

可視DFBレーザーを用いたC<sub>2</sub>ラジカルのPhillips systemの観測

(岡山大院・自然科学) ○陳 望, 唐 健, 川口 建太郎

【序】 C<sub>2</sub>ラジカルは基本的な二原子分子で、星間空間、星周辺部、および彗星などではよく観測され、燃焼過程においても至る所で存在している。C<sub>2</sub>ラジカルでは強いSwan systemと比較的弱いPhillips systemあるいはBallik-Ramsay systemなどの多くのバンドが存在し、主に発光分光法で観測されてきた。最近、M.-C. Chanら<sup>1</sup>はレーザー吸収分光法を用いて近赤外領域に、以前発光分光で観測されたPhillips systemの  $\Delta v=2, 3, 4$  のバンドを観測した。さらに弱い  $\Delta v=5$  のPhillips バンドについてはBallik & Ramsay<sup>2</sup>による発光スペクトルの観測のみ報告されている。今回、我々は可視DFBレーザー吸収分光法で672 nm付近に  $\Delta v=5$  のPhillips バンドと  $\Delta v=3$  のSwanバンドを同時に観測した。C<sub>2</sub>ラジカルにはいくつかの電子状態が低いエネルギーを持って、その状態間の相互作用は摂動として現れている。今まで、摂動は個別に取り扱われてきたが、本研究ではいくつかの電子状態の相互作用を同時に考慮した解析を可能にしたので報告する。

【実験観測】 外部共振器 (DFB) レーザー (EOSI 2010) は Littman 型回折格子 (GRAT-2200) を用いて、一つのダイオード (DMD670-003) で 662 nm から 681 nm までの波長範囲で、最大出力 3 mW、線幅 100 kHz で発振する。レーザーの微動チューニングは共振器ミラーに付いている PZT で約 0.1 nm の範囲で掃引できる。PZT には同時に 1 kHz の正弦波をかけ、周波数変調を行った。レーザー光は長さ 1 メートルのホワイト型多重反射セルで 10 回以上往復反射し (実効光路長 20 m 以上)、バンドパスフィルターを通して Si フォトダイオードで検出され、プリアンプと Lock-in アンプ (7265DSP) で増幅される。レーザーの制御およびデータの取り込みは LabView プログラムで行った。

C<sub>2</sub>ラジカルは CH<sub>4</sub> (5 Pa) / He (95 Pa) 混合ガスの直流放電で生成された。観測された  $\Delta v=5$  の Phillips バンドと  $\Delta v=3$  の Swan バンドの吸収スペクトルの一例を図 1 で示している。

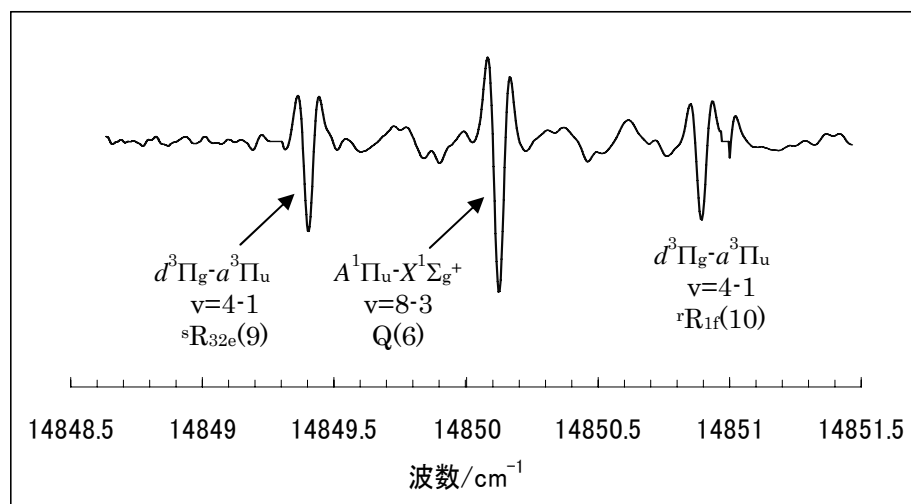


図 1 . 観測されたPhillipsバンド ( $A^1\Pi_u-X^1\Sigma_g^+$ ) 遷移とSwanバンド ( $d^3\Pi_g-a^3\Pi_u$ ) 遷移

【摂動解析】  $C_2$ ラジカルの低い電子状態を図2に示す。 $X^1\Sigma_g^+$ と $b^3\Sigma_g^-$ の間に $\langle v' | H_{so} | v'' \rangle$ 相互作用により $v = 3$ と $0$ 、 $4$ と $1$ 、 $5$ と $2$ などの摂動が観測され<sup>3</sup>、 $A^1\Pi_u$ と $c^3\Sigma_u^+$ の間に

$v = 1$ と $0$ 、 $2$ と $1$ 、 $4$ と $2$ などの摂動が観測されていた<sup>4</sup>。 $A^1\Pi_u$ と $c^3\Sigma_u^+$ の間の摂動によって知られた $c^3\Sigma_u^+$ 電子状態については最近になって $c^3\Sigma_u^+$ - $d^3\Pi_g$ 吸収バンドが観測された<sup>5</sup>。これらの摂動によって、特定の回転量子数 $J$ で計算値からの大きな偏差が見られた。当初Chauvilleら<sup>6</sup>の論文ではPhillips バン

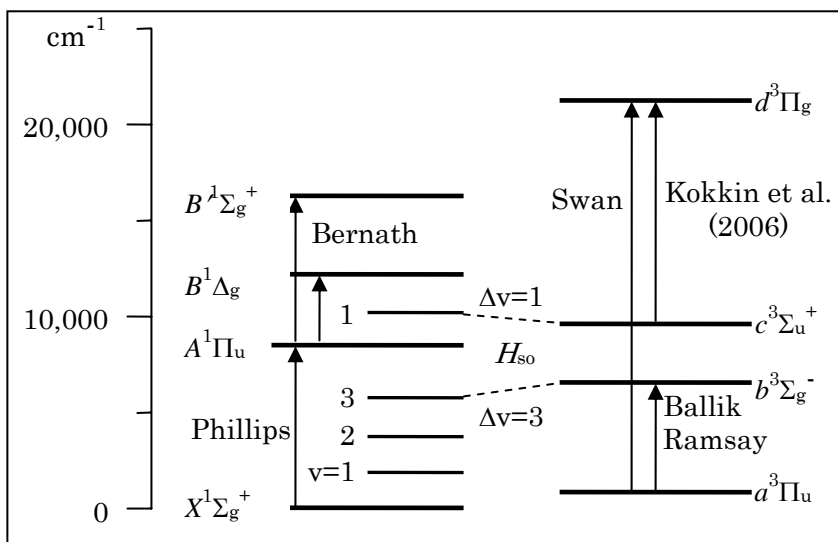


図2.  $C_2$ ラジカルの低いエネルギーの電子状態と摂動相互作用

ドの計算が  $0.3 \text{ cm}^{-1}$ までの偏差が報告されたが、その後Douayら<sup>7</sup>は帰属を検討することにより小さな偏差  $0.02 \text{ cm}^{-1}$ を得た。Ballik-Ramsayバンドの各振動ごとの解析によると、Amiotらの論文では  $0.04 \text{ cm}^{-1}$ までの偏差が報告されている。

我々はg, u対称性をもつ各3つの電子状態 $X^1\Sigma_g^+$ ,  $b^3\Sigma_g^-$ ,  $d^3\Pi_g$ ,  $a^3\Pi_u$ ,  $A^1\Pi_u$ ,  $c^3\Sigma_u^+$ における $v=0-9$ の振動状態とその間の相互作用 (spin-orbit, L-uncoupling, S-uncoupling)を含む行列を作った。各電子振動状態間の行列要素の見積りにはLe RoyのRKRとLEVELプログラムで得られる重なり積分と $B$ の期待値を用いた<sup>8</sup>。Phillips バンドの解析では $A^1\Pi_u$ の $v=2$ でDouayら<sup>7</sup>と同じく摂動の効果は  $0.02 \text{ cm}^{-1}$ 程度だったが、 $X^1\Sigma_g^+$ の $v=3$ では全体が  $0.11-0.14 \text{ cm}^{-1}$ の予想値からのシフトが認められた。解析の詳細は講演で報告する。

#### 【参考文献】

1. M-C. Chan et al., Chem. Phys. Lett. **390**, 340 (2004).
2. E. A. Ballik and D. A. Ramsay, ApJ **137**, 84 (1963).
3. C. Amiot et al., J. Mol. Spectrosc. **75**, 19 (1979).
4. S. P. Davis et al., J. Opt. Soc. Am. B **5**, 2280 (1988).
5. D. L. Kokkin et al., J. Chem. Phys. **125**, 231101 (2006);  
J. A. Joester et al., J. Chem. Phys. **127**, 214303 (2007).
6. J. Chauville et al., J. Mol. Spectrosc. **68**, 399 (1977).
7. M. Douay et al., J. Mol. Spectrosc. **131**, 250 (1988).
8. E. Kagi and K. Kawaguchi, J. Mol. Struct. **795**, 179 (2006).