

P14 開放大気光路の赤外吸収スペクトル高速掃引システム Quick-scanning infrared absorption spectrometer for open atmospheric path

古賀隆治, 和田修己, 王 明, 香川直己*, 佐野博也*
R.KOGA, O. WADA, WANG Ming, N. KAGAWA*, and Hiroya SANŌ*

岡山大学, *福山大学
Okayama University, *Fukuyama University

A tunable diode spectrometrometer for open atmospheric optical path is under development, which is featured by its quick scanning period and frequency. The speed is enough to suppress the atmospheric scintillation due to density fluctuation. Fluctuation in a specific trace gas concentration can be picked up independent of other species of atmospheric constituent.

1. まえがき

開放大気には、温度・密度・組成の揺らぎがつきものであり、地表近くでは、地中あるいは水中と大気との間の物質の移動現象と密接に関係していると考えられる。この揺らぎは、大気の吸収スペクトルを測定するときには精度を低下させる原因となるとともに、この揺らぎを測定することにより、物質移動を観測できる可能性が考えられる。測定装置には、揺らぎよりも速い応答速度が要求される。

2. 大気シンチレーションのパワースペクトル密度関数

大気のレーザービームに対する透過率のパワースペクトル密度関数 (PSDF) では、10 Hz 以上の揺らぎ成分は周波数の上昇とともに急激に減少する。そして、100 Hz 以上では 1 Hz あたりに比べて 10^{-3} 以下になる。これまでの検討結果¹⁾から、1 Hz 以上の揺らぎ成分は、大気中の微気象による密度揺らぎによるものと推定され、地表面を横切った物質移動には直接は関係が無いものと考えられる。

したがって、10 ms 以下の時間幅で大気の吸収スペクトルを掃引するならば、その結果は大気揺らぎの影響を受けない。

3. 大気スペクトル高速掃引システム

— M14 —

過去に筆者らが開発し、内部で M9 システムと呼ぶ、大気吸収スペクトル掃引測定システムと同じ方式で、ただ掃引時間を 4.2 s から 6.6 ms に高速化した方式をとる。この高速化に伴い、受光器である MCT を PC

型から PV 型に変更し、AD 変換を高速化した。サンプリング周期は $25 \mu\text{s}$ が必要であるが、最終的結果を、相対値にして 10^{-3} の精度で得るためには、12 bit 相当の量子化雑音に押さえる必要がある。これをそのまま実現しようとする、AD 変換前のアナログフィルタの設計・製作・調整に手間がかかる。狭いビット幅の AD 変換器を短い周期で動作させ、その結果をコンピュータの演算処理により平滑化し、長い繰り返し周期ではあるが、広いビット幅のデータに変換する。こうすることにより、プレフィルタにかかわる問題を回避し、設計の自由度、安定性、ともに向上が期待できる。

また、信号処理の過程で必要な対数変換より前の段階で平滑化を行うので、対数変換の非線形性によって、本来平均値が零であるべき雑音が偏りを生じる難点も解消する。

実際のシステム開発の努力は主として AD 変換後の平滑化処理を、実時間で行う DSP (Digital Signal Processing) システムに集中した。光学系を含めた他の部分は、先に開発した M9 システムのものを流用して試験を行った。

MCT-IRD から AD 変換、DSP を経てコンピュータに至る信号処理の部分のブロックダイアグラムを Fig. 1 に示す。DSP によりデータレートが 256 分の 1 に落ちるが、その速度を整合させるためのバッファメモリに工夫が必要であった。

吸収スペクトルのデータはコンピュータ内で随伴スペクトルアルゴリズムにより、水蒸気、メタンなどの特定ガスの濃度・距離積が算出され、スペクトル干渉は排除される²⁾。

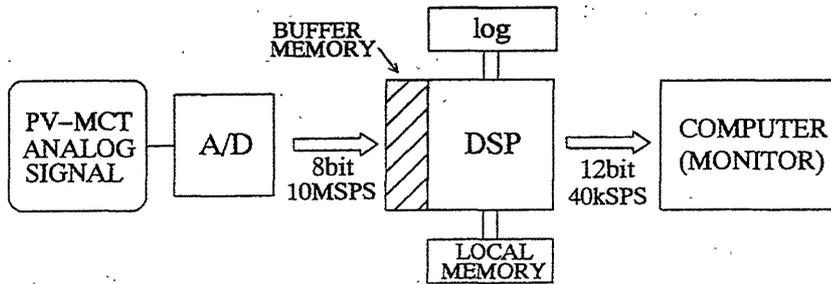


Fig.1 Block diagram of digital signal processing block that converts the fast 8bits data to moderate 12bits data smoothing out both random and quantization noise.

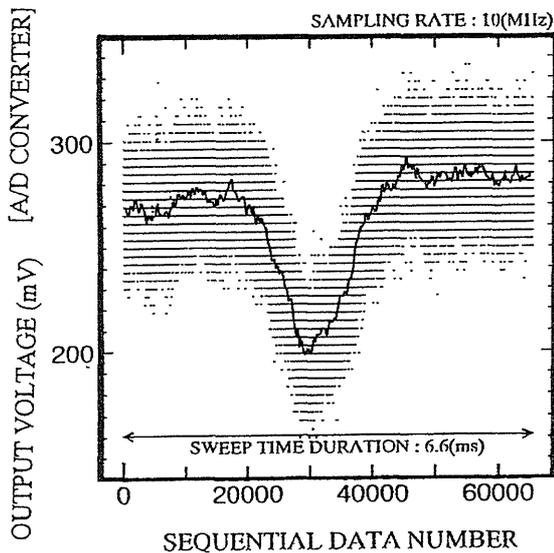


Fig.2 Signals before and after the digital signal processing. Horizontal striations reflect the quantization process of the 8-bit A/D.

4. 動作確認実験

レーザ駆動系, 受信電気系, および DSP の動作確認を行った. 既知濃度 (9460 ppm) のメタンガスを 5 cm と 15 cm の 2 本のガスセル中に大気圧で封入し, その吸収線スペクトルを測定した. Fig. 2 は SN 比が比較的悪い状態で AD 変換直後のデータと平滑化したデータを同時に描いたものである. 自然の雑音とともに, AD 変換の量子化誤差も同時に平滑化されている状態が目に見える. Fig. 3 には, 実際にメタンガスのスペクトルを掃引した例を示す. 掃引の前後でカーブが零近くに落ちているのは, レーザの発振を止め, ベースラインを確認している部分である. この機能を確保するために, プリア

ンプを含めたアナログ電気系を全て直流結合で構成し, ドリフトの補償はデジタル信号で制御して行っている.

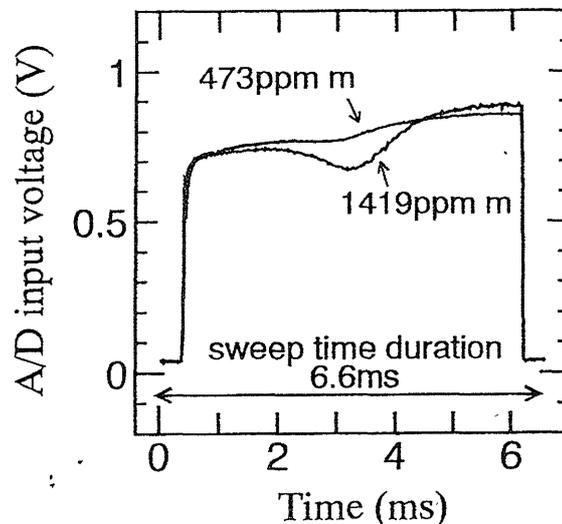


Fig.3 Scanned methane absorption spectrum after the smoothing. Base lines are re generated at both sides with blanking the laser current in order to know the total power of the received laser beam.

5. おわりに

現在基本的な動作確認は終え, デジタルシステムのスループットを上げる作業を行っている. その後, 全体をとりまとめて野外実験を行う予定にしている.

参考文献

- 1) 香川ほか, 本シンポジウム, E 1 (1995.10)
- 2) M. Bouzidi et al., Jpan.J. Appl. Phys., 31(1992)4071.