

氏 名	池 内 了 いけ うち さとる
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 347 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学位論文題目	銀河の構造と進化

—ガス, 星の存在比に着目して—

論文調査委員 (主 査) 教 授 林 忠四郎 教 授 長谷川博一 教 授 玉 垣 良 三

論 文 内 容 の 要 旨

銀河の構造と進化に関する研究は、現在のところ恒星の構造と進化の研究ほどには進展していない。その理由は、銀河は星とガスからなる多成分系であること、物質とエネルギーの存在形態が多様であってこれらの間の相互移行の過程が重要であること、さらに球対称性が破れていて非球対称の回転系として取扱わねばならないことなどである。このような現段階において申請者の意図する銀河研究の方向は、まず銀河の構造と進化をいくつかの状態と段階に区分して単純化し、さらに銀河の構成要素の間の相互転換の過程のうちで最も重要なものをできるだけ正確に解析することによって、銀河の大局的な進化を論ずることにある。

主論文は、銀河形成以後の状態を三つの進化段階に分けてモデル化し、各段階におけるガスと種々の質量の星の相互の移行過程を調べ、諸種の銀河の観測事実と照合することによって、銀河の進化の本質を明らかにすることを試みたものである。

申請者の考える第一の段階は、原始銀河の雲が形成された後に、これが重力的に収縮しながら、現在の種族Ⅱの星のもとになる球状星雲が形成される段階であって、銀河形成後約 10^8 年の期間である。申請者はこの段階の進化を、角運動量をもたないで球対称的に収縮する楕円状巨大銀河のモデルと、角運動量の影響が初期から重要であって、円盤に向って収縮する渦状銀河のモデルの二つの場合について、初期のガス分布と星の形成率の二つをパラメーターにして調べている。

その結果として、どちらの場合にも、初期のガス分布の中心集中度が大きく、星の形成率のガス密度への依存性が高いほど、星とガスからなる高密度の球状または円盤状の中心核が形成されて、これが活動度の大きい領域になることを見出している。申請者は、これらの中心核がセイファート銀河や QSO (準星状天体) に見られる活動領域にほかならないものと考えている。

第二の段階は、銀河が力学的平衡に達した後に、ガスからの星の形成と、進化した星からのガスの放出が同時におこり、このようなガスと星の相互転換が銀河の光度、ガスと星の質量比、ガス中の重元素量な

と銀河の進化の指標となる諸量が規定される段階である。申請者は研究の結果として次のことを見出している。初期の 10^9 年の間は、ガスからの星の形成が圧倒的であって、銀河全体の光度は急速に増大し、比較的に大質量の星の内部で形成された重元素の放出によって、星間ガス中の重元素量は現在の値以上にまで増大する。この発見は、ガス中の重元素量が銀河の進化とともに単調に増大するというこれまでの常識をくつがえすものである。ついで、その後の $2 \sim 3 \times 10^9$ 年の期間は、以前に形成された小質量の星から重元素をあまり含まない外層部の物質が放出されるために、星間ガス中の重元素量は極大値をとった後に減少を始めるという興味ある結果を見出している。

その後の第三の段階は、星の形成によるガスの減少と星からのガスの放出が釣合った状態にある $4 \sim 6 \times 10^9$ 年に及ぶ期間である。現在の渦状銀河はこの段階にあるものと考えられる。この定常状態を過ぎると、銀河のガス量はゆっくりと減少して、最終的には星だけからなる系になる。楕円状銀河はすでにこの段階まで進化したものと申請者は考えている。

以上のように、申請者はガスと星の相互転換の過程を追求することによって銀河の進化の大局的な特徴を把握するのに成功しているが、他方では渦状銀河に見られる渦状腕のような細部構造をどのように説明するかという問題が残されている。そこで、申請者は上記の第三の段階の銀河、すなわち、ガスと星の混合系ならびに星だけの系を考え、これらの自己重力系における集団運動のモードの安定性を調べ、銀河の細部構造が不安定なモードに対応するかどうかを検討して、次のような種々の結論を得ている。

ガスと星の混合系において、ガスと星の間に相対運動が存在する場合、プラズマ物理学で良く知られた Landau 生長の機構によって overstable な密度波が発生する。とくに、渦状銀河のような薄い回転円盤の系では、中心に向うガスの流れが存在する場合、Landau 機構によって渦巻状の波が励起される。また、楕円状銀河のような星だけの系では、成長するようなモードの波は一般になく、系の不斉一性のために密度波が生じたとしても、短い時間内に散逸することを見出している。

参考論文 1 は、中性子星を構成する高密の中性子物質の状態方程式を多体問題的な取扱いによって求め、これを用いて中性子星のとりうる最大質量を見出したものである。参考論文 2 と 3 は、炭素燃焼段階から最終段階にいたる星の進化を計算したものである。参考論文 4 は、超新星爆発の際に星の内部で進行する中性子過剰の原子核の形成過程を調べたものであり、参考論文 2 と 3 とともに、その結果は主論文において用いられている。

論文審査の結果の要旨

ここ15年間の観測の飛躍的な発展によって、銀河には多数の種類があり、その構造や活動度には種々の差があることがわかってきた。とくに、ガスと星の質量比には一般に大きい差があって、ガスの占める質量は不規則状銀河の40%から楕円状巨大銀河の0.2%以下という広範囲にわたっている。

主論文は、このように多様な銀河の構造と進化を大局的かつ統一的に理解するために、とくに銀河のガスと星との相互転換の過程に着目して、形成以後の銀河におけるガスと星の存在比とガス中の重元素の存在量が時間的にどのように変化するかを詳しく調べたものである。

まず、ガスから星の形成については、正確なことがわからないので、形成率はガスの密度の1乗または

2乗に比例するものと仮定している。また、形成される星の質量スペクトルとしては、現在の星団の観測値を採用している。種々の質量の星の進化、とくに内部における重元素の形成量やガスの放出量などについては、最近の研究の成果を総合して用いている。さらに、放出ガスの星間空間における拡散過程を調べて、十分短かい時間内に星間ガスと混合することを確かめている。

以上のようにガスと星の転換過程を調べた後に、申請者は銀河の進化を三つの段階に大別して、各段階毎にガスと星の存在比とガス中の重元素量を詳しく計算している。第一の段階は、銀河全体が重力的に収縮する短かい期間であって、申請者は初期のガスの密度分布が少し中心に集中している場合には、極めて高密度の中心核が形成されるという興味ある結論を得ている。第二の段階は、銀河が全体として力学的平衡に達して、ガスと星の転換が活発に進行する時期であって、申請者はガス中の重元素量は急速に増大して最大値に達し、その後は比較的ゆっくりと減少して現在値にいたるという注目すべき結論を得ている。

第三の段階は、星の形成とガスの放出がほぼ釣り合う時期であって、現在の渦状銀河はこの段階にあるものと考えている。申請者は、渦状腕などの銀河の細部構造の存在を理解するために、星とガスの混合系において、星とガスの間に相対運動がある場合に、密度波が Landau 機構によって生長するかどうかを詳しく調べて、種々の結論を導くことに成功している。

以上の主論文は、ガスと星の相互転換による銀河の進化の過程を追究して、種々の観測事実を説明するとともに進化の大局的な特徴を明らかにしたものとして、銀河の構造や進化の理論の発展に寄与するところが少なくない。なお、参考論文はいずれも、申請者が天体物理学、原子核物理学などの広い分野にわたって豊富な知識とすぐれた研究能力をもっていることを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。