

|         |                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------|
| 氏 名     | <b>SØRENSEN, SØREN-AKSEL</b><br>ソーレンセン      ソーレン      アクセル           |
| 学位の種類   | 理 学 博 士                                                              |
| 学位記番号   | 論 理 博 第 553 号                                                        |
| 学位授与の日付 | 昭 和 51 年 11 月 24 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  | <b>On the Gas Motion in Close Binary Systems</b><br>(近接連星系におけるガスの運動) |

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

ここ10年の間に、X線を放出している天体が数多く発見され、そのうちの点状のX線源の多くは近接連星であることが見出されている。そのX線放出の機構については、連星系の主星から放出されたガスが、高密度星である伴星のまわりに流れ落ちて、高温の回転円盤をつくるためであると考えられている。このような連星の重力場における圧縮性ガスの流れは、一般に衝撃波の発生を伴ってかなり複雑である。これまで、ガスの流れの計算は種々行われているが、円盤の形成に必要な条件や形成される円盤の構造を十分明らかにするには至っていない。

主論文は、伴星がブラック・ホールであると考えられている2個の連星系、白鳥座X-1と3U0900-40について、主星のガス放出機構として、いわゆるラグランジュ点を通してガスがあふれ出る場合と恒星風として放出される場合の2つを考え、伴星に落ち込むガスの2次元流を詳細に計算することによって、伴星のまわりに円盤が形成されるかどうか、また形成される場合には円盤がどのような構造をもつかを調べたものである。

白鳥座X-1の連星系の主星はO型の超巨星であって太陽の約30倍の質量をもち、伴星はその約半分の質量をもつブラック・ホールであると考えられている。また、3U0900-40の主星はB型の超巨星、伴星は太陽の1.5倍以上の質量をもつのでブラック・ホールである可能性が強い、どちらかの連星についても、X線には0.1秒以下の急速な時間変化があることが観測されている。

申請者は、これらの連星系の主星がガスを放出する機構として、次の2つの場合を考えている。1つは、主星の半径が十分に大きく、表面がいわゆるローシュ・ロープに達している場合である。この場合、ラグランジュ点を通して亜音速のガスが伴星に向かって流れ落ちる。もう1つは、主星の表面はローシュ・ロープに達していないで、表面から超音速の恒星風としてガスが放出されている場合である。この2つの場合で、伴星近傍の流れの様子がどのように異なるかを明らかにすることは主論文の目的の1つである。

ガス力学としての流れの計算方法としては、いわゆる Fluid-in-Cell 型のオイラーの方法を採用し、輻

射放出によるエネルギー損失を無視した場合の理想気体の2次元の流れを解いている。流れの方向が急に変化する領域での解の安定化をはかるとともに衝撃波をできるだけ正しく記述するために、運動方程式には人工的な粘性項を付加している。また、境界条件としては、伴星がブラック・ホールであることに対応して、その近傍では圧力を零にとり、また連星系の十分遠方に自由境界を設定している。

申請者は、ガスの流線、密度分布、マッハ数の分布などを詳細に計算することによって、次のような結論を導いている。まず、ガスがラグランジュ点からあふれ出る場合には、白鳥座 X-1 と 3U 0900-40 のどちらも伴星のまわりに円盤が形成される。衝撃波の発生によって円盤の外縁部には高温の超音速領域が2つ形成されるが、その1つは流れの衝突によるものであり、他の1つは伴星の重力に逆らってガスが流れることによるものである。ついで、超音速の恒星風の場合には、白鳥座 X-1 では前の場合と同じく円盤が形成されるが、3U 0900-40 では伴星の質量が小さいために、ガスの流れは十分曲げられることなしに遠方に流れ去ることになる。ただし、伴星の後方には衝撃波が発生している。

申請者はさらに、主星のガス放出がラグランジュ点を通して起る場合、X線放出が長時間保持されるためには、連星系全体からのガス流出が必要であることを指摘している。このガス流出の機構の1つとして、申請者は円盤外縁部のガスが内部の輻射圧によって時々吹き飛ばされるというモデルを考えて、流出ガスの流れを計算している。その結果は3U 0900-40のX線の観測を説明するのに都合がよいことを見出している。

参考論文1と2は、主論文の先駆となったもので、近接連星系におけるガスの流れについての流体力学的なモデルを提出し、これを質量比が1に近い近接連星の場合に適用して、流れの様子を調べたものである。参考論文3は、棒状銀河に見られるような非軸対称の回転するポテンシャル場におけるガスの流れを計算することによって、大規模な衝撃波がポテンシャルの主軸の前縁に発生することを見出したものである。

## 論文審査の結果の要旨

わが銀河に多くのX線源が存在することが発見されて以来、これらの発生源の本性を明らかにすることは宇宙物理学の重要な課題の1つになっている。現在のところ、点状X線源の多くは白色矮星や中性子星を伴星にもつ近接連星であって、その主星から放出されたガスが伴星のまわりの強い重力場に流れ込むことによって生じた高温領域からX線が放出されていると考えられている。とくに、白鳥座 X-1 と 3U 0900-40 の2つのX線源については、伴星は質量が大きいのでブラック・ホールであると考えられていて、そのX線発生の機構を明らかにすることは興味ある問題である。このためにはまず、近接連星の回転重力場におけるガスの流れを正確に知る必要があるが、その流体力学的な計算は容易ではない。ガスの密度と温度は場所によって大きく変化し、また衝撃波の発生に伴ってガスの速度は亜音速から超音速の広い範囲にわたって大きく変化しているからである。

主論文は、現在の計算機の機能が最大限に発揮できるような2次元のガス力学のプログラムを作製することによって、上記のブラック・ホールを含んだ2つの近接連星について、主星から伴星へのガスの流れを計算し、詳しい流線模様やガス密度とマッハ数の分布を求めることに成功している。その際、主星から

のガス放出の機構として、ローシュ・ローブを満たしている主星のガスがラグランジュ点からあふれ出る場合と、直接に主星表面から超音速の恒星風として放出される場合の2つを取り上げて、2つの場合で伴星のまわりのガスの流れがどのように異なるかを明らかにしている。すなわち、前者の場合には、両方の連星において、伴星のまわりを回転する円盤が形成され、その外縁部には2つの超音速領域が存在することを見出している。また、後者の恒星風の場合には、白鳥座X-1では円盤が形成されるが、3U0900-40では伴星の重力が小さいために、ガスは円盤をつくることなく、伴星の後側に衝撃波を生じて遠方に流れ去るという興味ある結論を得ている。

以上のように、主論文はX線源としての近接連星におけるガスの流れの基本的な特徴を明らかにしたものとして、連星の進化の理論やX線天文学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、申請者が宇宙物理学の各分野において、豊富な知識と優れた研究能力を持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。