

高精度デュアルコムガス分析に向けたスペクトル解析手法の検討

A Study of Spectral Analysis Technique for High Precision Dual-Comb Gas Analysis

°大久保 章, 稲場 肇 (産総研, 計量標準総合センター)

°Sho Okubo, Hajime Inaba (NMIJ, AIST)

E-mail: sho-ookubo@aist.go.jp

炭素同位体比測定を用いた温室効果ガスによる気候変動の予測や、燃焼系プラント効率化のための精密制御において、高い精度のガス濃度測定が求められている。特に炭素同位体比測定では、相対不確かさ 10^{-5} 級が目標とされている。デュアルコム分光法は、繰り返し周波数のわずかに異なる 2 台の光コムの干渉信号から光コムのスペクトルを得る分光法で、高分解能かつ周波数精度の高いガス吸収スペクトルが短時間で得られることから、ガス分析の有力なツールとして期待されている[1]。我々は、位相雑音の小さなデュアルコム分光計を開発し[2]、ガス温度測定[3]などに応用することでデュアルコムガス分析の実力を示してきた。しかし、ガス濃度測定精度の評価は未着手であった。

本研究では、ガス濃度測定精度を評価するために、純粋な CH_4 ガスを試料とし、その吸収スペクトルをデュアルコム分光計で取得した。分子吸収線データベース HITRAN[4]の分子定数を用いて試料圧力から透過率スペクトルを求めるモデル式を作り、測定スペクトルに最小二乗フィットすることで試料圧力を求め、絶対圧計で測定した試料圧力との差とフィッティングエラーから、ガス濃度測定精度を評価した。Fig. 1 は、絶対圧計で測定した試料圧力 722 Pa、吸収セル長 3.04 m の条件で測定した透過率スペクトル、モデル式から再構成した計算スペクトル、およびそれらの差を示す。フィッティングで得られた試料ガス圧は 716.76 Pa で、絶対圧計の測定不確かさ 1% の範囲で絶対圧計の値と一致した。フィッティングエラーから見積もった相対統計不確かさは 6.7×10^{-4} で、ある程度高い精度が実現できていると言える。また、スペクトルの信号対雑音比の改善による精度向上が見込める。本講演では、詳しい解析手順、測定データの積算時間と不確かさの関係、吸収セル長 1 m あたりの検出感度、解析法による違いなどについても述べる。

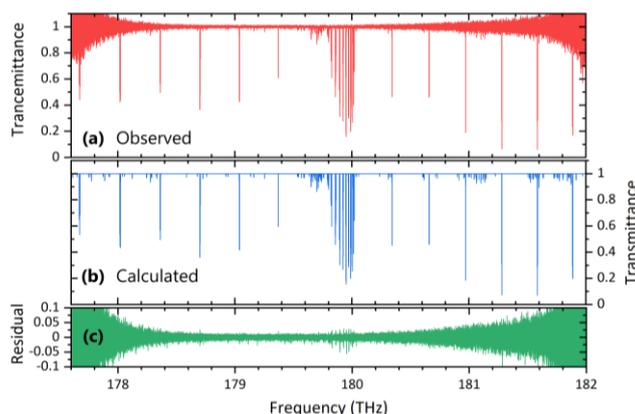


Fig. 1 (a) Observed transmittance spectrum of CH_4 gas. (b) Spectrum calculated from the model equation based on HITRAN database. (c) Difference between the observed and calculated spectra.

- [1] E. W. Waxmann, *et al.*, *Atoms. Meas. Tech.* **10**, 3295 (2017).
- [2] S. Okubo, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **8**, 82402 (2015).
- [3] Y. Shimizu, *et al.*, *Appl. Phys. B* **124**, 71 (2018).
- [4] I. E. Gordon, *et al.*, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* **203**, 3 (2017).