

講 話

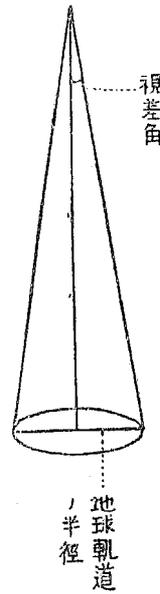
地球の生れるまで (五)

理學博士 松 山 基 範

恒星が天の河の邊に多く集まつて見えるといふ事は只我々から見た方向だけを考へたのであるから、宇宙間に於ける星の分布を考ふるには更に我々からの距離を知る必要がある。然るに我々から星までの距離は非常に遠いのであつて距離の測定といふ事は容易ではない。理論上最も正確な方法は何であるかといふに半年を隔て、地球が其公轉の軌道の直徑だけ位置をかへるから、若しも星が地球から無限に遠いのでないならば或時に地球から其星を見る方向とその時から半年を隔て、見る方向とは幾分か違ふ筈である。此方向の差の半分を年周視差と云ふ。つまり之は地球の軌道は楕圓とはいふものゝ殆んど圓であるから此年周視差といふのは太陽から見た時の星の位置と地球から見た時の星の位置との差をあらはすのである。星の我々からの距離が近い程此年周視差が大きい譯である。實際に於ても斯のやうに星の方向が半年を隔て、かはる事が測定せられて居るかといふに、

今日まで稍や精確に測定せられた星が凡そ五百餘個ある。此の年周視差の最も大きいのはケンタウルス座 α 星であつて、之は 0.76 秒位置の變化を示す。此の角は丁度其星から地球の軌道の半径を見る時の角度に相當するものであつて、角度の一秒は丁度或大きさのものを其廿萬六千倍の距離から眺める場合の角に相當する物であるから年周視差が秒であらばしてあるならば地球の軌道の半径一億五千萬籽を利用して實際の距離を計算する事が出来る。即ち星の距離を籽であらば之は

第二十圖年周視差



地球の軌道の平均半径は一億五千萬籽であるから

$$\text{距離} = \text{軌道半径} \times 206001$$

圖 參

3.14×10^8 を視差を秒であらした數で割れば距離が出る事になる。星が地球軌道に直角の方向になつても一年中其位置の變化を測れば其の最も大きい變化が視差を與へるものになる事は少しく考へればすぐわかる筈である。ケンタウルス座 α 星に就て斯の如くして視差から距離を計算して見ると實に 4.18×10^5 籽にもなる。

斯の如く大きな距離を普通我々が用ひるやうな單位でいひあらはすのは不便な事であるから、天文學者はもつと便利な單位を工夫した。既に我々の知つて居るやうに光は一秒時間に三十萬籽だけ

すゝむ。従つて一年間には凡そ 945×10^2 籽の距離にすゝむ。之より考ふればケンタウルス座 α 星から出た光が我々に達するには四・四年を要する事となる。そこで此の光りが一ケ年の間に進む距離を採用して星の距離をはかる場合の單位に用ひて之を一光年と名づける。即ちケンタウルス座 α 星の距離は四・四光年である。視差一秒は三・三光年に相當する。

第五表 星の距離

	m	"	光年	星光年
α Centauri.	0.9	0.75	4.4	1.07
Sirius.	-1.3	0.38	8.6	32.
ϵ Eridani.	8.7	0.37	8.9	0.34
1121183 ($10m58^h$ +57)	7.5	0.37	8.8	0.01
560phinch.	4.7	0.37	8.8	0.15

此の外にも斯様な方法で距離をさめる事の出來た星が五百三十個餘りあるが何れも其視差が今述べたものよりも小さい。即ち一層遠い距離にある星である。

我々から見て星の大きさは色々であるがあれは何の爲めであるか。嘗ては星の光度に大小のあるのは星自身の實際の光りの差ではなくして我々からの距離が違ふ爲めに起るのであらうと考へた時代もあつたが、星の視差が測定されて従つて其の距離も明らかになつて見ると斯の如き考は正しくない事がすぐわかつた。ケンタウル座 α 星やシリウスが星の内で最も地球に近いものである事は今述べた

やうな考を確めるものとも思はれるけれども、他の多くの一等星の視差は甚だ小さいものであつて、遂に等級の低い星で我々に割合に近いものが澤山にある事が明らかになつて來た。

太陽の明るさを星の等級を定める標準ではかると負二六・一である事は前に述べた。若し太陽を視差が一秒になる距離まで遠ざける事が出来たとすれば其明るさはどうなるか。視差一秒の距離といふのは地球から太陽までの距離の約二十萬倍であるから此の時我等に達する光の強さは其平方即ち 4×10^8 倍だけ減する。そうして光りの強さが二・五二倍ちがへば等級一等だけ違ふから、此の關係をつかつて太陽を視差一秒の距離まで遠ざけた時に何等だけ光度が小さくなつて見えるかといふ事を計算して見ると二六・六等だけ等級を減することになる。實際に於ては太陽は等負二六・一であるから結局此場合に太陽は等級〇・五の星となつて見える。距離の知れて居る星も皆こういふ風にして同じ距離の所に直して見ると太陽と光度を比較する事が出来る筈である。此のやうにいろいろ

第六表	$2524 = 4 \times 10^8$
太陽の眞光	
度計算	$x = (10 + \log 4) \div 10 \log 2524$

ろの星を視差一秒の距離に移した場合の光度を太陽の同じ距離に於ける光度にくらべたもの、即ち實際に星の放つ光の強さが太陽のにくらべて何倍に當るかを示す數を星の眞光度と名づける。

星の位置の年周視差の現象は地球が太陽の周圍をまわつて居る結果であるが、其太陽は靜止して居るものであるか。何等特別の事情がないとすれば太陽が靜止して居ると考へるよりも、却つて太陽も亦空間で一定の運動をして居ると考へる方が一層眞に近いかも知れない。彼のハレー彗星の發見者として有名であるハレーは西曆紀元の始め頃にトレミーが作つた星の表の中の星の位置を十八世紀の始め頃の星の位置と比較して見ると著しい星の位置が可なり違つて居るのであるのを指摘した。例へばシリウス(大犬座 α 星)は此間に四十五分位、又此頃見える牧羊座 α 星は八十分位も位置が動いたものと見られた。斯の如く星が移動するものとすれば、やはり星の一つである太陽が移動すると考へるのは無理ではない筈である。然らば太陽が動く事を直接に確かめる事は出来ないか。若し星が我々に相當に近い距離にあると太陽が動けば其爲めに、即ち我々の屬する太陽系が動く爲めに我々から見れば恰もそれ等の星が太陽の動くのと逆の方向に動くが如く見える筈である。尤も星自身も動いて居る即ち術語で云ふと固有運動の爲めに起る此の視差の一所になつた結果を見るのである。但し宇宙間にある星の固有運動は一定の方向に向いて居るとするよりも全く自由勝手であるとする方が事實に近いであらうといふ考へを持つて見ると、多くの星の運動を平均してしまへば其固有運動は互に消し合つて残るものは太陽の運動の爲の視差ばかりになる筈だ。年周視差の方は一年を週期としてくりかへされるのであるが、星の固有運動とか太陽の運動などは續けて動いて行

くのであるから此の區別はすぐつく。此のやうな考で數千個の星の運動を研究して之と其内の年周視差の知れた星の年周視差の値とを合せ考へて見た結果太陽の運動が漸く確められた。即ち太陽は赤經十八時、赤緯三十四度の點に向つて進んで行く、此點は此頃見える織女星の屬する所の琴座の西部になる。而して太陽が此の向點に向つて進む速さは一秒に一九・五籽である。既に太陽の運動が斯の如くして決定されてしまふと、之を逆を利用して今度は年周視差のわからない星でも一つ一つの距離はわからないでも或種類の星全體の平均距離をきめる事は出来る。それはどうするかといふと例へば太陽と同じ様な黄色をした星が澤山ある。之等の星が我々から平均どの位の距離にあるか。之を知る爲に先づ其等の星が長年の間にどの位づゝ位置をかへるか即ち固有運動をきめる。之は通常極めて小さいものであつて百年間に何秒といふ程度のものであるが精密な觀測の結果多くの星に就て此固有運動が明らかにされて居る。そこで今太陽の如く黄色の光を帯びた星の固有運動を平均して見ると其等の星自身の運動の部分も述べた様に平均されると互に消し合ふ。残るものは太陽運動の爲めの視差である。此關係から我々から其等の星に至るまでの平均距離をきめる事が出来る筈である。こゝういふ方法でいろいろの種類の星に就て其一つ一つの種類の平均距離が明らかになつた。従つて其の平均距離を今度は平均年周視差としてあらはす事も出来るのである。

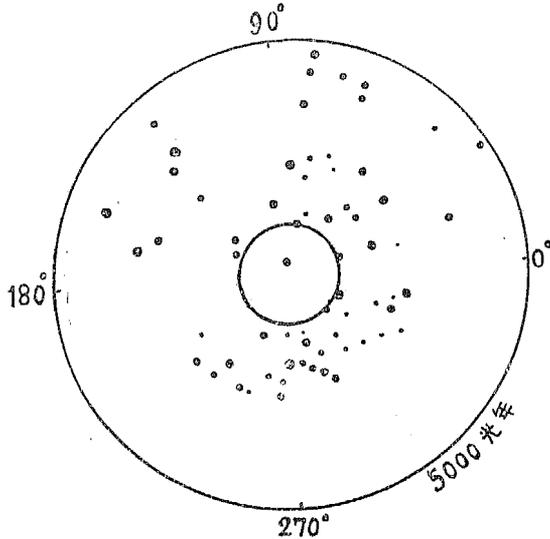
斯の如く種類別に平均距離がわかる。所で前にも述べた様に一般的に云へば恒星の總てが同じ光

第七表	種類	例	數	距離	年周視差
星の種	・白 光 星	織 女 星	一七二、	一九九、光年	〇、〇一六六
類と其	・黄 色 星	牧 夫 座 α 星	六四四、	一五六、〃	〇、〇二一一
平均距	・赤 色 星	蝸 座 α 星	二二二、	四一三、〃	〇、〇〇八〇
離	・ケフェウス座α星 或 變 光 星		六八、	八九、〃	〇、〇三七

輝を持ったものとはいへないのであつて、大きく見える星が我々に近く小さく見える星程遠い所にあるといふ事は出来ない。併しながら年周視差から距離を求め、それから我々から見た時の光度を丁度視差が一秒である距離即ち三・三光年の距離に各の星を置いた時の光度を計算して見ると同じ種類の星は大抵似寄つた光度を持つて居る。此事は尙後にも述べるが大體に於てはそう考へる事が出来る。そこで今或一つの種類の星が皆同一の眞光度を持つて居るとすれば其の内で見かけ上光度の小さいのは遠く大きいのは近いといふ事になる。そうして其種類の星の平均の距離が前述のやうに知れて居ると之に屬する一つ一つの星の等級からしてそれ等の星の一つ一つの距離がきめられる。さうして之と其星の見える方向とから宇宙間に於ける星の分布が考へられる筈である。

一般に恒星が天の河の近くに最も多く集まつて見える事は前に述べた。今上に述べた様な方法で星の分布を研究して見ると、種々の星は何れも我々から見て天の河の平面に近く分布されて居るが

第三十圖 ケフェウス座の變光星の分布



其分布は我々から無限の距離までは擴がつて居ないで、多くは天の河の方向に擴がつた扁平體をなして居る而も我々の太陽系は大抵其の中心にはなくして幾らか片寄つて居るのである。例へば前記

のケフェウス座の星型の變光星の分布を見ると天の河に添ふた方向に最も遠くまで擴がつて居て、其内で最も遠いものでも我々から五千光年以内であるが大部分は直徑凡そ七千光年位に分布されて居る。而して厚さは天の河の中の擴がりの七分の一位、即ち千光年位のものである。我々は其中心より凡千光年の餘程片方にすれて居るのである。

さて星の眞光度が總て同一ではない事は度々述べて來た所であるが、同じ種類の星は大體に於ては同じ眞光度と考へられるものとし

た。若し各種の星が同じ様にまじつて居る者とすれば或等級の總ての星の平均を取つて考へると只一種の星のみを取つた場合と同じ様にやはり其平均の眞光度は同一であつて見かけの光度は只其距

地球の生れるまで

離の大小によつて決するものと考へて差支へない。之は實際に距離のわかつた星に就て各等級毎に平均を取つて見ても大體合つて居る。今更に我々は假りに宇宙間に此の眞光度の同一な星が至る所一様の密度に分布されて居るものと考へて見る。星の等級が一等級だけ違ふといふ事は光の分量が二倍半だけ違ふのである。所が明るさは距離が二倍になると四倍だけ小さくなる星の等級が一等小さく見えるには距離は二・五の平方根即ち一・五八倍だけ遠方になる。であるから今最も大きい星から或等級までの星の總數と、其次の等級までの星の總數とを比較して見ると後者は前者に比して丁度半徑が一・五八倍の球の容積の比即ち一・五八の立方であるから凡そ四倍となる筈である。之はどの等級までを取つて考へても同一である筈である。然らば實際に於ては星の等級と其等級までの星の總數とは如何いふ關係になつて居るか。之は近來天球の寫眞を撮つて星の數を非常に小さい星までも精密に數へる事が出来たのであつて其結果によると或等級までの星の總數と其次の等級までの

第九表 星の數

等級 m	m 等までの總數	比
1	11	
2	33	3.5
3	111	2.9
4	300	2.7
5	950	3.2
6	3150	3.3
7	9510	3.0
8	32360	3.3
9	97400	3.0
10	271800	2.8
11	698000	2.6
12	1659000	2.4
13	3682000	2.2
14	7646000	2.1
15	15470000	2.0
16	29510000	1.9
17	54900000	1.9
18	93300000	
19	148000000	
20	224000000	

總數との比は今計算して出した様に四にならない。等級の大きい間は此比は凡そ三前後であつて計算の結果よりも小さい。殊に等級が十等以下になると此の比がすんく、小さくなるのは注意すべき事である。つまり星が小さく見えるやうに距離が遠くなるに従つて星の分布が稀薄になり、星の数が少なくなつて遂には星が無くなる距離に達する。語をかへて云へば我々の星の宇宙には限りがあるといふ事になるのである。尤もやかましく云へば宇宙に光を吸収する物質があるかないかといふ事がまだ決定せられて居ないから今述べた事はまだ確實なる結論と考へる譯には行かないが、今迄にわかつて居る事實から考へるとそう考へるが正當のやうである。

今日多くの學者の考へて居る所では我々は天の河の宇宙とも呼ぶべき一種の星の渦巻狀分布の中に屬するものであつて、其果ては恐らく八萬光年位のものであらう。そうして我々は其渦巻狀分布の中央よりも少しく傍によつた所に位置を占めて居て、其の擴がつた方向に見透して星の重なつて見えるのが即ち天の河である。

星の運動に就て尙一言を費して此章を終ることにする。

我々から見て恒星の位置は大體は動かないものと云ふのであるが、既に述べた様に第一は地球が太陽の周圍に公轉して居る爲めに年周視差が起る。第二に太陽系が一秒時間に二十軒の速さで琴座の方に動いて居る爲めにも視差が起る。

此の二つの理由の爲めに星の位置が少しかはつて見える。然るに此二つは實は星の位置が實際に動いて居るといふのではなくて只我々からそう見えるといふだけである。併ながら星自身が宇宙間に固定した位置を持つて居なければならぬ理由は少しもないのであつて、寧ろ動いて居ると考へる方が無理がない。

星の固有運動の爲めの位置の變化は極めて小さいから長年の觀測の結果始めてわかるのである。現今の如き精密な機械が出来、確實な觀測が行なはれる様になつて既に百七八十年にもなるから之等僅かな位置の變化も相當に多くの星に就て研究せられて來た。斯の如き位置の變化は距離の遠い星では非常に小さくなる譯である。

併しながら星は天球上で其位置をかへる様な方向即ち我々から其星を見る方向に直角な方向にのみ運動して居るには限らないのであつて、我々から見た方向にも我々に近づくか或は遠ざかる運動をして居るかも知れない。此の様な運動は位置の變化を起さないから方向だけを測る方法ではきまらないが嘗て連星に就て説明した様に分光器によつてきめる事が出来る。即ち其星の光を分光器にかけて分析し、其色帯の中の著しい輝線の波長の變化を測定するのである。斯の如くして測定される運動を視線運動といふ之は星の遠近に關係なく、且つ其の實際の速さがわかる。此の様にして星の眞の運動のわかつたもの、數は六千個以上もあるのであるが、此の中で著しい事は數個の星が何

れも揃つて同じ方向に運動して居る。そうして同じ速さで運動して居るといふ事である。其一例をあげて見ると、北斗七星の中の五個の星は何れも揃つて赤徑二十時三十二分、赤緯南四十度の點に向つて運動して居るやうに見える。百年の間に角度八秒位其の方向に動く。此の外に尙シリウス星其他十三個の星が之と並行なる運動をして居る。此のやうな星の群が相互に大變遠く離れて居ながらも並行した運動をして居る所を見ると全然無關係なものとは云へない様に思はれる。

昴とハイアデイスとは共に秋冬の空を賑はす美しい星の群であるが、其各々の星がやはりそれぞれ揃つた運動をして居る。其他にも斯様に揃つた運動をする星の群が幾つもある。そうして更に不思議な事はこういう星群の運動は大抵天の河の面に並行して居るのである。

然るに更に星の固有運動を多くの星に就て吟味して見ると斯の如く天の河の平面に並行して動くのは上に述べた如き星の群に限つた事ではなくして、總ての星が全體としてやはり天の河に並行して動いて居るのである。尤も總てが同じ方向にはなくして、大體二つの星流に分たれ、其の一つ星流に屬する星は皆揃つて赤徑五時四十分赤緯南十一度の點に向いて動き、第二の星流に屬するものは赤徑十七時二十分、赤緯南四十八度の點も指して流れて行く。前に述べた北斗星群は即ち此の第二の星流に屬するものと考へてよいのである。