

型	星名	等級	型	星名	等級
B0	オリオン ϵ	1.8	G0	駟者 α	0.2
B5	エリダヌス α	0.6	G5	鳥 β	2.8
A0	大犬 α	-1.6	K0	牛飼 α	0.2
A5	鶯 α	0.9	K5	牡牛 α	1.1
F0	アルゴサ α	-0.9	M0	オリオン α	變
F5	小犬 α	0.5			

BよりMに至る六種は恒星スペクトルの普通のもので、此以外の比較的少数なO型及び傍系に属するR,N,S型は次の如きものである。

O型にはHe⁺のPickering線系及び二重又は三重に電離せるO,C,N,Siの線が特徴で、O5迄のものには幅廣の輝線が現はれる。発見者の名により其等の輝線を有するものをWolf-Rayet星と呼ぶ。

R型及びN型にはC分子及びCNの線帯が特徴で、N型に特に著しい。其他の線は多く中性金属に属するものである。本系中のG型から分岐したものと認められる。

S型には酸化ジルコニウムの線帯が特徴で、其以外に多数の中性金属線が見える。此種型は本系中のK型から分岐したものであらう。

O型の恒星で最大なのはアルゴ座 γ (等級2.2)及びアルゴ座 ζ (2.3)で、R型で最大なのはB.D.-10°5057(7.0)、N型では魚座19(5.3)、S型では鶴座 π_1 (6.6)である。

輝線は前述のO型の外にB,M,N,Sの種型にも交るものがある。M,N,R,S型には變光星が少なくない(長週期及び不規則變光星の項参照)。變光と共にスペクトルを變ずるものも少なくない。

以上の各種の外P,Qといふ二つの型があつてPは瓦斯星雲、

Qは新星に固有なものとさるゝが其等は普通のもので餘程性質の異なるものであるから別に其等の條に於て述べる。

163. 恒星の色 色は一の感覺で人によつて認識の相違があり、又用ひる望遠鏡によつても異なるが普通B型は青白、A型は白、G型は黄、Kは橙黄、M,R,Sは赤、Nは深紅色と言はれる。

恒星の色を正確に定めるに最も簡便なのは色指數即ち寫眞等級と實視等級との差を用ひるものである(43項)。各スペクトル型に對する色指數の値は次の通りである。

種型	色指數	種型	色指數
B0	-0.33	G0	巨星 +0.67 矮星 +0.57
B5	-0.18	G5	+0.92
A0	0.00	K0	+1.12
A5	+0.20	K5	+1.57
F0	+0.33	M0	+1.73
F5	+0.47	N	+2.6

A0の指數0.00は、それを標準の白色星とする規約に基づくものである。此表によつてわかる通りスペクトル型がBよりMに進むに従つて次第に赤味を増しN型に對して極度に達する。G0からM0まで色指數を巨星と矮星とに區別してあるわけは後に述べる。太陽はG0型の矮星であるから其色指數は+0.57である。O型に對する色指數は其スペクトルより推してB0以上に大なる負數となる可きであるが實際は-0.33よりも0.00の方に近い。何故にさうであるか不明である。

スペクトル型と色指數との關係はかなり著しいので、直接にスペクトルを検する代りに其色指數を求めて、それからスペクトル型を推定する事が出来る。十一等以下の小星のスペクトルは世界最大の望遠鏡を用ひても寫真に取る事は出来ないが色指數ならば十七八等の微星でも測る事が出来る。其場合實

視等級を求める事はむづかしいが、黄色遮光板(平行平面硝子)を通して寫眞的に實視等級を求める方法がある。此の如くして定めた等級を寫眞實視等級といふ。

164. 温度とスペクトル型との關係 恒星のスペクトル型は何によつてきまるか、大多數の恒星がBよりM迄の系統に屬する事を考へれば、それが單一の獨立變數によつて定まる事は殆んど疑の無い事である。反對に若し例へば化學的成分の如き複雑なる變數によつて決するものならばスペクトル型は恰も生物の種別の如く多數の不連続な屬科に分岐して決して一筋の系統に屬する事は無い筈である。

其單一の獨立變數とは何であるか、それは疑ふべくも無く表面の温度である。Wienの移動法則によれば完全黒體の表面から發する光は温度の上昇と共に其極大エネルギーの波長を短縮する。従つて其色は赤より次第に青の方に移る。恒星が完全黒體、即ち完全輻射體であるとは言はれぬが多少それに近いものならば同じ様に色を變ずる事は實驗的に疑の無い事である。(近代の學說によれば恒星の内部から出る光は完全な連続スペクトルを發生するものである。) それであるからスペクトル型の中、B型は最高温度に屬し、M、N型は最低温度のものであつて中間の種型は中間の温度に屬する事に毫も疑が無い。

色ばかりでは無い各元素の線の現はれる状態からも同じ結論に達せられるのである。スペクトル線が實驗的に温度によつてどう變るか其事は太陽の場合にも述べたが(81項)更に詳しく言へば次の通りである。

一の元素の蒸氣を平温から次第に熱して行けば始めに現はれるスペクトル線は所謂中性原子の最終線である。温度を高むれば此最終線は次第に其光度を増し同時に多數の微かな從屬線が現はれ始める。最終線も從屬線も温度と共に次第に其

強さを増し或温度に達すれば極大となる。之と同時に電離原子の線(Lockyerの所謂 Enhanced line)が現はれ始め次第に其強さを増す。それが即ち電離原子の最終線なので續いて現はれるのは其從屬線である。此等の電離原子の線が多數に現はれる時には最早中性原子の從屬線は消失し、最終線が僅かに其痕跡を留むるに過ぎない。此の如く温度の上昇と共に中性原子の線は消滅して電離原子の線が之に代り、更に温度を高むれば二重に電離した原子の線が又それに代る。例へば Al 原子の線が最初に現はれて、次に Al⁺ 原子の線が之に代り、更に Al⁺⁺ 原子の線が又それに代つて現はれるのである。此等の變化は焰又はアークによるスペクトルとスパークによるスペクトルとを比較し、又は電氣爐により蒸氣の温度を變へて行く事によつて明かに認められる(理科年表、元素のスペクトルの條参照)。

165. スペクトル型の電離説 印度の學者 Saha の説によれば分子が温度によつて分解して原子となる様に中性原子は分解してイオン即ち電離原子と電子とになる。此の如く電離せる原子は永く其儘に残るものでなくて遊離電子と會合する機會があれば再び結合して中性原子となる。温度が一層高まれば電離原子が更に又他の電子を分離して二重にも三重にも電離することが可能である。例へば中性原子 Ca は分解して Ca⁺ と e (遊離電子) とになり更に Ca⁺ が再び分解して Ca⁺⁺ と e とになる。電離した原子が還元するには任意の遊離電子と會合する事を必要とする故に、それが多ければ多い程早く還元する。それであるから電離原子の数は温度が高ければ高い程多くなり遊離電子が多ければ多い程少くなつて、そこに一種の平衡が成立する。Nernst の化學平衡論を此場合に適用すれば原子の電離率 x は次の關係式によつて表はされる。

$$\text{Lcg} \frac{x^2}{1-x^2} = -\frac{5043}{T} I + \frac{5}{2} \text{Log} T - 6.5 - \text{Log} P$$

式中 Log は 10 を底数とせる対数, T は絶対温度, P は一気圧を単位とした蒸気圧, I は一個の原子を電離するに要する熱量を volt で表はしたるもので所謂電離ポテンシアルである。電離ポテンシアルは電離の難易を示すもので實驗的に其値が求められる。Russell により主なる元素の値を其大きさの順に配列すれば次表の通りである。

Rb	4.16	Fe	8.15	N	4.18	Si ⁺⁺	31.66
K	4.36	Si	8.19	A	15.69	O ⁺	35.00
Na	5.13	Hg	10.39	Si ⁺	16.27	Ti ⁺⁺⁺	43.07
Ba	5.19	C	11.3	Ne	21.47	Si ⁺⁺⁺	44.95
Ca	6.09	Ca ⁺	11.82	C ⁺	24.3	C ⁺⁺	46.4
Ti	6.80	H	13.54	He	24.41	N ⁺⁺	47.2
Cu	7.69	O	13.56	Ti ⁺⁺	28.4	He ⁺	54.18
Ni	7.8	Ti ⁺	13.6	N ⁺	29.6	O ⁺⁺	54.8

Rb は最も電離し易い元素で K, Na, Ca 等も亦殆んど同じ程度にその容易いものである。中性原子で最も電離し難いのは A, Ne, He 等の所謂稀瓦斯類で, 中にも He は最もその難いものである。此等の元素が特に大なる I の値を持つ譯は原子の構造が堅固で核の周圍に

$$2(1^2 + 2^2 + 2^2 + 3^2 + 3^2 + 4^2)$$

個の電子殻を形成して居る爲めと言はれる。他の原子と化合しないのも同じ譯でなければならぬ。

蒸気圧 P が大きくなれば一定容積内の遊離電子の数が多くなり従つて電離原子の還元が早くなる, 其結果電離率 x は小となる。反対に P が小さくなれば T が小さくとも x は大となる。それであるから常温の真空管にスパークを通じても真空度さへ強ければ電離原子のスペクトルを見る事が出来る。

上に記した式は唯一種の元素を考へた時のもので二種以上の元素が混合して居る場合にはあてはまらぬ。電離し易い元素から遊離した電子が餘分になるので電離し難い元素の電離原子の還元が早められる。従つて其方の x の値が小さくなる。實際恒星の大氣中には種々な元素が混合して居るので此關係が餘程複雑になる。¹⁾

Saha の電離説の良く當つて居る事は實際的に恒星スペクトルの連系によつてわかる。O, B 型のスペクトルに He, He⁺, O⁺ 等の電離ポテンシアルの高いもののみが現はれて多數の中性原子の線が無いのは其等の元素が無い爲めでは無く高温である爲めに大部分電離して居る爲めでなければならぬ。H の Balmer 線系が全種型に通じて現はれるのはそれが多量に存在する許りでなく H の電離ポテンシアルの値が割合に大きい爲めで, Ca⁺ の H, K 線が比較的低位のスペクトルの中に現はれるのは Ca のポテンシアルの値が至つて小さい爲めと解せられる。

Rb⁺, K⁺, Ba⁺ 等の線が Ca⁺ と同じ様に恒星スペクトルの中に見えないのは主要なる線殊に最終線がスペクトルの可視部に無い事と且つ其分量が少ない爲めであらう。Na の二本の D 線は最終線であるから電離ポテンシアルが低くとも少くも低温の恒星スペクトルだけには見えべき筈であるが普通の寫眞板に黄色の光は感じない。Ca⁺ の H, K 線が特に著しく恒星スペクトルの上に現はれる譯は

- (1) 最終線である事,
- (2) Ca 原子の電離ポテンシアルの低い事,
- (3) スペクトル寫眞の最も感光度の大なる部分にある事,
- (4) Ca 原子核が恒星の大氣中に多量に存在する事,

1) 前頁の式の中に, x^2 の代りに x , P の代りに電子圧 P_e を取れば複雑の場合でも差支ない。

によるだらう。太陽のスペクトルに就いても Ca^+ の H, K 線は特に重要な役を演ずるものであるが、それも同じ理由による事と見られる(81, 84項)。

166. 輻射と等級 恒星の等級に就いては既に10項に述べたがもつと根本的な事と寫眞等級に關する事とを茲に述べる。 b を光度, m_0 を單位光度に相當する等級とすれば b に相當する等級 m は

$$m = m_0 - \frac{5}{2} \text{Log } b$$

で表はされる事は既述の通りで、光度 b は又恒星の表面積に比例し且つ距離の二乗に反比例するによつて、 r を恒星の半径, d を距離とすれば

$$b = \left(\frac{r}{d} \right)^2 L$$

となる。こゝで L は表面の一定の面積から出る光の性質と強さによるものである。

吾々の眼に感ずる光は人によつて多少違ふが、波長 λ に二つの極限 λ_1, λ_2 があつて其間に在るもののみが感ずる。而も其感度は一定ではなくして λ によつて變じ又光度 b によつて多少の相違がある。光度によつて相對的に感光度の違ふ事を Purkinje 効果と言ふ。此現象は要するに光度が減すると共に赤に對する感度が悪くなる事をいふので、之を數量的に論ずる事は難いが、光度觀測の結果を近似的に修正して此影響を輕減する事が出来る。それで爰には感光度を唯 λ のみの函數とし $F(\lambda)$ なる記號を用ひて之を表はす。言ふ迄も無く $F(\lambda_1), F(\lambda_2)$ は共に零である。波長 λ に相當する輻射量を E_λ とすれば、それで

$$L = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) E_\lambda d\lambda$$

となる。

輻射量 E_λ が絶對溫度 T の函數である事は無論で、猶ほ其外に恒星の表面の化學的組織と壓力とによる可きである。然し大體から見て化學的組織と壓力とによる差は割合に小さい、其事はスペクトル系の簡単な事によつて推測される。それで爰には近似的に其等の差を無視し且つ恒星の表面を完全黒體即ち完全輻射體と假定する。さうすれば Planck の公式(90項)が其儘用ひられて

$$E_\lambda = \frac{c^2 h \lambda^{-5}}{e^{\frac{ch}{\lambda T}} - 1}$$

となる。此式は又次の如く書く事も出来る

$$E_\lambda = \frac{C \lambda^{-5}}{10^{\frac{K}{\lambda T}} - 1}$$

こゝで K は一の普通常數で、 λ を cm 單位で表はせば

$$K = 0.024$$

である。

$F(\lambda)$ は如何なる函數か確かな事はまだわかつて居ない。然しそれが λ_1, λ_2 の間に一の極大を持つ事は疑の無い事で又 $\lambda_2 - \lambda_1$ の値が λ の全長に比して小さい事も事實である。それであるから $F(\lambda)$ を極大とする λ の値を λ_0 とし E_λ の式の中に λ を λ_0 で置換へたものを E_{λ_0} とすれば近似的に

$$L = E_{\lambda_0} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) d\lambda \equiv \alpha E_{\lambda_0}$$

となる。

E_λ の式に於て $K/\lambda T$ は常に正で T が特に大なる場合の外決して小さくなる事がない。それであるから一般に $10^{\frac{K}{\lambda T}}$ に對して 1 を無視する事が出来る。従つて

$$\text{Log } E_{\lambda_0} = \text{Log } \frac{C}{\lambda_0^5} - \frac{K}{\lambda_0 T}$$

これによつて

$$\text{Log } b = 2 \text{Log } \frac{r}{d} - \frac{K}{\lambda_0 T} + \text{const.}$$

となり結局

$$m = \frac{5}{2} \frac{K}{\lambda_0 T} - 5 \text{Log } \frac{r}{d} + C_0$$

となる。此式は實視等級の式であるが、同時に寫眞等級にも適用される。唯其場合 λ_0 と C_0 の値が違ふのみである。 λ_0 を平均有效波長といふ。Harvardの光度測定から Brill が求めた λ_0 の値は

實視 $\lambda_0 = 5.29 \times 10^{-5} \text{cm}$

寫眞 $\lambda'_0 = 4.25 \times 10^{-5} \text{cm}$

で $\frac{5}{2} \frac{K}{\lambda_0}$ の値はそれぞれ 29500, 36700 である。

太陽に対して(10, 74, 90 項)

$$m = -26.70, \quad \frac{r}{d} = \sin(16' 0''), \quad T = 6000^\circ \text{K}$$

であるから

$$C_0 = -43.28$$

従つて $m = \frac{29500}{T} - 5 \text{Log } \frac{r}{d} - 43.28$ 實視等級

寫眞等級 m' に対して同じく太陽の場合を取れば、其スペクトル型は G) の矮星である故、色指數 $m' - m$ は(163 項)

$$m' - m = +0.57, \quad m' = -26.13$$

で

$$C_0' = -43.91$$

となる。従つて

$$m' = \frac{36700}{T} - 5 \text{Log } \frac{r}{d} - 43.91 \quad \text{寫眞等級}$$

m 及び m' の式から色指數 $m' - m$ の式が直ぐに出る。即ち

$$m' - m = \frac{7200}{T} - 0.63$$

此式を用ひて色指數から直ちに表面の絶対温度 T を求める事

が出来る。163 項の色指數の表から各スペクトル型の温度を出せば次の通りになる。

種 型	絶対温度 (K)	種 型	絶対温度 (K)	
			巨 星	矮 星
B 0	2,4000°	G 0	5500°	6000°
B 5	1,6000	G 5	4600	5700
A 0	1,1400	K 0	4100	5100
A 5	8700	K 5	3300	4500
F 0	7500	M 0	3100	3500
F 5	6500	N	2200	

167. 熱量等級 感光度に関係なく輻射エネルギーの全量によつて計る等級を熱量等級と云ふ。此場合の L は

$$L = \int_0^\infty E_\lambda d\lambda = \sigma T^4$$

にて表はされ Stephan の法則其儘となる。熱量等級 n は之によつて

$$n = \text{const.} - 5 \text{Log } \frac{r}{d} - 10 \text{Log } T$$

となる。それで

$$m - n = \frac{29500}{T} + 10 \text{Log } T - C$$

となる。此差を熱指數といふ。此値は T が 6793°K の時極小になるので其時の値が零になる如く C を定める。それは 42.66 と云ふ値である。Eddington の熱量等級は後に述べる通り 5200°K を標準としたものである。

熱量計によつて恒星の熱量を測りそれから熱指數を求めて温度 T を求める事も出来るが、高温度の星には不適當である。それは T による指數の變化が極めて小さいからである。猶ほ又一般に恒星から地球に達する熱量は極めて微少なものでオリオン座 α は最大の熱量を送るものであるが、それできへ

$7.7 \times 10^{-11} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ に過ぎない。100吋望遠鏡を用ひて一年に僅か 2 cal の割合である。

168. 恒星の視半徑 視半徑を s 秒とすれば、それは極めて小さい角である故

$$\frac{r}{d} = \sin s = s \sin 1''$$

と書く事が出来る。此式を166項の實視等級の式に置換へれば容易く

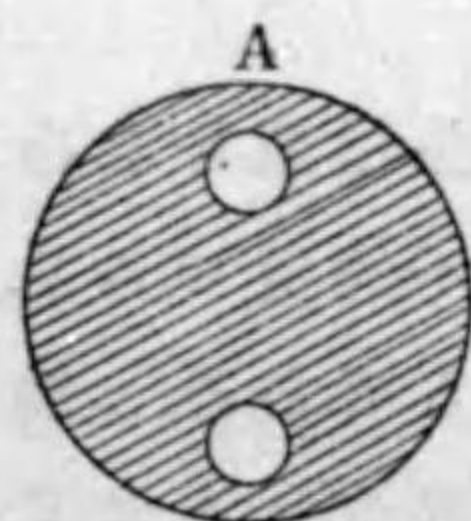
$$\text{Log } s = \frac{5900}{T} - \frac{m}{5} - 3.35$$

となる。スペクトル型がわかれば166項の表によつて T がわかり、それと實視等級 m がわかれば此式によつて直ちに s が求められる。例へば牡牛座 α (Aldebaran) は $m = +1.1$ で、K5型の巨星である故 $T = 3300^\circ \text{K}$ となつて $s = 0''.017$ といふ結果になる。

恒星の視半徑は上式の示す通り T は小さければ小さい程大で、光度は勿論大きければ大きい程大である。恒星の中で最も視半徑の大きいのはオリオン座 α (Betelgeuse) で上の式の計算から出る値は $0''.024$ である。普通の恒星の視半徑は之に比べて遙かに小さい。

恒星の視半徑は此の如く小さい物で大望遠鏡を用ひても之を直接に測る事はむづかしいが、特別の装置を用ひて比較的大きい物を測る事が出来る。特別の装置とは即ち干渉計である。

169. 干渉計の原理 望遠鏡の筒先に左圖Aの如き切抜板



第56圖 恒星の光の干渉



をあて二つの孔からだけ光を通せば星像はBの如き格子縞となつて見える。此格子の縞の幅はどれだけになるか普通の波動光學の方法によつて計算すれば r を二つの孔の間の距離の $1/2, f$ を

焦點距離、 λ を有効波長として

$$x = \frac{f\lambda}{2r}$$

となる。非常に接近した二重星を此装置の望遠鏡で見れば各の像が縞になつて見えるが適當に孔の向きと r とを變へれば一方の縞の暗い部分と他の縞の明るい部分とを重ね合せて全く縞を消して了ふ事が出来る。二つの恒星の角距離を θ (弧度) とすれば焦點に於ける像の間の距離は $f\theta$ であるから縞が消える爲めには

$$f\theta = \frac{x}{2}, \frac{3x}{2}, \dots$$

でなければならぬ。 r を0より次第に増して行つたとすれば最初は x が大で

$$0 < f\theta < \frac{x}{2}$$

であるが x は次第に減じ遂に $f\theta = \frac{x}{2}$ の位置に達して縞が消える。之より更に r を増せば

$$\frac{x}{2} < f\theta < \frac{3x}{2}$$

の區域に入り再び縞が現はれる。 r を更に増せば x は更に減じて遂に $f\theta = \frac{3}{2}x$ となり再び縞が消える。以下次第に此の如く縞は現はれたり消えたりする。最初の消滅のみに就いていへば

$$\theta = \frac{\lambda}{4r}$$

である。 r と λ の値から此式によつて θ が求められる。 λ には色によつて異なる所の有効波長を取るべきであるが平均有効波長(116項)を用ひても大差ない。二つの恒星の光度が餘り遠はぬ限り非常に接近して居る二重星の角距離を測るに此方法が最も良いのである(連星の距離の項参照)。

單獨の恒星でも、それが或る大きさを持つ以上、之を直徑により折半して等しい光度の二重星と見る事が出来る。二つの半圓の重心間の距離は s を視半徑(秒)として $\frac{8s}{3\pi}$ に等しいから

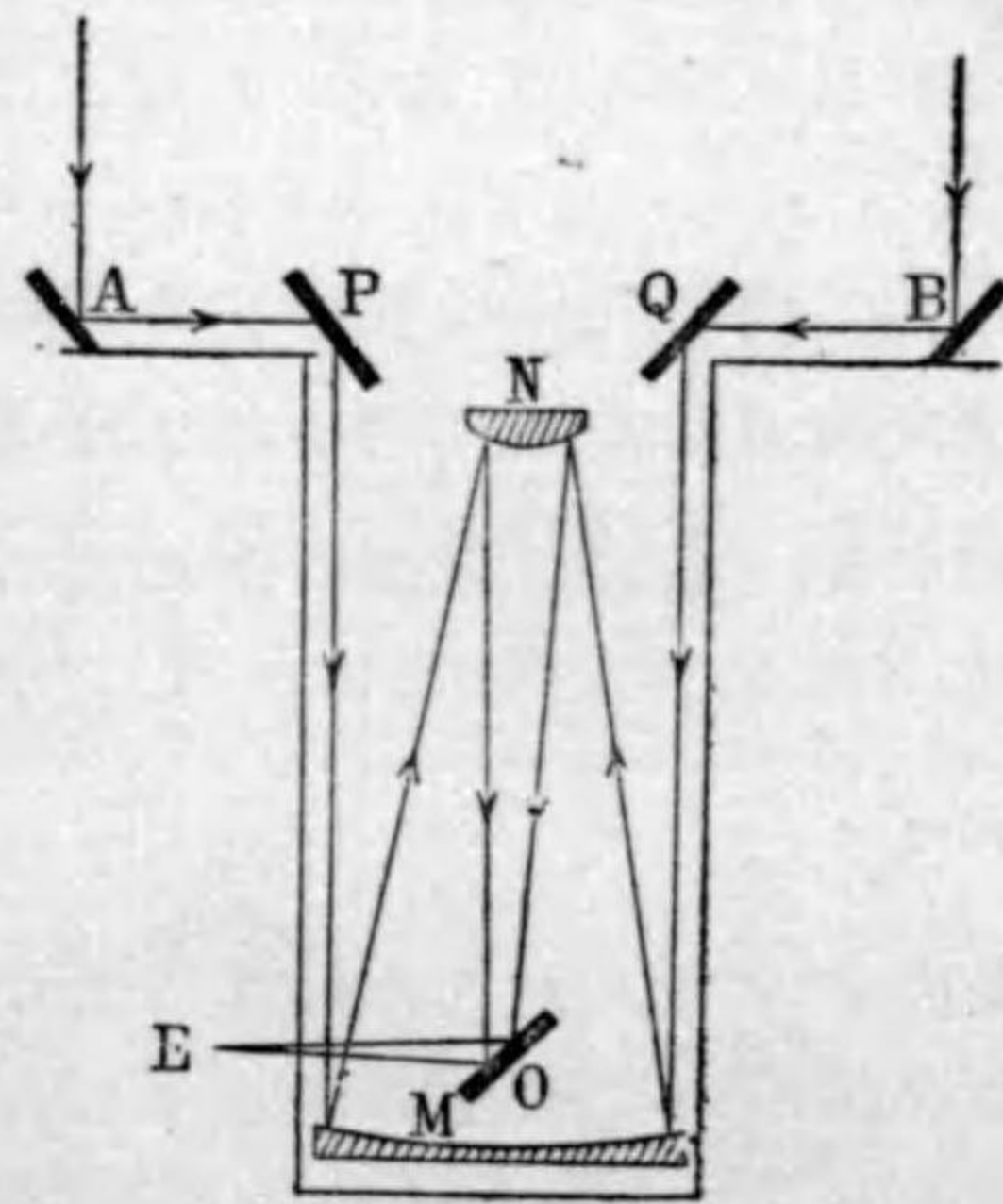
$$\theta = \frac{8}{3\pi} s \sin 1'' \quad (\pi \text{ は圓周率})$$

となり従つて

$$s = \frac{3\pi\lambda}{32r \sin 1''}$$

である。 s の此値は恒星面を一様に輝く圓面と見なして出したもので、實際は太陽の場合と同様縁邊に近い所に吸収があるから、恒星の種類により一割乃至二割之を増す必要がある。

170. 二十呎恒星干涉計 干涉計を用ひて小さい角度殊に小天體の直徑等を測ることは以前から試みられたものであるが本式に其方法が行はれたのは 1920年 Michelson 及び Pease が Wilson 山天文臺に於て恒星の視直徑を測つたのに始まる。此



第 57 圖

爲に百呎反射望遠鏡に取つけられた二十呎恒星干涉計は左圖に示すやうな構造のものである。M は百呎鏡、N は Cassegrain 凸面鏡、O は平面鏡で何れも大望遠鏡附屬のもの、P、Q は二個の固定平面鏡、A、B は横に AB 線に沿ふて自由に動かし得る平面鏡である。AB 間の距離は前項の r の二倍に相當するもので 20 呎(610 cm) 迄之を伸長する事が出来る。之によつて視半徑 s を最小限 $0''.01$ 迄測る

事が出来るのである。

實測の結果と前項の方法により計算した結果とを對照すれば次の通りである。

	實視等級(m)	スペクトル型	視直徑 (2s)	
			實測	計算
牛 劍 α	0.2	K 0	0.021	0.023
牡 牛 α	1.1	K 5	0.020	0.034
オリオン α	0.9 (變)	M 0	0.047 0.034	0.048
蝸 α	1.2	M 0	0.040	0.042
ベガス β	2.3	M 5	0.021	0.025

オリオン座 α に二通りの實測値が出るのは一の疑問で、それが變光星である事と關係があるらしい。其他は、牡牛座 α を除いて、かなり良く兩方の値が一致する。

第十三章 恒星の運動及び距離

171. 恒星の數 肉眼で見える恒数の總數は約六千で決して多い數では無いが望遠鏡で見える數は非常に多いもので其數を數へるだけでも容易でない。況して等級やスペクトルや運動等を一々調べる事は殆んど不可能な事である。それで1906年に和蘭の Kapteyn は所謂選擇面の計畫を立てた。此計畫は全天體に206箇所の小さな區劃を設け徹底的に其中の恒星を調査して其結果を全天球に擴めようとするものである。此事業はまだ完成しないが Van Rhijn 及び Seares が既にわかつて居る材料から出した結果によれば實視等級20等迄の恒星の總數は十億で一等毎の増加率は3.0より次第に減じて1.67となる。寫眞等級21等迄の恒星の總數は八億九千萬で一等毎の増加率は2.9より次第に減じて1.54となる。(同じ等級に對して寫眞の方が實視より少いのは多數の恒星殊に光度の小さい星が赤い爲めで、言ひ換へれば寫眞等級と實視等級との差即ち色指數が多數の恒星に對して正である爲めである[163項].)

望遠鏡の視力は將來如何程増大するか不明で、從つて視得べき恒星の數は如何程増加するか豫測すべからざるものであるが Van Rhijn 及び Seares が前記の増加率から推定した結果は大略三百億といふ大數である。

實視等級20等迄の恒星から來る光の總量は標準一等星1092個の光量に等しい。Van Rhijn の研究によれば夜の空の光の總量はこれよりも數倍大で、それは主に黃道光(143項)と永久的な極光とに基づくものである。全く恒星に基づくものは全光量の約六分の一で、それは標準一等星1440個の光量に當るといふ。

172. 恒星の銀河集率 恒星の分布が一様で無い事は誰

の眼にも能くわかる事で、銀河といふ密集した部分が天球を帶の様に取り巻いて居る。銀河は大凡大圈の上に在つて其北極は髮座に在り Newcomb によれば其位置は赤經 $12^h 44^m 4$ 、赤緯は $+26.8^\circ$ である。銀河が赤道と交る點は從つて赤經 $6^h 44^m 4$ と $18^h 44^m 4$ との二點で、此中第二の點を原點とし銀河に沿ふて測る經緯度を銀經、銀緯といふ。銀緯 $+90^\circ$ の點は即ち其北極で -90° の點は其南極である。

一定の球面積に對する恒星の數を恒星の球面密度又は單に恒星密度といふ。普通一度平方の面積を取る。恒星密度は一般に銀河の附近に大で其兩極の附近に於て小である。銀緯 0° 附近即ち銀河の上と其兩極とに於ける恒星密度の比を銀河集率といふ。Van Rhijn 及び Seares による恒星密度及び銀河集率は次表の通りである。

寫眞等級	銀緯 0°		銀緯 90°		全天球平均		銀河集率
	恒星密度	増加率	恒星密度	増加率	恒星密度	増加率	
- 2.0 - 5.0	0.045		0.013		0.025		3.5
5.1 - 9.0	2.75	61.4	0.69	53.1	1.48	59.2	4.0
9.1 - 13.0	143	52.0	20.7	30.0	64.5	43.6	6.9
13.1 - 17.0	4634	32.4	267	12.9	1640	25.4	17.4
17.1 - 21.0	68820	14.9	1382	5.2	19900	12.1	49.8

銀河集率が等級と共に増加するのは著しい現象で17等以下の小星では殆んど50といふ大きい値となる。宇宙は平板の様な形をして居るといふ W. Herschel の考は此事からだけでも起るのである。

173. スペクトル型と恒星密度 Harvard大學天文臺で出版した Henry Draper Catalogue には實視等級9.5等迄の恒星22,500個の恒星のスペクトル型が記されて居る。B型よりM型に至る各種型の恒星の百分率を此表から求めたものは次の通りで

ある。

種 型	B	A	F	G	K	M
實 視 等 級 } 2.25 以 上 }	28	28	7	10	15	12
全 部	2	29	9	21	33	6
差	-26	+1	+2	+11	+18	-6

此表に示す通り B 型の恒星は光度が減ると共に著しく減じ、反対に G 型、K 型の恒星は増加する。A 型、F 型は大差なく M 型が又、明かに減ずる。

銀河集率が又、スペクトル型によつて著しく違ふ。實視等級 7.0 以内の恒星密度は次の通りである。

種 型	B	A	F	G	K	M
銀 緯 $0^{\circ}-40^{\circ}$	0.108	0.211	0.051	0.051	0.151	0.029
" $40-90$	0.002	0.066	0.030	0.034	0.102	0.015
比 率	54	3.2	1.7	1.5	1.5	2.6

銀河集率の最大なのは B 型で、最小なのは G、K 型で F 型も略同等である。

B より M に至る種型以外の恒星は極少数で全数の百分の一以内である。B 型以上に銀河集率の大きいのは O 型で、銀緯 $\pm 18^{\circ}$ より外には全く無い(マゼラン雲を除く、其項参照)、N 型も略同様である。

174. 固有運動 第二章に述べた通り Halley は 1718 年に Aldebaran (牡牛, α) Arcturus (牛飼, α) Sirius (大犬, α) の三星の位置が Ptolemy の星表と比べて變つて居る事から固有運動を発見した。固有運動は大きくとも一年に數秒以内のもので短時日の観測から求める事は出来ぬが十年若しくはそれ以上を隔てた精密な観測があれば、それを求める事が出来る。Ptolemy の星表は古

いが位置が不精密である爲めに特に大きいものでなければ出す事が出来ない。古い割合に精密なのは Bradley, Lalande, Piazz, Groombridge 等の観測で其點から見て貴重な材料である。

異つた観測結果を比較するには歳差、章動、光行差、氣差の外に器械的及び個人的系統誤差を除かねばならぬので、かなり繁雜な計算を要する。其計算が正確でなければ結果に多少の系統誤差が残る。それであるから古い観測は度々計算し直された。例へば Bradley の 3268 個の恒星の観測は 1750 年から 1756 年の間に行はれたものであるが結果の一部が 1773 年に一の星表として出版された外、正確に計算されたものは無かつた。Bessel が始めてそれを行つて、彼の Fundamenta Astronomiae の中に其星表を載せたのは 1818 年の事である。其後 Auwers は更に根本的に之を改算して 1882—1903 年に Bradley の星表を出版した。それ程にしても系統誤差が全く除かれたとは言はれぬ。唯、固有運動は年數で其差を割つたものであるから、年數が多ければ多い程、差が小さくなるだけである。

歳差と固有運動とは何れも長年性のもので其差別は唯、一方が赤經赤緯の定まつた形の函数であるに對して一方はそれに無關係な點にある。それであるから観測から歳差の常數を定める場合、固有運動は其剩餘として現はれる。固有運動が全く偶然的なもので無くて其中に多少系統的な部分があれば歳差の常數は多少違つてくるわけである。歳差と固有運動とを完全に分離して兩方の値を精密に定めるのは餘程むづかしい事である。

固有運動の特に大なる恒星を多數の恒星の中から発見するには一年若しくはそれ以上前に取つた寫眞を最近の寫眞と比べて見れば良い。同じ器械で同じ様に取つた寫眞を比べて見るに最も便利なのは瞬間顯微鏡 (Blink microscope) を用ひるもの

である。此器械は同一の接眼鏡を通して二枚の寫眞板を瞬間的に交互に替へて見る事の出来るもので、多数の恒星が其交換によつて位置を變へない様に器械を調節すれば、中に固有運動によつて位置を變へて居るものがあれば瞬間的に飛躍する。之によつて直ちにそれを發見する事が出来る。此器械は太陽系内の天體、即ち惑星及び彗星の發見にも用ひられ、又變光星の發見にも良く用ひられる。

固有運動は其の大きさと方向とによつて定まる。大きさは一年に對する角の秒數 μ を以て表はし、方向は所謂方向角、即ち天球の内面に於て北極の方向より時針と反對の向きに 360° 迄測る角度 p を以て之を表はす。赤緯を δ とすれば赤經赤緯に於ける固有運動 μ_α, μ_δ は次の式で表はされる。

$$\mu_\alpha = \mu \sin p \sec \delta, \quad \mu_\delta = \mu \cos p$$

固有運動の最大なる恒星は1916年にBarnardが蛇遺座の中に發見したもので μ の値は $10''.25$ である。之をBarnard星又はBarnard疾走星と呼ぶ。光度は97等である。之に次ぐものはKapteynの發見した畫架座中の9.2等の星で μ は $8''.75$ である(理科年表固有運動の大きい恒星の條参照)。

175. 視線速度 視線に沿ふて動く速さが直接に而も瞬間的に測られるといふことは一世紀以前の學者には夢にも思ひよらなかつた事で従來の天文学が之によつて面目を一新したといつても過言でない。始めてDoppler-Fizeauの原理によつて分光器的に天體の視線速度を測つたのは獨逸のVogelである(1888年)。

視線速度を測る方法は42項に述べた通りで、 c を光速度、 λ を波長、 $d\lambda$ を其差として簡単に

$$V = \frac{cd\lambda}{\lambda}$$

の式によつて與へられる。 V は $d\lambda$ が正の場合、即ちスペクトル線が赤の方にずれる場合に正で、従つて恒星が遠ざかる場合に正、近寄る場合に負である。直接に測つたものに地球の公轉による補正を要する事は既に述べた通りである(56項)。

數千の恒星の視線速度はLick, Yerkes等の大望遠鏡で測られた。それ等は多く 30 km/sec 以内のもので 100 km/sec を超ゆるものは甚だ稀である。是迄に測られた最大の視線速度は變光星琴座RZに對する 385 km/sec である。(星雲の視線速度の項参照)。

176. 太陽系の空間運動 恒星の距離を測る方法は便宜上後に述べるが、どの途それは非常に遠いもので恒星其物が太陽と同格のものである事は確實である。さうすれば太陽にも固有の運動があるべき筈で、それによつて相對的に恒星が動く事も亦當然である。それであるから固有運動も視線速度も決して各恒星に特有なものばかりで無く其以外に太陽の運動に基づく所の相對的のものが混入して居るわけである。前者を**特有運動及び速度**、後者を**對視運動及び速度**と呼ぶ。

此二種の運動を分離するには唯、特有運動を偶然的のものとして觀測誤差と同様に取扱ふ方法があるのみである。特有運動を無いとすれば凡ての恒星は皆相對的に等しい速度を以て動く事になる。それであるから春分點と赤道面とを以て直交座標を定め、それに沿ふ分速度を X, Y, Z とすれば其等は常數と見なされる。今、視線速度を V 、赤道面に平行で V と直交の分速度を U 、兩方に直交の分速度を W とすれば α, δ を恒星の赤經赤緯として

$$U = -X \sin \alpha + Y \cos \alpha$$

$$V = X \cos \alpha \cos \delta + Y \sin \alpha \cos \delta + Z \sin \delta$$

$$W = -X \cos \alpha \sin \delta - Y \sin \alpha \sin \delta + Z \cos \delta$$

なる関係が成立する。

視線速度の測られた恒星の α, δ は良くわかつて居るから、第二式に於て V, α, δ は既知である。それで各の恒星から一個づつの方程式、即ち X, Y, Z の条件方程式が作られる。最小二乗法によつてそれを解けば X, Y, Z の最も確らしき値が求められる。 X, Y, Z から太陽系の空間速度 S と向點の赤經赤緯 A, D を求めるには次の三式を用ひれば良い。

$$S \cos A \cos D = -X, \quad S \sin A \cos D = -Y, \quad S \sin D = -Z$$

X, Y, Z に負の記號がつくのは言ふ迄もなく恒星の相對的運動と太陽系の運動とが正反對であるからである。

Lick 天文臺で Campbell 及び Moore が此方法によつて 2148 個の視線速度から得た値は次の通りである。

$$S = 19.65 \text{ km/sec}$$

$$A = 270^\circ.58 = 18^h 2^m.3, \quad D = +29^\circ.24$$

之によれば太陽系の空間速度は地球の軌道上の速度の殆んど $2/3$ で、向點はヘルクレス座 σ のすぐ傍である。天球に於て向點と相對する點を背點といふ。

Δ を恒星の距離とすれば近似的に

$$\frac{U}{\Delta} = \mu_\alpha \cos \delta, \quad \frac{W}{\Delta} = \mu_\delta$$

であるから (174 項) 上の U, W の式は

$$\mu_\alpha = -\frac{X}{\Delta} \sin \alpha \sec \delta + \frac{Y}{\Delta} \cos \alpha \sec \delta$$

$$\mu_\delta = -\frac{X}{\Delta} \cos \alpha \sin \delta - \frac{Y}{\Delta} \sin \alpha \sin \delta + \frac{Z}{\Delta} \cos \delta$$

となる。こゝで Δ を一定と假定して固有運動の既知の値を取り前と同様に最小二乗法によつて解けば

$$\frac{X}{\Delta}, \frac{Y}{\Delta}, \frac{Z}{\Delta}$$

の最も確らしき値が求められる。其三つの値から又前と同様に $S/\Delta, A, D$ の値が求められる。此場合 Δ の値がわからないから S を出す事は出来ない。

B. Boss が此方法で 5413 個の恒星の固有運動から求めた結果は

$$A = 270^\circ.5 = 18^h 2^m.0, \quad D = +34^\circ.3$$

であるが同じ様に Eichelberger が 1198 個の標準星の固有運動から出したものは

$$A = 265^\circ.2 = 17^h 40^m.8, \quad D = +20^\circ.5$$

で特に D に著しい差違がある。かういふ差は何によつて起るか其原因は種々考へられるが主なるものは等級によつて Δ の値の違ふ事と固有運動には相當大きな系統的誤差が含まれて居る事に歸する(174 項)。

太陽系の空間運動は此様に視線速度と固有運動と兩方から別々に出す事は出来るが方法も結果も確に視線速度の方が優つて居る。單に其事から觀ても如何に視線速度が天文學的に重要な役目を演ずるか會得せられるであらう。

177. 恒星の視差及び距離 恒星を太陽に對して動かぬものと假定し地球のみが公轉によつて軌道の上を動くとするれば恒星は一年を週期とし天球の上に一の橢圓軌道を畫く。此橢圓は恒星の距離及び方向と地球の軌道の形によつて定まるものであるが地球の軌道の離心率を零とした時の長徑の二分の一を年週視差常數と言ひ通常恒星の年週視差、又は日心視差、略して恒星の視差といふ。地球の軌道の半長徑を a とし太陽より恒星迄の距離を Δ とすれば年週視差 π は近似的に

$$\pi = \frac{a}{\Delta \sin 1''} \text{ 秒}$$

に等しくなる。πの値は實際の場合1''を超えないので此式をπの定義と見ても差支無い。

恒星の距離を測るに古くから最も良く用ひられる單位は光が一年間に進行する距離、即ち光年で、

$$1 \text{ 光年} = 0.9463 \times 10^{13} \text{ km}$$

$$d = \frac{a}{\pi \sin 1''} = \frac{3.259}{\pi} \text{ 光年}$$

である。光年の外に恒星の距離を測る單位として専門的に用ひられるのはパーセク(parsec)である。パーセクは年週視差1''に相當する距離で

$$d = \frac{1}{\pi} \text{ pars}$$

$$1 \text{ pars} = 3.259 \text{ 光年} = 3.084 \times 10^{13} \text{ km}$$

である。parsecを用ひればdとπとの關係は簡單になるが、之を以て最も自然的な單位、光年を置換へようとするのは無謀で、結局其爲めに單位制度が複雑となるに過ぎ無い。

恒星の視差が永い間、學者の目標であつたにも拘らず、発見されなかつたのは其値が小さい爲めであつた。始めて其値が信すべき程度に測られたのは1838年で偶然にも三通りの結果が略同時に三人の學者によつて示された。それ等の結果を現今の値と對照して見れば次の通りである。

	測定視差	測定者	等級	固有運動	視差(現在)
ケンタウルス α	1.0	Henderson	0.3	3.38	0.76
白鳥 61	0.314	Bessel	5.6	5.21	0.30
琴 α	0.262	W. Struve	0.1	0.37	0.12

測定の方法は皆別々である。HendersonはBradleyに倣つて天頂距離の變化を測つた。(Bradleyは特に龍座γ星を選んで視差を求めようとしたが其値が0.02といふ小さい値である爲めに不成功に了つた、其代りに豫想しなかつた光行差を発見した)。

天頂距離の變化による方法は所謂絶對法でそれから出るものは絶對的視差である。之に對してBessel, Struveは附近の小恒星に對して位置の變化を測つた。それから出るものは所謂相對的視差である。相對的位置を測るのにBesselはHeliometer(太陽の視半徑を測る爲めの器械)を用ひ、Struveは普通の測微器を用ひた。

何故にBesselが白鳥座61星といふ特別の星を選んだかといふに、それは當時最大の固有運動を持つ恒星として知られて居た爲めである。Struveが琴座α星を選んだのは、それが北方の天に於て最大光度の星だからである。近い恒星ならば一般に光度も視運動も大きいわけで其兩方を兼ねるものならば視差を測り得る見込が最も多いのであるが北方の天にはそれを兼ねるものが無い。BesselとStruveは各、其一方に適應するものを選んだのである。然るにHendersonは南半球の喜望峰天文臺に居た爲めに其兩方を兼ねる、最も適當な星を選ぶ事が出来た。

絶對的視差と相對的視差とを比べて絶對の方に價値の多いのは無論であるが唯それを精密に測る事が非常にむづかしい。ケンタウルス座αは特別に視差が大きいので、それが出来たが多數の遠距離の恒星には到底行はれ難い事である。相對的視差には其困難が無い代り絶對で無いといふ缺點がある。相對的である爲めに時として負數の値が出る。如何に精密に測つて觀測誤差を減じてもそれが出るのである。さういふ譯で相對的視差からは到底正確な距離を出す事が出来ない。

恒星の距離の測定は此様な重大な困難に遭遇したのであるが幸にも視線速度の助けによつて其困難が除き去られた。事實恒星の距離が獨立に視線速度の觀測から求められる場合がある(星群及び連星の距離の項参照)のみならず統計的に多數の恒星の平均距離がそれによつて求められる。例へば前に述べ

た太陽の空間運動に就いて視線速度の方から速度 S が求められ固有運動の方から S/d が求められる。此の二つの値から d 即ち恒星の平均距離が求められる。此様にして種々な等級及び固有運動に対する多数の恒星の平均距離を求める事が出来る。Kapteyn が其様な方法によつて統計的に求めた平均視差 $\bar{\pi}$ の式は次の如きものである。

$$\text{Log } \bar{\pi} = -0.690 - 0.0713m + 0.645 \text{Log } \mu$$

こゝで m は等級、 μ は固有運動である。此式は視差の平均値を與ふるもので單獨の場合約四割の誤差はあるが相対的視差を比較星の視差によつて修正するに十分である。何故なれば比較星には何時でも、光度と固有運動との特に小なる星が多数に取られるからである。

現今の視差の測定には専ら寫眞觀測が行はれる。目的の恒星を中心に多数の比較星を同じ種板の上に寫す。目的の星の光度は一般に大きいので、それを小さな比較星の光度と揃へる爲め撮影中、小さな矢車を乾板の中心の前で廻轉せしめる。撮影の時季は目的の恒星に対して成るべく視差の影響の最大となる時を選ばなければならぬ。約半年を隔て、又同じ様に寫眞を取る。それを前の寫眞と比較して見れば星の位置が顯微鏡的に多少違つてゐる。其の違ひは視差と半年間の固有運動とによつて起るもので固有運動に屬する部分を除けば視差の影響のみとなる。半年間の固有運動を良くきめるには更に半年若しくはそれ以上の時間を経過した後(若し古い寫眞があればそれによし)の寫眞を比較して見れば良い。視差の影響がわかれば後は計算によつて容易に各の比較星に対する視差を求める事が出来る。個々の比較星の視差は前記の Kapteyn の公式から求める。此の如くして求めた数多の値を平均して所要の結果を得る。

ケンタウルス座 α は最近の恒星として永く其名を稱へられて居たが 1917 年に Innes によつて、それよりも近い恒星が発見された。ケンタウルス座 Proxima と稱せらる。視差は $0''.90$ 、距離は 3.6 光年である。 α 星よりの角距離は $2^\circ 12'$ で固有運動は又殆んど相等しいから空間に於てそれと群を爲すものと認められる。

178. 絶対等級 任意の恒星を視差 $0''.1$ に相當する距離即ち 10 pars = 32.59 光年の距離に移した時の實視等級を其恒星の絶対等級といふ。 m, b を恒星の等級及び光度とし M, B を其絶対等級及びそれに相當する實光度とすれば

$$M = m + \frac{5}{2} \text{Log } \frac{b}{B}$$

となる事は 10 項及び 166 項の式から明からである。然るに光度は距離の二乗に反比例し従つて視差の二乗に正比例するによつて

$$\frac{b}{B} = \left(\frac{\pi}{0.1} \right)^2 = 100 \pi^2$$

である。故に

$$M = m + 5(1 + \text{Log } \pi)$$

m と π とから此式によつて容易に M が求められる。

所謂太陽の視差 $8''.80$ (73 項) は地心視差で之を年週視差即ち日心視差に改めるには $8''.80 \sin 1''$ を以て割らなければならぬ。それであるから太陽の年週視差の Log は

$$-\text{Log } \sin 1'' = 5.3144$$

で、 m は -26.7 (10 項) であるから絶対等級 M は 4.87 となる。

既にわかつて居る恒星の中で絶対等級の最も高い恒星三個

星	名	m	種 型	π	M	實光度($\odot=1$)
アルゴ	α (Canopus)	-0.9	F	0.005	-7.4	8,000
オリオン	β (Rigel)	0.3	B	0.006	-5.8	1,800
白鳥	α (Deneb)	1.3	A	0.005	-5.2	1,000

の等級、スペクトル型等を記せば表の通りである。(旗魚座 S の絶対等級に就いてマゼラン雲の項参照)。

此等の恒星の視差は何れも小で、それを精密に測る事は出来ないから絶対等級にも光度にも相当大きい誤差が含まれて居るわけである。それにしても特別に實光度の大きい事は疑ふべくも無い。

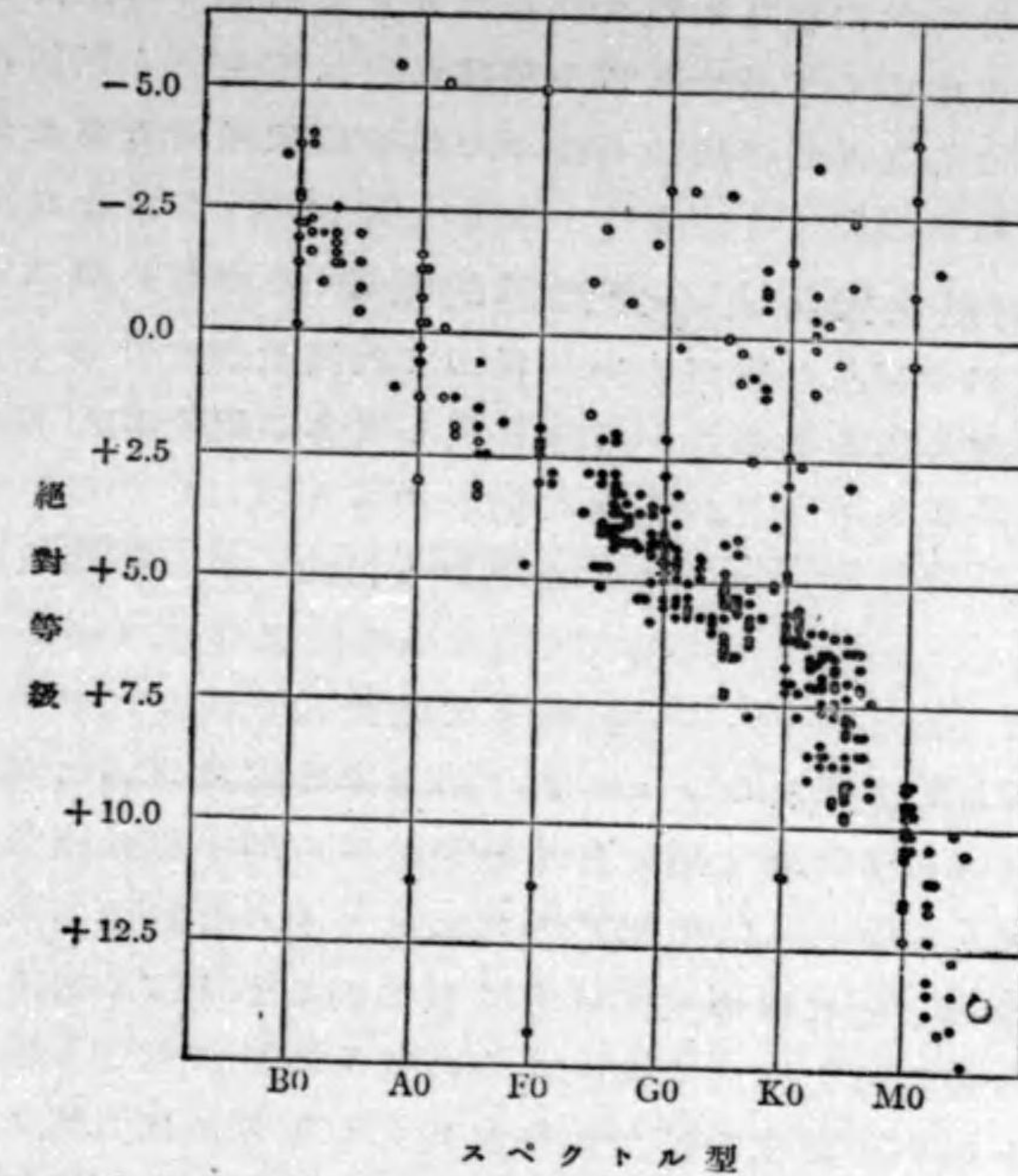
反対に絶対等級の最も低いもの即ち實光度の最も小なるもので現にわかつて居るのは次の三つである。

星名	m	種型	π	M	實光度($\odot=1$)
Wolf 359	13.5	M	0.404	16.5	0.00002
ケンタウルス Proxima	11.2	M	0.90	16.0	0.00004
小犬 α 伴星	13.0	—	0.312	15.5	0.00005

此等は何れも近距離のもので其爲めに発見されて居るのである。従つて此種の恒星が如何程多く存在するかわからぬ。

179. 巨星及び矮星 統計的にスペクトル型によつて恒星の絶対等級を調査して見れば著しい事に気がつく。即ち B 型の恒星は皆絶対等級の高いもの許りで 1.0 等以下の小星は一つも無い。それに対して M 型の恒星には二種あつて、8.0 等以下の小星と 1.0 以上のものとの別れる。中間のスペクトル型にも其傾向がある、唯小さい方の等級が多少高いだけの相違である。同じスペクトル型に就いて等級の高い方の恒星を巨星といひ低い方を矮星といふ。巨星はスペクトル型に関係なく +1.0 より -5.0 等の間に在り矮星は A, F 以下の種型にのみ認められ等級はスペクトル型と共に殆ど直線的に低下する。太陽は G0 線上、丁度矮星群の中央の位置を占める。同じスペクトル型でも馭者座 α (Capella) は -0.6 等の巨星である。

普通一等星と呼ばれる恒星の中で矮星に属するものは小犬座 α (Procyon, $M = +3.0$), 鷲座 α (Altair, $M = +2.4$), ケンタウルス座



第58圖 スペクトル型と絶対等級との関係

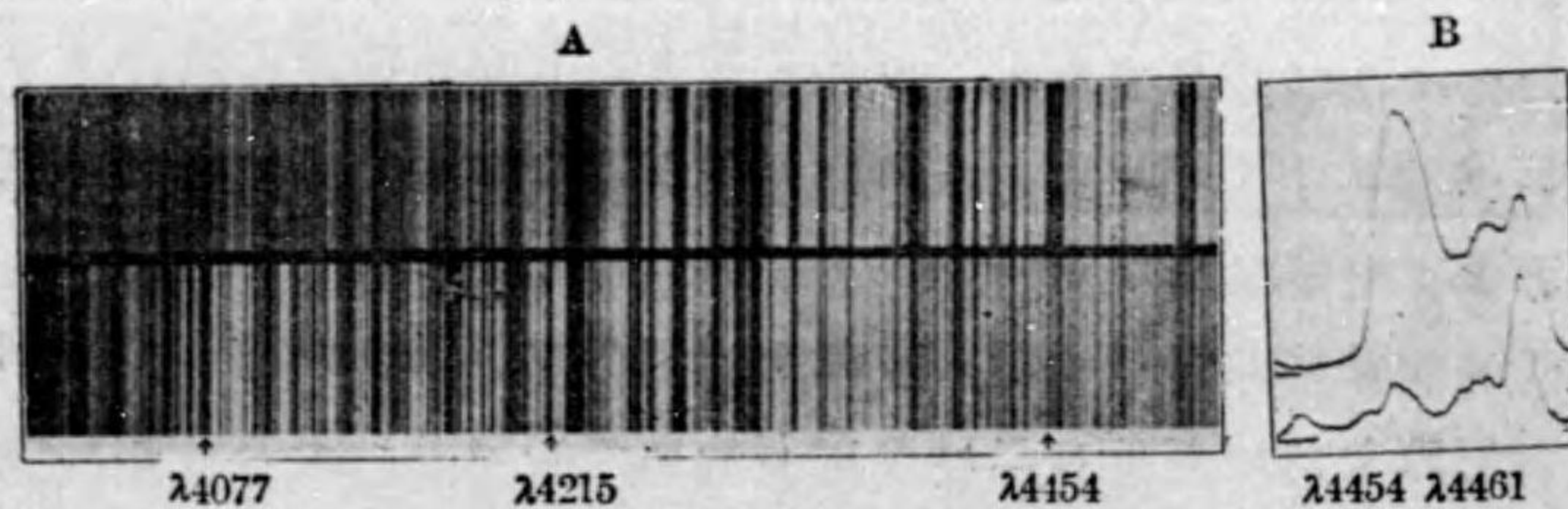
α ($M = +4.7$) で、大犬座 α (Sirius, $M = +1.3$) は何れかといへば矮星、其他は全部巨星である。中にも大きい巨星は前項に挙げたアルゴ座 α , オリオン座 β , 白鳥座 α の三星で此種のもを特に超巨星と呼ぶ。蝸座 α (Antares) もそれに近いものである。

A 型 F 型の恒星は絶対等級 +2.0 程度で巨星と矮星との區別が明瞭で無いが中に二三の著しい例外がある。それは絶対等級 +10.0 等以下のもので、A 型 F 型は白色である故之を白色矮星といふ。Sirius の伴星は其代表的のもので、此星に就いては更に連星の章に於て詳しく説く可き事がある(28項)。

一定の容積内に在る矮星は巨星よりも遙かに多いが肉眼で見える恒星は多く巨星である。其譯は言ふ迄も無く巨星は遠方のものでも見えるが遠方の矮星は肉眼では見えぬからである。

180. 巨星と矮星との分光器的差違 同型の巨星と矮星とを比べて巨星の方が赤い。従つて色指数が大である。其事は既に恒星の色の項(163項)中に記してある通り、差がG0より次第に大となりK5に對して約0.6等となる。

色ばかりで無く、スペクトルの上にも何處かに差が現はれて居ようといふのでWilson山天文臺でAdams及びKohlschütterが精しく同型のスペクトルを比較して見た結果、確かに其差のある事を發見した。スペクトルの上の或線は巨星の方に強く、他の線は矮星の方に強く現はれるのである。第59圖は白鳥座61(K型矮星)とAldebaran(K型巨星)とのスペクトルを對照したもので同型である故に線の配置は良く似て居るが $\lambda 4077, \lambda 4215$ の二線は下の巨星の方が強く $\lambda 4454$ は上の矮星の方が強い。猶 $\lambda 4454$ の部分で自動分光光度計で曲線に現はして見ればB圖の如く $\lambda 4461$ の線は殆んど同じ強さであるが $\lambda 4454$ の線及びそれと $\lambda 4461$ の間は上の矮星の方が餘程強い。



第59圖 矮星と巨星との分光器的差違

巨星と矮星との差別が此様にしてスペクトルによつてわかるから前項の關係によつて絶対等級Mが求められ、それと實視

等級mとから次の式によつて(178項)

$$\text{Log} \pi = 0.2(M - m) - 1$$

容易く視差 π が求められる。例へば白鳥座61はK7型の矮星であるから前項の圖によつて $M = +8.0$ である事がわかり、 $m = +5.6$ であるから π は上の式によつて $0''.30$ となる。此値は實測と良く一致する。

此の如く恒星と矮星との差別によつて求めた視差を分光器的視差といふ。之に對して從來の測定法により求めたものを三角法的視差といふ。分光器視差は容易く求められるが何時でも正しいとは言はれぬ。何故なればスペクトルと絶対等級との關係には多少の差違及び例外があるからである。

181. 恒星の實大 恒星の半徑rは太陽の半徑を單位として近似的に次の式によりて表はされる(166項)。

$$\text{Log} r = \frac{5900}{T} - \frac{M}{5} - 0.016$$

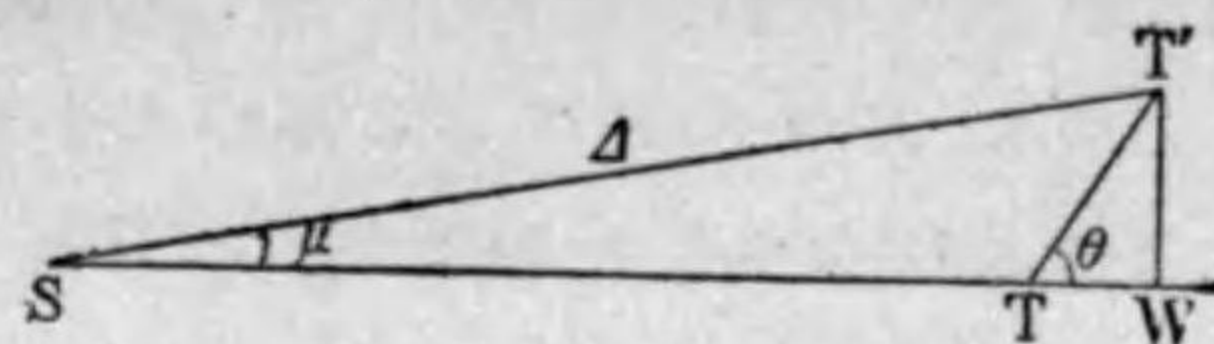
Mの値を巨星に對して-1.5とし、G0型とM0型の矮星に對してそれぞれ+5.0、+10.0とし、Tを166項の表から取つてrを求めたものは次の通りである。

	巨 星	矮 星
B0	3	—
G0	23	1.0
M0	154	0.5

干渉計で測つた視直徑(170項)と實測の視差とから直接に求めた巨星の半徑は次の通りである。

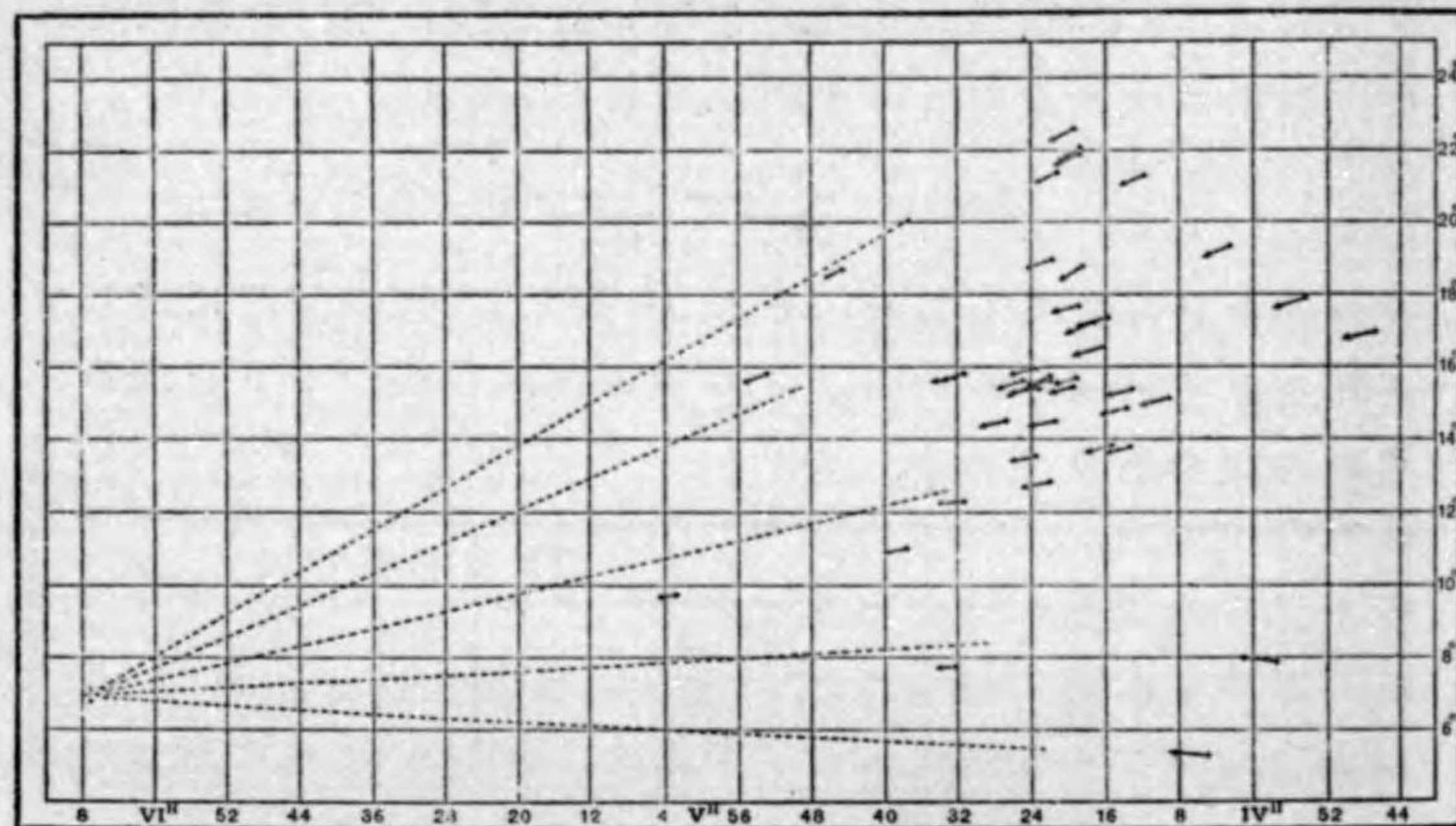
星 名	種 型	半 徑	星 名	種 型	半 徑
牛 飼 α	K0	27	蝸 α	M0	450
牡 牛 α	K5	38	ベガス β	M5	40
オリオン α	M0	260			

182. 視線速度による距離の測定 固有運動と視線速度がわかり猶ほ其外に太陽に對する空間運動の方向がわかれば



第60圖 恒星の視線速度と距離

直接に恒星の距離を求める事が出来る。圖に於てSを太陽, Tを恒星, T'を單位時間後のTの位置, WをT'からST線に下して垂線の足點とすればTWは視線速度=V, ∠TST'は固有運動=μ, ST若しくはST'は距離=Δである。今Tの運動の方向が空間的にわかつたとすれば∠T'TW=θが既知である。距離Δは圖の上から



第61圖 牡牛座星群の固有運動

$$\Delta = \frac{V \tan \theta}{\sin \mu}$$

となるので容易く μ, V, θ の既知の値から求められる。μを一年に對する秒數, Vを km/sec, Δを光年單位で表せば

$$\Delta = 0.688 \frac{V \tan \theta}{\mu}$$

である。

此方法で求めた距離は絶對的であることに價値がある。恒星の空間運動の方向は次に述べる星群と連星の場合に知られる。

183. 星群 天界には後に説く通り多數の星團があり,星團には球狀のものがあり又多少散開したものがある。星群は特別に大きく散開した星團とも見られるが便宜上先づ其事をここに述べる。

牡牛座の中にα星(Aldebaran)を取圍む一の恒星の群がある。肉眼にもそれがよくわかるので古くから之をHyadesと呼んで居る。此群に屬する恒星の固有運動を圖に表はして見れば不思議な事に天球上の一點に會合する(第61圖)。何故にさうなるかといふに他に説明の方法が無い,此一群の恒星は疎らなものではあるが空間に於て平行な等速運動をして居るのである。それを吾々は透視的に見るから外觀的に固有運動の方向が一點即ち消點に會合する。消點の方向は空間的に運動の方向を示すのである。それであるから視線速度を測れば前項の方法によつて直接に距離が求められる。其値は平均120光年である。速度は太陽に對して40.5 km/sec, 空間に對して27.8 km/sec, 向點は銀經148°.8, 銀緯+11°.1である。Rasmusonによれば牡牛座γ, δ, ε, θ₁, θ₂以下四十三個の星が之に屬し,形は球に近く直徑は約50光年である。

北斗七星中のβ, γ, δ, ε, ζの五星が共通の固有運動をなす事は早くから(Proctor 1869)注意された事であるがそれ以外に大犬座α, 駁者座β, 冠座α, 蛇座β, 牛飼座ε, エリダヌス座ε, 飛魚座α等全く違つた方面の恒星が此群に屬する事は1909年に始め

て Hertzsprung によつて発見された事である。此場合廣がり
 全天球に及んで居るので太陽が此群の中を動いて居る事になる。
 (星團や星群は遠方から見れば纏つたものに見えるが近づ
 つて其中に入つて見れば却てわからなくなる。) 太陽に対する
 平均の速度は 18.6 km/sec, 空間に対しては 30 km/sec, 向點は銀
 經 0°0, 銀緯 -7°6 である。Eddington によれば此群の恒星は主
 に A 型で絶対等級の最も高いのは馭者座 β である。

オリオン座の α, ϵ, ζ は三つ星として誰でも良く氣の附くも
 のであるが、これが又一の群を爲すものである。オリオン座大
 星雲の附近に散在する約二十個の恒星が之に屬する。其等の
 恒星の固有運動は殆んど零で視線速度は平均 +18 km/sec, スペ
 クトル型が皆揃つて B 型である事が著しい特徴である。距離
 は 590 光年で、空間に対する速度は 5.6 km/sec, 向點は銀經 80°0,
 銀緯 -9°0 の位置に在る。視線速度の共通な點から見て此星
 群は大星雲と共に存在するものと認められる。

此外多少有名な星群にペルセウス星群及蝸ケンタウルス星
 群がある。前者は約四十五個の恒星より成り向點は銀經 175°9
 銀緯 +1°0 で、後者は約百六十個より成り向點は銀經 313°7 銀緯
 +9°8 である。以上五個の星群に共通な點は向點の銀緯が小
 さい事、即ち空間運動の方向が銀河面と小さい角を爲す事であ
 る。スペクトル型が主に B, A に屬する事も亦特徴である。

184. 二大星流 恒星の特有運動は偶然的であるべき筈だ
 が統計的にそれを研究して見れば決してさうでは無い。空間
 に対して銀經 166° 銀緯 -1° 及び其反對の方面に向ふものが割
 合に多く其値も亦大きい。何故にさういふ事があるのか確か
 で無いが之を星群が空間に於て入交つて居ると考へて二大星
 流と呼ぶ。若し果してさういふ事があるならば所謂太陽系の
 空間運動は兩方の平均に対するもので眞の空間運動では無い

事になる(相對律によればどの途眞の空間運動といふ事は無い
 事であるが)。Eddington の説によれば太陽に対する二大星流の
 向點及び其各に屬する恒星の割合は次の通りである。

	向 點		星 數 %	速度(相對的)
	赤 經	赤 緯		
第一星流	90°8	-14.6	59.6	1.516
第二星流	287.8	-64.1	40.4	0.855

二大星流説即ち星群説で多少都合の悪い事は所屬の不明な
 恒星がかなり多い事、殊に B 型の恒星には少しも其傾向が見え
 ない事である。Schwarzschild は之に対して所謂橢圓體説を提起
 した。それによれば速度の分布が二群に分れる代り一の橢圓
 體の中に入る。どうしてさういふ分布になるかといふに恒星
 は空間に於て一つの中心の周圍に右廻り又は左廻りの橢圓運
 動を爲すもので太陽は其中心からかなり遠い距離にある。そ
 れで大體速度は一の方向とそれと正反對の方向とに別れるが
 中間的のものも相應に多く存在するといふのである。此説に
 従へば恒星の世界の中心は銀河面内に於て銀經 76° 又は 256°
 の邊に在る事になる。Kapteyn は後者を宇宙の中心の方向と
 し、距離を 2100 光年と推定した。

185. 恒星の運動に関する疑問 恒星の特有運動は一般
 に巨星に小で矮星に大である。後章に述べる通り巨星の質量
 は矮星より大きいから或程度のエネルギーの等分が恒星の世
 界にも成立つて居るわけである。Campbell の求めた最近の結
 果によれば特有視線速度の平均は下表に示す通り B 型より M
 型迄次第に増加する。

	B	A	F	G	K	M
平均速度	8.7	9.9	12.5	14.8	15.3	16.1 km/sec

此様な結果が出るのは F 型以下に多數の矮星が混じて居る爲
 めであるが、それだけでは説明が不十分である。事實 K, M 型の

巨星はB型の巨星よりも速度が大きいのである。

太陽系の空間運動をきめるのに材料の取り方によつて著しく違つた結果が出る。後に述べる球状星團と渦状星雲との視線速度からLundmarkが求めたものは

	個 数	向		速 度 km/sec
		赤 經	赤 緯	
球 状 星 團	18	20 ^h 24 ^m	+60°	305
渦 状 星 雲	43	20 20	+75	651

といふ値で恒星の運動から求めたものとは非常の違ひである。Strömbergの研究によれば之と同様の違ひが恒星の中からも現はれる、唯其差が比較的に小さいだけである。恒星の中で光度の弱い、さうして空間運動の100 km/sec以上の所謂高速度星のみを取つて太陽系の運動を出せば向點の位置は

赤經 20^h 40^m, 赤緯 +57°

となつて大抵上記の値と一致する。長週期の變光星(其項参照)殊に週期150日乃至210日のものを取れば球状星團から出ると最も近い結果が出る。

かういふ譯で太陽系の空間運動の意義が従來の考と變つて來た。所謂太陽系の空間運動は絶對的でないのは勿論、銀河系の宇宙に對するものでも無い。それは唯附近の比較的低速の恒星の群に對する局部的の空間運動なのである。相對的に低速の恒星群に太陽が屬して居るのは無論である。Kapteynは此群を宇宙と考へたがShapleyは之を局部系と呼んで大銀河系内の一小部分と見る。高速度星は此系に屬さない。Oortによれば速度の極限は60 km/secでそれが局部系の逃脫速度(60項)である。

恒星の特有視線速度は符號の儘、平均すれば零となるべき筈

だが常に正の値が残る。Campbellが之を視線速度のK項と呼んで以來、それを通つて居る。各スペクトル型に對するK項の値は次の通りである。

種 型	B	A	F	G	K	M
K 項	+4.90	+1.68	+0.34	-0.19	+0.28	+0.66

平均の値は+1.26 km/secで、至つて小さいが後に述べる通り球状星團に對して+30 km/sec、渦状星雲に對して約+800 km/secといふ驚く可き大きい値になる。K項を文字通りに解釋すれば宇宙が膨脹しつゝある事になるが果して事實か否か、最近Eddingtonが發表した説によればEinsteinの所謂球状宇宙は不安定で、時と共に次第に膨脹し 1.4×10^9 年間に二倍の大きになるといふ。説の當否は姑くさて措き、如何にK項の意義が重大であるか之によつて知られるのである。

第十四章 變光星

186. 變光星の發見 變光星とは名の如く其光度が變化する星をいふので最初に發見されたのは鯨座 α (ミラ)である。1596年獨逸の Fabricius が鯨座に見慣れない星を認め其後時々注意して居たが、一箇月餘の後に光度が弱くなり遂に見えなくなつた。其後この様に光度の變る星が次第に發見せられ、殊に十九世紀末に寫眞によつて發見する方法が開拓されてから變光星の數は著しく増加し、近頃は年々三、四百箇も發見され、現在約七千個の變光星が知られてゐる。然し近年發見のものゝ大部分は肉眼には勿論、小さな望遠鏡でも見られぬ様な光度の弱いものである。

變光星の觀測は十九世紀の中葉までは餘り多く行はれてゐなかつた。この方面の研究に力を注いだのは獨逸の Argelander で、彼は Bonn 天文臺で星表編纂の傍、變光星を觀測した。觀測の方法も従來の方法を改良し、又 Schmidt, Schönfeld 其他幾多の後繼者を養成する等、學界に残した功績は甚だ多い。十九世紀末には米國の Pickering (E.C.) が光度計によつて多數の恒星の等級を定め、又寫眞によつて變光星を發見し觀測することを始めた。獨逸の Hartwig は年々變光星推算表を編纂し、又 Müller と共に變光星に關する文獻を集めた大著がある。伊太利の Hagen は變光星圖竝に變光星に關する大著を出版した。理論的方面では英國の Eddington 及び Jeans, 統計的方面では米國の Shapley の研究が最も重要なものである。

187. 變光星の命名 現今變光星の命名に關する事務は獨逸の變光星委員會が取扱つてゐる。變光星が新たに發見された時これを委員會に報告すると先づ假の名稱が與へられる。

假名は例へば 1930 Lacertae といふ様な表はし方で、これは 1930 年に第一番目に報告された變光星で蜥蜴座(Lacerta)にある事を示すものである。

十分の觀測によつて光度の變ることが確かめられた場合には同じ委員會によつて永久的の名稱が與へられる。その方法は Argelander の創めたものを擴張したもので、各星座毎に變光する事が確かめられた順序に R, S, T, …… Z, と命名し、次に RR, RS, …… RZ, SS, …… SZ, TT, …… YZ, ZZ, 更に AA, AB, …… AZ, BB, …… BZ, CC, …… QY, QZ といふ様に命名する。此様にすれば一星座毎に 334 箇の變光星を命名することが出来るが、併し近年に至つて變光星の數は激増し、二、三の星座では此命名法では間に合はず、遂に V 335, V 336 …… といふ様に命名することゝなつた。以上の命名法は星雲や星團の中の變光星には應用されない。

此他に Harvard 天文臺で屢々用ひる命名法が二つある。その一つは同天文臺で發見した變光星を發見の順序に H.V. 400 といふ様に呼ぶものである。もう一つは六箇の數字を以て變光星の名を示し、それによつて大體の位置を表はすもので、例へばペルセウス座 β は 030140 である。これは 1900.0 年の赤經が、3 時 1 分、赤緯が北 40 度餘の位置にあることを示すものである。赤道以南の星は斜體文字で記すことになつて居る。例へば鯨座 α は 021403 と記される。

188. 變光曲線 光度が時と共に變化する有様を示すためには普通、變光曲線を用ひる。これは實視的、寫眞的、又は光度計的に附近にある光度の餘り違はない星と光度を比較して變光星の等級を決定し、等級と時日との關係を曲線に描いたものである。變光曲線から極大光度及び極小光度の時日を決定し、それによつて週期を求めることが出来る。短い期間に同じ様な曲線を繰り返す短週期變光星や食變光星の場合には數十回乃

至数千回に亘る観測を一纏めにして平均變光曲線を作る事がある。

189. 變光星の分類 現在知られてゐる多數の變光星を變光の状態や物理的性質によつて分類することは變光星研究の上に必要なことであるが、それには種々の困難があつて今でも尙ほ完全な分類法はない。次に、現在多くの人によつて採用される Pickering の分類法を少しく修正したものを記載する。

1. 新星
2. 不規則變光星
 - a) 双子座 U 型 b) 冠座 R 型
 - c) オリオン座 α 型 d) 牡牛座 RV 型
3. 長週期變光星
4. 短週期變光星
5. 食變光星

以上の中で牡牛座 RV 型は近年に至つて認められた多少規則的な變光星で、Pickering の分類法にはないのであるが便宜上不規則變光星の一種とする。

190. 新星 非常に微かな星が急に光度を増して或る等級に達し、それから急に減光するのが新星である。新星の出現後、古い寫眞を調査すると非常に弱い光の星として寫つてゐる場合が多い。表は今日までに出現した新星の中、極大等級が四等以上に達したもので、この様な光度のものは凡て肉眼で発見されたものである。光度の弱いものは多く何等かの目的で撮影された寫眞板上から発見される。

次に表の中、主な新星について説明すれば、1572年のカシオペア座の新星は近代の新星の中最も明るく輝いたもので、Tycho がこれを認めたのは同年11月11日であつた。然しその數日前に此星を認めた人もあつたが、Tycho は発見後光度の變化

名	稱	年 代	極大光度	發 見 者
カシオペア座	B	1572	-4 [*]	Tycho
白鳥座	P	1600	3.5	Blaeu
蛇遺座	新星	1604	-2	Brunowski
小狐座	新星	1670	3	Anselmus
冠座	T	1866	2	Birmingham
白鳥座	Q	1876	3	Schmidt
ペルセウス座	新星	1901	0	Anderson
双子座	新星	1912	4	Enebo
鷲座	新星	1918	-1	數 人
白鳥座	新星	1920	1.7	Denning
畫架座	RR	1925	1.1	Watson

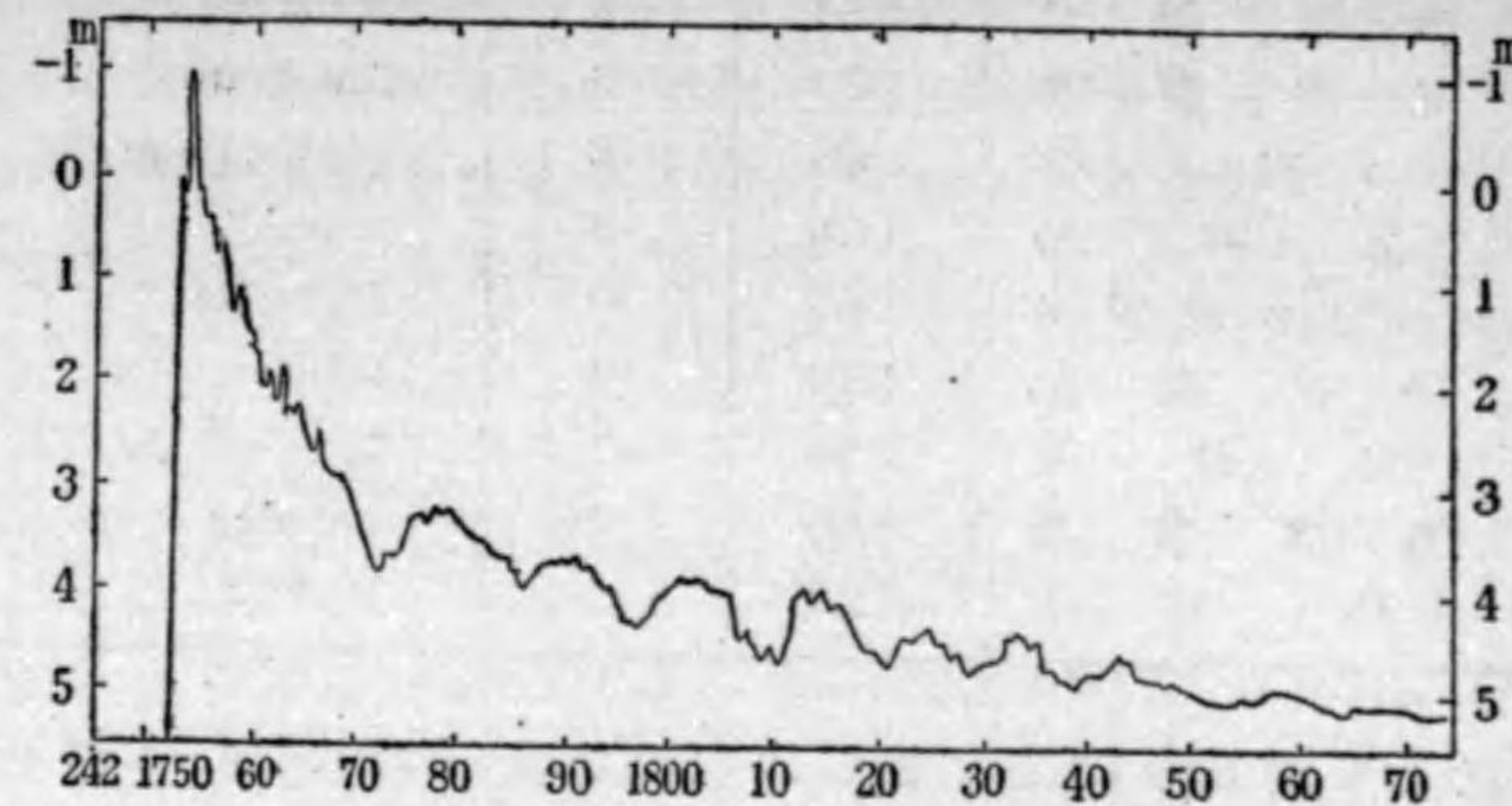
に注意して貴重な記録を残したので之を一般に Tycho の新星と呼ぶ様になつた。Tycho が始めて見た時は木星位の光度であつたが、其後光度を増して、一時は金星位の明るさになり、それから緩かに光度を減じて1575年3月に見えなくなつた。

1604年の蛇遺座の新星は Kepler によつて詳しく観測されたので、普通 Kepler の新星と稱する。

1866年の冠座の新星は初めて分光器によつて研究された新星であるが、1901年ペルセウス座に新星が出現するに及んで、吾々の新星に関する知識は著しく進んだ。此星は1901年2月21日に英國の Anderson が二等星として発見したものであるが、それより28時間前に英國で Williams が撮つた寫眞板には十一等星まで寫つてゐるが、新星の位置には全く星の像を認められなかつた。発見後2月23日には零等星に達し、それから徐々に光度を減じて同年6月には六等星となり、現在では約十四等星大の光を呈してゐる。

此星に就いて認められた著しい事實は(1)3月末から6月頃に至る間には後に述べるケフェウス星に類似した變光曲線を

示したこと、(2)発見當時は青白色であつたが2月24日には黄色を帯び、3月に入つて赤色となつたが、7月頃には再び白色となつた事、(3)スペクトルは極大に達する前は普通の白色星のスペ



第61圖 1918年鷲座新星の變光曲線

クトル型を示したが、極大に達してからは急に輝線が輝き始めたこと、(4)1901年秋には新星の近傍に星雲状のものが現はれたこと等であつた。之とほゞ同様の現象は其後に現はれた著しい新星の多くの場合に見出されたので、現今では以上の特徴は新星の一般的性質と考へられる様になつた。

1918年の鷲座新星は6月8日世界各地で多數の人によつて獨立に発見されたもので翌日にはシリウスに比肩すべき光を放つた。第61圖はこの新星の變光曲線である。圖の下方に記してある数字はユリウス日である(119項)。

1925年の畫架座新星は5月24日に南アフリカのWatsonが二等半の星として発見したものであるが、同年4月13日の寫眞には三等星として寫つてゐた。発見後も緩かに光度を増し、6月9日に至つて極大となり、其後數回光度の増減があつて從來の新星とは全く違つた變光曲線を表した。

新星に關する一般的性質としては、新星の分布は銀河と密接

な關係がある。現在知られてゐる新星で銀緯が 20° 以上のものは極めて少い。又銀經に對しては銀河系の中心の方向と考へられる射手座の方向に最も多く発見されてゐる。極大光度の後スペクトルが著しい變化をする場合、暗線がすべて董色の方に移動し、これを視線速度によるものとすれば毎秒數千軒の大速度で近づく事となる。これと對をなして現はれる輝線は必ず多少赤色側に變位して居り、幅が著しく擴つてゐる。此事實は新星の原因を考へる上に最も重要な事である。

新星の原因については未だ明言することができない。變光曲線に種々のものがあるからすべてが同じ原因によつて起るとは言はれないかも知れぬ。惑星との衝突又は二つの星の著しい接近によつて起るものでないかといふ説があり、又新星の出現後、周圍に星雲の現はれることから、暗黒星雲の中に星が突入して新星の現象を呈するといふ説もある。然し速度は餘り大きくないから星雲と星との衝突によつて數日間に數萬倍の光度に上る事は不可能であらう。爆發によつて起るといふ説は比較的有力であるが、これとても新星のすべての現象を説明するには不十分である。その一つとして白色矮星は密度が大きいため不安定で、これが爆發して新星の現象を呈するのであらうといふ説も出てゐる。

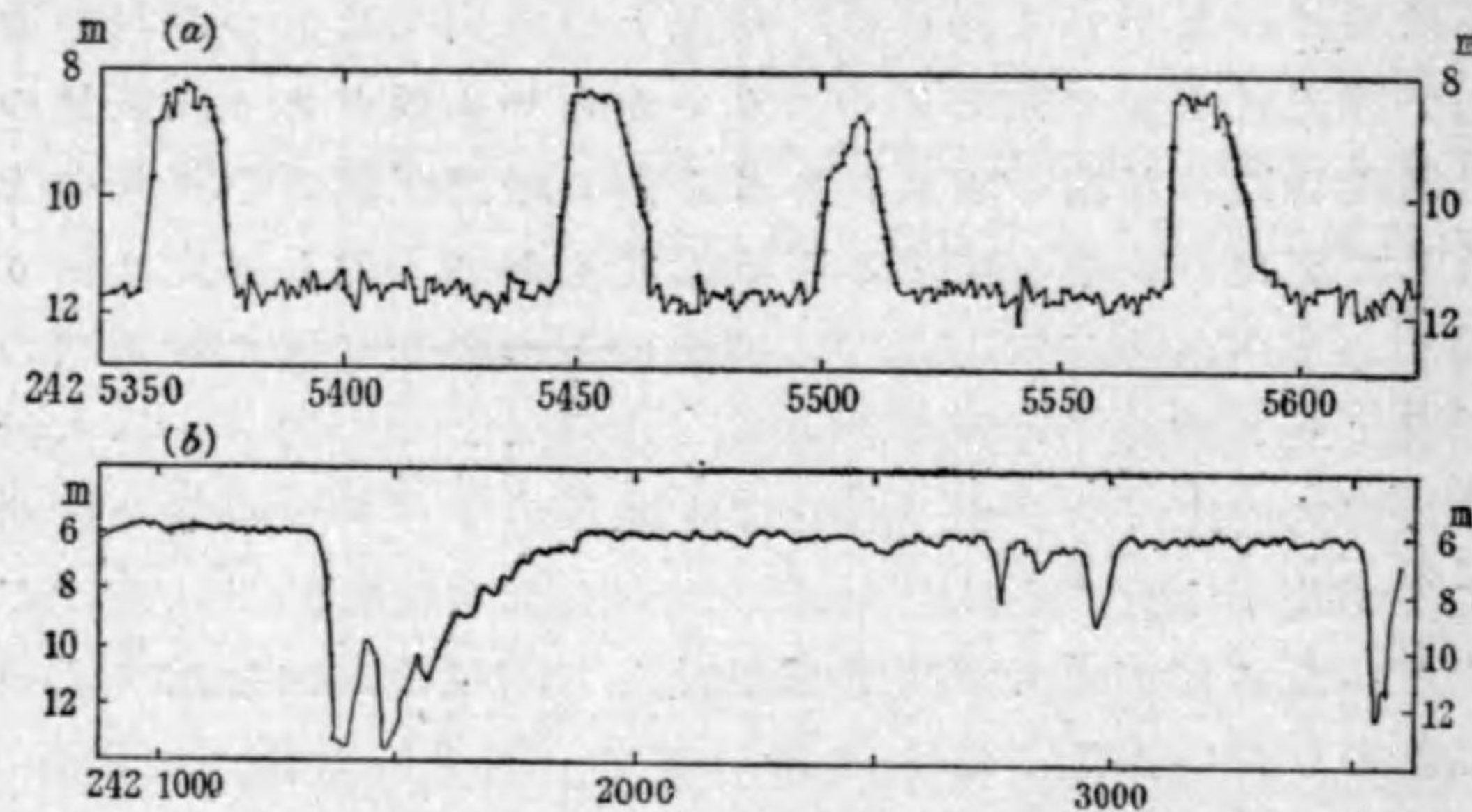
新星は渦狀星雲の中にも澤山発見されてゐる。殊にアンドロメダ座大星雲の中には最も多數に発見された。極大等級は十七等位のものが多いが、變光の性状は銀河系内のものとほゞ同様である。

普通の新星とは稍趣を異にしてゐるが、新星に類似の變光星について少しく述べれば、龍骨座 γ は十七世紀以來二等乃至四等の星として觀測されて來たが、1827年頃一等星となり、其後一旦光度が減少し再び増光して1843年には負一等星となつた。其後は光度が弱くなり、現在は八等星となつてゐる。スペクト

ルは新星に類似し、周圍に星雲も現はれた。又羅針盤座 T は平常十四等星であるが 1890, 1902, 1920 年の三回、七等星となつた。これも新星とほぼ同一原因によつて起るものと考へられる。

191. 不規則變光星 普通不規則變光星と呼ぶのは新星と週期的に變る凡ての變光星を除いた残りの變光星の總稱で種々の種類があるが、大體次の四種に分けることが出来る。

(a). **双子座 U 型** 此種の星は平常は光度の弱いものであるが、時々急に増光して或る大體一定の光度に達しやがて稍緩かに減光するもので、名高いものは双子座 U と白鳥座 SS とである。第 62 圖 (a) は 1928 年の白鳥座 SS の變光曲線である。此種のも



第 62 圖 (a) 白鳥座 SS, (b) 冠座 R の變光曲線

のは現在十數個知られて居るが變光範圍は四五等級に及ぶものもあり、多くは銀河の近くに存在し、スペクトル型は多く高温度のものである。

(b). **冠座 R 型** 此種の星は平常は略ぼ一定の光度で餘り光度が變らないが、時々急激に光度が減じやがて増光して元の光度となるもので、現在此種に屬する星が十數個知られてゐる。冠座 R は其中の最も名高いもので平常は六等星の光輝を有してゐるが、時々不規則に減光して時には十四等星位まで下るこ

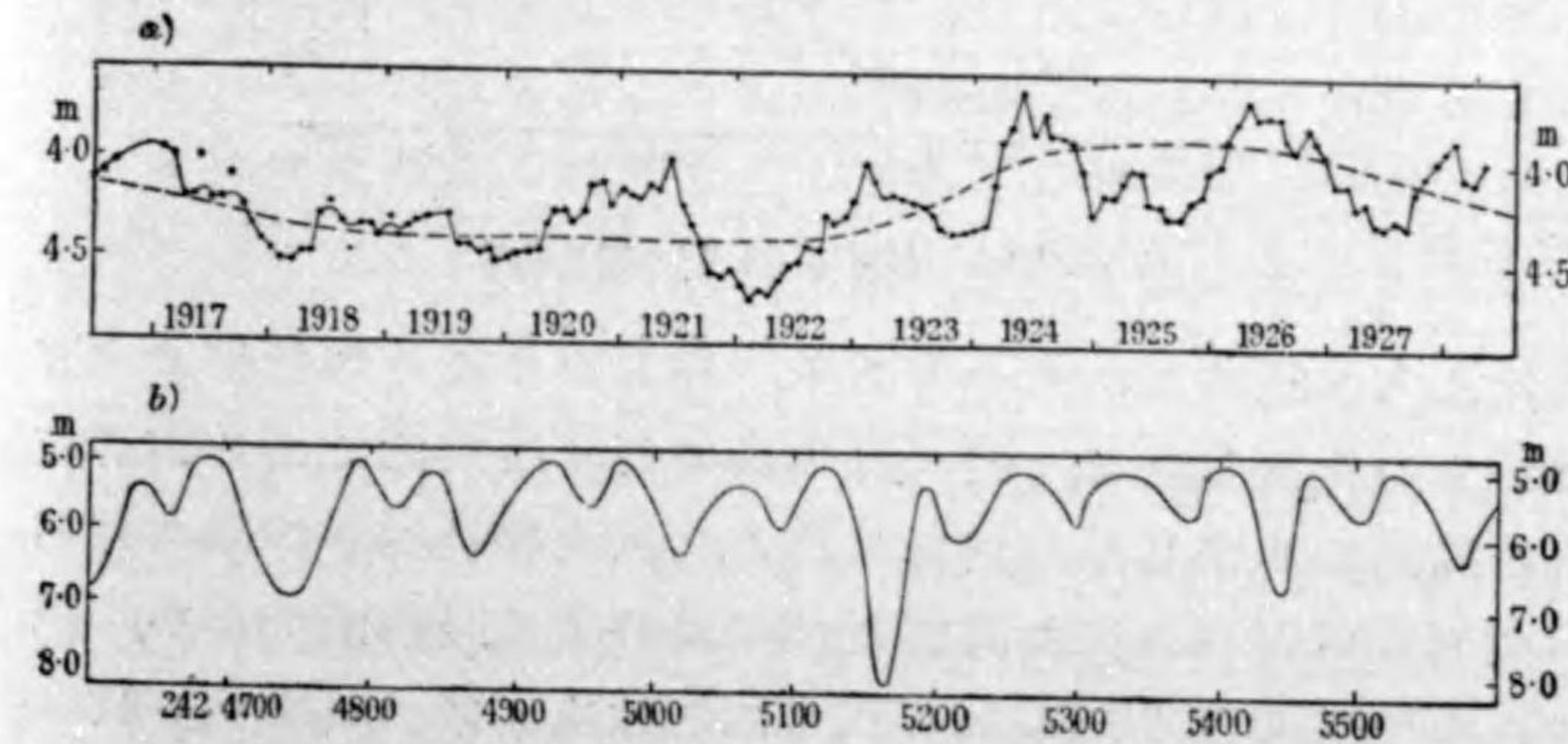
とがある。第 62 圖 (b) は此星の 1916 年から 193 年までの變光曲線である。此種のものには變光範圍の大きいものや小さいものがあるが、銀河附近にやはり密集して居り、變光原因は遮光物質が空間の所々に擴がつてゐる星の前面を掩ふ時に減光するのであらうといふ説が有力である。

(c) **オリオン座 α 型** 時としてはケフェウス座 μ 型とも呼ばれるもので、現在此種に屬するものが數百個知られてゐる。多くは赤色の巨星でスペクトルは M 型又は N 型のものが多く、變光範圍は一等以内である。

オリオン座 α は凡そ六年許りの週期で變るものではないかと考へられて居る。なほ視線

星名	光度	スペクトル
カシオペア α	2.1-2.6	G
ペルセウス ρ	3.3-4.1	M
オリオン α	0.5-1.1	M
蛇 遣 κ	4.1-5.0	K
ヘルクレス α	3.1-3.9	M
琴 R	4.0-4.5	M
ケフェウス μ	4.0-4.8	M
カシオペア ρ	4.4-5.1	G

速度も干涉計で測つた視直徑も (170 項) やはり同じ様に變ると考へられてゐる。此種のものの中、少數は不確乍ら週期が見出されて居り、星の膨脹收縮による變光ではないかと考へられるが詳しい事はなほ不明である。第 63 圖 (a) はケフェウス座 μ の

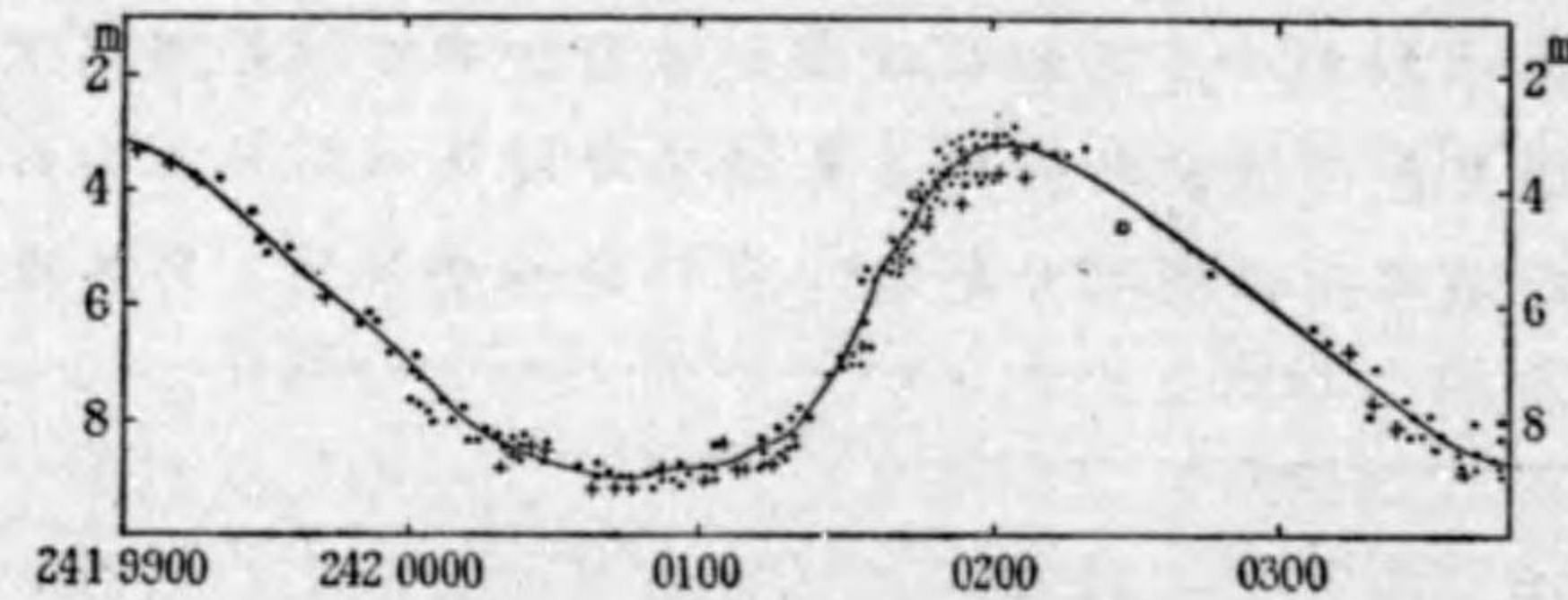


第 63 圖 (a) ケフェウス座 μ , (b) 冠座 R の變光曲線

1917年から1927年迄の變光曲線である。

(b). 牡牛座RV型 此種のもは前記の三種のものよりは遙かに規則的のもので従来は後に述べる長週期又は短週期の特別なものと考へられてゐたが、近頃は別種のものとして取扱はれてゐる。變光範圍は一等乃至三等級位で五十日乃至百數十日の不規則な週期で變光し、變光曲線は琴座 β 型食變光星の項参照)に似て居る。この種のもで名高いものは楯座R、矢座R、牡牛座RV等で、第63圖(b)は楯座Rの1926年から1928年迄の曲線である。現在十數個の星が此種のもで考へられて居り、やはり銀河面に密集の傾向があつてスペクトル型はG型又はK型のものが多い。變光の原因は明かでない。

192. 長週期變光星 長週期變光星とは數十日乃至數百日の週期で光度の變るもので二百五十日から四百日迄の週期のものが最も多い。變光範圍は甚だ大きく、通常四、五等級で時



第64圖 鯨座 \omicron (ミウ)の變光曲線

には八、九等級に及ぶものもある。然し中には一等級位にすぎないものも少しある。變光は大體に於て週期的であるが各極大の間隔は必ずしも一定ではなく、又極大等級、極小等級も毎回一定でないといふ様に嚴密な意味に於ては週期的でない。此種の中で最も古くから知られてゐる鯨座 \omicron についていへば1906年秋の極大には2.0等であつたが、1924年の極大には五等星

に過ぎなかつた。第64圖は此星の1913—14年の變光曲線である。表は此種の星の主なものである。

星名	光度	週期
鯨座 \omicron	2.0—9.6	330
時計座R	4.0—10.2	406
双子座 η	3.3—4.2	235
蠟座L β	3.3—6.3	140
海蛇座R	3.5—10.1	414
白鳥座 χ	4.2—13.2	406

長週期變光星は殆んど皆赤色で大多數はM型のものであり、N型又はS型のものも幾らかある。スペクトルには水素の輝線が著しい特徴である。

N型のもは一般に變光範圍が狭く、一層不規則でS型のもは變光範圍が廣く週期の長いものが多い。週期が四百日以下のものは天空上にほぼ一様に分布して居るが、四百日以上のもは銀河の近くに密集して居る。極小から極大に達するのに急激のものが多い。

長週期のもは固有運動が小さく平均凡そ0.03位であるが視線速度はかなり大きく週期の短いもの程大きい傾向がある。固有運動が小さく、視線速度が大きい事は遠距離にあることを示すもので、極大に於ける絶対等級は零等級位で巨星であると考へられる。最近の研究によれば長週期變光星にも次項に述べる様な週期と絶対等級との間に一定の関係があるらしく考へられるが此場合には長い週期のも程光度が弱いらしい。視線速度のよく觀測されてゐるものは變光の週期と同じ週期で變化するが極大光度の時、視線速度が正の最大の値をとる事は短週期變光星の場合と正反對である。鯨座 \omicron の場合には視線速度の變化から連星系の假定の下に軌道が計算され、又Wilson山の干涉計によつて直徑も測定されてゐる。其等の結果によれば直徑が太陽の數百倍で表面温度は約2000°K、質量は太陽の數倍である。

十數年前英國のPhillipsは長週期變光星の變光曲線の調和分

析を行つて明かに二つの種類に分けられることを發見した。第一種のもは變光曲線の極大から極小に至る日數と極小から極大に至る日數とが略等しい。但し變光曲線は對稱的ではなくて上昇の途中で第二極小を示すか又は増光が一時緩かになる。第二種のもは極小から急激に増光して極大に達し、それから稍緩かに減光する。此様に二種に分けると變光曲線以外の點でも種々性質の差を認めることができる。例へば第一種のもは第二種のものよりも一般に變光範圍が狭い。

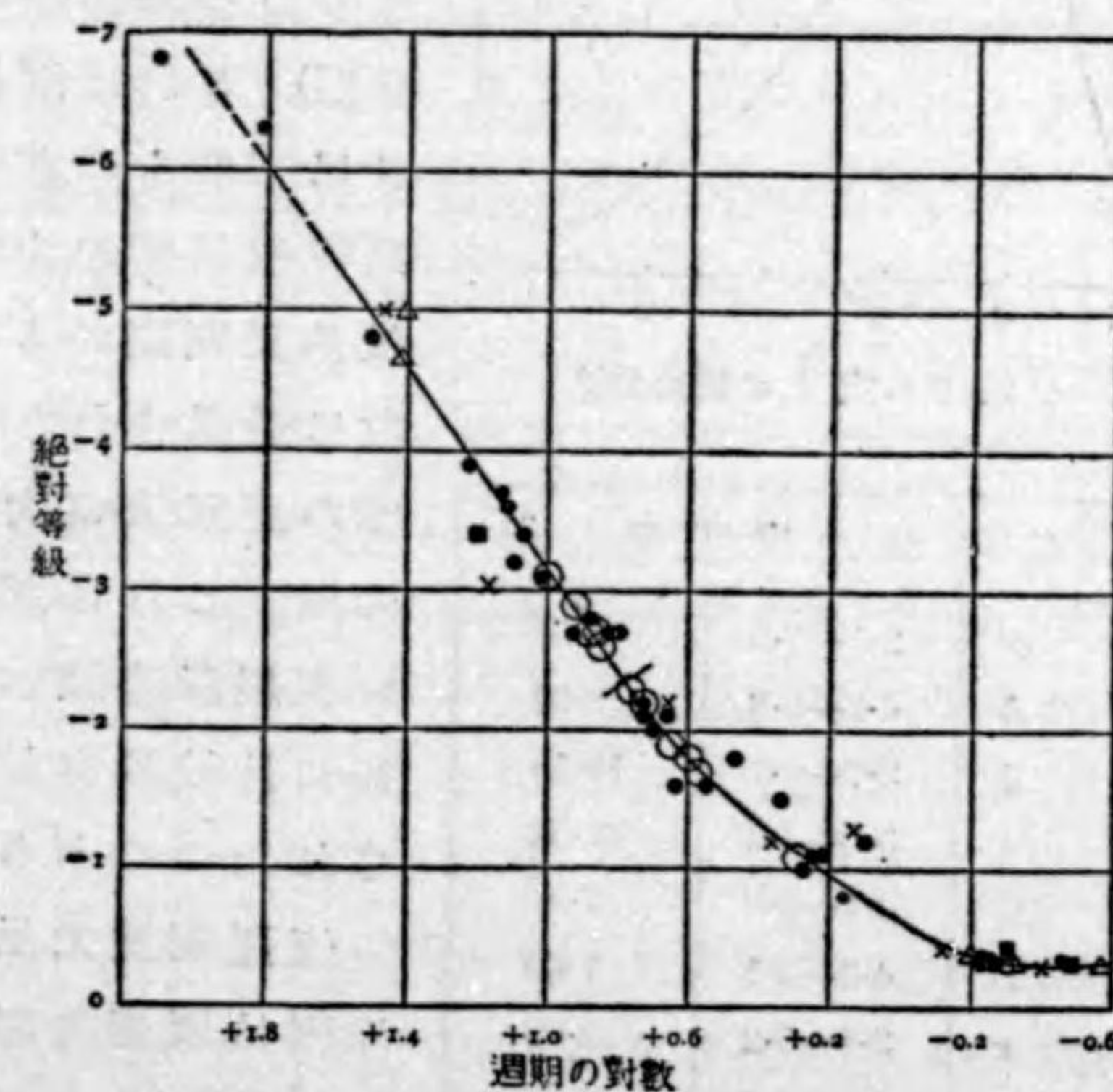
長週期變光星の變光原因は種々研究されてゐるが今でも尙明かではない。次に主なものを挙げれば Eddington は此種の星も次に述べる短週期のものと同様に脈動説で説明が出來ると考へ、米國の Merrill は星の外部に時々週期的に不透明な雲が出來るために變光が起ると説明し、英國の Jeans は分裂しかゝつてゐる星の廻轉によつて起るものであると力説してゐる。然し何れの説にも多少困難な點があつてこれ迄に觀測された種々の事實を完全に説明するものは無い様である。

193. 短週期變光星 は數時間乃至五十日位の週期のもので次に述べる食變光星を除いたものゝ總稱である。此中週期一日以下のものは星團の中に良く發見されるので**星團種變光星**と呼ばれ、一週間前後のものはケフェウス座の星座名を取つて**ケフェウス種變光星**と呼ばれる。短週期變光星全部をケフェウス種といふ事も能くある。

短週期變光星に關する主なる觀測事實は次の通りである。

(1)光度は絶えず變化し、變光はかなり規則正しい。(2)週期は半日及び五日位のものが多數を占め、一日内外の週期を有するものは一つも知られてゐない。(3)變光範圍は一等級以内の場合が多い。併し寫眞等級の範圍は實視等級の範圍より大で、一等級以上のものも相當にある。(4)變光曲線は一般に下降より上

昇の時急であるが、範圍の小さいものでは曲線が對稱的である。(5)スペクトル型は變光の週期と同じ週期で變化し、光度の極大のとき最も高温度のスペクトル型を示し、極小光度の時最も低温度のスペクトル型を示す。(6)平均のスペクトル型は一日以下の週期のものではA型で、週期の長いもの程次第に低温のスペクトル型F, G, K型を示す。(7)視線速度は變光の週期と同一の週期で變化し、光度の極大の時は視線速度の負の最大の値をとる時であり、極小光度の時は正の最大の速度を示す時である。(8)銀河系に屬するものについていへば、週期が一日以下のものは見掛上天空に一様に分布してゐるが、一日以上のものは殆んど全部銀河方面に密集してゐる。(9)視差は極めて小で従つて遠距離にあり、すべて巨星である。(10)週期と絶對等級との間



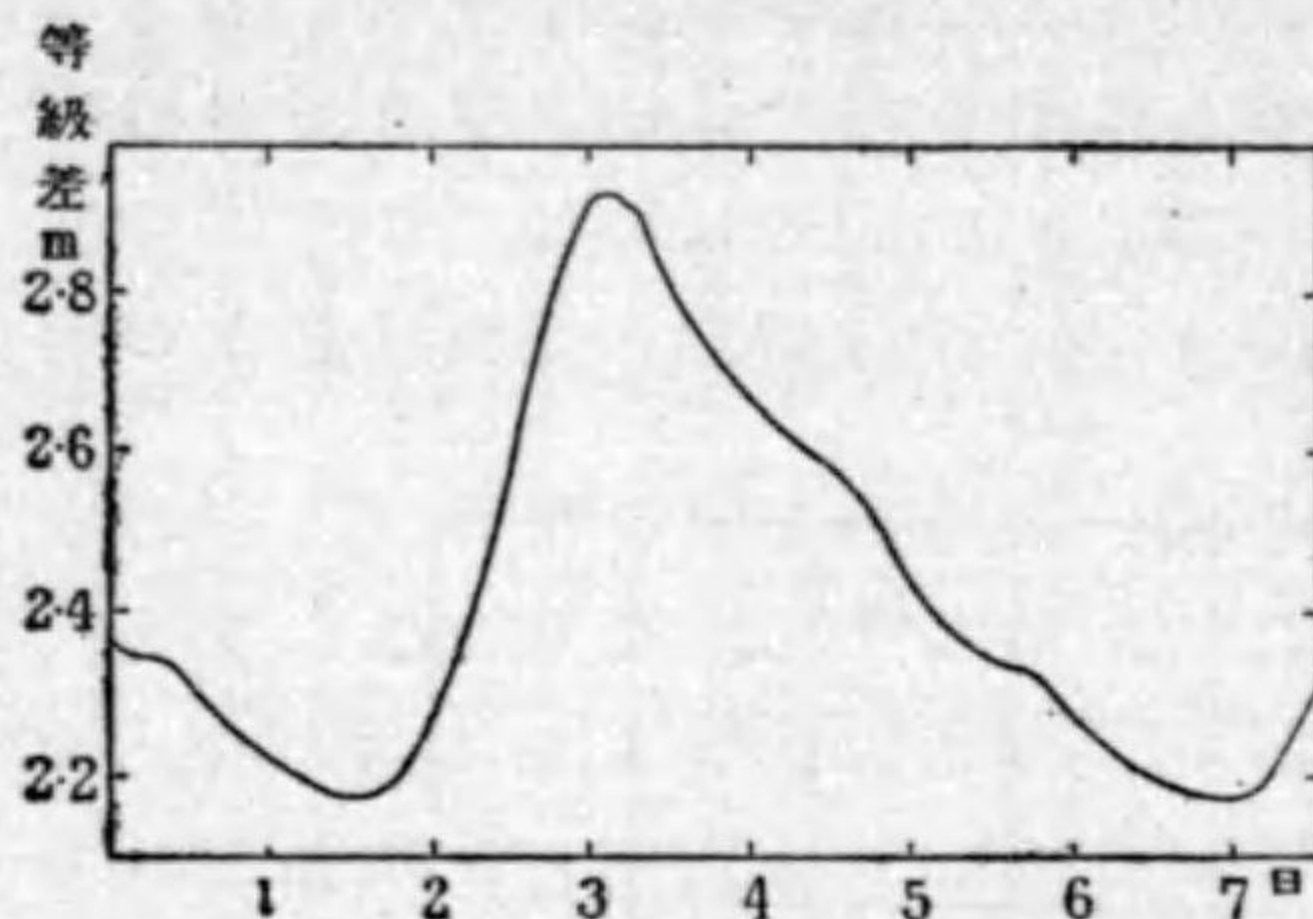
第 65 圖 ケフェウス種變光星の光度週期の關係

Shapley の原圖、●▲○等の記號は
諸種の群屬を示す

には一定の関係があつて絶対等級の高いもの程週期が長い。

これ等の性質の中で最後のものは最も著名な関係で光度週期の関係と呼ばれ、宇宙間の距離を測るに無二の良法である事は既に第26項で述べた通りである(65圖)。變光星の週期がわかれば直ちに絶対等級がわかり、それと實視等級とから距離がわかるのである。何故に週期と絶対等級との間に関係があるかに就いては今尙ほ不明である。

第66圖は此種類の中で最も有名なケフェウス座 δ の變光曲線で、表は短週期變光星の中の主な物である。



第66圖 ケフェウス座 δ の變光曲線

星名	光度	週期
小熊 α	2.1—2.2	3.97
旗魚 β	4.2—5.6	9.84
双子 ζ	3.7—4.1	10.15
龍骨 ι	3.6—4.8	32.52
射手 X	4.4—5.0	7.01
同 Y	4.3—5.1	7.60
孔雀 κ	3.8—5.2	9.09
鷺 η	3.7—4.3	7.08
ケフェウス δ	3.6—4.3	5.37

て居るがまだ十分な説明がされて居ない 現在最も有力なも

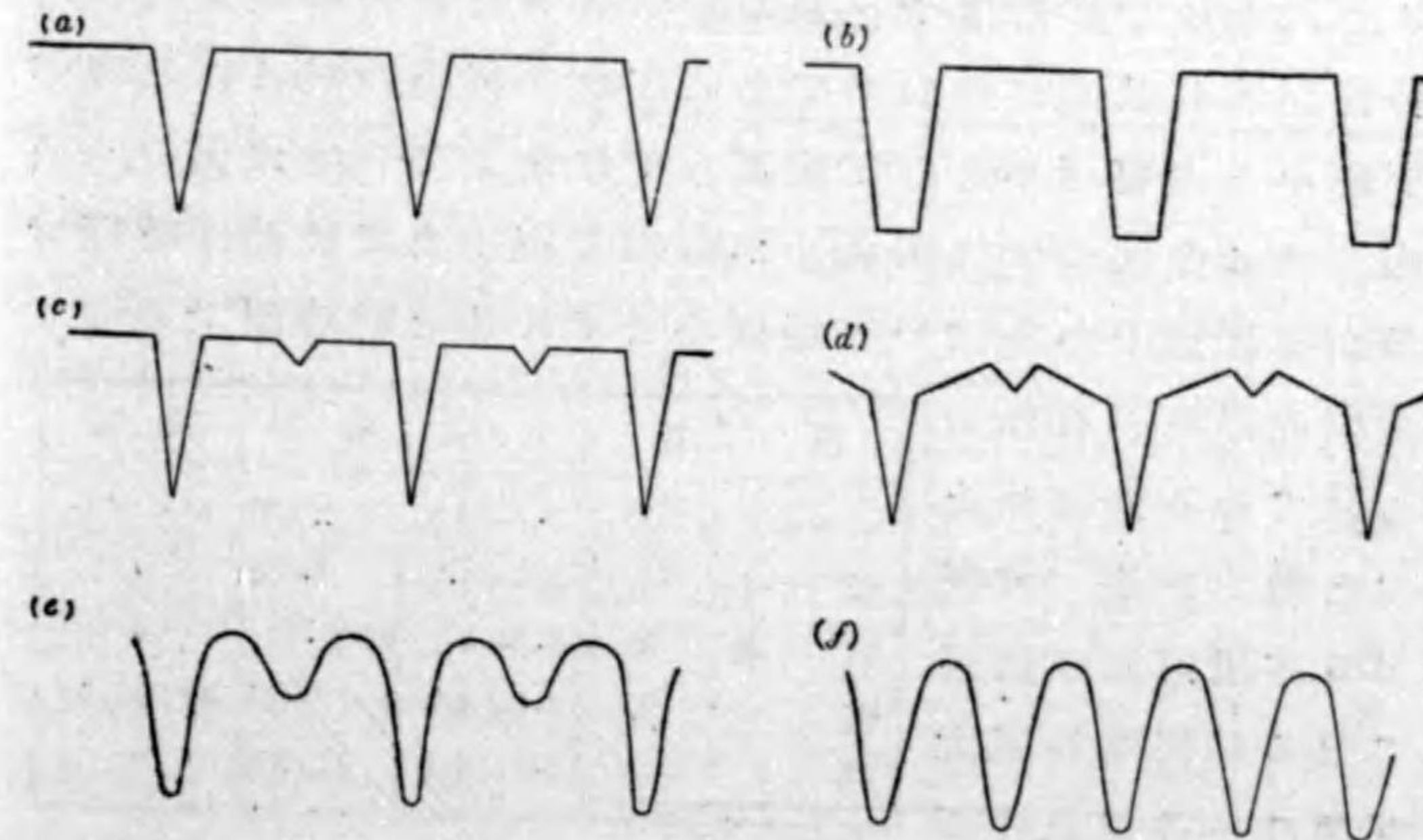
短週期變光星は球状星團の中に澤山発見されてゐる(球状星團の項参照)。これは週期の一以下のもが多い。又渦状星雲の中にも比較的長週期のものが多數に発見された(渦状星雲の距離及び大きさの項参照)。これは週期が長い程絶対等級が高いために比較的容易に発見されたのであらう。

短週期變光星の變光原因は天體物理學上の難題であつて、これまでも多くの研究がなされ

のは、初め Shapley によつて提出され、Eddington によつて理論的に研究された脈動説で、變光の原因を星の脈動に歸するものである。之に對して Jeans は分裂しかけた瓢箪形の星の廻轉によつて變光が起るといふ説を提出して居る。

終りに短週期變光星に類似したケフェウス座 β 型變光星なるものがある事を附け加へて置く。此種のものゝは現在十數個知られてゐるが何れも變光範圍は極めて少く、0.1等級以内であり、週期は0.1乃至0.2日、スペクトル型はB又はAである。變光曲線や視線速度の振幅は時によつて著しく變るので、短週期變光星と果して同じ原因によるものか否か疑問となつて居る。

194. 食變光星 食變光星とは空間に於て二星が相互の引力によつて廻轉してゐる場合、其軌道面が偶然太陽系の方に向ひてゐる爲めに、一つの星が他の星の前を通る時、日食と同様の現象を起すので光度が一時的に減少するものをいふのである。此様な變光の原因は英國の Goodricke が約百五十年前にペルセウス座 β (アルゴル)を觀測して其週期を求めた折に想像した説



第67圖 食變光星の變光曲線各種

であつたが十九世紀の末 Vogel. が視線速度の研究によつて其考の正しい事を證明したものである。日食に皆既食金環食部分食等の差別がある様に、食變光星の食にも種々のものがある。第67圖は食變光星の種々の變光曲線を示すもので、a), b)は暗黒な伴星が主星のまはりを廻る場合で、前者は部分食後者は金環食の場合である。c), d)は主星は明るく、伴星も少しく光を放つ場合で、深い極小(即ち主要極小)の間にある浅い極小(即ち第二極小)は伴星が主星によつて隠されることによつて起るものである。又伴星が主星の光を反射する場合が d)の曲線でペルセウス座 β の精密な光度計による變光曲線は是に似てゐる。以上の様な曲線を示す變光星を普通アルゴル型變光星と呼ぶが、この他にも e), f)の様な型の食變光星が少くない。これは二つの星が著しく接近して居るために光の反射の影響が著しく、従つて絶えず光度が變るもので、e)は二星の大きさが異なるもの、f)は大きさが等しいものである。通常 e)の様な變光曲線を示すものを琴座 β 型、f)の様な變光曲線を示すものを大熊座 W 型と稱する。以上は二星の形や軌道の形が圓形な場合のみを考へたものだが若し軌道が橢圓形であれば第二極小の現はれる時が主要極小と主要極小との丁度真中ではなくて一方に偏る。白鳥座 Y はこの適例で主要極小から第二極小までは約33時間であるが、第二極小から次の主要極小までは凡そ39時間である。

食變光星は三百餘個知られてゐるが表はその主な物である。食變光星も亦銀河面に密集して居るが密集の程度は週期の一日以上

の短週期變光星程には著しくない。視線速度の變化は百數十 km

星名	光度	週期	種類
ペルセウス β	$2.3^m - 3.5^m$	2.867	アルゴル
牡牛 λ	3.8-4.2	3.953	"
取者 ϵ	3.3-4.1	9900.	"
蝃 V	4.1-4.9	1.455	琴 β
琴 β	3.5-4.1	12.908	"

程度のもを普通とし變光範圍は一等級内外のものが多く三等以上ものは少い。

食變光星の光度を精密に測定して正確な變光曲線を求めることが出来れば、それと視線速度の觀測とから軌道の傾斜と二星の相對的大さを定める事が出来、更に軌道並に各星の實大及び質量を求める事が出来る(分光器的連星の質量の項参照)。

第十五章 連 星

195. 複星 天球に於て二つ以上の恒星が一二分以内の距離に接近して見えるものを複星といひ、二つの場合に之を二重星といふ。例へば大熊座 γ は2.4等と4.0等の二星より成り其間の距離が $14''$ ある。雙子座 α (カストル)も亦2.0等と2.9等の二星より成り其間の距離が $4''$ であるので有名な二重星であるが、もう一つ中心から $73''$ を距てた所に9.0等の小星がある。

複星は1780年頃までは餘り注意されなかつたが W. Herschel が始めて之を觀測して700の二重星の表を遺した。其後露國の Struve 親子 (W. 及び O.), 近頃では Lick 及び Yerkes 天文臺に於ける Burnham, Aitken 等の専門家によつて數千の二重星が發見され又觀測された。1906年に出版された Burnham の表には1,3665個の星對が記述されてあるが之は重に北半球に於けるもので南半球の方はまだ精しく調べられて居ない。

どれだけの距離に接近して居るものを二重星とするか、それは勿論約束次第であるが Aitken が提起した制限は大體二等以上の恒星に $40''$ 、六等星に $10''$ 、九等星に $5''$ といふのである。此範圍内に入るものは北半球だけに5400個あつて九等迄の恒星の總數の約十八分の一である。 $6''$ 以上のものに就いては、此割合は増加して九分の一となる。之によつて如何に二重星が多數に存在するか知られるのである。

複星の相對的位置を測るには普通動糸測微器を用ひ、二星の間の距離と方向角とを測る。極接近して居る二重星を觀測するには口径の大きな望遠鏡を用ひなければならぬ(32項)。更に接近して居るもの即ち二つの星像が重なり合つて幾分橢圓形に見える様なものには干涉計(169項)を用ひる必要がある。接

近した二重星の觀測に寫眞を應用する事は出来ない。

196. 實視連星 言ふ迄も無く複星には偶然に同じ方向に見えるものと、實際空間に於て接近して居て相互に引力を及ぼして居るものと二種ある。後者を實視連星又は連星といふ。偶然的なものゝ一例はヘルクレス座 δ で、その偶然的である事は二星の固有運動が共に等速な直線運動になる事によつて明かである。一般に固有運動の大きさ及び方向が略ぼ等しいもの即ち相對的固有運動の比較的小さいものは連星である。其意味に於て星群(138項)は一大連星系であるが然し餘りに個數の多いものは普通連星とは言はぬ。

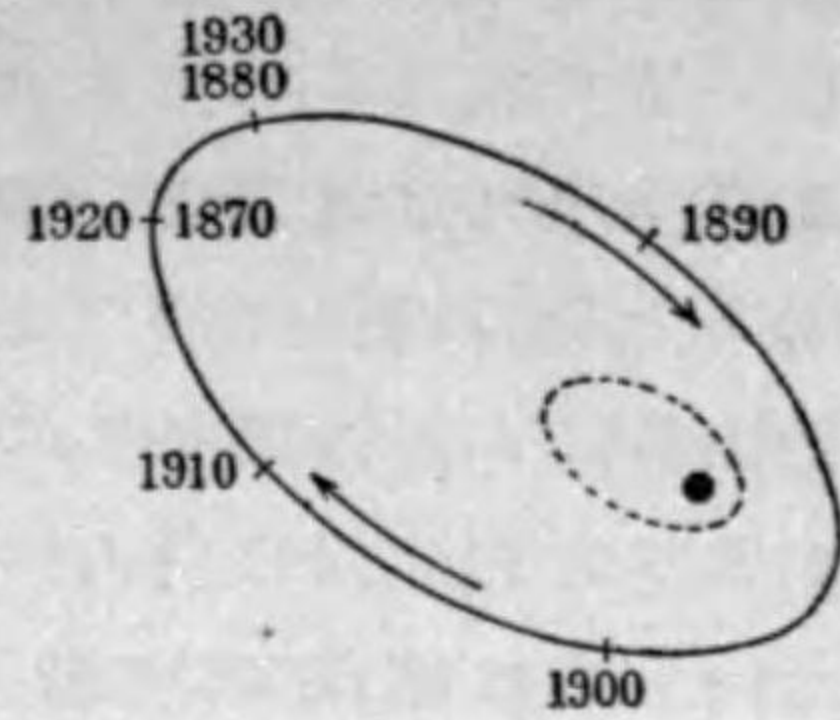
一の連星系に於て個々の星を指定するのに光度の順に附されたA, B, C...等の記號を用ひる。又最大光度の星即ちAを主星といひ他を總稱して伴星といふ。

連星の球面運動は普通主星に對する相對的軌道によつて表はされる。之を視軌道といふ。視軌道は二體の場合一の橢圓になる。それは天球面の小部分が平面と見られる事、並に橢圓の正射影が矢張り橢圓である事による。焦點の位置は主星の位置と合はないが面積速度の法則は視軌道の上でも成立する、何故なれば面積の比は實軌道と視軌道とに對して一定だからである。視軌道は時として直線(大圓)になる。髮座42が其適例である。

197. 實視連星の軌道 の要素は大體惑星の軌道要素と同じで、此場合軌道を天球面に對して表はすのが最も便利である。要素は次の七つである。

- T 近點通過日時,
- P 週期、通常一年を單位とする,
- a 實軌道の半長徑、角の秒を單位とする,
- e 離心率,

Ω 交点の方向角,昇交点降交点の差別を設けず常に 180° 以内にとる。



第68圖 シリウスの伴星の視軌道 (点線は重心の軌道)

- ω 主星から見た交点から近点迄の間の角運動の方向に 360° 迄測る。
- i 天球面に對する傾斜, ±90° 以内にとる。

此外に視運動が順行か逆行かを區別する必要がある。傾斜は交点に於て伴星が太陽に

遠ざかる場合を正とし反對の場合を負とするが其符號は視線速度の觀測が無ければ決定されない。

一例としてここにシリウスの伴星の軌道要素を掲げる (Aitken)。

T	1894-1933	Ω	42.71
P	50.04	ω	145.69
a	7.570	i	43.31
e	0.5945		視運動逆行

年週視差を π とすれば軌道の半長徑 a の實際の距離 A は簡単に次の式によつて表はされる。

$$A = a/\pi \text{ 天文單位}$$

シリウスの視差は 0.371 であるから A は 20.4 天文單位で太陽系内の天王星の平均距離に近い。

連星の軌道は週期の短かいものでなければ良くきめられない。週期の最も短かいのは駒座 δ の 5.7 年, 鯨座 13 の 6.9 年で百年以上のものが普通である(駁者座 α の事は後に連星の距離の項に述べる)。連星の軌道の大略わかつて居るものは約八十個で特に惑星の軌道と比べて違ふ點は離心率の著しく大きい事で

ある。最も其値の大きいのは牛飼座 σ の 0.96 で Halley 彗星の離心率と大差なく實視連星全體の平均は 0.50 といふ大きい値である。

198. 實視連星の質量 m_1 を主星, m_2 を伴星, ⊙ を太陽, E を地球の質量とすればケプレルの第三法則によつて

$$\frac{m_1+m_2}{\odot+E} = \frac{A^3}{P^2}$$

である。E は ⊙ に比して非常に小で且つ A は第 179 節の式で表はされるから

$$m_1+m_2 = \frac{a^3}{\pi^3 P^2} \text{ 太陽單位}$$

となる。シリウスの場合に之を適用すれば

$$m_1+m_2 = 3.40$$

となる。

m_1 と m_2 を分離するには重心の位置を知らねばならぬが、それは多數の比較星 (177 項) に對照して良くきめられる。L. Boss の定めたものによれば重心からの距離の比即ち m_1/m_2 の値は 1:0.893 である。それであるから太陽を單位とする兩者の質量は

$$m_1=2.44 \quad m_2=0.96$$

である。

199. シリウスの伴星 シリウスは標準星又は測時星 (Time star) として良く觀測された物であるが其位置が或時は進み或時は遅れ正確な計算と合はない。Bessel は今から約九十年前之を研究して原因を見えない伴星に歸した。露國の Peters は其後シリウスの軌道を計算したが伴星は見る事が出来なかつた。所が茲に米國の望遠鏡製作者 A. Clark は 1862 年に、自分で製作した十八吋の屈折望遠鏡を試す爲めシリウスに向けて計

らず八等星大の伴星を発見した。それが丁度 Bessel と Peters が豫想したものだつたのである。伴星は其後屢々観測されて軌道の要素が良くきめられ同時にシリウスの視差も良くきまつたので前項に述べた通り兩者の質量がかなり正確に求められるに至つた。

伴星の實視等級は 8.44 で, Adams によればスペクトル型は FO より少し A に近い。さうすれば表面の温度は約 8000°K であるわけで(168 項)それによつて實視等級を熱量等級に直せば 8.38 となる(167 項)。視差は前項に記した通り 0".371 であるから、それから絶対熱量等級を出せば +11.23 となる(178 項)。一方太陽の絶対熱量等級は +4.83 であるから熱量による等級の差は 6.40, 光度の比は 1:363 である。

Stefan の法則によれば一定の面積から出る全輻射の量即ち熱エネルギーの總量は絶対温度の四乗に比例する。8000°K と 6000°K との四乗の比は 3.16 である。それであるから太陽の表面積に対する伴星の表面積は

$$1:363 \times 3.16 = 1:1147$$

となり容積の比は 1:38800 となる。伴星の質量は太陽に比して 0.96 であるから比重の比は 37200:1 でなければならぬ。太陽の平均比重は水を 1 として 1.41 (75 項) である。それであるからシリウスの伴星の比重は水の 5,2500 倍でなければならぬ。

如何に天界のものとは言へ水の 5,0000 倍以上の比重の物が自然界に存在するとはどうして信ぜられよう。此様な結果が出るのは何處かに根本的な誤がある爲めではないか、と誤の個所を探して見るがどうしてもわからない。さういふ風に一部の天文學者は近頃まで此問題に行惱んで居たのである。ところがここに一つ意外な理論が現はれて此問題を解く爲めの有力なヒントを與へた。それは彼の有名な相對律である。相對

律によれば引力の場から出る光は固有時の差違によつて波長を變へる(87 項)。波長の變化は簡単に次の式によつて表はされる。

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{m}{r}$$

こゝで m は質量を引力單位で表はしたもので太陽に對して 1.47km (70 項), r は質點からの距離, λ は波長, $\Delta\lambda$ は其變化である。シリウスの伴星の質量は太陽の 0.96 倍であるから m は 1.41km である。半径は太陽の半径の $1/\sqrt{1147}$ であるから表面に於ける r は 2,0500km である。それであるから $\Delta\lambda/\lambda$ は 0.69×10^{-4} である。 λ の此變化を視線速度による變化(135 項)即ち

$$V = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} \quad (c \text{ は光速})$$

と見なして V を求むれば, +21 km/sec となる。

視線速度 21 km/sec に相當するスペクトル線の變位は決して小さいものでは無いが此場合 11".3 を隔て $\lambda - 1.6$ 等のシリウスが輝いて居る。其爲に唯見る事さへ困難な星のスペクトルを寫眞に取り、それから視線速度を求める事は容易ならぬ仕事である。然るに Wilson 山天文臺の臺長 Adams は百吋の反射鏡を用ひて遂に此事を確めた。観測から求めた速度は +19 km/sec で計算から出たものと少しの違ひはあるが問題の性質上それ位は寧ろ當然である。其後 Lick 天文臺でも之を測つて矢張り同様の結果を得た。此の如くして物理學上の大問題であつた相對律と水の 5,0000 倍の比重といふ驚くべき事實が同時に確められた。

シリウスの伴星の比重が此様に大きいのは Eddington の説によれば内部の物質原子が非常な高温と強大な壓力とによつて殆んど全部核と電子とに分たれ、壓縮されて居る結果だといふ。

シリウムの伴星は比較的近距离に在つて且つ連星系に屬する爲めに早くも其特性を認める事が出来た。宇宙間には此種の天體がかなり多數に存在するであらう。現に其疑の最も多いものは次の二星である。

星名	實視等級	絶對等級	質量	種型
Procyon の 伴星	13.0	15.5	0.4	不明
エリダヌス座 α	9.7	11.4	0.44	AO

200. 分光器的連星 恒星の速度が週期的に變る場合が澤山ある。それは何の爲かといふに特別な場合、例へば變光を伴ふもの又は週期の特に短かいものを除いては一般に連星系を成して居る結果と見られる。現にスペクトル線が二本から成つて居て兩方が反對の位相を以て動搖する例も少くない。二星の光度が餘り遠はぬ場合にはさう見えて、二等以上も遠ふ場合には一方しか見えないのが當然である。此等を總稱して分光器的連星といふ。週期は2^h25(小熊座 γ) から15年(海蛇座 ϵ) 位まであるが短週期のものは眞に連星であるかどうか疑はしい。既に知られて居る分光器的連星は千個以上で其中約六分の一は複線を示すものである。

分光器的連星の視線速度を時に對して表はしたものを速度曲線といふ。此曲線は多く波形になるが波の山の形は場合によつて一方が非常に尖り反對に他のものが扁平になる場合が良くある。極大極小間の間隔も違ふ場合が多い。

201. 分光器的連星の軌道 空間に於ける二體運動を視線の上に射影したものが即ち其視線運動である。 a を相對的軌道の半長徑, n を平均運動(平均角速度), e を離心率, i を軌道面と天球面との間の角 ($0 < i < 90^\circ$), v を眞近點距離, ω を近點と交點との經度差とすれば相對的視線速度は二體運動の式によつて

$$V = \frac{na \sin i}{\sqrt{1-e^2}} (\cos \lambda + e \cos \omega), \quad \lambda = v + \omega$$

となる。二體の眞軌道の半長徑をそれぞれ a_1, a_2 とし眞視速度を同じく V_1, V_2 , 重心速度を V_0 とすれば

$$a = a_1 + a_2$$

$$V_1 = \frac{a_1}{a} V + V_0, \quad V_2 = -\frac{a_2}{a} V + V_0, \quad V = V_1 - V_2$$

となる。それであるから

$$C = \frac{na_1 \sin i}{\sqrt{1-e^2}}, \quad \gamma = Ce \cos \omega + V_0$$

と置けば

$$V_1 = C \cos \lambda + \gamma$$

である。 C, γ は常數であるから V_1 は λ が 0° 又は 180° の時即ち二體が交點に在る時、極大、極小となる。 V_1 の極大極小の平均が γ で、差の二分の一が C である。それであるから速度曲線から直ちに此二つの常數が求められる。 C, γ がきまれば任意の時 t に對する $\cos \lambda$ がわかる。 $\cos \lambda$ から λ の値は二通り出るが t と共に増加するといふ條件で、それがきまる。任意の t に對する λ から $d\lambda/dt$ がわかり、それから動徑の變化がわかる。それは面積速度の二倍を h として

$$\frac{d\lambda}{dt} = \frac{dv}{dt} = \frac{h}{r^2}$$

の関係によるので

$$\rho \equiv \left(\frac{d\lambda}{dt} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

と置けば ρ は r に比例し極小値 ρ_1 と極大値 ρ_2 とから

$$e = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

の式によつて離心率 e が求められる。 ρ_1 に相當する時は即ち近點通過の時 T で其時の $\lambda(v=0)$ が即ち ω である。それで T と ω がわかる。又

$$a_1 \sin i = \frac{\sqrt{1-e^2}}{n} C = \frac{C \sqrt{1-e^2}}{2\pi} P$$

の式に於て週期 P から $a_1 \sin i$ がわかる。此様にして P の外に $T, \omega, e, a_1 \sin i$ は求められるが交点の方向 Ω は求める事が出来ぬ。又 a_1 と i とは分離する事が出来ぬ。問題の性質上これは致し方の無い事なのである。第二體の観測が出来る場合には更に $a_2 \sin i$ がわかる。

分光器的連星の離心率は一般に小で平均約 0.17 である。短週期のものは特に小で週期六日以内のものゝ平均は 0.06 に過ぎぬ。實視連星と分光器的連星と一處に考へて週期と共に離心率の減ずる事は著しい現象である。

202. 分光器的連星の質量 二體の質量を m_1, m_2 とすれば

$$m_1 a_1 = m_2 a_2$$

であり又 Kepler の第三法則によれば距離を天文單位、質量を太陽、週期を年の單位で表はして

$$m_1 + m_2 = (a_1 + a_2)^3 / P^2$$

である。それで、今 $a_1 \sin i, a_2 \sin i, m_1 \sin^3 i, m_2 \sin^3 i$ をそれぞれ $\alpha_1, \alpha_2, \mu_1, \mu_2$ とすれば

$$\mu_1 \alpha_1 = \mu_2 \alpha_2 \quad \mu_1 + \mu_2 = (\alpha_1 + \alpha_2)^3 / P^2$$

となつて之から μ_1, μ_2 を出せば

$$\mu_1 = \alpha_2 (\alpha_1 + \alpha_2)^2 / P^2, \quad \mu_2 = \alpha_1 (\alpha_1 + \alpha_2)^2 / P^2$$

となる。之によつて α_1, α_2, P とから μ_1, μ_2 が求められる。

μ は常に m よりも小で、それによつて質量の最小限がわかる。Plaskett が一角獣座の中に発見した $B.D. + 6^\circ 1309$ 星は

$$\mu_1 = 75, \quad \mu_2 = 63 \quad (\text{太陽} = 1)$$

で恒星中質量の最大なるものと言はれる。光度は六等、スペクトルは O8 型である。

分光器的連星は B 型の恒星に多くさうして一般に其質量が

大きい。F 型以下には極少数である。

分光器的連星が同時に食變光星である場合、分光器的連星として

$$e, \omega, a \sin i, m_1 \sin^3 i, m_2 \sin^3 i$$

がわかり、食變光星として i と、二星の半徑 b_1, b_2 と a との比とがわかるので

$$a, m_1, m_2, b_1, b_2$$

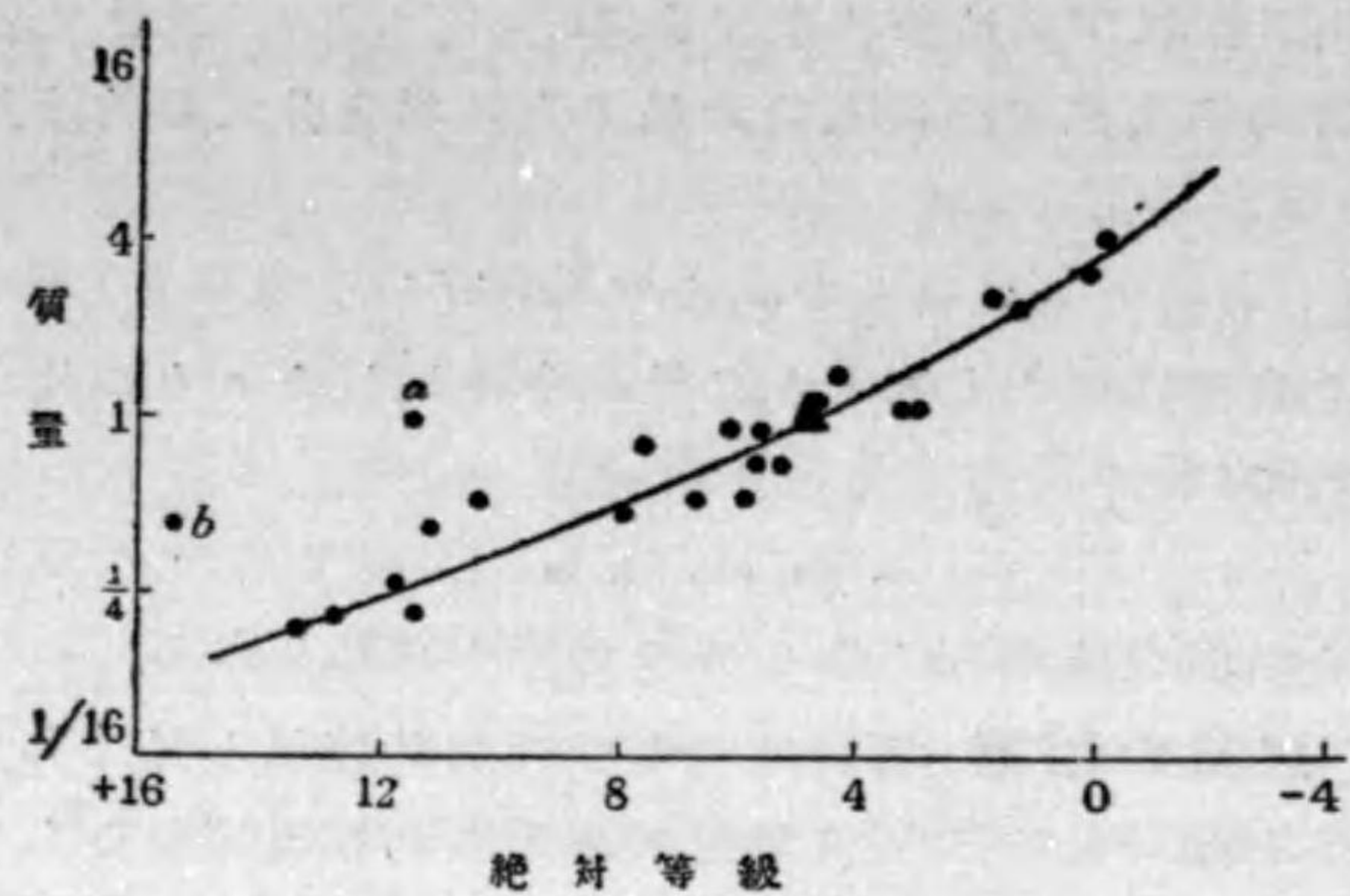
が求められ、質量と半徑とから各の密度が求められる。

203. 連星の距離 實視連星を分光器的連星と見て其公式を適用すれば $a \sin i$ が天文單位で求められ、實視連星としての軌道から i が求められ a が又秒の單位で求められる。後の a を a'' で表はせば 197 項の式によつて

$$\pi = a'' / a$$

である。之から容易く年週視差 π が求められ、それから距離が求められる。之が絶對的に恒星の距離を求める一の方法である。數多の連星の視差は此方法によつて求められ其結果を三角法的視差と比較して観測誤差以上の差の現はれない事が確められた。

馭者座 α (カペラ) は分光器的連星であるが 1920 年に Anderson 及び Merrill が干涉計 (169 項) を用ひて二星の角距離 ($0''.045$) と方向角とを測り、それから實視連星としての軌道を計算した。さうして上の方法により兩方の結果を比較して視差 $0''.063$ を求めたが、此結果は三角法的に求めた相對的視差 $0''.067$ と良く合ふ。連星としてのカペラの光度は 0.8 及び 1.1 等で週期は 0.285 年、此種の研究には最も適した對星なのである。尙ほ其スペクトル型は G0 と F5、二星の間の平均距離 a は 0.85 天文單位、絶對等級は -0.2 と 0.1、質量は太陽を單位として 4.2 と 3.3 で此場合何もかも良くわかつて居る。



第69圖 質量と絶対等級との関係

204. 質量と絶対等級との関係 絶対等級と質量とが追々、多数の恒星に就いてわかつたので其等の結果を総合的に研究して見る事が出来る様になつた。それに就いて最も著しい事は、恒星の大きさにも絶対等級にも相當大きい差があるに拘らず質量には餘り大きい違ひの無い事である。是迄に知られて居るもので最も質量の小さいものは實視連星 Krüger 60 B の0.16で最も大きいのはPlaskettが発見したO型星の75以上の物で(202項)兩者の比は1000を超えない様である。次に著しい事は質量が絶対等級と関係のある事で數量的にそれを表はしたものは次の通りである。

絶対等級	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0	2.5	0.0	-2.5
質量(☉=1)	0.14	0.22	0.34	0.55	0.91	1.72	4.0	12
十倍の光度に對する質量の比	1.6	1.5	1.6	1.7	1.9	2.3	3.0	

第69圖は比較的確かな材料二十五種によつて出した曲線で右端の點はカペラの主星、中央の三角は太陽、左方のa、bはそれぞ

れシリウス及びプロキオンの伴星(白色矮星)に相當する點である。a、bの二點を除外すれば各點と曲線とは大略重なる。

上の表によれば等級の差2.5即ち光度比10に對する質量の比は1.5乃至3.0で平均1.9である。此事は質量の大きいもの程割合に多く光を發する事を表はし、平均の場合質量が二倍になれば光度は十倍以上に上る事を示す。後に述べる通り恒星が輻射によつて質量を減ずるとすれば質量の大きいものは比較的早くそれを減じて小さいものと平均する傾向を持つわけである。恒星の質量が一定に近い事の理由は此事に歸するであらう。

205. 恒星の内部構造 見えない恒星の内部を理論的に推定するのは餘程むづかしい事だが見えない分子や原子の構造を理論的に論ずる事と比べて大きい相違は無い。事實はどうか知らぬが、Eddingtonは割合にそれを簡単なものと考へて居る。然し何れにしても何かの假定が必要で結論の眞價は主としてそれによつて決するわけである。Eddingtonの假定は次の如きものである。

- (1) 恒星を組織する物質は完全な瓦斯である。
- (2) 恒星の内部に於ては原子は殆んど完全に電離して居て平均の分子量は約2である。
- (3) 輻射壓と瓦斯壓との比は一の恒星の内部に於て一定であつて、それは唯全質量のみによつて定まる。

Eddingtonは此等の假定と繁雜な運算とによつて先づ輻射壓の係數 $1-\beta$ と全質量との關係を次式によつて表はし

$$1-\beta = 0.061M^2\beta^4$$

さうして結局、熱量等級Aを次式の通り表はした

$$A = 7.2 - 3.75 \text{Log}(1-\beta) - 3.5 \text{Log} M - 2 \text{Log} t$$

但しtは表面の絶対温度で常數7.2はカペラに一致する如く

定めたものである。尚ほ此に對する修正 $-2 \log t$ は 5200° を t の單位と取る事により 1.2 等以内となり、それに対して常數 7.2 は -0.2 に變る。

Eddingtonが上述の假定によつて理論的に求めた太陽の中心の溫度は大約 $4000,0000^\circ\text{K}$ で密度は水の約76倍である。矮星の中心溫度は大略一定であつて巨星の中心溫度はそれよりも餘程低い。次の表は三つの標本的な矮星に對する値である。

星名	種型	光度	質量	平均密度	表面溫度	中心溫度
アルゴル	B	150	4.3	0.15	$1,2000^\circ$	$4000,0000^\circ$
太陽	G	1	1.0	1.4	6000	4000,0000
Krüger 60 ¹	M	0.01	0.27	9.1	3000	3500,0000

光度と質量は太陽單位、密度は水を一としたもの、溫度は何れも絶対溫度である。Eddingtonの理論は物理學上の新學説を取入れて居る點に於て他に類を見ないものであるが確實性に乏しいのは遺憾である。問題が問題だけに止むを得ない事であらう。

第十六章 星團及び星雲

206. 散開星團 星群の事は既に述べたが(188項)星群と散開星團との差別は唯見掛上の事で空間的には同一のものと見られる。現にPleiades及びHyadesの如きは丁度中間のもので何れの種類に入れても良いものである。Hyadesの事は星群の所で述べたからこゝには説かない。

Pleiadesは牡牛座の中に在つて六連星(むつらぼし)とも稱(すばる)とも呼ばれ支那では之を「宿」と稱し二十八宿の一に數へる。印度もアラビヤも同様である。肉眼で見える星の數は普通六個だが視力の強い眼には十個以上を數へる事が出来る。Trumplerの研究によれば擴がり直径6に及ぶが肉眼にはそれ程に見えない。望遠鏡的に數へられる星の數は250個位で光度

は3等より14等に及ぶ。光度の大きい星は主にB型で赤色の巨星は見えない。分光器的に測つた距離は約330光年である。

蟹座の中にはPraesepeといふ散開星團があつて肉眼にも氣が附く。髮座は大きい星の無い星座であるが其中に矢張り星團がある。彗星の頭部を髮といふと同じ意味で星座の名はそれから出たものと見える。もう一つ散開星



第70圖 ヘルクレス座星狀星團

團で著明なものはペルセウス座の κ 及び ν である。二重の星團で星の数は数千に上る。

207. **球状星團** 天球上に見える球状星團の数は七十を超え、それが皆同じ様に圓形に見えるので空間的に球状である事は疑が無い。星の数は非常に多く少くも數萬に上る、其點で明かに星群竝に散開星團と區別される。最大の球状星團はケンタウルス座 ω で直徑約 30', 次に大きいのは巨嘴鳥座 ϵ (又は 47) で直徑 27' 北半球で最も大きいのはヘルクレス座星團で直徑約 11' である。

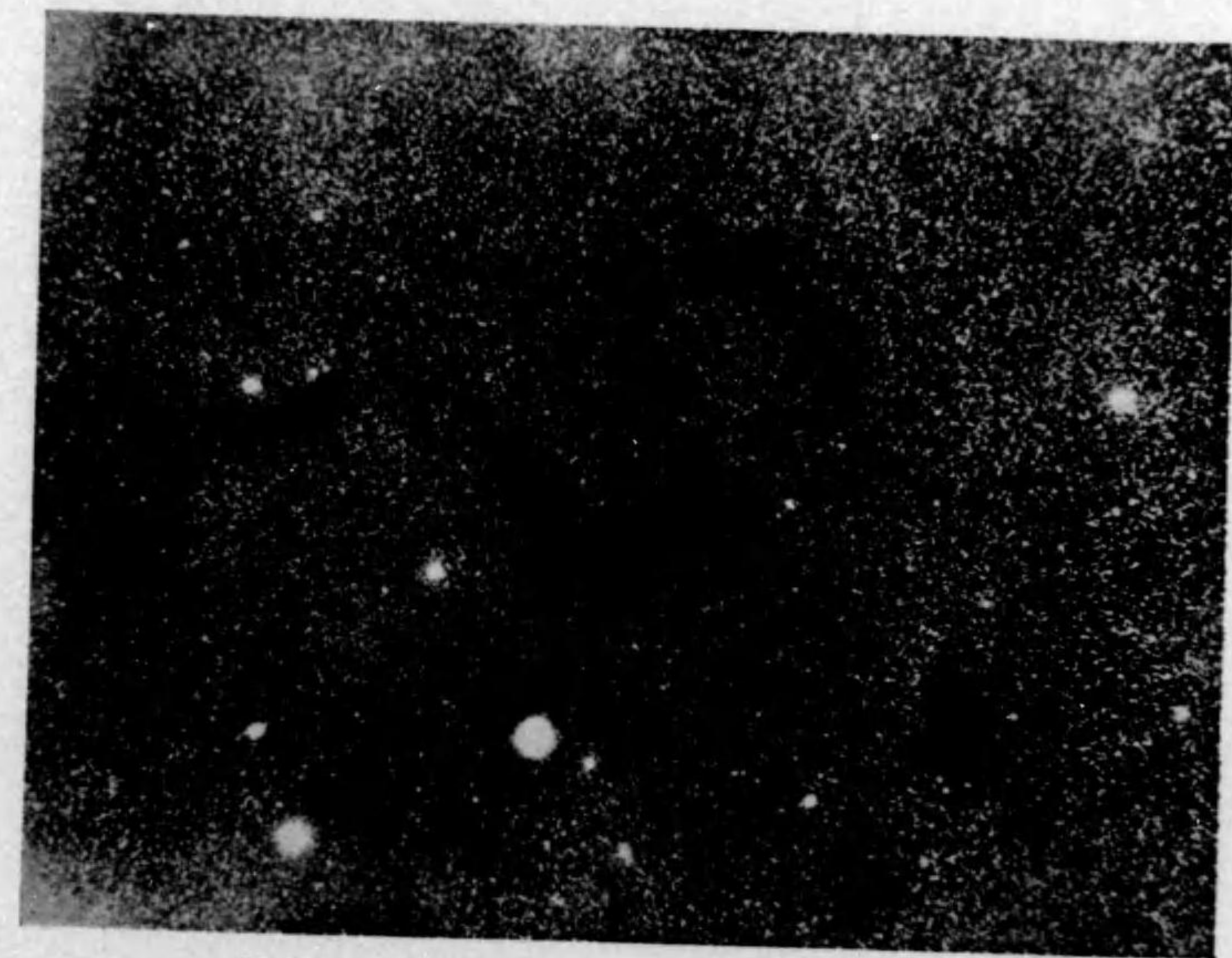
球状星團の天球上の分布は特別のもので、銀河の附近に多いが其中には殆んど見られない。もう一つ特別な事は殆んど全部銀經 325° , 銀緯 -2° の點を中心とする半球の内に収まる事である。此點は射手座の中に在つて後に述べる通り銀河系の宇宙の中心と見られる。

球状星團は皆同じ様な構造で他の天體に見られる様な種類の差別は認められない。恒星の密度は空間的に r を中心からの距離, k, a を常數として $k(r^2+a^2)^{-\frac{5}{2}}$ の式で表はされる。

208. **球状星團の距離及び大きさ** 球状星團の中に多數の短週期變光星が存在する事は 1895 年に Bailey の發見した事で其後 Leavitt はマゼラン雲(其項参照)の中に 1800 個の變光星を發見し其中の變光曲線の良くきまつたものから所謂光度週期の著しい關係を發見した(193 項)。Shapley は同様の關係が數個の球状星團中の變光星の間にも成立する事を認めた結果其關係を利用して恒星の絶對等級を求め、それによつて星團の距離を出す方法を考案した。球状星團中に存在する數個の短週期變光星又はケフェウス種變光星の週期と等級とがわかれば此方法によつて容易く距離が求められるのである。所で變光星の存在する星團は比較的少數で多數の小さなものにはそれがま



第 7 2 圖 オリオン大星雲(散光)



第 7 3 圖 蛇遺座 S 字形暗黒星雲

+ ムソン山百吋反射鏡撮影

だ発見されて居ない。それで Shapley は其等の星團の距離を次の二つの方法によつて推定した。

第一の方法は星團内の最大星によるもので既に距離のわかつた星團内の最大星(赤色超巨星)の絶対等級を求め其結果を他の星團内のものに應用するのである。最大星の絶対寫眞等級は Shapley によれば -1.5 等で實視等級は -2.8 等である。此方法を適用するに就て注意を要する事は星團外の比較的近距離の恒星が其上に投影されて見える事で、それを除く爲に Shapley は最大星中の最初の五個を捨てた。

第二の方法は距離の既知なる星團の實大を比較してそれが略一定である事に依り、其平均の直徑を距離の未知なる星團の視直徑に比して距離を求めるものである。

此等の巧妙な方法は後に Hubble が渦狀星雲に應用したもので如何にそれが重要な結果を齎したか其事は既に第二章の中にも述べた通りである。Shapley の得た結果によれば最近の球狀星團ケンタウルス座 ω の距離は 2,1000 光年、ヘルクレス座星團の距離が 3,6000 光年、最遠の N. G. C. 7006 の距離が 23,0000 光年である。如何に此等の距離が大きいかを見る爲めに假に太陽を此等の星團の中に移したと考へよう。さうすればケンタウルス座 ω の中では 19.5 等、ヘルクレス座星團の中では 20.7 等の微星となつて百吋寫眞鏡で漸く寫る程度のものになる。

Shapley の用ひた標準星の絶対光度は統計的に固有運動から求めたもので、それが大き過ぎる結果、距離が三倍程大きく出るといふ異論もあるが、それ程の大きい違ひも無い様である。

球狀星團の直徑は中央の濃密な部分だけで 15 光年、多少稀薄な部分を入れて 100 光年である。星團の中の恒星の空間密度は太陽の附近に比べて數千倍になるが、それでも猶ほ恒星間の平均最近距離は 0.8 光年程である。それであるから星と星と

が衝突する様な事は容易に無い。

星團内の恒星の相対的固有運動の極小さい事も距離の遠い爲めでなければならぬ。

209. 球状星團の空間分布及び銀河系の宇宙 球状星團の視線速度は主に Slipher によつて測られたが、それだけから太陽の向點と速度とを出せば

$$A = 20^{\text{h}}24^{\text{m}}, D = 60^\circ, V = 305 \text{ km/sec}$$

となる (185 項)。普通の恒星から求めたものとは非常の違ひで特に速度に對して甚だしい。

球状星團の距離がわかれば、その空間分布がわかり、更にそれを包容する宇宙の大きさと形状とがわかる。Shapley が其様にして推定した宇宙の最大直径は約 25,000 光年で大體銀河面内に在り、中心は射手座の方向(銀經 325°) 約 6,500 光年の所に在る。それであるから太陽は此宇宙の中心よりも寧ろ周邊に近い、球状星團が大部分射手座の方面に限つて見えるのは其爲めである。

宇宙の大き及び形状に就いては W. Herschel 以來様々の説があつた。Charlier は B 型の恒星の空間分布を考へて其集團の中心が龍骨座の方向(銀經約 260°) 約 300 光年の距離に在るといつた。Kapteyn は又、各種の恒星を統計的に扱つて宇宙の中心が帆座の方向(銀經 257°) 約 2000 光年の距離に在るといつた。B 型の恒星は前に述べた通り (185 項) 太陽に對する運動の小さなものであるから、それ等は太陽と共に一つの星系散開星團の特に大なるものを作り大銀河系内を運行して居るものと見られる。Shapley の所謂局部系はそれに近いもので Kapteyn の宇宙はそれと大銀河系との中間のものと認められる。

210. 光の空間吸収 恒星から來る光が空間に於て吸収されるとしたら如何なる結果が生ずるかといふに先づ其吸収

が波長によつて違ふとすれば距離の遠近によつて恒星の色指數 (163 項) が違はねばならぬ。然るに Shapley は數多の球状星團内の恒星の色指數を實際の觀測から求めて其極數が近距離の場合と同じく -0.3 (B 型) と $+1.8$ (M 型) との間にある事を認めた。それであるから光の空間吸収があるとすればそれは波長に對して一樣のもので其爲めに遠距離に在る球状星團は視直径の割合に光度が弱く見えなければならぬ。然るにさういふ事は事實上認められない(唯一つ之には例外があるが、それは附近に暗黒星雲がある場合で、多分其影響を受けて居るものと見られる)。

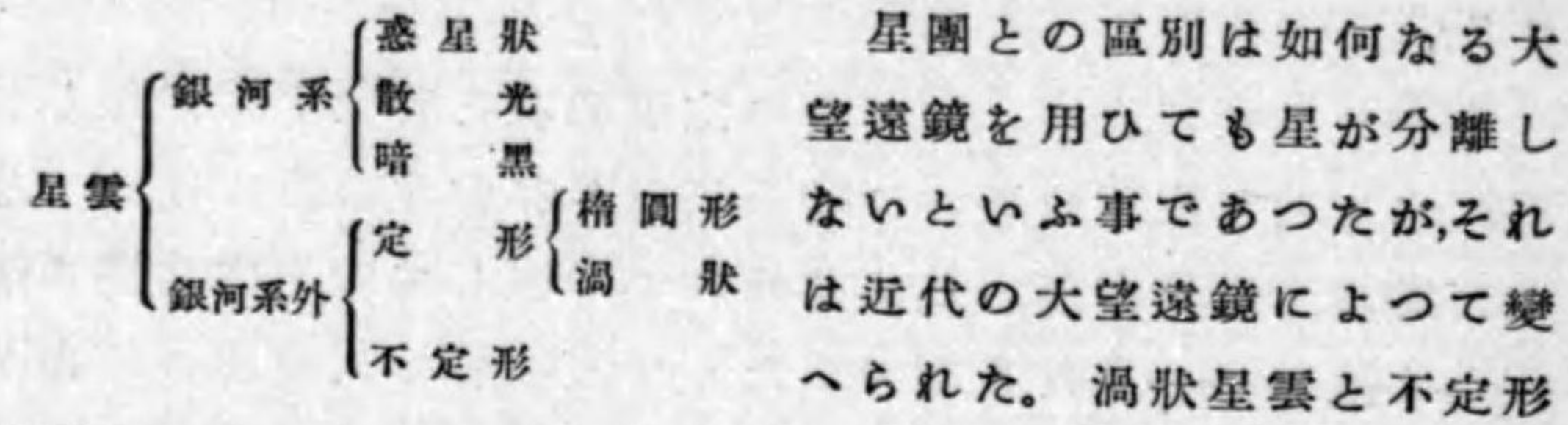
Shapley は此理由によつて光の空間吸収を否定するが、然し後に述べる通り空間の所々に暗黒星雲が存在する事は確かで、完く何處にも吸収が無いとは言はれぬ。概して言へば空間の吸収體は淡い霞の様なものではなくて夏の日の入道雲の様な界線の判然たるものゝ様である。尤も入道雲が時に崩れて一部分薄雲となる事がある様に所によつて稀薄な吸収物があるのも事實の様である。

211. カルシウム雲 B 型の恒星が分光器的連星である場合スペクトル線は皆週期的に動くが唯 Ca^+ の細い H, K 線のみは静止の状態にある。Na の D 線は普通の寫眞には寫らないが、それも同様動かない。何故に動かないか、それは此等の瓦斯が地球の大氣の中、又は太陽系内に存在する爲めでもなければ又連星系の周圍に存在する爲めでも無い。何故なれば視線速度がそれ等のものと一致しないからである。さうすれば此吸収は恒星界の廣い空間に於て起るものでなければならぬ (A 型以下の連星にも静止線がある筈だが固有の H, K 又は D 線の幅が廣い爲めに見られない)。

恒星界の極めて低温の空間に電離原子 Ca^+ が存在するとい

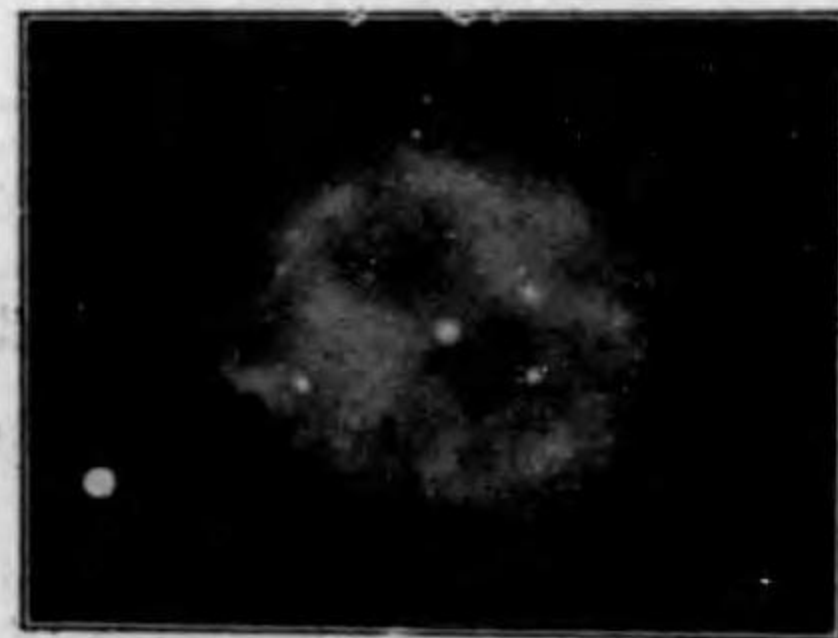
ふ事は一の不可思議であるがSahaの學說(165項によれば電子壓が極度に小さい場合に可能である。恒星から飛出した電離原子は其場合電子と出逢ふ機會が極めて少い。出逢はなければ何時までも電離原子として存在する筈である。猶ほ又原子が非常に弱い光から輻射エネルギーを吸収するといふのも不思議であるが之も光量子説によれば可能の事で、唯其機會が非常に少いだけである。

212. 星雲の分類 星雲には種々違つた分類法があるが最も良いのは次のHubble-Russellの分類法であらう。



星雲との中に多數の星が見られる様になつたからである。然し星團との差別は依然慣習によつて其まゝ行はれて居る。

213. 惑星狀星雲 の數は全天球に100個乃至150個で、形は大體圓形であるが其中に幾つかの對稱的な楕圓形の組織が見られる、中心には殆んど常に一個の恒星がある。それを惑星狀星雲の中心星といふ銀河の中殊に射手座の附近に多く、銀河系のものである事は疑が無い。



第71圖 大熊座輪狀星雲(惑星狀)

固有運動と視差とは中心星を目標として測られるが値が小さいので容易にきめられない。視線速度はスペクトルの中に輝線があるので良く測られる。其の値は一般に大で殊に視直徑の小さなものには100km/secを超ゆるものがある。銀

河系のものであるが局部系には屬さないものと見られる。

中心星のスペクトルはO型で、暗線のみのもので特有の輝線を混へる Wolf-Rayet 星との二種である(162項)。星雲のスペクトルは瓦斯星雲特有のもので弱い連続スペクトルに所謂星雲線及び水素の Balmer 線系等が鮮明な輝線として現はれるものである。

惑星狀星雲の中で特に有名なものは次の三つである。

琴座の環狀星雲は大きさが 83"×59" でβ星とγ星との丁度中間に在り中心星の寫眞等級は13等である。

大熊座の輪狀星雲は圓形で直徑 200", β星(北斗第二星)の近くに在る中心星の等級 11.5 等。

小狐座の亞鈴形星雲は大きさが 8'×4' で星座の中央に在る。中心星の等級約14等である。

214. 散光星雲 は不規則な形のもので、しかも其界が判然しない爲めに大きさが良くきめられない。特に銀河の近くに多いので銀河系のものである事は疑が無い。

散光星雲は其スペクトルに依て二種に分けられる。其一は連続スペクトルを出すもので附近の強光度の星の光を反射するものと認められる。最も著名な例は Pleiades の星雲で星團を取圍む稀薄な星雲が長い露出の寫眞の上に現はれる。Slipher は分光器的に研究してそれが恒星と同じく B 型である事を確めた。

もう一つの種類は惑星狀星雲と同じ輝線スペクトルを出すものである。惑星狀星雲には中心星がある。此場合にもそれに相當するものがあるべきで、現にオリオンの大星雲の最も光の強い部分に四つの星が梯形をなして居る。しかも其等の星(4.8等)のスペクトルは惑星狀星雲の中心星のスペクトルと同

じくO型である。Hubbleは此考に基いて一般に惑星状星雲及び散光星雲は雲状の物質が附近の恒星の光によつ輝くもので自身に光を發するものではないといふ新學説を提出した(1922年)。然らば何故に星雲のスペクトルが連続と瓦斯状と二種に別れるかといふに、それは恒星の種型即ち温度による。恒星が比較低温でB2型以下であれば星雲は連続スペクトルを出しO型又はBO型なれば瓦斯スペクトルを出すといふ。其事をHubbleは多數の事實に就いて示した。

Hubbleの説には二三の例外がある。例へば白鳥座の北アメリカ星雲形が似て居るので、さう呼ばれる)はA2型の超巨星 α に依て輝くものと見られるがスペクトルには輝線が混じる。同じく白鳥座の網状星雲には關聯した適當の星が無い。Hubbleはそれは恐らく暗黒星雲に掩はれて居るのであらうと言つて居る。此様な少數の例外はあるがHubbleの説は銀河系の星雲全部に適用さるゝ最も有力な學説である。

雲状の物質が高温の恒星の光に照される事に依て、瓦斯状の光を發するのは一種の螢光作用であらうが詳しい事は理論的にも亦實驗的にもわかつて居ない。此光のスペクトルには所謂星雲線が現はれる。星雲線中の最も光の強いのは $\lambda 5006.84$ と $\lambda 4958.91$ との對線で何れも綠色のものである。其爲めに一般に瓦斯星雲は綠色に見える。

星雲線は如何なる物質によつて發生するものであるか、其未知の物質を新元素と考へてネブリウムといふ名まで附されたのであるが、コロニウム(85項)と同様、元素としての存在は甚だ疑はしいやうである。然し何れにしてもそれは物理的に又化學的に研究されねばならぬ問題である(星雲線は雲状の物質がBO型又はそれ以上高温の星に照されて出るものならば實驗

的にそれを出すには少くも2,0000°Kの發光體が必要なわけである。)

散光星雲の中で有名なものは次の通りである。

オリオン大星雲は三つ星の南方 θ 星の傍に在つて肉眼でも容易に見られる。長い露出の寫眞で見れば此星雲は殆んどオリオン座全部に擴がつて居るのでオリオン座のB型星群(183項)は此星雲と一所のものに考へられる。

射手座の三裂星雲は大きさが $24' \times 20'$ 、冬至點の傍に在る。

白鳥座の網状星雲は二部より成り長さ $80'$ 、全體として擴がりつゝある。位置は ϵ 星と ζ 星との中間に在る。

牡牛座の蟹形星雲は小さいが特別の形をなし年々 $0''.13$ づつ擴がつて行く。位置は ζ 星の傍である(理科年表星雲の條参照)。

變光星雲は少いが確かに存在する。一は一角獣座の中、一は南冠座の中にあつて形は彗星に似て居る。頭部に在る星は何れも不規則變光星で、スペクトルは輝線を混へるものである。星雲のスペクトルは大體星のスペクトルと同じである。前に述べたHubbleの學説によれば此場合星雲が變光するのは當然である。

215. 暗黒星雲 銀河の中、所々に眼立つて星の少い部分がある。最もそれで有名なのは南十字の傍にあるもので俗に「炭囊」と呼ぶ。航海者が附けた名ださうである。學問的に始めて之を問題にしたのはBarnardで、天球の全部に互つて其種ものを挙げ182の暗黒星雲の表を作つた。それ以來暗黒星雲といふ名稱は普通に用ひられる様になつた。

暗黒星雲は實際其部分の空間に星が無い譯ではなく空間の所所に不透明なメチウムがあつて、それより遠い恒星の光を全く掩ふて居るものである事は疑ふべくもない。

暗黒星雲は特に星の多い銀河の附近にのみあつて銀河の極の方には餘り無い様である。

散光星雲と暗黒星雲とが離す可らざる關係をもつ事はオリオン星雲や三裂星雲の寫眞を見れば直ぐわかる事で、暗黒な部分が其組織の中に入り混つて居る。又暗黒星雲のある部分を長く露出して寫眞に取れば縁の部分が明るく出る。Hubbleの説によれば散光星雲と暗黒星雲とは實質的に同じ物で、唯一方は強い光に照される結果其表面から光を放ち、一方は光に照されない爲めに見えないだけである。

白鳥座から蝸座、ケンタウルス座にかけて銀河が二派に分裂して居る事は肉眼にも良くわかる事であるがCharlierが指摘した通り其中に一個も球状星團が見えない。さうして銀河の外、しかもそれに接近した部分に澤山に見える。其事から考へて銀河が分裂して居る様に見えるのは事實分裂して居るのでは無く、細長い暗黒星雲の帯が其部分に横はつて居る爲めに相違ない。

「炭囊」も其一例であるが暗黒星雲には屢界線の極めて明瞭なものがある。何の爲めにさうなるのか星雲自身の引力だけでは説明が出来ない。多分周囲の恒星の輻射壓がそれに手傳つて居るのであらう。

216. 銀河系外星雲 此種の星雲は天球上他の天體と全く違ふ分布のもので、銀河の附近には全くそれを見ない、さうして其兩極殊に北方の極の附近に密集して居る。小さな星雲の大多數は此種に屬し、總數數十萬に上る。

橢圓形星雲は名の如く橢圓形のもので中に圓形のものも多數に認められる。組織は一様で細かい模様は見えない。圓形ものは空間的に球状のものか又は扁球を短軸の方から見て

居るものか不明であるが統計的に考へて、球状のものが相當多數に存在すると認められる。

橢圓形とは言はれぬが細長い形で兩方に尖端を伸ばして居る所謂紡錘形のものもある(N. G. C. 3115)。之を橢圓形星雲と同一の項目の中に入るのは不合理だが、橢圓體のものが速い自轉



第74圖 蠶犬座渦狀星雲



第75圖 乙女座紡錘中~~大~~形星雲

を爲す場合、さういふ形になる事は力學的に良くわかつて居るので便宜上之を同種と見る。

渦狀星雲は名の如く渦又は螺旋の如き形のもので空間的に

は扁平なものと見られる。斜に見た場合それが大抵楕圓形になるので以前は之を矢張り楕圓形星雲と呼んだ。アンドロメダ大星雲は其一例である。渦状星雲には種々違つたものもあるが、それは主に楕圓形星雲に近いか或は又、下記の不定形星雲に近いのである。

渦状星雲を側面から見れば矢張り紡錘形になる。唯其場合多少光に濃淡が現はれて一樣のものとはならない。殊に著しいのは縦に實體の赤道に沿ふて空隙帯のあるものである。これは暗黒體が渦状星雲の周圍に擴がつて居て實體の光を吸収して居るものと認められる。

不定形星雲には渦が無いだけで大體の形が渦状星雲に近いものと、全く不規則な形のものがある。光の濃淡が此種の星雲に最も著しい。

217. 銀河系外星雲の視線速度 銀河系外星雲特に渦状星雲のスペクトルは連続で其中に數多の吸収線がある。中心部は大體G型に近く、外部は青色で寫眞的に感光度が大である。中心部のスペクトルに星雲線が輝線として混つて居るものもある。

瓦斯状のもので無い限り一般に星雲の視線速度を測るのは餘程困難な事で光が弱い爲めに少くとも數十時間寫眞板を露出せねばならぬ。此仕事に最も力を盡したのは Lowell 天文臺の Slipher であつて四十個以上の星雲の視線速度を測つたのは大なる功績であつた。銀河系外星雲特に渦状星雲の速度の大きい事は驚くべきもので恒星や他の天體の速度とは到底比較にならない。平均の値は 620km/sec 最大速度が $+1800\text{km/sec}$ といふものである。此等の値から求めた太陽の空間運動が恒星から求めたものと全く違ふ事は既に述べた通りであつて K 項

も亦 $+800\text{km/sec}$ といふ大きい値になる(185項)。最近に又 Wilson 山天文臺で Humason 及び Pease が測つた視線速度は一層大きいもので髮座の一星雲は 7800km/sec といふ大速度で太陽から遠ざかりつゝある。渦状星雲が恒星と同じ程度の距離に在るといふ従來の考は此等の測定によつて根本的に覆された。

渦状星雲に速い自轉のある事は視線速度の觀測によつてわかる。例へば紡錘形星雲 N.G.C. 4594 は中心の視線速度 $+1140\text{km/sec}$ のものであるが中心から離れた所に自轉による 330km/sec の速度がある。渦状星雲に自轉があるのは力學上當然の事で若しそれが無ければ形が保持されない事になるが唯其角速度が問題である。Van Maanen は圓形に見える渦状星雲の中に目ぼしい光點を見つけて、その固有運動を測つた。其結果渦線に沿ふて外方に向ふ速度が一年に $0''.02$ 乃至 $0''.04$ あると言つたが異論があつて十分確かな事とは言へない。事實渦状星雲の固有運動を測る事は餘程むづかしい事なのである。

218. 渦状星雲の距離及び大きさ 1885年にアンドロメダ星雲の中心の近くに七等の新星が現はれた。1895年にも亦ケンタウルス座の一星雲の中に新星が現はれた。さういふ様に星雲の中に新星が現はれるのは事實で一般に光度が弱い故に大望遠鏡によらなければ發見が出来ない。新星が多數に星雲の中に發見される様になつたのは1910年以後である。

アンドロメダ星雲の中に發見された新星は約七十個に達しその平均極大寫眞等級は17等である。之に對して銀河系内の新星の絶對極大等級は大略-3等である。假に此値を用ひてアンドロメダ星雲の距離を計算して見れば30,000光年となる。之によつて非常に遠い事はわかるがまだ確かな値とは言はれない。



第76圖 三角座渦状星雲

百吋反射鏡でアンドロメダ星雲及び三角座渦状星雲等の寫眞を取つて見れば少くも其外の部分が多數の細かい星群に分離する。Hubbleは瞬間顯微鏡(174項)を用ひて其中から數十個の週期變光星を發見した。さうして其變光曲線によつて多數がケフェウス種變光星である事を確めた。此等の變光星の週期は18日乃至50日、極大寫眞等級は18.2乃至19.1等で大體に光度週期の關係を支持するものである。HubbleはそれでShapleyに倣ひ(208項)其關係を基礎として星雲の距離を求めた。其結果アンドロメダ星雲と三角座渦状星雲とが共に87,000光年の大距離にある事がわかつた。

此距離を用ひて二つの星雲の實大を求めて見ればアンドロメダ星雲の直徑は4,600光年、三角座渦状星雲の直徑は約其の三分の一で1,500光年となる。

Hubbleは其後更にShapleyの方法により上記の結果を擴張して、大望遠鏡で見られる最も微細な星雲は1,500,000光年の遠距離に在るといふ結論に達したが此場合果して擴張が可能で



第77圖 小マゼラン雲及び球状星團巨嘴鳥座47

あるかどうか疑問であらう。然し大體から見て數千萬光年に及ぶ事は事實の様である。

219. **マゼラン雲** 不定形星雲と同種のもので特に近距離に在るものは大小二個のマゼラン雲である(十六世紀頃の航海者 Magellan の名を附したので、其頃始めて之を知つた爲めである)。大マゼラン雲は旗魚座の中に在つて銀緯 -33° 、視直徑は 7.2° に及ぶ。小の方は巨嘴鳥座の中に在つて銀緯 -44° 、視直徑は約半分である。Shapleyによれば小マゼラン雲中の星の數は11等以下18等迄總計50,000である。

マゼラン雲の中には多數の恒星の外に散開星團もあり球状

星團もあり又瓦斯の散光星雲もある。平均の視線速度は大が +276 km/sec, 小が +170 km/sec で一般の球状星團の値に近い。

恒星の中に多数の変光星があつて主にケフェウス種である。Leavitt はそれによつて光度週期の関係を発見したのである。Shapley が其等の変光星から求めた大マゼラン雲の距離は11,2000 光年で其中の五個の球状星團から求めたものと良く一致する。小マゼラン雲は之よりも稍近く10,4000 光年の距離に在る。實直径は 1,4000 光年と 7000 光年とである。

銀河系内の恒星の絶対等級をきめるには一々距離又は視差を知らねばならぬがマゼラン雲中のものには其必要が無い。どれか唯一つの恒星の絶対等級がわかれば容易に他のものゝ絶対等級がきめられる。大マゼラン雲の中で最も光度の大きい星は不規則変光星旗魚座 S で絶対等級 -8.9 等のものである (178 項)。O 型の恒星で最大のもは -8 等である。大マゼラン雲中には又直径 130 光年の散光星雲がある。

220. 島宇宙説 Hubble の見事な研究によつて渦状星雲と



第 78 圖 ペガサス座渦状星雲群

不定形星雲とは構造上銀河の宇宙と相似のものである事がわかつた。数億の恒星と、数百の散光星雲及び暗黒星雲と、数十の惑星状星雲及び球状星團とからそれが成つて居るのである。それによつて、吾々の銀河の宇宙は何も特異なものでは無くて、空間に渦状星雲と不定形星雲とがあるだけ他にも同様の宇宙のある事が明かになつた。Shapley は銀河の宇宙を大陸に比し他の宇宙を島群に比し

たが島の大なるものと大陸との差は唯便宜上の事で全部を島と見ても悪いわけは無い。

渦状星雲又は不定形星雲には孤獨のものもあり、群又は列を爲すものもある(78 圖)。マゼラン雲は獨立の宇宙としては餘りに銀河の宇宙に近く且つ小である。恐らくそれは銀河系に附屬のものであらう。

銀河の宇宙が渦状であるかどうかといふ疑問は以前からあつた事で、まだ何れとも決定されない。太陽が其中のものである爲めに見分けが附かないのである。

第十七章 恒星の生涯

221. **ラプラスの星雲説** Laplaceが1796年に発表した星雲説は太陽系の発達を説明する爲めに考へられたもので、それによれば太陽は始めから自轉をして居た所の老大な雲状塊團であつた。それが熱を放散すると共に次第に收縮し、收縮と共に自轉の速度を増し、引力と遠心力とが相等しい程度に達して周圍に環状の物質を遺留した。此環状の物質は言ふ迄もなく土星の環を模型とするもので、それが不安定の状態に在る爲めに集つて塊團となり各塊團が又太陽と同じ経過によつて惑星系を造つたといふのである。

Laplaceの前に遡つてKantが1755年に発表した説は同じ様な考によるものであるが著しく違ふ點はKantが、靜止した物質の平等に散布して居る空間に太陽系の核が出来、それが周圍の物質を集めて大なる自轉體になるとした事である。かういふ事は普通の力學ではあり得ない事である。

Laplaceの説に重大な缺點がある事は其後理論的に又實際的に指示せられた。主なるものは次の四項である。

- (1) 何故に環が不安定であるか、又如何にしてそれから惑星團が出来るか不明である。
- (2) 惑星團の自轉の向きが疑問である。
- (3) 惑星公轉の角運動量は太陽系全部の角運動量の九割八分に當るが、此分量は過大である。換言すれば太陽の自轉が餘りに遅い。
- (4) 火星の自轉速度が其衛星の公轉速度に比して餘りに遅い。

此中(3)はBabinetの異論と稱せられるもので最も大なる難點と認められる。とにかくKantやLaplaceの説は最早現代のもので

は無い。

222. **連星の成因** 急速に廻轉する液體が扁球から橢圓體に變り、更に收縮して瓢箪形のものになるといふのは力學的にPoincaréやDarwinの考へた事であるがJeansはそれから更に分離によつて連星系が出来る事を力説して居る。之が所謂**連星の分離説**であつて月が地球から分離したといふDarwinの潮汐進化説(109項)を恒星に適用したものである。かくの如くして分離したものは最初は分光器連星の如く非常に接近して居るが收縮と共に兩者の自轉速度が加はり其結果潮汐摩擦が働いて次第に遠ざかる(108項)。さうして遂に實視連星ともなるといふ説である。此説にもかなり重大な難點がある。それは

- (1) 恒星が液體であるといふ事は大なる疑問である。
- (2) 潮汐摩擦が働いても分離した恒星が或程度以上に遠ざかる事は無い。
- (3) 實視連星の離心率の大なる事を説明するに大なる困難がある(197項)。

であるがJeansは此内の(2)、(3)の難點を除く爲めに後に述べる質量輻射説と恒星の遭遇説とを採つた。太陽系の起原に就いてSeeの唱へた説は抵抗物質による惑星の**捕獲説**であるが其説を連星系にも適用する事が出来る。銀河系内に大小不定の暗黒星雲が散在する事は事實で其中に恒星が侵入する事も亦當然あり得べき事である。さらすれば二つ以上の恒星が前後して其中に入り、抵抗を受けて速度を減じ、相對的軌道が縮小して一の連星系を形成する事が可能である。此捕獲説は單に連星に限らず星團及び星群にも適用される。

223. **微惑星説** Chamberlin及びMoultonが今世紀の初めに提起した説は單獨な瓦斯状の太陽から發足するもので、それが

空間に於て同種の他の天體と遭遇し或程度以上に接近する事を假定する。さうすれば兩者の間に潮力が起り(106項)形は橢圓體より次第に隆起部が突出して二本の腕状のものが出来る。第二體の引力が更にそれに加はつて遂に全部が渦状のものとなる。抛出された物質は始め瓦斯状のものであるが次第に冷却して大部分液態となり更に固態となる。それが即ち微惑星である。微惑星は殆んど同じ平面内に在つて同じ向きに中心核の周圍を廻轉するが軌道の形は定まらない。其の結果衝突が起り融合して再び液態又は瓦斯態となり集合して惑星團を形成する。此の如くして出来る惑星團の軌道は集積の結果圓形に近くなるが唯其自轉の向きがどうなるか、際どい問題である。然しそれも、後方より衝突するものは空間速度が大きい爲めに外方に向ひ、反對に前方より衝突するものは空間速度が小さい故に内部に入る事によつて公轉と同じ向きになる事の説明が出来る。木星及び土星の外部衛星が逆行するわけは軌道の内外に於ける速度の違ひから起るものと考へられる。

微惑星説の前半は渦状星雲の發生を説き後半はそれから太陽系の出来る順序を説明するもので此説の出る當時はそれでも良かったが今となつては之を分離して考へなければならぬ。渦状星雲の發生には Laplace 流の單獨收縮説も考へられるが然し實際の銀河系外星雲の場合、各分子即ち恒星が衝突を重ねて運動エネルギーを喪失しない限り永久的な收縮は不可能である。のみならず星雲が渦状となる程に速い自轉を爲すには元の星雲の容積が非常に大であつたと言はねばならぬ。それであるからどの途單獨收縮説は無理である。

微惑星説は二つの恒星又は星雲の接近を要件とするものであるが、さういふ機會が果してどれ丈あるか數量的に考へて見る必要がある。一つの天體が平均何年に一回、或る距離以内に

他の天體と接近するか、兩者の引力を假に無いとして容易く其年數を求める事が出来る。天體の空間密度を l 光年立方に一個の割合とし平均速度を v とし接近距離を f とすれば其年數は

$$l/\pi v f^2$$

にて表はされる。銀河系外星雲の場合 l を 50,000 光年、 f を 1,000 光年、 v を一年に對して 3.3×10^{-3} 光年 (= 1000 km/sec) とすれば一の星雲が一回他の星雲と遭遇する迄の平均年數は 1.2×10^{11} 年となる(引力を考に取れば此年數は多少減する)。

銀河系外星雲の數は數十萬に達し、中に球状のものがあり又多少橢圓に近いものがある(216項)。前者は未だ他と遭遇する機會の無かつたものと思はれ後者は遭遇はしても、それ程に接近しなかつたものと見られる。一回他と接近したものは渦状となり、二回以上接近したものは組織が亂れて不定形星雲となつたと見る事が出来る。此考によれば球状星雲は一般に若いもので不定形星雲は老年のものと云はれる。一の星雲が生涯の中に平均二回他の星雲と接近するとすれば平均壽命は前の計算によつて約 2×10^{11} 年となる。恐らく星雲は其生涯の中に數回他の星雲と接近するものであらう。

恒星と恒星との接近は程度にもよるが其機會が甚だ少ない。 l を 7 光年とし、 f を 30 天文單位(太陽より海王星迄の距離)とし v を 40 km/sec とすれば一の恒星が一回他の恒星と遭遇する間の平均年數は 3.7×10^{12} 年となる。

微惑星といへば大體小惑星を模型とするものであるが巨大な木星の團塊が何故にそれを取残したか、又何故に火星の軌道の内部にもそれが残されなかつたか疑問である。

224. 太陽の壽命 太陽は一秒間に 3.8×10^{33} erg の輻射エネルギーを放散しつつあるが、それがどれだけ續くか其熱を補給

するものが無ければ一年に 1° 以上温度が降り數千年を俟たずして冷却する事になる。然るに古生物學の方から見て地球面上の温度が數百萬年の間に著るしく變つたとは言はれぬ。さうすれば其熱量は何かによつて補給されて居なくてはならぬ。Mayer は此原因を流星の落下に歸した。流星が拋物線軌道を畫いて太陽に落下する時の速度は 620 km/sec である故、それによつてどれだけの質量のものが落下すれば良いか計算して見れば百年間に地球だけのものでなくてはならぬ。太陽系内の流星の總量を定める事はむづかしいが大略之が最大限で、それが百年の間に全部太陽に落ち込むとは考へられぬ。假に又さういふ事があるとすれば太陽の質量がそれによつて次第に増加し惑星の運動の上に其影響が現れなくてはならぬ。

Helmholtz は有名な收縮説を出して之を説明しようとした。それによれば一年に 45 m の割合で太陽の半径が短縮すれば其熱量を補ふに十分である。此短縮に相當する視半径の短縮は $1,6000$ 年に一秒の割合で到底觀測の上には現はれない程度である。Kelvin も此説に同意して太陽の發生した時代を $2000,0000$ 年以前に上らないと言つたが其後にわかつたウラン礦石の年齢 1.2×10^9 年はそれに比して遙かに大である。普通の考によれば太陽は地球の中の礦石よりも古くなければならぬ。それであるが其年齢は少くとも 10^9 年以上でなければならぬ。Helmholtz-Kelvin の説は之によつて自然に破れた事になる。

然らば何か他に説明の方法があるかといふにまだ放射性元素がある。1 gr のウランが鉛と同位體のものに變するまでに約 $5 \times 10^9 \text{ cal}$ のエネルギーを放射する。それであるから放射性元素に依て太陽の熱量が或程度に持續されるのは事實であらうがスペクトルの中にまだそれが發見されない(18項)。存在するとしても極少量で到底太陽の全輻射を維持するに足らない

と見られる。ウランよりも原子量が大で而も放射能の大なる未知の元素が太陽の内部に存在するであらうといふ説もあるがそれは空想に過ぎない。

次に考へられるのは所謂元素の轉變である。Rutherford は α 線の衝擊によつて窒素原子を水素原子に變へる事が出来た。此様な元素の轉變が一般に可能であるかどうか重大な疑問であるが Eddington をして言はしむれば恒星の内部に於ける様に、あらゆる原子が完全に電離状態に在る場所に於ては可能である。四個の H 原子が He 原子となる事も亦、四個の He 原子が O 原子となる事も出来る。然るに H の原子量の四倍は H の原子量より 0.0029 だけ大で、He の原子量の四倍は O の原子量より 0.0088 だけ大である。此等の原子量の差はどうなるか、それは唯エネルギーに變る一途あるのみで、相對律の理論によれば質量 m がエネルギーに變れば mc^2 (c は光速) となる。それであるから僅かな原子量の差も莫大なエネルギー即ち熱量となる。Eddington の説によれば太陽は始め多量の水素を含有して居たが、それが次第に重い元素に變つた。其爲めに今日迄輻射を持續する事が出来た。太陽の生命は是のみによつても百億年位續くといふ。

元素の轉變が實際起るとして其場合に發生する輻射はエネルギーが大きい故に非常に短波長のものでなければならぬが、それが太陽又は恒星の内部を通過する間に Compton 効果によつて次第に長波長となり光波として連続スペクトルを發生するであらう。天體の表面に近い所で若し元素の轉變が起るならば其場合の輻射は元の儘で非常に短い波長でなくてはならぬ。Millikan 及び Kohlhörster 等の所謂世界輻射は或は其種のものでないかと言はれる。

太陽だけならば上述の元素轉變説でも説明はつくが、それを

一つの恒星と考へれば此説だけでは都合の悪い事がある。其譯は恒星殊に矮星が輻射によつて著るしく質量を減する傾向があつて(204項)其事を考へずに恒星の歴史を説明する事は困難だからである。質量が全くエネルギーに變る事は實驗的にまだ確められないが陰電子と陽核とをエーテルの歪みとすれば両者が併合して歪みが消える事は有り得べき事である。歪みが消えれば原子は消滅して後に残るは唯其爲めに生じた輻射のみである。此場合の輻射は又、エネルギーが特別に大きい爲めに極端に波長の短い透過力の大きいものでなければならぬ。然しそれは中心から表面に出る間に Compton 効果によつて普通の波長に變る。それが即ち恒星の光であるといふのが所謂物質消滅説又は質量輻射説である。Eddingtonは之によつて恒星の輻射の持続される事を次の詞を以て形容して居る。

"The ultimate particles one by one yield up their energy and pass out of existence. Their sacrifice is the life-force of the stars which now progress on their high adventure".—Stars and Atoms, p. 112.

(原子は終極一個一個に彼等のエネルギーを吐き盡して死滅するが恒星は其犠牲によつて活力を補ひ高壯なる冒險を續けて行く)

物質消滅説によれば太陽は一年に 1.33×10^{20} gr の質量を失ひつゝある。此の中の幾分かは流星が補給するものであらう。 1.33×10^{20} gr は地球の質量の 4500,0000 分の一で惑星の運動には感じない程度である。太陽の現在の質量は 1.99×10^{33} gr であるから毎年これだけづつ消費しても猶ほ 1.5×10^{13} 年(十五兆年)の餘命がある。

225. 恒星の生涯 Secchi は一般に青白色の恒星を若年のものと考へ黄色又は赤色のものを老年と考へたが Lockyer は恒星に昇温と降温との時代があり幼年の赤色のものが壯年と

なつて青白色となり晩年に至つて再び赤色になると考へた。Russell が 1913 年に發表した説も矢張りそれと同じで始めは容積が大で低温である所の M 型の巨星であり、それが Lane の定理(瓦斯球が収縮すれば各部の温度は半径に反比例して上昇するといふ定理で輻射による温度の下降を考へない)によつて収縮すると共に次第に高温となり K, G, F の種型より A 又は B の種型に變る。此間が所謂巨星時代即ち昇温時代で殆んど其の光度を變へない。此の如くして A 型又は B 型に達した巨星は極度に収縮の結果完全瓦斯で無くなる。従つて温度が下降しない限り更に収縮する事が不可能になる。収縮が無くなれば輻射によつて失ふ熱量を補給する事が出来なくなる。其結果温度は降り始めて、所謂矮星の時代に入り光度が減すると共にスペクトルは A 型より次第に M 型の方に移つて行く。此の間にも猶ほ恒星は収縮するがそれは温度の下降に伴ふもので巨星時代の収縮よりは餘程緩漫である。此の如くして恒星は終に最低温(表面温度約 2000°K)の小星となり吾々の視界を離れるといふ。此説はスペクトル型と絶対等級とに對する恒星の配置(179項58圖)を説明する爲めに考へられたもので大概にそれには適應するが光度と質量との關係を考へない事と並に白色矮星の發生経路を説明し得ない事とに大なる缺陷がある。

Russell は此等の缺點を補ふ爲めに所謂巨星原料(Giant stuff)と矮星原料(Dwarf stuff)とが原始的恒星の中に多量に含まれて居る事を假定した。前者は主に巨星時代、後者は矮星時代の輻射を持続する爲めに費される内原子的原料で矮星原料は特に質量の大なるものである。此假定によれば B 型又は A 型の恒星は巨星原料の大部分を失つたもので M 型の矮星は矮星原料を喪失したものである。Russell の修正説は Eddington の主張する通り矮星をも完全瓦斯と認めるもので、それによれば M 型の矮

星は輻射原料を失つた結果急速に収縮するより外に進むべき途が無い。其爲めに温度が上昇して再び白色となる。それが即ち白色矮星であるといふ。恒星のスペクトルと絶対等級との関係は其爲めに大體Z字形(58圖では左文字)の線で表はされる。

不思議な作用を爲す所の巨星原料、矮星原料とは抑も何であるか Eddingtonによれば、それが即ち元素の轉變と物質の消滅とに基づくエネルギーの源泉である。前者は質量に大なる變化を來さないもので低温でも起り得るが後者は質量に大なる變化を生じ非常な高温でなければ起らない。Eddingtonの理論による矮星の中心の温度は略一定で大約 $4000,0000^{\circ}\text{K}$ である事は既に述べたが(205項)此温度が一種の臨界温度で、それに達した時に始めて物質の消滅が起るものと見られる。

物質が壊滅して輻射となるのは果して事實かどうか。事柄が重大である故に軽々しく信ずる譯にはゆかぬ。更に又輻射が結局何に變るか。現在の學說によれば物質は輻射に變つても逆に輻射は物質に變る事が出来ない。それが果して事實かどうか。それ等は唯、將來の研學者によつて解決さるべき問題である。⁽¹⁾

226. 結論 宇宙の秘密は人間の偉大なる智力によつて半ば解く事が出来たが、まだ解けないものが多く残つて居る。秘密の奥に更に大なる秘密があつて果して何時の日(1)にそれが完全に解かれるか、思へば前途遼遠である。

然しながら靈に輝く人間の意志は容易に屈しない。勇敢に未知の世界に侵入する事に深い興味を感じ、それを人生の大使

(1) 此章に述べた事は餘程空想に近いものであつて多少の考違ひがあるのも止む得ぬ事である。著者自身の説は別に日本天文学會要報第二號の中に述べてある。

命と信じて時代と共に進んで行く。人類の歴史はそれによつて美しく色彩られる。

附 記

一通りこれで基礎的な事から多少空想的な事まで天文学の要項を述べ了つた。もつと詳しい事を知りたいと望む人には

Russell-Dugan-Stewart; Astronomy, Vol. I, II

を読む事を御奨めする。最近の恒星天文学に興味本位に書いた本には

Eddington, A. S.; Stars and Atoms

がある(谷本誠氏譯「星と原子」)。これも是非讀むべき本である。邦文の参考本には

神田 茂氏著 彗星
關口鯉吉氏著 太陽

の好著がある。

天文学はかなり範圍の廣い學科なので一人の手で全體をまとめるのは随分難い事である。此小冊子を書き上げるにも其爲めに少なからず苦心をしたが幸にして神田茂君が第十一章(彗星及び流星)と第十四章(變光星)とを快く引受けて書いてくれたので大なる助けとなつた。同君は特に此等の方面に深い知識と經驗とを具へて居られる人なので自分で書いたよりも慥かに優つて居るものが書かれた。讀者と共に茲に同君の勞を謝したいと思ふ。

人名索引

A

Abott, C. G. (アボット).....	頁 97
Adams, J. C. (アダムス).....	19, 163, 164
Adams, W. S. (アダムス).....	24, 26, 29, 83, 141, 143, 218, 246, 247
Airy, G. B. (エアリー).....	39, 163
Aitken, R. G. (エツケン).....	242, 244
Anderson (アンダーソン).....	229
Anderson, J. A. (アンダーソン).....	251
Anselmus (アンセルムス).....	229
* Antoniadi, E. M. (アントニアディ).....	144
Argelander, F. W. A. (アルゲランデル).....	11, 12, 17, 23, 226, 227
Aristarchus (アリストアルクス).....	13
Auwers, G. F. (アウゼルス).....	82, 207

B

Babinet, J. (バビネー).....	272
Bailey, S. I. (ベイレイ).....	256
Barnard, E. E. (バーナード).....	144, 152, 156, 160, 170, 208, 263
Bayer, J. (バイエル).....	10
Bessel, F. W. (ベツセル).....	17, 176, 207, 212, 213, 245, 246
Birmingham, J. (バーミンハム).....	229
Bjerknes, V. (ビヤークネス).....	99
Blaeu, G. (ブラウー).....	229
Bode, J. E. (ボーデ).....	145, 146, 161
Bond, G. P. (ボンド).....	158, 160
Boss, B. (ボツス).....	211
Boss, L. (ボツス).....	245
Bouvard, A. (ブーヴァール).....	162
Bowie, W. (ボーキー).....	44
Bradley, J. (ブラッドレイ).....	16, 17, 52, 161, 207, 212
Bredichin, Th. (ブレデヒン).....	176
Brill, A. (ブリル).....	198

Brooks, W. R. (ブルックス)	170
Brown, E. W. (ブラウン)	44, 102, 103
Brunowski (ブルノウスキ)	229
Burnham, S. W. (バルナム)	242

C

Caesar, Augustus (シーザー)	129
Caesar, Julius (シーザー)	128, 129
Campbell, L. (キヤムベル)	162
Campbell, W. W. (キヤムベル)	22, 210, 223, 225
Carnegie, A. (カーネギー)	34
Carrington, R. C. (カーリントン)	21
Cassini, D. (カッシニ)	18, 103, 157, 160
Cavendish, H. (キャベンディッシュ)	47
Challis, J. (チャリス)	163
Chamberlin, T. C. (チェムパーリン)	273
Chandler, S. C. (チャンドラー)	53
Charlier, C. V. L. (シャールリエ)	258, 264
Clark, A. G. (クラーク)	27, 245
Coblentz, W. W. (コブレンツ)	154, 157
Columbus, C. (コロンブス)	136
Copernicus, N. (コペルニクス)	14, 48
Cowell, P. H. (カウエル)	112
Crommelin, A. C. D. (クロムメリン)	167, 171, 180

D

Daguerre, L. J. M. (ダゲール)	20
Darwin, G. H. (ダーキン)	19, 70, 118, 273
Delaunay, Ch. (ドロネー)	19
Denning, W. F. (デニング)	229
de Sitter, W. (ドシッター)	44
Donati, G. (ドナチ)	179
Doppler, C. (ドプレル)	22

E

Eddington, A. S. (エッジントン)	25, 26, 78, 199, 222, 223, 225, 226, 236, 239, 247, 253, 254, 274, 278, 280
---------------------------	---

Eichelberger, W. S. (アイケルバーガー)	211
Einstein, A. (アインシュタイン)	48, 49, 57, 75, 225
Enebo, S. (エネボー)	229
Euler, L. (オイレル)	16, 53
Evershed, J. (エヴァーシェッド)	94, 99

F

Fabricius, D. (ファブリチウス)	16, 226
Faye, H. (ファイエ)	83
Fechner, G. T. (フェツヒネル)	11
Fizeau, H. L. (フィゾー)	16, 22
Flamsteed, J. (フラムステード)	11, 161
Fotheringham, J. K. (フォザリンハム)	102, 117
Fraunhofer, J. (フラウンホーフエル)	20
Frost, E. B. (フロスト)	22

G

Gaillot, A. (ガイヨー)	166
Galilei, G. (ガリレイ)	15, 18, 86, 155, 159
Galle, J. G. (ガルレ)	19, 163, 171
Gauss, C. F. (ガウス)	19, 147
Gautier, R. (ゴーチエ)	86
George, III (ジョージ)	18
Goodricke, J. (グードリック)	239
Gregorio XIII, Pope (グレゴリオ)	129
Groombridge, S. (グルームブリッジ)	207
虞喜	52
Gylden, J. A. H. (ギルデン)	73

H

Hagen, J. G. (ハーゲン)	226
Hale, G. E. (ヘール)	22, 29, 93, 99
Hall, A. (ホール)	75, 158
Halley, E. (ハリー)	17, 20, 65, 102, 172, 206
Hamilton, W. R. (ハミルトン)	16
Hansen, P. A. (ハンゼン)	19

Harding, C. (ハーディング)	147
Hartwig, E. (ハルトヴィツヒ)	226
Harzer, F. (ハルツエル)	153
Hayford, J. F. (ヘイフォード)	44
Helmholtz, H. (ヘルムホルツ)	276
Henderson, T. (ヘンダーソン)	17, 212
Herschel, J. (ハーシエル)	11, 12
Herschel, W. (ハーシエル)	17, 18, 29, 157, 161, 162, 205, 242, 258
Hertzprung, E. (ヘルツスプルング)	24, 222
Hill, G. W. (ヒル)	19, 101
Hinks, A. R. (ヒンリス)	104
Hipparchus (ヒツバルクス)	11, 13, 14, 52
平山信	148
Holetschek, J. (ホレチエク)	175
Hooker (フッカー)	33
Hubble, E. P. (ハッブル)	23, 257, 260, 262, 263, 264, 268, 270
Huggins, W. (ハツギンス)	21
Hull, G. F. (ハル)	177
Humason, M. L. (ヒューメーソン)	267
Huygens, C. (ハイゲンス)	18, 21, 157, 160

I

Innes, R. T. A. (インネス)	215
------------------------	-----

J

Jackson, J. (ジャックソン)	40
Jans, J. H. (ジーンズ)	106, 226, 236, 239, 273
Jeffreys, H. (ジェツフレイス)	116

K

Kant, I. (カント)	272
Kapteyn, J. C. (カプティン)	204, 208, 214, 223, 224, 258
Keeler, J. E. (キーラー)	160
Kelvin, Lord (ケルヴィン)	276
Kepler, J. (ケプレル)	14, 15, 58, 59, 60, 61, 69, 145, 160, 229
木村榮	54

Kirkwood, D. (カークウッド)	149, 161
Kohlhörster, W. (コールヘルステル)	277
Kohlschüter, A. (コールシュツテル)	218
Küstner, F. (キュスナー)	53

L

Lacaille, N. L. (ラカイユ)	9, 17
Lagrange, J. L. (ラグランジュ)	16, 70, 71, 73, 103
Lalande, J. de (ラランド)	17, 165, 207
Laplace, P. S. (ラプラス)	16, 19, 67, 73, 102, 117, 145, 156, 272, 274
Lassell, W. (ラツセル)	158, 162, 165
Leavitt, H. S. (リアヴィット)	23, 256
Lebedew, P. (レベデフ)	177
Lemonnier, P. (ルモンニエ)	161
Leverrier, V. J. (ルヴリエ)	19, 25, 74, 163, 164, 166, 167, 184
Lipperhey, H. (リツベルヘイ)	15
Lockyer, N. (ロツキヤー)	21, 279
Lowell, P. (ローエル)	142, 143, 144, 161, 162, 166, 167
Lundmark, K. (ルンドマルク)	224

M

Mach, E. (マツハ)	48
Maunder, E. W. (モンドー)	83, 87
Maxwell, J. C. (マックスウェル)	160, 177
Mayer, T. (マイエル)	161
Mayer, R. (マイエル)	276
Melotte, P. (メロット)	156
Merrill, P. W. (メリル)	236, 251
Michelson, A. A. (マイケルソン)	25, 29, 114, 202
Millikan, R. A. (ミリカン)	29, 277
Moore, J. H. (ムーア)	210
Moulton, F. R. (モールトン)	273
Müller, G. (ミュラー)	226

N

Newcomb, S. (ニューコム)	19, 25, 53, 66, 75, 86, 102, 104, 138, 158, 205
---------------------	---

	頁
Newton, H. A. (ニュートン)	20, 183
Newton, I. (ニュートン)	15, 16, 20, 29, 43, 48, 60, 61
Nichols, E. E. (ニコルス)	177
Nicholson, S. B. (ニコルソン)	156

O

及川典郎	148
Olbers, H. W. M. (オルベルス)	147, 151, 183
Olmsted (オルムステッド)	183
Oort, J. H. (オオルト)	224
Oppolzer, T. (オツボルツェル)	20, 111
O ten, H. (オステン)	153

P

Pease, F. G. (ピース)	25, 202, 267
Perrine, C. D. (パライン)	156
Peters, C. A. F. (ピータース)	245, 246
Phillips, T. E. R. (フィリップス)	235
Piazzi, G. (ピアジイ)	17, 18, 19, 146, 207
Pickering, E. C. (ピツカリング)	21, 41, 226, 228
Pickering, W. H. (ピツカリング)	158
Planck, M. (プランク)	97, 197
Plaskett, J. S. (プラスケット)	250, 252
Poincaré, H. (ポアンカレ)	19, 70, 273
Poisson, S. D. (ポアソン)	16, 67
Pons, J. L. (ボンズ)	170
Proctor, R. A. (プロクター)	180, 221
Ptolemaeus (Ptolemy) (プトレメイウス, 又はトレミー)	11, 14, 112, 206
Purkinje (プルキンジェ)	196

R

Ramsay, W. (ラムゼイ)	21
Rasmuson, H. N. (ラスミューソン)	221
Rayet, G. (ライエ)	190
Ritchey, G. W. (リッチェイ)	29
Römer, O. (ローメル)	16, 155

	頁
Russell, H. N. (ラッセル)	24, 26, 29, 139, 169, 194, 260, 279

S

Saha, M. N. (サハ)	193, 195, 260
St. John, C. E. (セント・ジョン)	95, 141, 143
Sampson, R. A. (サムプソン)	156
Schiaparelli, G. V. (スキアパレリ)	20, 143, 183, 184
Schmidt, J. F. F. (シュミット)	181, 226, 229
Schoch, C. (ショツホ)	112
Schönfeld, E. (シエーンフェルト)	226
Schwabe, S. H. (シュワーベ)	21, 85, 86
Schwarzschild, K. (シュワルツシルト)	76, 77, 94, 119, 223
Schwinner, R. (シュウィンナ)	186, 187
Seares, F. H. (シアレス)	204, 205
Secchi, A. (セツキ)	21, 278
Seeliger, H. von (ゼーリーゲル)	75
Shapley, H. (シェプレイ)	23, 224, 226, 239, 256, 257, 258, 259, 268, 269, 270
Slipher, V. M. (スライファ)	22, 154, 162, 167, 258, 266
Spörer, G. (スペーレル)	21, 87
Stebbins, J. (ステビンス)	42
Stefan, J. (ステファン)	96, 97, 199, 246
Stockwell, J. N. (ストックウェル)	67, 68
Strömberg, G. (ストレームベルグ)	224
Strömgren, E. (ストレームグレン)	173
Struve, H. (シュトルーフエ)	160
Struve, O. (シュトルーフエ)	242
Struve, W. (シュトルーフエ)	212, 213, 242
Sumner, T. H. (サムナー)	137

T

Taylor, G. I. (テイラー)	116
Titius (チチウス)	145
Tombough, C. W. (トムボー)	167
Trumpler, R. J. (トラムプラー)	255
Tycho Brahe (チコブラヘ)	14, 15, 59, 60, 228, 229

V

van Rhijn, P. J. (ファン・ライン)	167, 204, 205
Vogel, H. C. (フォーゲル)	21, 22, 208, 240
Vinci, Leonardo da (レオナルド・ダ・ヴィンチ)	105

W

Watson (ワットソン)	229, 230
Wien, W. (ヴィーン)	97
Williams, A. S. (ウィリアムス)	229
Wilson, A. (ウィルソン)	98
Winnecke, A. (ヴィンネッケ)	172, 184
Wolf, Max (ヴォルフ)	147, 148, 171, 175
Wolf, R. (ラルフ)	21, 86
Woodward, E. S. (ウッドワード)	48

Y

Young, C. A. (ヤング)	96, 151
--------------------------	---------

件名索引

ア

アインシュタイン塔	Einstein tower	36
明けの明星	morning star	8
明け六つ .....	.....	47
アルゴル型変光星	Algol-type variable star	240
暗黒星雲	dark nebula	263

イ

一般摂動論	general perturbation	64
緯度	latitude	3
—の測定	determination of —	134
—変化	variation of —	52
隕石	meteorite	185
—の起原	origin of —	186

ウ

ヴルカン	Vulcan	74
------------	--------------	----

エ

永久の満月	perpetual full moon	72
衛星	satellite	18, 138, 154
—の運動	motion of —	19
エーテル	ether	56
エジプト暦	Egyptian calendar	128
エンケ彗星	Encke's comet	20, 172
エンケの空隙	Encke's division	161
遠日点	aphelion	58
鉛直線の偏差	deviation of vertical	44

オ

大潮	spring tide	115
温度とスペクトル型との関係	relation between temperature and spectral type	192

カ

海王星	Neptune	19, 162
—— 属彗星	comet of — family	172
—— の衛星	satellite of —	165
海王星外惑星	Trans-Neptunian planet	166
皆既食	total eclipse	108
回歸年	tropical year	7, 66
會合週期	synodic period	8
廻轉羅針儀	gyro-compass	50
外惑星	outer planet	8
確定軌道	definitive orbit	171
下弦	last quarter	7
下合	inferior conjunction	8
夏時	summer time	125
渦狀星雲	spiral nebula	22, 265
—— の大きさ	dimension of —	267
—— の距離	distance of —	267
火星	Mars	142
—— の溝渠	canal of —	143
—— の衛星	satellite of —	145
カッシニの空隙	Cassini-division	160
カリポス法	Callipus cycle	128
カルシウム雲	calcium cloud	259
干涉計	interferometer	200, 202

キ

氣差	atmospheric refraction	44
起潮力	tide-generating force	115
軌道の傾斜	inclination of orbit	61
—— の推定法	determination of —	64
—— 表	table of —	138
—— の要素	elements of —	61
—— 論	determination of —	19, 64
逆行	retrograde motion	7
球狀星雲	globular nebula	265

球狀星團	globular cluster	256
—— の大きさ	dimension of —	256
—— の距離	distance of —	256
—— の空間分布	space distribution of —	258
希臘の天文学	Greek astronomy	13
鏡銅	speculum-metal	29
極冠	polar cap	142
極光	aurora	86
極軸	polar axis	31
局部系	local system	224, 258
巨星	giant star	24, 216, 218
—— 材料	giant stuff	279
銀緯	galactic latitude	205
銀河系外星雲	extra-galactic nebula	264
銀河系の宇宙	galactic universe	258
金環食	annular eclipse	108
銀經	galactic longitude	205
近日點	perihelion	58
—— の運動(水星の)	motion of — (of Mercury)	74
—— の黄經	longitude of —	61
金星	Venus	141
近點月	anomalous month	101

ク

楔形光度計	wedge photometer	41
屈折望遠鏡	refractor	27
グレゴリオ暦	Gregorian calendar	129
暮六つ		47
クロノグラフ	chronograph	38, 41

ケ

經帶時	zone-time	123
經度	longitude	44
—— の測定	determination of —	134
夏至	summer solstice	6
—— 點	solstitial point	6

	頁
月角差.....parallactic inequality.....	101
月食.....lunar eclipse.....	109
月面圖.....selenograph.....	108
月理學.....selenography.....	107
ケフェウス型變光星.....Cepheid variable star.....	23, 236
ケプレルの法則.....Kepler's law.....	58
ケプレルの方程式.....Kepler's equation.....	63
元期の平均黄經.....mean longitude at the epoch.....	61
元素の轉變.....transmutation of atom.....	277

コ

合.....conjunction.....	8
光壓.....light pressure.....	177
黄緯.....(celestial) latitude.....	7
紅焰.....prominence.....	91
航海天文学.....nautical astronomy.....	136
光冠.....corona.....	93
光球.....photosphere.....	84
黄經.....(celestial) longitude.....	7
光行差.....aberration of light.....	16, 55
降交點.....descending node.....	61
光差.....light equation.....	82
恒星.....fixed star.....	5
—の色.....colour of ————.....	191
—の運動.....motion of ————.....	223
—の数.....number of ————.....	204
—の距離.....distance of ————.....	211
—の銀河集率.....galactic concentration of ————.....	204
—の視差.....parallax of ————.....	211
—の實大.....dimension of ————.....	219
—の質量.....mass of ————.....	252
—の視半徑.....semi-diameter of ————.....	200
—の生涯.....life of ————.....	272, 278
—のスペクトル型.....spectral class of ————.....	188
—の内部構造.....internal constitution of ————.....	253
—の輻射.....radiation of ————.....	188

	頁
恒星の名稱.....designation of ————.....	10
恒星月.....sidereal month.....	7
—進化説.....stellar evolution.....	24
—時.....sidereal time.....	120
—天文学.....stellar astronomy.....	16
—年.....sidereal year.....	7, 66
—密度.....star-density.....	205
向點.....apex.....	210
交點.....node.....	61
—月.....nodical month.....	101
光電作用.....photo-electric effect.....	42
黄道.....ecliptic.....	6
—光.....zodiacal light.....	167
光度計.....photometer.....	41
光度測定.....photometry.....	23
光年.....light year.....	212
光比.....light ratio.....	12
黒點.....sun-spot.....	21, 84, 87, 92, 98
—の週期.....period.....	21, 85
—の磁性.....magnetic polarity of ————.....	96
—の壽命.....duration of ————.....	85
小潮.....neap tide.....	115
古代の日月食.....ancient eclipse.....	112
個人差.....personal equation.....	37
固有運動.....proper motion.....	17, 206
固有時.....proper time.....	119

サ

歳差.....precession.....	51
彩層.....chromosphere.....	90
最大光度(金星の).....greatest brilliancy.....	141
朔.....new moon.....	7
朔望月.....synodic month.....	7
サムナーの方法.....Sumner's method.....	137
サロス.....Saros.....	110
三垣.....	10

	頁
散開星團.....open cluster.....	255
三角法の視差.....trigonometrical parallax.....	219
散光星雲.....diffuse nebula.....	261
三體問題.....problem of three bodies.....	69
——の正三角解.....triangular solution of the.....	70
——の直線解.....linear solution of the.....	71
シ	
シーロスタット.....coelostat.....	34
收穫月.....harvest moon.....	100
週期軌道.....periodic orbit.....	70
——攝動.....perturbation.....	65
——彗星.....comet.....	171
——變光星.....variable star.....	23, 234, 236
周極星.....circumpolar star.....	3
十三夜.....	100
收縮説(太陽及恒星の).....contraction theory.....	276
獸帯.....zodiac.....	9
十二宮.....signs of zodiac.....	9
狩獵月.....hunter's moon.....	100
秋分.....autumnal equinox.....	6
秋分點.....equinoctial point.....	6
時角.....hour angle.....	5
四季.....four seasons.....	127
視軌道.....apparent orbit.....	243
子午環.....meridian circle.....	37
——儀.....transit.....	39
——線.....	5
——高度.....altitude.....	134
——通過.....transit.....	133
時差.....equation of time.....	122
獅子座流星群.....Leonids.....	182
視線速度.....radial velocity.....	22, 208, 220
——のK項.....K-term of.....	22, 225
實光度.....absolute brightness.....	215
實視等級.....visual magnitude.....	42

	頁
實視連星.....visual binary star.....	243
——の軌道.....orbit of visual binary star.....	243
——の質量.....mass.....	245
質量輻射.....mass radiation.....	278
シデロスタット.....siderostat.....	34
指導望遠鏡.....guiding telescope.....	32
四分法.....Callippus cycle.....	128
時法.....time system.....	122
——の改良.....reform of.....	124
寫眞等級.....photographic magnitude.....	42, 196
耳目法.....eye and ear method.....	37
視野の照明.....illumination of the field.....	38
主星.....primary star.....	243
出差.....evection.....	101
シュワルツシルドの公式.....Schwarzschild's formula.....	76, 77, 94, 119
瞬間顯微鏡.....blink microscope.....	207
春分.....vernal equinox.....	6
春分點.....equinoctial point.....	6
衝.....opposition.....	8
章.....metonic cycle.....	127
上弦.....first quarter.....	7
上合.....superior conjunction.....	8
昇交點.....ascending node.....	61
——の黃經.....longitude of.....	61
章動.....nutatation.....	52
秤動.....libration.....	103, 159
小惑星.....asteroid, minor planet.....	19, 145
——の軌道.....orbit of.....	148
——の性狀.....appearance of.....	151
——の族.....family of.....	149
——の反射能.....albedo of.....	152
——の分布の空隙.....gap of the asteroidal distribution.....	148
色指數.....colour index.....	42, 191
食年.....eclipse year.....	110
食の季節.....season.....	109
——の計算.....calculation of.....	111

食の循環	cycle of eclipse	110
一の表	table of	111
食変光星	eclipsing variable star	23, 239
シリウスの伴星	companion of Sirius	245
真近点距離	true anomaly	58
新月	new moon	126
人工地平器	artificial horizon	133
辰刻法		122
盡數的關係	commensurable relation	65
新星	nova, new star	23, 228

ス

推算法	ephemeris	63
水星	Mercury	140
—の近日点の運動	motion of perihelion of	5, 74
—の大気	atmosphere of	140
—の日面経過	transit of	140
彗星	comet	20, 169
—搜索鏡	finder	170
—の尾	tail of	176
—の大きさ	dimension of	175
—の外観	appearance of	174
—の核	nucleus of	174
—の数	number of	169
—の起原	origin of	179
—の軌道	orbit of	170
—の光度	brightness of	175
—の視運動	apparent motion of	8
—のスペクトル	spectrum of	179
—の突起	jet of	174
—の髪	coma of	174
—の発見	discovery of	169
—の分裂	division of	174
—の包被	envelope of	174
—の捕獲説	capture-theory of	180
数値的積分法	numerical integration	74

條目(月表面の)	streak	107
ステファンの法則	Stefan's law	96, 97, 199, 246
スペクトル型	spectral type	188, 205
—線の相対律變位	relativity-shift of spectral lines	94
—線變位	displacement of	94
スペーレルの法則	Spörer's law	87

セ

星雲	nebula	260
—説	nebular hypothesis	272
—の分類	classification of nebulae	260
星群	moving cluster	221
制限三体問題	restricted problem of three bodies	70
星座	constellation	8
星像	star-image	30
静態紅焰	quiescent prominence	91
星團	star-cluster, cluster	255
—種變光星	cluster-type variable star	236
世界輻射	cosmical radiation	277
赤緯	declination	5
—軸	axis	31
赤經	right ascension	5
赤道	equator	5
—加速	equatorial acceleration	21, 83
—儀	equatorial	31
—地平視差	horizontal parallax	81
接觸軌道	osculating orbit	64
—要素	element	64
絶対的視差	absolute parallax	213
絶対等級	magnitude	215, 252
絶対法(緯度測定)	method	135
—(視差測定)		213
攝動	perturbation	64
閃光	flash	46
—スペクトル	spectrum	90
占星術	astrology	13

選擇吸收	selective absorption	頁	46
—面	selected area	頁	204

ソ

搜索鏡	finder	頁	32
相對黑點數	relative sun-spot number	頁	86
—的視差	parallax	頁	213
—律	theory of relativity	頁	25, 57, 75, 94, 119
測地學的經緯度	geodesic longitude and latitude	頁	44
速度曲線	velocity-curve	頁	248
測微器	micrometer	頁	38

タ

太陰(月)	the moon	頁	100
—時	lunar time	頁	120
—日	day	頁	100
—潮	tide	頁	115
—表	table	頁	102
—曆	calendar	頁	125
對視運動	parallactic motion	頁	209
—速度	velocity	頁	209
對日照	(獨 Gegenschein)	頁	73
大潮差	spring range	頁	115
對物プリズム	objective prism	頁	41
太陽	the sun	頁	79
—の大きさ	dimension of	頁	82
—の溫度	temperature of	頁	96, 254
—の活動週期	period of solar activity	頁	86
—の距離	distance of the sun	頁	80
—の形狀	figure of	頁	82
—の視運動	apparent motion of	頁	6
—の質量	mass of	頁	82
—の自轉	rotation of	頁	82
—の壽命	life of	頁	276
—のスペクトル	spectrum of	頁	88
—の大氣	atmosphere of	頁	89, 95

太陽の比重	specific gravity of the sun	頁	82
—の輻射	radiation of	頁	96
太陽鏡	sun glass or helioscope	頁	84
—系安定論	stability of the solar system	頁	67
—系の空間運動	sun's motion in space	頁	209
—時	solar time	頁	120
—常數	constant	頁	97
—潮	tide	頁	115
—年	year	頁	66
—物理學	physics	頁	21
—曆	calendar	頁	128
橢圓形星雲	elliptical nebula	頁	264
短週期攝動	perturbation of short period	頁	65
—變光星	variable star of	頁	236

チ

中氣		頁	127
中心差	equation of centre	頁	63, 101
—食	central eclipse	頁	109
—星	star	頁	260
地球	the earth	頁	43
—の形	figure of	頁	43
—の公轉	revolution of	頁	55
—の質量	mass of	頁	47
—の自轉	rotation of	頁	48
—の照返し(月の)	earth-shine of the moon	頁	105
地磁氣の變動	variation of the terrestrial magnetism	頁	86
地方時	local time	頁	122
超巨星	super-giant star	頁	217
潮候差	establishment of the port	頁	115
長週期攝動	perturbation of long period	頁	65
—變光星	variable star of	頁	234
潮汐	tides	頁	114
—進化説	tidal evolution	頁	118
—表	tide-table	頁	115
—摩擦	tidal friction	頁	55, 115

長年攝動.....secular perturbation.....	頁	66
チンゲルの方法.....Zinger's method.....	133	

ツ

月.....the moon.....	100
—の距離.....distance of —.....	79, 104
—の公轉.....revolution of —.....	100
—の視運動.....apparent motion of —.....	7, 100
—の自轉.....rotation of —.....	103
—の大氣.....atmosphere of —.....	106
—の長週期不等.....inequality of long period in the moon's longitude.....	102
—の長年加速.....secular acceleration of the moon.....	19, 102
—の熱.....heat of —.....	104
—の反射能.....albedo of —.....	105
—の光.....moon-light.....	104
—の表面.....surface of the moon.....	107
—の噴火口.....crater of —.....	107

テ

定氣.....	127
定期.....	126
天球.....celestial sphere.....	3
天頂.....zenith.....	3
—儀.....telescope.....	136
天王星.....Uranus.....	18, 161
—の衛星.....satellite of —.....	162
—屬彗星.....comet of — family.....	172
天文學.....astronomy.....	1
—的經緯度.....astronomical longitude and latitude.....	44
天文時.....astronomical time.....	121
天文單位距離.....astronomical unit of distance.....	81
電離ポテンシャル.....ionization potential.....	194
—率.....fraction of ionization.....	193

ト

等級.....magnitude.....	11
-----------------------	----

等高度法.....equal-altitude method.....	頁	133
冬至.....winter solstice.....	6	
冬至點.....solsticial point.....	6	
逃脫速度.....velocity of escape.....	62, 180	
島宇宙説.....island universe.....	270	
時.....time.....	120	
—の不等.....inequality of —.....	121	
鍍銀硝子鏡.....silvered-glass mirror.....	29	
特有運動.....peculiar motion.....	209	
—速度.....velocity.....	209	
特別攝動.....special perturbation.....	73	
時計.....clock.....	39	
土星.....Saturn.....	157	
—の衛星.....satellite of —.....	157	
—の環.....ring of —.....	159	
—屬彗星.....comet of Saturn family.....	172	
トロヤ群小惑星.....Trojan group of asteroids.....	19, 71	

ナ

内惑星.....inner planet.....	8
中折型子午儀.....meridian transit of broken type.....	39
南極.....south pole.....	5

ニ

二均差.....variation.....	101
二十四氣.....	127
二重星.....double star.....	242
二十八宿.....(獨 Mondstationen).....	10
二十四時通算法.....twenty-four-hour system.....	124
二體運動.....motion of two bodies.....	62
二大星流.....two-stream motion.....	222
日面緯度.....heliographic latitude.....	83, 87
—經過.....transit.....	140, 141
日週運動.....diurnal motion.....	3
—光行差.....aberration.....	56
—潮.....tide.....	115

日食	.....solar eclipse.....	108
日心地動説	.....heliocentric theory.....	14

示

振り秤	.....torsion balance.....	47
熱指數	.....heat index.....	199
一電對	.....thermo-couple.....	42
一輻射	.....thermal radiation.....	105
一量等級	.....bolometric magnitude.....	199
年差	.....annual equation.....	101
年週視差	.....parallax.....	211

ノ

後の月(十三夜)	100
----------	-------	-----

ハ

背點	.....antapex.....	210
白色矮星	.....white-dwarf star.....	217
白道	.....	7
爆發説	.....eruption theory.....	147
白斑	.....facula.....	84
薄明	.....twilight.....	46
ハリー彗星	.....Halley's comet.....	20, 172
バルマー線系	.....Balmer series.....	21, 189
半影	.....penumbra.....	84, 108
—圓錐	.....penumbral cone.....	108
反彩層	.....reversing layer.....	90
反射能	.....albedo.....	105, 139, 152
—望遠鏡	.....reflector.....	29
伴星	.....companion.....	243
半長徑	.....semi-major axis.....	61
半日週潮	.....semi-diurnal tide.....	115

ヒ

日影	.....shadow.....	6
—による方位測定	.....determination of azimuth by —.....	132

日影の曲線	.....shadow curve.....	6
光	.....light.....	
—の吸収	.....absorption of —.....	46
—の空間吸収	.....in space.....	258
—の散亂	.....scattering of light.....	46
—の分散	.....dispersion of —.....	46
非週期的彗星	.....non-periodic comet.....	173
肘型望遠鏡	.....(佛 équatorial coudé).....	36
日時計	.....sun-dial.....	132
日の十分法	.....decimal system of the day.....	124
標準時	.....standard time.....	123
微惑星説	.....planetesimal theory.....	273

フ

フーコー實驗	.....Foucault's experiment.....	49
不規則變光星	.....irregular-variable star.....	232
複星	.....multiple star.....	242
佛國共和曆	.....(佛 calendrier républicque).....	130
物質消滅	.....annihilation of matter.....	278
不定形星雲	.....irregular nebula.....	266
—時	.....temporary hour.....	122
不變平面	.....invariable plane.....	68
プランクの輻射の公式	.....Planck's formula of radiation.....	97, 197
ブルキンジェ效果	.....Purkinje effect.....	196
分光器	.....spectroscope.....	41
—的複差	.....spectroscopic parallax.....	24, 219
—連星	.....binary star.....	22, 248
—の軌道	.....orbit of —.....	248
—の質量	.....mass of —.....	250
分光太陽寫眞	.....spectroheliograph.....	91
—熱量計	.....spectrobolometer.....	97
分食	.....partial eclipse.....	108
噴出狀紅焰	.....eruptive prominence.....	91

ヘ

平氣	127
----	-------	-----

	頁
平均運動.....	mean motion..... 62
—距離.....	— distance..... 58
—近点距離.....	— anomaly..... 63
—時.....	— time..... 121
—太陽.....	— sun..... 121
— —時.....	— solar time..... 121, 123
—有效波長.....	— effective wave length..... 193
平朔.....	..... 126
平分時.....	equinoctial hour..... 123
ベッセル年.....	Besselian year..... 131
ヘリウム.....	helium..... 21
ペルセウス座流星群.....	Perseids..... 182
扁球.....	oblate spheroid..... 43
變光曲線.....	light-curve..... 227
—星.....	variable star..... 226
—の分類.....	classification of —..... 228
—の命名.....	designation of —..... 226
變光星雲.....	variable nebula..... 263
扁率.....	oblateness, ellipticity..... 44

ホ

ポアッソンの定理.....	Poisson's theorem..... 66
望.....	full moon..... 7
方位の測定.....	determination of azimuth..... 132
望遠鏡.....	telescope..... 15, 27, 29
放射性元素.....	radioactive element..... 276
紡錘形星雲.....	spindle-shaped nebula..... 265
ボデーの法則.....	Bode's law..... 145
北極.....	north pole..... 3
—星.....	polaris, pole star..... 3, 51
ホレボー・タルコット法.....	Horrebow-Talcott method..... 135
本影.....	umbra..... 84, 108
本影圓錐.....	umbral cone..... 108

マ

マイケルソン・モーレイの實驗.....	Michelson-Morley's experiment..... 56
---------------------	---------------------------------------

	頁
マゼラン雲.....	Magellanic clouds..... 269
満月.....	full moon..... 7

メ

名月.....	..... 100
メトン期.....	Metonic cycle..... 127
面積速度.....	areal velocity..... 58

モ

木星.....	Jupiter..... 154
—属彗星.....	comet of — family..... 171
—の衛星.....	satellite of —..... 18, 155

ユ

ユリウス日.....	Julian day..... 131
—年.....	— year..... 128
—曆.....	— calendar..... 128

ヨ

宵の明星.....	evening star..... 8
羊毛斑.....	foculi..... 92

ラ

落下體.....	falling body..... 50
----------	----------------------

リ

粒狀體.....	granule..... 84
流星.....	meteor..... 20, 180
—雨.....	meteoric shower..... 20, 180
—群.....	— swarm..... 182
—の観測.....	observation of meteor..... 181
—の起原.....	origin of —..... 186
—の軌道.....	orbit of —..... 183
—の視運動.....	apparent motion of —..... 8
—の出現数.....	number of —..... 180
—の状況.....	appearance of —..... 184

	頁
流星の落下.....fall of meteor.....	276
離心率.....eccentricity.....	61
龍座流星群.....Draconids.....	182
緑色閃光.....green flash.....	46
臨界温度.....critical temperature.....	280
レ	
暦法の改良.....reform of calendar.....	129
連星.....binary star.....	17, 242
—の距離.....distance of —.....	251
—の分離説.....fission theory of —.....	273
ロ	
ローレンツ轉換式.....Lorentz transformation.....	57
六分儀.....sextant.....	132
ワ	
矮星.....dwarf star.....	24, 216, 218
—材料.....stuff.....	279
惑星.....planet.....	138, 154
—運動の三法則.....three laws of planetary motion.....	15, 58
—状星雲.....planetary nebula.....	280
—の運動.....planetary motion.....	19, 58
—の形状.....figure of planet.....	138
—の公轉.....revolution of —.....	58
—の視運動.....apparent motion of —.....	7
—の質量.....mass of —.....	138
—の反射能.....albedo of —.....	139
—の捕獲説.....capture theory of —.....	273
キ	
ギーンの法則.....Wien's law.....	97
ヲ	
ワルフ・ライエ星.....Wolf-Rayet star.....	190

一般天文学

¥3.20

著者

平山清次



不許複製

發行者

南條初五郎

東京市神田區駿河臺南甲賀町四番地

發行所

共立社書店

東京市神田區駿河臺南甲賀町四番地

掛番東京46074

電話神田 2624

印刷者

白井赫太郎

東京市神田區錦町三丁目十七番地

〔精興社印刷〕

昭和六年九月十日印刷

昭和六年九月十五日發行

音響學

理學博士

石本巳四雄

理學士

栗原嘉名芽

共著

菊形上製 240頁 ¥2.50 千.14
圖版 143個

音響學は科學として最も古くから注目されたものの一つであるが其の發達は遅々として進歩を示さなかつた。それが近來に至り電氣學と交渉を持つ様になり、電氣學が著しい發達を示すと共に音響學もまた著しく進歩した。本書は近來の新らしい學說に基いて音響本來の現象に筆を起し應用諸般の現象を縦横に記述したもので高等學校學生文驗受驗者に最も適する。

光學

東北帝國大學助教授

理學士

枝本勇雄

著

菊形上製 253頁 ¥3.00 千.14
圖版 262個

光學一般に互り、其の基礎となるべき事柄は凡て述べつくされてゐる。高等學校乃至大學の初年級に於いて學習すべき程度に説かれてあるけれども六づかしい高等數學を用ひることは出来るだけ避け、しかし要點を逃すことなく丁寧に述べてある。中等教育程度の教課を受けた人人ならば難解ではなく斯學の基礎を完全に知得することが出来る。近時光に關する研究は驚くべき進歩をなして居り、量子論等で説明すべきものもあるが、本書は其等高等部門への階梯として絶對の權威を有する。

共立社書店

航空物理學

東京帝國大學

航空研究所員

理學博士

佐々木達治郎

著

菊形上製 250頁 ¥3.00 千.14
圖版 170個

第一編 航空力學

1. 翼の性能
2. 翼に關する實驗
3. 翼の理論
4. 翼の理論(續)完全流體の力學
5. 翼の理論(續)粘性
6. 翼の理論(續)三次元に於ける翼
7. 胴體其他の抵抗及び飛行船の抵抗
8. 飛行機の操縦及び安定に必要な部分
9. プロペラ
10. 氣象
11. 定常飛行
12. 飛行機の安定
13. 飛行機の種々の運動
14. 實驗の仕方
15. 特殊の飛行機

第二編 計測器

1. 高度用計器
 2. 速度計
 3. 方向指示用計器
 4. 發動機用計器
 5. 酸素供給裝置
 6. 航法用計測器
- 索引

光學機械論

理學博士

山田幸五郎

著

菊形上製 188頁 ¥2.20 千.14
圖版 191個

1. 絞りの作用
 2. 掛眼鏡
 3. 蟲眼鏡及顯微鏡
 4. 天體望遠鏡
 5. 地球望遠鏡
 6. 兩眼の作用を應用した光學器械
 7. 寫眞レンズ
 8. 測距儀
 9. 潛望鏡
 10. 燈臺のレンズ
- 問題集

共立社發行

共立社發行數學書類

高木貞治著	代 數 學 講 義	¥5.50 〒 .22
高木貞治著	初等整數論講義	¥5.00 〒 .22
竹内端三著	整 數 論	¥4.00 〒 .22
大石喬一著	級 數 論	¥4.80 〒 .22
田中正夫著	代 數 學 概 論	¥4.00 〒 .22
田中正夫著	高 等 代 數 學	¥3.50 〒 .14
坂井英太郎著	<small>平面 立體</small> 解析幾何學	¥3.00 〒 .14
新宮恒次郎譯	<small>オスグードグ ラウスタイン</small> 立體解析幾何學	¥3.00 〒 .14
長澤龜之助譯	<small>アル ヂス</small> 解析立體幾何學	¥3.00 〒 .14
長澤龜之助譯	<small>ト ハンター</small> 平面三角法	¥3.50 〒 .14
國枝元治著	初等數學概要	¥2.70 〒 .14
坂井英太郎著	高等數學初歩	¥1.20 〒 .10
柳原吉次譯	<small>ス メル</small> 無限算法論	¥4.30 〒 .22

440-H69a7



1200500742984

440
9a

終