

天 界 第五十七號

(第五卷) 大正十四年十月號

宇宙の構造について (三)

瑞典國ルンド天文臺長 C.V.L. シヤリエー

第二 講(續)

ウイリアム・ハーシエルの星の測定をそれ等より得たる彼の結果を述べる前に、順序として彼が測定に用ひた器械とその構造に就いて少しく語らう。

ハーシエルの星の測定は多く六百十糎焦點距離、口径四十七・五糎のニュートン式反射鏡でなされた。Sweeping power は多くの場合百五十七であり、視野は十五分四秒即ち二十分の一平方度であつた。彼の第一の観測は千七百八十三年十月二十八日になされ、その最後の観測は千八百二十二年九月三十日になされたのである。然しながら星辰界の構造に關する基本的な研究に用ひた観測材料は千七百八十五年二月以前に観測されたものである。彼の器械は今日の如く Parabolic mounting になつて居ず、メリディアン内に据ゑつけ左右に約十五度丈

け動き得るやうになつて居りメリディアン内に上下に自由に働きて得るやうに取り付けられて居た。

かくの如きマウンチングは其の使用に於て非常な困難をさしなうことは言ふ迄もない。御承知の通り星は絶えず赤道に並行に動いて行くから、現今の如くバラクチックにマウントしてあれば星を望遠鏡の中に動かないやうに止めて置くことは容易である。特に時計仕掛で最も容易に出来るのであるがハーシエルの用ひた様な裝置では極く短時間のあひだですら星を視野の中心に留めて置くと言ふ事は仲々困難である。私はこの講義を準備をして居る時に次のやうなことを考へて見た。若しハーシエルが彼の反射鏡を取り付けた時分に今日の如くバラクチックにする事が出来たとして、其の對象たる星を容易に視野の中央に置くことが出来たならばそ

の結果は如何なるものであつたらうか。彼の地球上に於ける發見、彼の天文學界に於ける重要さは、或は彼が實際あるよりも偉大であると言ふ譯にはいかなかつたかも知れない。

この答は實際驚ろくべきものである。私の意見によれば若しハーシエルが今茲に想像したやうな立場にあつたならば彼は彼があつたやうに偉大なる天空の探究者になつて居なかつたであらうと思ふ。バララクチックな裝置の望遠鏡によつて彼は恐らく多くの天體を非常に精細に研究したであらう。そしてメシア (Messiah) こそ其他其の時代の卓越した觀測家と比すべき否其以上の地位を獲得したであらうが、然し星辰宇宙構造の最初の探究者とはなり得なかつたであらう。と言へば讀者或は不可思議の眼をみはるかも知れない。然し彼の望遠鏡が無細工極まるものであつた爲めに一つ一つの天體を追いかけて行くことが出来なかつた爲め、單に彼の眼の前に天球が汽車の窓から兩側の景色が移りかわり行く様に展開して行くにまかせ時々刻々人の未だ嘗て夢にだも見たことのなかつた驚異に満ちた天體の數々を遷轉せしむるに留まつた。所詮彼の動かない望遠鏡は天空の探索にこつては最も適好な器械であつたのである。

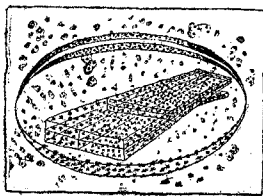
扨て吾々は彼の天空探索の跡を追ふ事にしやう。

それは一千七百八十四年であつた。彼は彼の作つた二十呎焦點距離の新望遠鏡でなした第一の望遠鏡的的天空掃除の結果

を王立協會に報告した。

彼は彼の望遠鏡を銀河の一部に向けたのであるが、彼は、その望遠鏡によつて銀河の白く光つた部分を完全に一つ一つの小さな星々に分離する事が出来た。述べて居る。而もそれは彼の以前の望遠鏡によつてはなす能はざる事であつた。彼はこの觀測の結果から宇宙間には無數の星よりなる一つの大なる層がありその先づ中心近くに太陽は在る。結論した。そして彼は次の如く言つて居る。

第一圖



して彼は次の如く言つて居る。吾人は此事を銀河の外見よりして推測する事が出来る。銀河は天空を一周して居るやうに見えるのであるが、若し太陽がその中に在るものとするならばそれは正にそう見える筈である。何となれば、(第一圖參照) 今無數の星が二つの並行な平面の間に四方に限りなきまでに或る著るしい距離までに擴がり分布せられて居るものとしやう。この星辰の構造を今一つの星辰層と呼び、觀察者の眼が此の星辰層のどこか内部にあるとするならば、すべての星々は此の星辰層の平面の方向に投影されて見えるわけであるから一つの天空上の大圓として見えるわけである。而もこの大圓は無數の星が著積して見えるわけで光を帯びた一帯として見える筈である。然るに

星辰層の横側の方向では星々は星辰層の外側や又其の厚さのうちに含まれた星の數等に應じて或は幾分密集し或は疎散して色々な星座々に散布せられて見えるであらう。」

圖に於てわかるやうに今觀測者の眼が中央の黒丸の所にある星辰層の構造が中の書物形になつた分布であるとするならば實際に見た形は周圍の環形の光帶となる。

若し又星辰層に圖に示したやうな枝わかれがあるとするならば、これを中心から見ると、その方向は二條の環となつて見える筈である。圖中後方に示すのがそれである。

以上がハーシエルに依つて想像された最初の星辰界の構造である。そしてそれは他の如何なる人によつても先づ想像される星辰界なのである。即ち是は銀河の外見及鷲座及射手座附近で銀河が支流をなして居る所に基に單な憶測である。

この憶測を確定するか或は否定するか兎に角はつきり決定する爲めに彼は天空の秩序的な探究を計劃したのである。彼はこの仕事を呼んで自ら天空測量或は星辰測量 (Gauging of the Heavens or Star-Gauge) と名づけた。その方法は彼の反射鏡に入り来る相隣接する幾つかの視野で量の數を數へ、その平均をこつて天空上その附近の星の數とし、かくの如きことを地球の各部分についてなすのである。

勿論この星辰測量は望遠鏡の視力に依りて變ることとは言ふまでもない。それを説明する爲めに先づ第二圖を見られよ。

觀測者が中央に少しく大きく描いた星にあるとせよ。若し觀測者の有する望遠鏡が小圓 (E) の距離までしか見る事が出来ないとするならば、全天いたる所星の數は一樣に分布されて居るやうに見えるであらう。然るに更に望遠鏡の視力が強大になつたとして大圓 (F) の距離まで見透す事が出来るとするならば、星の數は E の方向とそれと直角の方向とで著るしく差違を生ずる。

彼の二十呎焦點距離の望遠鏡で天空の到る所星辰宇宙の深淵の底まで到達すると言ふのがウィリアム・ハーシエルの希望であつた。

◎

天空測量を志して一年を経ざるにハーシエルは彼の最初の六百の天空測量の結果とその觀測から得た星辰宇宙の構造に關する彼の最初のスケッチを王立協會に發表する事が出来た。彼は次の如き言葉をもつて彼の測量の結果を發表したのであるが、それが自然探究者並びに自然の觀測者の心に深く刻み込まれる、價值あるは今更言ふまでもない。

「若し吾人にして此の微妙なる自然の研究に何等かの進歩をなさむと希はむか、吾人は兩極端を排斥せざるべからず。而もそのいづれが最も危險なるか余は之を斷言するに苦しむ。若し夫れ幻想的想像をほしいまゝにし吾人獨特の世界を構成せんには、眞理と自然との道に吾人の離るる事遠きに豈驚嘆

する要あらむや。然れどもそはデカルトの所謂渦動説の如く、空しきものなるべく更によき理論の提出せらるるやその生命を失はむ。これに反して單に觀測に加ふるに唯觀測を以てし、その觀測の材料より何等の結論も又何等の推測的見界をも誘出する事なくんば、吾人は所謂實のもの腐れなる他の極端にて坐折するや必せり。余は適當なる中庸を持せん、努力せん、欲す。然しながら萬一余にして中庸より離るゝ事あらむか、余は後者に墜るを欲する能はざるべし」と。

ハーシエルの時代にも、現代に於ても上述の兩原理の一つを無視した爲めに失敗に落ちた人達が多い。言ふ迄もなく第一の失敗に墮した人々はその想像によつて觀測にも自然界の法則にも待つ事なく彼等の心に魅惑的な世界、其の理論をを作り上げた人達である。それは哲學者達の辿つた道である。

第一講に於て述べたカントの自然開闢史はその例である。第二の失敗は觀測の上に觀測をつみかさねてそれを何等自然法則によつて整理しやうとしない觀測者の間にありがちな失敗である。ウイリアム、ハーシエルは彼の最も複雑な問題の處理に於て實に卓越せる觀測者たるのみならず實に健全なる哲學者たりし事を示して居る。

ハーシエルは其の時に爲し遂げた六百八十三個の天空測量の表を今日殘して居るが、それは赤緯のすべての範圍即ち時から二十四時迄を網羅して居る。各測量の量の數は少くとも

十個以上の視野の測量の平均である。量の數が非常に多い場合例へば一視野に五十以上（一平方度の天球の面積に對する千個の星に相當す）星がある場合には一つの視野が測量に含まれて居り量が異常に密集して居る場合例へば視野毎に百個以上もある場合（一平方度に二千個の星）には半視野について數へてあり或場合には四分一視野に就いて星を數へてある場合すらある。

一平方度の星の數は一番少ない所で蝎星の十個で、これはハーシエルが、天空の空洞と名づけた所。最も多い所は鷲座の一萬二千である。銀河の極の近所では一平方度に約百個位になつて居る。ハーシエルの其後の星辰測量に就いては先に述べることにして茲では、ハーシエルがこれ等の觀測の結果から銀河系に就いて如何なる意見を得たかについて語らう。

◎ 彼は彼の議論を次の二つの基礎的な假定から出發した。

一、すべての星は皆同じ光度を有する。

二、星は空間に一樣に分布せられて居る。

これ等の假定は、星の性質の性質なり分布に關するより一層精密な知識が得られる以前に於ては、最も簡單な、同時にもつまもな假定である。ハーシエルに星辰の分布が空間に於て一樣でない位の事は充分にわかつて居たのである。が彼は「總ての星を集團的に考へる場合には、唯其の平均距離のみがあ

るであらうし、これを一般的なものゝ考へ事が出来る」を注意して居る。又更に次のやうな事も暗示して居る。即ち「星が吾々の銀河系の中心部では密集して居り周囲では疎になつて居る」言ふ事を考へに入れねばならぬ言ふ事も多分吾人は記憶しておかねばならないことも知れない」を。かく彼は考へたけれども彼はこの影響は先づ無視しても大した危険はないを考へた。然し總ての星が等しい光度を有する言ふ假定については、ハーシエルは疑を抱かなかつたやうに見える。實際私は少くとも千七百八十五年の彼の論文だけを見ては、星の光度の違いを言ふ事に關して一行も書いて居るのを發見しないのである。然しながら星の分光學的性質がはじめて知られたのはハーシエルよりも遙かに後の時代であり、第一の近似法として、すべての星の光度が皆同一であるとするのが最も簡単な假説である言ふ事を記憶せねばならぬ。更に又吾々はハーシエルの時代には星の見かけの光度すらも定量的には測定せられて居なかつた事をつけ加へねばならない。

以上の二つの假定の外にハーシエルは更に第三の假定を附け加へた。これは特別な種類のものであつて即ち。

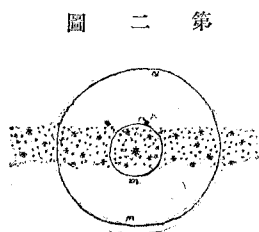
三、二十呎焦點距離の望遠鏡の視力はすべての方向に於て吾人の星辰系の限界より遙かに遠くまで及ぶ。

「私の現在用ひて居る望遠鏡が銀河の中に一つも星雲を示す事なく、其の限界のかなたまでも見通す言ふ事は非常に

もつともらしい事である」を言つて居り、又他の場所で私は「私の視力の限界について評價し過ぎた言ふ心配をする必要はない」を述べて居る。

彼がこの意見については後で訂正して居るが、さもあれ以上の三つの假定を基礎としてハーシエルが如何にして彼の星辰測量から星辰系の構造に關する結論に到達したかを述べよう。

先づ全空間が雙六の骰子のやうな多くの立方體によつて充



されて居るものゝ考へやう。各々の立方體の中心に一つ宛星があるとする。そうする一つの星の隣の星との距離はこの立方體の一邊の長さに等しくなる。逆に各立方體の一邊の長さは相隣れる星の距離である。今任意の廣さの空間を考へて見ればその中にある星の数はその空間にふくまれるこれ等の立方體の数に等しくなる。言ひかえれば星の星との距離を長さの單位に選んだ場合のこの空間の體積である。

故に極く簡單な數學によつて高さ R 立體角 A なる圓錐の中に含まれる星の數 N は次の式であらはされる。

$$N = \frac{1}{3} \frac{R^3}{A \kappa^3}$$

故に逆に星の数を知れば相隣れる星の距離を單位として圓錐の高さを計算する事が出来る。即ち

$$R = \frac{V}{\sqrt[3]{\frac{N}{A}}}$$

扱て、望遠鏡によつて天空を観察するに、その視野に見える星はすべて眼を頂點としその開き (aperture) が望遠鏡の開きに等しい圓錐の中に含まれて居る。故にもし望遠鏡の視力が星辰系の果までごくごく假定するならば、星の數からあらゆる方向の星辰系の擴りを算出する事が出来る。勿論其の距離は (平均) 星辰相互距離をもつて單位とする。

次の表は毎年方度の星の數 N をそれに對する星辰系の擴がり R を示す。

表 一 第

N (毎平方度)	R	視野面積に相當する星數
1	23	0.06
10	50	0.62
100	110	6.25
1000	235	62.5
10000	510	625.
Max. 9400	464	588.

茲に距離の單位として用ひた星の距離はハーシエルに依れば

六

太陽から天狼星までの距離である。ハーシエルは天狼星をもつて吾が遊星系に最も近い星を考へたのである。

「今第一表に依つて星數 N に應じて其の距離 R をこりかゝる事をすべての赤緯と赤經についてなせば、各距離 R の先端は一つの立體的な圖形が出来る。是れ即ち我が星辰系の構造を示す模型となる」

ハーシエルはかくの如く立體的に銀河系の模型を作つては居ない様であるが、彼は銀河の極 (彼は銀河の北極を $\alpha = 190^\circ$ 、 $\delta = 33^\circ$ 、と假定した) を通る平面による切斷面を考へた。第三圖は即ちこれである。

この銀河系の模型は世に最もよく知られて居るもので、嘗て人の作つた太陽が屬する星辰系の模型の最初のものである。もつと精密に言へば、かくの如く觀測星の數の勘定を基礎として作られた星辰系の模型は嘗てなかつたのである。

この圖形は非常に簡單ではあるが、實に驚嘆に價するものである。圖中中央部に近くしるされた星が太陽系であつて、太陽からすべての限界にいたる直線がひかれ、周圍近くに點々存在する星はハーシエルが星辰測量によつて得た距離に相等するものである。銀河の長さは天狼星までの距離の約八百倍、銀河の高さ或は厚さは天狼星までの距離の約二百倍であつて、扁平の割合は四に對する一になつて居る。圖中左方の枝わかれになつて居る所は鷲座及射手座附近の銀河の雙流を

示す。

銀河の切斷面は色々あるわけであるが特に圖に示した様な切斷面をハーシエルが描いたのに就ては一言しなければならぬ。圖は鷲座及射手座を通る切斷面である。第一には銀河の枝別れになつてゐる興味ある場所を示す爲めであり、第二にはこの切斷面が北半球の觀測者が作る事の出来る唯一の切斷面であるからである。銀河の平面による切斷面はハーシエルは之を作る事が出来なかつた。それは彼の觀測所では銀河のすべての流れについて觀測する事が不可能であつたからである。

第三圖



星辰系の構造を研究する爲めになした三つの基礎的な假定についてはハーシエルはその第一の假定の外これを一生涯支持する事は出来なかつた。第一の假定と言ふのは星辰の光度がすべて同一であると言ふ事である。勿論この方面に關してもハーシエルは少くとも星辰の見かけの光度を決定しやうと熱心に試みたけれども。

第二の假定即ち星が空間に一樣に分布して居る言ふ事に關しては彼は一千八百十一年に次の如く注意して居る。「余は實際余の天空の觀測を續くる事によつて星辰の分布

其の光度及其他の性質に關する意見の漸次變化し來れるを告白せざるべからず。例へば星辰の一樣なる分布の如き或る計算の場合には許容する事を得るも、銀河或は他の密集せる星團を検査する場合にはあてはまらず、これは余の星表に於て多くの例の示す所也」云。然しながら、この反證は銀河系の構造の計算に根本的な相異を來すことがないのは容易に知る事が出来るのである。

又最後の假定、即ち彼の望遠鏡が星辰系の果てまで見通す事が出来る言ふ事に就ても公然この假定をなけ打たねばならない様になつたのは彼の晩年の事である。一千八百十七年六月十九日に提出した王立協會への報告に彼は次の如く述べて居る。「此等の觀測よりして見れば二十呎望遠鏡の極度の透視力を以てしても銀河の深淵を探る事能はざるが如く思はる」云。

彼の更に大なる、然し不便な四十呎焦點距離の望遠鏡にも、ハーシエルは彼の希望を得る事は出来なかつた。彼は「この望遠鏡でもやはり二十呎鏡と同じやうにこの問題は不確のまゝ残るであらう」云同じ報告に述べて居る。

ハーシエルは千八百十一年の報告に次の如く述べて居る。「天空の構造に關する知識は私の觀測の窮極の目的であつた」云。けれども彼はよしんば絶望に陥入つたのではないにしても少くともこの問題を疑問のまゝに残して、彼の一生を終つ

てしまつたのである。人は絶えず探し求むるものである。そして又人は彼の限界を無限の彼方に置いて居るものである。故に人は常に不精確な疑問を以て終始せなくてはならないものである。

然しウィリアム・ハーシエルは彼の宇宙構造の研究に於て、其の観測の新異にして豊富なる點に於て古往今來何人も追從

太陽の視差

(一) 太陽の平均距離

太陽と地球との間の距離を知ることには天文學上重要な問題の一つである。あの光熱を與へてくれる太陽の大きは何程であらうか、黒點の大きさやコロナの擴がりは何々粒か等いふ問を解決するには先づ此距離を知らねばならない。

太陽系内の諸天體の距離を表はすに太陽地球間の距離が自然に便利な尺度になつてくる。従て宇宙測量の物指の一として此長さを測定して置くとは重要な意義をもつわけである。

これを距離測定の仕方といふ方面から考へてみるに或は觀測天文學或は天體力學或は物理學の智識等を必要として、天文學上いろいろの面白い部門に互つてくる。

一口に太陽の距離と云つても遠近の變化を繰返して居るの

をゆるさぬ偉大なる觀測者として吾人の前にあらはれたのみならず又その周到鋭敏なる想像に於てすべて宇宙構造の研究に志す天文學者の師表たる大哲學者として吾人の前に頭角を現して居るのである。(荒木俊馬譯。文責在譯者)

——第二講元——

K · Y · O

で、標準としては遠近の平均——所謂地球軌道の楕圓の半長徑を考へる。此平均距離は現在知られて居る所では後に述べる如く一億五千萬キロメートル弱である。

(二) 距離の單位としての「天文單位」と太陽の平均距離

太陽系内の物指として太陽の平均距離を使ふと云ふ説明には實は或了解が入用である。通俗には此距離を其儘長さの單位に採用して「天文單位」(Astronomical Unit)と名づけて居るが是は理想的のことである。

元來は太陽の平均距離を一天文單位と採る筈であり又採つた人もあるが或方便が専門家によつて使はれて居る結果平均距離が一と極少し違つてきた。さういふ單位の儘でやつて居