

HCO⁺, DCO⁺のテラヘルツ域回転線の周波数測定

(富山大院理^a, Waterloo大^b) 大石諒^a・宮本達也^a・O鈴木まり^a・

森脇喜紀^a・松島房和^a・天竺堯義^b

Frequency Measurement of the Terahertz Rotational Lines of HCO⁺ and DCO⁺

(Univ. of Toyama^a, Univ. of Waterloo^b) Ryo Oishi^a, Tatsuya Miyamoto^a, Mari Suzuki^a,

Yoshiki Moriwaki^a, Fusakazu Matsushima^a, Takayoshi Amano^b

Frequencies of high- J rotational lines of HCO⁺ and DCO⁺ have been measured precisely by using an Evenson-type tunable far-infrared spectrometer in Toyama. The spectrometer is based on synthesizing terahertz radiation from two mid-infrared CO₂ laser lines and one microwave source. Sample ions are produced by discharging a gas mixture of CO, H₂ (or D₂), and Ar in an extended negative glow discharge cell cooled with liquid nitrogen. Because frequencies of low- J rotational lines are already available by other groups, we measure rather high- J rotational lines. Up to now, we have measured the lines $J+1 \leftarrow J$ ($J=7-19, 21$) for HCO⁺, and $J+1 \leftarrow J$ ($J=11, 13-14, 16-24$) for DCO⁺. Rotational parameters for these species were improved with our measurements. Measurements of other isotopologues including ¹³C containing species are in progress.

HCO⁺は星間空間での存在量も存在場所も豊富な分子イオンである。実験室における分光測定も、Woodsらによる純回転遷移の検出¹⁾, Gudemanら²⁾やAmano³⁾による ν_1 振動回転バンドの観測以来多くの研究例がある。さらに2000年以後には放電ビームとcw-OPOを用いた実験例⁴⁾がある。回転遷移周波数の測定については、2007年頃にLattanziら⁵⁾やTintiら⁶⁾によって測定値がまとめられているが、最近ではCazzoliらが1THz付近の光源で $J=17 \leftarrow 16$ までの回転線を測定し、これまでの測定をまとめてより高周波の回転線についての周波数予測をした。⁷⁾ またSillerらはOPOを光源としてLamb dipを観測し、周波数コムを用い ν_1 振動回転遷移を高精度で測定し、combination differenceから J が10程度までの回転遷移周波数を間接的に求めた⁸⁾。

本研究では、これまでの測定よりさらに高い回転準位の回転遷移周波数を測定することを目的として、Evenson型の周波数可変遠赤外分光計を用いてHCO⁺とDCO⁺の測定を行なった。光源は赤外の炭酸ガスレーザーの差周波から作った遠赤外光である。試料放電セルは、液体窒素冷却のextended negative glow型放電セルで、CO, H₂, Arを混合して流し、ソレノイドコイル中の磁場のもとで放電する。放電セルは組み立てと分解が可能なガラス二重管セルにし、汚れや

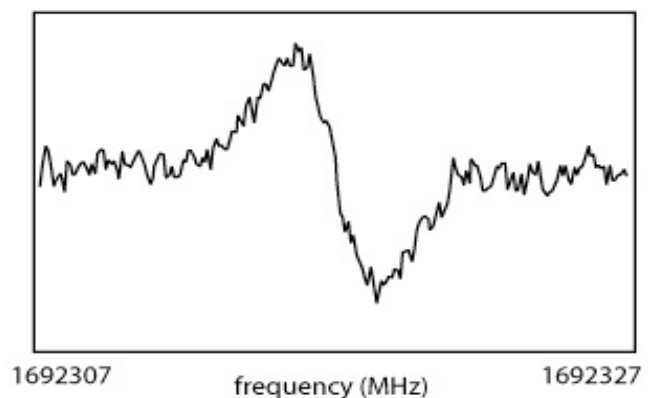


図1. HCO⁺の $J=19 \leftarrow 18$ 線

すい内管を容易に交換できるようにした。

図1はHCO⁺の1.7THz付近にある $J=19\leftarrow 18$ 線の例である。これまでにHCO⁺では $J+1\leftarrow J$ ($J=7-19, 21$)の回転線を、DCO⁺では $J+1\leftarrow J$ ($J=11, 13-14, 16-24$)の回転線を測定した。それぞれのアイソトープについて、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合わせて解析し、分子の回転定数、特に高次の定数を改良できた。得られたHCO⁺の分子定数を表1に示す。

表1. HCO⁺の回転定数 (in MHz)

	Siller <i>et al.</i>	Cazzoli <i>et al.</i>	present work
B	44594.166(25)	44594.42895(27)	44594.42879(16)
$D\times 10^2$	7.784(49)	8.28412(60)	8.28370(22)
$H\times 10^7$	269(28)	1.37(46)	1.01(11)
$L\times 10^{10}$		-1.18(91)	-0.36(15)

これまで測った線の周波数は、最も高いものでも2 THzを超えない周波数である。分光計自体は6 THz近くまで測定可能であるので、さらに高い周波数の線も測りたいところであるが、実験では線の強度が J の増加に伴って急速に弱くなってしまふ。そこで、線の強度を回転準位のエネルギーに対してプロットし、イオンの温度を見積もったところ、140K付近であることがわかった。これは以前にH₂N⁺を測定したときに調べたときのイオンの温度とほぼ同程度であり、試料圧の低いextended negative glow 放電セルを液体窒素冷却で使っているためと思われる。

さらに¹³Cのアイソトープについても現在測定の準備をすすめているところである。

- 1) R. C. Woods *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **35**,1269 (1975).
- 2) C.S. Gudeman *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **50**, 727 (1983).
- 3) T. Amano, *J. Chem. Phys.* **79**, 3595 (1983).
- 4) H. Verbraak *et al.*, *Chem. Phys. Lett.*, **442**, 145 (2007).
- 5) V. Lattanzi *et al.*, *Astrophys. J.*, **662**, 771 (2007).
- 6) F. Tinti *et al.*, *Astrophys. J.*, **669**, L113 (2007).
- 7) G. Cazzoli *et al.*, *Astrophys. J. Suppl.* **203**,11 (2012).
- 8) B.S. Siller *et al.*, *J. Phys. Chem.* **A117**, 10034 (2013).