

天 界

第五十九號

(第五卷) 大正十四年十二月號

宇宙の構造に就て (四)

瑞典ルンド天文臺長 C、V、L、シヤリエー

第 三 講

銀 河 系

宇宙の構造を研究するのに、吾々が先づ第一に試らねばならぬ事は吾が太陽の周圍にある星々の體系をしらべて見る事である。天空を仰ぎ見るに先づ第一に偉觀を呈するものは銀河 (Milky Way) の流で、此れが吾が太陽の屬する星辰系に深い關係をもつて居るやうである。で吾々は此の星辰系を銀河系 (Galaxy) と名づける。

銀河系をはじめて研究した人は前講に於て述べたやうにウヰリアム、ハーシエル卿であつた。彼が主として研究したのは銀河系の形、即ち各方向に於ける銀河系のひろがりであつた。そして彼は其の切斷面に關する知識を吾々に示した。然しそれは問題の解答の一部を與へるものである。こゝは言ふ迄もない。彼は不幸にして業仲ばにして彼の生涯を終つた。

私は本講に於ては、十九世紀から二十世紀にかけて、私の居るルンドの天文臺の人々が此の同じ問題に關してなした研究の一端に就いて少しく述べたいと思ふ。

ハーシエルの銀河系の研究は次の三つを基礎的な假定の上に立脚して居る。即ち前講に於て述べたやうに、

一、すべての星は皆同じ眞光度を有する事

二、星々は空間のどこでも一樣に分布せられて居る事

三、彼の用ひた望遠鏡は星系の果てまで充分に見透す事が出来る事

此等の三つの假定は皆抛たねばならない。そして他のもつち一般的な假定から出發せねばならぬ。先づ第一に吾々は星の眞光度が如何なる割合に違つて居るかを研究しなくてはなら

ない。第二には星々の密度(單位空間に於ける星の數)が太陽から遠くなるにつれて如何にかわるかを知らねばならない。此の二つの問題を解決する爲めに吾々は第一講に述べた方法から出發する。即

- 一、太陽の運動
- 二、見掛けの光度と見掛けの運動
- 三、自然法則の應用

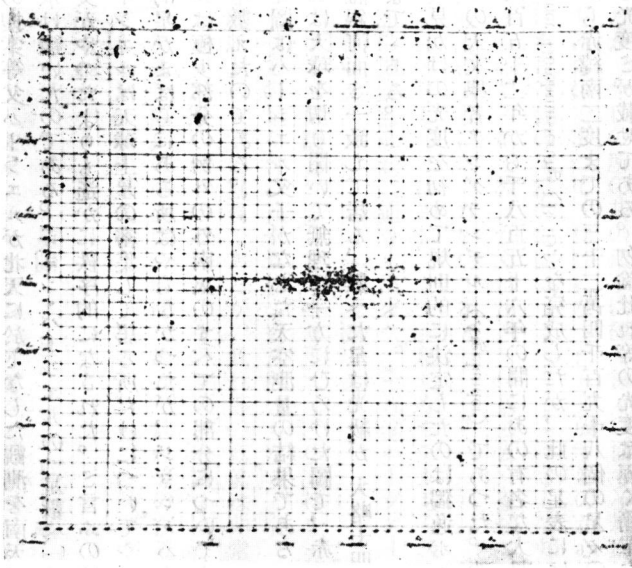
若し星の眞光度の數の分布 (frequency distribution) の銀河系に於ける星の密度の分布が判かつて居れば問題は簡單に數學的に解けるであらう。この問題に關して初めて研究した人はミュンヘンのゼーリーゲル (Seeliger) であり、其の後シュワルツシルド (Schwarzschild) や私や其の他の人々によつて研究された。私は此の講義に於て如何にして此の問題の解答に到達したかを述べやうと思ふのである。

星の光度や密度の分布を知る爲めには、先づ近似的になるべく簡單な形で分布函數の式の形を知る必要がある。この事は光度の方では割合に容易であるが密度の方は仲々厄介である。ゼーリーゲルがやつた方法、シュワルツシルドがやつた方法、エッディングトンがやつた方法、又私自身がやつた方法なき、皆各々その假定を異にして居るが、その差異は大部分數學的のもので今此處にのべる必要はない。然し私は千九百十六年に密度函數の形について私自身がやつた概要を述べや

うと思ふ。

若し星が皆な同じ距離——例へば天狼星と同じ距離——にあつたとしても、此れ等の星々は一般には皆な違つた光度に見ゆる筈である。近頃の天文學者達の研究によれば、星の眞光度に於ける差異は星の色に關係ある事最も重きをなすものである。星の色に關しては諸君も御承知の通り先づ大體三種にわけける。青白の星、黄色の星、赤色の星、これである。星の色は普通もつこ詳しい分類法によつて分光學的に定めるのであるが先づ上の三通りとして置かう。所で星までの距離が大體知れた星について研究して見るに同じ赤色の星でも、その光度の違いが非常にかげはなれて居るものの存在する事が知れて來た。即ち非常に光の強い赤色星、即ち『巨星』(Giant) と呼ばれるものと、非常に光の弱い所謂『矮星』(Dwarf) と呼ばれる二通りのものがある。黄色星については大體同じ様な結果になるのであるが唯兩者の光度の違いが赤色星の場合に於けるが如く著るしくはない。青白い色の星になるに光度の違は充分あるけれどもその差異は前二者に比して非常に小さい。故に今茲にハーシエルがやつた『すべての星は皆な同じ眞光度を有する』と言ふ假定を考へて見るに、こんな大まかな大體論のやりかただした所でこの假定は青白い星だけにしか適用せぬのである。だから星を青白星だけに限るならば、銀河系に於ける星の分布を計算するのは可なり良い近似

第 四 圖



に於ける其の分布は大體非常に平たくなつた廻轉楕圓體のやうな形になつて居て、その密度は銀河の中心部で最も大きく段々周邊に行くにしたがつて簡單な或法則によつて其の數を

値を得るわけである。今青白い色の星だけについて先づ同じ眞光度を有するものとして其の分布を研究して見るに銀河系

減ずる。第四圖は青白星(B型の星)の銀河系に於ける分布を銀河面に直角な平面での切斷圖である。所で次の問題として、青白星がかくの如き分布をして居るならば、其の他の色の星即ち黄色星や赤色星も此れと同じ法則にしたがつて分布して居ないだらうかを考へられるのである。若しすべての星がこれと同じやうな分布法則に従ふならば、一體銀河系の構造はどんな形になつて居るであらうか。此れ即ち次に決定せねばならぬ問題である。

眞光度の分布函數に關しては種々の見掛の光度の星の數が判かれれば、これを知る事が出来る。ウヰリアム・ハーシエルの時代には、彼自身が幾分試らみたが、見掛の光度を決定する方法がなかつた。然しながら、ハーシエルは常に同一の望鏡を用ひて居るので、彼の望遠鏡で見える事の出来る一番光の弱い星の等級が一定して居るわけである。故にハーシエルが數えた星の數は、天空上の各々の方向に於けるその極限の等級までの星の數を與える。ウヰリアム・ハーシエルは地球の北の方の部分だけしか觀測する事が出来なかつた。然し彼の子ジョン・ハーシエルはその父の死後同じ二十呎焦點距離の望遠鏡で天空測量の遺業を繼續した。彼は彼の父が觀測する事の出来なかつた南天の星を觀測する爲めに南亞弗利加のケープ・タウンまで遠征して、其地で千八百三十五年から千八百三十八年迄滞在して觀測に従事した。勿論ジョン・ハーシエ

ルが南亞弗利加に出張したのは單に星を數へる爲めだけでないかつた事は言ふ迄もない。彼はすべての點に於て、彼の父の天文學上の遺業を繼續したので、二重星の探索、星雲其他の天體の搜索等父ハーシエルが北天に於てなした觀測を南天に於て承け繼いだのである。ジョン・ハーシエルの『星數へ』は彼の父がやつたよりも遙かに秩序的になされた。ミ言ふのは大ハーシエルは天球上星の密集して居る所だけについてやり比較的星がまばらにある所はやらなかつたが、ジョン・ハーシエルは極少部分の例外の外南天のすべての部分についてその數を數えたのである。

第五圖はハーシエル父子がなした天空測量の結果である。この圖は天球を切り開いて無理に一方にひろげた圖で、赤道が大體銀河面と一致して居る、數へた星は光級が大略十四・〇等まで、ある。

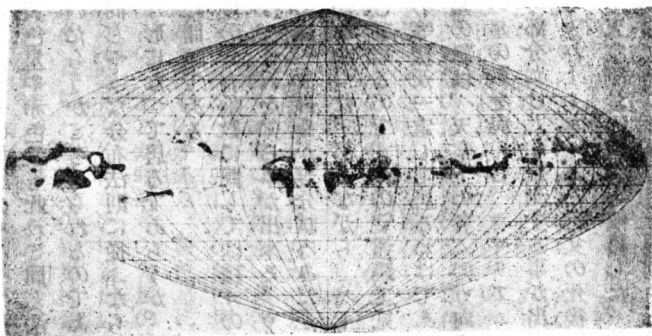
星の見かけの光度を初めて規則的に決定したのは獨逸ボン(Bonn)の天文學者アンゲランド(Argander)であつた。彼は千八百五十二年から千八百五十六年の間にあの有名な大星表 Bonner Durchmusterung (B. D.) を完成したが、此の星表には北極から赤緯南二度までの三十二萬四千九十八個の星々の位置ミ光度ミが載せてある。勿論此れ等の光度は極く簡單な方法によつて決定せられたものではあるけれども、先づ大體の近似値ミして用ふる事が出来る。ボン星表中の最も弱い星は

九等乃至十等星である。

アルゲランドの事業は其後獨逸の天文學者シオエンフェ

四

第五圖



ルト (Schirrad) 及英國の天文學者ギル(Gill)によつて繼續せられた。特にギルの觀測は亞弗利加の南端希望岬の天文臺に於て寫眞によつてなされたのであるが其の寫眞板の測定に従事したのが和蘭ゲローニンゲンの有名なカプタイン(Kapteyn)で千八百九十八年に至つて完成した星の全數四十五萬四千八百七十五個に及ぶ。最も光の弱い星はアルゲランドの

星表の場合と同じである。

千八百八十八年のパリの萬國天文會議で、十四等星までの

すべての星を寫眞に撮らうと言ふ議案が通過して、各國で天を分けまゑしてこの大事業に世界の天文學者が従事してゐる筈であるが、今日の所の其の仕事は極く徐々に而も不規則になされてゐるのであつて、何時になつたら完成するのか心細い状態にある。此の天空の地圖は *Les cartes du ciel* として知られて居るもので、約千枚ばかりは出來ては居るが、全體では約四萬枚も作らねばならないのである。

然し上に述べたのとは別に、二十世紀になつてから全天を覆ふ大部の天空寫眞が二通りも出來た。それはハーヴアード星圖とフランクリン、アダムスの星圖である。

ハーヴアード星圖 (Harvard map) 略して H. M. の方は十一等までのすべての星を含み五十五枚の寫眞板よりなる。各々九百平方度以上の天空の寫眞であるが、此れ等の寫眞は非常に小さなレンズで撮つたものである。そのレンズの開きはたつた一時である。露出の時間は一時間である。此れ等の寫眞板にうつてゐる星は私の天文臺(ルンド)でハンス、ヘニーによつて數えられた。

フランクリン、アダムス星圖 (Franklin Adams Charts) 略して F. A. のは素人天文家フランクリン、アダムスが撮つたもので、その一部分は英國に於ける自分の天文臺で、他は南亞トランスヴァールのケープ、タウン及ジョハネスバーグに撮つたもので、千九百五年から千九百十二年迄約八年間の苦心に

よつてなし遂げられた。寫眞は十一吋アパーチュアのレンズで露出時間は二時間と二十分、十七等までの星が寫つてゐるこの寫眞によるミ全天が二百六枚になる。アダムスの原板は彼の死後グリニッチ天文臺に保存せられてある。その「燒付け」によつてルンドに於ける研究は進められたのであるが、これによつて見るに十四等乃至十五等の星までが寫つて居り全天の測量には、實際ハーシエルがやつたやうな直接の觀測によるよりも遙かに完全なものである。私の天文臺の天文家達は此のフランクリン、アダムスの寫眞から星を數へたのである。故に全天の完全な測量は十四等星まで出來たのである。此の測量が私達の天文臺に於ける銀河系の研究の基礎をなすものである。以下私は簡單にそれを説明しやう。と同時に私は、私が此の方面に興味をもつて以來、銀河系の構造に關して私自身がなした研究を順次紹介したいと思ふ。

私が銀河系の構造に關して始めて研究したのは千九百年である。今から二十四年も前の話だ。此の研究はボン星表の星を數へる事から出發したが、たゞ數へるだけで幾年かを費した。扱て愈々星を數へて仕舞ふに次に必要な事はアルゲランダーの光度の測定値をもつて適當な尺度にかゝる言ふ事であつた。即ちアルゲランデルは光度きめるのに直接光度學上の測定に依つたのではなくたゞ望遠鏡内に見えるがまゝに其の光度を目分量で定めたと言つてもよろしい。アルゲランデ

ルは、トレンミー (Ptolemy) が肉眼で見える星について定めた光度の等級 (一等から六等迄) をすつと先きまで押しひろめやうと試みたのである。彼が如何によくこの目分量に成功して居るか、實際驚嘆に値するものがある。然しながら、彼が與へた明るい星の等級を今日の光度學上の尺度に換算すると言ふ事は必要なことであつたのである。その光度學上の尺度と言ふのは十九世紀の終りに獨逸ではボツダムで、北米合衆國ではハーヴァードで作られた。かくの如き方法で故エドワード・C、ピケリングはアル格蘭デルが得た光度の光度學上の値を決定したのであるが、此のピケリングの結果を應用して私はボン星表から北天の星九等迄の數を得たのである。

ボン星表——私の最初の企ては、かくの如くしてボン星表から得た星數から、各等級に應ずる星の數を與へる、一般的な法則を發見しやうと言ふのがその目的であつた。然しそれはすぐに正真正銘な失敗に終つてしまつた。即ち九等級までの星を數へただけでは、此の一般的法則を誘出する事は不可能であつた。

ボン星表とハーヴァード星圖——次にやつたのがボン星表とハーヴァード星圖を用ふる事であつた。ハーヴァード星圖は前にも言つた様に十一等までの星を含んで居るが其の星

の數は (千九百十二年) にルンドのヘニーによつて數へられた。吾々は茲に於て全天に渡る天空測量を得たわけであるが、この材料によるも尙一般的法則を得るにはなほ到らない事がわかつて來た。即ち十一等の星はなほ明るすぎるわけだ。

ボン星表とカルト、デユ、シエル——丁度其頃巴里から、カルト、デユ、シエルの結果がボツツと發表されて來た。これ等は十四等迄の星を含んで居るから、全天全部が出来て居ないにしてもなほ、遙かに都合がよいやうに思はれた。で、アルジェ (Algier) ボルドー (Bordeaux) ツールーズ (Toulouse) 及巴里の觀測による九百四十二枚のカルト、デユシエルを用ひ、それにピケリングが得た六等級迄の星の數、アル格蘭デルが得た九等級迄の星の數及ヘニーの數へた十一等級迄の星の數を結びつけて、私はヨ等級よりも明るい星全部の數をあたえる函數の一般的な形 $A(m)$ を決定せんと思つた。之はわりかた好く成功したので、此の問題に關する最初の發表をしたのである。それは千九百十二年であつた。

所で更に私は研究を續けて見るに私は餘りに結論に急ぎすぎてると言ふ事を發見したのである。と言ふのは實際、詳しく計算を進めて見るに $A(m)$ の値が甚だ種々様々なるものであり又不正確なものであると言ふ事が判つて來た。私はかゝる

計算をされただけやつたかわからぬが、兎に角それは驚くべき数であつたし又時間から言つても數百時間を費し、私の書齋の棚に言ふ棚は此の計算の紙で滿ちて居るほぎである。けれども此の仕事は全く空しき努力に終つてしまつた。

この失敗は何から來たか言ふに、一部分は觀測の材料が制限されて居た事で、一部分は—これが大切な事であるが—用ひた星圖の極限の等級の値が不正確であつた事に基因して居る。數年の間、私は此の困難を征服する術もなく過したたのである。

所が千九百十六年、丁度世界大戰亂の最中であつたが、前にお話したフランクリン、アダムスの天球の寫真が出版された。これによつて此の問題の解決の可能性が開けたやうに思はれた。我ルンド天文臺では若きも年こつたのも出来るだけすべての天文家總出で一年の間にアダムスの寫真に見得る十五等級までの星の『國勢調査』を全天に一様に分布された一萬二百二個の場所で爲し遂げたのである。この『星勢調査』は千九百十九年の十二月に終りを告げた。

然し此の星數へは出來ても仕事はまだ前途洋々として残つて居る。更に時間の要する仕事である。フランクリン、アダムスの寫真は、前にも言つたやうに、すべてが殆んど同じ時間即ち二時間三十分の露出である。けれども、そうだから言つて直ちに別々の寫真を直接に比較する事は出來ない。

寫真を撮つた時の大氣の有様、從つて極限の星の等級は各寫真毎に異なつて居るはずである。更に又、視野が非常に大きい、即一枚の寫真が $15^{\circ} \times 15^{\circ}$ の視野になつて居るが、この大きな視野の爲めに中央部では其の周圍近くよりも透視力が著るしく大きく出て居る。故に各々の寫真毎に星の光度を別別に決定する必要があつたのである。

此の光度の決定はこの亞米利加で過去二十年間にハーヴァドやウィルソン山でなしにけられた廣大なる光度の觀測の助けによつてなす事が出來た。

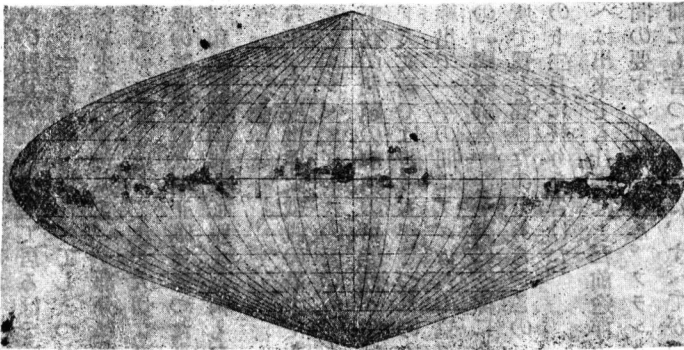
この結果を用ひるに、優に十六等級までの星の完全な等級の尺度を決定する事が出來、少くも三百十八個の場所についてには更に幽かな星までも、これをなす事が出來た。

此の各々の寫真に於ける極限の光度及其他の星の光度の決定はハーヴァド及ウィルソン山から出版されたあらゆる寫真光度及其他の星の光度の測定を用ひてルンドのアマヌス、オールソン (A. Olsson) がなしにけた。フランクリン、アダムス星圖の平均の際限光度は寫真の中央部で十五等より幾分幽かである。寫真の周圍の方では之より約一等級以上も明るくなり、最大は中心より十八輝離れた場所に於て一・六等も明るい星でなければ寫らぬ割になる。

第六圖はルンドで教へた星の數を圖示したものである。然らば之等の星の數から決論し得る銀河系の構造は如何。

この事に關して私は諸君にお断りして置かねばならぬが、實はこの方面の研究は未だ完成まで到達して居ないのである。

第 六 圖



故に、自然こゝにはその大體見當の決論を紹介することにしまし、詳しい決論は他日の發表にまたれたいと思ふ。

唯一つ茲に注意して置きたいと思ふ。一般に銀河系は大體から見てレンズのやうな形をして居るに屢々考へられた。ハーシエルの意見もそうであつた。事實ハーシエルの模型も又私がやつた青白い星だけについての銀河系の模型もそうであつた。然し數學的に天空測量の結果を整理して見るに二の意見はあてはまらぬやうである。

銀河系がレンズのやうな形をして居るに言ふ事は銀河の中心部に於ては眞である。けれども、これによつて銀河の限界をきめるわけにはゆかない。實際、星の密度は外邊に行くにしたがつて次第に寡にはならないでこのレンズのすつみ外側の方に行くに又新しい星の密集した場所がある。而もこの密集した場所は幾度も起つて來るらしい。即ち銀河の中心部のレンズ形星系は多くの星團の集まりによつて取りまかれてゐる、色々な第五圖及第六圖に於て星の雲 (Star-clouds) が見られるが、我等は教學的に研究して見るに銀河系の内部にあるのではなくして銀河系の周邊にあるに言ふ事がわかるのである。私は最後に第一講の始めに述べたデモクリトスの言葉を引用してこの講を終らうと思ふ。曰く。

Who seeks will find the good only with labor and pains, the bad, however, is found by everybody without seeking.

第三講終 (荒木俊馬譯)