



現代の宇宙論

荒木俊馬

1. 禁斷の木の實

基督教の傳説に據れば、昔、人祖はエデンの園に於て禁斷の木の實を食つた、其の爲めに人類は永遠に樂園を追はれ、人類の幸福は永劫に失はしたと言ひますが、禁斷の實は智識の實であります。東洋でも昔から『人生識字憂患始』なき、申しまして、人類は知識を獲る事に依つて、其の幸福は或は失はれるかも知れません、然し人祖はすでに禁斷の實を食つて仕舞つたのでありまして、出かした誤ちは仕方がない——それが果して人類の不幸であつたか否かは疑問でありますが——兎に角、一度禁斷の木の實を食つた者は、その甘味を永久に忘れる事は出来ない程、甘いものご見えまして、人類に親から子に、子から孫に所謂原罪の血潮が傳はり流れて居る限り、人類は禁斷の實即ち智識の實なしには生きて行けないものご見えます。何故に人間は知らねばならぬか、それは別問題として、知るご言ふ事は、人間が生きて行く上に必要不可欠の精神の糧であります。或は運命であり、本能でもありませうか。飢えて食するもの無きものは、五味溜すらあさり、或場合には毒でも食するご申しますが、精神の糧たる知識にもそれがあまして、何處の國、何時の世にも迷信は絶えた事がありません。迷信は實に人智の進歩の跡に捨てられた腐敗した五味溜めでありませう。人間が正當な食物によつて、健康な肉體を得る如く、健康な精神の發達を遂げるには、正しい知識が必要であります。今日彬々として進歩發達して居る科學は實にそれを與へるものであります。

一見非常に奇妙な現象ではありますが、いつの世に於ても人類が先づ之

れを知らむご希ひ、之れに對して何某かの解答が與えられなければ、満足出来ないものの一つは、宇宙に關するものであります。即ち天地の構造ご天地の開闢の問題であります。此の問題は何等人類の實生活に關係がないやうであるに拘らず、人類は先づ之れを知りたがります。古來天地の開闢ご其の構造に關する迷信の最も多きは其の爲めでありませう。何故であるか。宇宙は實に人類の住家であるからであります。

古來多くの賢者達はみな、人生の生死を説く前に、又、人生の^{オキテ}説を説く前に、天地を伏仰し、これを冥想して、天地の構造は「斯く斯く」である世の始めは「こうこう」である、そして世の終末は「しかじか」であるご教えました。故に如何なる宗教にも、其の根本の基調ごなるものは、それ等特有の宇宙論でありました。實際宇宙に關する問題は人類知識の『始』^{アルハ}であり又『終』^{オノガ}でありませう。

2. 宇宙の定義

然らば宇宙ごは何であるか。宇宙ご言ふ言葉は古くから支那で用ひられた字でありまして、色々異つた解釋を有して居りますが、漢の初頃の人に淮南子ご言ふ人があります。その人が書いた淮南子ご言ふ本の中の句が、茲に私が用ひやうごする宇宙の定義を最も適切に表して居ります。即ち**往古來今謂之宙。四方上下謂之宇。**吾人の眼の及ぶ限り、更に眼の及ばざる所は望遠鏡を以て、又更に望遠鏡の及ばざる所は人類の一切の合理的思考の及ぶ限りの全空間ご、その中に含まれたる一切の森羅萬象を横に、久遠の過去から永勃の未來までの全時間ご、其の間は一切の變化流轉を縦に、その中的一切切切の萬有を總括した世界、即ち之れ宇宙であります。即ち宇宙は空間ご時間ごの一切切切であります。斯く考へ來れば、宇宙論は當然、二つの大きな部門に分れます。即ち一は、或る一定の時、即ち現在宇宙は如何様になつて居るか、即ち宇宙構造論であります。第二にはその宇宙が如何に變化し如何に流轉して行くか、宇宙開闢論或は宇宙進化論がそれであります。

天文學の起原は、人智覺醒の起原ご時を同じうして古いものであります。然しながら、宇宙の問題は人智の「始」であり、同時に「終」であります。宇宙を完全に知り得る爲めには今日の自然科學が完成して、自然界の諸法則

が完全に知られた後ならでは、到底これを盡す事は出来ません。此の意味に於て、今日の宇宙物理学の起原は、今日の自然科学が大體其の形を整へた今世紀に始まると言つてもよろしい。故に宇宙に關する研究は、今日非常な長足の進歩をなした事は云へ、まだまだ未知の領域甚だ多く、今後の觀測と理論に俟つ所甚だ大であり、宇宙に關する見界も、學者間に説が一定して居ない所多く、又全般に渡つて居ない状態であります。私は以下、今日の觀測事實を基礎として、先づ宇宙は斯くの如きものであらうかと言ふ、極めて大體論を述べたいと思ふのでありますが、今後もつに進んだ宇宙觀が現れるならば、それは大いに望ましい事であります。

3. 太陽系

私は茲に古來の宇宙論に就いて語り、之れを批判しやうとは思いません。唯だ一言注意したいことは、段々研究が進むにつれて、宇宙の中心が次第に人類から遠ざかつて來た事であります。古へは、人々は皆自分の住んで居る所をもつて世界の中心と考へました。東洋人も西洋人もそうでありました。然しながら、人の住む大地と言ふものが、一塊の物質の球であると言ふ事がわかつてから世界の中心は地球の中心になりましたが、更にコペルニクスが地動説を提唱して以來、世界の中心は太陽に移りました。コペルニクスの地動説は實に現代天文學の濫觴であります。で今、吾が太陽系の構造に關してお話する事が當然の順序であります。此の事に關しては諸君はよく御承知の事でありませうから、ここではその概念を得る爲めに其の大きさに就いて少しく考へるに止めませう。

御承知の通り地球の直徑は約一萬二千七百軒。然るに地球から太陽までの距離は約一億五千萬軒で、地球の直徑の約一萬二千倍になつて居ります。徒らに數字をならべるだけでは唯、興を殺ぐにすぎませんので、以下譬へをもつてお話いたしませう。今茲に直徑五糎半の球があつて、それが赫灼として輝いて居ると思はせう。これを太陽に譬えませう。そうするに、これから六米離れた所を直徑半軒の粟粒が、ほごんご圓形の軌道を描いて巡つて居る。之れが即ち吾が地球であります。太陽系の一番外側を巡つて居る遊星は御承知の如く海王星であります。其の距離は太陽地球の距離の約三十倍、今の尺度で申せば百八十米の所を大きく圓を描いて居ります。

これ等の間に、天王星、土星、木星、火星、更に地球の内側では金星や水星の諸遊星が、皆ほもんぎ一平面内に、同じ向きに、それぞれの軌道の上を、それぞれの週期を以て運行して居ります。これが吾が太陽系の大體の姿であります。

4. 銀河系

扱て吾々は、更に太陽系を離れて星辰世界への飛躍を試ろみませう。晴夜戶外に立ちて天空を仰ぐ時、誰でも先づ第一に眼を惹く偉觀は、天空を横斷して虹の如く懸る帶狀をなした薄光の流れであります。即ち銀河或は天の河と稱するものでありますが、古へから、宇宙の構造に就いて考へた誰しもが先づ注意したのものも矢張此の銀河でありました。銀河何者ぞ、其の正體を窮め得た時、それはやがて宇宙構造論の第一階段でありました。

扱て、天空に閃めく無数の星々は、太陽に比すれば恰も針の孔から漏れる光のやうに、小さく又幽かな光の點々であります。現代の天文學はその幽かな光の點々を、皆太陽と同じ、或は太陽よりも更に大きな太陽であり、唯だ吾々からの距離が非常に遠い丈である事を教へます。所で銀河は何者であるか。肉眼で見ると、銀河は單に連續した光の流に過ぎませんけれども、之れを巨いなる望遠鏡で見ると、無数の星辰の集まりとなつて現はれるのであります。宇宙の構造に關して天文學家が氣が付いたのも先づ此の點でありました。

諸君、試みに、今無数の星々が、大きな懐中時計或はビスケットの様な形をした空間の中に分布されて居るを考へて御覽なさい。そして吾々が、其の中の何處か或る一點に居るを致しませう。斯る場合に吾々から見た天球上に於ける星々の分布は如何様に見えるでありませうか。恐らく實際の天空の光景と髣髴たるものでありませう。即ち其ビスケットの圓盤の平面、これを天文學では銀河面と名付けて居りますが、その銀河面と直角の方向即ち側面では星は稀薄に見え、銀河面内に於て星は密集して見えるでありませう。銀河面上愈々遠くに在る星々は愈々幽かに愈々密集して、その平面を連ねる天球上の大圓は、實際一つ一つの星々を肉眼で見分ける事は出来なくて、ほのかに光る連續した光の帶、光の流れを見るでありませう。

銀河は即ちこれでありませう。諸君は丹後の天の橋立に御出でになつた事がありませうが、橋立の中に立つて見る松の木の光景は此の理屈を思ひ出ださせませう。吾々が屬する星辰の世界は、恰も扁平な懐中時計のやうな形をした星辰の一大集團であります。天文學者は此の星辰世界を銀河系と名づけました。

然らば此の懐中時計の中に於ける星から星への距離は如何、又其の懐中時計の大きさは如何。御承知の如く遠い所にある物體の距離の測定は三角測量に依りますが、三角測量では、長さを測る事の出来る標準となる一つの直線をこりまして、これを基線と名づけませう。此の基線の兩端から、測ろうとする物體の方向を測り、其の方向の違ひを基線の長さから三角法の公式に據つて、物體の距離を算出するのでありますが、地球上及び地球に近いものを測るには、基線は地球上適宜な所にこり、その長さは實測出来ます。然らば天文學に於て星の距離を測るには何を以て基線とするか。これには又便利なものがありまして、幸な事に地球は太陽の周圍を運行して居ります。此の事を利用して基線として地球軌道の直徑を探るのであります。即ち或る星の方角を今測つたこします。それから半歳経つて又同じ星の方角を測ります。此の半歳の間に地球は太陽の丁度反對側に来て居りますので、即ち地球軌道の直徑たる基線の兩側から星の方向を測つた事になりまして、此の兩測定の差異から星の距離を算出するのでありますが、斯くして出した星の距離は今日數百ほご知られて居ります。

扱て星の距離は非常に遠いのでありますから、普通の長さの單位を用ひては到底言ひ表す事が出来ません。で天文學では星の距離を適切に言ひ表はす爲めに、天文學獨特の長さの單位を用ひませう。それは光が一年間に走る距離でありましてこれを一光年と申します。光は一秒時間に三十萬軒を走りますから、太陽から地球まで光が來るには僅か八分二十秒しか要しないのであります。故に一光年の距離は太陽地球間の距離の約六萬三千倍になつて居ませう。

扱て今日迄知られた星のうちで最も吾々に近い星は、プロキシマ、セントーリと云ふ南天に在る幽かな星でありますが、其れですら、四光年の距離にあります。又吾々の地方から見る事の出来る最も光の強い星は、丁度

今頃ですと、日没後すぐ、南から少し西寄りの低い空に輝いて居る天狼星西洋ではシリウスと言ふ星であります、此の星も又吾々に近い星の一でありまして、その距離は約八・七光年、即ち其の星から光が吾々に達するには約九年の歳月を要します。

所で星が段々遠くなりますと、基線の兩端からの方向の異いは段々小さくなり、従つて観測の誤差は餘りに大きくなり、地球軌道直径はあまりに短くなりまして、最早や基線としての役をなさなくなります。だから遠い星の距離の測定には、もつと長い距離を基線に選ぶか、何か他の方法を探らねばなりません。其の一つの方法は太陽系全體の空間に於ける運動を利用する事であります。其他色々な統計的な方法に依つて、星々の距離を知る事が出來ますが、之等はいづれも、一つ一つの星に就て、其の距離を正確に與へるものではなくて、平均の距離を與えます。然し吾々の目的にはそれで充分でありまして、星々の大體の距離の分布を知る事が出來、従つて銀河系の構造の大きさを知る事が出來ます。斯くして得た銀河系ビスケットの直径は大體一萬光年位であり、厚さは約其の五分の一、太陽系はほほ其の中心に位するにされました。

5. 球 状 星 團

話は一寸それるが、一見全く關係がないやうな事柄でも、原因から結果へ必然的な因果關係をたぎつて、合理的に推論研究すると思はぬ所に關係がある事が屢々あります。天文學者は自然法則の網をたぎつて、現象から現象に研究を進めて行くのでありますが、天體の距離なごも、全く常識で考へ及ばぬ様な所に關係があり、又理屈は未だ判らなくとも、距離の知れた星に就いて吟味して見るに、それ等の性質この關係法則が確立された場合が澤山あります。其の一つは、星の光を分光器で分析するに所謂星のスペクトルを得ますが、此の星のスペクトルに星の距離が密接な關係をもつて居ります。これは星の距離を三角測定に據らずして定める一つの方法であります、今一つは變光星であります。天空に輝く無数の星の中には、その光が一定でなくて、強くなつたり弱くなつたり、その光の強さが變はる星がありますが、そう言ふ變光星が今日まで全天で數千と言ふほど發見されて居ります。其の變光星の一種で極く規則正しく週期的に變光す

る星があります。週期は三四十日以下でありますが、一日以下の週期のもも随分澤山あります。所が段々研究して見ると、この變光の週期と其の星までの距離とが密接な関係がある事が判つて來ました。故に週期さへ知るならば、それ等の變光星の距離は之を知る事が出來ます。而も此の方法は他の方法に比して遙かに優秀な方法であります。

扨て、天文學が天空の探索を進めるにつれて色々な珍らしい天體が発見されますが、その一つは球狀星團であります。球狀星團と申しますのは、數萬、數十萬と言ふ星が相集まつて一團となり、一つの球狀をなして居るものであります。と言ふ球狀星團が今日では百個に近く発見されて居ります。それが不思議な事に、地球上のどの方向にも一様に在ると言ふわけではなく、或る一方に可なりかたまつて存在して居ります。その中心方向は蝸座及び蛇遺座の方向でありまして、夏の日没後の南の空の方向が大體そうであります。

球狀星團の距離が如何なるものであるか、又其の吾が銀河系に對する關係がどんなものであるかは、天文學上非常に興味ある問題でありましたが、此れ等は餘りに遙かな距離にあるので、直接の方法では勿論他の方法でも一寸見當がつかなくなつたのであります。それが幸な事に前に述べた、變光星から判るやうになりました。と申しますのは、これ等の球狀星團は大抵その中に多くの變光星を含んで居るのであります。而も其の變光週期は容易に觀測する事が出來ますので、其の週期から其れ等の變光星の距離従つて球狀星團そのものの距離が知れますが、其れ等の平均距離は約七萬五千光年、最も遠いものは約二十萬光年の距離にあります。而も段々研究して見ますと、これ等の球狀星團の全部をひつくるめためたものがさうも吾々の星辰系即ち銀河系であるらしいのです。斯く考へ來れば、吾々太陽系の屬する星辰系は非常に廣大なもので此の一集團内に於ける吾々の位置はずつと周邊に近い場末にある事になります。即ち吾が新しい銀河系の中心は夏の夕暮の南空の方向遙かな約六萬光年の彼方にあり、此の星辰の大集團は直徑約二十萬光年、其の厚さ約其の十分の一位の巨ひなる星辰のビスケット形集團であります。大きさの概念を得る爲めに譬へて申しますと、今吾が太陽系を直徑十裡の圓盤であるとするならば、銀河系の中心迄の距

離は約六千三百光年になりまして、即ち地球の中心までの距離になります。

6. 渦 状 星 雲

一步を窮め得たものは更に一步を進みたい、これは人智の慾求であります。更に銀河系外の宇宙は如何、これは次に起るべき當然の問題であります。

今から約百年ばかり前にイギリスの貴族にロツスと言ふ人がありました。この人が其の當時世界の最大口径であつた自分の望遠鏡で、星雲を觀測して居りましたが、或る星雲は渦卷形になつて居る言ふ事を發見しました。當時ロツス卿の望遠鏡に比すべき大望遠鏡は世界中どこにも無かつたので、彼の觀測事實を確める事は出来ませんでした。で多くの天文學者は彼の觀測を疑つて居りましたが、其後天文學は長足の進歩をなしまして今日では多くの星雲が渦卷形或は之に似寄つた形をして居る事がわかり、これを渦状星雲と呼んで居ります。今日では其の數は、詳細な寫眞觀測が出来来るものだけでも五百以上で、今日の最大望遠鏡で認め得るものは三十萬以上言はれて居ります。極く最近、これ等渦状星雲の正體と進化とは判つてまいりまして、宇宙論から見て最も面白きものでありまするが、餘り専門的に渡りまするので茲では省略いたしまして、ただ一言、渦状星雲の正體は多くの星の集團であるか、或は結局はそれに進化し行くべきものの様に思はれます。而もその大きさは吾が銀河系にも比すべきものであります。

扱て、話は少し飛びましたが此の渦状星雲の距離が知るべき大問題でありました。主として今世紀になつてから、多くの天文學者達は、其の距離を知る爲めに、色々な方面から研究推理いたしました。然し其の距離は非常に大でありますので、殆んごの方法もみな危険な方法であるのみならず、色々な方面から評價した、その距離はみな異つて居て、一體どれ位な距離であるかすら疑問されて居りましたが、最近天體寫眞術の進歩によつて、信頼すべき距離がわかつたのは、やつと昨年のものであります。即ち前に言つた變光星が、又茲でも重要な役目を演じます。即ち二三の渦状星雲中に多くの變光星が發見されたのであります。今頃ですと、夜の引き明けに東北の地中線から上つて来るアンドロメダ大星雲は肉眼でも幽かに見

える大渦状星雲でありますが、これはその一つであります。その距離を變光星の週期から算出しますと約百萬光年となります。これが吾々に最も近い渦状星雲でありまして、太陽から吾が銀河系の中心までの距離の約五十倍になります。

所で渦状星雲の幾つかの實際の距離が判りますと他のすべての渦状星雲の距離は、これ等と比較する事によつて、其の見掛けの大きさや光學的性質の統計的研究から容易に知る事が出来まして、其の結果、今日判つた事は此れ等數十萬の渦状星雲はみな銀河系外の他の銀河系とも言ふべきもので、多くは皆な吾が銀河系に比すれば幾分小さいとは言へ、全く獨立した星辰世界であります。而もこれ等の星辰世界の分布は大體空間に於て一樣になつて居りまして、二百萬光年を一邊とする立方體内に約一個の割で渦状星雲が存在して居ります。

7. 宇宙の大きさ

今や全宇宙に對する一つの概念を作る事が出来ます。即ち無數の太陽——今日では數十億、數百億と算して居りますが——それ等が相集つて銀河系と言ふ一大星辰集團を作ります。而も此の銀河系が他の銀河系と相集まつて更に銀河系集團とも稱すべき大宇宙を構成して居ります。それ等の相互の距離の關係は前に述べた通りであります。

然らば更に又其の外は如何。これは最後に起る當然の問題であります。これに對して答ふる所のものは今日の相對性原理であります。昔の人達は此の大地を一つの無限に廣い平面だと考へましたが、人智が開けるにつれて、それは決して平面ではなく、五千二百七十軒と言ふ曲率半徑を有する一つの球面であると言ふ事を知りました。平面や球面は三次元の空間内に於ける二次元の世界であります。更に一つ高次元な三次元の世界即ち吾々が空間と呼ぶ所のものを考へませう。古來の空間はどの方向に行くも無限に廣がつて居る、幾何學に於ける所謂ユークリッドの空間でありました。然るに今日の相對性原理は、此の空間はユークリッドの空間ではなく、或る曲率を有した三次元の球面である。即ち或る方向に段々進んで行けばまた再び出發點に歸る。如何なる方向に進んでも矢張りそうであると言ふ様な曲率をもつた空間であります。而も此の空間の曲率半徑は、其の空間内

にある物質の平均密度の平方根に逆比例するものとして與へられますが、前に述べた渦狀星雲の分布から計算いたしますと吾々が空間の半徑は九百億光年となります。今日の最大望遠鏡で見得る最遠の星雲は一億五千萬光年の距離にありますから、吾人は全空間の六百分の一の距離まで探検して居るわけでありませう。今後更に天文學が發達するにつれて宇宙の隈々まで見る事が出来るやうになるであらうと思ひます。

8. 星 辰 進 化

以上私は星辰宇宙の構造に就いて論じました。然らば其の空間内に於ける内容は如何に變化し、如何に流轉して行くものであらうか。宇宙開闢は如何宇宙の終末は如何。これは第二段の問題であります。この事に關しては時間もない事でありませうから、茲ではただその一部である、星々が如何にして生れ、如何して進化して行くか、即星辰進化論に就て簡単に述べやうと思ひます。

星の光には強弱があります。これを星の光度と呼んで居りますが、光度は星自身が出す光の量の大小の外に尙ほ星から吾々までの距離に關係して居ります。言ふ迄もなく遠くなれば弱くなります。故に各星々が出す光の全量を比較する爲めには、星の距離に對する補正を加へねばなりません。かくして適當に此の補正を加へたものを絶対光度と言つて居りますが、此の絶対光度が星の出す光の全量を定めるものでありませう、星の重要な性質の一つであります。

一方、更に注意して星々を仰ぐ時に、星は光度の大小の外に、尙その色を有して居る事を氣付きます。勿論それは非常に淡いものではあります、然し或る星は非常に赤味がかつて居り、或る星は黄色、或る星は白、又或る星は青味を帯びて居ります。これは一體何を意味するものでありませうか。

今試みに一塊の鐵をこつて、これを爐中に投じ、漸次其の温度を高めて御覽なさい。次第に熱が加はるにつれて鐵は先づ黒赤色のほのかな光を出します。更に熱すれば、すき透る様な赤色に光り、更に高温にいたしますと、鐵は溶解して黄色に光ります。更に高温にする事が出来れば白熱の状態に達するであらう。これと同じ理屈で星の色も矢張其温度を表

はすものであります。色は其の尺度を定めるに困難でありますから、宇宙物理学ではもつと正確に定め得るスペクトルを用ひます。スペクトルと温度との關係は現今色々な方面から研究されて居りまして、大體白色星は一萬度乃至其以上黄色星は六千度乃至八千度、赤色星はほほ三千度とされて居ります。三千度以下の星は光る星としては見えない所謂暗黒星であります。

星の距離が段々知れて來ましたので、前に言つた絶対光度即ち星の出す光の全量と、星のスペクトル即ち星の温度との關係が明らかになりました。所がこれに依るに全く意外な事實が発見されたのであります。即ち例へば今赤色星に就て其の絶対光度を調べて見ますに、この種の星は、全く絶対光度のかけ離れた二種類からなつて居る。即ち一は非常に絶対光度の大きな赤色星であり、他は非常に絶対光度の小さな種類であります。即ち此の兩者では同じ赤色星でありながら、その光の量は數萬倍乃至數十萬倍も異なるものあるのであります。一體これは何を意味するでありませうか。

物理学の法則に従ひます。同じ温度の一定表面から輻射する光の量は同じである筈でありますから、光の全量が數萬倍異なると言ふ事は、言ひ換へれば其の表面積が數萬倍異なると言ふ事で、更に言ひ換へれば、其の直径が數百倍異なると言ふ事でありませう。此の關係は黄色星にもあります。

此の事實に基いて今から約十餘年以前に巨星倭星説が提出されました。即ち星は大體非常に巨大な體積を有する巨星と非常に小さな體積の倭星から成立つて居る言ふのであります。而も其間の關係或は進化は如何と申しますのに先づ次の様なものでありませう。先づ彪漠なる區域に廣がつた暗黒な物質の雲があるを假定いたしませう。即ち暗黒星雲であります。萬有引力の作用に據つて、其の星雲の各部分は相引き合ひます。其の結果暗黒星雲は次第に收縮して來ます。收縮するにつれて機械的エネルギーは熱のエネルギーに變じ、物質は次第に熱せられ、遂に三千度の温度になれば、赤色の光を放ち始めます。斯くして先づ赤色巨星が出來て來るのであります。萬有引力の作用は尙ほ續きますので、星は益々收縮し益々高温度になり、黄色巨星になり白色星へ進化して行くのであります。勿論星の表面から光となつて熱は逃げて行くのであります。收縮が急速に行はれて、

收縮によりて生ずる熱量が表面から逃げて行く熱量よりも大なる間、星は益々高温度になり體積は小さくなつて行き、斯くして星辰進化の巨星期の道程をたざるのであります。然し星が餘り收縮するに密度は非常に大となり、收縮は益々困難になり、同時に温度は益々高くなりますので、表面から逃げて行くエネルギーが内部に生ずるエネルギーよりも遙かに大きくなり、星はそれ以上高温度に昇る事は出来なくなりまして、遂には星は徐々に其の體積を減じつゝ温度は低下して行くのであります。これ星辰進化の矮星の道程でありまして、遂には星は全くその光を失ひ、小さな暗黒な矮星となり終り、吾々はこれを見る事は出来なくなつて仕舞ふのであります。吾々が太陽は黄色矮星でありますから、言はば老衰して行く下り坂にあるわけであります。

9. 星 辰 の 壽 命

この暗黒星雲から赤色巨星、黄色巨星を通つて白色星へ、それから黄色矮星、赤星矮星を通つて暗黒星へ至る進化道程は、今日巨星矮星説星辰進化論と言はれて居る所のものであります。此の説は長い間確立されたものにして星辰進化を支配して居りました。然し、これとても、説明の出来ない謎は残つて居たのであります。今日では、此の説は大體に於て正しいが、少し訂正しなければならぬ運命に立ち到りました。

其の一つは輻射エネルギーの問題即ち星辰壽命の問題でありました。吾々が太陽は赫灼して天空に輝いて居りますが、其の空間に向つて輻射するエネルギーの全量は、とても想像も出来ない位い大きなものでありまして、今試みに之れを諸君の最も親易いカロリーを以て表すならば、一秒の十億分の一の時間に九億カロリーの更に一億倍のエネルギーを四方の空間に輻射して居ります。法螺でも何でもありません。太陽の質量は2を書いて零を三十三並らべただけの桁数の瓦でありますから、太陽物質の一瓦は一年間に約一カロリー半のエネルギーを放射して居る割になります。然らば太陽のみならず一般に總ての星が、斯くも巨きなエネルギーを四方の空間に送つて居る時に、このエネルギーは如何にして生ずるか。これは星辰進化論の一大問題でありました。前に述べた様に、暗黒星雲から星が進化し來りたるものであると致しまして、其の收縮に依つて失はれた機械的

エネルギーが熱のエネルギーに變るものとするならば、この量は實際勘定する事が出來ます。此の量は如何に大きく見積つても、太陽が今の輻射の割でエネルギーを放射したものとすると、太陽の壽命として一億年を越す事が出來ないのであります。然るに近來、地質學者達の努力に依りまして地球の年代がほぼ判つて參りました。例へば地球表面に於ける岩石内に含まれて居るウラニウムの分量から計算致しますと、地殼が出來てからでも、すでに十五億年の星霜を経て居るのであります。地球表面の岩石が出來てから既に然り。地球の壽命の今日迄の歲月推して知るべしであります。然らば太陽は地球よりも遙かに遅れて出來たものでありませうか。一億年と言へば地上に生物が湧いてからでもそれ位は經つて居りませう。斯く考へ來れば太陽壽命の一億年は到底信すべからざるものである事は申す迄もありません。

然らば更に太陽の壽命をして數十倍數百倍たらしめるエネルギーの源泉は何物でありませうか。引力に據る收縮の機械的エネルギーが太陽の壽命僅か一億年を與へるに過ぎないと思致しますならば、吾人の未だ知らない何等から祕密がエネルギーの源泉として太陽及星辰のすべてに潜んで居るものと思へねばなりません。此の問題に對して解決の微光が投げられたのは此の二三年來であります。

其の一つは、星辰の輻射量と、其の星の質量との關係が発見された事です。即ち白色星から赤色矮星に到る進化の道程に在る星々に就いて、其の輻射量と質量とを研究して見ますと、はからずも非常に重要な事實が発見されたのであります。即ち星は空間にエネルギーを放射して次第に老いて行くに従つて其の質量を失つて行くと言ふ事實であります。即ち星は空間にエネルギーを送り出すと同時にそれ自身の質量を失います。此の事實は何を意味するか、又如何に之れを説明するか。此の謎に對して明快なる解答を與ふるものは、前に宇宙空間の謎に對して解決を與へた、今日の相對性原理であります。此の原理に依れば、在來考へられて來たやうに質量とエネルギーとは決して別種のものではないのであります。即ち物質其れ自身がエネルギーの變形である事、恰も、熱や電氣が機械的エネルギーの變形であるのと同様であります。物質の姿となつて潜むエネルギーは實

に巨大なものでありまして、數字を以て申しますれば、百萬分の一瓦の物質は二千萬カロリーのエネルギーに相等致します。此の事實即ち此の隠れたる大きなエネルギーの源泉に依つて、太陽の壽命の問題は難なく解決せられるのみならず星が次第に進化して行く年數も大體推定する事が出来るやうになりました。

然らば物質が消滅して、エネルギーが生ずる事は如何なる理屈に依り、如何なる條件に基くのでありませうか。これは最早や天文學の問題ではなく純粹物理學の問題であります。

今日彬々として進んで居る物質原子の構造に關する物理學の方面は、やがて此の謎を解く時が来るのでありませう。天文學は廣大なる宇宙空間に巨大なる物質の塊を取り扱ふものでありますが、其の中に含まれた謎を解くには細より微に入る電子論や原子論に俟たねばならぬと言ふ事は、一片の塵の中にも宇宙の眞理が含まれて居りまして何だか禪宗の僧でなければ言へないやうな微妙な所があります。この微妙な所を何ぞ申しませうか。矢張り禪僧にならつて私も『以心傳心、不立文字』と申しませうか。

10. 形而上學の問題

以上、私はただ、現在宇宙の構造と其の中に在る星の進化に就いて述べたに過ぎません。然らば渦狀星雲が如何にして出來進化し行くか。又吾が銀河系が如何に進化し如何に終滅するか。更に大きくは全宇宙の運命は如何。或はずつと小さく、吾が太陽系が如何にして出來たか。更に小さく地球は如何になり行くか。又更に、これは天文の範圍を越しますが、地球上に如何にして生物が生じたか。生命の祕密は如何。又人類の運命は如何。此れ等の問題は、ある點は説明せられて居り、或る所は全く手のつかない状態に在ります。實際問題はこれからであります。兎に角人類に知識慾がある限り、これ等の問題は一步一步解決の鑰が握られて行くのでありませう。然しながら、諸君、實驗や觀測や自然法則に依つて、これ等現象界の森羅萬象がいつか未來に於て、すつかり判つた時でも、更に大きな問題が残らないのでありませうか。獨逸の詩聖ゲーテが書きましたファウストが苦惱して申しますには、『一體此の世界の奥の奥で統べて居るものは何か、それが知りたい。そこで働いて居る一切の力、一切の種子は何か、それが見たい』と。然し此の問題は最早や自然科学の問題ではなく、新しく來るべき形而上學の問題であり、或は新しく生るべき宗教の問題でありませう。

（四月十三日於大阪朝日會館）