

氏 名	北 村 静 一 きた むら せい いち
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 329 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 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Time Variation of the Velocity Spheroid in the Galaxy Due to Star-Cloud Encounters (星-星雲遭遇効果による銀河系内の速度楕円体の時間的变化)

論文調査委員 (主 査)
教 授 清 水 彊 教 授 上 野 季 夫 教 授 宮 本 正 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

恒星系内における恒星の速度分布の変動は、一般重力場の変化のほか、近接恒星間のランダムな相互作用、すなわち遭遇作用にも帰せられる。この遭遇効果の評価には Fokker-Plank 方程式によるのが妥当であるとの Spitzer (1951年) の提唱以来、この立場から恒星系内の遭遇効果を調べる研究が幾つかなされている。しかし、これらはいずれも球状対称形の Maxwell 型速度分布が常に成立つとの仮定によるものであり、一般の恒星系内に見られる楕円体状のいわゆる Schwarzschild 型速度分布に対する粗い近似でしかない。

申請者は参考論文の1つにおいて、非 Maxwell 型速度分布に対する Fokker-Plank 方程式に基づく遭遇効果の評価に初めて成功している。定常且つ対称形の恒星系内では恒星の速度分布は延びた廻転楕円体状の Schwarzschild 型になることが理論上予想されるので、この型の速度分布を仮定した。しかし、この場合でも遭遇効果を受ける星群と与える星群は一般に運動状態が異なるため、形・大きさ・楕円体の長軸方向の向きが異なる2つの速度楕円体となり、問題は複雑である。申請者は、速度分布関数を Charlier の A 型級数で表わせば、少なくとも Fokker-Plank 方程式を解く解析的处理が容易であることに着目して、遭遇効果を表わす表現式を誘導したのである。そして、数値的評価のための数表を与え、具体的な応用例をも示している。

申請者はこの予備的研究の後、主論文においてはより一般的な観点から恒星の速度分布の変動問題を取上げている。わが銀河系内の太陽近傍では速度楕円体の長軸方向が、もし銀河系が定常状態にあれば銀河中心の方向に向うのに対し、約15°の傾きがあることが知られており、それを説明すべくいろいろな説も今迄に提出されている。しかし、速度分布の変動そのものを調べる試みはこれが最初である。速度分布関数の一般的变化は Boltzmann 方程式によって記述されるが、遭遇項には申請者が予備研究で得た成果を用い、またわが銀河系への適用を顧慮してある現実的な仮定を導入して簡単化を行ない、そのモーメントの式についての吟味から一般恒星の速度楕円体の形・大きさ・長軸方向の銀河中心方向からのずれなどを

表わす理論式を得ている。申請者はさらにこの理論式を用いて観測的に定められたわが銀河系の諸常数により、太陽近傍における恒星運動の変動を推算している。まず、銀河系の微分回転を行なっている一般力場は、恒星の速度楕円体（延びた回転楕円体）の長軸方向を銀河中心方向を中心として前後に振動させるのみでなく、その形や大きさをも振動させるが、それらの振動週期は約1億年であり銀河回転の週期の半分に当たる。これは申請者のもう1つの参考論文である恒星系の渦状構造においても取扱い方が異なるにも拘わらず裏書されている。遭遇効果については、恒星相互間では殆んど無視できる程度であるので、現在の観測資料から知られる星間雲、すなわち平均質量が太陽の 10^3 倍、平均密度が 1 pc^3 当り 10^{-4} 個のものの遭遇を考えたが、その効果は一般重力場の場合の $10^{-3}\sim 10^{-4}$ 程度に過ぎなかった。遭遇効果は星雲の質量の自乗と分布密度の積にほぼ比例するから、申請者はその効果を 10^3 乗倍にしたときの1例も示していて、恒星の速度分布は時とともに球状に近づきつつ速度分散は増大するが、その長軸方向には影響を与えないとしている。しかし、遭遇効果の現われ方は星間雲の運動状態に関する条件次第でかなり変わりうるし、また星間雲の質量や分布密度も不変であるとは考え難いので、申請者の数値的な結果は寧ろ応用例と見るべきであって、種々の場合適用可能な理論式を誘導したことを高く評価したい。

以上のように申請者は、恒星系内における恒星の速度分布の変動に関する問題に関し、参考論文および主論文を通じてより広い観点から近似の度合を進める新局面を展開させるに成功しており、恒星系力学の分野に新知見を与えたものといえる。

論文審査の結果の要旨

この論文は銀河系力学の基礎的問題を取扱ったものである。わが銀河系内の太陽近傍における恒星の速度分布は Maxwell 型の球状対称形ではなく、Schwarzschild 型と呼ばれる楕円体である。そして、その楕円体の長軸の方向は銀河の中心に向わず約 15° 程の傾きがある。わが銀河系が軸対称形で定常状態であれば、この方向が銀河中心に向うことが理論的に要請されるため、長軸方向の傾きが何に起因するかについては、従来から多くの研究がある。しかし、恒星の速度分布そのものの変化を直接調べてみる試みはなされていない。というのは、恒星の速度分布は星と星あるいは星間雲と星との遭遇作用の影響を受けるが、その影響の評価は速度分布が Maxwell 型の場合についてしか研究されていなかったからである。速度分布を楕円体状とし、さらに遭遇作用を及ぼす側と受ける側の運動状態が一般恒星と星間雲の場合のように異なるとすれば、形・大きさ・向きを異にした2つの速度楕円体を考慮しなければならず問題は複雑となるため、取上げるに至らなかったものと思われる。

申請者は参考論文の一つで、ある星群が廻転楕円体状の速度分布をもつ場合に、これと異なる楕円体状の速度分布をもつ他の星群との遭遇作用を評価する問題に取り組んでいる。速度分布函数を Charlier の A 型級数に展開すれば、Fokker-Plank 方程式の解を求める解析的な処理は、繁雑さは避けられないとしても、比較的容易であることに着目して、上記の場合の遭遇効果を表わす理論式の誘導に初めて成功し、これを具体例に応用して数値評価を示したのであった。Hénon が大型計算機を用いて数値的に Fokker-Plank の解を Monte-Carlo 法で解き、遭遇効果を数値的に追跡したのがこの直後であるが、申請者の理論式と一致する結果を得ている。

申請者の主論文においては、以上の予備的研究から明らかにした遭遇効果のほかに、銀河系の一般力場および銀河中心からの距離に応じて変わる回転運動をも考慮すれば、恒星の速度分布がどのように変化するかを調べている。ある現実的な仮定のもとで Boltzmann 方程式のモーメントの式を考察することにより、速度楕円体の形・大きさ・長軸方向などの変化に対する表現式を求め、これを用いて太陽近傍における恒星の速度分布の経年変化を数値的に吟味したのであった。それによれば、銀河系の廻転は恒星の速度楕円体（延びた廻転楕円体）の長軸方向を約1億年を週期として（これは太陽系が銀河系の中心の周りを半廻転する年数にあたる）振動させ、また楕円体の大きさや形にも同様な週期的変動を与える。これは申請者のもう1つの参考論文において、異なる方法によって恒星系の渦状構造を論じた際に得られた結果からも裏書されている。遭遇効果については、恒星間の相互作用は殆んど問題にならないので、質量が太陽の千倍、分布密度が1 pc³ 当り 3×10^{-5} 個の星間雲による遭遇効果が考慮された。これは銀河系の廻転力場のそれに比べると僅かに $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度にすぎないが、一般的には速度楕円体は球状に近づくとともに速度分散は増大していくが、特別の場合のほかはやはり廻転的な変動がこれらの変化に重なっている。しかし、この数値から星間雲による遭遇効果が、一般恒星の速度分布に殆んど寄与しなかったと速断することはできない。というのは、銀河系の進化の過程を通じて星間雲の状態が現状と同じであったとは考え難いからである。従って申請者の本論文は、数値的な評価そのものよりも、種々の可能なモデルに適用できる理論式を初めて与えたことに大きな意義を認めるべきであろう。

以上のように、申請者は主論文および参考論文を通じて、銀河系力学の基礎的な問題ではあるが解析的処理が複雑であるため、これまで何人も取上げなかったテーマと取組み、巧みな処理と絶えざる努力により1連の解決方式を誘導するのに成功しており、恒星系力学の分野に寄与するところが大きい。

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。