

氏名	五十嵐 朱夏
学位の種類	博士 (理学)
学位記番号	博 甲 第 8016 号
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	Transonic analysis of galactic outflows and its application (銀河風の遷音速解析とその応用)

主査	筑波大学教授	理学博士	梅村 雅之
副査	筑波大学教授	理学博士	中井 直正
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	森 正夫
副査	筑波大学講師	博士(理学)	吉川 耕司
	筑波技術大学准教授	博士(理学)	新田 伸也
		博士(学術)	

## 論 文 の 要 旨

高温ガスの流出である銀河風は、銀河の星形成史と銀河内外の化学進化を決定づける重要な現象である。この銀河風は、星などから星間ガスに注入されたエネルギーによって発生する。しかし、銀河には主に DMH による重力場が存在するため、この銀河風が発生するためには圧力勾配が重力を上回る必要がある。そのため、銀河風の性質は DMH の質量分布に大きく依存する。また、観測される銀河風は超音速になっているため、実際の銀河で成立する解は遷音速流になっていると考えられる。この遷音速流が実際の銀河風として適合するかどうかは、銀河の重力場構造に強く依存する。本論文では、実際の銀河に存在する DMH と銀河中心超巨大ブラックホールの重力場を考え、定常球対称銀河風モデルの遷音速解析を行った。

等温を仮定した計算では、SMBH 重力場の影響によって、O-point を挟んで2つの遷音速点が生じる場合があることが分かった。これは、DMH 重力場のみの場合には見られなかった解である。2 つの遷音速解は大きく異なる質量流束と流れの始点をもっているため、銀河内の星形成史や銀河内外の化学進化に、異なる影響を与えることが予想される。Sombrero 銀河で観測された高温ガス密度分布に、遷音速銀河風モデルをフィッティングすると、ゆっくりと加速する銀河風の遷音速点は $\sim 120\text{kpc}$  にあり、そこまでは亜音速であることがわかった。亜音速領域でのガス密度分布は、静水圧平衡に近くなるため、観測範囲( $< 25\text{kpc}$ )で予想されるガス密度分布も静水圧平衡に近くなる。よって、このモデルによって、銀河風の存在と静水圧平衡に近いガス密度分布が同時に再現可能であることがわかった。

次に、等温の仮定を外しエネルギーが一定となるポリトロピック仮定のもとで、定常球対称銀河風モデ

ルの遷音速解析を行った。このポルトロピックモデルの質量流束を星からの注入量に固定し Sombbrero 銀河へ適用すると、ポルトロピック指数は 1.1 のゆっくりと加速する銀河風がガス密度分布をよく再現することが分かった。さらに、ポルトロピックモデルを星形成銀河の観測値に適用した。星形成銀河では、星形成率と銀河風速度、X 線光度の間に比例関係が存在することが観測的に示されている。このモデルを近傍の星形成銀河で観測されている銀河風速度(Heckman et al. 2015, 2016) に適用することで、質量流束や質量放出率(Mass loading rate) と、観測された銀河星質量や星形成率との関係を導いた。その結果、質量流束は星質量や星形成率が増加するほど大きくなる一方、Mass loading rate は減少することがわかった。Mass loading rate は銀河風が星間物質を巻き込むことで増加することから、この関係は、小質量銀河の方が大質量銀河よりこの巻き込みが起きやすいことを示す。また、大質量銀河一部では Mass loading rate が 1 より小さくなる、このような銀河では、大質量星から放出されたガスの全てが銀河外に流出するのではなく、一部が銀河内に留まっている可能性を示唆している。

## 審 査 の 要 旨

### 〔批評〕

本論文では、先行研究で行われたダークマターハロー (DMH) 重力場中の銀河風モデルに、銀河中心の超巨大ブラックホール (SMBH) 重力場を加え、定常球対称銀河風モデルの遷音速解析を行った。その結果、得られた結果は、Sombbrero 銀河で観測されている高温ガス密度分布をよく再現し、ゆっくりと加速する銀河風で説明されうることを示した。この理論は、これまでの静水圧平衡にある高温ガス密度分布という描像を書き変えるものであり、その学術的価値は高く評価される。

### 〔最終試験結果〕

平成29年1月27日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

### 〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。