

H¹³CO⁺、D¹³CO⁺のテラヘルツ域回転線の周波数測定

(富山大理^a, Waterloo大^b)

○鈴木まり^a・大石諒^a・松島房和^a・森脇喜紀^a・天竺堯義^b

Frequency Measurement of the Terahertz Rotational Lines of H¹³CO⁺ and D¹³CO⁺

(Univ. of Toyama^a, Univ. of Waterloo^b)

Mari Suzuki^a, Ryo Oishi^a, Fusakazu Matsushima^a, Yoshiki Moriwaki^a, Takayoshi Amano^b

Frequencies of high- J rotational lines of HCO⁺ have been measured precisely by using an Evenson-type tunable far-infrared spectrometer in Toyama. Last year, we reported our work on H¹²C¹⁶O⁺ and D¹²C¹⁶O⁺. This year, we report on the study of ¹³C isotopomers of HCO⁺ and HCO⁺. The spectrometer is based on synthesizing terahertz radiation from two CO₂ laserlines and one microwave source. Sample ions are produced by discharging a gas mixture of ¹³CO, H₂/D₂, and Ar in an extended negative glow discharge cell cooled with liquid nitrogen. Up to now, we have measured the lines $J+1 \leftarrow J$ ($J=11, 13-21$) for H¹³C¹⁶O⁺ and $J+1 \leftarrow J$ ($J=13-18, 20-22, 24-25$) for D¹³C¹⁶O⁺. Higher order rotational parameters were obtained with our measurements.

HCO⁺は炭素を含む基礎的な分子イオンであり、星間空間の様々な場所で観測され、かつ、存在量も多い。そのため、温度や炭素の存在量など、星間空間における物理・化学的環境の様子を場所ごとに比較するのに適した重要なイオンである。また、その同位体も多く存在していると考えられており、現在も探査が行われている。このイオンは1970年に星間空間で初めて発見され、当時は未同定であったため「X-ogen」と名づけられた[1]。1975年にWoodらによって $J=1 \leftarrow 0$ の純回転遷移が測定されたことにより、HCO⁺であることが同定された[2]。その後GudemanやAmanoらによる ν_1 振動回転バンドの研究例がある[3][4]。また、純回転遷移についてはCaselliらによる測定があり[5]、さらにCazzoliらが1THz付近の光源による測定とともに、それまでの測定をまとめて解析し、より高周波の回転線の周波数予想を行なった[6]。最近では、周波数コム技術を使い、 ν_1 振動回転遷移の測定も行われており、間接的に $J=10$ 程度までの回転遷移周波数も求められている[7]。

本研究では、6THz近くまで帯域のあるEvenson型の周波数可変遠赤外分光計(TuFIR分光計)を使い、 J 量子数の高い回転遷移について周波数測定を行っている。昨年はH¹²CO⁺、D¹²CO⁺の測定について報告したが、今回は、H¹³CO⁺、D¹³CO⁺の測定について報告する。

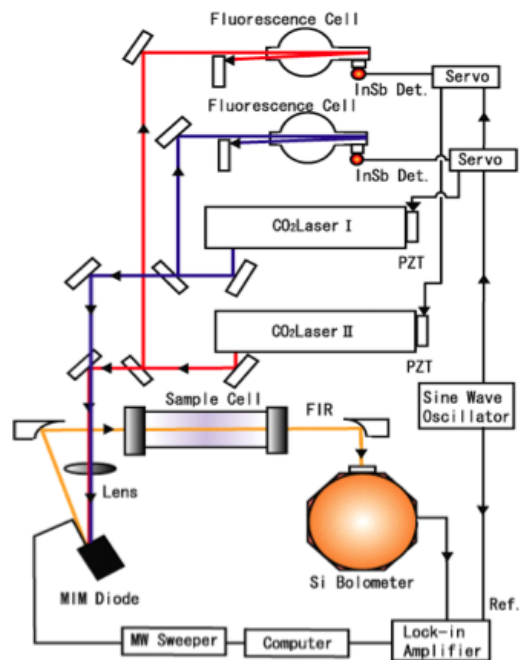


図1: TuFIR 分光計ブロック図

TuFIR 分光計の光源は、2本の赤外の炭酸ガスレーザーの差周波から作る遠赤外光にマイクロ波を加え、周波数可変なサイドバンドを作り出すものである(図1)。

試料放電セルは、周りにソレノイドコイルが巻かれた Extended Negative Glow 型の放電セルで、効率よく分子イオンを生成できる。セル内に ^{13}CO 、 H_2 (または D_2)、 Ar を混合して流し、磁場印加のもとで低電流・高電圧の放電を行う。

現在までに、 H^{13}CO^+ については $J+1 \leftarrow J$ ($J=11, 13-21$)、 D^{13}CO^+ については $J+1 \leftarrow J$ ($J=13-18, 20-22, 24-25$)の各線を測定している。例として図2に D^{13}CO^+ の 1.5THz 付近にある $J=22 \leftarrow 21$ 遷移の吸収線(1次微分形)をしめす。 J が大きくなるにしたがって線の強度が急速に小さくなるため、高い周波数の測定でも 2THz ぐらいまでである。強度の減少は生成されたイオンの回転温度を反映しており、前回同様、強度を回転エネルギーに対してプロットして温度を出してみると 100K に近い数値になった。

得られた周波数データと既知の低周波域の線の測定データをあわせて H^{13}CO^+ と D^{13}CO^+ の回転定数の解析をおこない、これまでより高次の定数も決定できるようになった。

さらに、 ^{18}O のアイソトープについても P. Caselli らが低周波の測定と高周波の予想値を出している[5]、今後の測定対象として現在準備を進めている。

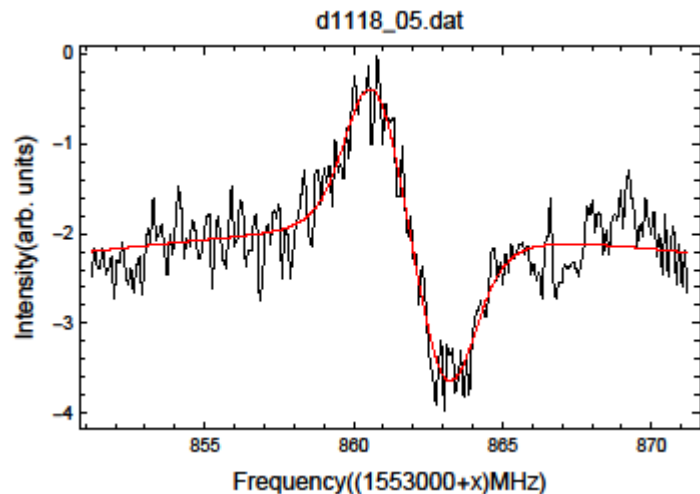


図2: D^{13}CO^+ の $J=22 \leftarrow 21$ の遷移

- [1] D. Buhl, L. E. Snyder, Nature. 228,267 (1970)
- [2] R. C. Woods *et al.* Phys. Rev. Lett.,35,1269 (1975)
- [3] C. S. Gudeman *et al.* ,Phys. Rev. Lett. 50,727 (1983)
- [4] T. Amano, J. Chem. Phys. Lett. 79, 3595 (1983)
- [5] P. Caselli, L. Dore. A&A,433,1145(2005)
- [6] G.Cazzoli *et al.* , Astrophys. J. Suppl. 203,11,(2012)
- [7] B. S. Siller *et al.* , J. Phys. Chem. A117, 10034(2013)