

古代の宇宙觀より膨張する宇宙まで

理二甲一 坂 本 寛

人類は知識なしには生きて行けない。知識こそは精神の糧であるからだ。我々人類から知識慾が全くなくなるまでは「原罪」は償はれさうにもない、だが原罪は有難いものである。

就中、知識の中で人類が最も求めて止まなかつたものは、宇宙の構造に關する知識であつた。古今を問はず、宇宙の構造が如何なるものであるかは人類の最大關心事であつて、昔、杞國に天地の崩墜を憂へて寢食も出来なかつたといふ程の人もある。

こゝに言ふ宇宙なる語は空間と時間の總てを意味し、偶然にも淮南子に「往古來今謂之宙。四方上下謂之宇」とあつて現代の科學的な宇宙の定義に一致してゐるのは面白い。西洋では Weltall とか Universe とか Cosmos とかが宇宙を意味してゐるが、これ等は萬有であり、秩序であり、渾沌ならざるものではあつても、この中には時間の概念が含まれて居ない。そこで宇宙なる東洋本來の言葉が最も適切なる語となる。

擬て、現代の宇宙構造を物語る前に、一應古代人の宇宙觀を瞥見する必要がある、これによつて我々は、人類の客觀的な宇宙觀が如何に民族特有のものであり、周囲の環境に支配されたかを知り得るとともに、人智の發達につれて物質宇宙が次第に擴大され複雑化され且つ整理されたかを察知出来るのである。

先づ第一にカルデヤ人の宇宙觀を見るに、人間の棲む中央大陸の周りに大洋があつて、その彼方が神々の棲家なるアララットの山で世界の涯となる。この山脈の上にドーム狀の天が支へられ、星辰はこの圓天井に散布されてゐる。太陽

は朝、山脈の中に掘られた東の坑道から出て南天を周り、夕方に西の國に没するといふ。彼等の世界構造論は全くチダリス・ユーフラテス兩河を中心とする地方特有のものであることは容易に解る。この宇宙觀はヘブライ人に幾分傳へられた。

古代の印度人の持つて居た宇宙觀は、佛典にあるもので、中央に四層の須彌山あり、頂上に世界の支配者、帝釋天が居り、最下層には四天王が住んでゐる。この須彌山を八海九山が取巻いて最外側の持地山の外は大海となり、大海の外には鐵圍山がある。この大海には四つの大陸があつて人類はこゝに住んで居る。太陽はこの須彌山を東から南を経て西に巡り、夜はその北側を通る。この須彌山こそ、ヒマラヤに違ひないであらう。

タールスの世界觀は全く地理學的世界觀で、世界は水に浮ぶ圓盤狀である、この圓盤狀の世界の周りにオケアノス河が流れ、太陽はカルデア人のそれと同じく夜は地下道を通つて朝は東に出で、夕は西に没する。ギリシヤは勿論世界の中心で、當時の世界は地中海沿岸に限られてゐた。以上三つの宇宙觀は何れも世界を圓板狀に考へて居り、彼等の思考範圍の廣さを示して居る。彼等は天体を神と考へ、人間に對して意志を持つて居るものとした。それでカルデア人の宇宙觀は「宇宙は永遠にして終始なく、神意によつて秩序を保ち、天体はすべて神の意志の下に運行する」と言ふのである。従つて當時の天體觀測は神意を伺ひ知るために爲されたと言つても過言ではない。

これまで世界は平面であると考へて居たのが、交通が拓け、航海術が發達するにつれて、大地は球狀をなせるものであるとの考へが次第に強くなつた。従つて宇宙觀も亦之を無視して作ることとは出来ない。

古代支那では、大地と天は互に平行であると考へられてゐたが、春秋末より戰國時代の始めには大地も天も球形と見做す蓋天説が晉書天文志に見られ、次いで恐らく西方の影響を受けたと思はれる渾天説が現れた、これに「天地之休狀鳥卵の如し」とある。

地球球形説は支那よりもギリシヤの方が古い様である。ギリシヤ時代の宇宙觀の先驅として、我々はピタゴラスの興

味ある宇宙論を見る。彼は宇宙を一樣に擴がれる球と考へ、その中心に火がありとし、その火の反映を、その反對側に住む人類は太陽に見ると言ふ。この中心火の周りを日月五星が運行し、恒星天は中空の球で又、中心火の周りを巡るのである。この宇宙論は彼の數の原理より出たものであらう。

ピタゴラスの流を汲むイオニア學派のアナクシマン드로スは地球を圓柱形と考へ、その一面にのみ人類が棲み、上下四方に万有が存在するために地球はどちらへも墜ちず天体は無際限なる渾沌より生じたと言つた。又彼は日月食や月の位相を地球上に開いた孔の開閉によつて説明して居る。

アナクシマン드로スの後輩であるアナクシメネスは萬物の根源は空氣であり、大地は壓縮された空氣によつて支へられて居ると考へた。又日月星辰も同様圓盤狀で天空を滑りながら大地の周りを廻轉すると説いて居る。

イオニア派哲學の最高峰であるヘラクリトスは水星と金星とが太陽の周りを廻轉し、太陽は地球を公轉するものとした。これ實に後のテイヒヨ、プラーユの思想と一致するものである。

又驚くべきことには、銀河は星の密集せるものであると、デモクリトスは喝破して居る。これはガリレオが後に望遠鏡で始めて確めた事實であつた。

フィローラウスは宇宙の中心を火として、地球も他の天体と同じく、この中心火の周圍を廻り、地球と釣り合ふために、地球と正反對の位置に「見えざる世界」を假想した。この宇宙觀は誠に奇異に見えるが、ピタゴラス時代の天体の總數八個(月・水星・金星・太陽・火星・木星・土星・恒星)に地球と見えざる地球を入れて天体數を神聖なる數、十にしたことは注目に價する。

その後、天体の觀測が精密となり、日月遊星の黃道運動を説明するために、多數の同心天球が考へられた。エウドクソスは二十七個、カリボスは三十三個の同心天球を認め、アリストテレスに至つては、實に五十五個といふ多數の天球が設けられ、宇宙構造は甚だ複雑化したが一應、遊星運動はこれで説明出來たのである。我々はこれ等の説が、すべ

て圓と球とを以て爲されてゐることに注意しなければならぬ、これはプラトン及びアリストートル流の哲學が、圓及び球を理想的な形体とした爲に外ならぬ。

ヘラクリトスの説に改良を加へたのがアリストアルコスで、宇宙の中心を太陽とし、遊星及び恒星は太陽の周りを運行すると唱へた、即ち中世のコペルニクスの説と同一である。

ヘラクリトスやアリストアルコスの優れた説は空しく埋れて、奇妙にも幼稚な天動説が當時の學界に榮えた。

ギリシヤ天文學が最後に到達した宇宙觀は有名なトレミーの天動説である。その大要は、宇宙の中心に地球があり、之れを圍んで内より外に、月・水星・金星・太陽・火星・木星・土星の順に圓形軌道を畫き、土星の外側に恒星を載せた天球がある。これもプラトン、アリストテレスの圓形哲學の結果であつて、キリスト敎の地球中心説と一致して居る。ために中世期を風靡せる説となり、ローマ法王の手によつて、ルネツサンスに至るも、絶對的な價値を附與せられたのである。ダンテの神曲に現れた宇宙觀は、このトレミーの九重天の思想である。トレミー系はその構造、宏麗、神秘で、幾何學的美の極致であり、失樂園にも歌はれて居る。

若しも、トレミーがピタゴラスや、アリストアルコスの思想を受繼いで居たならば、地動説が千四百年間も眠つてゐる様なことは無かつたであらう。然しながら時代思潮はあまりにも強つたのである、ピタゴラスでさへ公衆の前では地球中心説を説いたと言はれて居るのである。

中世時代、批判を許さぬ絶對的な金科玉條として信奉せられたトレミーの宇宙構造論に、最初の反旗を翻したのはコペルニクスである。尤も、レオナルド・ダ・ヴィンチはこれより先に地動論的見解を有しては居たが。彼は當時の天文家が漸く天動説に飽きんとしてゐる事情を知り、又ギリシヤやエジプト以來の天文古書を涉獵せる結果、エジプト人が水星や金星の太陽中心運動を認めて居たこと、更にニケタス等の地球自轉説、フィローラウスやアリストアルコスの思想を研究して、愈々太陽中心説を信ずるに至り、「天体の運行論」中にその考を發表した。然し彼の説も宇宙の中心を太陽と

したに止まり、遊星の運行は依然として圓形軌道であつた。彼も又根本に於てはプラトン流の理想哲學に大いに影響されてゐたわけである。とは言へ地動説を完成した意味で近世天文學の開祖となつた。この地動説はティヒヨ・ブラーエによつて反對されたこともあるが、ガリレオの望遠鏡的發見とケプラーやニュートンの業績によつて、その論據はこゝにいよいよ確かなものとなつた譯である。この間幾多の學者が、科學の殉教者となつて、地動説のためにローマ法王より苦難を受けたが、その悲慘なる例をジョルダン・ブルーノやガリレオに見るのである。

ニュートンの萬有引力法則の發見はケプラーに依るところ甚だ大であつた。若しもケプラーの三法則が發見されなかつたならば萬有引力の發見は未だ／＼遅れて居たであらう。ニュートン以前の科學者は彼の先驅者であり、以後の科學者は彼の祖述者と言はれるまで彼の仕事は偉大であつた。太陽系の構造はこゝに非常に單純化し、残るは天体個々の配列と速度の問題のみとなつた。これまで知られて居た遊星は、地球と月と太陽の外に水星・金星・土星・木星・火星に過ぎなかつたのであるが、ガリレオによつて木星の衛星が發見され、ハーシエルによつて天王星とその衛星が發見され、最初の小遊星セレスがピアジによつて發見され、以後今世紀に至るまで續々その數を増し、ルエリエーとアダムスによる純粹の數學的計算でガレによつて海王星は發見された。又慧星が太陽系に屬するものであることも明にされたのである。以來、各衛星の發見相次いで今世紀に至つたが、中でも一九三〇年トンボーによる冥王星の發見は太陽系の限界を一段と擴大したのである。

我々の宇宙は太古經驗し得る範圍内の大きさを超えず、自分の棲める土地を宇宙の中心と考へたのであつたが、人智の進むにつれて、宇宙は遂に地球となり、太陽系となり、恒星界に延びんとして居る。ニュートンの研究によつて太陽系の構造が闡明されるや、從來、天体の位置と運動にのみ研究の對象が向けられて居たのが、新に太陽系の起源如何といふことが色々と假想された。これと共に、天文家の眼は自から、より大なる宇宙―恒星界―へと向けられ始めたのである、先づハーシエルは大銀河宇宙の形を究明し、遊星を發見した。次いでストルューエやベツセルによつて恒星界の大

きさが決定され、十九世紀の中頃からは個々の恒星について物理的な研究が行はれ、宇宙の進化に關する問題が漸次明となつて來た。かくして宇宙の實相は空間的にも、時間的にも、我々の眼前にその神秘なる姿を現し始めたのである。

今迄、バビロニアの昔より、各民族特有の宇宙觀を概觀して來た。宇宙觀は又年齢により、性により、職業により、その他多くの條件によつて異なるは勿論であるが、各種の宇宙觀の中、最も合理的で、個性なく、人の眞理探究慾を満足せしむるものが、長年の淘汰を経て傳へられる。現代の科學的な宇宙觀には個人の自由は許されない。普く万人の満足を買ひ得て、眞に近いと見做される宇宙觀に我々は最高の價値を置くであらう。

現代の宇宙構造は如何なるものであらうか。その極く概要を常識的にこれからつかむことにしよう。更に注意を要するは、宇宙觀と言つても哲學的な宇宙觀に非ずして、あくまで科學的物質的な宇宙觀であるといふことである。

我が太陽系は遊星の世界である、そこには嚴重なる階級制があつて、母なる太陽の周りを忠實にニュートンの万有引力の法則に従つて公轉する子なる各遊星と、孫なる衛星とがある。然しながら時折この平和な太陽系を天界の氣まぐれ者が去來する、即ち慧星である。誠に我が太陽系はその構成に於て調和の極地を表してをり、その運行は健にして安定である。太陽を中心とする太陽系の限界は何處であらうか。現在迄のところ最遠の遊星はプルートであるが、その外側に更に新遊星が発見されないとは言へない。それで太陽系の限界は判然としないのである。然しながら慧星の中にはプルートよりも外側を放浪して居るものが幾つもあつて、これ等慧星の存在範圍を究めなければ未だ限界を定め得ない。ところが幸にも我々は遊星狀星雲を知つて居り、これより類推して不正確ながら、ほど太陽系の限界を知り得るのである。即ち遊星狀星雲、例へば *N.G.C. 2392* 等の如きものゝ直徑は略々七千乃至二萬五千天文單位であるから、我が太陽系の直徑はこの間にあるものと考へて差支へなからう。今この限界を明にするため太陽を直徑五糎半の球とせば、我が地球はそれより六米のところに粟粒程の大きさとなり、プルートは約二百四十米のところにあることとなる。それで太陽系の限界は約一萬、天文單位として、六十軒の彼方にあることになる。こゝに太陽系の直徑は約百二十軒と見做せ

ばよい。太陽系、それは大銀河宇宙から見れば微の又微なる存在であるが、これでさへかくの如き廣大さを持つて居るのである。更に恒星界へ眼を轉ずる時、我々の距離の概念は常識を絶するであらう。

太陽系に最も近い恒星はプロキシマ・セントウリと言ふ光度十一等半の星であるが、これでも四光年の彼方にある、前の喩へで言へば、太陽系から約一千百三十四軒のところにゐるのである。今太陽系を中心として半徑十五光年の球内に幾何の恒星があるかを見るに、二十箇にも満たない寂しさである。これ等の恒星は元より我が太陽系と同格であり、更に遠くなればそれだけ恒星の數は増し、光度の大なるものは概して近く、小なるものは遠いと言へる。

この廣漠たる恒星界をこれから探検して見よう。晴夜、丁度今頃ならば、カシオペアからオリオンを貫いて流れる微茫とした一條の帯が見える。これが銀河であつて、銀河の正体を始めて説明した人は哲人カントであつた。曰く「銀河は遠方にある星辰の聚落で、我が恒星系は銀河の半面の近くに分布された扁平体である」と。前にも一寸觸れて置いたが、ウイリアム・ハーシェルは一七八四年、天球上に於ける恒星の分布を調べ、恒星が銀河面の方向に扁平なる一大集團を作つて居ることを發見したのであつた。これ即ちハーセルの宇宙と呼ばれるものである。

注意して光度の明るい星がどの部分に特に密集してゐるか調べて見ると、先づ誰でも氣付くのは銀河の附近である。而してその大多數は牡牛、オリオン、大犬等の冬の星座と、夏の南天をにぎはせる蝎座とにあるのであつて、これに氣付いたギルドは一八七九年、これ等の恒星集團を局部恒星系と名付けた。局部系はその後の研究によつて直徑約四千光年の圓盤狀をなし、龍骨座の方向約二百十光年のところにその中心を有してゐることが判つたのである。又局部系は渦狀星雲の如くその中の恒星が渦狀運動をなせる恒星の集團である。更に銀河を渦狀星雲と考へる。時には局部系は星雲の中心核に相當する。

銀河系を構成するものに恒星の外ガス狀星雲や暗黒星雲があり、又恒星間も稀薄なる電離カルシウム蒸氣に満たされて居ると言ふ。ガス狀星雲は昴の中や、射牛座、白鳥座の中に見られ、肉眼で見えるオリオンの大星雲はこれである。

暗黒星雲は今時なら牛座の ϕ 星附近に見得る、就中有名なのは例のオリオンや、蛇遣ひ、南天の銀河附近に多く見られる。銀河の中心を覆ふ暗黒な部分は暗黒な星雲物質のためその背後の星の光が吸収されたところである。これ等の星雲と渦状星雲とは全く異なるもので、前者は個々の星に勿論分離出来ないガスであるが、後者はあとで明な如く全く一個の獨立した大銀河系なのである。

一寸見ると星雲と星團は判別し難い。肉眼によつて星團であることが認められるものに前記のブレアデスや蟹座のプレセペ星團、髮座の星團等があり、星雲にはオリオン星雲、アンドロメダ大星雲、大小マゼラン雲がある。然し小口径の望遠鏡では星團か星雲か區別の付きかねるものが多く、更に大口径の望遠鏡で分解して個々の恒星に分離されるかどうかを確かめることが必要である。特に微光の天体でない限り、現在では外觀や、分布状態、視線速度によつて完全に區別し得る様になつて居る。

星團と渦状星雲との距離は非常なもので、前者は銀河系星團にありては最近のもので約一千光年、最遠のものでは約三萬光年の遠距離にある。NGC 四七五五及びNGC 一八八等がそれである。運動星團と呼ばれる、大熊座の β ・ γ ・ δ ・ ϵ ・ ζ 、即ち北斗七星の兩端を除いた星と駁者の β 冠の α 、蛇の β 牛飼座の ϵ 等を含む一團にありては地方的な星團とも言はれ、我が銀河内恒星界にある星團で球状星團の如く何萬光年といふ遠距離のものではなく、普通の恒星とその距離は概して變らない。銀河の内には約五・六百箇の星團があり、銀河の外側には約百箇程の球状星團が分布されてをり、その距離、最近のケンタウルス ω の二萬二千光年から、NGC 七〇〇六の二十三萬光年に至る。

星團には銀河内に分布してをる所謂銀河星團と、比較的銀河外に分布してをる球状星團とがあることが解つた。而して銀河星團はその配列や運動は相當歪められて居るが、球状星團はその名の如く數万、數十萬の恒星が球狀に集つて一團となつて居る。この球状星團は地球上に一樣に分布してをるといふ譯ではなく、奇妙にも夏の夜南天に當る方向、即ち蝎座及び蛇遣座附近に特に多く集つて居ることが知れるのである。これによつて我が銀河系の中心が球状星團分布の

中心とせば、當然この方向にあらねばならぬ事になり、従つてその中心を求むることにより、我が太陽系が銀河宇宙中如何なる位置にあるか決められる。球状星團の分布範圍を銀河宇宙の限界とし分布の中心を銀河の中心と考へれば、太陽系は直徑十萬光年、厚さ約二萬光年の扁平なる銀河宇宙の中心より距ること三萬二千光年、銀河面の北側に約百光年の處に位置してゐるのであつて、嘗て太陽系を宇宙の中心と考へて居たのが、實は銀河の中心からかくも離れた處にあることゝなつたのである。太陽から見れば銀河宇宙の中心は蝸座の東にある射牛座の方向にある。この銀河宇宙の中心迄、太陽系を直徑十萬の圓盤とする時、約三千三百光年となる。球状星團内に含まれる恒星數は銀河星團に比し甚だ多く、従つてその平均密度は著しく大きくなり、太陽系附近に於ける恒星の分布密度の數千倍に達するであらうが、恒星間の最短平均距離はそれでも〇・八九光年もあるので衝突の心配は無い。又、星團中に認められる最大光輝星はアンタレスやペテルギウスの如き太陽の數百倍もある超巨星許りである。

我が銀河系宇宙の構造はこれで概略明となつたが、最後に太陽系がこの宇宙内に於いて如何なる位置にあり、如何なる運動をしてゐるかを考へて見よう。銀河系宇宙内には無慮一千億個以上の恒星と遊星狀星雲やガス狀星雲、銀河系内星團等が含まれ甚だ複雑な構造を呈してゐる。銀河系の中心部には核恒星系と呼ばれる直徑約二萬光年の恒星の集團があり、これは射牛座の方向に見られる。それより銀河平面上約三萬二千光年のところに銀河面よりは稍北側に位する局部恒星系と呼ばれる直徑六千光年の恒星の集團がある。これが我が太陽系の屬する恒星系であり、銀河内にはかかる局部系と類似の恒星系が多數あつて、これ等が相集つて天の河となつて居る。これ等幾多の恒星系は大體扁平なる橢圓體をなし、銀河の中心の周りを廻轉運動して居り、我々の局部系は毎秒約三百光年近い速度である。中心を遠ざかる星系程廻轉速度は遅くなり、銀河の外側に分布する球状星團等にありては殆ど靜止狀態にあると言へる。又形狀も最も内側にある我が局部系は扁平度甚だ大で、外側程小となり球狀を呈する。各恒星は更に星團全体の運動に参加しながら各々個有の運動をしてゐるのであつて、我が太陽も局部恒星系内に於てヘルクレス座の方向に向ひ毎秒十九光年の直進運動をす

る。我々は一見地球上に静止して居る如く考へるけれども、地球の自轉と太陽を巡る公轉と、太陽の即ち太陽系全体の直進運動と、局部系の銀河中心に對する二億年を週期とする一大廻轉運動の合計四つの運動をしてをる譯である。要するに我が銀河系は一つの渦狀星雲でその質量實に太陽の 2×10^6 倍、直徑十萬光年で、これから探索せんとする超銀河星雲（一個の獨立せる銀河系）よりは質量に於て百倍乃至千倍重く、直徑に於て十倍優る例外的な存在であるが、この方面の研究が進み星雲世界の探檢が深くなれば、我が銀河系も案外普通なみの渦狀星雲であるかも知れない。

我々の大銀河宇宙は決して特異なる存在ではない、かゝる宇宙は肉眼でも三箇程見えるし、百吋大反射望遠鏡を以てすれば驚く勿れ二十萬個も認められる。而も望遠鏡が大なれば大なる程、露出時間が長ければ長い程、かゝる宇宙は無限と言つてよいくらいその數をぐんぐ増して盡きるところを知らない。現在では光度二十一等の微かなる星雲さへ撮影されてをり、その距離たるや實に五億光年の涯になる。

我々が小望遠鏡でかゝる宇宙を見てもたゞボートして微かに光る雲の様でその形等は勿論判然りと譯らない、然し一度び大望遠鏡のレンズ下に暴露されるや、多くは渦卷型で中に球狀のもの紡錘狀のものが混つてをるのが知られるであらう。そして僅少のもの是不規則な形を呈してをるのが認められる。前者を規則型超銀河星雲、後者を不規則型超銀河星雲と呼び銀河系外星雲を二種に大別する。不規則型星雲は全超銀河星雲の約三パーセントを占めるに過ぎないので通常は超銀河星雲を總稱して渦狀星雲と稱する。この渦狀星雲に橢圓形をなせるものと紡錘形をなせるものがあるが、それは星雲の銀河面が我々の視線に對してなす角度によつて異なるのである。即ち視線に垂直な銀河面を有する星雲は球狀に、斜けば橢圓形に、視線内に銀河面があれば紡錘狀に見えるのである。従つて本質的には違はない。紡錘狀星雲の中心線に沿つて一條の暗黒帯が見られるが、これは星雲を取巻く暗黒物質によるものであらうと言はれ、我が銀河系宇宙にもこれと同じ様なものが、銀河面の外側にあるため、低銀緯にある銀河系星雲はほとんど元られない。渦狀星雲の分枝の開きが大きな程老齡な星雲で、渦狀となる前は球狀の星雲であつたのが、自轉のため卵狀となり、渦狀の腕は

中心核からその後分離したものであらうと言はれてをる。我々の局部恒星系はかゝる渦状の分枝上にあるのであつて、我々の銀河宇宙は星雲としては老齡な部類に屬する相である。

渦状星雲の距離は如何なる方法で求めるのであるか、それはその中にあるセフェイド變光星や、時たま出現する新星や、光度の大なる恒星によつても求められるし、又星雲の視直徑を用ひても出来る。こゝでは幾何學的な距離測定法は全然適用出来ない。一旦距離が測定出来ると、見掛けの視直徑より眞の直徑が計算出来従つて体積も解ることになる。次に質量は星雲の廻轉速度より万有引力の法則によつて計算されるし、星雲の光の總量からも又推定される。統系的には微かな星雲程距離が大であると見て差支へない。球状星雲の平均直徑は約一千八百光年、渦状星雲は一萬光年と言はれ、星雲の平均光度は太陽の八千五百萬倍である。質量は平均して太陽の二千萬倍から二十億倍の間にある。最近の星雲は大小マゼラン雲の十萬光年から、最遠のは四億五千萬光年迄測定された。今かりに星雲の分布を一樣としてどれくらいの空間に星雲が一個あるかを調べれば二百萬光年立方中に一個あることとなり宇宙空間の平均密度は立方糎につき 10^{-13} 乃至 10^{-12} 瓦となる、これを明瞭ならしむるために、一粒の砂が地球の容積中に置かれた時と思へばよい。

見掛け上の星雲の分布は決して一樣ではない。即ち銀河地帯ではほとんど星雲を發見出来ないが、銀河の極冠部は比較的銀河の遮光作用から解放されて居るので多數の星雲が見られる。この遮光作用を除去して全天の分布を大觀すれば略々一樣であると言へる。然し部分的には特に星雲の密集して見える地帯がある。例へば乙女座、ペルセウス座、髮座及び冠座には數度の視野内に數百箇も發見せられ、其他にもベガス座、魚座、蟹座、獅子座、双子座、牛座及び大熊座等には星雲團がある。かゝる星雲團の聚落範圍が小なる程遠距離にあるので、最遠の星雲團は大熊座にあり、五分の一度内に二百箇程が密集して居て、距離は約二億五千萬光年である。

我が銀河宇宙もアンドロメダ大星雲 ($M \cdot 31$)、三角座渦状星雲 ($M \cdot 33$)、其他數個の星雲とともに局部星雲群をなして居ると言はれる。これ等の近隣宇宙を一寸訪ねて見よう。

吾人が最初に到達する他の宇宙は南天の旗魚座にある大マゼラン雲と、巨嘴鳥座にある小マゼラン雲である。前者は距離十一万二千光年、後者は十万四千光年で、銀河の一部がちぎれて飛んだ様に見える相である。實直徑は前者が一万四千光年、後者が六千五百光年で、これ等は不規則型星雲に屬する。兩マゼラン雲中には多數の散開星團（銀河系内星團に相當す）、及び變光星が發見され、大マゼラン雲中には五箇の球狀星團もある。兩マゼラン雲は不規則型星雲としては小さい方に屬する。

有名なアンドロメダ大星雲は我々に最も近い渦狀星雲で、距離六十八万光年、光度四等乃至五等級であるから肉眼でも認められる。凸レンズ型をし、直徑は光の弱い部分を入れると九萬四千光年もあり、質量は略々我々の銀河系に等しく、中には百四個の球狀星團と、二、三の散開星團の外、變光星や新星が澤山發見されてをる。

M・三十二及びN・G・C二〇五なる星雲はアンドロメダ星雲の伴星雲で前者は少くとも五千光年、後者は七千五百光年距つて、丁度我々の銀河系に於ける大小マゼラン雲の如き位置にある。これ等は銀河宇宙を大陸宇宙とすれば、孤島宇宙であつて、孤島宇宙とも見做さるべきものに三角座の大渦狀星雲M・三十三がある。距離約七十萬光年で相當内部まで分解が進んで居る。質量は太陽の十億倍あり、球狀星團らしきものもある様だ。又N・G・C六八二も孤島宇宙で距離五十三萬光年、最も小さな星雲と言はれてをる。大小マゼラン雲は正に島宇宙である。

銀河系外星雲は以上によつて我が銀河系と同列に立つべき宇宙であることが解つた。而して、我々の望遠鏡の及ばざる宇宙の涯にはどれ程の星雲があるかは到底豫測し得ない。我々は未だ曲率半徑數十億光年の宇宙の僅か半徑五億光年しか知らないのである。宇宙の涯に至れば、星雲は恐らく光速度以上の猛烈な速さで我々から後退してをるであらうから、人類の知識が如何に進歩しても到底視ることの出来ない不可視空間があらう。

宇宙は有限なりや、無限なりやの問題は前世紀の初頃から議論されて今日に至つて居るが、一八二八年オルバースは宇宙は無限ならずとの説を出した。彼によれば、若し無限に多くの太陽があつてそれ等が大体等間隔に分布されてをる

か、それとも多くの銀河系を構成して一様に分布されて居るならば全天は太陽と同じ様に輝いて居なければならぬ」と言ふのであつて明に事實と反することになる。ところが今世紀の初頭、シャリエーは「たとへ星の数が無限であつても其の光の總和が有限である様な星の分布はいくらでも可能なること」を證明してオルバースの星辰一樣分布の假定を否定した。又ゼーリーガーも「無限に一樣に擴がる宇宙内に於ては、万有引力の法則を適用すると、遊星等は他のあらゆる恒星から引力を受けてその規則的な運動は支離滅裂になつてしまふことになる」との結論を導き出した。この二つの反對論が成立しない様な宇宙は如何なるものであるかと言へば、階段的な宇宙がこれに當嵌るのであつて、その後シャリエーは宇宙間に於ける星の密度が有限で、各星は遠方の星と無關係に運動出来る様な分布にあり、而も前の難點を避けられる宇宙を證明した、即ちこれが階段性を持つた宇宙である。實際この階段性は容易に認められる、下は原子、電子の世界より上は星辰の世界に至るまで、物的存在の擴がりは不連續であつて、實驗室的尺度を標準にすると、顯微鏡の世界はミクロンを單位とし、物質原子の世界は更に四桁下つてをる、これより五桁下ると電子の世界となる。地球上の世界は六桁上り、遊星世界は四桁上にある、太陽系の尺度は更に四桁上の億料、星辰相互間の距離は又四桁上の光年、銀河宇宙の尺度は万光年で四桁上にある。而も各段階の間には比較的物質の存在が認められない。ランペルトによれば、太陽はこの遊星とともに第一次の系統を作り、太陽の屬する星團は第二次系統を作り、星團は相集つて第三次系統の銀河系を作り、銀河系は又相集つて第四次系統を構成する、かく次第に高次の系統へと宇宙は階段狀をなすと言ふ。この宇宙構造論は在來のユークリッド的空間に於ては最も優れたものではあるが、銀河系外星雲の研究が進んだ現在に於て、その速度と距離の關係を説明することが出来なくなつた。

アインシュタインは非ユークリッド空間を基礎として所謂相對性宇宙論を組立てた。相對性理論では光線は重力の場で屈折し、従つて宇宙空間内に於ては光線は自閉空間を形成する、即ち宇宙は有限ではあるが限界がないことになる。この宇宙の曲率半徑は九〇〇億光年で質量は太陽の 3×10^{25} 倍である。物質ある空間に至みのあることは、太陽附近を

通過する光線の彎曲するのが皆既日食で觀測されて實證された。古人が地球を平板と考へて居たのが、實は球形であつた如く、吾人が宇宙をユークリッド的空間と考へて居たのは、井底の蛙で、實際は歪みのある非ユークリッド的空間であつた。嘗て、數學者の思考遊戲と見られて居た非ユークリッド空間が全く實在の空間であらうとは、當時の人は夢想だもしなかつたであらう、誠に人智の發達は偉大である。相對性理論では自閉空間は斥力のため膨張するので星雲の後退を性質上説明することは出来る。有限なれども限り無き宇宙は四次元の世界から見れば球狀宇宙と見えよう。然しながら現在では宇宙の極めて狭い範圍しか觀測されて居ないので果して如何なる形をなせる宇宙であるかは解らない。

同じく自閉せる宇宙であるが、中に物質を含みぬ靜的宇宙をドジッターは案出した。この宇宙では遠隔の點は後退すべきことを示すが、物質が無いとは實に不可思議である。そもそも物質なきところに空間は認識されないであらう、ところが我々はどう考へても宇宙内に物質が存在しないとは思へない。吾人の知つてをる宇宙は物質が略々一樣に分布し、星雲は驚くべき高速度で我々から後退しつつある、換言すれば、我々の大宇宙は時々刻々膨張しつつある。この實際の宇宙の様相を皆説明出来る宇宙は物質を含んだ動的な宇宙でなくてはならない、従つてアインシュタイン宇宙も、ドジッター宇宙も完全なものとは言へなくなつて、こゝにルメートルの膨張宇宙論が提出された。

渦狀星雲の速度と距離の間には正比例的關係がある、即ち遠い渦狀星雲程その後退速度が大であるといふことで、現在測定された最大後退速度は四万二千光年で光速度の七分の一に當る驚異的速度であつた。更にこれより速い星雲が今後續々と發見されるのであらう。これを星雲の速度距離の關係と稱するのであるが、シャリエーの階段宇宙は勿論、アインシュタイン宇宙でも満足にこれを説明することは出来ない。ドジッター宇宙は幾分この關係を説明は出来たがその理論は觀測事實と合はない。

ルメートルの擴大宇宙論はこの星雲運動を解決する、ルメートルの宇宙は動的であつて、宇宙の半径は時間とともに大きくなつて行く、従つてこの宇宙をシャボン球に譬へれば、表面には塵の如く無數の星雲が附着し、シャボン球が膨

れて行くにつれて吾々の周囲の星雲は遠去かり、遠いもの程速度は大となつて行く。宇宙の實相は正にこれである。

アインシュタイン宇宙と、ドジッター宇宙の膨張する宇宙に對する關係は、太初宇宙がアインシュタイン宇宙で、最後の宇宙がドジッター宇宙となり、膨張宇宙はその中間に位する。アインシュタイン宇宙を原始宇宙とせば、その半徑は約十億光年といふ僅かな値となるが、現在の宇宙の半徑は判らない、一体原始宇宙から何倍に膨張したかゞ不明なのであるが、エッディントンは恐らく五倍以上膨張したと見做してゐるので、彼に従へば現在の宇宙の半徑は少くとも五十億光年はある譯である。

宇宙の半徑は現在の狀態で十三億年經つと倍となる、それで數百億年後の天空は如何に寂しくなることであらう、我が現在見ることの出来る天体も次第に不可視空間へと後退して天空には微かな黃道光と時たま訪れる彗星と月や五、六箇の遊星以外何物も見られなくなる時が来るに違ひない。この現象は我々銀河系だけに限らず如何なる位置にある宇宙にても同様に起る、膨張宇宙には中心が無いからである。

以上の理論的宇宙の外に、數學的には未だ幾らでも宇宙論は樹てられるのであるが、何れが最も觀測された宇宙に一致するかが問題であつて人類科學今後の進歩發達に依らねばならない。人類が地球上に出現して以來僅か百万年有史以來五千年、これを宇宙の悠久さと廣大さに比較する時人類の存在が無にも等しく思はれるのであるが、この小にしてよくもかく大なるものを究め得たる人智の偉大さに驚嘆せずには居られない。我々はあくまで謙虛であらねばならぬ、と同時に眞理の探究に營々として勵まねばならぬ。