

宇宙電波観測における $c\text{-C}_3\text{H}_2$ の純回転遷移の吸収と発光

(京大院理・CRL・岡大理)○森澤勇介、宮本祐樹、渡辺詩織、百瀬孝昌、笠井康子、川口建太郎

[序]

我々はこれまでに、暗黒星雲 Taurus Molecular Cloud -1 (TMC-1) の中で密度が大きく ($\sim 10^5 \text{cm}^{-3}$) 冷えていると考えられている 5 つの core 部 (星形成の前駆領域) を対象に、cyclopropenylidene ($c\text{-C}_3\text{H}_2$: 図 1) の 20G $\sim$ 85G にある純回転遷移の発光を野辺山宇宙電波観測所の 45m 電波望遠鏡を用いて観測してきた。この結果、これまでに発光でしか観測されていなかった $J_{KaKc} = 3_{21}\text{-}3_{12}$ (44.1048GHz) の遷移が、吸収 (宇宙背景輻射に対する吸収) として観測されることが明らかになった。(図 2) 一方で、上準位のエネルギーがほとんど同じ $J_{KaKc} = 3_{22}\text{-}3_{13}$ (84.7277 GHz) の遷移からは発光が観測されている。このことは、 $c\text{-C}_3\text{H}_2$ の回転状態の分布が温度平衡でないことを示している。

暗黒星雲における分子の回転分布は水素分子との衝突による回転励起、宇宙背景輻射の吸収、自然発光又は誘導放出による緩和の競合で決まっている。 $3_{21}\text{-}3_{12}$ 遷移が吸収として観測されたことは、ある条件下で下準位 3_{12} 状態が特異的に衝突回転励起していることを示している。今回はその理由を検討した。

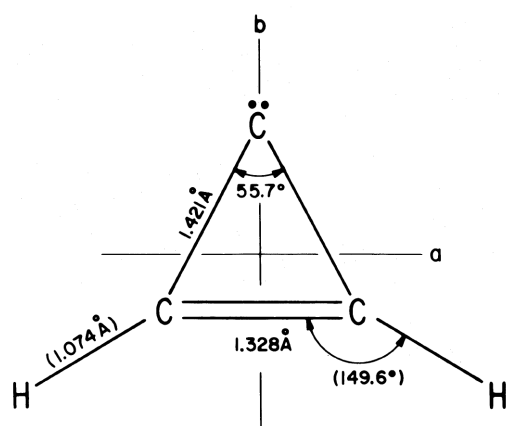


図 1 $c\text{-C}_3\text{H}_2$ の分子構造 (ref. [1] の fig. 1 より)

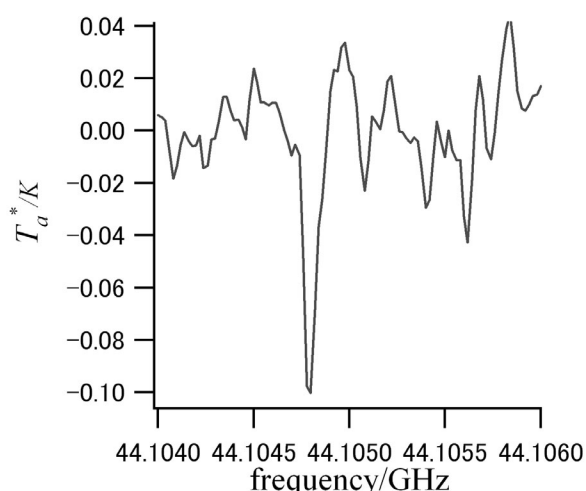


図 2 観測された TMC-1 CoreD における $c\text{-C}_3\text{H}_2$ $J_{KaKc} = 3_{21}\text{-}3_{12}$ (44.1048GHz) の吸収

[解析]

解析では以下のモデルを用いた[2]即ち、 $c\text{-C}_3\text{H}_2$ の状態 i の密度(n_i)の時間変化が次式のような定常状

$$\frac{dn_i}{dt} = \sum_j R_{ji}n_j - n_i \sum_j R_{ij} = 0$$

態にあると仮定した。

ここで、 R_{ij} は状態 i から j への遷移確率を表す。具体的には

自然発光 A_{ij}

誘導放出 IB_{ij} ($E_i > E_j$)

吸収 IB_{ij} ($E_j > E_i$)

衝突遷移 $n(\text{H}_2)C_{ij}(\text{T})$ ($n(\text{H}_2)$ は水素の密度)

を全て足した物である。ここで、 I は $c\text{-C}_3\text{H}_2$ が局所的に感じる放射強度である。この定常状態における状態の密度を求めることにより、各回転遷移の発光・吸収強度を予測することができる。

[結果]

図3 は水素の並進速度を 10K に仮定した場合の、 $c\text{-C}_3\text{H}_2$ $J_{KaKc} = 3_{21}\text{-}3_{12}$ (44.1048GHz)の発光・吸収強度である。図に示されるように、遷移によっては、同一の $c\text{-C}_3\text{H}_2$ の存在比であっても、衝突する水素の密度によっては、発光となる場合と、吸収となる場合が存在する。 $3_{21}\text{-}3_{12}$ 遷移が吸収で見られる理由は、ある特定の水素密度の時、上準位である 3_{21} 状態へよりも、下準位である 3_{12} 状態への方が衝突によって励起される確率が高い (図 4) からであると考えられる。発表では、解析の詳細を報告する

参考文献

[1] Vrtilek J.M., Gottlieb C.A., and Thaddeus P., *Astrophys. J.* **314**, 716 (1987)

[2] Goldreich P., and Kwan J., *Astrophys. J.* **189**, 441 (1974)

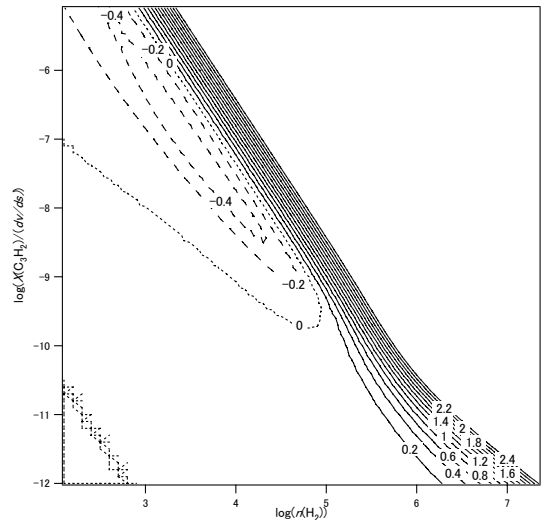


図 3 $c\text{-C}_3\text{H}_2$ $J_{KaKc} = 3_{21}\text{-}3_{12}$ (44.1048 GHz) 遷移の吸収 (破線) 及び発光 (実線) 強度 (紙面方向は輝度温度 T_b (K)を示し、水素の並進温度は 10K を仮定している。)

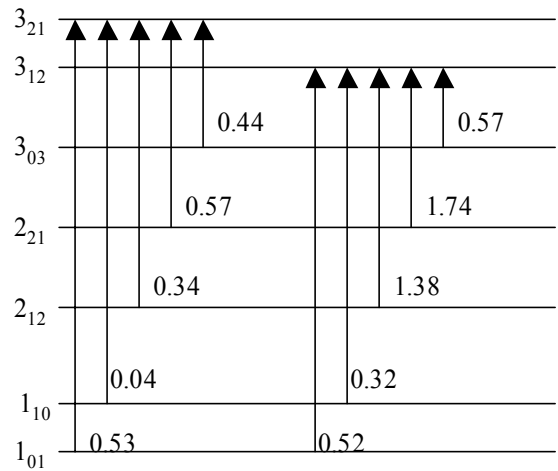


図 4 $c\text{-C}_3\text{H}_2$ 3_{21} 状態および、 3_{12} 状態への衝突励起定数 (C_{ij}) (単位は $10^{-11}\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$) 水素の並進温度は 10K を仮定している。