

- **レーザーセンサを用いて温室効果気体CO2の濃度計測に成功**  
～広域の排出量、吸収量の高精度空間分布測定の実現可能性～

- 平成20年1月30日

独立行政法人情報通信研究機構(以下「NICT」という。理事長:宮原 秀夫。)は、目に安全な波長2ミクロンで発振するレーザーダイオード(LD)励起伝導冷却型固体レーザーを用いたコヒーレント差分吸収ライダー\*1・\*2による大気中二酸化炭素濃度計測に日本で初めて成功しました。これにより、昼夜間を問わず、遠隔地点から二酸化炭素濃度の分布を計測できるようになり、衛星等から能動的に温室効果気体を高精度に計測できるリモートセンシング技術の実現に向けて前進しました。

## <背景>

人間の経済活動等と共に大気中の二酸化炭素(以下、「CO2」という。)の排出量はここ100年間で急激に増加し、それに伴い大気中のCO2濃度も急激に増加しました。CO2濃度の増加は、その温室効果性のために、地球規模での平均気温の上昇(世界: 0.74°C、日本: 1.06°C)等の気候変動をもたらしています。CO2の排出削減は、人類共通の課題であり、我が国をはじめ各国は、その排出削減のために多大な努力を払っています。その排出削減を評価するためには、国別の排出量や海洋や森林における吸収量を正しく評価しなくてはなりません。現在、開発が進められている衛星センサは受動型のため、太陽光等の他の光源を必要とします。受動型のセンサでは観測可能な時間や地域などで制限を受けます。そのため、次世代センサとして、他の光源を利用しない能動型のリモートセンシング技術の開発が望まれています。

## <今回の成果>

昼夜間を問わず高精度にCO2濃度を計測するためには、太陽による背景光雑音や電氣的雑音を十分に取り除くことが必要です。高出力にも関わらず目に対し安全なLD励起伝導冷却型2 $\mu$ m固体レーザー(レーザー媒質: Tm,Ho:YLF (LiYF4 リチウム・イットリウム・フロライド))を用いたNICTのCO2濃度計測用コヒーレント差分吸収ライダーは、受光部に光ヘテロダイン検波方式を用いているために狭帯域の受光システムを構成でき、背景光雑音や電氣的雑音を容易に抑制することが可能です。これにより、水平方向や鉛直方向にレーザーを射出しながら昼夜を問わない連続計測が可能となりました。この装置を用いて、NICT本部(東京都小金井市)においてCO2濃度計測実験を行い、その高度分布(図1)と地上付近での日変化(図2、3)を計測することに日本で初めて成功しました。今回行ったCO2濃度計測実験では、30分の計測時間で、測定精度5%程度のデータが得られました。なお、今回の開発は、浜松ホトニクス社、日本アレフ社との協力の下で行われました。

## <今後の展望>

NICTでは、開発したコヒーレント方式によるCO<sub>2</sub>濃度計測用差分吸収ライダーの地上での観測実験を継続し、測定精度1%の実現を目指します。また、このリモートセンシング技術は、遠隔地点からCO<sub>2</sub>濃度の空間分布を測定できることから、身近な都市域のCO<sub>2</sub>排出量、あるいは森林等のCO<sub>2</sub>吸収量等を評価できる可能性があります。さらに、衛星搭載基盤技術を確立するために、航空機搭載システムの研究開発を進め、飛翔体からのCO<sub>2</sub>濃度計測を実証します。衛星から温室効果気体を高精度に測定可能とする基盤研究開発は、温室効果気体の排出削減を評価するために必要不可欠なものであり、引き続き研究開発を推進し、国際貢献を果たしていきます。

### < 広報 問い合わせ先 >

総合企画部 広報室  
栗原 則幸  
Tel:042-327-6923  
Fax:042-327-7587

### < 本件に関する 問い合わせ先 >

電磁波計測研究センター  
環境情報センシング・ネットワークグループ  
石井 昌憲、水谷 耕平  
Tel:042-327-7594、042-327-6955  
Fax:042-327-6667

補足資料1

## <用語解説>

### \*1 ライダー

ライダー(LIDAR)はLIght Detection And Rangingの略です。光を用いたリモートセンシング技術の一つで、パルスレーザー光を大気中に射出し、大気中の散乱体によって散乱された光を測定し、遠距離にある散乱体までの距離、その性質、量などを計測する装置です。光は電波より波長が短いため、微小な物体、例えば、エアロゾルや雲の粒子の検出に適しています。

### \*2 コヒーレント差分吸収ライダー

差分吸収ライダーは、大気中の気体成分濃度を計測する手法の一つです。差分吸収ライダーでは、測定気体によって吸収される波長(On-line)と吸収されない波長(Off-line)をもつパルスレーザー光を大気中に射出し、それぞれの波長において散乱された光を望遠鏡で受光し、それらの信号を解析することによって、距離毎の対象となる気体濃度を計測します。コヒーレント差分吸収ライダーは、検出方法として光ヘテロダイン検波(参照レーザー光と反射レーザー光を混ぜ合わせて光ビート信号(図4)を作り、光ビート信号からスペクトル解析(図5)を行うことによって、信号強度やドップラー周波数成分を測定する方法)を採用し、狭帯域化することにより外部雑音を押さえています。開発されたコヒーレント差分吸収ライダー装置の構成と写真を図7、8、9に示します。

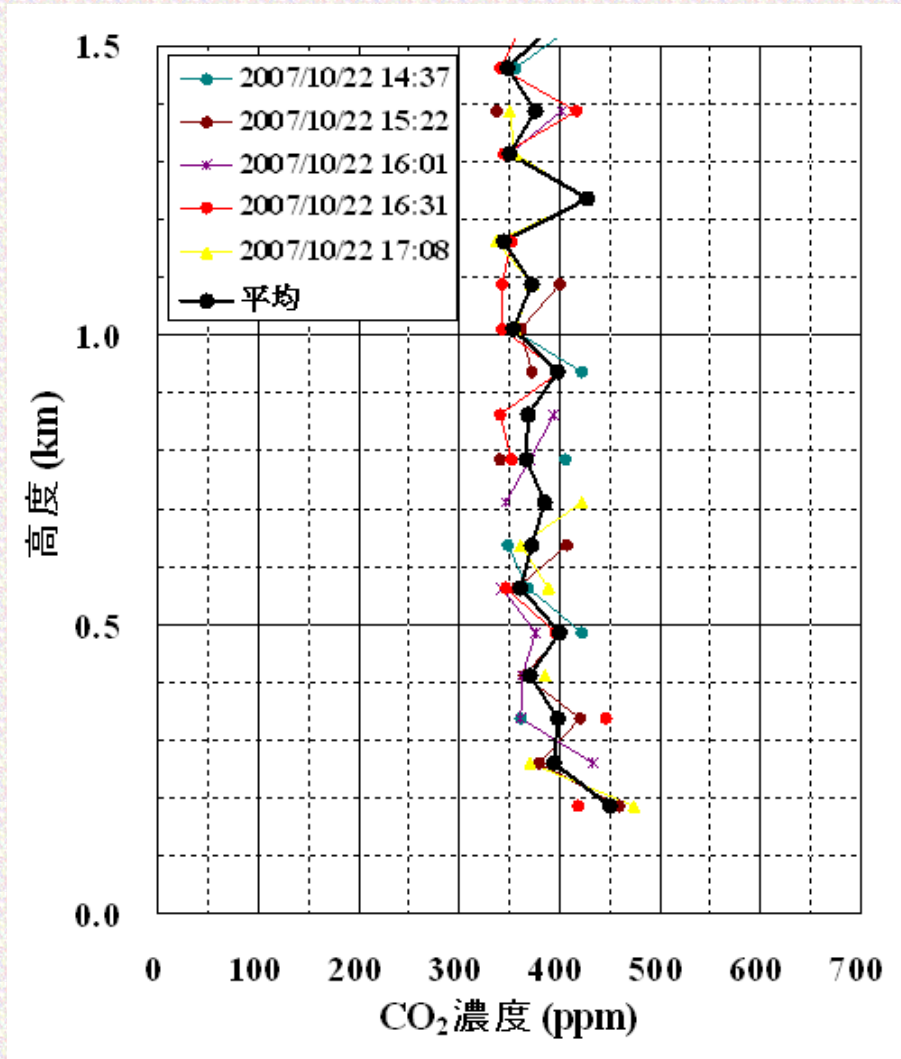


図1. 2007年10月22日午後に計測されたCO<sub>2</sub>濃度の高度分布例。CO<sub>2</sub>濃度は、上空では360-380ppmとなり、あまり大きな変化を示さなかった。なお、地上近くのデータはレーザ射出直後の影響があるためデータは不正確。

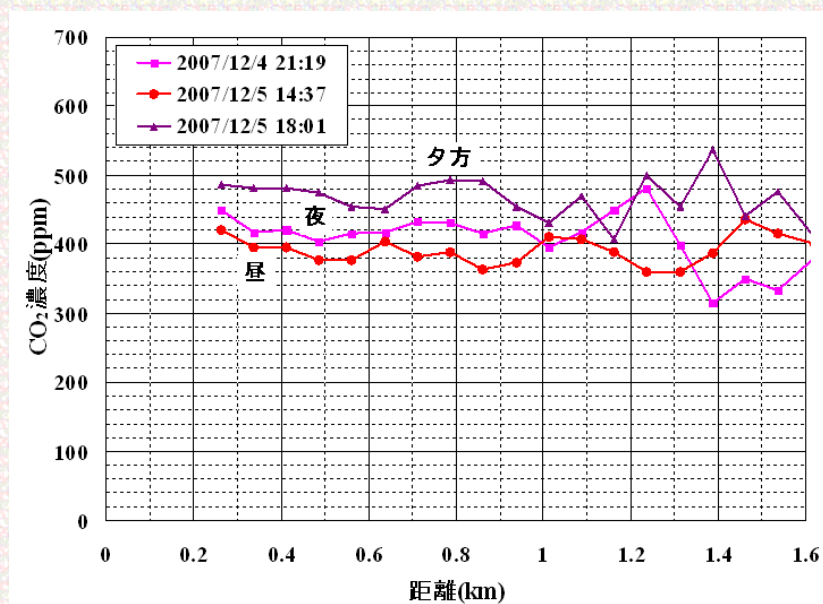


図2. 2007年12月4日にパルスレーザをほぼ水平に射出し、コヒーレント差分吸収ライダーによって計測されたCO<sub>2</sub>濃度の水平分布例。CO<sub>2</sub>濃度は、NICTより500mから約1000mまで計測された。CO<sub>2</sub>濃度は計測地点によって変動しており、空間的な濃度の違いを示唆した。

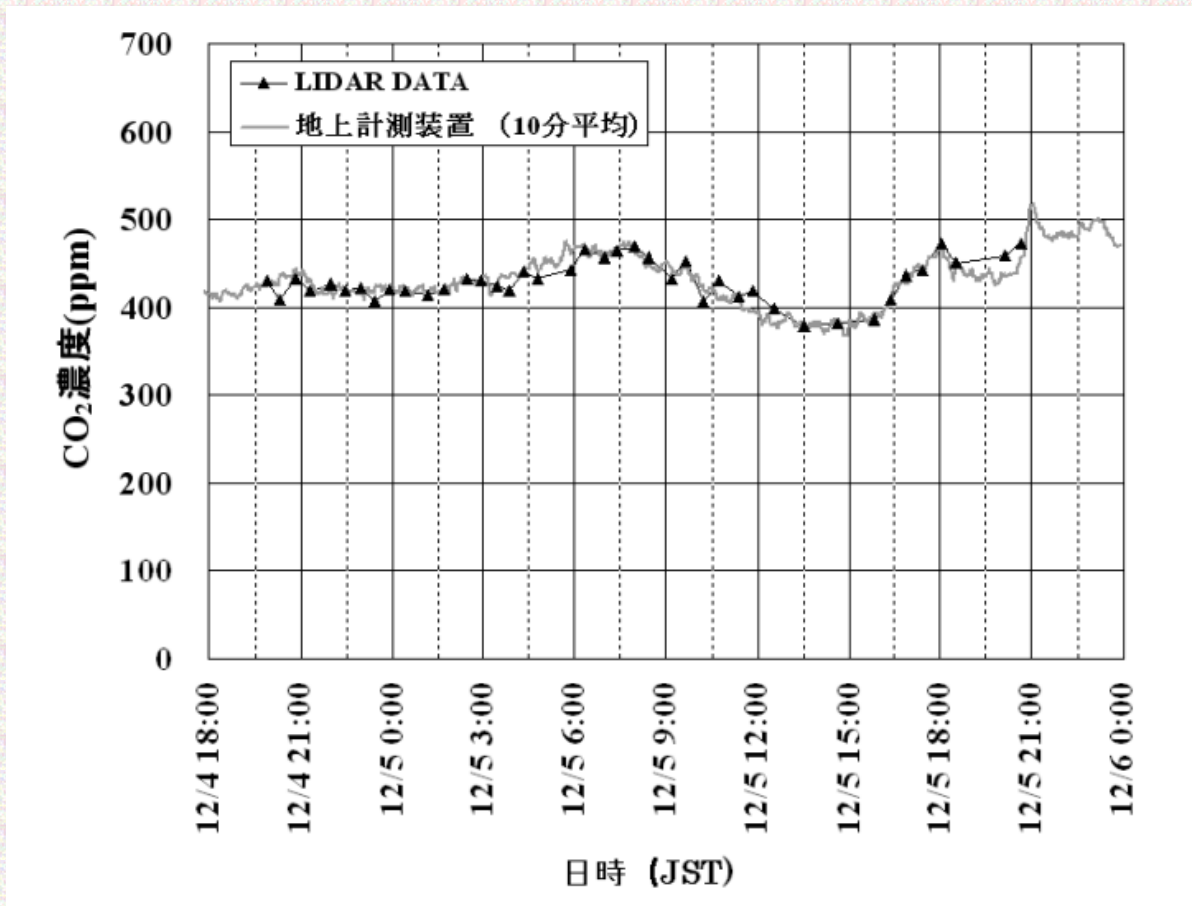


図3. 2007年12月4日から5日にかけてコヒーレント差分吸収ライダーと地上測定器(ヴァイサラ社製)によって計測されたCO<sub>2</sub>濃度の比較。濃度に差があるものの、その時間変化の傾向はよく一致していた。計測結果から、CO<sub>2</sub>濃度は夜間に濃度が高く、植物の光合成が活発となる夜明け以降は、その濃度は減少することを示した。そして、太陽が沈むにつれて、再び濃度が上昇することを示した。この計測は周囲の落葉が進んだ状況で行われ、植物の光合成が落ちてきた状況下でも高感度でCO<sub>2</sub>濃度を計測できることを示している。

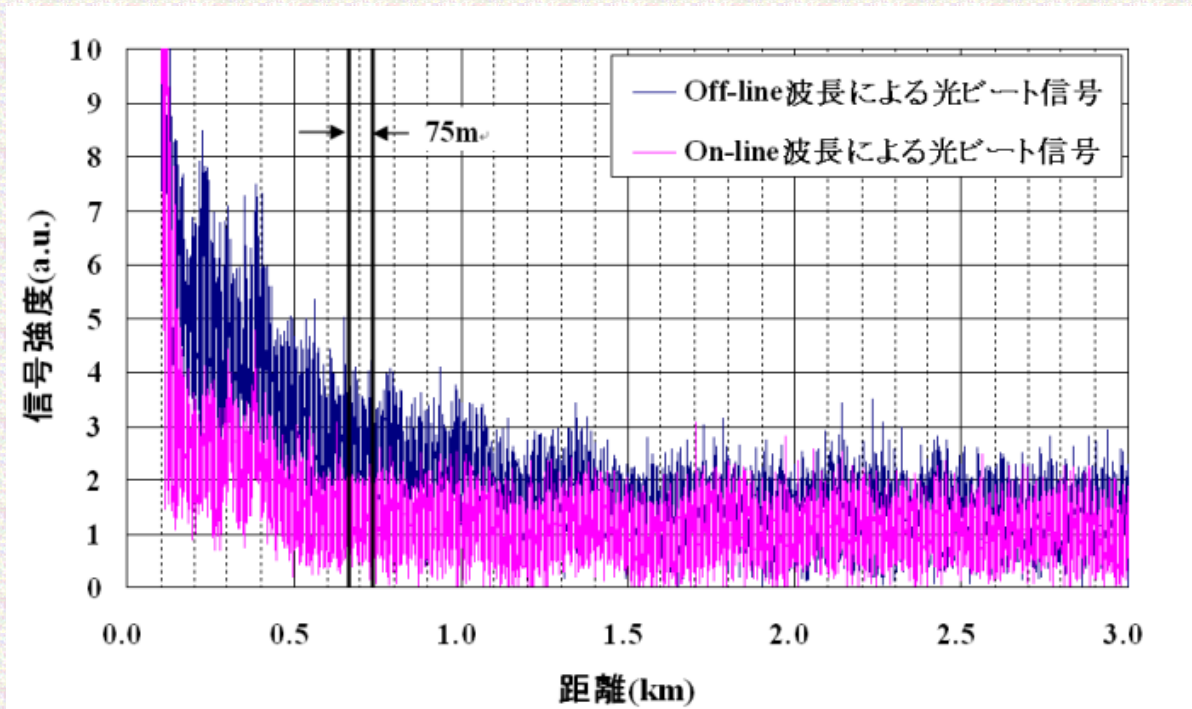


図4. コヒーレント差分吸収ライダーにより計測されたOn-line波長とOff-line波長の光ビート信号。各波長の信号は約75m毎に分割され、スペクトル解析が行われる。スペクトル解析は雑音となる周波数成分を取り除き、信号成分を抽出するために行われる。

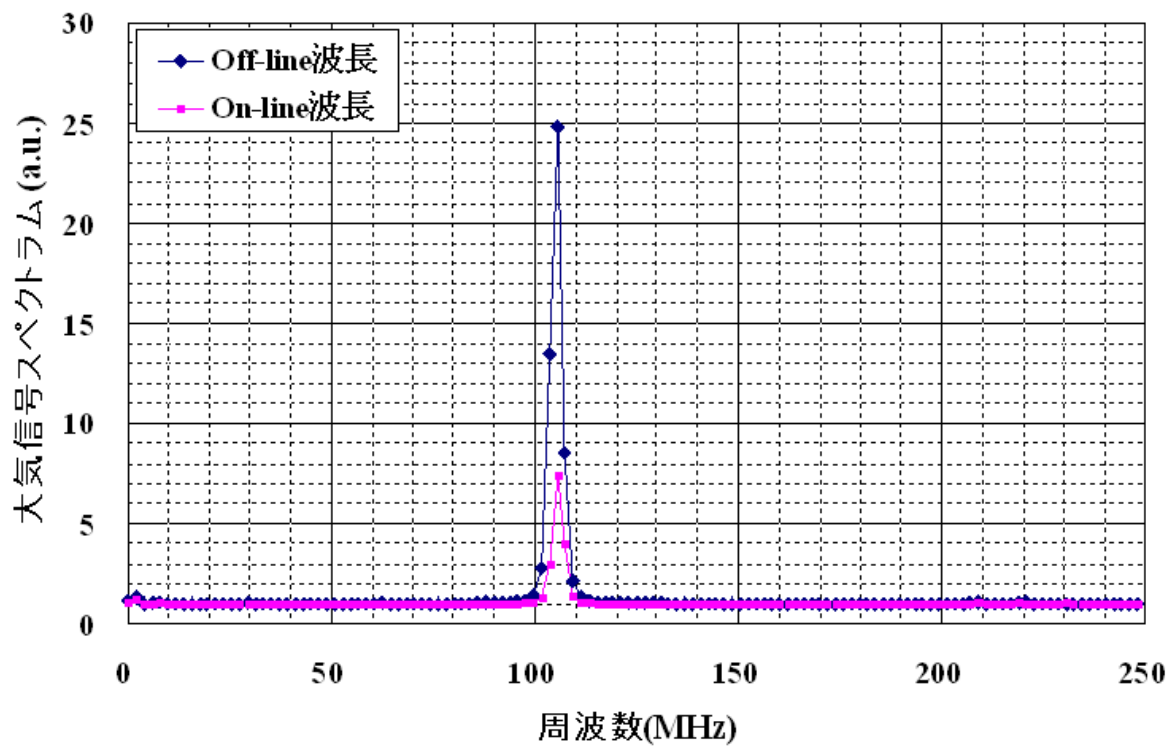


図5. 距離約700mにおけるOn-line波長とOff-line波長のスペクトル解析の結果例。それぞれの波長において平らな部分が雑音レベル、そして、105MHz付近で雑音レベルより高くプロット点で囲まれた領域が、大気から散乱された信号に相当する。On-line波長の信号は、CO<sub>2</sub>の吸収によってOff-line波長の信号よりも弱くなっている。CO<sub>2</sub>濃度は、On-line波長とOff-line波長の信号比を用いて算出する。

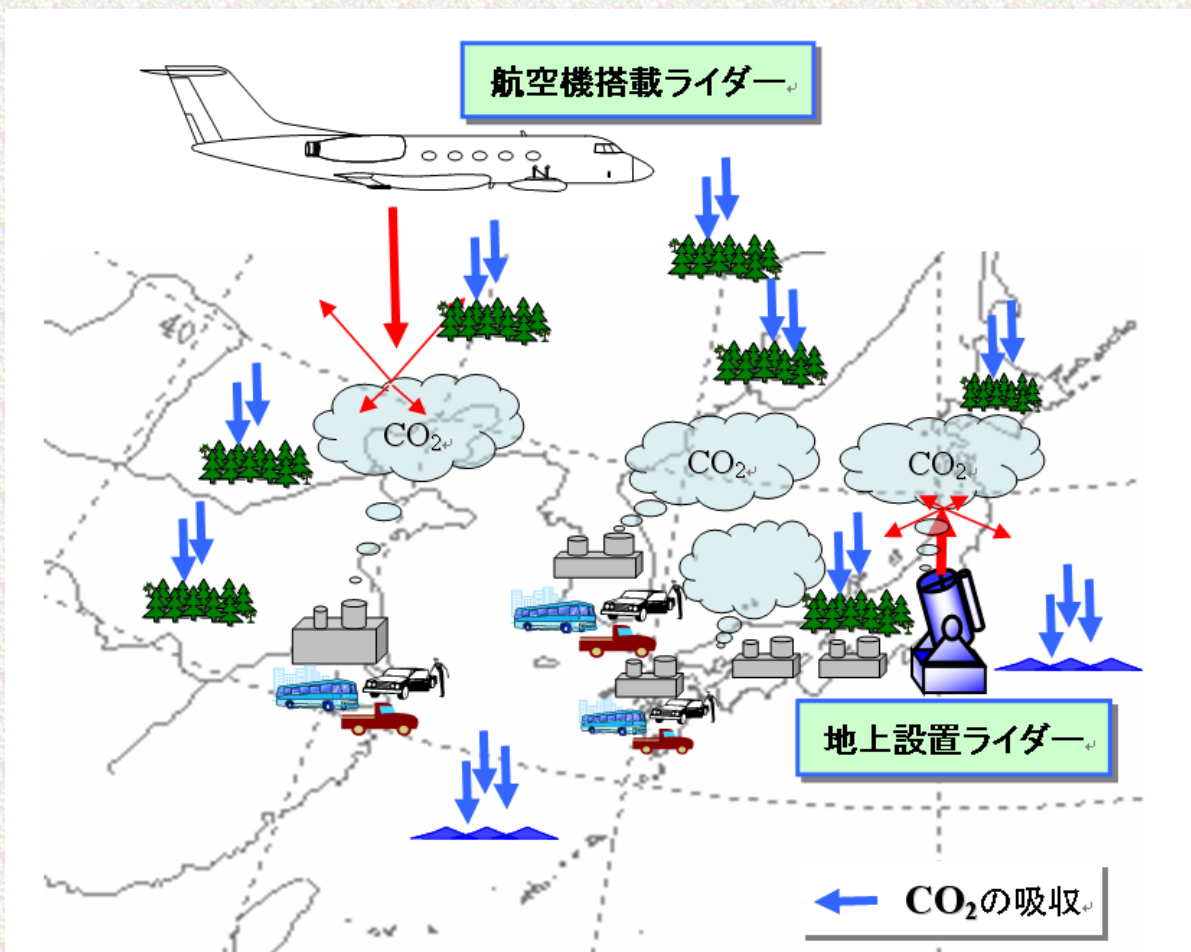


図6. CO<sub>2</sub>の排出・吸収のイメージ図。人間活動とともに排出されたCO<sub>2</sub>は、周囲の森林や海洋によって吸収される。開発されたコヒーレント差分吸収ライダーは、CO<sub>2</sub>濃度の変化を捉えるために役立つ。

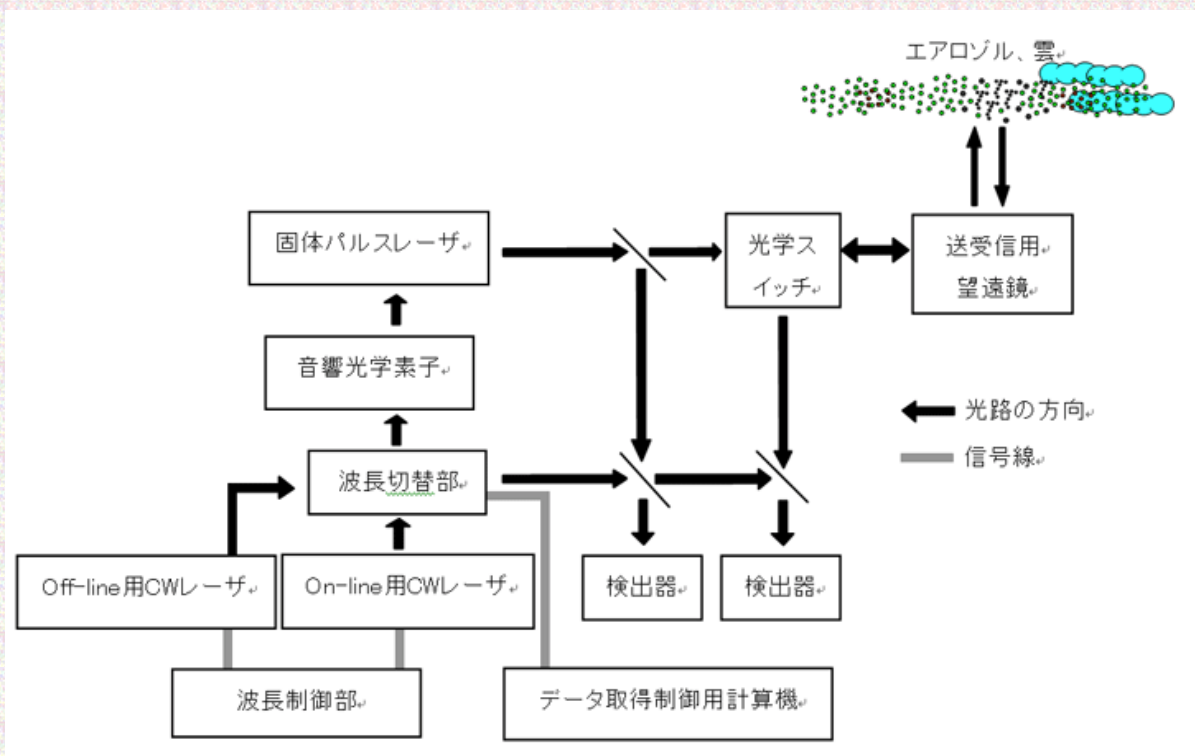


図7. 開発されたCO<sub>2</sub>濃度計測用コヒーレント差分吸収ライダーの構成図

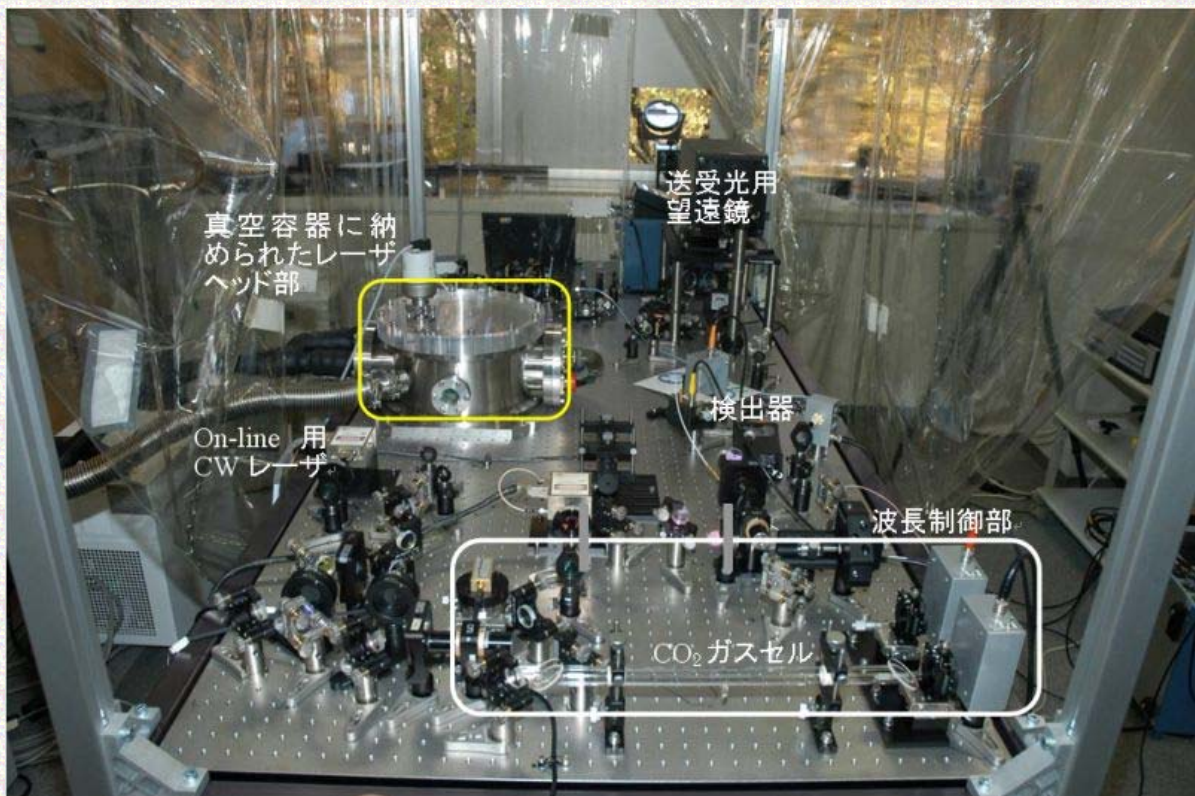


図8 CO<sub>2</sub>濃度計測用コヒーレント差分吸収ライダー

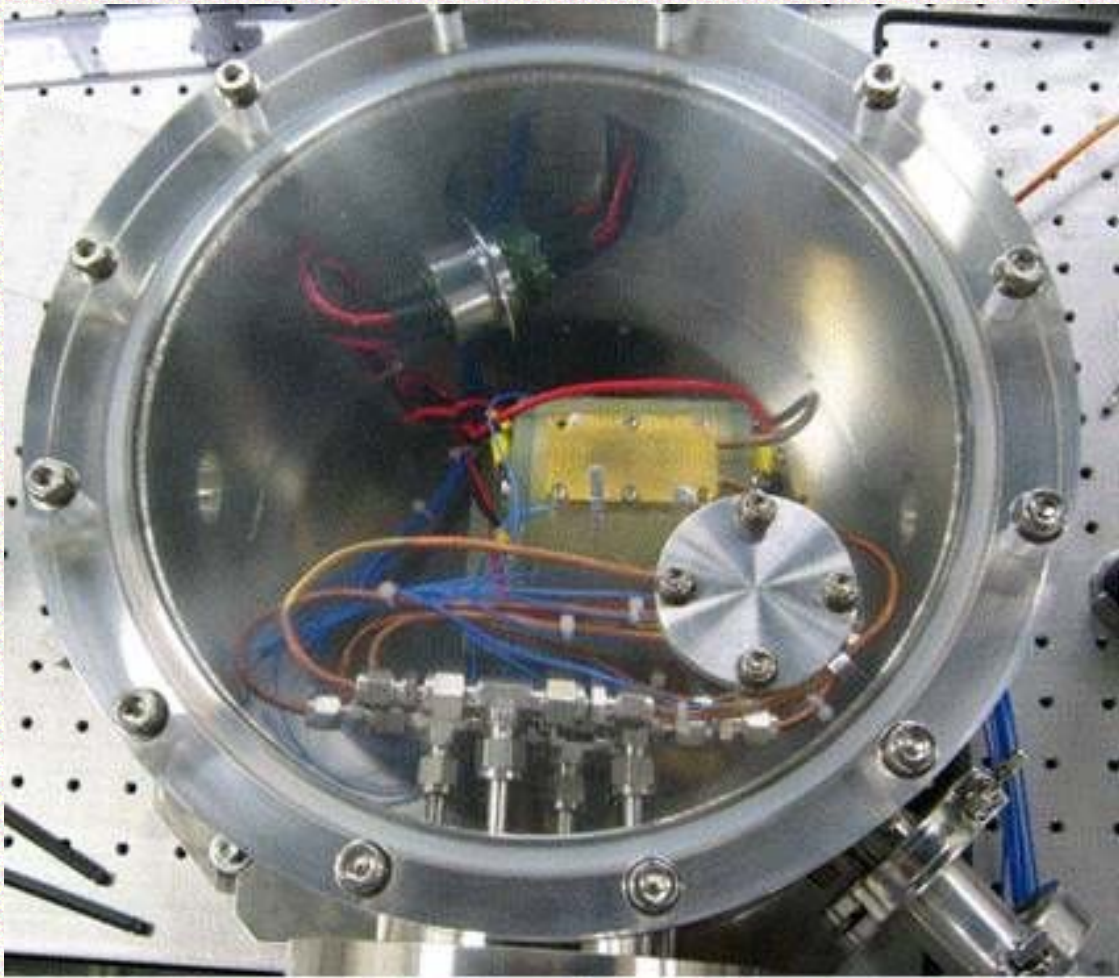


図9 (上)真上からのぞいたレーザーヘッドの様子。レーザーヘッド部は、衛星からの風観測を目指して研究が行われたLD励起伝導冷却型Tm,Ho:YLFレーザー開発で培われたノウハウが活かされている(平成17年5月19日付報道発表\*)。(下)レーザーヘッド内部を射出窓からのぞいた様子。やや左下の円内に見える円形部分が、レーザー発振に重要なレーザーロッド。そのレーザーロッドは、ロッド周囲に切られた3カ所の溝からLDによって光が照射され励起される。