

513

270

9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10¹⁹ 1 2 3 4 5

始



21562

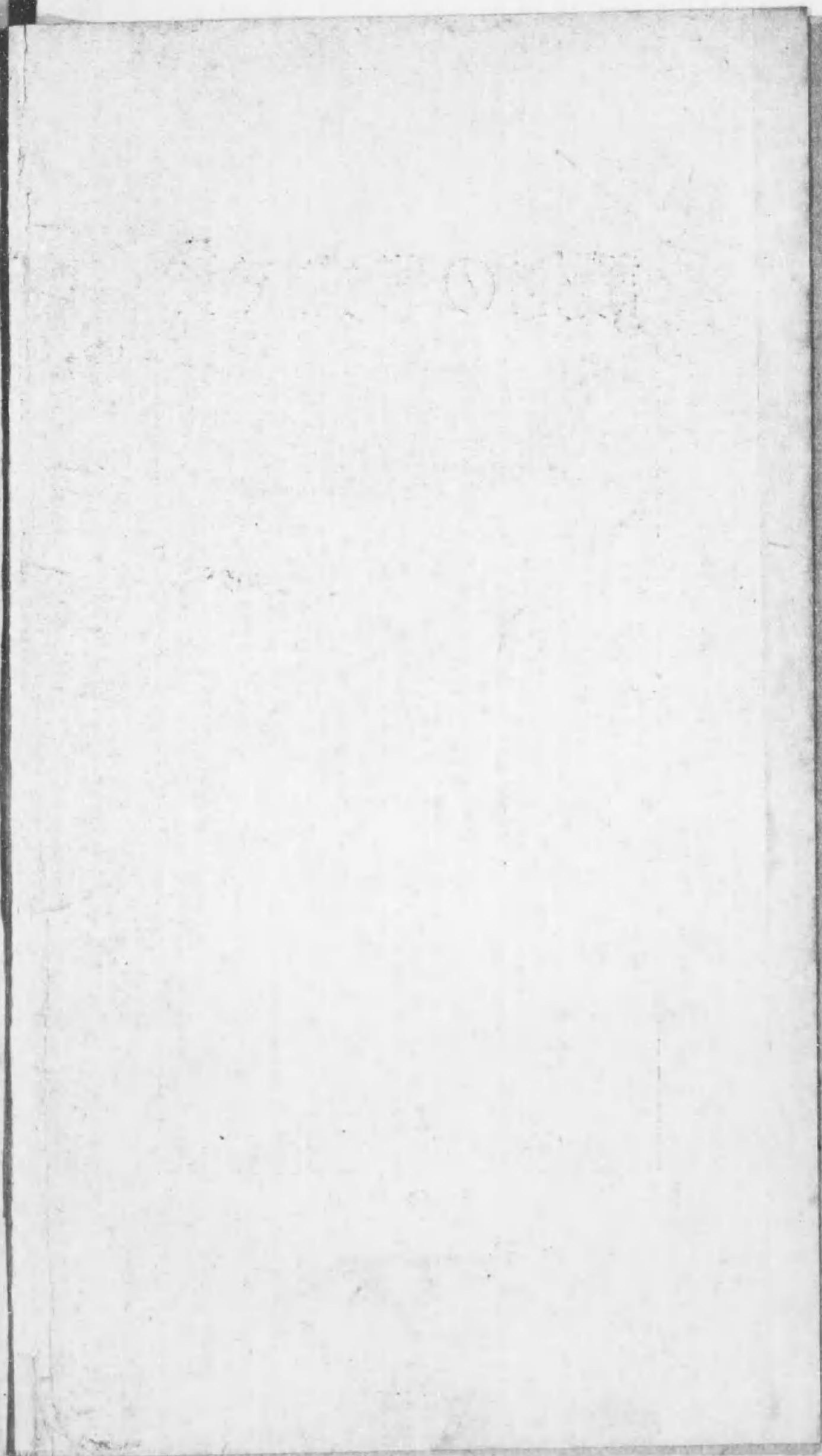
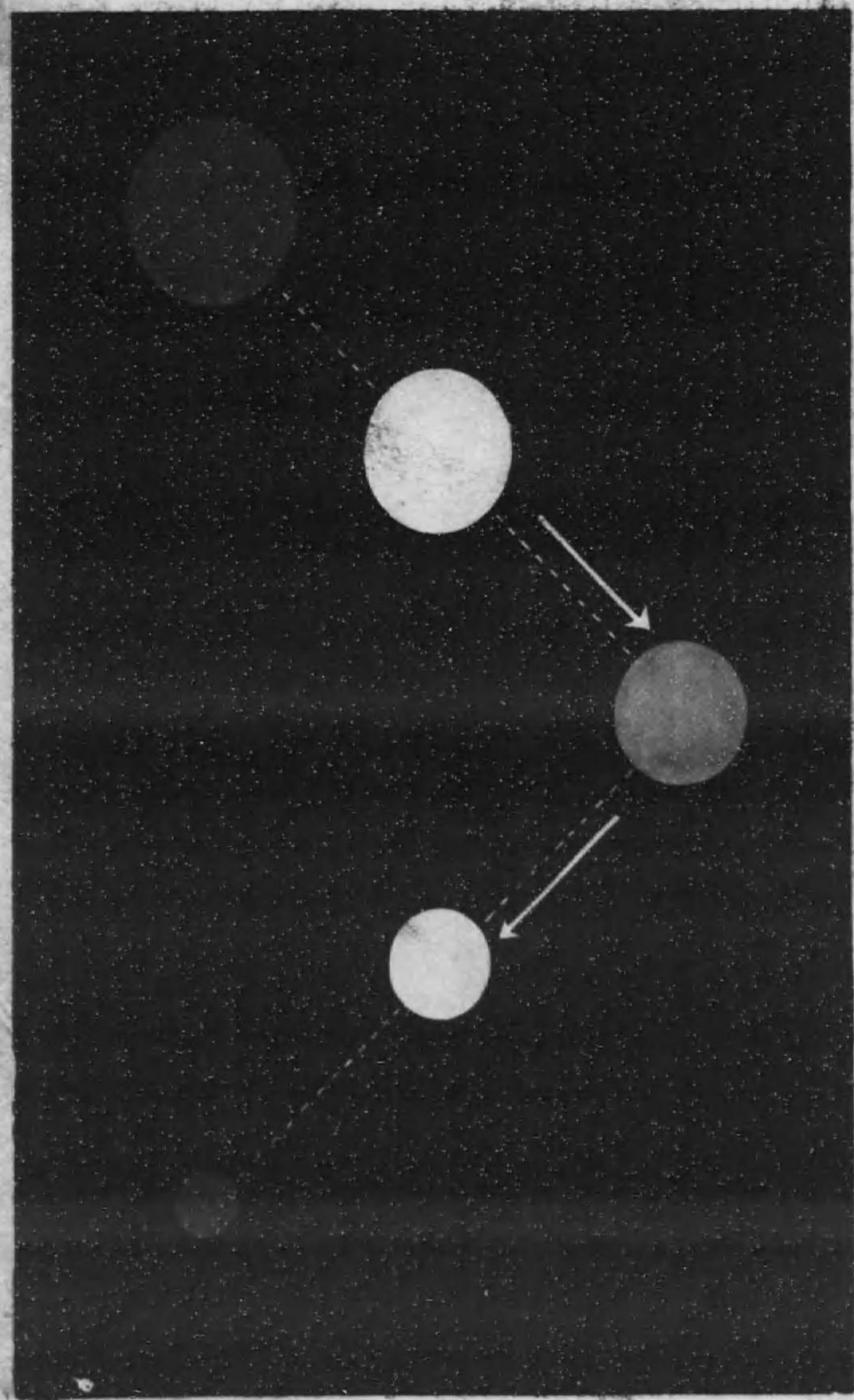
最新 天文學の知識



1924

東京白楊社出版

大正
13.5.22
内交



573-270

はしがき

天文学は學問の中で最も古く開け初めたもので、その發達の歴史は甚だ長いものである。然しすべて學問は單獨に發展することはできないで、必ず他の近似學科の補助を俟たなければならぬゆゑ、天文学も長い間の歴史を有して居るとは言へ、その發展の跡を尋ねれば甚だ遅々たるものであつた。然るに近頃、物理學の眼醒ましい進歩のため、該學說の援助により、從來遅々として歩み來つた天文学も此處に長夜の眠りから醒めて、俄然目眩ぐるしい發達を遂げるに至つた。試みに十年前に出版された天文書を繙ひて見るなれば、幼稚にして陳腐、一般常識としてさへ取るに足らざるを、誰しもすぐ氣附く所であらう。

著者こゝに見る所あり、天文学を専攻しない人々が、最近の斯學の大要に通じようとするに當り、簡單にして容易にその目的を達し得る小冊子を編纂しようとの志望を

抱きつゝあつたが、茲に漸くその志望を達し、世に公にするを得た。

この書もとより、大した權威のあるものではないが、天文学の嶄新な諸説は大概網羅してあまさなかつた積りである。即ち太陽系、恒星界の從來の陳腐な叙述は極く大體に止め、そのために三章を割いたのみで、あとの十一章は殆んど、今までの邦書に缺けて居ること、又は簡略してあることを詳述した。殊に星雲説は最も一般人の視察する所で、今日は中學の諸學校では必ず講述されて居るのであるが、近來さすが多年人々に信奉されて來た斯説も、甚だしき改竄を加へなければ、物の役にも立たなくなつた。故に本書に於いては卷末に於て丁寧にそれを説明して置いた。

尙欲を言へば本書の讀者は豫め、他の一般的天文学と、又物理学との素養があれば最も解し易いと思ふが、さりとして又必ずしもその素養なき人々にも了解し得られるやうに注意したつもりではある。

大正十三年二月

著者 識

目次

はしがき.....一

第一章 晴れた夜の空.....一

- 天球.....北極地方の天球の廻轉.....赤道地方の天の廻轉.....地球の軌道は楕圓である.....楕圓の描き方.....黄道上に於ける太陽の運動.....
- 春夏秋冬.....冬至春分夏至秋分に於ける一日中の物體の影の長さ.....
- 冬至夏至に寒暑が極端とならない理.....東京に於ける一年の溫度.....
- 地球の引力.....地球の内部.....地球中心の比重と壓力.....地球の中心味.....地心は鐵である.....地球の彈性.....電波の道筋

第二章 月夜美し.....三

- 月の大きさ.....一箇月に二種ある理.....月は同じ半面と地球に向ける.....
- 月の公轉と自轉とが同じ時間である理.....月が同一面を地球に向け

る理……月の傾き方と缺け方……月の傾き……變な月……月の盈虚……
……月面の最近研究……月面の所謂『海』の名稱……日月食……月の軌道
……月蝕……月と地球との軌道面の交線

第二章 日の恵み

太陽の大きさ……太陽の雰圍氣吸收……太陽の自轉……紅焰迸出……
黒點の増減……黒點と地球上の諸現象……太陽の生命……太陽のスペ
クトル……日光中の暗線の説明……暗線の名稱……太陽の分光寫眞……
カルシウム羊毛班……分光太陽寫眞儀……水素羊毛班の渦動

第四章 太陽の一族

太陽系……水星……潮汐摩擦……水星軌道上の各位置……金星……月
と金星との接近……火星……小惑星……木星……土星……土星の環の
ばらばらな理……天王星……海王星……衛星……彗星……彗星の
軌道……尾……彗星族……流星……流星群……隕石の落下……隕石……

……黄道光……對日照

第五章 光の壓力

電磁的輻射……電波と熱波……輻射壓……光の壓力……輻射壓の實驗
振り秤……彗星の尾の出来る實驗……引力と輻射壓との比較……彗星
の尾の生ずる理……彗星の尾の生成……光の屈折……太陽の表面と輻
射……ドツプレルの原理……太陽の輻射壓と物體の輻射反壓……黄道
光の説明……土星の環の説明……惑星の生物の起源……氣壓と輻射壓
……宇宙塵

第六章 空間にはびこる生物

地球に於ける生物の起源……生物の生存條件……地球の溫度……地球
以外の生物……水星の生物……金星の生物……火星の生物……火星の
生物の分布……木星以下の生物……太陽系以外の生物……輻射壓と生
命の起源

第七章 恒星界 一九五

星座と星の名.....星の名稱.....星の光度.....変光星.....変光曲線.....
重星.....星の距離.....恒星の運動.....ハイヤデーズの固有運動

第八章 星のスペクトル 二一〇

セツキの分類法.....フォーゲルの分類法.....ハーヴァードの分類法.....
.....星の視線速度を測定する法.....ドツブレルの原理.....視線速度の
天文学への應用.....日光スペクトル中の地球太氣の吸収による暗線.....
.....地球の公轉.....太陽の自轉

第九章 星のさしわたし 二二〇

星の直径を測る方法.....星の表面光度.....重星の距離測定.....恒星の
距離を測る方法

第十章 星雲と星團 二二三

二種の星雲.....オリオン星雲.....鍵眼星雲.....三裂星雲.....白鳥座織
雲状星雲.....惑星状星雲.....土星々雲.....螺旋状星雲.....アンドロメ
ダ星雲.....獵犬座螺旋状星雲.....星雲のスペクトル.....プレヤデーズ
ハイヤデーヂ.....プレセペ.....ペルセウス座二重星團

第十一章 星の流れ 二七〇

星の固有運動

第十二章 球状星團 二八

変光星による星の距離の測定.....球状星團は宇宙組織の單位である.....
.....ヘルクレス座大星團.....銀河系.....星團の分布

第十三章 巨星と矮星 三〇五

恒星の實光度.....星の質量、密度、速度.....星辰の發展.....ラッセル
の説

第十四章 星雲説

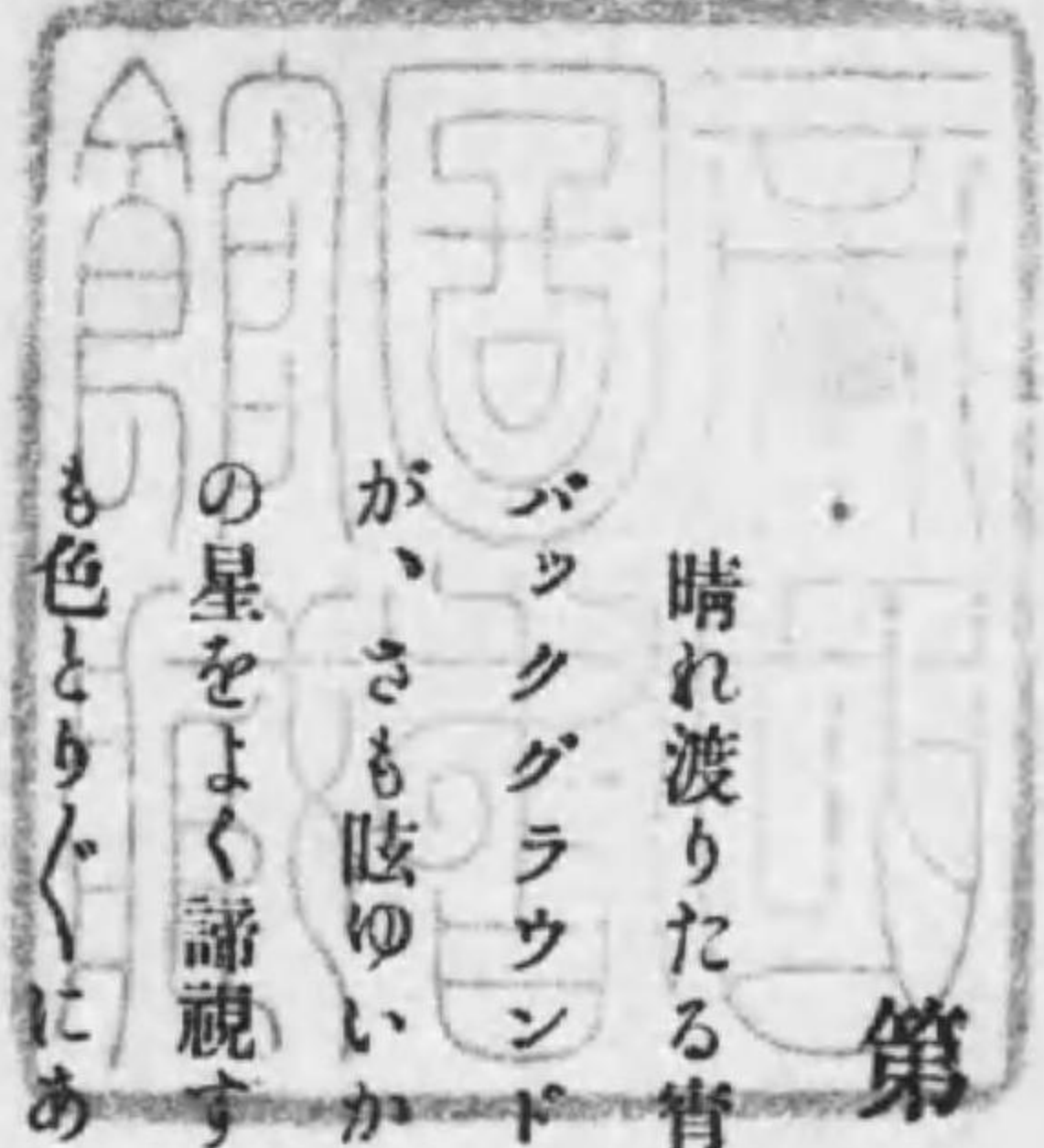
天體の系統……星雲説……等質壓縮可能物質のとり形状……他から作
用せられる場合……螺旋状星雲……星團と銀洞……重星……太陽系

目次 (終)

最新 天文學の知識

古川龍城 著

第一章 晴れた夜の空

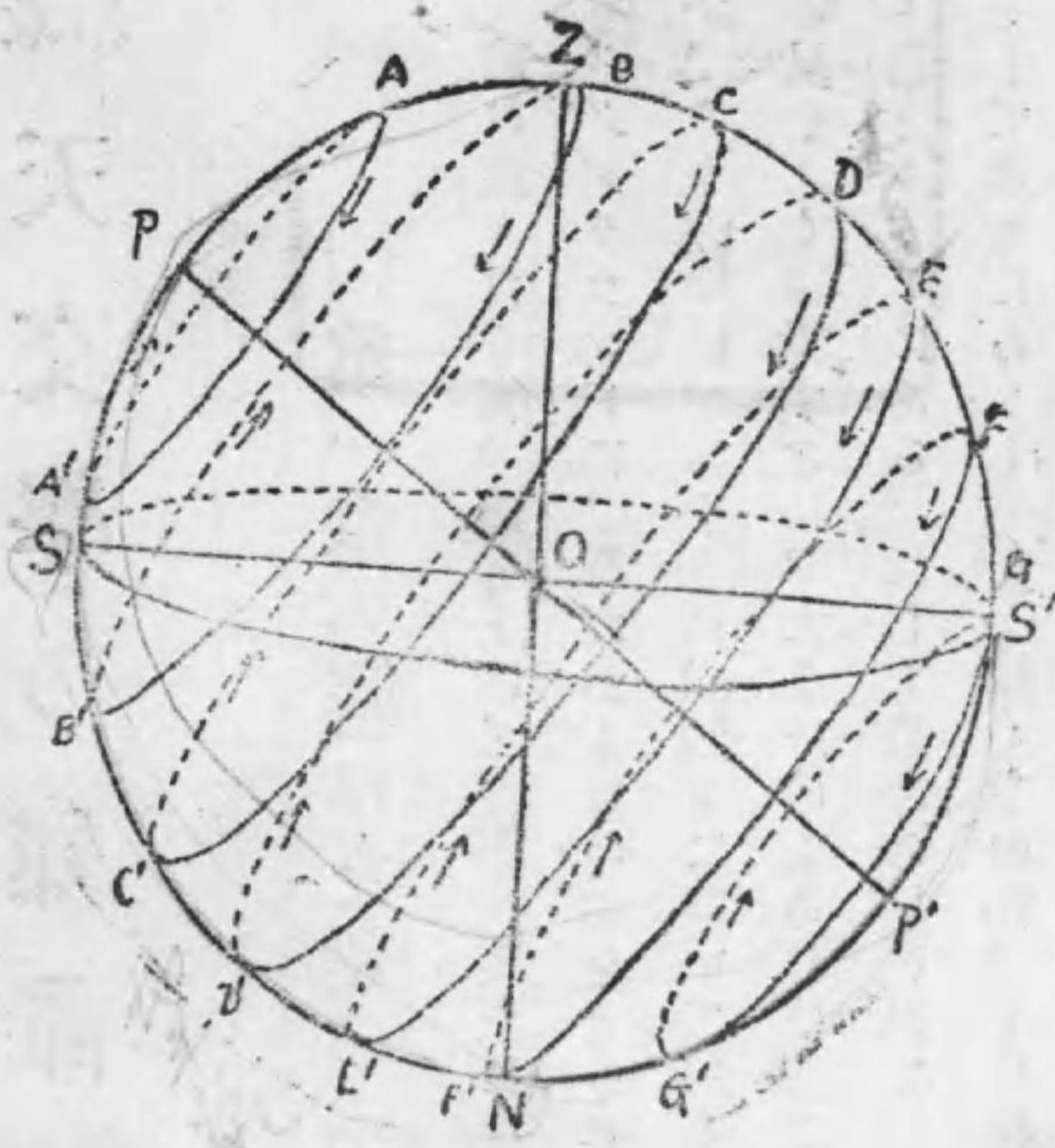


晴れ渡りたる宵、頭を上げて吾等が頂上に覆ひかぶさる夜の空を翹望せよ。濃藍の
バックグラウンドに、あだかも銀の釘を一々丹念に縫ひつけたやうな星のかす／＼
が、さも眩ゆいかのやうに、頻りに瞬いて居る。尙目をちつと空に向けて、是等無數
の星をよく諦視するに、大きいのもあれば細かいのもあり、赤いのもあれば、青いの
も色とり／＼にある。誰しも是等の星を見て、一體星なるものゝ正體は何であるか、
そして永久にあゝして光り輝くものか、との疑ひを起さぬ人はないであらう。
是等數多くの星の大きさ、組成、運動、さては來し方、行く末など如何にといふ問題

を考へるのが我が天文学の任務とするところである。そこで以下即ち、天文学の全般

に涉り現今まで學者の知り得たところを叙べようと思ふ。

天球 先づ第一に考ふべきことは、吾々の頭上を蔽ふ天の恰好とその動き具合である。吾々は今假りに空間の中心に居るとする。勿論吾々の居る場所が空間の中心ではないが、かの闇夜に提灯をこげて野外に立つと、自分を中心として若干の面積を照らすと同じく、吾々は自分の視力で茫々果て



第一圖 天球の明説

しもない空間の或る場所に立つとき、自分の周囲の見えるだけの空間を感知して、自分分は空間の中心に居るかの如く誤解する。今はその誤解のままに吾人は空間の中心にあり、そして天空はどこまでと云ふ境目もなく、どの部分も同じやうに吾々の眸からは遠くある。即ち等しい距離にあるので、天空間は結局球面と見做し、その一半は地上に、又他の一半は地下にあるものとする。

そこで第一圖 O を空間に於ける吾々の位置とし、それは地球の位置としても無論かまはない。地球、大なりと雖も空間の大に比べれば唯一點と見做して些の故障も起らないのである。それから O を中心とする SZS'N なる圓を空間の境目、即ち天球とする、無論この圖では圓となつてその輪廓を示すにすぎない。吾人即ち O に於いて、そこから垂直線を立てる。垂直線はその端に錘りをつけた糸によつて得られることは言ふまでもない。その垂直線を限りなく上方に延ばし天球面とに於いて出會つたとする。この點を天頂と名ける。つまり天頂とは吾人の頭の真上のことであると思へば間

違ひはない。次ぎに今度はOから下方に限りなく垂直線を延ばすと又天球面とNに於いて出會ひ、これを天底といふ。天頂と天底とは天球面上の相對する二點である。

つぎにOを通り垂直線OZに直角な平面を作り、それを四方八方に押しひろげると、天球面と出會うて一つの大圓SS'を作り、これを地平線といふ。こゝに大圓とは球の中心を通る平面が、球面と出會うて作る圓をいひ、又小圓とは、球の中心を外づれた平面が球面と交つてなす圓をいふ。

地平線とは吾々が日常、廣野に立つて水天髣髴の間にみとめる横に引かれた線で、四方八方に連なり、圓形をなして居るのは言はずとも知れて居るところである。又地球の地軸をその兩端に於いて無限にどこまでも延ばする天球面と二つの點に於いて切り合ふが、北極から延びて出來た點を天の北極、又南極から延び出て天球面に出會つた點を天の南極といふ。圖に於いてPを天の北極とし、P'を天の南極とする。又P'を天軸と呼ぶ。

天頂と天の北極とを連ねた大圓、即ち圖で言へばZPSS'なる大圓を子午線となへ、その子午線と地平線と交つた二つの點の中、天の北極に近いものを北と稱へ、天の南極に近いものを南と稱へる。圖ではSが北でS'が南である。子午線の名の起りは、昔方角を言ひ表はすに北を子とし、北東を丑と寅とし、東を卯とし、それから南を午、西を酉としたので、南北を通る大圓を子午線と呼び、又東西を通る大圓を卯酉線と呼ぶのである。

東
西

そこで天球は天軸P'Pを軸として毎日く少しも休まず、~~東~~東から西へと同じ速さでぐるく廻はるが、その時間は二十三時五十六分四秒とちやんと決まつて居て決して變はるものではないのである。さて天球面に鏤められたかざくの星長は、どういふ風に出沒するかと言ふに、たとへばAにある星はA'の如き小圓を一日中に廻がいて一廻轉し、少しも地平線下に沒しない。かゝる星を週極星と稱へる。北斗七星のやうに北極近くを巡る星の一群はこの週極星の仲間入りをして居る。又星のこの毎日の

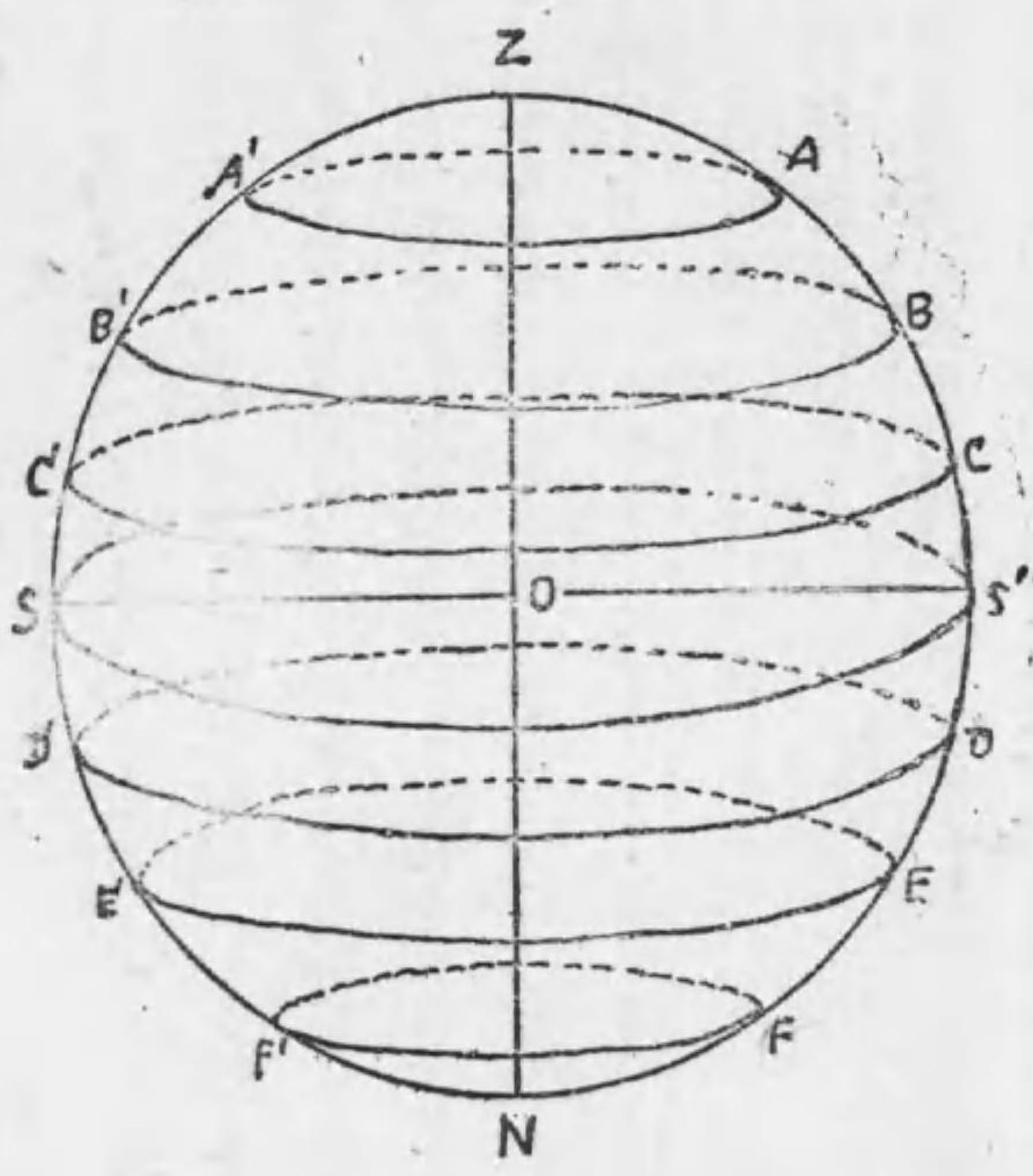
運動を日週運動といひA A'の如き日週運動をなす道筋を日週線といふ。

Bの星はB B'のやうな道筋を通り、その日週圏は一部分地平線下に入り、Cの日週圏は尙多く没する部分がある。

それから地球上の赤道面を限りなく延ばして天球面と交會せしめると、こゝに一つの大圓が出来これを天の赤道と呼ぶが、天の赤道は圖でD D'で表はされて居る。若しこの天の赤道上に一つの星Dがあれば、その日週圏は丁度半分が地平線上に現はれ、半分は地平線下にかくされて居る。

更に南へ行つてE、Fの兩星の日週圏は段々地平線に埋もれて居る部分が多く、Gの星はG G'の道を描き、永久吾人の視界の内に入ることはないのである。こゝに天の北極の高さ、即ちそれを角度で言へばPOSは、その地の緯度に等しいので、例へば東京や京都は北緯三十五度もしくは少し多いから、角POSは三十五度あまりである。

北極地方の天球の廻轉　それゆへに、若し段々北極に近づき、北緯九十度、即ち



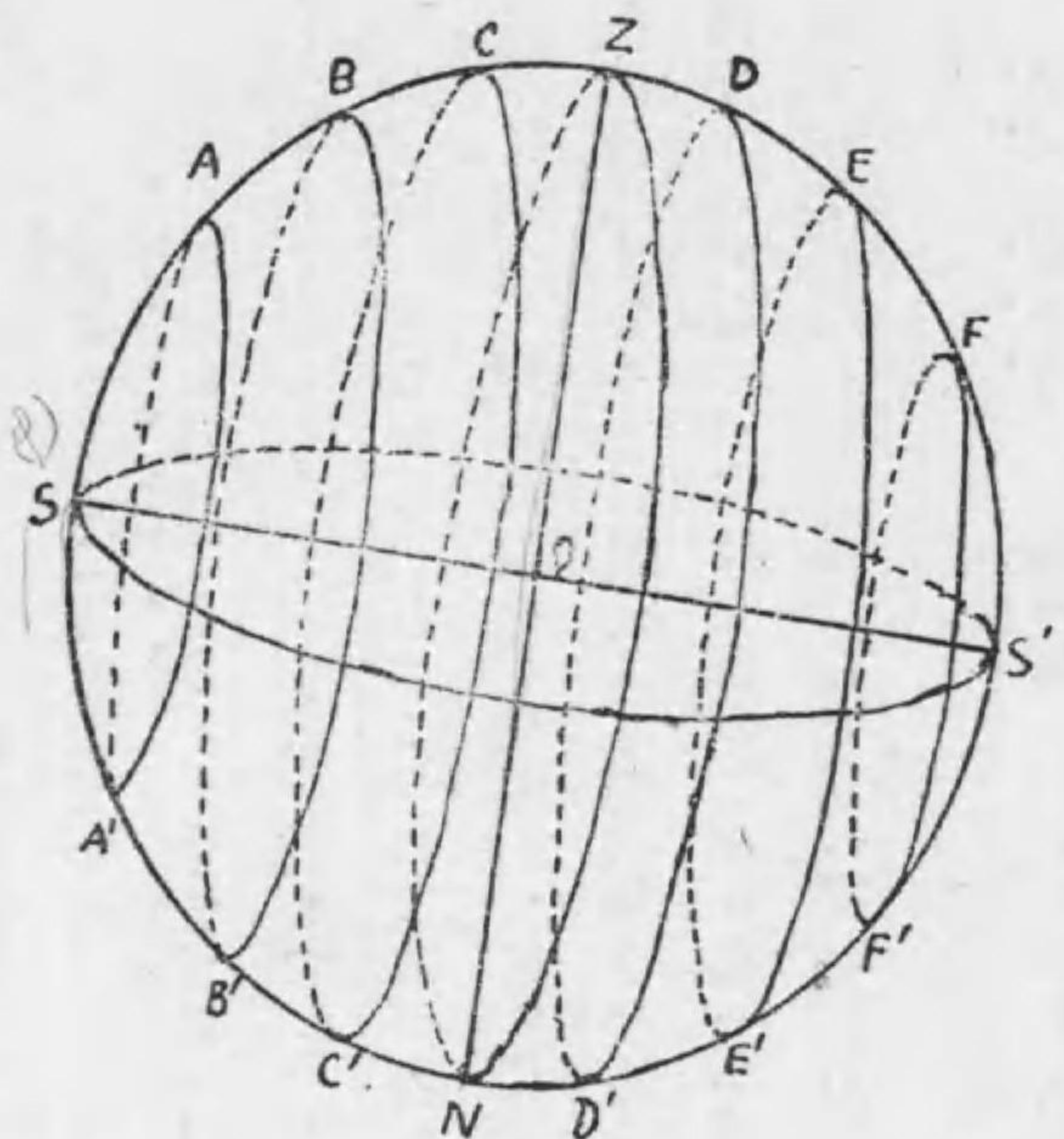
北極地方の天球の廻轉 圖二第

北極に行くと、P點が次第に天頂に近づき、遂に天頂Zと一致してしまふ。即ちPOSなる角が九十度となるから、第二圖に示す通り、A B C S D E Fの星は皆横に廻はり、天の赤道と地平線とはびつたり一致してしまひ、天の赤道から北、即ち天の北半球の星はいつも見え、天の赤道から南、即ち天の南半球の星はいつもかくれて見えない。それはこの圖を

見れば一目瞭然とわかるであらう。この圖でS S'は天の赤道でもあり、又地平線でもある。

今は吾々が北へくとのぼり詰めた場合を言つたが、次ぎにあべこべに南へくとの南國の暖かい氣候を慕うて遂に赤道にまで到達したら、どうなるかといふに、それは緯度が少なくなるから、Pが段々と地平線に近づき、遂に角POSが零となり、天軸に地平線の内に寝込んで、その代り天の赤道が馬鹿に高く上つて来て、天頂を通るやうになるから、第三圖で見るやうに、ABCZDEFなどの諸星の日週間は地平線と垂直になり、その半分はどれもこれも地平線の上に、半分は下にあるやうになる、Sは北でもあり、又天の北極でもあり、S'は南且つ天の南極である。ZNは天の赤道で同時に卯酉線である。

赤道地方の天の廻轉 さて猶も屈せず赤道を乗り越えて南半球に押し入れれば、どんな結果になるか、一つ諸君の考慮を促したい。尙も南へ辿つて南極に行けば、果し



第三圖 赤道地方の天の球の廻轉

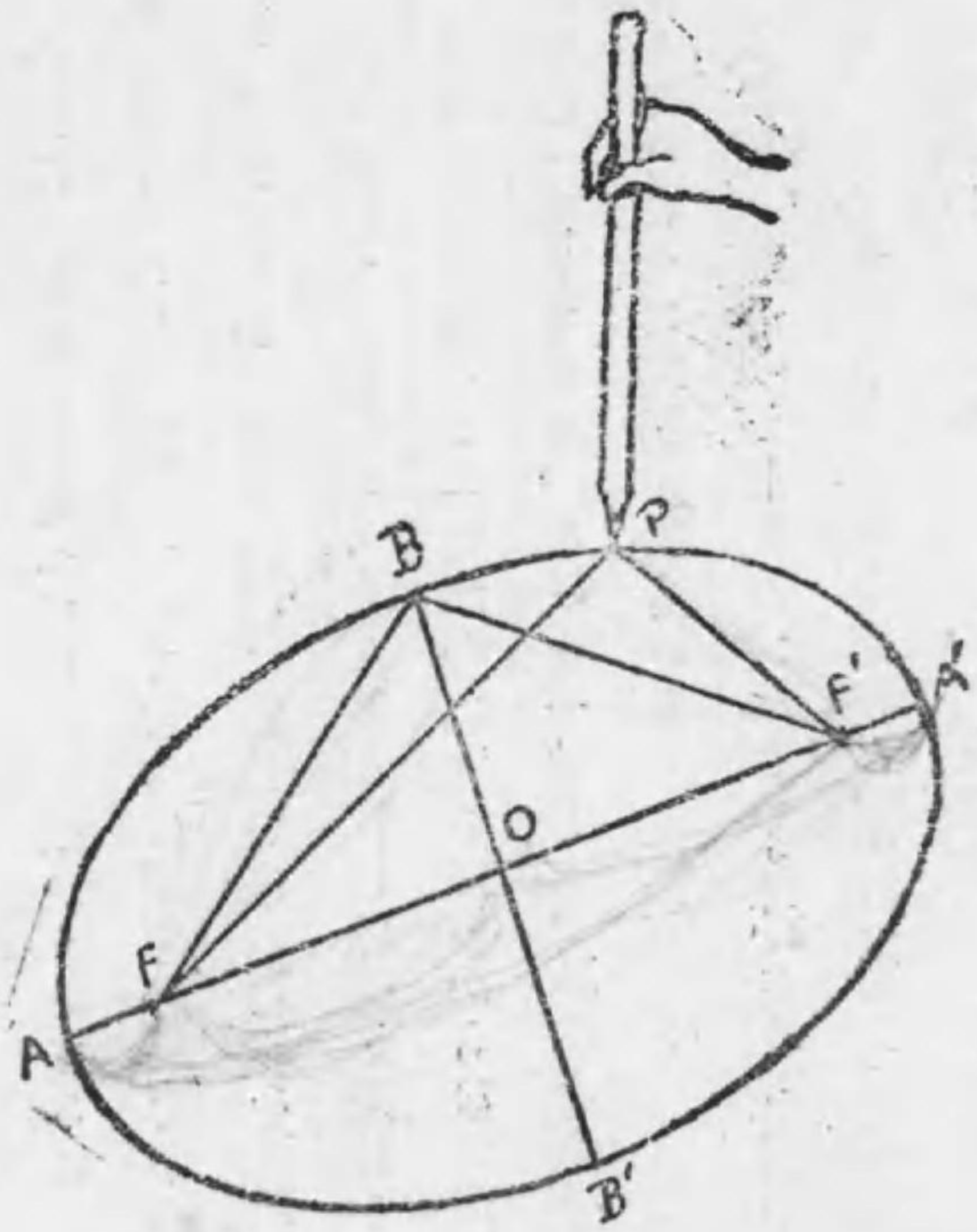
て天球はどんなに廻轉するか圖を作つて自ら工夫すると面白いであらう。

天球はすべて地球と相對應する名稱をもつて居る。即ち、地軸、赤道、兩極に對し、天軸、天の赤道、天の兩極等の名稱があり、尙經度、緯度に對するものを赤經、赤緯といふ。經度は英國グリニッチ天文臺をすぎる經線を零度として東西へ百八十度測るが、赤緯の方はさうでなく、赤道上の一點春分點とて春分の日に太陽がそこへ來る點を通る赤經線を土臺として東へ測り、三百六十度でも

とへ戻るやうにしてある。緯度は赤道から南北へ各九十度と計へるが、この方は赤緯も同じく東北へ測ることにしてある。

地球の軌道は楕圓である。今まで地球は空間の中心に一定の場所を占め、そこでじつとして居るものとして話を進めたが、其の實、天球が廻るのでなく、地球自身が西から東へ廻るから、あべこべに天球が吾々の眼に東から西へと動くこと、あだかも汽車に乗つて野外の景色を見渡して居るに、吾人自身はその前進することを忘れ、景色が後退するやうに見えると同じ趣きである。扱て又地球は實は一點に靜座しつゝ廻轉するのでなく、實は太陽のぐるりを一年間かゝつて廻るのである。その道筋は略圓形であるけれども、詳はしく言へば楕圓形である。今少し楕圓なるものについて述べよう。

楕圓の描き方 第四圖に於いてA B A' B'を楕圓とし、F F'を二つの焦點、Oを中心とする。又A A'を長徑、B B'を短徑と名付ける。そこで楕圓は、その周の上の一點と二



第四圖 楕圓の描き方

つの焦點とを結びつける長さの和は常に相等しいのである。即ち圖について言へば

$$BF + BF' = PF + PF' = AF + AF' = AO + OA'$$

といふやうな關係がある。故に又

$$AO = OA' = BF = BF'$$

である。

それから楕圓の離心率とは $FO \div AO$

であつても一より小さいのである

今長徑と短徑とを與へて楕圓を描かうとするに、先づ兩方の中心を合はせ、且つ直角にする。そして圖について言へば短徑の端を中心とし半徑OAの圓を描き長軸とF'で交又せしめ、長さ長徑に等しい糸の兩端をF'F'に止め、糸を鉛筆で張りながら引つ張り廻はすと圖のやうなA B A' B'の楕圓が描ける。

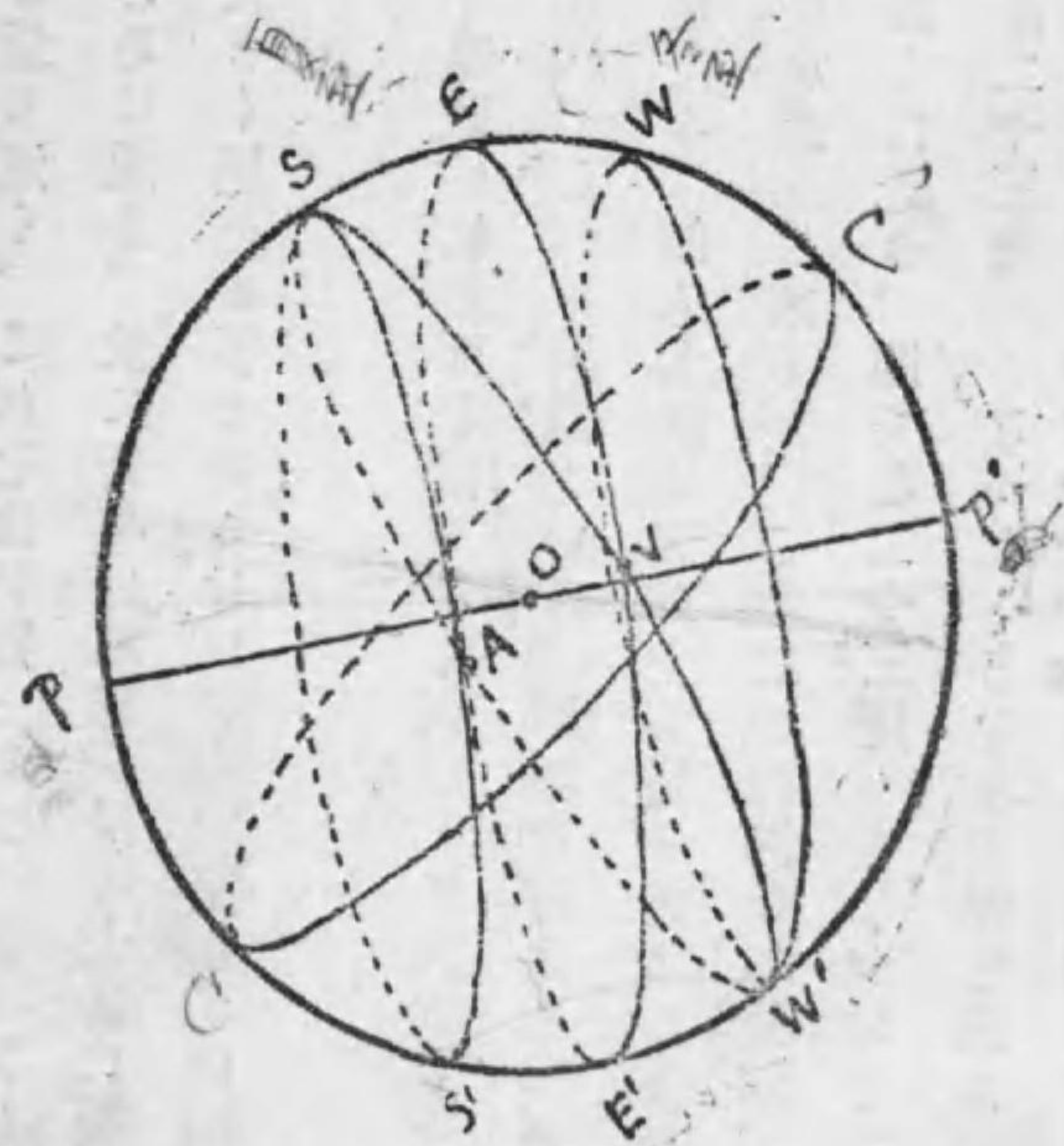
又離心率を與へられた場合は大さはわからないが恰好だけはさまるので、例へば離心率0・九とすれば、AOを一吋とし、FOを九分とする。次に二寸の糸をF'F'に止めて廻はせば楕圓が得られる。

又長徑と離心率がわかれば大きさも亦さまる。何となれば長徑の長さが一定であるから、離心率により楕圓を描けば、ある定まつた大きさと恰好とが得られるからである。今地球は太陽の周りに楕圓の軌道を描きつゝ廻轉すると叙べた。同圖に於いて、それをA B A' B'とすれば、太陽のその二つの焦點の中の一つ、たとへばF'るのであるに居

つて、このとき地球がAに來たとき太陽に最も近く、これを近日點となへ又A'に來たとき最も遠く、これを遠日點といふ。近日點は一月一日ごろに通る、遠日點は七月一日ごろに通る。故に新年は地球が最も太陽に親近したときで、従つて他のときより幾分大きく見える筈であるけれども、決して肉眼に眼立つほど大きく見えるものではない。

今地球の軌道面を限りなく延ばして天球と交はらしめると、こゝに又一つの大圓が得られ、これを黄道といふ。地球を靜止して居るものと假定すれば、太陽は動くものと見える。即ち太陽は天球上黄道を辿りつゝ一年かゝつて完了する。そして、一年に二度赤道上來るが、この二つの點を春分點、秋分點となへ、又赤緯が北へ極端に増加したとき、即ち北二十三度半となつたときを夏至點、南へ極端に増したとき、即ち南二十三度半となつたときを冬至點と云ふ。

黄道上にける太陽の運動 即ち第五圖に於いてQQ'を天の赤道とし、CC'を黄道と



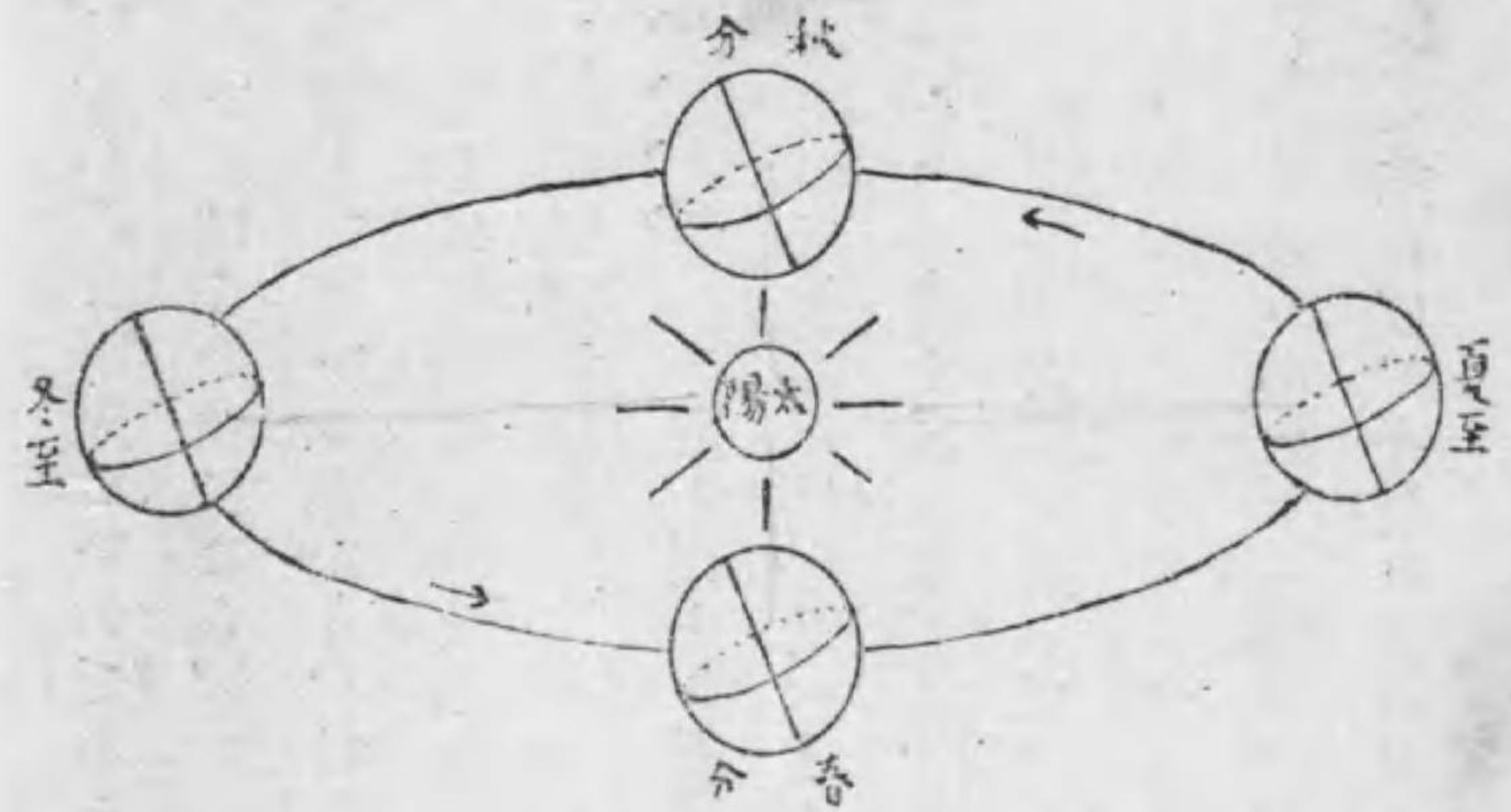
第五圖 黃道北上に於ける太陽の運動

一四
すれば、その傾斜は二十三度半である。太陽が秋分又は春分の點に来るときは、それは赤道上にあるので、その日週圏は丁度地上と地下とに半分づゝあり晝夜平分の日となる。夏至點即ち圖のSの位置に来るときはSの描く日週圏SS'は大部分、地平線の上に現はれて居るから日が長く、又冬至點即ちWに来るときは、その描く日週圏WW'は大部分、地平線下にかくされ

て居るから日が短かいのである。つまり太陽が北へ來れば日は長く、南へ去れば日は短かいのはこの理による。

赤道上ではいつもかも、日と夜との長さ等しく、又北極では太陽が天の北半球に入つたときは晝間ばかりとなり、天の南半球へ去つたときは夜間ばかりとなる。南極ではこの正反對である。

春夏秋冬 晝と夜とが長くなり、又短くなるわけは以上の通りであるが、次に四季のできるわけを叙べよう。地球の地軸は一體、きまつた方向を指して居て、それがその軌道を巡りながら、どこへ行つてもちやんと一定の向きを保つて居る。それで今地球が第六圖に於いて、太陽のぐるりを廻轉中、冬至と書いてあるあたりへ來ると、地軸の端がひどく太陽の反對を向くから、太陽が斜めに地面にあたつて非常に寒く、春分のあたりに來れば、地軸は太陽の横を向き、中庸の氣候となる。それから夏至へ來れば、今度は地軸は太陽の方へ極端に向うから太陽は頭から赫々とてらすに

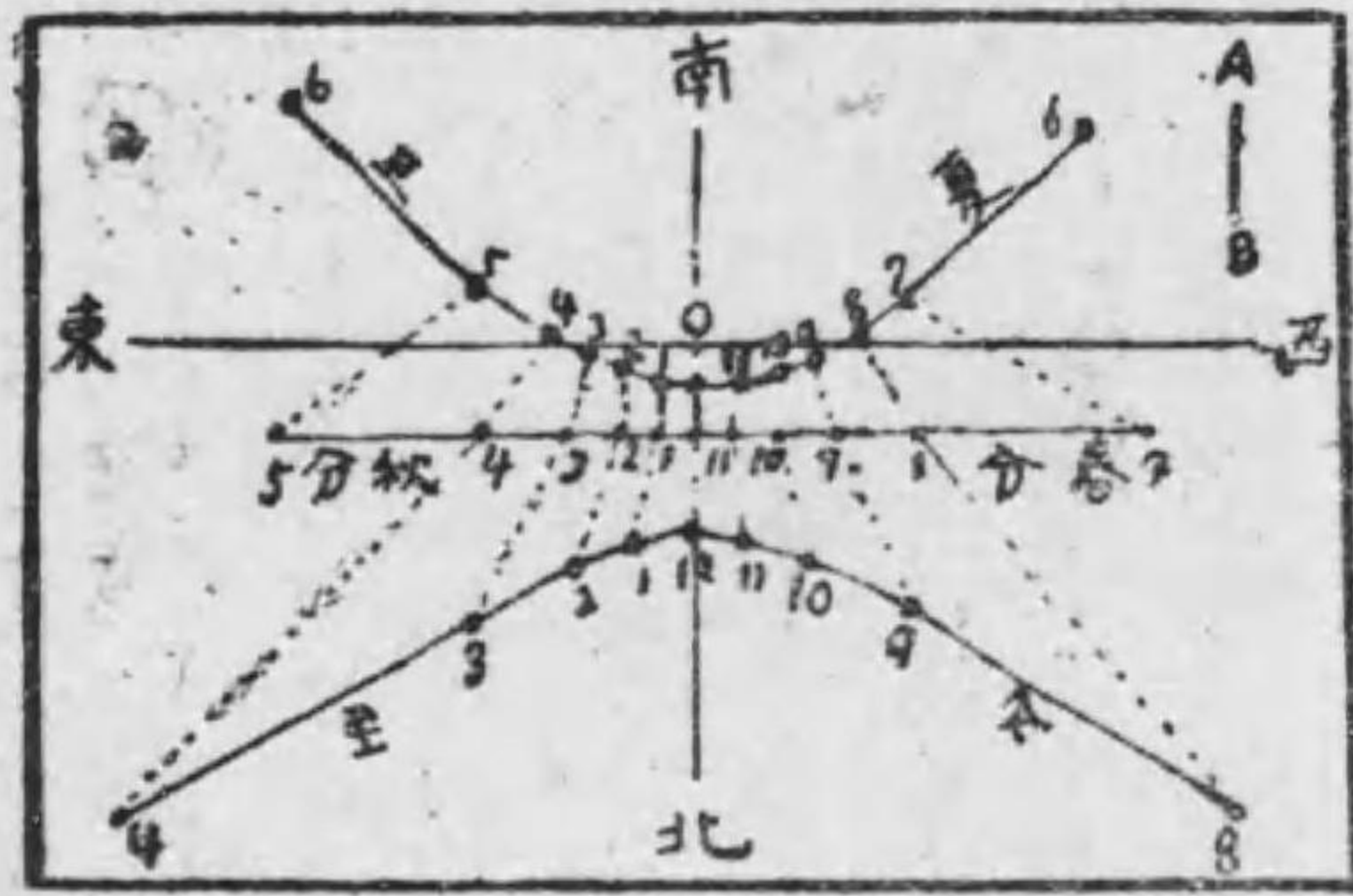


理るきでの季四 圖六第

より、暑い夏の候となり、それから、秋分へ行けば地軸は又春分と同じく横を向くから、暑くなく寒くない時候となるのである。

右は太陽を静止したものとし地球を動くものとして説明したのであるが、現在地球上に棲む吾々には、あたかも太陽が動くやうに見えるから、假りに太陽が動いて四季が循環するものとしたときの説明に掲げたさきの第五圖でよく理解された

い。
冬至、春分、夏至、秋分に於ける一日中の物體の影の長さ、そこで今太陽が一年中で、天球面を北へ溯つたり、南へ下つたりするために、地面



中日一るけ於に分秋至夏分春至冬 圖七第

さ長の影の體物の

正午には012となる。尤も圖面では影の長さは線で表はしてない。

それから春分を距り、夏至に近づくに従つて、影の長さは段々縮まり、夏至の日に

の上に、どんな影ができるかを研究することは、

建築上などにも大に参考になるから、著者の計算したものを第七圖に示す。圖中AIBなる垂直の桿があるとし、それをOに立たるとし、Oから東西と南北に直線を引く。すると先づ春分に於いての計算をすると、桿の尖端は午前七時には7の點に來り、以下8、9、10の數字は夫れ／＼午前八時、九時、十時を示し、午後五時には5の點に來るであらう。即ち桿の長さは午前七時、八時、九時とたつにしたがひ、07、08、09の長さとなり

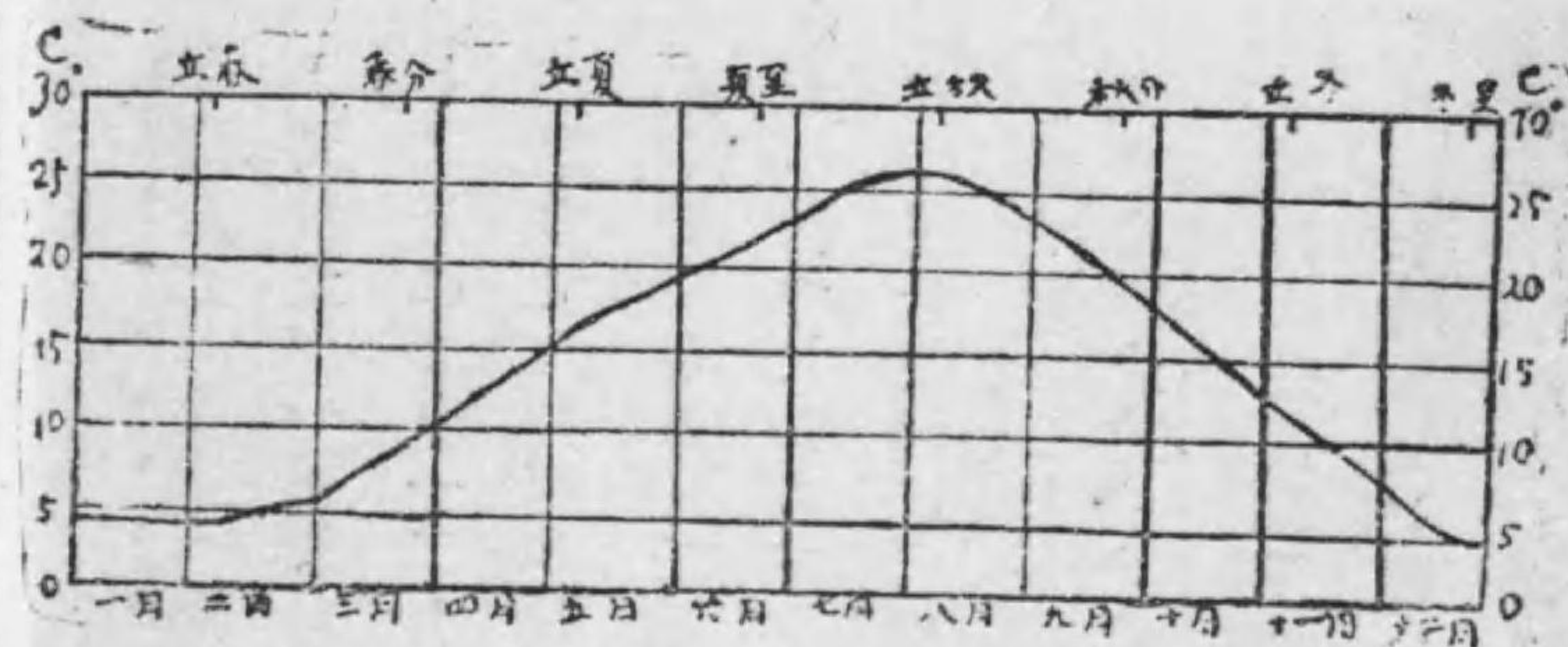
は、圖の夏至の文字のつけてある曲線を一日中に描き、午前六時、七時には夫れく6、7の數字をつけ、正午には極めて短かく0.12となり、それから午後は亦少しづつ伸びて行く。こゝに注意すべきは、夏至の近くでは影の頭が東西の線の北ばかりに居らず、それを越えて南にはいりこんで行くことである。即ち室内では朝は東北から日光がさしこみ、夕は西北からさしこむことである。

夏至を過ぎると太陽を天球上を又南へ逆戻りするから影の長さは次第に延び秋分の日には春分と同じ長さとなつて、一日中に一直線を描き、尙南へ行つて冬至に至れば影の長さは最も長く、冬至の文字を附けてある曲線を描く。そして午前八時には0.8なる長い影を地上に投じ、正午では尙0.12の長さを作る。この日より影の長くなることは決してない。

尤もこの圖は北緯三十五度邊の土地として計算したものであつて、緯度がふえるほど影は伸び、へるほど影は縮まるものである。

冬至夏至に寒暑が極端とならない理 理屈の上から言へば冬至が一年中、一番寒く、又夏至が一番暑い筈であるが、實際は十二月二十一日頃の冬至前後が一番寒くなく、それより一二月頃が最も寒く、又六月二十三日頃の夏至前後が最も暑くなくて、却つて八月頃が最も暑いのはどうしたわけかと言ふに、それは地球は暖められると直ぐ暑くなるのでなく暫らく暇をとつてから暑くなり、又冷めるときでは、太陽が南天へ行つたからすぐ冷めるのでなく、それから間を置いて冷めるのである。故に實際上の寒暑氣候は、理屈上のそれより少しづつ遅れるので、春分は秋分よりもこの理によつて寒いことが推し測られる。

東京に於ける一年中の温度 第八圖は東京中に於ける一年中の温度の上り下りで、縦の區劃は攝氏の温度で五度づつで區切り、横の下側は毎月、上側は立春、春分等の所謂二十四節氣を書いてある。一月二月が一番寒く、八月頃が一番暑いのが、この曲線で一目瞭然とわかる。三月から寒かつた氣候が目立つて暖かくなり行くから、三月

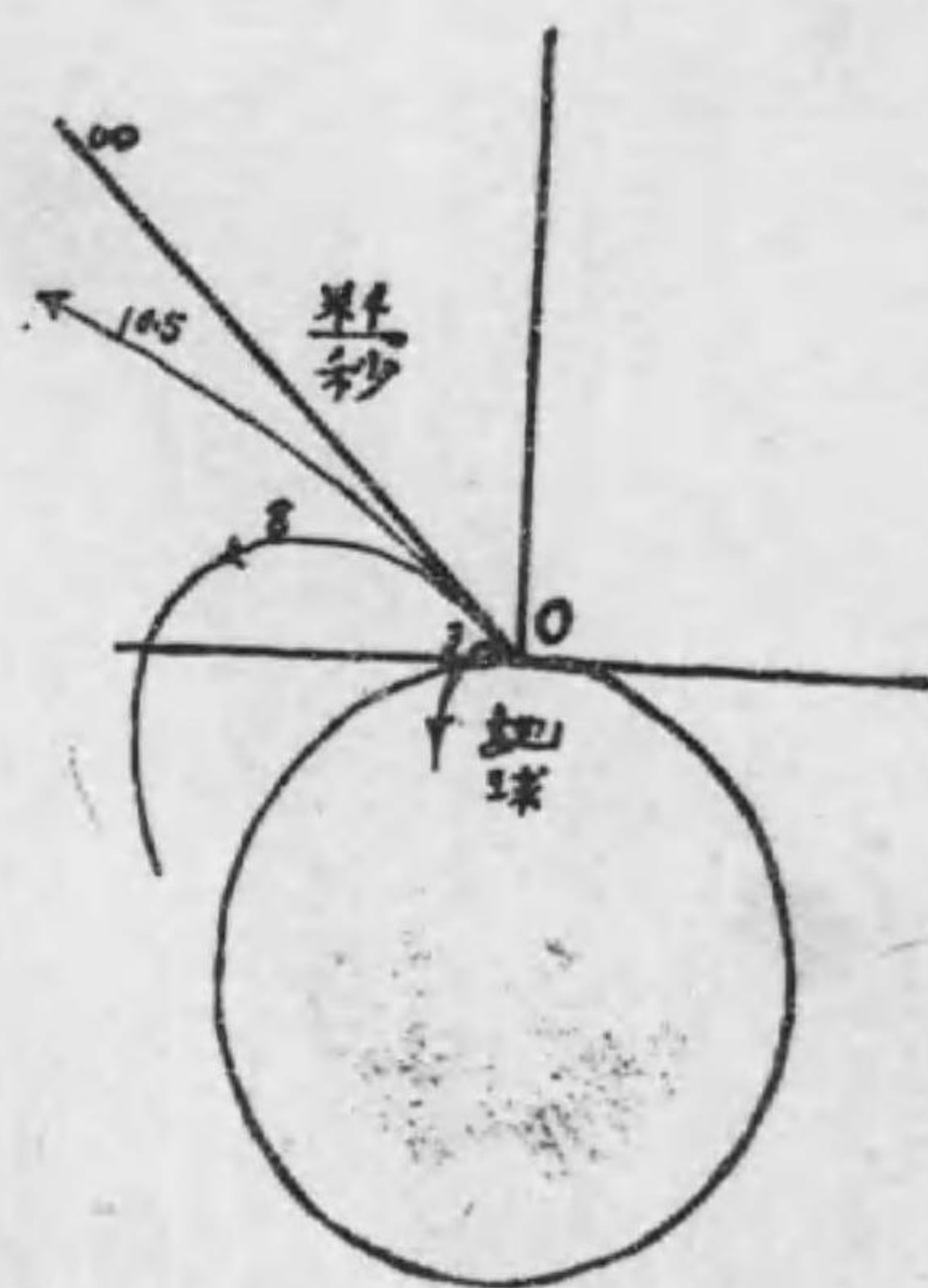


度温の中年一るけ於に京東 圖八第

一日を以つて、新年としたら最もよいであらう。新春といふ言葉もさうしたら使へるけれども、今の一月一日を新春とは、どうしても受け取れず、未だこれから寒気がつのり行くから、どうも年の變り目としては面白くない。寧ろ舊來の立春を以つて正月元日とする方法の方がまさつて居ると思ふ。立春といふのは二月五日頃である。

地球の引力 物質には引力といふものが必ず伴ふことはよく知られて居る。太陽に引力があればこそ、地球はそのぐるりを廻つて居るけれども、若しや一朝にして太陽がその引力を失つたら、地球は非常な速さを以つて天外はるかに飛び去つて二度と太陽の側に戻

つて來ないのであらう。月も亦、地球の引力の支配をうけて、其の廻りをまはつて居るが若しや地球の引力が消えたら、これ又遠く遁走してしまふであらう、否月のみならず地球表面上の各物體もばらばらとなつて、矢張天外はるかに落ち行かねばならぬ破目となるであらう。けれども地面では一秒間に三十三尺の速度が加はつて居るから決して地上の物體は逃げ去ることはできない。即ち或る高さから物をおとすと一秒間に三十三尺落ち二秒間にはこの二倍三秒間にはその三倍の速度となつて下方に墜落する。けれども非常な大きい速度でもつて、上方へ打ちあげられたものは再びかへて來ないのである。第九圖に於いて地球上の一點0から投げ上げられた物體は一秒間三粒(一粒は三千三百尺)の速度であつたら8の數字の側にかいてある曲線のごとき形の筋道を通つて再び地球に逆戻りし、八粒であつたら、8の數字のある如き線をゑがいて戻り、十粒半では戻るか戻らないかの際どい速度で矢張りもどり、十一粒以上となれば初めてこの地球を脱して遠いかなたの速度に逃避することができるといふ。SSの速度と



第九圖 地球の引力範圍に於ける
物体の運動

の現はれるのは未だ遠い未來のことであつて、又これは逃げ出す方法だけの話で、落ち行く先きのことは少しも慮らないのである。多分隣りの金星の世界へ行つたら、どうかかうか生きて行くことができるかも知れない。

なれば無論一直線に行つてしまふ若しやこの地上がいとはしくなつて他の世界へと志す人があれば、一秒間に十一杆の速度を出す航空機を考案して、それに乗つてにげ出せば目的を達することができ、が、現今の砲弾でも未だ八百米ぐらゐで千米即ち一杆の速度にも達しないから、さうした速さの器械

地球の内部

これから少し、地球の内部についての近時の研究を述べよう。地球の温度は、その表面に近い部分は太陽の光熱の影響により、一日中に変化があるし、又四季の變遷によるその変化もある。併しそれは比較的表皮の部分に限られ、十二三間も地表から潜入すると、日光の影響は些しも受けず、それから段々中心に進むに従つて、次第に熱くなり、その割合は地質の構造によつて、色々の割合ができて來るが大體を言へば十七八間を下へ行く毎に攝氏一度づゝの温度がふえ、世界中で最も深く掘つてこれを實驗したのは、獨逸の國に掘られたもので、約十八町の深さに達し、中々深いものであるが、それとて地球の半径に比べたら、わづかその三千二百分の一にしか當つて居ない。もつと解り易くこれを叙べるに、直徑一間ある球形物に、僅か一厘の深さの孔を作つたと同じ割合で、以つて如何にその浅いことが知れるであらう。これ位の深さまでは十七八間につき一度の割合で温度は増すが、それ以下の深さに至れば、どんな具合に増すか解らない。

地球中のラヂウム

二四

もしも、地球が全部一樣の物質から構成されて居たならば、その中心部の温度も理論から推算することも出来るが、何れにもせよ、地球ほどの大きさのある球が、冷却するに當つては、唯靜穩に冷却收縮の作用を進めるのではなく、外側からどしどし物質が墜落して、中空部を填充し、そのため冷却もおくれるであらうし、又近時発見されたラヂウムの如き放射物質が、よし微量にもせよ、岩石中に含まれて居るので、元來この物質は斷えず、自體から放熱するから、このために地球は中々勘定通りに冷めることもあるまい。それでラヂウムの地球中の含有量を発見しなければ、地熱の分量その變遷等は一寸計算ができ難いのである。

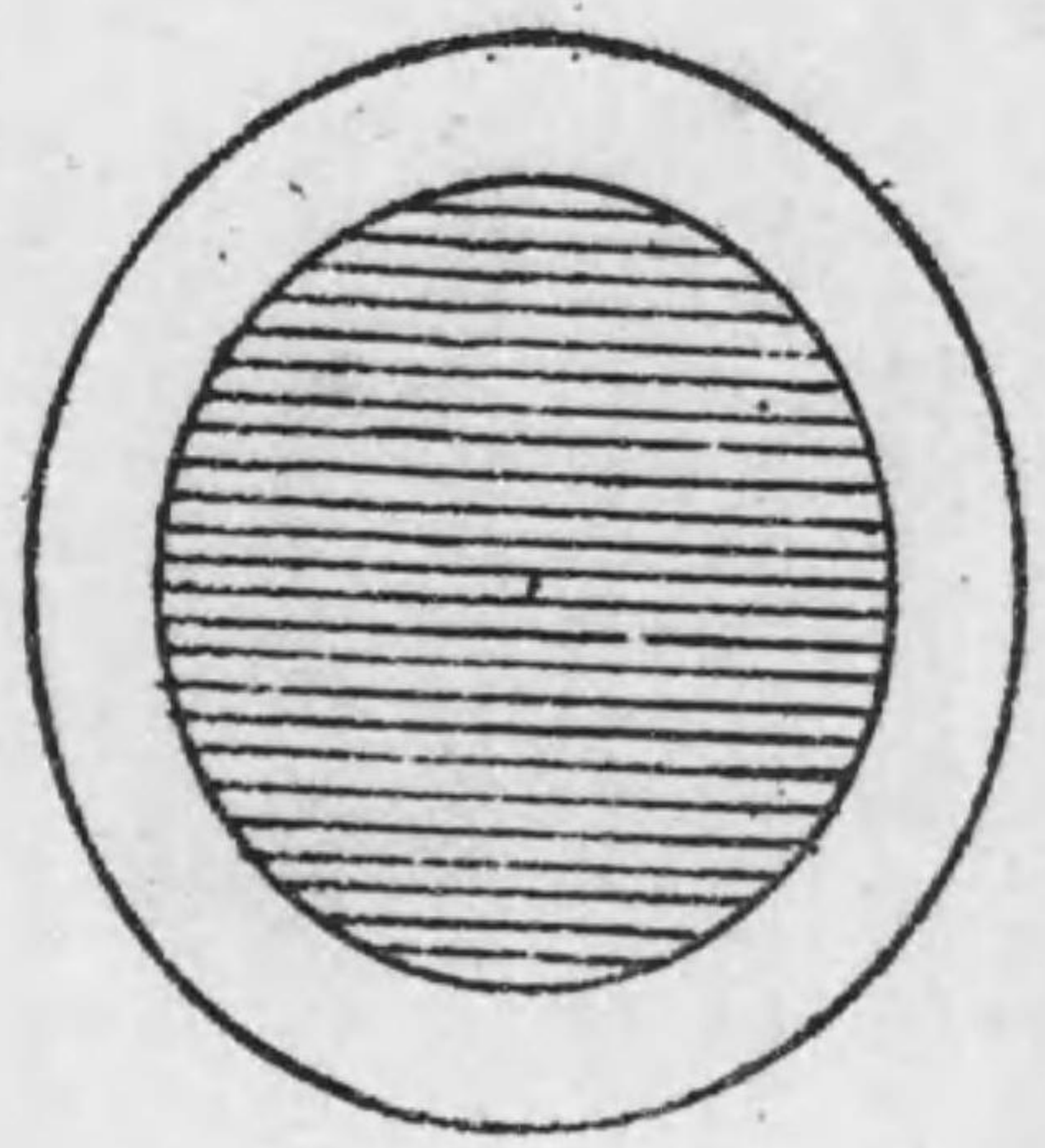
地球の比重　かやうにして地熱の推測も中々困難なことであるが、地球の比重については、比較的たしかに計算の途がある。それを計るまへに、先づ地球の質量は幾何あるかを測定せねばならぬが、それは大きな鉛塊の引力と地球の引力を比較して見たり、又山岳と地球との引力の大小を測るなど、色々の方法があるが、さうして質量

を出して、又一方地球の容積を計り、比重を計算したところ約五・五(水を一とする)となつた。即ち同じ容積の水に比べて、地球は五倍半の重さがあるわけである。

しかるに、地球表面に敷き詰められてある岩石は、そんなに重くなく、約二・八ぐらゐであるから、何うしても地球の内部は五・五以上に非常に比重の大きい物で填められて居るものとしなければならぬ。けれども表面から内部へ近くに從ひ、如何なる具合に比重が異なつて行くかは解らないが、色々の假定を設けて、先づ地殻から地心に向つて漸進的に比重が殖えるものとし、その比重の變り方を簡単な式で表はし得るものとし、かやうな球が空中で廻轉して居るときの平衡を保ち得る形を論じて、その結果を、地球の實際の形状と比較して、地球の各層の比重を見出すのである。

地球中心の比重と壓力　それから尙、内部にある物質の壓迫に對しての彈性等も考へに入れて、諸の學者の計算の結果によれば、地球の中心の比は十ぐらゐとなり金屬で言ふなら銀か鉛に相當する。そしてその壓力は驚くほど大きく、三百萬氣壓

(空氣の氣壓は七百六十耗で耗を氣壓にしたのである)もあるであらう。併しこれは比



第十圖 地球の中味

の直徑が全體の直徑の四分の三となつて第十圖の如くであると思はれる。

地球の中味 即ち表面から實際の長さ四百里までは、割合に比重の小さい物質でできて居て、其れより内部は重い物質で出來て居る。即ち兩物質の比重は次の如く

表皮の比重 三・四

内部の比重 八・五

地心は鐵である 此れは勿論推測したのであるが、色々な他の條件を考案に加へて最も尤もらしいところである。この表面の比重は月球によく似て居り、内部のは鐵に似て居り、それより少し重い。次章に叙べるが、月が地球から別れたとの論據も比重の點から考へても尤ものことである。

中心の大部分が鐵から組成されて居るとの考へも、亦尤も至極で、空間をとび廻つて居る流星即ち隕石の中にも、非常に澤山の鐵分を包含し、殊に隕鐵は九十パーセント以上も鐵分を持つて居る。かの太陽のスペクトル中にも鐵の線(それは後に叙べる)があり、恒星界にも亦鐵は豊富にある。尙、地磁氣の存することは地球それ自身が、一大磁鐵であることを表明して居るのである。

地球全體としての比重は右の如くであるが、表面の各部分に於いては大に異つたものがある。地球上各地に於ける重力の強さの相異から、比重の分布も知ることができ、地球の海面から三十里ぐらゐの深さのあたりに特別な面があるやうで、表面には高い山脈又は深い海底があるに拘らず、三十里の地底では、上部からその下部に加はる壓力が殆んど等しいらしい。陸地、殊に山岳では、それだけの物質が上方に凸起して居るから、その底部では重く、又海底の下は負擔量が少ないやうであるが、事實はこれに反して、海面下三十里の所では、質量に大差があるとも見えない。

それは山脈の下には軽い物質があり、海底の下には重い物質が横はるやうに思へる。

地球の彈性　地球の如き大形の物質の彈性を究めることは困難であるが、他の天體が地球自身に及ぼすか、又は地震の如き地球内部の力によつて、それを研究することができ、地球の表面に一つの激動を起すると、それは内部を透して上下四方に波及して行くが、その速度から彈性を知ることができ、

日月兩天體の地球に及ぼす引力から、彈性を知るには、その引力の結果として、地球の表面上の垂直線の方向が週期的に絶えず變るのである。海面は常に水準を保つとすが、日月の引力のため潮汐現象が現はれる。それは理論的にも計算されるが、地球の外殻が完全な剛體で少しも、引力作用を受けないとして計算したものと、實地に測つたものとは、いつも後者の價が小さいのは、やがて地殻の彈性を有することに推知される。地球が剛體でなければならぬとして計算して價の三分の二ぐらゐと出て來る。これは結局地球體の彈性の有る證據である。又地球その物が水と同じ性質のものであつたら、海水だけが餘計に引き上げられることなく、陸地と海水と同時に引き上げられるから、海岸に潮汐の現象が生じない。

かくして地球の剛性を測つて見ると、それは剛鐵よりは小さく、又垂直線の太陰の引力による變化から勘定したものは前記の潮汐の結果とよく一致する。又地球の緯度は少しづつ變化するものであるが、それも地球の剛性を知る手掛りとなる。これも鐵

ぐらゐの剛性をいふことが出て来た。

それから地震の観測から、地球の弾性を見出すことは、以上の方法では地球全体の剛性を見付けるのであるが、表面と内側との各の價は分らない。これに引き換へ、地震波の観測をすれば、内外各別の弾性が分るので、甚だ便利なるものである。

地震　地震には初め初期微動といふものがやつて来て、次に振幅の大きい主要動が襲ひ来る。この初期微動といふのは、地球の内部即ち深層を種々して来るので、吾々の主として感ずるのは、それではなく、一旦地表面へ浮び上つた波動が地表面を這うて傳はるものである。

そこで遠距離から来た地震、又近距離から来たものと色々その地震記象のレコードを調査して見ると、地震の發震地の遠隔なほど、初期微動の繼續時間が長い。もちろん、震源地では同時に發した波動が、觀測地の遠隔になるほど、その兩波動の到着時刻の差が大きくなるのは初期微動が速く傳はり、主要動がおそく傳はるものと見るこ

とができる。

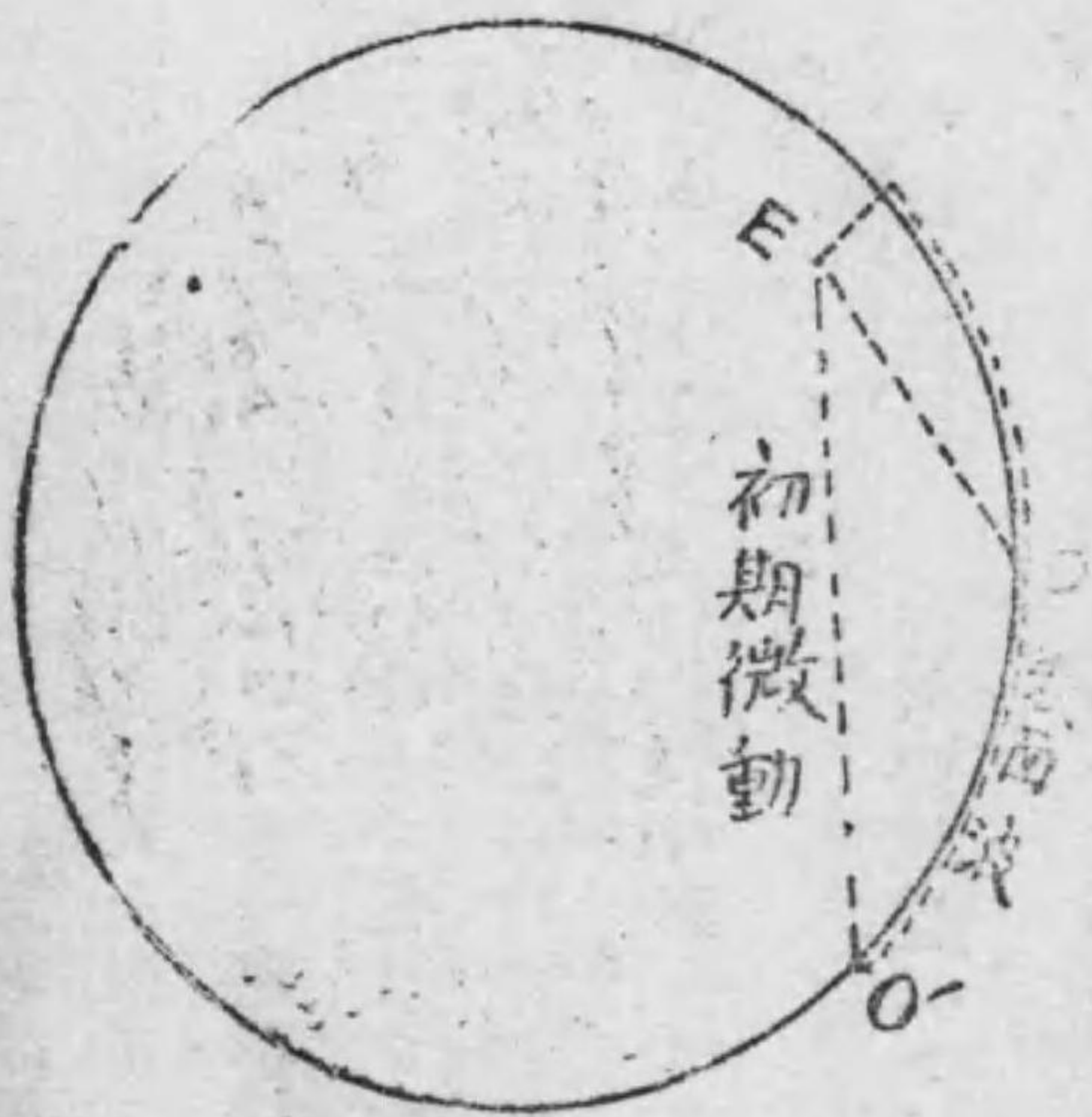
それを、より以上に詳細に調べるには、多くの場合の地震について、發震地と觀測地との距離、しかしそれは地球表面に沿うて一直線ではなく、大圓狀に計つたものと、初期微動の繼續時間との表を製すると、有益なことがわかる。

即ち主要動の方はいつも一定不變の速度で傳播するが初期微動の方は、一寸見たところ、發震地が遠いほど、速度が大きくなるやうである。併し若し初期微動は地表面を傳はるのでなく、地球の内部を直接に通過して遠い所に表はれること、第十一圖の如くEに地震が起り、それが、OにはE'O、O'にはEOと直線的に行くものとすれば説明はつくのである。

電波の道筋　元來彈性體におこる波動には三つの種類がある。それは次の如くである。

表面波　物体の表面近くを傳はるもの。

縦波 物体内に疎密の状態となつて傳はるもの。



筋道の波震 圖一十第

横波 彈性體に固有な振れの状態で傳はるもの。

右の中、表面波は地震動の場合、主要動となるものである。それから初期微動を二種に別けることができるが、第一初期微動は縦波で、第二の方は横波である。

疎密波即ち縦波は地底深くを通るほど、その速度を増が、地下四十里弱まで行くと、もうその先き、速度は増さなくなる。これで以つて見ても、地中は表皮と又内部の特別に比重の大きい部分とに分つものとする説が證據立てられる。

尙地球内部の状態は流動體であるらしく、十分なことは今後の研究に待つところである。次には地球に最も近い月の世界について叙べよう。

第二章 月夜美し

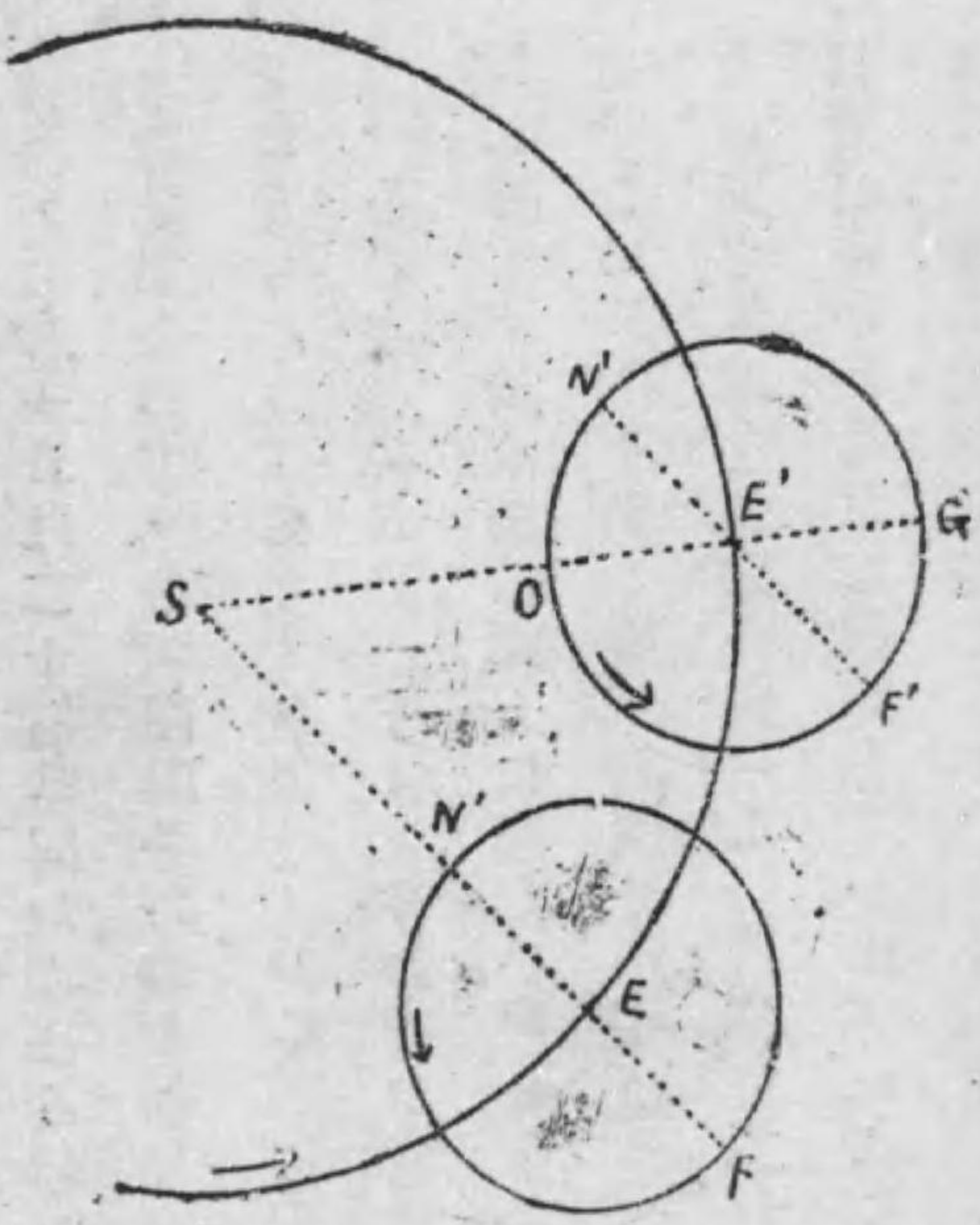
夕陽はやがて山の彼方に隠るれば、世は全く闇黒にとざされるけれども、偶には明月中天にかゝつて、さかく暗夜を恐れる人間どもを慰めてくれることもある。今本章に於いては先づ大體月に關する在來の研究を紹介し、尙最近に於ける月の表面の調査及び月の傾き方等を叙述しよう。

月の大きさ 先づ月の直径はどれほどあるかと言ふに一寸見たところでは弧度の半度あまりであるが、里數で表せば八百八十餘里で、地球の直径三千二百四十餘里に比べると、約四分の一強である。したがつてその表面の面積は地球の十四分の一で容積は五十分の一にあたる。尙質量は八十一分の一にすぎない。そして比重は地球が五・五

(水を一とする)であるのに、月は三・四といふ小さいものであるが、この三・四は地球の外殻即ち岩石の比重二・九によく似て居るから、月は昔地球の表面からちぎれ出して出来たといふ説によく符合して居る。

月面上での重力の強さは地球のその六分の一であるから、即ち地球上で六百匁の物質は、月で百匁に減つてしまふゆゑ、もしや力の足りない人は月へ行けば樂に仕事ができる譯である。

月と地球との距離は約十萬里であつて、月が地球を一週するに二十七日三分の一は掛かる。然るに満月から満月まで、又は新月から新月までも、大體月が地球を廻るから起る現象である。この二つの期間の相違は第十二圖に於いてSを太陽としその周圍の大きい圓を地球とし、E、E'を中心とする二つの小さい圓を月の軌道で、各時を異にしたものとする。Eを地球とし、月がその周りを廻つて居る中、Nの位置に来れば新月となり、又Fの位置に来れば満月となる、今月がNに来て、そこをすぎ再びNに來



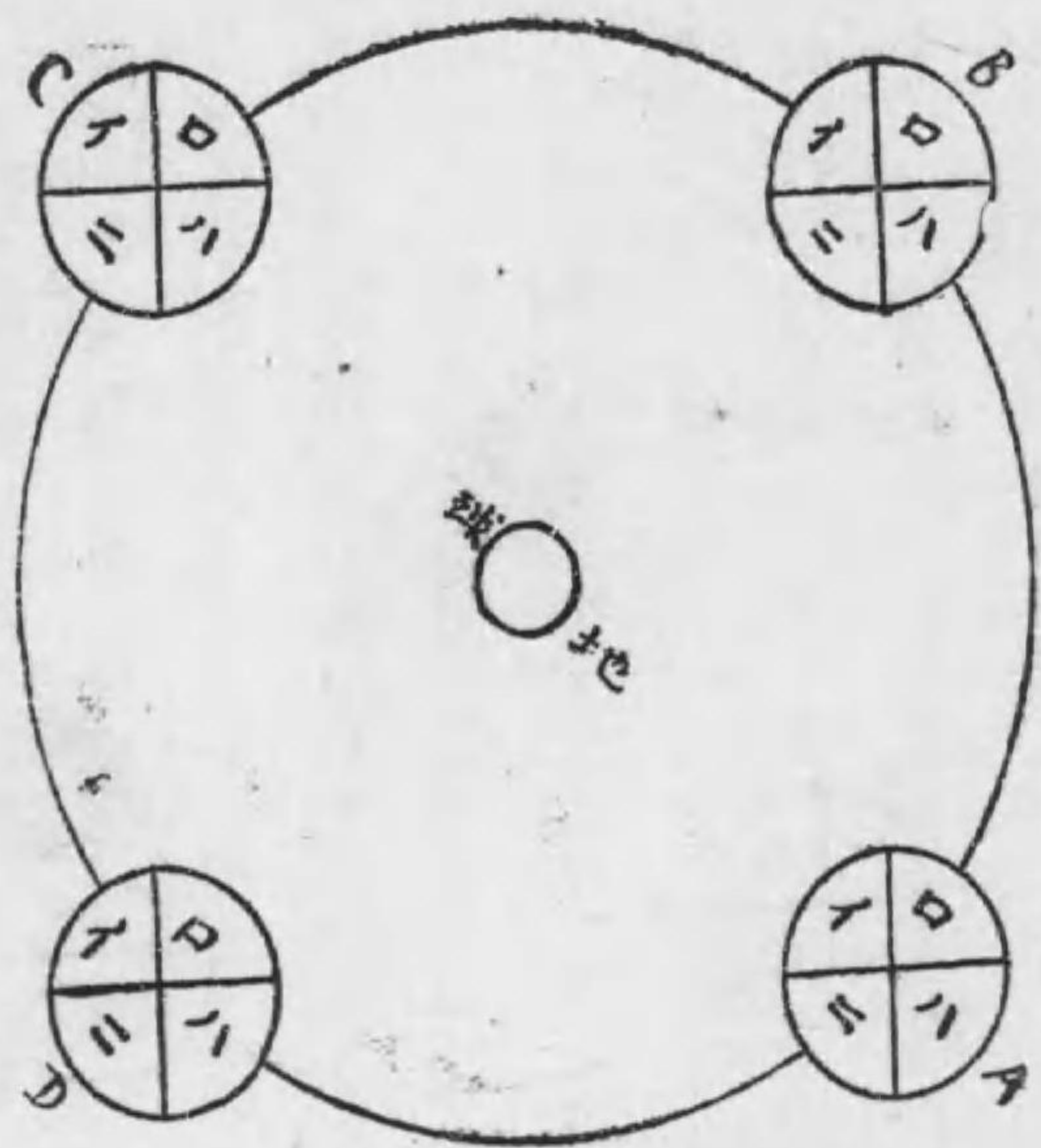
第二十圖 一個月に二種ある理

ようとするときは、Eはその場に靜止せず動いて日にうつるであらう。そのとき先きの月の軌道上のN點はN'點にうつる。しかるに月が再度N點に廻つて來ても、そのときは新月とならず、もう少し足を延ばして、N'Oを行き、Oまで來なければ新月ではないのである。これ、實際の一廻轉より、新月から新月までの週期の長

いわけである。
而して之は新月から新月までといふかはりに、満月から満月までとしても同じことで、月がF'に來れば實際一廻轉したのであるが、満月となるにはG'まで行かなければならぬ。

吾々が通常一日は二十四時間からなるといふが、地球の一自轉する時間は二十三時五十六分であつて、その間四分の相違のあるのも亦、これと同じ理由であつて、今同圖でEを中心とする圓を地球とし、その表面の上の一點Nの頭上に太陽が來たとするさて、その次にNが一まはりすれば、その間にEはE'に動くから、Nが一まはりしてN'に來ても尙太陽は頭上に來ない、今少しN'Oだけ動かなければ正午とはならないので、このN'Oを動く間が約四分かゝるのである。

月は同じ半面を地球に向ける、月は二十七日三分の一で地球を廻轉するが、然らば自分自身のからだは廻轉しないかといふに、それは二十七日三分の一で廻轉するのである。即ち地球を廻るのも、自身が廻るのも同じ時間であつて、其の結果として、月は常にその半面だけしか地球に向けないのである。逆に言へば月は始終その半面を地球に向けて居て、その半面は永遠の謎として、向ふをむいて居るのは、つまり地球を一廻轉する間に、自分も亦一廻轉する證據である。

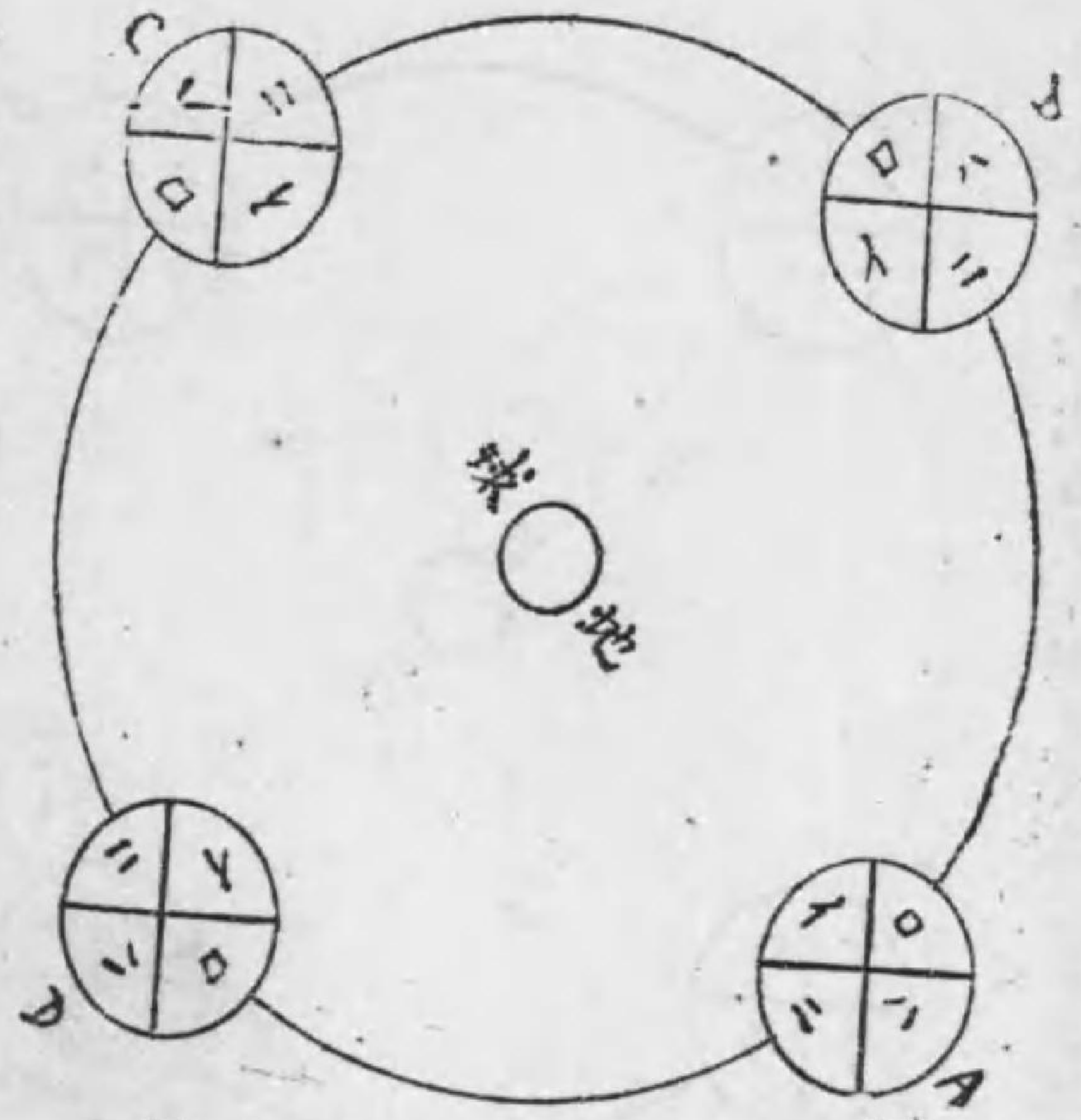


第三十圖 月の公轉と自轉が同じ時間である理

月の公轉と自轉が同じ時間である理、今この理を説明するに第三圖に於いて、中央に地球があつてそのぐるりをイロハニなる文字を書き入れてある月が廻轉するものとする。もし、月が一定の方向を向きつゝ、少しも其の向きをかへずに地球を廻轉するものとするれば、例へば月がAにあるとき、月のイの部分地球に見え、BCDにあるときは、夫れ

イロハニが代るイロハニ見えて來なければならぬ道理であるのに、さはなく、たとへば第十四圖のごとくイばかりが見えるのは、月が正しく地球を一公轉する間に、自

分も亦一自轉するからである。今この圖に於いて遠きある一定の場所、たとへばこの



圖るけ向に球地一面一同が月 圖四十第

えるのも、これと趣きを同じくする。

圖の上方から見るものとすれば、月が一公轉する間に、A B C Dの各位置に於いて、月は上方の観測者に夫れく／＼ロハニイの各面を見せることになる。

月が同一面を地球に向ける理 廻り競馬場の中央で見物し、馬が時計の針と反対の方向に走るものとすれば、見物人にはその左側のみ、いつも見えて、右側は少しも見えないが、もし遠くはなれた見物人の目から見れば馬の兩側がよく見

月の傾き方と缺け方

月は一般の人々が觀望するに恰好の天體で、太陽のやうに眩ぶしくはなく惑星のやうに微かでなく、安物の雙眼鏡の一挺もあれば、月面圖を側において、噴火口とか、海(所謂)とか、いくらでも容易く見えるし、又惑星や恒星のやうに目を皿にして探さなくても、闇夜でさへなかつたら、すぐ目の前に嫌が應でも、あたりの星光を蔑視しつつ、輝やかに下界を俯瞰してゐるのが、すぐ目に着くではないか。中には月のやうな有りふれたものは珍らしくないと忌避する人もあらうがそんならその人はどれだけ月理學を研究したか承はりたいものだ。

月は平凡なものとなりおほせたか、それは知らないが、それでも仔細に月の運動とか、又その缺け方とか、月面の状態とかを聞き及ぶと、なるほど月の研究も萬更でもない、俄かに思ひ立て雙眼鏡を取る人もあれば、天文書の第何章月の部をばくり出す人も出て來るだらう。

今本題の缺け方と、傾き方の研究に少々ばかり興味を持ち出したのは『天文月報』第

五卷第八號(大正元年十一月發行)に某博士が『畫家の觀た月』といふ題で次のごとき記事を掲載せられたのを讀んでからだ。

『同じ月でも人々により様々に見えるものか。古來繪畫の上に現はれた月には我が輩から見ると頗る珍妙なのが少なくない。これは西洋でもその例に乏しくないといふが現に當今上野で開催中の文部省第六回美術展覽會でも記者はその例を發見した。それは日本畫の第二部で木島櫻谷氏筆『寒月』である。これは現今實際の最高賞となつてゐる二等賞を受け、然も首席を占めてゐるので著るしく眼に着く。そこで記者は遠慮なく此圖を評することゝした。

先づ第一に此『月』の缺け方が圓の弧をなしてゐるが、これは天文の方からいへば理屈に合はない。凡そ月の缺けた側は楕圓になることは初步天文學の教へる處である。

又更に此『月』に依つて此圖景の場所を判定して見る。先づ此月の形から推して見ると月齡二十一日頃である。因て太陽との角距離は百〇四度位である。又これは無論冬

季であることからして月の天に於ける位置は秋分點附近であることがわかる。而して月の缺けた兩端即ち角を結ぶ線は黃道に直角になるものであるから、此繪に於いて黃道を地平線(畫の縁に平行と見做す)との角は約二十八度である。そしてこの場合に於いて月が地平線に近いからして總べて平面として取扱ふことにし、天の赤道が地平線となす角を出すため二十八度から黃道赤道の斜角二十三度を減じて五度を得る。これを更に九十度から減じたもの即ち八十五度が此地の緯度となる譯である。ところが植物學者に訊いて見ると此の如き高緯度の地には此畫の背景の如く竹類は發生せぬ趣きである。つまり此畫の主題たる『月』と背景とは矛盾して居ることになる。それで筆者の意は無論緯度の低き日本に於いての景を描かれたもの故、月の兩角を結ぶ線をば殆んど平にする必要がある。此事は畫家自身は勿論、審査員及び公衆の大部が氣付かれぬことであるから敢へて咎め立てするのは酷かも知れぬが、しかし假令技工に於いて成功したりとも大自然の眼から觀て可笑き様な自家撞着があつては調和を以て生命と

する藝術の精神に副ふまいと思ふ。此の如き事はやがて科學思想普及の急務たるを證するものでつまり吾々の過去に於ける無能若くは微力の罪に歸すべきであらう。妄評多罪。』

自分はこの一文に頗る興味を感じて、それから始終繪葉書屋の店頭などを探しては三日月や弓張月のあるものを買ひ集め彼れ此れ比較研究して見ると、大概は一寸見ても間違ひであることが判明する。それはその筈だ。三日月を描くに右下部が光つてゐなければならぬのに、左下部が光つてゐる。それは二十七、八日(陰曆の)の月が夕方、西空に見えるのでなく、曉け方、東空に出るのである。

又幸にして光つた部分に間違ひがなくても、三日月があまり立ちすぎてゐたり、明暗界線(光つた部分と暗い部分との境界線)が前記の文章にもあつた如く楕圓をなさず、簡単な圓弧ですましてある見にくい恰好が多い。そこで、今與へられた年月日、及び時刻に於いて、ある土地で見る月の傾き方はどうして計算するかを述べようと思ふ。

ふ。

- (一) 先づ年月日と時刻に、場所(經度、緯度の知れた)を與へられねばならぬ。
- (二) 次ぎに與へられた時刻をグリニッチ平均太陽時(英國曆を使ふ場合)を見出し、その時の太陽と月との赤經、赤緯(従つて北極距離が判かる)を得る。
- (三) 先きに與へられた時刻から其の地の地方恒星時を計算し、又それから、其の時の太陽と月との時角を見出す。
- (四) 今見出された太陽と、月との北極距離と時角から、兩天體の高度(従つて天頂距離)と方位角とを誘き出す。
- (五) 其れから月を通る垂圈と、月と太陽とを結ぶ大圓との角を見出す。月の尖端を結ぶ線はこの大圓に垂直であるから九十度から今求めた角を引くか、又は其の角から九十度を引けば、即ち月を通る垂圈と、尖端を結ぶ線とのする角が得られる。今吾人はこれを求めてゐるのである。

右の五段の手数を経て初めて、月の傾き方がわかるのであるが、今少し具体的に述べなほさう。

四四

(一) 大正十二年六月十六日午後六時五十八分の月の傾きを東京で知らうとする。東京は北緯三十五度三十九分、東經九時十九分である。

(二) 與へられた時刻から九時間を引き去り、グリニッチ平均太陽時六月十五日二十一時五十八分(天文時)を得る。この時の太陽と月との赤經、赤緯を曆から拾ひ出すと。

赤經

赤緯

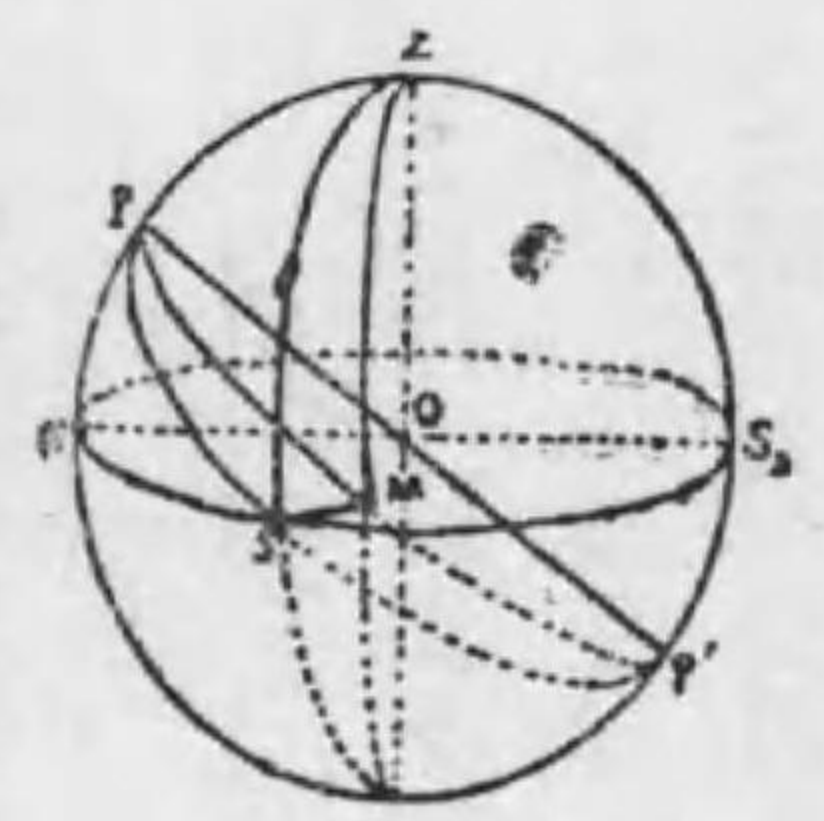
北極距離

太陽五時三十五分 北二十三度十九分 六十六度四十一分
月 七時九分 南十七度二十六分 百七度二十六分

(三) 地方恒星時は英曆をめぐつて少し計算すれば(その方法は長くなるから省く)、十二時五十二分と出る。それから、兩天體の赤經を各々引き去りさへすれば、時角

として太陽七時十七分(百九度十五分)、月五時四十三分(八十五度四十五分)が出る。

(四) 是れまで道具立てしておいて愈々計算に取りかゝる。と言つたところで大してむづかしいこともないが、先づ第十五圖で圓が或る地の子午線、Oが地球、Nが北で、Sが南とする。P、P'は天の北極と南極、Zは天頂、Sは太陽Mは月だ。すると



第 五 十 圖 月の出沒

- PS = 太陽の北極距離
- PM = 月の "
- ∠ZPS = 太陽の時角
- ∠ZPM = 月 "
- PZ = 90° - (其地の緯度)

そこで太陽の天頂距離(ZS)と方位角(PZS)を求めるには、一寸球面三角法の式を借りて来て、

$$\cos S = \cos ZP \cos PS + \sin ZP \sin P \cos ZPS$$

$$\frac{\sin PZS}{\sin PS} = \frac{\sin ZPS}{\sin ZS}$$

月の方でも同じく

$$\cos ZM = \cos ZP \cos PM + \sin ZP \sin PM \cos ZPM$$

$$\frac{\sin PZM}{\sin PM} = \frac{\sin ZPM}{\sin ZM}$$

この四つの式を解くと、次の如く出て来る。

天頂距離

方位角

太陽 九十度四十三分(ZS)六十度七分(角PZS)

月 七十六度二分(ZM)六十七度二十四分(角PZM)

(五) 今度は球面三角形ZMSに於いて角ZMSを見付けさへすればよいのだ。それには先づMSを出して、然る後、目的の角を得る。

$$\cos MS = \cos ZM \cos ZS + \sin ZM \sin ZS \cos SZM$$

$$\frac{\sin ZMS}{\sin ZS} = \frac{\sin MZS}{\sin MS}$$

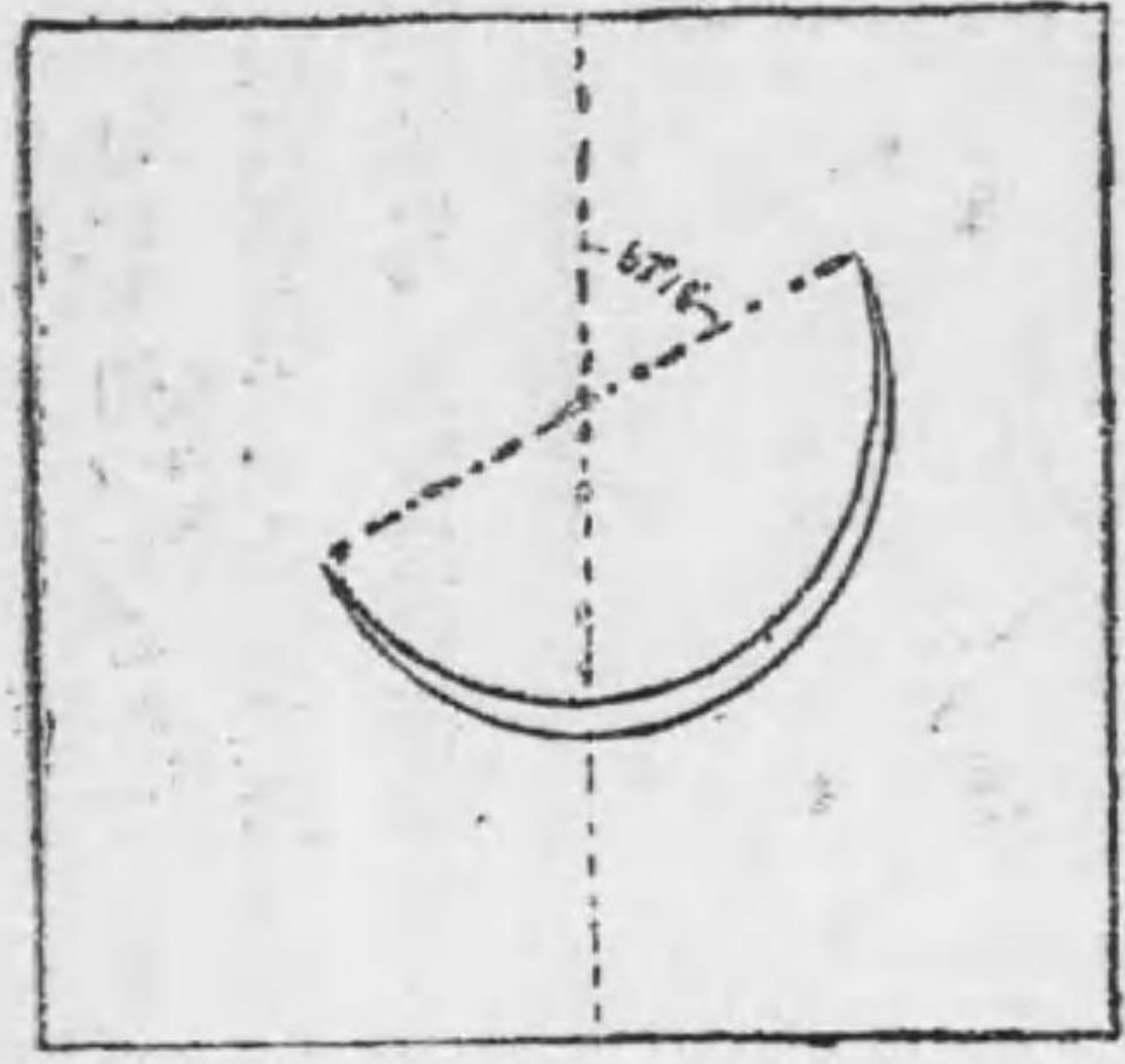
そこでMSが十六度二十四分と出、角がZMS二十四度四十六分と現はれた。即ち太陽と月とを結ぶ大圓SMが、月を通る垂圈ZMとなす角が二十四度四十六分となる。しかるに月の尖端をむすぶ線(詳しくは大圓)はSMに垂直であるから、垂圈

となる角は

$$90^\circ - 24^\circ 46' = 65^\circ 18'$$

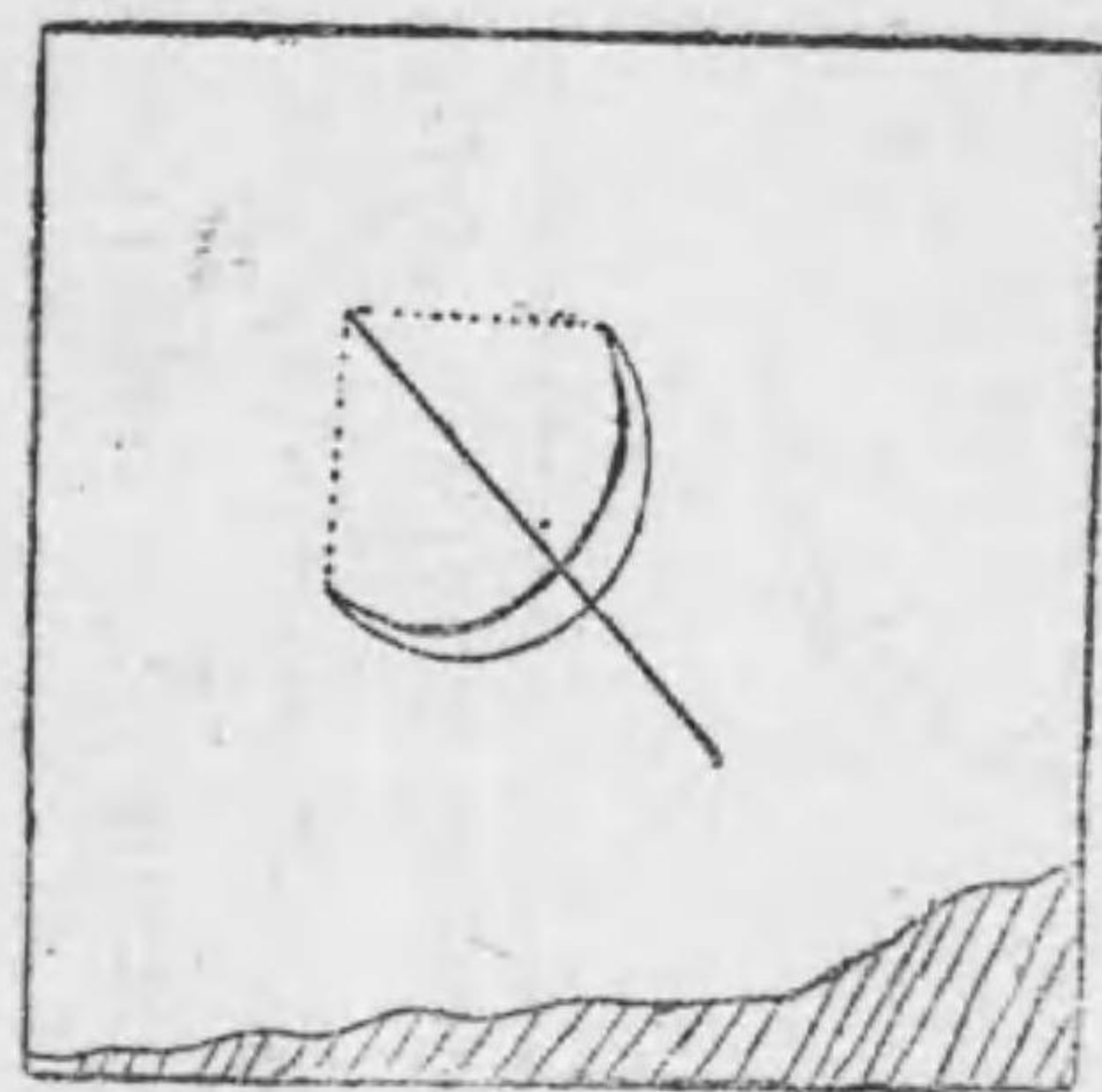
となり第十六圖の如き傾きを現はす。

月の傾き、かういふ風にして時刻と時とを與へられると、何時でもすぐに月の傾き方がわかる。一幅の畫を見て、それを描いた土地と時刻などが判かる筈はないが、そこは常識で推察するのである。



第十六圖 月の傾き

わかり切つたことであるが、月の尖端を結ぶ線は、いつも必ず、月と太陽とを結ぶ線に直角で、そして光つた縁邊は必ず太陽の方を向いて居なければ理屈に合ふものではない。凡河内躬恒の歌に



月張弓 圖七十第

地平線下に没し、しかる後に太陽が跡を追ふ順序で、三日月でなく二十七、八日(陰

てる月を弓張りとしもいふことは

山べをさしていればなりけり(第十七圖)

と、よくこの歌の意のあるを了解してもらひたい。それに何事ぞ、去年京都の繪葉書店で見付けて来た三日月の夕景色に第十八圖のやうな恰好の月が怪しい光を發してゐるのがあつた。これで見ると太陽は左上にをつて未だ中々たそがれとはならず、若し時刻がたてば月が一足先に

曆)の月だ。いかに心なき凡愚の輩の手になつたとはいへ、餘りの馬鹿々々しさにひとり笑つた。

變な月 次には月の形を論じよう。月の縁邊(terminator)が圓弧であることには間違ひは



月な變 圖八十第

決してないが、その明暗界線(terminator)が楕圓(上弦、下弦だけは直線)であることは、前の天文月報の記事にもあるさほりて、一體月といふ暗黒體が太陽の光に照らされた場合、丁度全球面の半分は光り、半分は暗い譯であるから、その境界線は大圓であらねばならぬ。その大圓を満月のときは正面から見るから、そのまゝの圓形に見るを得るが、他の場合は稍斜めに見るから、それが楕圓と見えるのである。但し上下弦のときだけは、丁度圓の半面から望むにより直線となり、新月のときは満月と同じだけれども裏側から見るから暗くて目に映せず、日蝕の時のみ、太陽面に射影されてその暗い影に見えることは人のよく知る通である。

月は二十九日半で太陽との關係的位置を一週するから天球を一日に約十二度十二分太陽に對して東進することになる。そこで前の六月十六日午後六時五十八分頃には、月齡一・九とならうから、新月が一日九だけ經過したわけで、太陽と離れること

$$12^{\circ} 12' \times 1.9 = 23^{\circ} 12' \text{ となる}$$

今第十九圖に於いてSの方向に太陽が輝き、Eを地球の位置Oを中心とする圓を月又OPを月の半徑とする。それから角SEOはそのときの月齡に相當する太陽と月との離れた角である。しかるとき、太陽は紙の上方から照らすにより、月はQOPの上部が輝き、その下部は暗黒である。そのとき地球からはOEの方向から望むので、O

$$\angle SEO = \angle SOP$$

であるからOP'の長さは

$$OP' = OP \cos \angle SOP = OP \cos \angle SEO$$

それから

$$OP = OR$$

で、それは月の半徑である。つまり光る部分RP'は

$$RP' = OR - OP' = OR - OP \cos \angle SEO$$

月の半徑をrとし、太陽と月との離角を θ とすれば

$$RP' = r - r \cos \theta$$

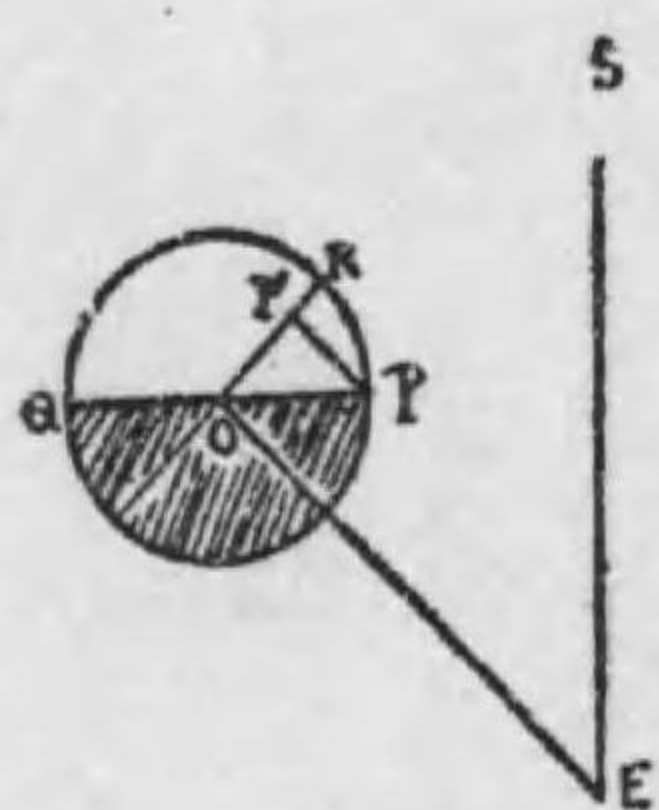
となつて、求める月の尖端を結ぶ線に直角なその直徑の、光る部分だけの長さ(弧)を知ることができる。そして描いたのが、前の第十六圖であるが、そのときの明暗界線をなす楕圓の兩軸は次の如くである。

$$\text{長軸} = 2r$$

$$\text{短軸} = r - r \cos \theta$$

これで終りだ。

月の盈虚 唯最後に一言したいのは、畫家が或る地で或る時の月を描かうとしたなら大間違ひを防ぐために、一應天文學者の計算を煩はしたらよからうと思ふ。そして又心掛けがあつたら、以上の計算ぐらひ、實に何でもないのであるから、自らやつてもよからう。藝術は唯氣分を現はすだけだから、少々ぐらゐ實地と相違してゐても



第十圖の月盈虚

よいと主張する人があるかも知れないが、果してさうだらうか實際と異なつた景色を見せつけられて、其れで果して一般の人々に美的觀念が起きて來るものか、甚だ心許ないことである。極端な例だが、櫻花を描くに皆花瓣を四枚にしてかいたらどんなに見る人は感ずるだらうか。又菜種の花をすべて五瓣にかいたらどんなものだらう。それでも櫻又は菜の花と思へばよいだらうか。そして又上向きに光つた月でも三日月と思へばそれで済むだらうか。それをしも許容するやうな人であれば、それは異常な知覺の所有者と見做して差支へない。

尙、月の運動とか、月世界の探險、又は月に關する傳説とか、月夜の美觀とか、書きたい事項は澤山あるが、あまり長くなるので止める。それは先頃世に公にせられた拙著「月夜に憧がれて」にすべてを収めておいたから、それに就いて一讀あらむことを希望する。

月面の最近研究 夜の空に輝く月の表面の状態に就いて説明するのに、古來二つの説がある。一つは火山作用に歸するもので、其の原因を月體の内部に求め、他は流星の衝突に因るものとして専ら外部からの作用と認めるもので、何れも相應な根據に據つて居て、可なり長い間論争を繼續して來たのである。

軌近觀測器械と寫眞術の進歩のため、是れまでよりは遙かに精巧な月面の寫眞を得るに至り、益々月面の調査研究も詳細となり、加之、飛行機に乗つて空中から地面を撮影する方法も頗る發達した。此の眞上から見た地形圖は大變、月の研究に役立つ様になつたのである。

肉眼で見ても満月の際、斑點が散在して居るのが解るが、雙眼鏡か小望遠鏡で覗くと、平滑に見える所の暗い不規則な補布と凸凹した光つた面積がよく判別が出来て面様を示して居る。近代の改良された寫眞装置で撮影した満月の寫眞は頗る明確に、其の表面の模圓形に近い輪廓を持つて居るのが認められる。

其の周圍は大方は分離した圓弧と云ふよりも寧ろばらばらになつて居ると言ふ方が適當であるが、兎に角中には本當の圓形のものがある。吾々が此處に一つの大きい球を齎らして、其の表面に満月の模様を入念に複製して、そして其の暗い平滑な面積に一々コンパスを掛けたら大概其等は圓弧に包まれて終ひ、残つた外側部は粗な光つた所となるであらう。

もう少し詳細に述べれば、環狀物の界域は案外廣い部分を領有し、そして法外に澤山存在して居る。平滑な地面を區切る直徑六、七百哩の圓又は圓の弧の部分がある、

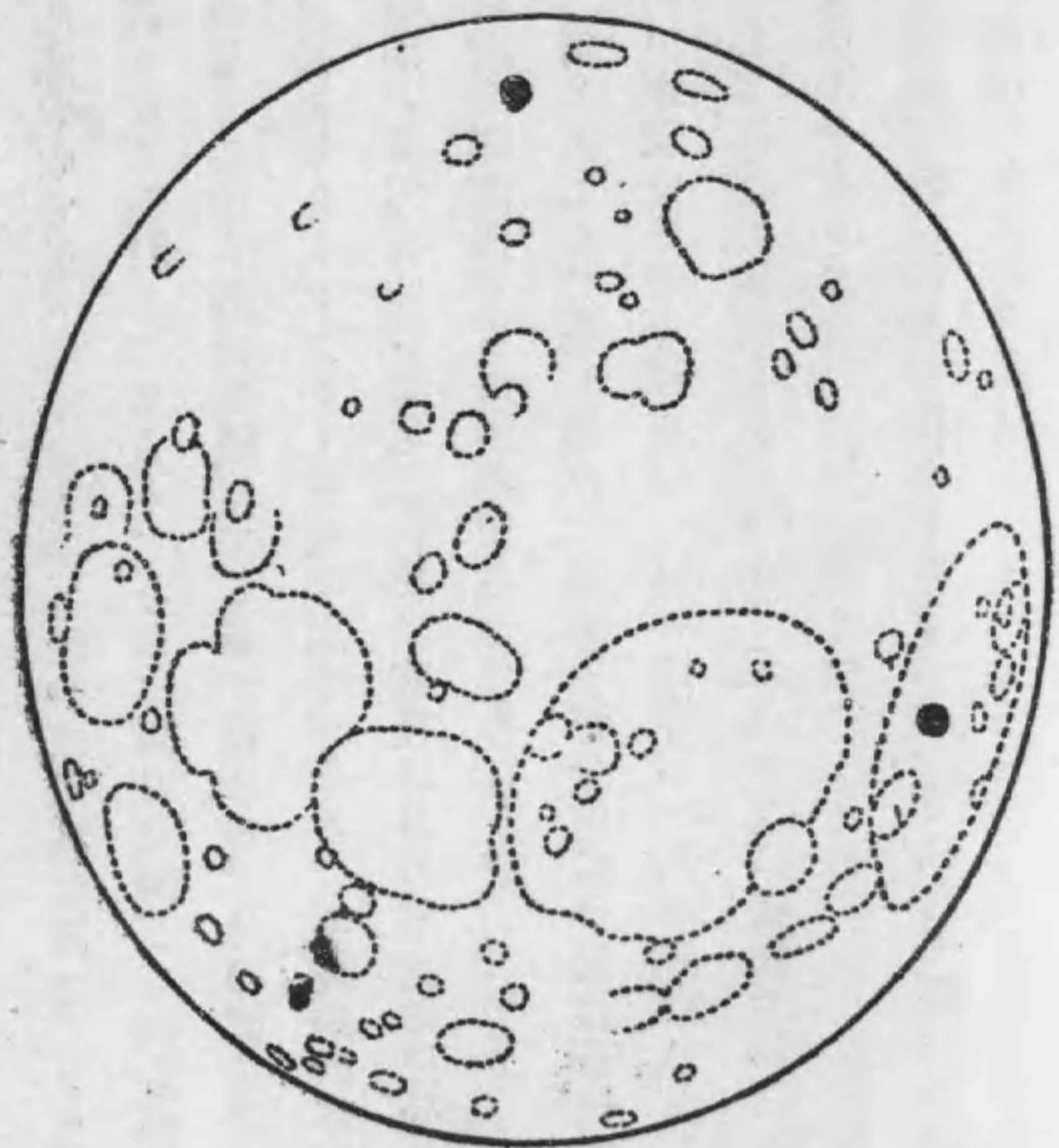
此等の平坦な圓い面積の中には圓形の凹所や、四周に壁を以つて圍まれて、高くなつて居る噴火口や、時に中央に尖塔の存在する摺鉢形の窪地を容れて居る。此の明瞭な噴火口は直徑が一哩から八十六哩まで色々あるが、尙其の他有力な望遠鏡でないと思別け難い様な微細なものが夥だしく存在して、相互に込み合ひ重り合つて混亂を極めて居る。

總べての此等の環狀物は細かに錯綜し、大きさも千差萬別であるが、其の最も特色とする所は暗い小地面をかこむ圍繞物に表はれて居ることだ。極く大きい地面の境界は、山脈と呼ばれるものがずつと峰を並べて居るが、併し所々切れ々となつて居る。けれども小さいのになると至極完全に連続的に取り圍んで居る。此の小さい面積を取り圍むもの即ち所謂噴火口は重つたり、衝突したりするものを除いては、他は悉く完全な圍繞物を持つ傾向が見える。其の他廣い場所に、列嶺、峡谷、臺地、平地、山脈、條文等有ゆる模様を持つて居るので、諸種の説は一々之を解釋するのになかなか當惑して居る。

火山説への重要な左袒は月の噴火口と地球上の其れとが殆んど同じ恰好を現はして居る事であるが、唯月のは割合に大きい事と、又地球上のは月のもほど恰好が規則正しくないだけの相違である。平滑な區域と又此の地方に見られる山脈との外観は火山の解釋を大に援助して居る。此等は熔岩が流れ出して擴がつたのに疑ひなく平地や圓形の面積又もつと小さい噴火口まで蔽つて居る。一つの著しい例は、其の縁が高く熔岩で築き上げられ、中は窪地となつて居る直徑五十三哩の圓形の面積である。

月面の形狀は、流星又は他の外來物の衝突に依つて出來たとの説の最も強味とする所は、鋼鐵の甲冑を附けた爆發物を軟かい地面に投下する様な、人爲的方法で作つた窪地(廿一圖)と月面の噴火口とがひどく類似する點である。其方法は近頃氣球から爆發彈を地面に投下して試験したのであるが、又月の此等の窪地の多くが重なり合つて居るのも亦此の説を援けるに與かつて力がある。

月面の所謂「海」の名稱 火山説の方法の困難は寧ろ多くある。第一に斯様な夥しい



「海」謂る月面 圖十二第

數の噴火口を作つた莫大な活動を如何にして力學的に説明しようとするか又其の火口内の廣さが餘り大き過ぎるではないか、此等の大きさは、總べての此等の圓形の面積が火山の噴火口の遺跡であるとの假定に於いてどんな理想的の解釋でも、月の直徑の割合に餘り其等の直徑が大き過ぎる。

此等の中で最も明確なもの、一つは危機の海 (Sea of Crisis) で、普通の視力の人なら譯もなく氣付くであらう。それは新月を過ぎてからの頃、月の右上の月面の端に見え満月まで引き續いて觀望する事が出来る。此の海(所謂)は直徑三百哩を超過し、米國で言ふならミッツリ州位の廣さがある。不規則的の圓形の境界を持つ大きな面積は晴朗の海 (Sea of serenity) で、直徑は月の圓面の三分の一即ち七百哩超え、そして上の説では説明するに困難があるであらう。

併し若しも、全く確かに熔岩で部分的に、又は全體敷き詰められて居る大きい窪地が、地球上で知られる様な現象に等しい火山活動の或る種の結果でないとしたら、どうして其等は構成されたのか。是れまでに提出された流星説でも亦其説明に甚だ不十分な所がある。

實際、此の圓形の地域の成因は一つではなく幾つもあるであらう。實際さう見た方が説明が自然的となる。

今、月の起原を論ずるに當り在來の諸説を度外視し、他の最初の關係的運動なしに單に相互の重力作用の影響の下に出來た物質の組織する團塊の結合の方法で想像する事に依つて、新たに説を建て直さうとする。そこで組織する成分が團塊に初まつたとし、其等が衝突と聚合とに依つて高められた熱は、其の成分の大部分を溶かすほどになり、やがて外側は冷えて固體の殻が出來上り、内部は熔岩の様なごろ／＼した液體となつて、高い溫度を保つて居て、外面の物體は中に入らうと強く殻を打撃する。さうした時に大きい隕石が天外から飛來して目醒ましく入り込んで、そして殻の中に吸収されるが、此の時其の周圍をぐつと押し上げるから、丁度隕石の大きさに等しいだけの圓い穴が出来る。そして内部の熔岩が飛び出して窪地に流れ擴がり、殆んど水平に床を敷く、そして又此の熔岩の床は今入り込んだ物體の一部分で出來ることもあるらう。

此の飛來した隕石又は外來物は、月體の中に入り込んで其の容積を増すであらう。

それ故月の表面は適當に擴がらねばならぬ事になる。此の點は前の解釋では一寸むづかしい。其れから前の如く出來た圓形の區域は膨脹して伸び、且つ破れて、圓の弧は切れ々々となつて直径は大きくなり、此等の區域が延ばされ、壓縮された時は細い谷となり、又歪む事もあらう。

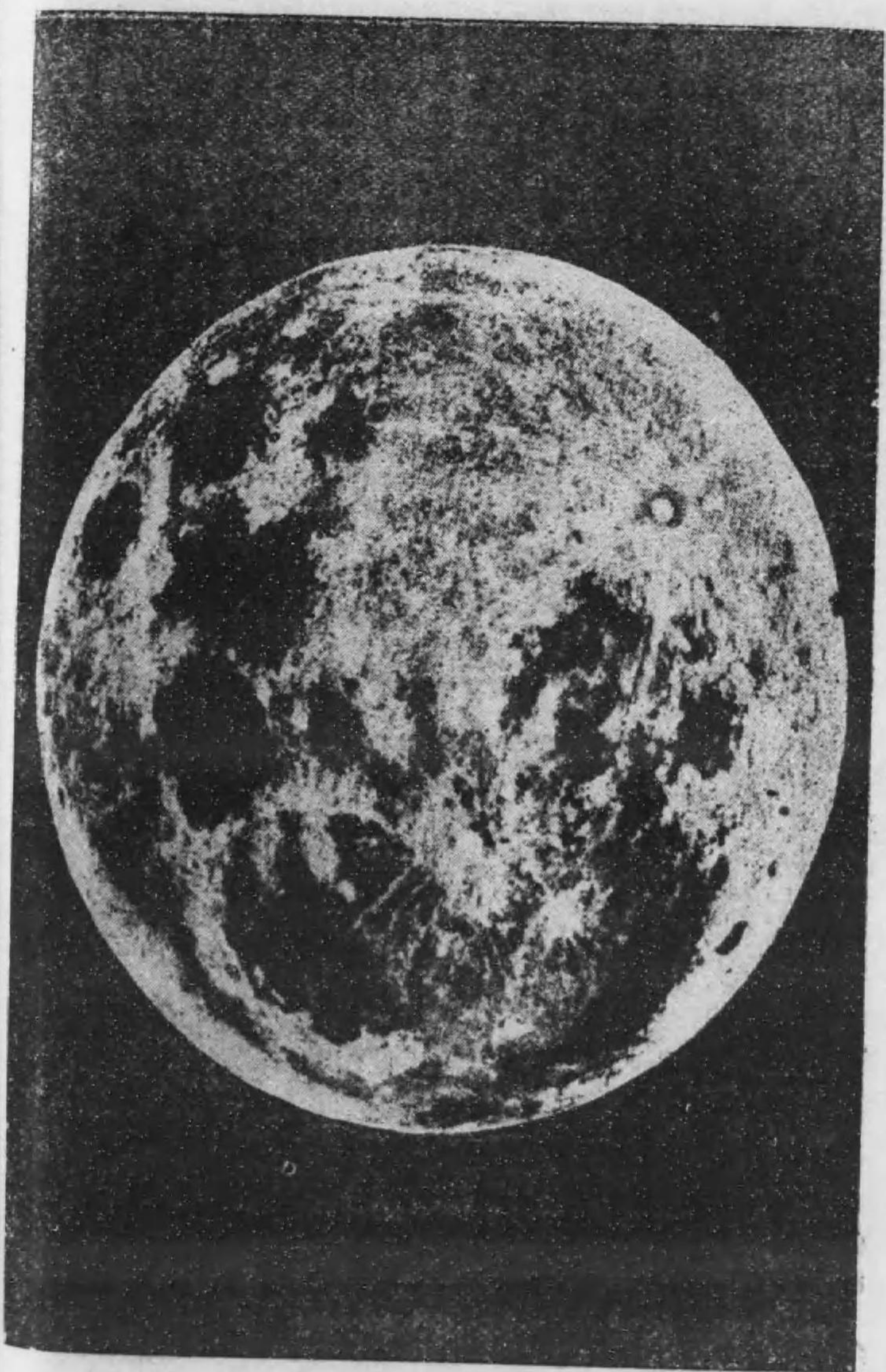
月面上に於ける物質の押し出される高さの限界は重力に支へられて無制限に高くはならないけれども一旦出來上つたものは地球上に於る如く地形に重大な影響を與へる所の風化作用と云ふものが更に其處にはないから、太古さながらの形體を維持して、崩れたり消えたりする事は絶対になく、唯時々天外から飛來する大小の流星に其の地面の所々が強打されるのみである。月面の引力は其處にむくり上る物質の高さを制限し、又法外に高くなつた山脈などは其の頂上から岩石などの轉落する事もあるであらう。

月體の膨脹力は流星の落下して、其れが體内に吸收される結果起り、所々に龜裂を作らしめるから、窪地や火口の周壁を壊したり、無恰好にしたりするであらう。其れ



第二十二圖 地上面の爆彈投下跡

は月の寫眞を見ると澤山の實例のある事でも知れる。外來物の落下に依つて生じた所の周圍の高い窪地には、内から噴き出した熔岩が漲るに至つたのであらうと思はれる。流れ出した熔岩は多い時には山と言はず、平地と言はず越えて行き、丁度海濱に波浪が押し寄せて砂丘を作る様に、熔岩の流れの止まつた端は高くなるであらう。斯様にして熔岩の敷地の四周には壁が出来る。その廣い面積が所謂海であらう。其れから火口の小さいものは、後から



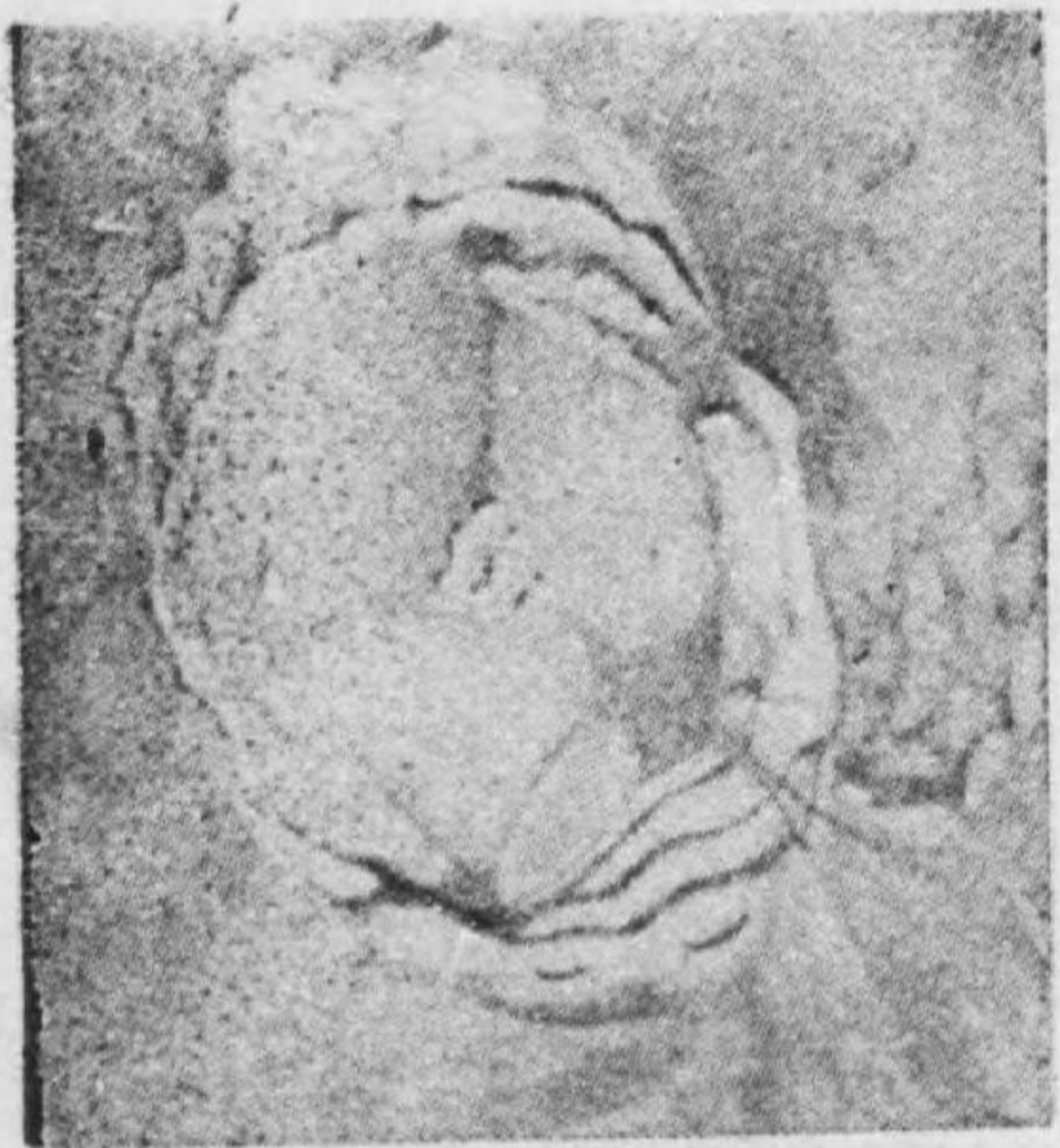
月満 圖二十二第

降り注いだ小さい流星に依つて印せられたものと思はれる。しかし細長い條文などは其の成因を解決するに困難である。

要するに月は元來地球の分身で、地球が自轉する際、其の一部がはね飛ばされて出來たもので、そして其の十分固まらない時に外來物の雨下によつて、澤山の痘痕が出來たと思へばよい。

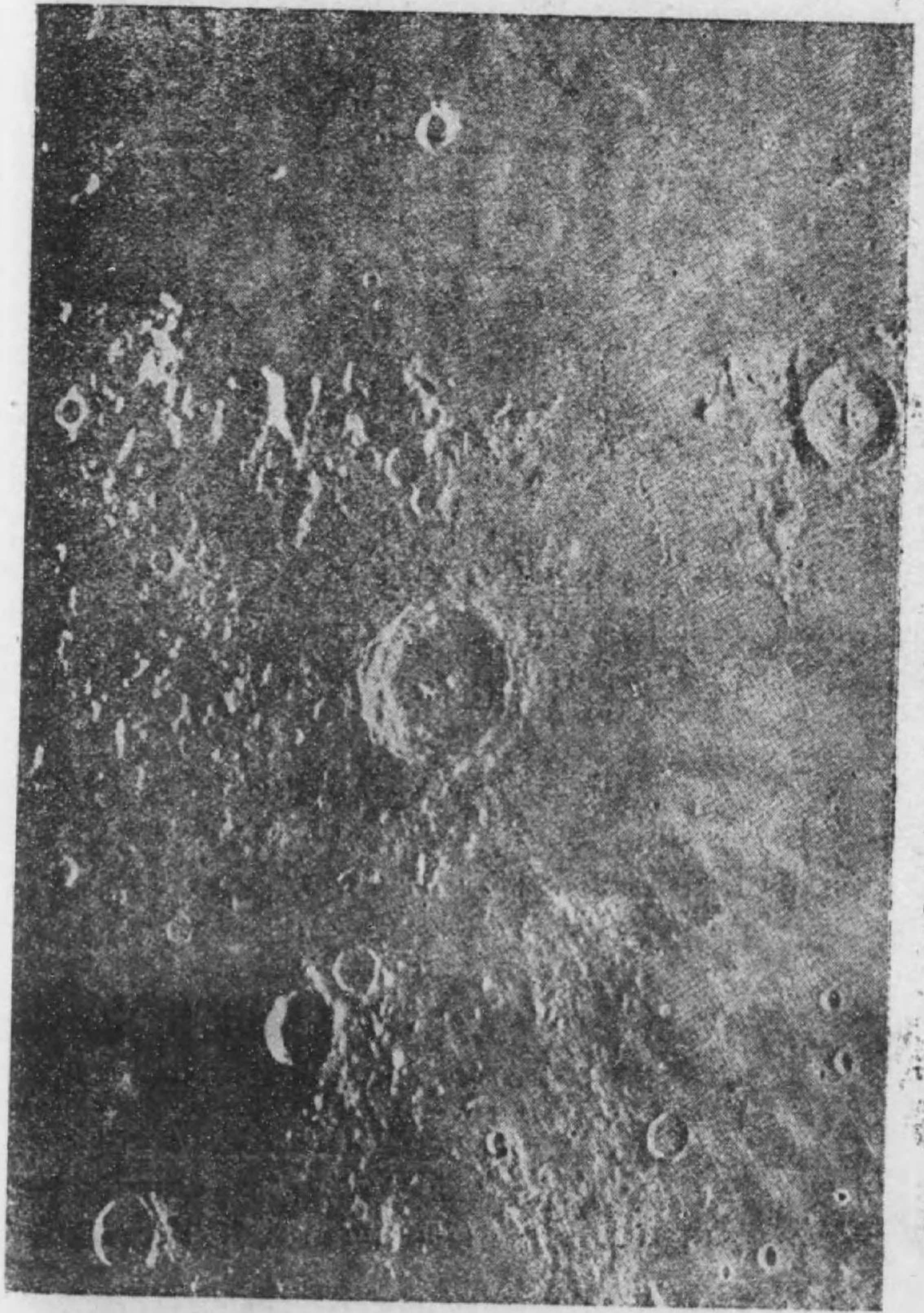
満月 尙第二十二圖は満月の寫眞であつて、比較的うすぐらい部分は昔は所謂海と稱せられたが、別にそれは海でなく、唯比較的、色のうすぐらい岩石がしき詰められてゐるのである。その黒い部分の有様が如何にも蟹の甲羅とその一本の缺に似て居ることをよく記憶するとよい。

第二十三圖は月の噴火山コペルニクスで、第二十四圖は同じくアリスチルスである。月には斯うした火山が非常に豊富にあるところを見ると、その往昔の活動が思ひやられるのである。

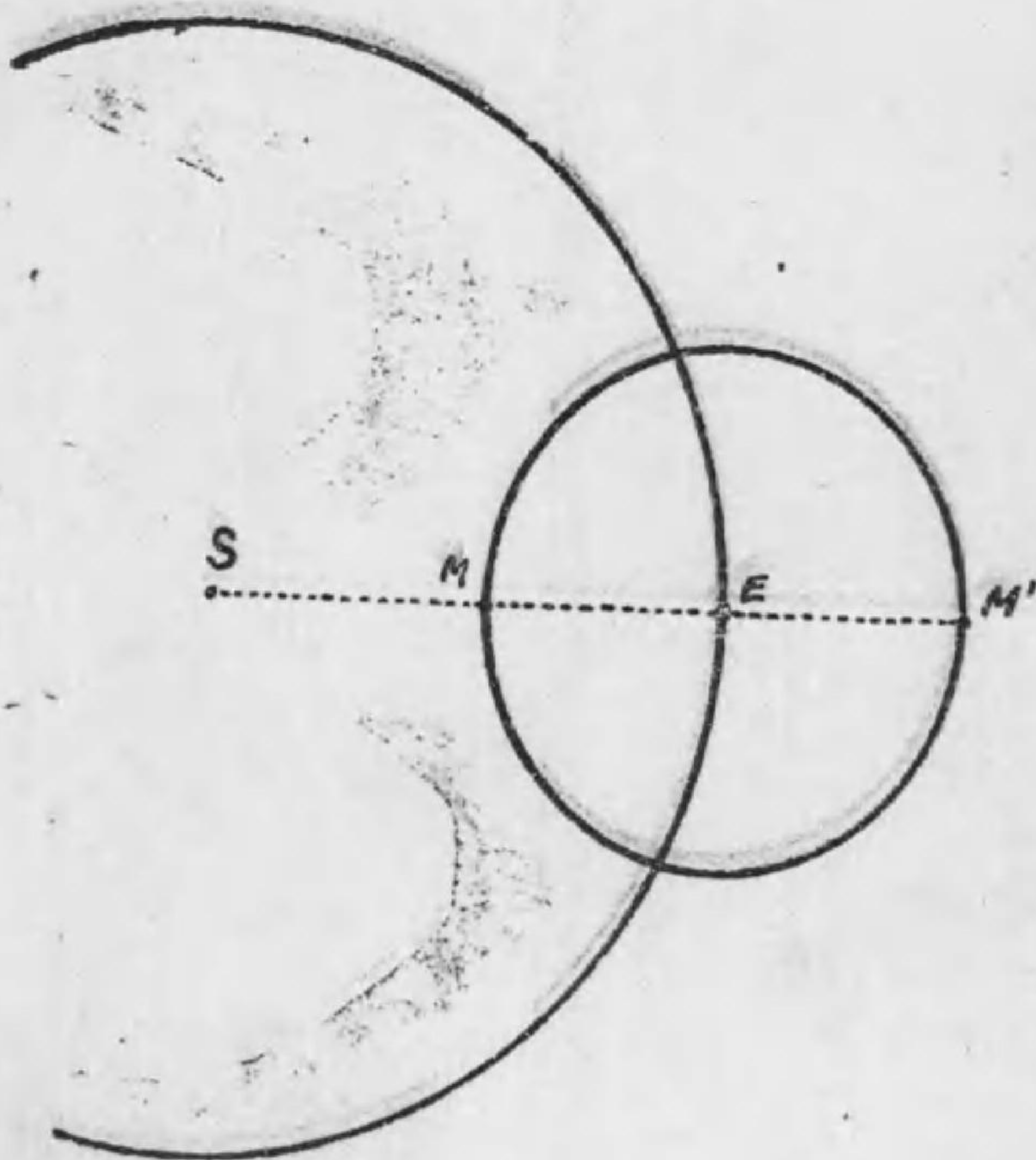


山火スルチスリア 圖四十二第

日月食 終りに日月蝕
について述べる。日食
は地球と太陽との間へ
月が入り込むときに起
り、又月食は月と太陽
との間に地球が入り込
むときに起るものであ
る。故に地球での日食
は、月から見れば地球
食となり、地球での月
食は、月から見れば日
食である。

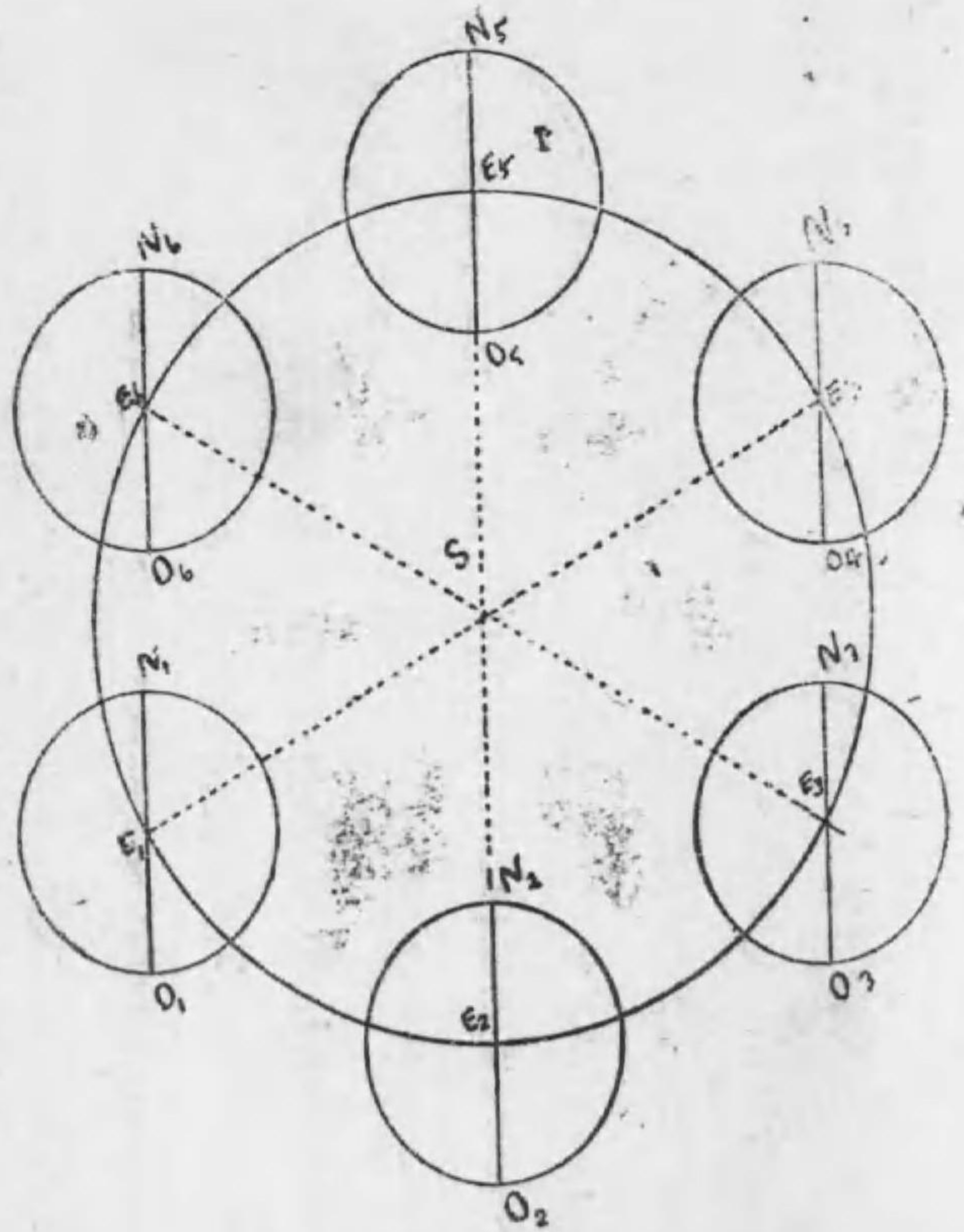


山火スクニルペコ 圖三十二第



食月日と道軌の月 圖五十二第

月の軌道、日月蝕、今第二十五圖に於いてSを太陽とし、それを中心とする大きい圓を地球の軌道とし、Eを地球とし、それを中心とする小さい圓を月の軌道とする。然して月が地球の周圍を廻轉するとき、SEの中間に入り、即ちMの點に來れば日食が起き又ES延長上N'の點に來れば月食が



線交の面道軌のと球地と月 圖六十二第

有して居るからである。そこでその兩平面の交線がSEを結ぶ直線と一致したとき、

起きるわけである。
この圖ばかりから考へると、毎月朔には日食、望には月食が定まつて起る筈のところ、實際はそんなに頻繁に起きないのは、如何した理由かといふに、それは月と地球との軌道面が同一の平面上にはなく、約五度の傾きを

朔となれば日食、望となれば月食が起きるのである。

月と地球との軌道面の交線 第二十六圖に於いて、 S を中心とする大きい圓を地球の軌道とし、 $E_1E_2\cdots$ 等を中心とする小さい圓を異なるときに於ける月の軌道とする。而して兩天體の軌道の平面の交線を N_1O_1 、 $N_2O_2\cdots$ 等とする。地球が E にある場合は交線 N_1O_1 は、地球太陽を結ぶ直線 SE_1 に一致しないから、そのとき朔望となつても食は起きず、 E_2 に地球が來たときは兩線が一致するから、もしこの時に朔望の一つが起れば、日食か月食が生じ、 $E_3E_4E_5$ 等は駄目であるが、 E_6 に來ると、交線 N_2O_2 は SE_6 の直線に一致するから、食の起きることもあり、 E_7 では全く起きないのである。この交線の向きは永久に一定不變ではなけれども、短かい年月にはそんなに變るものではない。皆既食とは食さるべき天體の面全部がかくされる食で、部分食とは一部分だけ虧ける食である。又金環食として日食の際、月の影が太陽面の中に入り、周圍に光の環をのこす時である。

食に似た現象で、月が星をかくすのを掩蔽といひ、又水星や金星が太陽面を通りすぎる現象を經過といふ。又惑星が恒星を掩蔽するやうな現象もある。

第三章 日の恵み

太陽の大きさ 「日の恩や忽ち碎く厚氷」といつて、もし萬一、空に太陽の光が消えたとしたら、吾等一切の生物は忽ち烏羽玉の闇につつまれてしまつて、月さへ輝かず、唯夜も晝も糠星のみ徒らに黒い天の背景に輝くのみで、氣温は忽ち零下幾十度の極寒となり、雲霧も、河海の水も忽ち凝結して、吾等は須臾にして凍死してしまふであらう。山野に草木の繁茂するものも、空中に雲霧の飄蕩たるものも皆、太陽のお蔭であることを思へば、吾々は何を措いても先づ、その恩恵に感謝の意を表してもよい譯である。

さてこの懐かしい太陽は吾等地球から幾何程の距離にあるかといふに、前にも述べ

たごとく、地球楕圓軌道の焦點の一に太陽は居るから、軌道上の各點によつて、その距離も異なるが今その中、最遠、最近、平均の三距離を書き表はして見よう。

最遠距離 三千八百七十萬六千里

最近同 三千七百四十二萬六千里

平均同 三千八百六萬六千里

右の通りであるが、ざつと平均三千八百萬里と記憶しておけばよい。一秒間七萬六千里を走る光ですら、尙八分十六秒を要して地球まで來るのであるから、以つてその遼遠なことが推しはかられる。

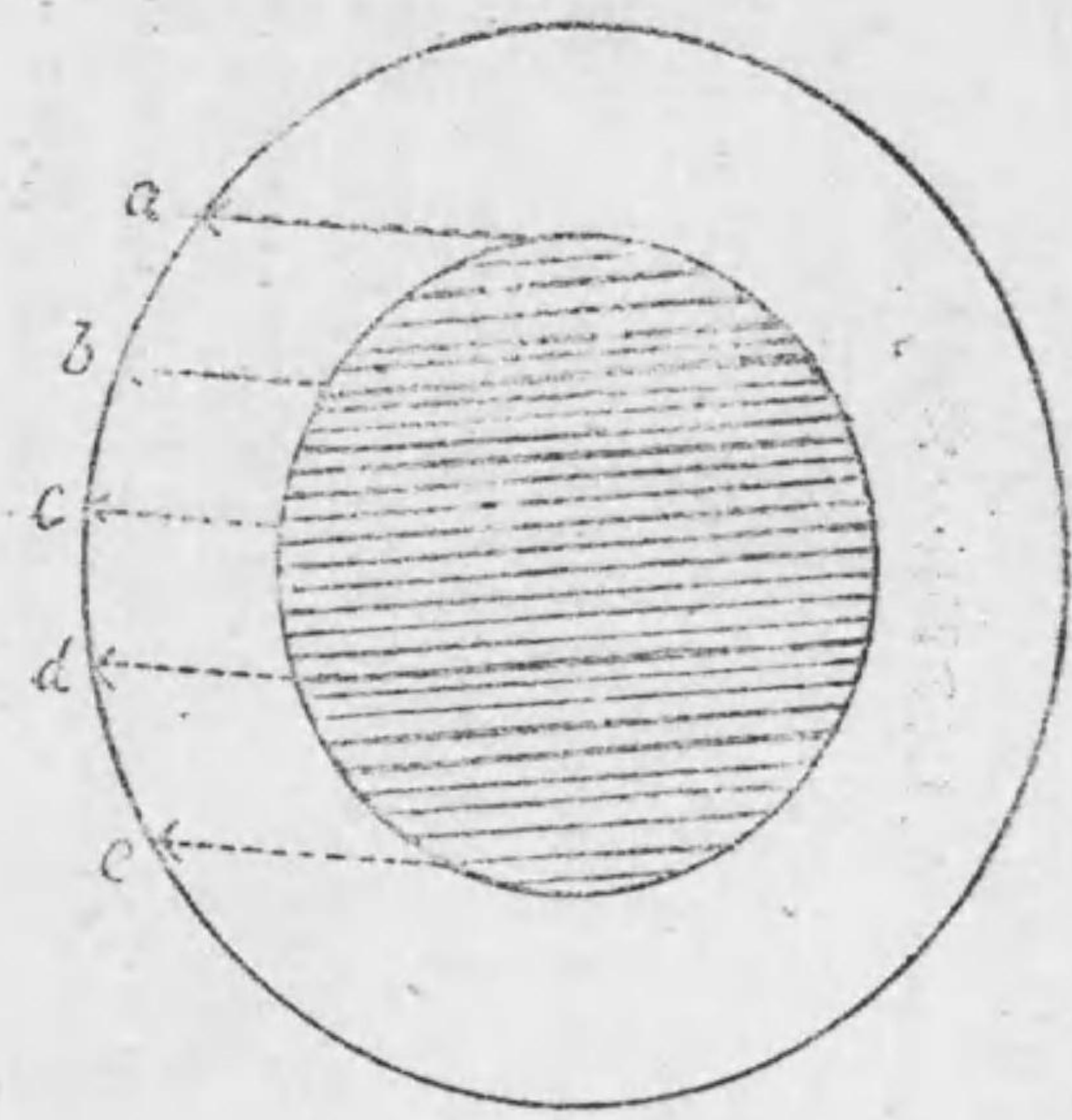
太陽の見掛の直徑は一度四分ばかりであるが、實際の直徑は三十五萬五千里で、正に地球の百九倍餘にあたり、月の軌道の直徑二十萬里に比して尙大きい。その表面の面積は地球の一萬二千倍にあたるから、若し領土慾の甚だしい人種がこの世界へ移住したらさぞかし満足が得られるであらう。容積は地球の百三十萬倍で、質量は割合に

小さく地球の卅三萬二千倍にしかあたらない。それで比重は割合に小さく地球の五・五に對し、わづか一・四にしか當らない。即ち水の一倍半にも達しないから非常に軽い天體であることが知れる。

表面の重力 その表面の重力の強さは地球のその二十七倍にあたる。だから地球で十五貫目の體重をもつ人は太陽へ行けば三百五貫になつて、忽ち崩れ死ぬであらう。太陽面上に於いては一秒間の落體の加速度は、地球上で唯三十三尺しかないのに、八百九十尺に及び、たとへば低い所から墜落しても、からだは忽ち碎けて死んでしまふ程である。實に恐ろしい所である。

太陽霧圍氣吸收 太陽の寫眞をとると、その中心は明るく、周圍に行くにつれて、薄黒くなるが、太陽表面には深厚な霧圍氣が包被し、その吸收作用によるからであつて、第二十七圖に於いて斜線を引ける圓を太陽とし、その外側の圓をその霧圍氣とする。今左方から太陽を望むに、比較的その中央から來る光線はb c d等の薄層を通過

する故、吸収される分量は少ないが、a又はeなどの周囲から来るものは多く吸収されるから、如何しても周囲が薄黒く見えるわけである。



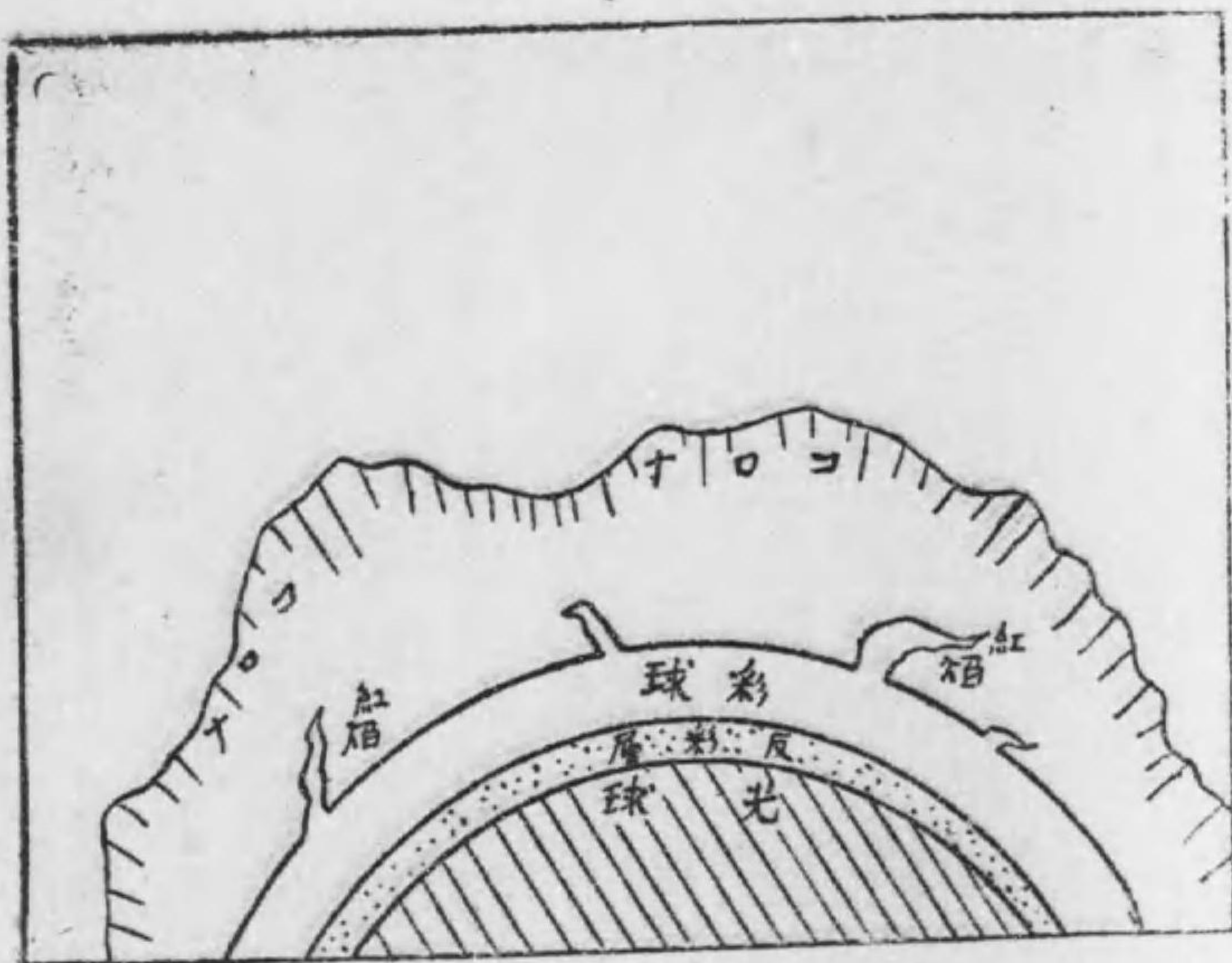
太陽の光の吸収 圖七十二第

地球上に於いて天頂近くの星は比較的こまかいものまでよく見えるが、地平線近くの星は大きいのでないと見えないのは矢張りこの理によるので、地平線近くでは星の光が大氣中を通過する道筋が頗る長いので、大方その光を吸収されて吾人の眼に達しないのである。近頃高山の天文臺を重寶がるのも亦大氣の層のなるべく薄いと

ころを通り星光を観測せんがためである。

太陽の自轉 地球や月が各自轉するやうに太陽も亦自轉する。否この三天體のみならず、宇宙間にある多くの星辰は皆廻轉するらしい。一定の形のない星雲ですら、徐々に廻轉運動をやつて居るらしい。さて太陽の廻轉することは、どうしてわかるかと言ふに、時々太陽の光る表面上に黒點として丁度痣のやうなものが出來、暫らく消えずに居るから、その動き方で太陽の自轉週期をはかると大體がわかる。それは平均二十五日あまりとなるが、ところが、此處に奇とすべきはその赤道附近では二十五日ばかりで、緯度二十度邊では二十五日十八時間、緯度三十度邊では二十六日半、四十度に於いては二十七日となるが、つまり赤道部は兩極のあたりより早く廻轉することゝなる。この點は地球の外殻のやうに全然固體であるのとわけがちがふ。この太陽の自轉軸は地球の軌道に於ける垂直線と、七度十五分の傾斜をなして居るから、黒點の通り路は地球に對して、いつも同じ向をとつて居ない。

太陽の光る線を光球となへ、内部の旺盛なガスがこの表面から、ごし／＼外方に放射され、又非常に壓力の強い大氣の流れの波動のため、光の強い凸部と、光の弱い凹部とが出来、強い部分は米粒の如き觀を呈する。光球のすぐ外側には、反彩層といつて厚さ約二百里の氣體の層があつて、その成分はスペクトル分析によつて判明したが、大抵地球上にあるものと同一である。反彩層の上側が彩球と云はれ、二千里から四千里の厚味をもち、水素、ヘリウム等の氣體から成つて赤く見える。この彩球からとき／＼噴出される火焰を紅焰と名づけ、時には數十萬里の驚くべき高さに達することもある。尙彩層の上層に非常に深くとりまく極めて薄い一種の氣體をコロナといふ。その輪廓は甚だ不定なものである。第二十八圖は太陽を眞半分にしたもので、斜線の引いてあるのが光球で、その外側の　の打つてあるのが反彩層、その次ぎの何もないのが彩球で、その彩球から時々紅焰のめら／＼と燃え上るのが描いてある。尙その上には薄いコロナの層が深く蔽うて居る。



第二十八圖 太陽の切面

紅焰進出 又第二十九圖に於いては太陽面をある装置でかくし、紅焰だけを撮影したものである。

黒點 黒點は第三十圖に示すやうに中央部に黒い部分があつてこれを暗黒部となへ、又その周囲の比較的色のうすい部分を半暗部となへる。黒點は元來、太陽面上に現はれる現象中最も著るしいもので、これによつて、太陽の内部の構造等も推究することができて中々重要なものである。黒點の現はれ方は大概どれも同じもので、先づ初めは小さい顆粒で



出 耀 紅 圖 九 十 二 第

あるが、日數を経るにしたがい次第に發達して大きくなり、時には管形をなし、又分裂することもある。それから段々收縮して遂に滅亡するに至る。この黒點は周圍の明るい部分に對して黒く見えるのみであつて、その實、黒點としても非常に

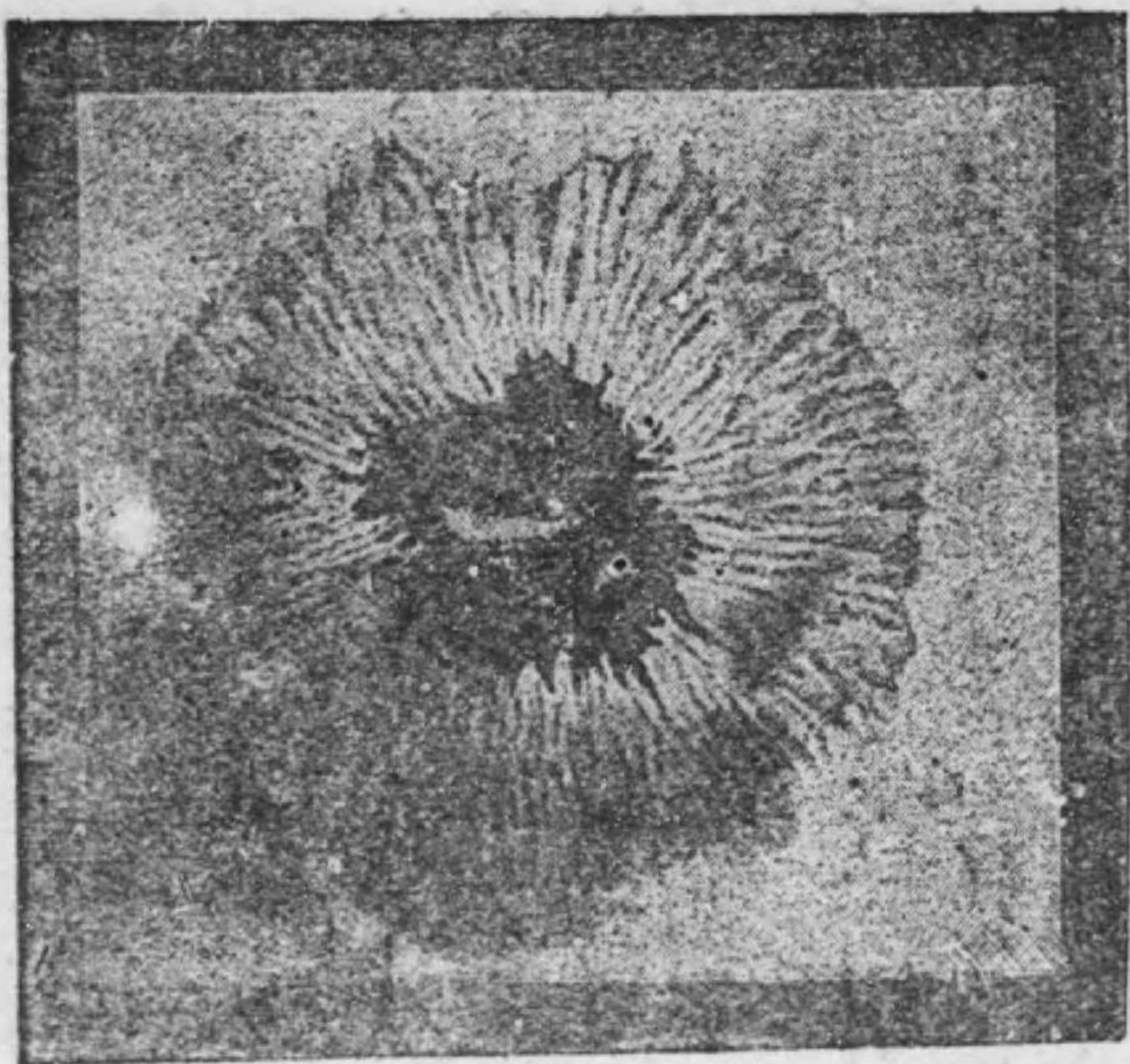
明るいものであつて、その熱を輻射することはかへつて光れる部分よりも甚しいのである。黒點は普通赤道の近くにおこり、

極地方にはあまりないのである。

どうしてこの黒點ができるかといふにそれは丁度地球の上におこる颱風に似たもので、太陽の雰圍氣の中の渦動に依るらしい。太陽の雰圍氣は赤道部に早く廻る結果、極に近い方に相對的にいへば、遅れこゝに渦動が生ずるらしい。

點 黒 圖 三

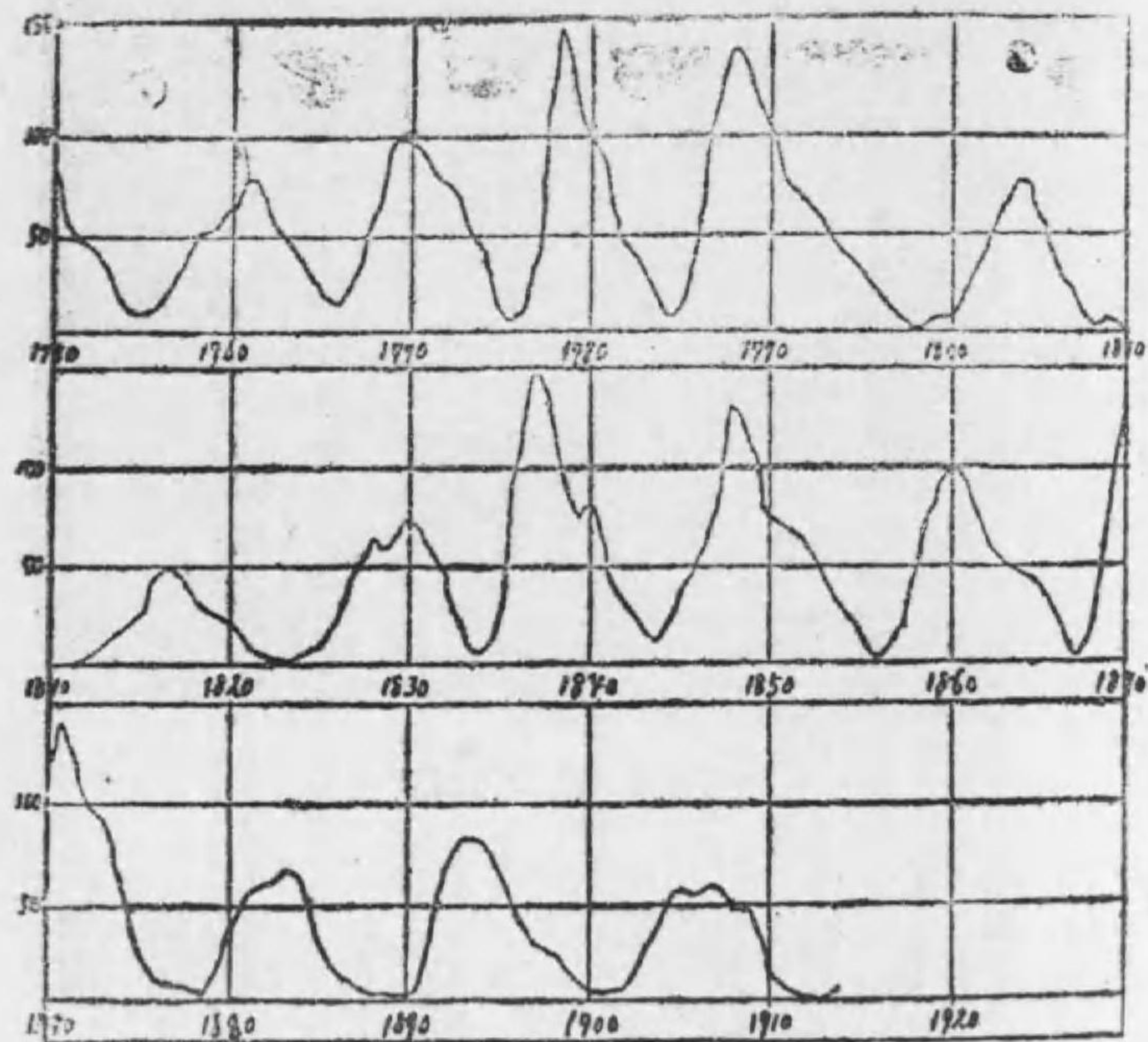
又他の説では、黒點は太陽の内部から噴出された高温のガスが高く昇騰し亦冷却して生ずるのだとか、又は丁度地球上



で兩極近傍にできた氣流がだん／＼赤道附近に流れて來ると同様に、太陽面でもそのやうな運動が起ころのではないといふのである。

とにかく黒點は渦動状態にあるもので且つ内部の噴出と關係があるらしいのである
黒點の週期 黒點は毎年一様に出るものではなく、或る年は多く、又或る年には少なく現はれるものである。その多數に群出するのは約十一年目毎であつて、又十一年目毎に非常に少ない時期が巡つて來るのである。但し黒點はそんなに珍らしい現象でないから、毎日引き續き見えることが多いが、併し少ない時期になると數週間もつゞいて見えないこともある。

黒點の増減 黒點の段々にふえて行く模様は初めは太陽の緯度南北各三十度あたりからぼつ／＼現はれ、それが次第に赤道に近づきつ／＼ふえ、今度はその邊で消えて再び高い緯度から現はれ初めるのである。第三十一圖は西曆の各年代に黒點數の増減を示した曲線である。



減増の點黒 圖一十三第

黒點の増減 如何してかく太陽の黒點には一定の週期があつて増減するかについては、未だ定まつた説はないが、恐らく内部の活動によるものであらう。太陽がエネルギーを八方に放散して、或は冷却し、或は收縮する等、その實質の上の變化にあつて、内部の一揚一抑する脈動の現象であらうといふ説もある。又外部から流星が墜落するに歸するとの説もあるが、それ



光極状態 圖二十三第

は妥當ではない。

黒點と地球上の諸現象、磁氣嵐として磁針の方向の時々、少しづつ東西にふれる現象があるがこれはたしかに黒點の多いときに、多くあらはれ、又黒點の少ないときには少ししか現はれないが、これが黒點の多少と比例することは最早や動かされない事實である。

幕狀極光 又極光として、南北兩極地方の空に奇怪なる幕狀の薄光が時を現はれ、先年日本からも見えたことがあつたが、これも亦、黒點の出現とその頻度を同じうして居る。

かやうにして黒點と、地上の電磁氣と關係あ

ることは明らかな事實となつた。尙黒點と氣象との關係は目下諸學者が研究中であるが、若干の影響はあるやうに思はれる。地球上の各地の氣壓、氣温等を充分に調べればこの兩者の關係が判かるであらう。

太陽の熱 太陽が地球上に及ぼす光熱は一體どのくらゐかと言ふに、大氣の外で、一平方糎の面積に一分間にてらす熱量は平均一・九三三三カロリ（一カロリは攝氏零度の水を一瓦だけ、一度にまで上らせる熱量）であるが、實際は大氣中を通過する間にその半分は吸収されてしまふ。それで地面に達する量は一・〇カロリとなる。

そこで地球に受ける太陽の熱は、地球は又それだけ空にかへしてしまふのであつて若し太陽の熱を地球が貯へるならば、地球は年と共にその温度が上昇して遂には溶解してしまふ筈である。かうして太陽が空間に放射しつくす熱量は非常に莫大であつて地球は實にその二十二億分の一だけそれを受けのみである。この二十二億分の一が地球上の氣象界又は生物界のあらゆる活動の原動力となるのである。以つて太陽の廣

大な威力を推測するに足る。もし太陽表面へ行つてその温度を測れば、それは攝氏の六千度を超えるであらう。

かゝる莫大な熱量を年々歳々空間に浪費する太陽熱の資力は、果して何處にあるであらうかは古來學者間の問題となつて居るところである。一説には太陽の本體の温度が次第に下降するといふのであつて、そのためには一年間に攝氏の一度半ほど冷却しなければならぬのであるが、そんなに早く太陽は冷却するものではない。又外部から盛に流星が落下し、衝突して發熱するのであるとの説もあるが、一年間に太陽の放射する熱量は三に〇を三十三個つけた數のカロリーであつて、それ程のカロリーを補充するだけの落下はとて有りさうに思はれない。又太陽自體の收縮に歸するの説もあるが、それでは餘りに早く太陽は小さくなつてしまふ。又ラヂウムのやうな放射物質にその原因を求める説も近來現れた。要するに太陽熱の原因は未だ確かに解らないといふより外はない。

太陽の生命 太陽の熱源すらも未だわからないのであるから、況んやその過去及び未來の生命等を的確に推斷することは至難なことである。併しそれには先づ地球の年齢からしらべる必要がある。何となれば星雲説に依れば地球は太陽を母體として生れ出たものであるからである。地球の年齢を推究するには、毎年海底に堆積する地層の厚からでもよいし、又海水中に含まれて居る鹽の量と、年々各河川から海水中に送りこまれる鹽の量とを比較してもよし、鑛物の中に含まれるウラニウムなどの放射能を有する物質が崩壊して出來た物質の割合から推定してもよし、或は月の年齢をしらべるのも亦一つの方法である。それは月はもと地球から分かれて、現在の距離にまで遠ざかつたのであるが、逆にそれから月と地球とが一身同體であつた年代を知ることまできよう。

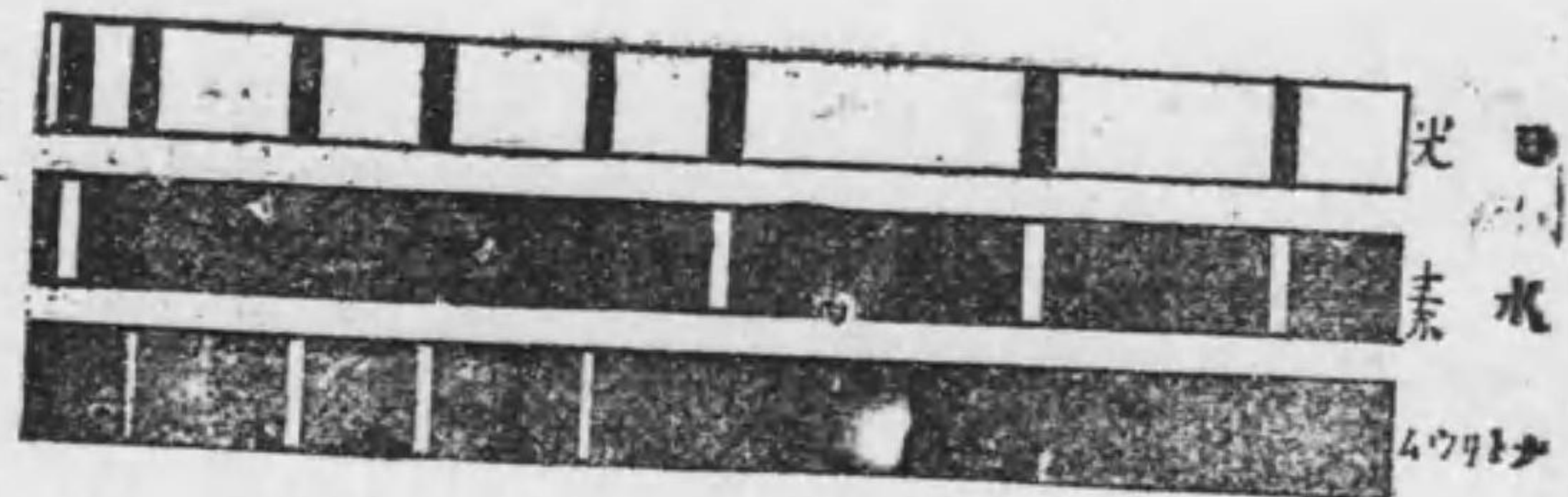
以上の諸方法で計算して見ると色々な結果が出て來る。即ち月の方法からは地球の年齢は約五千萬年、放射能の方法からは十億年以上と出て來る。地球の年齢が先づぎ

つと以上の如くであるとする、太陽の年齢も亦大概推知される。即ち十億年又はそれ以上といふ見當であらう。さうして今後は幾年現在のやうに光るかは一寸わからぬが、段々その光に赤味を帯びて来て、遂に暗黒となることは正しく疑ふ餘地はない。それは後章巨星と矮星とのところに詳説しようと思ふ。

太陽のスペクトル 降雨後空に現はれる美しい虹、朝か夕、太陽を背にして水を噴くときにできる色彩ある環、又は日光をプリズムで分析して得られる色彩ある縞、これらで見ると日光は單色ではなく種々の色彩をふくめることを知る。これをスペクトルといひ、スペクトルは光波の長さの順に排列されて居る。光波の長さの單位は一米の一千萬分の一で、非常に短かいものであることが知れる。通常スペクトルは赤、橙、黄、黄、緑、青、桔梗、紫の七色から成るといはれて居るけれども、二つの隣り合つた色の境目は非常にぼんやりしたもので、決してどこからどこまでが、赤とか橙黄とか指定することは出来るものではない。

スペクトル分析によつて、その發光體の中に含まれて居る元素を知るの原理はからである。先づ固體又は液體は白熱されると唯各色を具へた連続のスペクトルを得られるがガス體は白熾すると、唯所々に輝いた線のあるスペクトルを發し、輝いた線のないところは暗黒である。この輝線の位置はガスによつてチャンネルと一定して居る。今固體又は液體の發する光を冷たいガス體を透して分析すると、大體は連続のバック、グラウンドに所々暗線の横斷するのを見るが、その暗線は、通過せるガス體が白熱されたときに發する輝線の位置に等しい。この理を應用して日光を分析すると、その中に含まれるガス體の何原素に屬するかを知るのである。

日光中の暗線の説明 第三十四圖で上を日光のスペクトルとする。元來日光中には幾多の暗線が横斷するが、今は單に圖にあるだけの數とする。又その下の輝線を發して居る二つのスペクトルを、假に水素とナトリウムとし、それは日光の暗線と比較するとき、水素の四つの輝線も、又ナトリウムの四つの輝線も、丁度日光のスペクトル



明説の線暗 圖四十三第

中の暗線とよく一致符合するのを見る。これ太陽の中にこの
 兩元素の含まれて居ることを物語るものである。

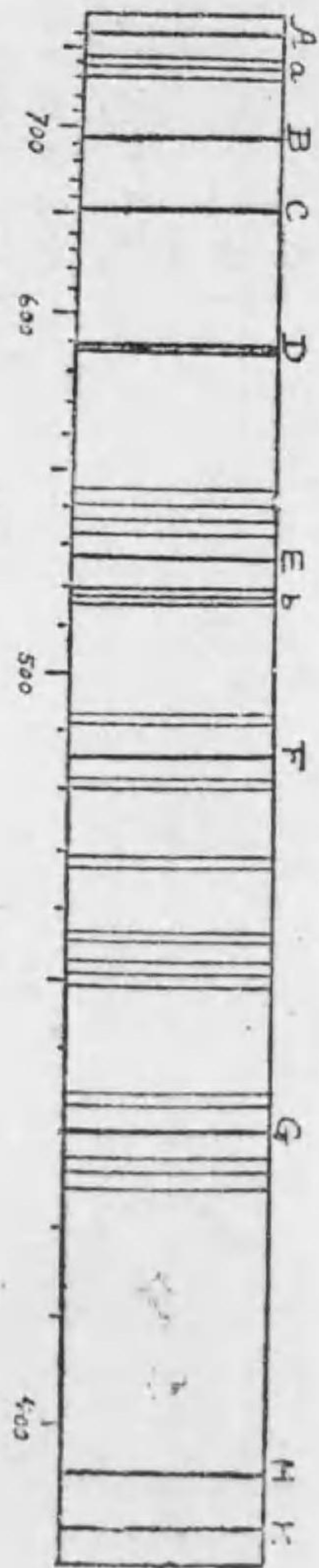
即ち太陽の光球から發する光は連続のスペクトルであるけ
 れども、その上層に浮遊せる零圍氣の吸収によつて暗線が生
 ずるので、この暗線を調べると、零圍氣中の元素がよくわか
 るのである。

かくして太陽中の元素にはカルシウム、鐵、水素、ナトリ
 ウム、ニッケル等幾多の元素の存在することが知れた。

暗線の名稱 日光スペクトル中の暗線にはA B C D E F G
 H I K等の名稱が、その主なるものにつけてあること、第三
 十五圖の如くで、又下部の數字は波長の長さで、その單位は
 前に記したものである。又aとかbとかの文字を附したもの

もあるが、今次にこれらの暗線の生きたる元素を列記しよう。

名稱	波長	原素	記事
A	七五九四	酸素	地上の空氣による
a	七一八五	水蒸氣	同
B	六八七〇	酸素	同
C	六五六三	水素	H γ ともかく
D	五八九〇	ナトリウム	
E	五二七〇	鐵	



圖五十三第

明説の線暗の中光日

b	五一八四	マグネシウム	
F	四八六一	水素	H β ともかく
G	四三四〇	水素	H α ともかく
H	三九六八	カルシウム	
K	三九三四	同	

この中、A a Bの三暗線は太陽の物質ではなく、地球の大気による吸収であるから、もし大気の外側で分析したら、この線はできない道理である。スペクトルには。

連続スペクトル

輝線スペクトル

暗線スペクトルの名稱がある

連続スペクトルとは固体又は液体の發する光りを分析して得られ、一様に光りの續くもので、輝線スペクトルとは、大體は暗黒で所々輝線の横斷するものである。暗線ス



(一)斑毛羊素水 圖六十三第

このもので、輝線スペクトルとは大體は暗黒で所々暗線の横斷するものである。暗線スペクトルとは又の名を吸収スペクトルといひ、ガスの發光に起因し、連続したパツ

ク、グラウンドに所々暗線のあるもので、連続スペクトルを發する物體の前面に冷たいガスがあつて吸収作用をなして起こるものである。

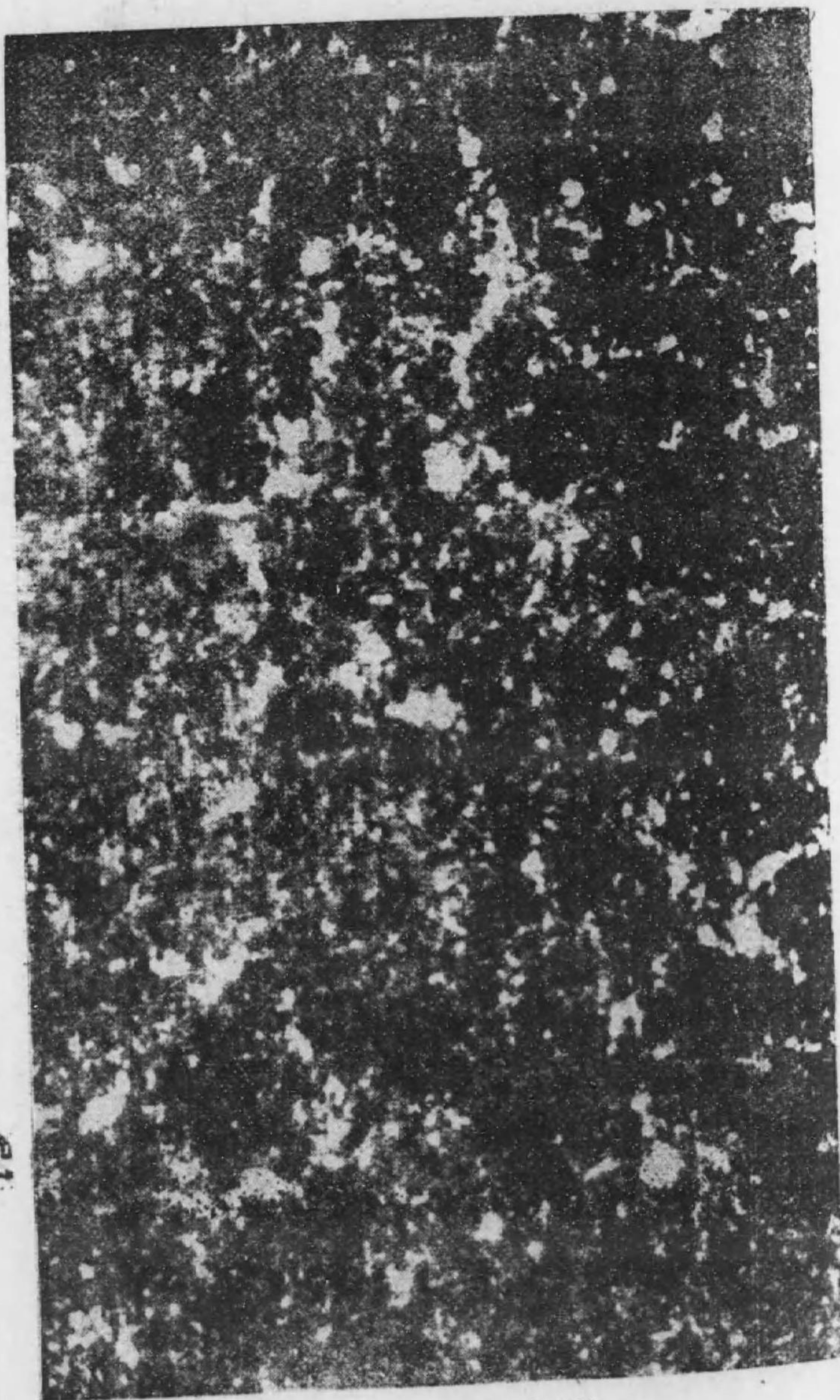
九〇



(二)斑毛羊素水 圖七十三第

で、よく光るものである)を發する一種の元素だけを撮影することになる。斯うして

太陽の分光寫眞 太陽のスペクトル中の暗線の一つを取り、それを細隙を通じて撮影すれば、乃ちその暗線(と言つてもその實周圍の部分より暗いだけ



斑毛羊ムウシルカ 圖八十三第

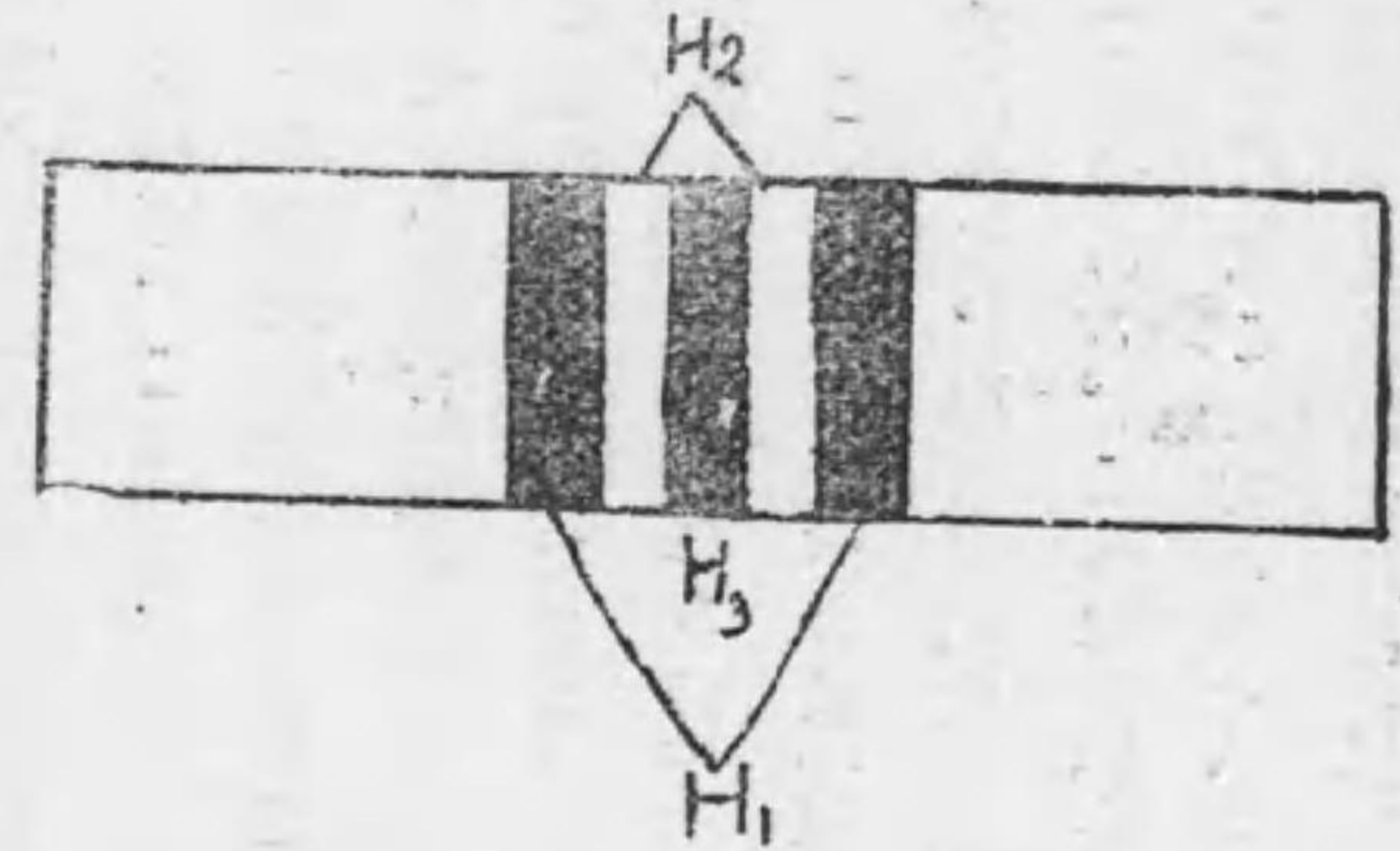
九一

その細隙で太陽面の各部分をのこらず寫した總和は、即ち太陽面全體に浮遊して居る一種だけの元素が寫されることになる。

カルシウム羊毛斑 現今では水素とカルシウムの線で、太陽を取り得るが、かうして取つたものを太陽の分光寫眞となへる。第三十六、七圖は水素の線で取つた太陽面の一部でかやうな雲狀に配置されて居る模様を羊毛斑と名づける。又第三十八圖はカルシウムの羊毛斑で、共に是等のガスの分布状態が一見明瞭にわかるであらう。分光太陽寫眞儀 分光器を用ゐるときは、太陽の中には、どんな元素が在るか判断することができが、ある一つの元素が、どんな有様に分布されて居るかの問題は分光器ではわからない。それには分光太陽寫眞儀といふ器械の力に俟たなければならぬ。

この器械は今から三十數年前、米國人ヘールと佛國人デランドルの二人の天文學者が各獨立に考案したところで、單一の色、即ちある任意の波長の光で、太陽全面が撮影できるのである。初めは主に紅焰の寫眞に用ゐられて居たが、その原因は極めて簡單であつて、その目的とする所は、發光ガスの發する輝線のスペクトルを段々ずらして行つて、太陽面の全像を乾板にうつすので、これに依つて紅焰などはすぐ寫るのである。されど、この器械の最も效用あるところは、紅焰の撮影ではなくして、太陽を全部單一の波長の光でうつすことである。例を言へばスペクトル中赤色の部分の水素線の光を、乾板に感せしめるときは、太陽表面中この光に依つて輝く部分のみが、乾板上に現はれる道理である。かやうにして又他の波長で取れば、夫れ／＼異つた太陽の分光寫眞が得られるのである。

こゝに一言すべきは太陽スペクトル中、暗線と言はれるのは周圍に對照しての暗線であつて、事實は相當に明るい線であるから、その暗線でも亦太陽面はよく取られることである。こゝに於いて先づ起る問題は、この分光寫眞には、どんな線を使用するかといふことであつて、この器械の發明せられたとき、米國のハーヴァード大學天文臺では水素線を用ゐたが、それは不結果に終つた。それはその線の光が不足であつた



線ムウシルカ 圖九十三第

高温度の状態を保つが、光球よりは稍温度が低いから暗線 H_1 と K_1 を生ずる。その帯状と

なつて居るのは上壓力の大きいことを示す。このものゝ上層にある雲状のカルシウムは輝線スペクトル H_2 や K_2 を放出する。且つ壓力が少ないから H_1 、 K_1 よりも細い線を出す。更に上層に又カルシウムのガスがあり、このものは温度も低く、壓力も少ないから、 K_2 、 H_2 の中央に又 H_3 、 K_3 を生ずるのである。即ち次の如くである。

H_1 、 K_1 最下層より出る。

H_2 、 K_2 中層から出る。

H_3 、 K_3 上層から出る。

右の三種の線の中、寫真には H_2 、 K_2 が最も適當で、 H_1 、 K_1 よりも、上層の部分が寫つて居る。従つて H_1 、 K_1 は最も上層を撮影したことになる。 H_1 、 K_1 と H_2 、 K_2 とは共に暗線であるとは言へ、よく乾板に感するのである。かやうにして太陽のカルシウムの各層は任意に寫されるが、他の元素はさう容易にはいかない。目下太陽分光寫真機の最も精巧なものは米國ウイリソン山天文臺で臺長ヘールの設計したものであつて、そのため太陽

の研究は目醒ましい進歩をした。ヘールの研究によれば、白熱状態にあるカルシウムのガスは廣大な柱状のもので白紋や米粒組織より外方に突起してをるらしい。この柱は上部に昇るにしたがひ次第に膨れ出し、頂上は太陽の零圍氣にまでとゞいて居る。紅焰と同様にカルシウム羊毛斑には、噴出状羊毛斑、靜羊毛斑の二種があり、前のものは噴出状紅焰と密接な關係がある。恐らくはその紅焰は、噴出状羊毛斑から噴き出されたのかも知れない。

カルシウム羊毛斑によつて太陽が自轉する週期を知ることが出来る。ある學者の研究した結果によれば、カルシウム羊毛斑は黒點と同じやうに、太陽の赤道に於いて最大の速度を有し、極に近づくにしたがつて速度を減ずるといふことである。このやうにして種々の高さに於いてのカルシウム羊毛斑の狀況が知られるが、又それと同様にH⁺とH₂の兩線の運動によつてカルシウム羊毛斑がどんな方向に、どんな速さで移動するかゞ決定できる。觀測の結果によれば、カルシウム羊毛斑は狀況によつて色々相違

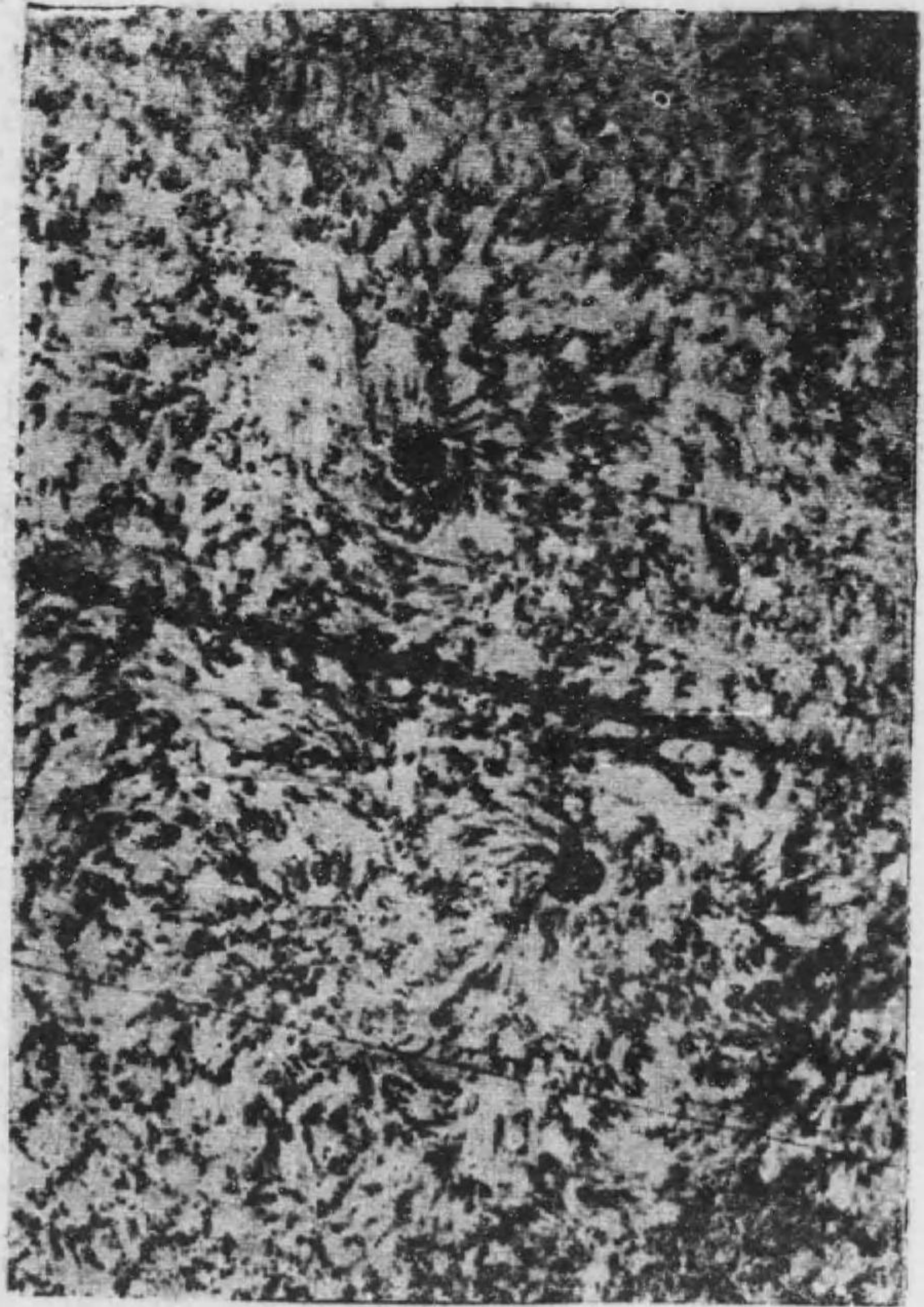
があるけれども、大約毎秒一籽の速さで、上方に向つて運動しつゝあるものである。

ウイルソン山天文臺のヘールは、更に水素線を用ひて水素羊毛斑なるものを撮影した。このものはカルシウム羊毛斑に似て居るけれども、一般には黒く現はれること前の第三十六、七圖にある通りである。但し黒點のあたりでは水素羊毛斑と雖も輝けるものがあり、水素羊毛斑の黒色なものは太陽零圍氣の上層にあるものであつて、溫度は既に下降せるものである。そして是等の大部分は噴出状カルシウム羊毛斑と密接な關係を有する。水素羊毛斑は噴出状紅焰と同じものかも知れない。

水素羊毛斑の渦動　ヘールは近頃、水素羊毛斑の研究から重要な結果を得た。それは太陽零圍氣中の水素を引きつける引力の中心である。そして黒點の周圍には第四十圖のやうに、水素ガスの渦動の起れることを知つた。先年に現はれた大規模の黒點群は水素ガスの甚だ大きい渦動であつた。併しこの群に於いてカルシウム羊毛斑は渦動をしなかつた。またヘールの研究するところに依れば、或る時廣大な水素羊毛斑の一

端が毎秒百籽の大なる速さで黒點の中に引きこまれつゝあるのを發見した。

九八



動渦の斑毛羊素水 圖十四第

黒點の作用はかやうにして實に著るしいもので、水素羊毛斑が十四萬籽の距離にあつてさへ、影響を及ぼすものである。ゼンマン効果、光と磁氣との關係は、約八十年前にファラデーが偏光線について發見したところの

ファラデー効果なるもので初めて知られた。ファラデーはその晩年にスペクトルと磁場とが何等かの關係あるものと考へて、色々試験して見たところ、何時も無効であつた。そのときは未だ分光學の初まつたばかりの時代で、精細にスペクトル中の線の變位を測る仕掛けがなかつたからであらう。それから約三十年を経て、ゼーマンも同じやうな研究をやつたが、このときは既にローランドの凹格子や、強度の分光器も發明されて、實驗には事を缺かなかつたものゝ、たやすく磁場の影響が見えなかつた。併し幸にして彼れを指導するローランドは、スペクトルの線が二三本に分裂して、夫れが各偏光であることを論じた。これが手掛りとなつてゼーマンは遂に線に差をみとめた。乃ち光を磁場に置き、磁力の方向に傳はる光は、線の兩端で圓偏りを示し、その偏りの廻轉は互にあべこべになつて居る。

又磁力線に垂直に傳はるものは、線を中心に射影の面に平行に偏り、そして兩端はこれに垂直になつて居る。かうした實驗はローレンツの推理を一部分證據立てたもの

であるが、その後マイケルソンは、干渉屈折計で、このやうに異つた偏りを表はすのは別々の線ではあるが、その距離が近ひから、互に融合してぼんやりした單線かの如く見えることを明かにした。つまり器械の分析する力を大きくして、磁氣の力を強めればはつきり別線として現はれることが明かになつたから、ゼーマンの實驗はさして困難なく物理の實驗室で行ふことが出来るやうになつた。

かやうに一本のスペクトル線が、磁力の作用で、幾本にも分裂する理由は、大體物質の觀念の變化に伴うて演繹されたものである。真空中の放電や、放射機能を完全に説明しようとするには、従來のやうに原子を壊れないものと見ることは不可能である。原子はその實複雑な構造であつて、その小部分は陰電氣を帯びたる微粒、即ち電子もあり、又陽電氣を帯びるものもある、つまり帶電體の集合したものであつて、それらは少しも靜止せず、盛に活動しつゝある。そして其の軌道は回線であつて、一度去つたら二度と復らないものではないから、圓であるとか、楕圓であるとか、多分そんな

種類の曲線であらう。

若し假にそれが圓であるとすれば、圓心に向ふ力が電子に働いて居る故、今これに外方から磁力が作用すれば、運動しつゝある電子即ち、電流は、軌道に垂直に作用する力ができる。この力は軌道を保ちつゞけるに圓心に向つてはたらく力と同じ方角にあることもあり、又は反對に向くこともあるので、外方から作用する力が軌道の平面に垂直に在る時は、前より週期の短縮する場合もあり、又延長する場合もある。しかもこの伸縮あるときは、電子の軌道を廻る方向が反對になつて居るから、偏光が互に逆に廻る様になるのである。

こゝに最も注意すべきは分れ方が概ね磁力に比例して居ることであつて、分れた線の間隔を測れば、實驗上定めた常數から、光源のあるところの磁場の狀況が判然するのである。ヘールの太陽の黒點についての調査は、第一にこの點にあるので、もとから黒點は強い磁場であらうと想像されて居たが、その直接の證據は握られなかつた。

しかるに黒點から發する光線の分析に依つて、そのゼーマン効果を表はしてゐることが明らかになつたのみならず、又磁力の強さも測定されるに至つた。

ヘールは時々太陽の黒點を撮影して、その渦動を表はすと共に、電流がこれを旋廻して居るらしいと想像した。このやうに旋廻して居る電流は、やがて磁場を作り、その力線が渦動線に平行して居ることは、從來熟知されて居ることであるから、黒點が太陽の中央に在るときは、磁力線に沿うて光を發散するため、もしヘールの想像が間違ひなければ、圓偏りを表はす重線のスペクトル線が見えるわけである。

そして若し太陽の縁邊にある黒點から來る光を望めば、平面の偏りを表はす普通二線に分裂したものが見える筈である。このやうな偏りの立つた有様は、特別にフレネルのロムといふ玻璃片と、ニコルのプリズムでたやすく判断し能ふのである。

ゼンマンはスペクトル線の移動を測つて、黒點内の磁場は約六千ガウスであらうとした。さて東京では地球の水平磁力は凡そ 0.3 ガウスであるから、ヘールの觀測し

た黒點内ではこれより二萬倍大きいものである。そしてこの強い磁力を生ずる原因については、憶測を下すことは容易である。太陽面は攝氏の六千度近くの溫度にあるから、物質が高い溫度に依つて生ずる電離作用を蒙つて居て、又激しい渦動をなす黒點の内には電子が旋廻しつゝある。

これは丁度針金を巻いて、これに電流を通してあるフレノイドと同じやうであつて、それゆゑ黒點は一つの電磁石に等しいものである。それで旋廻の方向が逆となれば、偏りの具合も逆とならねばならぬ。

ヘールはこの點を測つて果して像想に違はないことを見出した。太陽の縁邊にある黒點から來る光は、磁力に直角なる方向に傳播して來るから、この光線は單に平面偏りを示すのみであることは、ヘールがその後確かに認めた所である。こゝに一言すべきは、太陽黒點と地球上の磁力の變動とが比例して居ることから、黒點が磁場であることがゼーマン効果に依つて判明した。やゝもすればその直接影響が地球まで來るも

のと速断を下す人がないこともなからうと思ふが、それは大きな誤解で、よし黒點が強い磁場であるにもせよ、その距離が地球から三千八百萬里もあるから、とても通例観測せられるほど、大きい狂ひを地球の磁力に及ぼすことは不可能である。

それであるから地球磁力の變動は直接に斑點の及ぼすものでは決してなく、間接のものであらう。そしてその原因は地球大氣上層の電離作用に關係して居ることは、極光の出現、その他磁力變化の周期等から容易に推測せられるのである。

第四章 太陽の一族

太陽系、これまでに地球、月、太陽のあらましを説いて來た。この太陽を主人公として、八つの惑星、其の他各衛星を従へて居るものを總稱して太陽系といふ。蓋し太陽を主人公とし、あとの諸天體はその従者たる位置にあるからである。どうして太陽がその主人公たる位置を贏ち得て居るかといふに、それは外でもない。その質量が大

きいから、又したがつて引力の強さの致すところである。人間社會に於いても財物を饒多に所有するものが最後の勝ちを占めると同様、天上界に於いてさへ、物質の高を多く占領するものは、然らざるものより権力がつよいのである。

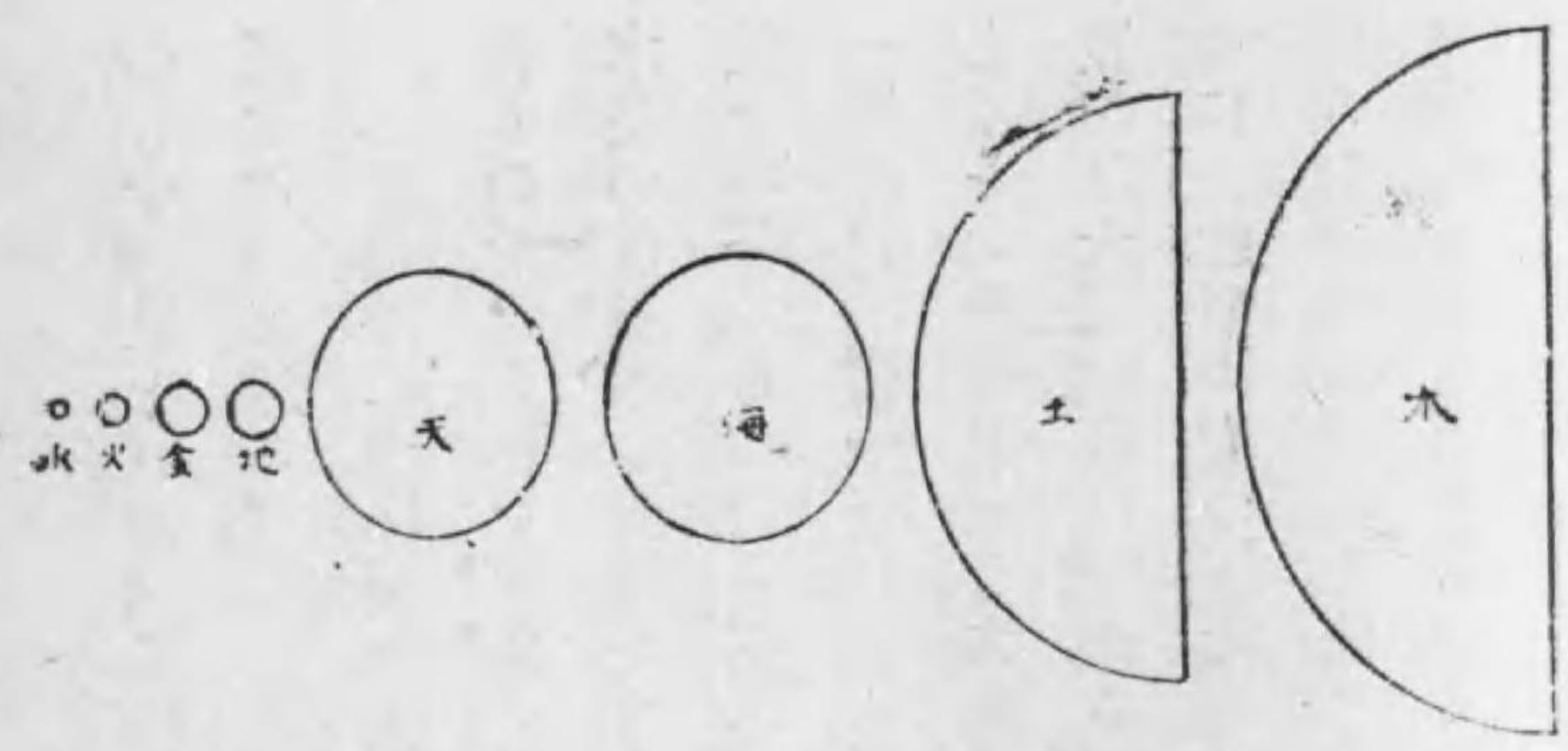
今太陽を廻る八惑星の直徑、質量、公轉週期、自轉週期等をかきならべて見ると次のやうであるが、参考のため日月の分をも入れた。

	直徑(里單位)	同(地球單位)	質量(地球單位)	公轉週期	自轉週期
太陽	三五〇〇〇〇	一〇九、四〇	三三二〇〇〇	—	二六日
月	八八〇	〇、二七	八二分の一	—	二七、三
水星	一二〇〇	〇、三八	二分の一	八八	八八
金星	三〇八〇	〇、九七	〇、九二	二二五	二四時
地球	三六〇〇	一、〇〇	一、〇〇	三六五	二四
火星	一七〇〇	〇、五三	〇、一五	六八七	二四・五

木星 三五〇〇〇 一〇、九二 一三〇九 一二年 一〇
 土星 二九〇〇〇 九、一七 七六〇 二九 一〇
 天王星 一二八〇〇 四、〇三 六五 八四 ?
 海王星 一四〇〇〇 四、三九 八五 一六五 ?

各惑星の大きさ ところで第四十一圖で見るやうに各惑星をその直径の割合に描いて見ると、水、火、金、地の四惑星は非常に小さく、天、海、土、木の四惑星は非常に大きくなれて大きいことがわかる。

太陽系の中には惑星の外に、水星と金星を除き、他の惑星には一個以上づつ、従属せる天體があり、これを衛星といふ、地球の衛星は月であることは誰でもよく知つて居るであらう。又火星と木星との間にはあまたの小形の惑星が廻轉して居るが、これを小惑星といひ、その外まだ彗星、流星、隕石、黄道光、對日照などいふ至つて幽微な數多くの天體があり、土星だけには又環として甚だ奇體なものが廻つて居る。



第 四 十 一 圖 各 惑 星 の 大 き さ

水星 今これらの諸天體を順次説明しよう、先づ太陽のすぐ近くに廻轉しつゝある水星から言へば、この惑星の見掛けの直径即ち視直径は弧度の五秒乃至十三秒の間を往復し、前記の表の如く直径は甚だ小さいから、その容積は地球の〇・〇五六倍にしかあたらす、比重は割合に大きく四・七(水を一とする)である。即ち水星は非常によく固まつた天體で、唯その内部だけが溶解して居ること地球の如くであらう。その質量が小さいから表面の重力は地球の〇・四三倍にすぎない即ち地球で一貫目のものは、この世界へ行けば四百三十匁にへるのである。太陽からの平均距離は千四百七十五萬里で、その軌道を運行する速度は一秒間に九里

から十四里といふ、すばらしい速さであつて、その軌道面は地球の軌道面に七度の傾斜をなして居る。

水星は時に太陽面を黒點となつて通過することがあり、かゝる現象は丁度日食に似たもので、これを經過と名づけ、水星、^{金星}星の兩惑星だけのひきおこす現象である。

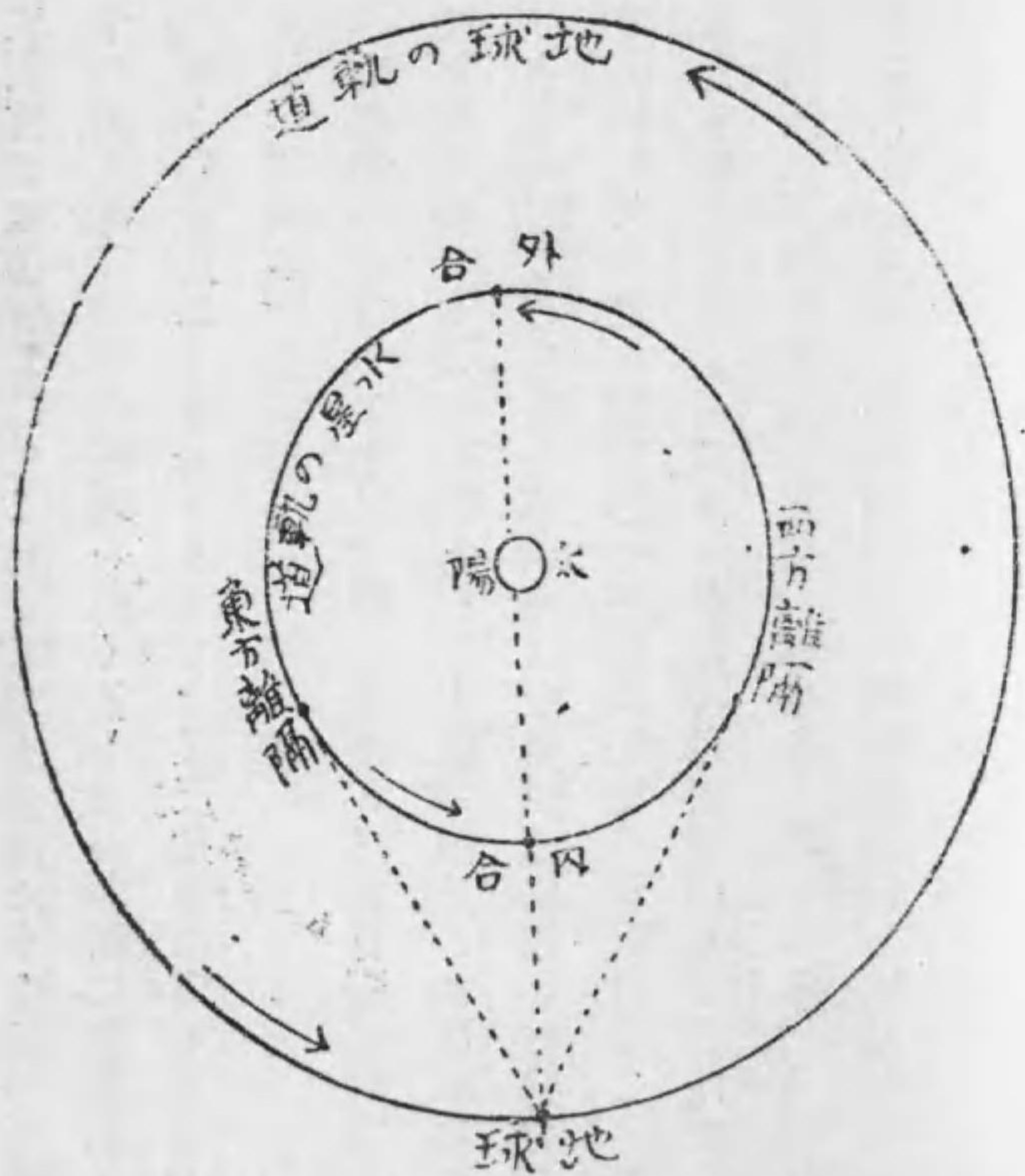
水星の反射率（太陽からうける光熱の全量を一〇〇とし、その中外部へ照り反へす分量を半分であつたら五〇、四分の一であつたら二五とする。これを反射率といふ）は一四で月の價一三によく似て居る。このことは何を物語るかといふに、それは月と同じくその表面を包む大氣の甚だ貧しいことを表明して居るのである。もしこの惑星に豊かな大氣が蔽ひかぶさつて居るものなら、それは甚だよく日光を反射するから、ために反射率はもつと大きくなければならない。しかるに事實その價の小さいところを見ると、水星は月と同じく全く大氣の缺乏した赤裸の天體であつて、そこには何等の流動體も沉んや生物などの存在する筈は決してない。

潮汐摩擦 又こゝに奇とすべきは、水星は始終その半面だけを太陽に向け、他のダーク、サイドは永遠に太陽にそむけて居ること、あだかも、月がその半面だけしか地球に振り向けないのと全く等しいのである。これは何故かといふに、月の場合では月がその溶解してどろどろの状態にあつたとき、地球はその最も己れに近い月の表面に引力を及ぼし、その部分を高くもち上げた。然るに月は一方へ速かに廻轉しつゝあるのに、いつもその地球に近い部分は地球に引かれて持ち上げられるので、こゝに丁度ブレーキをかけられたやうな結果となり、即ち月がちつとして居ることになると、その持ち上がった部分、即ち高潮は月の廻轉の方向と反對に月面を運動することになり、こゝに摩擦を生ずる。これを潮汐摩擦といひ、そのためその摩擦が永劫の間に累積して月の自轉を止めてしまつたのである。地球も亦月の引力により西から東へ自轉するので、宛も高潮は東から西へ移動することとなり、こゝに地球は潮といふブレーキのために次第に自轉時間を伸ばされることになる。水星は太陽に最も近いので、太陽の引

力は最も強くはたらしき、遂に水星の半面だけを自分の方に引きつける、横暴を敢へてしたのである。尙他の惑星も少しづつではあるが、太陽の潮汐作用のためにその自轉の時間を引き延ばされつゝあるのである。

水星がその運行中、地球と太陽との中間に入りこむことがあつて、これを内合と名づけ、又地球、太陽、水星の順に排列されるときを外合といひ、地球から見て最も太陽をはなれるときを最大離隔といひ、その太陽の東方にはなれるときを東方離隔、西方のときを西方離隔といふ。そして二十八度より多くはなれることは決してなく、そのため水星は、朝又は夕方でないと思えないから、甚だ観測に都合の悪い天體である。

水星軌道上の各位置 第四十二圖は水星の軌道上の各位置の名稱を示したものである。外合、内合ともに太陽と同方向となつて見え、最大離隔のときは太陽とはなれてからよく見え、西方離隔は太陽の西であるから日出前曉にこれを見、東方離隔は太陽の東であるから、日没後宵にこれを見ることが出来る。



第四十二圖 水星軌道上の各位置

金星 水星のすぐ外側に廻つて居るのが金星であつて、視直径は十一秒から一分七秒まで變化し、容積は地球の〇・九二倍である。惑星の中で、その大きさからいへば、これほど地球に酷似したものは二つとない。比重は四・九四でこれ又、地球と相距ること遠くない。

表面重力は 0.82 でこれは地球より少々小さく、太陽からの平均距離は二千七百五十四萬里あり、その軌道を行く速さは一秒間に九里弱である。金星と地球との軌道面の傾きは三度二十四分であつて、又反射率は 0.76 といふ惑星の中で最も大きい價を示して居る。

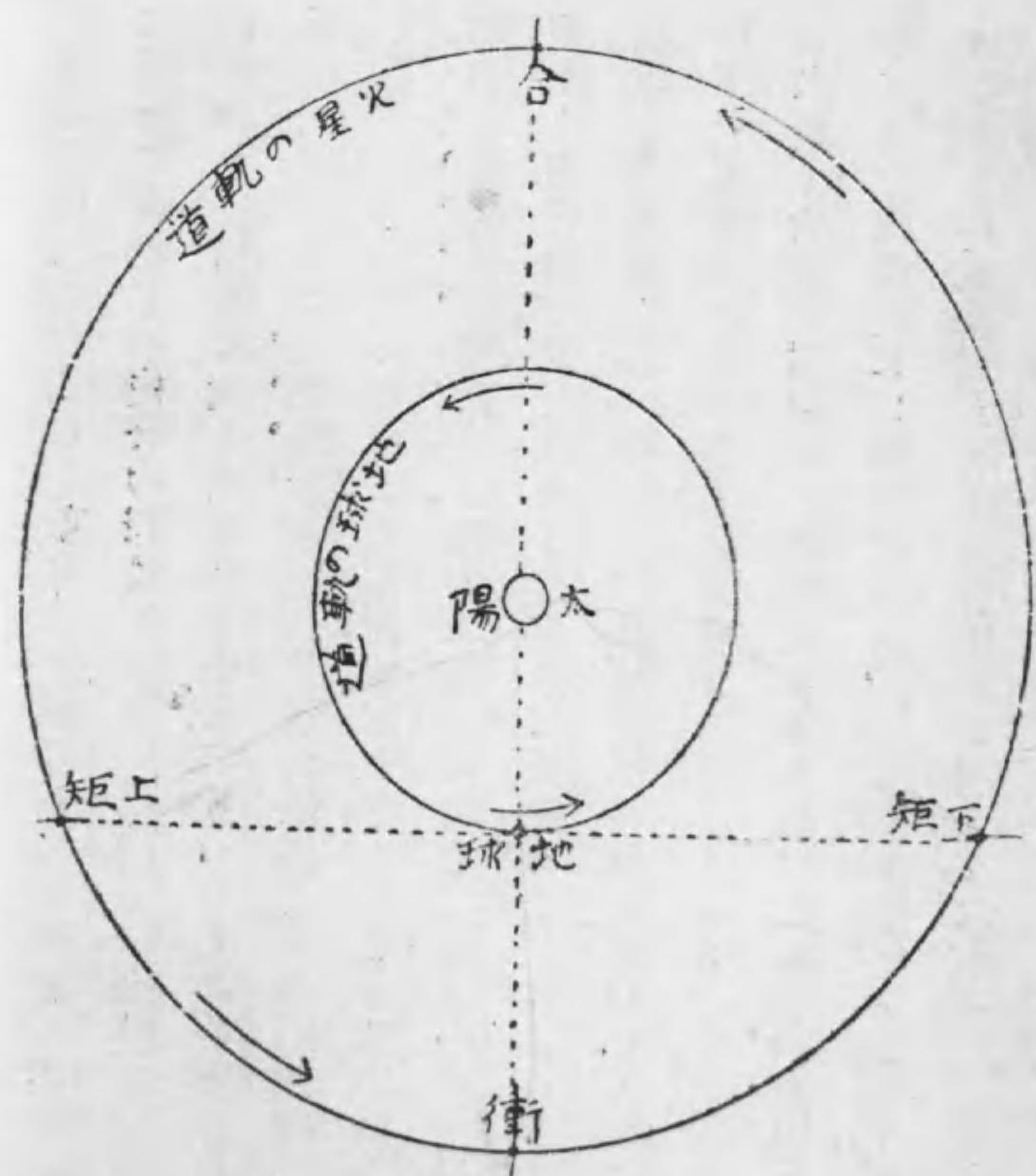
反射率から言つても又、時に金星が三日月形に虧けたとき、その二つの尖端が餘計にとがつて光ることから考へても此の惑星には濃厚な大氣の包被せることは決して疑ひのないところである。又時に金星が太陽面を經過するとき、その將に半ば出ようとするにあたり、その黑影の周圍に光輪の現はれることなどから推測しても、何れの方面から察してもこの天體に濃密な大氣のあることは少しも疑ふ餘地はないのである。

金星は又月と等しく盈虚の現象をくりかへし、水星と同じく外合、内合、最大離隔の位置をとるが、内合のときは暗黒面を吾人に見せるから新月のごとく、外合のときは全面輝くから満月の如くで、又東方離隔は上弦、西方離隔は下弦とその趣きと同じ

つする。但し月の場合と異なり、地球からの距離が非常に變化するゆゑ、其の視直徑は種々に變化し、内合の際最も大きく此、とき金星は地球に一千一百萬里ほど接近し外合のときは最も遠くはなれるから、従つてその視直徑は非常に小さくなる。金星の最も光るときを最大光度と稱し、最大離隔より少し地球に近いときである。但しあまり近づくとも、段々缺けて光る面積が少なくなるから、割合に光らない。

月と金星との接近 第四十二圖は大正十二年の一月、見掛上、月と金星とが接近し左から四番目の圖では全く陰された所である。月はかやうにして太陽をかくして食の現象をひき起すのみならず、惑星や恒星をも蔽ひかくすことがあつて、これを掩蔽といふ。又惑星が他の恒星を掩蔽することもある。

水星と金星とは地球の内側にあるから、これを内惑星と稱し、火星以外を外惑星と稱する。内惑星には内合、外合、最大離隔及び經過等の現象があるけれども外惑星にはこれらの現象はなくして又他の現象がある。



第四十三圖 火星の軌道各位置

一一四
 火星 火星は地球のすぐ外側に廻轉する天體であつて、視直徑は三秒半から二十五秒まで、いろいろに變化する。容積は地球の〇・一五倍で水星の次に小さく、比重は三・九でこれは餘り小さい方ではない。表面重力は地球の〇・三八倍

で、太陽からの距離は平均五千八百萬里であつて、地球には二千萬里まで接近する。そして地球の軌道面と、その軌道面との傾きは一度五十一分である。火星はその軌道の上を運行する際、地球、太陽、火星の順に一直線に列んだときを合と云ひ、又太陽、地球、火星の順に一直線に列んだときを衝と云ふ。又火星が太陽より、九十度はなれたときを矩と云ひ、太陽の東へ九十度はなれたときを下矩、西へはなれたときを上矩と云ふ。すべては第四十三圖に示すごとくであつて、木星以下の各外惑星は皆この現象を現はすのである。

火星の反射率は二二といふ割合に小さい價であるから、よしや、そこに大氣があつても非常に稀薄なもので、水星を除き、惑星中最も大氣の缺乏した天體である。この惑星に運河があり、又は生物が棲息するとの問題は中々一般人の興味をひくところであるが、それは後章に譲つておく。

小惑星 小惑星は火星の次ぎに来る千個あまりの小天體であるが、それを説くまへ

にボーデの法則について述べなければならない。今こゝに0、3、6、12……といふ後者が丁度前者の二倍にあたる数をならべ、それに4を加へて行き、又一方地球の太陽からの距離を10として、他の七惑星の距離を、夫れ々々それに應じて計算してならべると、

名稱	ボーデの數	距離
水星	4	3.9
金星	7	7.3
地球	10	10.0
火星	16	15.2
木星	28	—
土星	100	95.4

天王星	196	191.8
海王星	388	300.5

4、7、10……等をボーデの數となへる。これはボーデといふ人の作つた數であるが、これを作つたときは、未だ天王星も海王星も發見されず、水星から土星までの距離とこのボーデの數とを比較して見ると誠によく一致しては居るが、28に該當する惑星がないので甚だ困つて居る。しかしその後、196に相當する天王星が發見されたので、ますます28の空位を填める何者かあることが推知されるに至つた。

ところが果して、千八百一年に至り、伊太利の天文學者ピアジガケレスといふ人がごく小さい惑星を發見したが、その直径は恐らく二百里を越えまいといふ、月より小さい惑星であつた。それからパラス、ジュノー、ヴェスタ、ヘンケ、アストレー等續々他の人々によつて發見され、現今では千個以上にも其の數がふえたものゝ、その全質量はとても地球一個分もないといふことである。

この小惑星は、中々氣まぐれもので、その軌道の細長いものは木星の軌道の外側
まで延び、又エロスの如きは火星の軌道をくゞつて、それよりも地球に近づくのであ
る又その軌道面が地球のそれと大きい傾きをなすものがあり、パラスの如きは三十五
度の傾斜をもつて居る。

木星 木星は惑星中で最も龐大な體軀を有し、その視直徑は三十二秒から五十秒ま
で變化する。容積は地球の千三百十倍に達し、比重は一・三二であるから、太陽と同
じく、極めて稀薄な物質によつて組成されることが察せられる。その表面重力は地球
の二・六五倍といふ可なり大きい價であつて、太陽からの平均距離は一億九千八百萬
里あり、地球の軌道面と、その軌道面との傾斜は一度十九分にあたる、反射率は六二
で、即ちこの惑星の表面には濃密な雲霧が深くとりまいてゐることがわかる。但し木
星の大氣は金星や地球に大氣があるのと大にその状態を異にして居る。如何となれ
ば、金星や地球に大氣があるといふのは、その冷却し切つた固い外殻の上に大氣が充

欠

欠

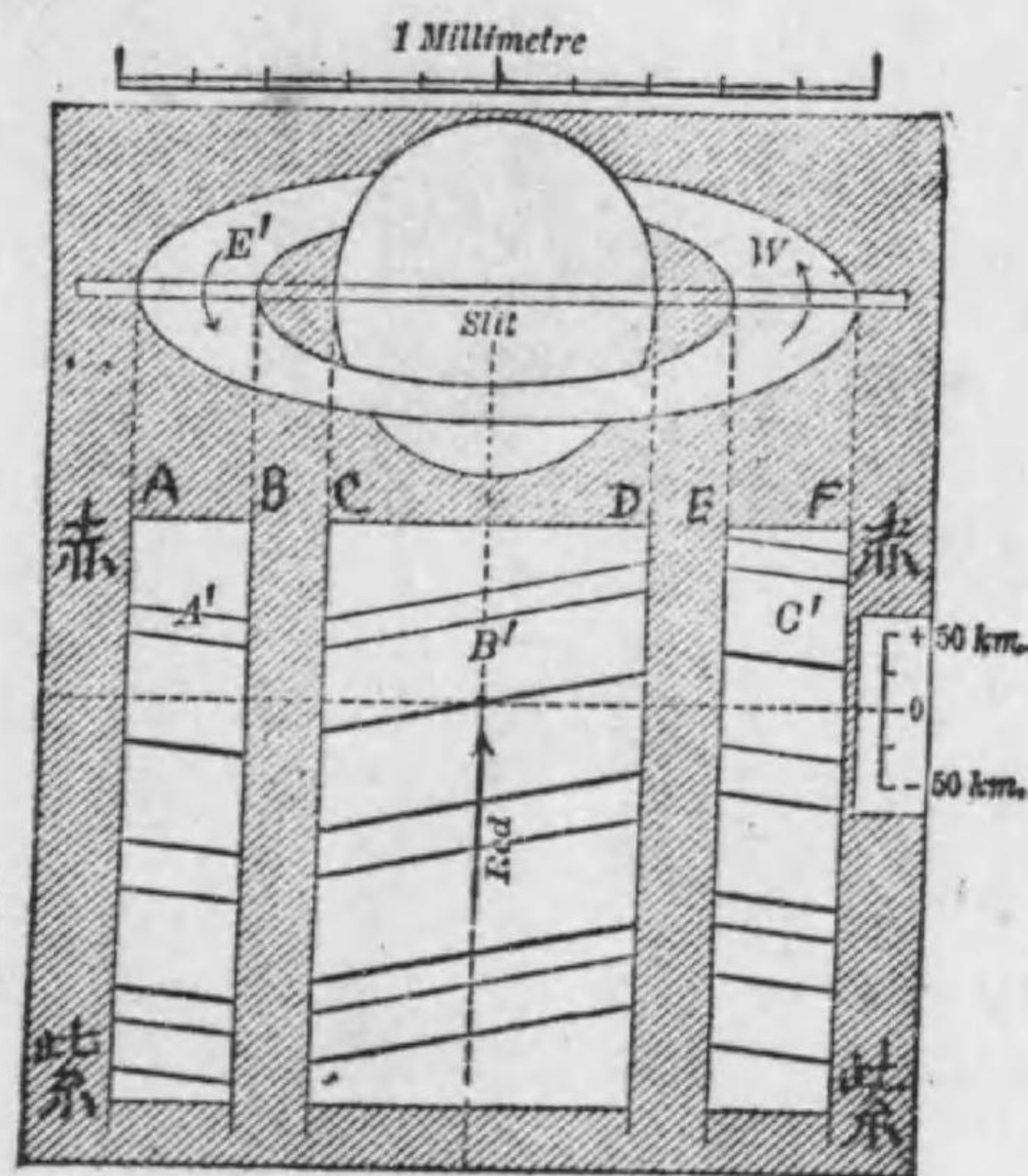
太陽からの平均距離は三億六千三百萬里で、地球の軌道面とその軌道面とは二度半の斜角を有し、反射率は七二で甚だよく反射する。この惑星も亦木星と同じく、其の外殻が未だ固まらず、密度の大きい物質が次第に下層となつて重なり、大氣と外殻との境界面ははつきりしないから、その如何に若齡なるかゞ察し得られるであらう。表面重力は地球の一・一八倍である。

この惑星には最も奇體な環が附屬して居る。第四十四圖は三個とも土星であつて、その環は見る時期によつて、色々な恰好を呈するが、上のやうに側面から見ると、細く、まるで針のやうにも見え、中の如く傾いても見え、下の如く水平にも見える。

この環は凡そ三層から成り、外層は稍うすぐらく、中層は一番よく光り、その間に空隙がある。内層は中層にすぐ接續して最も小さい。これらの三つの環はその厚さ至つて薄く、環の平面から見ると、針の如く見える。

一體この環狀物は連続したものか、又はばらばらの個體かは久しくわからなかつた

が、若しばらくであつたら、それが内側ほど早く廻らねばならぬのであるが、分光器によつてしらべた處果して、それは個々の個體から成り立つて居ることが知れた。あとで述べるが、ある物質が吾人に近づくと、そのスペクトル中の線は紫の方に變位し、遠ざかると赤の方に變位するものである。



理な々々らばの環の星土 圖五十四第

土星の環のばらばらな理 圖の如く土星體と其環から發するスペクトル線の變位を調べるに環のA即ち外側からのスペクトルはおそい、即ち内側の邊から發するものよりおそいから、その暗線はAで赤に、Bで紫に偏するのでA'のスペクトルの如き傾いた暗線がで

きる。

次に土星の本體ではCの邊は吾人に近づき、Dの邊は遠ざかるからB'の如き傾きのある暗線を有するスペクトルができる。

又その次に、環の内側Eは向ふへ早く去り、外側Dの邊はゆつくり去るからC'の如き傾きを有する暗線のスペクトルができるわけである。これで見ても、環の内側ほど早く廻轉することが判明した。即ち環は連続した物質ではないのである。

凡そ天體現象中、この土星の環ほど美しく又、奇體なものは又とないから、一寸大きい望遠鏡を手にするのできた時は早速のぞくべきものである。ちなみに云ふが土星は稍黄色を呈するから他の惑星と區別し易く、又火星はその名の示すわけでもあるまいが赤色の天體であることを覚えておくことと便利である。

天王星 天王星は千七百八十一年に英吉利の天文學者ハーシェルに依つて發見された。有史以來惑星の發見されたのはこれが初めてと大に時人を驚かしたものである。

その視直径は四秒ばかりで、肉眼では甚だ見難い惑星である。容積は地球の六十五倍で、比重は一・二二で甚だ稀薄な惑星で、これ又木星や土星に同じく、その内部は全く凝固して居ないらしい。その太陽からの距離は七億三千万里といふ驚くべき遠方であり、地球の軌道面と、その軌道面との斜角は甚だ小さく零度四十六分である。反射率は六〇で、矢張りその表面は濃雲にとざされて居ることが知れるが、外殻は未だ固定して居ない。

海王星 海王星は英吉利のアダムス、佛蘭西のルヴェリエー、又獨逸のガッレ等の盡力で、千八百四十六年に発見された。

この海王星は偶然に発見したのでなく、初め机上の計算から、その處在を推算し、しかる後に発見されたので、天文學者間の手柄話の一つとなつて居る。

海王星の視直径は約三秒で到底肉眼には見えない。容積は地球の八十五倍で、惑星中、木、土兩星に次いで尨大なものである。太陽からの平均距離は最も大きく十一億四

千四百萬里に達し、現今では太陽系の最外側にある。比重は一・一一で殆んど水と等しく甚だ稀薄なものである。反射率は五二であるから、この天體も亦甚だ若い時期にあること木、土、天王の三惑星に同じからう。地球と海王星との軌道の斜角は一度四十七分である。

尙海王星の外側にはもう惑星はないかと探して居る人があるが、目下では発見されない。併し恐らく未だあるらしいのである。

衛星 各惑星は金星と水星とを除き、皆一個もしくはそれ以上の衛星を持つて居り地球には月といふ衛星があるが、それは先きに説いたところであるから、火星のものから初めよう。

火星には二つの衛星があり、近い方をフォボス、遠い方をダイモスといふ。フォボスは僅か七時間半で主星たる火星を一週するので、その實際の運動と、見掛けの天球上の運動の方向が一致し、火星の西の地平線から上り、東の地平線に没するのである

わが月は實際は東へ動くのであるが、地球の自轉の方が早いので、東から西へ行くやうに見掛け上は見えるのである。

ダイモスは一日と四分の一で、主星を廻るが、一旦それが、火星の或る地の地平線上に上ると、中々没入しないのである。

兩方とも直徑は數里ぐらゐの極めて小さいものである。

木星には九個の衛星があり、そのうち、ガニメーデ、カリストの二つは水星よりも大きく、火星よりは少し小さい。第八衛星は普通の惑星、衛星などの廻り方とことなり、時計の針と同方向に廻つて居る。これを逆行といひ、珍らしい現象である。そしてそれが主星を一週するに二個年あまりを要する。

土星には環の外側に十個の衛星が附いて居て、その中フェーベといふのは逆行をして居る。とにかく、土星は環といひ、土個の衛星といひ、中々附屬物の多い惑星である。

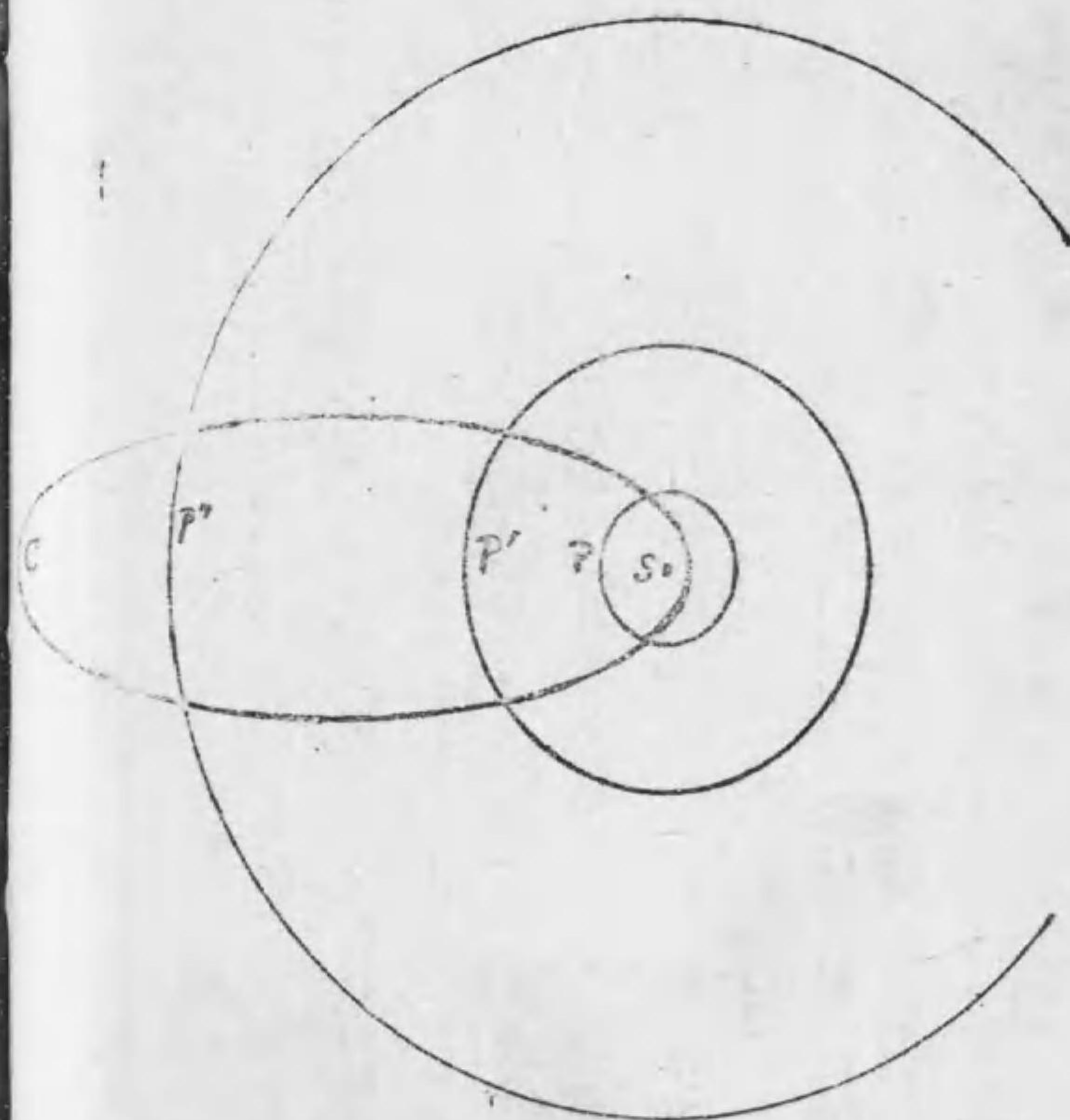
天王星には四個の衛星が附いて居り、アリエル、ウムブリアル、チタニヤ、オベロ

ンといひ、共に逆行して居る。海王星には一個の衛星があり、これも矢張り逆行して居る。

彗星 彗星といふのは、時々天の一方に突如出現して人類を驚かすもので、中には非常に巨大な體軀を有するものがあるが、普通は肉眼には映じないほど、微かな光を發するもので、かやうなものには尾はなく唯頭だけである。

古は彗星は戦争、飢饉、疫癘などの前兆として、非常に恐怖し、神佛に祈禱までしたもので、殊に滑稽なのは一旦彗星が現はれて、祈禱の功力により消え失せたところ又出現したと騒いだことなどがあつた。それは初め夕方に西方にあつたのが、太陽の西側に廻つて、明け方東天に見えるに至つたものである。

彗星は矢張り惑星と同じく、太陽の引力に支配されて、そのぐるりを廻るもので、楕圓形のごく細長い軌道を廻るものは、時を定めて幾度でも又復歸し、これを特に週期的彗星と呼んで居る。かのハレー彗星などは七十六年目毎にもどつて來るから矢張り、



道軌の星彗 圖六十四第

週期的彗星の一つである
 かうして彗星の中にはち
 やんと、期限を定めて現
 はれるものもあるのでそ
 の出現が人類社會の災禍
 の前兆でないことも知れ
 よう。若し果して彗星と
 色々な災厄とが離すべか
 らざる関係のあるものな
 れば、それらも亦正しく
 週期的に來るものがあら
 ねばならぬ筈であるが、

週期的にそれらが來ないところを見ると決して彗星は恐れるに足らない。天文學者は
 寧ろその出現を研究の材料となつてよいと喜んで迎へる次第である。

彗星の軌道、彗星の楕圓軌道を有するものでも、それが極めて細長いので、第四十
 六圖に示すやうに時々惑星の軌道と交叉することがある。この故に或は地球と彗星と
 は衝突しはしないかとの危懼を抱かせるに至るが、但し彗星の軌道面は、地球のそれ
 とは非常な傾きを有するものが多く、同一平面に存在することは滅多にないから安心
 してよい。併し、中には莫大な長さの尾を引いて居るものもあるので、よしや地球は
 その頭部と衝突しなくても、尾ぐらゐるとは衝突しかねまいものでもないから、餘り安
 心はできない。

又楕圓軌道でなく、拋物線とか、雙曲線とかの形の軌道上を走るものもあるが、こ
 れらは二度とかへつて來ないとしてある。併しこの二種の軌道も、或は楕圓軌道の極
 めて細長いものであるかも知れない。して見ると、何時かは再び戻つて來るであらう。

こゝに楕圓、拋物線、雙曲線の定義を一寸附け加へておかう。

楕圓は二點(二つの焦點)からの距離の和が一定な點の軌跡である。

拋物線は一點(焦點)と、一直線(準線)からの距離が常に等しい點の軌跡である。

雙曲線は二點(二つの焦點)からの距離の差が常に等しい點の軌跡である。

各惑星は略同一の平面内に運行しつゝあるので、太陽系全體の形狀は、極く薄つべからぬ圓盤であるとしてもよいが、こゝに彗星をもその仲間に加へると、太陽系必ずしも薄い圓盤でなく、相當の厚味のあるものになつて來る。何となれば、彗星の軌道面は惑星などのそれより、非常な傾斜を持つて居るからである。

彗星體は非常に稀薄なもので、よくその出現にあたりその背後の恒星を掩蔽することがあるが、かくされた恒星は平氣で依然として輝いて居るところを見ると、如何にその薄いかゞ察知できる。恐らく地球上の空氣の一萬分の一、乃至數萬分の一ぐらゐの程度であらう。

千八百八十六年にブルックス彗星といふのは木星の衛星の近傍まで侵入したが、それがためにその衛星に何等の危害を興へることもせず、かへつて其自體が木星の引力の影響により軌道の形を變へるに至つた。

彗星の頭部は中に驚くほど大きいものがあり、直径は四千里から四十萬里に及ぶ。

四十萬里といへば、太陽の直径にもまして大きいのである。頭部の中には、比較的よく光る核と稱するものがあり、直径は四十里から二千里ぐらゐである。

尾の長さには色々あるが、今まで測られたもので四千萬里といふすばらしい長さのものがあつた。四千萬里といへば、地球と太陽との距離三千八百萬里よりもすぐれて居る。

彗星族として同一の軌道を數個の彗星の走つて居ることもあり、又その軌道の遠日點が、或る惑星の軌道のすぐ外側にあるものもある。たとへば木星の軌道のすぐ外側には、約三十個彗星の軌道の遠日點があつて、これを木星族の彗星といふ。かのハレー

彗星などは海王星族の彗星の一つである。

尚、海王星の軌道よりはるかに、外側に遠日點をもつ一群の彗星のあるところからそのあたりに未知惑星が存在するのではないかとの説もある。

彗星の尾は常に太陽の反対の方を向き、太陽に進んで來るときは頭を先にし、尾をあとにするが、退くときには、尾を先立て、頭を後にして行くこれは日光の壓力によるのであるが詳細は後章に譲つておく。

彗星は太陽の周圍を運行しつゝある間に、次第にその大きさを減じつゝある。かくして遂には分裂し、崩壊するに至る。その果ては流星群となるらしいが、それはすぐ次に述べる。

千六百八十年に出現した彗星の尾は四千萬里に及んだ。千六百八十二年に出たものは、ハレーがその週期的であることを発見したが、これが抑々週期的彗星として発見された第一のもので、古い記録をしらべたら、この彗星はその前に幾度も記録されて

居たことが知れた。

千八百二十六年に発見されたビーラ彗星は、木星族の彗星で、週期は六年半であつたが、段々その體が小さくなつて分裂し、遂に見失はれてしまつた。千八百五十八年のドナチ彗星は非常に偉觀を極めたもので、肉眼で四個月も見え、その週期は二千年と計算された見掛上の尾の長さは三十度に達し、實際は二千二百萬里に及んだとのことである。

千八百六十一年のテバツト彗星の尾の中を地球は通過した。千八百八十年、千八百八十二年の二つの大彗星は同じ軌道上を歩いて居る。

ローデーム彗 千九百十年には一大彗星が出現した。此れがローデーム彗星で、同年は又ハレー彗星も出た。大きい彗星ではこの二つは最近のものである。

流星 晴夜、戸外に佇んで星辰のきらめく天上を見渡して居ると、とき／＼尾を引いた星がすい／＼と飛んでは消え、飛んでは消える事がある。それは流星として極めて



星彗ム-ア-ロ 圖七十四第

質量の小さい天體で、例へばかの恒星を山谷に横はる巨巖にするならば、この流星は海濱に撒布されて居る砂粒の一つだにも如かない小さいものである。

けれども、これらの流星は獨立して惑星と同じやうに太陽の周圍を運行中、たま／＼地球に接近し、その引力に引きつけられて先づ、大氣中に突入するものである。もし地球に大氣がとりまいて居なければ、流星は元の形のまゝで晝夜を問はず、ばら／＼地上に落下するので、危いことこの上もないが、幸にして厚い大氣が隙間なく地上を蔽うて居るので、それと摩擦發熱して、途中で消えてしまふから、吾人は少しもその危険を受けずにすむのである。ほんとうに人類に對する危険がごんな所に潜んで居るかわからない。

流星は大氣との摩擦によつて發光するから、流星の高さを測定することは、やがて又大氣の高さを知ることにもなる。實際流星は地上數十里から數百里ぐらゐのところを發光する。又その速さは中々大きく、毎秒四里から二十里も走るもので、若しその儘

地上に突進して來たら、どんなに暴威を逞うするかも知れない。

一晝夜の間、全地球面に落下する流星の總數は一千萬乃至二千萬と云ふ。おどろくべき巨額に達するが、それらが一々地上に届いたら、さぞかし、その流星彈のために打死するものが出來て來るであらう。

この流星は、あだかも鱈や秋刀魚が大群をなして海水中を游泳するやうに、非常に多數のものが群をなして、太陽を遇つて居て、その軌道は一定して居る。そして軌道の上には萬遍なく配賦されて居るから、もし地球が、その軌道を横斷するときには、それらの群が雨の如く霰の如く、天空から降下する。かゝる現象を流星雨と稱し、毎年多數の流星雨が降下し、その月日はおよそ定まつて居る。次に比較的著名なものを列記する。

獅子座(座とは星座のこと、あとに述べる)流星雨は十一月十四五日に現はれる。
アンドロメダ座流星雨は十一月十七日から二十三日までに現はれる。

ペルセウス座流星雨は八月十日から十三日。

琴座流星雨は四月二十日から二十二日。

オリオン座流星雨は十月十八日から二十日。

龍座流星雨は一月二三日。

水瓶座流星雨は一月一日から六日。

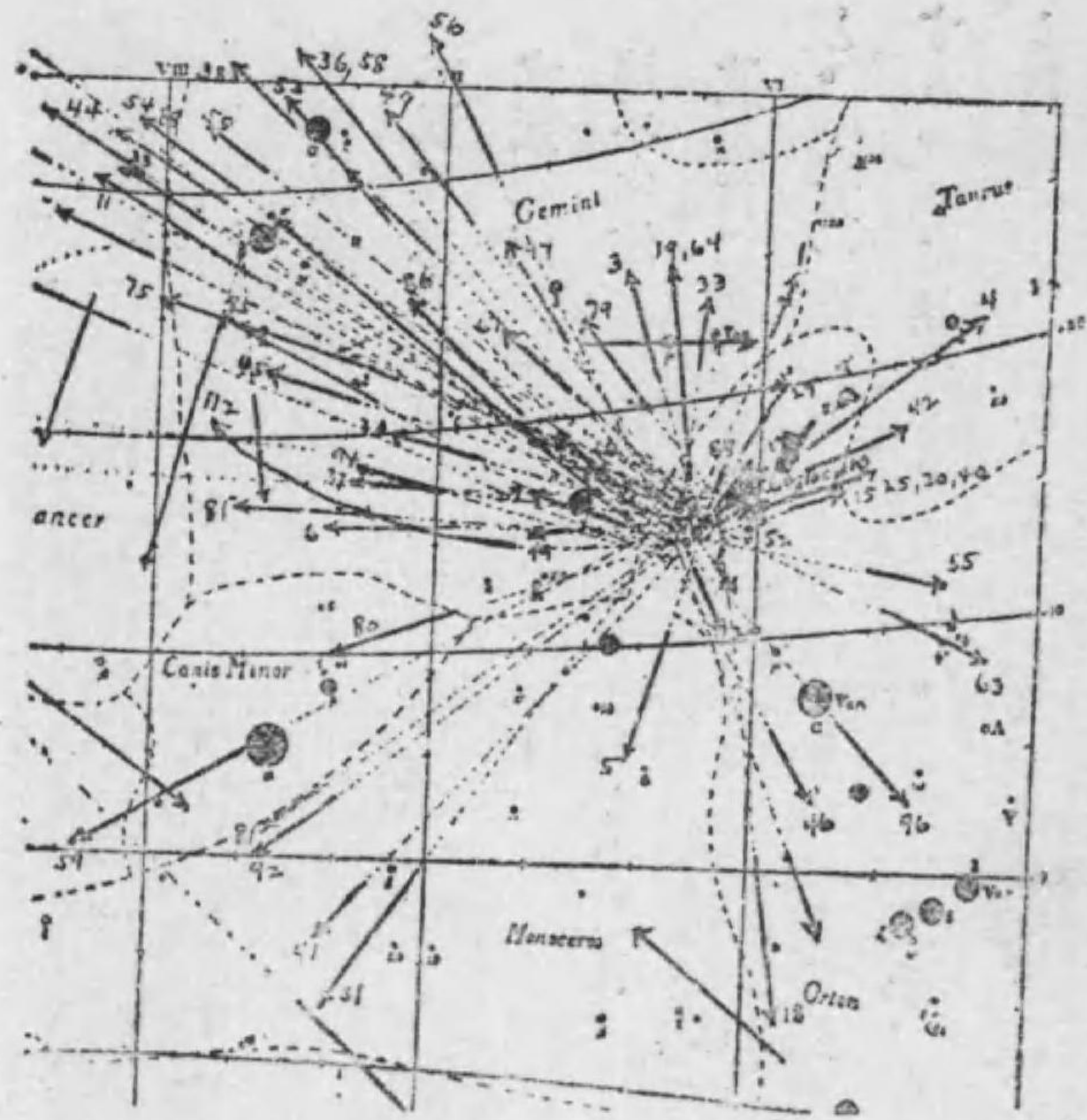
水瓶座流星雨は七月二十八日。

雙子座流星雨は十二月十日から十二日。

流星雨の現はれる頃、それを見て居ては、一々星圖に記入し、そしてその尾をのばすと、大方一點にあつまるのを見る。この點を輻射點と稱し、各流星は皆そこから放射するやうに見受られるが、その理は鐵路、街衢又は天井の棧等並行なものをこちらから見渡すと、段々先方へ行くほど狭く見える、同理であつて、元來各流星が各併行に歩いて居ることを證するものである。

流星群

第四十八圖は大正十二年の十月二十一日、米國で觀測された雙子座に輻射

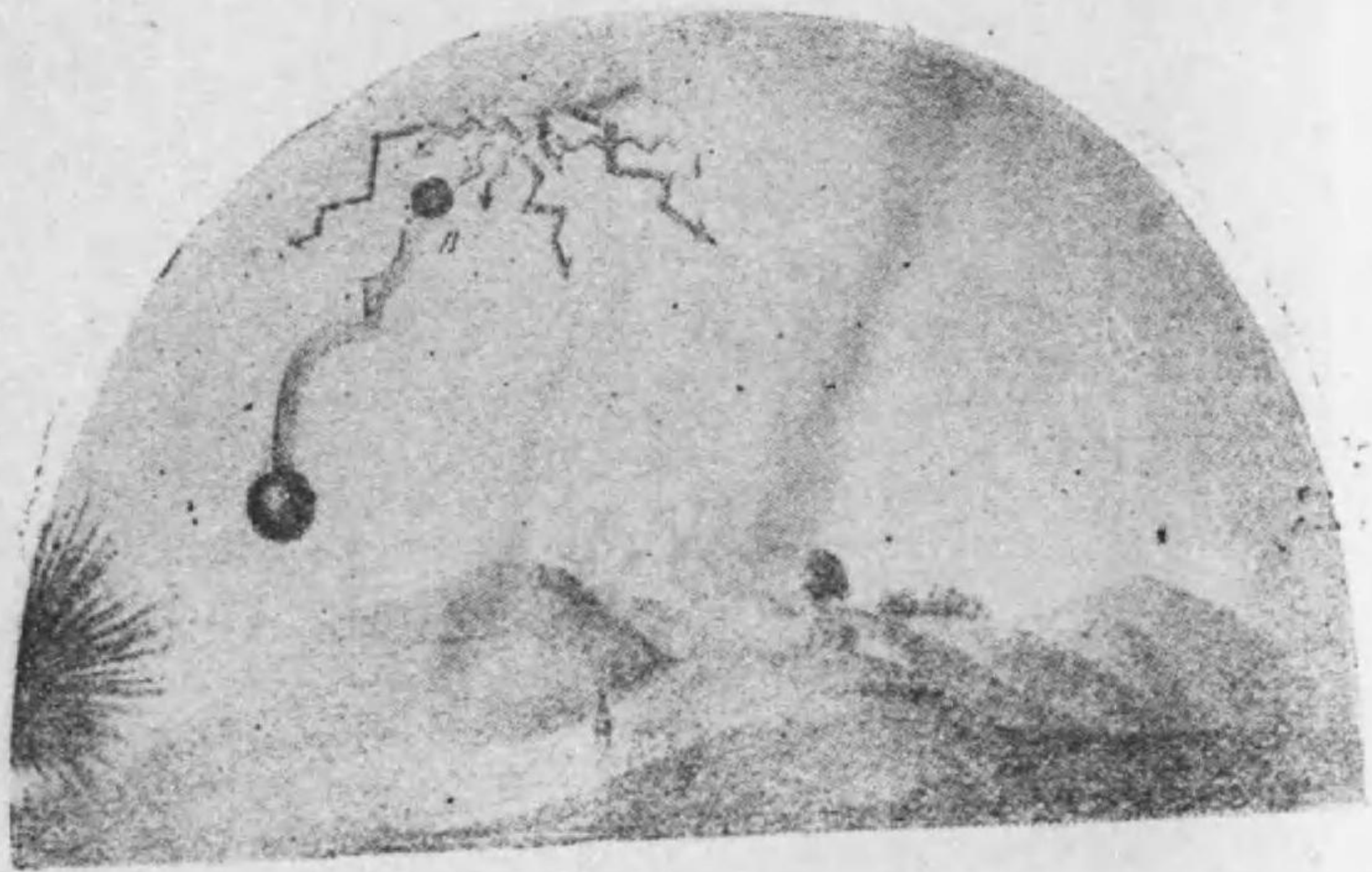


群星流 圖八十四第

點を有するもので、點線はそれを延長して略一點にあつまることを示したものである圖中輻射點にあつまらないものは、他の群に屬するものであらう。

この流星の觀測は、何の器械も入らず、一枚の星圖に、鉛筆、時計、燭火、手帳等さへ準備すれば誰にでも容易く出来るから、特志家の實行をのぞむ次第である。

隕石 流星がもし大きくて大氣



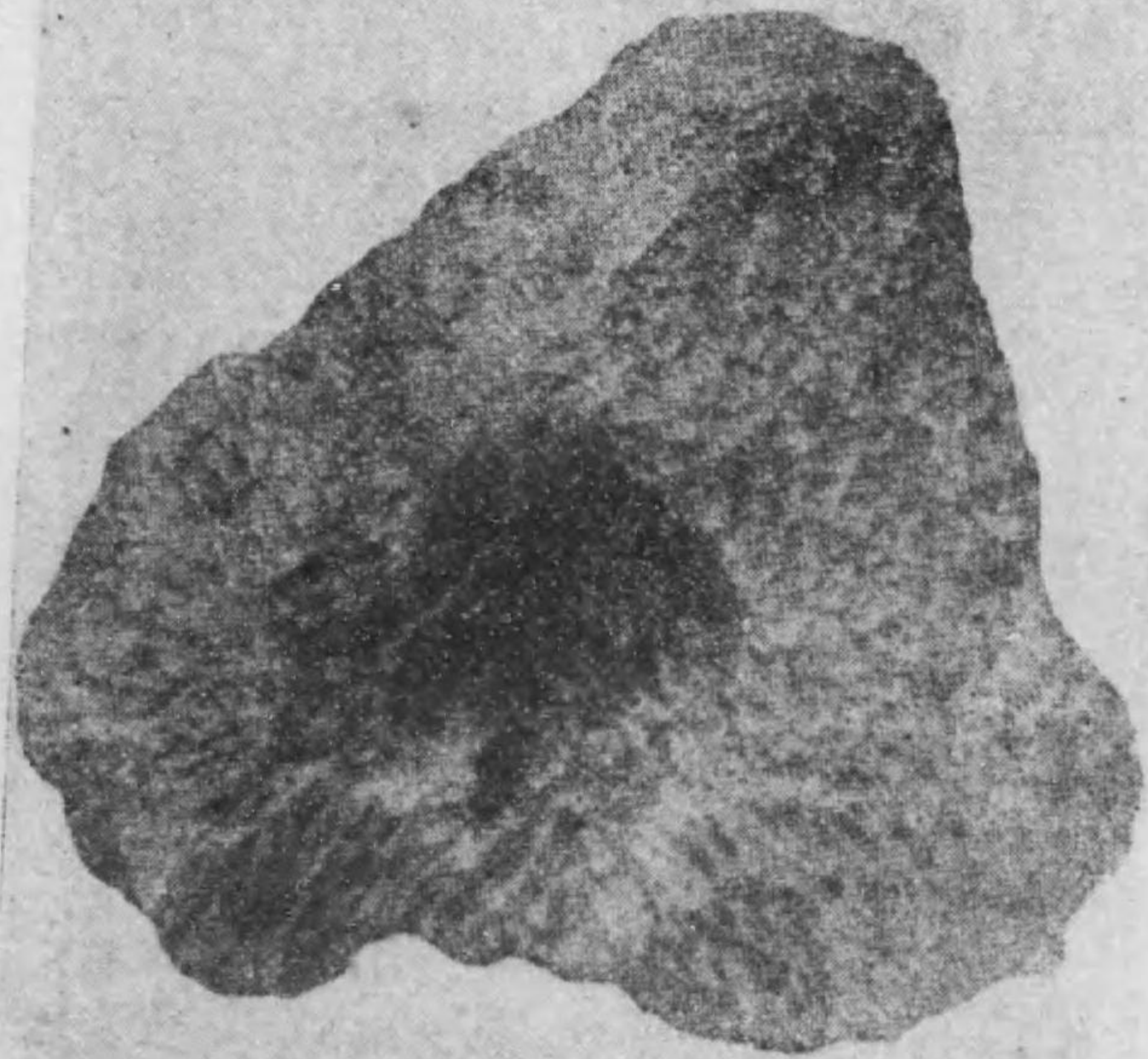
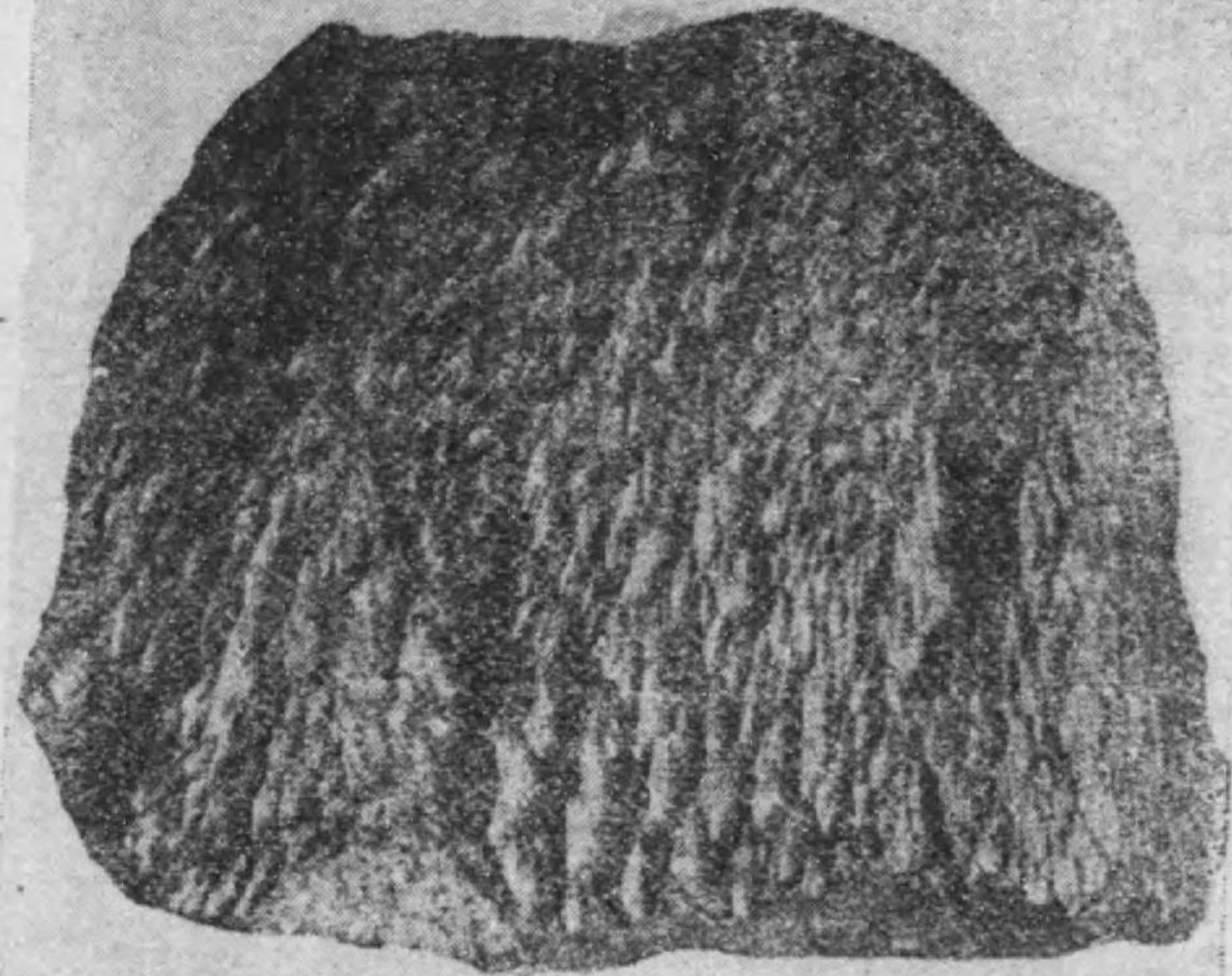
下落の石隕 圖九十四第

中で、到底燃え切らない時は凄まじい音響を發して地上に墜落することがある。そしておちたものを隕石と云ひ、鐵分を多く含んで居るものは別に隕鐵といふ。

隕石の落下 第四十九圖は古、外國に隕石の落下したときの光景である凄まじい光を發し又大きい音響をとどろかせることもあり、落下近傍に居合はすと、あまりの音響に昏倒するやうなこともあり、勿論こんな場合、人體にあつたら、一たまりもなくやられることは明かである。

隕石の落下するのは無論晝夜を問はない。

著者は去る明治四十二年の夏の朝、岐阜縣へ落下したときもその音を同縣内で聞いた



石田 圖十五第

一四〇

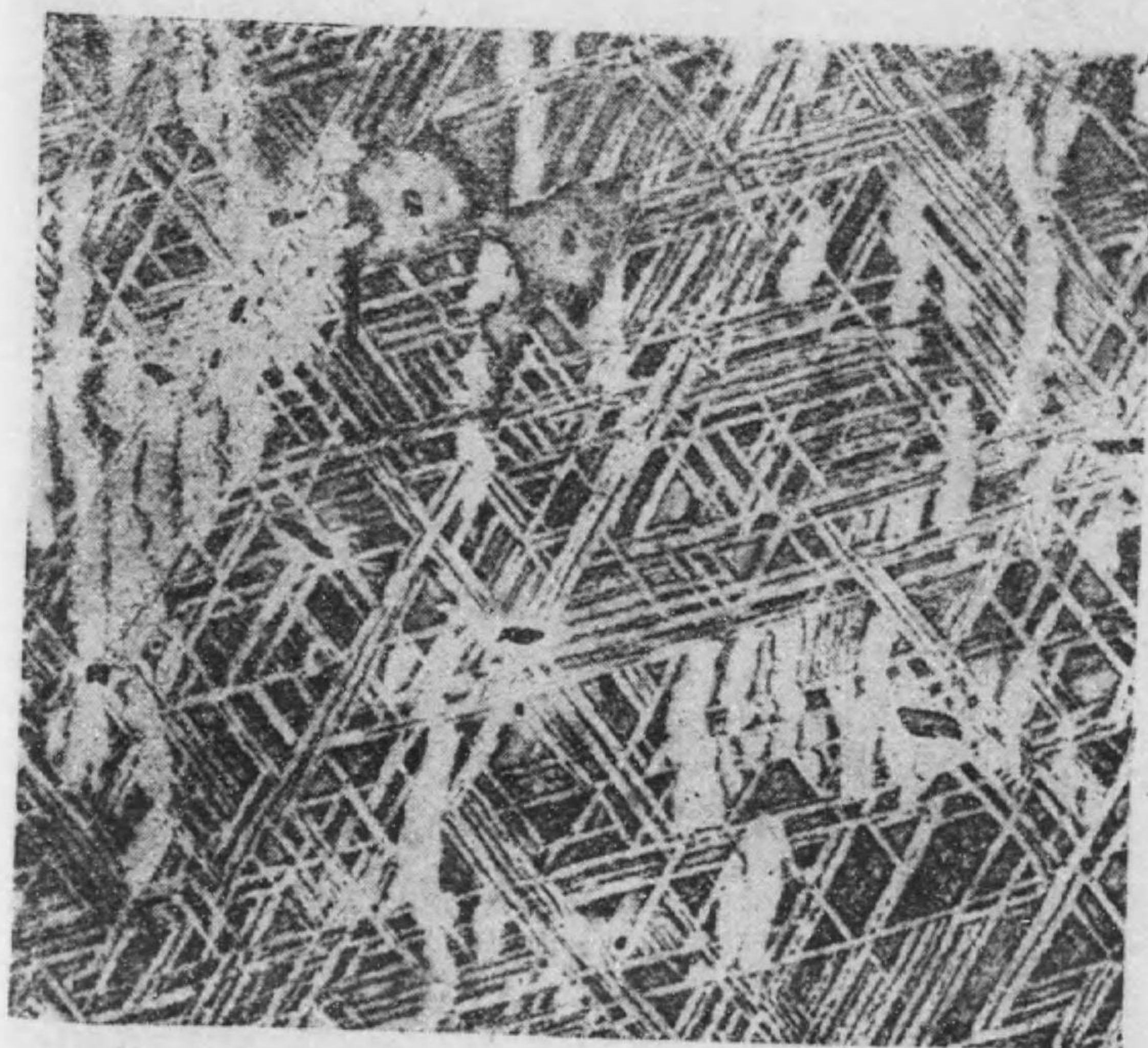
が、まるで雷鳴の如く、否もつとその音は烈しかった。又大正七年の一月に滋賀縣へおちたときも京都市で聞いたが、そのときは遠かつたので遠雷のやうに聞かれた。そして落下地なる湖の東岸地方までわざわざ出掛けたことがある。

隕石 第五十圖は隕石であつて、表面は石炭のやうに黒く燃えて居て、拇指痕のや

うなもの澤山ついて居る、割つて見ると中に鐵粒のふくまれて居るのが見える。

隕石の中には硅酸、青土、鐵、第二酸化鐵、石灰、硫黄などの成分があつて、地上の元素と變りはない。隕鐵は九十パーセント以上の鐵を含み、その切斷して研磨された面は第五十一圖の如く甚だ美しい觀を呈する。又鐵の外にニッケルの含まれることはその特徴である。

黄道光 黄道光は春の夕方西方の空に、又秋の曉方東方の空に現はれる、至つて光のぼんやりした舌のやうな輪廓のもので、長さ三四十度、幅はそれより幾分せまく上端が細くなつて居る。これは注意して見ないと見落すほど、うすいものである。



面断切の石段 圖一十五第

恐らく黄道光は太陽をとりまく極めて稀薄な微小物體らしいが、その正體は明かでない。

對日照 地球上、丁度太陽の正反對の側にあらはれる、極めてうすく、黄道光より一層うすい光であつて、中々見にくいものである。これもその正體ははつきりしない。

以上で大略ながら太陽系統の諸天體は説きつくしたつもりである。そこで、もう一度概括し

て見ると、太陽系は太陽を中心として、その週りに八個の惑星、千個餘の小惑星、又惑星のぐるりには衛星があつて、其等がすべて一様に太陽を廻轉し、尙この外彗星、流星、隕石等も亦同じく、廻轉しつゝある。又太陽のすぐ周圍には黄道光のやうな稀薄な物質か包圍して居るらしい。太陽はこれら多くの配下を引きつれて、一秒間五里の速度をもつて、天の一方即ち星辰界中琴座の主星ヴェガ（所謂織女星）に向つて絶えず進突しつゝある。それ故一年間に一億五千萬里ほど旅行することになる。

よく太陽は宙にぶら下つて落ちないものであると疑ふ人もあるが、見方によつては太陽は天の一方へ非常な勢を以つて落ち行くのであると言つてもよい。そして何時、何處へ到着するか、思へば心元ない次第である。全くあてなしの空の漂泊は心細さの限りではないか。

この太陽の運動のため、その進行方向の星と星との距離は次第に開いて見え、又あとになる方向の星は段々その見掛け上の距離がづばまつて見える。星座でいへばその

進む方向は琴座で、退く方向はオリオン座であるとのことであるから多年の後には兩星座の見掛けの間隔がかはつて來るであらうと思はれる。

第五卷 第五章 光の壓力

光線の壓力といふ問題は、近頃天文學上に餘程應用されて來た。さて分光術がひらけてから僅々六十餘年になる計りであるが、それが異常な進歩を遂げた。ひとり化學の元素の發見に効果があつたばかりでなく、天文學上でも恒星を組成する物質の如何なる原素に屬するかは見別けることができ、又我が地球に對して、他の恒星の遠ざかるか近よるか判明し、且その速度すら測定し得るやうになつた。

尙近來は太陽の黒點が強い磁場であることを確めたことは、前の太陽の章で論じた。その他色々の方面に於いて、天文學の研究には光學上の理を應用することが次第に發達して來たのである。最初の光線からは熱線が輻射されるが、それから溫度の上るに

つれ、光線や化學線が放射されるに至る。

電磁的輻射 以上のやうな名稱は、今日では吾々の眼に感じて光となるものも、又かの無線電信に使用する電波も、同じく電磁的輻射であることが發見されたので、このやうに名前を異にして區別を立てる必要がなくなつた。それで赤外線とか紫外線とかと云つても、悉く同じ電磁的輻射であつて、天文學で云ふ所の光も亦同様である。

今論じようとする輻射はすべて波動であつて、この波動には色々の區別がある。海水の波に例へて見れば、高くなつて居る所ものり、又低くなつて居る所もある。其の高い所と、つぎの高い所の間を波長と稱へ、又低い所から次の低い所までは波長に變りはないのである。波の高低の度合を區別することも出来るが、又波の長さを色々區別することもできる。

電波と熱波 海水の波長で言へば、四五尺から一丈位のも亦、大船が幾艘も乗る程の大きな波長もある。それと同様であつて輻射の波動も長短種々あり、長い方の波か

らいへば、電波は、無線電信に用ゐられて居るもの、中には長さ千米を過ぎるものもあるが、多くは三四百米ぐらゐるものが使はれて居る。

併し極く短かい所では二三米のものもある。電波より短い波は熱波であつて、頗る短かく、一耗の百分の一ぐらゐるから數百分の一ほどのものもある。そんな波は眼には光と感じないが、その輻射は實驗上熱として感じる。ガス燈の光の中には、目に見えないが、光となつて居ない寧ろ熱波と稱へてもよい波動が随分たくさん出て居る。

マントルをかぶせたガス燈では、波の長いものは一耗の百分の一程のものもあつて光とならずして無益に費やされる波が放たれるのであるが、實際はマントル付きの燈には有效な光は澤山あつて、吾々が眼に入る光は甚だ短かい波長であつて、通常一耗の二千五百分の一から千五百分の一程度のものである。

これより短くなれば目には見えぬ、所謂紫外線であつて寫眞の乾板に感じたり、又は螢光を發したりするので、輻射の存在を確めることができる。かやうにして色々な

波長があるから、一概に輻射と言つても簡單な波動に限られて居ないことが分かる。

輻射壓 波動はその傳はる方向に壓力を感じることは、數學者のオイレルの演繹した結果である。音は波動となつて空氣中に傳はる。午砲のとどろくときに戸障子ががた／＼動くことがある。これはその傳播の途中で障壁に支へられると、それに壓力を加へる一例である。海水浴などする人々は、波の來る方向にむかへば少しく壓力を感じるであらう。これも亦音波によつて起こるものに類似したところの現象である。

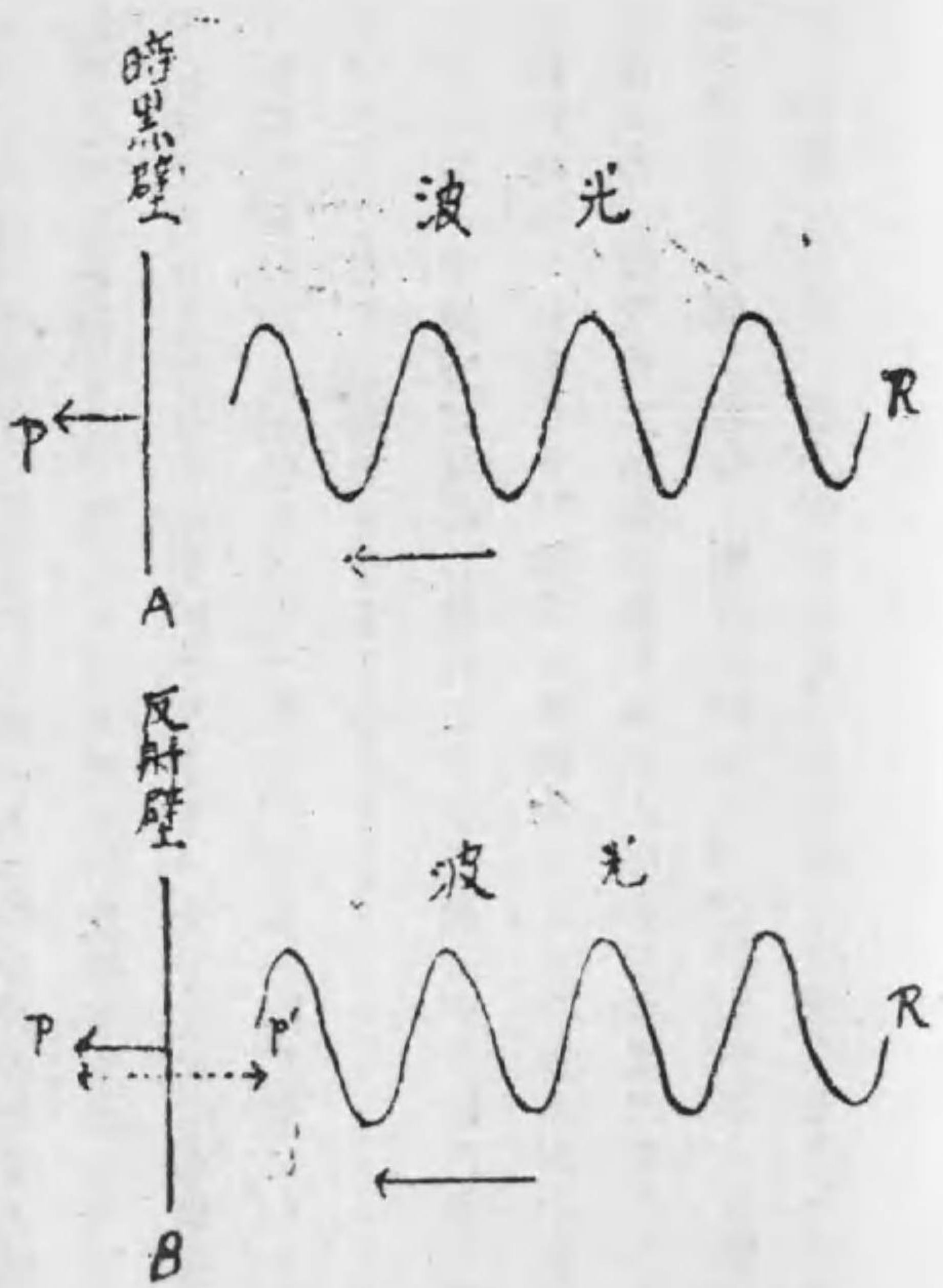
輻射の波動 一種であれば、又同じく壓を生ずることはすぐ氣がつくであらう。但し光の場合は、空氣とか水とかゞ振動するのではなくして、物理學者が假に想像して居る所謂エーテルが、電磁力によつて波動の如くうごかされるのであるが、この臆測に少し困難がある。前述した午砲の音響や、海波によつておこる壓を直ちに輻射壓と同一に考へることはできないけれども、同じ筆法をもつて、電波が傳はる方向に壓力を生ずるといふ結果を得ることは出来る。

これはマックスウエルが今から五十餘年前に唱へたもので、彼は電氣磁氣學を改革して、今日の學説を作り、又光は電磁氣波と同一物であることを證明した。光は傳はる方向に垂直に向つて居る電力と磁力とを傳へるもので、電力線はその線に沿うて張力があり、電力磁力に直角に壓力を加へることが證據立てられた。壓力を加へる方向は、光が横波であるから、傳播する方向と一致することとなる。その壓力の強さは次の如くである。

こゝに一單位の面積があるとするに、その面に現はれる壓力は、その面に直角に一秒間に入るエネルギーの分量に比例する。一體光のエネルギーは甚だ小さいものであつて、もし障害物が、輻射を吸収せずして一部分反射すると、壓は更に増加する。若し數學式で壓を示すと、

$$P = \frac{E}{V} (1+r)$$

となるが、Pは壓力で、Eは一秒間に傳はるエネルギーの量、Vは輻射の傳播速度、



力壓 圖二十五第

rは幾分だけ反射するかを示す數で、全反射のとき一となる E V は簡單に一單位容積内の光りのエネルギーとして差支ない。

光の壓力、この結果に到るに爲めマックスウエルは電磁氣論を基礎として演繹

したが、熱力學から出すこともできる。それで少し説明を加へるならば、第五十二圖で

示す波状線が光を示すものとすれば、これが壁Aにあたる。その壁が波を吸収するものとすれば、その上に壓力Pを加へることとなり、その壓力は光の強さに比例して増減する。光の強さは、常にエネルギーに比例するから、丁度前の定理にしたがふことを示す。しかるに壁が暗黒體でなくて、光を反射する場合はどうであらうか。圖に示すRの光が反射して後戻りして往く。すると暗黒體につきあたつた時の壓力に同じPと、更にまたP'の壓力を生ずるのである。

而してその壓力は反射の場合によつて異なる。これは即ち反動の來ることを表はす。丁度發砲するにあたり、彈丸は目的物へとんで行くが、銃の臺尻が、どすんとからだに當るやうなものである。若し光がBにあたつて、そこから反射してRの方面にむかふと、反對の側にP'なる壓力を加へる。これがつまり反動であるから、その反射の度合に關係がある。即ち壁の反射する度合に比例して、全反射の場合にはP'はPに等しくなり、光の生ずる壓力は極めて微かなもので、日光が暗黒體に垂直にあたれば、一

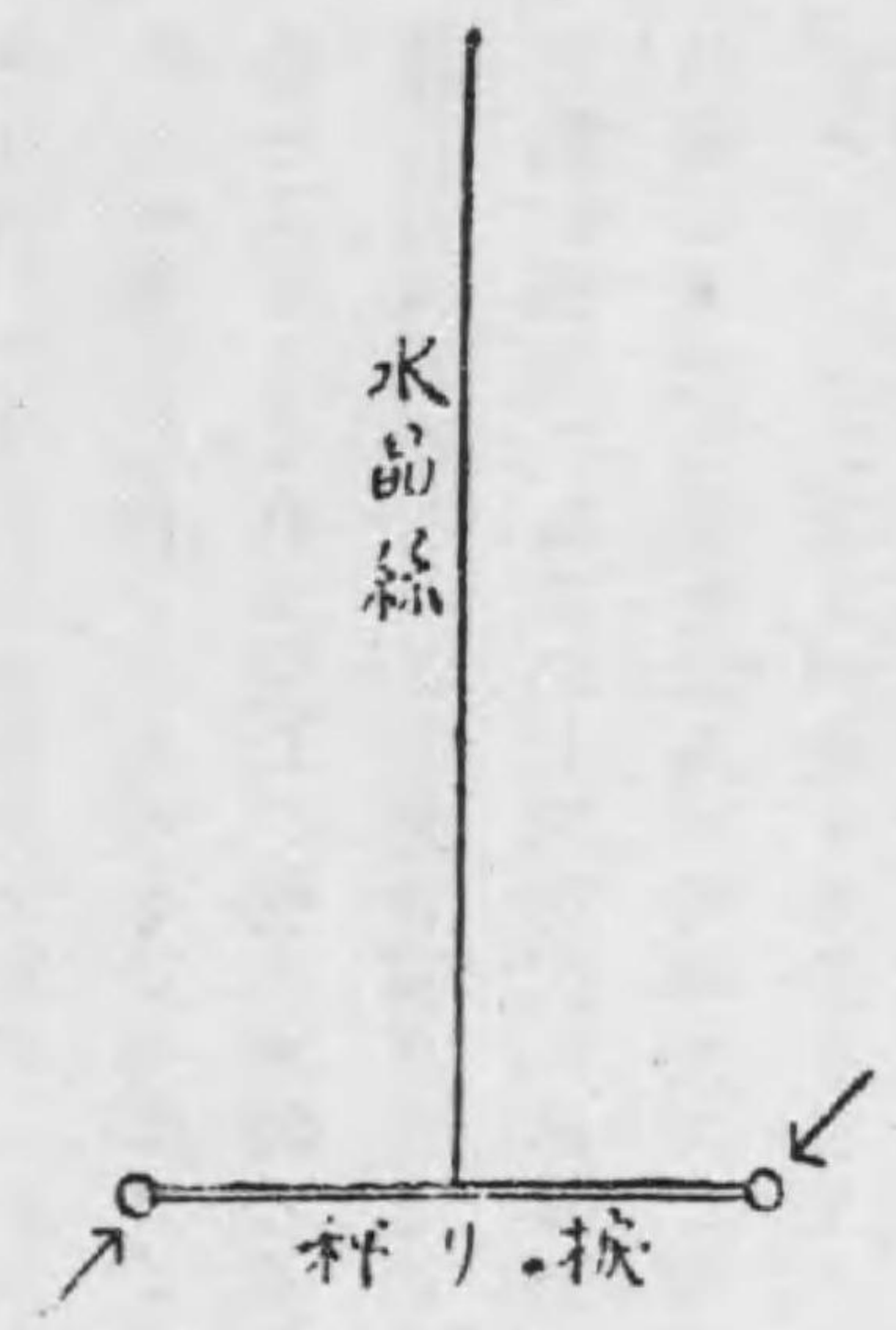
米平方に〇・六〇疋の重さに等しい壓力を生ずる。

この壓力は極めて僅少であるから、之れを實地に測ることはできなかつたため、空論であるとされて居た。併し地球全面を暗黒とするときは、その全面に日光の及ぼす壓力は八萬噸である。地球面ではこのやうな壓力は些細なものであるが、光を發する太陽の表面ではその反動で、一米平方に二十七瓦の重さに等しい壓力ができる。この反壓は可なり大きいものであつて、地球の表面に於ける日光の壓力に比して四萬倍になるから、あまり輕視することはできない。

輻射壓の實驗 輻射の壓力を實驗する装置は、餘程精巧なものを要するのである。初めにこれを工夫したのはレベデフであつて、引力の有無を試験したときに用ひた振り秤に似たものである。この秤は軽い桿の兩方の端に圓形の薄い板をとり付け、その中央を水晶糸で吊るしたものである。この水晶糸はどうして造るかといふに、それは甚だ纖細なもので、水晶を粉碎して雜物を洗ひ去り、酸素とガスを交せたものに火

をつけて、其の時發生する強熱によつて粉末を融解し、その塊りの一端を又とかして急に矢につけて弓で射れば、甚だ細い糸になつて、蜘蛛のすと同様のものができ、一耗の千分の一ぐらゐの細いものであるが、可なりな目方を支へることができ、

又温度の影響をうけて蜘蛛の巣と同様に伸縮しないし、又振つた糸を放置すれば元通りに復して一向に癖がつかないから、かうした實驗用として甚だ適當しものである。



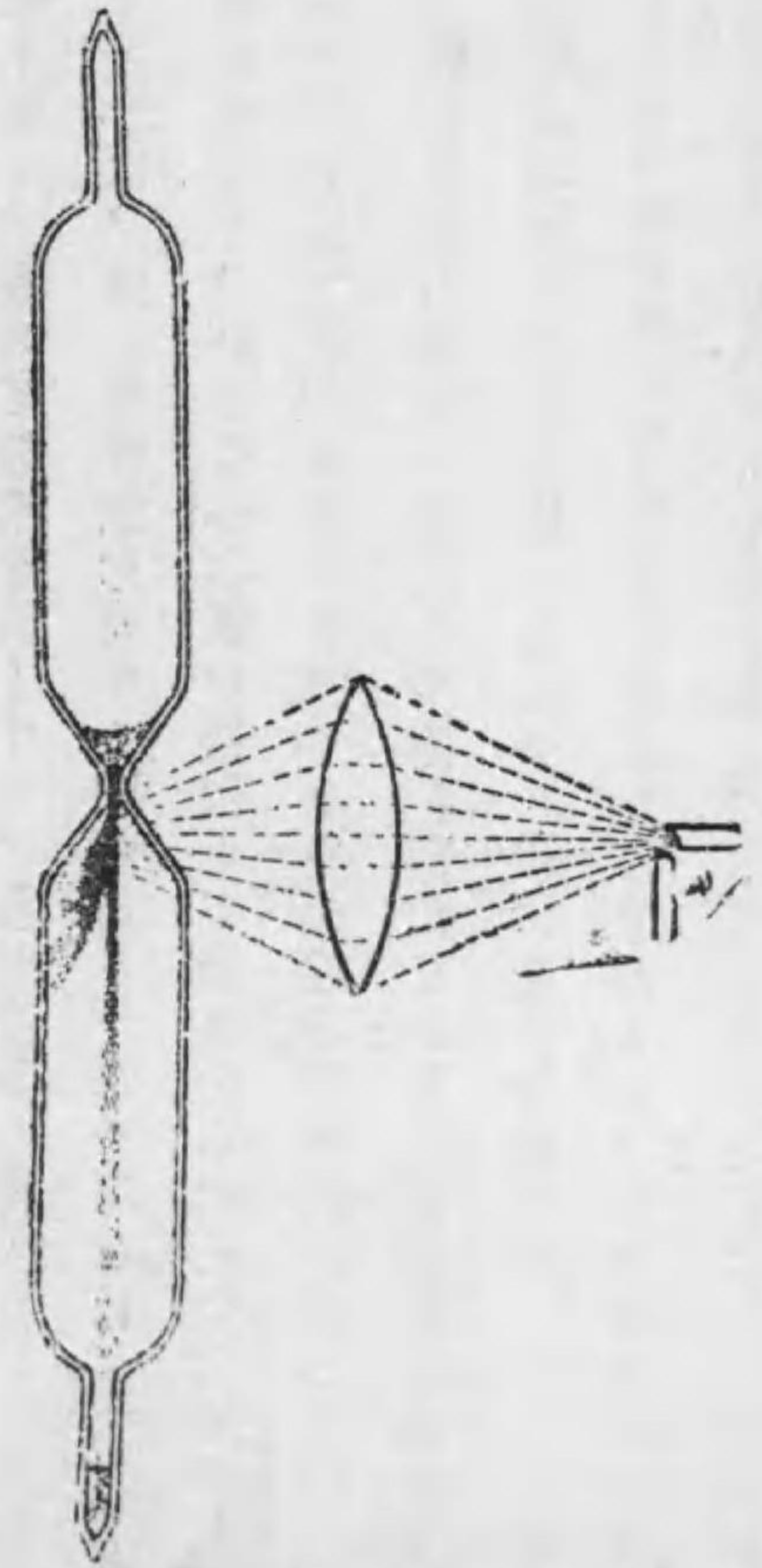
秤り板 圖三十五第

それは既に引力の常數測定用となつたこともあるが、それよりも遙かに細かい輻射壓の實驗に使ふには最良の材料である。振り秤 レベデフは第五十三圖のやうな振り秤を造つたが、この桿を幾本も上下に殖して重ねると實驗に都合よくなる。さてこれを排氣罐の中に入れて、空気を

抜き取り、極めて氣壓を低くする。なせ空気を除くかは、真空の中で微細な實驗をなすときは、殊の外注意を要する點がある。なせなれば、それは真空といつても、實際の真空でなく、いくらか空氣が殘留して居るから、そのため少しの氣壓があるので知れぬ。さうした薄い空氣の中に少々の温度の不平均があると、一種の作用が生じて、振り秤の丸板の両面が温度の平衡を保たない時には運動を初める。レベデフの仕掛によつて輻射壓の有無を驗するため板に光りを當てる。すると必ず温度の不平衡を生ずるから、輻射壓のため、糸が振れるのであるか、又は温度の不平衡のためか判断ができません。けれども空氣を極めてうすくすると、さうした故障はなくなつて、全然真空となれば、その影響を蒙らないから、輻射壓を確認するには、普通氣壓の一千萬分の一になるに至るまで排氣作業をやらねばならぬ。次に振り秤の丸板の面に直射する光の強さを測定すれば、推算上如何ほどの壓が作用するか分かる。彗星の尾のできる實驗。それで左の板に前面から光を射させ、右の板には後から放

射するやうにすれば、壓力の強さが二倍になる。かくして實際に光の壓力が存在することが知れた。レベデフの實驗後ニコルとハルが又他の方法で實驗した。

それはある菌類の胞子を焼いて極めて微細な炭素球を作り、金剛砂と共に、第五十四圖の如く真空管からおとし、強烈な電燈の光をレンズに集めてあてると、砂は下に



第五十四圖 彗星の尾のきるき實驗

おちるが、炭素球は光に吹きとばされて、左方に曲る。これ彗星の尾のできる理由である。引力と輻射壓との比較、引力

は距離の平方に逆比例し、質量の相乗積に正比例する。輻射壓は物體の面積に比例するに引きかへ、引力は容積に比例するから、引力と輻射壓との差違は物體の大きさによつて色々相異なる。

それで物體の大きさを二分の一にすれば、引力は八分の一となり、輻射壓は四分の一となる。更に小さくして大きさを四分の一とすれば、引力は六十四分の一となつて輻射壓は十六分の一となるから、段々その大きさを小さくして行けば、遂に引力の方が輻射壓より小さくなるのは明瞭である。

この比例で物體が小さくなれば、引力は減るから、前記の太陽の表面に於ける輻射壓の反壓は、一種平方につき二十七倍の重さに等しくなる。引力は太陽の表面では地球面に於けるよりも、二十七倍大きい。同密度の物質で直径一耗の六百五十分の一ほどの小さい球であれば、反壓のために引力を失ふことになり、又それより小さいものは太陽から逃げ出して来る。

太陽面では小さい物質はかやうにしてとび出すが、それを離れると、兩方の力は共に減少して行く。こゝに地球と等しい密度の直径三寸のものが引力に作用されて、その形を保持するものとし、それが又輻射壓に作用されるものであれば、太陽から二億軒の邊に到ると、最早や兩方とも力が等しくなる。もしこの團塊が散亂するものなれば力に引かれそれ以内の距離に入ると總て飛散するるのである。つまり細かい物質から出來た天體が太陽系の内に運動する場合には、その細かいものは太陽の引力よりは、日光に依つて生ずる壓力のため飛散することになる。この理屈で行けば、太陽系の内に流星群が運行して居るとしても、其れを構成して居る物體中大粒なものは、太陽の引力に支配されて、一定の軌道を動くに至るは明かであるけれども、細かい粒は光の壓力に影響されて、遂にその軌道に著しい變化を受ける筈である。

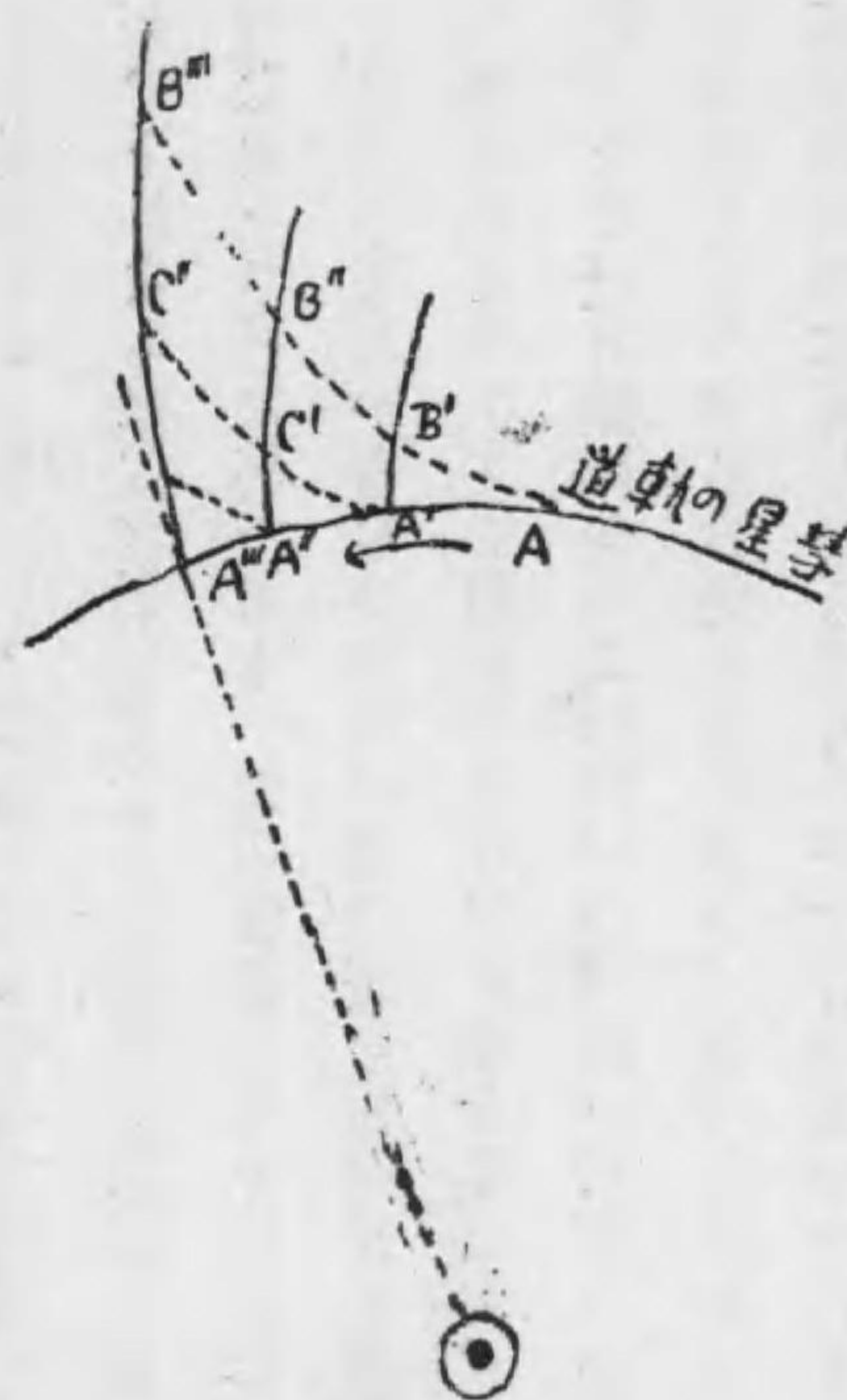
彗星の尾の生ずる理 今までの理由から、彗星の尾の常に太陽と反對の方向にたなびいて居ることを説明しよう。光に壓力のあることを人々が知らなかつた時代には、

實に彗星の尾ほど奇體なものは又となかつた。引力の作用に依つて各惑星が太陽の周圍を運動すると等しく、彗星も同じく引力作用によつて、太陽の周圍を動くのであるが、それならば、彗星の尾のやうな個々の物質から成り立つて居るものは、當然太陽の方向に向きさうな筈である。其の當時の人々には彗星尾を斥けるやうな力の存在するとは少しもわからなかつた。彗星體を組織する各物質はもとより、相互の引力によつて團結しようとする傾向のある事は論を俟たぬ、その軌道の遠日點から次第に太陽に近づき、近日點に向ふにしたがひ、段々に短かい尾が著しく長く伸びて來て、これが引力作用をうける方向と全く異り、却つて反對の方向に伸びて行くのである。ソレデ何か特別の作用をおこすものが、この尾の中にあるかの如く思はれたのであるが、この一大不可思議は、今日の光の壓力が認められて以來、それが微細な物質に壓力を及ぼすことが判明したので、さしもの不可解も忽ち闡明されるに至つた。さてこゝに崩壊しようとする一つの團體が、太陽系の中に運動しつゝあるとすれば、之れを組成す

る物質の中、かたまりの比較的大粒なものは、引力の作用に依つて、丁度惑星のやうに一定の軌道をつくつて動くことは無論であるが、但し輻射壓も作用するから微細な粉末のやうな物質は、太陽の引力より以上に光の壓力を受け、その團體から大粒なもの

のと、小粒なものを選び別けるに至るのである。

彗星の尾の生成 かうして
 兩方のものは段々分離し小さいものは次第に太陽から遠く押し退けられ、大なるものは元の軌道のあたりにうろつくことになる。今第五十五圖に



第五十五圖 彗星の尾の生成

於いて、軌道のある點Aで一つの體をなして居たものが、溫度の變化又は何かの原因で

壊散したものととして、輻射壓の作用を蒙ることの大きい微粒は、 $A'B'B''$ のやうな道を作り、それより少し輻射壓をうけることの少ないものは A' で、軌道から別れるものとし、 $A'C'C''$ の道を作ることになるであらう。それであるから、核が $A'A'A''A'''$ の軌道を運行する間に、 $A''C''B'''$ の尾を發生することになる。

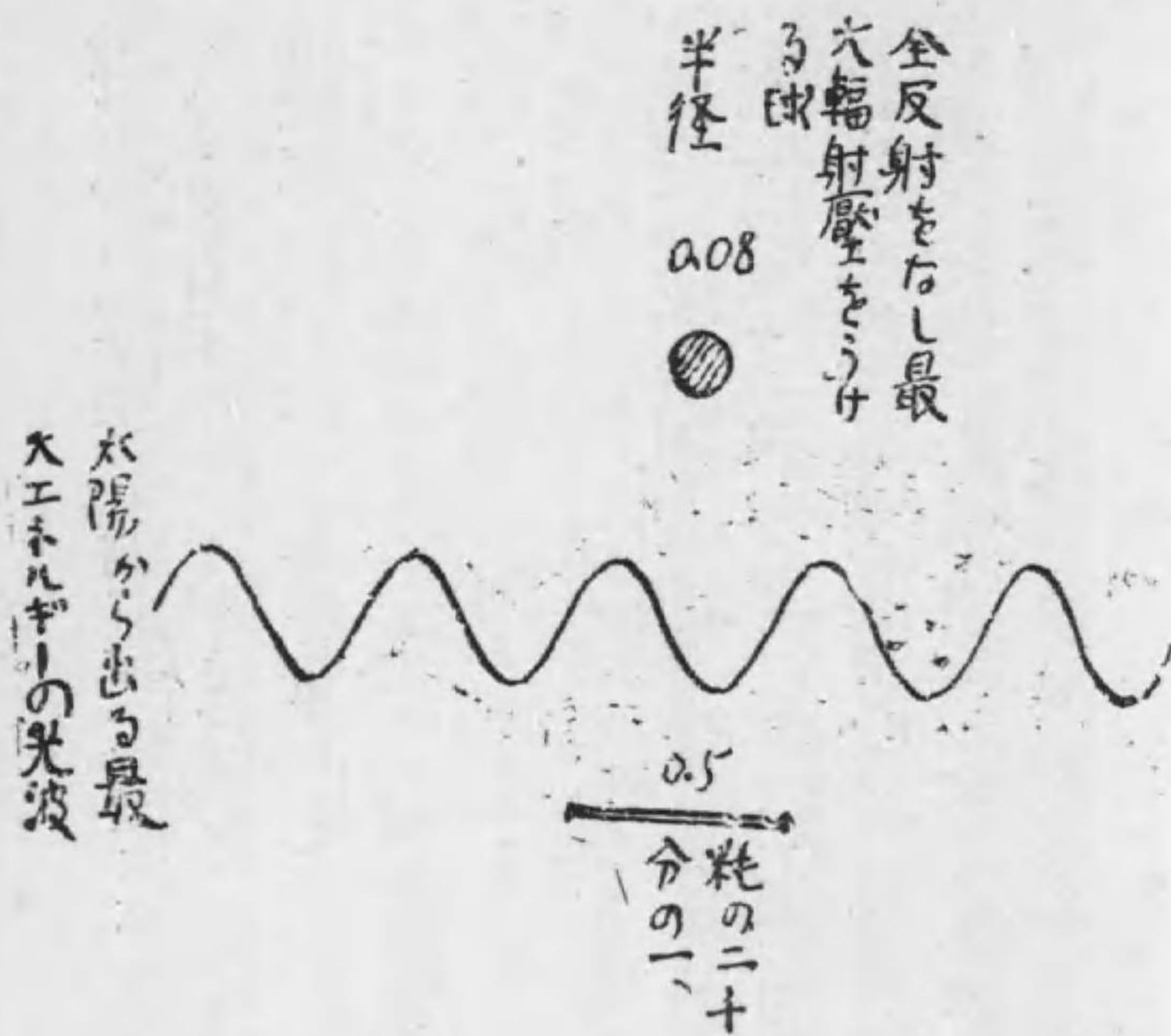
つまり圖に表はしたやうな有様となつて、生じた尾はその先端に近づくに従つて、次第に微細な物質となり、極めて小さい物は輻射壓に依つて、遂には本體からはなれ去つて遠く天外にとぶに至る。観測によれば、彗星の尾は甚だ稀薄極まる物質を以つて構成され、その中心核から離れた所では、光芒を發する尾部を通過して、はるか向ふ側の恒星を見ることが出来る。現に著者は去る明治四十年に出現したダニエル彗星の尾を透して、雙子座ん星のよく見えたことを記憶して居る。かやうな稀薄限りなき物質が輻射壓を蒙るのは理の當然である。大體これで彗星の尾の説明はできたが、まだ、不十分な點がある。日光を分光器によつて研究すると、可視線もあるが、それ

以外、熱線は赤外にあり、化学線は紫外にある。其等の中微塵に作用を及ぼすのは、
どれであるか、又微塵は小さいほど、餘計にこの塵の作用を受けるか未だ解決がつか
ないのである。

光の屈折 よく降雨前に日月に暈のできることがあるが、夫れは空気中の水滴の作
用による現象で、その水滴が大きければ反對に暈は小さく、又それが小さければ暈は
大きく出るもので、このものの計算から水滴の直径が出て来るのである。それから又
鳥の羽毛の極めてこまかに列をなして居る部分を日光にすかして見ると、美しい色彩
が見えるであらう。かゝる光學的現象を光の屈折と稱し、光が細い隙間を通過したり
又は微塵體に觸れると、かゝる麗はしい色彩を現はすに至る。

この屈折が大に輻射壓に影響するところがある。光の波長の大きさと、輻射壓とは甚
だ緊密な交渉があつて、日光はそのエネルギーの最大の部位は波長一耗の二千分の一
のあたりの所で、黄色と紫色の境界に相當して居る。今この最入のエネルギー光線に

この圖は波長三万二千倍



第五十六圖 光波と微粒の大きさ

就いて計算して見るに、全反射を
する物質が、この光線の壓力を蒙
ると、その影響の最大のもの直
徑一耗の六十分の一程のもので、
密度を一とすれば、太陽の表面に
於いては引力の十九倍に相當する
壓をうけることになる。であるか
らこのやうな微粒は太陽からとび
散つてしまふ。

けれども日光が實は複雑である
から、輻射壓の關係は容易でなは
い。これ以下に微粒がこまかくな

れば反對に輻射壓の作用は衰へ、遂には全くなくなるであらう。又それに引きかへ、前の大きさを超過すれば、これも亦少しづつその壓力は減退して行き、その減りかたは急激でないから目立つた變化は現はさない。かゝる細かい物質が事實存在するかは疑はしいが、その最大壓をうける微塵は無論顯微鏡で見える物質より遙かに小さく、事實吾人はかゝるものを知つて居るのである。かの石鹼球の厚さは一耗の二十萬分の一にも足らない位であつて、又黄色のガラスに混せる黄色の微粒に至つては尙ほるかに小さいものである。近頃限外顯微鏡ウルトラマイクロスコープとして極めて微小なものを見得る器械が發明されるに至つた。又空氣その他の氣體の分子は一耗の約一千萬分の一程のものであつて、決して彗星の尾ばかりが、微塵を想像しないと説明のできないわけではない。今かりに尾にある物質として知られて居るシャンガスの沈澱した、密度〇八の球であると考へれば、一耗の一萬分の一半徑のものは、引力の十八倍半の壓をうけ、一萬分の五・九なるものは三・二倍となり、一耗の千分の二・五なるものは一・五倍の壓を蒙る勘定となる。

それであるから、このやうな大きさの球が、彗星の尾の中に存在して居ると見做してよい。併し壓は作用して居るその強さは小さいものであるから、微粒に一直線にはたらくやうな激しい効果は與へない。それ故彗星の尾がどこまでも伸びるといふ譯にも行かない。もしその尾が太陽の方に向つて居る場合があるとすると、微塵の半徑は一耗の百六十分の一以上のものであらう。彗星の尾が時にいくつにも割れて居るのがあつたが、それは核が幾度も壊散したと考へればよいと思ふ。又場合によつては尾が發生しないこともあるが、それは微塵が大きいからであると察せられる。

太陽の表面と輻射 去る千八百八十三年の夏にジャヴァとスマトラの兩島間に在るクラカトア火山島に大噴火があつて、その激しいこと古來未曾有とされてゐる。幾月にも涉つて噴煙が濛々と立ち上り、火山灰は天に漲り、その爆發の音響は、世界を數回廻り噴煙はずつと高く大氣の上層まで傳はり、世界各國でその生じた光學的現象を見ることを得た。即ち上層氣流に交つて世界を一週した火山灰のために、どこでも夕

陽が美しい紅色を呈した。これは光の屈折によるので、噴煙が日光に及ぼした結果たる微塵の大きさはどれも一耗の千分の一以下であらうと思はれる。

このクラカタア島の大噴火は實に未曾有の現象をひきおこし、かくて微塵が多く空氣中に浮遊することのできるを示し、且つその大きさは輻射壓によつて影響され得ることをも示した。實に太陽面に於いてはクラカタア島の大噴火などに逆も比べ物にならない程の大破裂が始終有りがちである。太陽面上に紅焰とか黒點さかの出現するときは、非常に大混亂の起つて居るときであつて、その際にはクラカタア島の様な噴火作用が起り微塵が高く太陽面上に吹き揚げられるのは確である。太陽面の輻射壓は甚だ大きいから微塵は高く吹き上げられるであらう。又地磁氣變動の起る原因はこの輻射壓による。アレニウスの計算したところに依れば、太陽面から地球上に達するに僅々四十五時間でよいとのことである。ところがリッコーの調べた所では黒點の太陽面に於ける子午線經過後四十五時間半で、又他のの學者による四十二時間半で磁氣の變動

が起ると云調査は、丁度アレニウスの計算と符合する。即ち黒點自身がたとひ大磁石の資格あるもその力は到底地球上の磁力の變化を生ずるだけの者ではない。この事は前に太陽のところで説いた筈であるが、必ず輻射壓に伴つて太陽面から地球上に渡來したところの電氣を帯びた物質が上層大氣に到着し、これを電離し、そこに電氣作用をおこし磁氣嵐として現はれるのである。

又極光(第三十二圖を見よ)としても其の放電が現はれるのである。我が國でも去る明治四十一年九月に新潟地方からこの極光の見えたことがあつた。このときも磁氣嵐は著るしかつた。現に北極光のスペクトルを見ると數多の線が、太陽面に現はれるものと一致して居るのを見る。

ドップレルの原理　ドップレルの原理は第八章星のスペクトルで説明するが、とにかく發光體が近づくと波長が縮まり、遠ざかると伸びる、今 v をエネルギー、 v を物體の速度、 V を光の速度とすれば、接近するときはエネルギーは増加し

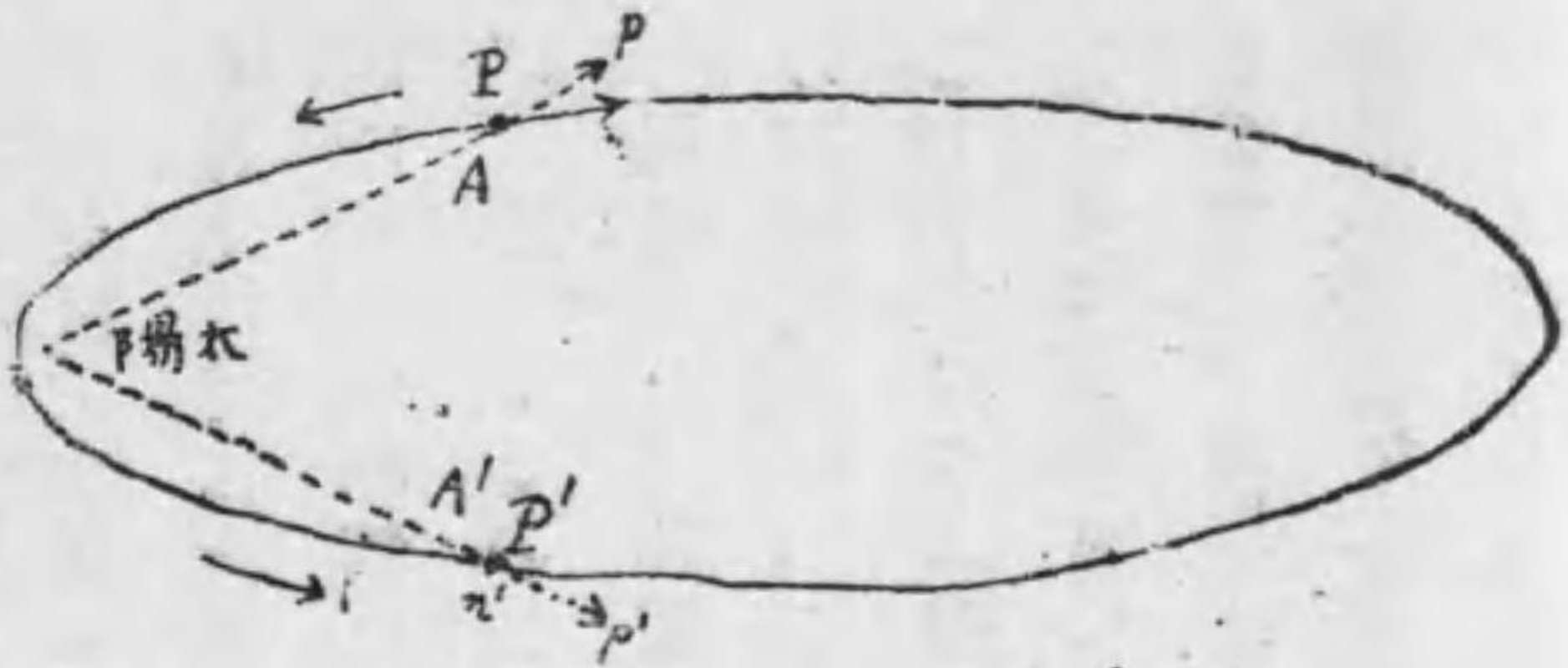
$$E(1 + \frac{v}{c})$$

となるが、反対に遠ざかるときは減少して

$$E(1 - \frac{v}{c})$$

となる。然るにEは物体の受けるエネルギーに比例して居るから、このやうな効果は直に輻射圧に及ぼすことが察せられる。しかるに物体そのものを輻射する場合にも放射がある。惑星や彗星はみなそれ自身輻射し、そして進む方向に輻射が縮み、退く方向には薄くなるから反射は運動する方向に大きくなる道理である。

これは即ちドツブレルの原理であるが、その影響は又幾分か太陽の近くを運行する物体の軌道に影響する。大體を言へば、太陽系に於いて物体の受ける力は三つある。第一太陽の方面に向ふ引力、第二太陽の反対に向ふ輻射圧、物体自身の輻射でおこる



A=A'の力引
P>P'の輻射圧の陽太
P'>Pの輻射圧の物体

第五十七圖 太陽の輻射圧と物体の輻射圧

とP'に於ては如何なる作用を生ずるかを論ずれば、直に三作用が軌道を変更する理が

輻射圧で、この第三のものはドツブレルの原理でいつも運動と反対するやうに作用しつゝある第一の作用は主として軌道を規定し、第二の作用は公轉の週期に影響する、第三はエネルギーの放射に依つて、物体の運動を阻止しつゝ、なるべく太陽に近づけるやうにする。この第二、第三の作用は甚だ微であるが、長年月の間に山積して遂に物体は次第に太陽に近づくやうになる。

太陽の輻射圧と物体の輻射反壓 第五十七圖に於いて矢の方向に物体が進むものとすれば、軌道の兩側に於いて太陽から同じ距離の二つの點、P

判明する。PとP'は太陽から同じ距離にある故、引力AはA'と同じ物體が止まつて居るとせば、太陽の放射線から發生する壓はPとP'とに於いて同じことになる。しかし事實上Pでは太陽に接近し、P'では遠ざかつて居るので、ドツブレルの原理によつてPに於いて物體の受ける放射エネルギーはP'に於けるより多く、Pに於ける放射壓はP'に於けるものより大きくなるであらう。

同様にして物體自身の放射反壓もドツブレルの原理によつて、P'に於けるよりもPの方が大きい。この故に三つの作用を綜合した結果は可なり太陽よりの距離の差を少なくするやうに働らくから、物體は初め楕圓軌道であつても段々圓に近づくに至る。この原理を彗星に應用すると面白いことがある。放射壓のため最も強く吹きとばされる微塵は、核をはなれて遠ざかつて行き、壓のあまり多くはたらかないものは割合に變化を生じないが、ドツブレルの原理により、長年月の間に軌道は段々と圓くなりその内に放射壓の影響の少ない微塵は次第に太陽に吸収されることになる。さうして残

部は依然として軌道上の運行を繼續するであらう。つまり微塵が選擇されて、段々に尾が貧弱になつて行くであらう。エンケ彗星の如きは斯様にして遂になくなつて仕終つた。

黄道光の説明 かの黄道光も亦、この種の作用によつて、分散變化した彗星の残骸であると言はれて居る。

土星の環の説明 土星の環は微塵體から成立して居ることは前に叙べたが、その運動も内側のものほど速く、外側のものほど遅い。この環も亦放射壓によつて説明される。先づ土星のやうに巨形の惑星の近邊に一つの彗星が近づくと、その大きい引力のために充分土星を捕獲することができらう。その彗星體を構成して居る分子の中、放射壓の影響をうけることの少ないものは、比較的土星の近くに行き、さうでないものは土星から遠い所を廻轉する様になつたのであらう。土星も生成の當初に於いては盛に發光し放射壓も亦あつたであらう。そしてドツブレルの原理で軌道は圓に近

づき、もとは同一半面になかつた微塵も次第に同じ平面に引き入れられたのであらう。惑星の生物の起源 惑星の生物もその胞子状態のとき、放射圧によつて、空間を旅行したのであらうと言はれるが、それは次章に譲る。

氣壓と放射壓 近時の放射機能の研究によれば、すべての原子は陰電氣を帯びるものと、陽電氣を帯びるものとの結合體であつて、陰陽の分量が等しゝ爲に、電氣を帯びて居るやうには見えないが、併し種々の物理的現象は原子が必ず陰陽の兩電氣を帯びて居る證明を與へる。このやうな物に生ずる放射壓は特に大きくて、電氣を帯びないものと大なる相違がある。それ故空氣の分子は大きからいへば、あまり放射壓の影響をうけないが、その陰陽兩電氣を帯びて居る原子から成り立つて居ることを考中に入れ、ば、壓の大氣にできる影響も全く輕視することはできない。毎日の氣壓の變化は幾分か太陽の光線が空氣分子に及ぼす放射壓に、あづかつて力あるものであらう。宇宙塵 又この放射壓によつて、恒星、太陽などから、空間中の四方に放出された

微塵は相互に又衝突することもあらう。かくしてその結果は凝集して色々な大きさの團塊を形成し、小なるは宇宙塵、又大なるは隕石の如きものとなるのであらう。但しこれらの隕石の少数は惑星などの引力に依つて、そこへ落下するであらうけれども、又大部分は依然として空間をさまよふであらう。そして宇宙塵は空間の何處かにはびこつて、一種の霧を生成し、他の天體から來る光線を遮斷し吸収する。もしかゝる霧狀の物質がなかつたならば、恒星から發する光熱により、暗黒天體は忽ち熱せられ、且つ輝き出すであらう。かくしてこの宇宙塵は空間を彷徨しつゝやがて星雲の團塊中に漂着してそこに落ちつくであらう。

第六章 空間にはびこる生物

地球に於ける生物の起源 宇宙間に於ける生物發生の問題について探究するにあたり、先づ我が地球上に如何にして生物が發生したかを論ずる必要がある。古來行はれ

た創造説といふのは、それは造化の神の手によつて造られたとか、或は又天から天降つたとか言ふのであるが、現今信ずる人はない。それから進化論といふのはダーウインの主唱した説で生物は簡単な形から段々複雑なものに進化して來たと云ふのであるが、そのものは無機物から起つたといふのである。又生物外來説とは、英國の物理學者ケルピンの初めて稱へ出したもので、生物の祖先はこの地球上に萌芽したのではなく、他の天體から流星其他の作用に依つて來たと云ふ論旨なのである。併しそれとも生命の根本を説明したのではなく、唯地球上の生物の起源を片附けたに過ぎない。そこで今は進化説に耳を傾けるより他に方法がない。

生物の生存條件、どうも判然とこの起源はわからないが、さて次に地球表面上に生物が生殖繁殖するに必要な條件は何々かといふに、先づ生物體は細胞から成り、細胞内には原形質が充ちて居る。その原形質が他から損害をうけずに、無事活動、生長するに必要な天文學的の條件は如何にといふに、先づ温度の適當なこと、次に太陽か

ら受ける適量の光と熱、液狀の水が在つて、それが又よく擴がつて居ること、適當の密度を保ち、適當の成分を有する大氣、固まつた表面即ち地面、晝夜の循環すること、これらの要件がなければ、生物の生育は覺束ないことである。

先づ温度について言へば、今日生物の活動する範圍は攝氏の零度から四十度ぐらゐまでであるが、北アメリカの或る地方には攝氏五十五度の温泉中に生育する一種の藻があるから、可なり高温度にも堪へるものである。それから太陽の光熱であるが、熱は生物の生存する地面を温めるに必要で前の要件と同じことになる。亦植物などの生育には光をも要することは明白で、又動物は植物を食物としなかつたら一日も生存はできないのであるから、間接に日光の必要な所以がわかる。

水が液體になつて存在することも又缺くべからざる要件で、たとひそれがあつても氷結して居ては、少しも生物に供給することはできない。又密度と成分の適當な大氣が必要で、その効用は一つは熱を保つことで、折角太陽からうけた地表の熱を速かに

空間に放射させないやうに防ぎ、宛も人體の着物のやうな作用をする。第二には生物の呼吸作用を營む上に於いて不可缺で、つまりガスを肉體の營養として取り入れるので、酸素と、窒素と、炭酸ガスと水蒸氣は是非入用である。又ガスの密度があまり稀薄でも困る。もしも氣壓が半分になれば保溫作用もにぶり、且つ高山にいつも雪があるやうに、平地でも始終雪に蔽はれるであらうし、甚だ不便である。

天體の表面上のガスはその分子の運動の速度が大きいので稍もすれば空間に逃げ出したがる。併し質量の大きい天體は引力も亦従つて強いから、しつかりこれを引き止めて居る。質量の小さいものでは、遂に大氣を外に逃がして、自體は赤裸になつてしまふのである。例へば月や水星などの如くである。

次に陸地といふやうなものも亦、吾人のやうな陸上動物にはなくてはならないが水中の動物とても海底がなかつたら逆も生存はできない。土地の必要なことはやがてなの中に含有せられるカルシウムが必要であるといふことになる。

晝夜の循環することも必要で、餘り晝ばかり、又は夜ばかり續くと、活動と休憩との調和がとれなくなり、且つ夜ばかり長續きすると、溫度が非常に降下して水が氷結して仕終ふ恐がある。

地球の溫度 吾々を哺育し生命を保つてくれるこの大地の溫度の源は二つある。第一は地熱、第二は太陽の光熱である。最初は地熱も亦太陽熱の分身であつたであらうが、今は別個のものとなつて居るから、別々に考へよう。星雲説によれば地球はもと白熱状態であつたのが、段々に冷却したと言ふのであるが、無論その灼熱されて居た時代には決して生物は生存し得なかつた。年代を経るにしたがつて次第に冷却して、前に叙べたやうに攝氏五十五度以下生物の發生に適するやうな溫度まで下降した時期に至つて、初めて極めて簡単な單細胞生物がこの世に生れ出たのである。

つまり初めに地球はガス體であつたが、液體、固體と次第にかたまつて、その表面に現時見えるやうな固い地殻が形成されたのである。ところでこの地殻も最初は中々

熱かつたであらうが、さきに一寸掲げたケルビンの計算によれば、地殻が凝結しかけてから攝氏百度にまで降下するのは百年をも俟たないといふことである。且又生物が生長するに適する四十度ぐらゐに冷えるには、二三百十年しか掛らないといふことであるが、併しその時が今から凡そ幾年前かは地質學者の方でも計算はできないのである。

それから、この地球の表面に海洋のできたのも色々の説があるが、ある人は今から一億年ほど前に海ができ上つたと主張し、他の人々では二億年から六十億年ぐらゐ前であると言つて居る。こんな譯で生命の初めて地上に芽生へた時代も茫乎として解らないが、いろ／＼の結果を綜合して或は五六千萬年前であるかも知れない。

この生物が始めて地上に生れ出た頃には、地熱だけで充分、その生物を哺育することができたかも知れないが、それ以來次第に地の外殻は冷えて今の如き有様になつて今では生物は太陽熱の助を借らなければ生存し得なくなつた。ついでに太陽の熱はどれ位續くかといふに、諸學者も種々研究して見たが、結局今後五六百萬年ぐらゐはさ

して大なる温度の變化はなからうとのことで、従つて地上の生物も日光の缺乏に苦しむことは當分ないわけである。

地熱と太陽熱とは正に地球の熱源である。次に地球は折角太陽熱をうけても、具合よくそれを保存して行くや否やの問題であるが、受けた熱を少しも逃がさないやうに保持すれば、地球の温度は年と共に上昇し、そのために地球はどんな状態に陥るかとか考へて見るに、それには地球を包む大氣が非常にそれと交渉を持つて居る。つまり大氣の成分によつて熱を外へ出さなにかといふことが解つて来る。それ故全然空氣が存在しない場合、或はすべての熱線に對して全く透明な場合に、單に太陽の輻射熱だけに依つて惑星の表面の温度がどれ程になるであらうかと言ふに、それは地球と太陽との平均距離に於いて太陽がその光に直面である地上の一平方哩の面積に供給する熱量を二・五グラム、カロリーとして計算した結果を次ぎに表示する。

水星

氷點以上百七十八度

金星	同	六十五度
地球	同	六度半
月	同	六度半
火星	氷點以下三十七度	
木星	同	百四十七度
土星	同	百八十度
天王星	同	二百七度
海王星	同	二百二十一度

この中、水星は永久に半面だけ太陽に向ひ、月は一個月の半分だけ太陽に同一面をさし向けて居るので、その地方の温度は右表よりはるかに高くなる勘定である。又金星の方はその表面に濃厚な大氣が包圍して居るので、日光は入り難くして、一旦入つたら出難いので、それらを勘定に入れると四十度位となるであらう。地球の方は實地

に計算して見ると十六度であるが、右表は理論的にやつてあるので六度半である。

この差異の生ずるのは、地球がその表面の半分をいつも雲に蔽はれて居るからで、結局雲が一旦うけ入れた日光を遮りとめるに因るのである。又大氣中には多くの細塵を含有するが、その細塵が日光の一割七分を吸収して仕終ふのである。それで畢竟雲が細塵に遮ぎられて、地球の表面に到達する日光は甚だ少量となつて終ふ。

けれども又地球の表面から反射する熱は雲と細塵とに食ひ止められるから帳引損害は少なく、約二十度も引けばよく、すると氷點下十四度になる。すると實際の測定と約三十度の差ができて来る譯である。それはどういふ譯かといふにアレニウスに依れば、空氣の成分の中で非常によく熱線を保護するものがあつて、そのガスは波長の短かい熱線を遮らず、長いものだけを遮るといふ特性を所有して居る。所で太陽から來るときは、よく輝くので割合に波長の短かい熱線が多いので、ガスの中を容易く通過するが、次に地球の表面から放射して出る熱は大低暗い線であるから光つて居ず、

即ち波長が少々大きいから、その長い熱線だけをガスが遮り止めるのである。

つまり受けることは受けるが、出すことは出さない。さういふガスが地上に多く存在する。そのために理論と實際との價が食ひちがふのである。その結果温度は氷點以上十六度となるのであると主張して居る。事實これほどガスが影響するかは疑はしいが、たしかにさうした傾向はもつて居る。さういふ性質の空氣の成分に四種ある。水蒸氣、炭酸ガス、オゾン、炭化水素とこの四つである。オゾンと炭化水素とは多くはないが、水蒸氣と炭酸ガスは可なり地球上に存在して居る。とりわけ熱を保護するのは炭酸ガスでその點は水蒸氣よりもすぐれて居る。

炭酸ガスの空氣中にある分量は一萬分の三で、この少量でもつて、如何にして目立つやうな影響を與へるかと言ふに、アレニウスの主張する所によると、炭酸ガスが現在の半分になると温度が四度下り、四分の一になると八分下る。全部炭酸ガスがなくなると二十一度下るとの事である。又それに反して炭酸ガスが増加すると温度は漸次

上る。時にこの地球上でこのガスの増減したため、温度に變化があつたかと言ふに、

彼は地質學の證明によつてさうした時代のあつたことを叙べて居る。

地質學の説くところに依れば、今から約十萬年前に氷河時代があり、その頃は温度が五度ほど低かつた。それより前は二度ほど高かつた。又それより溯つて八度も高いときもあつた。その温度の増減の原因は太陽に因るか、又地球そのものに因るかは不明であるが、彼は炭酸ガスの作用に因ると説明した。炭酸ガスがどろくして地上で増減するかといふに、それは人類發生以前は火山の噴出によつたであらう。火山が爆發すると、その噴煙の中には水素氣と炭酸ガスが最も多くある。かういふ時代には大氣の中に炭酸ガスが豊富となり、火山が活動しなくなるとこのガスは次第に減つて行く。氷河時代には火山の噴出が衰微して居たが、その前後には非常に著るしい活動のあつたことは地質學が證明する。このやうに火山の噴火が盛であつた時代と温度の高かつた時代とは符合するが、それは炭酸ガスの影響であらう。かくして炭酸ガスは絶え

ず、噴火口から噴出されるので、遂に蓄積して、地球の温度は高くなる一方で下降することはない。併しそれには又色々調節する作用も加はる。即ちこのガスを吸ひ込むものに海水がある。それは海上では陸上よりもこのガスの乏しいことでもわかる。又礦物は炭酸ガスと化合する性質があり、吾々はこれを風化作用と言つて居る。石灰、マグネシヤ、アルカリ類等は殊に餘計に吸収する。又植物の同化作用として、植物は盛んに炭酸ガスを吸収するのは人のよく知るところである。又温度が高まれば、益植物は勢よく吸収作用をいとむのである。

元來地球上には遊離して酸素がなかつたが、性物が同化作用によつて炭酸ガスを吸ひ込み、その中から酸素を吐き出したから出来たといふことである。それがために動物が出現したとも言はれて居る。この炭酸ガスの豊富な時代には非常に植物も繁茂したのである。

現今は火山の噴火の外、工業の發達に伴ひ、炭酸ガスが非常に夥だしく空中に放散

されるやうになり、地球の温度が段々上がるわけである。

かうなつて來ると、寒帯地方もいくらか暖かくなり、人類の棲息するに都合よくなるであらう。

地球以外の生物 さて地球以外に生物があるかとの問題であるが、英國の動物學者ウオレーズは絶對的に否認して居る。併しそんな世間狭い考へはよくあるまい。それは地球は宇宙の中心か何かのやうに考へて居る迷思想家の言ふことである。恐らく地球以外にも亦生物の棲息に適する世界があるに相違ないが、唯確かな證據がないだけである。先づ地球と同じ條件の惑星があるとすれば、屹度其處に生物の芽生が現はれるであらう。地球上の生物は進化の途中に色々な外界の變化に遭つた。温度の高低、空氣、水の分量の増減、又住所にも空、陸、水と變つたものもあらう。生物はよく外界の狀態に適應するものである。

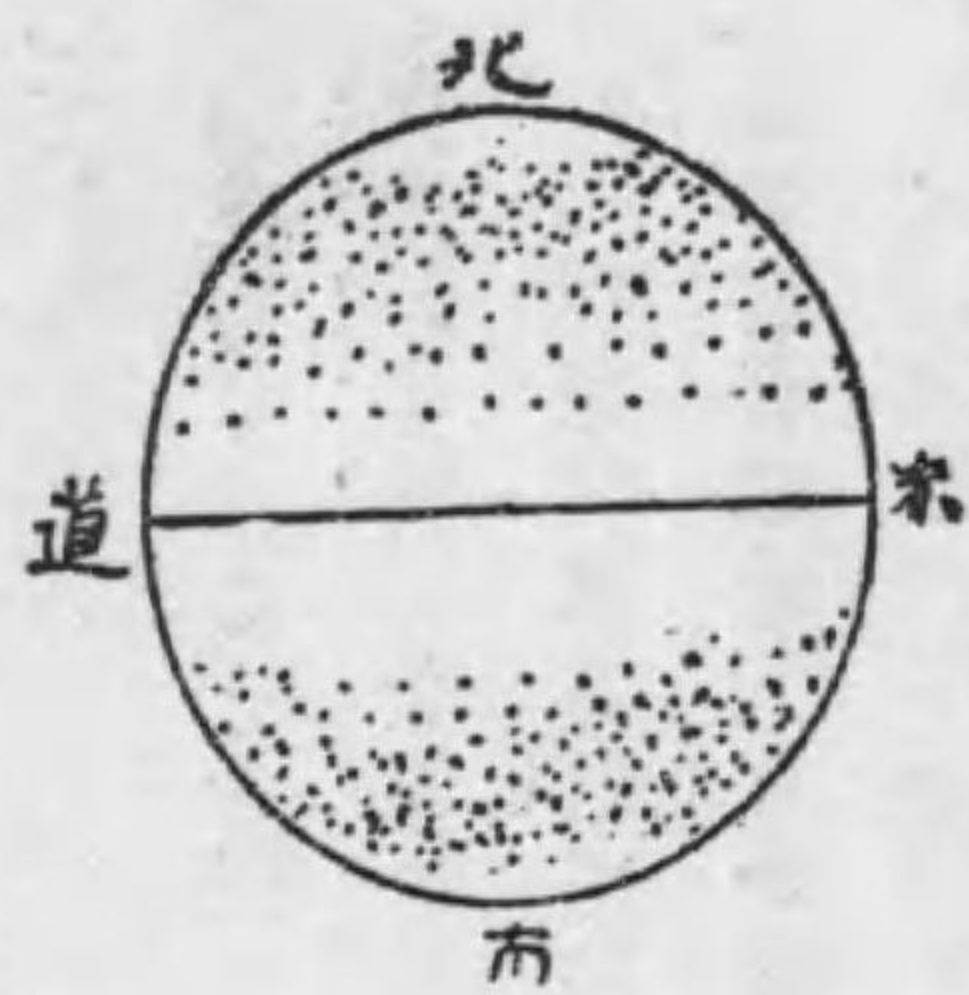
それで地球と全然同じ狀態でない惑星上にも、そこの事情に色々適應して、又別種

の生物が発生して居るであらう。現に我が古生代では上空が常に密雲に閉鎖されて居た。かの金星も亦同じくこの状態にある。

又かの孢子がとんで歩いて地球上に生命が萌芽したとしても、地球ばかりに生へず他の惑星にだつて、そこが生育に適してさへ居れば、屹度發芽したであらう。要するに地球以外に生物なしとの斷言は甚だ僭越なことであつて、科學者としては甚だしい偏見である。

水星の生物 さて手近かな所から他の惑星の表面の状態を一々調査して見よう。水星の反射率は十七パーセントであるから、その表面の雲量の殆んど零に等しいことを物語る。その他の研究から、この惑星の赤裸であることは證明される。又水量は同一半面だけを太陽に向け、他の半面は、太陽にそむいて居るから、一方は馬鹿に熱せられ、他の一方は限りなき寒冷となつて、氣候の調和がうまく行かないから、何れにしても生物の棲息所としては、甚だ望みの少ないものである。

金星の生物 金星は惑星として最も生物の存在の有望なところである。その反射率は七十六パーセントで、最も濃厚な大氣が深くとりまき、それが地球以上に豊富なことが察せられる。又時々金星は三日月形に缺けることがあるが、その尖端が法外に出て居るのはそのあたりの大氣の輝きであらう。又缺けたとき、その明暗界線が、薄ぼ



金星の生物の分布 第五十八圖

んやりして居るのも、亦大氣のある證據である。

かくの如く、空氣の存在の證據は十分にある。そして水星の如く同一半面を常に太陽に向けて居ることはなく、凡そ二十四時間で一自轉するから、晝夜の循環も地球とさして差異はなく、甚だ棲み心地のよい所であらねばならぬ。殊にその極の地方に時々白雪の敷けることを見受けるのは、全く地球と同一状態であることを思はしめる。

ところが、金星は地球より、ずっと太陽に近いのでその日光に照らされる量も大き