

『液 體 の 星』

久しい以前から色々の點で Jeans は Eddington 等と見解を異にして居た。例へば星の内部に於けるエネルギー發生の過程についてそうであつた。又 Eddington がセフエイド變光の原理について Shapley の脈動説を理論付ければ、Jeans は分裂の過程にある梨型の星を持つて來るに云ふ風であつた。近頃 Jeans は星の安定さの研究から星の内部は液狀であらうと云ふ結論に達した。併しこの結論に導いた基本的數式には多少不備な點があり、輕々にこれを信ずる事は出來ないが、この機會に多少この方面を紹介して見ようと思ふ。

昔 Lane の法則や Helmholtz の收縮の假定が發表された時代から近頃の輻射平衡の概念に到るまで、恒星は瓦斯狀の物質より成ると考へられて居た。而かも近頃では、白金の數倍もある様な平均の密度を持つた星の構成物質も亦完全瓦斯の compressibility を持つと考へられて居る。元來地球上に於て、完全瓦斯の法則からのづれの現れるのは、瓦斯體を構成する分子が有限の大きさを持つが故に壓力を増大すれば分子の占むる容積を閑却出來ぬ様になるからである。然るに恒星の内部に在つては、極めて高温なるが故に全すべての原子は充分にイオン化されて居る筈である。従つてこれらの原子の電子軌道が實際の境界をなすものでないならば、原子の大きさは電子のそれだけ小さくなる筈であり、更に構成分子の大部を占むる電子の大きさに至つては遙かに小さいものである。かるが故に完全瓦斯の法則よりのづれを來す分子の容積は、密度が大なるにも拘はらず、殆んど閑却し得る程度であらう。而かもこの見地から、Eddington が矮星も亦完全瓦斯の法則に従ふとして導いた種々の結果は見事に星の諸性質を説明したのである。この概念は Eddington に云はすれば只確立した事實として一般に公認されるのを待つばかりなのである。

Jeans は別な立場から問題を攻撃した。(主として Monthly Notice 85, 86, 87 に發表された數多くの論文に於て。) 即ち輻射平衡にある星の安定度を研究して、星が安定にある爲にはその構成物質は瓦斯法則に従ふ所か、

殆んど液體の状態になければならぬと云ふ結論に達した。併しながら丁度先きに、白金よりも密度の大きい物質の集りがござうして瓦斯法則に従ふかが問題になつた様に、こゝでは逆に中心密度がやつと 1 になるかならぬ α Orionis や Capella の如き巨星の内部が何故に液體の如く incompressible であり得やうか。それが爲には K 或は L-ring 迄イオン化せる星の原子の有効直徑は、Bohr の理論より計算せる大きさの 50 倍乃至 80 倍でなければならぬ。「これは別に驚くには當るまい、」 Jeans は云ふんです。「イオン化して居らぬヘリウムでさへ液體にある時の原子の有効直徑は、Bohr の理論より計算せる電子軌道の 7.4 倍もある。温度が絶対温度の二三度から何千萬何億度迄上昇した時に原子の有効直徑がごんなになつて居るかは誰が知らうぞ。ごまれ強大な電場に圍繞された原子は普通の原子よりも比較的大きな有効直徑を持つて居りそうなものではないか。」

従つて若し Jeans の云ふ様に實際星を構成する物質團が瓦斯法則に従はないならば、Eddington の導いた多くの結果は無効のものとなる。例へばあの様に巧みにものされた質量光度の關係さへ新に作りかへねばならなくなつて終ふ。かく迄に Jeans を論ぜしめた今一つの原因は十數年前彼が證明した星の分裂に関する理論にあるのです。即ち彼によれば、分裂は内部の状態が少くも殆んど incompressible な状態にある星にのみ可能である。少しでも中心に密集があれば angular momentum の過剰は、渦狀星雲に見る様に、赤道部から物質を放出する事により緩和される。天空に見ゆる星の約 $\frac{1}{3}$ は確かに分裂により發生した連星である。従つて少くも分裂の當時に於ては、星の内部は液體に近い状態にあつたに相違ない云ふのです。

抑々この相反した二つの結論は星の内部に於けるエネルギー發生に関する考の相違に關連する。今日では星の發する莫大なエネルギーは原子核なり、エレクトロンの崩壊によるのである事は殆んど疑ふものがない。然らばその考への相違が那邊に存するか云へば、更に一步を進めた崩壊過程に關する。即ち Russell, Eddington 等に従へば、原子の崩壊の割合はその場所に於ける物質の温度及び密度に左右される云ふし、Jeans によれば

少くとも殆んど左右されないこと云ふ。Russel 等の云ひ分はかうである。星の毎秒放射するエネルギーを E とし、發生するエネルギーを G とし、假に G は温度及び密度には左右されないことしよう。今或る種のエネルギー源泉がつきるか、何等かの擾亂のために G が E より小さくなつたことしよう。すれば星の蓄うるエネルギーの量は $(E-G)$ の割合で減少する。従つて物質を支へる輻射壓に不足を來し、星は收縮する。一方不透明度が Kramers の法則に従ふことすれば、輻射平衡の現論から、完全瓦斯よりなる星に在つては、エネルギーの放射 E は星の半径 R の二乗根に逆比例する筈である ($E \propto R^{-\frac{1}{2}}$)。然るに假定により G は物質の狀態の變化には無關係なるが故に $(E-G)$ は益々増大し、終には無限に縮小して終はねばならない。故に星が力學的に安定にあるためには

$$\frac{d}{dR}(E-G) > 0 \dots\dots\dots (1)$$

なる不等式を満足せねばならぬ。而してかゝるが爲には星のエネルギー發生率 G はその物質の温度及び密度に支配されねばならぬ。

一方 Jeans の主張はかうである。 G が $\rho^\alpha T^\beta$ (ρ は密度, T は温度) に比例することすれば、星が振幅の次第に増大する様な振動をしない爲には、即ち星に爆發的な膨脹收縮のなき爲には、 $3\alpha + \beta$ は極めて小さく、質量が太陽の二倍よりも大なる様な星に對してはこれは $\frac{1}{2}$ よりも小さくなければならぬ。(この値は相當の修正を要すと思はれる。)

翻つて思ふに、エネルギー發生が原子核のみの自發的崩壊によることすれば、その統計的性質には無關係だから、 G が温度及び密度に左右されるためには外部的な作用をも併せ考へねばならぬ。第一に輻射の場が考へられる。併しこれは Einstein の公式の示す様に、星の内部に於ける温度位では G に變化を及ぼすには足らない。自由電子との衝突により崩壊されることすれば、エネルギーの發生率は毎單位時間に於ける衝突の數に比例する筈である。即ち G は $(\rho T^{\frac{1}{2}})$ に比例し、 $\alpha=1$, $\beta=\frac{1}{2}$ となりて、Jeans の主張が正しいことすれば、星は爆發的に不安定である、従つて少くとも星の輻射の大部は bound electron による原子核の崩壊に待たねばならぬ。この事よりすべてのエレクトロンを失へる原子は崩壊されにくく、殆んど全

くイオン化せる原子からなる星に在つてはエネルギーの輻射は僅小の筈である。

勿論 bound electron による崩壊の割合は Fowler のイオン化の公式から計算されねばならないが、何れにせよエネルギーの發生率は温度や密度には殆んど無關係なりと見てよい。故に星が力學的に安定なる爲の條件(1)式から Russell の論程を逆に進めて、完全瓦斯より成る星はすべて不安定なりと云へる。更に進んで、同じ半徑、同じ平均密度を持つが温度を低下して瓦斯法則に従はぬ様な星を考うれば、E は $T^{7.5}$ に比例するが故に、かゝる星のエネルギー輻射は瓦斯星に於けるよりは小さい筈である。故に星が平衡な状態を移つて收縮するとすれば、Fowler の理論に従つて夫々のエレクトロン ring がイオン化するにつれて、完全瓦斯よりの外れに上下が起り、その都度星は不安定となり安定となる。この種の考案から Jeans は Russell の圖に示される様な星の分布の説明を試みて居る。

こゝに注意すべきは原子の崩壊が自由電子と原子核との衝突によるものも、必らずしも Jeans の云ふ様に $\alpha=1, \beta=1/2$ とはならない。實際 Eddington も示して居る様に、衝突の数は $\rho T^{-1/2}$ に比例すると思はれる。こゝで衝突の頻度が T の上昇と共に減少するのは、速度の大きい電子は原子核の方に曲りにくい事を表して居る。元來衝突の性質は温度には殆んど影響されないのである。何故と云へば熱によるエレクトロンの運動のエネルギーは、原子核の極近くに於ける電位差に由來するエネルギーに比ぶれば僅少のものに過ぎない。勿論 G が $\rho T^{-1/2}$ に比例するとしても Jeans の云ふ安定の檢査には合格しない。併し Eddington の云つて居る様に、原子の崩壊が温度及び密度に左右されないと云ふ論者は、確かに、地球上に於ける斯くの如き現象の唯一の例である放射性物質の崩壊に捕はれて居る。此の非難を嫌つてか、Jeans も近頃は此の例を引くのを避けて居る様であるが、星を構成する物質の原子量は地球上に見る一番重い原子なるウランウムの程度であると主張して居るのも多少はこの立場を捨て難く思つて居るのではあるまいか。生まれ星を構成する物質の崩壊が温度や密度に左右されるとしても、如何なる程度に於て影響があるかは Eddington 一派の最

も苦しむ所である。即ちエネルギーの發生が温度や密度に無關係なりとは考へたくないが、 $\rho T^{-1/2}$ の加き法則に従ふとすれば如何にも多少發生高が多過ぎ、少くとも全ての星が脈動を初めはせぬか云ふ氣念がある。でこの不安を避けるためには、收縮の G に及ぼす影響は單に自發的に崩壊する原子核を準備するに止まり、實際にこれがためにエネルギー發生に増加を見るのは數ヶ月乃至數年後であるまでも考へねばならなくなる。

以上大まかな記述によつても明かな様に、Eddington は極めて高温な星の内部では物質はすべて高度にイオン化せるが故に、白金よりも尙大きい平均密度を持つた矮星も亦完全瓦斯の法則に従ふと假定して、觀測の事實に適ふ多くの結果を導き、且力學的に安定なる條件を示す (I) 式より、星が無限に收縮して終はない爲には、星の内部に發生されるエネルギーの割合は温度及び密度に左右される筈だ云ひ、一方 Jeans はこの主張に満足せず、種種の立場から、逆に星のエネルギーの發生率は物質の温度や密度には無關係な事を論正せんを試み、併せて星の内部は液狀であらうとの結論に及んだ。併し Jeans の議論の基調をなす、星の安定度の研究には多少非難の餘地あり、容易にその結論に組する事は出来ないが、Eddington の論說にしても、その前提たり結果たる物質の性質は嘗て地球上で實驗により證明された領域を超越して居るから、一方には尤な論程に進んでも他方には拔難いデイレンマに陥つて、未だ一般の天文學者の賛成を得難いのは當然の事であらう。(竹田)

琴座流星群來る

毎年の例の如く、四月20日前後には有名なこぞ座流星群が現はれる。今年は20日が丁度新月に當つてゐるから、此の流星群の見える4—5日の間は月の光に觀測の妨けられることが殆んど無く、誠に好都合である。讀者諸氏の奮つて此の流星觀測に參加せられんことを望む。

「琴座流星群」云ふも、實はこぞ座ヘルクレス座との境界線に近いあたりに輻射點のある流星群であつて、可なり昔しから認められ、殊に18