

## 銀河中心の近くにある $\text{H}_3^+$ の赤外線スペクトル (シカゴ大学 化学教室、天体物理教室) 岡武史

Infrared spectrum of  $\text{H}_3^+$  near the Galactic center  
(Univ. Chicago, Chemistry, Astrophysics) Takeshi Oka

The Central Molecular Zone (CMZ), the central area of our Galaxy with a radius of  $\sim 200$  pc is astrophysically the most active region. The densities of stars, interstellar matter, and supernova remnants are the highest and emission of radiation from radio to X-ray is the most intense.

This area also has the highest concentration of molecules and hence the name of the CMZ. The volume of the region is on the order of  $10^{-5}$  but it is said to contain 10 % of molecules in the Galaxy.

This region is also the treasure house of  $\text{H}_3^+$ . Absorptions an order of magnitude stronger than any other region of the Galaxy is observed toward any bright and hot stars in the region [1]. The discovery of hot  $\text{H}_3^+$  in the  $J = K = 3$  metastable rotational level (3,3) 361 K above the  $J = K = 1$  ground level (1,1) [2] was a revelation and the metastable  $\text{H}_3^+$  served as the Rosetta Stone to decipher the complicated velocity profile. Thermalization of  $\text{H}_3^+$  has been calculated [3] and showed that the abundance of the metastable (3,3) and unstable (2,2) act as thermometer and densitometer, respectively.

This has led to discovery of high temperature ( $\sim 250$  K) and low density ( $\sim 100 \text{ cm}^{-3}$ ) gas [4] in addition to the previously known three categories of gases, i.e., high density ( $>10^4 \text{ cm}^{-3}$ ) molecular gas, high temperature ( $10^4 \text{ K} - 10^6 \text{ K}$ ) ionized gas, and ultrahot ( $10^7 \text{ K} - 10^8 \text{ K}$ ) X-ray emitting gas. The observation has been extended to larger region [5] and now is being extended to cover the CMZ.

銀河中心から、半径 200pc の「中心分子域」(Central Molecular Zone : 以下 CMZ) は銀河系で最も活動的な領域である。星、星間物質、超新星残骸、の密度が最も高く、ラジオ波から X-線に亘る輻射強度も最も強い。この領域は又分子密度が非常に高いことでこの名称がある。体積は、銀河系の  $10^{-5}$  であるが、銀河系の分子の 10%はこの領域に密集している。この領域はラジオから、ガンマ線にかけて永年観測されてきたが、近年、 $\text{H}_3^+$  の赤外線観測がこれに加わった。

CMZ は  $\text{H}_3^+$  の宝庫である。この領域では明るく高温の星がありさえすれば、その方向に  $\text{H}_3^+$  のスペクトルが必ず強く観測される。1999 年に CMZ にある二つの巨大星 GCS3-2 と GCIRS3 の方向に観測された  $\text{H}_3^+$  の吸収線は、それまでに銀河中心以外で観測された最も強い吸収線の十倍くらいの積分強度を持っていて、僕たちを驚かせた[1]。しかし三つの渦巻腕を通る、長い視線方向の速度構造は非常に複雑であり、全く解析のめどが立たなかった。

2002 年に、スバル望遠鏡とその分光器を使って、 $(J, K) = (3,3)$  の準安定回転状態にある  $\text{H}_3^+$  の発見され[2]、これが問題解決の転機となった。基底回転状態(1,1)より 361 度高いこの状態にある  $\text{H}_3^+$  の吸収は、銀河中心にある高温のガスに特有なものであり、非常に広い速度成分を示す。この吸収線を使って銀河中心にあるガ

スと手前にあるガスとを明確に区別することが可能になった。又この準位にある  $H_3^+$  の密度はガスの温度計として使うことができる。

準安定な(3,3)準位と対照的に、(2,2)準位の  $H_3^+$  は対称性の破れにより生じた双極子により、27日で(1,1)準位に落ちてしまうので不安定である。この寿命に相当する臨界密度が  $200\text{cm}^{-3}$  程度であるため、この準位にある  $H_3^+$  の密度はガスの密度計となる。自発放出と、衝突との平衡を計算し、観測された  $H_3^+$  の密度と比較することから、ガスの温度と密度を信頼度高く決定することが可能になった[3]。

この方法を使って、僕たちはCMZに低圧 ( $\sim 100\text{cm}^{-3}$ ) 高温 ( $\sim 250\text{K}$ ) の気体が高い体積占有率を持って存在することを発見した[4,5]。この発見と、今後の観測計画について、討論する。

- [1] Geballe, T.R., McCall, B.J., Hinkle, K.H., & Oka, T. 1999, ApJ, 510, 251
- [2] Goto, McCall, Geballe, Usuda, Kobayashi, Terada, & Oka 2002, PASJ, 54, 951
- [3] Oka, T., & Epp, E. 2004, ApJ, 613, 349
- [4] Oka, T., Geballe, T.R., Goto, M., Usuda, T., & McCall, B.J., 2005, ApJ, 632, 882
- [5] Goto, Usuda, Nagata, Geballe, McCall, Indriolo, Suto, Henning, Oka, 2008, ApJ, 688, 306