

航空機搭載 CO₂ レーザ システムの開発

Development of an Air-borne CO₂ Lidar System

板部敏和, 浅井和弘, 林理三雄, 五十嵐隆
T. Itabe K. Asai R. Hayashi T. Igarashi

郵政省 電波研究所
Radio Research Labs.

1. はじめに

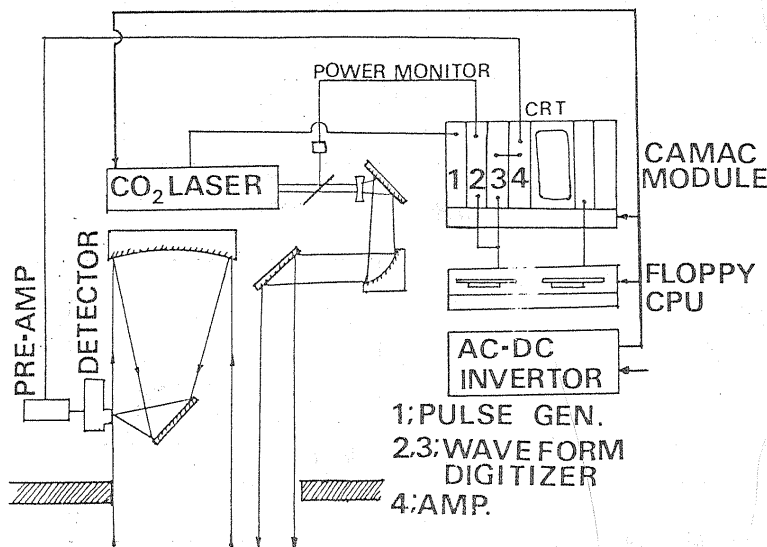
DIALを用いた大気中微量成分の測定は、紫外及び赤外域で活発に行なわれ、特に紫外域での上部対流圏から成層圏下部のオゾンの準定常的観測データが報告されている⁽¹⁾。一方、赤外域CO₂レーザを用いるDIALは、9~10μm帯に吸収を有する種々の汚染ガスの測定が可能で、オゾン以外の各種の大気汚染物質モニター用となる⁽²⁾。我々は、測定対象をオゾンとして、

- (1) CW CO₂ laser - Direct Detection
- (2) CW CO₂ laser - Heterodyne Detection
- (3) Pulse CO₂ laser - Direct Detection
- (4) Pulse CO₂ laser - Heterodyne Detection

の各種方式の実験を行い、光化学スモッグ発生時に、広域でオゾン測定できる航空機搭載DIALシステムの開発を行っている⁽³⁾。

航空機搭載用の場合は、上記(1),(2)の方式では、ターゲットとして地表面を用いる。(1)は、システムとして最も安定であるが、地表面をターゲットとして用いる場合は受信感度が不足する。(2)では、ヘテロダイン検波を最適な条件で行なうことができ、受信感度を検出器の持つ量子限界値 (shot noise limit) まで上げることができる。しかし、ターゲットとして地形学的反射体を用いる場合は、オゾンの最小検出濃度に地形学的反射体の分光反射特性による不確定さが出て来る。種々の物質に対する分光反射特性の室内実験に基けば、海水面上では、その影響が小さいため、油等で汚染されていない水面上では、その影響を無視してオゾン濃度を求めることができる。(3),(4)の場合は、パルスレーザを用いるため、大気中に浮遊するエアロソル(微粒子)を散乱体として、直接的に距離分解

能を有するシステム(レーザ)となる。CWレーザを用いても距離分解能を得ることができ、この時はレーザに変調をかける必要がある。地表面付近に浮遊するエアロソルのCO₂レーザの波長での分光散乱特性によるオゾン濃度の検出に及ぼす影響は、理論的予測によれば、数%程度と見積もられている。パルスのヘテロダイン検波を行うには、パルス(TEA)レーザを、局発光となるCWレーザで、周波数をロックする必要がありレーザ全体が極めて複雑な構成となる。現在、ターゲットの分光散乱による誤差が小さく、使用できる航空機の現状を考慮して、(3)の方式のDIALシステムを開発中である。(3)の場合は、全体のシステムとして簡単な



装置となるが、二波長の発振毎にTEALレーザのビームのずれが問題となり、その誤差がオゾンの最小検出濃度を決定する。

ここでは、現在開発中の航空機搭載CO₂レーザDIALシステムの送受光学系とそのData処理系について報告する。

2. 光学系

図は、搭載用装置の構成であり、その諸元は表に示されている。送信レーザ及び送受光学系は厚さ60mmの入ネカム板の上下に取り付けられ、入ネカム板は、高さ600mm、巾500mm長さ1000mmのアルミ製のアングルの上に固定されている。送受光学系は、レーザを除いて43kgであり、光学系全体は、防震ゴムを介して航空機の床に固定される。大気中エアロゾルを散乱体として利用する時のCO₂レーザの波長での散乱断面積及びオゾンの最小検出濃度等については、才四回の本シンポジウムで報告されている。これに従って1μsec(150m)の距離分解能で測定を行う際の[NEP]及び[NEE](Noise Equivalent Energy)は、

$$[NEP] = 10^{-8} W$$

$$[NEE] = 10^{-14} J$$

となる。また、エアロゾルの散乱断面積(β)はTypical値として $10^{-7} m^2 str^{-1}$ 、都市部で $10^{-6} m^2 str^{-1}$ 及び冬期あるいは清浄な大気で $10^{-8} m^2 str^{-1}$ 程度と見積もられている。これらの値は、実際の測定データからも妥当な値である。CO₂レーザの出力を1JとしてTypical値を持つ大気の場合に約4kmの高度からの散乱エコーを今回開発中の装置で受信できる予定である。光学系で問題となるのは、使用する赤外検出器の素子の大きさが小さいため、送信レーザビームをこの素子内に集光させるのが困難な点にある。素子の大きさは、同じD*の値を持つ素子でも、[NEP]は素子大きさ(長さd)に比例するため、素子を大きくすることは、受信感度を下げることになる。散乱光を素子上に集光するには、(1)送信レーザの素子面での像(幾何光学的像)を素子の大きさ(d)より小さくすることと(2)受信鏡の焦点での像の収差を

CHARACTERISTICS OF AIRBORNE DIAL

TRANSMITTING TELESCOPE

DIAMETER	100MM
TYPE	GALILEI
OBJECTIVE	OFF-AXIS MIRROR

RECEIVING TELESCOPE

DIAMETER	300MM
FOCAL LENGTH	600MM
TYPE	NEWTON

DETECTOR

MATERIAL	HgCdTe
SIZE	1MM SQUARE
D*	$10^{10} W^{-1} Hz^{1/2} CM$

DATA ACQUISITION

8" FLOPPY 2MB

CPU

LSI 11

できるだけ小さくすることが必要である。(1)の条件は、送信レーザのなかりを θ_t として、受信鏡の焦点距離をfとすると

$$f\theta_t \leq d$$

であり、今回の装置ではこれは充分満足されている。(2)の条件は、測距距離が変化することによって生じらぬ収差を含んでいる。受信鏡の絞物面に作られておりその収差は現在測定中である。

3. データ処理系

データ処理系は小型航空機に搭載するため、現在最も小型と考えられるCAMACモジュールで構成されている。検出器からの信号は波型デジタルタイザの後、LSI-11で処理されFloppyディスクに収録される。現在のシステムは一波長であるが二波長の場合は、二波長を50μsec以下で続けて反射する方式を考えており、データ処理系での変更は必要としらぬ。

- 参考文献 (1) O.Uchino et al. Opt. Lett., 8, 347-349(1983)
 (2) D.K. Killinger and Maonadian ed. "Optical and Laser Remote Sensing" Springer-Verlag, 1983.
 (3) 浅井和弘他 才65 電波研究所, 研究発表会予稿 Nov, 1983.