

宇宙に満ちている様々なプラズマ Various plasmas that fill the Universe

亀谷 収
KAMEYA Osamu

奥州宇宙遊学館
Oshu Space & Astronomy Museum

宇宙は、様々な状態のプラズマで満たされています。太陽をはじめとする恒星（星本体・内部や大気）、大質量星の周囲の電離領域（オリオン大星雲等）、超新星残骸（かに星雲等）等が古くから知られていましたが、観測手法が、大口径光学望遠鏡を使った光学観測や、電波やX線などの波長の異なる電磁波帯に拡張された結果、ブラックホールやパルサー等の研究がすすみました。特に、ここ数十年間は、電波望遠鏡を組み合わせる超長基線電波干渉法（VLBI）の発展により、ブラックホールの周囲のプラズマのイメージングができるようになりました。本講演では、天文学者達が様々な天体に関わるプラズマの状態を観測的にどの様に調べ、宇宙の認識を深めてきているのかについて解説します。



図1. オリオン座の電離領域

岩手県奥州市にある国立天文台水沢VLBI観測所では、口径20mの電波望遠鏡4基を日本国内に配置してVLBI観測を行うVERA（ヴェア）を運用しています。完成後約20年間、世界一のレベルの天体位置測定精度を使って、天の川銀河の中にある星形成領域や晩期型星（一生を終えようとする超巨星等）からのレーザー電波を観測して、天体の距離と運動を精密に測定してきました。その結果、天の川銀河の精密な3次元地図と3次元運動を求めることができました。更に、天の川銀河内の太陽付近の星の銀河回転速度が従来考えられていたより10%程速いという結果を出しつつあり、この事から天の川銀河の太陽より内側にもダークマターが存在する可能性が示唆されています。

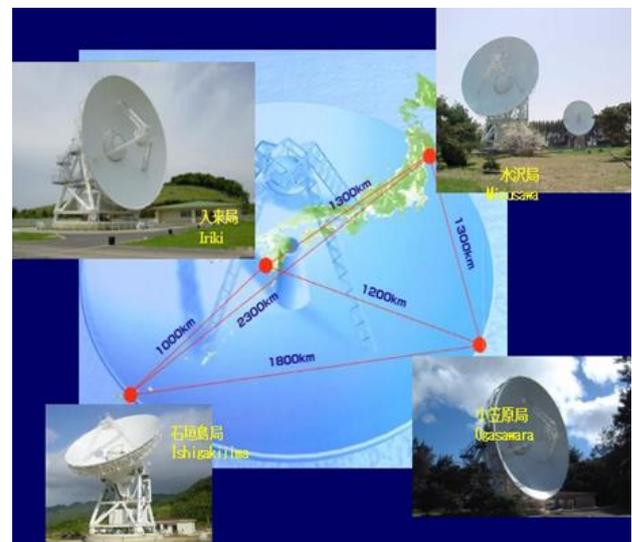


図2. 国立天文台水沢VLBI観測所が運用するVERA

一方、2019年に国立天文台水沢VLBI観測所の研究者を含む国際共同研究チームによるイベント・ホライズン・テレスコープ（EHT）を用いた研究成果として、M87銀河中心に存在する太

陽の約65億倍の質量を持つ超大質量ブラックホールのイメージを初めて捉えることに成功しました。その後、天の川銀河中心の超大質量ブラックホールの撮像にも成功しています。最近、VERAを用いた研究は、ブラックホールの研究に軸足を移しています。

多くの活動銀河では、中心から準光速で物質が放出されるジェットと呼ばれる構造が見つかっております。超大質量ブラックホールに降着するプラズマ状態のガスが作る降着円盤から放出されると推定されています。そのメカニズムの解明には、超高角分解能でかつイメージング能力が高いVLBI観測網が必要です。そこで、VERAだけでなく、国内や韓国や中国などの東アジア諸国に存在する多くの電波望遠鏡を組み合わせた東アジアVLBI網を使った観測研究が進みつつあります。

ブラックホール研究以外で特筆すべきは、パルサーを使った観測研究です。パルサーは、大質量星が超新星爆発した時に残った超高密度の星で、中性子で主に構成されています。ブラックホールになりそこねた星ともいえます。1967年に発見されて、これまで約2千個程見つかっています。規則正しいパルスを発するため、それを使って、パルサー自体の研究以外にも様々な研究に用いられています。

例えば、パルスの到達時刻が星間プラズマの影響で周波数が低くなると遅延量が大きくなる事を使って、パルサーと地球間のプラズマ量を推定する事ができます。様々な向きのパルサーの距離を精密に測る位置天文観測の結果と組み合わせることにより、天の川銀河中の星間プラズマ領域の密度分布も分かりつつあります。

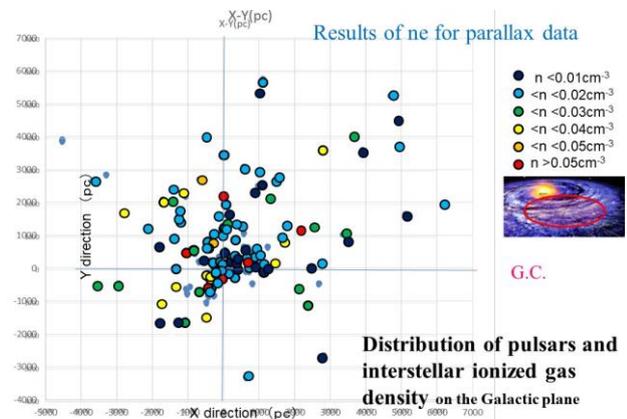


図3. 天の川銀河平面に投影したパルサー方向の星間プラズマの密度情報の例

一方、重力波が通過すると、パルサーのパルスの到着時刻が変動する事を用いて、超大質量ブラックホールの合体现象や、宇宙初期に発生したかもしれない重力波を検出する研究も始まっています。

パルサー電波は、低周波数で強くなるので、低い周波数の電波を受信する巨大な電波望遠鏡を作る必要があります。中国には、すでに谷間を使った500メートル球面電波望遠鏡 (FAST) が完成し、観測を勢力的に行っています。



図4. 中国が建設した電波望遠鏡FAST

さらに、国際的なプロジェクトとして、面積が1平方km程度もある巨大な電波望遠鏡 (SKA: Square Kilometre Array) の建設が南アフリカとオーストラリアで始まっており、国立天文台水沢VLBI観測所を始めとした日本の研究者も積極的に関わっています。

また国立天文台水沢VLBI観測所では、これらの巨大電波望遠鏡と共にVLBI観測を行うことも視野に入れて、構内にあるVERAや口径10m電波望遠鏡に低周波受信装置を設置して基礎研究を始めています。今後のパルサーを使った研究の進展が期待されます。