

光を利用したセンシングシステムの開発

電子情報システム工学科・情報通信システムコース 柴田研究室



この研究室では・・・

情報通信と光工学の最新技術を環境計測システムや防災・セキュリティ等へ応用することに取り組んでいます。
計測対象: 気象要素(風、気温、雲、降水粒子)、微量気体(二酸化炭素、オゾン、火山ガス、水素、水蒸気など)
キーワード: 遠隔計測(リモートセンシング)、ライダー(レーザーレーダー)、可視化

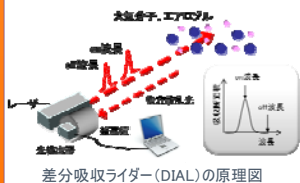
主な研究内容

二酸化炭素分布計測用ライダーの開発

大気中の二酸化炭素(CO_2)は最も重要な温暖化気体であり、地球温暖化の進行を推定し、その対策を考える上で、その分布と時間変化の実態を十分に把握することが重要である。しかし直接的な測定については、現状では地上観測がほとんどであり、高度分布の測定が極めて不足している。

レーザー光を用いた能動的な観測手法であるライダー(Lidar: Light Detection and Ranging)は、地上からの遠隔測定で大気中の微量成分や気象要素の鉛直分布を測定することが可能である。本研究では、地球温暖化予測研究を推進するため、これまで実現が困難であった CO_2 濃度の鉛直分布を観測可能なライダー技術の開発を行った。

微量気体ガスによる光の吸収量に差がある2波長のレーザー光パルスは大気中に送信し、大気中の空気分子やエアロゾル、雲などから散乱されて戻ってくる光(散乱光)の強度の差分を測定する。この差分の大きさから、微量気体の数密度を求めることができる。この原理を用いるライダーを差分吸収法ライダー(DIAL: Differential Absorption Lidar)と呼び、 CO_2 以外にもオゾンやメタンなどの微量気体成分の測定に用いられる。



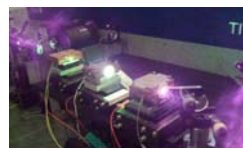
差分吸収ライダー(DIAL)の原理図



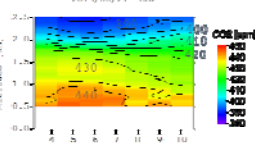
コンテナ外観(5号館脇)



コンテナ内部



1.6μm CO_2 -DIAL用OPG/OPA光源



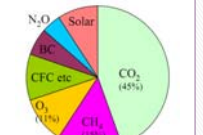
CO_2 高度分布の時間変化観測例

差分吸収ライダーによる赤道域オゾン濃度分布観測システム

オゾン(O_3)は二酸化炭素、メタンに次いで、地球温暖化に寄与する温室効果ガスである。赤道域成層圏で生成されたオゾンは極地へ移送されるが、赤道域での対流圏と成層圏の境界(対流圏界面)の観測例は乏しく、オゾンの挙動や分布は不明な点が多い。

そこで、赤道域オゾンの対流圏界面の動態を解明するためのライダーシステムをインドネシアに既設のライダー観測所に2013年8月に設置し、2014年6月から運用を開始した。現在、インターネット回線により遠隔操作可能な個体レーザー光源を開発中。

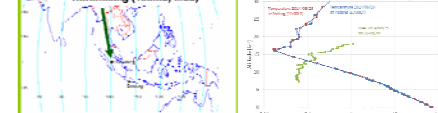
本研究は科研費、および京都大学生存圏研究所MULR-ライダー/赤道大気ライダー-全国国際共同利用のサポートにより行われた。



大気中の温暖化気体の割合



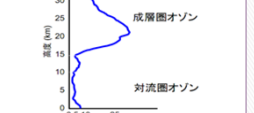
赤道ライダー観測所の外観とオゾン観測例



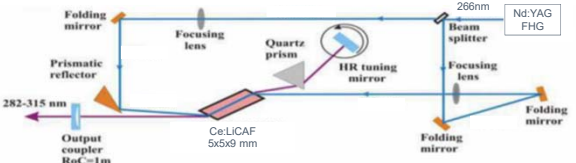
赤道域オゾン濃度分布(モデル)



差分吸収ライダー(DIAL)の原理図



赤道域オゾン濃度分布(モデル)



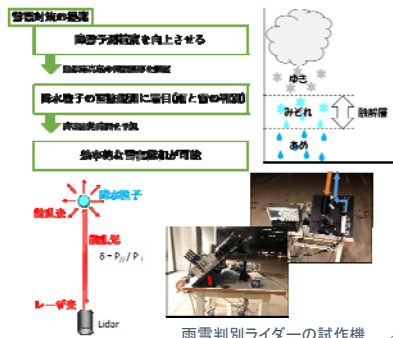
開発中の赤道域オゾンライダー用Nd:YAG第4高調波(266nm)励起Ce:LiCAFレーザー

雪による都市型災害減災のための雨雪判別法に関する研究

交通・流通インフラは雨や雪などの天候の変化にたびたび影響を受ける。現在、ライダーによって降水粒子の有無を観測し、上空の気温と湿度を推定して雨雪の判別を行っている。しかし、 1°C 以下のわずかな気温変化や水蒸気量の変化で、雨になるか雪になるか大きく変わるため、降雪予測の精度は高くない。

レーザー光を上空に照射し、個々の降水粒子から直接得られる偏光解消度 δ を計測することで、一つ一つの降水粒子が球形(雨)か非球形(雪)か判別する手法を新たに提案。

測定した粒子の情報(高度、形状)から雨と雪の境界高度(融解層)の時間的な推移を予測することで地上での降雪開始時間の推定精度が向上し、インフラへの影響緩和が期待できる。



雨雪判別ライダーの試作機

マルチコプター搭載ライダーに関する基礎研究

マルチコプター(通称ドローン)は無人航空機の一つで、複数のプロペラにより無人飛行する小型航空機で、主に空中撮影に広く利用されている。GPSを利用したプログラムによる自動飛行が可能である。

近年、コスト低下により一般にも広く利用され始め、輸送用の大型マルチコプターも登場している。すでにマルチコプターにライダーを搭載している例はあるが、そのほとんどが距離計測やマッピングを目的としている。

そこで、マルチコプターに小型高出力なDPSS(Diode Pumped solid-state)レーザーを光源とする環境計測用の小型ライダーを搭載することにより、地上設置型のライダーでは困難な広域の環境情報を取得する。

特に災害や事故が発生した場合、人が容易に立ち入ることのできない場所での環境情報の迅速な取得は、災害・事故後の対応策を考えるうえで大きく貢献できると考える。



マルチコプター(ペイロード1kg)の例



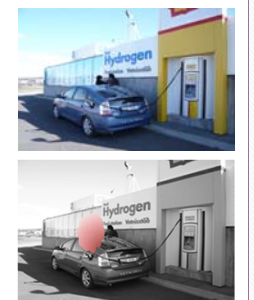
DPSSLレーザーの例

水素漏洩の可視化に関する研究

石油などのエネルギーの代替として水素社会への転換が話題になっており、水素ステーションなどのインフラ整備が進められている。水素ガスは大気中に約0.5ppm存在するが、約10,000ppm(1%)を超える場合、爆発の危険がある。精製工場、輸送段階、水素ステーションでの漏洩の可能性、爆発の危険性があるため、遠隔計測による漏洩探知システムの開発が求められている。

水素検知のためにラマン散乱を利用したラマンライダーを用いることで水素が漏洩している箇所およびその空間的な広がりを検知できる。ラマン散乱とは、照射したレーザー光の周波数が、物質固有の周波数だけシフトする散乱現象である。水素分子と大気中に一定濃度で存在する窒素分子によるラマン散乱光強度の比から水素濃度を計測する。

本研究では、オゾン層による太陽光の紫外吸収を利用して日中の背景光(太陽光)の影響を抑える方法を提案している。数値シミュレーションでは、ライダー装置から30m先で漏洩している10,000ppmの水素を、日中でも誤差10%以内で計測可能という結果を得ている。



ガス漏洩検知のイメージ

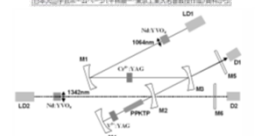
火山ガス分布計測のためのモバイルライダーに関する研究

近年、日本全土で火山活動が活発化している。このような火山災害の防止・減災を目的とした様々な観測が実施されている。その中でリモートセンシングによる火山監視は重要な観測の一つであり、面的、周期的、定量的な観測を実施することが容易であるため、大きな役割を果たすと期待されている。

本研究では差分吸収ライダーにより火山ガス(一種である硫化水素(SO_2))の濃度分布を計測するための、小型で可搬型のモバイルライダーを開発している。従来の SO_2 分布計測用ライダーは大型で発光性物質を含有する色素レーザーを用いていたため機動性に欠け、煩雑なメンテナンスが必要である。そこで個体レーザーであるLD励起Nd:YVO₄の利用を検討している。

火口付近まで人が入ることができる状態であれば、直接計測できるセンサーによる火山ガスのモニタリングは可能だが、一旦入山規制が掛かると、定常的な火山ガス計測が困難となる場合が多い。このような移動型リモートセンサーによる火山ガスの計測が可能となれば、防災・現在の観点から大きく貢献することが期待される。

硫化水素と二酸化硫黄の毒性	
濃度	健康影響
1000	1000ppm 1時間以上暴露すると死亡する
500	500ppm 1時間以上暴露すると死亡する
200	200ppm 1時間以上暴露すると死亡する
100	100ppm 1時間以上暴露すると死亡する
50	50ppm 1時間以上暴露すると死亡する
25	25ppm 1時間以上暴露すると死亡する
10	10ppm 1時間以上暴露すると死亡する
5	5ppm 1時間以上暴露すると死亡する
1	1ppm 1時間以上暴露すると死亡する



開発中の SO_2 ガス観測用光源