

光周波数コムで制御された Ti:Sapphire レーザーによる 多環芳香族炭化水素の高分解能分光

(福岡大理^a, 神戸大分子フォト^b, ニコラス・コペルニクス大^c, 京大院理^d)

○山崎翔^a・御園雅俊^a・笠原俊二^b・西山明子^c・馬場正昭^d

High-resolution spectroscopy of polycyclic aromatic hydrocarbons by a Ti:Sapphire laser controlled
with an optical frequency comb

(Fukuoka Univ^a., Kobe Univ^b., Nicolaus Copernicus Univ^c., Kyoto Univ^d.)

S. Yamasaki^a, M. Misono^a, S. Kasahara^b, A. Nishiyama^c, and M. Baba^d

We have been studied the detailed structures and dynamics of polycyclic aromatic hydrocarbons. We constructed a system that controls the frequencies of a Ti:Sapphire laser with an optical frequency comb to observe high-resolution spectra more accurately. In this study, we observed spectra of 9-methylanthracene with the developed system.

【はじめに】

多原子分子の高分解能レーザー分光は、電子励起状態の詳細な構造や状態間の相互作用を研究するための強力なツールである。我々はこれまでに、ベンゼンやナフタレンのなどの小さい芳香族炭化水素の高分解能分光を行っており、現在は、より多くのベンゼン環を持つ芳香族炭化水素の分光を進めている。これらの大きな分子の分光計測では、遷移周波数を精確に測定する必要があるため、これまでに、光周波数コムの各モードを基準として Ti:Sapphire レーザーの周波数を制御するシステムを開発した。今回は、このシステムを用いて、9-メチルアントラセンの高分解能分光を行った。9-メチルアントラセンは、メチル基が大振幅振動（内部回転）を行うため、多環芳香族炭化水素の中でも興味深い分子である。

【実験システム】

この研究に用いた実験システムは、本研究会における御園の発表と同じものである。分光光源として波長約 742 nm の Ti:Sapphire レーザーを用い、第 2 高調波を発生させた。真空チャンバー内で超音速分子線と直交させ、その 2 つに直交する方向から、光電子増倍管によって蛍光を観測した。また、Ti:Sapphire レーザー光の一部を分岐し、光周波数コムを基準としてレーザー光の周波数制御を行った。分岐した光を駆動周波数 f_{AO} の音響光学周波数シフターに通して周波数をシフトさせ、光周波数コムの出力光と重ね合わせてビートを観測した。光周波数コムは、 10^5 から 10^6 本のモードが一定間隔に並んだスペクトルをもつ光源である。モード間隔を f_{rep} 、キャリア・エンベロープ・オフセット周波数を f_{CEO} とすると、 n 番目のモードの周波数は $nf_{rep} + f_{CEO}$ と表せる。Ti:Sapphire レーザーの周波数を

f_{laser} 、観測されたビートの周波数を f_{beat} とするとこれらの周波数の間には次の関係が成り立つ。

$$f_{\text{laser}} + 2f_{\text{AO}} = (nf_{\text{rep}} + f_{\text{CEO}}) + f_{\text{beat}} .$$

光周波数コムモードの周波数 $nf_{\text{rep}} + f_{\text{CEO}}$ を Cs 原子時計等の基準周波数にロックし、さらに、 f_{beat} が一定になるように制御すると、この式の右辺は一定となる。したがって、 f_{AO} によって f_{laser} を制御することができることがわかる。

【結果】

Figure 1 は 9-メチルアントラセンの $S_1(0a'_1) \leftarrow S_0(0a'_1)$ 遷移および $S_1(1e'') \leftarrow S_0(1e'')$ 遷移のスペクトルである。これらの遷移波数の差はおよそ 1 cm^{-1} なので、2つの遷移が重なって観測されている。26931.6 cm^{-1} 付近に幅が広く非対称なピークが見られるが、これは $S_1(1e'') \leftarrow S_0(1e'')$ 遷移の Q 枝が分解されずに観測されたものと思われる。Q 枝よりも低波数側に P 枝が、高波数側に R 枝が広がっている。線幅はおよそ 25 MHz であり、回転線まで分離することができた。現在、この遷移と、 $S_1(3a'_1) \leftarrow S_0(0a'_1)$ 遷移および $S_1(4e') \leftarrow S_0(1e'')$ 遷移について、PGOPHER を利用して解析を進めている。

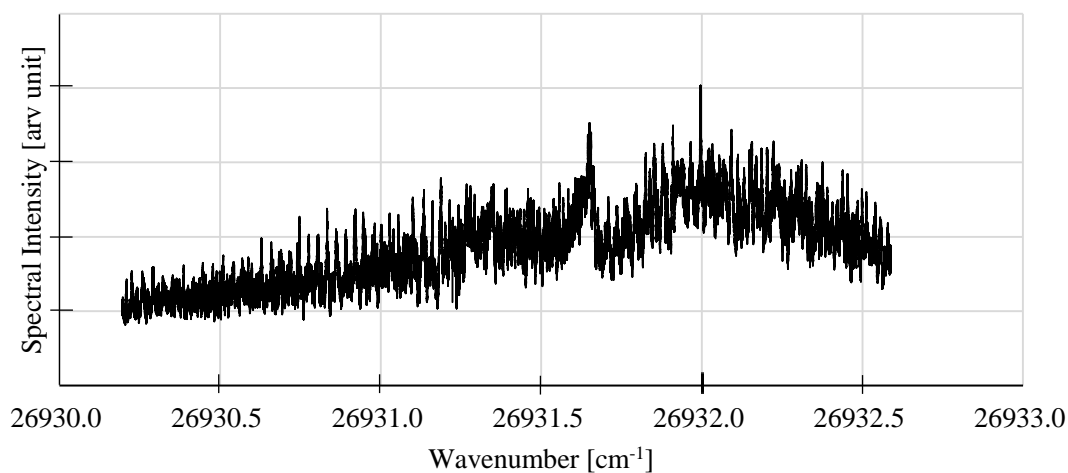


Fig.2 9 MA-メチルアントラセンのスペクトル