其結果、其光線が見掛上多少其方向へ曲つて見える筈のものであります。而

年週視差

光行差

ブラッド  
リーの

暗線

ドップラー  
の效果

視線速度

かも實際此現象がブラッドリー(Bradley, 1693-1762)によつて發見せられたので、更に一つの證明法が出來ました。而かも比較的近来に於てなされた次ぎの證明は又一種の面白味を有して居ります。今分光器を用ゐて星から來た光線を分析して見ますれば、星に特有なスペクトルが出來ます。而して其中には細い暗線(Dark Line)が數多見受けられます。是等は何れも皆夫れ夫れ異なる波長を以て居る所の輻射に相當するものであります。倍て光は波をなして進むものでありますから、其光を發射する光源自身が運動致しますると、所謂ドップラーの效果(Doppler's Effect)を現はし發光体が吾等に近づく場合には波長は短くなり、反對に遠かるに長くなります。此様に波長が變ればスペクトルの位置が莖色の方へか或は赤色の方へ移動します。吾等は其動いた高を精密に測定して星の視線速度(Radial Velocity)、星の速度を視線の方向へ分解したものであります(決定することが出来るのであります)。此様にして或星の視線速度を測定して見るのに、一ケ年を週期とした小さい變化を伴ふて居ります。而かも此變化は數多の星に共通であるのと、其



實測し得た變化が地球が太陽の周りに公轉するものと假定して計算した結果と一致する所より考ふれば、地球の方が公轉するものと考ふることの至當なることを知り得る筈であります。

## 第六章 時

### 第四十節 回歸年

太陽が春分點 $\gamma$ を通りまして北方に行く時刻から始めて再び春分點に戻つて来るまでの日数は365.2422であります。吾等は之を**回歸年** (Tropical Year) と稱します。更に小數以下を換算して見ますれば

$$\text{回歸年} = 365 \text{ 日 } 5 \text{ 時 } 48 \text{ 分 } 46 \text{ 秒}$$

となりまして、是れは吾等が日常用ゐる所の一年であります。

諸春分點が天球上に固定した點として今まで説明して參りましたが、果して其様に天球上に永久静止した點であるかをも注意して調べて見なければなりません。而かもこれが割合に著しく移動するものであると云ふとは既に二千年以前に**ヒツバルコス** (Hipparchus, 190-120 B.C.) が云ふ人が彼よりも以前

回歸年

新星

の人の觀測結果と自分の行ひました結果とを比較して發見した所であります。彼れは紀元前134年に出現しました**新星** (New Star) の天球上の位置を後世の人々に傳へんが爲に、自ら天空上恒星の位置の觀測を行ひました。所が之を**チモカリス** (Timocharis) や**アリスチルス** (Anstillus) の結果と比べた所が、恒星中には新たに出現したと思はれるものもなければ、或は又以前に觀測されて居つて今は消滅してなくなつたものをも發見し得なかつた相であります。恒星全部に亘りて其時の黃經が著しく變化して居ることに氣が付きました。而かも黃緯の方が變化しませぬので、彼れは此現象をば赤道が黃道と同じ角をなし其交點即ち春分點が毎年 $360^\circ$ づつ天球上を逆行するものと解釋したのであります。

今此現象を一層よりよく納得し様と思ふならば、同一の星若干を撰び、其古い觀測と近來の之を書き寫し、之等の位置をば共に黃經黃緯に換算して見れば宜しいのであります。そうすると黃緯は變化を示さないが黃經の方が變化して參ります。茲には先づ北極星の古來の觀測を若干披露しました。



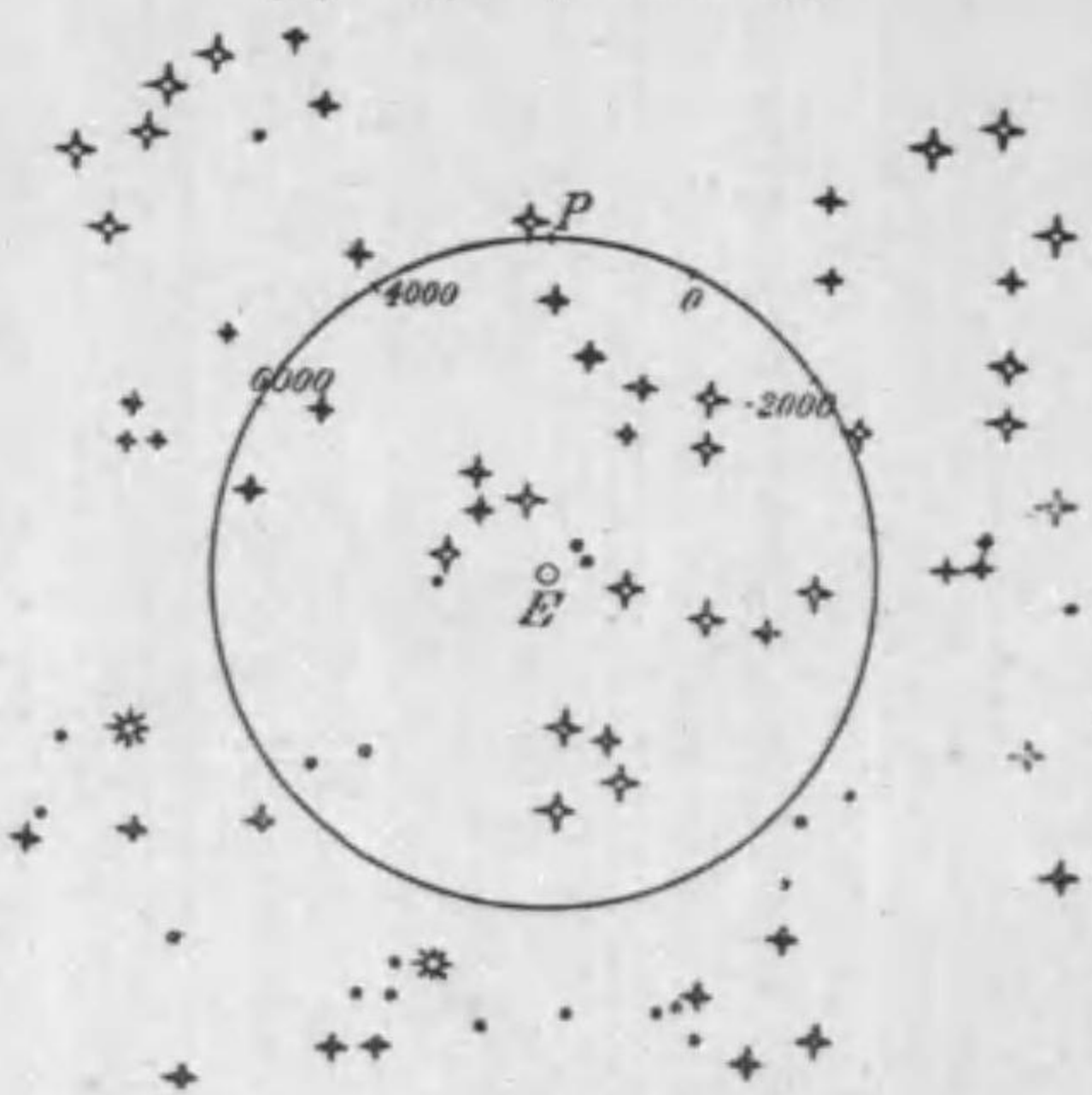
観測の時	赤經	北極距離	黄經	黄緯
1690	0 33 54.3	2° 21' 33"	84° 14.4	66. 37.9
1755	0 43 42.8	2 0 19	85 8.4	66 4.3
1800	0 52 25.3	1 45 36	85 46.2	66 4.7
1850	1 5 1.3	1 29 25	86 28.1	66 5.0
1900	1 22 33.4	1 13 33	87 10.1	66 5.4

今是等の観測を計算し直した最後の二行を見れば、直ちに分る様に黄經の方が、其價が時と比例して漸次増加して居ります。是等から其増加する割合を求めると、**ピツバルコス**の出したよりも一層大なるもので、一年に  $50.72\dots\dots$  と言ふものになります。此現象は**分點の歳差**(Precession of Equinoxes)と稱せらるもので、支那に於ても早くより知られて居りました。

換言すれば歳差なる現象は赤道の極、即ち吾等の北極とか南極とか云ふものは何時でも黄道の極から  $23^{\circ} 27'$  丈離れて居り、此角度を半径として、等一の角速度を以て其周に圓を畫くものであります。第三十七圖に示したのは即ち

分點の歳差

第三十七圖



此圖で、今から  $4000$  年程以前には北極星とも云ふ可きものが龍座  $\alpha$  星であつた譯で、今後  $12000$  年も経過しますれば、琴座  $\alpha$  星が北極に最も近いものとなるのであります。然らば幾年で赤道の極が黄道の極の周を一週轉したるか云ふのに、大凡  $26000$  年であります。

然るに第十八世紀に光行差を發見した**フラツドリ**は赤道の極の運動は第三十七圖に示した様に簡單に小圓上を行くものではありませんが、尙一層複雑なものであるを發見しました。即ち北極は  $1856$  年を週期とし、 $31.2$  丈此小圓の内外へ振動を示すものであります。天文學者は此の如き現象を**章動**(Nutation)と稱します。此結果として春分點の移動は大体時に正比して行はるゝものであるが、 $1856$  年に少しばかり週期的遅速を伴ひま



す。依て此小さな變化を去つた所謂平均春分 (Mean Equinox) に照らした太陽の週轉週期をば回歸年として採用します。

#### 第四十一節 恒星年

恒星年

恒星年 (Sidereal Year) と云ふのは、太陽が黄道上の一點から出發して再び其點に歸るまでに要する時間であります。故に若し春分點が天球上に固定するものならば上に定義を下した回歸年其者が恒星年と等しかるべき筈であります。而かも上に説明した様に、 $\gamma$  點は毎年  $50.72$  づつ天球を逆行する爲めに、恒星年の方は回歸年に比し太陽が  $50.72$  丈黄道上を進行するのに必要な時間丈より長いものになります。即ち恒星年の長さは

$$\text{恒星年} = 365 \text{ 日 } 6 \text{ 時 } 9 \text{ 分 } 9.97 \text{ 秒}$$

であります。尙ほ此外

#### 第四十二節 近點年

近點年

と稱する一種の週期があります。これは英語で Anomalistic Year と稱せらるゝもので、太陽が近地點を出發して再び其點に歸へり來るまでに要する期間を

さすものであります。近地點が天球上を動かあひものであるれば近點年も恒星年も勿論同じものであるが、其實近地點も亦移動します。而して一年につき  $11.725$  づつ黄道に沿ふて順行するものであります。依て近點年の方は恒星年よりも一層長いもので、太陽が  $11.725$  丈進行するに要する時を加へなければなりません。そこで

$$\text{近點年} = 365 \text{ 日 } 6 \text{ 時 } 13 \text{ 分 } 48.09 \text{ 秒}$$

と云ふ結果を得ることになります。今回歸年を Y で、恒星年を S で、又近點年を A で示しますと、是等三種の週期間には

$$Y : S : A = (360^\circ - 50.72) : 360^\circ : (360^\circ + 11.73) = 365.2422 : 365.2564 : 365.2603$$

と云ふ關係が成立するのであります。

以上述べました三種の週期は大體は似たものでありまして、短い年數の間丈では著しい差を起すものでありませぬが、其小さな差も永い年月を繰返せば、決して侮るとの出來ないものになります。偕是等の週期中吾々地球上に生活するものに取つて大切なものが何れかと云ふのに勿論季節と最も親密な

三種の年の比較



關係を有する回歸年であります。

#### 第四十三節 太陽日

一年即ち回歸年は長い時を計る單位としては勿論申し分のないものであります。が、短い時の單位としては適當でありませぬ。故に此目的の爲めには他のものが必要になります。而かも其單位は使用する人間に都合のよいものでなければ不便であります。乃ち晝あり夜あり之を一日と云ふと言ふのは地球の人類に取りて自ら時の單位となるに相違ありませぬ。

吾々の既に第十五節に於て導きました一恒星日即ち春分點の時角が $360^{\circ} \div 24$ 時間丈増加するに要する時間は此晝あり夜ありの一日と大體合一したものでありますから、一寸考へるご之を其儘短い時間の單位としても宜しい様に思はれます。が、而かも其實此週期は前に述べて置いた通りに太陽にも關係があるものゝ、重に恒星の日週運動に關係したもので、直接には太陽と關係したものでありませぬ。

太陽は恒星の間をば順行して一日につき、ざつと一度動きますから、今日の正

太陽日

午に太陽と同時に子午線を經過した恒星が明日の正午に再び子午線上に來ますが、太陽の方が未だ子午線に到達せないのであります。即ち恒星の一日は太陽の一日よりもより早く經過し去るものであります。恒星日は之を決定する上から言へば、甚だ簡單に參ります。が、太陽の光に浴して生活する吾々には實用上不便を來すものであります。依て丁度後に示す様に面倒なものでありませんが、太陽を基として所謂太陽日(Solar Day)なるものを制定する必要を感じます。

太陽が其軌道上を運動する際ケプレルの第二法則に従ふものであります。故に地球からの距離が大なる時には遅く動き、夫れが小なる時には速く動くものであります。従て太陽が其地の子午線を經過してから再び經過するまでの週期は一定したものでなしに、一年中絶えず變化することになり、實用上甚だ不便なものとなります。時計を作るに當り毎日毎日其速度を變ずる様に器械を工夫することが不可能でないにしても不便は大したものであります。

されば茲に一個の假想太陽(Fictitious Sun)を考へて、夫れが眞の太陽と同時に



天文學的  
平均太陽

平均太陽  
日

點を出發し、而かも赤道上一様な速度で進んで行き、一回歸年の後には矢張り眞の太陽と共に出發點に歸へるものとするのであります。天文學者は此様な假想天體をば天文學的  
平均太陽 (Astronomical Mean Sun) 或は單に平均太陽 (Mean Sun) と稱します。而して此の天體が或る地の子午線を經過する時から起算し其の時刻から次ぎの子午線經過に至るまでの時間をば平均太陽日 (Mean Solar Day) と稱し、日常吾々の使用する一日を定めるのであります。かくて一平均太陽日を等分して其一を一時間、一時間の三分の一を一分、一分の三分の一を一秒と稱するのは誰も知つて居る所であります。

第四十四節 恒星日と平均太陽日との關係

吾等は天文學研究の便宜上恒星日を採用するとは既に述べた通りであります。而かも一方には平均太陽日をも採用致しましたから、是等兩者を比較して置かねばなりません。

倍上に述べた假想天體が、勿論一回歸年間に天球を一週轉する者でありますから、其ものが 365.2422 回週轉する間に恒星を載せた天球の方が 366.2422 丈週

恒星及平  
均太陽日  
の比較

轉することになります。依て

$$365.2422 \text{ 平均太陽日} = 366.2422 \text{ 恒星日}$$

$$\therefore \text{一平均太陽日} = \frac{366.2422}{365.2422} \text{ 恒星日}$$

$$= 1.00273791 \text{ 恒星日}$$

$$= 1 \text{ 日 } 0 \text{ 時 } 3 \text{ 分 } 56.5554 \text{ 秒}$$

$$\text{又} \quad \text{一恒星日} = \frac{365.2422}{366.2422} \text{ 平均太陽日}$$

$$= 0.99726957 \text{ 平均太陽日}$$

$$= 23 \text{ 時 } 56 \text{ 分 } 4.0906 \text{ 秒}$$

後の便宜の爲め吾等は  $\frac{366.2422}{365.2422}$  なる常數を  $\mu$  で表はします。

第四十五節 時の觀測及換算

吾等が日常使用して居ります所の一日とは如何なるものかは既に説明しましたが、これから此平均太陽日を單位として如何にして平均太陽時 (Mean Sol-

平均太陽  
時



at time)を決するかを一言せねばなりません。

平均太陽時とは丁度恒星時と同様で、或地に於ける平均太陽の時角を云ふのであります。換言すれば平均太陽が其地の子午線を經過する時刻を起點として其以後の時間を平均太陽日及び其小分けした單位で數へたものであります。

所で或地の平均太陽時を決定し様としても、平均太陽は目を以て見得ぬ全然假想のもの故其經過を直接に觀測して定めることが出来るものでありませぬ。必ず實際眼で觀測の出来る恒星か或は太陽其者を觀測して間接に之を決定するより外に道はないのであります。

若し恒星又は太陽を觀測して平均太陽時を定め様とするならば子午線なり或は任意の垂圈なりで之等の經過を觀測し、其時刻を高度と共に記録します。今觀測地の緯度をφで、觀測した星の其時刻の位置をα、δで、又觀測の時が時計面上θであり、其時の天頂距離がζであるとするれば、此星の時角ιは次ぎの式から計算することが出来ます。

單一高度  
時角  
決定  
式

$$\sin \zeta = \frac{\sin \alpha \cos \delta \cos \theta + \sin \alpha \sin \delta \sin \theta}{\cos \varphi}$$

$$\tan \iota = \frac{\sin \alpha [\cos \theta \sin \delta + \sin \theta \cos \delta]}{\cos \alpha [\cos \theta \sin \delta + \sin \theta \cos \delta]}$$

即ちφ及びδが知れて居れば觀測したζを用ゐてιを計算し得るのであります。此時角ιは既に吾々の知つて居る通り、0°でありますから、

$$\theta = \iota + \alpha$$

を得ます。此式でθは觀測をなした時刻に相當する恒星時で、即ち求むる所のものであります。而かも此の時刻は時計面上θでありましたから、其修正(Correction)をJθで示せば

$$\theta = \theta + J\theta = \iota + \alpha$$

$$\therefore J\theta = \iota + \alpha - \theta$$

となります。かくて一旦Jθが分れば、其後は時計の示す時刻に此修正を施して恒星時を知り得るようになります。

但し子午線觀測(Meridian Observation)を行ふ場合には上の様に面倒な式を解く

時計修正

子午線觀測



必要がなくなつて都合が宜しいものであります。何せと言ふのに、其時には

$$\psi = \theta - \delta$$

となりまして、上の式を一寸見れば分る様に

$$\sin \frac{1}{2} t = 0, \therefore t = 0$$

となるからであります。依て

$$V_0 = \alpha - \delta$$

丈の計算を行へばそれで充分であります。

此様にして任意の地では任意の時刻に其恒星時を知ることが出来ますが、之を平均太陽時に直すにはどうしたなら宜しいでせうか。今其要點丈を一寸述べて置きませう。

此求め様とする平均太陽時は平均太陽の時角でありますから、此際入用なのは其時刻に平均太陽の有する赤経Vであります。若し夫れが分りさへすれば求むる平均太陽時Tは

$$T = \theta - V$$

となります。依て必要なのはVを求むる方法であります。之を根本的に行ふとは天體曆の計算で茲に述べ兼ねる所でありますから、グリニチ子午線を經過する時に平均太陽の有する赤経即ち換言すればグリニチ平均正午の恒星時V<sub>0</sub>が天體曆に掲載してあり之を用ふると宜しいことを注意して置き、倍Tを計算する方法を述べませう。

先づ観測者の経度がLであるとするれば、此處でθの時にグリニチではθ+Lと云ふ恒星時を示して居る筈であります。故にグリニチでの平均太陽の時角はθ+L-V<sub>0</sub>であります。併し此れは恒星時で表されて居ります故、μで割れば平均太陽時で示したものになります。底で更に観測地の時角とするには夫れから經度を減すれば宜しいのであります。即ち

$$T = \frac{\theta + L - V_0}{\mu} - L$$
$$= \theta - V_0 - (1 - \frac{1}{\mu})(\theta + L - V_0)$$

例、仙臺愛宕山で、大正二年八月三十一日、恒星時計が18<sup>時</sup>33<sup>分</sup>38<sup>秒</sup>の時に琴座

恒星時を  
知りて平  
均太陽時  
を求めむ



α星が子午線を經過したのを観測したとすれば、其時計の誤差は何程でありますか。尙又其観測をなした時刻に於ける平均太陽時を計算せよ。  
 解 観測した星は子午線の上にあるとのとでありますから、

$$\alpha = 18^{\text{時}} 34^{\text{分}} 1.9^{\text{秒}}$$

$$-\theta = -18^{\text{時}} 33^{\text{分}} 38.0^{\text{秒}}$$

$$\Delta\theta = + 0^{\text{時}} 0^{\text{分}} 23.9^{\text{秒}}$$

次に愛宕山の經度Lは本曆から、V<sub>0</sub>は天體曆から取りまして

$$\theta = 18^{\text{時}} 34^{\text{分}} 1.9^{\text{秒}}$$

$$L = - 9^{\text{時}} 23^{\text{分}} 30^{\text{秒}}$$

$$-V_0 = -10^{\text{時}} 32^{\text{分}} 17.2^{\text{秒}}$$

$$\theta + L - V_0 = 22^{\text{時}} 38^{\text{分}} 14.7^{\text{秒}}$$

$$\frac{1}{\mu}(\theta + L - V_0) = 22^{\text{時}} 34^{\text{分}} 32.2^{\text{秒}}$$

$$-L = 9^{\text{時}} 23^{\text{分}} 30^{\text{秒}}$$

$$T = 7^{\text{時}} 58^{\text{分}} 2.2^{\text{秒}}$$

次に尙茲に注意して置く必要のあるのは平均太陽時を知つて居て、地方恒

平均太陽時より恒星時を求む

星時を求むる方法であります。上の方程式をばθについて解いて次式を得ます。これが即ち求むる公式であります。

$$\theta = V_0 - L + (T + L)\mu$$

例、東京天文臺に於ける平均太陽時 1913年8月31日 9時35分47.9秒を知りて、之に相當する恒星時を求む。

$$V_0 = 10^{\text{時}} 36^{\text{分}} 13.8^{\text{秒}}$$

$$-L = + 9^{\text{時}} 18^{\text{分}} 58.0^{\text{秒}}$$

$$V_0 - L = 19^{\text{時}} 55^{\text{分}} 11.8^{\text{秒}}$$

$$\mu(T + L) = 0^{\text{時}} 16^{\text{分}} 51.8^{\text{秒}}$$

$$\theta = 20^{\text{時}} 12^{\text{分}} 3.6^{\text{秒}}$$

天球上の恒星が何時子午線を經過するかを知らんとすれば、是非とも恒星時を知らねばなりません。而かも一般の人々に此様な計算を毎々行はせ様として面倒な次第でありますから、次に一年中の平均太陽時をば恒星時に換算する簡単な表を添へました。



### 恒星時に換へる表

10	午					後	
	0	2	4	6	8	10	12
時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分	時分
16 40	18 40	20 40	22 41	0 41	2 41	4 42	6 42
17 40	19 40	21 40	23 41	1 41	3 41	5 42	7 42
18 40	20 40	22 40	0 41	2 41	4 41	6 42	8 42
19 40	21 40	23 40	1 41	3 41	5 41	7 42	9 42
20 40	22 40	0 40	2 41	4 41	6 41	8 42	10 42
21 40	23 40	1 40	3 41	5 41	7 41	9 42	11 42
22 40	0 40	2 40	4 41	6 41	8 41	10 42	12 42
23 40	1 40	3 40	5 41	7 41	9 41	11 42	13 42
0 40	2 40	4 40	6 41	8 41	10 41	12 42	14 42
1 40	3 40	5 40	7 41	9 41	11 41	13 42	15 42
2 40	4 40	6 40	8 41	10 41	12 41	14 42	16 42
3 40	5 40	7 40	9 41	11 41	13 41	15 42	17 42
4 40	6 40	8 40	10 41	12 41	14 41	16 42	18 42
5 40	7 40	9 40	11 41	13 41	15 41	17 42	19 42
6 40	8 40	10 40	12 41	14 41	16 41	18 42	20 42
7 40	9 40	11 40	13 41	15 41	17 41	19 42	21 42
8 40	10 40	12 40	14 41	16 41	18 41	20 42	22 42
9 40	11 40	13 40	15 41	17 41	19 41	21 42	23 42
10 40	12 40	14 40	16 41	18 41	20 41	22 42	0 42
11 40	13 40	15 40	17 41	19 41	21 41	23 42	1 42
12 40	14 40	16 40	18 41	20 41	22 41	0 42	2 42
13 40	15 40	17 40	19 41	21 41	23 41	1 42	3 42
14 40	16 40	18 40	20 41	22 41	0 41	2 42	4 42
15 40	17 40	19 40	21 41	23 41	1 41	3 42	5 42
16 40	18 40	20 40	22 41	0 41	2 41	4 42	6 42

もので年により四五分の差違を見ることもあります。

### 平均太陽時を

月日	時	午				
		0	2	4	6	8
時分	時分	時分	時分	時分	時分	
I 1	6 38	8 38	10 39	12 39	14 39	
16	7 38	9 38	11 39	13 39	15 39	
31	8 38	10 38	12 39	14 39	16 39	
II 16	9 38	11 38	13 39	15 39	17 39	
III 3	10 38	12 38	14 39	16 39	18 39	
18	11 38	13 38	15 39	17 39	19 39	
IV 2	12 38	14 38	16 39	18 39	20 39	
17	13 38	15 38	17 39	19 39	21 39	
V 3	14 38	16 38	18 39	20 39	22 39	
18	15 38	17 38	19 39	21 39	23 39	
VI 2	16 38	18 38	20 39	22 39	0 39	
17	17 38	19 38	21 39	23 39	1 39	
VII 2	18 38	20 38	22 39	0 39	2 39	
18	19 38	21 38	23 39	1 39	3 39	
VIII 2	20 38	22 38	0 39	2 39	4 39	
17	21 38	23 38	1 39	3 39	5 39	
IX 1	22 38	0 38	2 39	4 39	6 39	
16	23 38	1 38	3 39	5 39	7 39	
X 2	0 38	2 38	4 39	6 39	8 39	
17	1 38	3 38	5 39	7 39	9 39	
XI 1	2 38	4 38	6 39	8 39	10 39	
16	3 38	5 38	7 39	9 39	11 39	
XII 1	4 38	6 38	8 39	10 39	12 39	
17	5 38	7 38	9 39	11 39	13 39	
I 1	6 38	8 38	10 39	12 39	14 39	

注意 本表は恒星時の概数を示すに止まる

例一、五月二十七日午後六時貳拾分に於ける恒星時を求む。  
 表から五月十八日の午後六時の恒星時は九時四十一分、同八時には十一時四十一分、同六時には十時四十一分なることが分る。故に挿入法(Interpolation)に據り求むる恒星時は十時三十七分であることが分る。

例二、十一月三日恒星時零時零分に於ける平均太陽時を求む。



表を見るに十一月一日午後八時の恒星時は二十二時四十一分で、十六日午後八時の恒星時は二十三時四十一分であります。故に十一月三日の午後八時の恒星時は二十二時四十九分であります。同様に十一月三日午後十時の恒星時は零時五十分、故に十一月三日の恒星時零分は午後九時十分なることが分ります。

例三、

七月七日に於ける織女(β Lyræ)は子午線上経過の時を求む。  
織女星の赤経は十八時三十四分であるから、其子午線上経過の恒星時は十八時三十四分である。依て七月七日に恒星時十八時三十四分に相當する平均太陽時を求むれば、これが當日に於ける該星の子午線上経過の時刻であります。かくて上表により直ちに午後十一時三十三分なることが分る。

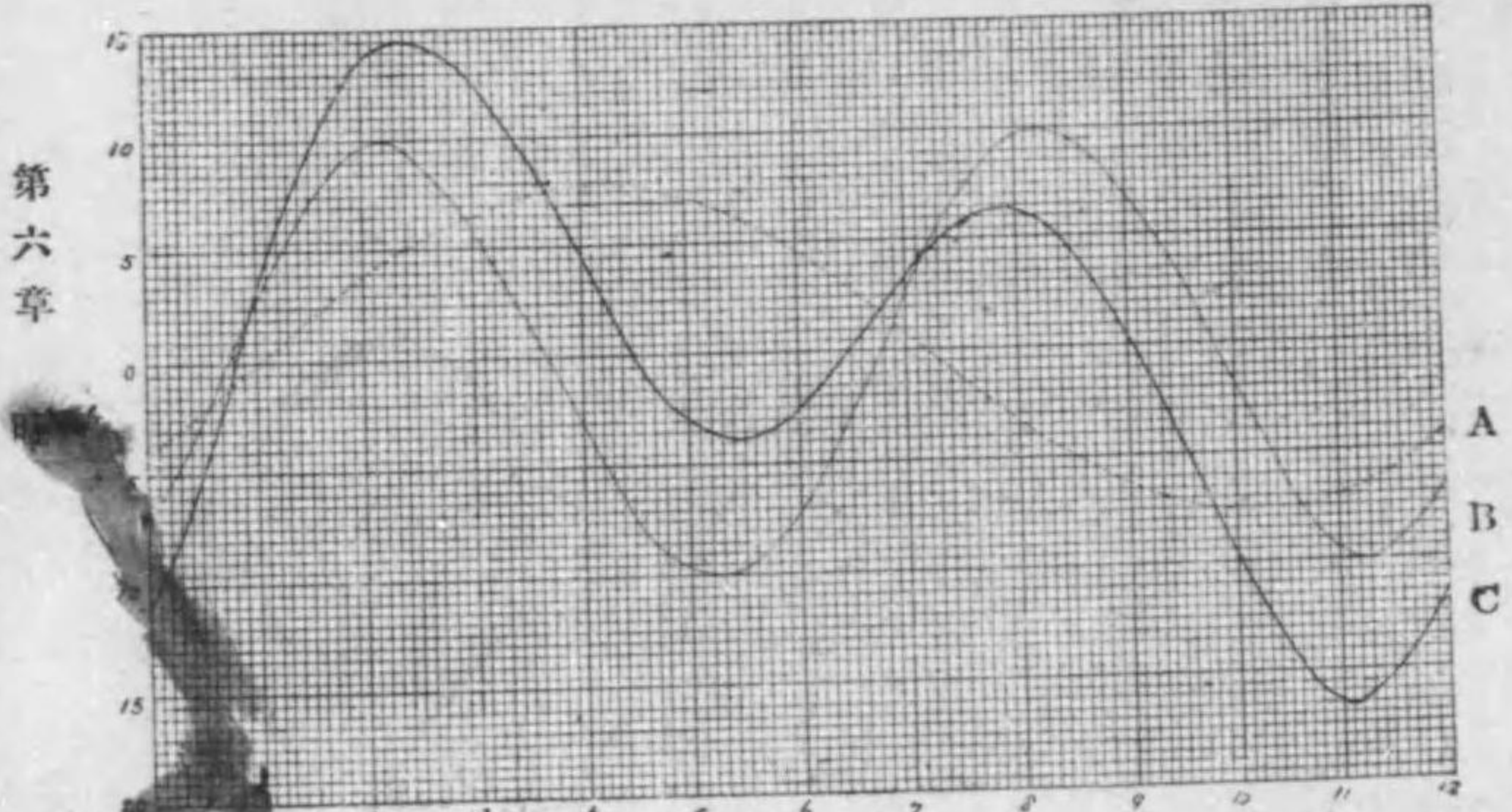
斯くして得たる時は勿論地方時であるから、之を標準時にするには後節に示す所により經度に対する改正をする必要があります。例へば東京(東經九時十九分)に於ける時刻を中央標準時(東經九時の子午線に準ず)に改正するには、經度差十九分を減すれば宜しいのであります。故に東京に於て七月七日に織女星が子午線上経過する時刻を中央標準時で示せば午後十一時十四分となりませぬ。

### 第四十六節 時差

今直接に太陽の子午線経過の時刻を観測したものとすれば真太陽時(True Solar Time)の始めが分ります。さて是から平均太陽時を決定し様とすれば吾等は平均太陽時と真太陽時との差即ち時差(Equation of Time)を求めて之を上のも

時差

第三十八圖



第六章

のに加へて、前者を知り得る様にせなければなりません。而も此時差なるものは決して簡單なるものではありません。此は一年に四回は消失して零になりますが、一年間に甚だ複雑なる變化を呈するものであります。今其成立を考へますのに、吾等の導き入れた天文學的平均太陽は赤道上を等一の速度で動くものであります。さて此様に假想太陽に因つた時と真太陽に因つた時との差を直接に考へると込み入つたことがあります。故更に其中間に今一個の假想天體を取つた方が都合が宜しいのであります。即ち今度の分は赤道ではなしに、黄道上其の近地點をば真太陽と同時に出發して而かも等一の



力學的  
平均太陽  
中心差

速度を以て進行し、一回歸年の終りに真太陽と同時に再び近地點に歸へつたものご考へるのであります。かくの如くにして先づ第一に此平均太陽即ち力學的  
平均太陽(Dynamical Mean Sun)の黄經と真太陽の黄經との差を考へて見ませう。そうすると此差即ち中心差(Equation of Centre)は一近點年を週期として變化するもので、其變化の模様はざつと次の様なものであります。近地點は勿論のこと又其近傍では、太陽は平均よりも大なる速さで動きますから、平均太陽の方が後れます。而かも其後れる現象は近地點から30°までの間繼續し、其處で兩天體の速さが同じになりますから、中心差が極大に達します。其後になりますれば真太陽の方の速度が此平均太陽よりも遅くなります故其差が漸次減少し始め、遠地點(Apogee)では消失するのであります。尙其後にありますれば真太陽の速さが増加するもの、370°までは相變らずより遅い爲め、中心差は270°に至つて極小の價を占めることになります。此様な變化を實際理論から計算致しまして、之を圖に示せば第三十八圖の曲線Aの如きものごとなります。

遠地點

赤道へ引  
直し

次に天文學的  
平均太陽の赤經と力學的  
平均太陽の黄經との差、即ち天文學者の所謂赤道へ引直し(Reduction to the Equator)を考へて見ますのに、此方は前よりも複雑な變化を示します。即ち其極大も極小も一回歸年に二回づつあります。即ち第三十八圖のBにある通りに此差は春秋の分點、夏冬の至點に零になります。上に述べた定義を式で示せば

$$(A) = \text{中心差} = \text{太陽の平均黄經} - \text{真太陽の黄經}$$

$$(B) = \text{赤道引直} = \text{平均太陽の赤經} - \text{太陽の平均黄經}$$

であります。依て是等を加へ合せて見れば

$$(A) + (B) = \text{平均太陽の赤經} - \text{真太陽の黄經}$$

ごとなります。此式の右邊のものは既に吾等の時差と定義を下した量でありますから、Aの曲線とBの曲線とを代數的に加へた結果を作れば、第三十八圖で實線で示したCの様な曲線ごとなります。即ち此曲線には大小二個の極大ご更に二個の極小ごを示して居ります。即ち十二月二十四五日頃に零で其れから段々ご大きくなり、二月十一日には極大値(11' 20")を占め、其後漸次減少

時差一年  
中の變化



して四月十五六日頃零となり、其後は(二)の量となりて五月十四日頃極小 $1^{\circ}30'$ となり、之より増加して六月十四日頃再び其價が零となります。其後更に増加して七月二十六日頃には第二極大 $6^{\circ}15'$ となり、更に減少して九月一日頃には零となり、十一月二日頃には大極小 $1^{\circ}45'20''$ となり、其後再び増加して十二月二十四日頃零となるに至るものであります。

此様に時差變化の工合を知れば、例へば日時計の様なもので真太陽時を決定すれば之に時差を加へて平均太陽時を求めることが出来るのであります。

#### 第四十七節 標準時

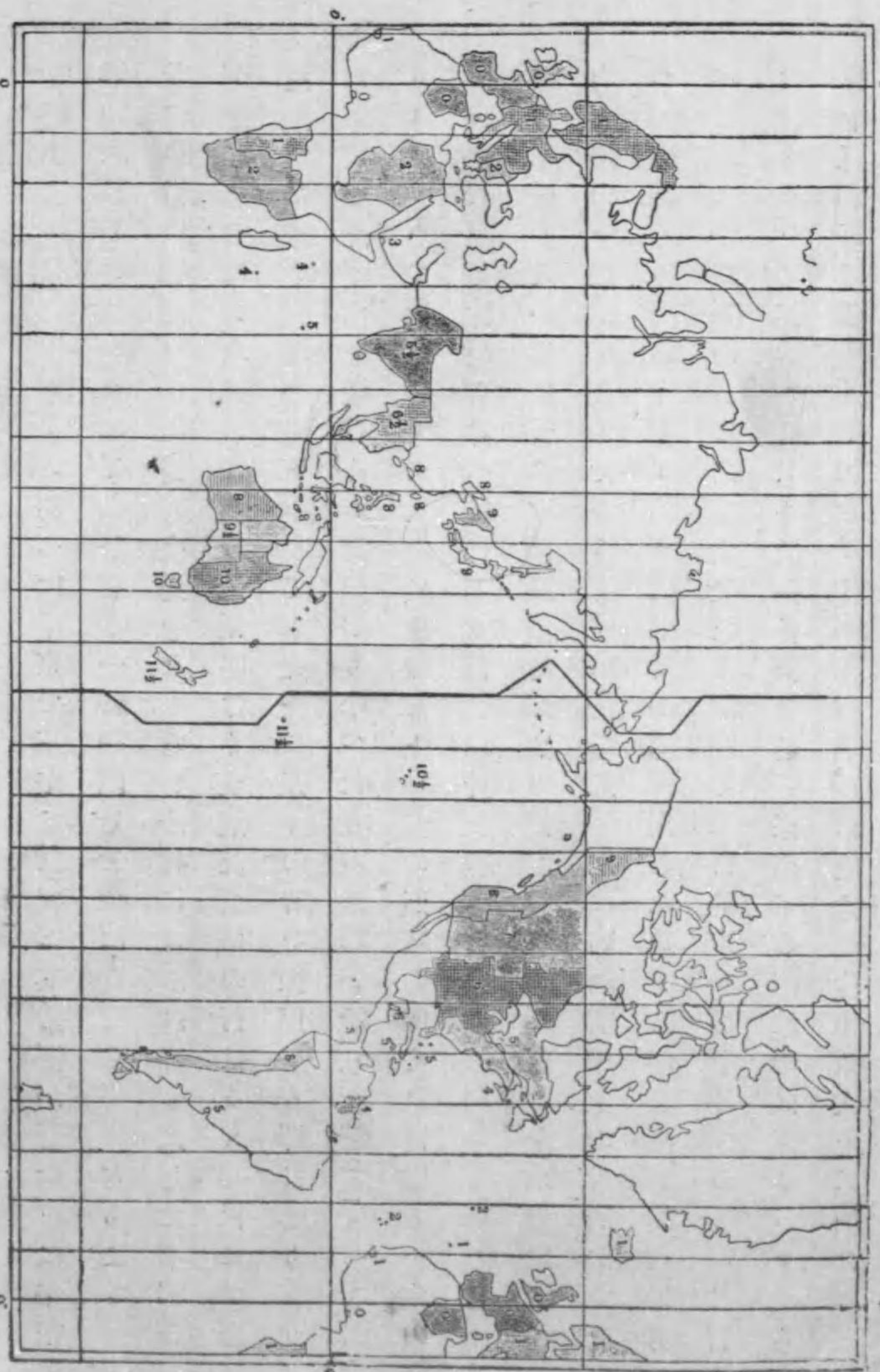
既に述べました通り、ある土地で時を計るには其地の子午線をば春分點なり、平均太陽なりが經過する時刻を起點として日を起し、一時、二時と算すること、は最も正當な仕方であります。此の様な時刻をば地方時(Local Time)と稱し、更に地方恒星時或は地方平均太陽等と稱します。然るに其地方平均太陽時について申せば、尙ほ不便な點があります。と言ふのは此様にすれば地方の異なると共に同一時刻に對して各地で異なる數字を以て示した者を以て之

#### 地方時

#### 標準時

を呼ぶことになります。例へば東京で正午と稱する其時刻が青森では午後零時四分で呼ばれ、京都では午前十一時四四分で呼ばれることになります。昔時の様に各地互に頻繁な交通をなさない時代にはこれでも大した不都合が生じませぬが、今日の如き彼は絶間なく交通及通信の行はるゝ時世には鐵道や電信等の目的からどうしても此様に區々の時を採用する譯に参りませぬ。底で此不便を避けんが爲に起り來つたものは標準時(Standard Time)であります。さて標準時と云ふのは地球面上一定の區域の間丈は何處も一定の時間を採用し、村から村へ旅行する毎に時針を變へなければならぬと言ふ様な不便のない様に、大凡其區域の兩極端の經度の平均に當る土地の地方平均太陽時を採用するのであります。併し此方法は勿論實用上の目的から起つて來たものでありますから、標準時即ち採用した地方時が、其兩極端の地方時と非常に間隔のある様では矢張り便利でふ目的の一部を達するものとは言はれませぬ。其爲めに現今世界各國で重に採用する標準時はグリニチから各十五度毎に標準子午線を設け、其左右 $75^{\circ}$ の地方に住する人々は何れも其





標準時圖九十三第

標準子午線の地方時を採用することを概則として居ります。されど國境や、地勢や行政區域の關係などから其東西より以上の範圍に亘ることのあるのは勿論であります。例へば我日本では東經  $120^{\circ}$  の八時線と、 $135^{\circ}$  の九時線とを標準時とし、八重山群島が前者に屬するが沖繩などは後者に屬するなどが其一例であります。第三十九圖は實際世界各國で使用して居る標準時を示したもので、尙詳細のことは此處に挿入しました表から知ることが出来ます。尙更に學術的關係から言へば標準時を一層理想化し、萬國に共通な一方法を設定することも必要であります。此爲めに所謂萬國時 (Universal Time) としてグリニチ地方時 (恒星並に平均太陽時とも) を採用して居ります。標準時について更に一言せなければなりません。これは經度  $180^{\circ}$  の所は日附 (Date) の變する所であることでもあります。即ち大體此子午線を基として其東方は一日老いた日附を採用します。旅行中急に日附の變するのは不都合であるが、幸にして此子午線は太平洋を通過して居ります。只其邊の群嶋中其一から他へ行くに際し日附の異なる不便をさける爲め、此の日附線 (Date Line) は正しく  $180^{\circ}$

萬國時

日附線







海峽植民地	Straits Settlements	七時間進	關東州	Kwan-tung Peninsula	八時間進
香港	Hongkong		北ボルネオ及ラブアン	North Borneo and Labuan	
澳門	Macao		ホルトガル領ナモル	Portuguese Timor	
フィリピン諸島	Philippine Islands	八時間進	朝鮮	Korea	九時間進
臺灣	Formosa		日本	Japan	
八重山及宮古群島	Yaeyama and Miyako Islands				

亞米利加洲 (America)

カナダ及アメリカ合衆國	Canada and U.S.	四時間進	トリニダード諸島	Trinidad Islands	四時間進
東海岸ヨリ	西經 67°ヨリ		トバゴ	Tobago	
西經 67°ヨリ	全 82°	五時間進	バハマ諸島	Bahama Islands	
全 82°	全 97°	六時間進	パナマ	Panama	
全 97°	全 112°	七時間進	ジャマイカ	Jamaica	五時間進
全 112°ヨリ西海岸	全 120°ヨリ西海岸	八時間進	ブエノスアイレス	Buenos Aires	
ユーコン及シトカ	Yukon and Sitka	九時間進	ペルー	Peru	
イギリス領ギアナ	British Guiana	四時間進	チリ	Chile	
小アンチル	Lesser Antilles		イギリス領ホンジュラス	British Honduras	六時間進

大洋洲 (Oceania)

西オーストラリア	W. Australia	八時間進	南オーストラリア	S. Australia	九時間進
----------	--------------	------	----------	--------------	------

グイクトリア	Victoria	拾壹時半進	ニュー・ジラランド	New Zealand	拾壹時半進
タスマニア	Tasmania	拾時間半進	サンドウイッチ諸島	Sandwich Is.	拾時間半進
ニュー・サウス・ウェールズ	New South Wales	拾時間半進	サモア	Samoa	拾時間半進
クイーンズランド	Queensland				

アイランド(Ireland)に用ゐらるゝダブリン(Dublin)時はグリニチ時より貳拾五分遅れロシア(Russia)の標準時はブルゴヴ(Poulkova)の子午線に準じたるものにしてグリニチ時より貳拾壹分進めり。

グリニチ時より壹時間進みたる標準時を中部ヨーロッパ(Mid-European)時を稱し貳時間進みたるものを東部ヨーロッパ(East-European)時を稱す。

カナダ及アメリカ合衆國に使用せらるゝ標準時をそれ〱大西洋(Atlantic)東部(Eastern)中部(Central)山岳(Mountain)及太平洋(Pacific)時を稱す。

一日の始まる境界線即ち日附線(Date Line)は太平洋中、略ぼ經度百八十度の附近にあり。然れども一線を成さずして屈曲す。即ちベーリング海峡(Bering Strait)アリュート諸島(Aleutian Islands)西部、サンドイツ諸島(Sandwich Islands)の西方、トンガ(Tonga)サモア島(Samoa)の間及ニュー・ジラランド(New Zealand)の東方を通過す。

第四十八節 地球の運動及び之に伴ふ諸現象

地球從て太陽の軌道が23°27'の角を含んで赤道と交り、上に述べた様に運動をするものであるとしますれば、地球の表面上に如何なる現象が起るものなる



天體の出

か、本節には其内大切なもの二三について説明したのであります。先づ第一に太陽の出入について考へませう。今太陽と言はず、一般にある天體の地平線からの出(Rising)及び入(Setting)の時刻及び方位について考ふるに、天球儀を用ゐると至て簡単に此問題を解決することが出来ます。即ち天球儀の子午環を之を入れて居る溝の中に廻轉し、北極が地平環の上方其地の緯度以下暫時、V即ち観測者が北半球にあるものと考へますに等しくなる様に直した後、天球上適當の位置に吾等の考へて居る天體を標記します。さて天球を廻轉して此天體が地平環の平面まで来る様にした時に、子午環に一致した天の子午線の何時何分であるかを記録し、又同時に地平環にも天體と一致した點を標記します。此様にすれば天の南中子午線はθを示すもの故、此と天體のαとの差は出入の時の時角を與へ、又子午線の南點から東又は西へ地平環に記した點までの度数を讀めば之は出入の方位角を與へる基礎となります。若し又此場合に計算で是等を出さうとするならば、先づ出入の場合には天頂距離が90°になりますから

出入の時

$$\cos t = -\tan \delta \tan \varphi = \frac{\cos 90^\circ - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

位

$$\tan \frac{1}{2} \Delta = \sqrt{\frac{\cos \frac{1}{2}(90^\circ + \varphi + \delta) \sin \frac{1}{2}(90^\circ + \varphi - \delta)}{\sin \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi + \delta) \cos \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi - \delta)}}$$

晝夜平分

$$\cos t = -\tan \delta \tan \varphi = \frac{\cos 90^\circ - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

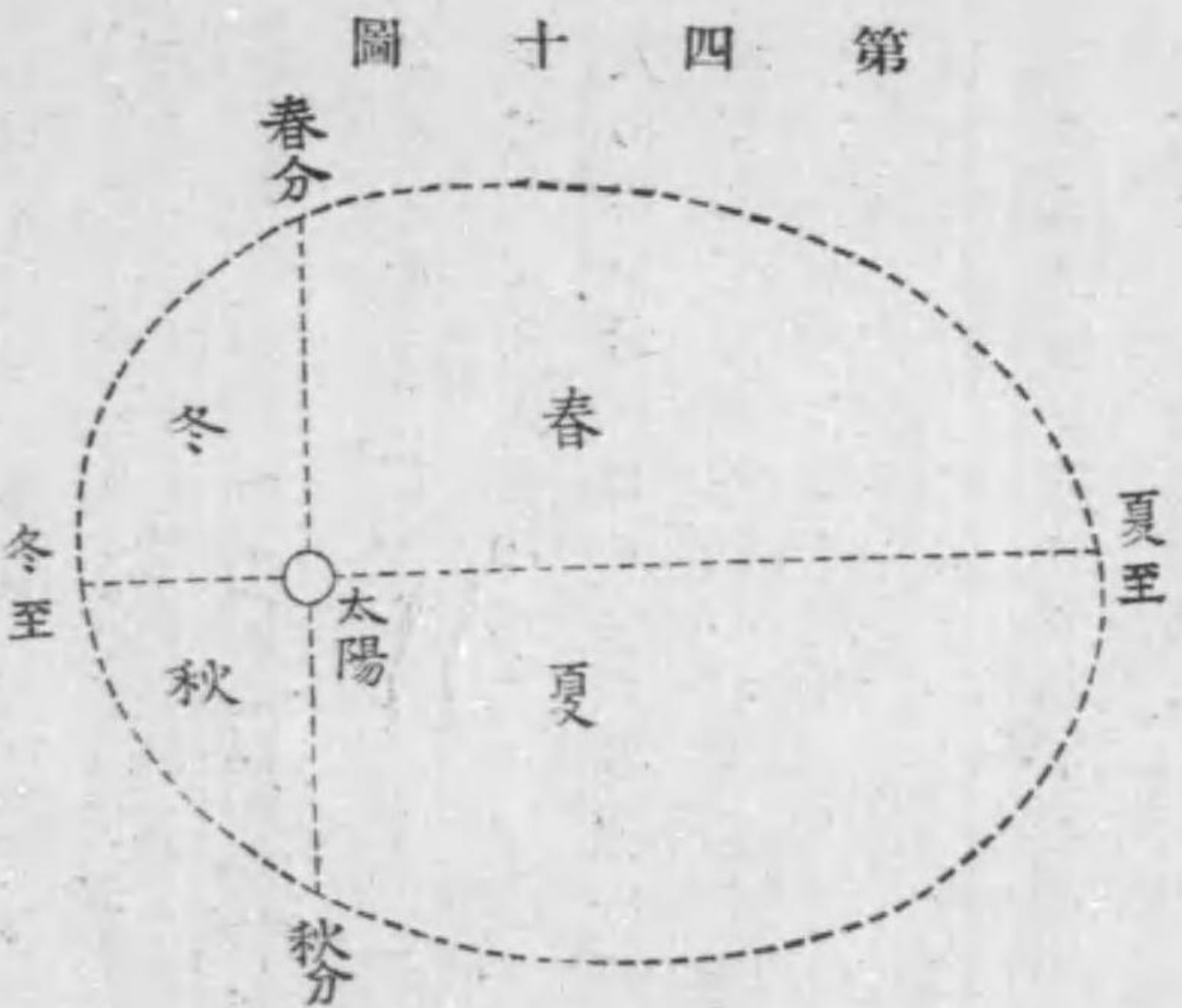
でtを計算することが出来ます。又其方位角の方はなる式から計算せられます。但し濃氣差を勘定に入れますれば、上の二式で90°としてあるものに90°36'と置かねばなりません。更に太陽や月の上端の出入の時を考へると、之に又視半徑を加へて90°52'としなければなりません。次に天球儀を再び持ち出しまして、太陽の位置をば赤道上に記して前と同様に研究を行へば、此時には正東から出でて正西に没し且つ晝夜が半分となります。即ち春秋の分點に太陽の來れる日には所謂晝夜平分の現象を呈します。若し太陽が段々北にあるものとして研究すれば、太陽の出没方位は東西よりも北により、又同時に晝間は長くなります。而して此ことは太陽が一番北方にある時即ち夏至の時まで益々烈しくなり、其時に晝間は最も長く夜間は最も短くなります。反對に赤道から太陽が南方へ動く場合を考へま



すれば、其結果は逆で冬至の時に晝は最も短かく、夜は最も長くなります。若し又観測者が北極から  $23^{\circ} 27'$  以内の所に來りますれば、天球儀の北極を  $0^{\circ}$ 、

以上高くせなければなりません。太陽が夏至にある頃には決して太陽の地平線下に没することの出來ないことを知り得るのであります。これは數式でも簡単に證せられますが、今は略して置きます。上述の様な關係から軌道の傾斜が地球上の氣候に多大の影響を與へることが分ります。今軌道を春分と秋分とを結んだ線と夏至と冬至とを結んだ線とで第四十圖の如く四分すれば、春分から夏至まで太陽の動く間は北半球の人には漸次に暑さが増します。此の部分をば西洋では春 (Spring) と稱します。次に太陽は夏至

春



第四十圖

夏 秋 冬

季節

東洋の四季

立春、立夏、立秋、立冬

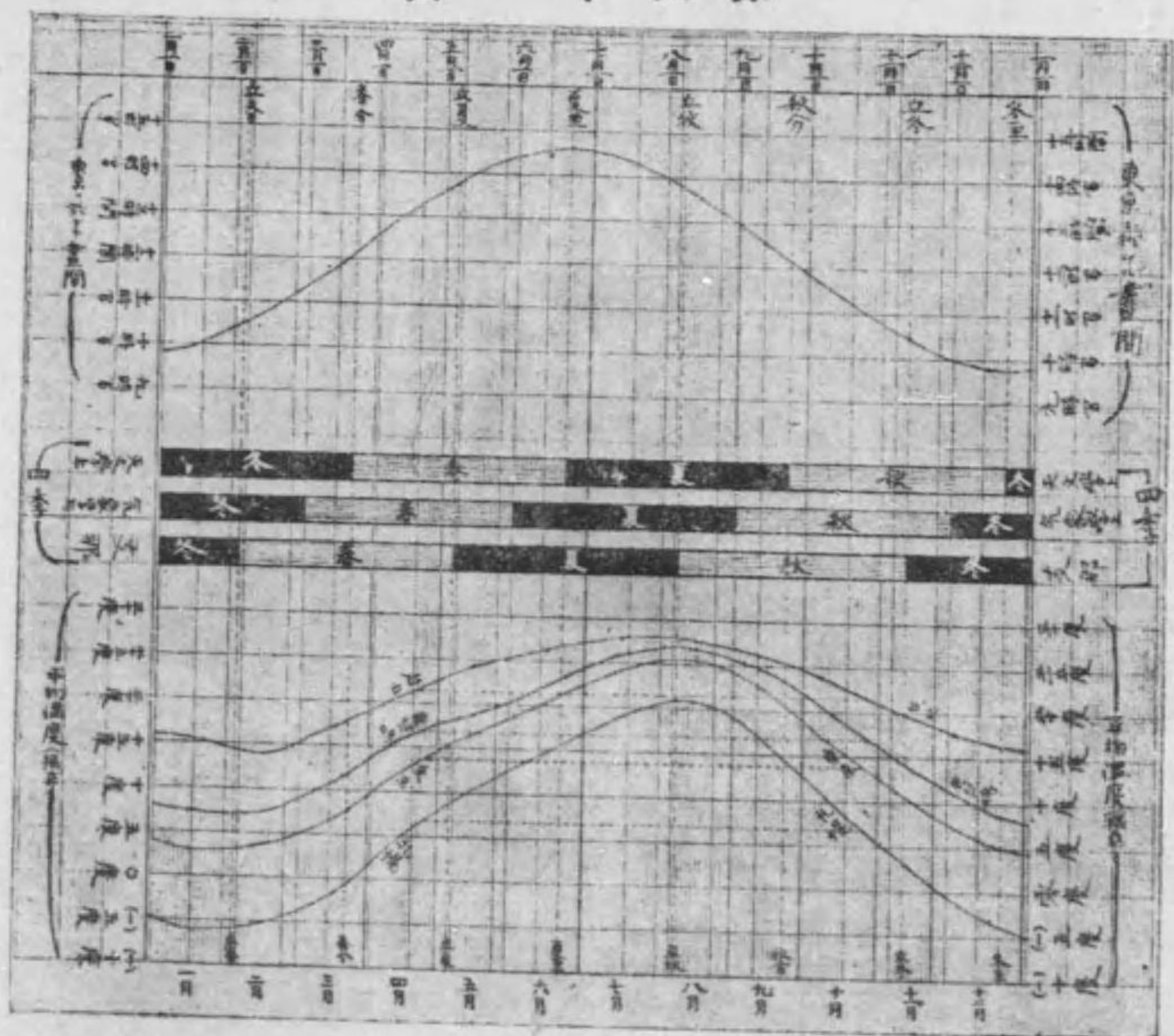
を出發して秋分に至る間は暑い盛から段々と冷に向ふ季節で、之を夏 (Summer) と稱します。夫れから太陽が秋分點を出發して冬至までに至る時には、太陽は南半球に移り冬至には南赤緯  $23^{\circ} 27'$  に至るので非常に寒くなります。此季節をば秋 (Autumn) と稱します。最後に太陽が冬至を發して春分に至るまでは段々と陽氣の回復す可き筈の時であります。之が冬 (Winter) であります。此

此

春夏秋冬の四期をば通じて季節 (Season) と稱します。四季をば單に太陽より熱を受ける量のみから見れば、中庸の季節は分點を中央とした部分であり、極暑の部分には夏至を中央とした部分又極寒の部分は冬至を中央とした部分であることは明かであります。されば春夏秋冬を上のように分けることは如何であるかとの疑問が起ります。實際支那従つて日本でも從來採用了來つた四季は此後者なる理論的根據に基きしものであります。即ち太陽の黄經が  $315^{\circ}$  から  $45^{\circ}$  までを春とし、 $45^{\circ}$  より  $135^{\circ}$  までを夏、 $135^{\circ}$  より  $225^{\circ}$  までを秋、 $225^{\circ}$  より  $315^{\circ}$  までを冬と稱したのであります。又  $315^{\circ}$ 、 $45^{\circ}$ 、 $135^{\circ}$ 、 $225^{\circ}$  の各點は夫れ夫れに立春、立夏、立秋、立冬と稱せられたのです。支那で  $0^{\circ}$ 、 $90^{\circ}$ 、



圖一十四第



一五四

180°, 270°の各點を春分夏至  
 秋分冬至と稱しましたのも  
 是等の季節の中央と考へた  
 爲めでありませう。併し地  
 球の表面は大氣を以て被は  
 れて居り、海陸の分布が特別  
 である等の關係から支那的  
 純天文學的條件の下に區分  
 したものが實際の氣候を表  
 はし得ないで、寧ろ西洋の方  
 が日本などの氣候をもより  
 能く示す様であります。此  
 ことは曾て平山信博士の天  
 文月報に載せた第四十一圖

を見れば分ります。此圖中氣象學上の四季とは統計等に多く用ゐらるゝ三  
 月一日から三ヶ月三ヶ月を季節としたものであります。尙今一言季節に就  
 いて述べますれば、四季の長さが各同一でないことでもあります。是れは黃經  
 三づつに分けた必然の結果で、夏が最も長く、春又之に次いで長く、秋之に次ぎ、  
 最も短いのは冬であります。

第四十九節 太陽曆

一回歸年を週期として地球表面の氣候が漸次に變化する等の事實から、之れ  
 に因つて長き時の單位を制定したのは既に述べた如くであります。然るに  
 此週期は365.2422日と云ふ甚だ奇妙な端數を有し、丁度一日の倍數に相當した  
 ものでありませぬので、之を其儘一年として利用すれば、一日中奇妙な時刻に  
 年が更るとになります。即ち新年が人々の何かして居る時に即ち知らぬ間  
 に來ると云ふ工合になります。のみならず、年の始めの時刻は毎年毎年一日  
 中異なる時刻に起ると言ふ至て不便なものになります。  
 此の如き不便を避ける爲めに、回歸年に近くして而かも日の完全倍數に相當



一年

した週期を取つて實用上の一年としたのは、所謂人々の一般に一年 (Year) と稱するものであります。365.2422日に最も近い完全倍数は365日及366日であることは勿論であります。

閏年

底で昔時回歸年の長さが大畧365日と四分の一と知られた關係上ユリウス・シーザー (Julius Caesar) は曆法を定めた時に年を二種とし、其一是365日のもので他は366日のものとし、後者を閏年 (Leap Year) と稱しました。俗上の目的を達する爲めに曆法では毎三回の通常の年の後に一回丈閏年を置き絶えず其順序を繰返して

(通常)(通常)(閏年)(通常)(通常)(閏年)(通常).....

ユリウス曆

の様にし、普通人々の稱する年の始めと回歸年の始めとが常に一致して行く様にしました。之れ即ちユリウス曆 (Julian Calendar) であります。然るに回歸年は365.2422日で365.25日でありませぬため、ユリウス曆は正しく毎四年で季節と一致する者ではなく、一年につき0.0078日の割合で段々と合はなくなり、されば今年の始めに此兩種の年が能く一致しても、100年後

には0.78日丈常用年の方が後れます。400年には3.12日丈後れます。

此理由でシーザーが紀元前46年に三月二十五日に春分である様にしたのが1581年にはユリウス曆の日附が三月十一日とありますのにも係らず、既に春分の季節となつたのであります。即ち其曆法制定後二週間程季節の方が進んだのであります。依て時の羅馬法王グレゴリー第十三世は曆法改革をクラヴィウス (Clavius) に命じました。クラヴィウスは更に天文學者リリウス (Lilius) の説を採用して、1582年十月十五日をば十月四日となして季節と一致せしめました。更に其以後は従前の通りに西曆改元の年数を四除し得る場合には悉く閏年とするこの規則のみに従はずして、其中で世紀の數字を四除し得る場合丈は閏年となし、世紀の數の四除し得ない者は通常の年とするこの特例を設けました。例へばユリウス曆を其儘繼續して居りますれば、100, 1900, 1800, 1700年が何れも閏年である筈でありますのに、改正しました所謂グレゴリー曆 (Gregorian Calendar) を採用した爲め、1700, 1800, 1900の三ヶ年は通常の年とせられたのであります。此様にグレゴリー曆の採用は永く季節と一致

グレゴリー曆



した曆法を與へますが、是とても常に左様ではありませぬ。3300年位經過すれば、又一日丈氣候の差を生ずる譯になります。併し夫れは今より遠い後の話でありますから、現今は此儘にしても差支はありませぬ。

次に335日なり336日なりを此儘數へますと、日附は一寸長過ぎますから、東西兩洋共に之を月(Months)に區分して居ります。其分け方は茲に説明するまでもありませぬ。(尙曆に關する事項を知らんとせらるゝ方は余の著曆の話を一讀せられたし。)

## 第七章 月の運動

### 第五十節 總論

太陽に次いで人々に注意せられる天體は月(Moon)であります。此天體は研究の結果平均384,400哩の視差を有するものでありますから、其距離は地球の半径の38.7倍に過ぎませぬ。又其視半径は略ぼ太陽のと同いで17.3'でありま

す。故に其實際の直徑は僅々2163哩で、其距離の如きも哩數で僅に333340丈であります。

此様に我地球に近い天體でありますから、其小なるにも係らず、吾等の眼には非常に著しいものに見え、強く人々の注意を引くに至るのであります。但し太陽に比べてこそ小さいとは言ふものゝ、我地球と比べると決して非常に小さいものとは言はれませぬ。勿論小さいには相違ないが、其容積は地球の五十分の一で、又之を目方で比べましても八十一分の一であるから、月の平均密度は5.5、大きな目より見れば兄弟の様なもので、地球をば可なり強く左右する力を有して居ります。

此天體の運動は前に太陽の視運動を研究した場合と略ぼ同様の手續で行ふことが出来ます。吾等は茲に詳しいことは述べませぬが、只其大體を述べて見ませう。太陽の場合に於ける様に月の運動する天球上の道を調べるに、それは黄道とは異なる大圓であることが知れます。吾等は便宜上支那人の採用した語をとり之を白道と稱しませう。白道は黄道と大凡30°の傾斜をなして居りまして、矢張り一線で切合ふものであります。此線は交點線(Line of

白道  
交點線







す。今一回歸年をY日で、恒星月をM日で、又朔望月をS日で表はすものと考へますれば、太陽及月が地球上を移動する一日の角速度が $\frac{2\pi}{Y}$ 及 $\frac{2\pi}{M}$ になります。而して見れば、月の方が毎日太陽を飛び越える速度、換言すれば太陽に照らした月の角速度は $\frac{2\pi}{M} - \frac{2\pi}{Y}$ でなければなりません。而かも此速度で一朔望月丈経過すれば、月が太陽を一週することになりますから、

$$S \left( \frac{2\pi}{M} - \frac{2\pi}{Y} \right) = 2\pi$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{M} + \frac{1}{Y} \quad \text{or} \quad \frac{1}{S} = \frac{1}{M} - \frac{1}{Y}$$

を得るのであります。即ち恒星月を知れば、夫れとYとでSを計算し得べく、又反對に朔望月を知ればMを計算することが出来ます。

第五十一節 月の運動

吾等は太陽の場合と同様に月の軌道を研究することが出来ます。かくて其軌道面と黄道との關係は昇交點の黄經と傾斜とで定めることが出来、更に其軌道面内にある軌道は $\alpha$ 及び近地點の位置とで定めることが出来るのであ

月の各週  
期間の各週  
係

ります。倍或時間例へば一年を隔て、前後二回月の軌道の要素を決定して見ますれば、直ちに氣のつくことがあります。即ち太陽の場合に歳差と云ふて春分點が黄道の上を逆行しましたが、月の場合にも亦同様でありまして、昇交點が矢張り其白道の上を逆行して居ることを認め得るのであります。而かも研究の結果によれば、其速さは至つて著しいもので、僅々185年に白道を一週するものであります。

此様に昇交點の逆行があれば、其當然の結果として太陽の場合に於ける回歸年に類した一種の週期のあることは明かであります。即ち交點月 (Nodal Month) と稱するもので、月が交點を發して再び其交點に歸へるまでの時間は是であります。而して其長さは

$$\text{交點月} = 27.21222\text{日}$$

であります。

其他近地點も矢張り太陽の場合と同様に順行します。而して其週期は大凡九年であります。依て近點月 (Anomalistic Month) と云ふものも成立します。而

交點月

近點月



して其長さは

$$\text{分點月} = 27.35460\text{日}$$

分點月

であります。若し又週期を更にあげるならば分點月(Tropical Month)の云ふものもありません。是れは月の黄經が $360^\circ$ 丈變化する間の時であります。

昇交點の逆行は其傾きを南北に九秒程變ずる一種の振動を伴ふのは、丁度太陽の場合の章動の如くであります。

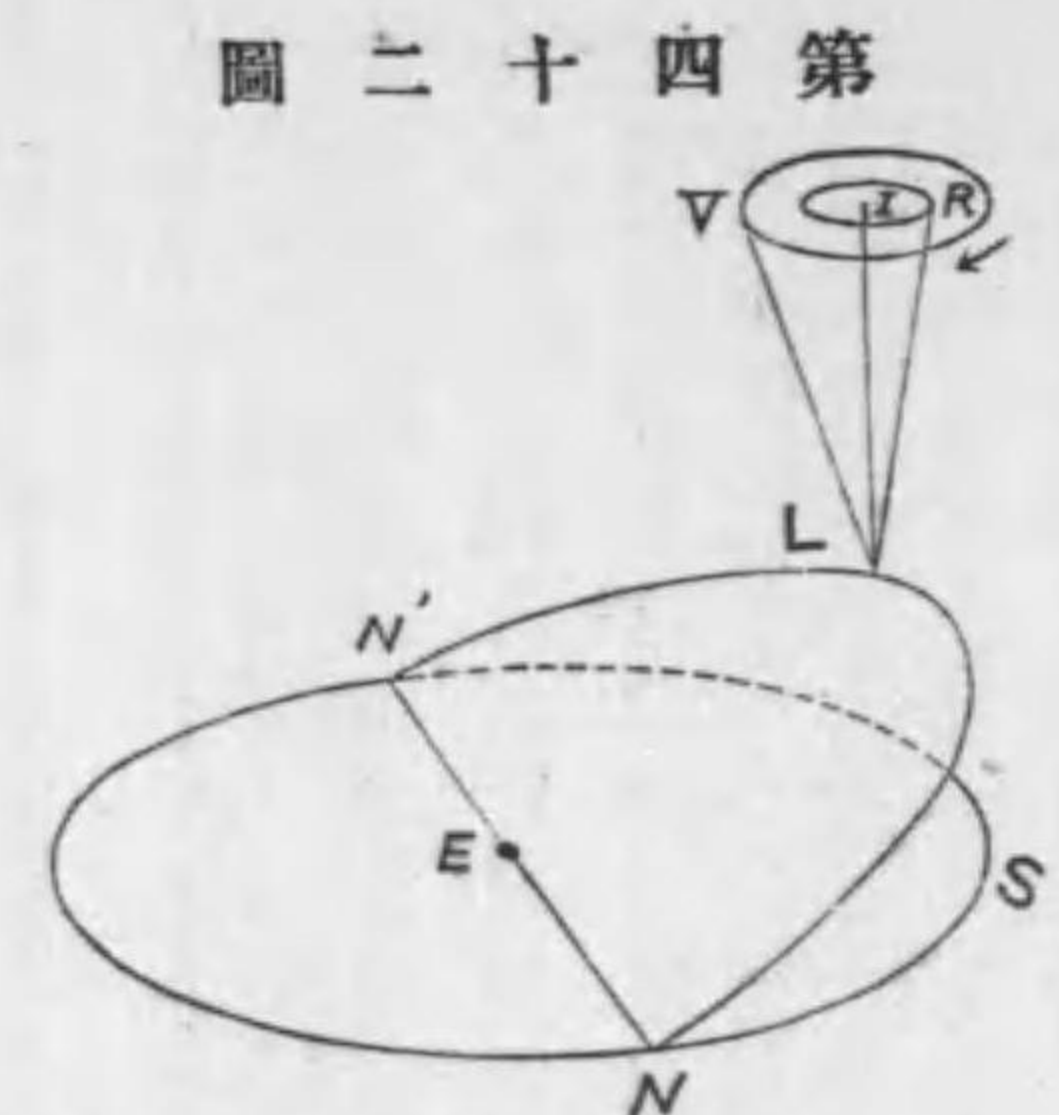
軌道上に於ける運動はケプレルの第一及第二の法則に従ふもので、軌道はある楕率を有する楕圓であります。而かも後に述べませうが、太陽系否な宇宙間はニュートンの引力則が行はるゝ所であれば、月の如きも地球に由つて引かるゝのみならず、更に太陽によつても強く引かるゝものであります。斯様な場合には單に地球と月との二天體の運動による楕圓を示すのみでありませんで、所謂三體運動の特別に簡單な場合となり、其楕圓運動には様々な修正を加へなければ實際の觀測を説明するものとなりませぬ。此の如き修正をば一般に攝動(Perturbations)と稱します、而して其重なるものは出差(Evection)變差

攝動  
出差  
變差

(Variation)と稱せらるゝものであります。

### 第五十二節 月の自轉

月も亦地球の如く自轉を行ふて居ります。なせと言ふに、月の表面を望遠鏡で注意して見ますのに其斑紋は常に同じで變化を示さず、常に吾々に同じ半面を向けて居るからであります。若し自轉せぬものであれば、一恒星月間に順次異なる部分を見せる筈であるのに、絶えず同じ側を示すことから考ふれば、自轉の週期が矢張り一恒星月に等しくなければならぬと云ひます。



圖二十四第

が白道であるとし、月が或時刻に天球上Lなる位置にあり、交點線が $EN'$ であ



緯天平動

るとし、 $LV$ は白道への垂直線、 $LI$ は黄道への垂直線であるとするれば、月の自轉軸  $LR$ は $L$ を通過して $N'N''$ に直角な平面上にあります。即ち換言すれば $LV$ 、 $LI$ の二線によつて決定せられる平面内にあります。倍 $\angle VLR$ は $6^{\circ}37'33''$ であります。而かも $\angle VLI$ は白道と黄道との傾角でありますから、平均 $5^{\circ}8'45''$ になります。従て $\angle LIR$ は $1^{\circ}28'45''$ となります。換言すれば自轉軸は黄道の軸に對して一度半程の角をなして居るものであります。然るに一方では $N'N''$ 線は18.6年間に白道を一週するので、 $LV$ も之に従つて $LI$ を一週するのであります。更に $LV$ は $6^{\circ}37'33''$ の角をなす自轉軸も亦黄道に對して18.6年に半徑一度半の圓錐を書くものであります。此關係からして月の表面は常に同一表面を其儘示すものではなく、少しく北極南極の彼方を交互に示すことになります。此の如き振動をば緯天平動(Latitudinal Libration)と稱します。

經天平動

が交る交る見受けられるものであります。此現象をば經天平動(Longitudinal Libration)と稱します。

太陰日

又一方から見れば、月の中心は地球の中心から地球の半徑の六十倍(60R)の近距離にあるものでありますから太陰日(Lunar Day)即ち月が子午線を經過してから再び子午線を經過する迄の週期中に、地球表面の或地方では月から $69R$ と $61R$ との距離を往返りすることになります。従て一太陰日中に矢張り、月面の見らるゝ範圍に變化を示すものであります。之れを日週天平動(Diurnal Libration)と稱します。

日週天平動

以上三原因の結合した結果として月の表面中吾地球上から見得る部分は其 $59\%$ で、全然人の眼に觸れない部分は $41\%$ であります。

## 第八章 惑星の運動

## 第五十三節 概説

惑星の場合には是等の運動を觀測してそれから地球が太陽の周りに上に説