

18p-P5-4

## 高繰り返し光周波数コムを用いた広帯域精密分光法

## Broadband precision spectroscopy with high-repetition rate optical frequency comb

東大物性研<sup>1</sup>, JST ERATO<sup>2</sup>, ◯遠藤 護<sup>1,2</sup>, 小澤 陽<sup>1,2</sup>, 小林 洋平<sup>1,2</sup>ISSP, Univ. of Tokyo.<sup>1</sup>, JST ERATO<sup>2</sup>, ◯Mamoru Endo<sup>1,2</sup>, Akira Ozawa<sup>1,2</sup>, Yohei Kobayashi<sup>1,2</sup>

E-mail: endo@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】縦モードの光周波数が制御されたモード同期レーザーのことを光周波数コム（以下、コム）とよぶ。コムの縦モードは櫛状の構造を持ち、縦モード間隔は繰り返し周波数 ( $f_{\text{rep}}$ ) と等しい。一般的に入手可能である分光器の分解能は 4 GHz 程度であるが、これを超えた繰り返し周波数をもつコムを用いると縦モードを分離することができ、分光器の精度ではなくコムの線幅（一般的に数 kHz 以下）で決まる精度での分光が可能となる。広帯域なコムを用いることで複数の遷移を同時に分光することが可能であり、広帯域精密分光の分野での活躍が期待される[1]。実際の実験装置としては、コムと分光器の間に遷移周波数が不明のサンプルを挿入し、コムのオフセット周波数を変化させコムを掃引しながら透過スペクトルを複数枚取得する。すると Fig 1 (a)のように、コムの縦モードと遷移周波数付近の吸収が観測される。コムの各縦モードの絶対周波数は既知であるため、どの位置で吸収が生じたかを調べることで遷移の中心周波数を精密に測定することが可能となる。本研究では商用の分光器（分解能 4 GHz）と高繰り返しのコムを用いた吸収分光をシミュレートし、中心周波数を精度よく決定することのできる実験条件（繰り返し周波数、分解能、データ点数、信号雑音比(SNR)など）を考察した。

【シミュレーション結果】Figure 1 (a)は分解能が 4 GHz の分光器と繰り返し周波数が 6 GHz のコムを用いて、準安定状態ヘリウム（中心周波数  $f_{\text{He}} = 276.84$  THz、ドップラー広がりによる吸収の幅 2 GHz）の  $2^3S_1-2^3P_0$  遷移の中心周波数を求める実験を想定してシミュレートしたものである。斜めに走る白線がコムの縦モードを表し、中心の黒い部分がヘリウムの吸収を表している。縦軸はコムのオフセット周波数であり、コムを掃引することで遷移周波数近傍の全ての領域の情報を得ることができている。なおここでは実際の実験に即した正規分布誤差を導入し、コムの線幅は無限小と仮定した。最尤推定法を行うにあたり、パラメータとして中心周波数だけでなく吸収の幅・強さも考慮する必要があるが、今回のシミュレーションでは遷移の中心周波数についてのみ考察した。Figure 1 (b)は Fig. 1 (a)より最尤推定法で用いられる遷移の中心周波数に対する尤度関数を求めたものである。横軸は実際の遷移周波数  $f_{\text{He}}$  からの差を表し、差がゼロの付近で尤度関数がピークを持っている。尤度関数の線幅 ( $\sigma$ )が中心周波数の決定精度に対応し、今回は 2 GHz の線幅を 10 MHz の精度で中心周波数を決定することができている。Figure 1 (c)は繰り返し周波数の異なるコムで分光したときの遷移周波数の尤度関数の線幅である。縦モードが分離できるようになると精度が向上し、それ以降は変化しないことがわかる。このシミュレーションでは単一の遷移のみを考慮したが、複数の遷移を同時に測定することも可能である。本シミュレーションにより現実的な実験条件で吸収線幅の 200 分の 1 の精度で中心周波数を決定可能であることがわかり、高繰り返しのコムを用いた広帯域精密分光が実現可能であることが予想される。

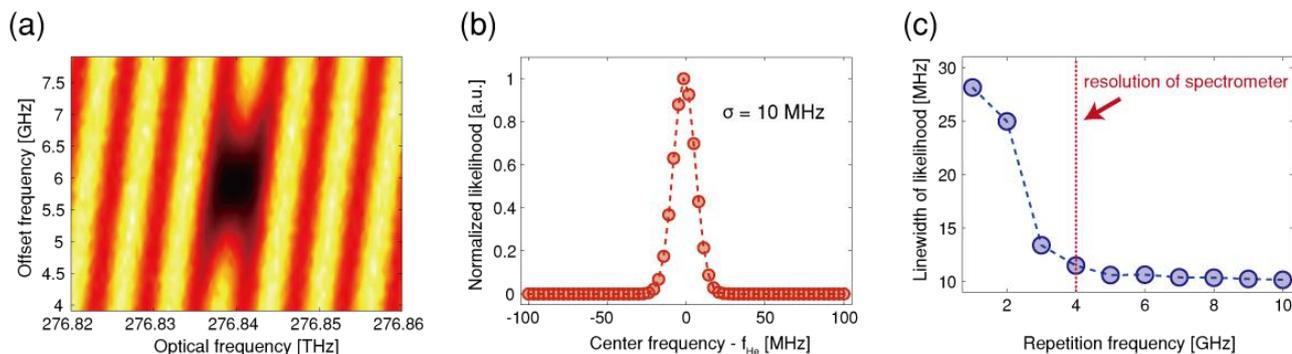


Figure 1 (a) Simulation data. (b) Calculated likelihood function. (c) Linewidth of likelihood function as a function of repetition frequency.

[1] S. A. Diddams, L. Hollberg, and V. Mbele, "Molecular fingerprinting with the resolved modes of a femtosecond laser frequency comb," *Nature*, vol. 445, no. 7128, pp. 627–30, Feb. 2007.