

赤外ラマンシフターを用いた二酸化炭素の長光路吸収測定
 Laser Long-Path Absorption Measurement of Carbon Dioxide
 Using an Infrared Raman-Shifted Dye Laser

湊 淳、杉本伸夫、笹野泰弘

Atsushi Minato, Nobuo SUGIMOTO and Yasuhiro SASANO

国立環境研究所

The National Institute for Environmental Studies (NIES)

Abstract

A laser long-path absorption measurement system using an infrared Raman-shifted dye laser was developed. Spectrum of carbon dioxide in the $2\mu\text{m}$ region was measured with the system in an open path with a round-trip path length of 1km. Concentration of CO₂ was determined by fitting theoretical spectrum to the measured spectrum. Errors in the concentration measurements were investigated using measured data.

1. はじめに

赤外レーザー長光路吸収法において、特に、光路長が長い場合や、散乱体を用いた測定では、信号対雑音比の点で、パルスレーザーを用いることが有効である。本研究では、赤外パルスレーザーを用いた長光路吸収測定の実験的評価を行なうことを目的として、野外光路における測定システムを製作し、二酸化炭素の測定実験および濃度誤差の評価を行なった。

2. 測定システム

Fig.1 に測定実験システムのブロック図を示す。実験システムは、波長可変レーザー、送受信光学系、光検出器、信号処理システム、から構成される。750nmのYAGレーザー励起色素レーザー出力光の、2次ラマンストークスを、 $2\mu\text{m}$ 帯の波長可変パルスレーザーとしている。レーザー光は、500m離れたリトロリフレクターによって反射され、Au:Ge検出器によって検出される。受信信号は、パワーモニター用検出器の信号で補正され、4パルス毎の平均値がコンピューターに記録される。色素レーザーは、波長幅が約 0.05cm^{-1} であり、圧力掃引法により、500ステップで約 4cm^{-1} の波長スキャンが可能である。

3. 二酸化炭素濃度の測定実験と測定誤差

分子濃度は、モデルスペクトルと、測定スペクトルデータとのフィッティングにより求められる。測定データに含まれる雑音と、分子濃度の誤差との関係の評価を行なった。測定スペクトルの対数をとると、線形最小二乗法が適用でき、測定データと分子濃度の関係式が与えられる。濃度の推定値と真値との差の統計平均をとると、濃度誤差が雑音の標準偏差の関数で与えられる。システムの雑音の性質が既知であれば、濃度誤差を最小にする測定条件を見つけることができる。

本システムの雑音の標準偏差と信号強度の関係を実験的に調べた。信号強度が強い場合、信号強度と雑音の標準偏差が比例するタイプの雑音が支配的であり、これはレーザービームパターンの揺らぎによるものであることが判った。また、信号強度が弱くなるにつれ、雑音の標準偏差が信号強度によらず一定のタイプの雑音が支配的になることが判った。

本システムの雑音と信号強度の関係をを用いて、測定条件の最適化の検討を行なった結果、ピーク波長の透過率が10%程度の吸収線で測定を行なった場合、濃度誤差が最小になることが判った。

そこで、水蒸気の吸収線の干渉が非常に小さい、20012-00001バンド、P6、P4枝を選び長光路

測定を行なった。Fig.2に、測定データとモデルスペクトルを示す。モデルスペクトルは、光路付近で測定した温度、気圧データを用いて、AFGLのFASCODEで計算した。Fig.2には、測定データとモデルスペクトルの残差（雑音）も示した。Fig.2のデータから求められた二酸化炭素濃度は、 370.7 ppm である。雑音から見積った濃度誤差は 3.0 ppm (0.8%)である。本実験システムの検証を目的として、光路付近でNDIRによる二酸化炭素濃度測定を同時に行なった。Fig.2のデータと同時刻の、NDIRによる濃度は 369 ppm であり、非常によく一致した結果が得られた。

(参考文献) 湊、杉本、笹野：レーザー研究18(1990)986

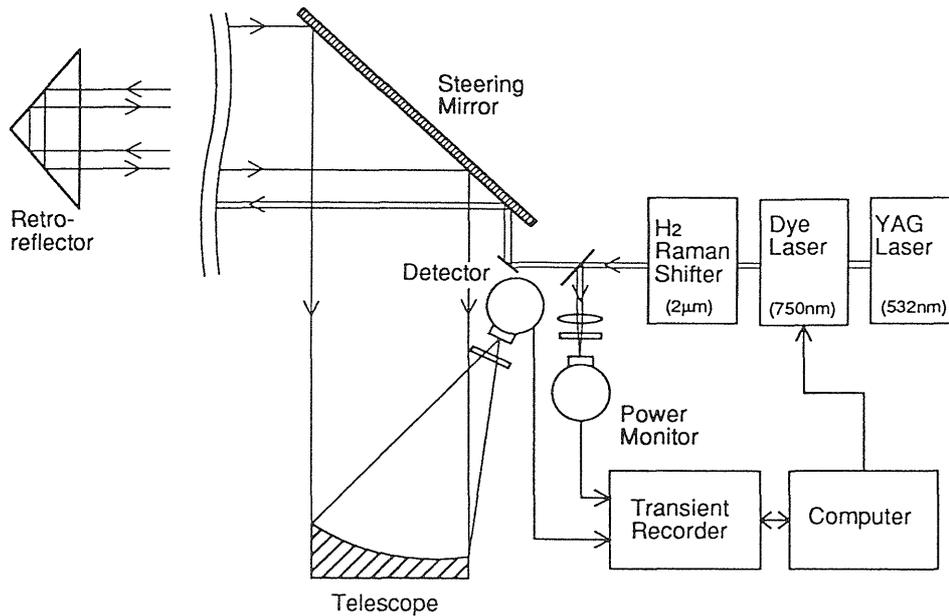


Fig.1 Block diagram of the laser long-path absorption experimental system.

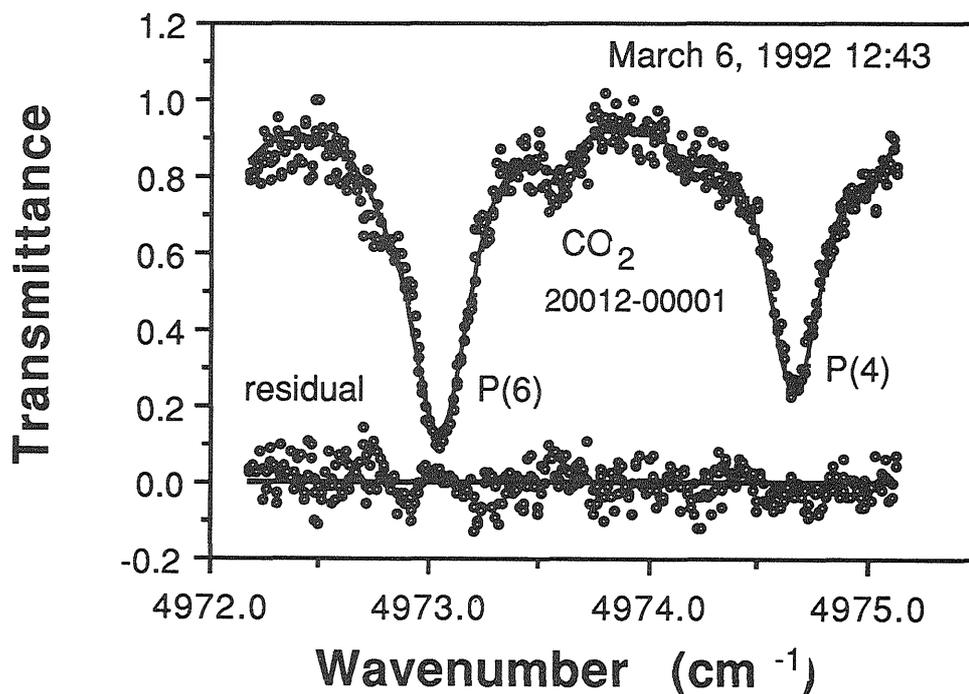


Fig.2 Measured absorption spectrum of carbon dioxide in $2 \mu \text{m}$ region.