

宇宙の年齢 (2)

The Time-scale of the Universe.

プリンストン大學 ラセル教授 Prof. H. N. Russell.

パネス (Paneth) 氏は此の方法を隕星に應用して、その年齢を算定したが、或るものは(豫期の如く)短かい年數となり、又、或るものは28億年にもなつた。近頃、ハーバード大學のワトソン氏が研究した所では、若干の光輝強き流星は、精密な寫眞觀測の結果、地球と衝突する以前、小遊星の如く太陽のまわりを運動してゐることが知れた。故に、此等の流星は太陽系のメンバであるのだろう。尤も、他に、ごく少數は、恒星界からやつて來るものもあるが、即ち、これで見ると、地球の年齢は、(吾々の實地檢證する限り)實質上、太陽系全體の年齢と同じであるらしい。

しかし、太陽系のことになると、吾々は化學分析術が役に立たなくなる。理論上から言へば、太陽や恒星の光を分析したスペクトルの中に、ウラニウムや、トリウムや、鉛を發見し得るわけで、實際、鉛は發見されたのだが、ウラニウムやトリウムのスペクトルは弱い線が澤山あるだけなので、太陽の光のスペクトル分析は比較的に不正確で、結果は思はしくない。

2

これと全く違つた種類の時間の尺度は、銀河外の星霧(或は外方の銀河とも云ふ)の觀測から得られる。ハブル氏の輝やかなしい業績により、これ等の天體は、夥しい星々の集群であつて、直徑は幾千光年もあり、又、距離は(最も近いものを除けば)皆、何百萬光年の遠方であることが知れた。比較的に近距離のものゝ距離は、それに含まれる個々の星の光度や、セフェイド變星の研究から首尾よく決定されるのであつて、ハブル氏は吾々に最も近い星霧團の中の此の如き星の大きさや光輝の分布を知つた。そこで、多くの星霧團は、平均の光輝や、その範圍がほぼ同様であると假定すれば、微光の霧團の距離を定めることが出来る。その或るものは3億光年にも上るものがある。

此等の星霧のスペクトルは、星々の密集團であることを示してゐるが、それ等のスペクトル線は“赤色變移”の現象を示してゐて、しかも其れは、距離や微光性と共に漸次に増してゐる。この變位は、非常に速い退行運動によるドプラ効果に原因するものと見ることが出来る。この方法で算出した速度は、從來知られてゐた諸天體のものよりも著しく大きくて、例へば大熊座中の2億4000萬光年の距離にある一星霧團は毎秒42000キロといふ驚くべき速度を示してゐる。此れ等のスペクトルの觀測は、主としてハマソン氏が、口徑2米半の望遠

鏡に附けるため、集光力の非常に大きい分光寫眞器を特に設計し、非常な熟練と勵精とによつて行つたものであつた。これ等のスペクトルは、世界最大の望遠鏡でも直接に見えないやうな微光の星霧のものの寫眞なので、觀測の際は、かねて調査して、位置の知れてゐる附近の星を案内星として行はれたものである。

ハブル氏の結論によれば、星霧の退行運動の速度は、距離に正比例するもので——例へば、百萬光年の距離にある星霧は、毎秒 162 キロの速度を有つといふ割り合ひである。尤も、中には多少飛び離れたものもあるが、これは要するに個々の星霧の特異性の現はれであつて、大勢に影響するものではない。

この、距離と速度との比例は、下の如く言ひ表はすことが出来る。若し、非常に遠い大昔の或る時期に、總ての星霧が一點に集合して居たと考へ、それから、それ々々今運動してゐる方に向つて動き出したならば、ちょうど其れは現在の状態になつたであろう。勿論、吾々は此の星霧の實際の速度が、一定の割り合ひで繼續したといふことを確かめたわけではないが、しかし此れが繼續したと假定すれば、その運動によつて示される時間の尺度を與へることとなる。簡単な計算により、この多くの星霧の出發した時は、18億4000萬年前と推定することが出来る。

この年數が、ちょうど地球や太陽の年齢と一致してゐることは驚くべきである。何となれば、この一致は絶対に無條件のものであるのだから。兩方の計算には共通な資料を全く用ゐてゐないから、兩つの結果は、互ひに1倍や2倍どころか、10倍も100倍も違つてゐても宜いわけである。

星霧のスペクトル線の赤色變移は、一般相對原理によつても解釋し得る。この理論によれば、物質を含んでゐる此の空間は、通常、一定不變の状態にあるのではなくて、膨脹か又は收縮し、從つて、物質も運動してゐる。故に、觀測上に認められる赤色變移は、つまり、宇宙が今膨脹しつつあるのだと説明することになる。尤も、數學的には、違つた種々の變動も考へられる。例へば、昔、この空間は今よりも遙かに小さくて、星々は（未だ光を發しなかつたかも知れないが）もつと近接してゐたのかも知れない。或は又、空間は、元々今日の大きさよりも小さかつた時代から、最初ゆつくりと膨脹し始め、それから速度が増したのかも知れない。又、未來は、無限に膨脹し續けるかも知れないし、或は、一定の最大限度に到着して、それから收縮するのかも知れない。吾々の今の限られた知識からは、此等の種々の可能性の何れを撰擇すべきかを定めることは出来ない。將來、5米の望遠鏡によつて、觀測し得る最微光の星霧の數や分布に關する資料が獲られるやうになれば、上述のうちの何れの論が正しいかといふことを定めるやうになるかも知れない。

それは兎に角として、こゝに最も興味あるのはルメイトル師の解決である。それによれば、全宇宙は、昔、せまい範圍に縮んでゐたといふのであつて、言はゞ、總ての物質が、一時、巨大な一原子を形成してゐたものであるが、それが爆發して、部分々々が幾萬の銀河となり、幾億の星となつたのかも知れないといふ。此の考への面白い點は、宇宙の始まりに、非常に短期間の混亂時代があつて、その時代に、太陽系の如き、尙、（後に述べる如く、）放射能が出來た如き、二度と起らない珍らしい現象が起つたことを説明してゐる點である。

ルメイトル師の所謂この“大花火”が起つたのはほど18億年前か、又はもう少し短かい年數となる。これによつて考へると、地球も、全宇宙も皆同時に生れたもので、大約20億年以下となる。

3

この“短かい時間”に對して、いろんな方面から異議が出た。その多くは直ぐ説破されたが、十數年前ジンス氏から出たものは重要である。

長週期（何十年乃至何百年の）の連星の軌道は、普通、非常に著しい橢圓形であるが、何ヶ月とか何日とかの短週期の連星のものは殆んど圓形に近い。一體、二重星といふものは、他から隔離されてゐる限り、軌道の形は一定不變の筈である。若し、何か氣まぐれの星が其の附近（二重星の相互の距離の10倍ぐらゐの所）を通過したとすれば、一方の星を他の星よりも幾らか強く引くけれど、軌道の變化は大したものではない。しかし、若し闖入した此の星が、伴星よりも近くやつて來る場合には、引力の擾亂は甚だしくなつて、軌道はウンと變へられることになり、橢圓率は非常に大きくなることもあり、又、其の反對に小さくなることもある。ジンス氏の説によれば、こうした接近が幾度も行はれれば、其の結果として、二重星の軌道の離心率は平均0.66となる。尤も、しかし、個々のものの差異は大に不同であるが。

實際の連星について、300年又は400年以内の週期を有つものの軌道の計算から獲た離心率の平均は、凡そ0.5である。しかし、大形の軌道は大體ジンス氏の數値(0.66)に近づく傾向がある。

週期が何個月といふ程度の短週期星の場合には、闖入星は更に近くやつて來なければ、軌道を同様に變へることは出來ない。しかし、そんな星の近接することは非常に稀である。故に、相當に長い期間のことを考へて見ると、長週期星の軌道は著しく“叩かれて”變化するが、短週期星は殆んど不變である。

空間に於ける星の分布の密度や、其の速度が現在のまゝである限り、離心率の大きい連星軌道が出来るのは、非常に長時間を要する。ジンス氏の計算によれば、すつかり最終の形になつて了うためには、5兆年(5000000000000年)を要する。

之れは、前に得た時間の尺度の約一千倍である。この論は強固な數學に基礎を置くと同時に、連星の軌道の離心率が大きくなるのは、こうした方法に限ると假定しての話である。若し、運動星團の如き、全然違つた種類の天體に此の論を應用すれば、結論はすっかり違つて来る。

昔しから牛座の中に“ヒヤデス”として知られてゐる星群は、直径凡そ40光年以内の空間に300ヶばかりの星を含んでゐて、比較的速い速度で、同一方向へ進んでゐる。こうした共通運動は、決して偶然に起るものではない。星團の中の星は皆同時に生れたもので、過去の永い間、共に運動してゐたものであることを誰も疑ふ人はない。星々相互の引力によつて、星團は漸次もつと近く集まる筈であるが、しかし其の影響は非常に小さくて、星團が他の天體から隔離されてゐる限り、其の外部の星が中心のまはりを一公轉するのは5000萬年以上を要する。

言ひ換へれば、この引力は、ひどく離れた二重星（地球と太陽の距離の100倍も離れたもの）から相互に引く力の凡そ百萬分の一ぐらゐである。故に、可なり遠方の所を通り過ぎる星の擾亂力は、連星の相互の引力よりは小さいけれど、それでも、星團中の星を全く引き離して了う。

これは全く逆にも亦、行はれる。即ち、或る一つの星が他の一星に近づいて、與へる影響は少いけれど、星團には遂に捕へられて了うことがある。尤も其れは非常に稀なことではあるが。

故に、すべての運動星團は、一つ一つ其のメンバが離れて、漸次に解體する。この傾向は非常にゆるやかではあるが、しかししつかり引き合つてゐる連星が離れるよりは、速いに違ひない。故に、連星が著しく解散するより早く、ヒヤデスの如きまばらな星群や、もつと密なブレヤデスの如き星群も亦、すっかり解體して、全く無關係の離れ々々な個々の星になつて了うだろう。

星團は空に澤山あるが、ヒヤデス團の如きものは、其の中に、橢圓軌道の典型的な連星を幾つか含んでゐる。故に、結局、これ等の二重星（これが如何にして出来たか不明であるが）は、ほかの星に叩かれて、軌道の離心率がウンと大きくなり切らなかつたのであつて、かのジョンス氏が言つてゐるやうな幾千年といふ年數を経てゐるものでないことが知れる。

ボク氏の研究によれば、運動星團が解體するためには、上述の如くよその星が通過することよりももつと有効に働らく第二の力がある。それは即ち、銀河の中央にある星の大集團の引力が潮汐力となつて働くことである。氏の計算によれば、ヒヤデス團は今後20億年ぐらゐは此の種の力に抵抗して、解體を拒むだろうけれど、更に其の後の10億年間には、其れが全く解體して了うだろうといふ。尙、もつと密なブレヤデスの如き團體は、その10倍ぐらゐな年數の間、

永く持ちこたへるだろう。

この計算は、上述の説明に用ゐた算法とは全然異なる資料を基礎とてゐるのであつて、これは過去に關係なく、専ら未來に關した計算なのであるが、こゝにも又何十億年といふ時間が現はれてゐる。

4

更に、尙一つ、吾々が考究しなければならない時間の尺度がある——即ち、それは光輝體としての星の壽命である。この種の研究は主にエデントン氏が15年乃至20年前に研究したものである。空間にある大物質團——即ち、地球の十萬倍以上もあろうかといふもの——は、自體の重力のため、内部には非な壓力があるに相違ない。壊滅せずして、この大壓力を與へるためには、直徑の非常に大きい若干の星を除けば、物體は何百萬度といふ非常な高溫度でなければならない。故に、物體は氣體で、強く電離して居り、原子の中の電子は大抵脱離してゐる。このやうな状態にある物體の性質は、普通の場合よりも遙かに簡單で、従つて、星の内部構造の一般理論といふものが成り立つことになる。

星の表面よりも内部が高溫であるから、内部の熱は、或る一定の傾度によつて外部へ漏れて出る、それが星の輝やきといふものである。氣體が光を吸収する程度は現代の原子論から決定し得るので、星の表面から放出されるエネルギーの全量——即ち、その光力——は、計算が出来る。この計算によれば、星の光力は、その質量と共に著しく増すものであつて、平均この質量の4乗以上と正比例する。そして、質量が一定ならば、光力は星の直徑によつて變るが、それは、直徑の平方根に逆比例する。又、或る種の典型的な星については、内部の密度の分布の差違は、光力には殆んど影響が無く、せいぜい一等級以内に止まる。星の化學成分も亦、水素の分量以外には、殆んど無影響である。殆んど全體が水素ばかりの星は、もつと重い原子から出来てゐる星よりも低溫で、その光力は六等級以上も低い(即ち、300分ノ一以下である.)。

この理論を太陽に應用して、ストロエムグレン氏が計算した所では、水素が星の内部の質量の36%を占め、他の64%が重い元素から成立つてゐる場合に、觀測した光力と計算とは一致する。そこで、こうした議論の主眼點は、即ち、宇宙の空間に獨立してゐる大きい質量の物體は、星となつて輝やき、宇宙の深みへ、多量のエネルギーを放散するといふことである。

以前には、星の光の源泉といふものは、星自身のエネルギーと考へられてゐた。即ち、何世紀もの間の精密な觀測結果にも現はれて來ないやうな緩慢な收縮によつて、太陽の光輝は維持されると考へられたのであるが、しかし、こうした方法で過去の太陽に蓄へられたエネルギー全量は容易に計算が出来るもので、せいぜい今のまゝの輻射を1500萬年だけ保持するに過ぎない。(つづく)〔山本一清譯〕