

## 1P143

### 光周波数コムを用いたドップラーフリー2光子吸収分光システムの開発 (福岡大理<sup>1</sup>, JST さきがけ<sup>2</sup>)      ○大久保光士<sup>1,2</sup>, 大力研介<sup>1</sup>, 御園雅俊<sup>1,2</sup>

**【序】** 高分解能分光を用いて多原子分子の性質について詳しい情報を得ることは、自然科学の基礎として極めて重要であり、環境科学や生物学、天文学の発展にもつながる。多原子分子の高分解能分光を行うと、分子の構造やダイナミクスに関する情報がスペクトル線の周波数や強度、線幅として観測される。周波数分解能の向上によって自然幅まで分解したスペクトルを測定できれば、分子のより詳細かつ正確な情報が得られるようになる。

高分解能分光を用いて分子の正確な情報を得るためには、高度な分光技術に加えて精度の高い周波数標準が必要とされる。しかし高分解能分光を用いた従来の研究では、測定したスペクトルの周波数分解能に見合う精度の周波数標準が無いため、データの精度も周波数標準の精度に制限されていた。そこで、著者も以前所属していたグループではヨウ素の吸収線を利用した周波数標準スペクトル集(アトラス)[1]を作成した。このアトラスはそれまでの周波数標準の精度を2桁改善する、約3 MHzの周波数精度(相対精度 $10^{-8}$ )を達成したが、自然幅まで分解したスペクトルを測定する際の周波数標準としてはまだ不十分である。我々はさらに精度の高い周波数標準を得るため、原子時計に安定化した光周波数コムの製作を計画した。

**【概要】** 本研究のシステムは、下図のように(1)1オクターブ光周波数コム、(2)ドップラーフリー2光子吸収分光システム、(3)ビート測定システムの3つの部分からなる。

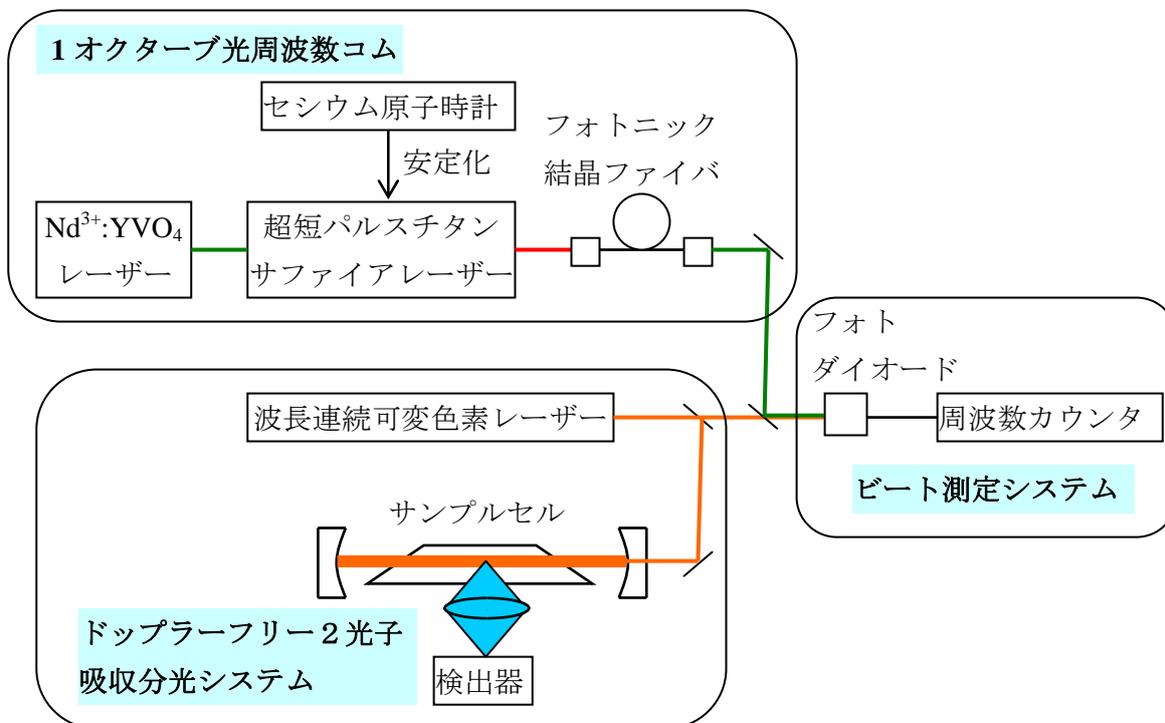


図. 実験装置の概要

### (1) 1 オクターブ光周波数コム

高精度な周波数の目盛として、セシウム原子時計に安定化した光周波数コムを製作する。光周波数コムとは一定の周波数間隔で並んだ櫛状のモード群からなるスペクトルを持つものである。特に高周波端の周波数が低周波端の周波数の2倍以上、つまり1オクターブ以上にわたって広がっているものを1オクターブ光周波数コムと呼ぶ。

光周波数コムを生成するために、超短パルスチタンサファイアレーザーを用いる。超短パルスレーザー光のスペクトルは、一定の周波数間隔で並んだモードからなる。この光をフォトニック結晶ファイバに通して周波数帯域を広げることで、1オクターブ光周波数コムが得られる。

光周波数コムのモードを安定化して精度の高い周波数目盛を得るために、セシウム原子時計を用いてオフセット周波数( $f_{\text{offset}}$ )とモード間隔( $f_{\text{rep}}$ )を安定化する。セシウム原子時計は相対精度  $10^{-11}$  の精度を持つもので、時間の「秒」の定義にも用いられている。GPS 衛星からセシウム原子に安定化した 10 MHz の基準信号が送られているため、これを受信し、利用することで原子時計と同じ精度を持つ周波数標準が安価に得られる。

### (2) ドップラーフリー2光子吸収分光システム

高分解能分光法として、ドップラーフリー2光子吸収分光法を採用する。この分光法を用いると、気体分子の高分解能分光を行う上で最大の障害となるドップラー広がりを完全に除去することができる。測定対象としてはベンゼンやナフタレンといった、有機分子や生体分子の基本となる分子を取り扱う。ベンゼンとナフタレンの基底状態から最低一重項電子励起状態への遷移周波数は紫外領域にあるが、2光子吸収分光では可視領域の光で遷移させることができる。分光光源としては波長連続可変色素レーザーを用いる。

### (3) ビート測定システム

分光光源からの出力光の一部を光周波数コムの出力光と重ね合わせてビート周波数( $f_{\text{beat}}$ )を測定する。このビート周波数から分光光源の光の周波数 $f_{\text{laser}} (=f_{\text{offset}} + n f_{\text{rep}} + f_{\text{beat}}$ ,  $n$  は整数)を決定することができる。

**【実験】** まず、光周波数コムを得るために 20 fs のパルス幅を持つ超短パルスレーザーを製作した。このレーザー光をフォトニック結晶ファイバに通し、1オクターブ光周波数コムを得ることができた。光周波数コムの開発と並行して、ドップラーフリー2光子吸収分光装置の設計・製作も行っている。

[1] H. Kato, *et al.*, *Doppler-Free High Resolution Spectral Atlas of Iodine Molecule 15 000 to 19 000  $\text{cm}^{-1}$*  (JSPS, Tokyo, 2000).