

【 23 】

氏名	松田卓也
	まつだたくや
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第190号
学位授与の日付	昭和45年7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	<b>Evolution of Galaxies and Secular Variation of Cosmic Rays, Magnetic Fields and Turbulence</b> (銀河の進化と宇宙線, 磁場, 乱流の永年変化)

論文調査委員 (主査) 教授 林 忠四郎 教授 長谷川博一 教授 町田 茂

論文内容の要旨

銀河の進化を定める重要な基礎過程の一つは、ガスと星との相互転換であると考えられる。すなわち、初期の銀河はガスだけからなっていたが、ガスから星が生まれ、この星のうちの比較的大質量のものは早く進化を終えて爆発を起こし、その大部分の質量は再びガスにもどる。このような星の生成と爆発が、現在まで約100億年の間に多数回くり返されて、銀河内のガスの量は次第に減小し、ヘリウムや重元素の存在量は増大したものと考えられる。

上のような考えに従って、1959年頃 Salpeter や Schmidt は、わが銀河の全体としての光度、ガスの量と化学組成などの時間的変化を計算した。また最近 Tinsley (1968) は、星の生成率のパラメータの値を適当に選ぶと、銀河の種々の型によるガスの量などの差異が説明できることを示した。これらの研究においては、星の生成率はガスの密度だけに依存するものと仮定されたが、現実にはガスの温度にも依存するはずで、星の爆発のエネルギーは輻射、ガスの熱運動、乱流、磁場、宇宙線など、相互に結合した各種のモードのエネルギーに転化して星の形成に大きい影響を与えるものと考えられる。

主論文は、星の形成率がガスの密度と温度の両方に依存するものとして、星とガスとの相互間の転化と、上述の各種のモード相互間のエネルギー移行とを連立させて、銀河の初期から現在に至る光度、ガスの量と化学組成、各種モードのエネルギー密度などの時間的変化を詳しく計算して、その結果を観測事実と比較したものである。

まず、簡単のために銀河の体積は一定と仮定し、初期はガスだけからなり、その化学組成は質量比にして水素0.7、ヘリウム0.3、重元素 $10^{-5}$ であるものとする。また、星の生成については、一定の質量スペクトルをもった星が、ガスの温度 $T$ 、密度 $\rho$ に対して $\rho^{1.75}T^{-0.75}$ に比例した生成率をもって生まれるものと仮定した。このべき指数の値は、星の生成過程に関する考察から申請者が選んだものである。さらに生まれた星は、その質量で定まる一定の進化の寿命をもち、最後は超新星として質量の一部を放出して中性子星が残るものと考え、この寿命や放出される質量と化学組成については、最近の星の進化の理論の結果

を用いた。

星の生成はガスの温度に依存するのでこの温度の時間的変化を知る必要がある。このために、申請者は銀河を、ガスの熱運動、乱流、磁場、輻射、宇宙線といったエネルギー・モードで構成され、超新星爆発をエネルギー源とする一種の熱機関と考えた。これらのモード相互間のエネルギー移行率としては妥当と思われる値を採用して、各モードのエネルギー密度の時間的変化を、星の生成、爆発の過程と連立させて計算したのである。

申請者は、銀河の初期密度や星の生成率の比例定数の種々の値に対して、上述の計算を行ない、次の結果を見出した。まず星の生成率の比例定数の値を適当に選ぶと、銀河の光度、ガスの量と化学組成、各種のモードのエネルギー密度の現在値が、わが銀河の観測値とほぼ一致する。また、銀河の光度の時間的変化は、宇宙線や乱流の強度変化に比べると小さい。さらに、星の生成が最も活発である時期は銀河の初期のものではなくて、少し後であるという結果を得ている。

ついで、星の生成率の比例定数を一定にして、ガスの初期密度を変えると、初期密度の高い場合ほど、100億年後におけるガスと星の質量比が小さく、重元素の存在量が大きいくちを見出している。これより、楕円型、渦巻型、不規則型という異なった型の銀河におけるガス量の差異は、銀河の年令の差によるものではなく、初期条件の差によるものであることを結論している。最後に、銀河の初期から現在までの間のガス中のヘリウムの存在量の増加は1%の程度であることから、現在観測されている30%というヘリウムの存在量を説明するためには、ヘリウムの大部分は銀河形成以前の段階で形成されたものと考えざるを得ないと結論している。

参考論文1は、太陽質量の $10^4$ 倍から $10^{20}$ 倍の範囲の超大質量星が形成された場合の重力的崩壊の過程を、一般相対論的な流体力学の方程式を数値的に解いて調べたものである。参考論文2は、膨張宇宙初期に水素の原子と分子が形成される過程を調べて、水素原子の $10^{-6}$ 程度の数が分子になることを見出したものである。参考論文3は、参考論文2の発展として、宇宙内に原始ガス雲が生まれた場合、水素分子の放出する輻射によってガス雲が冷却する過程を調べたものである。参考論文4は、膨張宇宙初期に原始乱流が存在した場合、小さい乱流は消滅するが、銀河の程度の大きさの乱流は残存することを示したものである。

### 論文審査の結果の要旨

銀河を構成するガスと星の質量比は銀河の型によって異なり、楕円型、渦巻型、不規則型の順に減小していることが知られている。このような差異が、銀河の年令の差によるものか、または銀河形成の初期条件の差によるものかを明らかにすることは銀河進化論の重要な課題の一つである。また、わが宇宙の空間曲率の値など、その従うモデルの型を定めるためには、十分遠方にある銀河の光度、すなわち十分遠い過去における銀河の光度を知る必要がある。

主論文は、このような銀河の進化の様子を明らかにするために、その構成要素であるガスと星の相互転換の過程と、主要なエネルギー・モードである輻射、ガスの熱運動、乱流、磁場、宇宙線などの相互間のエネルギー移行の過程を連立させて、ガスの量と化学組成、銀河全体の光度、各種のモードのエネルギー

密度の100億年にわたる時間的変化を計算したものである。

これまでの研究は、星の生成率がガスの密度だけに依存する場合に限られ、従って上記の各種モードのエネルギー変化は考慮の対象にならなかった。しかし申請者は、星の生成率がガスの温度にも依存するという現実的な立場のもとに計算を行ない、種々の興味ある結論を導くことに成功している。すなわち、銀河の型によるガスと星の質量比の差異は、銀河初期のガスの密度の差によって説明できること、また、銀河内の輻射のエネルギー密度と乱流や宇宙線のエネルギー密度は、初期においては等しくないが、100億年後にはほぼ等しい値をとることを見出している。

以上の主論文は、星の生成と爆発による銀河の進化の過程を追求し、種々の観測事実を説明する興味ある結果を求めたものとして、銀河の進化の理論や宇宙論の今後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、一般相対論、原子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。