

# コヒーレントライダーの研究開発

## Developments of 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\*\*\*, 加瀬貞二\*\*\*\*, 椎名哲男\*\*\*\*\*

K.Mizutani, T. Itabe, S. Ishii, T. Aoki, K. Asai\*, A Sato\*,

H. Fukuoka\*\*, T.Ishikawa\*\*\*, T.Kase\*\*\*\*, T.Shiina\*\*\*\*\*

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, \*\*\*\*日本電気(株), \*\*\*\*\*NEC エンジニアリング(株)

NICT, \* Tohoku Institute of Tech., \*\* Hamamatsu Photonics K.K.,

\*\*\*Nippon Aleph Co., \*\*\*\*NEC Corp., \*\*\*\*\*NEC Engineering Ltd.

### Abstract

We are making research of coherent lidar systems for measurements of wind and CO<sub>2</sub> profiles. Tm,Ho:YLF lasers of single longitudinal mode and heterodyne detection systems are used to build up coherent Doppler lidars and differential absorption lidars. CO<sub>2</sub> and wind profiles are observed by a coherent lidar system set on an optical table (Co2DiaWiL). The 2 $\mu$ m laser for Co2DiaWiL is LD pumped and conductively cooled, and operated in an output level of about 70mJ at 20Hz or 30Hz. We have a plan to develop a mobile CO<sub>2</sub> DIAL/Wind Doppler lidar system similar to Co2DiaWiL, but more compact and small. The Tm,Ho:YLF laser oscillator will be operated in 50-100mJ output at 30-40Hz. The lasers are conductive-cooled, laser diode pumped and eye-safe. Then, these are suitable for space-borne lidar to measure not only atmospheric CO<sub>2</sub> and wind but also aerosol and cloud.

### 1. はじめに

情報通信研究機構(NICT)では 2.05  $\mu$  m で発振する高出力の Tm,Ho:YLF レーザを使いコヒーレントライダー装置を開発し、風と二酸化炭素を観測している。2  $\mu$  m 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) を研究開発している。2  $\mu$  m レーザでは衛星搭載ライダーのプロトタイプレーザーとして 100mJ (20Hz) で発振する LD 励起の伝導冷却レーザーや、460mJ 出力 (10Hz) のレーザーアンプを開発してきた。しかし、これらのレーザーは大出力向きであり、地上観測や車載等を考えたときにはより小さなレーザーで十分である。そこで中出力のレーザーによりコヒーレントライダーを開発し、CO<sub>2</sub> 観測や風観測を行っている。



Fig.1 Laser rod pumped from three directions

### 2. 地上設置 CO<sub>2</sub>DIAL/ドップラーライダー

Tm,Ho:YLF レーザは 2.05  $\mu$  m 付近で発振し、この波長域に吸収ラインをもつ二酸化炭素を観測する差分吸収ライダー (DIAL) に適している。また、上準位寿命が長く高い出力が得られるため遠方の風を観測するためのドップラーライダー用レーザーにも適している。しかし、Tm,Ho:YLF レーザは準3準位レーザーであるため、ロッドは温度が低いほど効率よく発振が行われる。そこで、レーザーロッドは伝導冷却で-80°C程度に冷却し、一方3方向

に配置された励起用 LD は 20°C 程度に保たれるレーザヘッドの構造とした (Fig.1)。レーザヘッドは Fig.2 に示したように真空容器に納められている。

反射光の検出をヘテロダイン検波で行うため、Ramp-and-fire 技術による注入同期によりレーザは単一波長で発振する。シードレーザは二酸化炭素の 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。二酸化炭素観測の場合は 2 つの波長が交互に選択され、風計測だけをする場合は off-line 波長だけで発振をする。長さ 3.86m のリング型共振器の中をレーザ光は片方向に Q スイッチ発振する。Q スイッチ発振において、20Hz の繰り返りで 100mJ の出力が得られたが、通常の観測ではレーザ出力は 50mJ から 80mJ 程度で使っている。レーザ光は口径 10cm の軸はずし望遠鏡から送信され、スキャナーにより任意の方向に飛ばすことが可能である。エアロゾルによって後方散乱されてきた受信光は同じ望遠鏡で集光され、シングルモードファイバーに導入され局発光と混ぜて InGaAs 検出器上でヘテロダイン検波される。



Fig.2 CO2DIAL/Doppler lidar on an optical table

### 3. コヒーレントライダーによる風と CO<sub>2</sub> 観測

風は気温、湿度とともに重要な気象パラメーターであり、近年の都市型集中豪雨や突風被害などの予測にその面的な分布観測が望まれている。図 3 に上述のライダー装置により 3 分でビームを一周スキャンして得た風分布を 2 次元的に表現したのが図 6 である。視野がさえぎられている方向を除くと白黒では判りにくいが観測点から半径 15km の範囲が観測できている。風観測の到達距離は大気中のエアロゾルがどのくらい濃いか依存するが、この程度の速度でスキャンしても日常的に 10km 程度の距離まで観測できている。二酸化炭素は最も影響の大きな温室効果ガスであり、その分布や給排出過程の精密な理解が求められている。Fig.4 には地上測器 (Li-COR) と DIAL による二酸化炭素の混合比の時間変化を示した。2 つの測器による観測結果は良く一致しているが、時間によってはずれているところもある。DIAL では装置から 0.5km から 2km までの距離の二酸化炭素を測定しており、DIAL 装置のすぐ側にある地上測器とは場所的にわずかに違う場所を測っている。

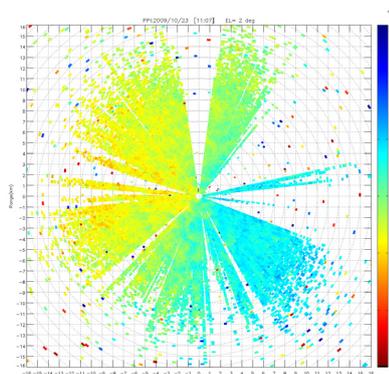


Fig.3 32x32km wind measurement

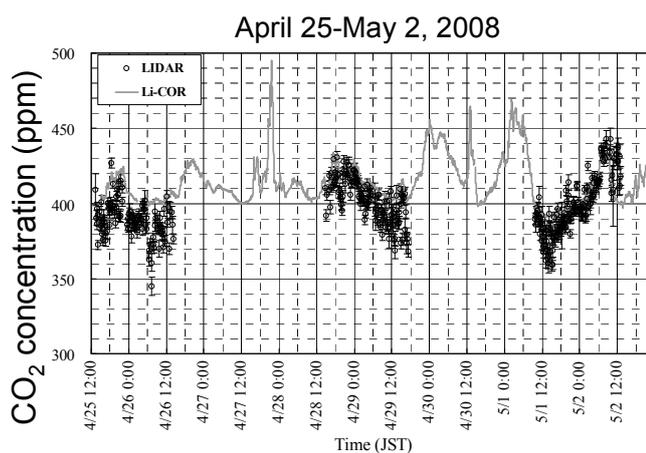


Fig.4 CO<sub>2</sub> concentration by Lidar and In-Situ sensor

### 4. むすび

前述の Co2DiaWiL は航空機に載せるには大きすぎるため、よりコンパクトなライダー装置の開発を始めている。レーザヘッドの構造はほぼ同じであるが、真空容器や共振器をコンパクトなものにして試作を行っている。また、2 $\mu$ m コヒーレントライダーでは風、二酸化炭素、湿度等、気象予測や気候変動の研究に必要とされる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。