

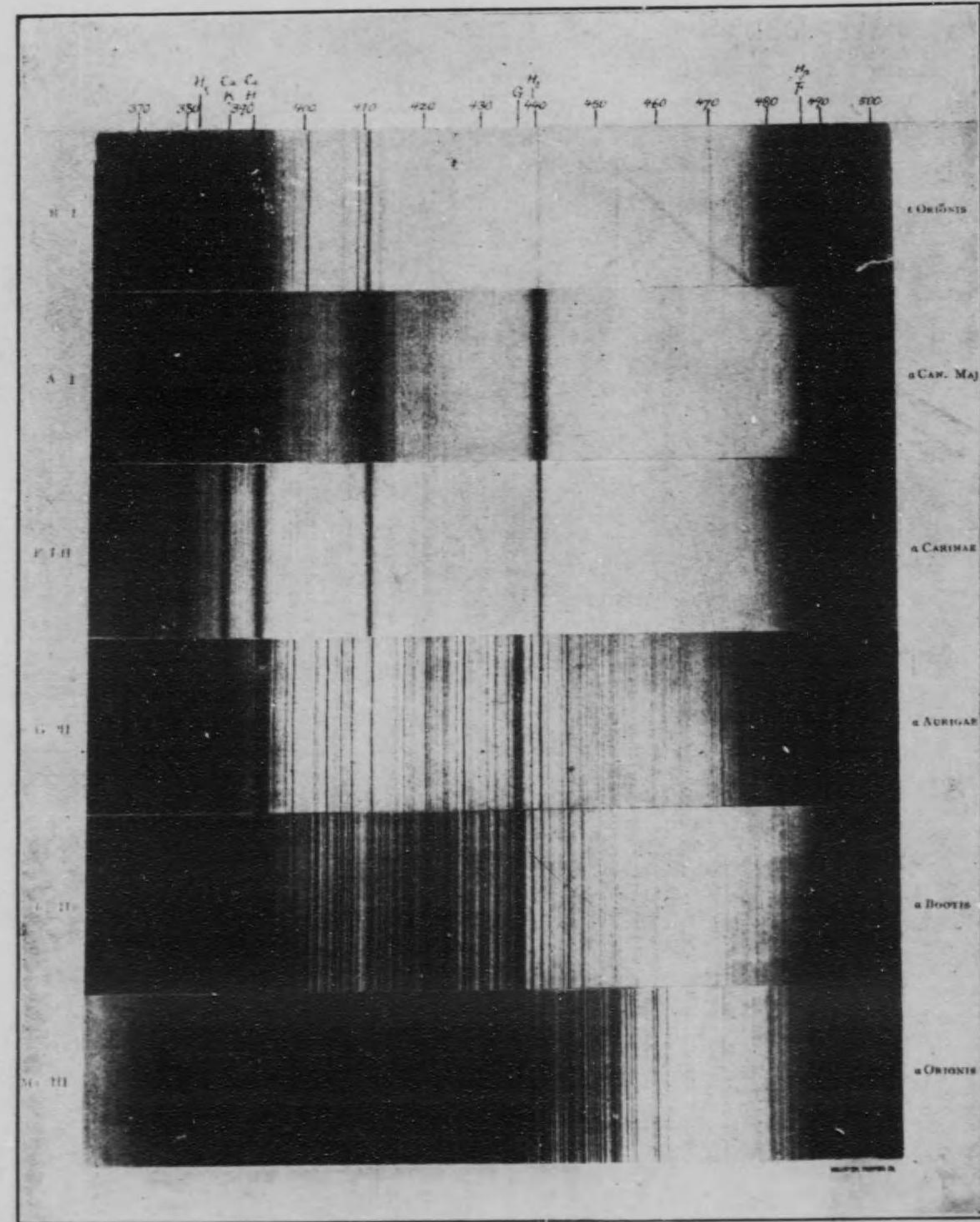
普通に用ひられて居るのはハーヴァート大學天文臺(Harvard College Observatory)の分類法で

O B A F G K M N

に分つ。Oは吸収線少き上特殊の輝線を有するもの。Bはヘリウム、Aは水素の吸収線著しきもの。F以下カルシウム線著しく、G、K、Mに至るに従つて次第に金属元素の吸収線多くなり、M、Nに至ては吸収帯が見えて居る。又是等黒線の現はれ方の異なるに伴ふて連続スペクトルの光の分配方も異なるのでO B Aは白色に見え、F、G、Kは黄色に、M、Nは赤色に見える。我等の太陽はG型に當り後段ラッセルの分類によればG型の矮星である。

連続スペクトルの光の分配方を完全發光體の熱輻射(Radiation of black body)と比較して、是等の星の雰圍氣の有効溫度を推定することが出来る。ポツダム天文臺のウィルジング及シャイネル(Wilising and Scheiner, 1909)は斯くして一〇九個の種々なる型の星の溫度を推定したが、其結果によれば大體白色星は一萬度、黄色星は六千度、赤色星は三千度である。

圖五十二第



星のスペクトル中に現はれて居る黒線を吟味すれば、如何なる物質が星の雰
圍氣中に存在して居るか分る。それによれば大體に於て物質は凡ての星に
通じて似寄つたものである。空間到處同じ様な物質が分布して居るのであ
るが、これは如何様に解釋すべきであらうか。宇宙開闢の始め混沌たる時代に
上下左右廣大なる全體を通じて十分に攪拌され混和されたと云ふのであらう
か、又は物質は天體の進化に伴ふて進化し、到る處同様の過程で作成し進化しつ
つあるためであらうか。輕々しく論斷することは出来ないが、大に注意すべき
事實である。

黒線の變位はドップレルの原理によりて、視線方向に於ける運動で説明が出来
るから、これを利用して夫れ々々の星の視線速度を吟味することが出来る。今
日まで知れて居るのはリック天文臺のキャメル(Campbell)が一九一一年までに發表
した約一七〇〇個の星の視線速度で、宇宙構造論、天體の運動、分光連星の研究等
に對し最も有力なる材料となつて居るのである。併しながらこゝに注意すべ
きことは、黒線の變位に就ては必ずしも視線運動だけが唯一の原因ではない。

變位を起す原因は他にいくらかもあるが、たゞ普通にはそれ等の作用は著しくないと思はれて居るのだが、今一のスペクトル型の多くの星を取りその視線速度を凡て平均して見れば、其平均値は零とならずして若干の有限の値を有して居る。これをKと名ける。例へばB型の星に就き今日まで知られたる二百二十五の視線速度の平均を取ればKは毎秒四〇七軒となり、これをそのまま解釋すればB型の星の總體は平均毎秒四軒の速度で我々より遠ざかりつゝあると云ふことになる。宇宙構造論の條に述べる如くB型の星は我々より見て多少天の一方に偏在し、又群運動をなしつつあるは事實なれども、それだけではこのKは説明が出来ない。Kの解釋に關しては種々の説が提出されて居るが今日では何れが正しいか未決である。キャメル(Campbell, 1914)はKの大なるは星の表面に盛んなる對流のあるため、主として下方對流のために星が遠ざかりつゝある加く見ゆるならんと説き、フロインドリヒ(Freundlich, 1912)は宇宙引力の理論上の研究から質量の大なる天體の近傍では光の波動は遅くなる筈従つてスペクトル線は赤の方へずれる筈であるから、Kの大小はその星の質量の大小

によるものなるべく、逆にKの値を利用して星の質量を推定することが出来るであらうと云ふて居る。

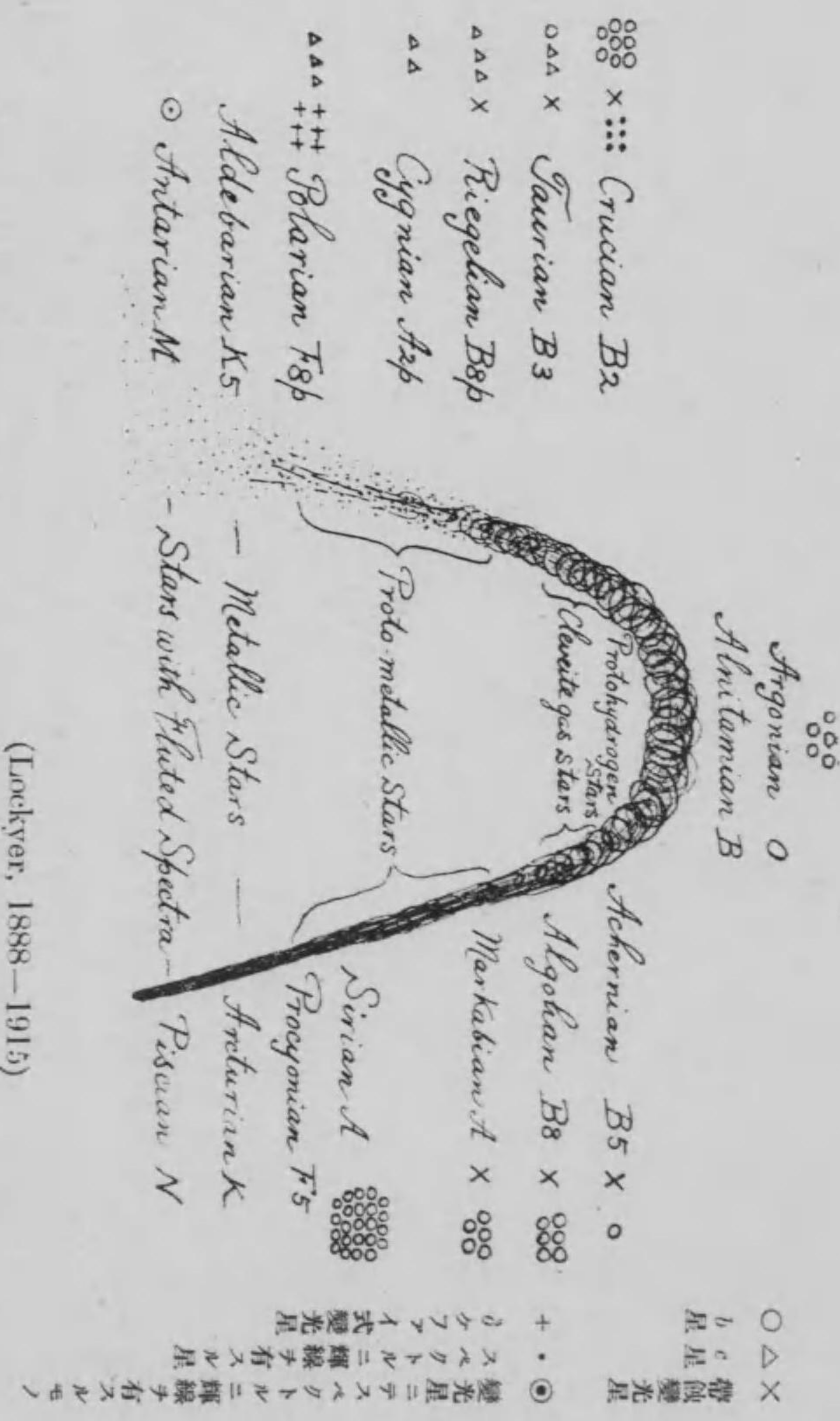
型	星の數	K Km
B-B5	177	+ 4.70
B-B9	225	+ 4.07
A	177	+ 0.95
F	185	+ 0.06
G	128	- 0.20
K	382	+ 2.82
M	73	+ 3.93

(Campbell, 1911)

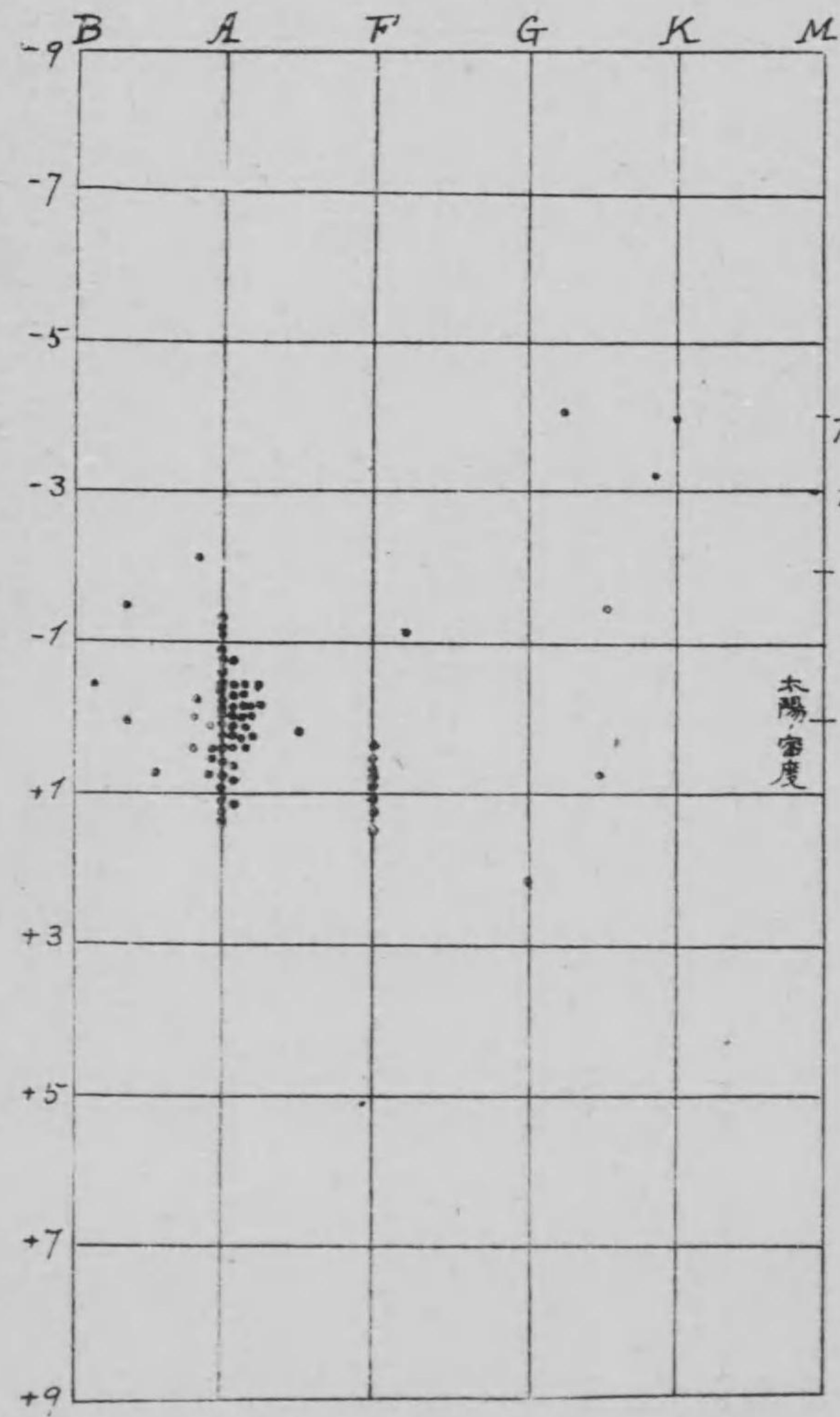
星のスペクトル型と進化の順序との關係に付ては前講の終りに一寸述べた如く、今日まで普通に行はれて居る説ではO B A F G K Mと云ふ様に高温度より低温度に向ふ一筋道の進化であるが、之に對してロッキヤーの提出して居る考へでは始め低温度より一度高温度に上りそれより冷却して低温度に下ると云ふ往復式の進化である。ロッキヤーの説によれば同様のスペクトル型に屬するものでも、上り坂と下り坂では黒線の現はれ方が異なつて居て容易に區別することが出来ると云ふ。第二十六圖はロッキヤーが自説を最近に増補して示したものである。進化は左の下より始り、曲線に沿ふて頂點まで上り、それより右の下に下るので、曲線の兩側に認めたるは、夫れ々々の階段の著しき星の名に因みて命名したる階段の名、及びそれに相當す

るスペクトル型である。近年ラッセルは星の真光度及密度の吟味から同様なる往復式の考に到達し、有力なる材料によりて其説を主張して居る。ラッセルは多くの星の真光度を吟味したる結果、B A型にては著しくはないが、F、G、K、M等の型にては明かに真光度の大なるものと小なるもの、即ち巨星と矮星との二つの部に分つことが出来ることを認め、なほ又星の質量は大體に於て同じ程度の大さにて大なる差等なきものと假定し、表面の輝きは同じスペクトル型にては略々同じきものと假定すれば、真光度による巨星と矮星との區別は密度の粗密に關しても明かに區別し得べきことを注意し、又アルゴール式變光星の如き直接にその密度を推定し得べきものゝ統計を取りて吟味すれば、同様に又巨星と矮星の區別の存することを認めたので、巨星即ち密度の非常に稀薄なるものは温度の上り坂にあるもの、矮星即ち密度の大なるものは温度の下り坂にあるものであるとし、巨星と矮星との區別明らかならざるB A型は其中間の頂點にあるものと論斷したのである第二十七圖は今まで知れたる材料によりて真光度とスペクトル型との關係を示せるもの、第二十八圖は八十七個のアルゴ

圖 六 十 二 第

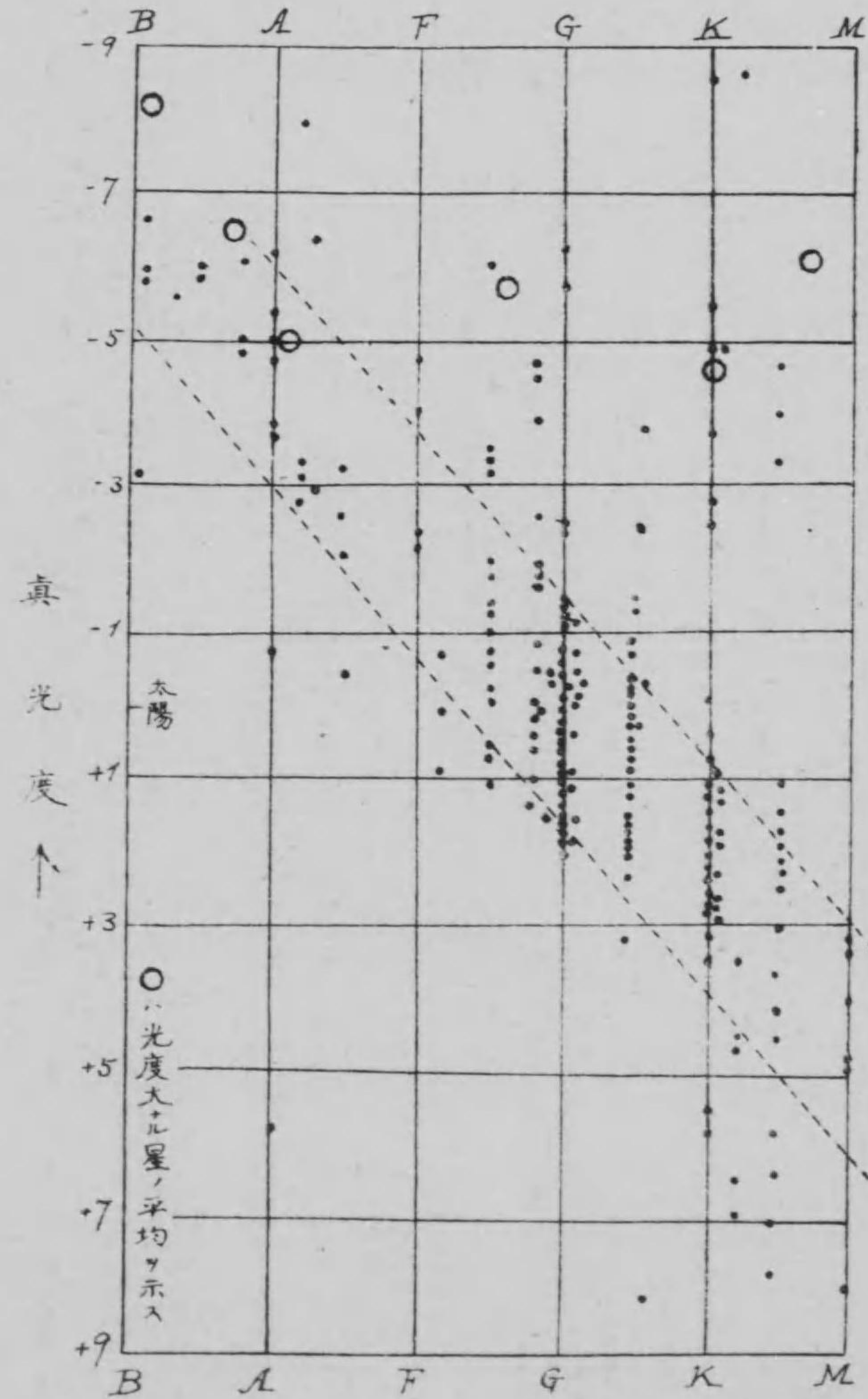


(Lockyer, 1888—1915)



(Russell, 1913)

第二十八圖 八十七個の帶蝕變光星の密度とスペクトル型との關係



(Russell, 1913)

第二十七圖 星の真光度とスペクトル型との關係

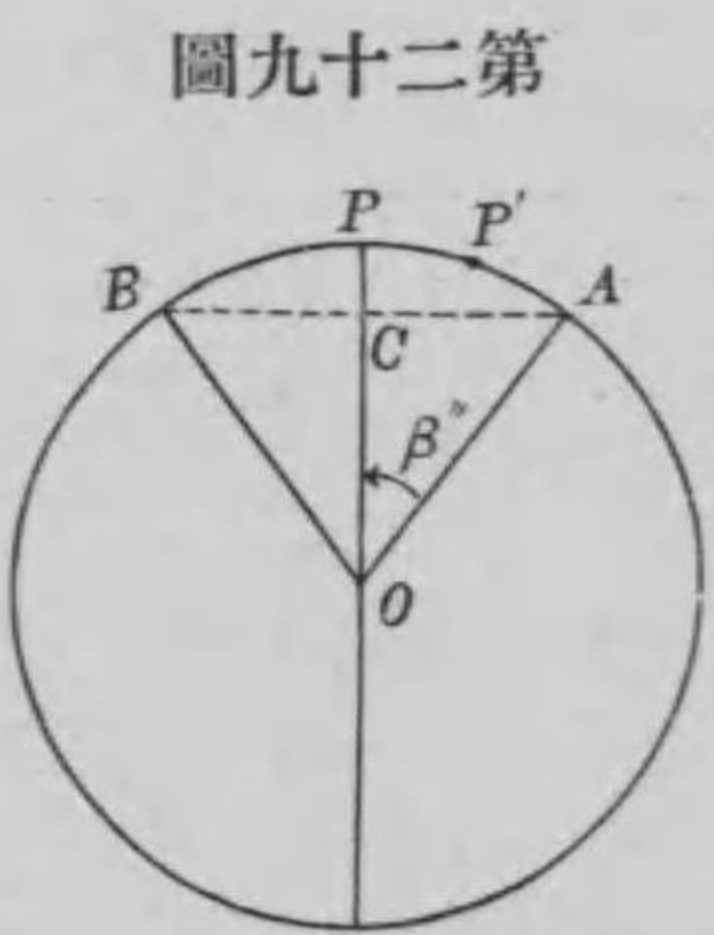
ル式變光星に就きて其密度とスペクトル型との關係を示せるものである。

第九講 連星。變光星。星團。星雲。

前回には光の分析によりて知り得る天體の雰圍氣に就いて述べたが更に進んで其實體に就いて考へようと思ふ。

先づ之が屈強の材料となるものは連星であるが此連星に次の數種がある。單に其方向が偶然に一致してゐる爲に連星なるかの如く見ゆるものを透視重星 (Optical double stars) と名づけ、眞實連星であり、しかも望遠鏡で直接に見分けるものを現視連星 (Visual binary) といひ、分光器により視線運動を吟味して始めて其然るを知るを得るものを分光連星 (Spectroscopic binary) といふ。バーンハム (Burnham) の連星の表 (Catalogue of double stars) に一萬餘の連星を掲げてある。

略同じ方向にありて連星の如く見ゆるものゝ中幾個位が透視重星であるかを算出して見よう。爰に互に何等關係なき N 個の星を天球上に無茶苦茶に (at random) 散布すると考へる。然る時中心より打見た所で二つの星 P P' が β'' なる角内に見ゆる公算を求め。 P P' が β'' 以内に見ゆる爲には圖に於て P' は小



圖九十二第

る角内に見ゆる公算を求め。 P P' が β'' 以内に見ゆる爲には圖に於て P' は小

$$\frac{\text{小圓 } AB \text{ に限られたる面積}}{\text{全球面面積}} = \frac{PC}{2PO} = \frac{PO-OC}{2PO}$$

$$= \frac{1-\cos\beta''}{2} = \sin^2 \frac{\beta''}{2} \\ \therefore \frac{\beta''}{4} \sin^2 1''$$

N 個の星の何れの二つをも一對と考へ得るから

$$\frac{N(N-1)}{2}$$

對出来る。仍て β'' 以内に見ゆる透視重星の蓋然數 (Probable number) は

$$\frac{N(N-1)}{8} \beta'' \sin^2 1'' \cdot \frac{N^2}{8} \beta'' \sin^2 1''$$

或は ω だけの立體角の空に限れば尙之に 4ω を乗すべきである。更に此 ω の範圍にある星の數を n とすれば結局求むる蓋然數は

$$\frac{4\pi}{3} \cdot \frac{n^2}{8} \beta^2 \sin^2 1''$$

プーア(Pooh)は此公式に基いて實際の數を算出した。即ち天球を四十八の等面積に分ち、その個々の部分に就いて右の式から其數として

$$v = 6 n^2 \beta^2 \sin^2 1''$$

を得、なほ n 個の星を更に見掛けの光度によつて若干に分類し

一の部面内にて β'' をどれ程にとれば二つとも m 等星なる如き透視重星の一組を得るか、又一つは m 等星一つは m' 等星なる如き透視重星一組を得るかと求めた。例へば銀河緯度 0° 乃至 15° の部分で天球の四十八分の一の面積毎に一個の透視重星を與ふる β'' の値を上に表示す。

m'	$m < 6$	6	7	8	9	10
7	...	...	80''	...	...	...
8	...	59''	31	24''	...	...
9	62''	34	18	9.8	8.0	...
10	37	21	11	6.0	3.4	2.9
11	24	13	6.8	3.7	2.1	...
12	16	8.4	4.5	2.5	1.4	...
13	10.7	5.9	2.9	1.7	1.0	...
14	7.4	4.2	2.2	1.2	0.7	...

約十六分の一は現視連星である。その中で今日までに軌道のよく知れたもの

は約百以内、尙其中週期の二百年以内なるものは五十程ある。更に其中で我々からの距離が可なりよく知れ、從て實際の軌道のよく知れてゐるものは十一程ある。

就中著しいものを挙げれば週期の最短のものは駒座の星 (α -Equule) で五・七年にして一週する。最緊要なるはケンタウルス座 α 星 (α -Centauri) で週期は八一年軌道の長半軸は 17.3 、其視差は 0.776 である。シリウス (Sirius) も一の連星であるが其小さい方は最初望遠鏡で見えず其大きい方のスペクトル線が週期的にずれることから定めし伴星があるだらうと豫言せられ、後果して之を發見することを得たので有名である。

現視連星の多くは相互運動の軌道の大きさが知れてゐるのみで、兩方の運動を外側の星に比べて別々に定め得るものは稀れである。從つて距離が知れれば二の星の質量の和は分明するけれども夫々の質量は分らぬ。

分光連星に就いてはキャメル等が其方面のオーソリチーであるが彼によれば總ての星の約四分の一乃至三分の一は此種の連星であるといふ。約三百程の

分光連星がキャメルの表(Second catalogue of spectroscopic binaries, 1910)に掲げられてある。

星のスペクトルの黒線のすれからして其視線速度の變化を知ることが出來、これから軌道が分かる。普通は二つの星(Components)の中光の強い方の星の黒線が週期的にすれる。若し兩方共見ゆれば二者の質量の比が分かる。週期Pは直に知れるが、も一つは相互運動の軌道半徑を a とし面の傾きを i とすれば $a \sin i$ が知れる。なほ軌道楕圓の離心率 e も知れる。概して e は小さく又二つの星の質量は約相等しいのが多い。

極端の場合として丁度軌道面が吾等に向へるときは $i=90^\circ$ となつて蝕を生じ所謂アルゴール式變光星となる。されば分光連星が同時にアルゴール式變光星であるならば其 i が凡そ九十度なることを知る。かゝる星の八つ程は觀測を遂げられてゐる。尙琴座 β 星(Syllene)を加ふれば十程は知れてゐる。是等の連星をスペクトル型、週期、離心率によりて分類すれば次表の如くである。

現視連星

型	星の數
O	0
B	4
A-F	131
G-K	28
M-N	1
計	164

分光連星

型	週期					計
	短週期	1-5	5-10	10以上	年以上	
O-B	8	15	10	14	1	48
A	4	10	1	12	2	29
F	0	6	2	4	4	16
G-M	0	0	0	3	22	25
計	12	31	13	33	29	118

週期と離心率

	星の數	P	e
分光連星	31 (19)	2.59 日	0.04
” ”	13 (7)	6.90 ”	.14
” ”	33 (24)	73.5 ”	.36
” ”	15 (13)	20.5 年	.38
現視連星	25 (25)	32.8 ”	.48
” ”	25 (25)	103.1 ”	.51

(1) 内の數はeの平均に用ひたる星の數

表から明かなる如く、所謂若い星には短週期なるものも多く、古い星には長週期なるが多い。又分光連星、現視連星共に週期の長いもの程軌道の離心率が大きい。變光星は即ち其光度が時

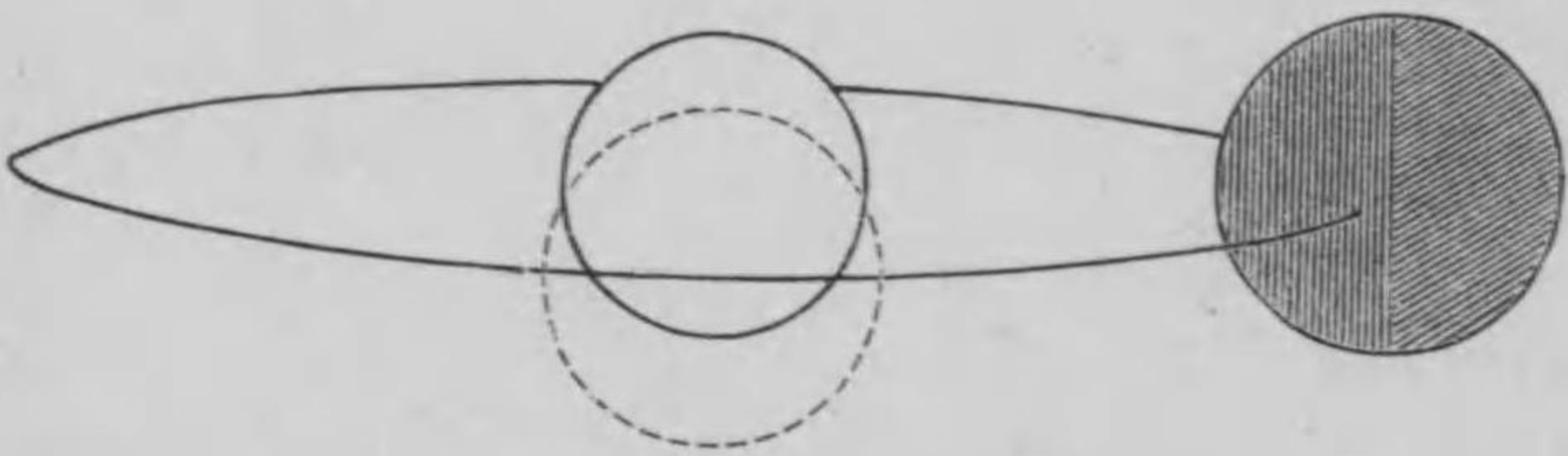
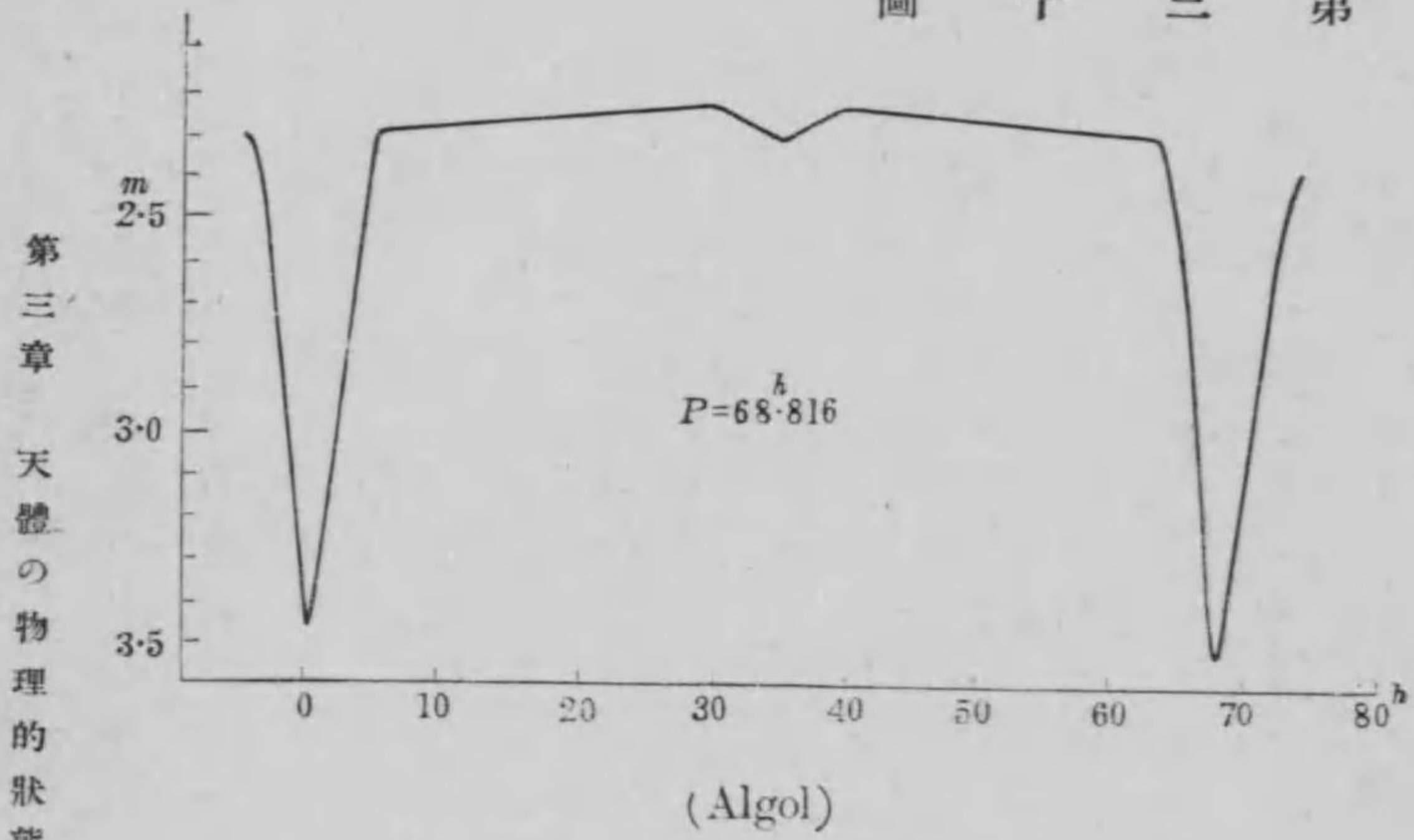
と共に變する星で、中には變光の週期の長さも短かきもの、規則正しきもの、不規則なるもの、又變光の源因の明かなるもの、不明なるもの等ありて、一律に論じ難いが、時に對する變光の様子を表はせる所謂變光曲線(Light-curve)の形によりて、大體次の如くに分類することが便利であらう。

- (A)
 - (1) アルゴール式變光星
 - (2) 琴座β星式變光星
 - (3) δケフェイ式變光星
 - (4) 星團式變光星
 - (5) 不規則短週期變光星
- (B) 長週期變光星
- (C) 不規則變光星

所謂新星(Nova)も此部に屬する

アルゴール式といふのは常には一定の光度を有し、週期的に或る短時間だけ其光が減少するので、此極小光度が唯だ一通りなるのと交互に大小あるのとあ

第三十圖

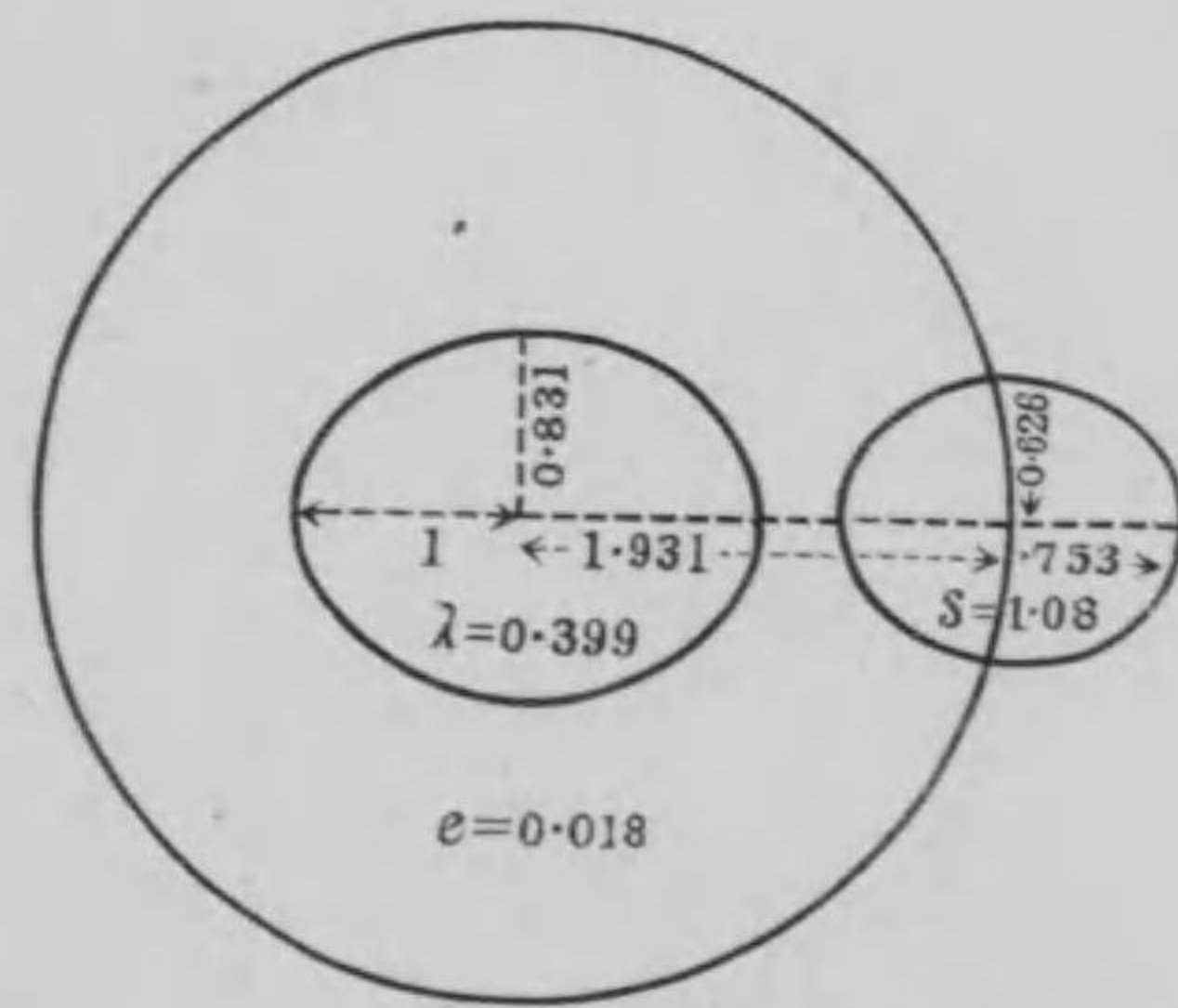
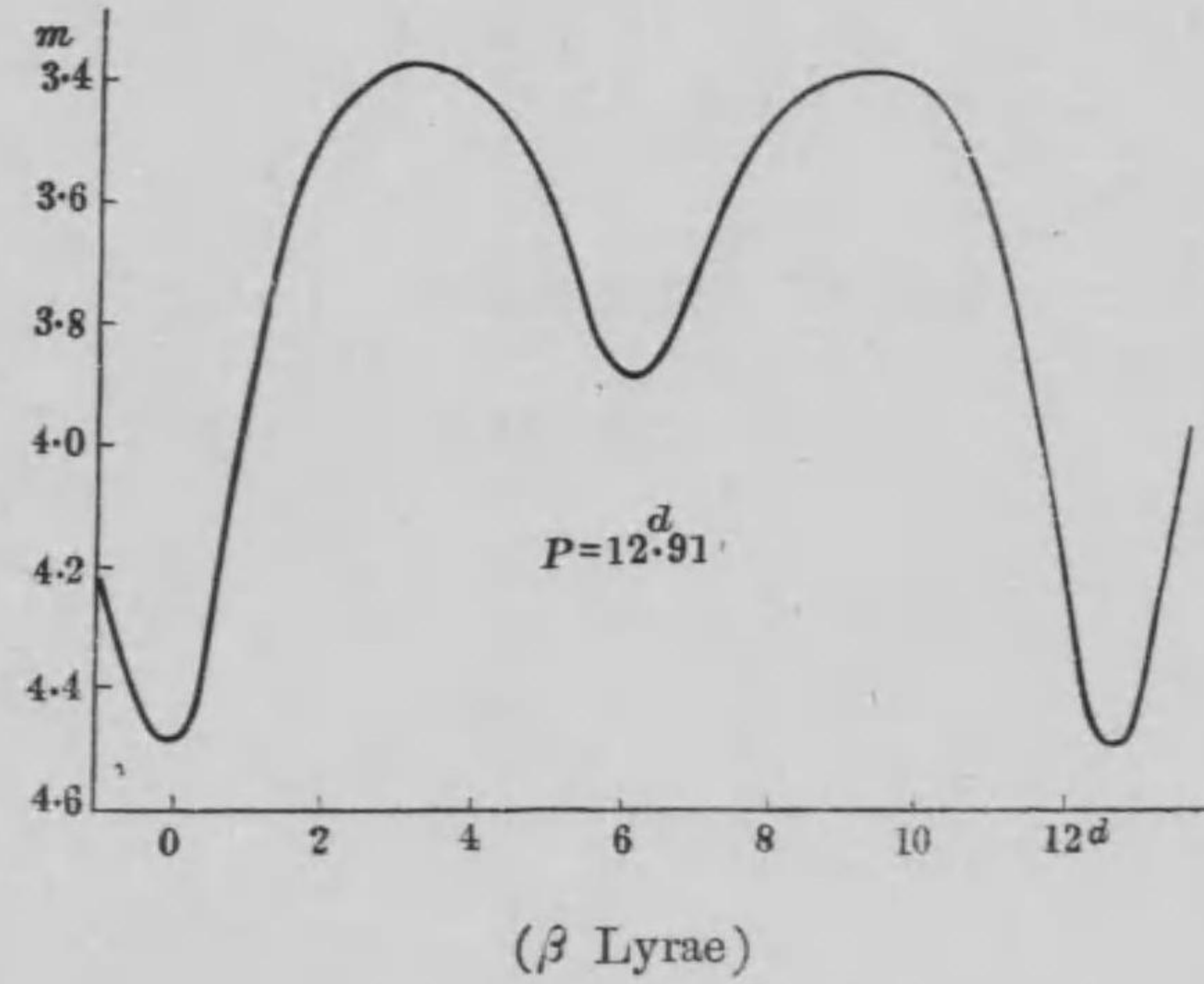


(Stebbins, 1910)

る。琴座β星式と云ふのは一つの極大と交互に大小ある二つの極小との間に週期的に變光するのであるが、絶えず變光して居て、全く定常の相を缺いて居る。此二つは實質に於ては同じものである。即ち共に一種の連星であつて、其一が他のものゝ陰に蔽はるゝ蝕のため起る變光である。

この事は其變光曲線の形からも又は分光器にて吟味し得る星に就ては其視線速度の週期的變化の様子からも明かである。

圖 一 十 三 第



(Myers, 1897)

δケフェイ式變光星と星團式變光星とは實質に於て同じものと思はれる。星團式變光星と云ふのは星團中に多數に發見さるゝ變光星で、例へば小マゼラン星雲中には300°のケンタウリ星團中には125°M3星團中には125°M5星團中には∞と云ふ程ある。其變光の様子は一定の光度から週期的に短時間だけ光を増し、丁度アルゴール式變光星とは正反對の觀を呈するので、又名反アルゴール式變光星 (Antalgol variables) と稱へられる。

δケフェイ式變光星

型	星の數	週期
0-B	0	
A	1	0.6日
F	14	8.2,,
G-K ₅	26	11.4,,
不明	12	7.9,,
計	53	

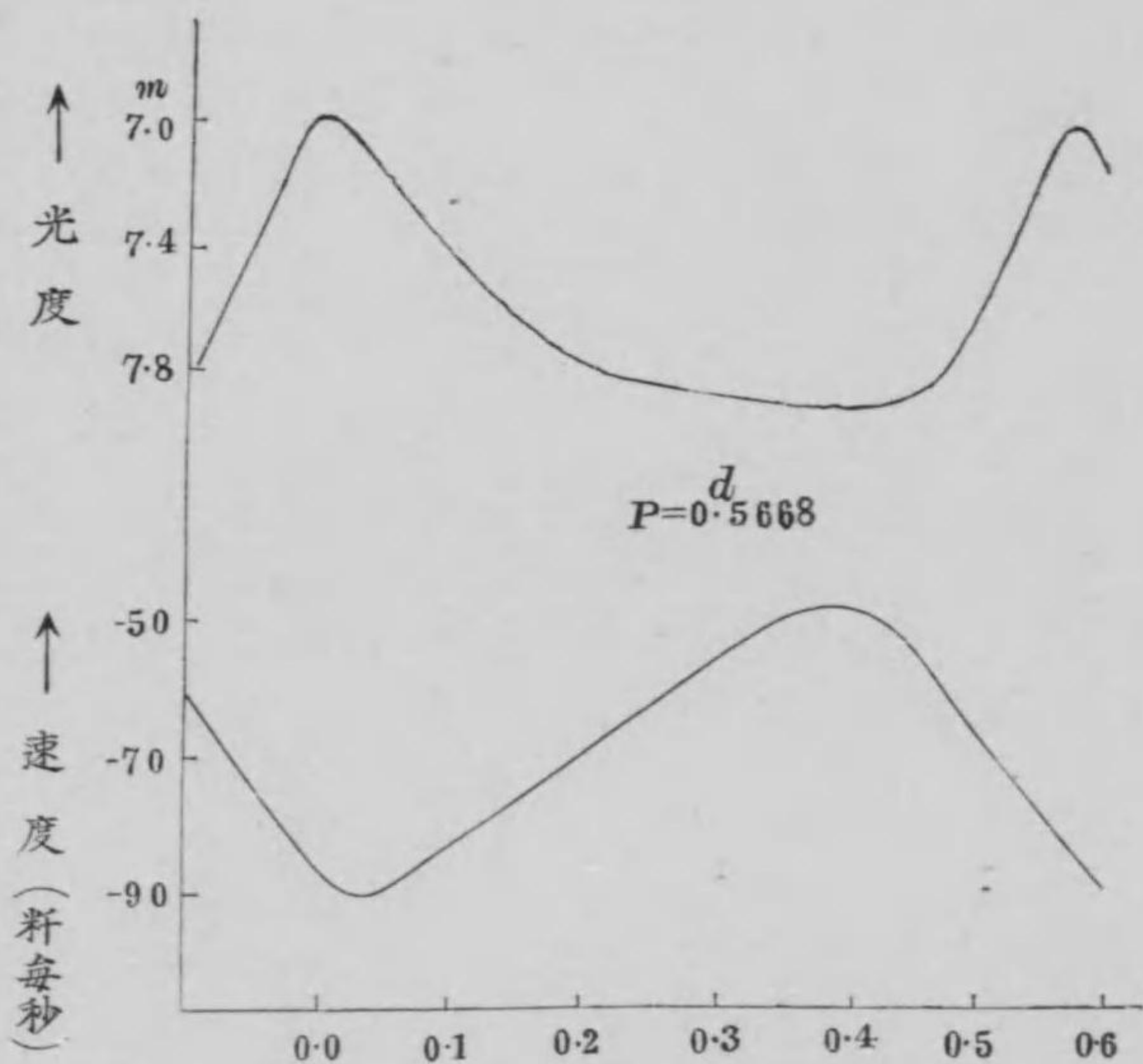
11 orbits computed.
mean P = 7.3 days
e = 0.31

概して其週期は短く、又星團中にあるものは光度も小さく漸く十三四等位が多い。δケフェイ式變光星は定常の相を有せざること、に於て星團式と異なりとされてあつたが、段々吟味すれば星團式の定常の相と稱する所も、全く一定の光度ではないらしい。要するに程度の差で種類の差ではないらしい。是等の星の中で視線速度の變化を測ることの出

來たものを吟味すれば、我々に近寄る速度が最大の時に光度が最大になつて居

が膨脹收縮の週期的脈動をなし、その際變光を起すであらうと云ふて居る。一

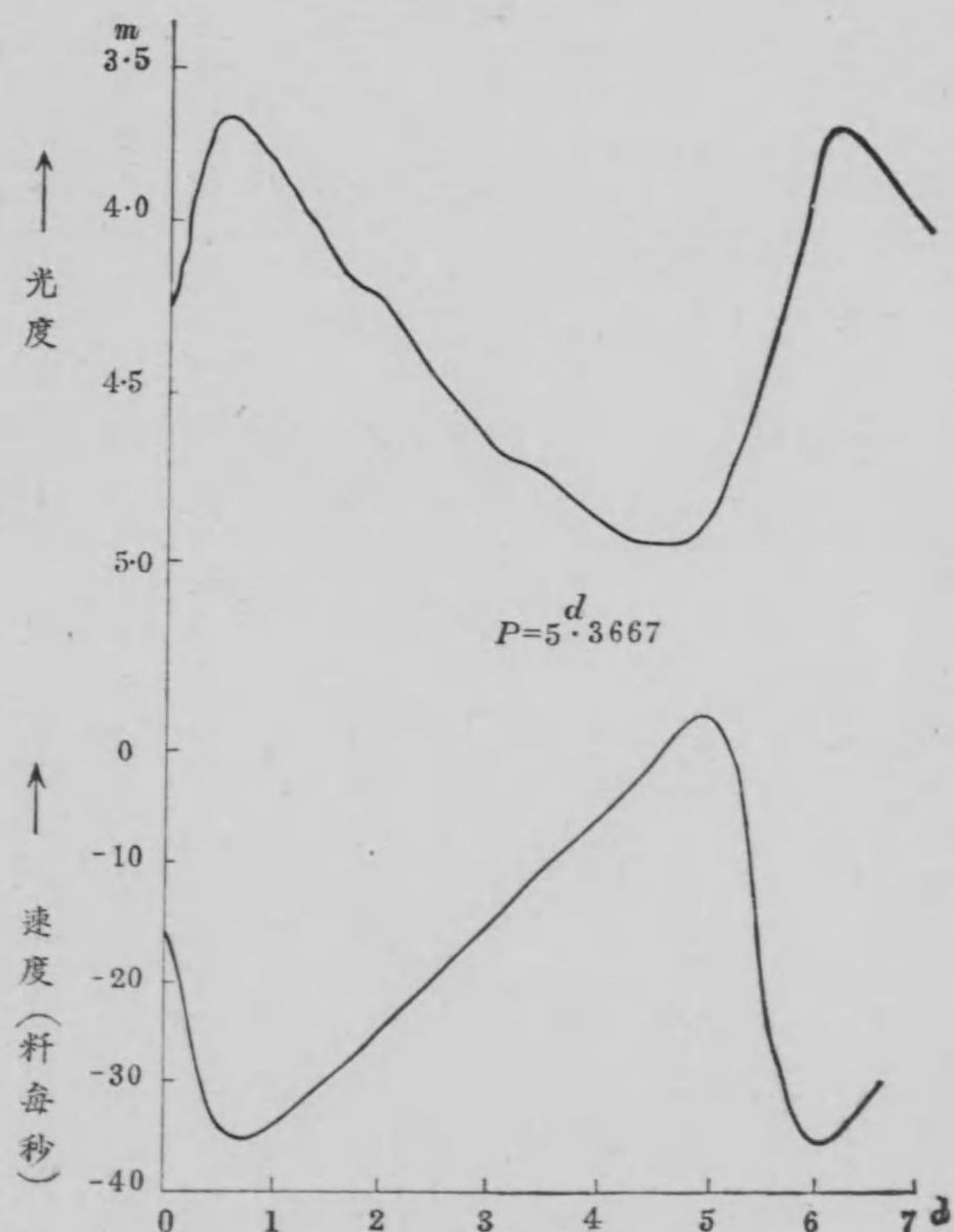
圖 三 十 三 第



RR Lyrae
(Kieess, 1913)

るので、アルゴール式變光星の如くに蝕では説明が出来ない。種々の説が提出されて居るけれども未だ定説がない。變光星の研究に就ては、オーソリチーなるシャプリー(Shapley, 1914)が最近に提出した説では、是等の星は視線速度の週期的變化を示して居るにも拘はらず、連星ではないであらう、單一なる星

圖 二 十 三 第



δ Cephei
(Moore, 1913)

寸面白い考ではあるが賛成は出来ない。思ふに非常に散漫なる二つの流星團より成る連星の回轉によりて説明が出来るのではあるまいか。

長週期變光星では、その一種と見做し得べき我が太陽や、又變光の範圍の驚くべく大なるミラ (Mira = o Ceti) の如き、不規則變光星では今日まで約三十個ほど出現せる新星 (Novae) の如き、孰れも非常に興味ある問題であるが、爰には一切省略する。

變光星の大約の數は星團式のものを除き一九一一年にチンナー (Zinner) の吟味し、分類せる數 1234 個、その中週期のよく知れて居るもの 724 新星 27 ほどである。

以上の變光星の中アルゴール式のものでは光の變はるのが全く蝕によるのであるからその變光曲線の形は星の大きさに關係する。觀測上一回轉まはる時間の内蝕をなせる時間を知ることが出来るから之から軌道の大きさに比べて星が何程の大きさを有するか其割合を知ることが出来る。之に引力の法則を加へて計算すると星の密度を算出し得らる。之は天體の物理的狀態に關して極

めて緊要なる材料である。

一九一三年シャップレーは當時迄に知れてゐる各程のアルゴール式變光星に就いて研究した結果を出してゐる。次表に之を示す

アルゴール式變光星の密度

型	B	A	F	G	K
密度 > 1.00				1	
1.00-0.50			1		
0.50-0.20	1	10	6	1	
0.20-0.10	4	12	1	1	
0.10-0.05	3	17			
0.05-0.02	2	8			
0.02-0.01		3	1	1	
0.01-0.001	2				
0.001-0.0001				2	1
< 0.0001				1	
計	12	50	10	7	1

就中著しいものは密度の小なるものには

馭者座 α 星 (e-Aurigae) F, p

P = 9905^d $d = 10^{-4}$

十字座 W 星 (W-Crucis) Gp

P = 198^d $d = 10^{-4}$

密度の最大なるものには

大熊座 W 星 (W-Urs. Maj.) G

P = 0.33 $d = 2.2$

琴座 β 星 (β -Lyrae) は其 11 つの星が

極めて接近してゐるので之は分裂後幾許も時を経ぬものであらう。此變光星

は一七八四年に聾で啞のグードリック(Goodricke)が発見したもので、アルゲランダー(Argelander)が一八四〇——一八五九年間に精密に観測した結果を発表して居る。それと其後の観測とを併せて計算して見れば、其週期は年と共に次第に延長して居る。

年	週期	連星間の距離(割合)
1780	12 ^d 21 ^h 9 ^m 15.0 ^s	1.0000
1800	” ” 26 11.9	1.0006
1820	” ” 36 37.2	1.0010
1840	” ” 43 29.7	1.0012
1860	” ” 48 54.2	1.0014
1880	” ” 54 1.8	1.0016
1900	” ” 59 9.6	1.0018

これは一旦分裂したる連星が潮汐摩擦のために次第に遠かりつゝあるので、本章に述ぶる潮汐摩擦の理論上研究の事實を眼前に示して居るのである。この

星系の各は其直徑は太陽の五十倍、質量は六十八倍で従つて其密度は太陽の密度の一萬分の三である。

以上連星及變光星に關する事實を一括すれば次の如きことを知り得たのである。

- (1) 連星の書く軌道は楕圓であること。従つて其所にも亦明かに宇宙引力の法則が行はれて居ること。
- (2) 所謂型の古きものほど週期長く、軌道大、離心率大なること。この内軌道の大なるものは離心率も亦大なりと云ふ統計的事實を捉へてシー(See)はその主張せる所謂捕獲説(Capture theory)の有力なる論據として居る。其説によれば連星なるものは始め互に無關係なる二つの星が偶然行き逢ふて出來たものであつて、始めは軌道も大、離心率も大であるが、空間の抵抗のために次第に軌道も小になり、離心率も小になるのである。乍併この説は賛成し難い。却て反對に多くの連星は一つの星が分裂して出來たもの、又は一つの星に密集する途中に分裂して出來たもの

のであらうと思はれる。

(3) アルゴール式發光星の密度とスペクトル型との關係はラッセルの進化論に有力なる論據を提供する。

(4) 琴座 β 星式變光星の研究から分裂の際の状態がよくわかる。

(5) 現視連星で其視差を測ることが出来れば、其星系の總質量を知ることが出来る。又分光連星で其軌道面の傾きを知るか、又はその平均値を假定すれば、其星系の一つか、又は双方の質量を知ることが出来る。

今まで知れたる材料により計算したる結果によれば、是等の星系の質量は我が太陽の質量と大體に於て類似した大きさである。これは大に注意すべき著しき事實である。

白色星の質量は平均黄色星の質量の三倍位である。

(6) 現視連星又は分光連星で(5)の條件が知れた上になほ二つの質量の比が知れるか、又はその大體の値を假定することが出来れば、夫れ等の星系の廻轉運動量を計算することが出来る。今まで知れたる材料によりて計

算したる値を次表に掲げる。Mは質量で我が太陽の質量を單位とし、Hは廻轉運動量で、地球と太陽の距離、太陽の質量、一年の長さ、を長さ、質量、時間の單位としたのである。

Hの値はA、F、G型なる十一個の現視連星の平均が二三、B型なる四個の分光連星の平均が三八、A型なる四個の分光連星の平均が二・八又二十五个のB型分光連星の平均値を用ひて計算せるものが一二乃至四五、三十四個のA型分光連星の平均値を用ひて計算せるものが一・三乃至五・七、それに我が太陽系の値は〇・〇二二である。

之に依て見れば、廻轉運動量は我が太陽系を除くの外は大體相類似せる大きさである。其中でB型のもものは大きい様である。我が太陽系のは飛離れて小さい。これは偶然ではなからう。他のものは皆連星であるが我が太陽系は連星と稱し得ないほど遊星が小さいためであらう。これを逆に見れば、廻轉運動量の始めから大であつたものは早く分裂して連星となり、廻轉運動量の小なる我が太陽系の如きものは未だに分裂しな

いで居ると云ふのであらう。

現視連星	トスペク型	週期	軌道長半徑	離心率	視差	質量	廻轉運動量
ベガス、 α_5	G	二六 ^年	〇・七八 ^秒	〇・四三	〇・〇七	二・一	一一
ヘルクレス、 ϵ	G	三五	一・三六	四六	二・一	一・二	五
プロシオン(小犬、 α)	F ₅	三九	四・〇五	四五	三・〇	一・六	九
シリウス(大犬、 α)	A	四九	七・五九	五〇	三・八	三・三	三六
大熊、 ϵ	G	六〇	二・五	四一	二・八	〇・七	二
ケンタウルス、 α	G	八一	一七・七一	五三	七・六	一・九	一四
蛇遣、 γ	K	八八	四・五五	五〇	二・八	二・二	一九
エリダヌス、 θ 、 μ 、 ν	G	一八〇	四・七九	一三	二・七	〇・七	四
乙女、 γ	F	一九四	三・九九	九〇	〇・七	四・九	四五
カシオペア、 γ	F ₈	二三三	八・五一	五一	二・九	一・七	一六
雙子、 α	A	三〇〇	六	五	〇・八	六・五	一〇〇
十一個の現視連星の平均						二・四	二・三

帯蝕分光連星	スペクトル型	週期	質量	量	廻轉運動量
ヘルクレス、 α	B ₃	二・〇五	一〇・五	一〇・五	一一
鱈、V	B _{1p}	一・四五	三八・〇	三八・〇	一〇八
乙女、 α	B ₂	四・〇一	一五・四	一五・四	三一
ヘルクレス、RX	B _{3p}	一・七八	一・八	一・八	一
四個のB型分光連星の平均			一六・五	一六・五	三八
駟者、 β	Ap	三・九六	四・七	四・七	四・四
牡牛、 d	A ₂	三・五七	五・〇	五・〇	四・四
カシオペア、RZ	A	一・一〇	一・〇	一・〇	〇・二
天秤、 δ	A	二・三三	一・五	一・五	二・三
四個のA型分光連星の平均			三・一	三・一	二・八

是等連星の軌道面の向きはどうか、全然無秩序であらうか、又は何等か秩序ある揃つた分布をなして居るであらうか。此點に關しては種々の説がある。ボーリン (Bohlin, 1907) ンバー (Poort, 1914) などは軌道面の向きは秩序ある分布をなして居ると主張して居るが、何分にも其證據となるべき確かなる統計的材料が不充分である。そのみならず今日まで知れて居る材料から見ても、多少の秩序ありと論ずるのは無理で、寧ろ全然無秩序と見る方が當つて居る様に思はれる。

上來述べたるが如く、天體の質量と廻轉運動量とが大體に於て相類似せる値を有し、餘りに飛び離れたる値を有するものがないと云ふのは、大に注意すべき事實である。一つ一つに分れて、外來の妨害がなくなつてからは質量も廻轉運動量も共に永久不變である筈だから、宇宙開闢の始め十億乃至二十億の現在の天體が出来る際にこの二つのものが大凡そ同じ位の値を有すべき理由が必ず存在して居つたのであらう。どうしてそうなつたか、これは實に大問題であつて又實に宇宙開闢論の骨子である。

熟々思ふに是等の事實は、現在の天體は無數の小流星の密集して成れるものと思ふことによりて説明することが出来る。

今各個の質量 m なる小流星が非常に大なる數 n 個だけ集合して一の流星團を形成して居るとし、その集合分布の状態は球狀等齊を有するとし、夫れ等の流星が種々様々の方向の速度を有する有様は一點の界限での速度の分布状態が恰も氣體分子の速度分布律に従ふものとして見る。かゝる假定のもとにこの流星團の廻轉運動量を計算して見れば

$$H = 3C^2 K^2 n m^2 = 3C^2 K^2 \frac{M^2}{n}$$

となる。但し C は小流星の運動の平方平均速度、 K は流星團の中心をよぎる軸のまわりの慣性率半徑、 M は流星團の總質量である。

我が太陽を例に取り、始めは厯大散慢なる流星團なりしものが内部の相互引力のために次第に密集して、現在の如き状態に進化せるものと考へ、その當初の流星團に對し右の式を應用し、質量及廻轉運動量には太陽系の現在の値

$$M = 1,$$

$$H = 0.022$$

を用ひ、流星團の大き及び流星の平均運動に對しては假に

$$r \parallel 10^3 \text{ (視差二秒の距離)} \quad \omega \parallel 1 \text{ (} \parallel 4.7 \text{ 秒秒率)}$$

とおけば右の式から

$$n \parallel 10^{14}$$

となる。即ち一つ々の流星の大きさは太陽の百萬億分の一、即ち地球の三億分の一で、若し地球の如き比重を有するとすれば其直徑約二十軒内外のものであるればよいと云ふことになる。

多くの連星に就ては我が太陽系に比して、質量も概して大きく、廻轉運動量は殊に遙かに大きいのは、右の式中 m を大に、 n を小にすれば宜しい。即ち當初の流星團の粒の大なりしことによつて説明が出来る。開闢の始めに當り其發生せる地方を異にせるがために、或は比較的大なる粒より成れる流星團もあり、小なる粒より成れる流星團もありしなるべく、その大なる粒より成立せる流星團は大なる廻轉運動量を有して居るかために、自己引力によりて密集したる後早く分裂して連星系に進化し、小なる粒より成立せる流星團は廻轉運動量小なる

がために密集の後に分裂すること遅く、我が太陽系の如き遊星系に進化するのであらうと思はれる。

星團 星團を形成する星の分布の状態によりて不規則星團と球狀星團との二つに分つ。この二つは思ふに其起源をも異にするものであらう。

球狀星團内部の星の分布は球狀等齊を有し其分布の密度は瓦斯球星雲内部の密度の分布に似て居る (Pinner, 1911; 第十講第三十七圖參照)。一つ々の星は内部の相互引力のために定めし運動をなしつつあるであらうと思はれるが、距離遼遠なるがため、其運動變化を認めることが出来ない。星團の星の混成スペクトルはフス (Fehl, 1908—1913) の研究によれば大體 F、G 型で我が太陽のスペクトルに類して居る。

星雲 其形によりて不規則星雲、瓦斯球星雲、渦狀星雲の三種に分つ。

(1) 不規則星雲 肉眼にても認め得るオリオン座の大星雲を始めとして、不思議なる烟の如き白鳥座の星雲、オリオン座の三星をとり巻く紐狀星雲、昴宿の内外に亘れるプレヤデス星雲の如き何れも不規則、不思議なる形狀をなし、其大き

は非常に龐大なるものがある。其スペクトルは輝線で瓦斯狀物質より成れることを示す。運動及其形の變化は多くは未だわからないが、オリオン座の大星雲に就ては其内部の部分々々で運動を異にし全體としては其運動殆ど零に近いらしい。

(2) 瓦斯球星雲 輝線スペクトルを有する故に瓦斯體であることは知られるが、其形は非常に小さい。望遠鏡で見れば擴大して圓く見ゆるものを Planetary nebula と稱へ、望遠鏡で見ても點にしか見えないものを Stellar nebula と稱へて居るが、この二つの差は單に距離の差だけであるらしい。地球上の分布は銀河方面に多く(第二講第三圖參照)其眞運動は頗る大きい(第七講の末段參照)

(1) 及(2)の星雲のスペクトル輝線中には所謂星雲線なるもの著しく、これは地球上にて我々の知れる物質の發する光にはない。ニコルソン(Nicholson, 1912)は電子説にて原子の構造を講究し、この星雲線は最も簡單なる構造を有する原子の發する光であるとし、其最簡單なる原素をネビリウム(Nebulium)と命名した。

瓦斯球星雲はO型の星と密接の關係があるらしい。ライト(Wright, 1914)は二

三の場合に於て(Planetary nebula)の核がO型星になつて居るものがあると云ふて居る。

(1) 及(2)の瓦斯狀星雲の状態及起源に關しては學者の説まだ一致せざるものが多い。今後なほ多くの研究を要することと思はれる。

(3) 渦狀星雲 望遠鏡で擴大して見れば渦狀に見ゆるもので其スペクトルは連續スペクトルである。アンドロメダの大星雲は其最も大なるもので肉眼でも見える程であるが最大の望遠鏡で擴大して見ても粒々の星團には見えない。小なるものは望遠鏡で辛ふじて楕圓形に見え、又は點にしか見えぬものもあるが、其スペクトルが連續スペクトルなるものは渦狀星雲の小なるものと見做し通常この部類に入れてある。フス(Fath, 1908-1913)の研究によれば渦狀星雲の混成スペクトルは大體F、G型で我が太陽のスペクトルに類して居る。地球上の分布は銀河の兩極の方面に多い(第二講第三圖參照)。距離はボーン(Böhm, 1907)がアンドロメダ大星雲の距離を視差〇・一七秒と測定して居るけれどもこれは大に疑はしい。概して非常に遠く他の宇宙系であらうと思はれるほどである。

第四章 宇宙進化論

第十講 瓦斯球星雲

前章までに我が宇宙の構造状態等に關し今日までに知られたる實際の事實を述べたのに對し本章には是等を一條の論理にて貫き得る様な進化論を組立てて見たいと思ふ。事實の方を主としていへば進化論は、其説明の道具はた又便宜な記憶術に過ぎないが、進化論の方を主としていへば、今迄の事實は進化論を組立てるための材料である。孰れと見てもよい。曲學阿世は最卑しむべきであるが、我等の務むべきは順天求合で、事實に適ふ様な説をこしらへねばならぬ。

先づ第一に瓦斯體が球狀の一團をしてゐたならば其内部の状態はどうであらうか。問題を簡單ならしめんが爲に、假に完全なる瓦斯體として、夫が自己内部相互の引力の爲に球狀の一團をなして居つたとしたならば、其内部の密度、温

度、壓力等の分布は如何であらうか。平衡の状態に於ては明かに

(1) 上層のものゝ重みの總和が其下層の壓力に等しきこと

(2) 内部隨所に於ける密度、溫度、壓力の關係は完全瓦斯體の法則に従ふこと

此の二條件を満足しなければならぬが、尙ほ其上に

(3) 内部に於ける熱の傳導の様子

を考へて見なければならぬ。勿論中心の方が熱く外の方が冷たいのであるが、高温から低温の方に熱の傳はるには三種の方法がある。即ち傳導(Conduction)對流(Convection)輻射(Radiation)の三通りである。今問題を簡單にするが爲に此三種の方法の中のどれか一つだけで熱が傳達する場合を考へる。

(イ) 瓦斯體の傳導の度極めて大なりとする。或は他の對流や輻射が出来難いのに比して傳導が著しいとする。其極限の場合で傳導の度が無限大であれば瓦斯體全部等温(Isothermal)である。

(ロ) 瓦斯體内部に於ける運動が非常に自由であつて、冷えたるは下に沈み熱したるは上部に浮ぶとする。其極限の場合、即ち對流による熱の傳達が完全

に行はれて對流的平衡の状態にある時には、一の層から次の層に移動する瓦斯體は、熱の受け渡しなしに其層の状態に適應することが出来るのであるから、其状態の變化は斷熱的變化 (Adiabatic change) である。

(ハ) 若し前の二つの作用共に行はれないか、或は其作用が比較的小さくして熱の傳達は主として輻射によつて行はるゝ場合には、内部の任意の層の状態は、受くる輻射熱と出す輻射熱とが相等しいといふ條件を満足せねばならぬ。

是等三種の條件のどれか一つを前の(1)(2)の條件と結合した時の瓦斯球星雲の状態は、レーン (Homer Lane) リッテル (Ritter) ケルヴェン (Lord Kelvin) エムデン (Emden) 等によりて研究せられた。其結果の一二を次に示す。例を太陽にとり其半径 7×10^{10} 裡、其質量 1.9×10^{33} 瓦従つて其平均密度を 1.35 とする。

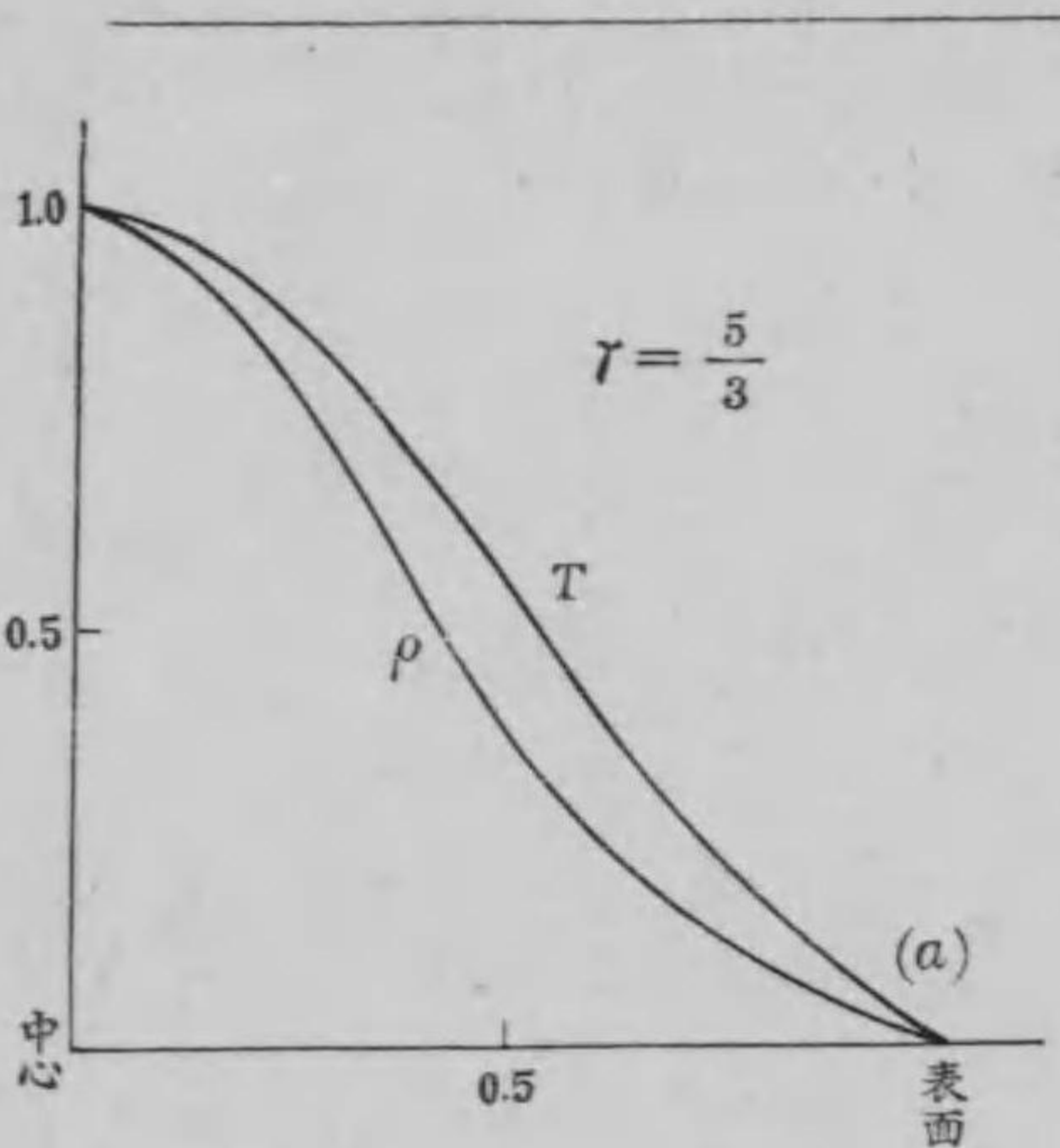
(ロ) まづ斷熱的平衡の場合を考へて見よう。若し太陽が解離したる水素原子 (Dissociated Hydrogen) より成れりとし其定壓比熱と定積比熱との比 γ を $\frac{5}{3}$ と假定すると温度及密度の曲線は第三十四圖甲の如き有様を呈す。第三十四圖乙

は表面に近い部分(a)を

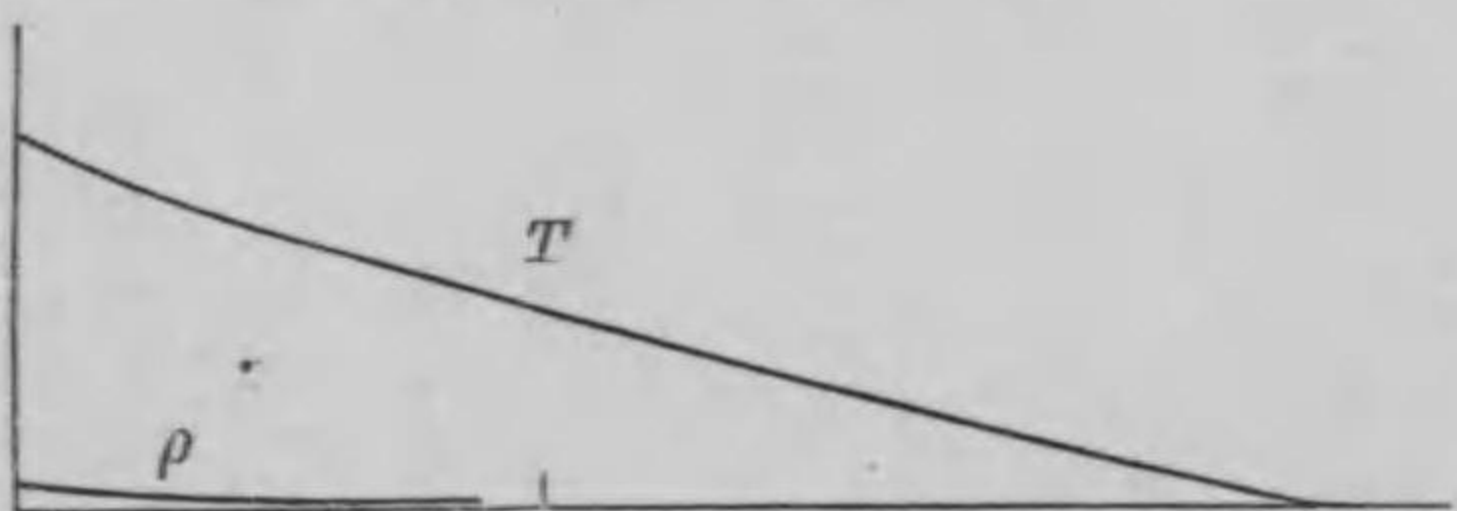
$$\rho = \frac{const.}{(a^2 + r)^{\frac{5}{2}}}$$

でおきかへたる場合但し尙之を百倍廓大したるものを示す。

第三十四圖(甲)



第三十四圖(乙)



なほ其中心での密度、温度、
壓力は

$$\rho_0 = 8.3 \quad T_0 = 1.2 \times 10^7$$

$$\rho_0 = 8.17 \times 10^8 \text{ (氣壓)}$$

となる。

若し $\gamma = 1.4$ とすれば温度及密度の状態は第三十五圖の如くであり、中心に於ける密度、温度、壓力は、物質を水素瓦斯と假定すれば

となり我が空気の如き成分のものと假定すれば

$$\rho_0 = 33.2, \quad T_0 = 3.15 \times 10^7, \quad p_0 = 4.34 \times 10^{10} \text{ (気圧)}$$

$$\rho_0 = 33.2, \quad T_0 = 4.56 \times 10^8, \quad p_0 = 4.34 \times 10^{10} \text{ (気圧)}$$

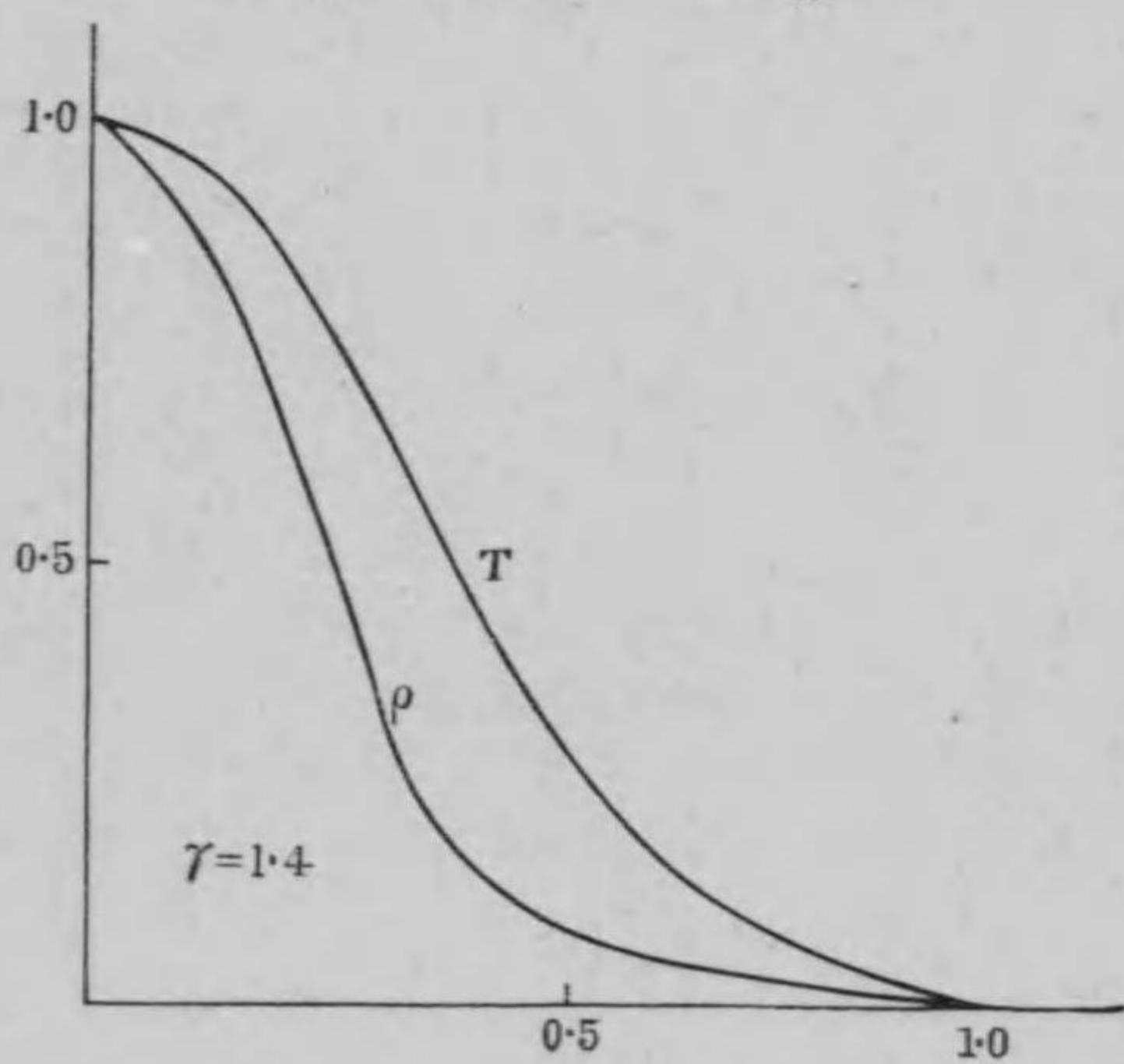
となる。

若し $\gamma=1.2$ とすれば温度及密度の變化は第三十六圖の如くである。この場合には計算が著しく簡單になり、密度は次の如き式にて表はされる。

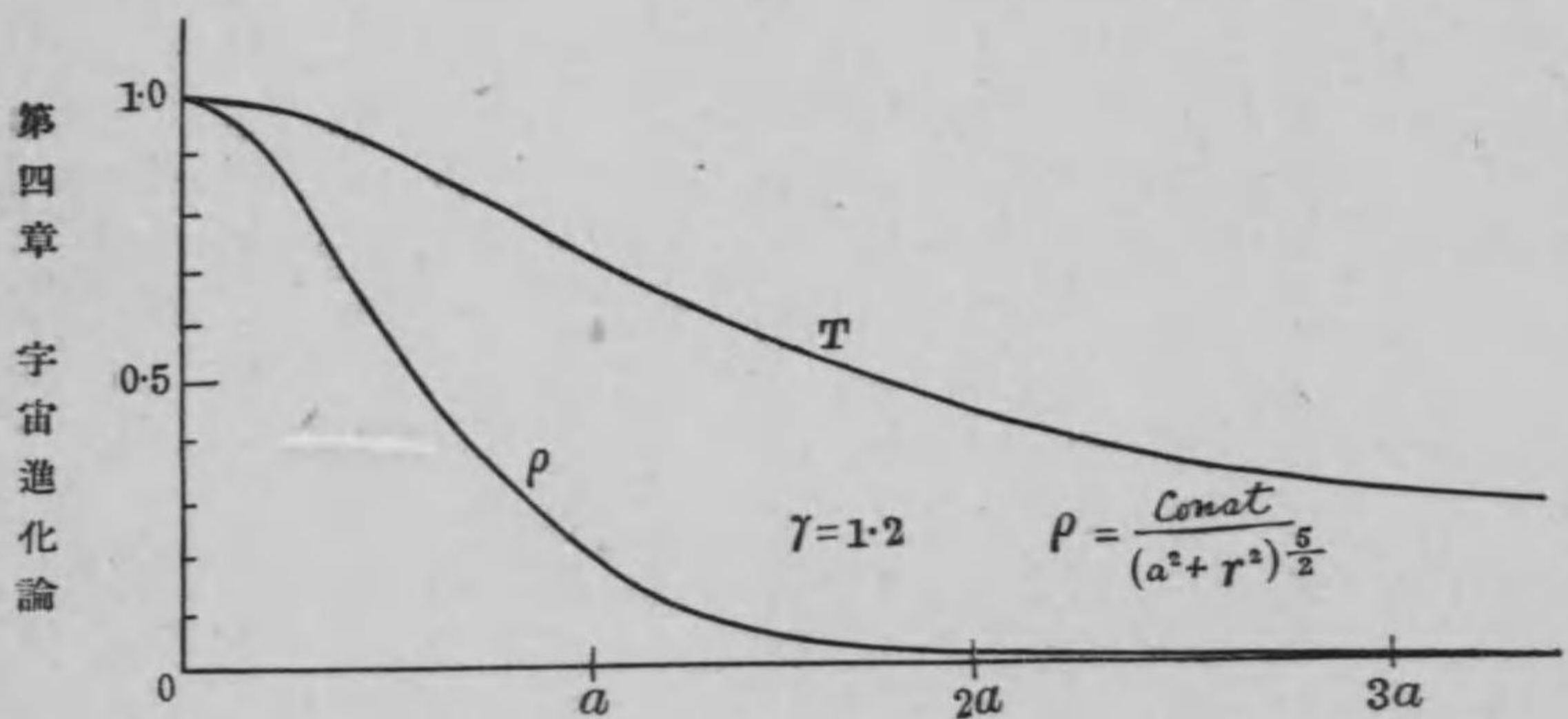
$$\rho = \frac{\text{const.}}{(a^2 + r^2)^{\frac{5}{2}}}$$

尙ほ此場合の密度分布の状態は球状星團に於ける星の数の分布の状態と密接の關係があるので甚だ面白い。プランマー (Plummer, 1911) は二三の球状星團に就いて星の数の分布を研究した。是等

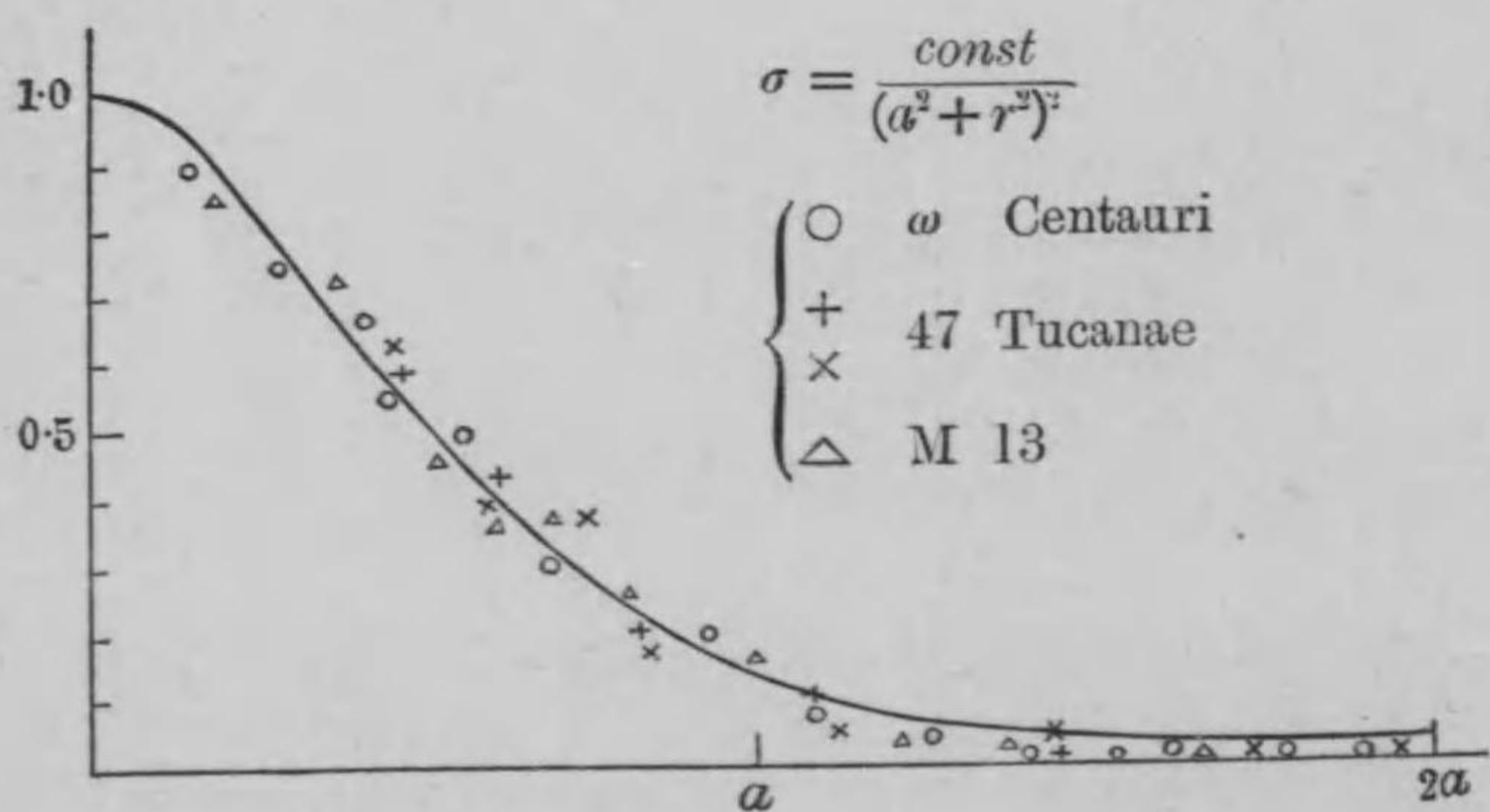
圖五十三第



圖六十三第



圖七十三第



(Plummer, 1911)

は何れも二三千の星の球状集團であるが、打見た所の透視の密度と空間の密度とは異なるが故に、瓦斯球星雲と球状星團との密度分布を比較しようとするには双方を共に透視の密度にか、又は共に空間の密度に換算しなければならぬ。第三十七圖はプランマーが實測した三つの球状星團に於ける星の數の分布を示し、曲線は $\rho \propto r^{-1.2}$ なる場合の瓦斯球星雲の透視密度を表はす。點と曲線とが甚だよく一致して居るを見れば、球状星團内の一つ々の星は恰は瓦斯體の分子の如く見做し得るものと思はれる。

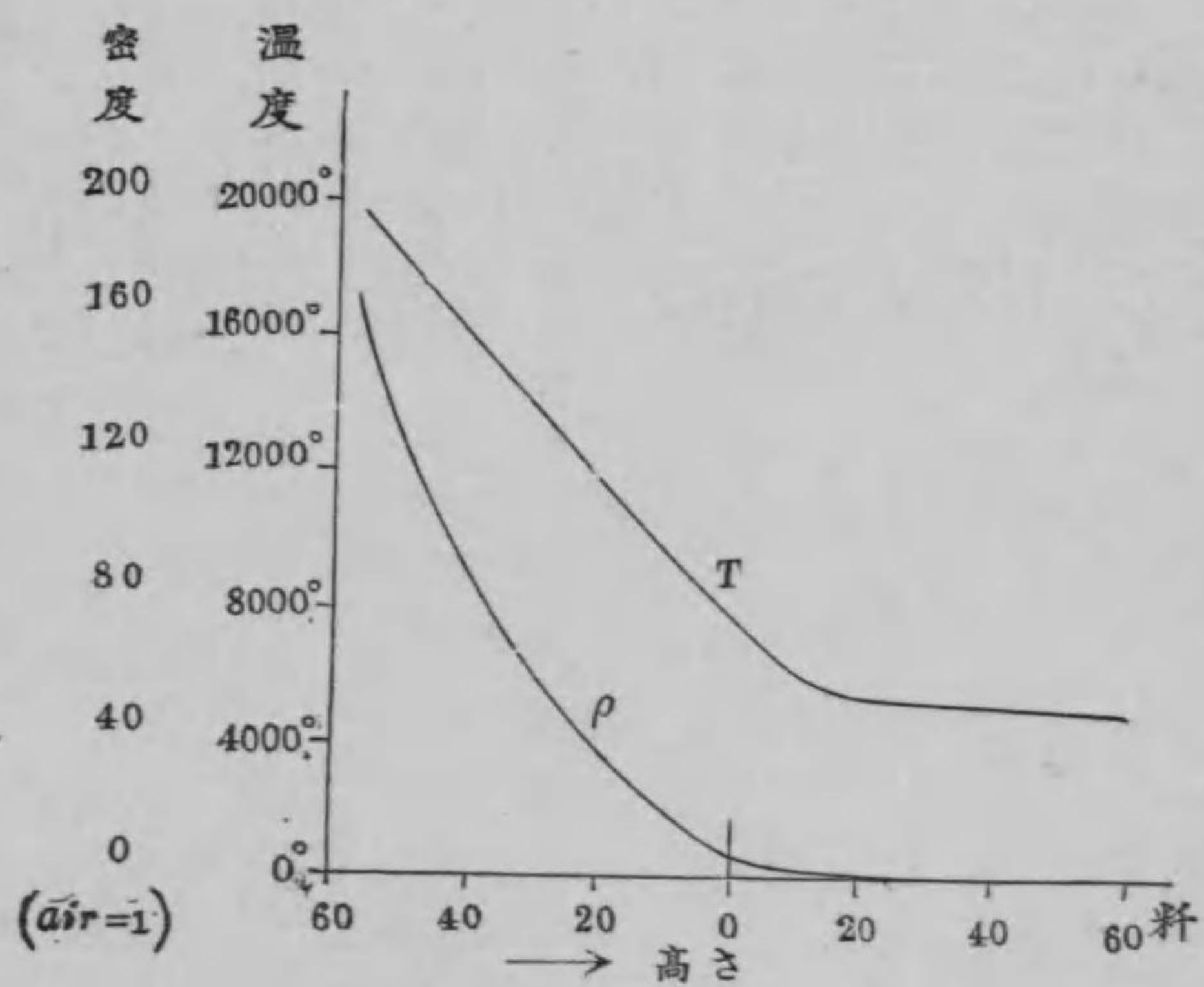
(ハ) 輻射熱平衡の状態はシュワルツシルド(Schwarzschild, 1906)が研究して太陽の最上層は斯かる状態にあるものであらうと論じてゐる。太陽を我等から見たときに中心が光つて周圍がうすくなる度合を右の假定に基ける理論上の結果と、實際太陽の表面で觀測した光の分布とを比較すれば極めてよく一致してゐる。中心を0、周圍を1と定めて其間の各部分からの光の量を掲ぐれば次表の如くである。尙比較のために $\rho \propto r^{-1.2}$ 及 $\rho \propto r^{-1.2}$ としたときの斷熱平衡状態に相當する値をも併記する。

	實測	輻射熱平衡 $\rho \propto r^{-1.2}$	斷熱平衡 $\rho \propto r^{-1.2}$	平衡 $\rho \propto r^{-1.2}$
中心 0.00	1	1	1	1
0.20	0.99	0.99	0.97	0.99
.40	0.97	0.95	0.87	0.94
.60	0.92	0.87	0.70	0.86
.70	0.87	0.81	0.58	0.80
.80	0.81	0.73	0.44	0.71
.90	0.70	0.63	0.26	0.58
.96	0.59	0.52	0.13	0.43
.98	0.49	0.47	0.08	0.34
周圍 1.00	(0.40)	0.33	0.00	0.00

但此圖は成分を地上の空氣と同様のものとして計算したものである。若し水素とすれば高さをあらはす横線は $\rho \propto r^{-1.2}$ 倍すべく密度 ρ は $\rho \propto r^{-1.2}$ で除さねばならぬ。思ふに實際に於ては上記三種の平衡状態が混淆してゐるものであらう。大

シュワルツシルドは輻射熱平衡とした時の結果が斷熱平衡とした時の結果よりも實測によく一致するから後者といはんよりは前者と考へるのが合理であらうと主張してゐる。併し $\rho \propto r^{-1.2}$ として見ると斷熱平衡でも可なりよく實際と一致する、尤も端に近い所はよく一致せぬけれども此方が計算が容易であるから間に合はせとして用ひることが出来る。輻射熱平衡とした場合表面附近に於けるT及 ρ の値の圖を次に掲げる。

圖 八 十 三 第



でなく、我が地球の如きに就ても同様のことが云へる。即ち固体の部にては熱

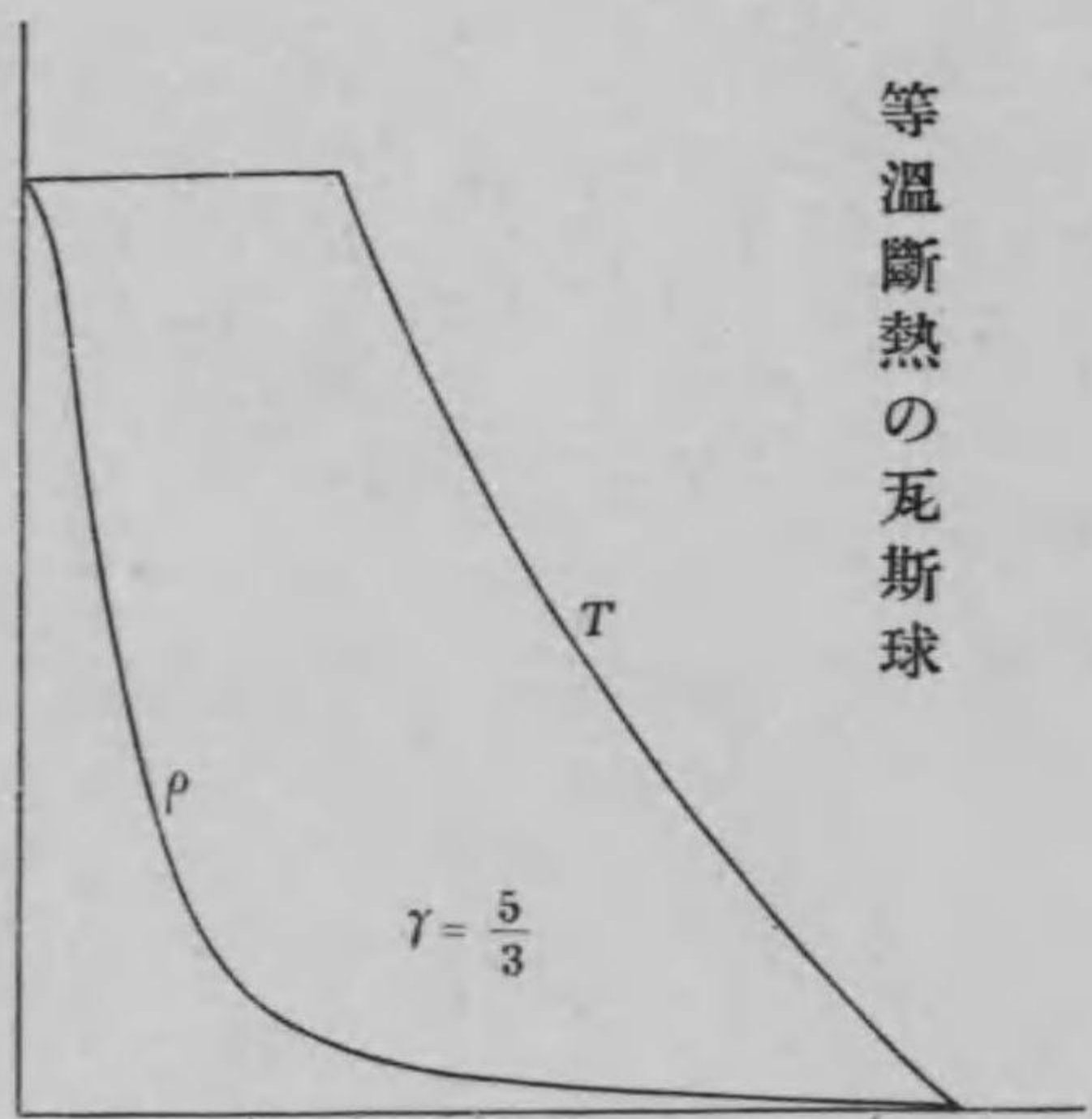
體をいへば深き内部中心附近では密度大、壓力大なる爲に熱の傳達は主として傳導により、大體等温状態にあらうし、その上の運動の自由なる所は對流平衡即ち斷熱平衡の状態にあるであらうし、最外部の比較的薄き層は輻射熱平衡の状態にあらうと思はれる。此三者を接ぎ合はせて考ふれば球狀瓦斯體の内部の状態の眞に近いものが得らるゝであらう。

之は獨り瓦斯球星雲ばかり

の傳達は殆ど全く傳導によつて居る。尤も表面に近き部分にては海水、地下水等による傳達があるけれども其作用は極めて微小である。之を包む大氣の部

圖 九 十 三 第

等温斷熱の瓦斯球



分は地上から十籽位の高さまでは雨だの風だの、氣象的變化の爲によく攪拌せられて對流平衡に近い。全く乾燥せる空氣で斷熱平衡にあれば一籽上る毎に温度が十度下る割合であるが實際には一籽に就き五乃至八度の割合で下り地上十籽では大抵

1.5°Cとなる。十籽以上の上層は殆ど射熱平衡で大體等温である。此事實は千九百年頃に澤山の觀象用氣球を揚げて得た記録から知ることを得たのであるが最初は其説明に苦しんだのであつた。一九〇六年にシュワルツシルドの提出した説から思ひ付いて初めて

之が説明を與へたのは英のゴールド (Gold, 1909) 及び米のハンフリース (Humphreys, 1909) であつて、二人殆ど同時に之は空氣の上層には對流が達せず、殆ど全く輻射熱平衡の状態にあるがために大體等温にあるものであらうと説明した。

更に通俗なる例を取りて宗教の傳道と比較して見るのも面白い。中心の高熱は即ち宗祖の人格である、其熱誠である。其周圍にありて朝夕其警咳に接せる者は直接に其感化を受ける。之は傳導による熱の傳達に比すべきであらう。少しく遠隔の地方に對しては、參詣者若くは團參の去來によりて傳はるので即ち對流の状態に相當する。更に遠き地方又は時代を異にせる世にありては僅に文書又は經典によりて感奮し宣教するので其傳播の具合は即ち輻射熱平衡の状態に相當するであらう。

以上は靜止せる瓦斯球星雲の内部の状態を論じたのであるが、實際の天體は凡て廻轉運動をなして居るのである。廻轉しつつある天體の形及内部の状態を論ずることは非常に複雑で、今日までまだ解決が出来ない。其主として困難なる點は内外密度を異にして居るためであるので、今問題を成るべく簡單なら

しむるために次の如き二つの極端の場合を想定して見る。

(一) 殆ど全部の質量が中心の一點若くは一の球體に密集し、夫れを圍繞する部分は非常に稀薄である場合

(二) 中心も周圍も全體等一の密度を有する場合

尙ほ孰れも完全流體で少しも剛性を有せないとする。即ち(一)は中心の心核の周圍に引付けられて居る完全瓦斯體、(二)は相互の引力で一の集團をなせる完全液體で共に一の軸のまわりに廻轉して居る時の状態を研究して見よう。

第一の方、即ち中心に心核があつて周圍に瓦斯體のある場合の形の決定は比較的簡單である。心核のための引力と回轉遠心力との結果水準面の断面は第四十圖の如き分布を呈する。圖に於て

$$OA = \frac{1}{2} \times OB$$

である。Bでは引力と遠心力と恰かも釣合ふから

$$\frac{fM}{OB^2} = \omega^2 \cdot OB$$

爰に f は引力常數、 M は中心體の質量、 ω は中心體の回轉速度である。或は

$$OB^3 = \frac{fM}{\omega^2}$$

例へば太陽の場合には一周に二十六日を要するから

$$M = 1.9 \times 10^{33} \text{ 瓦} \quad \omega = \frac{2\pi}{26 \times 24 \times 60 \times 60}$$

$$= 2.8 \times 10^{-6} \text{ 毎秒}$$

$$f = 6.66 \times 10^{-8}$$

$$\therefore OB = 2.52 \times 10^{12} \text{ 釐}$$

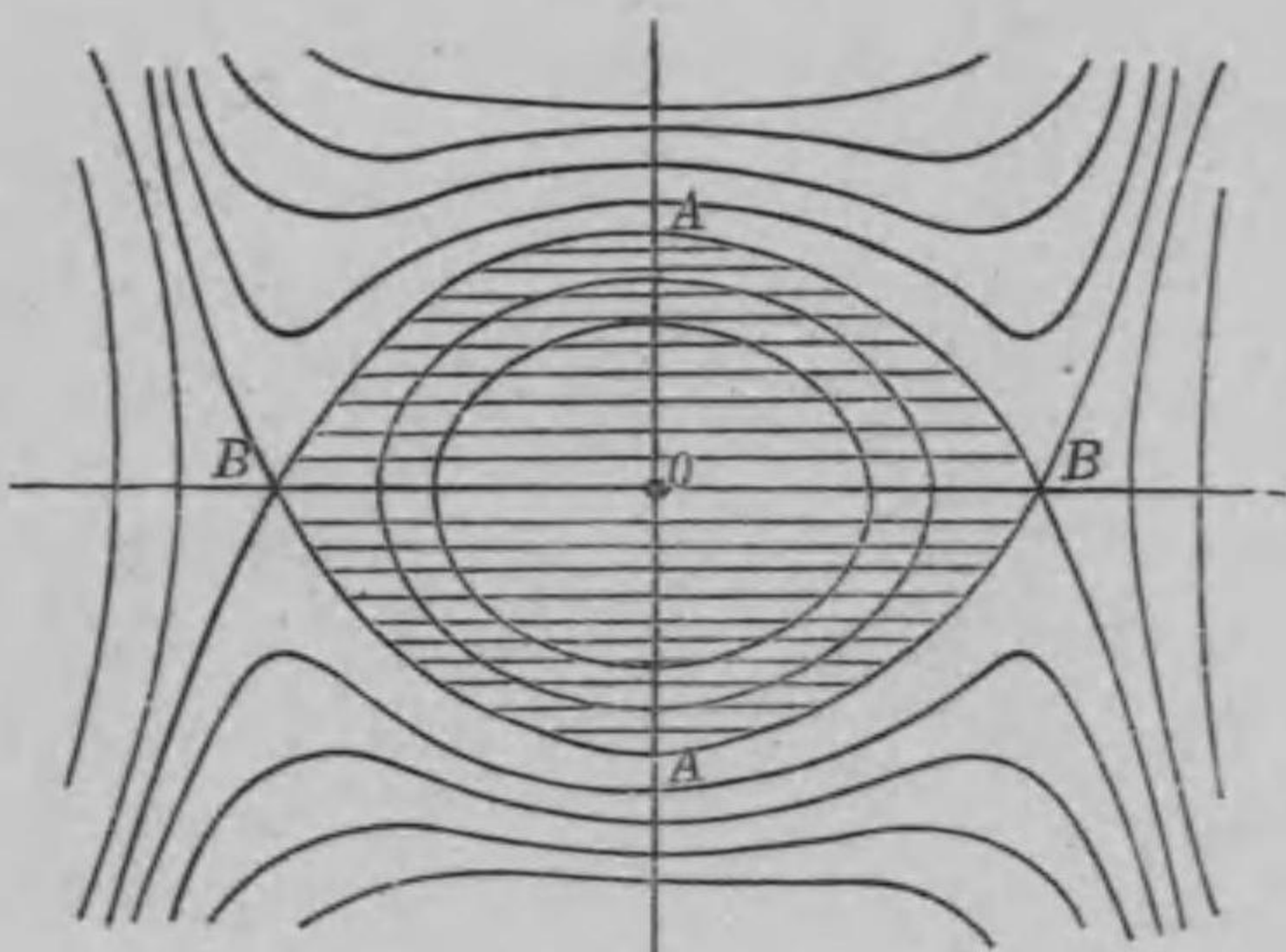
然るに 太陽の半径 $= 7 \times 10^{10}$ 釐

$$\therefore OB = 36 \times \text{太陽の半径}$$

同様に中心體が地球である場合には OB は地球の半径の六七倍となる。

B 以外では遠心力の方が大きくなり従つて其邊にある物質は遠く飛去つて了ふ。B 以内では水準面が閉塞曲面となり、夫以外では然らぬ故 BABAB の線をひいた部分以内の瓦斯だけが中心體と一緒

第四十圖



$$OA = \frac{r}{\omega} \times \omega E$$

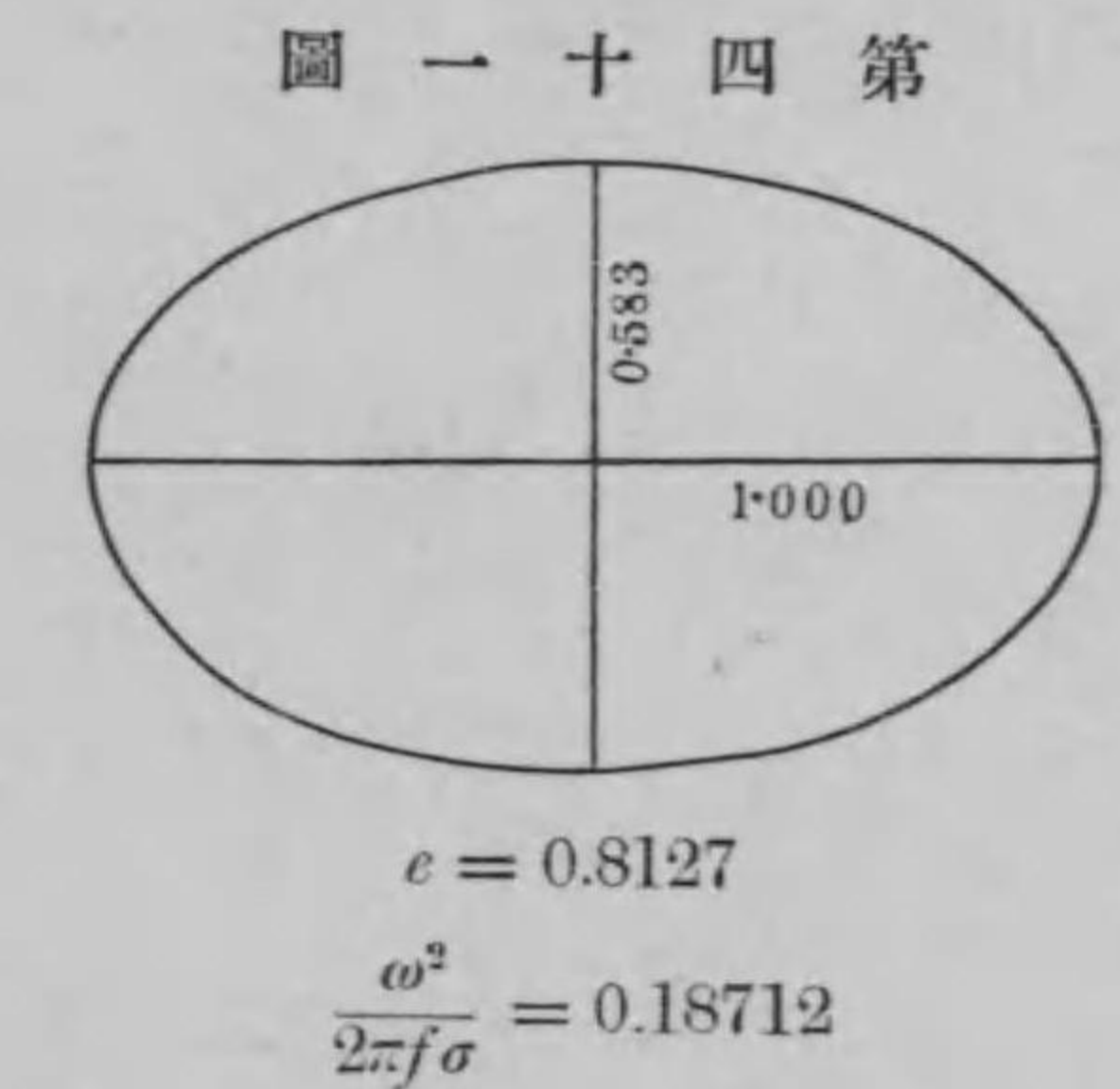
について回轉するが其外の過剰の瓦斯は BB の方面から四方へはみ出すこと丁度饅頭を押潰した體たらくで回轉體と離れ去ることになる。

地球の大氣の高さは極めて僅かであるから、勿論上の範圍内にあつてよく地球に伴ひて回轉することが出来るのである。其他固體遊星の雰圍氣の場合も之に當て嵌めることが出来る。

ラブラースの星雲進化説も之に類似し、過剰の瓦斯は四方に輪になつて飛去るとし、土星の輪が丁度其赤道の方向に鐔の様になつてゐるのは星雲進化の順序の適例であるといつてゐるが、併し今日から見れば上の推論の當て嵌まるのは中央密集 (Central Condensation) が甚しいものでなければならぬ、且又土星の輪の如きは連続したる固體若くは流體なること能はざるは既にマクスウエルの證明した所で、それは實に無數の小さい流星の集りより成れるものである。ラブラースの説が太陽系の場合に當てはまらないことはなほ後に詳説する。

第二の方、即ち回轉液體の表面の形如何といふ問題は頗る複雑で、今日尙ほ完全なる解決が出来てゐない。今迄に知れてゐる形の主なるものはマクロー

リン (Maclaurin, 1738) ヤコビ (Jacobi, 1834) ポアンカレ (Poincaré) タルウキ (G. H. Darwin) シュアンヌ (Jeans) 等の研究にかゝるものである。

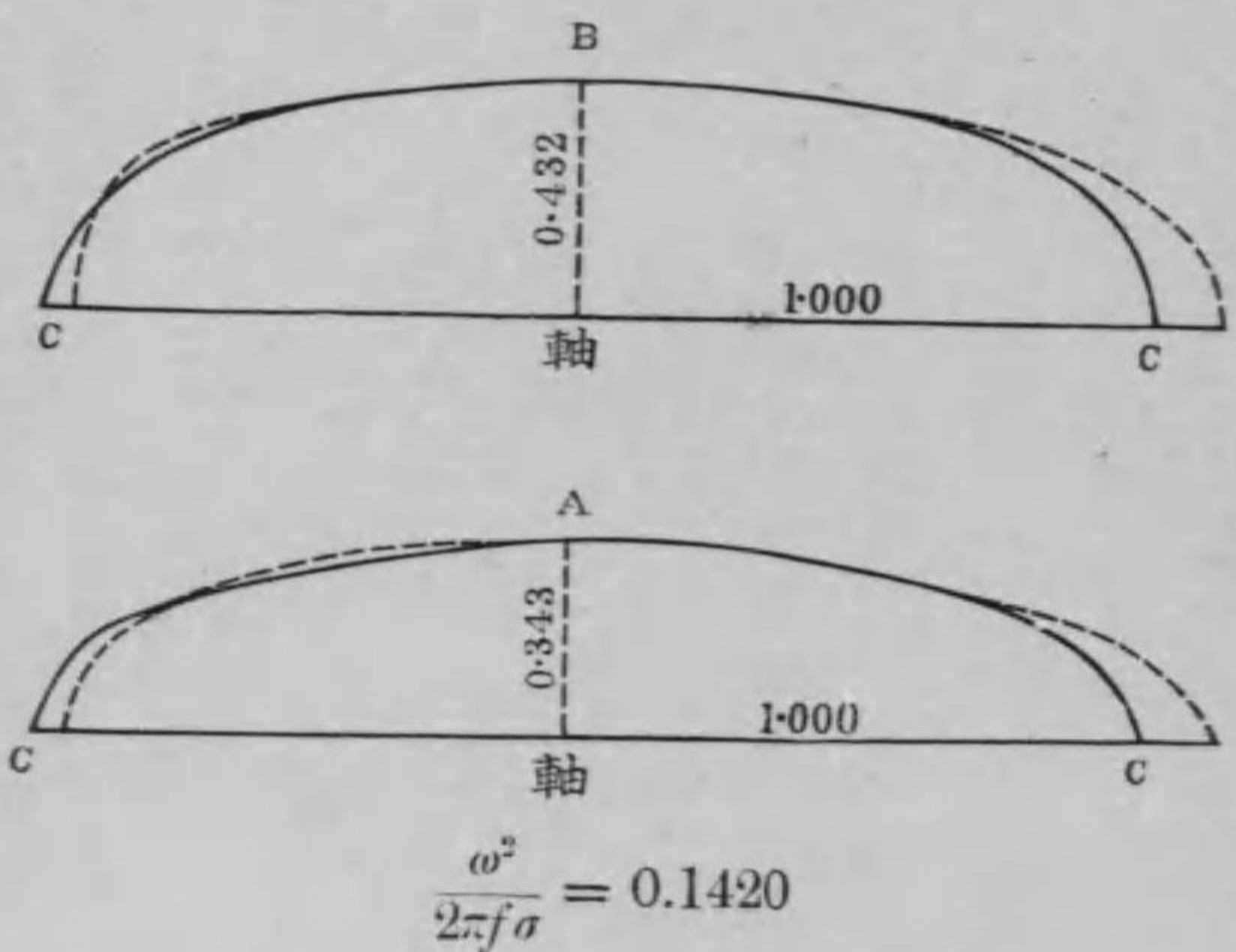


先づ始めに液体の廻轉運動非常に小なりとすれば平衡の形は殆ど球形に近きものより始まり、廻轉運動が次第に増加するに従つて兩極の方につぶれ、赤道の方面に擴がれる扁平楕圓體となる。此形をマクロリンの扁平楕圓體と稱へる。廻轉運動益々大につぶれ方も愈甚しく、扁平率或る一定限に達すれば夫れ以上は最早扁平楕圓體にては安定なる平衡を得難くなる。此極限の扁平楕圓體を第四十一圖に示す。この時(軸の方向をcとす)

$$a=b=1.000, \quad c=0.5883, \quad e=0.8127, \quad \frac{\omega^2}{2\pi f\sigma} = 0.18712$$

e は軸を含む断面の楕圓の離心率、 ω は回轉の速度、 f は引力の常數、 σ は液体の密度である。

圖二十四第



廻轉運動がなほ増大すれば安定なる平衡の形は三軸異なれる楕圓體となり次第に赤道方面の一方に突出し、一方に退縮して、遂に葉巻煙草の形となる。此形をヤコービの楕圓體又は葉巻形平衡體と稱へる。此形も突出或る一定限に達すれば夫れ以上は最早楕圓體にては安定なる平衡を得難く、次第に其一端にて膨脹し他の一端にて萎縮して瓢箪形、ポアンカレの所謂梨實形となる。これをポアンカレの梨實形平衡體と稱へる。第四十二圖は極限のヤコービ楕圓體と、夫れより誘導せる梨實形平衡體とを示す。極限のヤコービ楕圓體に就ては(軸の方向をAとす)

$$a=0.343, \quad b=0.432, \quad c=1.000$$

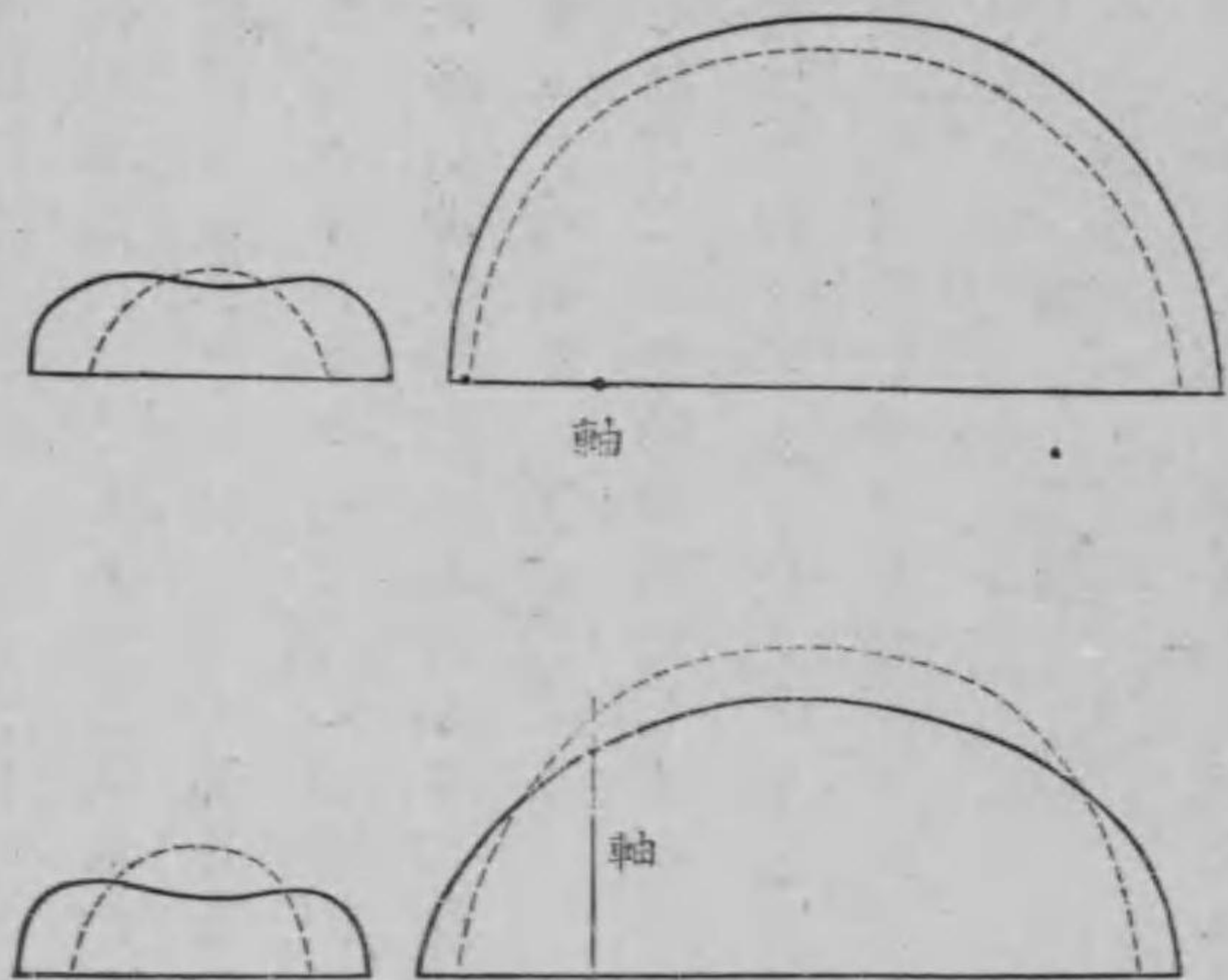
$$e_{ac} = 0.9386 \quad e_{ab} = 0.6021 \quad e_{bc} = 0.9018 \quad \frac{\omega^2}{2\pi f \sigma} = 0.14200$$

實際の天體に就ては、エネルギーは次第に減衰し、廻轉運動量は永久不變であるが故に、一定のエネルギーに對しては比較的廻轉運動量は増加することになり、安定平衡の形は次第に右に擧げたる如き順序に進化し、なほ瓢蕈形、梨實形のくびれが次第に甚しくなり、遂には二つに分裂して接近せる連星を形成する様になる。

ダーウソンは逆に元來分離せる二個の液體團が一つの共通なる軸のまわりに恰も剛體の如くに廻轉して居る場合を考へ、漸次この二つを接近して殆ど相融合するまでに至らしめて其形を研究し、啞鈴形、梨實形等の種々の形を講究した。第四十三圖は其一例で、當初半徑の比一と三即ち質量の比一と二十七なる二つの液體球を次第に相接近せしめた時の安定平衡の形である。

爰に注意すべきことは小なる方のものが繭形に中央でくびれて居ることである。これは大なる方のものと起潮力のためであつて、この小なる方のものが

圖 三 十 四 第



$$m_1 : m_2 = 27 : 1$$

$$\frac{\omega^2}{2\pi f \sigma} = 0.132$$

なほ小さく、或る一定限以下に小さくなれば遂に分裂するのである。この極限はロッシュ (Roche) の極限と稱へ約三十分の一である。即ち一の物體の近傍に其三十分一以下のもの(流體即ち剛性なきものにて)があれば其運命は分裂である。例へば大國の近傍にある小國內には事大黨と獨立黨とを生じ遂に分裂滅亡に至る如きものである。

以上第一第二の二つの場合は共に極端の想定であつて、實際の天體に就ては表面から内部に至るに従つて密度が増加するので、この二つの中間の場合に當

るのであるが、これは以上二つの場合より類推するより外はない。殊に興味あるのは分裂する時の状況である。

瓦斯體の場合には、若し内部に偶然密度の大なる箇所があれば、其點に向ふ引力は他の點に向ふよりも大であるから、其點を中心として次第に集合し、かゝる點が幾箇もあれば夫れ／＼の點を心核として獨立體となり分裂するに至るであらう。ムールトン (Moulton) は實際の天體の分裂は、かゝる状況にて分裂するものが多い、即ち分裂は最初から天體内部に潜在せる心核分布の状態によるものであると主張して居る。

併しながら又廻轉液體の如く廻轉が動機となつて分裂するものも無論多くある筈で、最近ジ・アンス (Jeans, 1914) の研究によれば廻轉による分裂は廻轉液體の分裂から類推して差支ない、と云ふことである。

第十一講 流星群

突如として天外より來りて地球の雰圍氣中に闖入し、其摩擦のために熱せら

れて光を發し、又忽ちにして消失するものは所謂流星 (Shooting stars) である。其の光の繼續して居る時間は平均〇・七秒位で、大約地上百籽位の高さで蒸發して消滅する。少しく大なるものは所謂火球 (Fire-balls) として見え、なほ大なるものは隕石 (Meteorites) として地上まで落下するものもあるが、こゝには是等凡てを一括して虚空に彷徨して居る微小物體を流星 (Meteorites) と稱へることにする。

地上まで落下するもの、又は火球として見えるものゝ數は多くはないが、大空に流星として見えるものゝ數は非常に多い。雲のなき暗夜に一人の人が見得る流星の數は平均に一時間に十四個の割合であり、一ヶ所にて多くの人が協同して見張りして居れば其六倍位見えると云ふことである。此割合で一晝夜の間、地球全體に落ちむ流星を推算すれば約二千萬となり、なほ肉眼では見えないうが望遠鏡では見えると云ふものを計算すれば其百倍にもなるであらうと云はれて居る。

斯く多數に落下する流星の大きさはおよそどれ位のものであらうか。從來は其發する光の分量からして見當をつけて兎も角も其大きさは瓦^{ペラム}又は瓦以下であ

らうと推定され。之を一年間に積つても總計幾千噸といふ程度で。地球全體の質量に比ぶれば僅に其 10^{10} 位に過ぎないと思はれてゐた。併し之は光と熱の分布に關して誤れる假定を採つてゐるから此結果は疑はしいのであるが外にこれといふ大きさを算出する方法がなかつたのである。

然るに近年に至り地球上層の大氣は絶えず東から西に流れてゐるらしいと云ふ事實が認められて來た。地上凡そ百籽の界限では毎秒百米位の速度を有する東風が絶えずあるらしく思はれる。クラカトア(Krakatoa)の爆發の時に其噴出の烟が八十籽位の高さで東から西に地球を周つたといふ證據がある。之を換言すれば最高層の大氣は地球及下層の大氣の回轉運動に伴はずして次第に後退し地上百籽の高さに於ては此逆流の速度は地球の回轉速度の約三分の一に達するといふことである。地球の固まつた部分は回轉するが周圍の大氣は夫れと同じにはまはらないといふことである。之は一考ふれば不思議のことと思はれる。前節のべた如く普通の理論に従へば地球の場合には之を包む大氣は其半徑の六倍程に至る迄の部分は地球と一緒に回轉する筈であるの

に、事實は之に反し次第に後退してゐるらしいといふのである。此後退の理由を説明せんと試みた二三の學者もあるけれども今日まではまだ何れも成功してゐない。

余は考ふるに此最高層に於ける大氣の逆流は無數の流星の落下の爲に誘起されたものであつて、従つて此逆流の現象を利用して流星の總質量を推定する材料となし得るものと思ふ。流星個々の運動は必しも地球の中心に向はないから其落下は或は右まはりの回轉運動量を加ふるものもあり或は左まはりの回轉運動量を加ふるものもあらうが大多數落下の結果は平均に於て此回轉運動量は零と見て差支えなからう。よつて計算を簡單にするが爲に流星は總て地球の中心に向うて落下するものとし、地上若干の高さにて其運動を止められ其高さに於ける大氣に混じて共に逆流をなすものとすれば、是等の流星の得たる水平運動量は下層の大氣が流體摩擦によりて上層の大氣に及ぼせる運動量に等しかるべき筈である。地球全體につき一秒時間に落下する流星の總質量をMとし、地球の半徑をrとし、地球の回轉の爲の水平速度をvとし、流星消滅の

平均の高さを h とし、 h の高さに於ける東風の速度即ち逆流の速度を v とし、大気の流體摩擦係数を γ とすれば

$$\frac{fv}{h} \gamma = \frac{M(v-fv)}{4\pi r^2}$$

$$M = \frac{f}{1-f} \frac{\gamma}{4\pi r^2}$$

之に $h = 10^7$ 類 $f = \frac{1}{2}$ $v = 6.4 \times 10^4$ 類 $\gamma = 8 \times 10^{-4}$ C.G.S. を入るれば

$$M = 2 \times 10^7 \text{ 瓦(毎秒)}$$

となる。即ち地球に落下する流星の總量は毎秒二十噸、一晝夜に約二百萬噸である。尙ほ上層の逆流は地磁氣に作用を及ぼす筈で、それを計算に入れば、流星の總量は右に算出せるものゝ何十倍といふ程になるであらうと思はれる。總量が二百萬噸で數は二千萬とすれば流星一つの大きさは百疋となり若し望遠鏡でのみみうるものをも數へて其數を二十億萬とすれば其一つは一疋となる。されば我等の見る流星の平均の大きさは大體何十疋といふ程のものであらう、**流星群** 此等の流星が群をなして一日又は數日に亘りて非常に夥しく降下

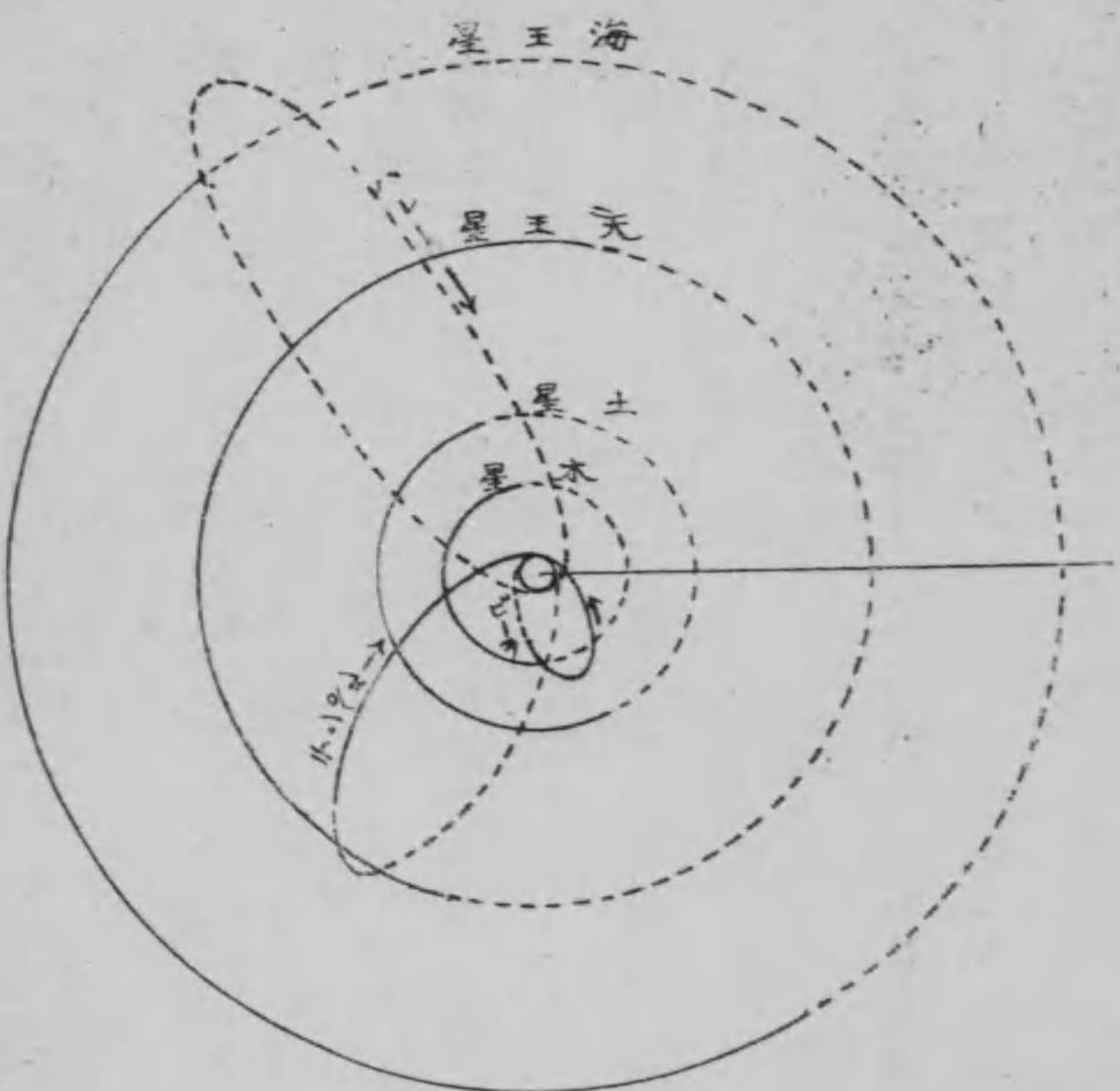
することがある。之を流星の雨と稱へる。例へば三十三年目毎に十一月十四日に降る十一月の流星雨(November Shower)と稱するは著しい流星群であつて一八六六年には殊に著しく人目を驚かせた。かゝる流星の雨の際に一つ一つの流星の書いた線を逆に引のばして見れば大抵は空中の一點に會する。即ち一點から四方に發散せるかの如くに見える。之は透視するからで其實空間では平行に地球に向ひ來るのである。十一月の流星群は其平行線が獅子星座(Leo)の方向から發散し來るから又之をレオニイド(Leonides)と稱する。同様にアンドロメダ星の(Andromeda)方向から來るものをアンドロメイド(Andromedids)と稱する。流星群には週期的に數年を隔てゝあらはるゝものと年々引續きあらはるゝものとの二種ある。例へば前者を考ふるに一年の中のある日例へば十一月十四日に何年目かを隔つる毎にあらはれ而かも其發散せる方向が分つてゐるか。是等より其軌道を計算することが出来る。是等を吟味すれば流星群の軌道は夫々ある種の彗星と極めて類似せることを認める。一例として其四つを次に表に掲げる

軌道要項	Tempel's Oppolzer	Leonid Shower Levertier	1862II Oppolzer	August meteors Schlapp- Felt	Halley's 1911	May- Aquarids Hoffma- ster	Biel's Breidichin	Andro- mids
週期	33.18	33.25	124 years	—	76.03	—	6.67	6.69
交点ノ傾斜	51 25'	51 13'	137 27'	133 16'	58.2	45'	246 8'	215°
軌道面ノ傾斜	102 42'	165 19'	113 35'	115 57'	162.3	167 5'	12 22'	11.5
近日點ノ距離	42.24	NearNode	314.41	313.28	166.9	147.8	109.50	103.59
近日點ノ距離率	0.9765	0.9890	0.9626	0.9613	0.559	0.610	0.873	0.873
離心率	0.9054	0.9014						

是等の軌道を圖にて示せば左の如し。圖中、中心太陽のまはりの小さい圓は地球の軌道で、他の星の軌道の實線なるは地球軌道面よりも上方、點線なるは下方にあるを示す。従つて其點線より實線にうつる所は昇交點(Ascending node)で、實線より點線にうつる所は降交點(Descending node)である。鐵は公轉の向きを示す。されば圖中の彗星の公轉はピラ彗星の外は皆逆轉である。

軌道の遠日點(Aphelion)が木星附近に達せる彗星流星の群を木星族(Jupiter's Family)と稱する。之は元來現軌道とは異なる軌道を描いてゐたものが偶然木星の附近に來りし時に之に捕へられて今見る様になつたものである。其他天

第四十四圖

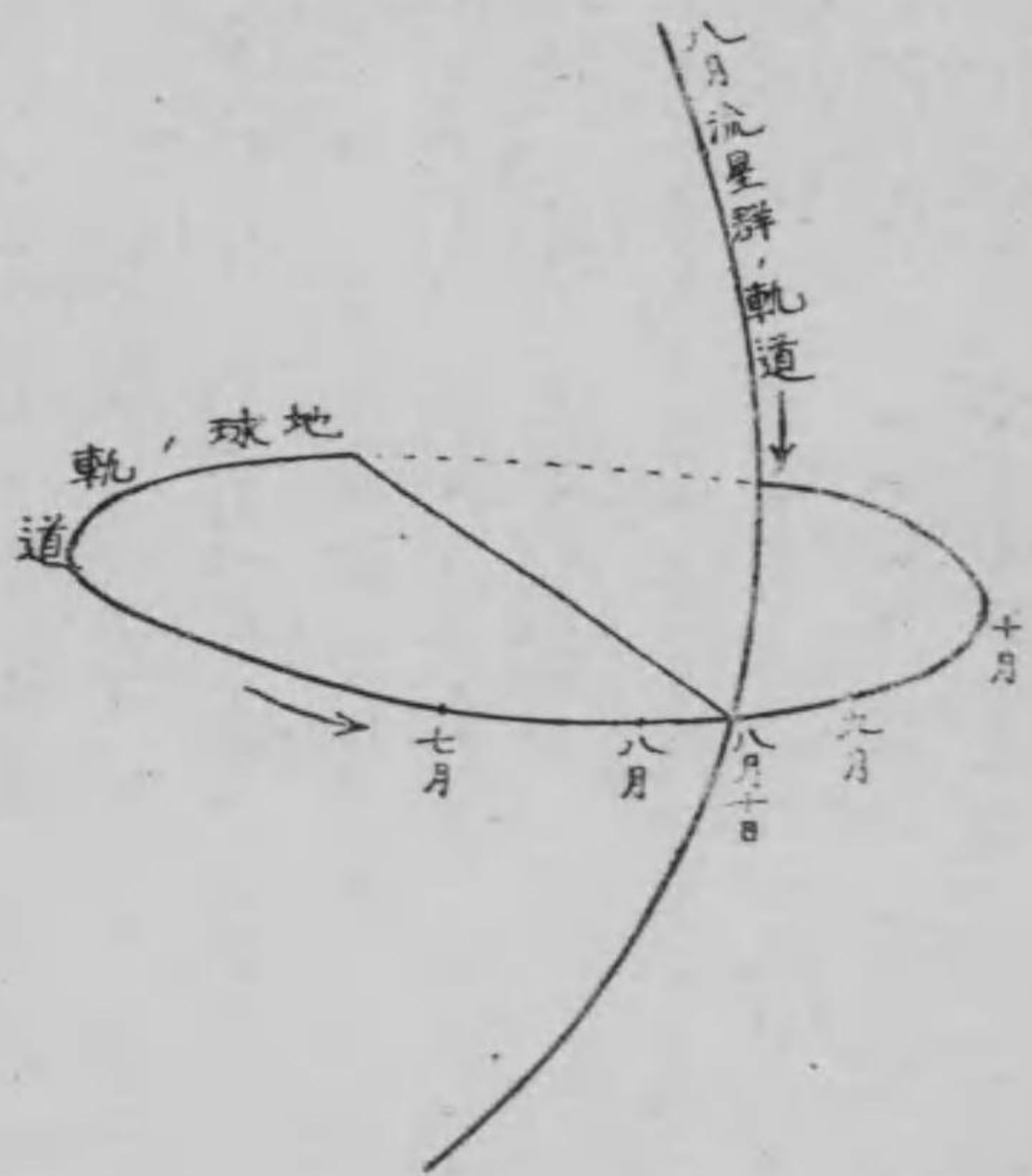


王星族、海王星族等も同様である。

前の表に見る様にある種の彗星と流星群とは常に其軌道が酷似せるのみならず尙又其あらはるゝものも殆ど同時である。彗星のあらはれてより程なく流星雨(Meteorite Shower)が出てくる。

以上は週期的の流星のことであるが、流星の週期的の間を置いてどなく年々引續いてあらはるゝものは流星が、其軌道の上全部に散布してゐるので

第四十五圖



大に地球に接近し、地球及木星の爲に甚しき擾亂を蒙り、其爲に天文學者の観測してゐる間に一二日の中に分裂して二つとなり、次の一八五二年には立派に二つに分離した二彗星として出現した。なほ一八七二年十一月末に夥しい流星落下の際辛うじて彗星の殘骸を認めたが其後には全く見えぬ様になつて了つ

ある、

以上の事實を考へると彗星と流星群との間に重要な關係を發見する。なほ其著しい例證となるものはペーラ彗星 (Biela's Comet) である。之は一

八二六年に發見せられ爾後六六年の週期を以て一八三二年にあらはれ一八三九年には見えなかつたが、一八四六年には

たのである。之は元來彗星として見えてゐたものが遊星の引力の爲に擾亂を蒙り爲めに散ばつたもので遂には軌道全體に一樣に分布する様になるのである。

是等より類推すれば彗星と流星群とは密接の關係を有するものであることは明かで、要するに彗星とは密集せる流星群の一種に過ぎないものと思はれる。

黄道光 二、三月頃に日没後西方に又九、十月頃日出前東の方にレンズ形ビラミッド形に見ゆるもので黄道に沿うた光であるから黄道光 (Zodiacal light) と稱へる。此原因の説明はよくつかぬのであるが、ゼーリガーによれば之は無数の流星が太陽の光を反射してかやうに見ゆるのである。而かも大體黄道の面にそつて散布せる流星の集合團であつて太陽のまはりに瀾漫せる廣さが厚みの十倍程なるレンズ形の流星團と考へられる。

光の方は之で説明はよいが然らば是等の流星團の引力の爲に其附近に動いてゐる遊星の軌道は漸次變化すべき筈である。これまで観測された變化から從來既知の原因による影響を取去つても尙不規則なる變化をなしつつある

未だ説明の出来ぬ項がある。是等を此流星團の引力で説明しようとして試み其爲には流星の分布が如何様であれば宜しいかと逆に計算して見たのである。水星、金星等の軌道の不規則變化から計算してみると、此ゼーリガリの考ふる流星の分布は地球軌道の外まで擴がり大體扁平なるレンズ形に分布し、中の方は毎立方糎に 3×10^{-11} 瓦或は一立方糎に對して 30 庭位の密度を有し、外の方は地球附近に亘れる部分では毎立方糎につき 4×10^{-15} 即ち一立方糎に對して 4 瓦位の密度と算定せらる。依つて此レンズ形全體に就いて其質量を計算すれば流星の總量は太陽の質量の 35×10^{-17} 即ち地球の質量の十分の一程に相當するであらうといふことである。

前段に地球に落下する流星の總量を推定して、一晝夜に約二百萬噸と算出し或は其數十倍に達するであらうと述べたが、この一晝夜に二百萬噸と云ふ値を採用して計算すれば、地球の軌道附近に於ける流星分布の密度は毎立方庭には 0.003 瓦即ちゼーリガリの値の約二百分一となる。數十倍とすれば大體に於て近い値となる。全く異なりたる方面から算出した値が大體一致すると云ふこ

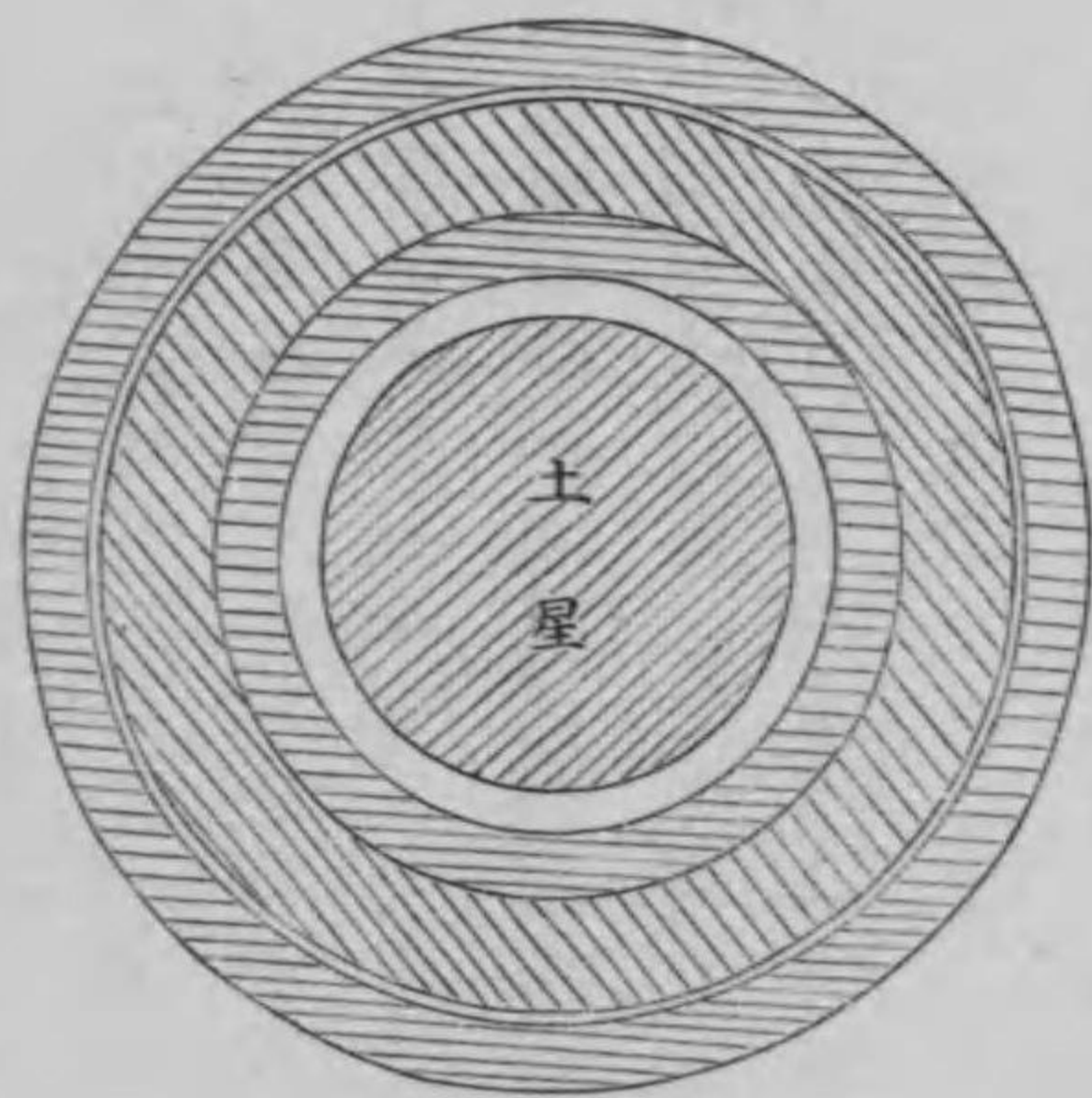
とは假想流星團の存在に對して有力なる一の證據である。

なほ一つの證據は三・三年を週期とせるエンケの彗星(Encke's Comet)の運動である。之は週期の最も短い彗星で其運動は幾多の天文學者によりて精しく觀測せられたが、最近バックランド(Bachlund)が多年研究の結果として發表したる所によれば、此彗星の運動は其軌道の中の二箇處程で何か流星群に遇うて其妨害を蒙ると説明する方がよく觀測の事實に適合するといふことである。

も一つの證據と見得るのは太陽の自轉に關する特異の現象である。太陽の自轉は其赤道のあたりでは極の方よりも大なる回轉速度を有つてゐる。之は黒點の運動から分る事實である。此赤道の方がより速く回轉すると云ふことは頗る不思議な現象であつて、其理由如何といふことに對して多くの學者の説は尙一定してゐないのであるが、若し上述の考へから説明すれば太陽の直ぐ周圍に瀾漫せる流星は何れ太陽と同じ向きに右まはりに回轉して居るであらうから、是等が太陽表面に落下すれば其高速度の爲に之を加速する(accelerate)筈である。即ち太陽の周圍に瀾漫して居る流星團があるとすればそれで以て太陽

自轉の特異の現象を説明することが出来る。

土星の環 流星の集りの他の一例は土星の環(Ring)である。之は彼のガリレオ(Galileo)が其望遠鏡を作りあげて天體觀測を始めてより間もなく發見したものであるが、其實質に關する研究は一八六〇年マクスウェル始めて力學的に之を研究し、其鐔の様な形を呈せるものは固體又は液體の如き連續せるものでは



圖六十四第

面斷横の輪の星土び及星土

あり得ない。あれは全く内部、外部は外部と別々に回轉してゐる微小物體(Small particles)の集りでなければならぬと論結した。即ちこれも亦一の流星群なりとの事を推論上見出したのであつたが果して其後此環の内外速度を異にするといふ事實はキラー(Keller)が之を觀測上に確かめ最早や今日では疑ふべからざるもの

となつた。第四十六圖に見る如く大體三つに分れ、内側は彌内側に、外側は彌外側にといふ風に分離する。

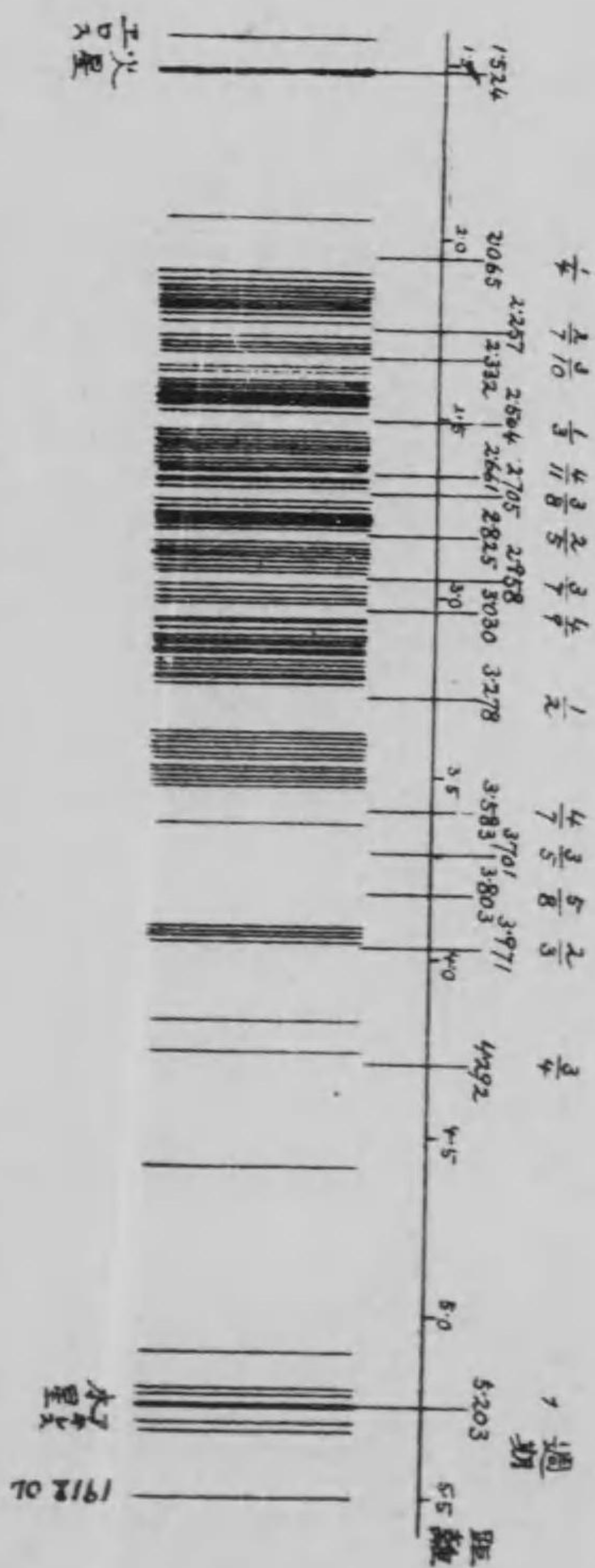
小遊星 太陽系中火星と木星との間には多くの小遊星が散布してゐる。是等もつまりは流星の少し大なるものとみて宜しいであらう。土星の廻りに環があると同じ様に太陽の廻りに小遊星の帯があるとも看做し得らるゝのである。

小遊星は一八〇一年一月一日に始めて其一つが發見せられたのであるが一八九一年天體を寫眞にとることが出来る様になつてから非常に夥しく見出さるゝ様になり、今日では其數八百以上を算するであらう。是等の大きさは其光の強さから推定し、又其大なるものに就ては望遠鏡によりて其視角を測定することも出来るが、最大なるは直徑一千籽位で小なるものに至つては十籽以下である。

是等小遊星の軌道の分布は第四十七圖に示せる如く丁度木星の週期の簡單なる分數に相當する週期に相當する軌道の箇處では小遊星の分布に隙き間が

第四十七圖 小遊星軌道分布の圖

(距離は太陽より地球までの距離を1とし週期は木星の週期を1とす)



ある。之は例へばきなる處では二度公轉する毎に太陽と木星とに對し同じ關係の位置に循環する故に木星のための攪亂が次第に重なり遂に其處には居られなくなつて了ふからである。

流星の集團狀態 多數の流星が夫等相互の引力によりて一の密集せる集團をなして居る場合には何れ其中心の方は密で、外の方は粗であるだらうが其狀態は如何様になつて居るであらうか。此問題はダルウインが(一八八九)研究したのがある。大體其要旨を述べて見ると、ある狀態の下には流星の集團は之を丁度氣體の如くに、流星の一つ一つを氣體分子の一つ一つの如くに看做して宜しい。即ち流星の数が十分に多くて恰かも氣體分子が相互に衝突をする様に流星相互の衝突が頻々である場合には氣體論を適用して差支ない。尤も爰には流星の衝突の爲に熱を發し一部分はそのため蒸發すると云ふこともあるが姑く夫等の影響は些細なりとして考ふれば、流星群は全く氣體の如く考ふることが出来る。依りて之に前の球狀星雲の理論を直に當て嵌めることが出来る。即ち中心部の、密集の大なる、衝突の多き部分は等温圈の部分に相當し、流星の粒の平均の速度の自乗が温度に相當するから、中心部は何處もほど相等しき速度を有つてゐる。次に其少し外の方では平均速度の自乗の分布は、前の斷熱變化の場合の温度の分布に相當する狀態を呈してゐる。最外側の衝突のなき處

即ち氣體論の全然當て嵌まらぬ所では、一つの流星は自由なる楕圓軌道を畫いてゐるであらう。若し流星の粒が同大ならずして大小混じてゐる時には中心程大粒のものがあつて周圍ほど小粒である。

ダルウインは一の例として、假りに太陽程の質量のものが多くの丸い流星か



圖八十四第

ら出來てゐるものとして計算してゐる。其擴がりは等温圈の半徑が地球の軌道半徑 a の十六倍即ち太陽から土星天王星の中間あたりまでの距離に等しき如き球に分布せしめたりと考へる。然る時何程まで氣體の法則を適用なし得るかといふに、 L を平均自由路程(Mean free path)即ち衝突なしに行く距離とし、 D を其時間内に引力の爲に落つる距離とすれば若し $D < L$ が微小であれば引力の作用を無視することが出来るから従つて氣體論を適用し得る譯である。試に此値を算出すれば

太陽小遊星	土星	天王星	海王星						
中心よりの距離 (地球軌道半徑を1とす)	0	2.55	7.66	12.77	16	19.2	21	32	44.5
D	.....	.0000167	.0000832	.000195	.000278	.000387	.00709	.00279	8

尤も之は流星の大きさを3瓦とし其比重を鐵に等しいとしてのことである。若しも粒を千倍の大きさ3瓦とすればどうであるか。即ち半徑に於てもとの十倍とすれば如何であるか。實際

$$\frac{D}{L} \propto \frac{C_1 d}{M} \frac{v^2 s}{M}$$

爰に a は等温圈の半徑、 M は等温圈内にある總質量、 d は粒の比重、 s は粒の直徑、 C_1 は考ふる點が中心から r の距離にありとすれば r/a 一定なる限り一定値を有するもの、従つて今 a をきめておけば各場所々々で一定の常數である。粒の大きさを3瓦から千倍して3瓦とすれば上式の中で s が十倍となるだけであるから D/L の値はもとの値の小數點を一桁左に移せば直ちに得らるゝ。故に3瓦としても3瓦としても32瓦の界限までは大丈夫、氣體論を適用して差支ないといふことになる。

なほ一粒の大きさを直径一糎、密度は鐵ほど、し、従つて其質量を4瓦ほど、し、總質量は太陽ほどありとし、矢張り $44.5a_0$ までの球の中に分布してゐるとすれば、中心からの各距離に應ずる密度、平方平均速度、平均自由行路、平均自由時間(一つの衝突から次の衝突までの間の時間)は次表の如くである。D L なり A C なりが小であれば氣體論を適用し得る譯である。

Distance from Center, r	0	1.78	8	16	26.8	35.8	44.533	R
Inclosed Mass	0	1.18×10^{21}	3.77×10^{21}	8.94×10^{21}	1.52×10^{22}	1.86×10^{22}	1.943×10^{22}	M
Density	1.67×10^{-10}	1.42×10^{-10}	2.72×10^{-11}	5.20×10^{-12}	1.70×10^{-12}	4.32×10^{-13}	0	M
Mean square velocity	5.44×10^5	5.44×10^5	5.44×10^5	5.44×10^5	3.75×10^5	2.38×10^5	0	$\sqrt{\frac{M}{H}}$
Mean free path, L	4.21×10^9	4.93×10^9	2.58×10^{10}	1.35×10^{11}	4.13×10^{11}	1.64×10^{12}		$\frac{R}{s}$
Mean free time, T	8.10×10^8	9.84×10^8	5.14×10^4	2.69×10^5	1.20×10^6	7.43×10^6		$\sqrt{\frac{H^2}{M^2 \times s}}$
Criterion $\frac{D}{L}$	0	0.0000111	0.00000899	0.000279	0.00169	0.00733		$\frac{R}{s}$
Criterion $\frac{A}{C}$	0	0.0000102	0.0000314	0.0000955	0.00233	0.00106		$\frac{R}{s}$

若し總質量をM倍し半徑をR倍し各流星粒の直径をs倍した場合には前表の種々の數に末行に示したる因數を乗すればよろしい。

さらば尺度を更に一層擴大して、例へば宇宙全體に適用して一つノ一の星を分子の如くに考へ宇宙の總體を一の氣體と看做し得ざるかといふに此場合には極めて分布散漫であるから勿論さう考へることは出来ない。ジェアンス (Jeans, 1913) が星團と氣體論の中にいへる所によるも、わが全宇宙の如きには氣體論を適用し難いと論じてゐる。

第十二講 在來諸說批評

宇宙の構造其開闢變遷に關しては昔から種々の見解がある。所謂其時代又は其人々の宇宙觀であるが、我等の智識の範圍が廣まりて説明せらるべきものが次第に増して來ると、我等の理解的能力が増して來るが爲めに、此宇宙觀も次第に進化して來なければならぬのである。爰にはずつと古い處は措きカント、ラプラス以後の分を吟味して見る。

先づ主なる著書を掲ぐれば

Kant—Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, 1755.

Laplace—Exposition du Systeme du Monde, 1796.

” — Mécanique Céleste, 1799—1825.

Lockyer—Meteoric Hypothesis, 1890

Chamberlin—Geology, Vol. II, 1908

Arrhenius—Das Werden der Welten, 1907

(一戸直藏氏の翻譯『宇宙發展論がある』)

Lowell—Evolution of Worlds, 1909

Hale—Stellar Evolution, 1910

See—Researches on the Evolution of the Stellar System, Vol. II, Capture-theory, 1910

Poincaré—Hypothèses Cosmogoniques, 1911

尙ほ宇宙進化に關する雜誌論文は枚舉に違ないけれど主なるものを擧ぐれば

Moulton—An Attempt to test the Nebular Hypothesis, etc., Ap. J. 11, 1900

” — On the Evolution of the Solar System. Ap. J. 22, 1905

Chamberlin—On a possible Function of Disruptive Approach, etc., Ap. J. 14, 1901

Schuster—Evolution of Solar Stars. Ap. J. 17, 1903

Darwin—Cosmical Evolution, Presid. Address B. A. 1905.

Sutherland—Spiral Structure in Nebulae. Ap. J. 34, 1911

Arrhenius—Die Verteilung der Himmelskörper. Meddel. Vet. Nobelinstitut. Bd 2, 1912.

Turner—Tentative Explanation of two Star-Streams in terms of Gravity.

M. N. R. A. S. 72, 1912.

Russell—Spectra and other Characteristics of Stars. Nature. 93. 1914.

Lockyer—Stellar Classification. Nature. 94, 1915.

ラブラース時代には我等の世界は主としてわが太陽系に限られてゐたから其宇宙觀も主として太陽系のことを充分説明し得るものであればよいのであつた。

太陽系に就いて極めて著しい事實は次の三事實である。

(1) 遊星の軌道の平面がほぼ一致してゐること

(2) 太陽の周圍にめぐれる公轉も各自の自轉も共に順運動(Direct motion)即ち右まはりで描つてゐること

(3) 軌道の離心率小なること、即ち殆んど圓に近いこと

一の太陽のまはりに遊星が引續きまはつてゐるならば其運動の道は楕圓であるべきことはニュートンの法則から直に分明する。此楕圓或は尙一般には一般の圓錐曲線は初速の方向及大きさ等によつて軌道の面も、太陽の周りにまはる方向も、軌道の離心率も、種々様々のものであつてよい譯で、太陽の廻りに或は右轉し或は左轉し、又初速によりては離心率の極めて大なるものもあり得る筈である。然るに上述の三事實の嚴に成立せることは之は決して偶然の結果とは思はれぬ。偶然にかくありといふプロバビリチーは極めて小であるから何等かの理由ありて斯くなつたものと考へなければならぬ。

尤も天地開闢の始めから斯の如き状態で存してゐたといへば夫迄であるが、左様言ふには餘りに上の三事實が規則正しく順序あり秩序あり是非何等かの説明が欲しい。加之太陽は絶えず熱を發散してゐて永久に同一状態を

持續することは出來難い。以前は現在と異なる状態であり、又以後も現在と異なる状態に變遷せねばならぬ。此二つの理由から吾等は到底太陽系また宇宙全體の進化を必要と認めざるを得ないのである。

ラブライスの星雲説も全く此三事實を説明せんが爲に提出せられたものである。曰く太陽系は元來瓦斯狀星雲(因みにいふ、カントの所謂星雲は其實流星群の意であるがラブライスのは瓦斯狀に限つてゐる)であつてもともと海王星の界限(ラブライスの當時には未だ此星は見付かつてゐなかつたけれどもラブライスの考を今日に當て嵌めていへば)までも擴がつてゐて、且極めて徐々に回轉してゐた。然るにこれが冷却して收縮し、又従つて一層速に回轉する様になり、爲めに赤道の方は引力よりも遠心力の方が大となり、遂に引離れて環を形成し、環の一部分に心核が出來て夫が例へば海王星となる(最外部の遊星となる)。内方に殘存せる星雲は其後更に冷却收縮して回轉速かとなり、環を分離し、其環は一團となつて、第二の遊星を生ずる。順次かくの如くにして遂に現在の如き太陽系を成したるものであると考へる。

以上のラブラースの説は尙少しく廣義に解釋し、瓦斯狀星雲を澤山の流星の粒から出來てゐるものと考へても、前述ダルウインの論證によつて差支ない譯である。

ラブラースの考へを採れば前の三事實は直に説明せらるゝことは明かであるが、併しながら此三事實を説明するには必ずしもかやうな假説を必要とはしない。例へば爰に全く無秩序に分布せる無数の微小物體の集りがあるとする。然れば其運行の間或は互に衝突をなし、或は互に相抑制し、永久の時の後には次第に上に述べたる三事實が行はるゝ様になる筈である。其故は爰に獨立せる一の質點系 (System of particles) があるとすれば内部相互の衝突、摩擦等のために

(第一) 其回轉運動量は永久に一定の値を有すべきこと

(第二) エネルギーの量は次第に減衰すべきこと

の二つの條件の下に次第に變化して行く。此回轉運動量一定でエネルギーの量が減少する様に變遷するといふ事情は、又エネルギーの量が一定で回轉運動

量が次第に増大する様に變遷すると同じ條件となる。さて同じ速度で回轉してゐる甲乙二系ありとし、甲は其軌道平面を同じうし乙は一致してゐないとすれば、回轉運動量の和はベクトルの和であるから、甲の方の廻轉運動量が大きい。同様に甲乙二系の中で甲は其遊星が凡て同じ向きに公轉してゐるのに乙は然らずとすれば之も異符號のベクトルの混じて居ない甲の方が廻轉運動量大である。最後に一の遊星が太陽のまわりに公轉して居る場合を考ふるに回轉運動量は面積速度 (Areal velocity) に比例する。面積速度は軌道半徑を r とし軌道の離心率を e とし週期を T とすれば

$$\frac{2\pi r^2 \sqrt{1-e^2}}{T}$$

に等しい。或は T は a^3 に比例するから上式は又

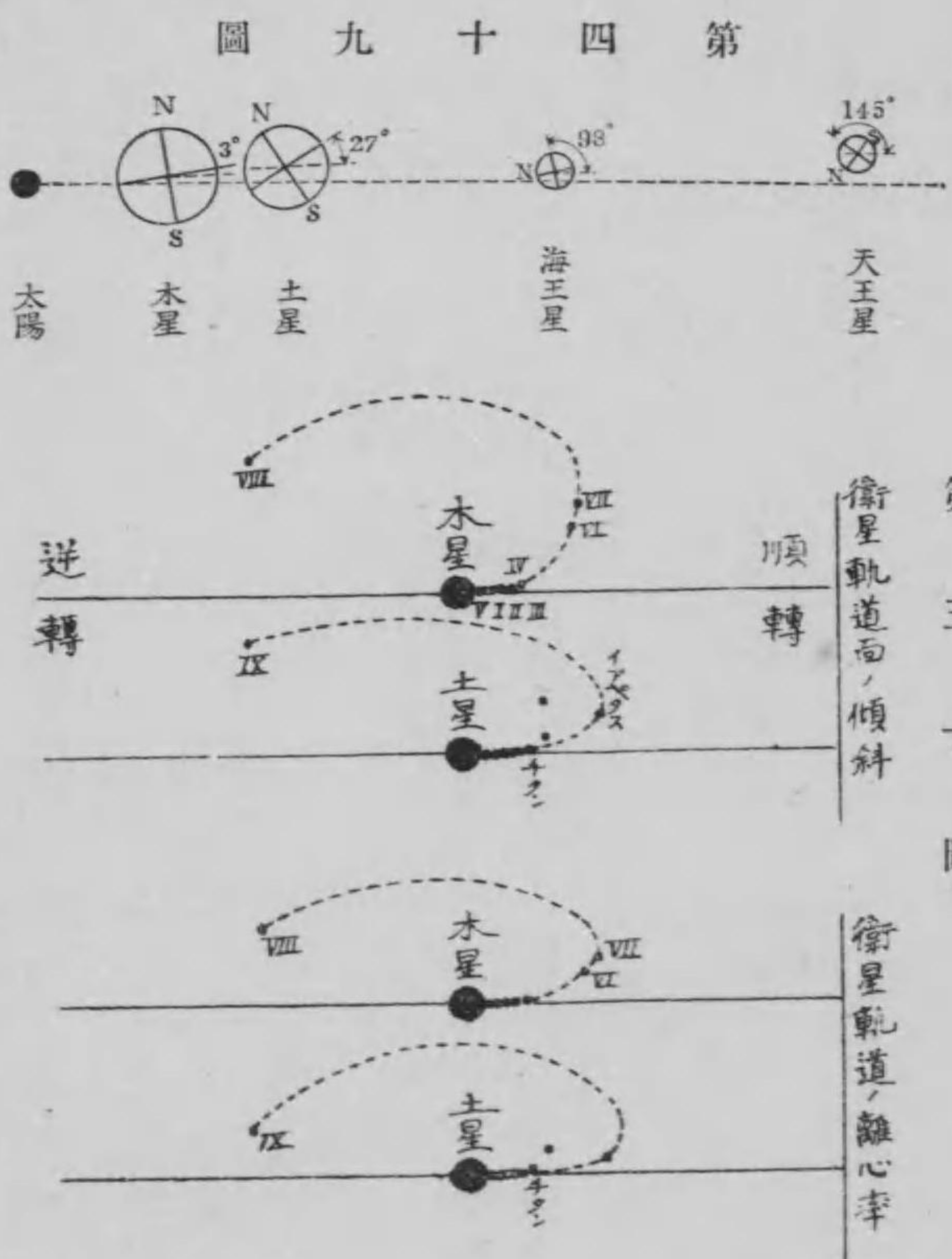
$$\frac{2\pi r \sqrt{a(1-e^2)}}{T}$$

に比例する。即ち同一の a にありては e の小さいものほど、換言すれば圓に近いものほど其回轉運動量が大きい。されば元來は現在の状態よりも一層不規則のものであつたとしても、時を經過すると共に次第に現在の如き状態となり

前掲の三事實に適合する様になる譯である。
 然らばエネルギーの減衰は如何なる事情の下に起るか。まづ開闢の始り夥しく流星が密集して居つた際に頻發することは衝突である。衝突の結果全體の回轉運動量はかはらぬがエネルギーの量は減少する。流星團の一部分が早く集合して一の集團を形成すれば集合し後れたる浮浪流星は此集團の運動に對し抵抗の如く作用し矢張同様の結果を生ずる。又ダルクウンの研究にかゝる潮汐作用によりても同様の事情を惹起する。星が全然固體であれば兎も角も然らぬ場合には二つの星が相近づく時は所謂潮汐現象を呈する。之は地球の如く表面の固まれるものにあつても内部には移動し得る部分があるかも知れず、其他土星、木星等の様な比較的若い遊星はよく凝固してゐないから爲めに全體として著しい潮汐を生ずる。よりて其粘性等の爲に摩擦抵抗を生じ結局は相互作用する二體の運動が一致する様に即ち逆轉(Retrograde motion)が順轉となる様に變化してゆく。是等の研究は極めて複雑ではあるが一部分々々に就いては研究が遂げられてゐる。殊に月と地球との潮汐に就いてはダルクウンの該

博なる研究がある。

第五十圖



尙ほ前掲の三つの事實と云ふのも詳く吟味して見れば決して嚴密には成り立て居ない。例へば其回轉の向きにしても遊星中木星等は其回轉軸が軌道の面にまづ垂直であるが土星等の如きは稍著しく傾い

てゐる。天王星の回轉軸は實に殆んど軌道の面にあり、海王星に至つては逆に即ち右まはりに見た方をNと名づければNが却つて下方にあり所謂逆轉をなしてゐる。衛星に就いても例へば木星の第八衛星と第九衛星の如き又は土星の第九衛星の如き何れも逆轉をなしてゐる。斯様な不揃は概して言へば中心體より遠きもの又は小なるものほど甚しい。是等の不揃の事實はラブラースの假説では殆ど説明が出来ないのであるが、上來の説明を以てすれば是等中心體よりの距離遠きもの又は質量の小なるものは、潮汐作用を蒙ることも少く又まだ十分の衝突もせぬものであるから、まだ十分に中心體の節度を奉ずる程に至らざるものと考へることが出来る。

ラブラースの説には其他なほ多くの批評がある。例へばムールトンの如きも種々之を批難してゐるが、就中主なるものはラブラースの説では到底廻轉運動量の計算があはないと指摘してゐる。其計算の結果を掲ぐれば、若し始め海王星の附近にまで擴がつて居つたとすれば其時の回轉運動量は……32.18

木星……………13.25

地球……………5.69

水星……………3.40

然るに現在事實に於ける回轉運動量は是等に比し非常に僅少にして……0.15に止まる。若しラブラースの説を實際と矛盾のない様にしようとするれば最初から非常に中心に密集して居つたものとせねばならぬ。併し始めから左ほど中心に集まつてゐるものとすればラブラースの説の固有の精神を失つて了ふこととなる。

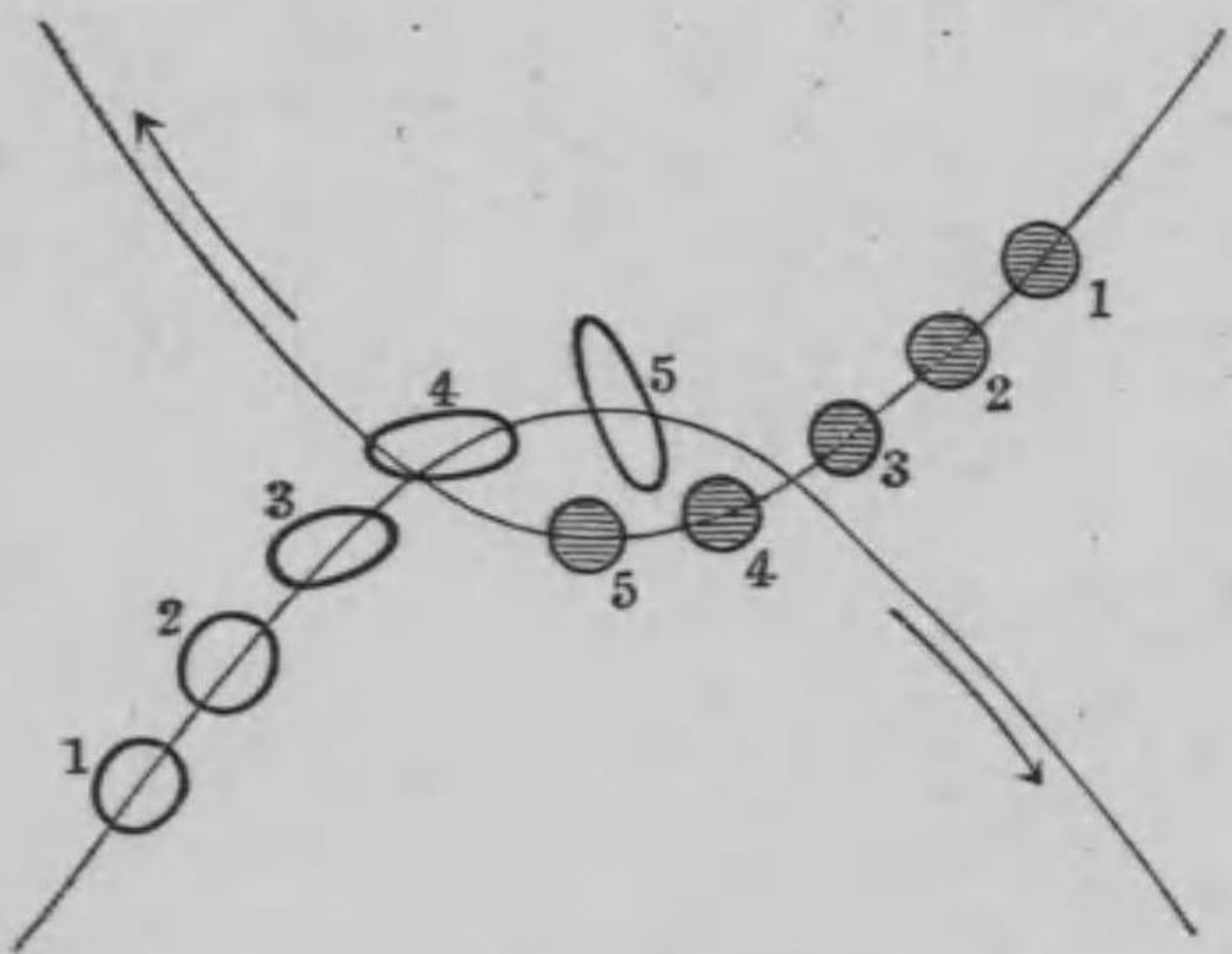
尙又ラブラースの説では單に環の形として分離して之が遊星となるとする。蓋之は土星の環から聯想したのであらうが、併しこれも當初からの中央密集が甚しくなければ起り得ないことは前に述べた如くである。

ラブラースの説に對する不満が多く唱へられた頃、望遠鏡による寫眞で多くの星雲が発見され、夫れ等の多くが渦狀をなして居ることが明かになつて來た。そこで是等渦狀星雲を説明し併せて一體如何にして我等の太陽系が順運動をなすに至つたかを説明しようとして云ふ企が多く、の學者によつて試みられた。例

へば米の地質學者チャンパーリン(Chamberlin)と天文學者ムールトン(Moulton)とが二人協同研究して所謂微遊星假説(Planetesimal-hypothesis)なるものを提出した。曰く太陽系の起源は瓦斯状のものでもなければダルクウヰンのいふが如き中心體のない無秩序の小流星の集合でもない。最初からして中心が既にあつて其

周圍に渦状をなして數多の小遊星體(Planetoids)のありしものであると考へる。然らば其渦状は如何にして生じたか。之は一の星が偶然他の星と非常に接近した爲めに其相互引力により潮汐を生ずる。其潮汐作用の爲めに著しく變形延長し遂に外殻破れて内部の高熱の液體噴出して渦状を呈したものであると考へ、更に此渦状星雲から進化して太陽系となると考へる。而して此太陽は無限の長時間の後次第に冷却凝固して暗黒星

第五十圖

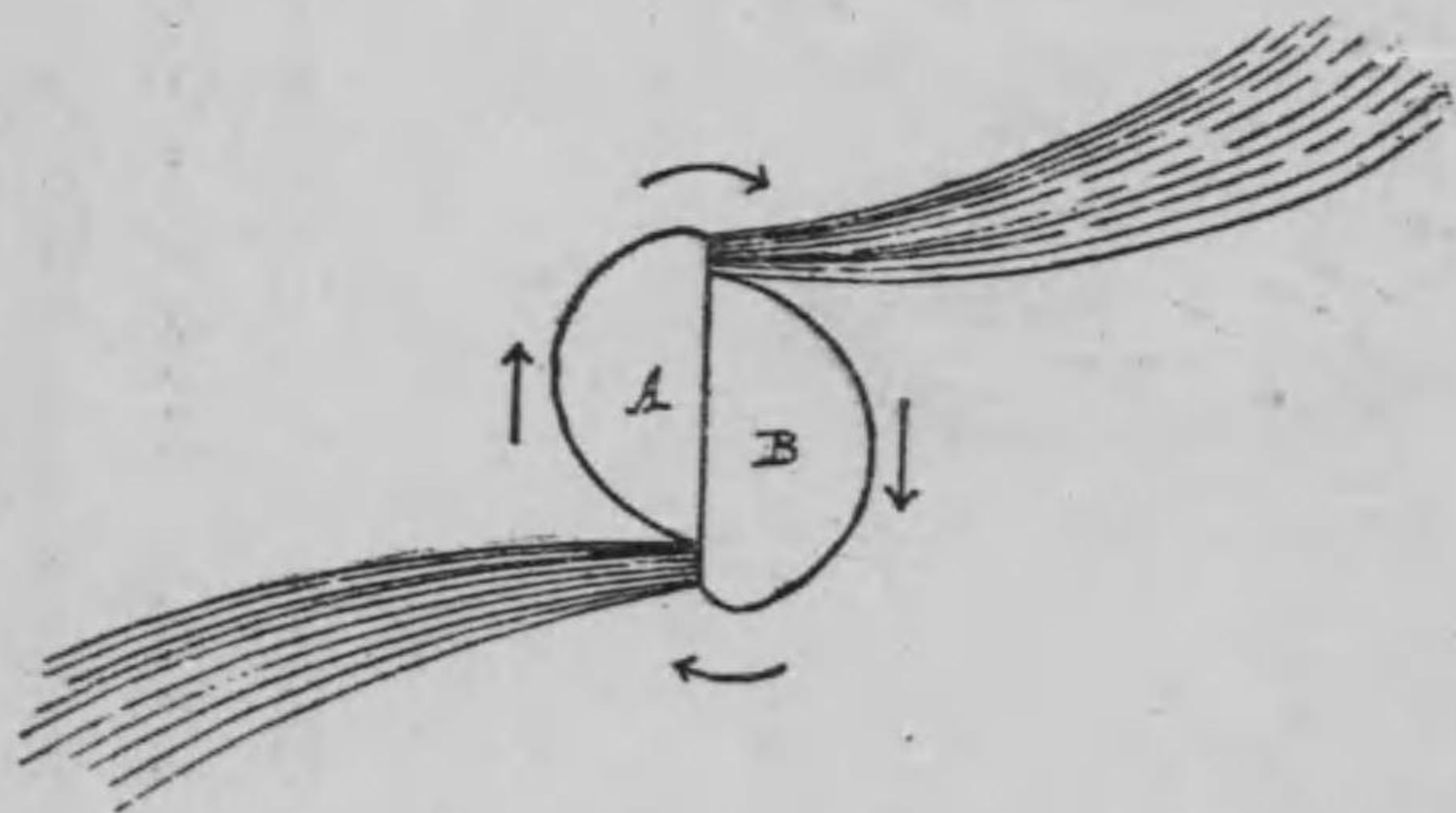


となり、それが再び他の星と衝突して渦状星雲に復活し又冷却せる太陽となりかくて何時までも同じ事を反覆するのであると。

アレニウスも亦殆ど同様の考へで我が太陽は次第に冷却して死滅に近くけれども長き時間の間に偶然他の星と遭遇して衝突を起し灼熱の太陽に復活するといつてゐる。加之太陽一つに止まらず、つと大きな星團其ものも星にならぬ前には一層衝突の機會を多く有せる譯で銀河系は即ち二つの大星團が衝突して出来たものであらうといつてゐる。

曩のチャンパーリン、ムールトンの説には尙他にローエル(Lowell)、ホール(Hale)等の賛成者もあるけれども、又幾多の批難もあつて一般に採用せられてゐる譯ではない。

第五十二圖

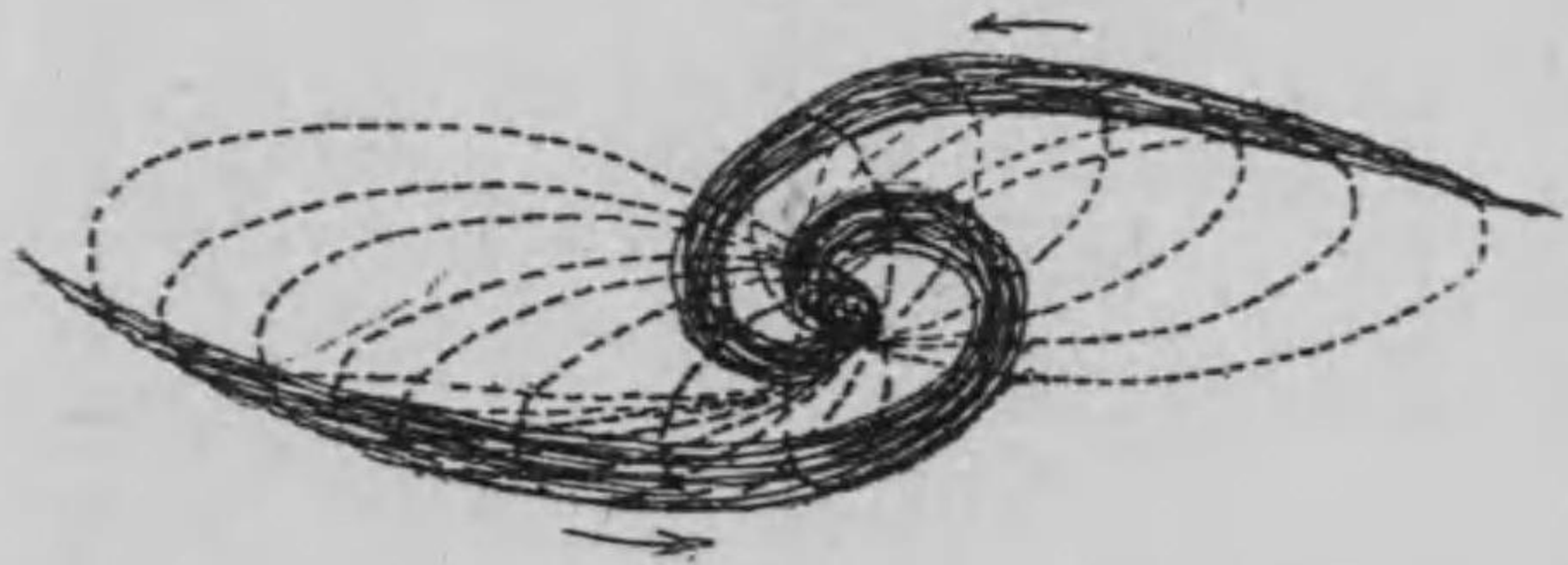


第一の批難はこの説は星と星との衝突を屢々起るものとしてゐるけれども元來二つの星の衝突のプロバビリチーは非常に微小で左様頻々起るとは思はれない。尤もチャンパーリンの如く空間は限りもなく廣くひろがれるものとすればさうであり得るけれども之は信じ難い。されば是等で渦狀星雲の出來かたを説明しようといふのは到底首肯し難いのである。

第二に世界が循環的に變化して恒久に永續するといふ考も熱力學第二法則と矛盾するもので、さう際限もなくいつ迄も續くものとは思はれない。

今一つの説はシー(Shier)の考へで矢張りチャンパーリンの説を批評した上に自説を主張していへらく、無数の流星より成れる一の集團が内部相互の引力によつて集合して一の星を形成すると考へれば、其集合運動が凡て中心に向ひ、従つて其回轉が零であるといふプロバビリ

第五十三圖



チーは極めて小さい。寧ろ或は太陽系の如きものとなり或は渦狀星雲の如きものとなり何等かの廻轉運動を有する方が自然であると。」

以上の説は何れも主として太陽系の成立を説明せんと試みたものであるが、なほ廣く一般の天體に通じ、宇宙全體に對して其開闢、進化を論じようとするには前數章に述べた多くの事實大體に分けて云へば運動に關するものと、物理的狀態に關するものとを充分説明し得る假説をこしらへなければならぬ。

二大星流の事實は如何。星群の存在は如何にして可能なるか。スペクトル型によりて其運動の次第に増進するは何を意味するか。抑も又スペクトルにB、A、F、G、K、M型等の差あるは何故なりや。密度に大なるものあり、小なるものあり、巨星と矮星とあるは如何に説明すべきか。星の質量、廻轉運動量のほど相類似せるは何故なりや。是等の事實を偏く説明し得る様な説は今日までまだ提出されて居ない。

スペクトル型の差違や、そのあらはれ方の順序に就てはシュスター(Schuster, 1903)の説、巨星、矮星に就てはロッキヤー近くはラッセル(Russell)の説が當を得て居

る様に思はれる。二大星流に就てはターナー(Turner)の考が面白い。我等は是等の説を十分に咀嚼し、適宜に取捨して我等の新進化論を組み立てなければならぬ。

第十三講 結論

前三章に述べたる如き観測の事實を本章前節までに述べたる理論及在來の臆説等に照して考へて見れば宇宙の開闢及進化は凡そ次の如くに考へて説明出来ると思ふ。

まづ始めに現在のわが宇宙の範圍よりはずつと大なる空間内に無數の小遊星の如きものがあつたとする。即ち現在の宇宙は視差にして千パーセック位の擴がり有して居るがそれよりはるか大なる例へば半徑一萬光年の空間として此中に無數の小さき小遊星體(Planetoids)があるとす。其一つの大きさは無論大小不同種々雑多であるが平均の大きさは直徑十籽乃至百籽位とし又此小遊星體總ての量は現在のわが宇宙全體の質量ほど、即ちわが太陽の十億乃至二

十億倍ほどであるとする。夫等小遊星體の散布されてゐる模様は全體から達観すればほど等齊で但し周圍に至るに従つて疎らに散布して漠然たる境界をなしてゐるが、詳しくは部分々々をみれば處により密度を異にし全然無茶苦茶に分布してゐるとする。又是等の小遊星各個體は最初全然運動なく靜止してゐたものと考へる。

時の始めにかやうなるものがあつたと見れば其以後次第に時の經過すると共に自ら進化發達して現在見る如き我が宇宙となるであらう。

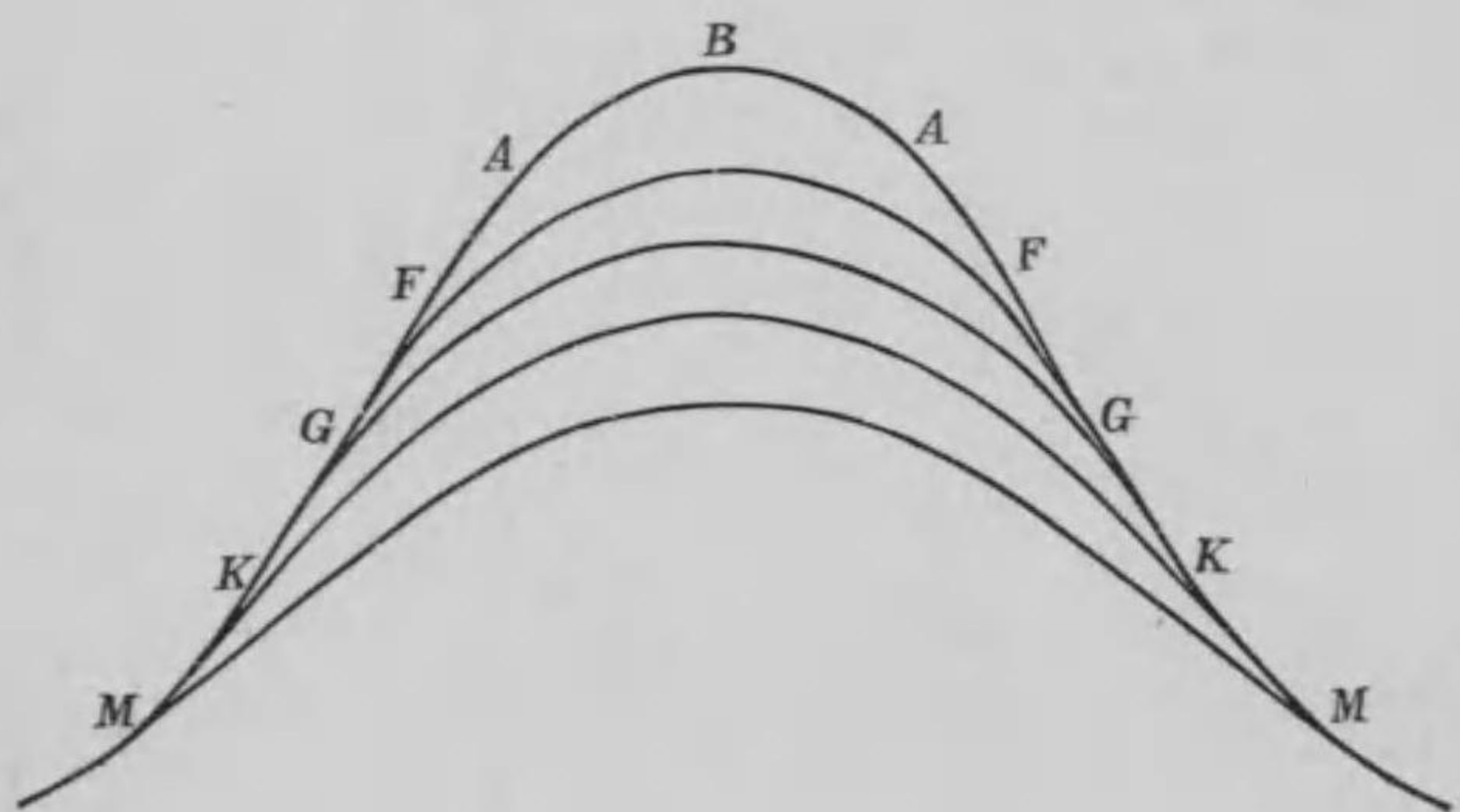
始めまづ相互の引力の爲めに各個體は大體に於て全體の中心の方に引かるゝが、其全中心の方に働く引力を差引けば不等齊なる密度分布の爲に生ずる引力の爲めに或ものは右し或ものは左し若干時の後には四方に全く無秩序なる運動をなしてゐるであらう。かくて大體は宇宙全體の引力によりて中心の方に漸次集合してゆくのであるが、併し全體一度に中央に集合する前に夫々各部の密度の不等齊等が誘因となつて各局部毎に小集團を作る様になる。澤山の局部的集團を作る。凡そどれだけの集團が出来るかといふことは大數計算法

によつてほど推定されべき筈であらう。實際は一つ々々我が太陽の質量位のものが無数に出来る様になる。是等は集合の際或は右まわり或は左まわりに廻轉し其回轉運動量は現在の回轉運動量位となる筈である。

さて此太陽程の質量を有する小集團が内部の相互引力の爲めに次第に密集するとすれば其宇宙引力の位置のエネルギーが熱と變じ其集團は高温に熱せられて四方に熱と光を發散する。かやうにして一つ々の星が出来上ると考へらるゝ。

然らば此小集團は其以後如何やうに進化發達するであらうか。之からは大體ロツキヤールやラッセル等の考へが當て嵌まると思ふ。即ち所謂赤い星から白い星となり再び又赤い星にと冷えてゆく。尤も之は大體のことで詳しくは尙ほ多少の修正を要する。總べての星が悉く同じ道行によるものではなからうと思はる。即ち其集合せる質量の大小又は廻轉運動量の大小等によつて進化の様様がちがふであらう。概していへば宇宙の中央部では始めの小遊星體の分布の密度がいくらか大であつたであらうから其集つて成せる小集團の質量M

第五十四圖



は比較的大きなものであらうと想像される。質量大なれば其固まる際に一層夥しい熱量を生じて高温となる。此發生熱は質量の二乗に比例するから質量二倍ならば熱量は四倍、質量三倍ならば熱量は九倍といふ風に増大し、是等質量の大なる星がB型やA型の高温度の星となるのであらう。尤も永年の後には是等も終には冷えて暗黒となつて了ふであらうがB型A型として生存してゐる期間が長い。之に反して全宇宙系の周圍に近い部分では始めの小遊星體の分布が散漫であつたらうから集團の質量Mも亦比較的小さいものであらう。従つて其出来た星の温度も爾かく高温まで昇ることなく低い所で

巨星から矮星となるのであらう。之を圖に示せば第五十四圖の如く中心より遠き部で出来た星にはA型B型に達するものは稀でFGKM型あたりで凋落して了ふものが多い。之に反して中央部で生れた星はA型B型にまで昇りつめ此世をばわが世とぞ思ふ望月の榮華をほこることが出来、あらゆる階段を経過して其一生を果つるのであらう。

回轉運動量も亦大なるものあり、小なるものありで一定でない。其大なるものは早く分裂し従つて早く冷える。進化の徑路が早い。之に反して回轉運動量の小なるものは分裂が遅く或は全く何時迄も分裂せない。富有なる豪族は分家、新宅と榮えはびこるが貧乏世帯の細民では到底さう分れ榮える事の出來ない様なものである。連星となるのは前者の例で太陽系の如きは後者の如きものであらう。

なほ全宇宙は元來中心對稱であつたものと假定すれば各天體は中心からの距離に比例する引力にひかるゝ理である。故に其各の星は正弦運動をなし中央附近に生れた星は小なる範圍で優遊自適してゐるから自己運動小、之に反し

て僻遠の外部に生れた星は大なる範圍に奔走してゐるから自己運動大なる筈である。

さればこそ中央部に多くあるB型A型等の星は概して中央部に生れ育つたもので質量大——實に三倍も大である——又高温であり且つ其眞運動も小さい。之に反してFGK等低級の型の星は中心からずつと遠い處に生れたものであるから質量も小、温度も低く、又眞運動も大である。もつと遠い處で生れたものが定めしPlanetary nebulaとなるのではあるまいか。

二大星流の現象はB型の星は一方のみで著しくないが他の型では往きと返りとの二流を生ずると説明することが出来る。

星の中に群運動をなして居るものがあるのは同じ田舎に生れたものが連れ立つて中央に出て來る様なものと考へ得らるゝ。

余は以上の如き宇宙進化論を提唱せうと思ふが少く共以上の如く思ひ浮べて見れば現象の全般に亘る一種の記憶法ともなるであらうと信ずる。

之を小規模にしてわが太陽系だけに適用して論じてみる。わが太陽系も元

來矢張り無数の流星から出来てゐたものと考へる。中央に高温の太陽あり、其周圍に木星の如き大遊星がある。土星迄を姑く中央部と看做せば木星、土星等は前述宇宙の所謂B型A型の星に相當するものであらう。

なほわが太陽系には澤山の彗星がある。是等彗星の出来かたに對しても確たる定説が無い様であるが之も大宇宙論と比較類推出来よう。即ち之は僻遠の地に生れて尙未だよく集合凝結しないうちに外のものは既に集合成立し己れのみは尙凝固せず散漫の状態の儘で長い漂浪を續けてゐるものであらう。

尤もわが太陽系の方では其遊星が既に無數回の回轉をなしてゐるのに大宇宙のFGK等の型の星は漸く始めて一度の往返をなしつゝある位の程度であらうと思はれる。

局部々々に集合したる小集團が夫れ々々一つの星となり、かゝる星が總體で十億乃至二十億で我が銀河系を形成して居るのであるが、是等の星の大集團は全體相互の引力のために次第に中央部に密集するに至るべき筈である。但し尙ほ集合し後れた流星の残りが澤山に浮流して居て、一種の抵抗の如く作用す

るであらうから、恰も抵抗ある場所(Resisting medium)で中心力に引かれて動く物體の如く夫れ々々老大なる渦狀を書き、銀河系全體としては一種の渦狀星雲の如き形を呈するに至るであらうと思はれる(スーサーランド)。現に見る多數の渦狀星雲は夫れ々々我が銀河系の如き星の大集團で我が銀河系よりも稍進歩し、密集の度の大なるものであらうと思はれる。即ち是等の渦狀星雲は實に我が銀河系の將來の運命を示せるものではあるまいか。

一つ分らないことは所謂球狀星團(Globular cluster)である。之は果して何者であるか其正體はまだよく分つて居らぬ。之に説明が附しにくいのは望遠鏡に見ゆる星の数は千とか二千とか夥しいものであるのにそれがどれ位の大きさのものであるか、又相互の距離はどれ位のものであるか、現在のところでは尙ほよく分つて居らぬ。が今迄の所わが太陽系から見た所で其分布は天のある一方にのみ限られてゐる。強て想像すれば球狀星團は宇宙の中心の附近で出来たものではあるまいか。又其混成スペクトルを調べて見るとGK等の型の様で即ち第二種の型に屬するからどうも小質量の星らしい。仍て之は次の如く説

明出来まいか。宇宙の中央の部で速かに密集して完成した星はB型となつたのであるが密集し遅れたものは幾らか小さい星の集りとなつた儘で残つてゐるのではあるまいか。太陽系に比較していへば火星と木星との間に約八百の小遊星がある。丁度此者に比ぶべきものではあるまいか。但し球状星團はただよく観測が届いてゐないから餘り立入つた想像説をこしらへることは出来ぬ。

以上總括していへば小遊星體の衝突密集より始まつて現在に至り更に將來渦状星雲の如きものに進化するであらうと述べたが、要するに單に手近い過去未來を述べたにすぎない。さらば其過去の過去は如何。未來の未來は如何。是等に至つては観測の事實からして力學的に解くことは困難である。飽くまで追究しても、空間の廣がりの有限無限や、時の流れの有限無限は、到底精確なる認識の對象となり得ざることは、既に大哲カントの論究せる所である。丁度バノラマで前景には實物をおき後方は之に聯絡する書割りを當てがつて満足せ

ねばならぬ様に、我等の宇宙觀もこの以上は想像で補ふより外はないが、思ふに段階的に進化して來たものではなからうか。即ち小遊星體となる前には更により小さい無数の小流星であつたものが集りて一の遊星體となつたのであらう。其個々の流星は更にもつと原始的の微塵體から出來たものであらう。かく追究すれば遂に分子に至り更に原子、電子に至る。將來原子論電子論の研究が進むに従つて此方面の進化論を補ふことが出來るであらう。

更に我が銀河系の將來を察すれば、次第に渦状星雲的に進化し、久遠の時の間には漸次中央に集合して全體合一せる一の大集團をなすに至るであらう。我が銀河系の如きものが無数に集りて高次の大宇宙を形成すと考ふべきことは第一章宇宙構造論に述べた所であるが、永劫に亘れる時の間には是等無数の宇宙系も亦漸次中央に集合して遂に其等全體の合一せる大々的集團をなすに至ると考ふべきであらう。

この段階的進化(或は躍進的進化)と云ふ考へを卑近な例に就て言へば、恰も空中の水蒸氣が一たび凝集して雲霧となり、更に集りて雨滴となり、合して湖沼河

川となり、遂に朝して海洋をなすに至るが如きものである。

斯くて其始め微塵體が恰も雲霧の如くに徧く虚空に瀰漫して居つた間は幾許の時を経たか、測るべき時の標準もない。機運一たび熟して相互引力のために密集運動を始めてよりは躍進又躍進、幾度かの段階を経て遂には全體合一せる大團圓となり、何等の活動もなき永久寂滅の涅槃境に達するであらう。我が現在の銀河系の成立より終末に至るまでの一生は其中間の一齣で其時間は有限であらうが、大宇宙の全體を通じて云へば無始無終、久遠の過去より永劫の未來に亘るものと云はなければならぬ。大宇宙が空間に就ては段階的無限と考へなければならぬことは既に述べた如くであるが、時に就ても或は進化に就ても亦段階的無限と考へなければならぬのである。

以上の考へに反する考へ方は進化を輪廻循環的と見る説である。かゝる考へは古くは古代の印度に廣く行はれたものと見え、佛經に説く所によれば此世界は成、住、壞、空の四相を循環的に繰り返へすものとして居る。近年に至りてはアレニユース、ムールトン等がこの考を採用し、冷却せる星と星とが相衝突し若しく

は非常に近く相接近して渦狀星雲となり、渦狀星雲が密集して灼熱せる星となり、斯くして星より星雲へ、星雲より星へ、永久相輪廻すると説いて居るが、この説は前講にも述べた如く、種々不都合なる點多く到底信することは出来ない。

進化は決して退轉しない。萬物相引くは宇宙の大法で、集合は宇宙の大勢である。

君が代は千代に八千代にさざれ石の

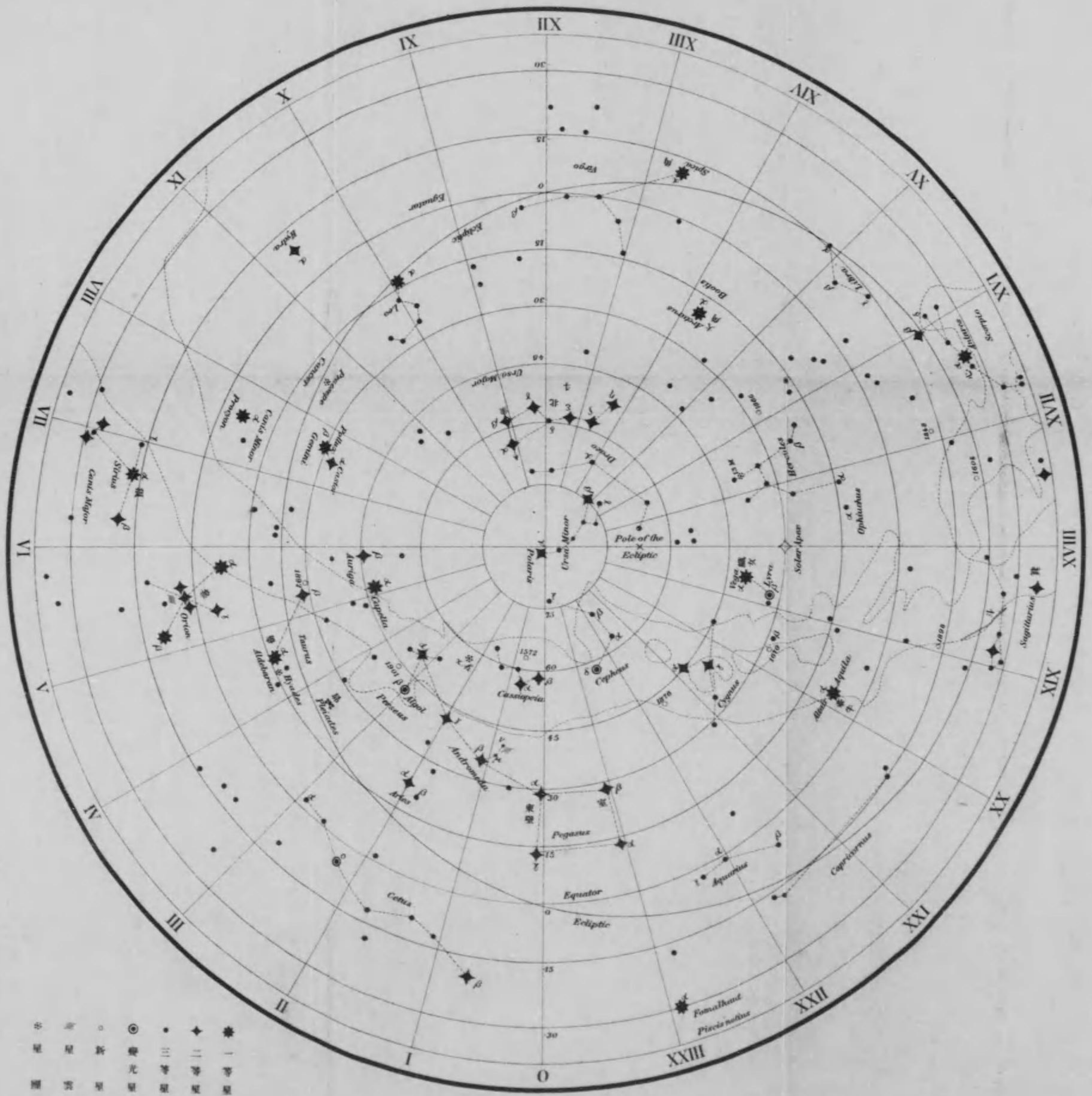
いはほととなりて苔のむすまで

君が代の久しかるべきを壽ほげる歌であるが、「さざれ石」は即ち微小遊星體「いはほ」は即ち其等の密集して成れる天體、「苔のむす」は即ち其天體の表面にやがて植物、動物乃至人類の繁殖することと解釋すれば一首の和歌の中によく宇宙進化論の大綱を寓せるものと見ることが出来る。

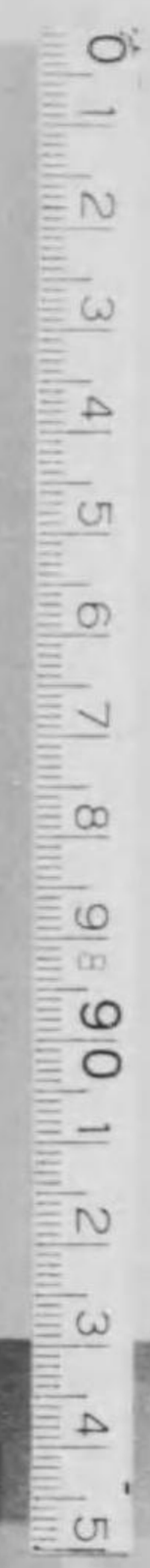
謹んで意味深遠なる歌を國歌とせる我が國の將來を祝福して本講の終りとす。

宇宙進化論終

★ 一等星
◆ 二等星
● 三等星
◎ 變光星
○ 新星
☁ 星雲
✳ 星團



- 一等星
- ◆ 二等星
- 三等星
- ◎ 四等星
- ⊙ 五等星
- ⊙ 六等星
- ⊙ 七等星
- ⊙ 八等星
- ⊙ 九等星
- ⊙ 十等星



宇宙進化論終

索
引

宇宙進化論索引

ア	アダムス	九二五	ワイルソン山天文臺	二二六、二七三	エーテル	九四
	アルゲランダー	一八二、一九六	ワイールスマ	二六〇	エートケン	一六八
	アルゴール式變光星	一八三、一八八	ヴェリー	九〇、九四	エネルギー	二七五、二四四
	啞鈴形	一九〇、一九七	宇宙	三	の減衰	三六三、三五三
	アレニウス	三三六	の大きさ	一一	等分律	二六〇
	暗黒星雲	九五、九五九	の形	一一	エバーシエッド	一七三
	アンドロメダ大星雲	九三	大	一一	エムデン	二二
	アンブロン	二〇九	物理的	一一	エルクス天文臺	二二
		二〇	想定的	一一〇	遠近濃淡法	三四
イ			構造的	四八、二三三	エンケ特星	九四、三九
			引力	一〇七、一一五		
			限界論	二六、二七三		
			開闢論、進化論	一〇八		
			運動視察法	三三、三八、四〇	オ型星	五一
			運動の最大なる星	一一三	オリオン大星雲	二七
ウ			エツァングトン	七五、二九、二四二	オルバーズ	二〇九
					温度	二五、一七五
エ						
カ、ク						

宇宙進化論索引

廻轉運動量 1100、115
 廻轉天體の形 115、116
 火星 110
 瓦斯球星雲 110、111、112
 瓦斯球星雲 110、111、112
 渦狀星雲 110、111、112
 蝸座α星 110、111
 カプタイン 110、111
 ガリレオ 110、111
 完全發光體 110、111
 カント 110、111
キ
 氣體論 110
 軌道 110
 遊星の— 110
 小遊星の— 110
 彗星の— 110
 流星の— 110、111、112、113

逆轉 115、116
 逆流 110
 キヤメル 110
 キヤリンガトン 110
 吸収「光の吸収」ヲ見ヨ 110
 球狀星團 110
 巨星 110
 距離 110
 平均— 110
 キーラー 110
 ギル 110
 キルヒホッフ 110
 銀河 110
 系 110
 座標系 110
 帶、— 110
 對する分布 110
ク
 空間「宇宙」ヲ見ヨ 110
 於ける天體の分布 110
 瀰漫せる物質 110
 於ける光の吸収 110
 「光の吸収」ヲ見ヨ 110
 ガードリック 110
 クラカトア 110
 グリーニッチ天文臺 110
 クールヴォアジエ 110
 グルンプリッツ星 110
 群速度 110
 ケフハイ式變光星「變光星ヲ見ヨ」 110
 ケブレル 110
 ケルヴイン 110
 元素 110
 原子論 110
 現視流星 110

紅燭 110
 光球 110
 光行差 110
 光度 110
 —の低減に伴ふ星の数の増加 110、111
 眞— 110
 絕對—「絕對光度」ヲ見ヨ 110
 光年 110
 黒線 110
 —の變位 110
 コダイカナル天文臺 110
 向點 110
 黃道光 110
 コホルド 110
 コムストック 110
 固有運動 110
 コーシユッタ— 110
 コルドバ天文臺 110
 ゴールド 110
 混成スペクトル 110、111

彩球 110
 歳差 110
 サレ— 110
 三角法 110
 三千世界 110
サ
 シヤ—リエ— 110
 シュスター— 110
 集團 110
 物理的— 110
 シュワルツシルド 110
 瞬間スペクトル 110
 循環 110
 春分點 110
 衝突 110
 小遊星 110
 —體 110
 ション 110
 ショーンズ 110
 眞運動 110
 —の増進 110
 眞光度「絕對光度」ヲ見ヨ 110
 人智の進歩 110
ス
 彗星 110
 —の軌道 110

逆轉 115、116
 逆流 110
 キヤメル 110
 キヤリンガトン 110
 吸収「光の吸収」ヲ見ヨ 110
 球狀星團 110
 巨星 110
 距離 110
 平均— 110
 キーラー 110
 ギル 110
 キルヒホッフ 110
 銀河 110
 系 110
 座標系 110
 帶、— 110
 對する分布 110
ク
 空間「宇宙」ヲ見ヨ 110
 於ける天體の分布 110
 瀰漫せる物質 110
 於ける光の吸収 110
 「光の吸収」ヲ見ヨ 110
 ガードリック 110
 クラカトア 110
 グリーニッチ天文臺 110
 クールヴォアジエ 110
 グルンプリッツ星 110
 群速度 110
 ケフハイ式變光星「變光星ヲ見ヨ」 110
 ケブレル 110
 ケルヴイン 110
 元素 110
 原子論 110
 現視流星 110

エンケ	九四二五	進化説	三三三
ビーラ	三三三	循環説	二五八三
スウェデンホルム	二一八	星群の運動	一七〇、一七三
スーザラント	三六九	星辰距離	一三三
ストーニー	二二三	星團	一六五、一七〇
ストルツェ	一〇八	球状	三〇七、三〇九
スメクトル	一一六	の分布	二〇
—型	一一六、一七六	式變光星	一〇九
混成	一七六、一七七、一七九、一八〇	星流	二二六
瞬間	一七〇	世界「宇宙」ヲ見ヨ	二
スライフヘ	九一	—發展論	一〇〇、一〇一
寸馬豆人法	三三〇	—の果	二六
星雲	一〇七、一一一	赤道	四
不規則	一〇七	赤經、赤緯	四
瓦斯球	一〇七	赤色星	二一六、二一七
渦状	一〇七	積分方程式	二
—の數	二六	聯立—の解法	二
—の分布	二六	絶対光度	一三六、一三八、一三九、一四〇、一四一、一四二、一四三、一四四、一四五、一四六、一四七、一四八、一四九、一五〇
		—の最大限	八二、一〇〇
		ゼーリガ	一〇五、一〇六、一〇七
		想定的宇宙	一一〇
		大熊星群	一四九
		大宇宙	一一五
		帶蝕變光星「變光星」ヲ見ヨ	七四、七九、二九、一五〇
		ダイヤモンド	九五
		帶電微分子	一六四
		太陽	一六九、一七五
		—の雰圍氣	一六九
		—の迴轉運動	三三九
		—の絶対光度	四九
		太陽系	八、七、四、八
		—に近い星	八、七、四、八
		—の運動	三、四、四
		—の進化	二四九、二五七
		対流	二二
		—的平衡	二二

楕圓體狀分布説	一三九、一四〇	アランドル	一七三
ターナー	八八、一三三	天球	四
ダーウキン	三四、三六、三三、三三、三五、三六、三六、三五、三六、三六、三五、三六、三六	—上に於ける星の分布	七
—進化	二七	天體 又「星」及「太陽」ヲ見ヨ	二
單色光寫眞	一七	—進化論	二
斷熱的平衡	二二	—の運動	二五
		—物理學	一六四
		—の雰圍氣	一六四
		—の形	一六五、一七〇
		天圖	一七
		地球進化論	二
		—の雰圍氣	二九、三三
		チコッフ	九三
		チャブマン	一〇四
		チャンバリン	二五八
		直接法	三
		潮汐作用、—摩擦	一九八、一九九、二〇〇
		頂點	二六、二七、二七
		ちらかり	九一
		チンナー	一九六
		等温	三二
		—斷熱	二九
		等級	九
		等速度表面	一四
		等分速度曲線	一四、一四、一四、一四
		統計星學	五八
		透視重星	一八四、一八五
		透視密度	二六
		土星の環	三三、三四
		内速度	一五九
		梨實形平衡體	三五
		ニヤトンの法則	二五〇
		肉眼で見分け得る星	九
		ニコルソン	二〇八
		二大星流説	一五、一三、一六、一六
		ニユーカム	二〇
		熱輻射	一七、一七、一六、一六
		子ビリユム	二〇八
		年周視差「視差」ヲ見ヨ	七、四

無秩序分布律
ムードン天文臺
ムールトン

二九
一七二
三六二、三五八

一六二、一八〇
二六二、二八〇
三三三、三九四
二二九

モ
モアハウス彗星
モリ

流星
の大きさ

三九六、三七一
三九二、三三三

レベアフ
連星

一四三、一八九
一九六、一九九
一八四、一八五
一八四、一八六
一八四、一八七

ヤ
ヤコービー

九四
一六三

二二二
九五

レ
連続スペクトル

二二六、二七五
二〇六

ユ
有限
遊星間隔
遊星系

二〇八
一三三
二〇七

群の軌道
群の集團状態

九四、一六三
三三三、三九四
二〇七、二七五

ロ
ローウエル

二五九
一六三、一七九
二六二、二八四
二二七

ラ
ライト

二〇八

ル
ルーデンドルフ

二四八、二六三

ワ
矮星

一八八、一九九、二〇四
二〇六

大正五年九月十二日印刷
大正五年九月十五日發行



發行所

東京市日本橋區通三丁目
大坂市東區博勞町四丁目
京都府三條通大坂屋敷町西入
福岡市博多區上野七番
仙臺市博多區第五〇番
（郵便振替貯金口座東京第七四番）

丸善株式會社
丸善大坂支店
丸善京都支店
丸善福岡支店
丸善仙臺支店

著者 新 城 新 藏
發行者 丸善株式會社
右代表者 中村重
印刷者 神谷岩次郎
印刷所 東京市日本橋區兜町二番地
東京市日本橋區通三丁目十四、十五番地

宇宙進化論
正價金壹圓七拾錢
郵稅 内地金拾貳錢
電報掛金參拾錢



原子論

四六二倍判
洋一册

圖紙版數二百九十餘頁
正コロ版十種
稅價金貳圓五拾錢

本書は原子に關する顯著なる現象、新學說を網羅摘述したるものにして之を一讀すれば以て現今原子學の趨勢を概觀することを得べし

原子論節次——ザエロン—ブチイノ法則○ノイマン及コツブノ法則○氣體及固體ノ比熱○アインシュタインノ比熱說○リンデマンノ原子振動數ニ關スル式○アインシュタインノ原子振動數ニ關スル式○殘波○低溫度○ネルンストノ原子熱測定○ネルンスト及リンデマンノ原子熱式○アインシュタインノ第二エネルギー量子說○水素ノ比熱ニ關スルアインシュタイン及ステルンノ式○デバインノ比熱說○ザエリヤノ低溫度ニ於ケル元素ノ比熱測定○ケニヨリノ法則○第二エネルギー量子說○プラマーノ結晶體說○X放射線ト結晶體○紫外線ガ金屬ニ及ス作用○カナル放射線ヲ利用スル新化學分析法○水銀ノ特性○金剛石ノ特性○メンデレーフノ週期律○放射能ガ金屬ニ及ス作用○カナル放射線ヲ利用的要素ノ位置○a放射線變遷ト公算ノ法則○a放射線ノ始速度○a放射線ノ變遷○週期律上ニ於ケル放射線ヲ利用物質ノ阻止能○a粒子ノ行路實現法○放射線ノ不可分離元素○a放射線ノ變遷○週期律上ニ於ケル放射線ヲ利用原子ノハ電効果○ラサフオールドノ模型原子○元素ノ順位ト原子量○ガエヂエ、ダムソンノ原子觀○作用量子○水素ル金屬ノスペクトル○輝光ト電離○電場トスペクトル○低溫度ニ於ケル現象○磁子○總論

續原子論

四六二倍判
洋一册

圖紙版數二百八十餘頁
正コロ版十種
稅價金貳圓五拾錢

原子學は科學の中樞と稱す可きものにして其最近の發達は實に顯彰なり博士が原子論を公にせられたる所以なり二年有餘然るに其間新學に關する新事實と新學說の現はれたるもの頗る多し是れ博士が更に本書を著はされたる所以なり
續原子論節次——K及L示性放射線○オーウエノ法則○ホイッヂェントノ法則及チャップマンノ式○ブラツク父子ノX放射線ニ關スル研究○結晶體ノX放射線ノ分析○モーゼレノX放射線ニ關スル研究○原子番數ト振動數○r放射線○ニヒト鉛○振動數及質量の吸收係數○硬度ノ大ナルX放射線○軟X放射線○光電効果ト量子說○r放射電位ト原子容○紫外線ニ基因スル電離作用○高溫度ニ於ケル固體ヨリ逸出スル電子○上層空氣ノ電離○螢光及燐光○寫眞作用○X放射線トr放射線ノ電離作用○諸元素ノ壓縮係數○化合物ニ際スル實驗○原子ノ構造○水素ヘリウム系○要ナル常數○元素ノ重要ナル常數○元素ノ原子價○メイヤノ小磁石團ニ關スル實驗○原子ノ構造○水素ヘリウム系○原子ノ對電的作用○化學的作用○光ノ吸收ト色○諸元素ノ電流及火花スペクトル○シユウマン波○スタルク効果○ウチン効果○量子說○原子内ニ圓運動ヲ爲ス電子ノ磁能率ト磁子ノ磁能率○重要ナル常數ノ基數○總論

無線電信電話論

菊判洋裝
全一册

圖紙版數五百六十餘頁
正コロ版七種
稅價金四圓五拾錢

第一章 火花放電：放電距離ト電壓○火花ノ電氣抵抗○電離○外六項 第二章 電氣變位：電流○電磁場ニ於ケルエネルギー理論○第一基礎電磁方程式理論○第二基礎電磁方程式理論○ホイッヂェントノ法則○外八項 第三章 二個ノ對誘電路ニ於ケル電氣振動理論：電氣振動理論○電氣振動ノ純理論○外二項 第四章 無限長ノ導線ニ於ケル電位及電流ノ傳播理論○無限長ノ導線ニ生ズル定常電流理論○地絡シタル直狀導線ニ於ケル電氣振動○地絡シタル直狀導線ニ於ケル基礎電氣ノ振動、理論○外四項 第五章 送波器：空中送波器○電氣振動發起法○放電ノ狀態○電氣振動發起器○受波器論○外六項 第七章 電弧：諸種ノ瓦斯及蒸發氣内ニ於ケル電氣ノ示性曲線○電弧ノイオン說、理論○不衰電氣振動○無線電話○有線電話、理論○多量電話 第八章 電波ノ波長測定：電磁振動測定○電氣振動ノ對數衰減測定、理論○小ナル自己感應測定、理論○架空線ノ電氣容量測定○直狀導線ノ電氣容量、理論○廣大ナル平面導體ニ平行シテ位スル直狀導線ノ電氣容量、理論○二個ノ平行直線ノ導線ノ相互感應、理論○外十項 總論

電子論

菊判洋裝
全一册

圖紙版數三百三十餘頁
正コロ版二種
稅價金貳圓貳拾五錢

電子論節次——真空放電○陰極放射線○電子○電場ニ於ケル荷電粒子○磁場ニ於ケル荷電粒子○e、mノ測定○セーマン効果○セーマン効果ノ觀測○高溫度ニアル導體ヨリ電子ノ進出○炭素電弧○太陽ノ黑點ニ於ケルセーマン効果○エーテル波○輻射○ドツブルノ原律○カナル放射線○カナル放射線ニ於ケルドツブル効果○新ラシキ化學分析法○コロイド溶液○アラソン運動○金屬導體ニ於ケル電導○オームノ法則○金屬導體ニ於ケル自由電子ノ數○ガニウノ法則○ワイアマノフランクツノ法則○レナルド放射線○レントゲン放射線○原子ノ構造○長岡理學博士ノ原子模型○ニコルソンノ元素說○スペクトルノ構造○スペクトル線ニ於ケル氣壓効果○放射能作○副放射○X及B放射線ガ電子ニ及ス作用○光電効果○エネルギー量子說○光量子假說○荷電球ノ運動ニ基因スル電力及磁力○電子ノ縱質量ト橫質量○電離○紫外線○日光、X及ラヂウム放射線ノ寫眞作用○マイケルソン及モーレルレイノ有名ナル實驗○相對原律○靜止系ト運動系ニ於ケル坐標及時ノ關係○相對原律トマイケルソン及モーレルレイノ實驗○電子ノ形狀○總論

第一冊
力 (エネルギー) の保存に就て
獨逸 博士 荒木吉次郎氏 原著
理學博士 長岡半太郎氏 校閱
菊判洋裝全一冊 紙數百二十餘頁
正價 金八拾五錢 郵稅 金八錢

第二冊
發散及吸收論
菊判洋裝全一冊 紙數八十餘頁 圖版五種
正價 金六拾五錢 郵稅 金六錢
理學博士 荒木吉次郎氏 校閱

第三冊
ヘルマン・ヘルムホルツ先生原著 渦動論集
菊判洋裝全一冊 紙數百九十餘頁 圖版五種
正價 金壹圓貳拾錢 郵稅 金八錢
理學博士 長岡半太郎氏 校閱

第四冊
ポテンシャル論 (山田理學士譯)
菊判洋裝全一冊 紙數百八十餘頁 銅版附圖二種
正價 金壹圓四拾錢 郵稅 金拾貳錢
理學博士 長岡半太郎氏 校閱

目次——緒言○活力(運動エネルギー)保存の原理
○力(エネルギー)保存の原理○力學諸定理の上に於ける前理の應用○熱の力當量(仕事當量)○電氣現象の力當量(仕事當量)○磁氣及び電磁氣の力當量(仕事當量)○附言

目次——小引○フラウンホッフ線に就て、(1859年)○光及熱の發散と吸收との關係に就て、(1859年)○熱及光に對する物體の發散率と吸收率との比に就て。(1860年—1862年)○附錄

目次——小引(長岡博士)○ヘルマン、ヘルムホルツ著——渦動に對する流體學上の諸方程式の積分に就て○渦轉の定義○渦動の常定○空間に互る積分○渦表面及渦線のエネルギー○直線的平行渦線○圓形の渦線(ラングレン教授)圓形渦環の進行速度(ワイリヤム、タムソン)○ワイリヤム、タムソン著——二、渦動原子に就て、三、渦動に就て

目次——小引(長岡博士)○距離の二乗に逆比例して作用する引力及び斥力に關する一般の定理(ポテンシャル論)○地球磁氣總論○補遺○理論の要素より地球表面上に於ける磁力の方向及強さを算定する補助表

第五冊
電氣學及磁氣學に於ける解析數學の應用に關する論文
目次——小引(長岡博士)○序言○緒言の注意○一般の理論○電氣の理論に於ける前述諸結果の應用○磁氣の理論に於ける應用○註解、エッチングン及びワンゲリン教授)
理學博士 荒木吉次郎氏 原著
理學博士 長岡半太郎氏 校閱

第六冊
電波に關する論文集
目次——小引(長岡博士)○迅速なる電氣振動○フオンマツオールド放電に關する探究緒論○投擲○並外線の放電に及ぼす影響○直線電氣振動が附近の電流に及ぼす作用○絶縁體の電氣的過程に基く感應現象○電動力作用の傳播速度○空氣中に於ける電動力波と其反射○マックスウェルの電氣動力學の基本方程式と反對の電氣動力學の基本方程式との關係○マックスウェル理論より考究したる電氣振動の力○導線に依る電波の傳達○電氣力の輻射線○導線に傳ふ電波の力學的的作用○静止せる物體に對する電氣動力學の基本方程式○註
理學博士 阿部良夫氏 原著
理學博士 長岡半太郎氏 校閱

第七冊
解析力學抄
目次——小引(長岡博士)○第一部 靜力學上の種々原則に就て、第一章 靜力學○第二章 任意一力系の釣合に關する靜力學上の一般なる範式並に其應用の方法○第四章 第二章に記せる釣合の範式を用ふる簡單なる且つ一般なる方法○第五部 動力學：第一章 動力學の種々の原則に就て○第四章 動力學の凡の問題を解くべき微分方程式○第五章 力學の問題に於て任意常數の變位に基ける近似の一般方法○第六章 任意物體系の微小振動に就て○註
理學博士 桑本誠雄氏 原著
理學博士 長岡半太郎氏 校閱

菊判洋裝 全一冊 紙數 二百六十餘頁
正價 金壹圓五拾錢
郵稅 金拾貳錢

菊判洋裝 全一冊 紙數 三百五十餘頁
正價 金壹圓八拾錢
郵稅 金拾貳錢

丸善株式會社發行工業書目

<p>訂改 瓦斯及石油機關 工學士 內丸最一郎氏著</p>	<p>訂改 蒸氣タービン 工學士 內丸最一郎氏著</p>	<p>訂改 蒸氣機關 工學士 內丸最一郎氏著</p>	<p>訂改 蒸氣罐 工學士 內丸最一郎氏著</p>	<p>土木施工法 工學士 內丸最一郎氏著</p>	<p>土木施工法 工學士 草間偉武氏共著</p>	<p>抽訂 公式工程師必携 工學士 鶴見一之氏 工學士 草間偉武氏共著</p>	<p>發 電 水 力 工學博士 田邊朝郎氏編輯</p>	<p>訂再 電 氣 工 學 工學博士 荒川文六氏著</p>	<p>電話の理論と其應用 工學博士 利根川守三郎氏著</p>	<p>電 氣 設 計 法 工學博士 利根川守三郎氏著</p>	<p>中條清三郎氏著</p>
<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓八拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓八拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓四拾錢 郵税金拾貳錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金壹圓七拾錢 郵税金拾貳錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金參圓四拾錢 郵税金拾貳錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金參圓四拾錢 郵税金拾貳錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金壹圓貳拾錢 郵税金拾貳錢</p>	<p>正判洋裝全三冊 正價金貳圓貳拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金參圓四拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全二冊 正價金壹圓貳拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全二冊 正價金壹圓貳拾錢 郵税金拾八錢</p>
<p>工學博士 田中芳雄氏 工學士 安藤一雄氏共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>工學博士 湯田理學士共著</p>
<p>近 最 化學工業試驗法 工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>新 有 機 化 學 工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>新 無 機 化 學 工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>化 學 の 原 理 工學博士 湯田理學士共著</p>	<p>採 鑛 學 工學士 山口義勝氏編述</p>	<p>鑛 床 學 工學士 山口義勝氏編述</p>	<p>向 井 哲 吉氏著</p>	<p>新 簡 易 製 鐵 術 中村康之助氏著</p>	<p>工 業 常 識 工學博士 鴨居武氏著</p>	<p>最 新 寫 真 術 工學博士 鴨居武氏著</p>	<p>力 學 工學博士 鴨居武氏著</p>	<p>力 學 工學博士 鴨居武氏著</p>
<p>正判洋裝全二冊 正價金三圓貳拾錢 郵税金拾六錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>	<p>正判洋裝全一冊 正價金貳圓五拾錢 郵税金拾八錢</p>

~~351~~ 443.9
SH63

~~143~~

終

