

349

185



始



749-185



宇宙之進化

大正
2. 12. 11
內交

宇宙之進化序

宇宙とは何ぞや。上を擧ぐれば三十三天、下を稱ふれば八萬奈落。而も甲地の上は乙地の上にあらず、今の上方は瞬時後
の上方にあらず。既に固執すべき上下なければ、所謂十方に
向て涯無きもの、是寔に宇宙の概観にあらずや。吾人が棲息
する大地は橙形の一大塊、其の周一萬百九十三里、最急行汽車
(二時間に二十五里)晝夜間斷無く奔りて、之を帶周するに十七
日を要す。次に、吾か地上萬物の父母たり君主たる彼の赫々
たる太陽は如何。吾か地球を以て一の橙子とすれば、太陽は
正に徑二十尺の火球にして、之を東都日本橋の中央に安置
すれば地球は此より京橋に至る半途に位すべく、太陽系所屬
の尤遠き遊星なる海王星は川崎驛の南端に在り。而て吾

等に最近き恆星は、同上の尺度に於て、尙三萬千八百里の遠きに在り。地球より太陽へ急行列車に駕せは百七十三年を費して尙半年の旅程を剩すべく、星辰界は之が數百萬倍の遠きに在りて、如何程超九絶大の想像を逞くするも、遂に之を觀念するに及び難きを認む。

一進一退一榮一落、一波去りて萬波來るもの、是世間の現相にあらずや。年窮りて爰に一陽來復すれば枯枝纔に芽を發し春來りて花と榮え夏至れば即果を結び秋衰へ冬枯る。是四季の循環にあらずや何ぞ必しも進むとのみいはむや。蓋し進むは退くの因にして進退正に一動のみ。況や寰宇の廣き物象の繁多なる此處に散開發展あると同時に他方面に於て衰退凋落あり。而も敢て進化といふは單に一の側

面觀に過ぎざるも、最近五十年以來久しく學界の警語たるを以て、暫く之を假用するのみ。

彼の廣漠たる宇宙を看よ。日月星辰燦然として或は近く或は遠く、動くあり止まれるあり。煙霧の如きあり孔雀尾の如きあり。大小疎密千態萬狀。其形體其素質其行動箇々放縱紛乱一の規律一の關聯する無きか、曰く有り。之を實測し之を考察する時は幾多的確なる理法の其の間に嚴存するを認むべし。漫然之を看るときは何等の關繫無きが如き諸體中、或は主従となり或は親子兄弟として長に一定の軌法を守り、若しくは甲より乙を化成し尋て丙となり丁と現はる、發展進化の状態悉く吾人の眼前に横れるを見る。如上の變化を極め遠く之が原由を究むるときは蓋し吾か地

球及び太陽系の幾億年來發生轉化の迹をも探るべく、進て之を星辰界に及ぼすときは以て宇宙萬有の過去を究め將來を推すこと、之を掌に見るが如くならむ。是所謂る宇宙創造の舊題目にして、之が完全なる解決は、更に幾多の星霜と多數學者の努力とに俟つべきも現下世の研究者が幾何の深さまで此の大疑問を解したるか、將又何等の手段を施し如何なる推理よりして、之が解決を試みんとするや、以下章を逐ふて之を縷述せむとす。

意ふに、最近二十年間、天文学は宇宙進化の方面に向て、未曾有の激進をなせるを以て、現時一日の研鑽は一世紀前十年間の所學に優るの概あり。されば三年前、本編起稿當時に比して重大なる發見新説を加へたること少しとせず。最近

數ヶ月間の進況によりて本文を改補せる又一再のみならず。此の學界多時の時に際し我が邦の地球上に於ける位置學術上よりして唯一なるを思ひ、翻て本邦學界の形勢と一般社會の學問に對する態度とを考ふるときは慷慨に堪へざるもの多しといへども、徒に悲憤切齒するよりは進て社會上に應分の努力を致すは、正に吾等學界の一隅に生息するもの、執るべき道なりと信し、敢て非識を顧みず本編を草して大方に訴ふと云爾。

大正二年十一月

著者識

宇宙之進化 目次

發端

- 一、本書の由來。 二、粗笨材料即目的物。 三、太陽系。 四、遊星以外。
- 五、主體。 六、遊星軌道。 七、太陽系外。 八、恆星。 星團。 銀河。 九、
星雲。 一〇、新舊天文學。 一一、本書の範圍。

第一章 吾人の住居

- 一二、地球。 一三、形と寸法。 一四、地型。 水平面。 一五、内容。 一六、
自轉。 天球。 一七、周行。 一八、地動の效果。 年視差。 一九、大氣。

第二章 隣の家

- 二〇、太陰對地球。 二一、太陰の状態。 二二、相貌。 二三、周行。 月齡。
二四、軌道。 二五、自轉。 二六、効果。 一日の長さ。 日食。

第三章 吾等が君主

目次

二七、概観。距離。二八、大さ。二九、斑点。自轉。(三〇)、構成略説。三二、發生。三三、斑点出現期。三四、對地球效果。三五、光力。三六、熱。太陽基數。溫度。三七、太陽の經費。

第四章 恆星界

五一

三八、恆星。光度。肉眼星の數。太陽の等級。三九、年視差(距離)。四〇、恆星と太陽。四一、自動。既知の自動。太陽は何如。四二、星の族流。四三、正面動。四四、太陽向點。四五、太陽實速。四六、聯星。實例。四七、軌道。四八、著しき例。四九、複聯星。五〇、星團。昴宿。鬼質。五一、分光による聯星。暗星。五二、變星。周期變光。五三、アルゴル。星食。五四、琴座のベタ。五五、第三類型。五六、分類。五七、銀河。五八、星雲。

第五章 天體力學

九四

五九、發端。六〇、ケプラー則。第二則。第三則。六一、ケプラー對ニットン。六二、引力則の結果。二體對三體問題。六三、三體の問題。攝動。太陽の攝動。六四、攝動力計算。起潮力。六五、海王星發見。六六、ケプ

ラー氏第三則。六七、應用の例。六八、攝動の効果。六九、太陽系恆久なりや。

第六章 天界の塵

一三〇

七〇、天體の質量。七一、別種天體。彗星。七二、彗星の構成。密度。七三、軌道。彗星の一族。七四、捕虜説。七五、尾の發生。光壓。七六、崩潰。七七、生地。七八、著名彗星。七九、流星。隕石。發生。軌道。八〇、流星と彗星。隕石。根源。

第七章 新天文學

一四三

八一、解題。八二、新舊對照。八三、光線分析。虹帶の種類。八四、キルヒンフ氏原理。吸收虹帶。八五、原理追補。太陽虹帶。溫度。氣壓。正面速。磁氣の効果。八六、紅燭觀測。八七、天象寫真術。小衛星。八八、寫真と眼力。誤認。八九、普通の事例。虹帶寫真。小遊星。九〇、寫真裝置。九一、虹帶寫真。對物玻璃楔。九二、太陽分光儀。九三、應用實驗。曇片。水

準の區別。九四、放射威勢。微温計。日射計。九五、恆星の光度。寫真上の光度。

第八章 分光術の成績

一七八

九六、太陽の成分。九七、フ氏標準線。九八、赤下部。九九、紫外部。一〇〇、地球線。水蒸氣。背面甄別。一〇一、原素。未見原素。新原素。結論。一〇二、恆星。一〇三、恆星の分類。ハッパド分類。一〇四、折衷分類。第一種。第二種。第三種。第四種。第五種。第六種。第七種。第八種。一〇五、白色星雲。一〇六、外形。星團。粉塵。一〇七、實狀。一の解決法。一〇八、星狀星雲。虹帶。恆星狀。一〇九、環狀星雲。一一〇、無定形星雲。オリオン星雲。アルゴ星雲。三瓣星雲。結論。

第九章 太陽系創造説

二〇七

一一一、古來の問題。太陽系の按排。一一二、カント。一一三、ラプラス。要點。環より遊星。彗星との關係。一一四、反論。灼熱。一一五、最猛き攻撃。モルトン。チュムバリシ。衛星。ノラン。大氣。密度。最後の一撃。一一六、流の接近。一二二、太陽系の發生。

第十章 星辰進化説

二二三

一二三、解題。一二四、ウォルフライイエ星(第八種)。特別の一例。ピッケリンの線列。他の特徴。一二五、陽線あるヘリウム星。濃氣を帯ぶ。他の要項。一二六、ヘリウム星(第一種)。一二七、水素星(第二種)。一二八、太陽星(第三種)。一二九、渲刷虹帶(第四種)。一三〇、炭素星(第五種)。一三一、陽線ある渲刷虹帶(第六種)。一三二、結論ありや。凝縮の事情。一三三、進化か。時間。空間。物質。生殘る説。一三四、星の出會。放射壓。化學作用。一三五、太陽の生命。太陽の研究。一三六、一場の夢。

附録

一三三

一、天球。二、球面座標。三、星座。四、銀河の渦狀星雲説。五、太陽系

目次畢

宇宙之進化 挿畫目錄

寫眞版(別刷)

- 第一版 ショオジ ヘル教授肖像(口繪) (對 二二頁)
- 第二版 カネギ氏太陽觀測所の一部、ヘル氏新設太陽寫眞儀高塔(口繪) (對 二六頁)
- 第三版 太陰面(陰曆十二日の月) (對 三〇頁)
- 第四版 月面の一局部 (對 三二頁)
- 第五版 太陽全面(斑點) (對 三四頁)
- 第六版 紅燭及び赤層 (對 三六頁)
- 第七版 紅燭迸出 (對 三八頁)
- 第八版 皆既日食(明治十四年十二月) (對 五〇頁)
- 第九版 大斑點(擴大圖) (對 五〇頁)
- 第一〇版 昴宿 (對 五〇頁)

挿畫目錄

挿畫目錄

第一版	ヘルクレス座の星圖	(對 七四頁)
第二版	銀河の一部(甲)	(對 七六頁)
第三版	銀河の一部(乙)	(對 七八頁)
第四版	アンドロメダ座大渦狀星雲	(對 八〇頁)
第五版	三角座の渦狀星雲(左旋)	(對 八四頁)
第六版	大熊座の渦狀星雲(右旋)	(對 八六頁)
第七版	オリオン座の大星雲	(對 八八頁)
第八版	アルゴ座の無定形星雲	(對 九〇頁)
第九版	白鳥座の織雲狀星雲	(對 九二頁)
第二〇版	ハリイ氏彗星(明治四十三年五月)	(對 二〇頁)
第二版	彗星(明治四十三年一月出現)	(對 一三〇頁)
第三版	ドナチ氏彗星(安政五年出現)	(對 一三四頁)
第四版	太陽虹帶の一部(對照陽線)	(對 一四二頁)
第五版	ブルウス氏虹帶寫真器	(對 一六四頁)

第二五版	カルシウム雲片	(對 一六八頁)
第二六版	水素雲片	(對 一七〇頁)
第二七版	ヘリウム星の虹帶	(對 一七八頁)
第二八版	水素星の虹帶	(對 一八六頁)
第二九版	太陽星の虹帶	(對 一八八頁)
第三〇版	虹帶に渲刷あるもの	(對 一九〇頁)
第三一版	ミラの虹帶(少時間内の變化)	(對 一九二頁)
第三二版	ヘリウム星の虹帶に陽線あるもの	(對 一九四頁)
第三三版	琴座の環狀星雲	(對 二〇〇頁)
第三四版	射手座の無定形星雲	(對 二〇二頁)
第三五版	恆星圖(北天の一部)(二頁大)	(附錄八、九の間)

挿圖(本文刷込)

第一圖	視差の略解	二〇
-----	-------	----

第二圖 太陰の自轉……………二八

第三圖 太陽の大きさ……………三二

第四圖 太陽の自轉……………三四

第五圖 斑點分布圖……………三九

第六圖 斑點代表數……………四二

第七圖 雙星……………六九

第八圖 聯星……………七一

第九圖 變光曲線……………八〇

第一〇圖 星食……………八二

第一一圖 橢圓動……………九七

第一二圖 攝動力……………一〇五

第一三圖 木星族の彗星……………一二六

第一四圖 テンペル彗星……………一二八

第一五圖 獅子座星雨放射の圖……………一三八

第一六圖 紅焰觀測……………一五六

第一七圖 紅 焰……………一五七

第一八圖 小遊星發見……………一六三

第一九圖 リトロウ氏虹帶寫真器……………一六五

第二〇圖 潮の效果……………二二三

第二一圖 渦狀流……………二二九

第二二圖 天 球……………附錄の二

第二三圖 球面座標……………附錄の三

第二四圖 赤道黃道……………附錄の四

挿畫目錄 終

The author is under deep obligation to Prof G. E. Hale in permitting to introduce his views contained in his noted book "The Study of Stellar Evolution" and also in supplying him his own portrait as well as several photographs for the use of this little book.

The author's special acknowledgements are due to the under-named publishers for the reproduction of the illustrations contained in the beautiful books referred here:—

The University of Chicago Press; "The Study of Stellar Evolution" by Prof G. E. Hale.

Ginn and Company; "General Astronomy" by Prof. Young.

The Macmillan Company; "Introduction to Astronomy" by Prof. Moulton.

D. Appleton and Company; "A Text-Book of Astronomy" by Prof. Comstock.

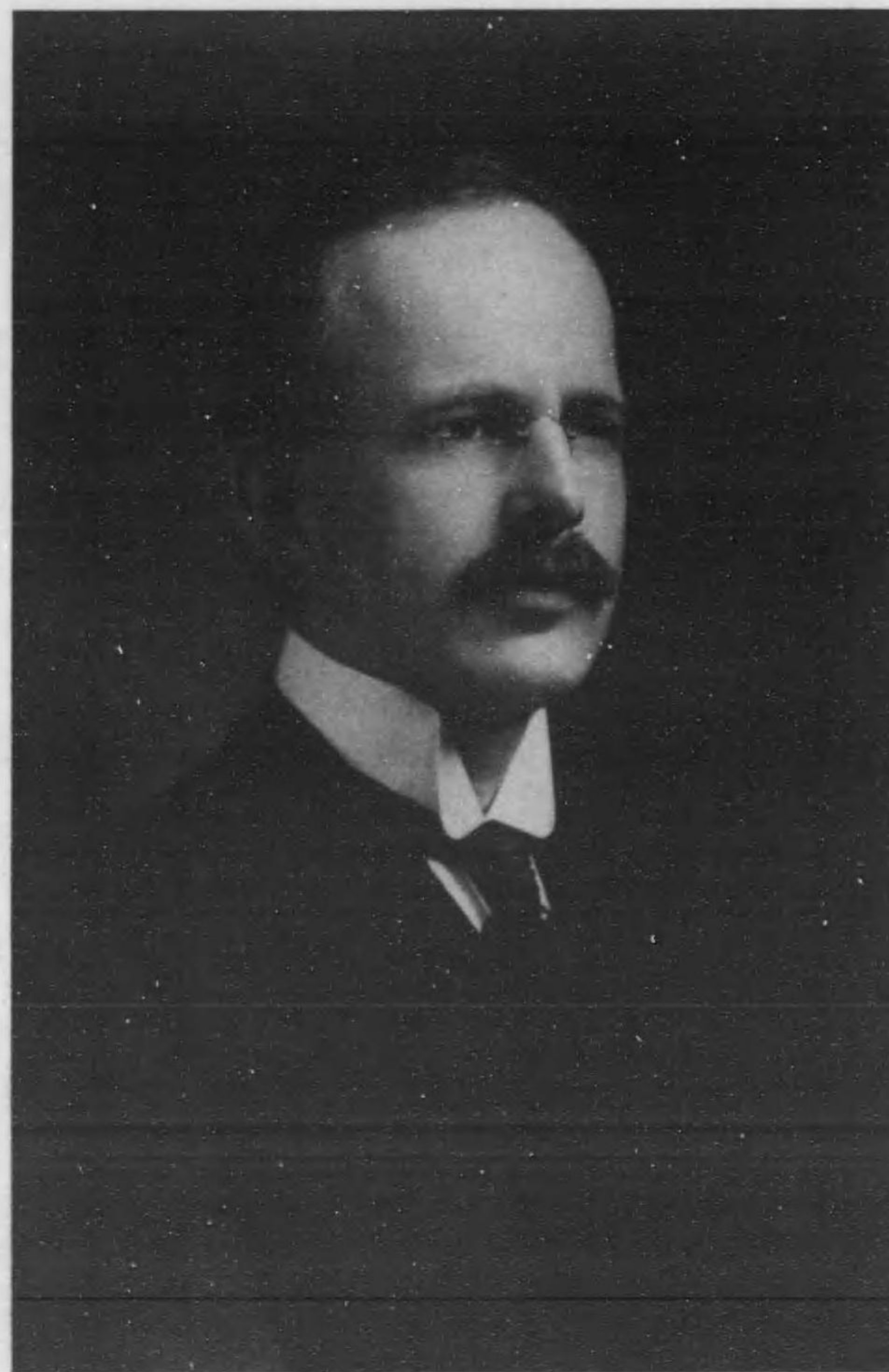
Constable and Company; "Modern Astronomy" by Prof. H. H. Turner.

G. P. Putnam's Sons; "Beginner's Star Book" by McKready.

東京天文臺々員諸氏ガ本書ノ編述ニ關シテ與ヘラレタル好意及ビ便宜ニ對シ謹デ謝意ヲ表ス

大正二年十一月

著 者 識



To Professor Scio
with the compliments of
George E. Hale

The author is under deep obligation to Prof. G. E. Hale in permitting to introduce his views contained in his noted book "The Study of Stellar Evolution" and also in supplying him his own portrait as well as several photographs for the use of this little book.

The author's special acknowledgements are due to the under-named publishers for the reproduction of the illustrations contained in the beautiful books referred here:—

The University of Chicago Press: "The Study of Stellar Evolution" by Prof. G. E. Hale.

Ginn and Company: "General Astronomy" by Prof. Young.

The Macmillan Company: "Introduction to Astronomy" by Prof. Newbton.

D. Appleton and Company: "A Text-Book of Astronomy" by Prof. Chauvenet.

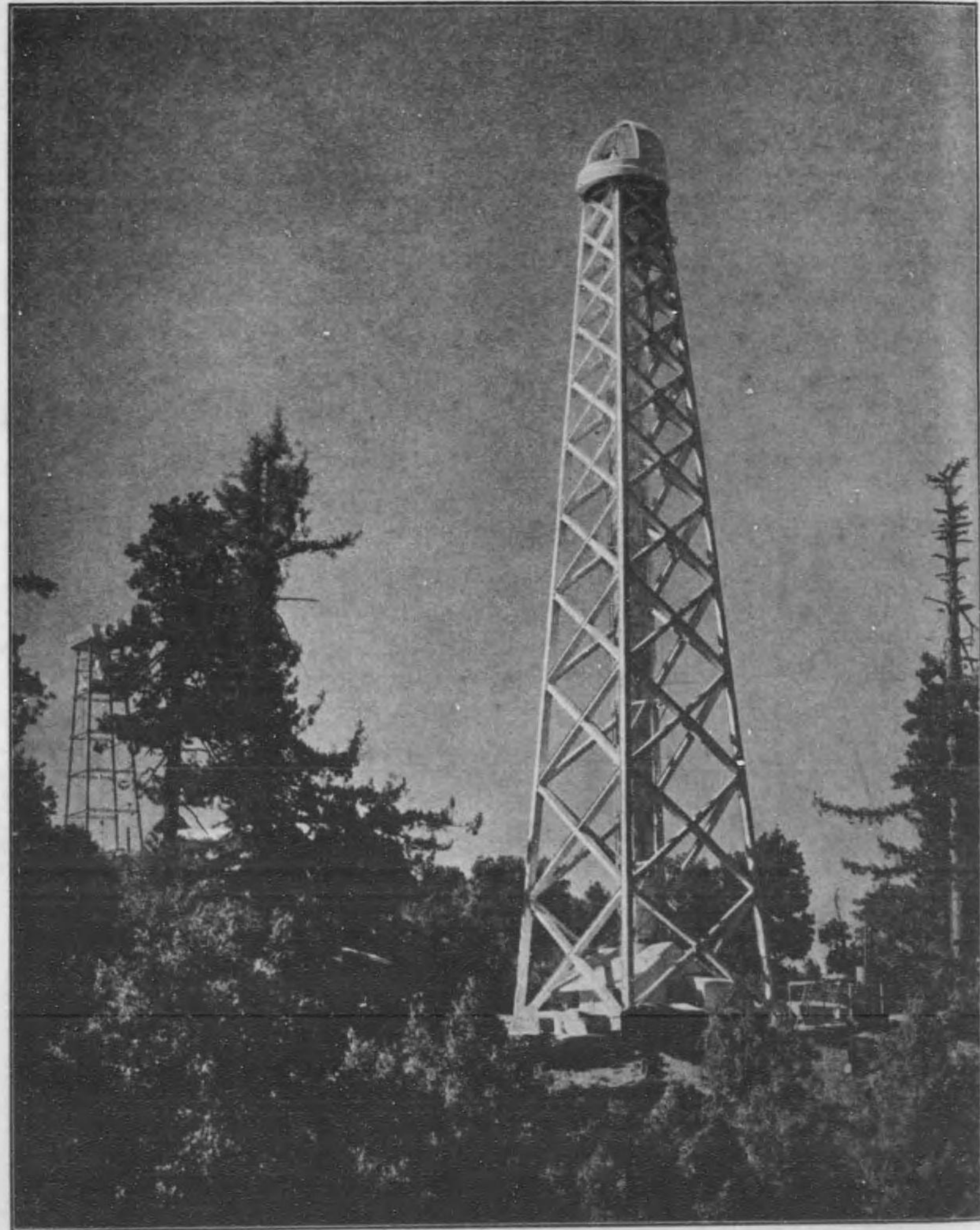
Constable and Company: "Modern Astronomy" by Prof. H. H. Turner.

G. P. Putnam's Sons: "Beginner's Star Book" by McKready.

東京天文臺々員諸氏が本書ノ編述ニ關シテ與ヘラレヌベシ
意及ビ便宜ニ對シテ謝意ヲ表ス

大正二年十一月

著者謹



部一の所測觀陽太イギネアカ
塔高儀真寫陽太設新氏ルイへ

宇宙之進化

理學士 蘆野敬三郎編述

發端

一本書の由
來

編者去る明治四十二年天文學に關する事項取調への爲、歐米各國へ出張の途次、北米 南カリフォルニア州 ウィルソン峰（海拔六七〇〇尺）上なる太陽觀測所を訪へり。こは北米の富豪カーネギ氏が數億萬の費用を投じて新に設けたる、世界第一の觀測所にして、先のシカゴ大學教授 天才ジョージ、ヘイル氏之を管理す。編者此山に上りし日、ヘイル氏も亦山下より來り會し、一夕歡談の際話題は多く天地開闢及び星辰界の發生化育に關せしが、最後に氏は示すにその著「星辰進化論」を以てせり。別後閑を得て之を閲讀するに、主要の點に於て甚首肯せらるゝ所ありしかば、書をヘイル氏に送り、同著の主眼及びヘイル氏主張の研究方針を、我邦の一般に紹介せむとの希望を傳へたるに、氏は直に之を賛成し言を添へて

編者を鼓舞せり。之を最近の動機とし、且、我が讀書界に天文學の進況を報道せむとの素志を貫かむとして本書の編述に著手せり。爾後公務多端の爲、歳を重ねる前後四年、其間學說の進歩に伴ひ、改補を屢し、終に本年九月に至りて一旦稿を結ふ事とせり。蓋し、現時天文學は古來無比の勢を以て進歩するが故に、微細の事柄に至りては、日に月に之が面目を改むべきも、大要に於ては本文の所説を以て時代に并行せるものといふべし。

二 摺筆材料
即目的物

養鶏舎に就て見れば、各種の家禽 雌雄 老若 あり、雛もあり、卵もあり、一々の雞につきて一年二年の發育徑路を検せざるも、あらゆる状態を示す 見本は一時に具はれり。之が變化發育の順序は、多少の注意と考察とにより、容易く知るを得べし。是の如き關係是の如き法則は至る所に蔓りて、人間社會といはず各民族間といはず、生物界にも 非生物界にも、乃至 地球全體を、一の單體とし、月星辰等を假に之が匹偶として比較研究するに就きても、幾多理法の之を貫通するものあるべし。之が攻究の事項を展列し、之が論理の基礎を解説するに先ち、第一は其の目的物、之が種類状態位置等の概略を列擧するの要を感ずること切なり。

三 太陽系

先づ、吾が地球は、他の若干遊星と同じく太陽の威力に服従し、各一定の軌道を守りて、之が外方に周行す。水星金星地球火星、之を地球系の遊星と稱し、木星土星天王星海王星、之を大遊星と稱し、是等兩種の中間即火星と木星との間隙に、七百有餘の小遊星散在せり。又地球には太陰之が衛星となりて其外方に周行し、火星其以下の遊星には各一個又は數個の衛星從屬せり。是等皆相集り、太陽を主人公とせる一家族を形成すると見て、之を總稱して太陽系と名づく。地球系の遊星の中には地球尤大に、最小なる水星は之が十八分一の容積を有す。大遊星中 木星は容積 地球の千三百倍餘にして、最小なる天王星は同じく六十五倍なり。太陰は地球の五十分一に當り、其他の衛星は大概之より小なり。小遊星は較大なるものも概して地球の五千分一程の大きさを有するに過ぎず。又以上諸星の大多數は、地球 太陰等の如き暗塊にして之を望み見るは、畢竟太陽の照光を反射するによるものなり。(大遊星中の木星土星より來る光には自己の發光を時々交ゆるの疑あるも、未確證せらるゝに至らず)。

四 遊星以外

其他幾多の彗星あり、亦各一定の橢圓軌道を畫きて太陽に從屬す。尤著名なる

はハライ氏彗星、エンケ氏彗星等なり。又、定期流星團ありて、毎年一定の時期に流星を雨降らす。是等は地球の軌道と交切する一定軌道上に散在せる天塊若しくは天塵なりと推測せられ、之が前身として若干の彗星を指摘すべし。右の外毎年數個の彗星は突然太陽系内に入りて來りて、吾人の觀測夜哨に懈怠なきや否やを警しむるが如きあるも、是等は多く一たび去て復來らざる天界の橫行者なれば、規定太陽系屬員中に數ふるを得ず。

五 主體

最後に主體たる太陽につきては後に詳説するが故に、今は一言之が概見上の事實を記さむ。其直径三十五萬五千餘里、地球の容積に比して百三十萬倍の大火球にして、古來間斷なく、又著しき増減無く、莫大なる光熱等を空間に放散せり。その中の微塵分を地球に遮り受け、此微塵分に依て以て吾人の生を營み、生物の活動變化を起し、之を以て地上萬物の生命動機を綜攬す。之が威勢の偉大なる誠に驚嘆に堪へず。されば斯く偉大なる威勢を太陽自身は何れより汲み來るや。太陽の過去數十萬年來營み來れる經理法は如何。是亦實に斯界の一大疑問たらざるを得ず。

六 遊星軌道

各遊星は何れも太陽を一の焦點に置きたる橢圓上を周行するものなるが、此橢圓の半長軸を以て太陽よりの平均距離と號す。今、水金地火等の各遊星の平均距離を示すに、チチウス氏は簡單なる比例數を以てせること次の如し。

0	3	6	12	24	48	96	192	384
4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	7	10	16	28	52	100(95)	196(192)	388(301)

即水星を0とし、他の遊星は金星よりの順番に等しき程2を3に掛け之に4を加ふれば、地球の平均距離を一〇と視做せる割合にて、各遊星の距離を得。但し土星以下に多少の差違を生ずるも、海王星の甚しきに至らず。算式にて示せば次の如し。但しrは距離にしてnは番號なり。

$$r = 4 + 3 \cdot 2^n$$

水星は此の算式に當らず、金星にはnを0とす。又28は恰小遊星中の代表者なるケレスの平均距離に當る。(小遊星の名は発見の番號を小圈中に記す。中に又古代の神話中の名、ケレス、エロス、等の名をも有するものあり)。斯かる距離の法則は、偶然の暗合なるや又は然るべき理由ありて斯の如くなるや、未

容易に決し難き疑問なり。數年前迄は諸大家皆之を偶然の結果とのみ推斷せるも、最近の研究によれば又大に理由の存するものあるが如し。

七太陽系外

一たび眸を放つて太陽系外を望むときは、従前例へば一船舶内の物品のみを見たりし、が初めて水天一髪の邊に纏繞たる他の船舶を望むが如きものあり。蓋し吾が太陽系の規模小なるに非ずといへども、之を星辰界の廣表に比するときは、更に尺度の懸隔するに驚かざるを得ず。此の廣漠たる星辰界に於て何物か尤力強く吾人の觀感を刺戟するぞ。光明輝々たる北斗七星か牽牛織女か。天狼星の白く凄きあり、酒星の醉るるが如く微紅を呈せるあり。其の他稍光輝著しからざる多數の小星あり、何れも外見上一の規律なく構成なく隨處に散列せるが如し。古來俗間に數の無量を譬ふるに、海濱の砂と満天の星とを擧ぐるも、其實吾人の肉眼にて見得るは僅かに數千に過ぎず、之を光量に準じて一等乃至六等に區別し、六等星より光弱きは通常肉眼に見難きものとす。然るに一たび望遠鏡の力を藉るに及べば、肉眼にて見能はざりし小星萬千倍を發見すべく、又其の光度其の色彩共に幾多の差等あるを見む。

八恆星
圖銀河

以上總稱して俗に星といふは外見上孤立せる光體にして、一見太陽系に屬する遊星と(肉眼には)紛らはしく見ゆるも、本來全然別種にして、却て遊星の君主たる太陽に類するものなるが之を恆星と名づく。恆星の中には他の一二と引力の關係を結びて一系を成せるあり、之を聯星といふ。別に數十百千の恆星相集りて一團を構成するあり、之を星團といふ。最後に銀河(天の川)又は河漢と稱する河の如く薄帛の如く形様模糊たる天象あり。肉眼には雲の如く霧の如く見ゆるも、望遠鏡に掛くるときは直に多數の密集せる小星に分解するを得べく、天空多數の恆星は大部分銀河中に集團せるかの趣を呈す、亦怪偉ならずとせんや。又天球の南部にマジュラン星群とて銀河の一小片を移植せるが如きものあり。別に形狀不規則にして外輪模糊たる星雲あり。星雲とは霧の如き光體なる原語ネビュラの誤譯にして、星の雲といふよりは微塵を含める煙の如き霧の如き光體なり。古人は之が外見を白き角片を隔て、見たる燭光に喩へたり。アンドロメダ座及びオリオン座の大星雲の如きは肉眼にて纔かに見るを得るも、其の他大多數は皆強力なる望遠鏡を藉りて初めて見るを得べし。大略の形狀種々雜

多なれども、アンドロメダの星雲の如く多少の橢圓狀を示すものあり、又多くの遊星狀星雲と稱する較圓形（球形）を呈するあり。又別にオリオンの大星雲の如く何とも形容すべからざる飛散狀又無定形のものあり。白鳥座の星雲の如く織雲の縷くが如きあり。最著しきはアンドロメダを筆頭とせる渦狀星雲にして、實に全數の大半に及び、尙其の形狀巴字の如く活動を暗示するが故に甚深なる興味を興ふるものなり。（寫眞版參照）

一〇 新著天文學

前數節に概説せる宇宙間の物體を總稱して天體といふ。其の種類千差萬別にして、一見混沌として歸着する所なきが如きも、古來學者の精根はよく實測と考究とを重ねて其の混沌中より幾多の理法を發見せり。現今の學者も亦進て更に大なる發見をなしつゝ、日を以て夜に繼ぐの概あり。蓋し此の天體間の法則を求むる天文學の根本義に二様の趣意あり。一は天體間の運行法則より、遡りて之が根本たる個體相互間の波及力學法則を確立せむとするに在りて、是實に舊天文學が、古來觀測を重ねて天體（太陽系所屬の天體）の位置を精測し、之が運行の法則を究めたる所なり。此の題目たるや遂に彼のニトンの宇宙引力の法則

に於て一大歸結を得て、正に數千年來の舊疑を解決するを得たり。爾後多數の學者は之を諸種の天體に適用し、或は之が的確なるを追認し、又進ては之を未知の遊星に及ぼして海王星を發見せるが如き之が効果を發揮して餘蘊なしといふべし。第二は天體の構成の問題にして之が研究の緒に就きしは、蓋し望遠鏡の發明によりて、太陽太陰其他木星土星等に於て、肉眼の見得ざりし形態及び活動を認めたるより起れり。されば望遠鏡の製作益改善すると共に、前代未發の奇異なる天象及び狀態續々發見せられ、從て甲乙二物の間に古人が夢想せざりし關係を見出すあり。中にも光を分析して、之が發光體、及び光の通路に當れる氣體の性状を知るべき原理の確立せるより、天體の物質學は急速の發展を遂ぐるこゝなれり。次で寫眞術（殊に乾膜寫眞術）の發明によりて、是等の研究を幾層倍敏捷精確ならしめたり。又最近虹帶寫眞器及び對物玻璃板等の新用途により、諸方面に研究の歩武を増進せしめ、之によりて古來の大疑問たりし宇宙構成、及び天體發育の順序を闡明するの目的に向て多大の期望を興ふるに至れり。之を前記天體の位置行動と、從て精微なる角測のみを事とせる舊時の天

文學に對して新天文學と稱すべく、學術上の語にては天質學といふ（原語「アストロ、フィジックス」の「フィジックス」は通例物理学と稱するよりも特別の意義を有し、物理学と直譯しては意義通じ難し。例へば天體力學を論せずして却て天體の成分を研究するが如し）。故に僭越を顧みず新に天質學と稱へしむ。（之を地質學に比すれば意義明了なり）。

二 本書の範圍

本書は宇宙を造る分子及び機關發育の問題を目的とせるが故に、前述の天文學より多分の材料を採り、其の結果の梗概を述ぶるものなるも、尙太陽系其他の發育に當りて、天體相互の牽引若しくは分子間の作用の爲天體の配置を左右すること、又は一個天象内部の變成を起すことあるが故に、是等天體力學（即舊天文學）の所説を引用することあるべし。

寔や吾人は眇たる滄海の一粟か、而も慧眼を開きて人間の妙徳靈智を發揮するときは、彼の廣漠無邊なる宇宙の秘庫必ずしも展開し難きのみにあらずとす。今や世間の學者は纔に秘庫の鍵を手にしたりとして百方之が開發に力むるも、此天外の秘庫には幾多の鍵あり、よく其の奥裡に進入し所要の珍寶を取り來

りて之を吾人の掌握に委すべきは果して何時を期すべきや。既得の寶物は何々ぞ、是果して眞の珍寶なりや。今後得むと欲する所は何々ぞ。

第一章 吾人の住居

二 地球

古來の警句に「脚下を看よと、造次顛沛、自己の立場を護念せしむ、是豈千古の金言ならずとせむや。眼を放ちて天上の星辰を望むも、吾が脚は未地上を離れず、己が住む大地をさへ知らざるもの、如何ぞよく天涯億萬里の事を知るべしむや。脚下を忘却して唯日月の出没高低をのみ觀たればこそ、古人は假動と實動とを混合して、西亞の須彌説を成し、或は東歐の天動説を生じ、遂に能く天體運行の真相を看破すること無かりしなれ。吾等が住家は地球なり。地球はそも如何なる物ぞ。地球を知らむとするに種々の方面あり。之が外面及び内部の構成を知らむとするを地質學とし、之が表面に現はれたる水陸の配置形状變異を研究するは地文學なり。又之が全體の形状と寸法とを精測することのみを目的とする測地學あり。天文學に於ては地球を空間に懸れる一個體とし、吾人が據て以て他の天象を觀望する根據地點なりとの見地上、知るを要する事項を調査すべきなり。されば地質學の如く岩石の分布火山帶の斷續等の詳細を究むるに非ずして、一

二三 形と寸法

面吾人が日月を見て之が形の圓きこと、大さ質量等を知らむと欲するが如く、地球につきても先づ之が形と寸法質量平均の硬度内部と外部との差違之が全體としての運行移動等を知らむことを要す。

地球の形といふ事に就きて一言の解説を加ふべきことあり。地上の吾人が日常目撃する所には高き山あり深き谷あり海もあり河もあり。如何にして地球表面全體の外形を觀想し得るや。或は曰はん高き山は之を削りて深き谷を埋め海と陸とを平均し、唯大體に推し均したる所を以て地球の形とせむ。と之亦甚妥當なる考にして或は最道理に合ひたるものならむ。而も學問上精確に理解し實測を行はんが爲には甚不便なり。不便なるが故に更に便利にして取扱易き定義を與へて學問上に所謂地球の形と寸法とは是々なりと定め、之が實際の現状と又一方には前述の平均とも格別の差無きを求む。かく理論上より想定せる地球の模型を地型と稱し、之を地球の標準（或る意味に於て平均）代表物とす。蓋し地球を徑一尺五寸の球にて模造すれば地球上最高き山は一厘に過ぎざるべく大陸の如きは上面に塗りたる假漆の皮膜程に過ぎず。

一四 地型

今静止せる海洋の水面を以て悉く陸部に及ぼすものと想像す、即陸の兩側海面を連ぬるに運河を以てせば、到る處海水の瀰漫する状を呈すべし。此際、是等の水面は集合して一定の形體を成すと考ふべし、之を地型といふ。されば地上の測量は悉く之を當該海面に基準せしむるを常とし、之により各處の水準を得るなり。今測地學軌近の決定によれば、地型は一の短扁球（何れの子午線も一定の橢圓）にして、其の長軸は即赤道大圓の直径なり。又其短軸は南北兩極に亘り之が橢圓率は約二九七分の一なりとす。即前節一尺五寸の球を取りて左右を二厘五毛づ、削りたる程の扁度なり。半長軸は、六三七八三八八米、短軸は六三五六九〇九米にして、大凡は直径三二四八・一八里の球と見るを得べし。右の寸法は古來幾多の研究を経て、最近（一九〇九年）米國の沿岸及陸地測量部長チャットマン氏と萬國測地學委員會委員ヘイフォード氏との合査に成れる最新の値を取れり。

水平面

海水は等位面に於て衡平を保つが故に、之に垂直なるは直に實現せる重力の方向なり。即地球引力の合成に、地球旋回より起る向外力を結合せる現重力は、何れも地型の面に垂直なるべし。此の等位即水平面は各種天測の基礎を成すもの

にして、地[○]點[○]の[○]緯[○]度[○]に[○]せ[○]よ[○]。天[○]象[○]の[○]位[○]置[○]に[○]せ[○]よ[○]、この水平（天測器儀に附屬せる水準器にて示せるもの）に隸從す。天象觀測者の脚底は實に此の水平面に在て存すといふべし。

一五 内容

地球の質量又は之を容積にて割りたる密度を求むるは、宇宙引力の法則に基きて、小物體に地球が及ぼす引力と、同物に他の既知の大塊が及ぼす引力とを比較して測定するものとす。之によりて得たる結果は平均密度五・五二なり。即地球は之と同積の水よりも五倍半餘の質量を含むものなり。通常地面に近き岩石土砂等、所謂地殻を成せる實質の密度は平均三を超ゆること多からざるが故に、地球の内部は、上記の平均密度を超えて六又は七にも及ぶべく、是等は重き金屬の密度に匹敵す。而るに一方に於て地面より地下に向て孔を穿ち深さに應ずる溫度の差等を検するに、地方により多少の差違あるも深さ百尺を増す毎に大凡攝氏一度を増すことを認めたり。但し此増率は實驗の範圍内僅に二千米を出でざる所にして之が何處まで行はるゝと考へ得るやに付ては頗る慎重なるを要するも、若し右の割合を少しく内端に算して、粗々構成等しと推測すべき内方迄及ぼす

とすれば地面より十四里（僅に半径の千分の八即第一三節末の模型にて六厘）の深さに於て、一六〇〇度に達すべし。されば此より内にてはあらゆる物質を悉く溶解すべき程の高熱ありと推定せらるべきが故に、地質學者の古來主張するが如く地球の内部は悉く鎔液體狀なるか。而も一方に於ては鐵に匹敵すべき密度を有し且故ケルヴィン卿は鋼鐵よりも平均に於て硬しと言ひ、尙其後の研究によれば之より更に硬きもの如きを思へば、爰に大なる矛盾あるが如く、之が解決は未簡單なりといふを得ず。但し、幾多の現象を綜合するに、通常の意義に於ける固形は割合に淺き（例へば半径の一五〇分の一の殼部に限り、其の内には鎔解部（地質學にいふ火山の藏）あり、之すら甚深きに至らずして其の内部は莫大なる壓迫の爲に異常なる高熱にも堪へて尙固體の狀態を維持し、（此より中に向ては熱度甚増すと限らず）、密度といひ硬度といひ多くの金屬に勝るものならむと略推測するを得。

一六自註

天動地動兩説の起源及び爭點等の歴史は、通俗天文學に於て極めて興味あり、且教育上有益なる好題目なれども、今は他の緊切なる目的に趣くに急なるが

天球

故に、暫く之を割愛し、直に現今既得の事實を總括するに止めむとす。先づ太陽太陰及び若干の遊星を除き、満天に閃めける幾千萬の恆星は、幾多の年月を経るも其の相互の關係位置を變ふること無く、近世精微なる觀測にて纔に百年間に數秒の微動を知り得るのみなり。故に大體に於て吾人に近き日月遊星等の、日に時に移動して止まざるものとは明に別種に數ふべく古來之を恆星と稱せり。且是等多數恆星の、吾人を距る頗る遠くして、日地の距離三八〇〇萬里を尺度とするも、尙測るに堪へざる程なるが故に、何れの星も皆同一の距離に在ると見ゆ。中心より同一距離にあるものは、自然一個の想像球面を成すが故に、天を仰いで之が球面の感を起すは尤理に合へることなり。之を天球と名つけ、假に總ての天象は皆此天球に在りて、恆星は之に固着し、又遊星等は天球上に移動すと考ふる方便なり。さて恆星の多數は、相互の位置を變ふること無くして日夜出沒上下するものなるが、少しく注意して之を觀望すれば、容易に其の運動整一にして恰一日に一回天球が諸天體を帯びたる儘東より西に旋回することを見るべし。又旋回の軸は、北極星の附近を貫く天球の直徑（即吾人なる中心を

貫くものなることを知るべし。この假動は畢竟地球が一日に一回西より東に旋轉するより起るものにして、之を地球の自轉と稱し、其軸の兩端に當る所を南北極とし、地球面に於ては地球の南北極となり、天球に在りては天球の南北極といふ。

一七 周行

太陽其他遊星等の天象も皆一日に一回出沒することは恆星と同様なるも、少しく觀測を進むれば、數日ならずして是等は恆星との相對位置變移することを認むべし。今太陽が西天に沒してより、直に其附近に現はるゝ若干著明なる恆星を觀測し、日々其位置を略記すれば、太陽が恆星に接近し來りて幾日かの後には終に太陽と恆星とが相前後して西方に沒するを認むべし。此の種の觀測を續ければ、太陽は恆星に對して常に西より東に移動し、一年の後再舊位に復るを發見せむ。此の假動も亦地球が太陽を中にして一年に一回周行するより起るものにして、他の遊星の如く宇宙引力の法則に遵ひ、又大約ケプラーの遊星運行則(第五章)を守り、黃道と名づくる平面上に橢圓を畫きつゝ、太陽を周行する地球の行動を示すものなり。

一八 地動の
効果

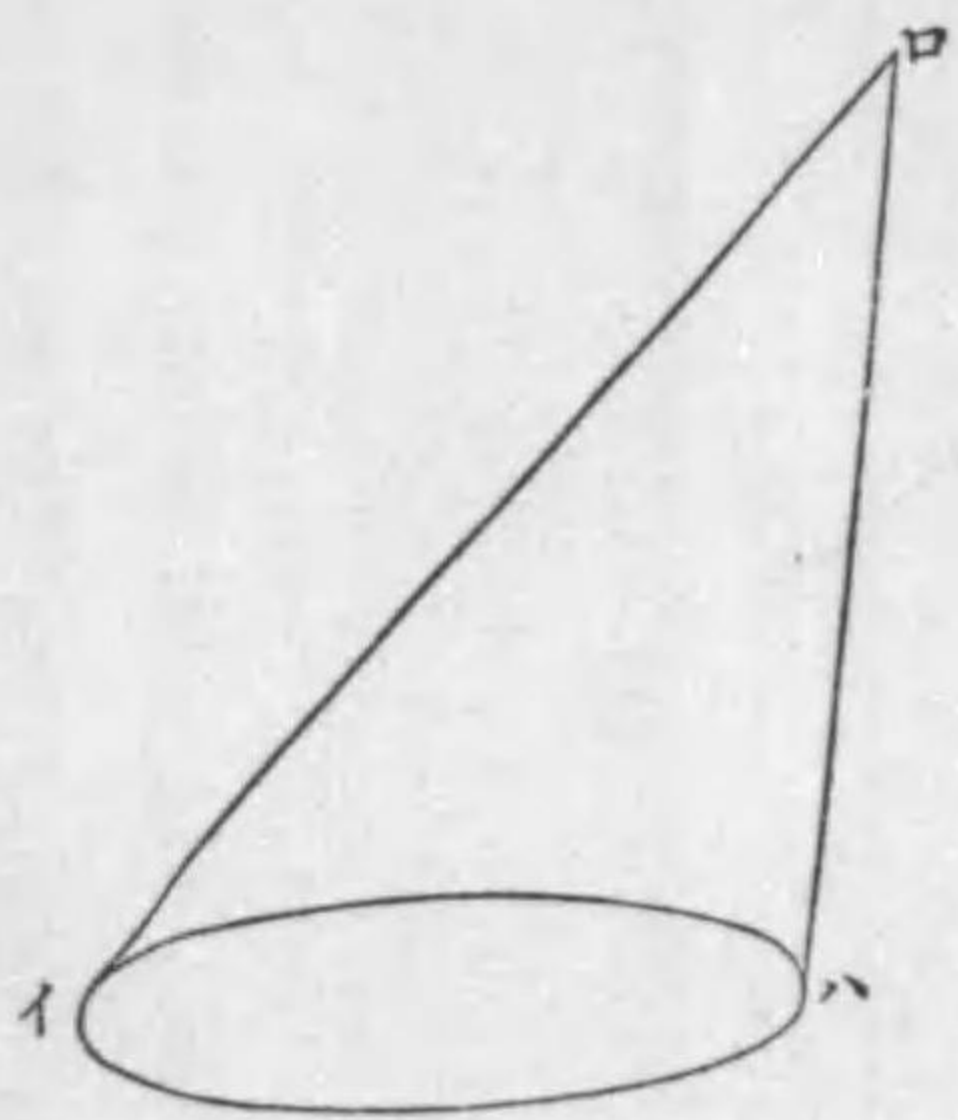
地球自轉の爲、之が赤道上の住人は一日に一〇二〇四里餘即一分時間に七里強づゝ(一秒時に四丁と四分一の速にて)東方に飛行す。其他の地點は緯度の餘弦を之に掛けたる速さを有す。之が爲、地球引力以外に重力の方向及び強さを左右せらるゝこととなり、恰も均一なる液體球を旋轉して生ずるが如き地型を(等位面として)實現せりと考へらる。

地球周行の速さは平均一秒に七里半強なり(ウンといふ間に京濱間を飛行する程の怪速を有す)。斯かる莫大なる速さにて空間を飛行する吾人なれば其の心して天外に起る現象を觀察するを要すること勿論なるも、如何に此の自己の飛行を計算中に斟酌すべきものなるや、是寧容易ならざる提案なり。既に古人は地動說に對して難すらく、「若し地球が空際に於てかく莫大なる軌道を畫くとせむか、軌道の兩端より見る衆星の位置は大に異なるべきこと、恰二點(イ)(ハ)より第三點(ロ)を望めば、其の方向(イロ)と(ハロ)との間に角(イロハ)だけの差あるに同じかるべし。是實に二つの異なる點より望みたる場合の視差に他ならず。されば地球軌道の直徑を底として星を頂點とせる三角形の頂角は恰半年を隔つ

年視差

る測者の二位置に伴ふ視差なるべきも、之を實測に訴ふるに半年視差として星座に起るべき變移あるを認めず。故に地球に斯かる移動あるべからず」と理論に於て毫も間然する所無きが故に、當時の地動説を贊する學者は之が答辭に究

第一圖



視差の略解

せり。但し事實視差なきにあらざるが小なるに(格外に小なる)によりて普通の測角に手筈無きに過ぎず。恰も船首の人と船尾の人が月を望むが如く(イハ)の距離に比して(イロ)甚しく大なるが爲に(ロ)角は格外に小にして、(ロ)の方位全く相同しと見ゆるなり。

是の如く星辰界は太陽系内の距離に比して格外に深遠なるが故に、地球移動の効果を考察するにも適當に之を酌量せざるべからず。

一九大氣

地球が固體なりといふは之が本體にして、尙之が外圍に海水と大氣とあり。海水は太陰太陽の作用によりて潮を起す。其の原因結果は共に天文學上の題目な

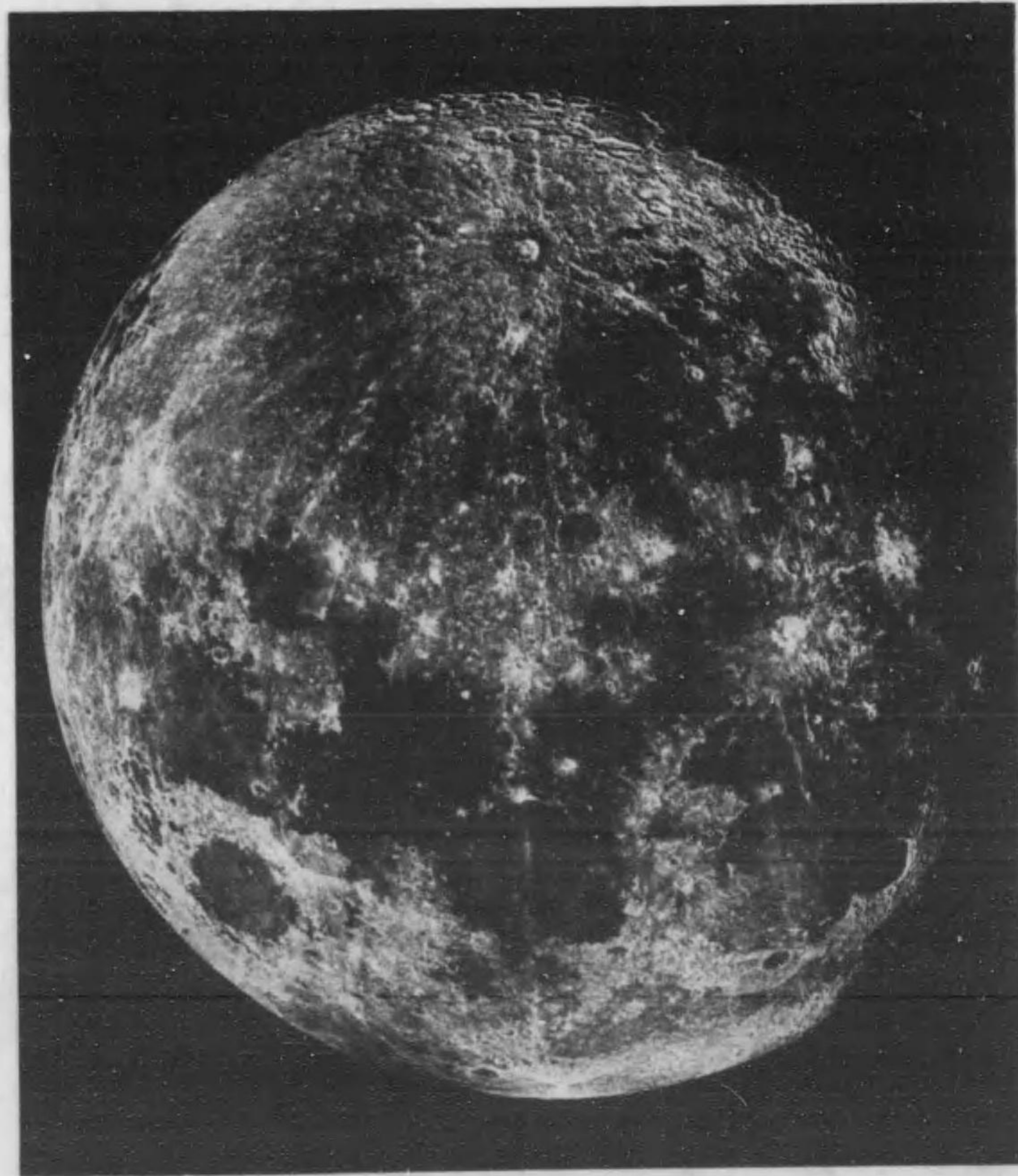
るが、吾人は之を第五章以後に譲り、今大氣につきて一言せむとす。氣象學は専ら大氣中の現象を研究するものなるが、天文學にては之が光學上の性質(反射屈折吸収傳播)の効果を考ふるを要す。手近き例を擧ぐれば、日出前及日没後、日光を受けざるも尙全く暗き夜にあらず、所謂薄明(ほのぼ)の現象あり。又晝間室内等日光の照らさるる處にても明るきこと、厚き雲が日光を遮るとも夜の如くならぬこと等は全く大氣の光を傳播する作用に基く。又同じ理由にて晝間星を見ず、又太陽の外邊を圍繞せる薄き光物を見る能はざるなり。

大氣の高さに制限を考ふるは畢竟效力の何如より起ることにして、普通氣象學にては三里以上の氣層を要せざるべし。又氣差の如き光學上の現象に關しては大凡十七里程まで有効にして其上は無きに等し。然るに流星の現象につき記録せる所によれば少くも四十里(地球半径の四〇分一)の高さまでも、有效なる大氣ありとせざるを得ず。流星は(第六章に説くが如く)天邊(地球の軌道附近)に彷徨せる天界の塵にして地球に遭遇する際に引き付けられて落ち來るものなり。其の際一秒に一〇里前後程の快速を以て大氣の高層を飛行し此の劇動の

爲熱を起して終に光を放つに至るなり。

大氣の密度は海面に於て約 0.0013 にして、上方に向ひ漸々稀薄となるも、上述の高さに及びて總計一氣壓なる力を以て地上萬物を壓すものなり。(一氣壓は恰六七哩の高さなる水銀柱の壓に等しく、即一平方寸につき二貫五百三十匁の重量なり)。

版 三 第



太 陰 面
(陰 曆 十 二 日 の 月)

第二章 隣の家

二〇 太陽對地球

近きより遠きに及ぼす是又自然の道理に あらずや。看よ億萬の 天象中、吾人に尤近きは 太陽系中の 諸星なり。太陽系の 諸星中 吾人に 尤 近きを 太陽とす。(月といふ時は 一ヶ月と混同する 恐あり、月輪とはその 圓き面の謂なり)。太陽はあらゆる 天體中尤地球に近きのみならず、實に吾が地球に從屬する、唯一の天體にして、其の主從關係は恰も太陽が主にして地球之が從たると同一なり。即太陽は地球の中に置き、豫定し得べき軌道上に周行す。されば地球は自己に從屬する 太陽を伴ふて、太陽を周行するが故に、太陽は太陽に對して倍臣の位置に在り、地球の權威に服従しつゝも大體は地球の周行に連れて、亦太陽の外に周行す。但し、今は日月兩曜の關係を問はず、直接に太陽對地球の關係及び太陽その物に就きて知り得たる事項を述ぶることとせむ。

吾人が爰に太陽對地球の關係を詳説する一の主意は、太陽系内他の遊星に屬する 衛星と主星との關係も亦大同小異にして、略之より類推するを得べければ

なり。地球の外には、海王星に一個、火星に二個、天王星に四個、木星に七個、及び土星に十個の衛星あり。但し其の質量に至りては、太陰か地球の八十一分一弱なるに比して、大率甚小に、大なるも主星の數千分一に過ぎず。されば太陰が地球の行動上に多少の作用を及ぼすに比して、其他は一も匹敵するものなく、多くは衛星はあれども無きが如く、唯主星のみ堂々として太陽の外に周行すと異なることなし。

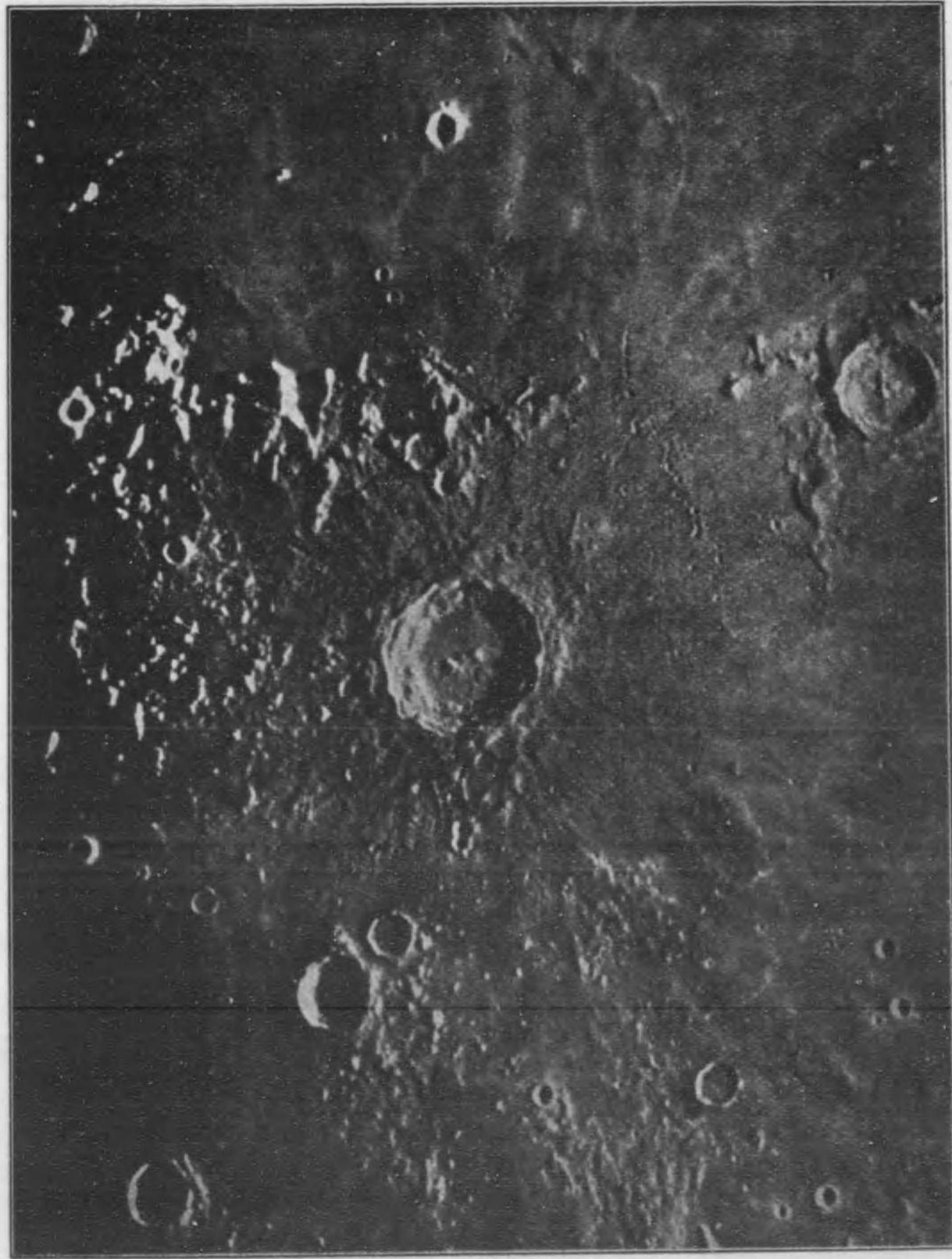
二二 太陰の
状態

太陰は直径八八六里四七(之が視角は平均三、二分八秒)の球にして地球は寸法に於て三倍六六三、容積に於て四九倍、質量に於て八一倍七なり。太陰の外部には地球の如く觀測に手答ある程の大氣あるを認めず、若し多少の「ガス」ありとするも、地球上の氣壓に比して七五〇分一よりも大なるべからず、と推定せらる。此は天測上より來る結論なるが、近年唱道せらるる、氣體力學によるも、地球上に酸素窒素水蒸氣等の「ガス」を抑留すると同じ理由よりしては、太陰上には一も此等の「ガス」を殘留する能はざるの結論を得べし。既に大氣の適度に之を包被すること無ければ、長時間(或る場所は十四日間)に亘りて日光の直射を受くる

も地上の高山が千年の雪を戴くが如く、其の溫度は極めて卑かるべし。又一面に多少の暖氣ありとすれば、其低き氣壓の下に水の如きは忽氣化すべく、其の水蒸氣は永く月面に殘らざるべし。されば何れよりするも地上を濕して萬物を育成するが如き、水は太陰上に皆無なりと推定するを得。

二三 相貌

玉兔藥を搗く春又秋と、詩人の吟懷を促したるが如く、肉眼にて見る月面は美麗にして、僅に薄墨にて塗抹せるが如き、玉兔藥を搗くの模様あるのみなるが望遠鏡の力を用ふれば、(假令双眼鏡程の低度のものにてても)墨繪の模様は消失せて直に表面上の詳細を見るべく、五寸乃至一尺徑の望遠鏡に取りて、尤興味多き天象なり。之により仔細に月面を觀望するに、一般に甚しく不齊にして凹凸多く、地球面の如く廣き平滑なる部分を有せず。而も表面の組織又地球と異りて、地上の大山の多く山脈を成すが如きは稀に、殆ど孤立せる大噴火口に似たる、又は液面へ滴下せる時に起る圓形波輪の如き、凸起を撒布せる狀を現はせり。阿蘇山火口は世界有數の大火口なるも直径七里内外に過ぎず。月球の火口は往々二三十里なること珍しからず、稀に四十里に及ぶことあり、四里以内の

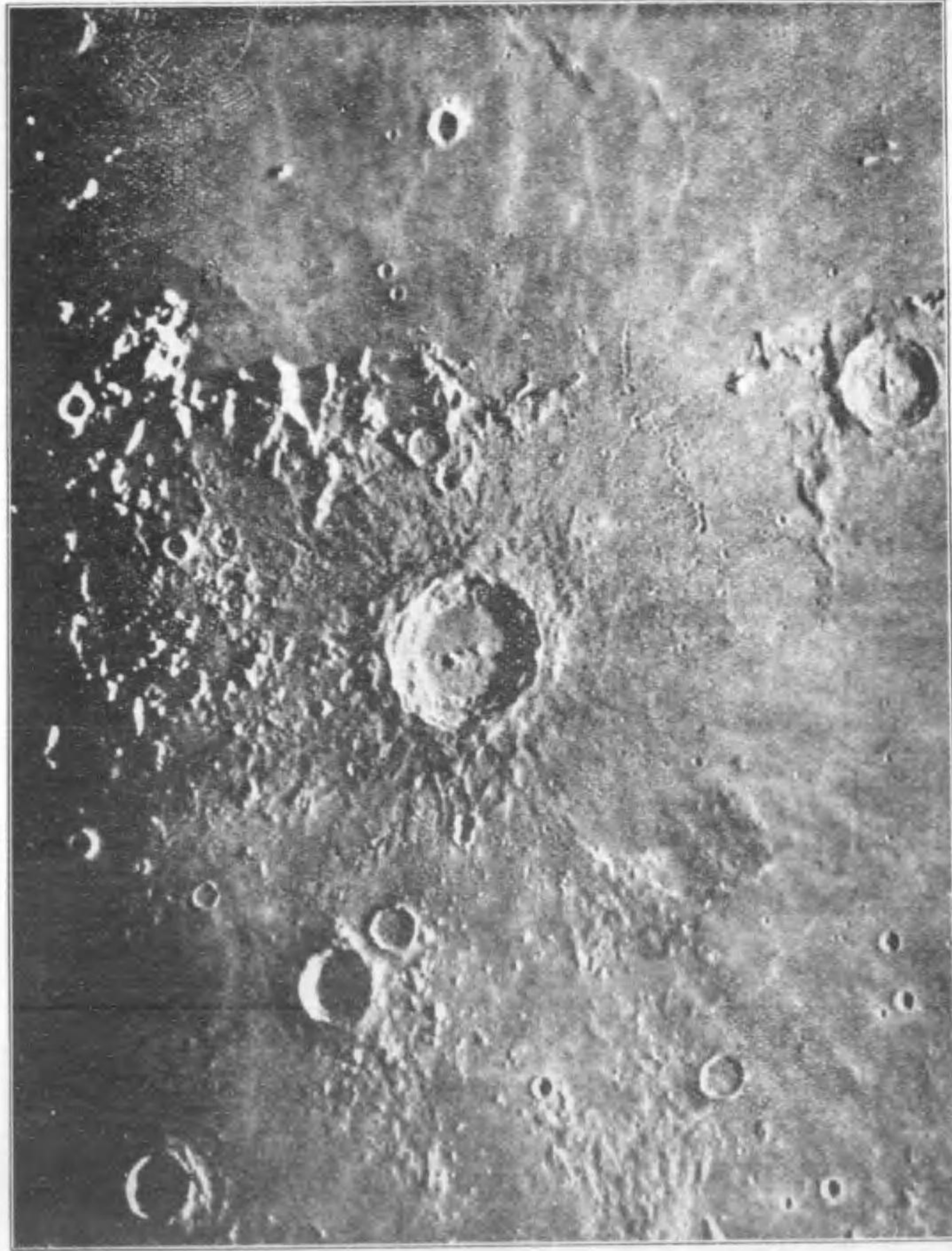


月 面 の 一 局 部

小火口は千を以て数ふべし。山岳地方は概隆起して、肉眼に白く輝きて見ゆる部分なり。其の薄黒く見ゆる部分は之より一層卑くして處々に孤立せる小凸起ある外大約平滑なり、古來之を海に譬へたるも、事實は單に比較上卑き平野なりといふに過ぎず。當面の問題は上記の凸起が果して噴火作用にて發生せるものなりや否やに在り。古來多數の學者はかく信じ來りて、強き反論無かりしも、近年に至り是等は月球の鎔解せる時期に外部より隕石の落下せる痕迹なりとの新説を出せり。未多數の賛成者無きも参考の爲之を録す。

三三周行

太陰の天球上他の天象に對して東方に移動することは、太陽の場合より尙一層容易く認むるを得。今一個の恆星を選び、之に對する變位を觀測する時は、二七日四分一程を経て再、原相對位に復歸することを知るべし。然るに太陽は假動上地球を一周するに一年を費すが故に、一年中太陰は數回太陽を行過ぐべく、此際所謂新月(朔)となるべし。朔と朔との時間を陰曆の一月といひ、術語にては陰陽周期といふ。之に反し天球上の定點に對して(即眞に)地球を一周する、時間を恆星周期といふ。恆星周期は平均二七日七時四分一。一秒五五なるも、



部 局 一 の 面 月

第二章 隕の家

三

小火山は千を以て数ふべし。山岳地方は概隆起して、肉眼に白く輝きて見ゆる部分なり。其の薄黒く見ゆる部分は之より一層卑くして處々に孤立せる小凸起ある外大約平滑なり、古來之を海に譬へたるも、事實は單に比較上卑き平野なりといふに過ぎず。當面の問題は上記の凸起が果して噴火作用にて發生せるものなりや否やに在り。古來多數の學者はかく信じ來りて、強き反論無かりしも、近年に至り是等は月球の鎔解せる時期に外部より隕石の落下せる痕迹なりとの新説を出せり。未多數の賛成者無きも參考の爲之を録す。

二三 周行

太陰の地球上他の天象に對して東方に移動することは、太陽の場合より尙一層容易く認むるを得。今一個の恆星を選び、之に對する變位を觀測する時は、二七日四分一程を経て再、原相對位に復歸することを知るべし。然るに太陽は假動上地球を一周するに一年を費すが故に、一年中太陰は數回太陽を行過ぐべく、此際所謂新月(朔)となるべし。朔と朔との時間を陰曆の一月といひ、術語にては陰陽周期といふ。之に反し地球上の定點に對して(即眞に)地球を一周する、時間を恆星周期といふ。恆星周期は平均二七日七時四三分一。一秒五五なるも、

月齡

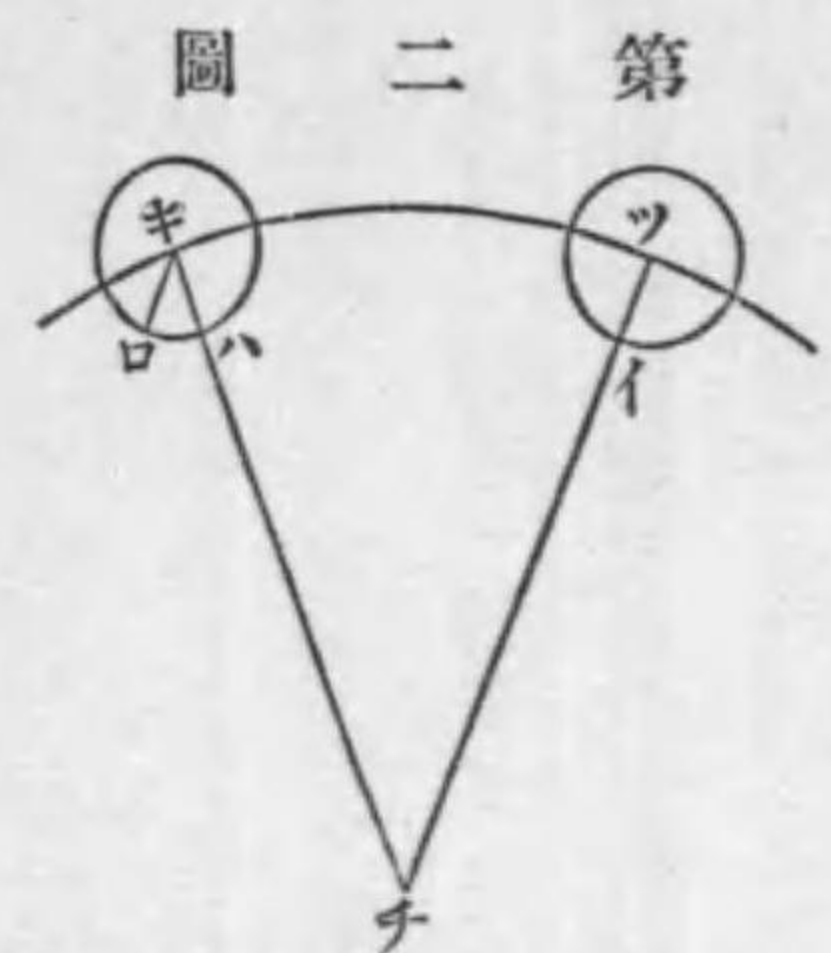
軌道の扁形と攝動とは主體のみの引力にては一定の橢圓を畫くべきを、他の天體の作用により障害せらるゝことによりて、三時間の伸縮あり。故に太陰一月の歩度は恆星に對して平均一三度一分程なり。

又陰陽周期は平均二九日一二時四四分二秒八六にして太陰及び地球兩軌道の扁形の爲に一三時間の伸縮あり。月齡とは新月即太陰と地球とが合位に在る時(太陽より黄道上の經度相等しき時)を〇とし、それより數へたる日數をいふ。故に太陰曆の日付は或る非常なる場合の外月齡より一日づゝ多し。

太陰の軌道は攝動を別に加減することなし、大體に於て一の橢圓にして地球(詳しくは地球と月との質心點)之が焦點たり。軌道が天球上に記す大圈を白道といひ、黄道と平均五度九分程の傾斜をなす。地球よりの平均距離は九七八九〇里即地球赤道半徑の約六〇倍二七四に當るも、軌道の扁形と攝動との爲に近き時は九〇五七〇里より、遠き時は一〇六四〇〇里に至る。通常は平均距離の前後に五三七〇里の移動あるのみ。右の平均距離に於て地球の赤道半徑に對する太陰の視差は五七分二秒三とす。(ニコム氏による)。

二五 自轉

太陰は之が恆星周期即二七日三二……の間に一定軸につきて旋回す。其の軸は太陰周行の平面、即白道に殆垂直(約八八度半)なるが、その方向及び速さ恰も周行期と同じきこと尤注意すべき事實なりとす。其の原因は月球の鎔解時代に、地球が月面に生せる、潮の高處を自己の方面に引き付けたるに基くといふ。



又其の結果として吾人は常に月面の同部をのみ見て之が背面を見るの期無きこと、なれり。若し月に自轉なきか或は自轉あるも其の速さにして周行と獨立ならば、其の遅速の差より順次に月面の各部を現はし來るべきなり。第二圖は尺度を顧みること無く天の北方より月の軌道

を見下せる想像圖にして、ツ及キは四日程を隔てたる太陰の中心とし、之をチなる地球より望むとすれば、此の間に太陰はツより東方キまで來るべく、自轉なければ其の一個半徑ツイは自己に平行に動きて(是旋回無きの意義なるが故に)キロに來るべし、但し、角ロキチは周行の歩度ツチキに等しく取れり。即

前に地上の觀者に對し月の真中イに見えし點は、四日後ロなる東方に移動すべく、各部之に準じて悉く東方に移る筈なり。然るに太陰は此間に同方向に、殆圖面に垂直なる軸につき周行に等しき程旋回するが爲に、ロに在るべき點は歩度に等しき角を畫きてハに來り、依然として月の真中に見ゆべし。他の各部も之と同理にて舊位を持續す。但し、旋回は恆速を有し周行は唯平均に於て之に等しきが故に僅少なる遅速の爲に異動ありと雖大體に於て殆同一なる面を見る。

二六 効果

太陰が地球の闇夜を照らし、或は三日月として山の端に懸り、又は潮と共に生ずる春月となり、其他季節に伴ふて古今詩人の心腸を刺撃するは、今暫く之を説かざるも、爰に地上の住人に取れて尤著しき現象を起すこと二あり。其の一は潮沙にして太陽も亦之に與かれども其の効果は太陰に比すれば五の二に當るに過ぎず。故に古より(太陰)曆の日附により満潮の時刻を豫知すること各港浦の習慣なりしなり。約言すれば、太陰よりして地球の中心より近き海水をば引くこと地心を引くより多く、反對側の海水は引かるゝこと少きが故に地心より

後方に残留するの傾向あるべく、かくて太陰直下と之が反対側（蹠點）とに向つて潮を起すべき傾向あり。此の傾向に従て海水は潮波を起し太陰周行を逐ふて、大略西方に波及す。實際の潮は斯る原因が永年不斷海洋の各處に作用し既に海陸の形状等に恰當せる定式を探りたる後の結果を呈するなり。

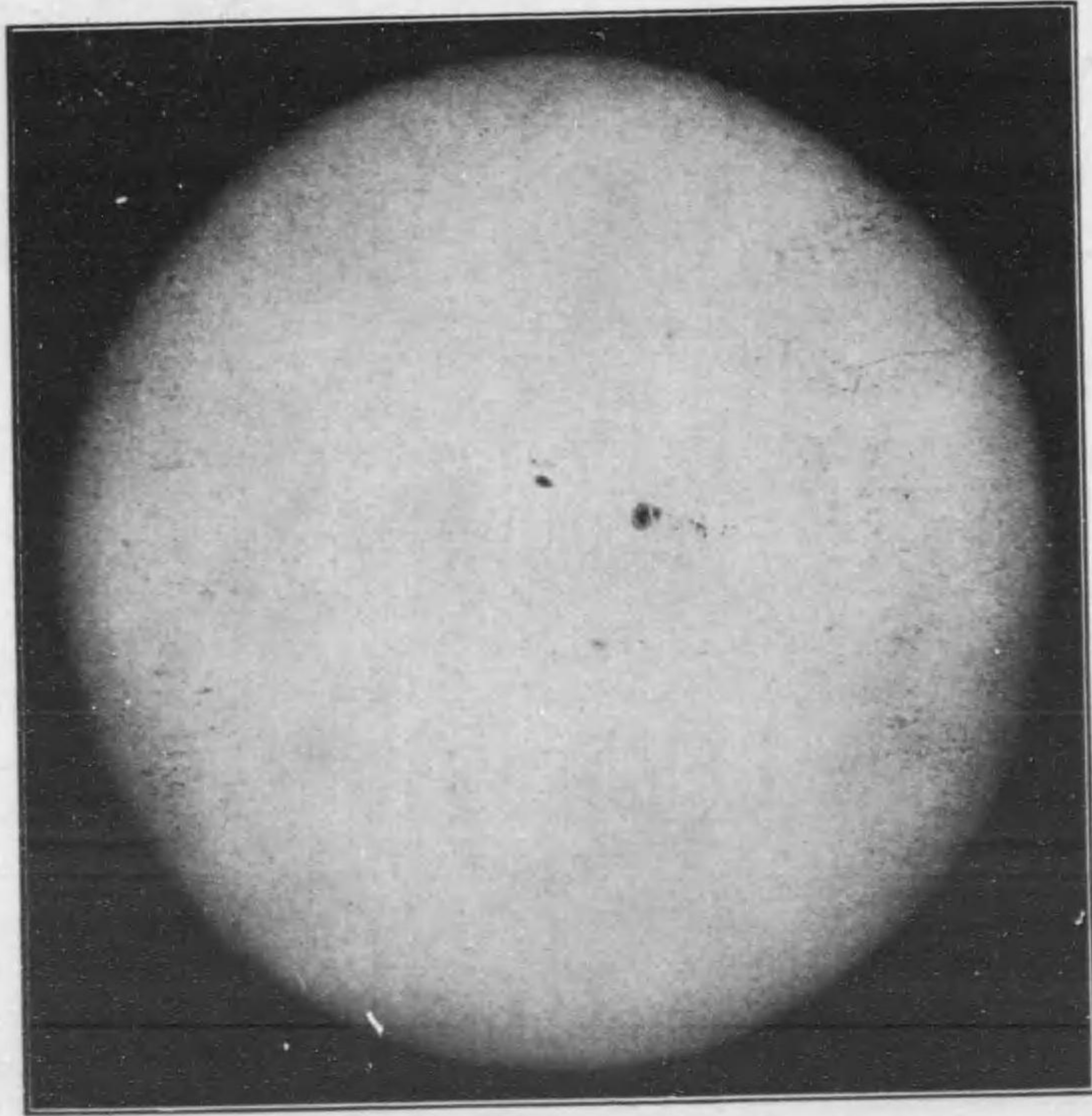
一日の長さ

潮波の集合せる結果は理として地球の旋轉に幾分の制動作用を施すことなるも其の力微弱なるが故に、地球旋回の大威勢の上には數千萬年を費すも何分測るべき効果を及ぼせるや、甚覺束無きことなり。兎に角一日の長さが古來伸縮無きやは天文学上一大疑問なるも未的確なる差違を見留め得ず、即不變なるものといふの外なし。

日食

次に日食とて太陰が太陽を遮る現象あり、別に星辰掩蔽とて同しく之が前方を過りて一時星を掩ふことあるも、專攻者の他に感興を惹くこと無し。日食は古來各國に於て尤刺戟する現象として記録せらる。殊に皆既日食は（一地方に取りては）稀なる事件にして且又幾多の獲難き研究資料を給するが故に肝要なるものなり。

第 五 版



太陽全面（斑點あり）

第三章 吾等が君主

二七 概観

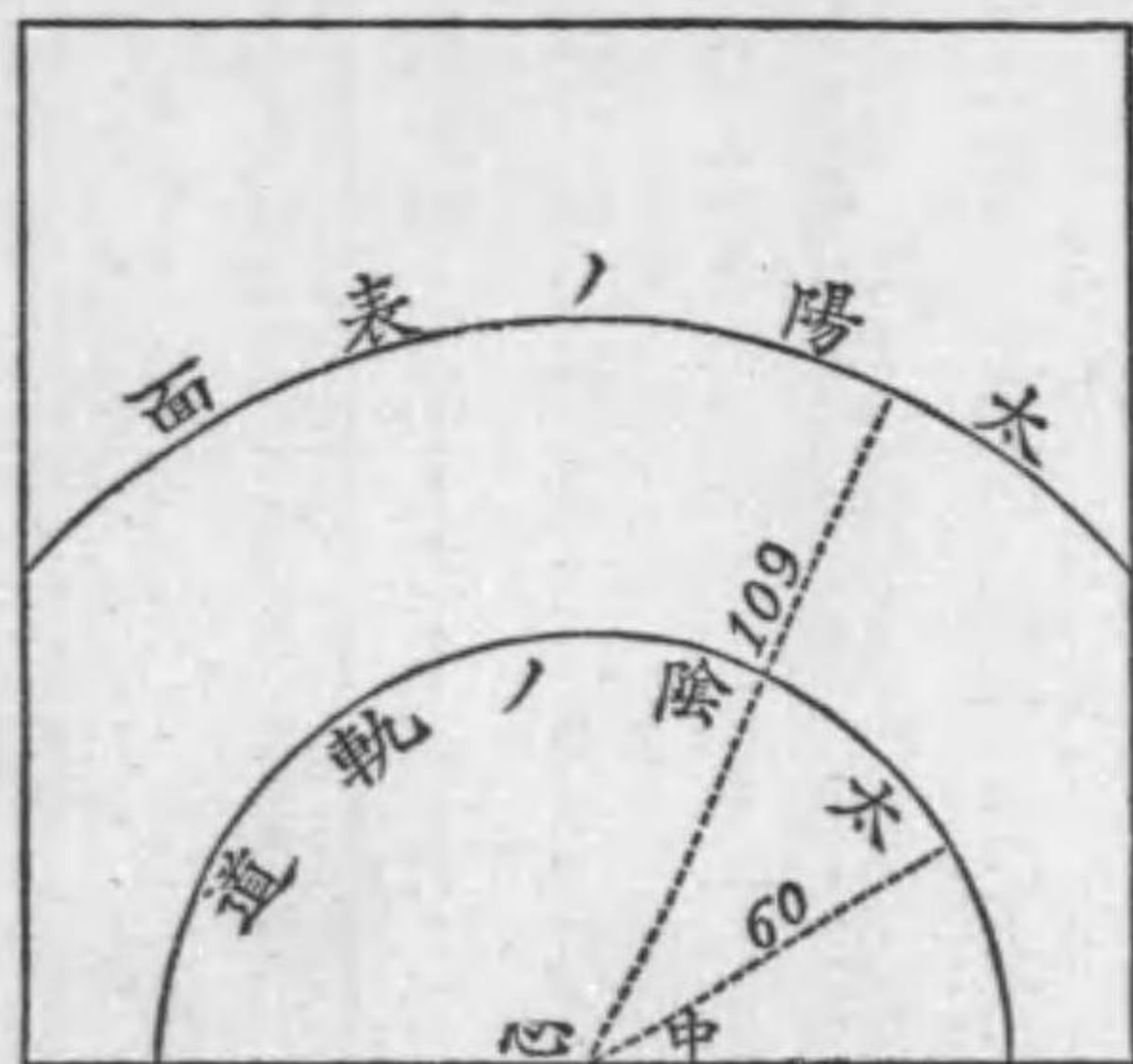
吾が地球は太陰を伴ふて、太陽に臣事すること、前に述べたるが如し。實に太陽は吾が地球の他幾多の天體を統率して、太陽系の絶対君主たり。吾等地上の住人は、之が給する光と熱とを受けて吾人の化育を營むのみならず、其の他地上萬端の現象は二三の外殆悉く直接又は間接に太陽の威力を藉らざる無きも、今は之を詳説せず。單に太陽が其屬員に及ぼす權威と、又之を太陽系の君主としたる、見地より其の状態を略述せむとす。之が廣き意義に於ける天體即宇宙間の一星としての解説及び之が表面各部の詳細は別に章を設けて記述せむとす。

距離

太陽の平均距離は三八〇六萬六〇〇〇里にして地球軌道の扁形により、年末には六四萬里を減じ、六月末には六四萬里を増す。右の數字には測定上免れざる誤差の爲、約二萬里の相違は當然許容され得べきものとす。二萬里の差といへば甚粗大なるが如きも、其の差は小角八秒八を測るにつき〇・〇〇四六秒程の差

に過ぎず。尙適切に表はせば、千九百枚の紙を重ねて五寸五分三厘餘の厚さとし、之を一里隔てたる處より測りて其の紙一枚の厚さを争ふに等し。粗なりとやいはむ密なりとやいはむ、天文測定の状態は殆ど想像に堪へざる精度に到達せりといふべし。光は一秒に三〇萬軒即七六三八九里を奔りて太陽より吾人に達するに八分一九秒を費す。

第三圖



り。又假りに太陽の中部を剝り取り、地球を月諸共に其の中心に移せば恰第

太陽の直径を角にて測れば約三二分四秒なるが太陽の距離に於ける横角の一秒は一八五里程に當るが故に、太陽の眞の直径は三五萬五〇〇〇里なり。之を地球に比すれば百九倍強にして、地球との最大距離は又之が百九倍餘なるが故に、大略太陽の直径は地球の直径と之が最大距離(三八七〇萬里)との比例中項をなせ



紅焔及赤層

三圖に略示するが如く、月は太陽面と中心との間に在りて較表面に近き程の處に位すべし。太陽の表面は地球面積に一萬二千倍し、容積は百三十萬倍す。太陽の質量は地球の約三三萬二千倍なるも、之には百分一の誤差を豫期せざるべからず。されば密度は容積の倍数と質量の倍数との比較より、地球の三・九分一即水に比して僅に一倍半程なるを知る。

太陽表面上の重力を知らんには地球の重力に質量の倍数を掛け、直徑の倍数の二乗にて割るべく、かくして二七倍六を得。故に太陽面に於ては一秒に付き加速一秒に二七〇米程なるべし。

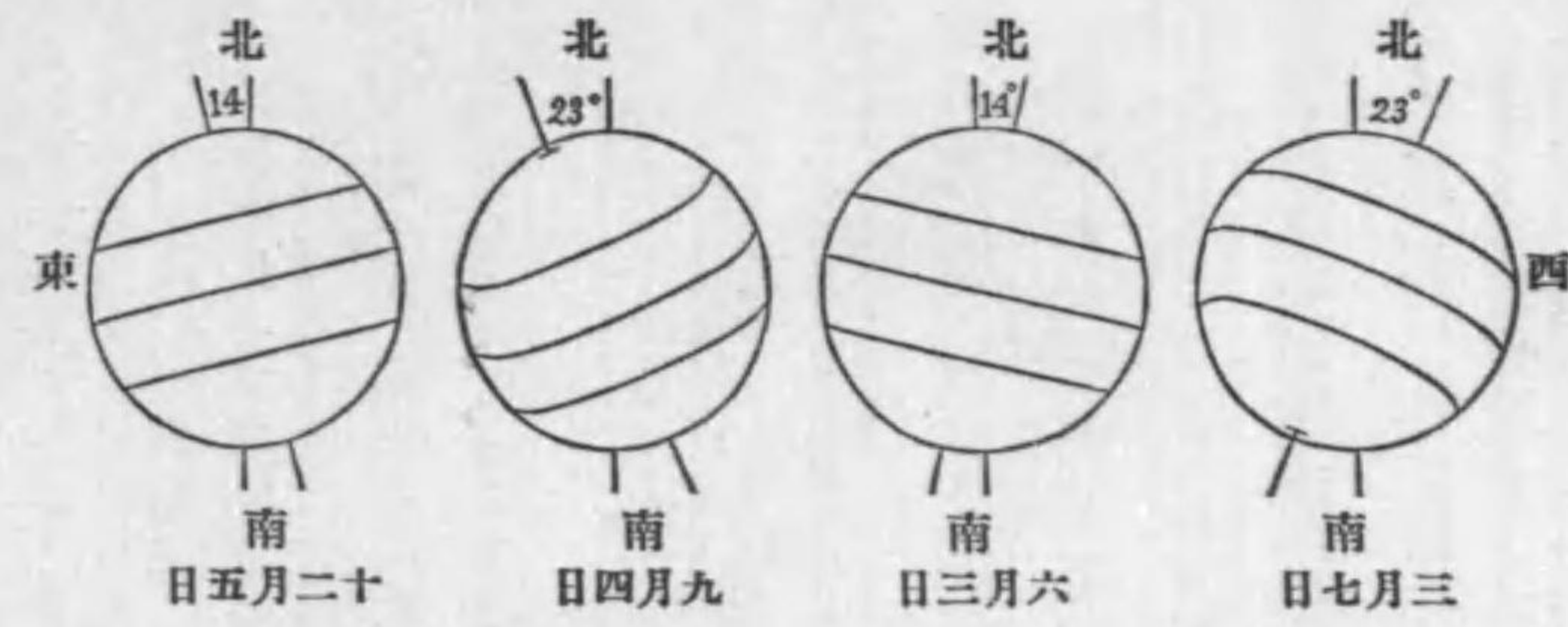
二九 斑點 自轉

太陽面の外觀は眩ゆき火球なる中にも、第五版に示せるが如く、中部は尤光強く、外邊に至るに従ひ幾分か光輝を減す。又所々不規則に大小の斑點あり、(稀に皆無なることもあり)全表面より較黒ずみて見ゆ、輪廓甚不齊なるも外邊は薄黒く、中央部は濃暗なり。其の大き區々なるも稀には徑十數萬里に及ぶものあり。又別に全表面より白く輝きたる浮光あり。ヤング氏は之を澤壺に於ける泡沫の沸騰に譬へたるが、斑點の附近と太陽の周邊附近とに於て尤著



紅 焰 迸 出

第四圖



第三章 吾等が君主

三四

しとす。斑点も浮光も表面に固定せるものに非ず、
 形状位置共に多少迅速に變化するものなり。尙
 委細の状態は後章に譲り、是等表面の模様よりし
 て、太陽の自轉を認むべきことを述べむ。斑点の
 推移を觀測すれば太陽は地球に對して平均二七日
 四分一に一回旋回するを知るべし。尙之より地球
 との關係移動を除けば、自轉の眞周期は二五日三
 八なり。自轉の方向は西より南を経て東なること
 例の如く、又其軸は黃道の軸と七度一五分の角を
 成し、北極星と織女星との中間なる一點に向へり、
 而て太陽の赤道は黃道と黃徑七三度四〇分なる
 點にて交る。されば第四圖に示すが如く、年内の
 季節に從て太陽中心と天球の北極とを連ぬる南
 北線と回轉軸は種々の角を成し、又太陽の赤道と

地球との關係位置により俯仰あり。例へば一年二期六月及び十二月初旬に吾人は太陽赤道面上に在るが故に旋回を眞體に見、從て太陽面上の點は直線を畫くが如く見ゆ。其の他の位置に在りては此の視跡は皆曲線となること圖に示すが如し。

太陽の旋回は一種特別にして、硬體の旋回と異り、赤道よりの距離によりて、各部の速さを異にす。古來難解の一題目たるが、赤道の旋回尤迅速にして、其の轉期大凡二五日なり。之より緯度二〇度に於て二五日七五を得、緯度三〇度に於て二六日半又四〇度に於て二七日を得。之が原因につきては後に詳論する所あるべし。

三〇 構成概略

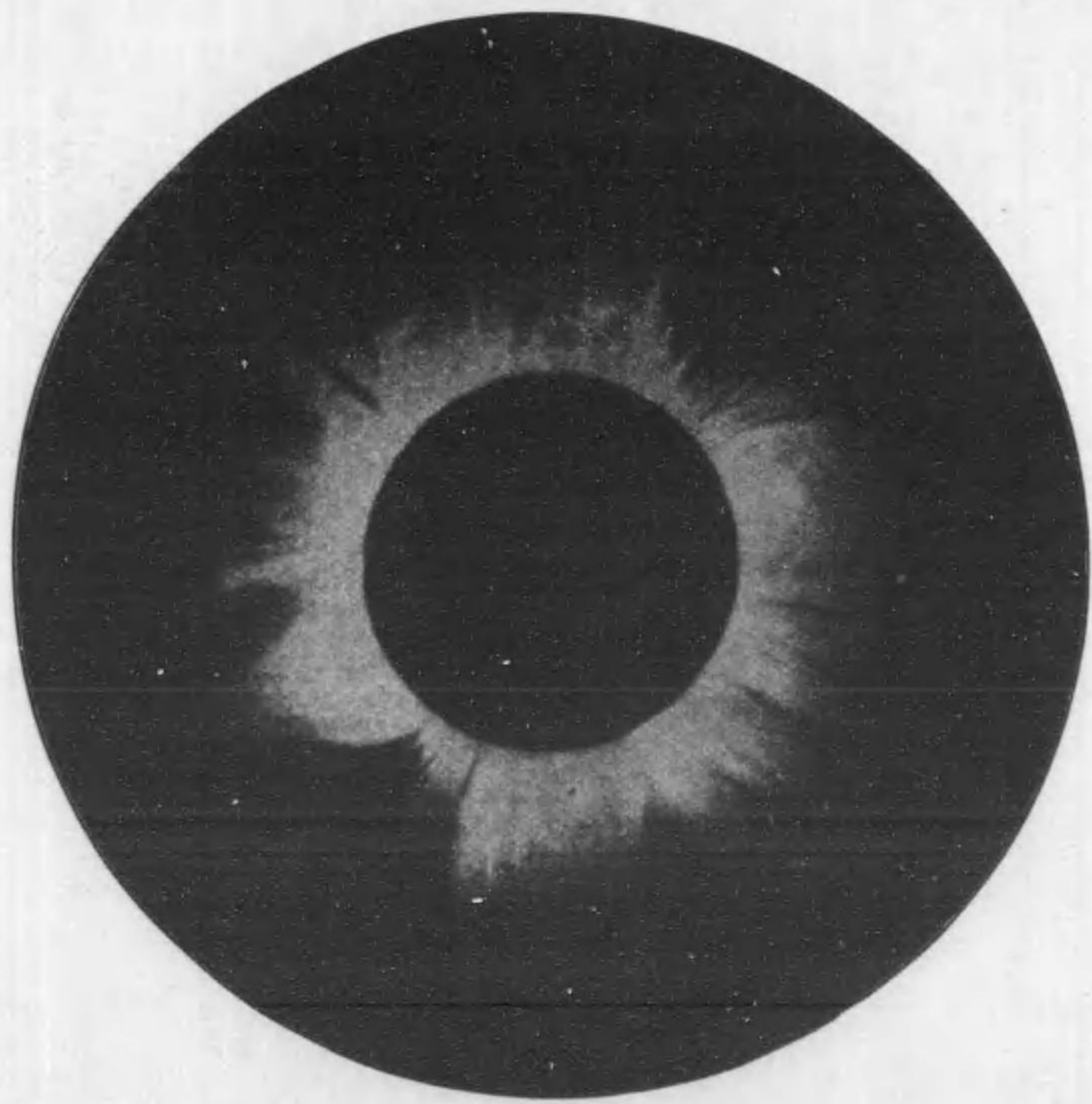
一、光層とは太陽の表面即吾人が常に觀て太陽の表面と意識する部分にして、大略内部高熱の「ガス」が外方に向て放射威勢を發揮する面なりといふべく、又、高壓氣流の波動により、高部の光強きと低部の光弱きとの差より米粒を列べたるが如き狀を呈す。前記の斑點浮光等皆この層中に屬する現象なりと考へらる。

二、所謂變復層とは厚さ確定し難きも（約二百里前後）割合に薄き氣體の層にして、光層の外方に於て之に接觸す。成分は概地上相識の物質にして、專分光器によりてその存在及び分析を考究す。皆既日食に際し月の暗體が日の光體を掩ひて正に光層の邊涯に及ぶや、今迄分光虹帶（スペクトル）中に陰線たりしもの、俄然本來の陽線に變轉歸復するの現象を示すは此層の特徴にして、其の名之を示せり。光層及び赤層も活動激烈なれども、本層は甚平靜に見ゆ。

三、赤層 次に光層の上に殆ど變復層と判別するを得ざるも、尙之より外に、收縮せられざる恆久「ガス」の一層あり。其主たる成分は水素及び「ヘリウム」なり。之が色の眞紅なるより之を赤層といふ。厚さ二千乃至四千里に至る。

四、紅焔は赤層の「ガス」が恰も、噴火に類似の作用によりて、平均面外に、或は緩漫に或は急激に放出せられて、雲の如く、烟の如く變き又は進るものなり（第六、七版）。其の厚さは往々十數萬里に及び、又、稀に爆出激しき時は上昇の速さ一秒二千里を越ゆることあり。

五、冠光は赤層の外部にありて、最稀薄なる物質より成り、皆既日食に際し（て



皆既日食
(明治四十年十二月)

のみ之を見るべく、銀白色に輝き、太陽直径の數倍に及ぶことあり。輪廓甚不齊なるも、多少放射狀を呈す。時期によりて形狀大に異なるものにして、多く斑點其他太陽の活動に伴ふ。(第八版)

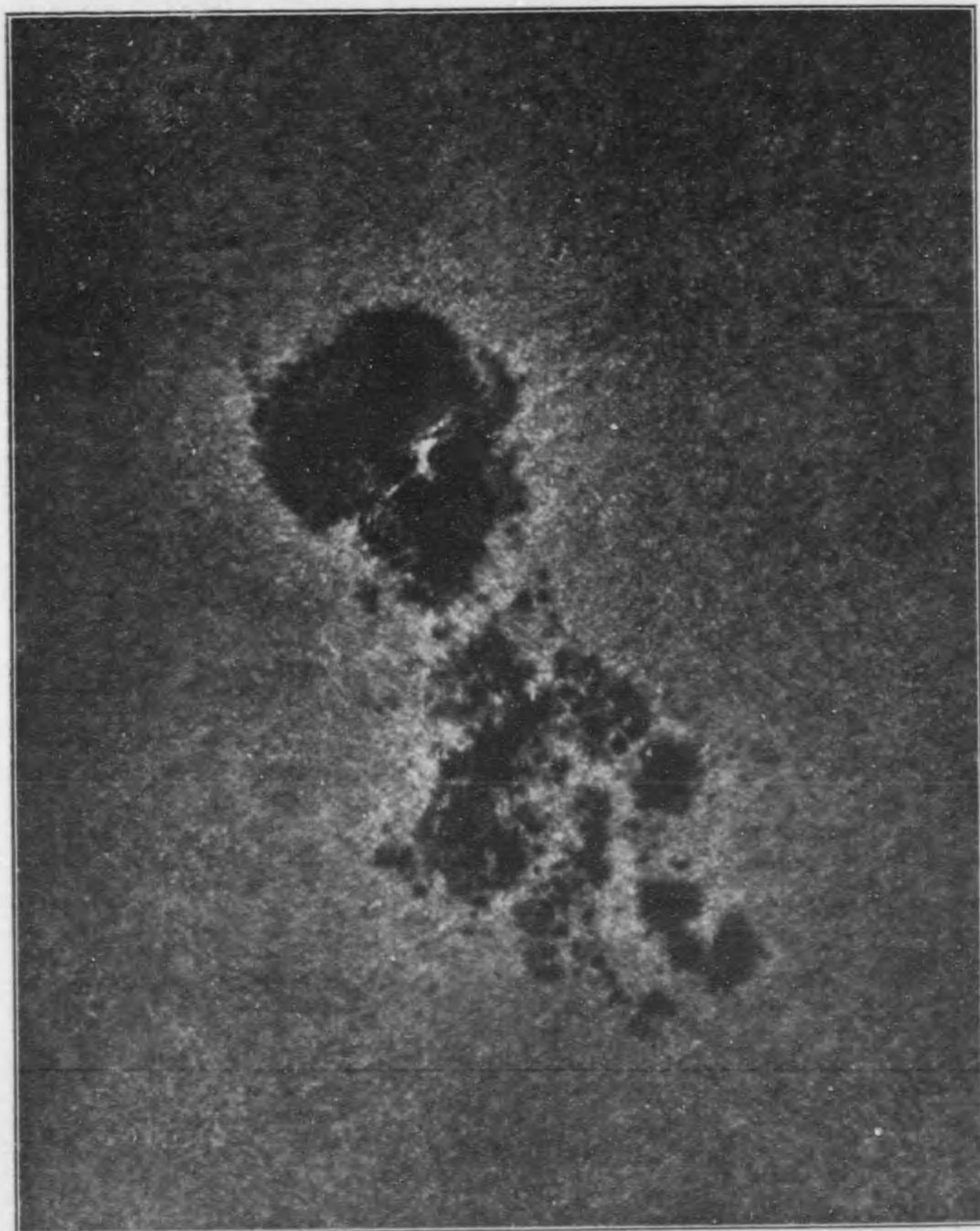
三一 斑點

斑點は太陽現象の尤著しきものにして、又之により、太陽内部の構造及び生命等根本問題を解するの端緒を得べきが故に、多大の興味を以て研究せらる。之が形狀及び變化千差萬別にして、一も律すべき無きが如きも、多數に尤多く共通なる性状を備ふる。一個の代表斑點を示せば、之により其の概略を知るを得べし(第九版)。先づ斑點が初めに太陽面に突然現はるゝ時は、(之が自轉の爲に東邊より現出するを除き)概小黒點として僅に觀望に入る(紅燭の迸出概之に先づ)自後多少時の間活動する中に、形増大し幾多の模様を呈す。其の後長短時期の間活動を續けて、或は變形し或は縮小し或は分裂し、終に元の小黒點となりて消滅す。今其の完熟せりと認むべき斑點を取り來りて、之を概説せんに、其の中央に尤暗き暗影部あり、其の周圍に放射狀の織片より成れる半影部あり。暗影部といへども、必しも一様に黒きに非ずして、多少の浮雲狀の光にて調和せ

らる。半影部の外形は多少の鋸状を成せる不齊曲線にして、甚名狀に苦しめども、軟き粘土を摘みて壁上に擲き付けたる痕跡に似たりといはゞ、幾分か之を形容し得たりとせんか。又暗影中の最黒き中心とても唯周圍との對照によりて黒く見ゆるのみにして、他の光層面の百分一程の光を放つといふ。是によりて見れば斑點の最暗部も尙「カルシウム」光より強く光るを知るべし。其の熱の放射は一般の光層面に優れり。

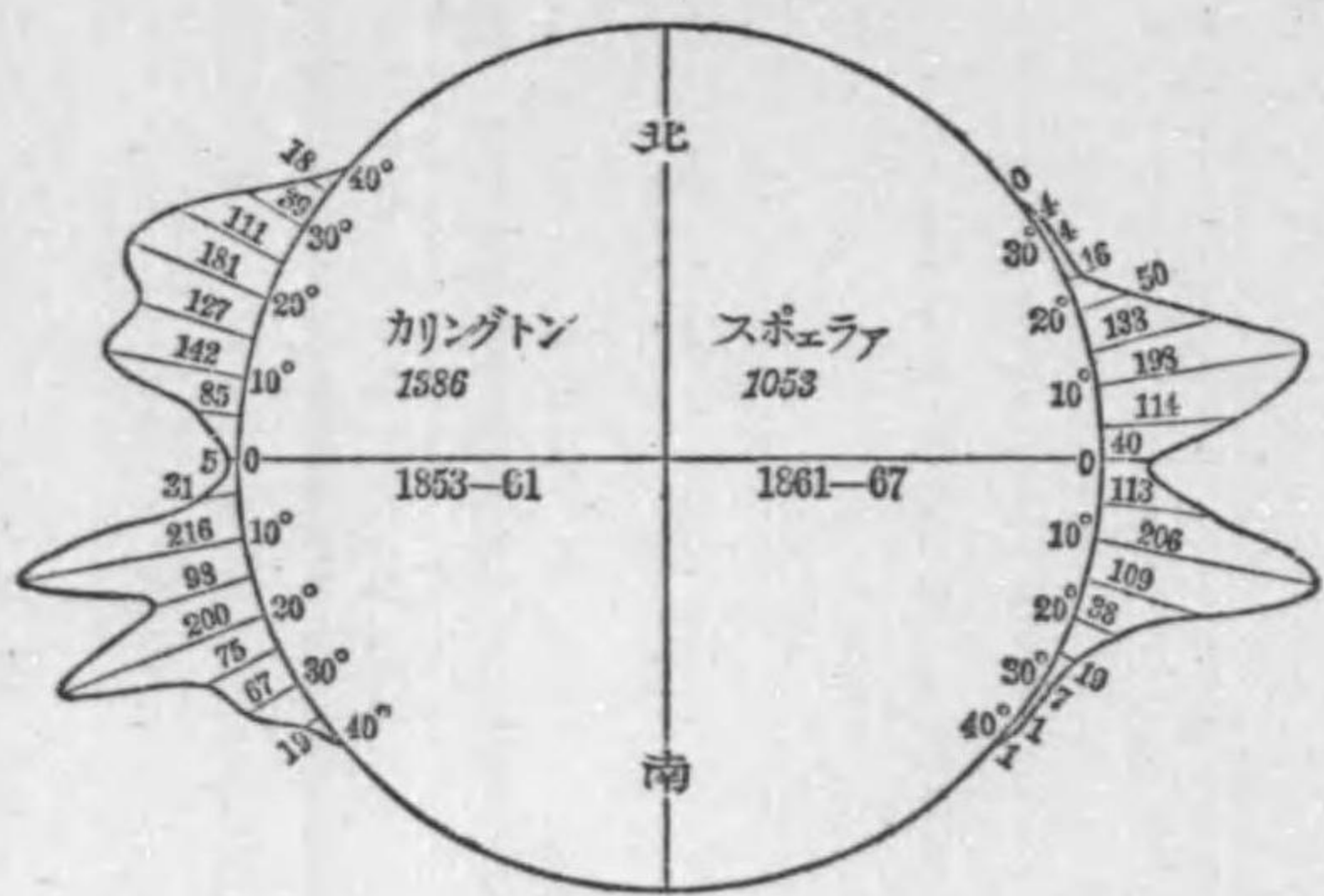
赤道より一五度乃至二〇度附近に在る斑點は赤道に向て流るゝの傾あり、之に反し高緯度のものは、反對の方向に流るゝの傾向を有す。又斑點一個の中心にては、變動は周圍より中央に向ひ、中部は下に向て動くを例とす。

太陽面上尤普通に斑點を現はす部分は、緯度五度乃至四〇度の中間に於て、赤道上には甚稀に、且四五度より高き緯度には嘗て現はれたること無し。第五圖はカリントン及スボエラの記録せる數千斑點の分布を示す。斑點の何物なるやにつききては、古來學者間に幾多の異論を闘はしたるも、要するに何事も未確立せりといひ難く、單に多少信すべき説として受置くべきものなり。之が詳



大斑點 (圖大擴)

第五圖



斑點分布圖

細は後章に譲ることゝす。

斑點の發生に つきても 種々の 説あり。近世大家の 説にして 多少の 信用あるもの 次の如し。

ファイユ氏。斑點は地球上大氣中に起る 颯風の如く、太陽氣中の 渦流より生ず。蓋し 太陽面は 赤道部に 近き程、其の 旋回 急速なる が故に、南北 相距る 二點に 關係移動を 有する が爲 渦流を生ずといふ。此説はよく 斑點分布の 狀況に 一致し、又その 分裂作用をも 解明

するに 足る。然かも 之に 反して、旋回速の 差より 起る、隣接部の 關係移動は 過小にして 渦流を生ずるに 足らざるやの 疑あり。又此の 單純なる 原因より 生ずとせば、北部の 斑點は 悉く 左轉なるべく、南部の 斑點は 皆 右轉なるべきに、之を 實現

せずとの批難あり、尙研究を要す。

セッキ氏の説によれば、斑點は太陽内部の噴出より生ずるも、噴出その物に非ずして、其の附近に噴出ありたる結果、一旦外部に放出され膨脹且冷却せる物質の下降により斑點を生ずといふ。ヤング氏は之を改補して曰く。斑點を中心とし、其の外圍に幾多の噴出ありて、是等の物質が同一の斑點に下降し來るは、甚難きことなるべし。寧ろ一個の噴出あるに際し其の附近の光層部が氣壓減少の爲に周圍より陥没して溜桶様のものとなり、從て之が上部に吸光氣層を醸し斯の如く暗影を生ずといふ。

ロッキヤ氏は古のハシエル氏の説を復活し、斑點は内部よりの作用に非ず、外部の冷却せる物質の沈降より生ずといふ。シェニエル氏はこの沈下物は一種斥力の爲、嘗て數百萬里の外に太陽より放出せられたるもの、復歸するなりと敷演せり。

オッポルツァ氏は一八九三年最新説を發表せり。氏は氣象學上の研究に基きて直上氣流が太陽の極附近に起り、漸次赤道方面に移動して、恰も斑點地方に

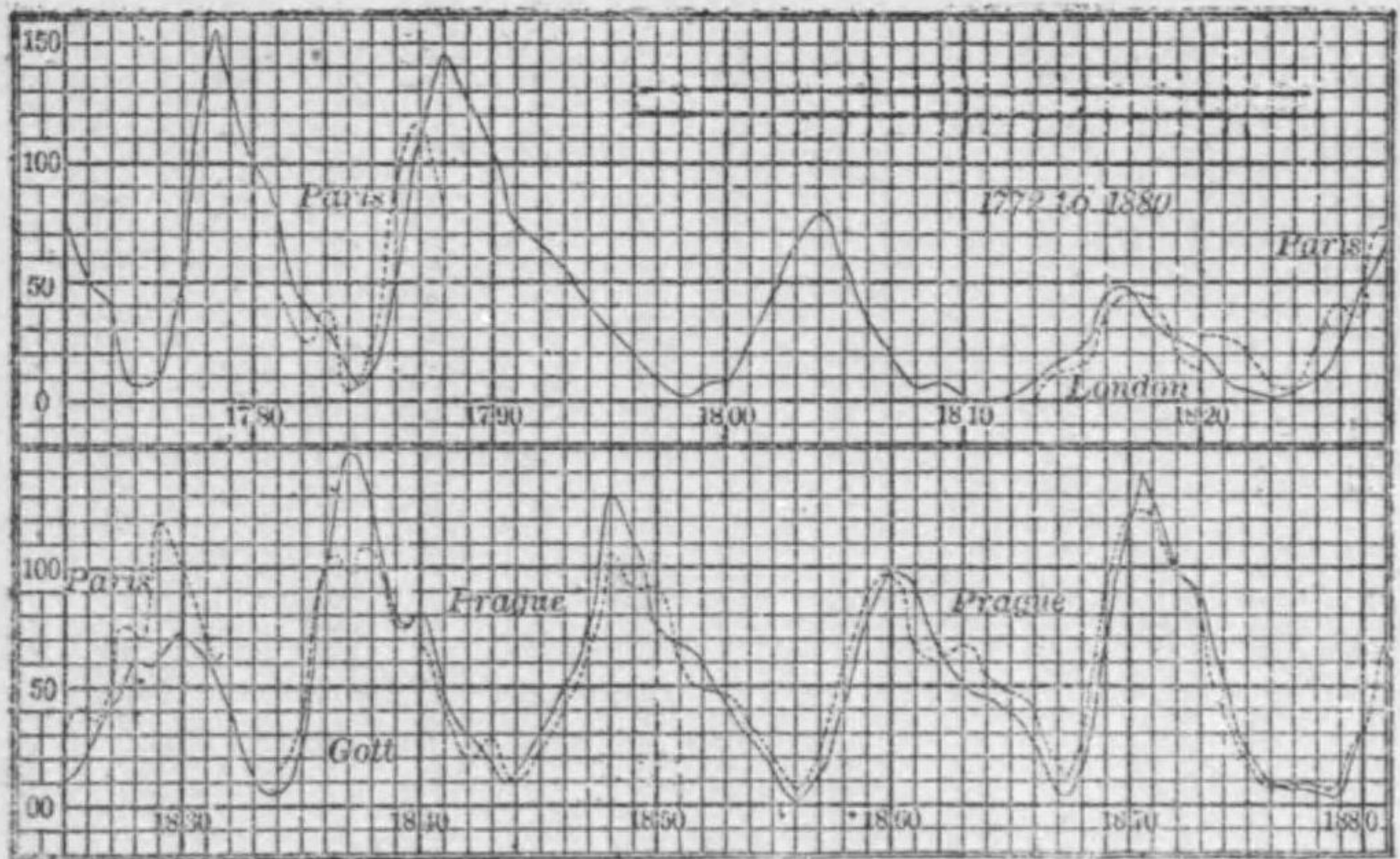
來りて沈降するものなるが、此際加熱して乾燥す、之が爲光層中に金屬「ガス」を以て充たされたる穴を生ずといふ。此の説によれば斑點は附近の普遍表面より高熱に在りと考へらる。

以上諸説につきて概観するに、斑點は太陽内部の噴出と渦流とに關聯せること疑無きが如きも、何れか眞の原因にしてかゝる結果を生ずるに至れる順序の委曲は未明にするを得ず、尙將來の研鑽を待たざるべからず。

三三 斑點出現期

斑點につきて最緊要なる問題は之が出現の多少に一定の季節ありて、是又地上の磁氣擾亂期に一致することなりとす。ゾルフ氏は一六一〇年以來多數の記録を集め、其の觀測者と望遠鏡の大小とを參酌し、又斑點群と孤立せる斑點とに手加減を施して算出せる數(代表數)を以て斑點の多少を測るものとせり。之に就き見るに斑點の出現するに大約の時期ありて約十一年餘にして積極より積極に回歸するを知れり。斑點の積極には少くも二三、多きは四十五の斑點を見るを得べく、之に反して斑點消極の際には數週間少しも斑點を見ざることあり。スポエラ氏は斑點出現の太陽緯度に周期關係あることを指摘せり。其の理由は

第六圖



斑點代表數表

未明ならざるも、或る一の斑點期の初めには太陽緯度南北 30° 附近に現はれ、年月を経るに従ひ、出現の緯度卑くなり、16° 附近に於て斑點多大となり、尙斑點の減少すると共に次第に赤道に近き緯度 10° 又は 8° 附近に來り茲に極少となり終に消滅す、而て此期間約十二年乃至十四年を費す。故に一期の末に近づく一二年前より、次期の斑點既に緯度 30° 附近に方て現はれ始むるものなり。

以上周期變遷の原因につきては未確説なきも、多數學者思想の傾

向は、太陽内部運轉上の必要より起るものとするに在り。即太陽が放射の威勢を發散して或は冷却し或は收縮し或は加熱する等實質上の變換に際し、内部の抑壓揚放の轉換より起る現象ならむといふに歸すべきも、其の詳細の順序は得て悉知すべからず。ハシエル氏及び之に續きてロツチャア氏の如きは外來の原因、即流星の下降説を唱へたるも多くの贊同者を得る能はず。

三四 對地球
効果

地磁氣の擾亂が斑點現象に相伴つて増減することは、最精確に證明せられたり。又北光の如きも斑點の積極時期には著しく發揮するものなり。之が詳細なる關係状態は暫く措くも、斑點と電磁作用とは争ふべからざる關係あることを信すへし。尙後章に至つて之が分光上の研究により事實の真相に近づく狀況を述ふへし。

次に斑點と地上氣象との關係も大に疑ふべきものあり。斑點の直接放射の量は太陽普遍面に比して其差少きが故に、地上に著しき效果なきが如しといへども、之が大氣に電磁上の作用を及ぼす(北光の如く)によりて多少の効果を及ぼすことを豫期すべきが如し。現に實測上メルドラム氏は印度洋上の颶風と斑點

との關係を認め、又ドクトル・グールド氏は氣流と斑点との關係を發表せり。是等は僅に一部研究の結果に過ぎざるも、氣象上各種の現象 氣壓・氣温等に つきて調査を續行せば、太陽上の活動が直接又は間接に吾人に及ぼす影響を推定し得るの日あらむと信ず。(明治四十三年十二月)

本邦に於て一二月等極寒の時に於ける氣温及降水量が、明かに斑点の多少に關係あること著者の統計上より證明せる所なり。(四十五年)

三五 光力

太陽の光力といふに二個の意義あり、一は太陽全體として物體を照らす時の光の強さをいひ、二は太陽面その物の光輝をいふ、先づ前者より始めむ。太陽が頭上(天頂)に在るとき、之が照らす光力を標準燭光に比するに後者を一米の距離に置きたる光照の約六萬倍なるを知るべし。大氣の吸収をも加算すれば裕に七萬倍を數ふべし。之に距離一五〇〇億(米)の二乗を掛ければ一五七五の次へ零を二十四個添へたる大數を得、是を普通の意義に於ける太陽の燭力とす。之を満月に比するに六〇萬倍、天狼星シリウスに比すれば一〇〇億倍、一等星に比すれば九一〇億倍なるを知るべし。

太陽の光輝即之が單位の面積より放つ光量は燭燭の一九萬倍にして「カルシウム」の石灰に比し一五〇倍なるを確かむ可し。(故に斑点の暗黒部にても尙「カルシウム」光より光強きことを知る)。弧燈電光の凹形炭棒の尤輝ける點が人工にて近づき得べき限界なるべし。(之が光輝は太陽面の半分乃至四分一程なり)。

太陽面に於ても中央部は尤光輝強く、周邊に近くに從ひ光輝を減す。ピッケリング教授は約三分一なりと曰へり。且又、其の色も幾分か赤褐色を帯ひ來るを認む。蓋し太陽外部の吸光層は青紫色の光を最多く吸収するが故に、虹帯の赤部は較々安易に之を通過するによる。普通の寫眞板は又紫部に強く感するが故に、寫眞にては一層周邊を暗く映出す。又吸収の中部に少きは光層より外出する光は、中部に在りては吸層の眞の厚さのみを通過するも、中部を去るに從ひ光は次第に斜に吸層を通るが故に、中部吸層の厚さに比して數倍の深さを通過するに由れり。此の吸収の差よりして太陽面全體として之が光を吸収の爲に失ふ割合を計算せるものあり。元より精確を期し難きも、太陽にして吸収「ガス」の氣層なき場合には、現時より二倍乃至三倍半の光を放つならむといふ。

三六 熱、太陽基数

地上に於て太陽より受くる熱量とは、天頂に在りと見たる太陽より單位時に地上單位面積が受くる熱單位の數をいふ。熱單位には水一瓦を攝氏一度温むるに要する「カロリ」を用ふ。實測により太陽熱に直角に曝せる一平方厘は一分に一・九五「カロリ」の熱を受くと知らる。否大氣の吸収によりて少くも三割を失はざりせば、一・九五「カロリ」なるべしといふ。此の一分時一平方厘に一・九五「カロリ」なる熱量を太陽基数と名づく。地球の赤道を氷帯にて圍めば年々二二五尺づゝ融け去るべし。又之を器械力に換算すれば、頭上に在る太陽より一坪の地上に九馬力餘の威勢を受く、其の中大氣の吸収を除き、若し、完全の熱機關を製作するを得ば、一平方尺に一年間受くる熱を以て百噸の重量を、一哩高く指し扛ぐるを得べし。

太陽表面よりの放射を推算するに、その面上一平方厘の面積より放射する熱量は前の太陽基数に太陽の距離とその半径との二乗比を掛けて之を得べし。之により太陽面の放射する熱量は、每平方尺一分時間に八二〇〇〇〇「カロリ」殆七萬七千馬力に等し。太陽その物を四一尺六寸の深さに氷にて包めば、一分間に之

を融かし去るを得る割合なり。斯る莫大なる熱の放射を維持せむが爲には。太陽の面に最良無煙炭を一尺平方に約一噸を積みて毎時之を燃焼し盡くす程の供給を要す。此の割合にては太陽を一大炭塊としても、五千年を経ざるに燃へ盡くすべし。

熱も亦光の如く太陽の周邊にては放射少く、中央に比して殆半分なりと(ラングレイ氏)いふ。

温度

太陽の温度につきては種々の研究よりして、莫大に高しといふの外精確なる數字を擧ぐるを得ず。簡單なる實驗を以て其の高熱を確かむるを得。凸面透鏡を以て太陽の光熱を焦點に集むるに方り、茲に生ずる温度は高くとも、透鏡が焦點に於て夾む角だけに、太陽面を見る點に於ける直射の温度より高き能はず。此の理に基き古來斯の如き透鏡を用ひて太陽の熱を集めたる實例にて、尤著しきは80°程の視直径を成すが如き透鏡を用ひたるに、之が焦點に於ては地上の何物をも熔かし得たり。此視直径は恰も太陽面より九萬八〇〇〇里の距離にて太陽を視る時の夾角なるが故に九萬八〇〇〇里まで太陽に接近すれば、地上の何如

なるものも悉く鎔かし悉くさるべしといふに同じ。されば太陰までの距離に等しく太陽に接近すれば地球は其の温度の爲に盡く蒸發雲散すべし。されど實際の温度を測定するは容易ならず。假りに放射能率一と視做せる油煙が何程の温度に在らば太陽と同じ放射熱を放つやと考へて、之を太陽の實効温度といふ。諸種の測定により實効温度を攝氏八〇〇度とせる人あり(一八九五年)、最近一九〇七年にコリガン氏は三七〇〇を得たり。其後一九〇二年アボット氏の尤信すべき説によれば光層面の温度は六〇〇度以上七〇〇度に近きが如しといふ。

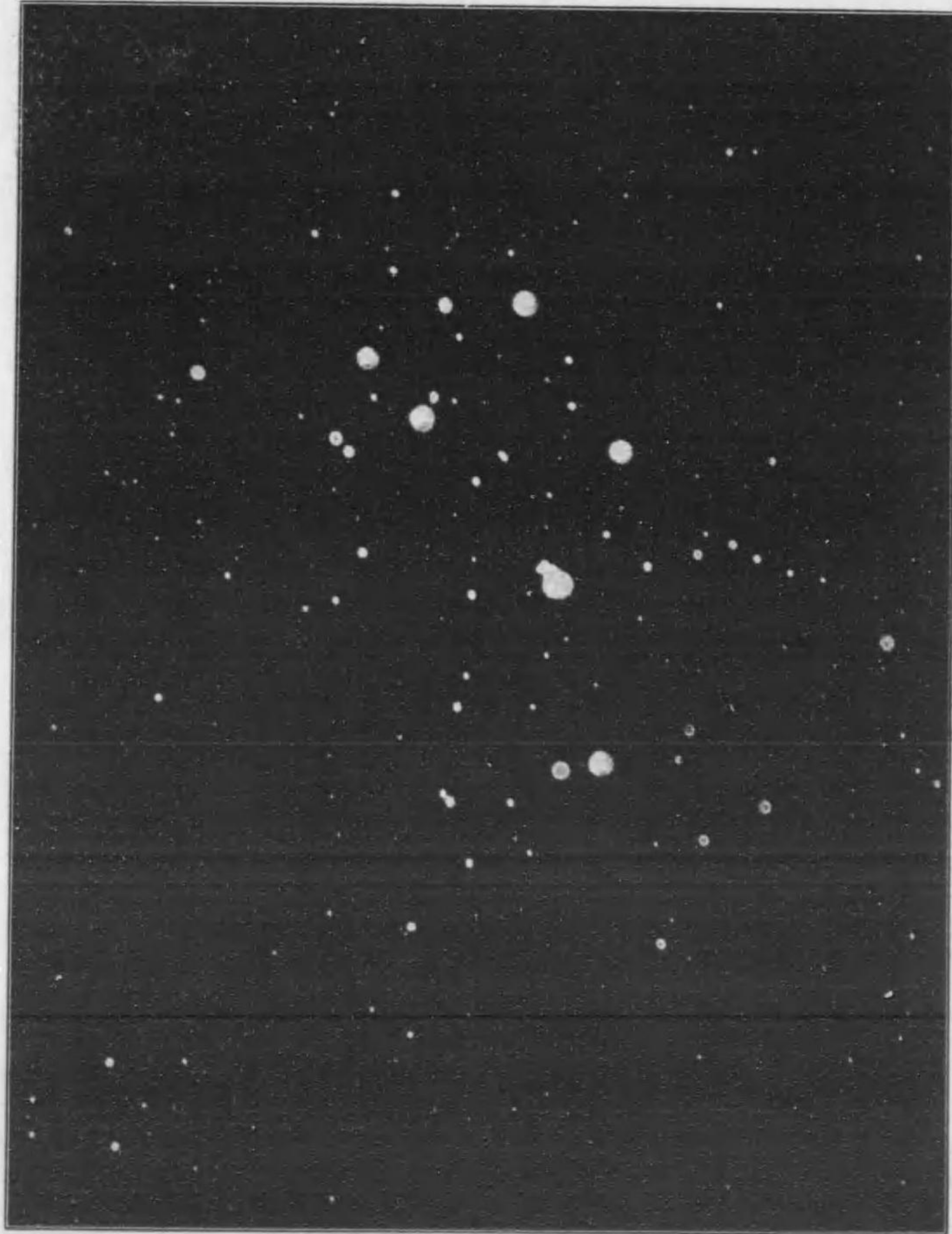
太陽は前二節に述べたるが如く多大の放射威勢を放散するものなるが、古來之が爲に太陽の燃え減りたることも無く光熱の消滅したる事實もなし。威勢は無より作ることを得ず、失ふ所は補はざるべからず。是に於てか太陽威勢の經費は何如に補給せらるゝやの疑問を生ず。之が解決に對して二個の説あり。一はマイヤ氏の流星説にして、地球に落來るが如き流星は又太陽にも落行くべく之が速度と質量との計算により太陽威勢の消費を償ひ得べしといふ。但し一年に要する量は地球の質量の七四分之一にして、速度は一秒六〇〇斤なるべきなり。此

三七 太陽の經費

説に對しては幾多重要な批難ありて、甚しく之が成立を危くするものなり。吾人は直に第二説を述べんとす。ヘルムホルツ氏の説によれば太陽は熱を放散して收縮し、收縮によりて靜威勢を動威勢に換ふといふ。其の計算によれば一年に太陽が其の半徑を二五〇尺收縮すれば、之によりて新に利する威勢は以て其の放射を補ふべしとなり。此割合にて收縮するも直徑一秒を減するに一萬年餘を費すが故に千年の後といへども之が縮小を證明すること難かるべし。其の後一八七〇年にレン氏の唱へし所によれば、「ガス」球が放射によりて熱を失ひ自己重力の爲に收縮するときは、其の温度高まらざるを得ず。是完全氣體に於ける數理上必然の事實なり。故に太陽の状態に完全氣體の假説が適用せられ得る程度に於て、之が收縮により却て温度を増すものと考ふべし。但し液體又は固體に於ては收縮によりて得る所は失ふ所を補ふに足らず、次第に冷却して地球太陰又は多くの遊星の如くなるべし。想ふに現時の太陽は必しも完全氣體に非ずといへども、之が液體の部分多からざるが故に假令收縮によりて温度は増さずとも適度に經費を補給するものなりと考ふべし。

收縮説は尤簡單に經費の補給を指示し得て明なりと雖、補給の原因をそれのみに限るの要なし。例へば前の流星説の如く、多少此の方面よりも新威勢を得るなるべく、又最近「ラヂウム」の性能明になれるにより、尙他方面の資源を調査するを要す、(明治四十三年十一月)(第一三三節参照)。

太陽が宇宙十方へ放射する威勢の中、吾が地球に受くるは唯僅かに二三億分に過ぎず、他の太陽系内の諸星彗星流星までも加算して是等が受くる所合計一億分一を出でざるべし。残餘の威勢は如何に成り行くか、定めて遠方星辰界に飛散すべきも、之が自己系内に留りて、多少利用さるべき部分の甚だ少きに驚くと同時に、彼の二三億分一の威勢が何如に地上萬物の力源となりて、活動を支配するかを想ふときは、坐に太陽の偉大なるを感ぜざるを得ず。



宿 昴

第四章 恆星界

三八 恆星
光度

赫々たる金鳥既に西天に没して後、凄婉なる玉兔の未東の空に上らざるに先ちて、今や夕闇に埋れなむとする碧空の單調を破るものは、彼の風に瞬く燈の如き可憐なる光輝を放つ恆星ならずや。滿天の小光一見均しく皆針頭の輝くが如きも、其中五七個は他の衆星に抽で、著しきを見む。例へば牽牛アルディルツェガ織女アルディルツェガ水委天アルディルツェガ高の如き是なり。之を一等星と稱するは、其の光度最第一の謂なり。次に北極星及び北斗七星中の尤輝ける五個の如きは、第二等に屬す。以下斯の如くして順次に光度の弱き星に及ぼし、最後に肉眼を以て幽かに見得る限なる、小星(小といふも形の小さきに非ず)を第六等星とす。是古來の分類なりといへども星の光輝の増減は階段無き坂路の如く、甲と乙との差極めて微小なるが故に、或る人が二等星と考ふる星も、他の人は寧ろ三等星に近しと、評價することあり。されば之を學術上の確なる基準の下に精選せんには、唯に一二等の粗大なる整数のみにて満足する能はず。例へば一等中の某星を眞の一等標準星と

し、其光度を一・〇にて示せば、之と二等星との中間には、一・五なる光度の星あるべく、又それとの中間には一・二五なる光度の星もあり得べきが如し。かく精細に亘るときは、第一に標準星を定めること、及び第二に一等二等……各等級は光量に於て何程の相違ありや、其の尺度を定むるを要すべし。第一に標準として、アルテイル即河鼓(俗に牽牛星)を用ふること、すべし。次に星の光が二倍四倍八倍と増す時、吾人の眼に受くる刺激は其の差平等なるが如く感ずるの生理上事實に基き、一等星が二等星の光にm倍するとせば、二等星は又三等星のm倍なりとし、以下之を六等星に及ぼすときは、恰も一等星は六等星のm倍なるべし、然るに六等星の中位の星と、標準一等星との光度を比較測定すれば、後者は殆んど前者に百倍するが故に、mを一〇〇としてmを求むべし。之を對數に直せばmの對數の五倍は一〇〇の對數二なるにより、mの對數は〇・四となり、mは二・五一二となる。故に某等の標準星は、之が次等の標準星に比して二倍五一二の光度を有す。

肉眼星ノ數

星の光度は各種の光度計にて比較測定するを得べく、又最近には寫眞映像に

つき之を精測するの法あり。かくて光度より等級を割出せば、肉眼星には大凡小數二位を取るべく、其の古四等星と視做せる兩星の間に、例へば三・六五……四・〇〇……乃至四・四五程なる

肉眼星數表

等級	北半球 ピクテリング	南半球 グールド	合計	累積	累級倍數
1.0以上	9	14	23	23	
2.0	17	15	32	55	1.74
2.5	17	24	41	96	1.81
3.0	37	41	78	174	1.77
3.5	61	47	135	309	1.77
4.0	114	126	240	549	1.84
4.5	228	234	462	1011	1.87
5.0	450	426	879	1887	1.78
5.5	787	681	468	3355	1.60
6.0	789	1189	1978	5433	
			5333		

各等級差を認むべし。例へばピクテリング教授の如き肉眼星を各半等級に分ち、一・七五より二・二五までの光度を二等星とし、二・二五より二・七五までの等級に屬するを二・五〇とし、以下斯の如くして、上に記すが如き數を得たり。但し初めの一等以上には、一等七五以上の著明星を含むものとす。又小星に

つき五・五等星は殆んど肉眼にて見得べき限界に達すといふべく、之により總數三三五を得。此の新區分に從へば、古の一等星中、アルクチュルスは〇等と

太陽の等級

なり、織女は〇・二等となり、天狼星の如きは、負一・四三等となる。蓋し〇等星は一等星の二・五二倍の光度を有し、天狼星は(シリウス)倍即九倍三七なり。同尺度にて太陽は負二六・四等星なる割合にて、(ニコム教授)光度の割合は(シリウス)即一等星の九一〇億倍なり。

上の表に於て右二行は當該等級以上なる星の數と、之と次の積算數の比を示せるものにして、大凡一定の率を維持するを認むべく、更に七等星以下十等星まで、此の法則を追ふべきこと、ニコム教授の發見に係れり。但し其の以下の小星には、未完全なる統計を得ざるも、此の率の次第に低下することを推知すべし。

三九年視差

天體の距離を測るにも、地上の測量と同じ考案に基づきて、之と同様に三角形の既知一邊を基線とし、之か天體に於て夾む角を測るべきなり。此の夾角を二個地點より望みたる時、目的物の方位の差と考ふるにより之を視差といふ。日月其他太陽系内の天體に對しては、地球の赤道半徑を基線として視差を測る。例へば太陽の視差は八秒八〇にして、その正弦を以て地球半徑を割りて、其

の距離三八〇〇餘萬里を得。然るに一たび恒星界に出づるときは、其の距離格外に増大するが故に、地球半徑千六百餘里の如きは、甚しく小に過ぎて、例へば人體を單位にして地球の重量を測らむと欲するが如きものといふべし。若し能ふべくば、第一八節に示せるが如く、地球軌道の半徑三八〇〇餘萬里を基線として、星の半年間に移動する小角の半分即年視差を測らむと試るべし。然るに之すら未以て充分の基線とするに足らざるが爲に、近年に至るまで視差の有無すら判定する能はざりしが、最近に至りて、遂に之を測定するを得るに至れり。左に〇秒一〇以上の年視差若干を掲ぐ。該表中距離とあるは太陽地球間の距離の百萬倍を單位とせるものにして、又光達年と題せるは、星より發する光が一秒に七萬六四〇〇里づゝ飛行して吾人に達するに費す時間を何年として測りたる年數なり、蓋し普通の基線等にては、到底適宜の數字を以て、表はすこと能はざるが故なり。

星名	等級	年視差(秒)	距離	光達年
ケンタウルス座のアルファ	一・〇	〇・七五	〇・二七	四・二六

恆 星 年 視

ラランドの二二一八五番	六・八	〇・四五	〇・四六	七・二五
白鳥座の六一番	五・〇	〇・四〇	〇・五一	八・〇四
ヘルクレス座のイエダ	三・六	〇・四〇	〇・五一	八・〇四
天狼(シリウス)	負一・四	〇・三七	〇・五六	八・八三
プロキオン	負〇・五	〇・三四	〇・六〇	九・四六
龍座のガンマ	四・八	〇・三〇	〇・六八	一〇・七二
グルウンブリジの二二四番	七・九	〇・二九	〇・七一	一一・二〇
ラカイの九三五二番	七・五	〇・二八	〇・七四	一一・六七
龍座のシグマ	四・八	〇・二五	〇・八二	一二・九三
カシオペア座のイエダ	三・四	〇・二五	〇・八二	一二・九二
河鼓(アルテイル)	一・〇	〇・二一	〇・九七	一五・三〇
グルウンブリジの二六二八番	六・七	〇・二〇	一・〇三	一六・二四

差 表

カストル	一・五	〇・二〇	一・〇三	一六・二四
エリダヌス座のオミクロンの二	四・五	〇・一九	一・〇八	一七・〇三
ラランドの一八一五番	八・〇	〇・一八	一・一四	一七・九八
蛇使座のベタ	四・四	〇・一六	一・二八	二〇・一九
グルウンブリジの一八三〇番	六・六	〇・一五	一・三八	二一・七六
フォマルハウト(北落師門)	一・〇	〇・一三	一・五八	二四・九二
髪座のベタ	四・五	〇・一一	一・八七	二九・四九
アルデバラ(天高)	一・〇	〇・一〇	二・〇六	三二・四九
カペラ	〇・二	〇・一〇	二・〇六	三二・四九
織女(ヴェガ)	〇・二	〇・一〇	二・〇六	三二・四九

右の中ケンタウルス座のアルファ星は一等星にして、吾人に尤近き星なり。それすら今日見る光は四年三ヶ月前に星を出でたる光にして、其の後四年間に何如なる變動ありたりとも、吾人は尙ほ知るを得ざるなり。又右の表につき光

星と名づけ、天球は之を帯びて其の儘日夜旋轉するものと考へたり。然るに近時の研究によりて、幾多の恆星は、必しも絶対に靜定なるにあらず、微小の移動をなすことを知れり。而も其の移動の量甚小なるが故に、古代の天文學者を其の永き眠りより喚び起して、現時の天象を示すも、依然として昔見覺ある天象の舊面目を認むべし。

殊に肉眼星の中には、僅にアルクチュルスの百年間に二秒程移動するを最大とし、其他數千年を隔つるも、粗略の觀測には到底其の變位を認むる能はざるべし。今肉眼にて二個の隣接星を二個として區別し得るには、其の角距二分以下なるべからず。現に琴座のエンシロン星の傍に三分を隔つる一小星あるも、優秀なる視力に非ざるよりは、唯一個とのみ之を見る（即二個を區別し難し）。斯る小角を尙九十分せるもの、實にアルクチュルスが百年を費して移動する旅程なりとす。星の變位は斯の如く小なりと雖、その實際の速度は寧甚大にして、アルクチュルスは一秒時に百里以上を飛行し、其他一里二里より二十里三十里に及ぶもの少からず。之を恆星の自動といふ。

既知の自動

微小なる自動を測定するが如き精微なる測角法は、最近百五十年以來の事に屬するが故に、其の間に觀測せる星の數三千を出でざるべく、且つ觀測の期間は、之が目的に比して適當に永からざるが故に、未何等の確定する所無きもの多し。されども大體の傾向として首肯し得べきことは、恆星は皆多少移動するを原則とし、其の移動量の確定せられざるは、距離の甚遠き爲か、又は一二特種の狀況の下に存すること、考ふべきなり。蓋し後に述ぶるが如く吾が太陽系も（即太陽なる恆星がその従員を伴ふて）空間を飛行せるが故に、之と精密に均等なる飛行をなす星あらば、そは吾人に對して相對移動無きものなるべきも、是幾千萬に一ともいふべき除外例といふべきならむ。況や一恆星が外力の作用を免れて靜止することは殆ど考ふべからず、既に多少の作用を受くるとせば、如何様にか或る軌道を走らざるべからざるの理となるべし。左に最近發見したる八個の最大自動を示さむ。但し自動は一年間に畫く、天球の大圓弧なりとす。（ニコム教授による）

太陽は何如

既に吾が太陽系には太陽を主公として、之が外方を運行する遊星あり、その遊

星を主公として、之が外方を運行する衛星ありとせば、太陽も又他の一個若しくは數個星の一個を主公として、之が外方に運行するものならずや。或は他の多くの星その物も各自固有の主公の外方に運行しつゝ、その主公その物も、亦第二の主公の外方に運行するに非ざるなきを得んや。蓋し蜚蜚の如く短命なる智能者ありて、太陽系内遊星又は衛星の運行を見れば、恰も吾人が今恆星の自動を見るが如く、自己の一生には其の微小分のみを見るに過ぎざること、彼の蜚蜚者の如く然らむなり。此の種の想像は多數天文學者の懷裏に彷徨せるものにして、ラムベルト氏の壯大なる宇宙觀の如きも、亦之に胚胎せるものと推定せらる。

星名	赤經	赤緯	等級	自動
Z.C. 5...243	5 ^h 7 ^m	-45°0	8.5	8.70
Gr. 1830	11 47	+38.4	6.4	7.04
Lacaille 6352	22 59	-36.4	7.1	7.00
Gould. 3,2416	0 0	-37.8	8.5	6.07
61 Cygni.	21 2	+38.2	4.8	5.20
Ll. 2,1185	10 58	+44.3	7.3	4.76
ε. Indi	21 56	-57.2	4.8	4.68
Ll. 2,1258	11 0	+44.0	8.7	4.41
α ^o Eridani	4 11	- 7.8	4.5	4.06

て、ラムベルト氏の壯大なる宇宙觀の如きも、亦之に胚胎せるものと推定せらる。

(後節参照)

四二星の族流

或る學者は宇宙の衆星悉く某一個星を主公として運行するの説を懐きたるも、遂に事實の之を證する無くして止みたるが、之に反し幾多の近隣恆星が恰も一族を成せるが如く、殆同一の自動を共有する事例少からず、之を星の族流といふ。例へば昴宿の星群に屬する諸星は皆同一の自動を有し、延きて肉眼に見えざる小星にも及べり。但し同群の星悉く然るに非ざるを以て、同星群中に同族なるものと共に、其の以外の星とありて、此等異族の星は、偶々視位置の接近せるのみにして、力學上の親關係無きものなるべし。

尙著しきは北斗七星中の五個ベータ(天濬)ガンマ(天璣)デルタ(天權)エッシロン(玉衡)及びテタにして、何れも相互の距離三單位以上なるにも拘はらず、決して偶然のみにては説明すべからざる共同の自動を有す。是等は(デルタ星を除き)後に述ぶる視線上移動(正面動)によりても檢證せられ、實動一秒に五里乃至八里なることを知れり。此の族流には他の小星少しも加ることなく、最小なるはデルタの三等星なるのみにしては、他は何れも二等星なること尤著し。其

の他類似の事例數多ありと雖今之を略す。要するに二個以上數十個の恆星が一族を形成して、其の行動を共にするの事相は甚興味あることといふべし。且や吾が太陽も亦約百個の星と一族を成すが如き形迹あり。

四三 正面動

分光器の効績として、天體の視線上の速度を測定することは、尤偉大にして蓋し古人が夢にだに理想せざりしもの、一なるべし。普通の意義に於ける天體の位置とは、地球上の角座標にて示す方向をいふものにして、之が異動は天體の行動となり、其の量は天體の大圓弧上に即吾人の視線に直角なる方に測れるものに限り。視差といひ自動の量といひ、其の他の移動も皆吾人と天體とを連ぬる視線に垂直なる弧上に在り。此の移角は普通の器儀を用ひて、其の天體の座標を測定し、若しくは既知の天體との座標の差を測定し、之が時と共に變移する状態を精査するを以て、要するに平常角測の範圍を出づることなし。然るに今吾人が天體を見るその方向に直進する時、何に依て之が行動を確かむるとせむ。之が地球上の痕跡は舊の如く同一点なり、更に測り得べき角の現はるゝに非ず。今分光器を用ふれば第八章に述ぶる理に由りて、天體の進退速度が

光線の傳達速度に比して測り得る範圍内に大なるときは、分光虹帶上に現はるる線の移動によりて、其の速度と進退の向とを算定するを得。但し虹帶その物は必しも鮮明ならず、線狀多少朦朧たることあるが故に、餘り精確なることは元より豫期するを得ず。然も(露都に近き)ブルコヅなるペロボルスキ氏はヘルクス座のゼタの一秒七〇分餘にて吾人に近づくを測り、又ケアメル氏はケフィウス座中に八七分の速度あるものを發見せり。其他ボツダムなるフォウゲル氏の成績の如きは甚有名なるものにして、三等以上の四十七個星につき觀測し、其中四個は正面速度の周期變換を爲すよりして、之が聯星として、他星を周行するものなることを發見せり。其の他望遠鏡にても見えざる全く暗黒なる(遊星などの如き)星の存在を確證せるが如きは、正面速度測定の直接効果として尤著しきものなりといふべし。(第五一節參照)

四四 本向點

空間内に絶対静止の原點を建立すること能はざるが故に恆星の自動は吾人觀者との相對行動を示すより他の意義無し。星が動くか、太陽が動くか、又は兩ながら動きてその差動を觀るものなるや、之が詳細を確定すること能はざる

へし。此の際太陽の行動と稱し、敢て吾が地球を云爲せざるは、太陽の行動は即太陽系全體の行動を代表するものなれば、地球即吾人の如きは自然の結果、太陽の行動に伴ふこと明なればなり。且つ地球が一個として太陽を周行する行動は、一年間に回歸するが故に平均に於て計算に入ること無し。

若し衆恆星が自動の爲悉く同一の行動を共有するものなりせば、之寧ろ衆星靜止して太陽のみが正反對の行動を爲すと考ふべきこと明なり。假令衆星悉く一致の行動を取らずとするも、其の多數にかゝる傾向あるを認め得ば多少の各自特別の行動を除き、大部分太陽一個の反方向行動を以て代表せしむる方、事實に近かるべし。此理に基き彼のハッセル氏は嘗てヘルクレス座中に概位を指定し、太陽は其の方に向て直進するものなることを主唱せり。此の想像點を太陽の向點と稱し、爾後幾多の學者が其の例に倣て新に向點を求めたり。此の計算にも視線上の速度(若し確かむるを得ば)尤有力にして、近時之が測定數増加するに従て年々其の新材料を供給する状態なるが故に、是等材料の蒐集選擇の法により時々發表せらるゝ成績多少矛盾するを免れず。ニコム教

授は諸大家の發表せる數を再精査して、次の概略位置を出せり。

赤經二八〇度

赤緯北三五度

右の點は前記ヘルクレス座に於て、琴座に隣れる所に在りて、其の第一星織女より四度離れたる位置なれども、右の計算には四度乃至五度の差違は免れざるべきにより、大略織女附近に向て吾人は進むものなりと考ふるも大差なかるべし。天球上之が反離點は恰天狼と老人との中間に當れり。

四五 太陽實速

右は太陽の飛行の方向を略示するものなるが、今その速度を推定せむには一層の困難と疑義とに出會することを豫期せざるべからず。單純なる考案としては、今太陽の向點より天球上九十度離れたる所に靜止せる恆星ありとせば、其の一年間の視動は全く太陽の實動のみより起るべきが故に、その星の年視差にて(測定し得るものとして)右の視動を割れば、其の商は地球太陽間の距離を單位とせる對一年の移動速を示すべし。標的たる星にして向點より九十度以外の角を夾むときは、右の數を其の角の正弦にて割るべし。然るに何れの一個が果して靜止せるやを知る能はざるが故に、是等の多數を取り、多數の平均に

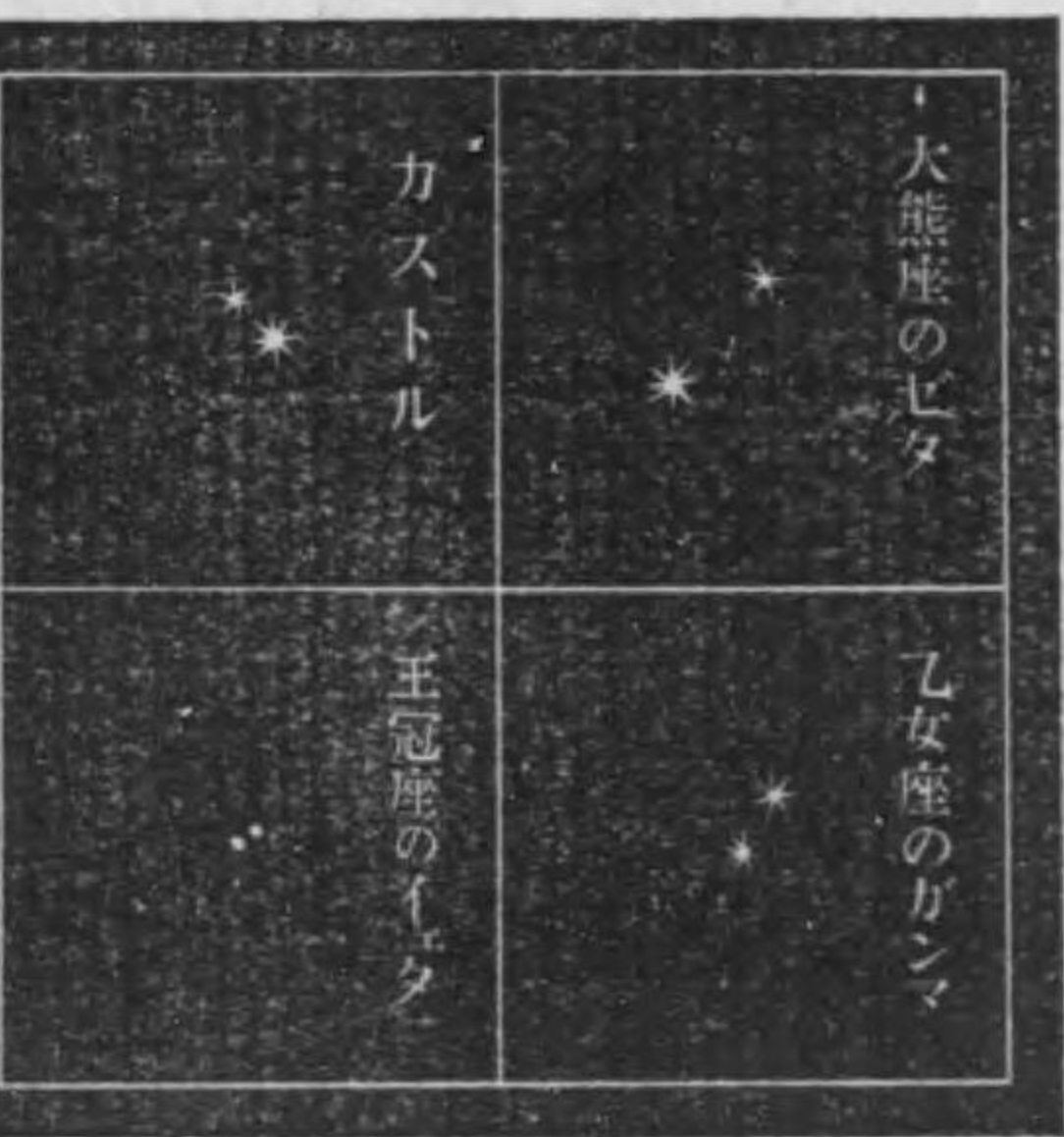
よりて、較々信すべき數を得むと試みるべきなり。

第二の考案は、視線上の速度より前の如く、平均法によりて恆星固有の自動を脱除するものとして計算せんとするに在り。ケッセル氏は前に向點を求めたると同じ材料を用ひて太陽の實速一秒に五・〇六四里を得、之が平分誤差〇・三八七里を得たり。故に概略一秒に五里とすれば大差なきを得べし。之が一年の移動は地球軌道の徑に大凡二倍すべき割合なり。

四六聯星

ハシエル氏が手製の大型望遠鏡を以て、天海の深淵を探り、多數の雙星を發見してより以來百餘年、其の數既に一萬對を超え、今に續々其の記帳の紙數を増すの狀況なり。第四一節に於て琴座のエッシロン星に付きて一言せるが、三分程の角距を有する一對の星は、所謂肉眼上の雙星にして眞の雙星なるものは、望遠鏡の較々有力なるを用ひて初めて甄別すべき程の小距離に在る一對の星をいふ。されば通常三〇秒以上を離れたるは、殆ど雙星として考ふるの價値無きものとす。蓋し天涯無數の星辰中某二個が偶然、吾人の視線の方向に對して甚しく近似の位置に在ることは（若しその實距離が視線の方向に於て甚隔絶せ

る場合には）別にそれ自身興味ある事に非ざるべく、寧ろ實際に二星が接近せるが爲に、引力作用の授受あるが如き場合を探究するに如かず。但しハシエル氏が自己の發見に付きて、「父の驢を追ふて得ず、却て王國を得たり」と言ひたりしも、王國（相引聯星）を得ざるときは、驢なりとも得ざるに勝れること勿論なり。



第七圖

雙星

彼のハシエル氏の驢とは彼が初めの目的たりし年視差にして、（雙星の一方大なるは其の小なるに比して吾人に近かるべきにより前者は後者に比して年視差を示すべしとの考案）を有効ならしめむが爲にも、兩星の間隔大きに過ぐるを得ざるべし。

雙星の二三例は第七圖に示せる

が、ハシエル氏の發見せる「王國」はその中乙女座のガンマ、大熊座のゼタ、及び王冠

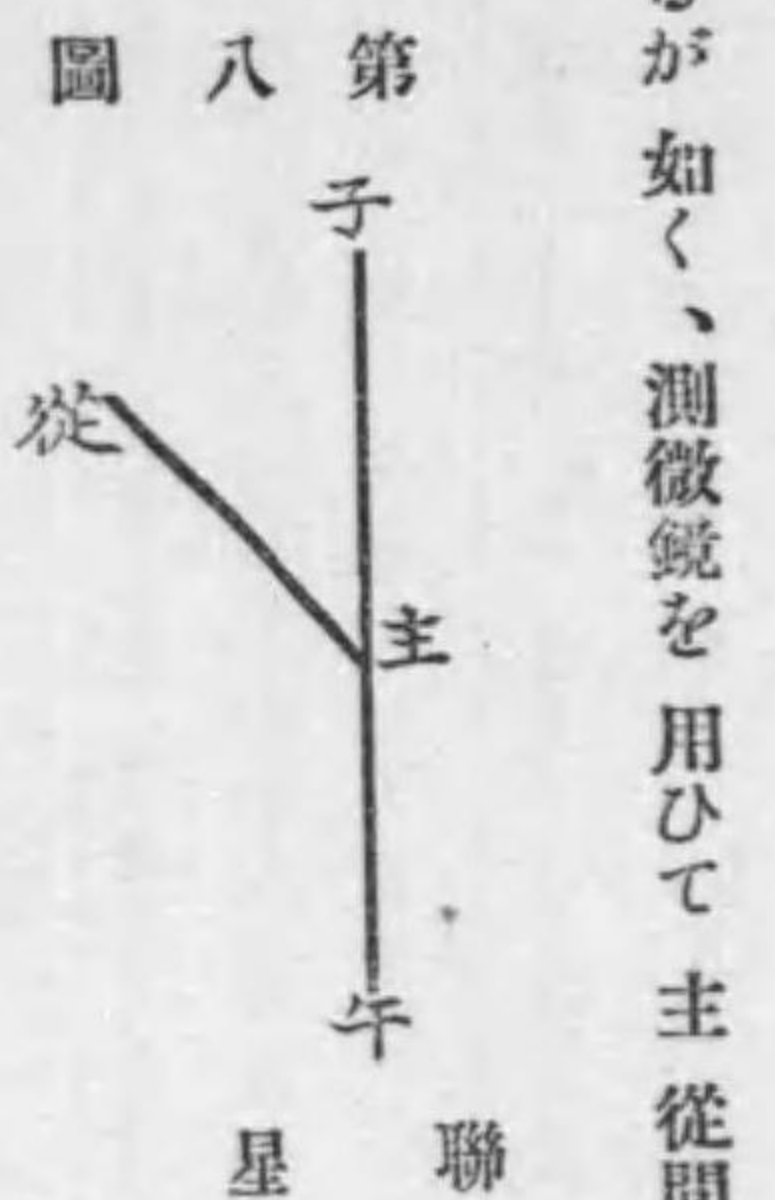
實例

座のイェタにして、各對なる二星が其の共同の質心を中心として楕圓を畫く(尙實際より言へば其の中の甲星が乙星に對して關係上の軌道を畫くこと)を確めたり。斯の如く雙星にして相互に引力關係を有し、軌道を畫くものを別に聯星として、偶然角距の小なる視線上の雙星と區別す。

聯星の興味あることは多く解説するの要あらず。此の天涯懸絶の別世界にも亦太陽系内と同じく。宇宙引力の發現を見る、豈獨りニットが地下に微笑を禁せざるのみならず、實に宇宙構成の疑題に向て一道の光明を投射するものに非ざる無しとせむや。尙暫く事實に亘りて、果してよく吾人が概括歸納の材料たるや否を精査するを要すべく、苟も速断するを許さず。

既に確認せられたる聯星は相應に多數なれども、次節に記す分光による聯星の外は周行の期間莫大に長きが故に、之が軌道を精測すること甚困難なり。蓋し吾人が直接に視るものは軌道の射映にして、其の平面が視線に垂直ならざる限り、眞軌道は現はれざるべし。尙多くの場合に於けるが如く、二個光度を異にするときは、大なるを主星と視做し、小なるを従星と稱し、第八圖に略示す

四七軌道



るが如く、測微鏡を用ひて主従間の距離と之が子午線と成す位角とを測りて相對軌道を求む。稀には甲乙兩星を各別に第三星に關して測り、之により各自の軌道を求むることあり(或は子午環を用ひて、各星の位置を測定するも其の義同一なり)。何れにしても得る處は視線にして、且測るべき角は甚微小なるが故に軌道の大部分を畫き了るまでは、之が精數を定むること難し。今第七圖なるカストルの如き疾に之が聯星たるを知るも、其の周期數百年若しくは數千年に亘るべきか故に、従前多數の算定多く一致すること無し。又ハシエル氏の考案に基き其の後五十年を経て初めて實地に成効せるベッセル氏の發見に係る世界最初の年視差を以て名高き白鳥座六一番の如き、位角に於て三〇程度の變移するまで觀測を續け來れるも、未其の周期の百年を算するや千年を以て數ふべきやさへ知られざるなり。

四八蒞しき例

之に反し、周期短かく従て容易に其の行動を確定せるの例も亦少からず。べ

ガス座の κ は一二年四二を周期とし、駒座の δ は一二年四五に、 β の八三號は一五年八〇に、射手座の ζ は一八年八五に、アルゴ座の ρ は三二一年に、ペガス座の δ 五番は二四年に周行す。

次に又聯星の發見に關し尤興味ある二例あり。一は大犬座のアルファなる天狼にして、之が固有の自動は普通の場合の如く直線上平等に行ふに非ずして、一種特別の狀況を呈せり。之によりアッヴァス氏は一個の軌道を指定し、未發見せられざるも一個の從星を伴ふて之が共同の質心の外に運行するものなるを推算せり。而も其の結果の發表に先ちて、米國の望遠鏡研磨の大家なるオルヴァン、クラック氏が自己新調の大望遠鏡を以て、天狼に一の從星あることを發見せり。其後之が關係位置を觀測せるに、恰もアッヴァス氏が推算せる軌道と吻合するを確めたり。是正に天王星の攝動より計算し、未見の海王星を紙上に算定して之が發見を導きたると、好一對の事例にして、共にニットン氏宇宙引力則の好適用にして、舊天文學(天體力學)の大勝利といふべし。天狼の視軌道は甚しく扁平にして、主從兩星の最大距離は一〇秒其の最小距離は三秒弱なり。且主星

の光輝甚強きが爲に、兩星の最小距離に近き頃は、有力なる望遠鏡にても之を區別すること難し。先に一八九〇年乃至九二年頃は從星を見るを得ざりしが、廿五年の半周期を経て一九一五年頃に至れば容易く見るを得る筈なり。

小犬星のアルファなるプロキオンも亦一の著しき類例なり。初めベータス氏が其の行動に不審を懷きたるに、後アッヴァス氏の研究により之が大凡圓形の軌道を畫き、その半徑約一秒なることを算定し、必之が從星あるべきことを豫言せる後、多數の學者が有力なる望遠鏡搜索も、久しく失望に了りたるに、遂に一八九五年リック天文臺の三六吋望遠鏡の下にシエベル氏の名を成さしめたり。其の方位等は恰も先の推算大家の豫定に吻合するを證せり。

四九 複聯星

三個又は以上の數星が相隣接して其の間に系統關係を有するもの、亦少からず。且その關係の狀況も種々なり。例へばアンドロメダ座の γ の如きは従前普通の聯星としてストルツェ氏以來知られたるものにして、其の從星は主星に比して光輝較々小なるものなり。然るに後年オルヴァンクラック氏はその從星も亦別に二個の殆相等しき星にして、約一秒なる聯星を成すことを發見せ

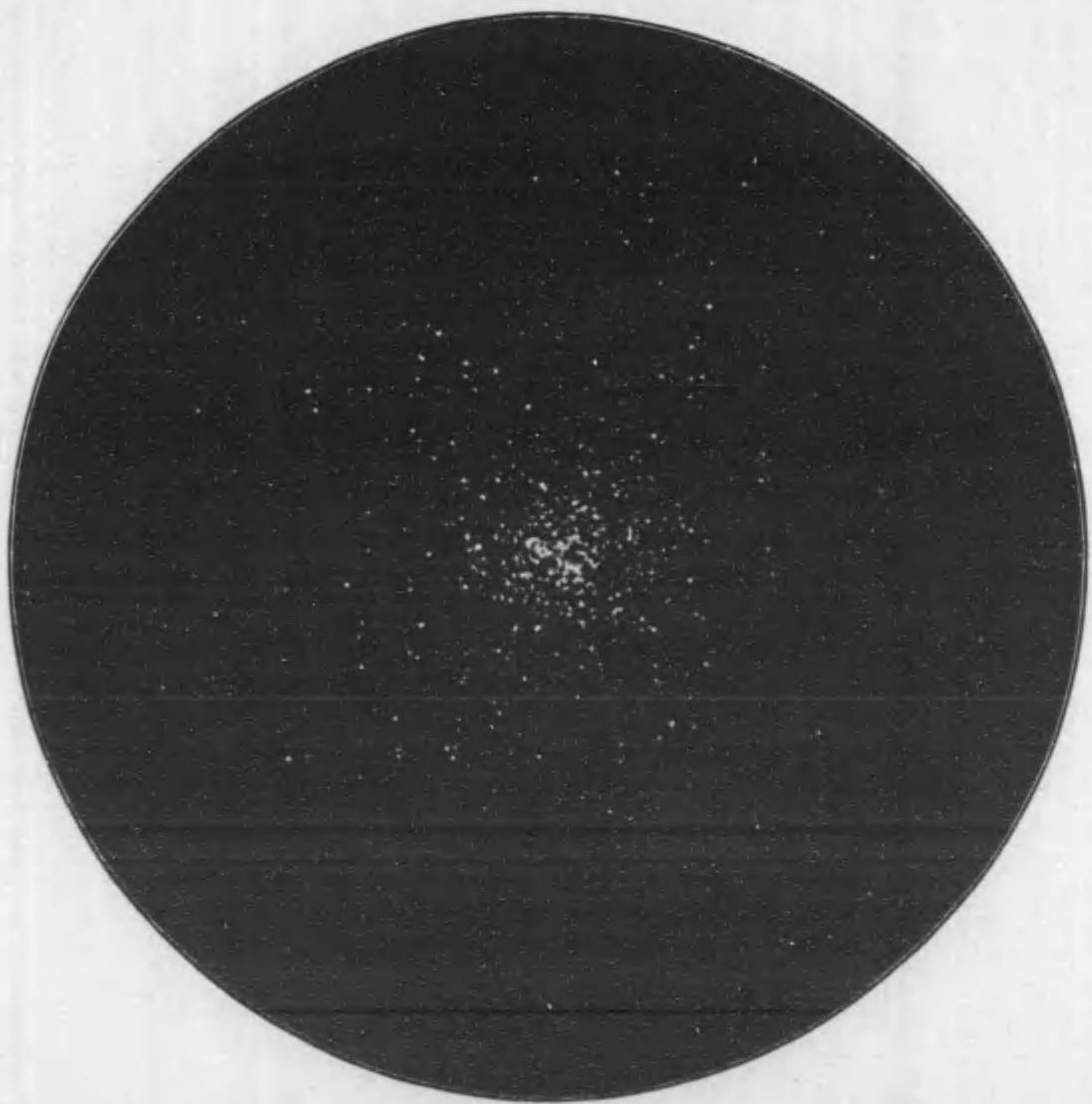
り。其の周期は確定せられざるも、多分百年以内ならむといふ。是豈吾か地球が月を伴ふて太陽を周行するが如き状況を一層大尺度に再現するものにあらずや。他の多くの三聯星は必しも右の如く齊整なるに非ず、其の二個つ々の間に力の受授ありて、その行動を支配するものなるべきも、所謂三體の問題にして數學上解決し難きものなれば、従て簡單なる軌道を算定し若くは其の行動を豫定する能はざるが故に、興味少きものとす。

五〇 星團

昴宿

鬼質

多數の恆星密集して一團を成すもの之を星團といひ、星數數十より數百に至る。尤著しきは昴宿(第一〇版)の星團にして秋の夕刻東天に著しく、肉眼にも其の中數個の甚しく密集するを認むべし。望遠鏡にては尙數十の小星群居するを見るものなり。之より尙一層密集せる星團は、蟹座か鬼質にして肉眼には(冬春期夕方に)個々の星を見ず、雲片の如く朦朧たるも、望遠鏡を用ふれば七等以下の星多數群集するを見る。尙一星團はペルセウス座に在り。以上三個は普通の小望遠鏡にて個星に分解するを得るも、多數の星團は較々強力の望遠鏡に非ざれば、後に述ぶる星雲の如く、單に朦朧たる光片を見るに過ぎざるものなり。大



へクル座の星團

望遠鏡下に之を分解すれば、莫大に多数の小星が極めて密に集團するを見る。第一版はヘルクレス座のメッシー氏第一三號星群にて、又之に似たるケンタウルス座のオメガ星團あり。興味ある問題は是等の密集せる多数の星は、皆偶然かく密集するが如く見ゆるものなるか、又は實際聯星の場合の如く相對作用ありて、力學上の干係あるかの疑點なり。百三十餘年前英國のミチェル氏は問題を掲げ、天空に多数の星を無意義に散亂したりとせば、彼の昴宿の如く多数が小空間内に密集すること、あり得べきかと。然るに彼自身の研究の結果其の然らざることを得たり。故に星團の星は單に理由なくして、吾人の視線上に近く來るにあらずして、相對關係の爲に密集せるものなるを知る。自動の解説に言へるが如く、(第四二節)昴宿中の肉眼にて見得る若干星は皆共同の行動をなすのみならず、尙望遠鏡にて見ゆる多数も亦然ることを確めたり。但し其の附近に在りて、而も共同の行動に與らざる少数の星は、此星團に屬せざる異分子なりと考ふべし。尙著しきは星團中の多数星が聯星系を形成せることにして、是正に理の當然なりといふべし。次に著しきは爰に又多くの變星あることなり。

(第五二節參照)

五一分光に
よる聯
星

先に聯星軌道の推算に關し、舊天文學(天體力學)の大勝利なることを述べしが、同じ場合に於て、新天文學(分光器適用)の成功著しきは甚興味あることならずや。變光聯星を分光器にて確むることは、次節に説くこととし、今は之を除き單純なる聯星につきて分光器の成功を述べむに、乙女座のアルファ(天開)の虹帶を分光器にて檢したるに、其の線の周期性移動を認めたり。是ドブラッ氏の原理(第七章第八五節)によりて、其の星の正面動が周期を以て或は近づき或は遠かるを證するものにして、而も其の周期は四日と一九分にて視線上の速度は、一秒間に二三里なることをも知り得たり。されば軌道の半径は一五〇萬里より小ならずして、(第五章)未知從星の質量甚大なるべきものなり。斯の如き種類の聯星には之が從星未發見せられざるも、斯く其の質量甚大にして、而も直接望遠鏡により、又は分光器上に其の形迹を表はさざるより考ふるに、(第五三節)星食の場合の如く從星は全く暗體なりと決するの外なきなり。

暗星

若し又類似の二個星接近せるが爲、普通の觀測にて之が相對位置を精測する



(甲) 部 一 の 河 銀

能はざるものにて、二個の虹帯を駢立せしめて之を比較すれば、(兩星に聯星様の運行あれば)必ずその視線上の行動正反なるべきが故に、甲の虹帯に於て線が赤端へ移動する(遠かる)時に恰乙の虹帯に於ては線が紫端の方へ移動す(近づく)べし。又半周の後兩者趣を正反して、甲は近づき乙は遠かることを示すべく、その中間には移動を示さざる事あり。之により分光器のみにより聯星を確かむるを得、其の一例としては、ハッザード天文臺にて發見せる大熊座のゼタあり。

右の兩種は全然分光による聯星として知らるゝものなるが、その真軌道は到底之のみにて知るを得ず。即測定し得るものは正面速度のみにして、軌道の平面が吾人を通過する位置に在る時の外は、單に真速度の一部分のみに過ぎざるべく、而も其の軌道平面が視線に對して何如程傾き居るやに至ては、何の手懸り無きものなり。又此の種の聯星につきては、研窮の年月未淺きが故に、既知のものは何れも短周期に屬するもののみなり。されば前節に記せる普通の聯星が悉く長期なるに對して著しき相違を現はし、兩者全く別種のもの



(乙) 部 一 の 河 銀

にして其の間何等同族聯絡無きが如く見ゆるも、蓋し吾人の研究尙未普からざるが爲なるべく、今後長短二期の中間に在りて其の連鎖たるもの多數に發見せらるゝならむと豫期するを得。現に一九〇〇年の初にケッセル氏とケムブリッジのニッオール氏とは獨立にカペラを以て、分光による聯星なりとして發表せり。元來此星は我が太陽と同種の虹帯を有する最良の標本なるが、兩氏は之と駢びてプロキオンの虹帯と同様なる第二の虹帯を觀測し、且兩者の間に一〇四日を周期とする相對移動あることを確めたり。又其後グリニチ天文臺の二八吋望遠鏡にてカペラの聯星を區別し、其の方位及び周期兩ながら分光器觀測と、其の結果を同じくすることを發見せり。尙兩星の距離は甚小く、普通の狀況にては測定甚困難なるも而も約〇・〇八秒ならむと推測せらる。而是恰同星の年視差と偶合するものにして、其の眞距離が地球と太陽との距離に類することを示す。又其の周期は一年の三分一弱なるが故に、かべら聯星の合計質量は太陽に十倍すべきことを知るに足れり。(第五章)

割合に多數の星が時々其の光輝を増減すること、近來益々明確となれり、之

を總稱して變星といふ。此種の星につきては、チャンドラー氏の發表せる名簿が尤有益なるべし。氏は一八九六年に第三の目錄を出し、之に三百餘の確定せる變星と尙疑はしき多數の星とを記せるが、後者より續々變光の確かなるを追證するの事實より考ふるに、變星の數は益増加すべし。殊に前節に摘記せるが如く、星團中には多數の變星ありて、既に發見せられたるは二三個の星團中に五〇九個の變星あることなり。

變星を種々の狀況の下に判然分類することは較困難なる事情あれども尤著しき特色に基づきて多少の種類を認むるを得べし。第一の大別は不規則に光を増減するものと、時を期して變するものとの二種なり。不規則なる變星中には新[○]星として突然發生せらるゝものを含むべきも、後者は其後光を減じて二度強光を發揮する事無き場合に用ふる名なり。

周期變光

周期變星とは一定の期間を隔て、一定の光度増減を繰返すものをいふ。但し其の判然せざる極端の例に就きては、周期にも多少の伸縮あり、又光度も一定せざることありて、殆ど不規則變星と異なること無きに至ることあり。周期變星



雲星狀渦大の座ダメロドンア

中にも期の長短及び光度増減の状況甚しく相違するあり、之によりて若干の類型を認むるを得べし。

今周期につきて視察するに一日以下なるもの(三三〇個中)一〇個、一日以上

十以下なるもの約五〇個、それより二百

日以下の周期までは約四〇個なるが、二百

日以上四百日以下までの星數尤多く一四

四個を算す。之より長期なるは復少く六百

日の前後のものは僅かに一二を算ふるの

曲

み。

次に光度増減の状況を知らむには、平面

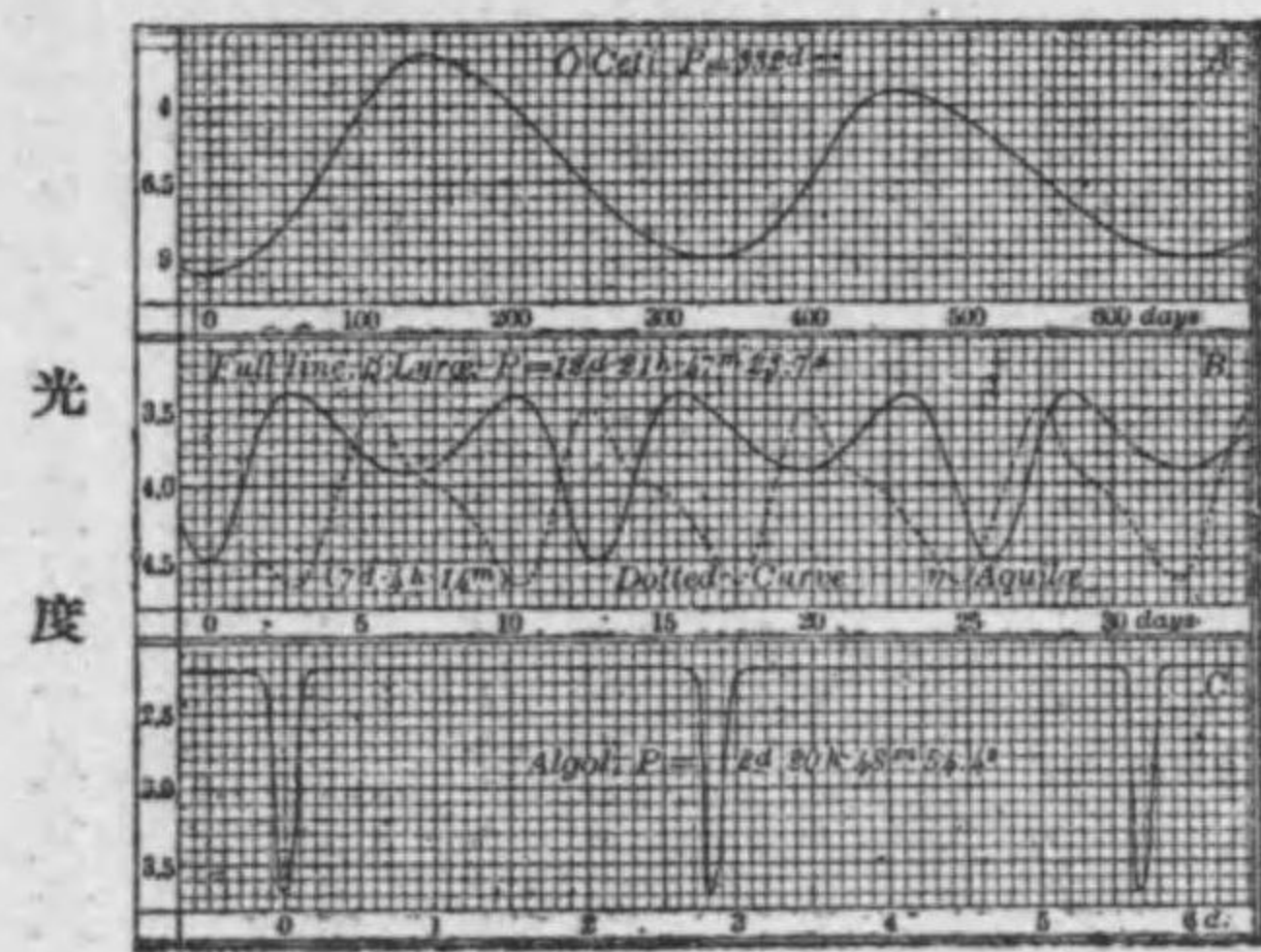
曲線を以て之を表記すること尤簡單なり。

即普通の場合の如く、時を横線上に測り、

之に對する光度を適當の尺度を用ひ(例へ

ば最大光度を五分とし増減の最大量を三分五厘として縦線上に測れば、第九圖

圖 九 第



變 光 曲 線

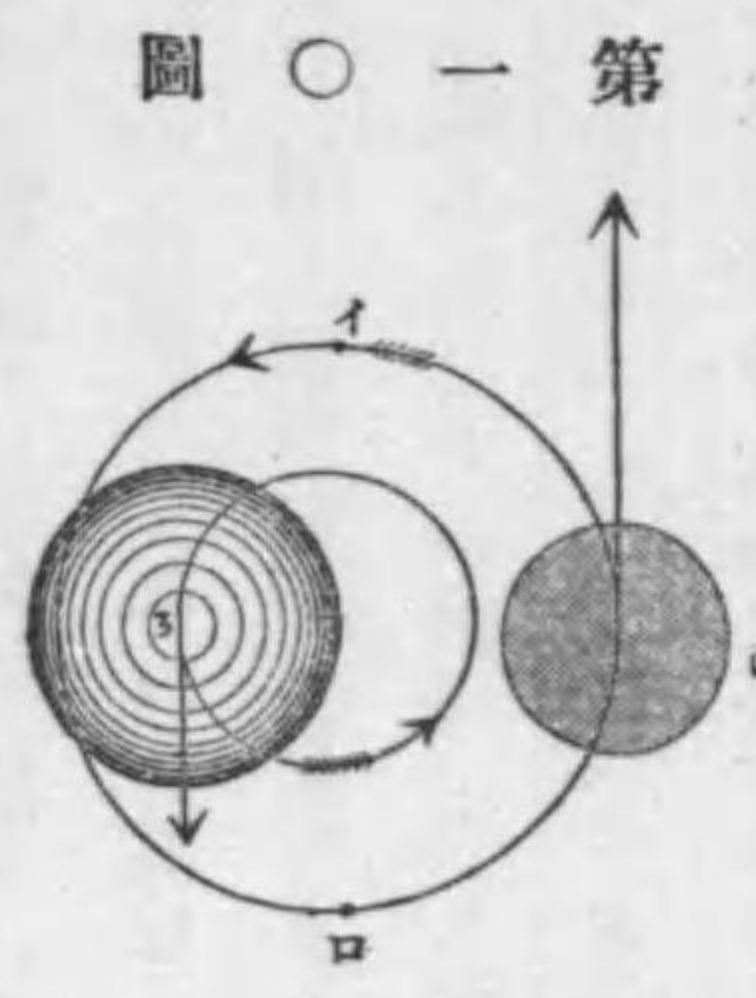
の如き圖を得べし。爰に示せる三個は肉眼にてもその變光を認むべき著しき代表者にして、又其の變光の狀況各一種の類型を成すものとす。その順序狀況は、多く詳説するに先ち、圖上につきて少しく注意すれば自明なるべし。

五三アルゴル

アルゴルは常に第二等星として一見通常の星に異ならざるも、三日弱の後急に光を減じて遂に四等星となり、數時間の後同様の速さにて、元の光度に復す。其の原因につき、暗黒の一従星ありて周行の途次日食の如く主星の一部を掩ふならむと想像せる學者多かりしが、直ちに之を證明するの法無かりき。然るに發見後百年餘を経て、一八八九年に至り、フョゲル氏は分光器により之が視線上の速度を精測して興味多き結果を得たり。氏の證明せむと欲せる要點は左の如く簡單なる考案より成れり。アルゴルの變光が星食より起るとすれば、之を遮る暗星も相當に大なるべく、此の聯星は兩者の質心を共同の焦點として各運行すべきが故に、衰光(星食の中央)(第一〇圖)より次の衰光に至る期間(二日と二〇時)の四分一(一七時)だけ減光の前後に於て、星は軌道の左右兩端に在りて、正反の行動をなすべく、(その右端に於ては吾人より遠かり)、視線に吾人

星食

との遠近動によりて、虹帯中に相應の線移動あるべしといふ。フォウゲル氏は分
光寫眞を比較して衰光前一秒に九里九三の速に
て太陽より遠かり食後一秒二里九六の速を
以て太陽に近づくことを知れり。之によりて從
前想像せられたりし變光の原因確證せられ、茲
に一種の分光による聯星の特例を認むるに至
れり。



其の後アルゴルと同類の幾多變星あることを發見せるが、何れも其の周期短
かくして、長きも五日を超えず。蓋し主星と從暗星近ければ近き程頻繁に星食
の起る機會多かるべく、兩星の距離遠ければ星食は起り難く、分光による
普通の聯星となるべきを以てなるべし。又一方に於て、常の如く光る時間の長
くして光を減すること僅に數時間なるが如きは、(同數に存在するも)之を發
見するの機會甚稀なるものと考へざるべからず。既知の短期變星にても之が
減光時刻を豫知せざる以上は、容易に之が變光の際に遭遇すること能はざる

五四 琴座の
ベタ

なり。
琴座のベタ星の變光狀況は一面アルゴルに似たるも、之と大に異なる點は、最
小光度(四等半)の中間に二回の最大光度(三等四)あり又其の中間に衰光(三等
九)ありて最小光度の周期は十三日にして、其の中間(六日半)に中光度に達す。
又最大光と次の最大光との期間も六日半なるが、此種の變光に於てはアルゴル
の如く、一定の光度を維持すること絶無にして絶へず増減を止めざることを尤
著し。

此種變光の原因につきては、アルゴルの如く簡單なる解釋を得べからず。ピ
ケリング氏は之が虹帯二個の重複せるものなるを指摘し、之により聯星の甚近
接せるものなるを主張せるが、インディアナのマイヤア教授は較々入組みたる數學
上の解釋を與へたり、其の要點次の如し。琴座のベタは二個の相等しからざる
瓦斯發光體の殆相觸るる程に近きものより成り、其の小なるは大なるより
も光強く其の形扁球なり。今兩星を横に駢べたる時は光輝尤大なるも、次第
に周行すれば、觀望の面積減じ尙進めば互に掩蔽して光を減すべし。小星光の



(旋左) 雲星狀渦の座角三

強き方)が 大星を掩ふときは其の前後に比して光弱しといへども、未最小光度に達せず、尙三等九の中光度を維持す。其の後兩星相離れて最大光度に達し、次には小星が大星の後方に隠る、時最小光度(四等半)に減光す、次に相離れて最大光度に達し以下同じ順序を繰返す。マイヤア氏の説は分光器研究の結果によりて援護せられ、一、大星は小星の光の十分四なること、二、扁球の橢圓率は百分の一なること、三、聯星中心の距離は大星の長軸の一・九倍に當り約一二三萬里なること、四、大星の質量は小星に二倍し太陽の九倍半程なること、及び五、平均の密度は大氣の密度より小なることを結論せり。是等詳細の數字は或は精確ならずとするも其の大略の考案には錯誤あることなければ、斯かる星系の存在せること甚興味あることといふべし。

五五 第三類 型

第三に 鯨座の オミクロン(驚きの意義を示すミラなる渾名ある星)は前二者と全然その變光状態を異にするものにして、其の最大光度は二等星に及ぶこともあるも、多くは五等星なり。最小光度も一定ならずして、或は八等星となり又は九等星となるも其の順序等に明なる法則を認め難し。周期は約三百三十一日六

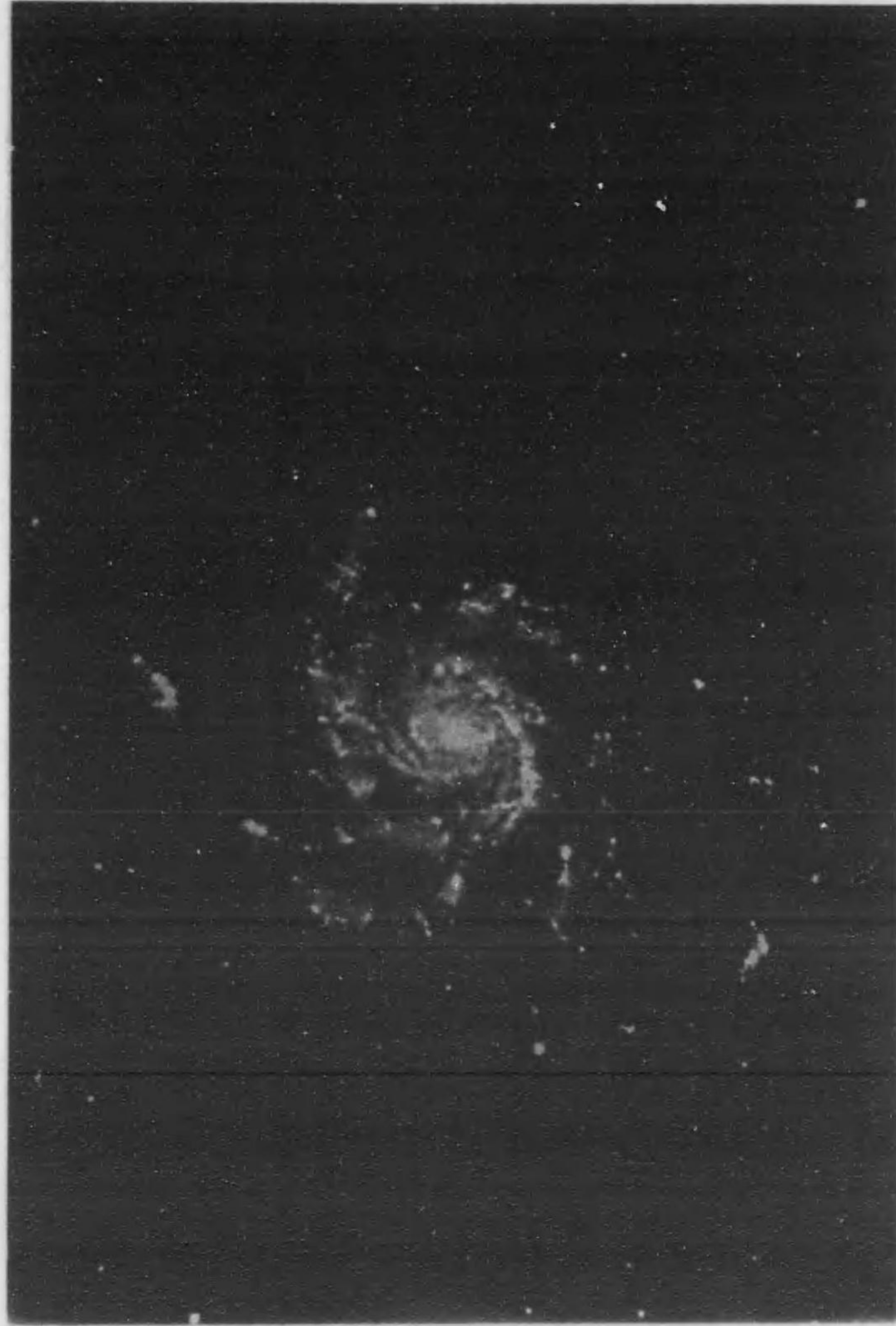
なるが過去に於ては豫定の十一ヶ月より二三十日遅速ありしもの、如し。又此の種の特性として光輝増加の際は減退に比して甚迅速なるものなり。

變光の状況に就きては第一第二の中間にして何れとも定め難きものあり、又第三ミラの種類と他の二種との中間に位するものありて、畢竟之を以て分類の根本義となすを得ざるが如し。之に反し變光の原因を推定するときは、自然に四種の大別あるを認むべし。

第一類に於ては二三個の星聯星系を成し、吾人は之を一個として觀望するものにして、光輝の變化は聯星各個の運行により相對位置の推移より來るもの是なり。

されば星の實質の變化等に何等の關係無きが故に、吾人が太陽系以外より見るか或は太陽系の位置に莫大の變移を生じたらむ曉には、彼等は現今の如く變星として成立たざるものなり。又此の類の變星は周期の變光順序甚整齊なりとす。

第二類には實質内に周期性變動ある星にして、是とても多くは外力の作用に



(旋右) 雲星狀渦の座熊大

基つきて、之が内質を變ずるものならむと推測せらる。此の種の變光状態には概略周期の順序あれども、而も光度に多少の不齊を起し、又光輝の増すに従て之が増加の割合激甚となり、之が減退には前に比して多大の時間を費すを特徴とす。内質の變動は分光器に訴へ之が虹帯を比較して直に判明すべし。

第三類に屬する星は概光度變化の限界甚小にして不規則に而も短期に變光す。重なる例はカシオペア座のアルファ(二等二より二等八まで) ベルセウス座のロウ(三等四より四等二まで) オリオン座のアルファ(一等より一等四まで) ヘルクス座のアルファ(四等六より五等四まで)等なり。

第四類は所謂新星及び暫星にして嘗て唯一回のみ突然強光を放ちたるものより成る。最著しき例はアルゴ座のイータにして甚長き歴史を有するも要するに一等星以上にも強く輝きたることありて其後漸次減退し、終に七等六乃至七の小星となり了れるものなり。其他金星に等しき強大の光を放てるもの、木星に匹敵すべき新星等の記録あるも、肉眼時代の觀測に屬するが故に今之を釋ぬべからず。近年に至りても幾多の重要な新星發見され、或は光度上

或は分光上に多少の研究ありしも、其の存在永からずして消滅し、未充分に之を調査するに至らず。之が發生の狀況に關することは、更に章を改めて再説することあるべし。

五七 銀河

銀河又河漢は漢名にして我邦にては天の川といひ、牽牛と織女とに關する七月節句の傳説に於て名高し。西洋にては之を乳路といふ。蓋し乳色の白光を以て天空に横れる道路の意を示せり。肉眼に映ずる處は白雲の如く朦朧として境界判然せざる帶の如き光にして、形狀甚不規則にて殆名狀し難く、或は光の強き部分あり、又暗き虧隙あるも、大略幅二十度内外にて天球を取巻ける帶狀より成れり。この帶は天球の赤道と凡六三度の傾角にて交り、交點は天球上赤經六時四七分と一八時四七分との附近に在り。

銀河帶を天球の一個大圈と想像すれば、之が北極は赤經一二時四七分赤緯北二七度にして髮座中に在り。肉眼にては一面朦朧たる雲霧狀を呈すれども、聊鏡力を藉るときは（觀劇用双眼鏡にても）其の幾分か微小星の密集なることを認むべし。較強力の望遠鏡を用ふれば悉く個々の小星に分解するを得。彼のハッセル

ル氏が探測してより以來滿天の恆星は多く銀河附近に集團するの事實明了となり、從て星の分布、及び之に關連せる問題を考ふるに方りては、必銀河帶を基準とするを常とす。且銀河その物が最多くの星と星群とを含むが故に星界の大觀に關しては、銀河の構成實に根本問題たらざるを得ず。

東京地方にては舊七夕の頃初夜に殆南方地平より直立し天頂を経て北微東の地平線に達する穹狀を成す。此の時織女(天琴座第一星)は殆天頂に近く銀河の西岸に現はれ、牽牛(鷲座第一星)はその東岸に在りて南方に位せり。銀河に沿ふて南下すれば地平に近く著しき蝸座あり、此座の附近に於て銀河は甚幅廣く而も光輝較薄弱となる。織女の東に白鳥座あり、此間に於て著しく輝ける部分あり。之より南方、銀河は二流に分れ東に駛するものは牽牛を洗ひ射手座を貫きて蝸座に及ぶ。西流は蛇使座(ヘラクレス)に至りて消散す。又白鳥座より北方にはケフェウス、カシオペイア、ペルセウスの三座を縦貫して北方の地平に達す。其の間ケフェウス座附近にては銀河の組織複雑にして、光の強き部分と暗黒なる島の如き圓形の空處と相交錯せり。之より九月十月と月を重ねるに従ひ南方地平に近



オリオンの大星雲

き部分は既に西方に没して見えず、十一月中旬に至れば蛇使座の附近が恰西方地平附近に在り、銀河は天を横断し、カシオペア座附近は天頂の北方に高く、之より東に赴きて馭者座を貫き、其の東方なる牡牛座の東北隅を掠めてオリオン雙子の兩座に蔓るを見るべし。

二月中旬に至れば前記馭者座の第一星(カペラ)は天頂に近く、ケフェウスカシオペアベルセウス等は北方微西の地平より順次に直上す。天頂より南に向ひオリオン雙子一角獣大犬の諸座を経てアルゴ座に及びて南微東の地平に達す。アルゴ座に於て銀河は幅尤廣く約三十度に達す。而もベルセウス以南は銀河の光極めて薄弱なり。此の他外観上著しきは射手白鳥アルゴ蛇使等の諸座に在る裂目の如き空隙と南方ケンタウルス座中に在る「卵形の暗黒島にて俗に「石炭壘」と稱するもの有名なり。此他詳細の異同は筆紙に竭し難きも、要するに平等に傾むくが如き組織は一も之を認むるを得ず。

星雲はオリオン及びアンドロメダ兩座の大星雲が纔に肉眼にて認めらるゝ、外何れも望遠鏡を藉りて見得べきものにして、之が大小形状組織等眞に千態萬狀

なりといへども、その之を星雲(又は霧光)と稱するは、其の概観恰も肉眼にて見たる銀河の一小部、又は彗星の尾の如く、漠然として境界判明ならざる朦朧體の光なればなり。其の本質を問へば必しも星又は雲に匹敵するや否や、一言に之を斷すべからず。

上記二個の大星雲は或る意味に於て、二種の星雲を代表するものと解するを得。アンドロメダの大星雲は渦状星雲中の尤大なるものにして(少くも見掛けに於て)吾人は之を斜に見るが故に幅半度長さ一度半に亘り、渦状組織は他の星雲の如く明ならざるも渦流の如き明暗の分界によりて、之を窺ふを得。(第一四版)。その距離は未知るを得ざるも、其の視差 0.01 一秒を踰ゆるとは信ぜられず、寧ろ遙に小なるべし。假に斯の如く近しとするも、尙其の徑は太陽距離の五十萬倍にして、吾人の想像意外極めて稀薄なる(例へば空氣の十萬分一以下のものなり。否ざれば之が引力は吾人の距離にも感應すべきこと數字上明なればなり。

小渦状星雲を代表するは第一五版及第一六版なる三角座のメシエ三三番及大



アゴル座無定形星雲

熊座なるメシエー〇一番なり。之が渦流の状態は一見言外に明にして、幾多の星辰も亦氣流に巻込まれて巴狀に座列するを認む。是等渦狀星雲は他種に比し尤多數にして、茲にリック天文臺のキアラ氏が言を借らむに、

一、未記録に上らざる星雲は千を以て數ふ。我がクロスレイ氏反射鏡(徑三呎)の届く限りを尤卑く見積るも尙十二萬を算すべし。其中吾人が知れるは僅少の一部に過ぎず。

二、是等の星雲は大小各種の階段を示し大はアンドロメダの大星雲より小は一小星の痕迹と見紛ふに至る(下略)

三、是等の多數は渦狀組織を示す。此の事實が如何に重大なる結論に吾人を導くかの顛末は暫く之を措くも、自然力の作用によりて原始形より進化するの際渦狀を成すこと尤普通なりとせば、彼の古哲が指示せる我が太陽系の星雲より進化し來る途次にも亦斯かる渦狀を呈せる時期ありしと考ふべきに非ずや(下略)

オリオン座の大星雲は白色種の尤なるものにして、其の廣袤數度に亘れり。(第

一七版)。之に次ぐは射手座に著しき三瓣星雲あり、又之に次てアルゴ座の無定形星雲あり(第一八版)。第一九版は白鳥座なる織雲狀星雲にして満月の大きに數倍せる長さを有す。其他著しきものには昴宿の星雲あり、琴座の環狀星雲あり、啞鈴狀星雲馬蹄狀星雲等あり。中に就きて最後なるは其の昔ハシエル氏が認めたる著しき馬蹄形(希臘文字 オメガの頭字)に類似せりとの記録あるにも拘はらず、其の後の觀測者の見る處及び現今の寫真等を比較するに何れも甚しく其の概見を異にするを發見せり。此の外にもアンドロメダの大星雲を初め一二の星雲は多少變動ありしやの疑あるものなるも、未判然斷定するに至らず。蓋し望遠鏡の大き及び大氣の狀況は想像外に斯かる薄光の外觀を左右すること著しきが故に、熟練せる觀測家なりとも數回の觀測にては其の詳細を確定すること難く、又之を見取り畫くに當れば諸部の輕重につき多少の相違あるを免れず。現時は寫真を以て之を直寫するが故に人間に固有の誤判を容るゝことなきも、尙望遠鏡の力と曝寫の長短とによりて成圖に莫大の相違を生ずべし。例へば明部の詳細を寫す、と明部を白埋して幽部を詳寫するとの差よりして、同



雲星狀雲織の座馬白

一の星雲を見違ふ程に異なる外觀を呈せしむるを得。されば前に出せる諸圖を見るにも、常に斯く見ゆると過信するを得ず。何れも或る指定の状況の下に寫真せる結果なればなり。

星雲は實に特殊の偉觀にして之が他の星辰界に關聯する所に絶大の問題あり、之が成分及び構造は極めて重大なる研究事故たるが故に、更に編を改めて後に詳説する所あるべし。

第五章 天體力學

五九 發端

新天文學の所見に基づきて宇宙を大觀せんとするに方り、尙往々舊天文學の所論を藉るの要あること前章に引用せるが如し。今本章に之が概要を述べて一部讀者の參考に資せんとす。思ふに舊天文學は其の根柢偏に高等數理の中に伏在するが故に、普通平易なる解説は甚難しといへども、算式の根本等を省略して、成るべく簡明なる説述を試みんとす。進で其の堂奥に入らむと欲する人々は數學の素養を貯へて各専門の書に就き、更に研鑽あらむことを望む。又一面是等の數理に通曉せる讀者は本章を看過して直に次章に就くを可なりとせむ。

舊天文學の起原は天體の位置を測定し、過去を以て未來の位置を推步せむとするに在り。之が根本の觀念は第一六節に述べたる天球なるが、之が上に多數の星は固着せるものと考へ、殘餘の日月遊星等の視軌道を測定せり。之よりして太陽系内の各天體が何如なる仕組に運行するものなりや(各自無規律ならざるが

故に、簡單なる規約の上に立つべし)。之が解決法として、最古く案出せられたるは所謂天動説にして、吾が地球は宇宙の中心に在り、日月遊星等皆その外方に運行すとせるものなり。之が内容は爰に省略するも、天動説を以て實際觀測を解釋せむが爲には、甚複雑巧妙なる幾多想像の装置を加重して、尙未完全ならざりしなり。

地動説起るに及びて複雑なる装置は甚しく簡單となり、理論として莫大の進歩を成せりと雖、未數學上精確に述べ得るが如き普遍規約となすことを得ざりしなり。

六〇 ケプラー

ケプラー氏に至り初めて遊星運行の三則を唱道せり、(一六〇九年乃至一六一八年)。氏は專其の師チコ、ブラヘ氏の觀測記録に基きて之を算出せるものにして、之が理由に至りては一瞥をも與へざりしなり。其の所謂三則とは左の如し。

第一則。各遊星の軌道は楕圓にして、太陽(の中心)之が焦點の一を占む。

第二則。各遊星の帶徑(太陽と遊星との連線)が畫く面積は時間に比例す。

第三則。各二個遊星の周期の二乗比は、之が平均距離の三乗比に等し。

以上の法則を解説せむが爲第一圖に就き、エキを橢圓の長軸とし其の焦點の一をヒとすれば、(他の焦點には所要無く)太陽は恰もヒに在りて、遊星は各自一の橢圓形曲線上を繰返し周行するものなり。其の際遊星がキに來る時太陽に尤近きが故に、此の點を近日點といひ、反對の端エに於て尤太陽に遠きが故に、之を遠日點といふ。假りに近日點より出發するものとして、遊星が順次ユメミシ等の位置に來るものとすれば「ヒキ」「ヒユ」「ヒメ」「ヒミ」「ヒシ」「ヒエ」は之に對應する帶徑にして、即遊星は太陽の中心(橢圓の焦點)より自己を連ぬる直線を携帶するものと考ふ、但し其の長さは常に變するものにして、其の變化の幾何學律は次の式にて示さる

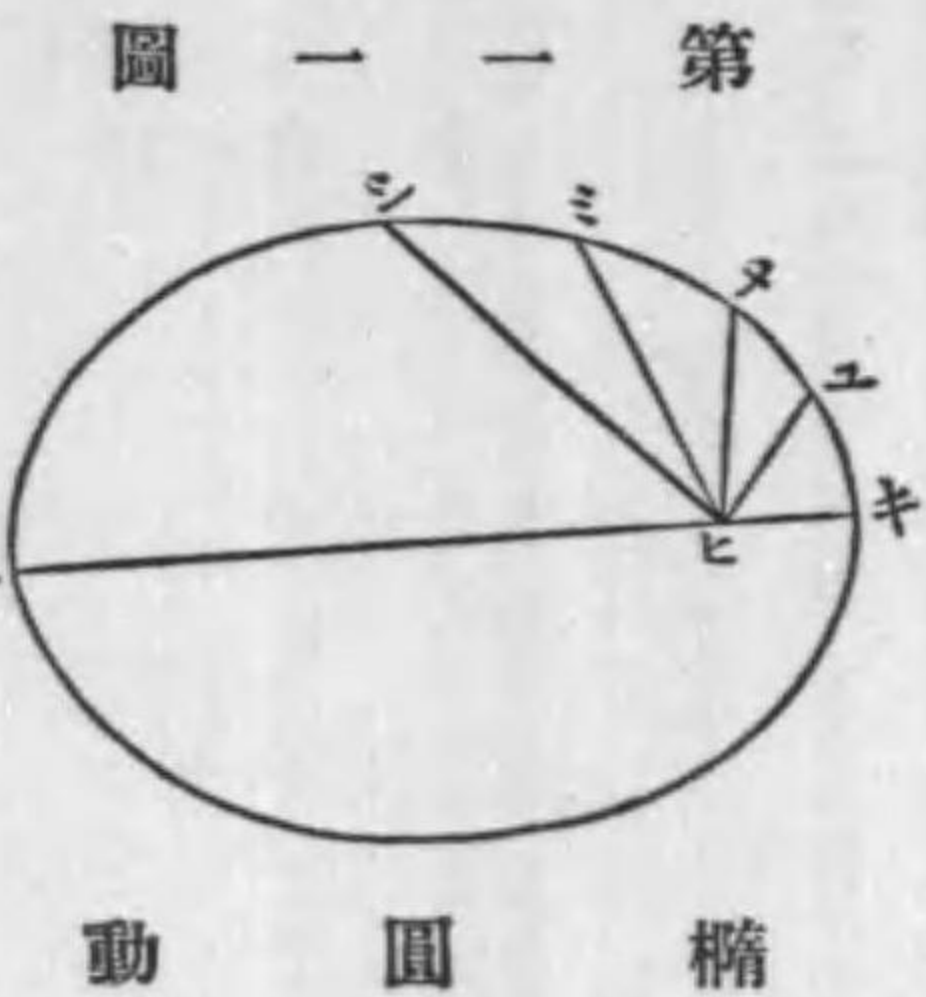
$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 - e \cos \theta}$$

即 r は帶徑(例へば「ヒミ」) θ は眞離心角キヒミ、 a は橢圓の半長徑(即キエの半分にして「ヒエ」) e は θ が直角なるときの帶徑にして、 e は橢圓の形を定むる外心

率なり。

第二則

今ケプラー氏の第二則によれば、キよりユ、ユよりメ、メよりミ……等に至る經過時を等しくするとき、キヒユヒメメヒミ……等の扇形面積皆相等しといふ。



他方よりすれば遊星の動速は一定時に一定の弧を畫くに非ず、又其の帶徑が一定角(θ)を均一に畫くにも非ず、却て扇形の面積を均一に畫くといふに在り。之により遊星の運行は近日點の附近に速にして遠日點の前後に尤遅し。(吾が地球に在りて十二月一月頃尤速に六七月の交尤遅し)。

第三則

第三則は諸遊星間の比較速に關するものにして、太陽より遠きもの程遅く動く割合を示す。ケプラーの時代に知られたる遊星につき、距離と周期とを比較せむに、太陽地球間の距離を單位とし、又一年を周期の單位とすれば、次の表に示すが如き實數を得。其の第二項と第四項とは

極めてよく吻合するを認むべし。

	距離	其の三乗	周期	其の二乗
水星	〇・三八七	〇・〇五八	〇・二四一	〇・〇五八
金星	〇・七二三	〇・三七八	〇・六一五	〇・三七八
地球	一・〇〇〇	一・〇〇〇	一・〇〇〇	一・〇〇〇
火星	一・五二三四	三・五三七	一・八八〇七	三・五三七
木星	五・二〇二八	一四〇・七四	一一・八六一七	一四〇・六九
土星	九・五三九	八六七・九三	二九・四五七	八六七・七〇

ハ一ケブラ
ア對ニ
ウトン

遊星運行の法則としてケブラの三則は簡單に且明瞭に之を表はせるものにして、某時期に於ける位置を知らば、其の前後指定の時期に於ける位置を推步することを得るが故に、學問上希望し得べき上限に達せるものといふべし。然るに觀測の精度年を逐ふて進むに従ひ、實測の結果とケブラ則との間に差違益著しく、例へば軌道の橢圓形も必しも同一の形を固執せず、其の大き形状

位置も多少變遷を免れず。又其の第三則も木星以下につきては多少の誤差を免れず。橢圓上の位置も往々左右前後に違背することあり。かくてケブラに次て來れる學者間の大問題となれるは、遊星の行動が何故にケブラの三則に服従せざるやの件なりき。茲に之を解決する當然の方針は、先何故に遊星が橢圓を畫くべきか、何故に之がケブラの第二則に當る速度を有するものなるか、何故に各遊星間に距離と速度との不動則あるを要するか。此の問題を解かむには其の時代未知の一層廣大なる法則(天體行動の原因に遡るもの)を發見し、而後初めて遊星の實動が何故にケブラの規則に違背することあるやを判明するを得む。

ニウトン

右の方針により物體行動の原因、即力學法則を求めむと試みたる諸大家ありしが、彼の碩儒ニウトンに至りて初めて完全に之が原理を摘發するを得たり。ニウトンの考は地球上吾人が常に見る物體行動(投上げたる石の動く狀況、熟したる果實の自然に地下に墜つる水の流るゝ風の吹く等)の現象を支配する法則も、ケブラの唱ふる遊星乃至太陽の運行を起す原因も、皆同一の法則に基くべし

といふに在り。之に依り幾多の實驗及び天象位置の計算に照らして、宇宙引力の原則を表明せり。

宇宙引力則 大凡宇宙間に在る二個の物質點の間には互に相近寄る性質の力ありて、之が方向は二個を連ぬる直線上に在りて相向對し、其の強さは二物質の質量の乗積に比例し、兩者の距離の二乗に逆比例す。

例へば地球上なる物質質量 m は地球全體との引力により下方に mg なる力(目方)を受くるものなるが、太陰上の M なる質量は地球の引力により Mg の $\frac{3600}{分一}$ に等しき力を受く。蓋し太陰の距離は地球中心より地球半径の $\frac{60}{倍}$ に當るが故に、引力は $\frac{60}{平方}$ に逆比例す。(g は地球上重力の加速を代表す)。

六二引力則の結果

彼の引力則によりて二體の問題を解することは極めて容易なりとす。即ち爰に甲(太陽)と乙(遊星)との二體ありとすれば、其の間に宇宙引力則を守る力の作用あり、今甲乙兩者の相對位置と現に動く状態(方向及び速度)を知るときは、今後指定時の後兩者の相對位置及び動状態を豫測するを得るものにして、之初等力學に於て解釋する所なりとす。即ち之によりて指定の初速が一定の制限以

下なるときは恰ケプラーの法則を得ることを知るべし。又此制限に等しきか又はそれ以上なるときは、多くの彗星の如く相對軌道は拋物線となり、又は双曲線となりて、再度太陽附近に歸り來る期無し。

二體對三體問題

二體の問題は寧ろ容易なれども、若し爰に丙なる第三體ある場合には、之が甲及び乙と引力關係を起し、其の爲に動状態を左右せらるゝが故に、前に甲乙相互のみの場合とは莫大の相違あり。今乙は甲に對する相對動の外丙の力に引かれて二力の合成果を受くるのみならず、丙なるものも亦甲及び乙より獨立二力の影響を受くるが故に、今後の行動甚複雑ならざるを得ず。即ち複雑なりといへども、而も事實としては確定せるものにして、一旦位置質量及び動状態を指定すれば、將來の状態は豫定され得べき性質即因果律に束縛せられて確定の性あるものなり。從來の數學解析法にては到底之を解決して各體今後の位置及び動状態を明にするを得ず。然れども之を天象の實際に就きて見るに、吾が地球が太陽を周行するに方り、二體の引力作用のみならば簡單にケプラーの初二則を遵奉するに過ぎざるも、事實は爰に太陰ありて直に三體の問題を惹起すを見

る。否々、嘗に太陰のみならず、他に火星あり木星あり其他幾多の遊星ありて八面混亂の作用あるに非ずや。

三體すらも取扱ふに堪へざる數學は何如にして此の複雑なる天體系統の作用を計算し、各自の動狀を明にし其の位置を豫報するを得るにや。之が解決は實に舊天文學の生命にして又諸種の著しき發見も皆爰に起因するものなりとす。

六三 三體の
問題集

今太陽地球及び太陰の場合尤緊要なるが故に、之を例として、三體問題を解決する手續を示さんとす。前に述べたるが如く地球と太陰との質量の中心(地球太陰との連線上地球より地球半径の約十分の七に當る點)が所謂地球の軌道なる橢圓を畫くものなるが、其の質心の位置地球の體内に在るが故に、概略地球が太陽に對して橢圓を畫くと視做すを得るなり。然るに太陰は又一面地球に對して(較小さき)橢圓を畫くが故に、之が地球を引きて常軌以外に逸せしめんとする力は、方向に於ても距離に於ても常に同じからず。之を太陰の地球に及ぼす攝動力といひ、常軌に外る、位置の差を攝動といふ。而も次の一

刻に於ける攝動及び攝動力は初めの攝動を受けたる常軌外の位置に基くものなれば、其の汎式を得ること容易の業に非ず。一般三體問題の困難なる事由も亦實に爰に在り。然れども太陰の攝動力は之を太陽の主引力に比し僅に一七九分一に過ぎざるが故に、其の影響の小なるを推知すべし。されば攝動を受けたる後の位置に於ける攝動も、其の未變位せざる間の攝動も(小期間につきては)所謂第二級の、小差にして殆ど計算に値せざるものなり。

太陰既に然り、況や遠き他の遊星の如きは其の攝動極めて小きが故に、純然たる三體問題として論ずるの價值なく、二體問題とし唯些少の改正を附加するのみにて足れり。故に幾多の遊星等より攝動を受くる爲に實際の軌道は極めて複雑なるべきも、而も是等は皆ケプラー則の橢圓軌道に附加すべき小改正として、計算せられ、又解説するを得。即地球の軌道は橢圓なれども、太陰及び遊星の攝動の爲橢圓の形狀平面軸の方向等が甚僅に變動するものと考ふべし。但太陰が地球に對して橢圓を畫くに方り、之に及ぼす太陽の攝動力は比較上尤大なるものにして、他の遊星の橢圓動に對する他星の攝動とは全く程度を

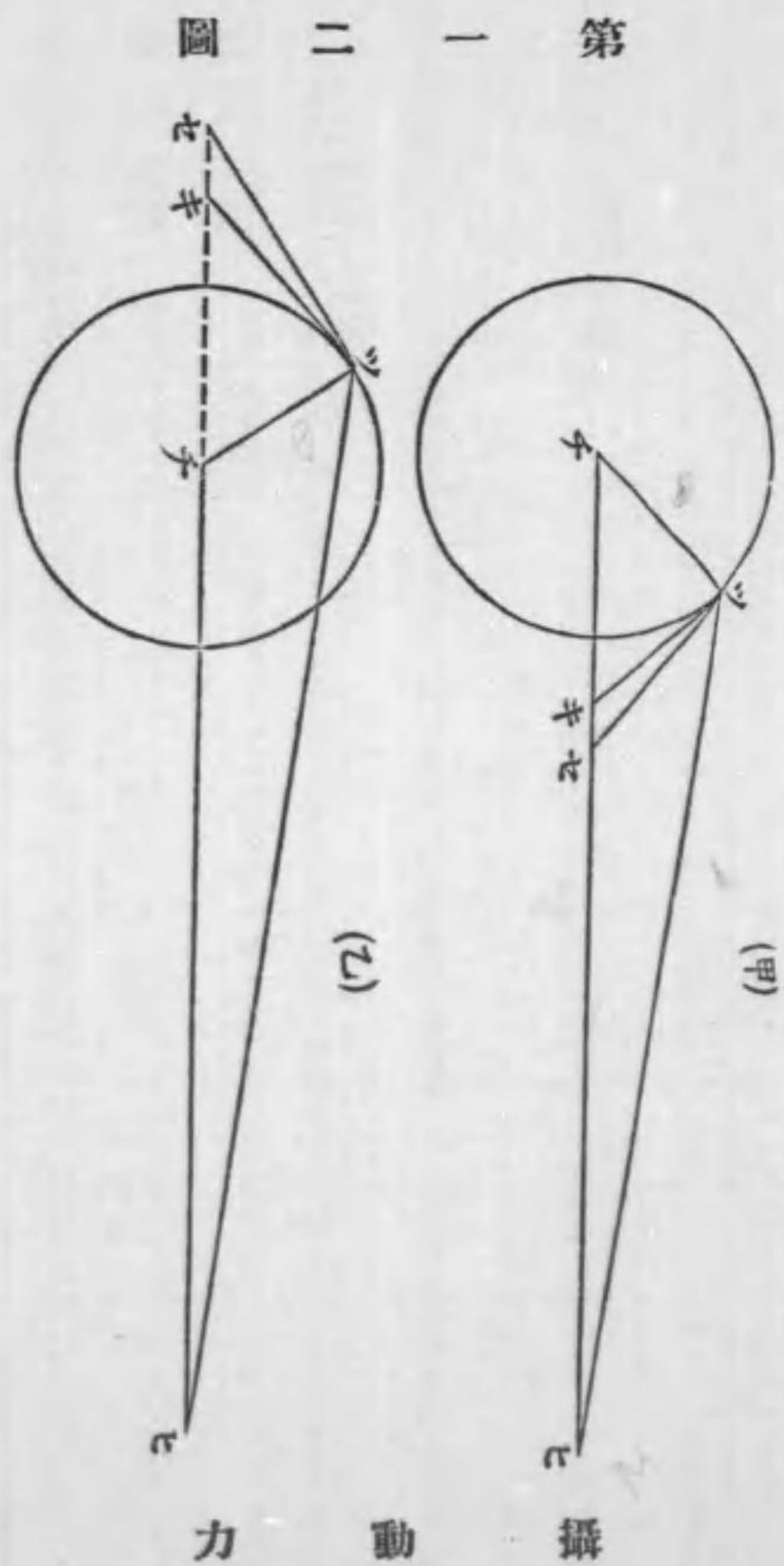
太陽の攝
動

異にせり。實に太陽の太陰に及ぼす引力加速は、地球のものに比して二倍以上なり。かく云は、或は恐る初めて之を聞く人は、然らば何故に太陽は太陰を引き取りて地球より永久に之を奪去らぬやとの疑問を抱かむ。綱曳の遊の如き場合ならば或はさる結果を生ずるならむも、三天體は之と異りて太陽及び地球が各自固定せる立脚地に立ちつゝ、太陰を引き争ふには非ず、却て自由に空間を飛行するが故に、地球と示定距離を保持する太陰のみを引き取りて地球を後に残すこと能はず。攝動の問題は要するに地球と太陰との上に及ぼす太陽引力加速の差に基くものなり。而も太陽の太陰に及ぼす攝動は太陽質量の莫大なるが爲、他の如何なる場合よりも大にして其の計算極めて複雑なるものあり。

六四 攝動力 計算

前節の攝動力は又潮汐の現象に於ける起潮力に等しく、潮汐の現象は吾が地球上海水の潮汐は云ふも更なり、遊星其他彗星及太陽系一般に重大の關係あるが故に、今之を好機として初等數學の許す範圍に於て其の算式を求め一二の例を示さむとす。

第一二圖(甲)及(乙)に於てチを近き中心(假に地球)とし、ヒを遠き中心(即攝動を起す中心(假に太陽とす))は被攝動子(假に太陰の質心)とす。ヒチの距離



をDヒツをdとしツチをrとし且rはDに比して甚小なること(陰陽地三體の場合には二八九分一に當る)を認む。今ヒの質量をMと名づけ之がツ及

チに於ける單位質量上の引力を比較せんに角チツヒを θ と名つければ

$$\text{チの上の加速 } F = k \frac{M}{D^2} \quad (1)$$

$$\text{ツの上の加速 } f = k \frac{M}{d^2} \quad (2)$$

但し k は加速の單位に関する常數を示す。

各を垂直チツの遠心方向と之に直角なる切線の方向とに分解すれば、(ツの周行を假に圓として計算す)

F の遠心分加速 F_1 は

$$F_1 = \frac{kM}{D^2} \cos\theta \quad (3)$$

F の切線方向(ツキ)分加速は

$$F_2 = \frac{kM}{D^2} \sin\theta \quad (4)$$

f の相當分加速は $f_1 = \frac{kM}{d^2} \sin(\text{ベツキ}) = \cos\theta \frac{D - r \sec\theta}{d} \frac{kM}{d^2}$

$$= \frac{kM}{d^2} \left(\frac{D}{d} \cos\theta - \frac{r}{d} \right) \quad (5)$$

$$f_2 = \frac{kM}{d^2} \sin(\text{ベツキ}) = \frac{kM}{d^2} \frac{D}{d} \sin\theta \quad (6)$$

今攝動加速の分解部は外方に $p_1 = f_1 - F_1$ 同じく切線の方向に $p_2 = f_2 - F_2$ とし

てチに對するツの相對加速を以て表はすべきが故に上四個式より

$$p_1 = \frac{kMD}{d^2} \cos\theta - \frac{kM}{D^2} \cos\theta - \frac{kMr}{d^2}$$

$$= \frac{kM}{D^2} \cos\theta \left\{ \left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right\} - \frac{kMr}{d^2} \left(\frac{D}{d} \right)^2$$

$$\text{又 } \left(\frac{D}{d} \right)^2 = \left(\frac{D^2}{D^2 - 2rD \cos\theta + r^2} \right)^2 = \left(1 - 2 \frac{r}{D} \cos\theta + \frac{r^2}{D^2} \right)^{-2}$$

$$= 1 + \frac{3r}{D} \cos\theta - \frac{3}{2} \frac{r^2}{D^2} + \frac{15}{2} \frac{r^2}{D^2} \cos^2\theta + \dots$$

但し $\frac{r}{D}$ は甚小なるが故に、通例 $\frac{r^2}{D^2}$ 以下の項を要せず、今暫く此項を保留するのみ。之を用ひて

$$p_1 = \frac{kMr}{D^2} (3 \cos^2\theta - 1) - \frac{3}{2} \frac{kMr^2}{D^3} (1 - 2 \cos\theta - 5 \cos^2\theta) + \dots$$

$$p_2 = \frac{kMD}{d^2} \sin\theta - \frac{kM}{D^2} \sin\theta = \frac{3kMr}{D^3} \sin\theta \cos\theta - \frac{3}{2} \frac{kMr^2}{D^4} \sin\theta (1 - 5 \cos^2\theta)$$

何れも分加速の主要量は第一項に在ること明なり。其の作用の状態は甲乙兩圖

に就きツなる被攝動體の異なる位置に於て、 ρ_1 は θ の餘弦の二乗より成るが故に全く同一にして、唯切線方向の ρ_2 のみ等しくして相反するが故にツッセの線を以て示せるが如き方向に働くべし。ツが太陰ならば ρ_1 は地球より之を奪はむとする加速にして、 θ が零又は二直角の時に最大にして、其の餘弦が $\frac{1}{\sqrt{3}}$ なる時即五四度四分及一二五度一六分の附近に於て消滅す。切線方向には朔望及上下弦の節攝動零にして、其の中央に於て最大なり。兩者の最大値を地表重力の加速 g と比較すれば左の如し但し m は地球の質量及び半径とす。

$$g = \frac{km}{a^2}; \rho_1 = \frac{2M_1 a^2}{m D^3} = \frac{2M}{m} \cdot \frac{g^2}{D^3} = \frac{664000}{(389)^2 (60.3)^2}$$

$$= \frac{1}{321770} \left(\text{第二項を入れるれば} \frac{1}{312000} \right)$$

$$\rho_2 = \frac{3}{4} \rho_1 = \frac{1}{428760} g \left(\frac{1}{416000} g \right)$$

起潮力

之を海面上の起潮力に適用する時は、 ρ_1 が太陰又は太陽を表はし、 ρ_2 は海水の一分子にして r は a と同じく地球の半径を表はし、太陰の場合に D は a の

六〇・三倍となる。其の計算次の如し。但し遠心即垂直の分力は直接潮を起さるが故に水平の分力即 ρ_2 の最大値を取り、次に太陰と太陽との起潮力を比較す。

$$\rho_2 = \frac{3}{2} \frac{kMa}{D^2} \frac{a^2}{km} g = \frac{3}{2} \frac{1}{(60.3)^2 \times 81.7} g = \frac{g}{11930000}$$

太陰と太陽との比較

$$\frac{M}{D^3} / \frac{M'}{D'^3} = \frac{(389)^2}{332000 \times 81.7} = 2.17$$

之により太陰は二倍以上有力なるを知るべし。又前述加速の圖解により潮波が太陰直下及び之が蹠點たる反對方向に進むべきことを解すべし。

遊星攝動の効果と同時に理論天文学の成效とを證明して、吾人に最深き感想を印記するもの、海王星の發見に過ぎたるものなからむ。蓋し最近には類似の又較々大規模の發見多數あれども、(第四章聯星)而も一枝の筆を用て未見の遊星を紙上に捕捉して恰も掌に指すが如きは、實に十九世紀初半に於ける學界空前の大發見たりしなり。

六五 海王
發見

一七八一年ハッセル氏が天王星を偶然發見して彼が光榮ある測天技能の絶頂に達したる後、四十年を経て該遊星の歩行、推算と合致せざるを認めたる天文學界は、茲に一大不安の渦中に陥れり。一八四〇年の交には其の差一三八秒に達せり。彼のベッセルは一八三〇年に此の差違は天王星より遠き未見の遊星の攝動作用に基くとの新説を出して、之を解決せむとせり。其後一八四〇年の末つ方英國に於てアダムスと佛國に於てルヴェリエとが殆同時に而も獨立に、此新遊星の質量及び位置を推算し、何如なる遊星が何處より引力を及ばせば、かく天王星が常軌との差違を起すべきかを逆に確定せむと試みたり。かくて先づ（一八四五年の秋）アダムスは彼が推算の結果を當時の欽定司天官（アストロノマヨナル）に（間接に）通報せるも、不幸にして之れを顧みざるの運命に遭遇せしが爲に、直にその推算の結果の良否を判定するの機を得ざりき。尋でルヴェリエは自己の計算の結果を在獨測天家ガレに通報せしに恰好し、獨逸にては天の、其の方面に對する、詳細の星圖ありしが爲、ルヴェリエの指示せる附近に於て直に記録外の新小星を認め、一日中に之が行動に徴して遊星なることを確めたり。實に一

八四六年九月二三日なりとす。之に先ちルヴェリエの計算摘要現はれしかば、英國司天官は俄にアダムスを紹介したる彼が師に命じて天界の探索に従事せしめたるも、精密なる天圖なかりしが爲に、一々當該方面の星を記録し三回之を繰返して變位せる星を發見せむと試みたるも、其の手續迂遠なりしが爲ガレニ先鞭を著けらるゝに至れり。又推算家たる兩學者は何れも新星の距離に關し實際と相違せる假定を用ひたるが爲、少しく相違せる所あるも、而も新星の見ゆべき方向を決定するには、兩氏の推算にて充分なりしが故に斯く發見せられたる海王星は、全く紙上攝動原理の應用に依りて豫言せるものといふべし。

六六ケプラー
氏第三則

前數節に於ては二體問題と三體問題とを比較し、ケプラー氏遊星運行の法則中第一第二の多少違背する所以は、第三乃至他の數個天體の攝動に依ることを述べたるが、今數個の遊星を比較するに方り、第三則なる太陽距離と周期との關係を視るに、是唯近似則に過ぎざることを知るべし。（攝動を考察せざるも）。今左に橢圓運行の式を示さむ。

先初等解析幾何學により軌道たる橢圓の方程式(1)を微分して(2)を得、又運

行則第二により面積を畫く速度は全周期 T にて全面積を割りたる平均に等しきが故に、(3)を得。又太陽 M と遊星 m と相接近する速度は各距離の二乗に逆比例して、之が相對加速は兩者の和となるが故に、太陽なる焦點に向ふ、求心加速は(4)にて表はすべし。

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1-e\cos\theta} \tag{1}$$

$$e\sin\theta \frac{d\theta}{dt} = -\frac{a(1-e^2)}{r^2} \frac{dr}{dt} \tag{2}$$

(掃徑が畫く面積速) $r^2 \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1-e^2}}{T}$ $\tag{3}$

(求心加速の汎式) $\frac{d^2r}{dt^2} - r \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = -k \frac{M+m}{r^2}$ $\tag{4}$

(2)と(3)とにより(5)を得、之を微分して(6)を得、其の以下は(1)(2)等を繰返し代用するに過ぎず。

$$\frac{dr}{dt} = \frac{-2\pi a e \sin\theta}{T \sqrt{1-e^2}} \tag{5}$$

$$\frac{d^2r}{dt^2} = \frac{-2\pi a e \cos\theta}{T \sqrt{1-e^2}} \frac{d\theta}{dt} \tag{6}$$

$$r^2 \frac{d^2r}{dt^2} = \frac{-2\pi a e \cos\theta}{T \sqrt{1-e^2}} \frac{2\pi a^2 \sqrt{1-e^2}}{T} = -\frac{4\pi^2 a^3}{T^2} e \cos\theta \tag{7}$$

$$-r^4 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = -\frac{4\pi^2 a^4 (1-e^2)}{T^2}$$

$$-r^3 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = -\frac{4\pi^2 a^3 (1-e\cos\theta)}{T^2}$$

之を(7)に加へ(4)と比較すれば

$$\frac{4\pi^2 a^3}{T^2} = k(M+m) \tag{8}$$

にして攝動を度外視したる二體の運行に在りては、各遊星の軌道の半軸 a の三乗と周期 T の二乗との比が一定なりとのケプラー第三則に吻合せずして、却て M+m 即太陽と各星との質量の和に比例するを知るべし。但し、太陽の M を單位とすれば地球系遊星の m は三三二〇〇分一より小きが故に、多大の差を生ずることなく恰もケプラー則の如き結果を生ず。唯木星以上につきては、質量千分

六七 應用の例

一に接近するものありて多少の相違を生ずべし。

右(8)にて示せるケプラー第三則の改正式は種々の場合に應用せられて著しき成績を生ぜり。例へば太陰の地球を周行する周期、及び一般に衛星がその主遊星に對する周期は尤觀測し易きものなるが故に、之よりして主遊星と衛星との合併質量を知るを得べく、而も衛星は常に主星に比して甚小なるが故に多くの場各に遊星その物の質量を推測するを得。例へば

$$\frac{(地球) + (木星)}{(地球) + (太陽)} = \frac{1}{(389)^3 \left(\frac{365.2564}{27.3217} \right)^2} = \frac{1}{328000}$$

此中太陰の質量を地球の八・七分一として差引けば地球の質量を表はす分數の分母として三三二〇〇〇を得べく。

又火星の第一遊星は之との距離二三九七里三にして、周期は七時三九分一五秒なり。故に

$$\frac{(火星) + (衛星)}{(地球) + (太陽)} = \left(\frac{2397.3}{97390.5} \right)^2 \left(\frac{27.3217}{0.3149} \right)^2 = \frac{1}{9.05}$$

地球に比して〇・一一に當る。

尙又聯星の質量につきても同様の計算を適用するを得、茲に掲ぐるは若干の成績數なり。其の第三及び第四項より推算して第五項を得べく、其の際太陽と地球の周行を本とするが故に、周期の單位は一年とし質量の單位は太陽と地球を合併せるものとす。

聯星		軌道	年視差	軌道半徑	周期	質量
星名	視半徑	年視差	軌道半徑	周期	質量	
ケンタウルスのアルファ	一七・七〇	〇・七五	三三・六	八一	二・〇	
シリウス(天狼星)	八・〇三	〇・三七	二一・七	五二	三・七	
プロキオン	三・〇〇	〇・三〇	一〇・〇	四〇	〇・六	
カシオペイアのイェタ	八・二一	〇・二〇	四一・〇	一九六	一・八	
オフィウクスノ七〇	四・五五	〇・一九	二四・〇	八八	一・八	
ベガスノ八五	〇・七八	〇・〇四	一九・五	二四	一一・三	

右の中軌道視半徑及び年視差は何れも秒を單位とせるものにして、其の比

は即第三項 實半徑なり。後者の單位は地球の平均距離にして、年視差は之を星より視たる角、又視半徑は地球より視たる聯星の角距なり。

六八 攝動の
効果

遊星及び各自に屬する衛星は大體ケプラー則に準じて粗所定の軌道を畫くも、攝動の爲に其の軌道の形狀位置等に小差違を生ずること、前に述べたるが如し。されば之より自然に起る疑問は、夫等の小差は長き歲月の間に累積して數萬年乃至數十萬年の後は現在の如き大體の配置を破壊し了りて、全く現時の規模を認むる能はざるに至るや。又或る一二の族員は太陽系外に驅逐せらるゝか、中心なる太陽に引込まれて其の存在を失ふに至るや。將又多少の變差に止まりて大體の配置に大差無きか等なるべし。

今數理に基きたる計算を實測に訴ふるに、茲に二種の攝動を區別するを便とす。一は短期(寧ろ周期性)の攝動にして、甲乙遊星が各自の運行に際し或る時は甚接近し爾後次第に遠かるとす。其の接近するに方りて相互の攝動尤有力なるべく、其の遠近の時期は各自の運行に伴ふて周期性を帶ぶること勿論なり。是等の攝動は其の量小にして或る時は一方に他の時は之と反對の方向に、所

謂振動性なるが故に、長き間には之が平均を失はざるものなり。第二種なるは進行性變差と稱するも其の中には長期性にして其の反復の期甚長きが故に振動性を認むること難く、一方のみ進行するが如きものをも含めり。例へば遊星軌道の外心率の如き莫大の歲月の間一方に傾くも、又其後は舊値に復するものにして、地球の場合には現在の 0.01677 より次第に減少し今後約二四〇〇〇年の後 0.003 までに達し、それより漸次増加して約四〇〇〇〇年を経て 0.02 に至るべきなり。軌道平面の傾角も之と同様の變動を行ふ。軌道の長軸は多少の伸縮あれども、進行性の攝動あることなし。軌道面大圈の黃道と會する交點及び近日點は常に同方向に進む、而も其の行くや甚緩漫にして數萬年乃至數十萬年にして天を一周す。

之を要するに眞に進行性なる軌道の交點及び近日點の位置は何れに在るも、遊星大體の配置に關係薄く、其尤重要な軸長(長さ)及び外心率(形狀)等は早晚舊値に復する周期性の變動あるに過ぎざるが故に、永世に亘りて太陽系は安定なるべし。是十八世紀の末葉に際し嘗てニウトンの開發せる理論天文學進歩

の絶頂に達せる結論なりしなり。

六九 太陽系
恒久な
りや

斯の如く、數代の大學者(佛國のクレイロウ、ダランベール、ラグランジ、ラプラス、ドボンテクラン、ルヴェリエ、ドロオネ、チスラン、英國にてはエアリイ及びアダムス、瑞西のオイラー、獨逸のガウス及びハゼン等尤著名なる)が心血を濺ぎ大成せる理論天文学の結論は大體に於て太陽系の安定なる、即萬世不易なることを示すといへども、必しも絶對に之を證明せりといふを得ず。蓋し攝動の計算は比較上短期に亘れるものを基とせるが故に、未計上せざる微細の變動が甚しき長期に累積して恐るべき性質の變化を生ずるやを確かむること能はず。又此外に理論天文学の弱點は各遊星は皆均一の硬球なりと假定せるに在り。現に多數の遊星は球よりは扁球に近く、又均一にも非ず、將硬體にも非ず。此の假定の相違より些少の未計算に入れざる效果を生ずべし。例へば海水上の潮汐現象の如き、又は他の流體より成れる遊星實體に於ける潮汐(未確認せられざるも)等の微差を計ふること能はず。又天涯に散在せる微塵の如き流星の遊星上に降下し來りて之が質量を増し、又は之が運行に微小の抵抗を與ふること無きを

保せず。是等は何れも微小の差を生ずるに過ぎずして、大體の安定を妨ぐるや否やを知らずと雖、太陽系の過去に遡りて之が發生の迹を考へ、又之を他の星辰界に比較するときは、現在も亦、永劫に亘りて徐行する進化發展中途路の^一状態に過ぎずといふを拒むべからざるが如し。

第六章 天界の塵

七〇天體の
質量

人ありて海邊を逍遙するとせば、波打際に無數の砂礫ありて大小形状千種萬様なるを見るべし。小なるは果實大の小粒より大なるは之に數千萬倍する石塊まで雜然として散列するも、巨巖と砂塵とを度外視すれば普通に石と稱ふる物に付き略々大さの限度あるを認めむ。今天界に孤立せる物體、所謂天體に於ても大小輕重千態萬狀なりと雖、假に我が太陽系に就きて之を見るに、中心なる太陽は暫く之を措くも、之に次で大なる木星は質量太陽の一〇四五分一にして、吾が地球は木星の三一八分一に過ぎず。而も吾が地球より小なる火星は其九分一水星は三十分一に當れり。又衛星中大なるは木星及び土星族中に直径一四五五里なるあり、(太陰の四倍半餘の質量)小なるは火星の衛星にして直径四里に過ぎざるものあり。假に太陰に匹敵する密度を有するものと視做せば、其の質量は之が一千萬分一より小なり、(一〇六一萬分一)。彼の七百有餘の小遊星は其の直径四〇里以上二〇〇里以内と視做すを得るも、其の質量に

版 ○ 二 第



星彗氏ィリハ
(月五年三十四治明)

見えざる程幽微なれども若干数は尤著しき光芒を放て天界に雄飛するが故に、嘗に人類の好奇心を挑發せるのみならず、幾多の恐慌と迷信とを惹起せるは各人種の歴史に徴して明なる所なり。又流星は時々刻々吾が地球上に落來る小塊なるが、稀に時を期して驟雨の如く群を成して降下することあり。而も彗星といひ流星といひ何れも微々たる物體にして、之が形質上より考ふるときは單に天界の塵芥に過ぎずといふも、過言に非ざるなり。

彗星

彗星の形態千種萬様なりといへども、其の尤良き代表者につきて述ぶれば概頭部と核と尾との三部より成るといふべし。頭部は彗星の主要たる部分にして略球狀の外形を有し、其の中心に方り光輝尤著しき小部分あり之を核といふ。頭部は小星の如きものより大なるは満月に比すべき視角を有するものあり。尾は頭部より放出する薄雲狀の光にして、頭部を去るに従ひ益淡く終に頭部の數倍若くは十數倍乃至數十倍の距離に至りて天空の暗黒中に埋没せらる(第二版及び第二二版参照)。其の大略の形筭の如きにより俗に彗星といふ西洋にては之を長髮に喩ふ。尾は又彗星が太陽附近に在るとき、恰も之よ

七二 彗星の構成

り射出するが如き方向に出で多少進行の後方に彎曲する傾向を示す。右は尤普通なる形態なれども、又稀に尾の無き又は核の著しからざる、或は頭部のみより成れるものあり。殊に望遠鏡を要するが如き幽微なる彗星に於て之を見る。

一般に彗星の構成は甚疎にして、晝間に見えたるが如き光芒、赫々たるものにも核を除く外他の恒星を遮りても、之が光を奪ふこと無き程に透明なり。従て光ある分子(尾部は勿論頭部に於ても)と分子との距離割合に大きくして、容易に他の星光を通過せしむるものなり。

彗星の見ゆるは之が太陽系内に入り來りて後の事に屬し、吾人よりしては近くも太陽に比較すべき距離に在る頃尤著しく見ゆるものなり。距離と視角とより計算するに彗星の頭部は直徑四〇〇〇〇里程より四〇〇〇〇〇以上に及ぶことあるを知る。又頭部は通常彗星の太陽に近づくに従て縮小し、或る場合には之が體積十萬の比を以て變せることもある程なり。核は之に比して甚小く、直徑四〇里程より二千里程に至る概見なり。尾の長さは必しも頭部の大きに伴

はざるも、概して光輝著しきもの尾も亦長きが如し。記録に據れば四千萬里に達せるもの若干あり。

密度

彗星が空間に於て占有する體積斯の如く大なるが故に、普通吾人の想像に浮ぶが如き(殊に之が著しき光輝より類推し得たる)物質の構成にては、之が全體の質量も亦侮るべからざるに似たり。之が尾部をば暫く計算外に措くも、頭部の直徑四萬里なるものにつきて之が平均の密度を地表空氣の密度とするも、尙其の質量は地球の二三分一を算すべし。然るに之が遊星に接近せる場合に當然後者に作用すべき攝動の皆無なるにより、之が質量は地球の百萬分一にも及ばざるを知るべし。彼のブルクス氏の彗星(一八八九年)の如きは現に一八八六年に木星の衛星の軌道附近に突入せるに、自身は木星の攝動を蒙りて、二七年の周期を俄然七年に改むるの止むを得ざるに至りしも、而も自身は無力にして他の衛星すらも動かすこと得ざりしなり。されば多くの場合に於て頭部の平均密度は空氣の一萬乃至數萬分一に過ぎざるべく、是人工にて排氣せる高度の眞空に比すべき眞空に非ずや。之により彗星の構造を推測するに寔に塵芥の如き

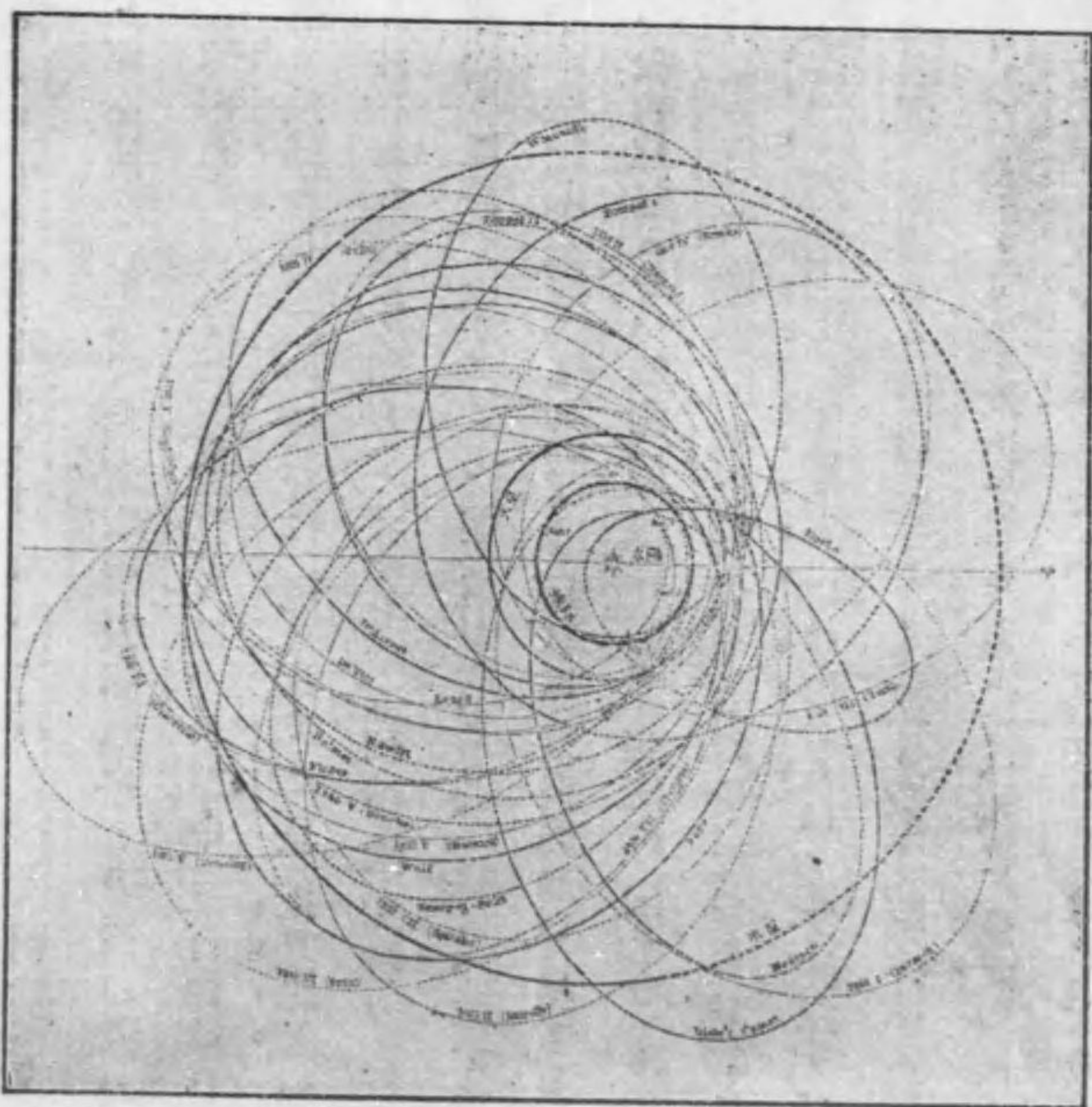
微小分子の疎漫なる集團にして、若しも各分子が一々づゝの小粒塊より成るときは、各分子の平均間隔は約九尺に當るべき割合なり。多分は數千層倍細かき微塵と尙極めて稀薄なる氣狀の微細分子より成れるならむ。

七三 軌道

彗星約四百個につきて推算せるに、其の中三百個の軌道は拋物線にして何れも太陽を焦點とし、其の附近に現はれて一旦近日點を通過せる後、再び之に遠かりて終に去る處を知らず。又七十五個は大小種々の楕圓にして、其の遠日點は太陽系の限界を距ること甚遠からざるが故に、數十年乃至數年を期して之が再現を豫期し得るものなり。殘數は双曲線狀を呈するが如きも、果して双曲線なるや、拋物線なるや、觀測困難にして判定に困しむものなり。軌道の平面は各様の傾斜を有し、遊星の場合の如く平行に近づくが如き傾向なし。但、近日點の多數は太陽の向點方に集團するの傾向あるは尤注意すべきことにして、何等か太陽の自動に關係あるやの疑あり。近日點の距離は長短區々なりといへども、其の近きは太陽より十數萬里なるありて、現に冠光の中を通過せるものあり。二五個は水星軌道の内側に突入し、又既に現はれたる彗星の約四分の三は地

一族

第一三圖



木星族の彗星

楕圓にして、周期は三乃至八年なり。土星は同様に二個の彗星を従伴せしめ、天

球の軌道内に入
れり。

尙幾多の彗星
は大遊星と密接
の關係を有する
ものにして、約
三〇個は木星族
の彗星にして、
之が遠日點悉く
木星軌道の附近
に在るものな
り。(第一三圖)。
軌道は勿論皆

王星は三個、海王星は六個彗星の屬員を有す。又海王星の距離の二倍に相當する附近に遠日點を有する若干の彗星あり。是或は其の距離に未知の遊星あるやを暗示するに似たり。地球系の遊星には一も所屬の彗星なし。

七四捕虜
説

前に述べたるが如く、多數の彗星は不規律に拋物線を畫けども、幾多の短期彗星は之が近日點を大遊星の軌道附近に置き、且之が平面も互に相接近せるを見れば、必や兩者の間に重力作用の關係あるべきが如し。此の見解よりして、ニットン氏の計算せる處によれば、彗星運行の途次に於て遊星に近く、之が前を過る時は攝動の爲之が速度を緩めて、本來拋物線を畫くべきものも之が爲に楕圓を畫くに至るといふ。蓋し二體の問題に於て小體が畫く軌道の種類は一に之が速度の一定限值に達すると(拋物線)之より小なる(楕圓)にのみ依るものなればなり。此の如き攝動作用の發現を名づけて、遊星が彗星を捕へたりといひ、此の學説を捕虜説と稱す。一回楕圓に曲げられたる運行は更に次回に其附近に於て再遊星に出會するの機あるべく、其の出會の状況によりて更に小き楕圓を畫くべく壓服せらるゝことあり。數回之を繰返す間に遂に彗星は該遊

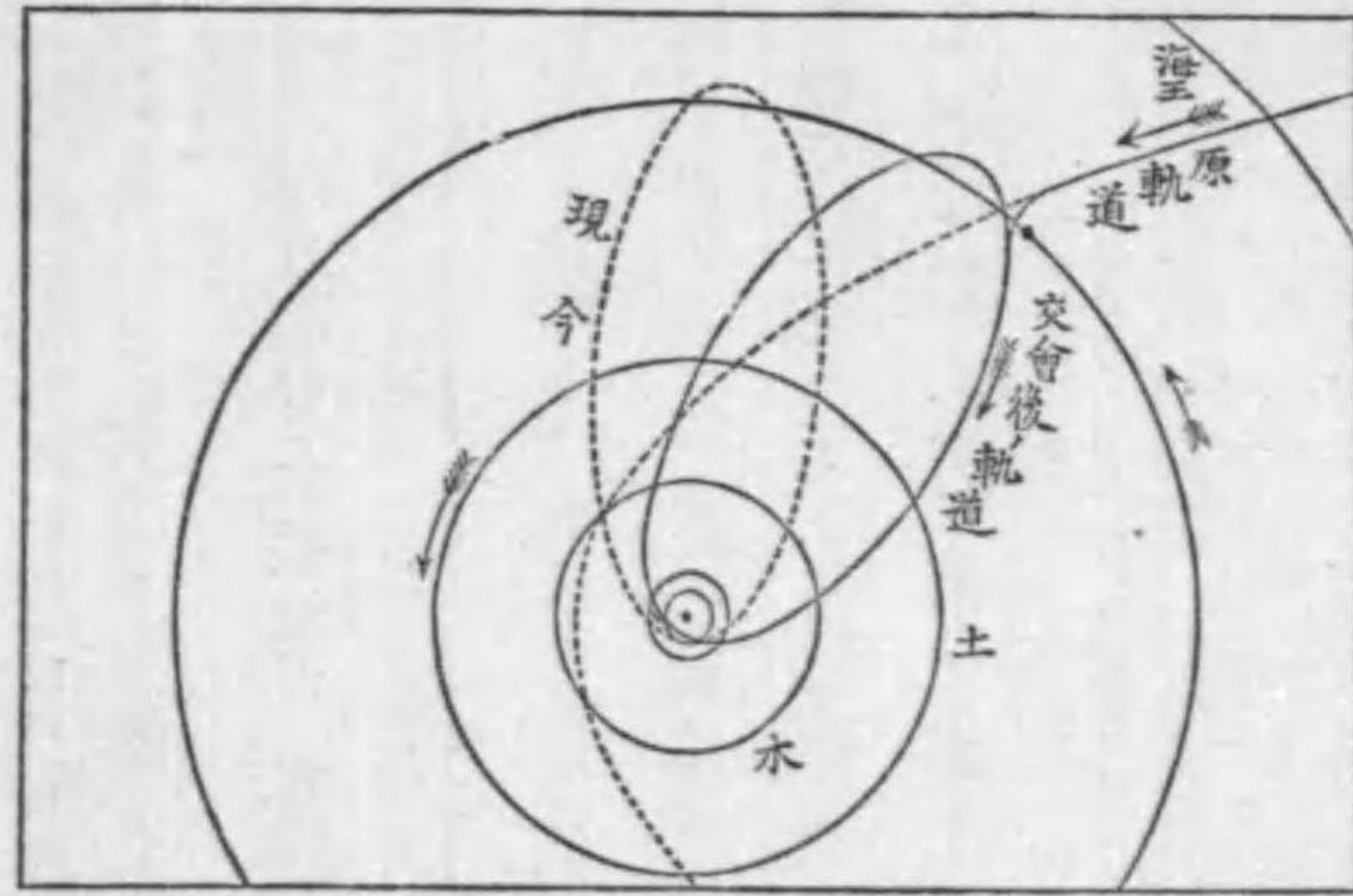
星の軌道以外に遠く出づるを得ざるに至り、茲に遊星附屬の彗星となり了るものなり。但し二三回兩者出會の狀況に

よりては、却て彗星の速度を増加して、拋物線又は双曲線の軌道上に之を(太陽系外に)驅逐することもあるべし。ルヴェリエ氏の計算によれば一八六六年にテンベル氏の發見せる長期彗星は紀元一二六年に天王星の捕ふる所なりといふ。其の出會の狀況は第一四圖に概示するが如し。

彗星の尾が何如にして斯の如く主體より突出して太陽と反向するや、是古來

多數學者を悩ませし大疑問にして、今猶充分の解決を得たりといふ能はず。蓋し其の形狀及び變化の狀況種々にして、各自に新しき不思議を喚起すること多

第一四圖



テペル彗星の今昔

七五尾の彗生

きによれり。今解説の概略を摘述せむに、尾を組立つる微細分子の反撥せらるゝは、主として電気作用に在りといふに歸すべし。又實に彗星の放つ光の一部は分子間の放電により生ずるものと解するを得るが如し。其の何如なる詳細の手續に由るかは甚明にし難きも、同性の電氣を荷ふ物體は相反撥するの性あり、而其の電位等しければ此の作用の強さは表面積に比例すべし。然るに分子の質量は之が容積に比例するが故に直徑を半分にするれば、面積は四分一となるも質量は八分一となるが故に電気作用の加速は $\frac{1}{8}$ を $\frac{1}{4}$ にて割りたる比即二倍となるべし。即分子の小なる程反撥さるゝこと強く、微細なる、従て、輕き分子程遠くに反撥さるゝ事となるなり。但し尾の形狀に種々あり、同一の彗星にして二個若しくは三個の異りたる尾を有するものあり、是等は分子の成分異りたるものゝ、反撥作用の大小によりて分類せられたるものと考ふるを得るが如し。

彗星が何處にて電氣を得しや、特に太陽と同性の電氣を帶ぶるや。凡物體に紫外光線を注照するときは、負性電子を放射することを認む。今太陽は否少くも

之が外部を蔽へる水素「ガス」は、負電氣を帯ぶるもの、如し。されば彗星が太陽に近づく途次に於て尤多く紫外光線を受け來るに際し、次第に負電性を帯びて其の輕き分子は尤多く反撥せらるべし。

光壓

右の解説の外、最近にして又尤有望なるはアレニッス氏の光壓説なりとす。マックスウェル氏が電磁光波説を稱道せる以來明なるが如く、光の波動も亦水波の如く之を遮る物體に波動壓を及ぼすものなり。此光壓は物體の直徑小なるに至て(例へば徑一絲なるもの)有効なること恰電氣作用の如くなるも、而も之が光波の長さに匹敵するに至れば(約一絲の五分一)却て減衰す。此中間に位する微粒子は尤激しく太陽の光壓によりて反撥せらるべし。彗星體中に斯の如き程度の微粒あること、殆確かなると同様に光壓の爲尾部の發生することも亦殆疑無きが如し。當時の學界にては尙此外に前記の電氣作用をも、幾分有力なりとして許容せり。

七大崩潰

彗星の頭部より尾部を構成するが如くに發出する微分子は決して再本體に歸り來ること無く、永久散逸するを免れず。其の他太陽より本體に惹起す潮汐作

第 二 一 版



彗 星
(明治四十年一月)

用あり。

此潮汐作用は疎漫なる構成を有する彗星頭部に對しては甚有力なるべく、常に之を破壊せむとするの傾向あり。現に土星の環の如き、液體又は固體にては到底土星の起潮破壊力に對して安全なること能はず、即現在の如く分離したる小分子の疎群以上に集團する能はざるものなり。太陽は土星の環の場合の如く彗星に近からず、又後者の軌道も大に環分子の軌道と異なるが故に、必しも同一の運命を有すといふを得ざるも、大要の狀況は略相似たるものなるを想ふべし。別に遊星も之が附近に來る彗星に對して同様の作用を施すべく、必しも安全に本體を維持する能はず。不幸にして太陽遊星又は較大なる衛星等に接近するときは、必然破滅を免れじ。然らざるも太陽系内の天界には塵芥割合に多く散布せるものなれば(後節)是等の抵抗を受け、或は塵芥群に出會して大變動を生ずるもの、如し。

大彗星が唯一回太陽系に入り來りて、之を通過する間には之が形體に於て多大の變動を受くること少きも、彼の短期の彗星の如く數回又は數十回周行