

1P022

大質量星形成領域 Sgr B2(M)での HOCO ラジカルの探査

(東京理科大学¹, 日本大学², 上智大学³, 群馬大学⁴, 国立交通大学⁵)

○安部 凜¹, 宮崎 彩音¹, 小山 貴裕¹, 荒木 光典¹, 高野 秀路²,
久世 信彦³, 住吉 吉英⁴, 築山 光一¹, 遠藤 泰樹⁵

A search for the HOCO radical in the massive star-forming region Sgr B2(M)

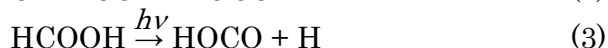
(Tokyo Univ. of Science,¹ Nihon Univ.,² Sophia Univ.,³
Gunma Univ.,⁴ National Chiao Tung Univ.⁵)

○Rin Abe,¹ Ayane Miyazaki,¹ Takahiro Oyama,¹ Mitsunori Araki,¹ Shuro Takano,²
Nobuhiko Kuze,³ Yoshihiro Sumiyoshi,⁴ Koichi Tsukiyama,¹ Yasuki Endo⁵

【序】アミノ酸は生命を構成するのに欠かせない化学物質である。その中でもグリシンは最も単純なアミノ酸であり、それを星間空間で発見することは、生物の起源に迫ることにつながる。しかし、グリシンのような大きな分子は回転遷移の強度が弱くなるので、星間空間での直接観測は簡単ではない。そこで、グリシン探査の前段階として、前駆体の検出が注目を集めている。星間空間でのグリシンの生成過程の一つに、星間塵表面での HOCO ラジカルとアミノメチルラジカル(CH₂NH₂)の反応がある¹。



ここで CH₂NH₂ は、星間空間でのシアン化水素への3段階水素付加反応によって生じ、HOCO ラジカルは星間空間の塵表面上でヒドロキシルラジカル(OH)と一酸化炭素(CO)の反応や、ギ酸(HCOOH)の分解で生じると考えられる¹。



しかし、CH₂NH₂ については実験室での純回転遷移の観測報告がなく、星間空間での観測は行われていない。一方、我々は近年、HOCO ラジカルについて実験室での回転遷移の観測を行い、超微細構造定数を含めた分子定数を高精度で決定した²。これにより、遷移周波数の高精度な予想が可能になった。そこで本研究では、星間空間での HOCO ラジカルの検出を目指して観測を行った。

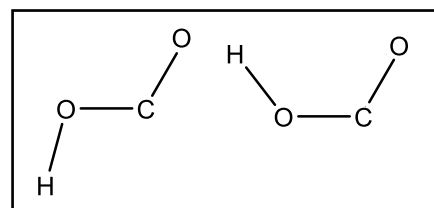


図 1. HOCO の構造

左が *trans* 体、右が *cis* 体

HOCO ラジカルは二つの構造異性体を持ち、*trans* 体が安定状態であり、*cis* 体が準安定状態である(図 1)。また、双極子モーメント μ_a はそれぞれ 2.6 D、1.3 D で、*trans* 体の方が大きい値を持つ²。そこで、今回は *trans* 体を観測分子に選んだ。観測領域は、銀河中心領域にあり、多くの分子が多量に存在する大質量星形成領域 Sgr B2(M)とした。

【観測】国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45 m ミリ波望遠鏡を用いて、Sgr B2(M) (17^h47^m20.3^s, -28°23'07.3") に対して、2016 年 4 月 9 ~ 11 日に 3 mm 帯 (87.5-91.5、99.6-103.6 GHz)、5 月 23 ~ 24 日に 7 mm 帯 (42.5-45.5 GHz) で観測を行った。分光計に

はデジタル型の電波分光計(SAM45)を、受信機には 3 mm 帯で両偏波同時受信の SIS 素子を用いたものを、7 mm 帯で冷却 HEMT アンプを用いたものをそれぞれ使用した。ビーム幅は、それぞれ $18.''2 \pm 0.1$ 、 $38.''7 \pm 0.1$ であった。実質的な積算時間(総 ON 点時間)は 3 mm 帯が約 4 時間、7 mm 帯が約 1 時間である。

【結果と考察】図 2 に観測結果を示す。今回、HOCO の $N = 2_{02}-1_{01}$ 、 $4_{04}-3_{03}$ の観測を試みたが、この領域で明らかなピークは検出できなかった。HOCO の電子基底状態は $^2A'$ であり、回転遷移は不対電子と水素の核スピンによる微細、超微細構造を持つ。しかし、Sgr B2(M) では分子雲内の運動により一般的に線幅が太くなるので、核スピンによる分裂は観測されないと考えられる。

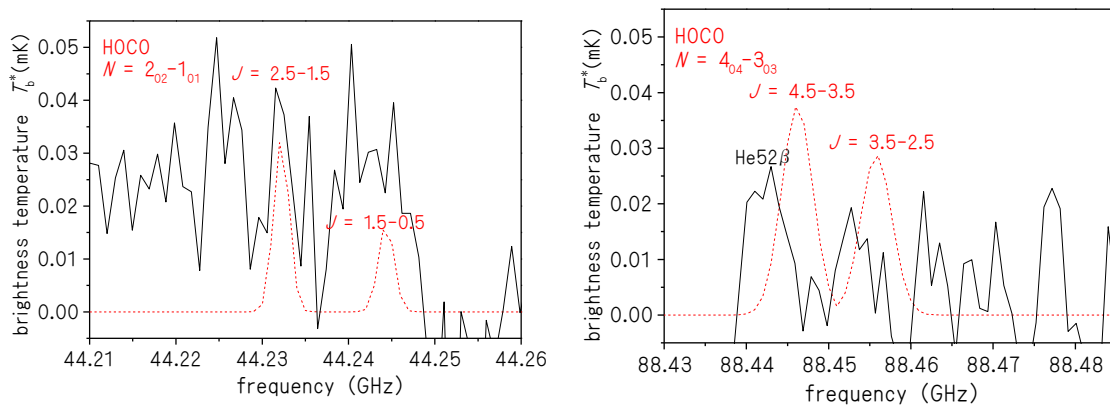


図 2. HOCO の予測される強度(破線)と実測のスペクトル(実線)

左が 44 GHz 帯、右が 88 GHz 帯、He52 β はヘリウムの再結合線である

ノイズの二乗平均平方根(root mean square, RMS)は、44 GHz 帯と 88 GHz 帯でそれぞれ、23.8、5.2 mK となった。そこで、88 GHz 領域での RMS から回転ダイヤグラム法³を用いて HOCO ラジカルの柱密度の上限値を $9.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と算出した。その際、回転温度は双極子モーメントに近い HOCO⁺の Sgr B2 での報告値、12.3 K に固定し³、ピークの検出には最低でも $S/N=3$ を必要とすると仮定した。この柱密度から予想されるラインの強度を図 2 に破線で示す。(1)式の反応過程がグリシン生成の主な経路と仮定した場合、HOCO ラジカルはグリシンと同程度、星間空間に存在すると予想される¹。これより Sgr B2(M)でのグリシンの柱密度の上限値も $\sim 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度だと推測される。表 1 にこれまでに報告されている星間空間でのグリシンの柱密度の上限値を示す。今回求めた値は、これらより 1、2 桁小さくなった。また、Sgr B2(M)でのグリシンの上限値の報告は今回が初である。

表 1. これまでに報告されたグリシンの柱密度の上限値⁵⁻⁸

Objects	Upper limits	
Sgr B2(N)	$2.2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$	[1] D. E. Woon <i>et al.</i> , <i>ApJ</i> . 571 , L177 (2002).
L1544	$1.4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$	[2] T. Oyama <i>et al.</i> , <i>J. Chem. Phys.</i> 134 , 174303 (2011).
Sgr B2(N-LMH)	$4.2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$	[3] B. E. Turner <i>et al.</i> , <i>ApJS</i> . 76 , 617 (1991).
Sgr B2(LMH)	$3.7 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$	[4] A. Belloche <i>et al.</i> , <i>A&A</i> 482 , 179 (2008).
Sgr B2(OH)	$7.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$	[5] P. A. Jones <i>et al.</i> , <i>MNRAS</i> . 374 , 579 (2007).
		[6] Y. J. Kuan <i>et al.</i> , <i>ApJS</i> . 593 , 848 (2003).
		[7] M. R. Cunningham <i>et al.</i> , <i>MNRAS</i> . 376 , 1201 (2007).
		[8] R. D. Brown <i>et al.</i> , <i>MNRAS</i> . 186 , 5 (1979).