

2 μm コヒーレントライダーの研究開発

Developments of 2 μm Coherent Lidars

水谷耕平, 板部敏和, 石井昌憲, 青木哲郎, 浅井和弘*, 佐藤篤*, 福岡大岳**, 石川隆祥***

K.Mizutani, T. Itabe, S. Ishii, T. Aoki, K. Asai*, A Sato*, H. Fukuoka**, T.Ishikawa***,

情報通信研究機構, *東北工業大学, **浜松ホトニクス(株), ***(株)日本アレフ

NICT, * Tohoku Institute of Tech., ** Hamamatsu Photonics K.K., ***Nippon Aleph Co.

Abstract

NICT is conducting research of 2 μm coherent lidars for atmospheric CO₂ and wind profiling. A Tm,Ho:YLF laser oscillator of 50-100mJ at 20-30Hz has been developed and used for ground based wind profiling and CO₂ measurement. Another compact coherent lidar system will be made for the use in mobile/air-borne Wind/CO₂ observation.

1. はじめに

情報通信研究機構(NICT)では 2006 年度から 5 年間の第 2 期中期計画において、地上や航空機からの二酸化炭素観測と都市部上空の風分布を観測するためのライダー技術の研究開発を行っている。その中では 2 μm レーザを使い、ヘテロダイン検波によるドップラーライダーや差分吸収ライダー (DIAL) を開発することになっている。2 μm で発振する LD 励起の伝導冷却型レーザを使い、光学ベンチ上に設置したコヒーレントライダーシステムにより風や二酸化炭素分布を観測することに成功した。このレーザでは 20Hz 或いは 30Hz で 100mJ レベルの出力が得られている。今年度からは、さらにコンパクトで持ち運びの容易なライダーシステムの開発を始めた。新しいシステムは車載や航空機搭載での風観測や CO₂ 観測に使われる予定である。

2. 地上設置用 CO₂DIAL/ドップラーライダー

CO₂ と風分布を観測するためのコヒーレントライダーシステムを実験室の光学ベンチ上に組み上げた。Tm,Ho:YLF レーザは 2.05 μm 付近で発振し、この付近に吸収ラインを持つ CO₂ と H₂O を観測する DIAL やドップラーライダーに適している。Fig.1 に示したのはこのライダーシステムの写真である。ガス冷却によりヒートシンクを冷やし、そのヒートシンクからの伝導冷却により -80°C まで冷やされた 4mm ϕ x 44mm のロッドを使った伝導冷却型 Tm,Ho:YLF レーザは 20Hz から

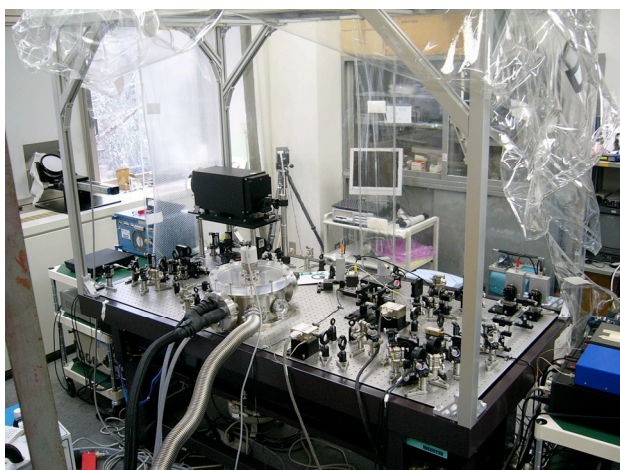


Fig.1 Picture of coherent lidar system

30Hz の繰り返しで 50-100mJ の出力で運用されている。冷却装置とヒートシンクの間はヒートパイプに置き換えることも可能であり、将来の衛星搭載では放射冷却とヒートパイプによる冷却システムが使えると考えている。検出をヘテロダイン検波で行うため、インジェクションシーディングによりレーザは縦シングルモードで発振する。シードレーザは CO₂ の on-line と off-line にそれぞれコントロールされた 2 つの CW レーザから選択される。リング共振器の長さは 3.86m であり、Ramp-and-fire 技術¹⁾によりシードレーザの発振波長に同調される。レーザ光は 10cm 口径の軸はずし望遠鏡から送信され、エアゾルによる散乱光は同じ望遠鏡で集光される。受信光はシングルモードファイバーに導入され、さらに 2 μm 用に製作

した 3 dB カップラーにより局発光と混ぜた上で、InGaAs 検出器上で混合されヘテロダイン検波される。このシステムは地上設置の CO₂ 及び風観測装置として使われるが、同時に航空機搭載や衛星搭載装置の技術開発の一部とも考えている。また、同時にセンシングネットワークプロジェクト用の風観測システムの可能性をテストするために使われる。装置は実験室からの観測実験による基本性能の確認の後、光学ベンチごととスキャナー付きのコンテナに移し、観測実験によりコヒーレントライダーの性能評価や観測方法の検討を行うために使われ始めた。

3. コンパクトなコヒーレントライダー装置

都市部上空の風分布を複数のライダー装置やウィンドプロファイラーで観測する‘センシングネットワークプロジェクト’用のコヒーレントドップラーライダーや車載や航空機搭載で CO₂ を観測するためにコンパクトなコヒーレントライダー装置の開発を開始した。装置を車や航空機に搭載するために全体を小さなシステムにし、振動にも強くしたいと考えている。

センシングネットワークプロジェクトのテスト観測はすでに CTI 製の 7 mJ(100Hz) トランシーバー（送受信機）に 2 軸スキャナーとデータ処理装置を組み合わせるで実行中である。また、光学ベンチごとコンテナに入れたシステムでの観測も開始した。この装置とコンパクトなコヒーレントライダー装置を車載にし、観測範囲が 20km 以上ある 2 つのドップラーライダーを使った観測により、都市部上空の風分布が立体的に観測できるようにしたいと考えている。

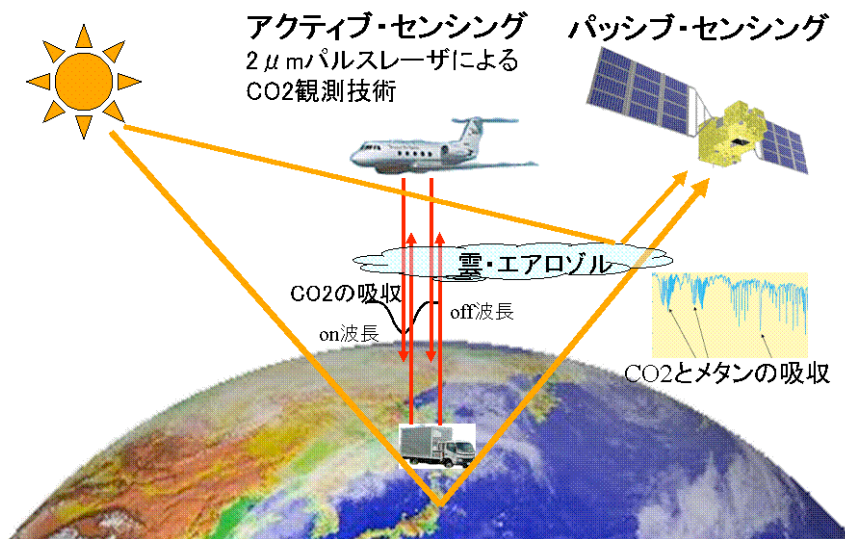


Fig.2 CO₂ observations by ground-based and air-borne coherent DIAL, and space-born passive sensor

コンパクトなコヒーレントライダーによる CO₂ 観測では、装置を航空機に載せ、飛行体からの CO₂ 観測のための技術データの取得を行う。さらに、来年打ち上げ予定の GOSAT や OCO などのパッシブ・センシングによる衛星からの CO₂ 観測との比較観測を行う (Fig.2)。同じ装置を車載などの地上設置とし、衛星搭載装置との比較観測や都市部等のローカルな CO₂ 分布の観測にも使いたいと考えている。NICT のコヒーレントライダーでは CO₂ の分布と共に風やエアロゾルの分布観測ができる

ので、移流を含めた CO₂ の濃度分布変化の理解にこの装置が威力を発揮すると期待している。

4. 終わりに

NICT で開発を進めているコヒーレントライダー装置は将来の衛星搭載コヒーレントライダー装置のためのプロトタイプともなるものである。2 μm コヒーレントライダーでは風、CO₂、H₂O 等、気象予測や気候変動の研究に不可欠で重要な要素の観測が可能であり、将来の衛星搭載装置候補として注目すべきものである。装置開発においては常に衛星搭載を意識して、LD 励起の伝導冷却型レーザの開発を行ってきた。衛星からの CO₂、H₂O 観測においてはヘテロダイン検波でなく直接検波を使うなどのコヒーレントライダーで無いコンセプトも可能であるが、それでも現在開発している 2 μm のアイセーフライダー技術はそれらの衛星搭載装置開発の基盤技術となるものである。

参考文献

1)S.W.Henderson, E.H.Yuen, and E.S.Fry, "Fast resonance-detection technique for single-frequency operation of injection-seeded Nd:YAG lasers", Opt,Lett., Vol.11, 715-717(1986).