

のと考ふれば、月の如きは全く老衰せる星の一例なるべし。而して月の例は總ての星の遂に赴くべき途を暗示せるが如し。

(口) 水星

水星は太陽に最も近き惑星にして、又太陽系の大惑星中最小のものなり。其大さ、密度等によれば、月に酷似せる天體なるを知り得べし。而して常に太陽に同一面を向けて廻轉するが如く、其有様も月が常に地球に同一面を向くると同様なり。されば勿論大氣なく水なく、死滅せる惑星なること疑を容れず。

(ハ) 金星

金星は其太陽の光を反射する割合よりして、雲に蓋はるゝものなるべきとを想像せしめたるが、其表面に明瞭なる斑紋なきことも其一證となれり。又金星經過(金星が太陽面を横ぎりて經過する現象)



(二七六)

の際の観測によれば、金星の縁に於ける光の屈折によりて明瞭に大氣の存在を認め得たり。

金星は其表面の雲によりて内部の状態を透視すること能はざれども、其密皮によりて察すれば、内部に固態の土地あること明かなるべし。其温度は大氣の爲に大に調節せらるゝとするも猶四十度乃至六十度（華氏百四度乃至百四十度）に及ぶべし。地球に比すれば甚だしき高温なれども、生物の生存に不適當なる程の高熱にはあらず。又雲の存在は多量の水の存在を豫想せしむ。されば金星は生命存続の條件を具備するものと見るを得べく、其温度及濕氣の状態より考ふれば地球よりも著しく弱年なりと想像し得べし。

金星に於て唯一の疑問は其自轉の週期なり。或學者は第三表に示せるが如く、約二十四時間の週期を主張すれども、他の學者は金星

(二七七)

も水星と同じく一公轉と同時に一自轉し、常に太陽に同一面を向くるものなりと主張す。金星は地球に近き惑星なれども、其位置地球と太陽との間に位するを以て、最近の位置に來りし時、吾人は金星の暗黒面を見ることとなり、観測不可能となるなり。されば此爭論は猶解決するに至らず。されど、若し金星の公轉の週期と自轉の週期と同一なりとすれば、一方は極端に熱せられ、他方は極端に冷却すべきなり。其冷却せる暗黒面に於ては水蒸氣其他の重き瓦斯は皆凝結して氷となるべきを以て、氣壓の不均を起し、熱側の瓦斯は冷側に流れ來り、遂に總ての水蒸氣を凝結せしむるに至るべきを以て、雲の存在を否定せざるべからざる結果となるべし。されば二十四時間説の方眞なるに近しいといふべし。分光器による研究も、未だ明確ならざれど、其説を確かむるが如し。

假りに二十四時間説を採用すれば、晝夜の循環も地球と同様なるを以て、金星が生命存続の總ての外的條件を具備するを見るべし。されば地球に發生せる生物が、金星には發生し得ずといふこと能はざるべし。

(二) 火星

火星は地球の外側に位するを以て、最も地球に近づける時に其太陽に照されたる全面を見るを得べし。從て其觀測比較的容易なり。肉眼によるも望遠鏡によるも、火星は著しく赤桿色を帶ぶ。これ火星の大氣に雲なくして、吾人が直接に土地の反射を見るが故なり。されど望遠鏡による觀測によれば、火星の面は一様に桿色を呈するものにあらずして、其一部は暗綠色を現はし、兩極には白色の部分あり。

火星に雲の存在せざること、火星の大氣の非常に稀薄なることと密接なる關係あるべし。種々の測定の結果によれば、火星の大氣の密度は地球の大氣の四分の一乃至五分の一に過ぎざるが如し。或は夫れ以下に想像する人もあり。又雲の不在は、火星の表面に水の缺乏せるを示す。されど最近の分光觀測によれば、火星の大氣は少量の水蒸氣を含有するが如し。兩極に存在せる白色の部分は、夏と冬とによりて増減する故、水蒸氣が凝結して霜雪の如き状態となれるものならんと想像せらる。されど火星面には海洋、湖沼の如きものなき故、其表面は地球の砂漠に比すべきものなるが如し。次に温度の状態を考ふるに、前表に示せるが如く、大氣なき時は攝氏零下三十七度となるべきものなれど、大氣の存在の爲に多少緩和せられて、攝氏の零度乃至十度の間を昇降せるものならん。又晝

夜の循環は地球と略ほ同様なり。されば火星は生命存続の條件を極めて僅かづゝ有せるものなりといふを得べし。而して地球が金星よりも老境に入れるが如く、火星は地球よりも著しく老衰せるものなりと考ふるを得べし。されば火星の全盛時代は恐らく過去にありしなるべく、現今に於ては、多少生命の存続ありとするも既に滅亡に瀕せるものなるべし。

伊太利のスキヤバレリ及び米のローエルは火星の表面に、直線の組合せより成る運河の存在を主張せり。彼等の畫く所によれば、運河は蜘蛛の巢の如く火星の表面を縦横に直線狀をなして貫通するものにして、兩極の水分を赤道地方に運ぶ爲のものなりと説明せらる。ローエルは此運河の存在によりて高等生物の存在の證據なりとせり。ローエルの觀測に用ゐたる望遠鏡は、口径二十四吋のものなるが、

リツク天文臺に於て口径三十六吋の大望遠鏡によりてバーナード及びキラーの觀測せし所によれば、ローエルの運河線に相當するものなく、只種々の陰影及斑點等の散在せるを見しのみなりき。又ニウカム及びマウンダーは、各々不規則に散布せる斑點又は線條を一定の遠距離より眺むるときは、眼の錯覺によりて、是等を直線狀に連結するものなることを證せり。されば火星の運河は錯覺の產物と認むべく、學者の是を信するもの甚だ少なし。

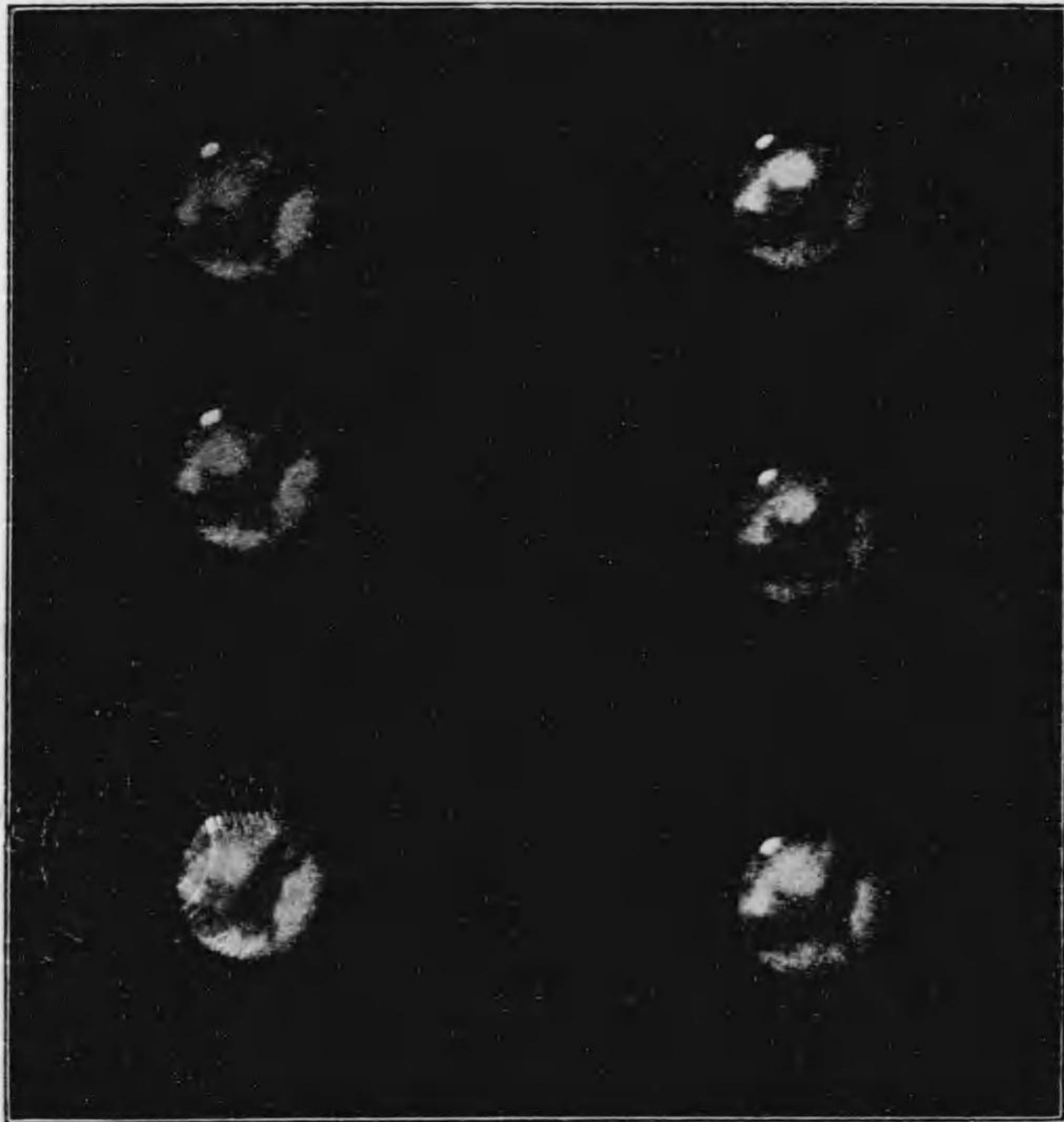
火星は二個の衛星を有す。内方にあるをフォボスといひ、外方にあるをダイモスと名づく。皆形狀小なるものなるが、唯奇とすべきはフォボスの公轉の週期が七時三十九分十五秒にして、火星の自轉の週期より小なることなり。此現象はフォボスが火星より分離せるものと考へては、到底説明し得ざることなり。

(水) 木星

前に述べたるが如く、木星は密度其他の狀態より想像すれば氣態なること明らかにして、表面に深き雲の層あるが如し。斯の如き狀態を維持するには内部に高熱あること明らかならば、木星は現今生成の途にありといふを得べく、それが今後冷却して固態の殻を作るまでは尙數百萬年乃至數千萬年を要すべし。

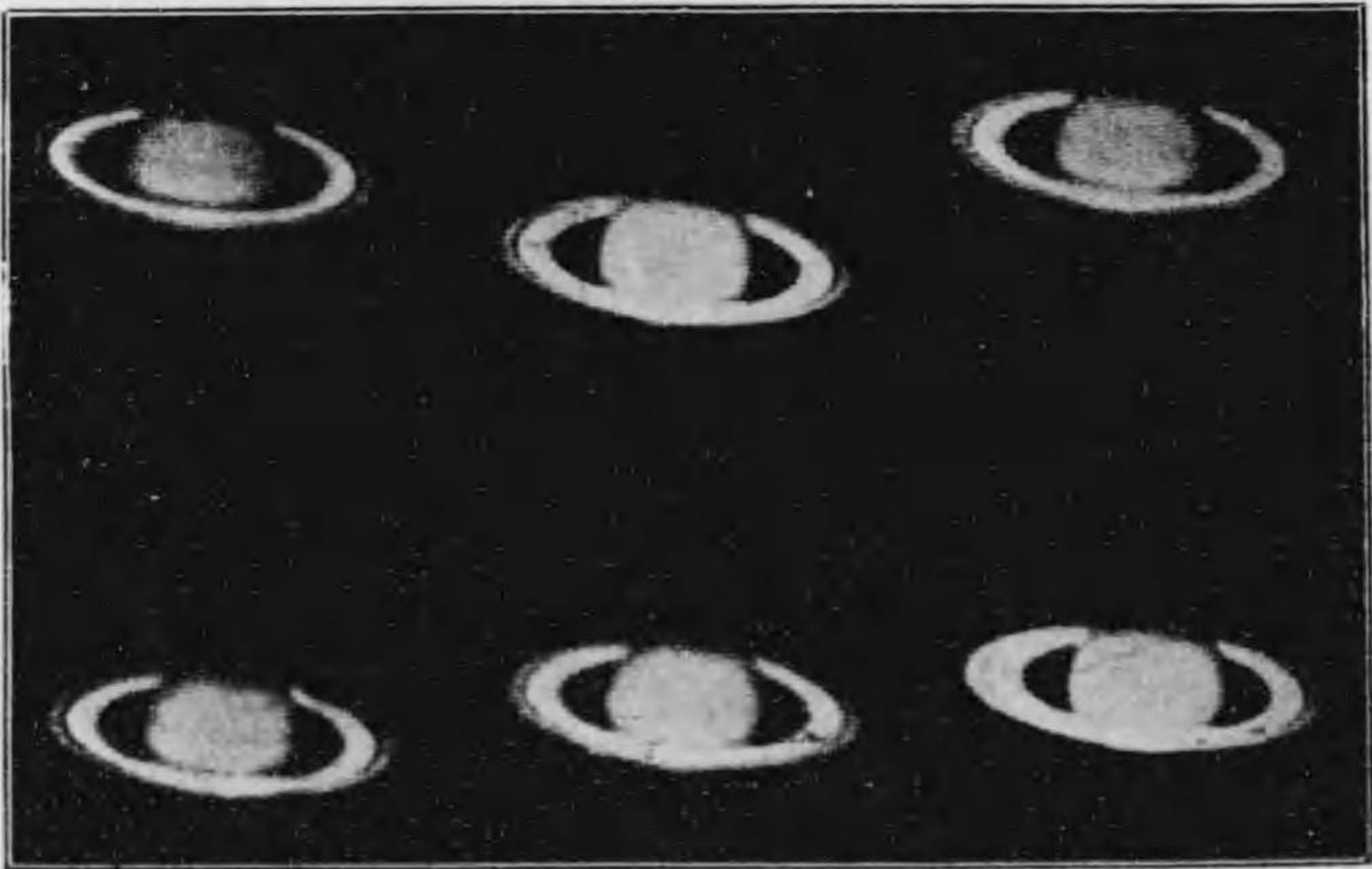
木星の衛星は発見せられたるもの九個あり。總て太陽系の惑星及び衛星は其自轉の方向も公轉の方向も、北方より見て時計の針と反對の方向に廻轉するものなるが、一九〇八年にグリニチに於てメロットの発見したる第八衛星、及び一九一四年にリック天文臺に於てニコルソンの発見したる第九衛星は、太陽系の一般の廻轉の方向と反對にして、所謂逆行をなすものなり。

第十圖



火星の寫眞

第十一圖



土星の寫眞

(へ) 土星

土星の性質は木星と同様にして特に述べべきことなし。されど其本體を圍繞する環は、他の星に存在せざる一種獨特のものなり。環は寫眞に示すが如く、幅廣きも甚だ薄きものにして最近分光器的研究の結果によれば、微小なる無数の衛星が密集して、各自獨立の速度を以て土星の周圍を廻轉するものなるを知れり。環の明暗の部分は、微星の疎密に相當す。而して微星の廻轉速度は内側のものが外側のものよりも大にして、引力の法則と一致する結果を得たり。

土星は環の外に十個の衛星を有す。其内九個は一般の方向を取りて公轉す（順行）れども、第九衛星（一九〇四年南米アレクイバに於てビケリング發見す）は逆行するものなり。

(ト) 天王星と海王星

二星の性質は木星及び土星と同様にして密雲に蓋はるゝが如し。天王星は四個の衛星を有するものなるが、其廻轉の平面は天王星の軌道に殆んど直角にして、順行逆行の中間に位する運動をなせるものなり。

海王星の発見史は十九世紀の科學の勝利を飾る有名なる事件なれども、茲に贅するの要なかるべし。海王星は一個の衛星を有し、逆行す。

(子) 小惑星

小惑星は火星と木星との中間に位せる八百有餘の小星の總稱なり。是等は皆其形小にして、月と同じく枯渴せる天體なること明なり。小惑星に就て興味あるは唯其発見の歴史のみなり。我國に於ても一九〇一年に平山(信)博士は寫眞によりて、「東京」、「日本」と命名

せられたる二星を発見せり。今後望遠鏡の精巧となるに従ひて小惑星は尙發見せらるべき望あり。

三 太陽

(イ) 太陽の熱源

太陽は八十六萬六千哩の直徑を有せる一大瓦斯塊なり。其包藏する熱量の多大なるは、幾億萬年に互りて絶えず赫々たる光熱を放出しつゝ、然かも少しも衰へたる色なきによりても推し得べし。されど太陽は、宇宙に散布する無数の恒星に比して決して大なるものにあらず。太陽の數百倍以上の光熱を放散しつゝある恒星は、其數決して少なからざるなり。

太陽の有するエネルギーは非常に多量なるべきも、絶えず光熱を

輻射するのみにて、夫れを補充すること能はざるときは、エネルギーは時々刻々に減少すべく、遂には其光熱を輻射し盡して暗黒體とならざるべからず。其期に至らば地球上の生命も遂に滅盡の運命を免かるゝこと能はざるべし。他の惑星の活動も同時に休止すべきを以て、太陽の光熱の消盡は實に太陽系の運命の最後となるべし。現在に於て太陽が地球の表面に與ふる光熱の輻射量は、僅かに太陽の全輻射の二十三億萬分の一に過ぎず。而して太陽系内の總ての惑星及び衛星の受くる輻射を合算するも猶太陽の全輻射の二億萬分の一なり。殘餘の輻射エネルギーは皆太陽系外の無限の空間に逸散すべし。然るに吾人が太陽以外の總ての恒星より受くる輻射は、太陽より受くるものに比して更に數億萬分の一に過ぎず。されば太陽及び太陽系は常に巨大なるエネルギーを消散しつゝあるなり。其補充は

如何にして得らるべきか。又太陽の輻射が過去及び未來に互りて一定なる爲には如何なる條件を必要とすべきか。精密なる測定の結果によれば、太陽は其輻射の爲に、一年間に失ふ熱量は、質量一グラム毎に二カロリなり。此量は甚だ大ならず。若し太陽の比熱を水の比熱に等しと假定すれば、一年間に太陽の温度は攝氏の二度だけ下降することとなるべし。太陽の外面の温度は六千度乃至七千度なりと信ぜらるゝを以て、以上の割合にて冷却するものとすれば、三千年内外にて全く暗黒となるべき筈なり。尤も太陽の内部は非常なる高熱を有すべき故、幾分外面の熱を補充すべきも、以上の假定によれば太陽は數千年の間に著しく輻射量を減少せざるべからず。然るに六千年前の古代埃及及びバビロニア等の遺物は、其當時の氣候が現今と大差なきを示せり。更に溯りて數十萬



年乃至數百萬年前の地質時代に於て、現今よりも著しく寒冷なりし時代の存在も證せられ居るなり。されば太陽は少くとも數百萬年の間は輻射量に大差なかりしものと考へざるべからず。其現象を説明するには特殊の熱源を求めざるべからず。

十九世紀の中葉、獨のロバート・マイヤーは流星による熱量補充説を唱道せり。彼は太陽の表面に落下する流星の運動のエネルギーが熱に變ずる故に、夫れによりて輻射の補充をなし得べしとせり。されど其後の研究によれば、太陽の輻射を保持するに必要な流星の量は甚だ大にして、實際落下する量よりも著しく超過すること明となれり。故に流星は多少の補充をなし得べきも、是のみにては到底輻射を維持すること能はざるなり。次に現はれたるは獨のヘルムホルツの太陽收縮説なり。彼は太陽

(二八八)

が自ら收縮することによりて其熱を維持し得べしと論ぜり。熱力學の證する所によれば、氣態は其容積を小にすることによりて其温度を高め得べきものなり。太陽の如き巨大なる瓦斯塊に於ては、表面の重力は地球の二十七倍餘に達すべき故、其收縮によりて發生する熱は、重力に比例して莫大なる量となるべし。ヘルムホルツの計算によれば、太陽の輻射による熱量の損失を補ふ爲に、太陽は一年に其直径を六十米だけ收縮すれば十分なりといふ。されば太陽の直径の一萬分の一の收縮は、二千年間の輻射を支へ得べきこととなるべし。故に此説によれば太陽の輻射が數萬年に亙りて一定なることを十分説明し得るなり。

此説によりて未來を考ふれば、太陽は千七百萬年の後には、現今の四分の一の容積となり、輻射量は著しく減ずるに至るべし。され

(二八九)

ばヘルムホルツは今後約六百萬年を地球上の生命の存続期間とせり。更に此説を過去に應用すれば、現在と同様なる太陽の輻射状態は過去に於て一千萬年以上は存続し得ざることとなるべし。地質學者の研究によれば、生物の化石を含む地殻の岩石の生成の年月は一億萬年乃至十億萬年前に及ぶものありといふ。而して其時代の氣候も現代と大差なしと信すべき理由あるを以て、ヘルムホルツ説は此説明に困難を感じることをなれり。

十數年前ラヂウムの發見せらるゝや、其發生する熱量によりて太陽熱の持續を説明せんとするに至れり。ラヂウムの一瓦は壞散によりて毎時間約百十八カロリーの熱を發生する故、一年の總量は約百萬カロリーに達すべし。さればラヂウムの發生する熱量のみにて太陽の全輻射を支ふる爲には、太陽の物質の一瓦毎に千分の二瓦のラ

ヂウムを含有すれば十分なり。然るに地球の岩石のラヂウムの含有量と比較して考ふれば、太陽に斯の如く多量のラヂウムありや否やは疑問なり。又ラヂウムは永久に熱を發生し得るものにあらず。其壞散の結果は漸次其状態を變じて、遂にヘリウムと鉛とに化するものなり。太陽表面のスペクトルを検するに、ラヂウムの存在は多少疑問なれど、ヘリウム及び鉛の存在は確實にして、殊にヘリウムは多量に存在する故、内部にラヂウムの如き放射性元素の存在せるとを豫期し得べし。

ラヂウムはウラニウムの壞散の結果として生ずるものなる故、若し太陽の内部に多量のウラニウムありとせば、ラヂウムの供給は絶えざるべし。スペクトルによりてウラニウムの存在は明かなる故、太陽熱はラヂウムによりて、其幾分を支持せられつゝあることは事

實なるべし。されどウラニウムの壽命も數億萬年に達すること能はざる故、此熱源のみによりて非常なる長年月を支ふること能はざるべきも、太陽の收縮作用と聯合して考ふれば、大に其壽命を増加せることとなるべし。

其後瑞典のアレニアスは、高温高壓の下に於て生ずる化合物を想像し、それが太陽の熱源として有効なるを論ぜり。彼の推論によれば、斯の如き化合物は容積甚小にして大に熱を吸収し得る性質のものにして、太陽の内部に於て形成せられ、循環して表面に出づれば爆發して其含める熱を放出するものなりといふ。太陽のスペクトルは、其最上層及び黒點の内部に於て化合物の存在を暗示せざるにあらず。されど假りに此種の化合物の循環ありとするも、是は單に内部のエネルギーを外部に運搬するに止まり、新しきエネルギーを發

(一九三)

生ずるものにあらず。アレニアスの計算によれば、此方法にて四十億萬年以上太陽の活動を繼續し得べしといふ。されど此説も單に想像に止まるものなり。

最近の物理学の發達によりて開拓せられたる量子説によりて、太陽の状態を考察する時は頗る興味ある結果に到達すべし。太陽も恒星も共に壓縮せられたる瓦斯體なるが、其壓力によりて計算すれば、太陽の内部の瓦斯は約百萬度以上の高熱を有すべし。又其他の原因を加算する時は實際の温度は其數倍に達するやも計り難し。かゝる高温の物質より發する輻射エネルギーは驚くべき量に達するものなり。輻射波の波長は絶対温度に逆比例するものにして、温度二千五百度の時は波長は一マイクロン（一ミリ米の千分の一）となる。今其發散するエネルギーを單位とすれば、温度十萬度に達すれば波長

(一九三)

は〇〇二九ミクロンとなり、エネルギーは前者の四千萬倍となる。更に百萬度に達すれば、放射波の長さは〇〇二九ミクロンとなり、其性質はx線に近き不可視線となるものなり。而して其放射するエネルギーは、二千五百度の場合に比して、殆んど四兆億萬倍に達すべし。

されば太陽の内部の物質は、表面の物質に比較して、少くとも數億萬倍のエネルギーを有するものなり。斯の如き高熱體より發する波長の極めて小なる放射波は、それに當る物質を電離する性を有す。又量子説の研究によれば、發光體の有するエネルギーが或程度以上に達すれば其物質原子は壊散して四方に放射せらるゝものなり。溫度大なれば、放射も益々大となるを以て、太陽の内部に於ては其放射は極限に達するものなるべし。されば太陽の内部に於ては總ての

物質が、地球上のラヂウムと同様な壊散をなすべきを以て、長年月に亘つて殆んど無限にエネルギーを放射しつゝありと考ふるを得べし。

故に太陽が其内部のエネルギーの巨壓に堪へずして一大破裂をなさざる限り、太陽放射の壽命はアレニアスの想像せしよりも數千倍乃至數萬倍に達するものなるべし。太陽の活動の程度及び質量を他の恒星と比較するに、決して、大なるものにあらざること明かなれば、其破裂は到底豫期し難かるべし。されば太陽は今後數萬兆億年に亘りて、其放射エネルギーを放射し得べく、從て地球上の人類の生命も殆んど無限と考ふるを得べし。

太陽に於て原子の壊散の行はれつゝある直接の證據は、ラヂウムの存在せる量に比して、甚しく多量なるヘリウムの存在せることな

り。總ての原子は壞散の結果ヘリウムを放出するものなり。又ラヂウムのβ線に相當する陰電子の放射は、遙かに地球の大氣の上層に飛來して空氣を電離せしめ、極光を起すことによりて證せらる。要するに太陽の熱源は種々想像し得べく、上述の孰れも皆相應の効果を認むべきものなれど、其中最も恒久的の要素は最後に述べたる原子エネルギー及び電子エネルギーなるべし。されど是等のエネルギーも無限なる能はざる故、遂には太陽も寂滅するに至るべきは想像するに難からず。

(四) 太陽の溫度

太陽の光の色は純白よりも多少黄色に近づきつゝあり。されば其スペクトル中最も輻射熱の強き部分は黄色及び綠色の部にあり。地球上に於て直接測定せる太陽輻射の強度及びスペクトルによりて計

算するに、太陽の表面の溫度は攝氏の約五千度なるが如し。されど太陽の輻射熱は太陽の大氣及び地球の大氣によりて大に吸收せらるるものなる故、實際の溫度は約六千二百度なるべしと推定せらる。而して太陽は内部に一哩進む毎に約十四度づゝ溫度を増すべしと推定せらるゝを以て、其割合にて計算すれば太陽の中心の溫度は六百萬度以上となるべし。若し然りとすれば其部分のエネルギーの量は想像に餘りあるべし。

(ハ) 太陽の黒點と白紋

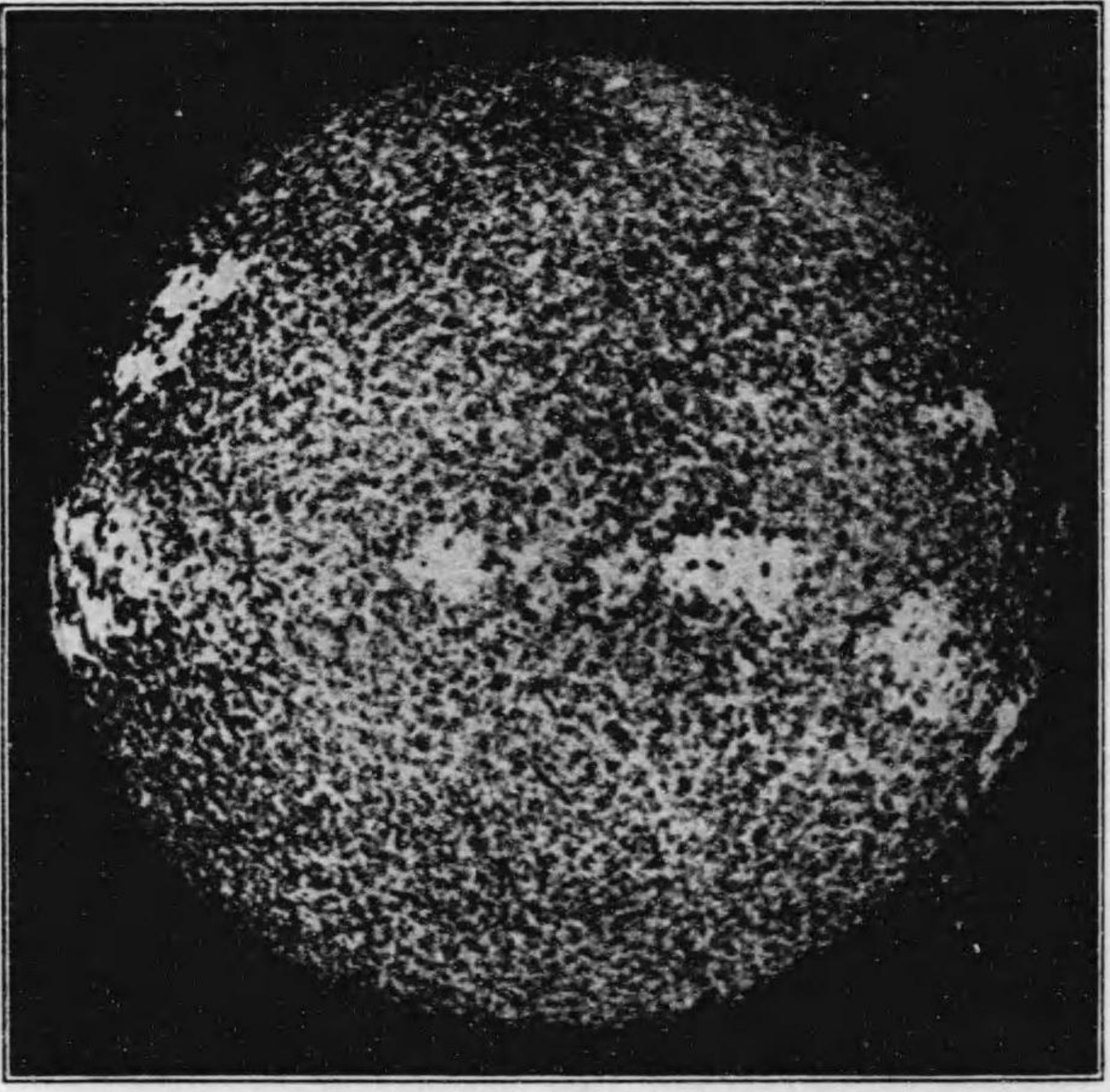
太陽の輝面に時々暗黒なる斑點を現出することあり。是を黒點といふ。其出現の數及び面積を統計すれば、黒點は約十一年一ヶ月の週期にて増減するものなるを知る。其出現する個所は太陽の赤道の兩側二十度乃至三十度の邊にして、太陽の瓦斯の活動最も激烈なる

場所と一致す。一の黒點は其出現後早きは一二週間にして消失すれど、大なるものは數ヶ月に亙りて尙消失せざるものあり。

黒點の周圍に普通の部分よりも著しく光輝強き一帯ありて、白紋と名づけらる。白紋の光を分析すれば、カルシウム及び水素を多く含有するを見る。太陽の表面は幾分冷却せる氣體の凝結せる輝ける雲霧にて蓋はるゝものなるが、白紋の瓦斯は内部より其雲霧壁を破りて噴出し、雲霧上に渦状をなして擴布するものなり。黒點は其噴出口に相當するものなるべし。太陽分光寫眞機によりて、特に一定の瓦斯のみの光にて撮影すれば、白紋の分布及び黒點の周圍の瓦斯の活動の狀を明にし得べし。

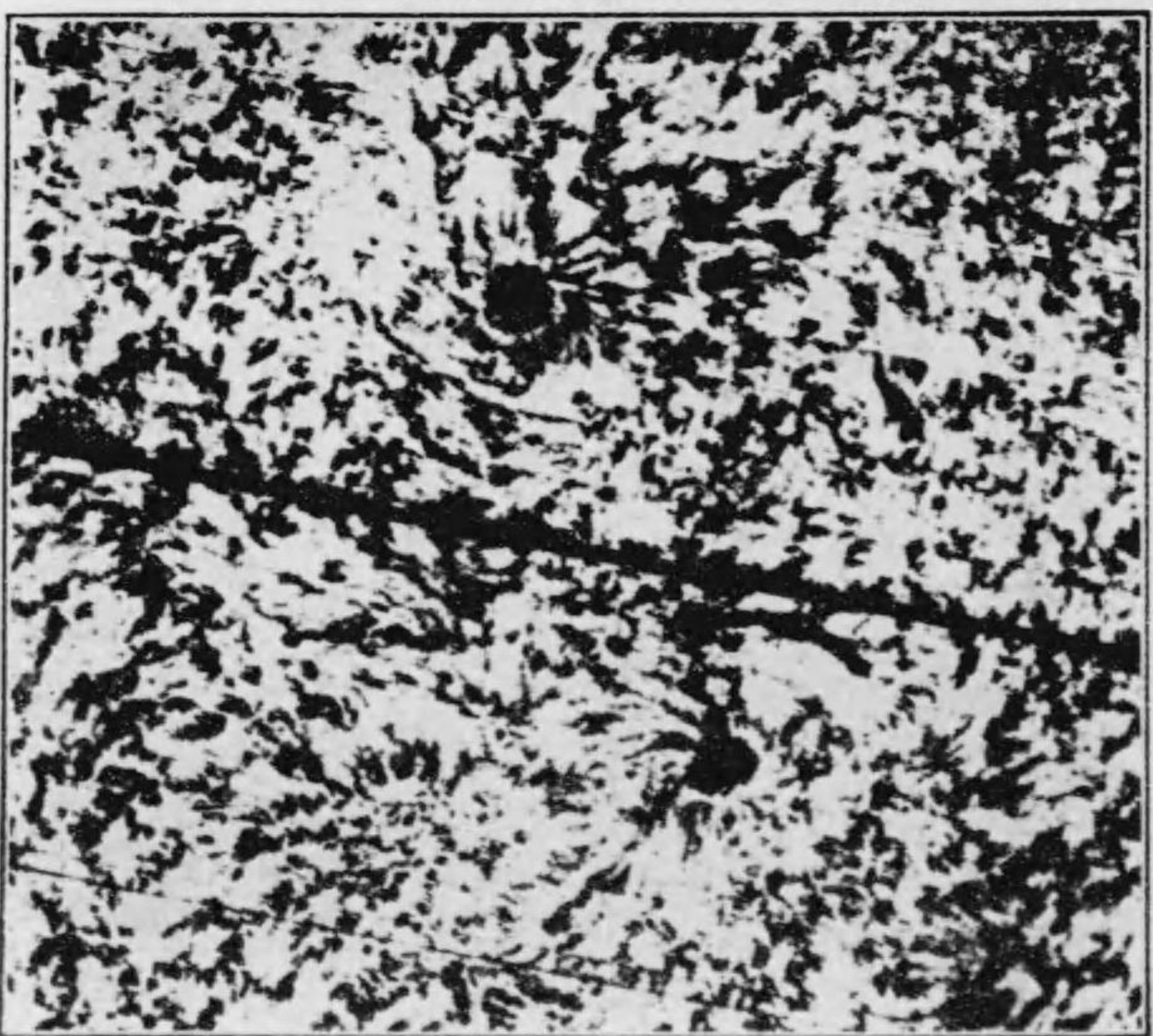
黒點のスペクトルを検するに、少しく周圍のスペクトルと異なる所あり。他の部分に於て一本となれるスペクトル中の黒線が、黒點

第十二圖



カルシウム光による太陽の分光寫眞

第十三圖



水素光による分光寫眞  
(水素は二個の黒點の周りに渦状をなす)

の部分にては二本に別るゝものなり。此現象の起因は近年和蘭の物理學者ゼーマンの實驗的に證明せるものにして、光源が強い磁場内にあるときに生ずるものなり。故に此現象をゼーマン効果と呼ぶ。されば此事實によりて黒點が強い磁場なること明かとなれり。

此磁力の原因は、黒點の周圍に於ける電子の渦動によるものならん。太陽の表面は一般に陽電氣を帯ぶるものなるが如き故、内部より瓦斯と共に噴出せる陰電子が、太陽面に落下する時に生ずる渦動が、強大なる電流を起し、磁場を生ずるものなるべし。かく黒點は電磁作用餘りに強烈なる爲に、可視光線を出す餘裕なく、比較的暗色に見ゆるものなるが如し。

(三) 太陽の紅焰及びコロナ

日食皆既の際、太陽面より美しき紅色の焰が毎秒百哩内外の速度

を以て數萬哩乃至數十萬哩の上空に噴出するを見ることあり。是は黒點の部分の内部の物質の噴出を横より眺めたるものにして、太陽活動の熾烈なるを示すものなり。

又日食皆既の際には、常に見ることを得ざる太陽の大氣の上層を観測し得るものなり。其部分をコロナと云ひ、其擴展は時々變化すれども、太陽の直径の三四倍に達することもあり。コロナを精密に觀察すれば、それが多くの流線より成立するを知る。其形状もコロナの分子が太陽より反撥せられ、或は吸収せらるゝが如し。

コロナと黒點とは密接なる關係あり。黒點の數少なき時は、コロナの流線は赤道部より翼状をなして遠く飛散するも、兩極の流線は甚だ短し。黒點多き時は全面に一樣に流線を出す。要するにコロナは黒點の最も多く發生する部分より最も盛に發生するが如く、其流

線の形状は磁力線と酷似す。されば太陽は一大磁石の用をなすものなるが如し。又コロナの光を分析すれば其主成分は水素及びコロナウムなれど、外に固態の小質點をも含むが如し。是は太陽の放射壓の爲に放出せられたるものなるが如し。

(ホ) 放射壓と彗星

一八七三年英のマクスウエルは熱線が其の當る物體に、單位容積に含まるゝエネルギーに相當する壓力を及ぼすものなることを理論的に證明し、一八七六年バルトリは以上の證明が他の放射線にも同様に適用し得べきことを證せり。一九〇〇年に至り、露のレベデフは實驗的に放射壓の存在を證せり。次で米のニコルス、ハルの兩氏も獨立に一九〇一年に其實験に成功せり。

アレニウス及びシユワルツシルトは太陽の近傍の放射壓を計算せ



しが、其値は太陽の光線に直角に置ける面積一平方センチに就て二七五  
ミリ瓦となれり。假りに物質の密度を水の密度と同一なりとすれば、  
其物質に及ぼす太陽の引力と輻射圧とが相平均する爲には、其直徑  
は〇〇一五釐ならざるべからず。夫れより大なる物體は引力大に  
して、小なる物體は輻射壓大なるべし。又物體の周圍の長さが輻射  
線の波長の十分の三以下となれば、再び引力の値大となるものなり。  
されば其中間の物體のみが太陽より反撥せらるべし。而して物體の  
周圍が波長と等しき時は、輻射壓は引力の約十九倍に達するものな  
り。

彗星も斯の如き微塵の集合せるものなる故、太陽の近傍に来る時  
は輻射壓によりて其微塵の一部を反撥せられて尾を形成するものな  
り。而して彗星の核の部分も地面の空氣より著しく稀薄なるものな

るが、コロナの密度は更に小にして核の五百萬分の一に過ぎずとい  
ふ。太陽は輻射壓及び放射線等によりて其物質の一部分を放出すれ  
ども、流星等によりて補ふ量は更に大なるを以て、全質量は減少す  
ることなかるべし。斯の如くして放出せられたる微小分子は空間を  
浮遊して宇宙塵となり、相集まりて流星群となり、更に密集して彗  
星となるものなるべし。

#### 四 太陽系の變遷

##### (イ) 太陽系の起原

カント及びラプラースの稱へたる星雲説は太陽系の起原の適當な  
る説明として十九世紀を風靡したりしも、その末葉より今世紀にか  
けて種々此説にて説明し得べからざる事實の發見によつて、遂に根

本動的揺を生ずるに至れり。木星の第八、第九衛星、土星の第九衛星及び海王星の衛星の逆轉は其一なり。火星の衛星フォボスが火星の自轉よりも早く公轉する事實は其二なり。其他天王星の衛星の如く其軌道面が天王星の軌道面と殆んど直角をなせる如きも補助の事實と考へ得べし。蓋しラブラースの星雲説は太陽系が扁平にして一定の方向に廻轉せる圓形の星雲の凝固によりて生じたりとなすものなり。されば總ての星の廻轉の方向は永久に原の方向を維持すべきなり。されば逆轉乃至軌道面の著しき相違は、是を説明する能はず。又衛星は惑星の表面より遠心力の結果分離せるものとすれば、其軌道速度は本體の自轉速度よりも大なる能はず。これフォボスの現象の奇なる所以なり。又各惑星の廻轉軸が其軌道の平面に直角ならざる事實も此星雲説にては説明し難き所なり。

(110B)

ロッキヤーは一八九〇年に其流星説を公にし、流星の團體が進んで星雲となり遂に恒星に進化するに至ることを論ぜり。これはラブラースの星雲が氣體なりと想像せしと少しく趣を異にすれど、其論旨徹底せざる所多く、太陽系の起原に關し貢獻する所多からざりき。

一九〇一年米のチャンバリン及びモウルトンは「微惑星説」を稱へ、渦狀星雲を以て太陽系の始原の状態なりとせり。渦狀星雲は其數甚だ多く、米のキーラーの觀測せし約十二萬の星雲中大部分は渦狀をなせるものなりき。今精細に此星雲（寫眞は獵犬星座にある模範的渦狀星雲なり）を觀察すれば、其中央に核ありて其反對の兩側より二本の腕を出し、それが渦狀に廻轉しつゝ、擴がれるを見るべし。腕の各所には結節ありて、多少物質の集積せるを示す。モウルトンは、此中央の核が將來太陽に進化するものにして、腕中の結節は其周圍

(110A)

の惑星となるものと考へたり。

チャンパリンは渦状星雲が微惑星より成立することを主張す。微惑星は流星又は宇宙塵の多少成形せるものと考ふるを得べし。彼等の説明によれば、渦状星雲は二個の恒星が空間に於て衝突せずして甚だ近く行過ぎる時に生ずるものなりといふ。其際二個の恒星は互に潮汐作用を及ぼし、其物質を相互の引力の方向及び其反対の方向に噴出せしむるに至るべし。二恒星が最近の位置より漸次離るゝときは噴出物の方向も徐々に變化し、二星が全く遠ざかるに至れば、噴出物の各分子は、中心核の周囲を各自の速度を以て廻轉するに至るものなるべし。かくして生ずるものが渦状星雲なりといふ。其後アレニアスは二個の恒星が少しく斜に衝突して一體となるとき二個の相反對せる噴出流を生じ、渦状星雲を形成すべきことを論ぜり。

第十四圖



渦状星雲

モウルトン等の渦状星雲形成説を信ずれば、それによる太陽系の現象の説明は大に便宜なるべし。先づ中央核の自轉の方向は、腕の噴出の方向と無關係なる故、軌道面と自轉軸との傾斜は問題とならず。又腕を形成する微惑星は其結節によりて漸次吸引せられて惑星を形成するものなれば、惑星及び其周圍に集まるべき衛星の運行には大體の一致を認むべきも、其速度及び廻轉の平面に何等の制限なきこととなるべし。而して小惑星及び流星群の如きは、惑星に聯合し得ざりし微惑星の残物と考へ得べし。

此説はラブラース説の缺點を補ひて、殆んど完全に太陽系の成立を説明し得るが如し。されど其後幾多の疑問は此説に對して起されしを以て、直に此説を確實なりとするを得ざるなり。先づ二個の恒星が相互に噴出的破裂をなし得る程、接近する機會は非常に稀なる

べきとは、恒星間の距離に就て考ふれば、容易に理解し得べきことなり。されば總ての渦状星雲が斯くして生ぜられたりとは信ぜられず。又渦状星雲は其後の研究によれば、非常に遼遠なる空間に所在する、一個の茫大なる恒星系なるが如く、從て吾太陽系の如く小なるものにあらざるが如し。されば太陽系の起原の問題は猶混沌の裡にありと云はざるべからず。或は小規模の渦状星雲の如きものより發生せるものなるべきか。

(四) 太陽系の將來

太陽系の各惑星の有するエネルギーは、是を合算するも太陽のエネルギーの數億萬分の一に過ぎざるべし。されば太陽系のエネルギー變遷の問題は太陽のエネルギー變遷の問題と一致す。然るに太陽の光熱は前述の如く今後數萬兆億萬年を保つべしと想像せらるゝを

以て、其間に於ける惑星界の變遷を想像すべし。  
 生命存續の條件を標準として惑星の状態を考察するに、火星は漸次衰滅すべきは既述の如く、金星は今後益々生命の發展すべき希望あり。又木星、土星、天王星及び海王星は其内部の熱が適度に冷却せる時に生命の發生を望み得べし。されど天王星及び海王星は太陽の光熱微弱なるを以て、生命の發生ありとするも其進化は困難なるべし。要するに太陽系内の生命は太陽の光熱の持續と始終するものと見るを得べし。  
 次に地球に就て考ふるに、地熱の冷却餘りに急なるときは、海水は地中に滲入して再び出で來たらざるべきを以て、表面が沙漠と變するの虞あり。其時には人類は種々の手段によりて生存し得べきも、他の動植物の生存は困難となり、吾人の生活は大に困難となること

明なり。されど地熱の冷却の時期はラヂウム等の發見によりて、殆んど計算すること能はざるに至りし故、今後數億萬年に亙りて人類は安樂なる世界に住み得べきこと明らかなり。其後は漸次火星の如き状態となり、遂に太陽熱の衰弱と共に死せる星となりて残るべし。次に太陽系に於ける惑星等の排列が不變なるべきや否やの問題あり。月が潮汐作用の結果として漸次地球を離るゝことは前に述べたり。然らば地球と太陽との關係は如何。凡そ惑星の運行の途には無數の流星ありて其途を遮るるを以て、其摩擦によりて漸次軌道速度を減すべきことは明なり。而して太陽も地球も他の惑星も共に流星によりて漸次其質量を増加すべきを以て、其間に働く引力は大となるべし。されば二者が相平均する爲には、其距離を大にせざるべからず。されど其間の關係は甚だ微妙にして、到底短年月間の觀測に

三二〇

よりて遠遠なる將來を察する能はざれど、太陽系は甚だ安定なる體系なる故、其變化が極めて徐々に行はるべきは明なり。太陽が遂に其光熱を失ふに至るべきことは恒星界の研究によりても明なり。宇宙に散在する恒星は、其發生の初は青白色の光を放ちて其熱甚だ高きも、熱の減少するにつれて、漸次白色、黄色、赤色の順序に變化し、遂に暗黒星となるに至るが如し。太陽は白色より黄色に變じつゝある時代に相當するものなる故、宇宙進化の大勢より見るも早晚赤色となり暗黒星となるものなるべし。暗黒星が再び光輝を發するに至るは衝突等によりて運動のエネルギーを得るが如き機會を待たざるべからず。

三二一

### 第五章 物質、エネルギー及び運動

#### 一 物質の構造

##### (イ) 分子と原子

十九世紀に於ける化學の發達は物質の終極要素として分子を假定し、分子は更に八十餘種の元素の原子の結合よりなるものとして物質の組成及び種々の化學的現象を十分に説明し得たり。されば原子は分つべからざるものと一般に信ぜられたり。而して原子間の化學作用は化學的親和力なる特殊のエネルギーの存在によつて説明せられたり。然るに化合物の溶液に電氣を通ずる時は、所謂電氣分解の現象を生ずるを以て、原子が電氣を帶ぶるものなることは前より想

像せられたり。されば化合物の溶液に於て、其分子は陽電氣を帶びたる部分即ち陽イオンと、陰電氣を帶びたる部分即ち陰イオンとに別れて所謂電離の状態にありと考へられ、それ等のイオンの荷電量も計算し得るに至れり。されど化學者の研究は其點以上に進まざりしが、更に微細なる物質の構造に至りては遂に物理學の方面より解決せらるゝことゝなれり。

##### (ロ) 眞空放電とX線

空氣中に於ける電氣の中和即ち放電の現象は、雷又は小規模の實驗にて容易に見るを得べきものなるが、其際の光は電氣によりて電離せられたる空氣原子の輝くものと考へられたり。然るに電極を硝子管中に封じて後、管内の空氣を排除して非常に稀薄ならしむる時は放電は線狀とならずして管の全部に互りて美しき光を發するを見

るべし。其光は重に陽極の部分より發して陰極の附近まで達するが如く見ゆ。陰極の周囲は比較的暗黒にして多少の微光を望み得べし。更に空氣を排除する時は放電は漸次困難となる故、電壓を増加して放電を繼續すれば、陽極よりの光は漸次減少して遂に消滅するに至るべし。其時陰極に面する管壁は美しく綠色の螢光を發するに至る。英のクルークスは此螢光を陰極より發する一種の放射線の爲なりとして是を陰極線と名づけたり。(一八七九年)

自然の狀態に於ては、陰極線は陰極を構成せる金屬板の面に直角に直線狀をなして放出せらるゝものなれども、是を磁場に置くときは、陰電氣を帶びたる物質と同じく其方向を變化するものなり。又陰極線は其當る物體に壓力及び熱を與ふ。斯の如き線は從來發見せられたる現象の孰れとも比較すること能はざるものなり。さればク

ルークスは陰極線を以て、陰電氣を帶びたる微粒子よりなると考へ、其微粒子が普通の氣體、液體、固體と全く異なるものと想像して「物質の第四態」と呼べり。

次でデー・ヂェー・トムソンは帶電體運動の理論より陰極線の説明を試み、其微粒子が大なる運動のエネルギーを以て管壁に衝突する爲に螢光を起すものなるべしと想像せり。後トムソンは其微粒子の荷電量と質量との比を測定し、次で更に荷電量のみを測定して、それより微粒子の質量を計算し、水素原子の質量の千七百分の一なる値を得たり(一八九八年)。此陰電氣を帶びたる微粒子は即ち電子にして、吾人は原子よりも遙かに小なる物質の一要素を發見せしことゝなれり。

されば陰極線は、陰極より非常なる高速度を以て放出せられたる



一群の電子に外ならず。又真空管の陰極として數多の小孔を穿てる金屬板を使用するときは、陽極より出でたる一種の放射線が其孔を通じて後方に進むを知るべし。其通路が陰極線の螢光にて遮ぎられる時は、黄金色の光芒を認め得べきものなり。此線は獨のゴールドスタインが一八八六年に發見せるものにして陽極線又はカナル線と呼ばる。此線は陽電氣を帯びたる微粒子より成立するものにて、其粒子の大きさは水素原子と相似たるものなり。

一八九五年獨のレントンは、陰極線が金屬面に衝突するときは其表面より一種の放射線を發することを發見せり。これ所謂X線にして、通常の光線に對して不透明なる物體をもよく透過する性あり。又螢光體に螢光を發せしめ、寫眞の種板に感じ、其通路にある氣體を電離する等種々の作用をなすものなり。されど陰極線等と異なり

て磁場の作用を受けず、又普通の光線の如く反射、屈折等をなさず一種特異の線なり。

ストークス及びトムソン等は、X線を電子の衝突の際に起る電磁的弧波ならんと想像せり。其後シュスターは波長極めて短き電磁波なるべしと想像し、光線と本質的の差なしと考へしが、パークラはX線が光線と同じく偏りの現象を示すことを發見して益々此説を確かめたり。然るに一九一二年獨のラウエが、X線が結晶體を通過する際に生ずる干涉の現象を發見するに至つて、其波長をも測定し得るに至れり。其結果によればX線の波長は通常の光波の約五千分の一にして、略ほ一千萬分の一に過ぎず。

(ハ) 結晶體の構造

ラウエの實驗は、X線が本質に於て光と同一なる、極めて短かき

エーテル波より成立せることを證明せしものなり。されば吾人の知れるエーテル横波は波長の點より三群に別るゝことゝなれり。最長なるは十五基米に及ぶ無線電信用の電波なり。中央の群は、熱効果によりて知らるゝ赤外線、次に普通の光線、次に化學作用を有する紫外線あり。最短の群は即ちX線なり。而してラウエの實驗はX線の本質を決定し得たるのみならず、更に結晶體内部の原子の排列の型式及び距離をも發見せしむるに至れり。

ラウエは其共同研究者フリードリッヒ及びクニツピングと共に、X線の一束を結晶體の薄板を通過せしめて後、寫眞の乾板に感ぜしめたり。其寫眞を見るに、X線が一直線に透過して生ぜる中心斑點の外に、其周圍に多數の小斑點の規則的に對稱的排列をなすを見たり。此排列は結晶の種類、及び同種の結晶にても結晶面の異なるにより

て異なるものなる故、結晶體の構造によること明なり。種々の研究の結果、周圍の小斑點は、X線が結晶體の内部に於ける原子の規則的に排列せる數個の面に當りて反射せるものが、互に相干渉して強き線となり寫眞に感ずること明となれり。斯の如く相干渉し得る反射面は其距離X線の波長と相匹敵する互に平行なる面ならざるべからず。尤も此場合にX線を反射するものは、原子の個々なること明なり。

此方法によりて、同一の結晶を種々の方向よりX線に照し、或は化學成分相似たる二個の結晶體に就て比較すれば、結晶體内の原子の配置の型式及び距離の比を知り得ることゝなるなり。配置の型式を知る時は、一原子の質量は既知のものなる故、是を全體の質量及び體積と比較して原子相互間の距離の實際の値を知るを得べし。又

逆に原子相互間の既知の距離よりして、相干渉するX線の波長を知り得べし。此研究は獨のラウエ及び英のブラッグ父子の功績にして、彼等は各一九一四年度及び一九一五年度のノーベル賞金を與へられたるは數月前に報告せられたることなり。我國に於ても寺田博士等は此方面の新研究を試みつゝあり。

是等の結果によるに結晶體は其外形に相當して原子の排列も規則的なるを知るに至れり。其詳細は茲に述ぶるを得ざれど、例へば岩鹽の結晶は正六面體の角の位置に原子を配置せるものにして其間の最短距離は約一億萬分の三厘なり。金剛石は各原子が其周囲の原子よりなる正四面體の中心にあるが如く配置せらるゝを知るに至れり。又原子は全く静止せるものにあらずして、其有する熱に比例して烈しき振動をなすものなりと假定せられしが、其考は高熱の結晶に於

(三〇)

けるX線の干渉によりて事實を確かめられたり。

(二) 放射能と原子の壊散

レンツェンがX線を発見せし後、多くの學者は此線の本性の研究を始めたり。佛のベクレルはX線が燐光及び螢光と相伴ふ點に注意し、他の方面にも此種の線あるべきを信じ、盛に種々の燐光及び螢光を生ずる物質を研究せしが、遂に一八九六年ウラニウム化合物よりX線に似たる一種の放射線を發することを見せり。此線は氣體を電離し、寫真に感じ、螢光を生ずる作用をなし、又多少不透明體を透過す。是等の性質を放射能と呼ぶ。

ベクレルの発見せし線はX線と少しく異なり磁力に感ずるものなるを以て、其點は陰極線等と類似するが如く、多少複雑なる構造を有するものなること明となれり。ウラニウムは最大の原子量を有す

(三一一)

る元素なる故、シユミッドは原子量と放射線と關係あるべきを察し、ウラニウムに次ぐ大原子量を有するトリウムの化合物を研究して同様の性質を發見せり。

然るに佛のキュリー夫妻は放射線の電離作用を主要なる性質なりと考へ、其性質を指標としてウラニウムを含有するピッチブレンドと呼ぶ礫石の數噸を分析し、遂に一八九八年に至りて非常に顯著なる放射能を有する二種の新元素の化合物の數瓦を分離するに成功せり。これ即ち、ラヂウム及びポロニウムなり。就中ラヂウムの放射能は非常に盛なるものにして、ウラニウムに比すれば百萬倍に達すといふ。

ラヂウムの放射線は $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の三種に別れ、其電離作用及び磁場に於ける影響を異にするものなり。 $\alpha$ 線は陰電子の荷電量の二

倍に相當する陽電氣を帶びたる微粒子より成立するものにして、其質量は水素原子の四倍即ちヘリウムの原子と同じ。實際此粒子が其速度と電氣を失ふときはヘリウムとなるものなり。 $\alpha$ 粒子の初速度は一秒約八千哩に及べども空氣の分子に衝突すれば、直に速度を失ふ者にて其到達する距離は普通三厘内外なり。されど其電離作用は甚大にして、一耗を動く毎に空氣を電離して約二千二百のイオンを作る故、それが電氣を失ふまでに生ずるイオンの總數は十萬乃至三十萬に達するものなり。又 $\alpha$ 粒子が飽和蒸氣内を通過するときは、其周圍に水蒸氣を凝結せしめて霧を生ずるものなる故、此方法によりて、粒子の數を計算することも知られたり。又寫眞板に對しては、弱けれども特色ある効果を呈す。此粒子のラヂウム内部に於て失ふ運動のエネルギーがラヂウムの發する熱となるもの、如し。眞空管

の陽極線は此線に相當するものなり。

β線は陰極線と同質のものにして、陰電氣を帶びたる電子よりなる。其速度は一秒に二萬哩以上に及び、光の速度（一秒に十六萬八千哩）に近遜するものなり。かく粒子小にして速度大なる故、物質を透過する力も大にして、厚さ二耗の鉛板、又は五耗のアルミニウム板によりて漸やく遮り得べし。又寫眞作用及び螢光作用はα線よりも大なり。

γ線はβ線の副作用によつて生ずるものにして、X線と同一なり。電離作用を比較すれば、β線はα線の約百分の一にして、γ線はα線の十萬分の一に過ぎず。

ラサフォード及びソチー等の研究によれば、放射物質は絶えず其放射線を發すると同時に自から壊散して他の物質に變化するものなり。

例へば、ラヂウムはα線を放射して、ラヂウムエマナチオンなる氣體元素に變化し、後者は更にα線を放射してラヂウムAとなり、更にα線を放射してラヂウムBに變じ、更にβ線を放射してラヂウムCとなり、以下漸次變化するものなり。又ラヂウムはウラニウムの壊散の結果生ぜるものなることも明となれり。されど他の放射性元素アクチニウム、トリウムは別の系統を作るものなるが如し。其變化を圖示すれば左の如し。

此の系統の各個は皆獨立の元素にして、其傍の時日は其放射能が初の値の半分に減ずる時間を示せしものなり。是を放射物質の半壽命又は半減期といふ。而して是等の系統の總壽命を計算するも、トリウムの百八十億萬年を最大とするに過ぎず。されど太陽系の壽命はそれよりも大なりしなるべしと推せらるゝを以て、是等の元素は



壊散と同時に合成せらるゝ所なかるべからず。然らざれば現今猶存在し得ること能はざるべきなり。或は太陽の内部等に於て斯の如き結合作用行はるゝものならんか。

放射能は他の物理化學的作用の如く、内外の事情の變化によりて影響せらるゝことなし。例へば温度の昇降によりても變化なく、又放射性物質が元素の状態にある時も、化合物として存する時も全く同様なり。ラサフォード及びソチー等は此事實に基きて、放射能は原子に特有の性質にして、其エネルギーは原子の内部に存在するものならざるべからずと結論せり。即ち、放射性元素の原子は非常に不安定なるものにして、其一定の部分が絶えず壊散して漸次安定なる状態に變化し行くものなるべし。壊散は常に $\alpha$ 又は $\beta$ 粒子の放射を伴ひ、又多量のエネルギーを放出するものなり。其結果として原子

量は漸次減少し、新元素を形成するものなり。其新元素は前の系統圖に示せる各個と、 $\alpha$ 粒子の集積よりなるヘリウムなり。

されば原子の成分は $\alpha$ 粒子に相當する陽粒子、及び $\beta$ 粒子に相當する陰電子よりなるものにして、其中に巨大なるエネルギーを含み、其の一部の壊散と共に、是等を放出して放射能を現はすものなるべし。

現今以上の放射性元素のみならず、總ての元素は適當の條件の下に壊散し得ることを知るに至り、原子の粒子的構成は疑ふべからざるに至れり。

(水) 原子の電子的構造

イオンが電氣を帯ぶることは明なるが、其帶電量は、トムソン等の實驗によれば、ラヂウムのβ粒子の帶電量と相等し。其他種々の實驗の結果によつて、陰イオンは其原子固有の陰電子の外に更に一個の陰電子を加へたるものにて、陽イオンは其原子中の一個の陰電子を失へるものなりと想像せらるゝに至れり。而して兩イオンの結合は電氣の中和を起すものにして普通の物質に電氣なきは其状態を示すものなるべし。されば普通の原子は多數の陰電子と、其陰電氣と中和するに足る陽電氣を有する陽粒子より成立するものと想像するを得べし。而して物質が帶電する現象は其内に他より陰電子の添加あるか、又は固有の陰電子の減少するかによりて、或は陰電氣の性を現はし、或は陽電氣の性を現はすものなるべし。されば電氣の

本質は陰電子なるか、或は陰電子の有するエネルギーなるべし。然るに陰電子の帶電量は一定せるを以て、電氣は其量以下に分割すること能はざるものなり。  
 スペクトルは原子の性質によりて變化するものなるが、同一の原子にても、それが磁場にあるときは、前述の如くゼーマン効果を生ずるものなり。これ原子内の粒子の排列又は運動が磁力によつて變化することを證するものなり。其爲には原子の構造が電氣的なることを要すべし。又光波其物が一種の電磁波なることも原子内の電子の振動によつて起ると説明することによつて完全に理解し得べし。  
 然らば原子内に於ける陽粒子及び陰電子の排列の状態は如何。種の計算によるに水素の一原子内に含有せらるゝ陰電子の数は約二千に達し、原子量大なる原子は更に其數多きものなるを以て、それ



等の配置の極めて複雑なるべきは想像するに難からず。トムソンは外圍に陽粒子を有し、内方に陰電子が一定の軌道を取りて運行するものなりと考へ、長岡半太郎博士は中核に陽粒子を置き其周圍を陰電子が廻轉する系統として原子を説明せり。是等の説は未だ理論的假説たるに止まるも、陽粒子が比較的静止せるものにて、陽電子が非常なる速度を以て廻轉しつゝあるものなることは否定すべからざるが如し。

而して是等の排列は元素によりて一定なるべく、又原子量相異なるも相似的排列をなす元素の原子が相似的性質を現はすことも考へ得べし。化學に於けるメンデレーフの週期律は相似的元素の排列表なるが、其相似の原因は原子の電子的構造に基くものと考ふるを得べし。又原子中に含まるゝ電子中、外部を廻轉するものは比較的の不

安定なるべき故、容易に逸散して他の原子に附着することあるべし。かくの如き状態に於ける原子は、陽電氣又は陰電氣の帶電性を現はし、其電氣的吸引力は化學的親和力として現はるべし。又斯の如き遊離電子の數に應じて、原子の帶電及び化合能力は進むべきを以て、其數が原子價の基礎となるものなるべし。されば電子は原子に固着せる束縛電子と、比較的遊離し易き自由電子とに區別し得べし。

## 二 運動と物性

### (イ) 絶對運動と相對運動

吾人が經驗し得る物體の運動は皆相對運動なり。例へば吾人が汽車に乗れる時は、汽車を静止せるものなるが如く考へ、窓より見ゆる外界が後退するが如く感ず。又地上の種々の運動は皆地球を静止

せるものと考へ、それに對する物體の相對的位置の變化に基づくものなり。されど地球は決して靜止せるものにあらずして、自轉すると同時に太陽の周りを公轉す。而して太陽も地球等の惑星を引率しつつ、他の恒星に對して一定の速度を以て運動しつゝあり。又恒星も皆各固有運動を有するが如し。されば宇宙に於ける總ての物體は相對的に運動す。故に吾人は其間に絕對靜止の點を發見すること能はず。

されど科學としての力學は絕對靜止の點に對する運動即ち絕對運動を取扱はざれば、普遍的ならざるが如き感あり。されば系統的力學の建設者ニウトンは絕對運動を假定し、其法則として、三個の運動の根本法則を樹立せり。此法則は非常に抽象的のものなれども、實際に起る相對運動を解くに極めて便利なる故、力學の根本原理と

して普遍的妥當性を有するものなるが如く考へらるゝに至れり。されど絕對運動に關する疑問は其後繼續し、ノイマンは一體なる絕對に靜止せる質量なき剛體を假定して其力學を建設せしも、抽象性を徒に増加せしに過ぎざりき。

單に實在せる物體のみに就て考ふれば、絕對運動は無意味の語なること明なり。されど此問題は物體とエーテルとの關係の考察に於て更に新しき形を取りて生れ來れり。若しエーテルが絕對靜止をなすものとすれば、物體とエーテルとの相對運動は即ち絕對運動となるものなり。故に地球がエーテルとの間に相對運動をなすや否やの疑問は先づ起さるゝに至れり。一八四五年ストークスは、地球とエーテルとは相對運動なく、エーテルは地球と共に運動するものなりと論ぜり。此説によればエーテルは普通の氣體等と同じく壓縮し得

べきものとなるべし。如何となればエーテルは宇宙に遍満せるものなる故、其一部分の運動は其運動の方向に於ける壓縮を意味すればなり。又エーテルを壓縮し得べしとすれば、其中に起る波は縦波ならざるべからず。これ光が横波なる事實と一致せず。

光の波動説を唱へしフレネルは、エーテルは静止せるものにして、地球の運動とは全く無關係なりと考へたり。ブラドリーの発見せし光行差の現象は此假定によりてのみ説明し得べし。光行差とは恒星より来る光が地球の運動の爲に、少しく異なる方向に見ゆることなり。例へば疾走せる電車の窓に、直下せる雨滴が當るとき、少しく斜に向くが如し。地球と共にエーテルが運動すれば、斯の如き現象は決して起らざるべきなり。又ドブレル効果も、エーテルと地球との間の相對運動なきときは説明し得べからず。

一八八一年米のマイケルソンは、地球のエーテルに對する相對速度を測定せんが爲に一の實驗をなせり。彼は地球の運動の方向と、それに直角なる方向とに於ける光の傳播速度の差を光の干涉によりて發見せんとせり。若し地球がエーテル中を運行するものとすれば、二方向の等距離を光が反射せられて往復する時間の差は、地球の速度によりて決定せらるゝものなる故、適當なる装置によりて測り得べき量ならざるべからず。されど彼の實驗は其差を示すこと能はざりき。次で一八八七年に至り、マイケルソンはモーレーと共同して、前の實驗を更に大規模に行ひたるも、其結果は同じく否定的に終り、地球とエーテルとの相對運動を發見すること能はざりき。これ有名なマイケルソンモーレーの實驗にして、新力學の基礎的實驗として重大なる意義を有するものなり。

此實驗の結果が、斯の如く地球のエーテルに對する相對運動を否定せるとは、他の多くの事實と矛盾するものなる故、兩者の調和は大に學者の頭を悩ませしが、遂に一九〇四年に至り、和蘭のローレンツは、大膽なる假定の下に其調和を試むるに至れり。

(ロ) ローレンツの假説

ローレンツは總ての物體が其絕對運動即ちエーテルに對する相對運動の方向に、其速度に對する一定の比を以て短縮するものなりと考へたり。今一定の速度 $v$ を以てエーテル中を運動する物體の長さ $l$ を $l_0$ とすれば、それが靜止せる場合の長さ $l_0$ との關係は左の如し。

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

此式の $c$ は光の速度を現はすものなり。此假定を以てマイケルソン・モーリーの實驗を説明すれば、地球とエーテルとは相對運動を有

することとなりて、總ての矛盾を解くことを得るものなり。蓋し地球は其運動の方向に短縮すべきを以て、其方向に進める光は、それに直角なる方向よりも、短距離を往復することとなるを以て、二者の經過時間の差は常に一定となるものなり。されど吾人の眼も、吾人の有する尺度も皆運動の方向に短縮すべき故、吾人は其短縮の量を實測によりて決定すること能はざるものなり。

ローレンツの假説は驚くべき結果に吾人を導くものなり。凡そ靜止せる場合に球形なる物體も一旦運動を開始する時は、其方向に扁平なる楕圓體と變すべきものなるが、若し運動の速度 $v$ が、光の速度 $c$ と等しくなる時は前の式によりて、其方向に於ける物體の長さは零となるべし。即ち其時に物體は全く扁平なる板面となり、從て其面積は無限に大なるに至り、影の如き怪物と變ぜざるべからず。

されど斯の如き長さの收縮は電子の運動論と一致する所ある故、全く無稽なりといふこと能はざるなり。電子がエーテルの中を運動する時には、其周囲に作る電場の力線の分布は速度によりて變化することは、理論的に知られたる所なり。即ち電子が静止すれば力線の分布は各方面均整なれども、運動する時は其方向に於ける力線の粗となり、それに直角なる方向の力線は密となるものなり。若し其力線によりて他の電子との連結を保つものとすれば、電子の集合たる物體が運動する時は、電子の排列は運動に直角なる方向に密となるべく、從て物體は扁平となるべしと想像せられざるにあらす。

されど此説に於ける唯一の困難なる點は、收縮が絶対運動に比例して起る點にあり。前述の如く、絶対運動は想像し得らるゝのみにして、實測すること能はざるものなり。エーテルは全然等質にして

境界なく宇宙に遍滿せるものなれば、吾人が絶対運動を知る規準は全く求むべからず。故に絶対運動の方向に於ける收縮なることも無意味となるべし。此缺陷を補はざれば、問題は再び混沌の者に歸らざるべからず。

又ローレンツの收縮説の影響は、空間的測定のみならず、時間的測定にも及び、吾人は普遍的なる時刻を知ること能はざるに至るものなり。今二人の観測者がイ及びロの二地點にありて、各精密なる時計を有し、其時刻を相互に比較する場合を想像せよ。先づイの観測者が其時計の零時に、一種の光の信號を發し、ロの観測者が自己の時計のイの時分に其信號を見たりとせよ。又ロの時計の零時の際、ロの信號がイの観測者に其時計のイ時に到着したりとせよ。若し光がイよりロに達する時間と、ロよりイに達する時間と等しき場合即

(二四二)  
 ちイロが絶對靜止をなす時は、其時間は一なるべし。故に其時間  
 を加減してイとロの時計を精密に符合せしむることを得べし。され  
 ど吾人はイロがエーテルに對して如何なる運動をなすかを全く知る  
 こと能はざる故、イロの距離が如何に變化するか、從て光の通過す  
 る時間が反對の方向によりて如何なる差あるかを絶對に知ること能  
 はず。故に吾人は位置を異にせる二個の時計を精密に比較すること  
 能はざるものにして、時計の示す時刻は其位置に關係して變化する  
 ものならざるべからず。さればローレンツは是を局所時と呼べり。  
 而してローレンツは此局所時説と運動物體收縮説とを電子論に連結  
 して、物質界の統一原理を建設せんとせり。されば吾人は是等の思  
 想と連關せる電子の研究を一瞥せざるべからず。

(ハ) 慣性的質量と電磁的質量

(二四三)  
 運動によりて不變なりと想像せられし物體の長さ、ローレンツ  
 によりて根本的動搖を受けし反面に於ては、電子の研究によりて従  
 來不生不滅と信ぜられたる物體の質量が又運動によりて變化するこ  
 とを確かめしむるに至れり。從來の力學に於て質量測定の標準とな  
 るものは物體の慣性なりき。即ち、一定の力によりて生ずる物體の  
 加速度の大きさが質量に比例するものなり。斯の如き質量を慣性的質  
 量と呼ぶ。然るに電子の運動の際にも一種の力の存在を認め得るを  
 以て、其力に相當する質量を考へ得るものなり。トムソンは一八八  
 一年に此考を發表し、是を電磁的質量と呼べり。  
 普通の電流は其周圍に磁場を作るものなるが、電流の強さが増加  
 する時は其作る磁場の強さも増すに至る。其強さの増加する割合に  
 比例して、導線内に此電流の動電力と反對の方向の動電力即ち自己

感應の動電力を生ずるものなり。電子の運動は勿論一個の電流なる故、其周囲に磁場を作りつゝ進み、其速度が變化する時は、それに相當する自己感應の動電力に匹敵すべき一の力を受くるものなり。電子の帯電量は一定せる故、此電流の強さは常に電子の速度にのみ比例するものなるべし。斯の如き力は物體に加速度を起す慣性的の力と同様なるものなる故、これより電磁的質量を導入するは決して驚くべきことにあらざるべし。唯此電磁的質量は電子の速度の大なる程大となるものなり。然るに物質の慣性的質量の不變なることは、從來の力學の基礎的事實なり。されば電子を含有する物質の質量の一部が速度によりて變化するものとすれば、所謂物質不滅の法則は其根柢を失ふことゝならざるべからず。されど電磁的質量の存在は着々實驗によりて證明せらるゝに至れ

り。カウフマンはラヂウムのβ線を構成する陰電子の質量が其速度によりて變化することを測定し、電子の質量の大部分が電磁的質量ならざるべからざることを結論せり。アブラハムは此實驗の事實を理論的に攻究し、電子の電磁的質量は其運動の方向に加速度を受くる場合と、運動に直角なる方向に加速度を受くる場合とによりて異なるものなりとし、前者を縦質量、後者を横質量と呼べり。此二質量は其物體の速度が小なる間は殆んど相等しきものなれども、其速度が光の速度に近づくときは著しき差異を現はすものなり。ラヂウムのβ線の質量は其電磁場に於ける彎曲の量によりて測定せらるゝものにして、場の及ぼす加速度はβ線の方向と直角なる故、横質量を示すことゝなるべし。此理論に基づき、カウフマンは更に精密に實驗を反覆して、電子の質量が皆電磁的なることを結論せり (一九

○二年。

(二四六)

物質の原子は陽粒子及び陰電子より成るものなる故、若し陽粒子の質量が全く電磁的のものなりとすれば、物質の質量は電磁的質量以外になきこととなるべし。されど陽粒子に關する實驗は未だ明瞭に此説を肯定する迄に進歩せず。されど種々の方面の考察より現今の學者は慣性的質量の代りに電磁的質量を取るの傾向を生じつゝあり。假りに物質の質量が全然電磁的なりとするも、吾人は其爲に従來の力學に於て論ぜざる運動の法則の實用的價値を憂ふるの要なし。如何となれば電磁的質量の變化が明瞭となるは、物體は光の速度に近き速度にて運行する時に限るものにして、普通地上に起る運動に於ては其變化は微小にして到底測定し得べき量に達せざればなり。されど其變化の理論的價値は、従來の力學の根柢を覆し、新力學の

樹立を促すものなり。

ローレンツの假説は此新力學の傾向を體現したるものにして、速度の方向に於ける長さの短縮と共に質量の増加を考ふれば、電子の運動の説明は十分なるべし。されど彼の説の弱點は絕對運動の承認にある故、それを除かざれば完全なる學説とすること能はざるなり。

(二) 相對律

一九〇五年獨のアインスタインは相對律なる新學説を發表して、ローレンツの假説の缺陷を除き、是等の事實及び理論を一層一般的なる基礎の上に樹立せり。而して從來徐々に種々の方面より湧起しつゝありし物理學革新の氣運は、此相對律によりて堂々たる旗幟を得たることとなり、爾後現今に至るまで物理學界の混亂は未曾有の現象を呈するに至れり。現今に於ては革命は既に成功せしが如きも、

(二四七)



革命軍内部の内訌は著しく學界の興味を惹くに至れり。

アインスタインの相對律は二個の根本假定より出發するものなり。即ち左の如し。

一、一の静止せる體系に於ける物理的現象を支配する法則は、是に對し等速度を以て直線的に進行する他の運動體系に全然適用することを得。(相對性の假定)。

二、光の速度は光源及び觀察者の運動には全く無關係にして、常に一定不變の値を有す(光速不變の假定)。

是等の假定より出發して、複雑なる數學的演繹の結果、アインスタインは長さ及び時間の相對的意義を明にせり。今其結果を簡単に述べし。静止せる體系をAとし、それに對してなる速度を以て運動せる體系をBとせよ。然る時はAに於ける時間の單位Tは、B

に於ける時間の單位T'よりも小にして其關係は次の式にて現はし得べし。

$$T = T' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

但しcは光の速度を現はすものなり。即ちAよりBの時計を見れば、其時間は長過ぐるが如く見ゆべし。ローレンツの局所時は此相對時間を現はすものなり。

又静止せる體系(A)より見れば、運動する體系(B)の運動の方向に於ける長さは短縮す。今Aに於ける長さの單位をLとし、Bに於ける同じ單位をL'とすれば、其關係は左の如し。

$$L = L' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

これローレンツの收縮を現はすものなり。長さと時間の單位を知るときは、吾人は容易に速度の單位を導き得るものなるが、其結果

によれば、總て物體の速度は光の速度を超過すること能はざるものなり。蓋し静止系より運動系上の運動を観察すれば、其系に於ては長さの短縮あるのみならず、同時に時間の延長あるを以て、速度は著しく小さく見ゆるものなり。其結果として如何なる速度の和も光の速度以上に達すること能はざる結果となるなり。

故に物體の速度の大小によりて、同一の力も異なる加速度を物體に與ふるものなり。物體が光の速度にて進行する時は、如何なる力も是に加速度を與ふること能はず。此結果は電磁的質量が速度と共に増加する事實と一致するものなり。されば光の速度を有する物體の質量は無量大となるものならざるべからず。相對律による質量の關係式は左の如し。Mを静止せる物體の質量、M'をなる速度を以て運動せる物體の質量とすれば、

$$M = M' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Mを一定とすれば、M'はcに等しくなりしとき無量大となるべし。

斯の如く時間と空間とは相關的のものにして、分離するときは全く其意味を失ふものとなるなり。一九〇八年露のミンコウスキーは空間を定位する三個の量x、y、zと、時間を定位する量tとの四個の量によりて定められたる一點を世界點と名づけ、世界點の集合を世界と呼び、時間と空間との分離すべからざるを説けり。彼は此四次元の點を數學的に適當なる單位を取りて現はすことによりて、相對律及び種々の電氣磁氣及び光の現象等を數式の系統に還元することを得たり。其結果は非ユークリッド幾何學の所説とも一致せしを以て、相對律の理論的整齊は益々完全に近づくに至れり。

（二五二）  
されど相對律が萬有引力の説明に應用せらるゝに至りて、種々の缺點を露はすに至り種々の訂正説又は異説の提出せらるゝもの多きに至れり。されば相對律は現今未だ確定せりと云ふこと能はずして發展の途にありと云はざるべからず。然かも從來の陋見を一洗したる相對律の功績は永久に不滅なるべし。

### 三 力學の改造

#### （イ）運動の定律

前節に於て吾人は從來のニュートン力學と一致せざる事實と理論とを略叙せり。其結果がニュートン力學の基礎となれる運動の定律に如何なる影響を來すやを見んとす。

運動の定律の第一は慣性の定律と呼ばるゝものにして、力の作用

を受けざる物體は静止又は常速度の直線運動をなすことを述ぶるものなり。此定律は其儘新力學に導入し得べし。されど運動及び静止の概念は全然相對的の意味を有するに至るべく、又質量が慣性に比例して不變なりとの考も廢棄せざるべからず。

運動の第二定律は、運動量の變化は力積に比例し、其方向は力の方向に起ることを述ぶ。從來の力學に於ける運動量の變化は、速度の變化即ち加速度に比例するものと考へられしも、新力學にては質量の變化をも考へざるべからず。即ち同一の物體にても、其速度小なるときに一定の力によりて起す加速度は、速度大なるときに同じ力によりて起す加速度よりも大なることとなり、物體が光の速度に達すれば、加速度は零となる。されば力と加速度との正比例は新力學に於て否定せらるれど、速度によりて變化する質量をも共に考へ

て、新しき意味に於ける運動量を取れば其變化は力に比例すべきものなり。

運動の第三定律は、作用と反作用とが同時に二物體間に働くものなることを規定するものなり。されど此定律は種々の場合に於て行はれざることあり。例へば一の電子が他の電子に作用する場合を考ふるに、一電子の影響は周囲のエーテルに一定の波動を傳へて、それが他の電子に働くものなる故、其間に電磁波の傳播する時間を考ふる要あり。又傳播の間にエネルギーの散逸することもあるべきを以て、同一の作用反作用が二電子に働くとは云ひ難し。殊に輻射壓の現象の如きは、作用と反作用とは偶然の關係に立つに過ぎざるものなり。されば此定律は新科學に於ては廢棄せられざるべからず。されど前にも述べたるが如く、地上に於て吾人が經驗する普通の

物體の運動に於ては、ニュウトンの運動の定律は完全なる説明者たり得べきものなり。

(口) 萬有引力の本性

萬有引力の法則はニュウトンの偉大なる發見なるが、其本性に就ては其後何等の加ふる所なかりき。凡そ相離れたる二つの物體が何等の媒質なくして互に牽引することは、頗る解し難き現象と云はざるべからず。されば引力も電力等と同じく一種の媒質によりて傳播するものにあらずやと疑はるゝに至れり。アインシュタイン、アブラハム等は相對律の立脚地より萬有引力をエーテルの波動として説明せんとせり。エーテルに起り得べき波動に二種あり。一は横波にして電磁波は即ち是なり。二は縦波にして從來是に相當するものなかりしが、彼等は是を引力の波と考へて、十分種々の現象を説明し得た

り。此理論によれば萬有引力の速度は光の速度と相等しきものなり。假りに萬有引力をエーテルの縦波動なりと考ふれば、引力の場に於ては光の速度が少しく變化することとなるものなり。これアインスタインの相對律の第二假定に矛盾するものなり。故にアインスタインは一九一一年に至りて光の速度を可變のものなりと考へ、以前の相對律を訂正せり。されどミーは光速度を不變なりとし、質量を引力の場の有様によりて變化すと假定して以前の相對律を維持せんとせり。アブラハムは、相對性の假定はエーテルの場に無關係のものなるも、第二の光速度の不變或は可變に關する假定はエーテルの場に關係せるものなるを以て、二者を一致せしむるは到底不可能なりと考へたり。アインスタインが一九一三年に建てたる一般物理論は頗る巧妙なるものなりしも、廻轉運動をなせる物體ある時には

相對律を適用する能はざることは明なりき。されば是等の問題は現今未だ決せらるゝに至らず。

(ハ) 電子とエネルギー

従來の力學に於ける恒久的要素は質量とエネルギーなりしが、新力學に於ては質量は變化するものとなりし故、エネルギーのみが恒久的意味を有するものとなれり。而してエネルギーの根本の形は電氣にして、電子は其携帶者として重要な位置を占むることとなれり。電子は其運動によりてエーテルに波動を起し、電磁波を生ず。電磁氣の諸現象、光、放射熱等は皆斯の如きエーテルの波動によりて生ずるものなり。電流は導體を組成する原子中の自由電子が順送り一方に移動する現象にして、化學變化も亦電子の移動に基づくものなり。而して時間空間の測定も其關係を免るゝこと能はず。

從來の物理學に於て、運動せる物體の全エネルギーは運動のエネルギー、位置のエネルギー及び内部エネルギー（熱、電氣等）の合成にして、運動のエネルギーは唯物體の速度のみによりて定まるものなりき。されどハーゼンエール等の研究によれば、熱の如き輻射エネルギーは運動によりて變化すること明となれり。又輻射エネルギーは電磁的質量を有するものにして、其質量は溫度に比例するものなることも測定せられたり。故に物體の質量は速度及び溫度によりて變化することゝなれるものにして、エネルギー傳播の狀態を電氣學的に解することによりてのみ明にすることを得べきものとなれり。

然らばエネルギーを傳播するエーテルとは何物なりや。エーテルは初めエネルギーの媒質と假定せられしものなるが、今日の物理學

者もエネルギーの場としてのみエーテルの存在を認むるに至れり。さればエネルギーなき所にエーテルなし。エーテルは單に物理的空間の別名たるに過ぎずと考ふる人多きに至れり。されど全く反對に、エーテルを唯一の實體となし、物質を其中に生ずる一時的の渦動と考へし、英のレーノルズ等の如き人あれど、一般に信ぜらるゝに至らず。

エネルギーの終極要素は陰電子及び陽粒子の有せる電力に外ならず。而して是等の含有せる電量は常に一定にして、それ以下の量に分割すること能はざるものなり。されば吾人が嘗て力學に於て恒久の要素と考へたる質量の代りに、物質界の終極的恒久要素は電子の電量及び其生ずる電力なりと云はざるべからず。

(二) 量子説

昔は物質は不連続的に増減すと信じたりしも、エネルギー及びそれによりて生ずる作用は連続的に變化し得るものなりと考へたり。新しき物理學に於ては物質の最終の要素は原子より電子に變じたれども、其不連続の事實に變化なし。而して前に述べたるが如く、エネルギーの代表者たる電氣の量は、一電子に含まるゝ量以下に分割すること能はざるものなるを以て、電氣の全量は常に電子に含まる電量の整数倍にて示さるべきものなり。さればエネルギーも不連続的のものとなり、従てエネルギーによりて生ずる各種の作用も不連続的なりと考へらるゝに至れり。

斯の如き物質、エネルギー及び作用等の終極的不可分の量を各量子と呼ぶ。此内物質及びエネルギーの量子は、一般に認められし所なるが、作用の量子説は重に輻射エネルギーの研究より起りしものなり。

物体の有する熱が其分子の烈しき振動によりて起ることは一般に信ぜらるゝ所なり。分子の振動は其中に含まるゝ電子の振動を起すべき故、其結果としてエーテルに種々の電波を起し得べし。されど其際起る波は一定の範圍の波長を有するものに限る。其原因を説明せんが爲に、プランクは物体の内部に一定の振動のみに應じ得る協振器の存在を想像し、其協振器は自己の週期に一致する振動をなす分子にのみ協振して電波を起すものなりと想像せり。彼は此協振器を電子なりと考へ、其放出するエネルギーの量は、必ず其電子の振動數に一致するエネルギー量子の整数倍に於てのみ存在し得るものとせり。

アインスタインは光の輻射に就ても同様なる關係あるべしと考へ、

光量子説を主張せり。彼の説によれば、光は光源より周囲の空間に均等に分布せられて進むものにあらずして、有限なる光量子が空間の各局所に向つて宛も散彈を放つが如く前進するものなり。而して其量子は不可分にして、吸収せらるゝ時も全體として吸収せらるゝものなり。此説は大抵の光の現象を説明し得るものなれども、唯光の干涉の現象を十分明瞭に説明すること能はざるの缺點あり。

されど光電効果の現象は、此説を用ゐて適切に説明し得べきものあり。光電効果とは適當なる波長を有する光線が、磨ける金屬板に當る時、其表面より電子を脱出せしむる現象をいふ。此際電子の脱出の爲に金屬面は陽電氣を帯ぶべし。此効果は光線が莖外線に富む場合に特に著しきものにして、ゴムマーフェルド等の研究によれば、此効果は光の波長のみに関係し其強さに無關係なること明となれり。

されば此現象は、光量子が光の振動数のみによりて定まると考ふる時は、容易に説明し得べきものなり。即ち、斯の如き特殊の光量子のみが電子を誘引し得べしと解し得べければなり。

量子説は現今發達の途にある故、未だ十分の成形をなせるものにあらず。されど總ての自然界の現象が不連続的に變化するものなりと説明する傾向は、學界の大勢となれりと考ふるを得べし。



### 第六章 宇宙の構造

#### 一 宇宙の大観

##### (1) 宇宙と空間

空間は無限なるべし。宇宙は其字義よりすれば無限なる空間時間  
 の總稱なるべきも、本章に於て論ぜんとする最新の研究は斯の如き  
 廣義のものにあらず。凡そ虚なる空間は吾人の研究の對象として殆  
 んど無意義なり。されば茲に述ぶる宇宙は星辰の所在としての空間  
 の一部に限る。晴夜天空を仰いで吾人の眼に入る無数の星辰は決し  
 て不規則に散布せるものにあらずして、吾人と共に一大體系をなせ  
 るものなることは最近の研究の結果として明となれり。其體系内に

於ては星辰は著しく密集すれど、其系外に出づれば虚なる空間は杳  
 として横はる。而して斯の如き他の星系が、又其空間の彼岸に存在  
 するや否やは、吾人の未だ明にし得ざる所なり。  
 吾人の屬し、吾人の直接觀察し得る星辰の體系を星辰的宇宙と呼  
 び、或は略して單に宇宙と呼ぶ。これより此狹義の宇宙の内部の構  
 造に就て考察すべし。

##### (2) 研究の材料

宇宙を構成せる星辰は其數甚だ多きも、其主要なる者は太陽と其  
 性質を等しうする恒星なり。其恒星の周圍には各惑星又は衛星の如  
 き者存在すべきも、吾人よりの距離甚だ大なるを以て是を知るに由  
 なし。星團及び銀河は恒星の集團に過ぎず。唯組成少しく異なるは星  
 雲なり。されど星雲の數は恒星に比して甚だ少なる故、宇宙の構造

の主要素をなすものは恒星の分布の状態なり。其故に先づ研究すべきは恒星の主要なる性質なるべし。其爲に必要なる材料は左の如し。

(1) 天空に於ける視位置。 (2) 光度。 (3) スペクトル型。 (4) 視差。 (5) 固有運動。 (6) 視線速度。 (7) 質量及び密度。

恒星の天空に於ける視位置は古來知られたる事にして、十九世紀に至り其決定は益々精細となれり。されど視位置のみにて、恒星の距離を知らざれば、其實際の位置を知る能はず。次に光度は地球より見たる恒星の光の大小にして、實際の光輝とは直接の關係なきも距離を知る時はそれを計算し得べきものなり。肉眼にて見ゆる恒星の光度は六等に別るゝものにして、其比にて望遠鏡にてのみ見ゆる小光度の星に及ぼし、現今は約十七等星までよく認め得るに至れり。一等級の差は約二倍半の比となるものなり。例へば五等星の光輝は

六等星の二倍半なるが如し。其測定には光度計及び寫眞を用うるものなり。

恒星のスペクトル型は其組成及び状態を知るに極めて必要なるものなり。それは恒星の進化の段階に相應して八階級に區別せらるゝに至れり。即ち、O、B、A、F、G、K、M及びNの諸型これなり。今是等の諸型を簡単に説明すれば左の如し。

O型 (ウオルフライエ型) — 此スペクトルは薄き連続的背景上に輝ける數個の線條を現はすものにして、五種に小分せらる。星發展の最初の段階と目せらるゝものにして、未知の元素及び多少のヘリウムを含む。

B型 (オリオン型) — ヘリウムの線最も明にして、又水素に似たる未知の元素も著しく現はる。

A型 (シリウス型) — 水素及び類似の元素に富み、他の線は比較的薄し。

F型 (カルシウム型) — 水素及びカルシウムの線明なるを特色となす。

G型 (太陽型) — 太陽は此型の代表者にして、其スペクトルには金屬線を現はす。

K型 — 此型に至りて、水素線は金屬線よりも著しく弱くなるに至る。

M型 — 此スペクトルは酸化チタニウムの存在を示すものにして、化合物の存在は此型に始まるが如し。此型の恒星の色は著しく赤し。  
N型 — 此型の星は暗赤色となり、炭素化合物の線を現はすものなり。

次に恒星の視差とは、地球の軌道の最遠の兩端より一の恒星を見る方向の變化を現はす角にして、恒星の距離に比例するものなり。視差は普通角度の秒を單位として現はすものなるが、距離として考ふる時は視差一秒に相當する距離を單位として、一パーセントと云ふ。是は約十九兆億萬哩に等しきものなり。光が一年に通過する距離即ち一光年は〇三一パーセントに相當するものなり。吾人に最近の恒星ケンタルルス座α星は一三パーセント (四二光年) の距離にあり。

恒星の固有運動とは、恒星自身の位置の變化にして、吾人が望遠鏡にて測定し得るものは、吾人と恒星とを連ぬる線即ち視線に直角なる方向の運動のみなるべし。固有運動も恒星の距離に逆比例して小さく見ゆべし。されど大抵の恒星は約一世紀に互りて観測すれば幾分の運動を認めざるものなし。現今知られたる最大の固有運動を

(190)  
 有する星は、南半球に見ゆる一の八等星にして、毎年八七秒の弧を畫く。而して此星にても「三つ星」の間の距離を經過するには約一千年を要すべし。

恒星の視線速度とは、ドップレル効果を利用してスペクトルの移動によりて測らるゝものにして、距離に無關係に實際の速度を知らしむるものなり。されば固有運動の實際の値と視線速度とを一恒星に就て知るときは、其恒星の實際の運行を知り得べし。現今發見せられたる最大の視線速度を有する恒星は毎秒三二五基米(約二十哩)を進むものなり。

恒星の質量及び密度は、其恒星が聯星をなす時にのみ測り得べし。聯星とは二個の恒星が一系となりて、相互の重心の周りを一定の週期を以て廻轉するものにして、太陽系の惑星と衛星との關係とより

第五表 恒星の質量

恒星名	聯星			輝星		スペクトル型
	質量(太陽=1)	週期(年)	距離(秒)	視差(秒)	光輝(太陽=1)	
ヘルクレス $\gamma$	1.8	34.5	1.35	0.14	5.0	G
プロシオン	1.3	39.0	4.05	0.32	9.7	F
シリウス	3.4	48.8	7.59	0.38	43.0	A
ケンタウルス $\alpha$	1.9	81.2	17.71	0.76	2.0	G
純造, 70.	2.5	83.4	4.55	0.17	1.1	K
エリダヌス, 02	0.7	180.0	4.79	0.17	0.84	G
カシオペア, 71.	1.0	328.0	9.48	0.20	1.4	F

(191)

惑星の質量を算出せしと同様によりて發見し得べきものなり。されど其爲には恒星の距離を知る要あるを以て、質量の明瞭に知られたるもの多からず。是等の恒星を表示すれば左の如し。

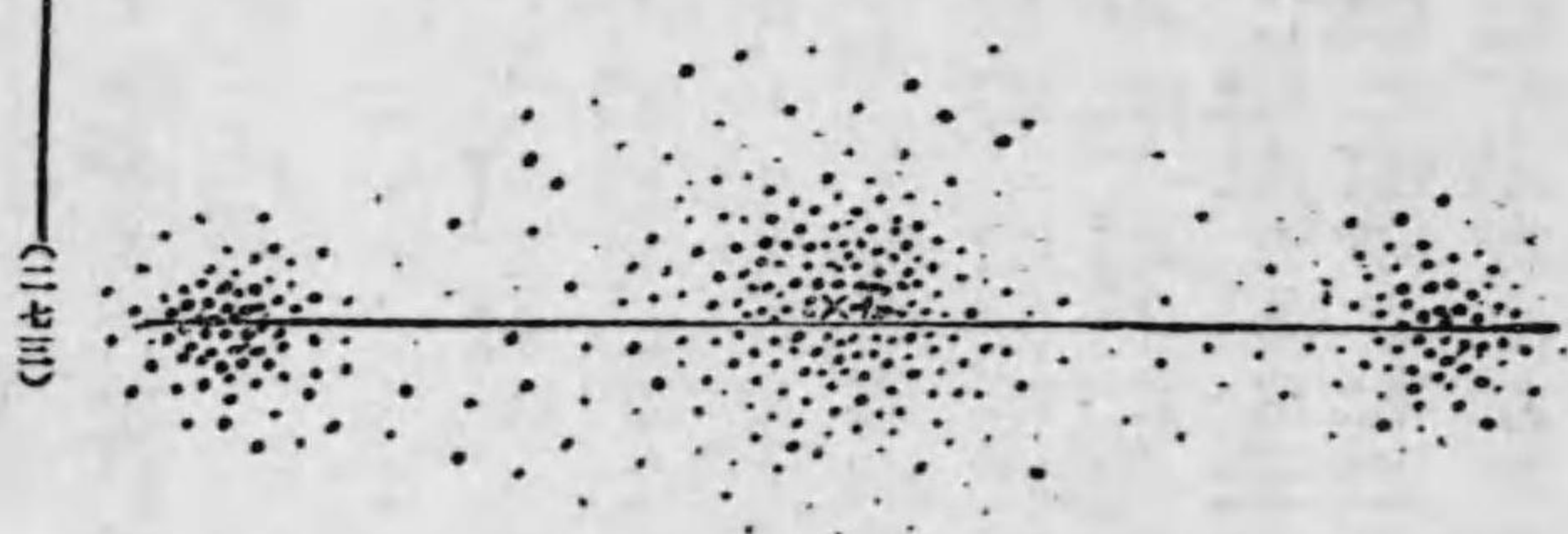
又恒星の密度は複雑なる理論的計算によりて得らるゝものなる故、茲に詳説せず。

(ハ) 宇宙の大観

宇宙の構造の問題は、是を數個に別ちて考ふるを得べきが如し。例へば、空間に於ける星辰の分布、星辰の光輝、星辰の運動、スペクトル型の性質等の問題の如し。されど是等の諸問題は皆相聯關せるものなる故、一々を分離して考ふることは大に困難なり。されば吾人は先づ是等に關する最近の研究を綜合して、宇宙の大勢を察し、然る後比較的詳細なる問題に進まんとす。

宇宙に於ける星辰の大部分は一のレンズ形或は饅頭形の空間内に散布するものなるが如し。即ち宇宙は一の平面に向つて著しく扁平となれるものなり。其断面を想像すれば第十五圖に現はすが如くな

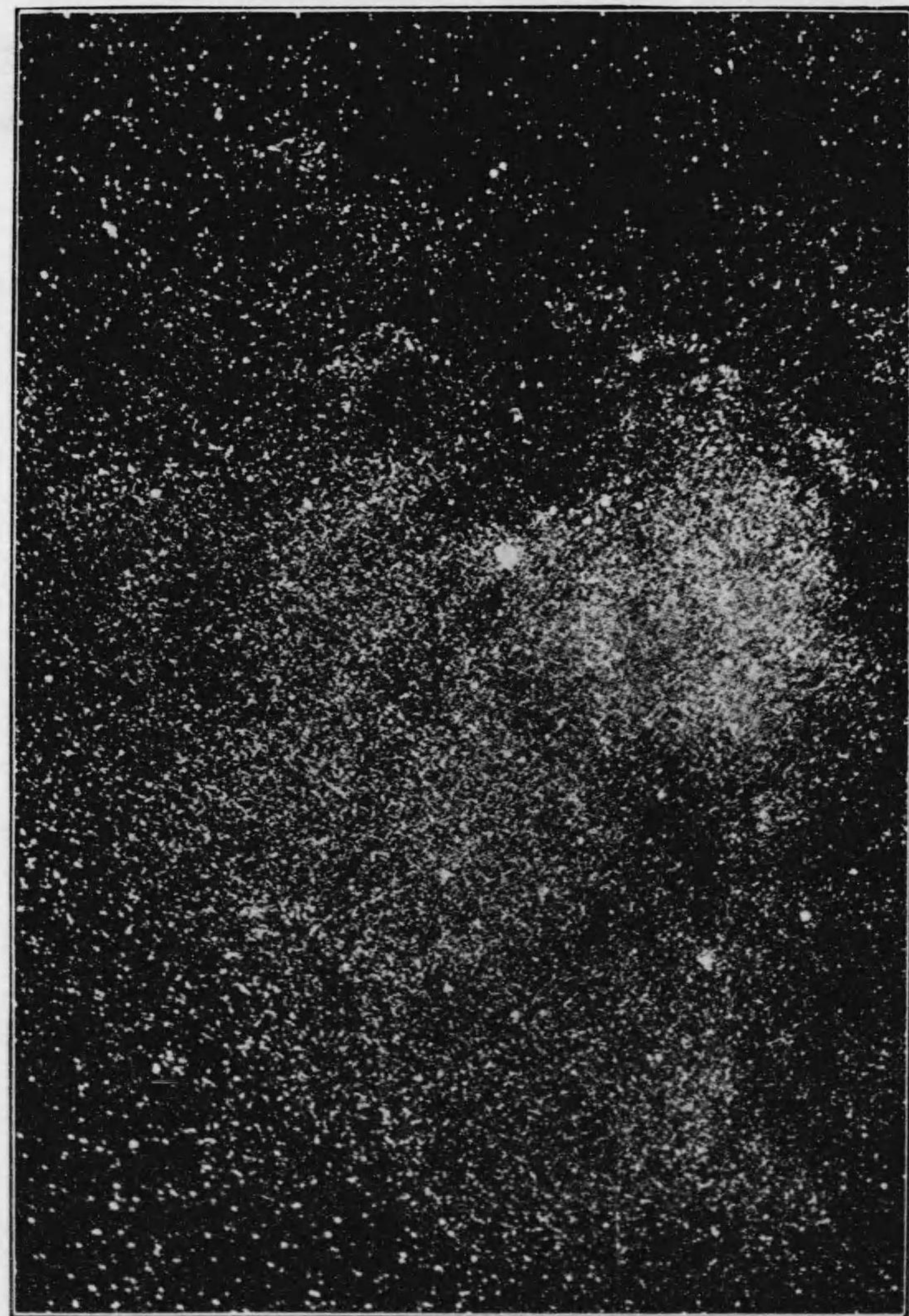
宇宙の構造  
第二十圖 宇宙の断面



太陽の位置 × 銀河の平面

るべし。太陽は圖の中央に近き所にありて、銀河の平面より少しく北にあるが如し。圖の中央にある星の集團は比較的吾人に近き恒星にして、左右の二集團は環狀の銀河を切りし断面を示すものなり。即ち中央の恒星群は銀河の環によりて圍繞せらるゝものにして、地球より見たる銀河の狀態は明に是を證すべし。

星系の厚さは非常なれども測り得べからざるものにあらず。されど恒星の密度は徐々に減するものなる故、精確なる限界は地球の大氣の場合と同じく決定するに困難な



部 一 の 河 銀

最 新 科 學

(三七四)

り。銀河の平面と直角の方向、即ち最も薄き方向に於ては吾人より約百パーセク（千九百兆億萬哩）の間は恒星の密度は略ほ一定せるものなるが、三百パーセクの距離に達すれば密度は吾人の近傍と比較して約五分の一に減するが如し。銀河の平面の方向は其距離約三倍に達するものなるべし。されば吾人の宇宙の厚さは約三百乃至四百パーセクにして、内部星群の幅は九百乃至千二百パーセクに達すべし。されば其幅を横ぎるに、光は四千年以上を要すべし。

太陽の近傍に於ける恒星の分布は極めて均整なれども、漸次宇宙の周縁に赴くに從ひて不規則となる。殊に銀河は星辰が非常に不規則に密集せる部分にして其密度は著しく大なるべし。されど總ての恒星が銀河の平面に對して密集する傾向あるものにあらず。一般に進化の初期にある若き恒星は銀河の平面に對して密集する傾向あれ

ども、進化の末期に進める老星は空間の孰れの方角にも一様に分布せらるゝものなり。殊にM型の恒星の如きは吾人よりの距離著しく大なるものなるが、殆んど球状の分布をなす。

銀河の附近には、廣き範圍に互りて光を吸収する物質の擴延せるを見ることあり。是は一般に銀河の附近に多く發見せらるゝ無定形の星雲と同質のものなるが如し。此吸収質に星雲の如く光輝を薄く發するものもあれど、全く光なき暗黒體もあり。其孰れも後方にある恒星の光を遮斷するものなり。中央の星系内にも多少の吸収質を含むが如し。其外に宇宙塵は空間の各所に散布して、幾分光を吸収すべきも、其影響は著しき結果を與へざるが如し。

恒星の固有運動の研究は距離大なる場合には運動甚小なる故、是を認むること大に困難なり。視線速度は距離に無關係に測り得れど

も、スペクトルを生じ得べき光度の星に限らるゝ故、餘りに遠隔の星に及ぼすこと能はず。されど其範圍内に於て吾人の測定し得る星の数は數十萬に達し得るものなる故、それより得たる結論も著しく一般性を帯ぶるものなりと云ひ得べし。

カプタインは恒星の運動を組織的に研究して、總ての星が二大星流をなすことを發見せり。其方向は銀河の平面に於ける相反對せる二個の點を指すものなり。一の方向に運動する星と、他の方向に運動する星とは互に相錯せるものにして、二個の分離せる星流を作らるものにあらず。されば同一星流に屬する星の間に物理的關係ありや否やを決定する能はず。又星流の原因に就ても何等の想像をも許さざるが如し。第一星流に屬する恒星は赤經六時、赤緯十二度(オリオン星座)の邊を指して進むものにして、第二星流は赤經十八時、

赤緯(南)十二度(鷲座)の點に向ふものなり。而して二星流の相對速度は毎秒約四十基米に達す。太陽は毎秒約二十基米の速度を以て、ヘルクレス座の方向に進むものなる故、此速度を加減する時は二大星流の方向は多少變化すべし。又第一星流の恒星の速度は、第二星流の恒星の速度に比して甚速にして、約一八倍に達するものなり。而して是等の星流に屬する恒星は、星流運動の外に個々獨特の運動を有するものなれども、それ等の運動中に於て星流運動は最も著しく現はるゝものなる故、全體として一致せる方向を取るものなり。第一星流に屬する恒星は、第二星流に屬する恒星よりも其數多くして、約一倍半に達す。尤も此比は天空の各部分に於て常に一定せるものにあらず。されど是等は至る所に於て十分混淆するものなり。



平均距離の點より考ふるも二星流の恒星に於て著しき差なし。されば二星流は天空の總ての部分に於て相互に貫通するものなり。星流の區別は恒星のスペクトル型とは特別の關係なきが如し。唯オリオン型（B型）の恒星は以上の二大星流に關係なきもの多きが如し。此型は固有運動を有すれども極めて微小にして、然かも其方向一致せず。故に是等は第三の星流を作ると考へられ、〇星流と名づけられたり。〇星流に屬する恒星は、オリオン型の外に種々の他のスペクトル型の恒星をも含むものなり。或人は此星流に屬する星は極めて遠隔の距離にある爲に、小なる固有運動を有するものなるべしと想像せしも、最近の研究によれば、比較的近距离にある恒星の内にも此星流に屬するものあり。

B型の恒星の速度の小なることは他の方面より一般的に説明せら

るゝ所なり。天體物理学の研究よりスペクトル型を恒星進化の順序に並列すれば、それ等の速度は若星より老星に至るに従ひて規則的に増加するものなり。其有様は恰も恒星が初め無運動の状態にて生れ、漸次生長するにつれて運動の習慣を得るが如く見ゆ。さればB型の平均固有運動は毎秒六・五基米なれど、M型は毎秒十七基米に増加するものなり。故に吾人は恒星の進化の過程を其速度及びスペクトル型の兩面より研究し得ることゝなれるなり。

斯の如き恒星の進化に伴なふ速度の増加の原因に就ては、未だ十分なる説明なきも、左の如く考ふるときは大體其事實を了解し得べし。宇宙の原始の状態に於ては、星を構成する物質が現今の星系の範圍よりも遙に廣く分布せられしものなるべく、殊に銀河の平面に沿うては著しく緻密に分布せられ、且つ遠距離まで到達せしものな

(二八〇)  
 るべし。材料の豊富なる空間に於ては徐々に進化する大恒星を形成すべく、材料稀薄なる所には速に進化する小恒星を形成すべし。前者は即ち若きスペクトル型の恒星にして比較的宇宙の重心に近き爲に、大距離を落下する必要なく、從て其運動の速度も小にして重に銀河の平面に平行に移動するものなるべし。後者は老いたるスペクトル型の恒星に相當すべく、比較的遠距離の空間に形成せられし爲に宇宙の重心に向て落下する爲に遂に大速度を得るに至りしものなるべし。又是等の恒星は必ずしも銀河の平面の附近のみにて形成せられざる故、其運動は常に其平面に平行なること能はざるべし。個々の恒星の固有運動はスペクトル型の進むに従ひて増加すれど、星流運動は是に比例するものにあらず。前述の如くB型の恒星は星流運動をなさざるものなるが、進んでA型に達すれば、二大星流の

(二八一)  
 運動は最も明かに最も著しく現はるゝに至り、更に進む時は漸次不明瞭となるものなり。蓋し老星に於ては星流運動の減小よりも、其他の任意の運動が漸次増加する傾ある爲に、遂に前者を不分明ならしむるに至るものなるべし。  
 望遠鏡によりて極めて美觀を呈するものは星團なり。殊に球状星團は狭き面積内に數千の恒星を含むものにして最も興味あるものなり。星團に屬する恒星は皆同様な固有運動を有するものなり。されど各星は地球より想像せるが如く密集せるものにあらず。大抵數パーセントの距離を有するものにして、從て相互の引力は甚だ弱くして、相互の重心の周に軌道運動をなすに足らず。されば是等の恒星團は集合の力も分離の力も受けざることとなりて生成の初速度を維持するものなり。最近の研究によれば、斯の如き星團は吾人に接近

せる空間にも多く存在するものなり。現に吾人の太陽も一星團の一員なるが如し。されど餘りに接近せる場合には、それを組成せる各恒星の距離は著しく遠隔せるが如く見ゆべき故、吾人は各星の平行にして相等しき速度の固有運動によりて星團に屬するものと然らざるものとを分離し得るのみなり。斯の如き星團は比較的銀河の附近に多く、殊に射手座及び蛇遺座の空に最も多し。されば此附近は球状星團の故郷と名づけらるゝものなり。(第十八圖甲参照)

次に考ふべきは星雲なり。星雲には其種類多くして、皆多少其性質を異にするものなり。前に太陽系の章の終りに挙げたる渦状星雲は吾人の宇宙以外の遠遠なる空間に存在する星系にして、吾人の宇宙に匹敵する者なるが如し。されど瓦斯狀の無定形星雲及び惑星狀星雲等の如きは吾人の宇宙の内部にありて恒星と雜處せるものなり。

吾人は茲に宇宙の大觀を終り、更に進んで其各部に就て少しく詳述する所あらんとす。

## 二 太陽系の近隣及び其運動

### (イ) 最近の恒星

吾人が直接の觀測によりて其距離を測り得る恒星は極めて少數に限らるゝものにして、他は種々の現象より其距離を類推し得るに止まるものなり。されば吾人は先づ直接に距離を測定し得る恒星の分布の狀態等を研究して、宇宙研究の基礎とせざるべからず。吾人の今日の精巧なる器械にて精確に測定し得る恒星の視差は十分の一秒以上のものなり。然るに肉眼にて見得る恒星の平均視差は千分の八秒に過ぎざる故、其大部分が非常に遠隔の位置にあるを知り得べし。

太陽より五バーセク（約十七光年）以内にある恒星にして現今發見せられたるもの十九個あり。其内一等星四個、二等星三個、三等星二個、五等星一個、七等星二個、八等星四個、九等星三個あり。九等以下の恒星は光輝餘りに微弱なる故、距離の測定をなせしものなし。以上の星の實際の光輝を太陽と比較すれば、太陽より光輝大なるもの五個ありて、其一なるシリウスは約四十八倍に達す。又太陽の十分の一以上の光輝を有するもの五個、百分の一以上のもの三個にして、他の六個は二百五十分の一以上のものなり。されば太陽の光輝は近隣の恒星と比較すれば中位以上にあれども、暗夜見ゆる恒星の大多數は極めて遠隔の空間にありて、太陽の數百倍の光輝を發するもの多き故、全體として太陽は可視恒星の平均の光輝より小なるものなり。

更にスペクトル型に就て觀察するに、シリウス型(A)二個、太陽型(F、G、K)十一個、M型四個ありて、太陽に類似せるもの多きを見るべし。而して一般にスペクトル型の進むに従ひ、恒星の光輝は減少するものなり。これ老星の温度の漸次減少すべしとの想像と一致す。又是等の星の運動の速度を平均すれば毎秒五十基米となるものにして、他の部分の恒星の速度の平均の約二倍に達するものなり。今十九の恒星を九個の比較的較光輝大なる星と、十個の比較的較光輝小なる星との二群に別ち、各の速度の平均を求むれば、前者の平均は毎秒二十九基米にして、後者の平均は毎秒六十八基米なり。されば光輝弱き老星の速度が著しく大なる爲に全體の平均を増せることを知るなり。殊に毎秒百基米以上の速度を有する星は、其光輝太陽の約百分の一附近のもの多し。而して斯の如き微星は遠距離に於ては

是を見ること甚だ難き故、普通平均中に算入せられざるものなり。次に是等の恒星の星流の區別を見るに、第一星流に屬するもの十一个、第二星流に屬するもの八個ありて、一般の比と一致するものなり。

尙是等の關係を精査せんが爲に、太陽より五バーセク乃至十バーセクの距離にある恒星の既知なるもの二十七個を選ぶも、前の十九個と殆んど同様なる關係を見得べきを以て、太陽の近隣に於ても一般に、他の宇宙の部分と同様なる法則の行はるゝを知るべし。

(四) 運動星團

太陽の近傍の恒星中に於て聯星の體系を作るもの甚だ多し。聯星とは二個の恒星が相互の重心の周を廻轉するものなるが、其相接近せるものありては望遠鏡によりて二個の恒星と見えずして、唯分

光器により其スペクトルが雙方に移動する現象により、二星が相反對せる方向に運行せる系統なることを知るものあり。是を分光器的聯星といふ。聯星の距離漸次遠くなる時は其相互の引力は漸次微弱となり、遂に重心の周りの運動を起さるに至るべし。斯の如き二星の體系も共通の速度を以て平行に進行し、長年月に互りて其近運の位置を變ぜざるものあり。斯くの如きを雙星と名づく。

宇宙には單に二個の恒星が同一方向に等しき速度を以て運行するのみならず、數個乃至數十個の恒星が一樣なる運動をなすことあり。斯くの如き一群を運動星團と呼ぶ。牡牛星座に於けるハイアデス星群及び其近傍の諸星は、其好例にして、其中には太陽の光輝の五倍乃至五十倍の恒星三十四個、五十倍乃至百倍のもの五個を含む。されば此邊の空間は吾人の周圍に比し著しく光輝に富めるものなるべ

し。されど吾人との距離は五十パーセク以上に達する故、肉眼にては極めて微弱に見ゆるなり。此星群の直径は十パーセクに達し、其間には此星群に属せざる恒星の混入せるを見る。これ相互の引力の極めて薄弱にして、殆んど其作用なく、各自皆其初速度を以て運動せるを證するものなり。されば斯の如き星群は同一の起原を有するものなるべしと想像せらる。

次に著大なる運動星團は大熊星群なり。是は北斗七星中の中間の五星、及び天空の各方向に其伴侶を有するものにして、シリウス等も其中にあり。肉眼にて見ゆる大星は約十四個あり。ターナーの説明によれば、此星團は殆んど銀河の平面に垂直なる扁平なる圓板状をなせるものなりといふ。ブレアデズ(昂)も斯の如き星群の好例にして、約二千の恒星を有し、其内に太陽の數百倍の光輝あるもの

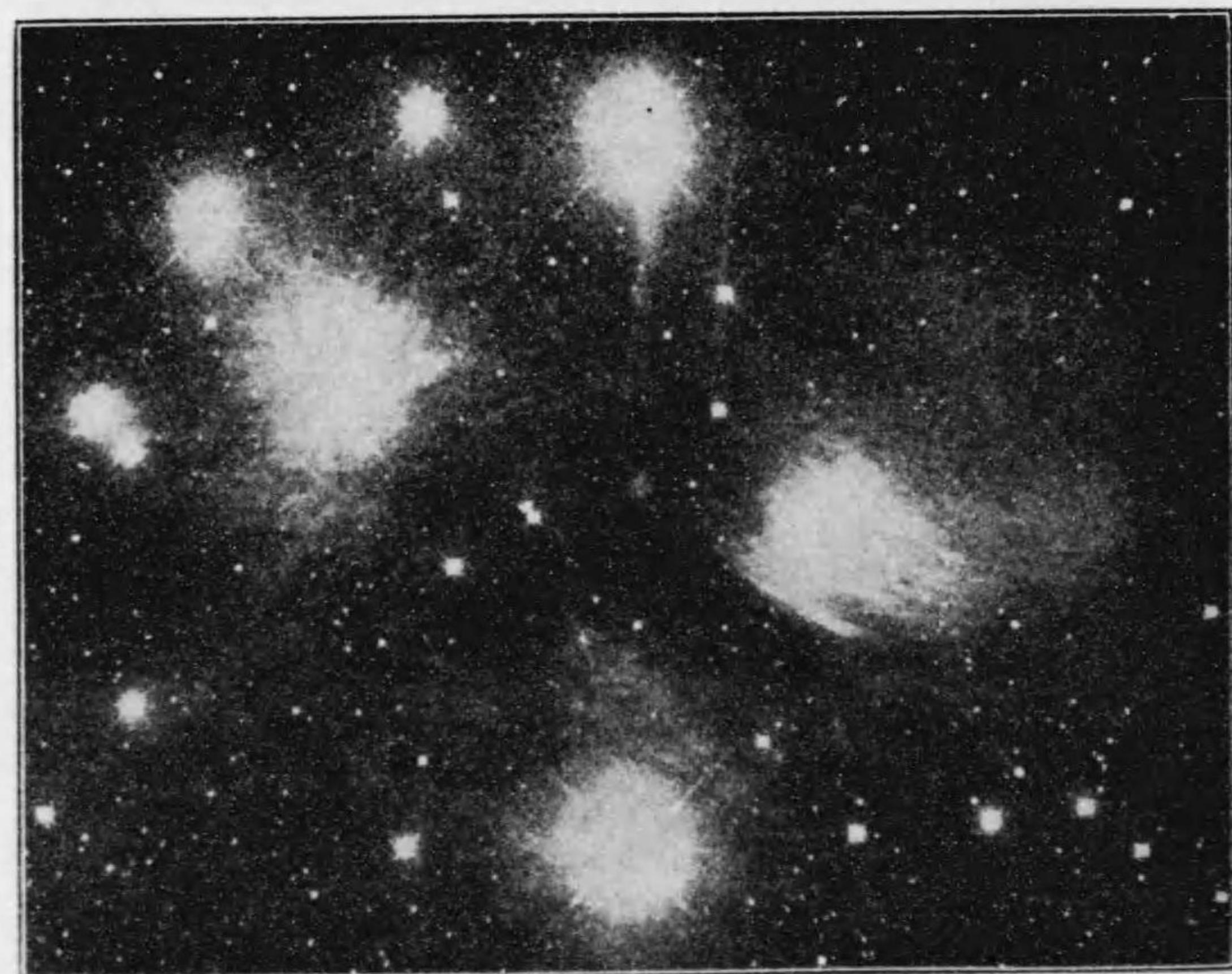
第十八圖(甲)



ヘルクレス座の球状星團

同

上(乙)



ブレアデズ(昂)星群



オカリオン星雲の不定形星雲

少なからず。然も此星群は其周囲を連絡する星雲質を有するものなり(第十八圖乙)。オリオン星座の各星も、オリオン大星雲(第十九圖)に圍繞せられて一の星團を作るものなり。其外ベルセウス星座の運動星團も肉眼星十八個を含有するものなり。其他にも運動星團の發見せられしもの數個あり。

是等の星團の運動の方向を見るに、大體二大星流と一致して其支流を構成するものなり。只大熊星群のみは大に其運動の方向を異にし一の例外を形成するものなり。斯の如き星團の發見は各星の距離を間接に測定するに有力なる方法となるものなり。蓋し其群中の數個の恒星の距離を精確に知るときは、他の場合を類推するを得べきを以て、恒星の分布の研究に貢獻する所大なるべし。一般に斯の如き星團を構成せる恒星はスペクトル型の初期のもの多し。これは星



團の共同發生の後、非常に長き時間を経過せざることを示すものなるべし。而して星團の各星の運動は他の星の引力によりて其方向を變ずるが如きことなきも、宇宙全體の重心に對して多少落下する傾向あるが如し。

(ハ) 太陽の運動

吾人が汽車に乗りて旅行するときには窓外の景が逆行するが如く見ゆべし。恒星の固有運動を分析するに、恒星自身の運動と、吾人の運動による其逆行とが相聯合せることを知るに至れり。即ち太陽系全體は他の恒星に對して相對速度を有するものなり。此運動は固より太陽系の絕對運動にあらざること明なり。されば、太陽の運動は恒星全體の平均位置に對する太陽の位置の變化と考ふべきものなり。ウィリアム・ハーシユルは一七八三年に恒星の位置の研究より太陽の運

動の方向を論ぜしが、其後ボス、カムベル、ダイソン、サッカレー、コムストック、スツムプ、ニウカム等の研究によりて太陽の運動は非常に明瞭となるに至れり。此研究の難點は材料として取れる恒星の種類によりて結果の異なることなり。これ恒星相互間の相對運動の結果なるべし。されど其差は甚大ならざる故、平均して太陽運動の方向は、

赤經 二百七十度、 赤緯 北三十四度

の點、即ちヘルクレス星座の左端に近き所を指して進むことを知るに至れり。

三 宇宙の二大星流

(イ) 固有運動の分解

恒星の固有運動より太陽の運動の爲に起る部分を除くときは、正しく恒星自身の運動を現はすものなり。斯の如き運動が共通なる一群の恒星にあるとは、運動星團として前節に述べたるが如く、昔より人の注意せし所なりき。されど恒星系全般に互りて共通なる一種の運動を發見せしは、實にカプタインの透徹せる眼光によりしものにして、一九〇四年其研究の結果の報告せらるゝや、其規模の茫大なる、世の學者を驚倒せしむるものありき。

星流の研究は固有運動の分析に始まる。先づ全天を數十の小區劃に別ち、其中に含まるゝ恒星の固有運動の方向、及び其方向を有するものゝ數を統計し、又は是を圖示す。若し恒星が任意の方向を取りて各自運動するものとすれば、固有運動の方向は均等に分布せらるべく、然らざる時は或方向の固有運動を有する星の數大なるべし。

是等の種々の關係は數學的に精密に計算せらるゝものにして、實測の結果と比較して、恒星の大體の運行の事情を明にし得るものなり。數千の恒星の固有運動の精密なる研究の結果は、それ等が二個の星流をなすと假定すれば、最も満足に説明し得ることを明にするに至れり。

其計算の結果を擧ぐれば、(一)大星流の向點は既に述べたる故省く) 第一星流と第二星流との速度は、夫れ夫れ毎秒三十四基米及び十九基米にて、其方向は百度の傾きをなす。されば二星流の相對速度は約毎秒四十基米に達すべし。第一星流は全體の五分の三の恒星を含み、第二星流は殘餘の五分の二を含む。

前に述べたるが如く、二大星流の向點は皆銀河の内にある故、其點を連ぬる軸が恒星の運動を最も強く支配するものなりと考ふるを

得べし。されど總ての恒星が正しく此軸に平行に動くものにあらずれば、其方向と直角の方向の分速度も多少は存在するものなり。さればシユワルツシルドは、恒星の速度の分布が球の如く全體の方向に均等なるものにあらずして、其一方面のみ他より著しく突出する楕圓體的のものと考へ、二星流の代りに、一方向の速度が夫れに垂直なる方向の速度よりも著しく強く現はると説明するのみにて十分なりと主張せり。是をシユワルツシルドの楕圓體説といふ。孰れの考を用うるも事實は變化せざれども、一般には二大星流説の解し易きを取らるものなり。

次に恒星の視線速度も亦此二大星流の影響を受けざるべからず。されど此材料は未だ極めて少なき故、十分の歸結を得る能はず。カムベルの研究によれば、シリウス型の恒星の視線速度は、二大星流

の向點に接近する程大となるものにして、星流による必然の結果と一致するものなり。

(□) 二星流に屬する恒星の差異  
先づ二星流に屬する千五百餘の恒星に就て、是を各光度に配分して比較するに、各等の星數殆んど相等しくして、星流によりて光度の別を生ずる事實なし。唯、一等星のみは第一星流に多きものなれど、是は單に偶然の關係に過ぎざるが如し。

次に恒星のスペクトルを比較するに、二星流は共に各種のスペクトル型を含むものなれども、第二星流に於ては老星の若星に對する割合が第一星流よりも少しく大なるを異なれりとす。  
次に二星流の吾人よりの平均距離の差及び分布の狀態を見るに、全體として二星流は完全に混在するものにして、部分的の小差異は

大抵觀測の誤差に歸し得べきものなり。第二星流に老星の多きこと、及び第二星流に屬する恒星が比較的銀河の南側に多きこと等は著しき差異點なれども、是等も果して真正の差異なりや否やに就て多少の疑あり。されば全體として二星流に屬する恒星間には著しき差異なしといふを得べし。

(ハ) 三、大星流説

精密に多數の恒星の固有運動を解剖するときは、其重なる運動は二大星流なるが、更に其間に一個の小星流を想像する時は、尙完全に事實を説明し得べし。初めエヂングトンは此説を主張せしが、ハームは三星流を假定して恒星の固有運動の再分析を行なひ、遂に三星流即ちの星流が他の二星流と匹敵すべきものなることを明にせり。此星流には第一及び第二の星流に屬せしむること能はざりしオ

リオン型の恒星をも含ませ得べきものなる故、大に便宜なる區別なり。而してO星流の特徴は、是に屬する恒星が殆んど著しき固有運動を有することなくして、比較的靜止せる點なり。されば此星流は單に數學的抽象の結果とのみ云ふべからざるなり。

四、恒星のスペクトル

(イ) スペクトル型と速度

ヘリウム及び水素の灼熱せる青白き光に輝くA型(シリウス型)の恒星と、著しく金屬の蒸氣を含み、且多少の化合物をも其表面に有する赤色の恒星M型とを比較する時は、(1)前者が後者よりも一般に光輝大なること、(2)後者の運動の速度が前者よりも著しく大なることを常に發見し得べし。A型は若星の代表者にして、M型は老

星の代表者なり。されば此事實は夙に一八九二年に於てモンクの指摘せし所にて、カプタイン、ダイソン等の其後の研究は益此事實を明にせり。

一九〇三年に至りフロスト及びアダムスはA型よりも更に若きオリオン型(B型)の恒星の視線速度を研究し、平均毎秒七基米の値を得、他の型の星よりも其速度非常に小なるを明にせり。其後カプタイン及びカムベル等は各獨立に各型の恒星の視線速度の平均を作

第六	
スペクトル型(平均せし星數)	視線速度(毎秒基米)
B (二二五)	六・五二
A (一一七)	一〇・九五
F (二八五)	一四・三七

表	
G (一二八)	一四・九七
K (三八二)	一六・八
M (七三)	一七・一
惑星状星雲(一一)	二五・三

此表によればスペクトル型の順序、即ち恒星進化の順序と速度の増加とは精密に一致せるを見る。只惑星状星雲(扁平なる板状をなせるが如く見ゆる星雲)の速度の最大なるは奇なりといふべし。或は星雲は恒星の初めにあらずして、恒星の終局にあらずやとの疑を起さしむ。インネスは新星が嘗て星雲に變化せしが如き現象を見て、斯の如き説を主張したることあり。又恒星の固有運動の大きさを見るも、老星の大なることを知り得べし。

されば恒星は其發生の初めは殆んど速度なき状態より出發し、漸

次速度を獲得せりと考へざるべからず。ハームは、星系に於けるエ  
 ネルギー均等説を稱へ、オリオン星の速度小なるは、若きが爲にあ  
 らずして其質量大なるが爲なりと考へたり。彼の説によれば、恒星  
 は皆同時に發生したるものなれども、其内質量大なるものは發達遅  
 くして若きスペクトルを示し、質量小なるものは早く冷却して老い  
 たるスペクトルを示すとせり。而して是等の各星の有するエネルギー  
 一は皆略々相等しき故、小星は大星に比して速に動くものと考へた  
 り。されど此説は種々の例外あるを以て、普遍的なりといひ得ざる  
 が如し。又恒星の速度は星系の中心よりの距離に比例すとの説も統  
 計によりて否定せられたり。さればスペクトル型と速度との關係は、  
 質量又は距離の爲に起るものにあらざるを知るべし。

(口) スペクトル型と光度

吾人が或光度までの恒星を選択して、其スペクトル型に従ひて分  
 類し、其各個の吾人よりの平均距離を算出する時は、B型の恒星が  
 A型の恒星よりも著しく遠隔の位置にあるを知る。されば此結果は  
 各型の實際の分布を示すものにあらずして、B型の光輝大なる星が  
 A型の大星よりも遠距離にあることを示すものなり。而して吾人が  
 光度に關係なく近隣の恒星の分布を調査する時は、これ等が空の各  
 部分に均整に存在するを發見すべきも、比較的遠距離の恒星をも含  
 有せしむる時は、其分布は著しく扁平となり、銀河の平面に集注す  
 る傾あるを發見するなり。其集注の傾向を六等星以上の恒星に就て  
 各スペクトル型に別ちて統計するに、B、A、F型に於ては集注の  
 傾向著しく現はるゝも、G、K、M型に於ては其傾向甚だ少なし。  
 是れ後者即ち老星の光輝が比較的の小なる爲に、遠距離の星が統計せ

られざりしを示すものなり。さればスペクトル型のBAFGKMの順序は、温度減少の順序と一致するものなるべく、從て光輝も小となるものなるべし。

又各型の恒星の平均距離を比較するに、FGAKMBの順序となり、進化の順序と一致せず。而して此結果は太陽型に近きもの程吾人に近きこととなるものなり。而してM型の星が著しく遠距離にあることは少しく前の假定に反することとなるべし。されば吾人は下の如く想像せざるべからず。即ち、總ての恒星は初め銀河の附近に生れしものなるべし。其内B型の星は速度小にして、然かも若き故、猶銀河の平面に集積せるものなるべし。されど恒星は其進化につれて漸次銀河面より脱逸するに至るべし。殊にM型の老星に至りては、其高速度によりて殆んど一樣に空間に分布せらるゝに至りしものなるべし。

るべし。

(ハ) スペクトル型と密度

最近に於て、ヘルツスブルグ及びラッセルは各スペクトル型の恒星を「大人」星、「小人」星の二群に別ち、それ等の間に密接の關係なしと考へたり。前者は著しく光輝強き星にして、後者は光輝甚だ弱きものなり。而して其中間に位するものは極めて稀なり。

今各スペクトル型に就て、是等二群の恒星の實際の光輝の平均を比較すれば興味ある結果を得るものなり。總ての恒星を假りに十パーセントの距離に置ける場合の光度を標準として其比較をなせば、「大人」星の光度は各型に於て零等乃至マイナス二等となりて殆んど相等し。されど「小人」星の光度は、恒星進化の順序に従ひて減少するものなり。即ちB型にてはマイナス二等、A型は零等、F型は三

等、G型は五等、K型は七等、M型は十等となるべし。されば「小人」星は従来の進化説によりて、其光輝の變衰を説明し得べし。唯困難なるは「大人」星なり。レーン及びリターの理論によれば、一の恒星が非常に茫漠たる状態より收縮するときは、或程度まで收縮する間は温度の上昇を伴ふものにして、其後は輻射によりて失ふ熱が、引力のエネルギーが熱に變ずる量よりも大となる爲に、又冷却を始むるに至るべきものなり。最近の放射性物質の研究は此理論を多少變化せしむべきも、其大綱に至りては同様の順序を履むものなりと考へ得べし。然るにスペクトルは重に恒星の温度に關係するものなるが故に、同じスペクトルの恒星に於ても温度が上昇しつゝあるものと、下降しつゝあるものとの二種あることなるべし。前者は未だ茫漠たる状態にあるものにして、後者は既に著

しく收縮せるものなり。而して表面の光輝は温度によるものなる故、表面廣き前者は後者よりも著しく輝くこととなるべし。今前者を「大人」星とし、後者を「小人」星として考ふれば事實を説明し得べし。若し然りとすれば、B型の星は最高の温度に達せるものなりと考へ得べし。又此説によれば、「大人」星は密度小に、「小人」星は大ならざるべからず。シャプリーは、特殊の聯星系に就て密度を計算せしが、スペクトル型の進むに従ひて密度が大小二群に別るゝことを多少明にすることを得たり。又ヘルツスプルングは同型の恒星の内、其スペクトルに吸収線が非常に鋭く現はるゝものゝと然らざるものとを區別し、前者が後者に比して著しく小なる固有運動を有することを示したり。最等は二群説に對する一證となるべきものなり。



されど此説には多くの難點あり。即ち、此説によれば恒星進化の順序は半ば倒逆するものなるが、スペクトル型と速度との關係、及び銀河の平面に集注する状態等は新説にては説明すること能はざるなり。新説を強て採用する爲には、恒星は初め高速度を有し、中途に於て殆んど其速度を失ひ、後に又高速度を得たりとせざるべからず。又分光器的聯星の週期も、BAFGKMの順序に従ひて、正しく増加するものなり。されば同型二群説は統計の結果と矛盾するものにして一般に進化の順序と考ふること能はず。

(二) 特殊のスペクトル型

ヘリウム及び水素に富み、多少マグネシウム等の金屬線を其内に含有せるオリオン型(B)の恒星は、宇宙に於て特殊の位置を占むるものなり。それが二大星流に屬せずして、殆んど不動なる一星流

を作ることには前に述べたり。而して此星流中には他の型の恒星の來り投ずるものも少なからず。此B型に屬する恒星の特徴は、運動星團として集合し易き傾向を有する事なり。本章の第二節中に述べたる種々の運動星團は皆殆んど此型の恒星より成立す。而して其運動の速度は甚だ小なり。是等の星團の距離は吾人より七十乃至百パーセクの遠方(二百光年内外)にあるものにして、オリオン座の諸星は尙是よりも遠距離にあるが如し。又星團を構成せざる此型の星は其距離尙大にして、固有運動甚だ小なり。ボスの計算によれば、太陽より七十パーセク以内の距離には全く此型の恒星なしといふ。其間の空間には少くとも七十萬個の他の型の恒星を含むものなり。されどB型の星が太陽の近傍にのみ特に存在せざる理由を認むること能はざる故、一般に此型の星

(1011)

の分布は稀薄なりと考へ得べし。されど光輝甚だ大なる故、遠距離より容易に發見し得ることゝなるなり。

表面に炭素の化合物を明かに認め得べきスペクトルを有し、暗赤色を帯ぶるN型の恒星は、其温度最も低く、光輝も亦微なる最老星なるが故に、M型の星と混同せられ易し。されど同じ赤色の星ながらも、N型の星はM型の星と異なりて、銀河の平面に密集して分布する傾向を有するものなり。此型に屬する百二十個の恒星の平均光度は八二にして、其距離はオリオン星よりも數倍の遠方にあるものなる故、實際の光輝はオリオン星と大差なきものなるが如し。ヘール、エラーマン、及びバーカースト等は、此型に屬する恒星と、ウオルフライエ型(O)のものとの多少共通の點あることを指摘せり。N型は最老星にして、O型は最若星なりと認めらるゝ故、二者の接

近は大に興味あれども、其主要なる關係に於ては何等の重大なる類似をも認むる能はず。

### 五 恒星の數

吾人が精密に恒星の諸性質を研究し得るは、七等以上の光度を有するものに限る。されど現今の精巧なる器械によれば、九等以上の恒星は其スペクトル等を多少研究し得る望あり。されど無数の十等以下の恒星に就ては、吾人は其距離、スペクトル及び運動等に就て殆んど知る所なし。吾人の爲し得べきことは只其數を統計し得ることのみなり。

### 宇宙の構造

今九等以上の比較的輝大なる恒星に就て、各等の星數を比較するに、或等級の星數はそれより光度一等大なる等級の星數の三九八

(三二〇)

倍なるを知る。此約四倍なる比は一等より九等附近までは精密に行はるれども、十等以下に至れば、多少其比を減ずるに至るものなり。其原因は星系の扁平なる爲、銀河の平面に直角なる方向に於ける遠距離の微星が缺乏せる爲なるべし。チャプマン及びメロットは最近の観測の結果を利用して、十七等星に至るまでの星数を計算して、一九一四年に其結果を報告せり。其星数の表を摘記すれば左の如し。

(最低光度)

(其光度までの星数)

五〇等	六八九
六〇	二七一五
七〇	九八一〇
八〇	三、一三六〇
九〇	九、七四〇〇

(三二一)

是等の恒星が銀河の平面に密集する割合を見る爲に、銀河の極と銀河の部分との密度の比を取れば、六等星に於ては二・二倍、十七等星に於ては四・三倍となる。一九〇八年カプタインは十七等星の銀河集注を四十五倍なりとせしが、これは類推の結果にして事實と合せ

一〇〇	二七一八〇〇
一一〇	六九、八〇〇〇
一二〇	一六五、九〇〇〇
一三〇	三六八、二〇〇〇
一四〇	七六四、六〇〇〇
一五〇	一五四七、〇〇〇〇
一六〇	二九五、一〇〇〇〇
一七〇	五四九〇、〇〇〇〇

ざるが如し。されど銀河の部分には其色甚だ赤くして寫眞に感じ難き微星多く、又光を遮る暗黒星雲の如きものもある故、實際の比は四倍よりも遙かに大なるが如し。

チャプマン及びメロットは星數に關する精密なる研究の結果、宇宙の恒星の平均光度を二十三等乃至二十四等なりと想像し、其總數は十億乃至二十億に達すべしと考へたり。勿論是等の計算には銀河を構成せる微星を含有せざるものなり。

次に銀河の平面によつて別る、南北兩半球に於ける恒星の數を比較するに、南半球に於る分布の密度は北半球よりも約一〇パーセント大なるを見る。これ太陽が銀河の平面即ち星系の中央面よりも少しく北方に位せる爲にして、銀河の形狀が多少大圓より偏移せることによりても證せられ得べきことなり。又銀河の各部によりて、星

の密集の度を異にするが如き傾向なし。唯、射手座座の附近の銀河には茫漠たる星雲質多きが如く、爲に微星の計算を殆んど不可能ならしむる所あり。

更に恒星の分布の狀態を精密に決定するには種々の方法によりて其距離を測定するを要するものなるが、其精密なる結果は今日に期すべからず。カプタインの研究によれば、種々の距離の空間に於ける分布の割合は左の如きものなるが如し。

(距離)

(恒星の密度)

宇宙の構造

- 
- 五〇パーセク
- 一三五パーセク
- 二一三パーセク

- 一〇〇
- 〇・九九
- 〇・八六
- 〇・六七

(三三三)

五四〇パーセク  
八五〇パーセク

〇・三〇  
〇・一五

即ち吾人の周圍五十パーセク（約百七十光年）の間の密度が最大にして、漸次遠くなるに従ひて稀薄となるを見るべし。銀河部の星數に至りては次節に於て少しく考察せんとす。

### 六 銀河、星團及び星雲

#### (イ) 銀河の構造

銀河を構成せる微星の密集、星雲質の擴布等は吾人の宇宙に於ける無比の現象にして、到底普通の星辰分布の状態と匹敵すべくもあらず。吾人は既に銀河に圍繞せられたる内部の星系の扁平なる恒星の分布を知れり。此内部星系と銀河の星系とが連続せりや否やは未

だ明瞭に知ること能はず。是等の二星系の中、殆んど太陽を中央に有せる内部星系が主要なるものにして、銀河の星系は附屬物と考ふるは一般の見解なり。銀河の星系は内部星系の如く規則的の分布をなすものにあらずして、著しく不規則なる形状及び分布をなすものの如し。

前に掲けたる銀河の寫真を見るに（第十七圖）それを構成せる恒星の著しく微細なるを見るべし。吾人は其運動、スペクトル、光度及び數等に就て何等の精確なる知識を有せず。種々の研究の結果によれば、銀河の方向に見ゆる數個の六等星は實際銀河の系内にあるものの如し。又九等星は銀河の内部に存在し、十二等或は十三等星は銀河の中央部に潜在することあり。ニウカムは銀河の背景の比較的明るき部分と暗き部分とに就て、斯の如き輝星の密度を計算せし

に、明るき部分の密度が著しく大なることを發見せり。此暗き部分  
は、光を遮斷する星雲質が内部星系と銀河系との間に存在する爲な  
るべし。されば六等或は七等の星は其外部まで散布せることを想像  
し得べし。

イーストンも銀河の一部に就て同様なる研究をなし、明部に於け  
る輝星の密度が銀河の周囲の恒星の密度よりも著しく大なることを  
發見せり。而して銀河内に含まるゝ輝星に就て、比較的多數なるは  
九等星なり。凡そ太陽の一萬倍の光輝を有する恒星が五千パーセク  
(二萬六千光年)の距離にある時は九等星に見ゆべし。されば銀河の  
最近距離は此値より大なることなかるべし。ニウカムは其値を千二  
百パーセクとせり。孰れの値を取るも所謂銀河の「穴」と稱せらる  
る暗黒星雲の距離は千二百パーセク以内なるが如し。又銀河の總て

の部分に於ては數  
個の支流が相重りて見ゆるが如し。

銀河の種々の部分の光輝の差異は、各部分の吾人よりの距離と何  
等の關係をも有するものにあらず。光輝の大小は、視線の方向に星  
系の深き爲か、又は星の密集せる爲に起るものなり。又銀河の全體  
の構造は著しく不規則なる故、其種々の部分の幅の差によりて距離  
を知ることも到底不可能なり。

大なる無定形星雲は他の星雲と異なりて、重に銀河の部分に發見  
せらるゝものなり。其外銀河の附近には擴布せる星雲質を見ること  
多し。是等のスペクトルは星雲素なる未知の元素の多く含有せらる  
るを示し、又水素及びヘリウム等も多少存在せることを現はすもの  
なり。光を吸収する暗黒星雲も其一種にして、邊緣が多少光輝を發

する場合には容易に其存在を證し得るものなり。而してかゝる星雲質は甚だ多く散布せらるゝものなり。されど無定形星雲と銀河とが一致するに至りし理由は未だ明かならず。

無定形星雲の外に、銀河の部分に著しく集注する傾向を有する者甚だ多し。是等が實際銀河と關係あるものなるか、又は單に扁平形の分布の結果なるかは今日斷定すること能はず。此類に屬するものは、ウオルフライエ星（O型）、ヘリウム星（B型）、N型の星、食的變光星等なり。殊にウオルフライエ星は最も著しく集注を現はすものなり。此型に屬する九十一個の恒星中七十個は實際銀河の範圍内にあり。其残りの二十一個は「マゼラン雲」中にあり。而してアンドロメダの大渦狀星雲が多少ウオルフライエ型のスペクトルを現はす點より考ふれば、此星雲と銀河との類似を認め得ざるにあらず。

(ロ) マゼラン雲

マゼラン雲は銀河の飛地とも見るべき茫漠たる一光團なり。南極に近き空に存在するものにして、始めて世界を一周せしマゼランが南太平洋の空に於て發見せし所なるを以て此名あり。此光團を詳細に觀察すれば銀河より少しく異なることを發見すべし。マゼラン雲は大小二雲より成立す。其大雲の所々には星雲狀の結節ありて其各個が渦狀星雲より成れりと信ぜらる。然るに銀河は渦狀星雲を嫌ふものなる故、此點に於ても著しき差あり。されどヒンクスの最近の研究によれば、是等の星雲の多くは瓦斯狀のものなるが如し。

ヘルツスブルグは最近に小マゼラン雲中に存在する一種の變光星の週期と絶対光度の理論的關係を基として、其距離を計算せり。其結果は幾分信用するを得べきものなるが、此方法により小マゼラ

（三三〇）  
ン雲の距離は一萬パーセク（約三萬二千光年）となり、吾人の知れる距離中最大なるものなり。さればマゼラン雲は吾人の宇宙の外方に位する他の星系なるべし。

（ハ）星團及び星雲

球狀星團（運動星團も其一種なり）の天空に於ける分布は甚だ奇なり。是等は殆んど天空の半球のみに存在す。其半球の中心は射手座座附近に位し、銀河の平面に垂面なる境界を有す。此分布の原因に至りては何等の説明をもなすこと能はず。

惑星狀星雲は扁平なる球狀をなせる星雲にして、其スペクトルによりて察すれば、全部稀薄なる氣體よりなり、其成分の重なるものは星雲素なり。又ウオルフライエ星のスペクトルと相似たる點もありて、金屬線を全く含まざるものなり。此星雲の特徴は銀河に密集

する傾あること、及び其視線速度の著しく大なることなり。其固有運動、距離及び大きさ等に就ては殆んど不明なれど、銀河に對する關係より考ふれば、吾人の宇宙系内に存在せるものなることを想像し得べし。

前に第十四圖に擧げたる渦狀星雲は獵犬星座にある此種の星雲中の最も美麗なる標本なるが、星雲の多數は多少渦狀の構造を有するものなり。フアスの測定によりば、寫真に撮影し得べき光度を有する渦狀星雲の数は十六萬個に及ぶといふ。是等の吾人に對する傾角は一定せざる故、正面を向けたる第十四圖の如きものは甚だ少なく、多くは少しく斜になりて楕圓形となり、或は全く其平面が視線に平行して直線狀を呈する等種々あり。されど孰れの場合に於ても二本の腕を中核より放出するものにして、其曲線の形は對數渦線となる



ものなり。而して其腕の各所に結節ありて、著しく不規則なる形状を現はすは寫眞によりてよく認め得べし。

渦状星雲のスペクトルは惑星状又は無定形星雲と異なり。寧ろ若き恒星のスペクトル型と相類似するものにして、連続的背景上に輝線の散在又は群集せるを見る。されば此星雲は茫漠たる瓦斯状のものにあらずして、若き恒星の大集團なるか、或は恒星に類似せる緊縮をなせるものなるべし。此星雲の分布の狀態は最も特殊のものにして、銀河の部分には殆んど存在せずして、銀河に最も遠き部分殊に北方の銀河の極の附近に最も多し。

昔し分光器的研究の起らざりし頃には、總ての星雲を遠距離の星團と想像せし時代ありき。されば分光の成績によりて、惑星状及び無定形星雲は明かに瓦斯状の茫漠たるものにして吾人の宇宙系に屬

すること明となりしも、渦状星雲には其理論を應用すること能はず。而して渦状星雲が吾人の宇宙系の内部にあるか或は外部にあるかの問題に關して何等の直接の證據なし。其分布の狀態も他の天體と全く異なるものなるが、M型の恒星も同様なる故、必ずしも吾人の宇宙系と無關係なる證據とはならず。されど若し此星雲が吾人の宇宙より全く孤立せる體系なりとすれば、銀河の部分に於ては其所に存在する星雲質の爲に光を吸収せらるべきを以て、銀河の部分以外に於てのみ、渦状星雲を吾人が見得るものなりとも考へ得べし。

渦状星雲を吾人の星系の内部にありと考ふる時は吾人は其構造を説明するに大に困却すべし。モウルトン等の述べたるが如く、渦状星雲は太陽系に比較すべき小規模の天體にあらず。少くとも其數億萬倍以上に達すべきを以て、到底二恒星の潮汐作用による破裂によ

りて起り得べきものにあらす。されど是を吾人の宇宙系以外のものと考ふれば、是は吾人の宇宙系と同様なる一個の宇宙系なりと考へ得べし。而して此假説は現今一般に信ぜられつゝあり。

若し各渦状星雲が皆各個の宇宙系をなすものなりとすれば、吾人の宇宙系も一個の渦状星雲にあらすやと疑はるべし。此假説は根據なきことにあらず。扁平なる内部星系は渦状星雲の核に相當し、銀河の星團は其腕に相當すと解し得べきなり。又或る渦状星雲の寫眞によれば、其渦状の腕が中央の扁平核の光を著しく吸収するを示せるものあり。これ銀河の部分の暗黒星雲と同様なる物質の存在を示すものなり。イーストンは此見解に基づきて、太陽が中央核の外部に位せりと假定し吾人の宇宙系の構造を渦状星雲として説明せり。吾人は此宇宙系を必ずしも渦状星雲なりと説明する必要はなかる

べし。されど二大星流の存在も渦状星雲の二本の腕と比較するときは興味あるものなり。吾人は今日如何なる力學的作用によりて、渦状の腕が構成せらるゝかを知らざれども、空間に此形多き事實は、物質が此形を取りて浮遊することが一般的の法則に従ふものなることを示すものなるべし。又物質が核より腕に移動しつゝあるか、或は腕より核に流入しつゝあるかの問題も、今日未だ解する能はず。されば進化が孰れの方向に起るかは明かならず。されど孰れの場合に於ても腕が中央核内に没入する所に於ては二個の反對の物質の流れを生ずるものなるべし。是等の流れは相互に干渉せざるべきを以て核の中心まで繼續するものならざるべからず。かく考ふるときは渦状星雲の腕と、吾人の宇宙系の二大星流とは同じ原因にて起りしものなるを知るべし。

### 七 宇宙の變遷

#### (イ) 恒星の運行

恒星の固有運動及び視線速度の研究は日尙淺き故、恒星の軌道の一般をも推する能はず。只其運動が均整なる直線運動なるを知るのみなり。されど永き年月の間には萬有引力の影響を受けて、多少其軌道の方向並びに速度を變ずるものなるべし。

一の恒星が他の恒星に及ぼす引力の影響は、恒星界に於ける比較的距離に於ても極めて小なるものなり。例へば太陽が最近の恒星ケンタウルス $\alpha$ 星に及ぼす引力は、一年の後に漸く毎時一種の速度を與へ得るに過ぎず。されば毎秒一基米の速度を與ふるには三億八千萬年を要すべし。此期間は恒星の年齢に比すれば比較的短日月な

るべきも、ケンタウルスの星は其固有運動によりて、今より十五萬年の後には、太陽との距離現今の二倍となるべきを以て、直ちに太陽の引力の範圍より脱逸することゝなるべし。

されば二恒星間の引力は各恒星の速度を著しく變化せしむる効果なしといふべし。されど星系全體の一恒星に對する引力は、其量も大にして、其時間は永久なる故、恒星の速度に大影響を與ふるものなること明なり。而して其引力の方向は宇宙系全體の重心に向ふべし。運動星團に屬する恒星が比較的密集せるに關はらず其運動の方向平行なる事實は、斯の如き引力による運動と一致するものなり。ジーンズの研究によれば、平均の距離にある恒星が斯の如き運行の爲に、吾人より見て一度の角だけ運動するには三十二億萬年を要すべしといふ。牡牛星座の星團の如き毎秒四十基米の速度を有する

故、上の計算と一致する運行をなすものなり。而して吾人は一般に恒星の運行を、相互の影響なくして單に宇宙系の重心よりの引力のみに働かるゝものなりと假定して十分に説明するを得べし。

星系の密度等の關係より太陽系の宇宙系に對する運行の週期を計算すれば、約三億萬年の値を得べし。此結果を信すれば、太陽系は地球の生成の年月の間にも幾度か宇宙の重心の周圍を廻轉せしこととなるものなり。

(四) 二大星流の起原

英のターナーは此問題に對して興味ある假説を發表せり。彼は總ての恒星が、太陽系に於ける彗星の軌道に似たるが如き、甚扁長なる軌道を畫くべしと考へたり。若し太陽が宇宙系の重心より遠隔せりとすれば、太陽と宇宙系の重心とを連結する直線が太陽運動の方

向となり、近傍の恒星の固有運動は著しく大に見ゆべし。されど太陽は比較的宇宙の中心に近きものなるが如き故、太陽自身の運動よりも、他の恒星が宇宙の重心に近づき、或は遠ざかる運動が著しく見ゆべし。これ二大星流に分解せらるゝ運動の起因なりといふものなり。

此説は比較的巧みに二大星流の現象を説明し得るものなり。されば有力なる反對なき限り有効なる假説として承認し得べし。然らば恒星の軌道は何故に斯の如く扁長なるや。此理由は、恒星が初め微小なる速度を以て生れたりとすれば容易に解し得べし。恒星は生成の後、宇宙の重心に向て落下する途中にて漸次速度を獲得すべきを以て、其結果は極めて扁長なる橢圓形の軌道を畫くこととなるべし。されど斯の如く考ふる時は、宇宙系の重心は總ての恒星の集合點と

なるべきを以て常に多數の恒星を其附近に有せざるべからず。白鳥星座或は射手座星座附近の恒星の密集は、或は宇宙系の中心に相當するものなるやも測り難し。

(ハ) 宇宙の安定

恒星は流星質又は星雲質等の集積によりて生ずるものなるべき故、初速度を有せざることは少しも不思議にあらず。只廻轉速度のみは最初より保有するものなるべし。恒星の速度は宇宙系の中心の引力によりて増加するものなるべきも、其速度の増加は、計算によれば最初の一億萬年を経過する間に起るものにして、其後は比較的一定の速度を續くべし。されど斯の如き短期の間にB型よりM型まで恒星が進化すべしとは思はれず。されば吾人はM型の恒星が比較的物質の稀薄なる銀河の極の附近

に生れたる爲、速に進化し、且急速の降下によつて大速度を得たりと假定せざるべからず。B型の恒星は銀河の附近に於ける物質豊富の部分に生ぜる爲に、質量も大に、發達も遅く、從て速度も小なりと考へ得べし。

次に銀河の恒星は如何なる運動をなして安定せるものなりやの問題あり。銀河が一種の安定の體系を構成せることは事實なるべし。而して斯の如き大群の恒星が安定するには、銀河が全體として、遅緩なる廻轉運動をなせば十分なることはポアンカレの證せし所なり。先づ宇宙の内部星系の全質量を太陽の十億萬倍なりと假定し、銀河の距離を二千パーセクなりとすれば、安定の爲に要する角速度は毎世紀毎に〇五秒にて十分なり。然るにシャリエは太陽系の平面と銀河の平面との交軌點が、毎世紀に〇三五秒の移動をなすことを

發見せり。これ恐らくは、中央星系と銀河系との相對角速度を示すものなるべし。

一個の恒星に就て考ふれば、其盛衰は時の問題なるべく、其生成の始めは星雲状のものなるべきも、漸次進化してスペクトル型の順序を経て漸次熱を失ひ、遂に暗星となるものなるべし。暗星の数が輝星に比較して頗る多數に上るべきは間接の證據によりて想像するに難からず。蓋し聯星の一方が輝星にして一方が暗星なることが、其運行によりて證せられたるもの多ければなり。而して宇宙の悠久なる、是等の暗星が再び衝突其他の原因によりて輝星に變化せずとも限られず。宇宙の熱エネルギーは絶えず逸散すべきも、更に大なるエネルギーを冥々の裡に獲得しつゝあるやも測られず。されば吾人の今日の知識にては宇宙が漸滅的のものなるか、又は輪廻的のもの

最新科學終

のなるかを決定する能はず。況んや、吾人の宇宙系統の外に、光の速度を以てするも尙數萬年を要すべき距離に、マゼラン雲、渦狀星雲等の他の星系の存在を知るに至りては、人類の棲息せる地球の極めて微なるを知り、更に人類の力の如何に微なるかを知るべきも、其反面には、人類の宇宙に透徹せる知力の如何に大なるかを知り得べし。而して本章に述ぶる所が僅々今世紀十五ヶ年の成果なるに願みる時は、更に後の十年、十五年の間に吾人の知識の如何に進むべきかは想像に餘あるべし。

索引

(三三四)

一人名索引

【ア行】ア

- アインスタイン ..... 二四七、二五五、二六一
- アダムス ..... 二九八
- アブラハム ..... 二四三、二五三
- アレニウス ..... 一九二、二〇一、二〇六
- イ ..... 二〇一
- イーストン ..... 三三六、三四四
- インネス ..... 二九九
- ウ ..... 二九二
- ワイーヘルト ..... 二九二
- ワイリアム・ハーシエル ..... 二九〇

エ

- ウイルソン ..... 二二二
- エナンゲトン ..... 二六六
- エーリッヒ ..... 二五〇

【カ行】カ

- カウフマン ..... 二四三
- カプタイン ..... 二七六、二八二、二九八、三〇一、三〇三
- カムベル ..... 二九二、二九四、二九六
- ガルトン ..... 一九七、二〇一、二〇四、二〇六
- カント ..... 二〇四
- キ ..... 二〇一
- キヤウエンザッシュ ..... 二〇一
- キユリー ..... 二〇一
- キーラー ..... 一九二、二〇一、二〇四
- ク ..... 二〇一

(三三五)

【サ行】サ

- サッカレー ..... 二九二
- シ ..... 二四七
- シエナー ..... 二四七

ケ

- クニツピンゲ ..... 二二八
- クラーク ..... 二〇一
- クルークス ..... 二二四
- ケルヴァイン(ロード) ..... 二九

コ

- コッホ ..... 二四八
- コムストック ..... 二九一
- コムト ..... 二六
- ゴルドスタイン ..... 二六
- コレンス ..... 二九

ス

- シヤプリー ..... 二〇五
- シヤリエ ..... 二〇一
- シユスター ..... 二二七
- シユミツド ..... 二〇一
- シユアルツシルド ..... 二〇一、二〇二、二〇四
- シヨリ ..... 二〇一
- シヨン・ミチエル ..... 一九
- シィンス ..... 二二七
- スキヤパレリ ..... 二〇
- スツムプ ..... 二二
- ストークス ..... 二二七、二二八
- ストラット ..... 二二
- ソ ..... 二〇一
- ソナー ..... 二二八
- ツムマーフェルド ..... 二二

【夕行】夕

ダイソン ..... 二九二、二九八  
 ダヴェンポート ..... 一四三  
 ターナー ..... 三三六  
 ダーキン ..... 一〇七、三六六  
 高峰博士 ..... 一五三

チ

チャプマン ..... 三三〇  
 チャンバリン ..... 三〇九  
 チンダル ..... 三

ツ

ツエルマク ..... 一七九

テ

寺田博士 ..... 三三〇

ト

ドツブレ

ド・フリース ..... 一〇九、一四七、一四八、一四九、一五〇、一五一、一五二、一五三、一五四、一五五、一五六、一五七、一五八、一五九、一六〇、一六一、一六二、一六三、一六四、一六五、一六六、一六七、一六八、一六九、一七〇、一七一、一七二、一七三、一七四、一七五、一七六、一七七、一七八、一七九、一八〇、一八一、一八二、一八三、一八四、一八五、一八六、一八七、一八八、一八九、一九〇、一九一、一九二、一九三、一九四、一九五、一九六、一九七、一九八、一九九、二〇〇、二〇一、二〇二、二〇三、二〇四、二〇五、二〇六、二〇七、二〇八、二〇九、二一〇、二一一、二一二、二一三、二一四、二一五、二一六、二一七、二一八、二一九、二二〇、二二一、二二二、二二三、二二四、二二五、二二六、二二七、二二八、二二九、二三〇、二三一、二三二、二三三、二三四、二三五、二三六、二三七、二三八、二三九、二四〇、二四一、二四二、二四三、二四四、二四五、二四六、二四七、二四八、二四九、二五〇、二五一、二五二、二五三、二五四、二五五、二五六、二五七、二五八、二五九、二六〇、二六一、二六二、二六三、二六四、二六五、二六六、二六七、二六八、二六九、二七〇、二七一、二七二、二七三、二七四、二七五、二七六、二七七、二七八、二七九、二八〇、二八一、二八二、二八三、二八四、二八五、二八六、二八七、二八八、二八九、二九〇、二九一、二九二、二九三、二九四、二九五、二九六、二九七、二九八、二九九、三〇〇、三〇一、三〇二、三〇三、三〇四、三〇五、三〇六、三〇七、三〇八、三〇九、三一〇、三一〇

【ナ行】ナ

長岡半太郎博士 ..... 一四一

ニ

ニウカム ..... 一八二、一八三、一八四、一八五、一八六、一八七、一八八、一八九、一九〇、一九一、一九二、一九三、一九四、一九五、一九六、一九七、一九八、一九九、二〇〇、二〇一、二〇二、二〇三、二〇四、二〇五、二〇六、二〇七、二〇八、二〇九、二一〇、二一一、二一二、二一三、二一四、二一五、二一六、二一七、二一八、二一九、二二〇、二二一、二二二、二二三、二二四、二二五、二二六、二二七、二二八、二二九、二三〇、二三一、二三二、二三三、二三四、二三五、二三六、二三七、二三八、二三九、二四〇、二四一、二四二、二四三、二四四、二四五、二四六、二四七、二四八、二四九、二五〇、二五一、二五二、二五三、二五四、二五五、二五六、二五七、二五八、二五九、二六〇、二六一、二六二、二六三、二六四、二六五、二六六、二六七、二六八、二六九、二七〇、二七一、二七二、二七三、二七四、二七五、二七六、二七七、二七八、二七九、二八〇、二八一、二八二、二八三、二八四、二八五、二八六、二八七、二八八、二八九、二九〇、二九一、二九二、二九三、二九四、二九五、二九六、二九七、二九八、二九九、三〇〇、三〇一、三〇二、三〇三、三〇四、三〇五、三〇六、三〇七、三〇八、三〇九、三一〇、三一〇

ネ

ネグリー ..... 六六

ノ

ノイマン ..... 一四一

【ハ行】ハ

ヒ

ピッチブレンド ..... 三三三  
 ピヤソン ..... 九六、一四三  
 ホンクス ..... 一〇〇、三九六  
 平山(信)博士 ..... 一八四

フ

フアス ..... 三三二

ヘ

ヘイフォード ..... 一六  
 ヘクレル ..... 三三二  
 ヘツセル ..... 一六  
 ヘーリング ..... 一四九  
 ヘルツスプルング ..... 一〇九、一四一、一四二、一四三、一四四、一四五、一四六、一四七、一四八、一四九、一五〇、一五一、一五二、一五三、一五四、一五五、一五六、一五七、一五八、一五九、一六〇、一六一、一六二、一六三、一六四、一六五、一六六、一六七、一六八、一六九、一七〇、一七一、一七二、一七三、一七四、一七五、一七六、一七七、一七八、一七九、一八〇、一八一、一八二、一八三、一八四、一八五、一八六、一八七、一八八、一八九、一九〇、一九一、一九二、一九三、一九四、一九五、一九六、一九七、一九八、一九九、二〇〇、二〇一、二〇二、二〇三、二〇四、二〇五、二〇六、二〇七、二〇八、二〇九、二一〇、二一一、二一二、二一三、二一四、二一五、二一六、二一七、二一八、二一九、二二〇、二二一、二二二、二二三、二二四、二二五、二二六、二二七、二二八、二二九、二三〇、二三一、二三二、二三三、二三四、二三五、二三六、二三七、二三八、二三九、二四〇、二四一、二四二、二四三、二四四、二四五、二四六、二四七、二四八、二四九、二五〇、二五一、二五二、二五三、二五四、二五五、二五六、二五七、二五八、二五九、二六〇、二六一、二六二、二六三、二六四、二六五、二六六、二六七、二六八、二六九、二七〇、二七一、二七二、二七三、二七四、二七五、二七六、二七七、二七八、二七九、二八〇、二八一、二八二、二八三、二八四、二八五、二八六、二八七、二八八、二八九、二九〇、二九一、二九二、二九三、二九四、二九五、二九六、二九七、二九八、二九九、三〇〇、三〇一、三〇二、三〇三、三〇四、三〇五、三〇六、三〇七、三〇八、三〇九、三一〇、三一〇

ハクスリ ..... 三  
 ハークラ ..... 二七  
 ハーシエル(ワイリアム) ..... 二九〇  
 ハーゼンエール ..... 二五八  
 ハーナード ..... 一八一  
 ハーパン(ルーサー) ..... 一四三  
 ハーム ..... 二九六  
 ハル ..... 一〇一  
 ハルトリ ..... 一〇一

ブーグエー ..... 一七  
 ブラツク父子 ..... 三三〇  
 ブラドリ ..... 三三六  
 ブラング ..... 三三一  
 ブーイエー ..... 二七  
 フリードリッヒ ..... 二二八  
 フリート ..... 一四  
 フレネル ..... 三三六  
 フロスト ..... 二九六



(三三九)

ホ

- ヘルメルト……………二六
- ホアンカレ……………三二
- ボイス教授……………三二
- ポインティング……………三三
- ホス……………三三、三九

【マ行】マ

- マイケルソン……………三七
- マイヤー(ロバート)……………三八
- マウンダー……………三八
- マクスウエル……………三〇
- ミ……………三三
- ミー……………三六
- ミチエル(ジョン)……………三九
- ミンコウスキー……………三九

メ

- メンツェル……………三三
- メンデル……………三九
- メンテレーフ……………三三
- メロツト……………三〇、三三

モ

- モウルトン……………三〇
- モンク……………三九

【ヤ行】ヨ

- ヨハンゼン……………三六、三九
- ヨリー……………三三

【ラ行】ラ

- ライト……………三六
- ラウエ……………三七
- ラサフォード……………三三、三六

リ

- ラツセル……………三〇
- ラブラース……………三〇
- ラマルク……………三〇、三三

ル

- ルーサー・バースン……………三三

レ

- レーノルツ……………三九
- レバテフ……………三〇
- レーン……………三〇
- レンツェン……………三六
- ロツキヤー……………三〇
- ロッド・ケルヴィン……………三九

(三三九)

二 事項索引

【ア行】ア

- アキレス……………三六
- アクチニウム……………三五
- アドレナリン……………三二
- アルゴン……………三〇
- アンフイミキシス……………三〇
- アンドロメダの大渦状星雲……………三八
- 現はれ得べき鏡型……………三六、三七

【ワ行】ワ

- ロバート・マイヤー……………三八
- ローレンツ……………三六
- ローエル……………三〇
- ワイズマン……………三六、三七

(三四〇)

現はれたる類型	六二七
暗黒星雲	三六
暗星	三三
α線	三三
イオン	二三〇
イデオプラズム	九六
醫學	一〇
醫術	一四
遺傳	九
遺傳的自障眼	三三
遺傳的低能	一四
遺傳的癲癇	一四
遺傳的發狂性	一五
遺傳的犯罪	一五
遺傳的酒精	一五
遺傳的幽鬱性	一五
遺傳的意義	九
遺傳の研究	七
遺傳的統計的法則	一三
緯度の變化	一六
色を現はす要素	一〇
陰イオン	二二
陰極線	二二
陰電子	二二
菜豆	一六
ウオルフ・ライエ型	二六、二七、二八、二九、三〇、三一
ウラニウム	一九、二二、二三
宇宙	三六
宇宙系の構造	三四
宇宙塵	一〇、二七、二八、二九

イ

ウ

(三四一)

宇宙論	八
宇宙の安定	三〇
宇宙の構造	二六
宇宙の大観	二七
宇宙の二大星流	二九
宇宙の變遷	三六
運河	一八〇
運動	二二
運動星團	二六
運動の根本法則	三四
運動の定率	二五
エーテル	二二
エーテル波	二八
エネルギー	二二、二五、二七
エネルギー量子	二六
エロス	一六、一六〇
豌豆	一九
A型	二六、二九
F型	二六
M型	二六、二七、三〇
N型	二六、二八、二九
X線	二二、二六
X線の波長	二七
X染色體	八四、二四、二九
オゾン	二七
オリオン型	二六、二七、二八、二九、三〇
オリオン大星雲	二六
おしろい花	二二
「大人」星	三〇
精質量	二四

エ

オ

應用科學……………一〇  
 應用自然科學……………一〇  
 應用精神科學……………一〇  
 溫度……………一七九  
 O型……………二六七  
 O星流……………二七八、二九六

**【カ行】カ**

カイクムプラズマ……………六  
 カナル線……………二六  
 カルシウム型……………二六八  
 海王星……………一五八、一八三、二〇九  
 核線……………七  
 海洋物理學……………一〇  
 顎間骨……………一四〇  
 獲得性の遺傳……………一八  
 褐色眼……………一三

眼球擴大……………三五  
 感化事業……………一四四  
 岩石の比重……………一八  
 顔面角……………三九  
 ガンマ線……………三四

**キ**

キセノン……………四一  
 氣壓……………四  
 畸形……………一〇〇  
 氣象學……………一〇  
 球狀星團……………二八一、三〇〇  
 教育學……………一〇  
 極光……………四  
 局所時……………二四  
 胸腺……………一五  
 距離の測定……………一九

銀河……………二五五、二二四、三〇〇  
 銀河の構造……………三〇  
 金星……………一五六、一七八、二〇九  
 筋肉萎縮……………一三

**ク**

クリプトン……………四〇  
 偶然變異……………一〇三、一一  
 雲……………四  
 外惑星……………一五  
 外界の影響……………一〇  
 化學……………八三、三三  
 化學的親和力……………二二、二三  
 化學的變化……………二五、七  
 化學的療法……………一四九  
 科學的體系的分類……………六  
 科學の進歩……………一  
 火山……………六〇

火星……………一五六、一七八、二〇九  
 火星の大氣……………一七  
 火星の表面……………一七  
 渦狀星雲……………二六、三三  
 慣性的質量……………三三  
 慣性の定律……………二五

**ケ**

血液の凝固性……………三  
 血精療法……………一四八  
 結晶體の構造……………二七  
 經濟學……………一〇  
 形式科學……………九  
 ゲオロニウム層……………五〇  
 原子……………三三  
 原子假……………三三  
 原子の環散……………三三

原子の電子的構造	二〇〇
原形質	一〇〇
原始雌雄性細胞	八〇
減數分裂	八二
元素	二二三
K型	二六八
コロナ	一九九
コロニウム	二〇一
恒溫圈	二〇七
工學	一〇
交互的遺傳	一〇三
光行差	二二六
光速度不變の假定	二四八
光電効果	二六三
光度	二六六
光年	二六九
光波	二七一
光子説	二六三
黄昏の持續時間	二四四
虹彩開張	一五二
甲狀腺	一五一
恒星	二五五
恒星間の引力	二七七
恒星スペクトル型	二六七
恒星の運行	二六六
恒星の軌道	二六九
恒星の固有運動	二七五
恒星の視差	二六九
恒星の視線速度	二六八
恒星の質量及び密度	二七〇
恒星の進化の道程	二七九

コ

恒星の進化に伴ふ速度の増加	二七九
恒星の數	三〇九
恒星のスペクトル	二九七
恒星の速度	三〇〇
恒星の天空に於ける視位置	二六六
恒星の分布	二七四、二七五
個體の形質	一〇〇
固態の土地の存在	六三
固有運動	二七五、二九一
膠着素	一四六
抗毒素	一四六
「小人」星	三〇三
鼓膜の厚化	一三三
紅綠色盲	一三三、一三五
混淆的遺傳	一〇三
昆蟲類	一七七
ざうりむし	二七
サルバルサン	一五〇
最近の恒星	二八三
最深の鑿井	二八
差異の遺傳	一〇一
殺菌素	一四六
猿類	一五九
三大星流	二九六
酸素	四〇、三
シリアス型	二六八、二九七
死	九二
死菌接種法	一四八
史學	九
時間的測定	二四一

【サ行】サ

シ

最新科學

(三四六)

色素の要素	二四〇
自己感應	二四〇
自然科學	二四一
自然の死	二四二
自然淘汰	二四三
自標の週期	二四四
自由電子	二四五
慈善事業	二四六
視神經の漸進的萎縮	二四七
視網速度	二四八
社會史學	二四九
社會學	二五〇
弱菌接種法	二五一
雌雄異體	二五二
雌雄淘汰	二五三
雌雄同體	二五四
雌雄性細胞の起源	二五五
雌雄性の決定	二五六
週期律	二五七
十九世紀	二五八
縫質量	二五九
授精	二六〇
授精せる卵	二六一
種族の形質	二六二
種の改良	二六三
「種の起源」	二六四
純劣性	二六五
純系の研究	二六六
純優性	二六七
食的變光星	二六八
植物學	二六九
小惑星	二七〇

索引

(三四七)

白子	二四〇
人為淘汰	二四一
人猿中間動物	二四二
人工的免疫法	二四三
人種改良	二四四
人種改良學	二四五
人類	二四六
人類の地位	二四七
人類に於ける優性及び劣性	二四八
神學	二四九
神經過敏	二五〇
真空放電	二五一
進化樹	二五二
進化論	二五三
新ダーウィン派	二五四
新ラマルク派	二五五
心理學	二五六
G型	二五七
スペクトル	二五八
スペクトル型	二五九
スペクトル型と光度	二六〇
スペクトル型と密度	二六一
水星	二六二
水星體轉位	二六三
水蒸氣	二六四
水蒸層	二六五
彗星	二六六
數學	二六七
ゼオイド	二六八
ゼーマン効果	二六九

セレス……………一六五  
 星雲……………二五、二六、二四、三〇  
 星雲說……………二〇三  
 星雲素……………三七  
 星系の厚さ……………二七三  
 星系的宇宙……………二五五  
 星團……………二五、二六、二四、三〇  
 生殖細胞……………六九、七三  
 生殖質……………七六  
 生物學……………八  
 生物の發生……………六九、七三  
 生物發生の原則……………九一  
 生物分布學……………三  
 生理學……………八  
 成食素……………四  
 精子……………七〇

精果……………八二  
 精神科學……………一九  
 精神病……………四  
 精神的特徴の遺傳……………一〇一  
 精蟲……………七、八  
 精蟲母細胞……………八〇  
 政治學……………一〇  
 性に伴へる遺傳……………一〇四、一〇一  
 世界……………二五  
 世界點……………二五  
 接觸……………七三  
 接觸作用……………七三  
 生命の起源……………六五  
 生命保續の外的要件……………五〇  
 生命の舞臺としての地球……………五〇  
 絶對運動……………三三

先祖歸リ……………一〇五  
 先天的官覺……………一四  
 染色質……………七  
 染色體……………七、三九  
 染色體の組合せ……………八九

リ

増温率……………七  
 束縛電子……………三三  
 雙子葉類……………一七  
 雙星……………二七  
 相對運動……………三三  
 相對性の假定……………四六  
 相對律……………四七  
 祖先遺傳質貢獻の法則……………二五

【夕行】夕  
 ダイモス……………一八

第一成熟分裂……………八一  
 第二成熟分裂……………八一  
 楕圓體說……………二四  
 大氣の限界……………四三  
 大氣の断面……………五〇  
 大氣の成分……………四六  
 大熊星群……………二六八  
 太陽……………一七、一八、八五  
 太陽型……………二六八  
 太陽系の宇宙に對する運行の週期……………三六  
 太陽系の運命……………一五  
 太陽系の大きさ……………二八  
 太陽系の近隣……………二八  
 太陽系の將來……………二〇八  
 太陽系の變遷……………二〇三  
 太陽收縮說……………一八

太陽の運動	二六〇
太陽の温度	一六六
太陽の距離	一六一
太陽の外面の温度	一六七
太陽の光輝	二八四
太陽の黒點と白紋	一七〇
太陽の紅燭	一九九
太陽の質量	一七六
太陽の熱源	一八五
太陽の輻射熱	三三
太陽より來る光熱	三六
太陽輻射の壽命	一五五
太陽分光寫真機	一六六
體細胞	一九九
多指症	一三四
多性雜種	二六六
單位性	二三四
單位性の原理	二三八
單細胞生物	一九九
單性雜種	二二〇
短指症	二三四
短趾症	二三四
炭化水素	二七〇
炭酸瓦斯	四一三、五七〇、六〇
チ	
チフテリア	二四九
地球	二五八、二六〇
地球自身の熱	三六
地球内部の壓力	三三
地球内部の状態	三六
地球の温度	三六
地球の軌道速度	二六一

地球の形状及び大きさ	二四
地球の研究	三三
地球の現状	三三
地球の大氣	四〇
地球中心の比重	二四
地球の比重	一七
地球の平均剛性	三四
地球の平均比重	三三
地球物理学	八
地質學	八
地震學	一〇
地文學	三三
地理學	三三
窪菜	四〇、三三
窪菜層	四七
縮れ毛	一三
晝夜の循環	四六、三三
中庸復歸の法則	二四
直毛	三三
潮汐作用	三〇
塵埃	四一
ツ	
ツベルグリン	一四八
月の質量	二七、二八、二七四
テ	
定動状態	六六
低能	四四
適當なる温度	五一
天王星	一六、一六、一六、一〇九
天氣圖	四〇
電子	二五、三三

(三五二)

電磁的質量 ..... 二四三  
 電磁波 ..... 二七  
 電氣の本質 ..... 三〇  
 電氣分解 ..... 三二  
 電離 ..... 三三  
 電流 ..... 三七  
 傳染病 ..... 四一  
 天體物理學 ..... 八  
 天體としての地球 ..... 二  
 天體の密度 ..... 一九  
 天體力學 ..... 八  
 天然痘 ..... 一七

ト

ドツブレル効果 ..... 三六  
 ドツブレルの原理 ..... 一六  
 トリウム ..... 三三、三三、三三

「東京」

毒素 ..... 一四  
 統計學 ..... 九  
 土星 ..... 一五、一八、二〇  
 同質接合子生物 ..... 二六  
 動物學 ..... 八

【十行】ナ

長さ及び時間の相對的意義 ..... 四八  
 内部星系 ..... 三四  
 内分泌 ..... 二一、二五、五一  
 内惑星 ..... 一六  
 鉛 ..... 一九

ニ

二十世紀 ..... 三  
 二大星流 ..... 二七、三三  
 二大星流の起源 ..... 三三

(四三)

二星流に屬する恒星の差異 ..... 一九  
 「日本」 ..... 一八

子

ネオン ..... 四〇  
 捻り秤 ..... 一九

ノ

農學 ..... 一〇  
 腦髓の分量及び性質 ..... 一四〇

【八行】ハ

ハイアデス星 ..... 二七  
 パーセク ..... 二九  
 梅毒 ..... 一五  
 微菌 ..... 一四  
 白痴 ..... 一三  
 白鳥星座 ..... 三〇

發生の順序 ..... 八七

犯罪性 ..... 一四

反射率 ..... 一七

反毒素 ..... 一四

萬有引力の本性 ..... 二五

ヒ

美學 ..... 九

光を吸收する物質 ..... 二七

人の身長 ..... 一四

「微惑星説」 ..... 一〇

皮膚色 ..... 一四

氷河時代 ..... 一四

病氣の遺傳 ..... 一〇

表面の重力 ..... 一七

B型 ..... 二七、二九、三〇

B線 ..... 三三



**フ**

フレアデス……………二六八  
 フォホス……………一八一  
 復化……………一〇三  
 複細胞生物……………七  
 輻射歴……………一〇一  
 輻射エネルギー……………一六九  
 副染色體……………八三  
 物質……………二二  
 物質の構造……………二二  
 物質の第四態……………二五  
 物質不滅の法則……………二四  
 物體の速度……………二五〇  
 物理學……………八  
 瘋癲……………一四  
 部分的遺傳……………一〇四

不連續的變異……………一〇四  
 分光器的聯星……………二六七  
 分子……………二二  
 分離の原理……………一三  
 へリウム……………一〇一、一〇二、一〇三  
 へリウム星……………一三八  
 碧眼……………一三  
 平均水準面……………一五  
 變異……………九  
 變種……………一〇  
**ホ**  
 ホロニウム……………一〇  
 法學……………一〇  
 牡牛星座……………一〇、一〇、一〇  
 彷徨變異……………一〇、一〇、一〇

放射能……………三三  
 哺乳類……………三九  
**マ**  
 マイケルソン・モーリーの實驗……………三七  
 「マゼラン雲」……………三八、三九  
 膜指症……………二四  
**ミ**  
 水の欠乏……………六三  
**ム**  
 無定形星雲……………二八、二九、三〇、三一  
**メ**  
 メンデルの法則……………九八、一〇八  
 免疫性……………一四  
**モ**  
 木星……………一五、一五六、一五七、一五八、一五九

木星の衛星……………一〇  
 網膜の色素退化……………一五  
**【ヤ行】ヤ**  
 夜盲……………一三  
**ユ**  
 優性……………二一  
 優性及び劣性の原理……………二九  
 優性と劣性との比較……………二七  
 游離電子……………三三  
**ヨ**  
 陽イオン……………二二  
 陽極線……………二六  
 陽粒子……………三二  
 溶菌素……………一四  
 熔融の状態……………二七

(三五九)

【ラ行】ラ

ラジウム ..... 三〇、三〇、三三、三五  
 ラジウムB ..... 三五  
 ラジウムC ..... 三四  
 ラジウムエマナチオン ..... 三〇、四〇、三五  
 癩病 ..... 四三  
 卵 ..... 七八  
 卵子 ..... 七一  
 卵巣 ..... 八二  
 卵の細胞質の複雑なる分化 ..... 八九  
 卵母細胞 ..... 八〇

リ

流星説 ..... 二〇五  
 流星による熱量補充説 ..... 一八八  
 量子説 ..... 一九三、二九九  
 兩性雑種 ..... 二六  
 臨界温度 ..... 三三  
 倫理學 ..... 九  
 理論科學 ..... 七  
 理論天文學 ..... 八  
 類似の遺傳 ..... 六  
 ル  
 蠶長類 ..... 二九  
 劣性 ..... 三三  
 聯星 ..... 二〇、二六  
 連續的變異 ..... 一〇

(三五七)

索引終

ロ

ローレンツの假説 ..... 三六  
 ローレンツの局所時 ..... 四九  
 ローレンツの收縮 ..... 四九  
 老 ..... 三  
 雙啞 ..... 一五  
 「六百六號」 ..... 一五〇  
 論理學 ..... 九

【ワ行】ワ

若返り ..... 七五  
 惑星界の變遷 ..... 三〇九  
 惑星狀星雲 ..... 二八、三〇  
 惑星の位置 ..... 一五  
 惑星の運行 ..... 一五  
 惑星の質量 ..... 一七  
 Y染色體 ..... 八

大正五年六月廿二日印刷  
大正五年六月廿五日發行

現代叢書 最新科學與附

編輯者 吉野作造

發行兼印刷者 渡邊為藏

印刷所 民友社

不許複製

發行所

東京市京橋區日吉町  
振替口座一三〇〇

民友社

秋原製本所納

