

宇宙の大きさ

石原 純

宇宙と云えば星の世界の全体を含んだものを指すわけであるが、さて我々が考えられる限りの空間のなかに、どこまで星が散らばっているかを見究めることができない限りは、宇宙の大きさなどと云うことを問題にするのは、恐らく狂気の沙汰であると思う人があるかも知れない。実際に空間に対する従来の我々の概念から見るならばまさにその通りである。

空間は涯しもなく拡がっている。ここから先はもはや空間が無いと云うような限界を我々は決して想像することができない以上、空間はどこまでも続いているとしなければならぬ。そして一方で我々の視ることのできる星には或る限りがある。勿論昔から今日に至るまで次第に望遠鏡が発達して来て、それに応じて我々の視界も次第に拡まってゆく事は事実である。けれども望遠鏡がいに改良されたからと云って、涯しもない空間に散らばっている星を残りに探ることができるとは誰も思っていない。言い換えれば、たとえ将来になっても、望遠鏡で見られる星以外には、もはや星が一つも無いなどとは決して云われないのである。して見れば、宇宙の大きさなんて、どうしてわかるのかちよつと見当もつかない事柄のように思われる。だから、どうせ実際上見極めるわけにゆかないものの何か知らそれに就いて云うことが出来るとすれば、それは勿論

自然現象に関する理論を押し拡めて想像してゆくより外はない。それも無理にやったのではない。当然の推論の結果がそこに到着すると云うのでなければならぬ。さて併し然う云う手掛りはどこに隠れていたであろうか。

星の間の引力に就いてニュートンの「万有引力」の法則が能く行われることは多分誰も知っているであろう。ニュートンは月の地球に対する加速度を計算して、それが地上の物体の落下加速度に比べて距離の二乗に逆比例して減じているのを見出し、そして万有引力の法則を一般に立てたのであった。

太陽系の運動はいかにも能くこの法則に従い、天文学上で嘗て未知の天王星や海王星を理論的に発見することのできたのは有名な事実である。最近には海王星よりも遠方にもう一つの惑星「プルトー」の存在することが発見された。ともかくニュートンの法則が非常に精密の程度で成り立つのは疑いもない処であるが、さて然うだとすると、次の問題が先ず宇宙に関して提起される。

宇宙が限りなく拡がっていて、その何れの部分に特別に星が集まっていると云う理由がないと仮定してみる。即ち十分に大きな空間のなかでは星の密度がどこも等しいとする。そうすれば或る点を中心として一定の距離を隔てて大きな球面を描き、之等の球面で画された多くの球殻に宇宙全体を分つたと考えると、各々の球殻内にある星の全質量は、球面積が半径の二乗と共に増すのと同じ割合で増すこととなる。ところが引力は半径の二乗に逆比例して減ずるから、平均して各々の球殻内の星が中心に及ぼす引力は一定になり、之を限りなく拡がっている宇宙全体に就いて加え合せると、引力の大きさは常に無限大になつてしまふわけである。併し實際上我々が太陽系に就いて考える場合には太陽系以外の星からの力を殆んど考慮する必要がな

いのであるから、上の仮定はどこか間違っていると思われる。

空間が無限に広がっているとするのがいけないのか、又は星がどこまでも一様な密度で分布していると仮定するのがいけないのか。従来は勿論後者が挙げられていたが、どうも遠方にゆく程星が少なくなると云うのも、ちよつと直ぐには肯定し難い処もある。自然が無数の星の中でその一つである我々の太陽ばかりを偏愛しているとはどうも考えられない。自然法則はまさか人間を中心とした予想の上に来上ったものではない。

さてニュートン以来二百年間その儘に残されていた万有引力の理論が今世紀になつて例の有名なアインシュタインの「相対性原理」の上に新たに立て直される運命に出遇つた。「相対性原理」の起つたのは、運動している地球の上で測つた光の速さが、いつも一定の値として見出だされると云う事実を説明するためであつた。之がために第一には空間で絶対運動の考えられないこと、従つて絶対空間を代表するような基準物質エーテルの存在しないことが確認され、第二にはどんな基準体に対しても光の速さの一定なることが仮定された。そして後の仮定のために空間及び時間の概念に驚くべき変革を持ち來したのであつた。それから第一の運動の相対性を速さの変わる運動に迄も拡張するに當つて遂に万有引力を謂わゆる空間の歪みであらわすと云う理論に到達したのであつた。

ところでこの空間の歪みと云うのが我々人間の直観ではわかり難い。それは空間が三次元であつて、しかも我々はその中に在つて之を出ることができないからである。之に反して我々が二次元の面を外方から眺める場合には、面の歪みを容易に見ることが出来る。硝子の面は平らであり、毬の面はまるいことは誰でも知つ

ている。

之と同様に実は空間にもその外方から眺めるとしたなら、平らのも、円いものも、又その他の形のものも区別されねばならないことは、数学の上で明らかにされた。それで我々の周囲にある実在の空間がどんな形をもつかと云うことが問題となるわけである。

我々は昔から空間の性質をユークリッド幾何学であらわしていたが、之は面で云えば平面に相当するものである。そして曲った面の上ではそれとは異なつた幾何学が成り立つように、歪んだ空間のなかでは所謂非ユークリッド幾何学なるもの考えられることが、今から凡そ百年前に見出だされた。その後之に関する研究も進んで、最も一般的な幾何学として「リーマン幾何学」が作られた。

併し之は単に数学的論理の上に立てられただけであつて、実在の空間の性質がそうなると云う証拠はどこにも無かつたのであるが、アインシュタインによつて初めて我々の空間がこのリーマン幾何学に従うものとするれば、万有引力の法則を空間の歪みであらわすことのできるのが示されたわけである。

このアインシュタインの理論から導き出される万有引力の法則は勿論ニュートンの法則とその結果に於ては殆んど一致する。只特別の場合に多少の相違を持ち来すが、それが又一層よく観測の事実と符合すると云うので、相対性理論の偉大な効果が承認されるに至つた。

そして上にも述べた通り、この理論のお蔭で我々は実に空間や時間の概念に対し全く新しい思想を抱くように導かれたのであつた。一口で云えば、空間や時間の性質が直接に物質の存在と関係づけられることであつた。

アインシュタインは更にこの理論に於て、上に挙げたところのニュートンの万有引力の法則を、宇宙全体に応用した場合の困難をも除去することに成功した。

即ち彼の理論によれば、物質の存在する場所で空間は或る歪みをもつのであるから、今仮りに宇宙空間の到る処にすべての物質を一樣に散らばしたと考えるならば、空間はすべての点で物質の一定の密度に應じて一定の曲率を有するわけである。ところでこの曲率が或る程度に達すれば、それは閉じた空間になる。一定の曲率を有する二次元の面の閉じたものは明らかに球面であるから、宇宙空間では三次元の球を形作る。つまりこの場合には、全体積は有限となるけれども、併しどこにも限界は無いのである。アインシュタインはこの球空間の半径即ち宇宙の大きさが宇宙物質の全質量といかに関係するかも計算した。宇宙の大きさと云うことがここで始めて我々の思考に上るのである。

アインシュタインの最初の計算は併し物質がすべて一樣な密度で宇宙空間に静止していることを仮定していた。けれども実際には物質は各処に塊まって星となり、且つ種々の運動を行っている。そう云う一般の場合に理論を立てることは非常に困難であるが、その後種々の人々によって論ぜられて来た結果によれば、一般には宇宙に於ける物質の平均密度は一定でなくて或る変化をなすのが本当らしい。それで若し物質の全質量を一定であると仮定すれば、宇宙の半径が変化するとしなくてはならないようになる。

ところが恰度数年前から天文学上で著しい事実が見出だされた。我々の太陽系の周りに大きな銀河が取り囲んでいることはずっと以前から知られているが、その後、銀河の外方には之に匹敵する程の大きさの沢山の星雲が見出だされるようになった。

天文学上の距離を測るには、すばらしい大きなものであるから、普通の物指をつかうわけにはゆかないので、光がこれを通過する時間で測っている。真空中で光は一秒間に三十万光年を走るが、これが一年間に通過する距離を一光年と名づける。光年であらわすなら、凡そ 9.5×10^{12} 即ち九兆五千億光年になるわけである。この単位で測って、遠方の星雲になると千万光年とか幾億光年とか云うのが既に望遠鏡で見られている。

ちよつと想像にも及ばない遠さであつて、現在我々がその光を見ているのが、実は千万年も又は幾億年も前にその星から出たものに外ならぬことを考えると、普通の人々の頭には夢のような話として受け取られるかも知れない。併しともかくそれらの星雲から来る光を分析してスペクトルを見ると、その中にあらわれる一定の線が通常のスペクトルに比べて少しく移動している。之は「ドップラー効果」と云われて、星雲が我々に対して或る速さで動いていることを示すのである。

さて実際に多くの星雲に就いて研究すると、それらは非常な速さで地球から遠ざかつて居り、しかも遠方のもの程速さの大きいことが見出だされるようになった。最近に知られたものではこの速さが一秒間五万光年以上に及ぶものさえある。

この事實は、上の理論と相俟つて、遂に我々の宇宙の半径が時間と共に増大し、之に伴つて星雲が非常な速さで我々から遠ざかるのであると云う説明を多くの人々に信ぜしめるように導いた。宇宙は一定の球空間ではなくて、ゴム風船玉を膨らますように絶えず膨大しつつあるのだと云うのである。之は空に考えるといかにもおかしいが、上の理論と観測の事實とからして、どうもそうらしく結論されるのである。

只膨大してゆくのに極限があるかどうか、又嘗て宇宙の半径が零であつたことがあるかどうか、それらは

現在知られている限りの事実からは何ともわからない。併し何れにしても宇宙の大きさに関する議論が我々の手にとどく範囲に持ち来されたことは、実に驚くべき又何とも痛快な事柄であると思われる。

現在に於て宇宙の半径がどれ程の大きさをもつかは、勿論はつきりとは判らない。併し、アインシュタインの最初の式から見当をつけると、凡そ十億光年の程度ではないかと推察されている。

一方で現在観測されている星雲の間の平均距離は百万光年位であるから、この割合で星雲が全宇宙に存在すれば、その数は数十億に上るわけである。そして一つの星雲がほぼ我々の銀河と同様のものであると考えたと、銀河のなかには凡そ十億の太陽があると推定せられるか、宇宙全体にして見れば非常なものである。こんな話になると、どうも滅茶苦茶に大きくなって却って掴み処がないようだが之によつて宇宙の大きさを想像するに足りるであろう。

宇宙間の物質は星ばかりでなく星の間に存在する空間のなかに極めて小さな密度で暗黒物質というようなものが散在していることは、スペクトルの研究からも、特に又近頃の問題になつている宇宙線の事実からも示されるらしい。しかも、その密度は甚だ小さいけれども、星を全空間に散らばらした場合の密度はもつと小さくなるのであるから、宇宙全体に対しては散在物質は決して無視されるわけにはゆかない。

又この問題と関聯して多くの星から絶えず放出される輻射エネルギーも考慮せられねばならない。宇宙線の一部なども勿論之に属する。宇宙に関する問題は之等の各方面から今盛んに考究せられつつあるので、今後またどんな風に展開されるかわからないが、何れにしてもそれは深く我々の興味を惹くものの一つであるには相違ない。

(讀賣新聞、昭和六年十月六日〜十日)

-
- 『自然科学的世界像』（岩波書店、一九四〇年二月、第四刷）所収。
 - PDF化するにあたり、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
 - 旧漢字は新漢字に改めた。
 - 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
 - PDF化には`LaTeX 2ε`でタイプセッティングを行い、`dvipdfmx`を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。