

天 界

第五十四號

(第六卷) 大正十四年七月號

宇宙の構造に就て

(On the Structure of the Universe).

瑞典國ルンド天文臺長 C. V. L. シヤリエー

この論文は、天體力學、統計天文學及宇宙構造學の方面で今日、世界最高の權威者の一人たる、北歐の老宿天文學者シヤリエー教授 (Prof. Charlier) が昨年北米を旅行中、カリフォルニア大學に於て講演したものが Publications of the Astronomical Society of the Pacific 紙上に發表されたのを翻譯したものである。(荒木俊馬譯)

第一講

如何なる時代に於ても、その時代の賢者達のうちの或者は宇宙の構造に其の創成や最後に就いて物語つて居る。然しそうした昔の宇宙論は一般に空漠たる夢か空想に類するものであつて、一時そう云ふ思想が考へ出され世の人々を感嘆せしめても、明日はもう忘れられて仕舞ふと言ふやうな朝生暮死なものである。今日の如き自然科學が稍々發達してからも宇宙の構造を考へるには、單に觀測や事實のみではさうする事

も出来ないものでやはり、それに想像を交へるのは免かれぬ事で、この問題は云はば、人智の界限の所にあると言つてもよからう。現代に於ても、この問題に關しては、吾々はその解決に向つて、單にその第一步を踏み出したにすぎないのである。私はこの講演に於て單にその歴史的な進歩の跡を述べ、それに付け加へて、或はこうでもあらうかと言ふ宇宙の構造に關する暗示を與へるに止めやうと思ふ。

例へば、茲に一つの建築物があつて、その構造を叙述せんすれば、吾々は先づその建物の部分部分を測量して、それ等から全體の圖面を作り上げるのであるが、宇宙の構造を知らむとするにも全く同様である。先づ宇宙を形造つて居るあらゆる星や星雲や其他の天體の相互の位置を決定し、これ等の測定の結果から宇宙全體の圖面を描いて見る。

此の問題は理論的に言へば頗る簡單明瞭に見えるが、實際

は非常な困難がこもなふ。吾々は宇宙間の一微塵の上に住む、そして、非常に強力な望遠鏡や寫眞裝置によつて天空の數百萬の天體を見る事が出来るのであるが、吾々が爲し得る測定は唯角度の上からだけであつて、完全な測量の最も重要な要素が欠けて居るのである。それは距離である。實際、地球から最も近い天體、月の距離も直接にメートルの鎖と言ふやうなもので測る事は出来ない。

然し、遙かな天體の距離を測定するには、直接な方法ではなく、他の方法がある。地球上の異なる二つの地點から一つの點の方向を角度で測れば、その角度と二點間の距離から其の距離を計算によつて導き出す事は平面三角法の簡單な問題である。地球上の登る事の出来ない山の高さの如きもこの方法によつて測定するのであるが、同じ方法に依つて地球の大きさも測定する事が出来るのである。更に進んで、地球表面上遙かに上空にある、物體、例へば、雲の高さ、流星の高さ、北極光の高さなを知る事が出来る。同じ理屈で、地球外の天體、月や太陽の距離を知る事が出来る。

これ等の距離が知れて仕舞へば、天文學の研究は更に新しい舞臺を得たことになるので、地球は太陽の周圍を軌道運動するのであるから、この運動を利用して、太陽系に屬するすべての遊星の距離及運動を正確に研究する事が出来る。實際これ等の研究は今日完成せられ、天文學が、すべての自然科

學のうちで最も正確な學問とされるに到つたのも全くこの爲めである。

同じ理屈で行けば、太陽系外の天體の距離も、やはりこの地球の運動を利用して測定出来るわけである。コペルニクス(Copernicus)や、チヒョー・ブラーヘ(Tycho Brahe)や、ロエーメル(Römer)や、ブラッドレー(Bradley)等の一流の天文學者達がこの試みを企てた。がそれ等は皆な同じやうな失敗をくりかえすにすぎなかつたが、一世紀の後、一千八百三十七年になつてはじめてベッセル(Bessel)が白鳥座の小さな星に就いて、その距離の決定に成功した。

其の後約百年、多くの天文學者達は同じ實驗を色々の星について續けたのであるが、その結果は寧ろ非常に少いと言つてよい。今日、同じ方法によつて、其の距離を測定する事の出来る星はおそらく數百をもつて數える位である。かゝる方法によつて宇宙の構造を研究しやうとしても、それは程んぞ收獲なしと言つてもよからうと思ふ。勿論以上の結果は星辰の距離の標準單位を吾々に與える事は云ふまでもない。宇宙の構造を探究する爲めには所詮全く他の方法に依らなくてはならない。その爲めには三つの重なる方法がある。

第一の方法 以上述べた方法は、地球上の異つた二點から他の天體の方向をはかるか、又地球の軌道の異つた二點から、他の天體の方向を測定して、三角法によつて其の距離を

計算するのであるが、この方向を更に擴張して、太陽の運動を利用する。即ち太陽の運動する道の上の異つた二點から星の方向を測るわけであるが、其の爲めには必然、太陽の運動の方向と其の速度を知らねばならない。私(シャリエー教授)が、學生の頃はこの運動は天文學上に於て未決未解の問題であつて、その當時誰かこの運動速度の大きさについて何某かの考へを抱いて居たかどうか今思い出す事は出来ない。然し、今日では、非常な正確さを以て諸君の卓越した總長(カリフォルニア大學總長兼リク天文臺長カムベル教授)御自身の根本的な觀測によつて知られたのである。

此の方法によれば、各々の星の距離を別々に知る事は出来ない。何となれば、各々の星は皆太陽と同じやうな運動を色々な方向になして居るからである。然しながら、この方法によれば、同じやうな空間に於ける速度をもつて居る一群の星の距離や又或る知れた法則によつて配布された速度をもつ一族の星の距離を知る事が出来る。かくの如くして、吾々は銀河系内の星々の分布を決定する基礎的方法を得たのである。

第二の方法 星の見かけの坐標のかわりに、星に關する他の量を利用して距離を出す方法である。

星について吾々が測定し得る色々の見かけの量は星の距離に依るものであるから、それ等の測定された量をもつて距離の測定に利用する事が出来るわけである。それは星の見かけ

の光度 (apparent luminosity or magnitude) 及地球上に於ける星の見かけの運動 (apparent motion) である。實際星の光度は星と觀測者の距離の二乗に逆比例して弱くなる。星の見かけの運動は視線に直角な方向の運動が大きければ大きい。が、同じ距離に逆比例して小さくなる。此の見かけの二つの量は星の距離の決定に非常に都合よきもので、直接な距離の測定よりも遙かに便利である。

實際の應用にあたりては、これ等の見かけの量の眞の價の分布の法則を知らねばならぬ。即ち眞光度 (絶対光度 absolute magnitudes) 及眞速度 (Absolute velocities) が如何なる割合で星々に分布されて居るかを知らねばならぬが、今日の星辰天文學の状態ではこれ等の問題は充分に解決されては居ない。

第三の方法 宇宙構造論の研究の第三の方法は、自然法則の知識に基く方法である。統計數學をニュートンの法則に支配される天體の一集團に應用すれば、かく集團がその平衡状態に於て如何なる形をこるべきかを知る事が出来る。直接觀測が及ばぬ場合には、所詮此處に其の出發點を求めるより他に仕方なく、かゝる方法によつて無限に對して何某かの試みるの探究をなす事が可能である。

以上述べ來りたる方法即ち——太陽の運動、星の見掛けの光度及運動、及自然界の一般法則——に基いて、宇宙の構造を探究する事が出来るので、以下その諸説について論じやうとす

るのである。

◎

然し其の前に、天文學が未だ、以上述べたやうな方面に活動しなかつた前に提出された、宇宙構造論に關する思想や想像を一通り紹介して置く必要がある。如何なる時代に於ても人類は其の周圍の世界について其の始まりや、終末を知らむとする要求をもつて居た。而もこの要求は、何故に人類はこの地球上に住み、又其の人世の目的は何であるかを知らむとする欲求と相併ぶ要求である。

宗教書をひもぎけば、その殆んぞすべてに於て、世界の創成と破滅に關する物語は重要な部分をなして居る。聖書の中にある。バビロニヤや、猶太の民族の物語も、印度や、ゲルマン民族の傳説も、みな、多少の精しさの差異はあれ、三千世界の構造や、其の創成、終熄について叙述して居るこれ等の叙述は、皆、其の傳説が先づ確定しはじめた頃の學者の、世界に關する科學的智識に基いたもので、従つて、これ等の諸説は皆な、地球中心主義であり、星に關しては、極く幼稚な空想的な概念が附け加へてあるが、星の彼方の宇宙と言ふ様な事に關しては、殆んぞ言及されてないのである。これ等の宗教的な思想の中で最も進歩した最後の形は、アルマゲスト (Almagest) の中に叙してある、所謂トレミーの系統 (Ptolemaic System) (天界第五十三號通俗天文講話参照) で、この思想は第

十七世紀末までも、宇宙論の權威して生命を有して居た。

◎

宗教的傳説と相併んで、宇宙の問題を説明せんとしたものは哲學的な教理であつた。而もこれは、宇宙に關する思想の發達に非常に與つて力があつたのである。希臘の哲學者達例へば、デモクリタス (Democritus) エピキュラス (Epicurus) ラクレチアス (Lucretius) は、宇宙の祕密に關する多くの暗示を残して居るが、大體論に於ては、後世の哲學者と雖も、その上に出づる事は一寸むつかしい位の所がある。然しながら、宇宙に關する哲學的想像のうち最も有名なものは、何と言つてもイマヌエル、カント (Immanuel Kant) の説である。で、茲に先づカントの説を幾分精細に叙述し、その後で昔の哲學者達の考へと比較して見たいと思ふ。

宇宙の構造及開闢に關する、カントの意見は、其の著書、『一般自然開闢史と天體の理論』 (Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels) の中に述べられてあるが、一口に言へば次の如くなる。

天文學上の問題に論及する前に、先づ彼は一般に哲學的な又宗教的な爲めに注意して曰く。

『宇宙を達觀するに、其の構造に然るべく秩序あり、又其の性質の完備に神の御手の加へられたる痕跡の歴然たるは、之を見ざらむと欲するも得べからざる也。人類の理性は美と完

全を見て感嘆する事大なるものなるが、若しこれ等を悉く單なる偶然に歸するが如き暴舉を敢てするものあらむか、理性は正に悲泣すべし。最高の叡智は設計を立て、最高の權力がそを遂行したるものならざるべからず。然らざれば、何ぞ、宇宙間にかくも整齊完備の存在するあらむや。要は、唯、宇宙の設計は最高の理性によりて自然法則の中に置かれ、其の自然法則によつて宇宙は正しき順序に従つてそれ自身發展進化し來たりたるものなりや否や、或は、あらゆる要素はそれ自身にて宇宙を構成する事能はずして、其の構造の整美をなすには、何者か他の手を借らざるべからざりしか否かを決定するに在る也』云。

茲で、我々の當面する事は、宇宙の問題に關して、唯物論的な解決、神學的解決のいづれかを撰ばねばならぬ事である。神學的解決についてはカントは次の如く言をなして居る。

『若し物の性質にして、永遠の法則に依り、其の性質に従ふも何等無秩序渾沌の外生する事なくんば、かくの如くして、そが全く神に依存せざるを證し得たりと言ふべし。然れども自然の法則にして、或種の強制あるにあらずんば神に従ふことなく、一般に神の攝理に反抗するが如きものならむには、『神』なる概念について吾人の得る所も何者ぞ』

カントは非常に宗教心の深き人であつたが、彼はこれ等の

深慮によつて、彼の『天體の理論』が決して其の當時行はれて居た宗教的思想を攻撃するものでない事を證して居るのである。私の考へでは、彼は、この唯物論的な問題を敢て論ずるにあたり、少なからず躊躇して居るやうに見える。若しそうでなかつたならば、彼がかくも繰り返しこの點に關して辯明しなかつたであらう。實際、吾々は彼のすべての論文に、かかる思想を發見する。かくの如く先づ神學的な攻撃をさけて置いて、カントは次の如く、銀河系の説明を始めて居る。

『晴空の夜、星辰燦たる天空を仰ぐもの、誰か、星の最も密集する天の一帶を通りて、一條の光の流れあるを見ざらむや、これ即呼んで銀河と稱するものなり。而して天空の觀望者がこの著るしき天空の光帶によりて星辰の分布に關して特別の結論を導き得べきを發見せるは比較的近代に屬す。そは眞に顯著なる發見なりと言ふべし。銀河は一圓周をなして天球を完全に一周し、其間切斷せらるる事なきは吾人の見る所なり。

『星辰は決して空虚なる一球殻の表面に分布するものにあらず、或者は近く、或者は遠く、彌々遠く遙かなるものは、遂に天空の深淵の中に影を潜めて、これを見んことを得べからず。されば、或る星は他の星の前に在るべく、而もすべての方向に同様に分布せらるることなく、返つて、吾人の地點を通る特種の平面に極く接近して分布せられ居らざるべからず。

『今試みに天空を通る一大平面を考へ、其の平面に出来る丈に接近してすべての星辰が分布せられたりせんか。この平面の中にある吾人の眼より見れば、この平面に近づくにしたがつて彌々星辰の密度多く、平面の方向には天球を巡る一條の光の流れあるを認むべし。而も觀測者はこの平面内にあるが故に、光の流れは天球上の大圓を描くべし。又この天帶の方向には多くの星辰の集團を見るべく、星、彌々遙かなれば、それ等は遂に渾然たる光の雲の如く見ゆるや必然なり。銀河即ち之也。』云。

カントの銀河の説明は大體以上のやうである。

◎

宇宙間に於ける星辰の集團は必ずしも銀河だけではない。ほんやりした光を出して居る、圓板や楕圓板のやうな形をした奇妙な天體が、カントの時代には當時の貧弱な望遠鏡で、すでに數十個も發見されて居たのである。これは今日の色々な種類の星雲であつて、カントの考へによれば、かゝる奇妙な天體も又星の集團であつて、これ等はみな大體圓形をした扁平な形をして居りそれが見る方向によつて或は楕圓形のやうにもなるであらう。

かゝる星辰の集團が如何にして出来て來たか。その解答はカントの説では次の如くなる。その始め、もつと詳しく言へば、非常な大昔には、遊星もなければ彗星もなく、又星辰も

なかつたのである。すべてのものは渾然たる要素に融合して居た。この要素は宇宙のある限りの空間に擴がつて居て、そこには唯渾沌のみ存在し、何等の運動もなければ秩序もなかつた。

其の渾然さまじり合つて居る各要素は、カントの考へによれば決して同じ種類のものではなく、その各々の密度も異なつて居れば引力の大きさも異つて居たであらう。又色々な密度の要素要素は同じやうに空間全體に行き渡つて居るのではなくて、密度の重い要素は軽い要素に比して非常に僅少であつたらう。

然しながらかくの如き停滯の状態はほんのしばらくのもので、各要素は相互に引張り合つて、運動を引き起す力を有して居るものであるから、それ自身で生命の源泉をなすものである。重い要素は引力の作用によつて球形に蓄積し、その周圍に軽い要素を集める。

かくの如くして次第に大きな蓄積が出来て行くのであるが、カントの考へによれば、自然界に於ては萬有引力の他に他の力が存在する。カントが意味したのは言ふまでもなく反撥力であつて、それは主として非常に小さな物體間に作用するもので、例へば、瓦斯體によつて呈せられる彈性とか、又何か非常に香氣の高い物質から飛び出して來る微粒子が呈するやうな反撥力に類するものである。この反撥力によつて密な要

素の引力による運動が色々な方向に攪亂され、この引力と反撥力の兩方の影響によつて、そこに渦巻を生じ、やがてそれは廻轉運動を惹き起すに至り、小さな物體は密な中心のまわりに圓運動をなすに至るのである。かくの如くにして星の周圍には遊星系を生じ、星辰系(銀河系)は中央の更に大きな物體の周圍に運行するにいたる。

太陽系及銀河系の成因に關するカントの假設は以上の通りである。

◎

嚴密に科學的な見界から見れば、カントの獨創的な所は割合少ない。その基礎となつて居る二つの概念はカントの獨創と言ふよりは寧ろ他の哲學者に依るものであつて、即ち、その一つの、銀河系が扁平な星辰の集團からなつて居る言ふ考へは、英國の數學者トーマス、ライト(Thomas Wright)がカントの自然開闢史の著述の五年前にすでに發表して居る。而もカントが、ライトの論文を読んで居る事は明らか事實で、彼自身一千七百五十一年の *hamburgische freye Urtheile* の中に述べて曰く『余は、ライト氏の體系と余自身の體系との間に正確なる境界を劃する事を得ず』と。私は未だ、ライトの論文を読む機會がなかつたので、カントがどれだけライトの思想に付け加へたかは知る事は出来ないが、然し私は思ふに、銀河系の説明がライトと獨創になることも、星雲を他の銀河

系とする思想はカントの獨創であり、而もそれは非常に重要な一般化であることは信ずる。

カントの宇宙開闢史の第二の根本概念は、すべての天體が生れ出づるもこの『要素』なるものを導入したここに在る。然しながら、この根本思想は、デモクリタス及び其のギリシヤ、イタリアの門弟達の考へからこつたものである。而もこれはカント自身の言によつて明らかである。曰く『余は、ラクレシヤス併びに其の先輩エピキュラス、リユーシツパス(Leucippus)及デモクリタスの説が多くの點に於て余自身の説に類似せるを否定せざるべし』と。

◎

茲で吾々はデモクリタスの原子論及主として其宇宙の成因に對する應用説を持ち出さんとするのであるが、この大哲學者の書いた無數の論文の斷片は今日迄あまり残つて居ない。特に原子論に關するものは稀である。然し幸な事には彼の後の學徒——後と言つても今から考へるに大昔であるが——がその論文中に引用した章句からデモクリタスの教理の概念はよくうかがわれるのである。

私は左に、その引用句の二三を示そう。デモクリタスの文章は次の如くである。『甘苦の味は主觀的想念に依存す。同様に、寒暖、色彩の如き皆主觀的想念に依らずんばあらず。物自體にあつては、唯原子と眞空とある耳也』と。又他の書に

依れば、原子に關して次の如く言つて居る。即『眞空中にありて原子は運行するものなり、その數たるや無慮、不可分にして而も相互に區別ある事なく、何等屬性を有せず、單に存在ある耳。凡そ宇宙間の萬物は悉く原子より成り、原子の外、他に何等存在する事なし』(譯者言ふAtomを原子と譯したが、この原子は今日考へられる化學的の原子ではない)

宇宙の生成に關するデモクリタスの假説は次の通りである。即『眞空の空間は無限也。又其空間を充す原子の數は無限なり。久遠より永劫に原子は存在し而もその運動は止む事なし。原子の運動が、不平衡にして渦動の生ずる所、即ち世界の萌芽を見る也。されば、かゝる世界は全宇宙間には無慮無數に存在すべく、而も、そは原子の複雑なる合成に過ぎざれば、時に起り、他の世界との衝突其他の原因によりて其複雑合成の止む時あらば、再び消滅すべし』

カントの想見ミデモクリタスの宇宙論的概念が似通つて居ることは明である。強いて差異を求むるならばデモクリタスは世界を全く同じ種類の粒子から成立して居るこし、カントの要素は密度や形の異なる種々の形のものから成つて居るこした所にあるであらう。兩者共憶測より宇宙を構成せんことを企て、失敗したわけである。

或はカントは昔希臘に居た競争者デモクリタスを容易に凌駕しただらうと考へられるかも知れない。ミ言ふのは、カン

トは宇宙論を冥想する場合に、彼の宇宙開闢論の著述のすでに七十年前も前に出版された、ニュートンのプリンシピア(Principia)の中に書いてある物理學の大發見に基くこぎが出来ただらうからである。實際、カントはかゝる優越な地位に立つて居るご自分自身考へて居たらしい。それは彼の序文の中に『ニュートンの自然理學の内容概要』を書いて居るごから見てもわかるが、その概要は單にケプラーの法則ミニュートンの法則の關係を述べた短かい一文に過ぎない。明らかにカントはニュートンのプリンシピアの最初の第一節も自身で讀んで居なかつた。で若し讀んで居たならばカントは、彼の考へた何等始めに廻轉運動をもたないやうな要素の集團から遊星の廻轉や、その太陽の周圍の公轉を導き出す事が出来るだらうごは、彼自身でも、又讀者に向つても論及しなかつたであらう。何ごなればかくの如き論法は、ニュートンのプリンシピアの中に書いてある第一の命題及其他の命題に明らかに矛盾撞着するご言ふごを彼自身容易に發見し得た筈である。

私はこの講話に於て、ゲニヒスベルヒの大哲學者の宇宙觀をあまり嚴密に論じ過ぎた。然しカントの宇宙論は一般の通俗天文學書や其他學術的な論文にあまり有難がり過ぎて居て實際はそれほごまでの價值はないご言ふ事を考へ見ねばならないのである。私は思ふに、カントの宇宙開闢論は科學的に云へばそれほご重要視するには及ばない。又私は思ふにカン

トの説をラブラースの太陽系の開闢論と比較するが如きはやゝ不當に失し誤まつた事であつて、實際に生命のある假説として用ふる事は出来ない。唯デモクリタスの原子論と比ぶべきものであらう。宇宙論の通俗的な講義にはカントの開闢論は不適當であり、應々にして自然科学に教養のない人達を誤まらせ無駄な何等効果のない空想に導く危険があると思ふ。

然しながらカント及他の哲學者の宇宙論的な想像説の中から唯一つ學ぶ事が出来る。即ち諸君が宇宙の構造それのみに限らず、一般に自然界に關する問題を研究する場合には、諸君は部屋の中に閉ぢ込めて、單に知覺だけから宇宙の構造を組立てやうと試みるが如きは決して爲してはならない。諸君は出でゝ大なる自然の書物を讀まねばならない。この自然の書物を讀む事は非常に困難なことであり、唯一つの綴字をつけ加へるには非常な時間を要するのである。然しながら諸君が発見する所のものは真理である。少なりとも雖も正真正銘の真理であつて幻影的な宗教的な夢想や空虚な哲學的冥想に勝ることを數倍なるかを知らないのである。(續く)

(カントの事に就ては天界第三十九號山本氏の論文を参照して下さい)

正 誤

天界第五十二號十三頁最後の行

一千八百四十八年は一千八百四十六年の誤

第五十三號三頁下段十一行—十二行

「ライプツヒに於ける」は「ライプツヒ以後に於ける」と訂正す。

第五十三號一〇頁下段後より六行目

「二ヶ年」は「十二ヶ年」と訂正す。

●天文講習會 今夏七月二十九、三十兩日岡山では同地第四回の天文講習會が開かれ、京都大學の山本教授が天文學の歴史的發達を講せられる筈。其の硬概は左の通り。聴講希望者は岡山市門田二十一の水野千里氏に申込まれること。

(會費金貳圓、但學生半額、同好會員壹圓五拾錢)

天文學の歴史

山本一清氏述

一、天體の位置ばかり氣にした時代

イ、ギリシヤ以前——バビロニア、エゲプト、印度、支那

ロ、ギリシヤ天文史——タレスからトレミー迄

ハ、暗黒時代——トレミー以後、アラビア、ムーア、トルコ

ニ、學藝復興時代——アルフォンソ王からケプレル迄

二、ニウトン萬能の時代(數學者に號令された時代)

イ、ニウトン

ロ、ニウトン以後——オイレル、ダランベール、ラグランジ

ハ、宇宙論史——カント、ラプラス、微遊星説

ニ、ニウトン反抗——月の理論、海王星、水星の謎

三、望遠鏡と共に延びる時代(素人に引きつられる時代)

イ、ハッセル以前——ガリレオ、ハイゲンス、カシニ

ロ、ハッセル以後——ロス、ローエル、パーナード

ハ、視差史——恒星、光行差、固有運動、二重星、星表

ニ、寫眞術——ギルまで、協同星表、視差

ホ、天文臺——グリニチ以前、グリニチ史、實驗室

四、星の物理化學をハイカラがる時代(物理學者に彌次られる時代)

イ、光度學——アルゲランテル迄、ビケリン、器械的光度學

ロ、太陽——直視時代、日食、キルソン山

ハ、分光學——ロツクヤ迄、ハーワード派、リク、キルソン山

ニ、星雲の時代——眼視時代、寫眞時代

ホ、統計學——カプタイン迄、ヘルツスブルング、シヤプレイ