

ストリークスコープ検出器のライダー観測への応用

Application of a Streak Scope Camera to Lidar Observations

田中利幸 齊藤保典 川原琢也 野村彰夫

Toshiyuki Tanaka, Yasunori Saito, Takuya D Kawahara and Akio Nomura

信州大学工学部

Faculty of Engineering, Shinshu University

Abstract : A Raman lidar system has been constructed by using a streak scope camera, which made the lidar system compact with a single photo-detector but with capability of multiple-wavelength detector. Simultaneous detection of multi-wavelength signals, N₂ and O₂. Raman signals from the atmosphere, could be successfully made. On some results of the atmospheric observation, we discuss the performance characteristics of the streak scope camera as a detector for the lidar system.

1. はじめに

ストリークスコープは時間、空間のふたつの分解能を持つ高感度な検出器であるにもかかわらず、これまで主に蛍光寿命測定等の分野にしか用いられることがなかった。我々はこれをライダー観測に積極的に応用することを考え、そのシステムに対する検討を行ってきた。

特に従来、散乱光の多波長同時検出のためには複数の検出器が必要となり、システムが複雑で大型にならないを得なかったラマンライダーシステムにおいて効果を発揮すると考え、ストリークスコープを用いることで単一の検出器により多波長の同時観測を可能とするコンパクトなラマンライダーシステムを目指して観測実験を行ってきた。¹⁾

今回は代表的な大気分子成分であるN₂、O₂、CO₂およびH₂Oの4分子の同時観測を目的とした観測実験の結果を示し、本システムの動作特性評価・検討結果について報告する。

2. システム

分光器とストリークスコープを組み合わせることにより、多波長におけるラマン信号強度の波長分解と時間分解との2次元的な検出が可能となる。

システムの構成をFig.1に示す。光源にはYAGレーザーの第二高調波（パルスエネルギー80mJ、パルス幅15ns、繰り返し10Hz）を用いレーザーを上空に照射し、望遠鏡（直径28cm）により受信された散乱光は分光器（焦点距離25cm）により各分子毎のラマン散乱波長が選択される。この際観測波長範囲は目的とする4分子を同時に計測できるように560nm～670nmに設定した。これをストリークスコープ（浜松ホトニクス製、C4334）により検出し、PCにおいて積算等の処理を行なった。この際微弱なラマン散乱信号を捕えるため、ストリークスコープのCCD検出器前面にはMCP（マルチチャンネルプレート）が配置されている。

またレイリーおよびミー散乱とラマン散乱との散乱断面積には3桁以上の違いがあることから、ラマン散乱光の検出を行なう際にはノッチフィルターを挿入することで532nmの波長を除去した。

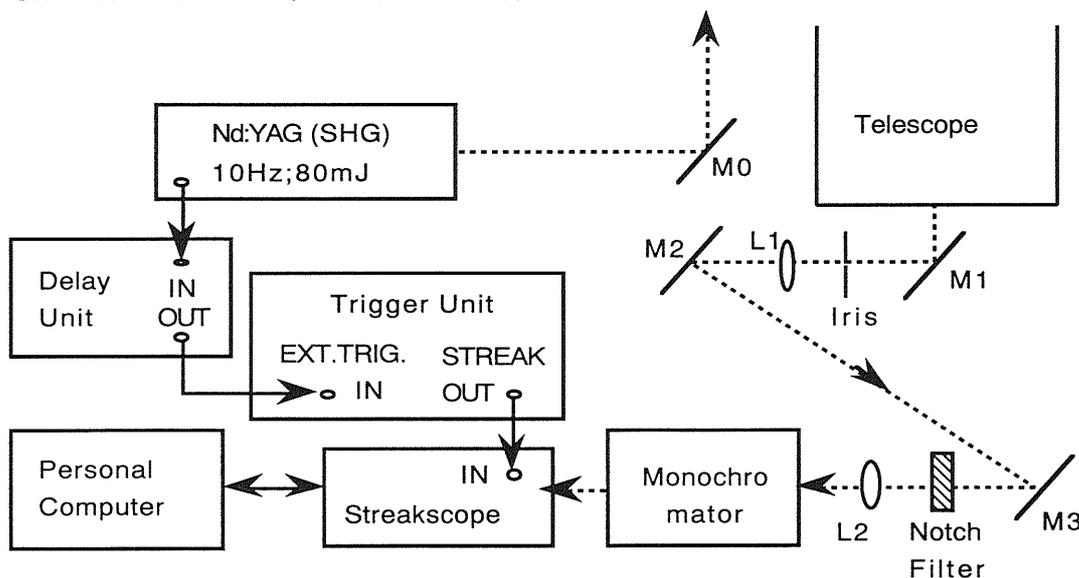


Fig. 1 Block Diagram of the Lidar System using a Streak Scope Camera

3. 実験および考察

多波長同時観測実験結果例をFig. 2に示す。実験は背景光の影響を避けるために夜間に実施しており、この時の天候は曇り、積算回数は10000shotsであった。大気中のN₂ (607nm)、O₂ (580nm)に対応したラマン散乱信号のAスコープ表示が同時に得られた。

この際画面上においては多量のノイズがほぼ全体に渡って現れていたが、これらのほとんどは分光器内の迷光およびストリークスコープからの暗電流であると考えられる。また受信光のスペクトルが波長に対して広がりを持っているが、この傾向はレイリーおよびミー散乱信号(532nm)を測定した際にも同様に見られたことから、分光器に対し平行に入射していない受信光(視野重なり)の影響を受けているためと思われる。その点を考慮してN₂およびO₂におけるスペクトルが広がった範囲にある光子数を加算した結果がFig. 3である。ピークにおける光子数の比はN₂、O₂のラマン散乱断面積の比に対し適当な値を示していることから、本システムにおいてラマン散乱光の検出が可能であることが確認された。

またCO₂ (571nm)、H₂O (660nm)についても同時に観測することも目的としていたが、これらに対しては十分な結果が得られなかった。これはCO₂、H₂Oのラマン散乱断面積がN₂およびO₂のそれと比べて1/100程度であり、検出可能な十分な光子数が得られなかったためである。

この結果とこれまでの観測実験結果¹⁾を考慮すると、CO₂、H₂Oを含めた多波長同時検出のためには直径1mの望遠鏡で532nmの場合には80mJ、355nmの場合には30mJ程度の出力が必用と推定される。これは現在のレーザ技術で十分対応可能な値である。

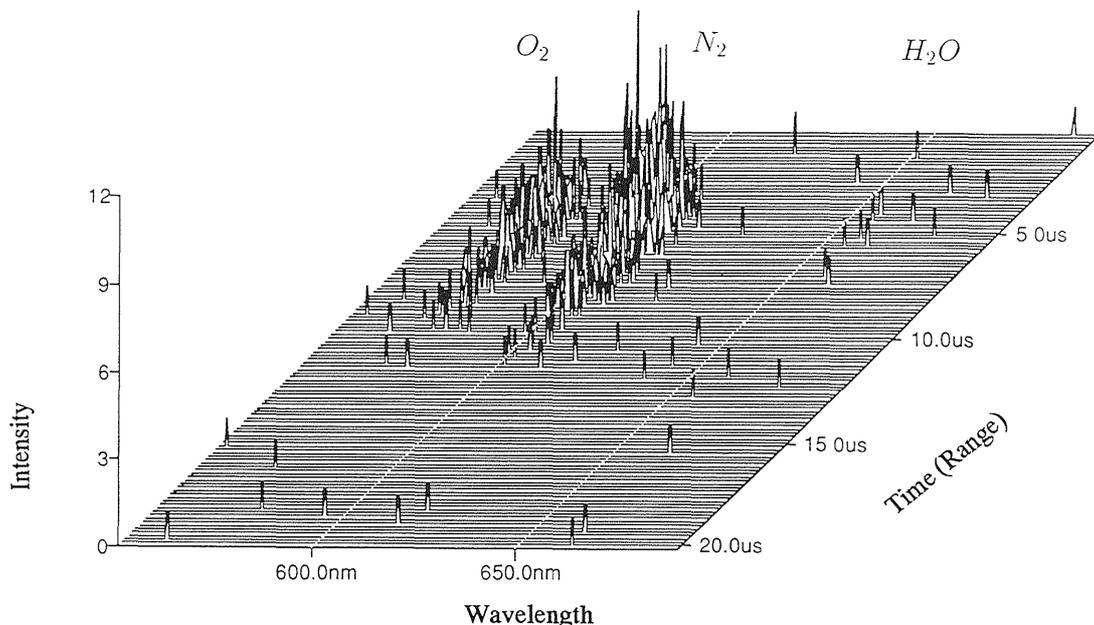


Fig. 2 Simultaneous multi-wavelength detection of time dependent O₂, N₂ (H₂O) Raman signal

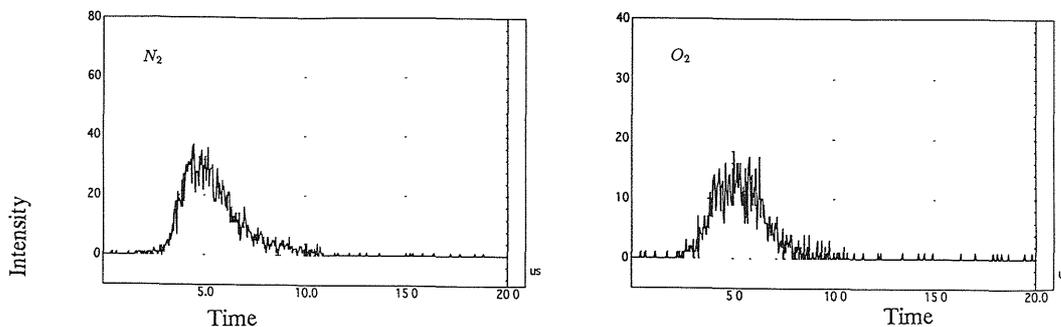


Fig.3 Total photon number of N₂ and O₂ Raman signal

4. まとめ

本報告では、ストリークスコープのライダー観測への応用として、ラマンライダーシステムによる観測実験の結果について述べた。これにより本システムにおいてラマン散乱光の多波長同時観測が可能であることが確認された。またCO₂、H₂Oを含めた多波長同時検出のための条件を示した。

参考文献 1) 齊藤保典ほか、第57回応用物理学学会学術講演会予稿集, 8a-zv-9, (1996).