

銀 河 の 進 化 論

石 田 憲 一*

1. THO 理論——1955年から1960年

渦巻星雲は、楕円星雲から進化したのか、それとも楕円星雲に進化していくのか、という問題に対して明快な結論はいまだ得られていない。いまだ、というよりも今ようやくそれを論ずることができるようになったといえるかも知れない。といっても、この十数年来、銀河の進化について、暗黙の常識がなかったわけではない。恒星は、銀河の主な構成物であるから、星の進化の理論が確立した時、ただちに銀河の進化の方向について想像をめぐらすことは容易であった。地球の年令の百分の1以下の寿命しかないはずの高温星が、銀河の渦巻腕に観測される。それらの若い星は星間ガスと共に渦巻星雲やマゼラン雲型の不規則星雲に多く見られ、マゼラン雲には全質量の半分に近い星間水素ガスがある。それに反して、楕円星雲には、若い星も星間ガスも中心核をのぞけば見つけられていない。こうしたことから、銀河は一般に不規則星雲が若く、次に渦巻星雲、楕円星雲が一番老令であろうという考えが自然と出てくる。

それに対して、宇宙のはじめにすべての銀河は同時に生成して、それぞれの質量と角運動量を与えられたとすれば、銀河はみな同年令で形態のちがいや星の年令とか星間ガスの量のちがいは、初期条件による星の生成のはやさのちがいにすぎないという考えがある。また、銀河があとからあとから生れているとしても、アンバルツミアンのように、銀河の中心核で星間ガスが創り出されているとして、楕円星雲から渦巻星雲に進化して行くと主張することもできる。

一方、星の種族の概念は、わが銀河系の進化の途筋について示唆を与えた。それは、1955年2月に京都で開かれた天体核現象の研究会から生れたTHO理論であり、1957年にパチカンで開かれた星の種族のシンポジウムの結論であった。すなわち、宇宙のはじめにできた元素でできている第一世代の星を種族IIの星という。それ以後の星の内部の核融合反応でできた元素で汚染された星間ガスから生まれた第2世代以後の星を種族Iの星という。太陽および太陽近傍の大部分の星は、世代を重ねて十分に汚染された元素組成を持ち、銀河系の円板部を構成している。そして特に、種族Iの星は渦巻構造を示す若い高温星によって代表されるが、年老いた星もある。中

質量以下の星は宇宙の年令より長命なので、老令の星団のHR図が、種族IIの星の特徴で、球状星団に代表され、若い星は知られていない。種族IIは銀河系の中では、中心に対して球対称に分布し、中心部から外に向って滑らかに分布密度が減少している。そこで、銀河系は初期に球形に近い不定形で時と共に扁平になったのであろうと考えられた。この仮説の理論的説明の試みとして、ある程度定量的な取り扱いが行なわれ、それを軸として1964年の京都での銀河の研究会では、銀河の進化の理論が組まれた。渦巻星雲の渦巻腕は、銀河磁場を筋金とした星間ガスでできているという前提のもとに、東北大のグループによって電磁力学的に研究され、銀河磁場の起源は銀河系の形成以前に求められた。1964年の銀河の会は、明らかにTHO理論の延長上において、銀河の進化の作業仮説を整えようと意図していた。一方、QSOが発見され、M82の中心核の爆発が明らかとなり、セイファート星雲が注目されはじめていた。そして我々の銀河系の中心核を含めて、すべての銀河の中心核が、何か相当に大きな、‘神秘的な’ものを含んでいるのではないかという問題意識が、一部にすではっきりとあった。しかし、それが銀河の進化にとって中心的問題であるという位置づけが行なわれるには至らなかった。

上に述べたような銀河系の構造の進化に関する作業仮説は、この十数年の間意識的あるいは無意識的に多くの研究の前提となりまたは検証すべき対象となって来た。しかし同時に、これが唯一の可能な作業仮説ではなかったはずであるが、決定的な検証の困難さと理論展開の難易ということがあって、他の作業仮説に常識の座をわたすことなく年月がたった。ここで銀河の構造論が、星の内部構造論よりはるかにおくれていまだに確立していない理由を考えて、次に現在の主流の作業仮説に対する反証となり得る観測事実をあげてみたい。そして、最後に、それによってかわり得る反主流の作業仮説をあげて、銀河の構造論の目的ないし役割を考えてみたい。

2. 静止モデルの計算

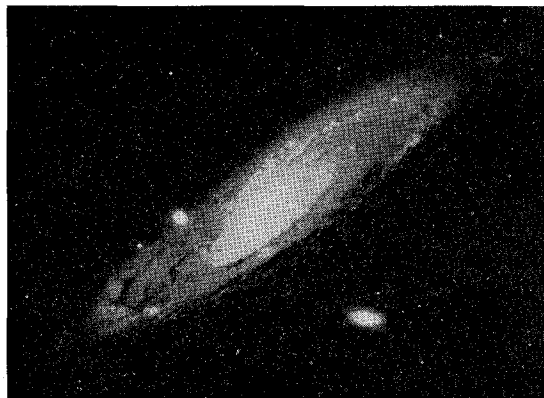
多くの銀河の質量は、わずかの星間ガスの他は星である。大部分の星は宇宙の年令よりも永い間、大きな変化を起さないような比較的低温の主系列星やあるいはもしかするとかなりは白色矮星として、静かに銀河を形成している。それらの星は、星自身の大きさからいっても銀

* 東京天文台

K. Ishida: Structure of Galaxies.



第1図 典型的な楕円星雲 M87. 周辺部に球状星団が群がっている



第2図 アンドロメダ星雲は典型的な渦巻星雲である

河全体に対する影響からいっても、文字通り質点としての役割りしかない。すなわち、星は重力ポテンシャルという器をかたちづくり、星間ガスはその中で動くだけで、器に対しては無効。星の分布によってできている銀河の重力ポテンシャルは、それらの星自身の運動エネルギーによる内部圧力で支えられて釣合っている。さもないと銀河は星自身の重力で今でもつぶれつつあるところか、または逆に運動エネルギーが大きすぎて拡散しつつあるところかのどちらかであろう。銀河の形状が、かなり中心対称なきれいな形をしていること、大多数の銀河で銀河回転がだいたい円運動と見られることから、回転対称の重力ポテンシャルと、星の運動エネルギーは釣合っていると思われる。それで、遠心力としての銀河回転と内部圧としての星の速度分散に釣合うような、重力ポテンシャルを与えるところの、質量分布を計算することによって、銀河の全質量を取扱うことができる。

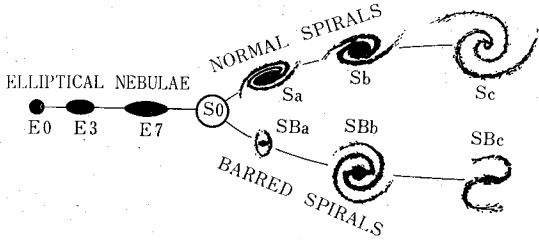
これは、1870年に出た星の内部構造についての最も古いレーンの論文に対応している。論文の題は「実験で判っている気体法則に従い、その内部エネルギーで、ある体積を張っているガス球としての、太陽の理論的温度」であった。我々の銀河の問題はすでにここで、いくつもの困難に直面している。星の自転の影響が内部構造論に採り入れられるようになったのはほんの最近で、しかも補正量として扱える。それに対して銀河の回転は、多くの銀河を回転する円板で近似できる位に根本的で、速度分散がむしろ補正量として扱われる。といっても速度分散もそれほど小さいわけではなく、速度楕円体と呼ばれる扁平につぶしたラグビーのたまのような非等方的速度分散を扱わねばならない。銀河を構成する星の相互の重力的な緩和時間は、銀河回転の周期の10倍以上で、一般には 10^8 倍(宇宙の年齢よりはるかに永い)と考えられている。このことから、銀河の中で星の運動はだいた

い保存系と考えられるが、運動の積分として、エネルギーと角運動量の他に、第三の積分が、銀河の重力ポテンシャルの中に一般的にあるかどうかについては、いまだに結論が得られていない。

我々は現在、70個近くの銀河で、内部の回転速度について多かれ少なかれ知識を持っているが、速度分散の詳しい知識は、銀河系の太陽近傍100パーセク以内に限られている。それから逆に、直接光度分布から質量分布を推定することが考えられるが、かなりの注意が必要である。銀河の円板部の光度分布に寄与しているのは巨星や高温星やガス星雲であることがわかっており、質量としてはほんのわずかな割合を占めるに過ぎない。実際に、銀河回転曲線だけから推定される質量分布と光度分布が比例していない分を、速度分散に帰するのは困難であろう。銀河の光度に寄与している高温星などは、銀河回転にくらべて極く短い寿命しかもたないので、どちらかという、星間ガスの分布または星が生れつつある場所を示しているといっている。それが銀河の中で星の密度に比例しているとは必ずしもいえないからである。銀河の、又は銀河系の内部運動の観測が、銀河回転の10分の1の寿命しかない高温星、または星間ガスの視線速度によっていることを思うと、直接銀河の重力ポテンシャルを担っている星の銀河回転や速度分散の知識は意外に少ない。

3. エネルギーの流れ

エディントンが、輻射の伝達の仕方考えに入れた星の内部構造の理論を発表したのは1916年からである。それと平行して、観測資料として1911年から1917年にかけて、22万2千個の星のスペクトル分類が完成した。ヘルツプルングが矮星と巨星を分離(1905年)、ラッセルがHR図を発表(1914年)して主系列星の明るさと半径の関係を明らかにしたのと時を同じくしていた。エディントンの理論は、彼自身によって1924年の質量



第3図 ハッブルがはじめて発表した銀河のフォーク型分類図

光度関係の発見で検証されてしまった。

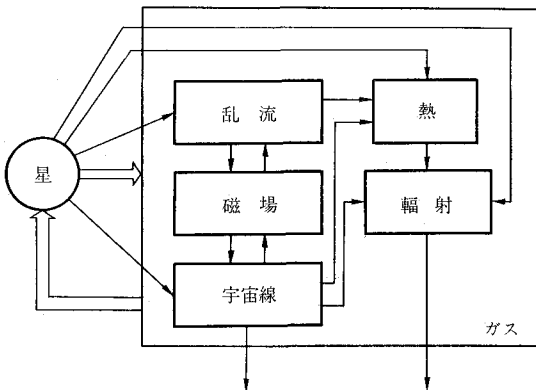
銀河の分類は、ハッブルの行なった写真の形態による分類を持って嚆矢とする。楕円星雲E型から中間型S0, SB0を経て、渦巻星雲S型和棒渦巻星雲SB型の2枝に分れるこのフォーク型の分類図は、北天の600個の銀河の写真によって得られた。この分類法はそれ以来、根本的な考え方として受け継がれ標準分類といわれている。その後、いくつかの新しい分類法も提案されたが、とに角、現在でも形態分類された総数は南天を入れて1500個に過ぎない。この数は宇宙全体の銀河の数から見て、論外に少ないことに注意していただきたい。見かけの形態で分類するという事は、厳密には同じ距離から同じ向きで眺めて見なければいけないことになるので、星のスペクトル分類のようにはいかないのである。さて、最近発表されているいくつかの新しい分類法は、EからSを経てIrr（マゼラン雲型の不規則星雲）に至る系列に対して、棒渦巻の特徴を第2次元とし、環状構造的特徴を第3次元とし、さらに銀河の質量や光度分布の中心集中度や中心核の活動度や銀河の絶対光度や電波の強度などを考慮に入れるという具合に分類の次元を増す一方で、結果的にはどれひとつとして同じような銀河はないということになりかねない。ここで、どのパラメータが銀河の中のエネルギー伝達に大きな役割を果している独立



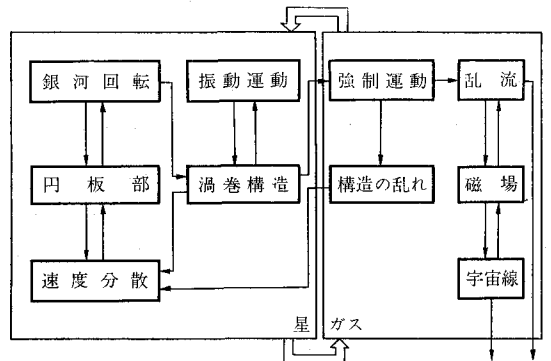
第4図 大マゼラン雲は、不規則型星雲

のパラメータかを見極めなければならぬ。また、中心核の活動度や電波強度などは、銀河の進化の途上で、非常に短い時間しか持続せず、そして反復されるものかも知れない。それで、まず銀河の内部のエネルギー伝達の方向についての知識を整理することからはじめねばならないだろう。

しかし、ここで我々はもうはっきりとした理論を持っていないのである。星から銀河の中へ放射が供給されているが、そのまま直接銀河から放出されてしまうなら、銀河の構造にとって重要ではない。エネルギーの発生と流れの方向ということを考えると、可視域の光で眺めた形態だけに気をとられていることは間違いであろう。星の生成は大事なできごとで、それを示す高温星やガス星雲の分布としての可視光による構造は重要である。銀河の重力ポテンシャルのおおよその見当を示す意味で、滑らかな光度分布も重要である。しかし、その重力ポテンシャルの中で、これから星をつくることになる星間ガスがあるかどうかということ、その中で乱流運動、銀河磁場、宇宙線の間のエネルギーの交換について知ることは、もっと重要である。エネルギー発生の源として、高温星の紫外光や、超新星、新星、赤色巨星などからの宇



第5図 星をエネルギー源とした場合の、エネルギーの流れ図



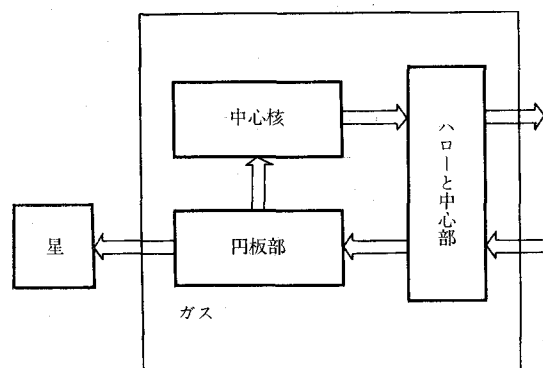
第6図 銀河回転をエネルギー源とした場合の、エネルギーの流れ図

宙線、高エネルギー粒子と銀河磁場の供給、それに星間ガスの放出という、いわば銀河回転の時間尺度から見るとそのなかの泡のように短命な大質量星が、一つの可能性として考えられる。次に、銀河回転が剛体回転からはずれている微分効果のために、星間ガス雲の集合体が、渦巻ポテンシャルの中で、こすれあって結局銀河回転のエネルギーを星間ガス雲の乱流運動にくずしていくことが考えられる。第三のエネルギー発生の源として、我々は銀河の中心核を考えねばならない。我々の銀河系を含めて多くの銀河の中心核やハローからの非熱的電波は、強い磁場と宇宙線電子によるシンクロトロン輻射と考えられている。また銀河の中心部の銀河回転が乱れている場合が多く、特にセイファート星雲や M82 のように、星間ガスが爆発的に放出されていることがあるのを見ると、銀河のハローは中心核の爆発によってできるといってよさそうである。中心核から放出される星間ガス雲の量はわからないが、銀河のハローを通じて、円板部へも影響を及ぼし、宇宙線、乱流運動、銀河磁場などの供給源となるかも知れない。中心核のエネルギー発生と銀河本体への流れを示すような観測量に注目しなければならない。

上に述べた3つのエネルギーの源としての可能性の定量的比較をする段階にはまだない。それらの3つの源は、全く独立ではないので、銀河の質量と角運動量が、星間ガスから星の生れる効率に全体としてどのようにかわっているのか、渦巻ポテンシャルないしは微分回転にどう関係するか、活動的な中心核の形成にどう関わっているかを当面調べて行くことになる。

4. エネルギーの発生機構

星の内部構造の理論ができてから、星の進化を論ずることができるまでには大分間があった。それは原子核反応の機構が明らかとなった1938年以降のことである。銀河はまだ、静止モデルの計算の理論さえ満足とはいえない。



第7図 中心核をエネルギー源とした場合の、エネルギーの流れ図

ない。エネルギーの流れに関しても、はっきりとした機構はわかっていない。それに対して、エネルギー発生機構の方が、先に明らかにされることになるかも知れない。星はどんなに近くても、太陽以外では大きさは認められない。それに対してアンドロメダ星雲の長径は、月の直径の5倍にも見え、大小のマゼラン雲はそのまた10分の1の距離にある。そして我々は銀河系の内部にいるのである。多くの銀河の形や大きさが、可視光や電波その他で観測できるばかりでなく、内部がある程度透明なので光度分布、視線速度の観測で回転速度や時に速度分散、磁場の推定までできる。これらのことは、星に較べて研究に有利なことである。銀河の研究が、多岐にわたる観測と、銀河の中の個々の現象を理論的モデルで表現して見るという過程を同時に平行して押し進めながら全体的構造と進化を明らかにするという方向に進んでいる所以であろう。

前節であげた3つのエネルギー発生源の中で、第1の星からのエネルギー発生機構については、すでに明らかになっている。その星間空間への伝達の機構は、現在惑星間空間の観測的研究の目覚ましい発展によって明らかにされつつある。銀河の構造の進化に対する効果も間もなく量的に明らかになるであろう。第2の銀河回転の微分効果をエネルギー源とする機構の解明については、星間ガスが、どのような密度のふらつきで分布しているか、またその速度場や銀河磁場の強さと形の観測が必要である。電磁流体の乱流理論によって定量的にその効果が調べられねばならない。もし、この過程が有効ならば、銀河回転軸に対する角運動量が、スケールの小さい渦運動に分割されて、銀河回転の角運動量は保存しない。また、まさつのため銀河回転の角運動量は、銀河の外へ外へと伝達されて、いずれにしても星間ガスは銀河中心へ次第にあつまて行くだろう。第3の中心核でのエネルギー発生の機構は今、大いに研究されている。一方は、スペクトルおよびその変化を幾何学的に可視域電波領域を主にあらゆる波長域で観測して、中心核の物理的モデルをつくる研究である。他は中心核形成に至るモデルを考案することで、両方のアプローチが接点を見出せるかどうか。「神秘的」としかいえない QSO の活動が、外見上は普通の渦巻星雲に分類されていたセイファート星雲の中心核に類似していること、我々の銀河系を含めて現在全く普通の銀河といわれているものの中心核にもどこか類似性のある現象の見られること、これを考えると我々の現有の理論で、エネルギー発生機構を明らかにできるかどうか不安でもある。

5. 星の種族の再検討

銀河の研究の現段階を振りかえって見ると、星の内部

構造論のように、ここまでできたので次をというように積み上げられて来ていないことがわかった。これはちょうど、人工衛星の打ち上げのために、いろいろの専門家が同時に平行して、その準備にとりかかっているのと同じで、時に全体的計画の再検討をしながら先へ進まねばならない。であるから、時にはかなりさかのぼってすでに永い間、前提として来たことまで再検討して見る必要がある。

ここでは、第1節で述べた1964年の銀河の会においてまとめられた、銀河の進化についての作業仮説を再検討したい。そのまえに、特にその頃からの研究で明らかになった事実として、 3°K の宇宙放射の発見がある。これによって、宇宙にはじめがあり、出発点では高温高密度であったとする膨脹宇宙論に根拠を与えた。それに対して定常宇宙論は大きな打撃を受けた。それに加えて、いろいろの方法による宇宙の年齢の計算は年と共に精度があがり、最も古い球状星団と、最も古い散開星団の年齢はだいたい70億年に一致を見ることができ、その他のすべての岩石や隕石や天体の年齢は70億年以下になった(これには、現在でも多くの異論がある)。

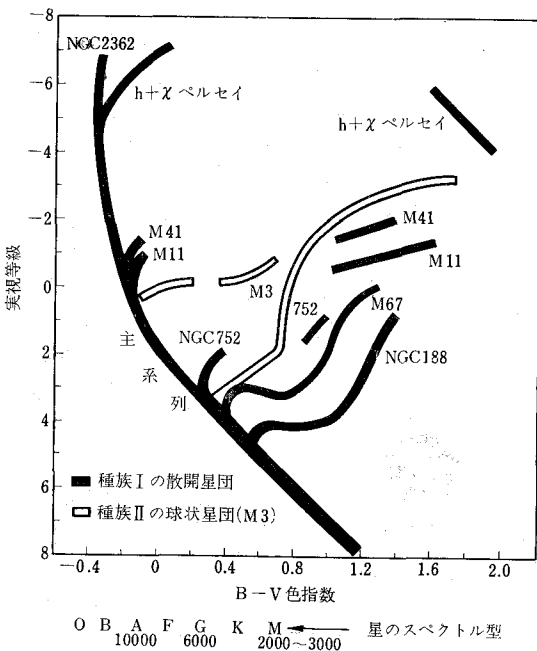
それから重要なことは、渦巻星雲の渦巻腕が、銀河の円板部を構成する星の固有振動による密度波として説明できる見通しのついたことである。渦巻腕を密度波として理解しようとする理論は、十数年も前からリンドブラッド(1953)によって唱え続けられていたのであるが、円板自身の振動として取り扱われなかったため一般性のある理論ではなかった。その頃、星の光の偏光で発見され

た銀河磁場の磁力線が、渦巻腕の方向に沿って伸びていることがわかった。それで磁場の圧力が星間ガスの渦巻腕と釣合っているという仮定で、銀河磁場の強さが計算された。それを拡張して、磁力線を筋金として渦巻腕ができて、銀河回転の微分効果で渦巻型に巻きついているというモデル(1960)が提出されたわけである。このモデルは当然のことながら、宇宙の年齢の間に、渦巻腕は数十回も巻きつくことになって行きづまってしまった。そして、リンドブラッドの理論を質点系の数値積分によって確かめようという試み(1960)と共に、理論的研究がはじめられた。理論は完成したわけではないが、見通しは明かるい。渦巻腕ばかりか、棒渦巻構造や環状構造の研究、さらにM51のような伴星雲に伸びている渦巻腕についてもこの理論が有効性を示すことを期待したい。

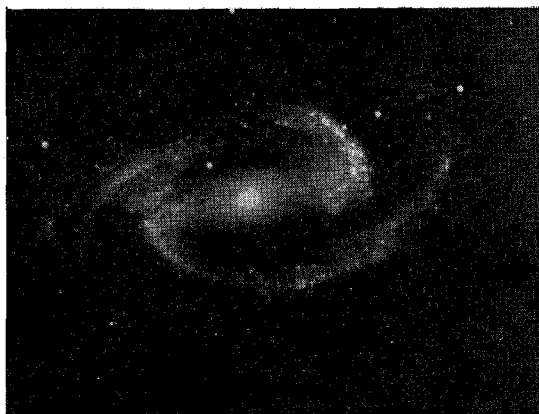
さて上述の理論によれば、渦巻ポテンシャルは、銀河円板部が全体として振動するため、それを構成する星が定常的な粗密波をつくって、個々の星の銀河回転速度にかかわらず一定の形を保っていると考えられている。この粗密波のなかでは波長の短い波ほど、はやく成長する。しかし波長の短い波、すなわち細かい渦巻構造は、星の速度分散によって吸い取られ、ならされてしまう。渦巻星雲の渦巻腕のきめの細かさは、中心部の大きさと逆相関の関係にある。渦巻腕のきめの細かいことは、上に述べたように星の速度分散の小さいことを示す。ソンプレロ星雲(NGC 4594)のように中心部が立派だと渦巻腕は時に羽毛状になっている。りょうけん座の渦巻星雲(NGC 5194/95)では、中心部が小さく渦巻腕はたくましい。速度分散の大きい種族IIの中心部が立派なときに、円板部の種族Iで速度分散が小さい、というのは種族IとIIの速度分散が同質のものではないという印象を受ける。

渦巻星雲は、円板部と中心部のかなりはっきりと異質の構造の複合体である。銀河回転をしている円板部は、中心部の外側に帽子のつばのようについているのではなくて、中心核に至るまで種族Iの円板部の天体である。銀河の中心核のスペクトルが種族Iの組成を示すことは、このことを示している。M31の中心の半径7パーセクの恒星状中心核が87 km/secで回転をしていること、中心から25パーセク位まで吸収物質の渦巻構造がはいり込んでいることも、このことを示している。

銀河系の種族IIの典型的な天体は、球状星団である。銀河系の円板部は太陽近傍で250 km/secの速さで銀河回転をしている。ところが球状星団は銀河系の中で全体として銀河回転をほとんどしていない。同じく種族IIの星で、準矮星の70%の星は銀河中心から3 kpc以内に近づくような細長い銀河軌道を持っている。同じく金属元素の特に少ない琴座RR型変光星の銀河中心に対する



第8図 球状星団よりも老令の散開星団がある

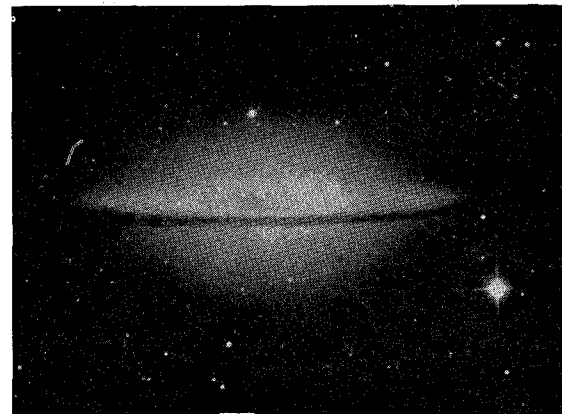


第9図 典型的な棒渦巻型星雲 NGC 1300.

角運動量は、種族Ⅰの星の8分の1以下しかない。第1世代の種族Ⅱの天体は、銀河系がまだ扁平になる前に星になったために、そのまま保存系になって銀河系の初期の大きな速度分散を今も持っていると考えられて来たが、銀河回転の角運動量を種族Ⅰと同じ位に、もともと持っていなければ原始銀河系は扁平になることができないだろう。

種族Ⅱの天体に、このように極端に銀河回転の角運動量が少ないことを説明するためには、原始銀河系がまだ自由落下的に重力収縮している段階またはそれ以前に種族Ⅱの天体はできたとする考え(エゲン、リンデンベル、サンデジ: 1962)をとることができる。しかし、その場合は、極端な種族Ⅱから種族Ⅰに至る中間の元素組成を持つ、銀河系内に中間の扁平度で空間分布する星を皆、自由落下の途中で生まれたとせねばならなくなる。自由落下している $\sim 3 \times 10^8$ 年の間に、銀河系の元素組成が種族Ⅰ的になるまで、金属元素がまきちらされたと考えることができるだろうか。

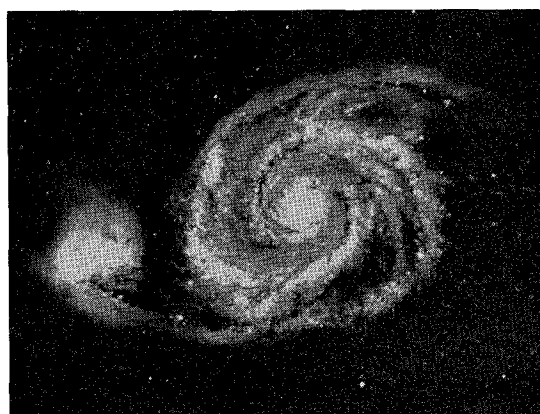
銀河系の中の種族Ⅱの典型的な天体は球状星団である



第10図 立派な中心部をもつ渦巻星雲 NGC 4594.
別名ソンプレロ星雲という

が、多くの球状星団よりも古い散開星団 NGC 188 や M 67 が発見されているということは、あるいはもうほとんど原始銀河系ができてまもなく、またたく間にひどく汚染された場所ができた証拠といえるかも知れない。それでは銀河系の中で汚染のひどい場所とそうでない場所があるはずである。太陽近傍の3本の渦巻腕について、種族Ⅰの元素組成にちがいがあるといことはまだ認められていない。逆に、種族Ⅰの元素組成は、銀河系ばかりかマゼラン雲やアンドロメダ星雲でも一様で、金属元素の水素に対する上限値は一定で、片まじりということは認められないようである。星のスペクトル分析の結果の吟味についてはウンゼルト(1969)の論文に詳しい。簡単にいえば、太陽の近傍では、特にはなはだしく異なるスペクトルを示す星を除けば、ほとんどの星は一つの方式で、すなわちスペクトル系列と絶対光度系列の2次元分類が適用できる。また、多くの銀河の中心核のスペクトルが、銀河系の太陽近傍の星のスペクトルの合成であらわせる。このように種族Ⅰの元素組成が、宇宙の中で驚くべき一様さをもっているということは重要である。これは汚染という考えを改めねばならないことを示す。

さらに興味のあることは、水素に対するヘリウムの量 ($H/He \sim 6.2$) が、種族ⅠであるかⅡであるかを問わず一定ということである。もちろん、いろいろの星やガス星雲でいろいろの値が得られているが、特に異なった値を示すヘリウム星などの他は、誤差以上のばらつきは認められていない。またヘリウム星などの特異さは核反応の過程で説明できている。これは、一般のヘリウムは、星の中ではなく、もっと一般的機構で与えられた存在比と考えねばならない。宇宙の年令の間に、星の中の核融合反応でつくられるヘリウムは銀河系の中で水素のわずかに2%と推定されることから、大部分のヘリウムはもっと一般的な機構でつくられたのであろう。



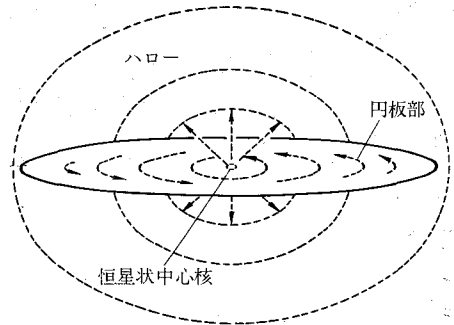
第11図 たくましい渦巻腕をもつ渦巻星雲
M 51 とその伴星雲

6. ウンゼルトの作業仮説

ウンゼルト(1969)は、星の大気やガス星雲のスペクトル分析の結果を検討して、アンバルツミアン(1958, 1961, 1964)の考えに極めて近い作業仮説を提出している。銀河の中心核で、宇宙の初期の「ビッグ・バン」に対応して「スモール・バン」ともいえる爆発が起っているというのである。すなわち、銀河の中心核で種族Ⅰの元素が完全に料理しなおされて爆発して、水素とヘリウムが新しくつくられたと考える。それが銀河にばらまかれ、種族Ⅰの金属元素が薄められたのが種族Ⅱの元素組成だとする。この場合、種族Ⅰの元素組成が宇宙のはじめの「ビッグ・バン」の後、銀河ができるまえにつくられたと考えて、金属元素の存在比の上限が、宇宙でどこも一定であることを説明する。種族Ⅱの天体の速度分散は、中心核の爆発によるとすれば、銀河回転の角運動量の小さいことも説明できる。

このウンゼルトの仮説は、銀河の中心核での爆発という、極めて大たんなエネルギー発生機構を提案してい

るので、理論をつくる上での困難が大きい。そのため、主流の作業仮説となることはすぐにはないだろう。しかし可能性として、念頭におくべき一つの仮説であることに疑問はないと思う。中心核からのエネルギーの流れを主なエネルギー源とする銀河のモデルを展開することもできるだろう。



第12図 銀河の構造

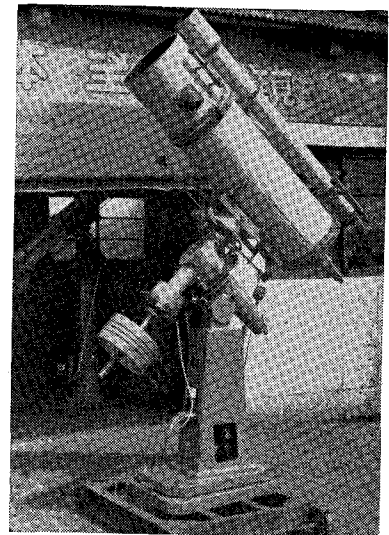
西村製の反射望遠鏡

- | | | |
|------|-----|-------------------|
| 30cm | “A” | カセグレン・ニュートン兼用 |
| | | 10cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| | “B” | カセグレン焦点 |
| | | 15cm 屈折望遠鏡 (f/12) |
| 40cm | “A” | カセグレン・ニュートン兼用 |
| | | 15cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| | “B” | カセグレン焦点 |
| | | 20cm 屈折望遠鏡 (f/12) |

株式会社 西村製作所

京都市左京区吉田二本松町27
電話 (771) 1570, (691) 9589

カタログ実費90円郵券同封



30 cm 反射望遠鏡

ニュートン・カセグレン兼用