

## M17SW の NH<sub>3</sub> 輝線と H<sub>2</sub>O メーザーの観測

馬場 達也 (鹿児島大学大学院 理工学研究科)

### Abstract

我々は衝撃波面と高密度分子ガスそれぞれのトレーサーである H<sub>2</sub>O メーザーと NH<sub>3</sub> 輝線を観測し、この領域の星形成について調べた。情報通信研究機構鹿島 34m 電波望遠鏡を使用して M17SW の NH<sub>3</sub> (J,K)=(1,1),(2,2),(3,3) 輝線のマッピング観測を行い、8'×12' に広がった NH<sub>3</sub> を検出した。NH<sub>3</sub> (J,K)=(1,1) のサテライトラインとメインラインの比  $R_{s/m} = 0.362 \pm 0.021$  から光学的厚み  $\tau = 0.79 \pm 0.20$  が得られた。この光学的厚みと (2,2)/(1,1) 輝線強度比から求められた領域内の回転温度は平均で  $T_{\text{rot}} = 24.0 \pm 0.8\text{K}$  であった。各観測点ごとの回転温度マップと、8.7GHz 連続波源のマップを比較すると、電離境界面で約 2K 高くなっていることがわかった。また、オルソ/パラ比と関係する (3,3)/(1,1) 輝線強度比は電離境界面で高いことがわかった。オルソ/パラ比は衝撃波が発生する領域で高くなる傾向があることからこの場所で活発な星形成が行われていることが示唆される。さらに国立天文台 VERA により、H<sub>2</sub>O メーザーの VLBI モニター観測を行った。視線速度+16 から+23km s<sup>-1</sup> で、約 100 ミリ秒角に広がった H<sub>2</sub>O メーザースポットを検出できた。

## 1 Introduction

観測天体である M17SW は M17 の南西に位置する巨大星形成領域である。M17SW 分子雲は OB 型星のクラスターからの紫外線放射により、分子雲が圧縮され、誘発的な星形成が進む領域として注目されている。M17SW 分子雲内の H<sub>2</sub>O メーザー、コンパクト H<sub>II</sub> 領域、ダストに埋もれた赤外線星の存在から、北東方向の広がった H<sub>II</sub> 領域により、M17SW で 2 次的な星形成が起こっていることが示唆されている。そこで、高密度分子ガスのトレーサーである NH<sub>3</sub> 輝線を観測し、NH<sub>3</sub>(J,K)=(1,1),(2,2),(3,3) の輝線強度を求め、(2,2)/(1,1) より回転温度を、(3,3)/(1,1) より NH<sub>3</sub> 分子形成時の温度を得る。また、衝撃波面のトレーサーである H<sub>2</sub>O メーザーを観測し、衝撃波の動きを調べる。

## 2 Observations

情報通信研究機構鹿島 34m 電波望遠鏡を用いて NH<sub>3</sub>(1,1),(2,2),(3,3) の 3 輝線同時のマッピング観測を行った。静止周波数はそれぞれ 23.694GHz, 23.722GHz, 23.870GHz である。輝線強度の等高線

マップ作成には UltraSTAR を使用した。また、国立天文台 VERA により、2010 年 1 月から 2011 年 12 月まで H<sub>2</sub>O メーザーの VLBI モニター観測を行った。H<sub>2</sub>O メーザーの静止周波数は 22.235GHz である。データリダクションには AIPS を使用した。

## 3 Methods

NH<sub>3</sub>(1,1),(2,2) のメインライン輝線強度比より、回転温度を求める。そのために必要な光学的厚みを NH<sub>3</sub>(1,1) のメインラインとサテライトラインの積分強度比から以下の式により導く。

$$\frac{T_{\text{MB}}(\text{main})}{T_{\text{MB}}(\text{sate})} = \frac{1 - e^{-\tau}}{1 - e^{-a\tau}}$$

a の理論値は内側のサテライトラインで 0.278、外側のサテライトラインで 0.222 である。2 つのエネルギー準位にある NH<sub>3</sub> 分子の個数密度比は回転温度  $T_{\text{rot}}$  のボルツマン分布と仮定して以下に表される。

$$\begin{aligned} \frac{n(2,2)}{n(1,1)} &= \frac{g(2,2)}{g(1,1)} \exp\left(\frac{-\delta E(2,2;1,1)}{kT_{\text{ex}}(2,2;1,1)}\right) \\ &= \frac{5}{3} \exp\left(\frac{-41.5}{T_{\text{ex}}(2,2;1,1)}\right) \end{aligned}$$

回転温度と励起温度が等しく、エネルギー準位の幅が等しい場合、レイリー・ジーンズ近似を用いて回転温度は以下に表される。

$$T_{\text{rot}}(2, 2; 1, 1) = -41.5$$

$$\left/ \ln \left( \frac{-0.282}{\tau(1,1,m)} \times \ln \left( 1 - \frac{T_{\text{MB}}(2,2)}{T_{\text{MB}}(1,1)} \times (1 - \exp(-\tau(1,1,m))) \right) \right) \right.$$

## 4 Results & Discussion

もっとも強度の高い NH<sub>3</sub> 輝線を検出した点のスペクトルでは (1,1) でメインライン 1 つ、サテライトライン 2 対、(2,2),(3,3) でメインライン 1 つが検出された。

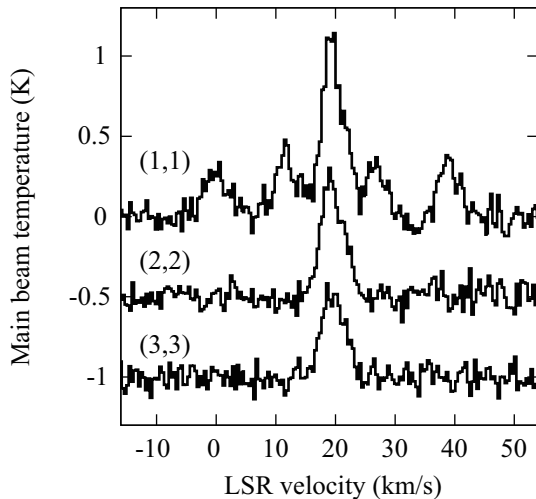


図 1: もっとも強度の高い NH<sub>3</sub> 輝線を検出した点のスペクトル

各視線速度ごとの積分強度マップを比較すると、単一のコアであることが確認できる。H<sub>2</sub>O メーザーのマップからは双極放射の可能性が見られる。

分子ガス、及びダスト分布と得られた結果を比較すると、(2,2)/(1,1) 比から分かる回転温度に有意な差は見られなかった。しかし、(3,3)/(1,1) 比から分かる NH<sub>3</sub> 分子の生成時の温度には有意に差があり、衝撃波面が横たわるように存在すると考えられる。また、H<sub>2</sub>O メーザー放射源の分布とその運動の向きから双極流状の運動をしていることがわかる。このことから若い原始星に付随していると考えられる。

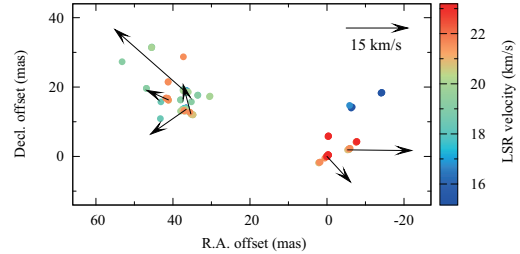


図 2: VLBI 観測によって検出された H<sub>2</sub>O メーザー。offset 原点は、( $\alpha_{2000}, \delta_{2000}$ ) = ( $1^h 20^m 23^s .016, -16^\circ 11' 48'' .03$ )

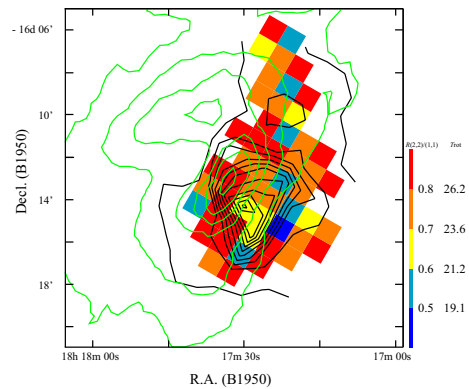


図 3: カラーマップは NH<sub>3</sub>(J,K)=(1,1),(2,2) 輝線強度比によって得られた回転温度、黒の等高線は NH<sub>3</sub>(1,1) の積分強度、緑の等高線は MPIR 100m 望遠鏡による 8.7GHz 連続波である。

## Reference

Chibueze, J.O. and Imura, K., Omodaka, T., et al. 2013, *apj*, 762, 17

Nagayama, T., Omodaka, T., Handa, T., et al. 2009, *pasj*, 61, 1023

Balser, D.S., Bania, T.M., Rood, R.T., Wilson, T.L. 1995, *apjs*, 100, 371

Ho, P. T. P., & Townes, C. H. 1983, *araa*, 21, 239

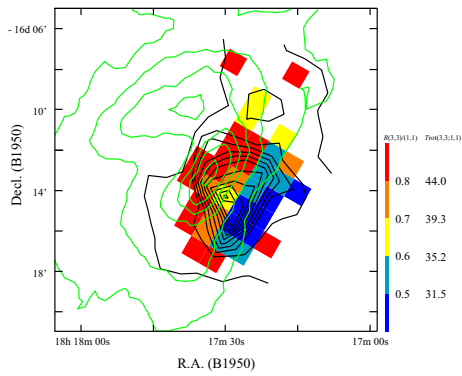


図 4: カラーマップは  $\text{NH}_3(J,K)=(1,1),(3,3)$  輝線強度比によって得られた回転温度、黒の等高線は  $\text{NH}_3(1,1)$  の積分強度、緑の等高線は MPIR 100m 望遠鏡による 8.7GHz 連続波である。