

航空機搭載用広域オゾンモニターについて An Air Borne System for Monitoring Regional Ozone

板部敏和 松井敏明 五十嵐 隆
Toshikazu Itabe Toshiaki Matsui Takashi Igarashi
郵政省 電波研究所

Ministry of Posts and Telecommunications, Radio Research Laboratories

大気汚染発生時のオゾン濃度の測定は、CW及びパルス炭酸ガスレーザーを用い差分吸収の手法を使って実験され、実際の野外実験の結果、差分吸収法は、大気汚染物質の定量測定に極めて有効であることが認められた。⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 大気汚染発生機構の解明のために、かなり広域に亘って短時間の測定のできる装置の開発が重要な課題と見られてきた。多地点に設置されたポイントサンプリング法に比較して、航空機に搭載されたレーザーの差分吸収による大気汚染測定は、いかなる場所でもいつでも測定可能であり、搭載用装置の開発がなされるようになって来ている。

電研でも、CO₂レーザーを用いた差分吸収法のこれまでの成果を踏まえて、航空機搭載用オゾンモニター装置の研究開発を行っている。CO₂レーザーによる差分吸収法レーザーの測定結果では、3kmまでのオゾン濃度を300mの距離分解能で測定するのに、数丁のパルスの送信出力を必要とする。差分吸収レーザーは直接オゾン濃度の高度分布を出すことができるが、現在数丁の出力を出すCO₂レーザーは、普通に実験に使用できる航空機には、搭載不可能である。また、航空機の離着陸時の衝撃を考慮すれば、使用できるレーザーは、なるべく小型でできるだけ堅牢なものが必要される。このような航空機の条件からレーザーとして、空冷式の導波型CO₂レーザー(Hughes社)を使用し、レーザーの出力が500mWと小さいので、検出感度を上げるためヘテロダイン検波方式で受信を行う。

航空機によるオゾンの測定は、航空機より地面に向けてレーザーを送信し、地面からの反射光強度の二波長の差分から求める。この時ランバート型の反射体である地面から反射光がドップラーシフトを受けて帰って来るように、レーザーは地面に対し数度斜め前に向けて出し地面の反射光とレーザーの一部を赤外検出器(HgCdTe NERC社)上で混合してヘテロダイン検波を行い高度2~3kmを飛行する航空機と地面間のオゾンの平均濃度を求める。

高度Hから、出力P_tでレーザーを送信し、面積Aの受信鏡で地面の反射を受信する時、地面の反射率をrとすれば、受信電力P_rは

$$P_r = P_t \cdot \frac{r \cdot A}{2\pi H^2} T^2 \quad (1)$$

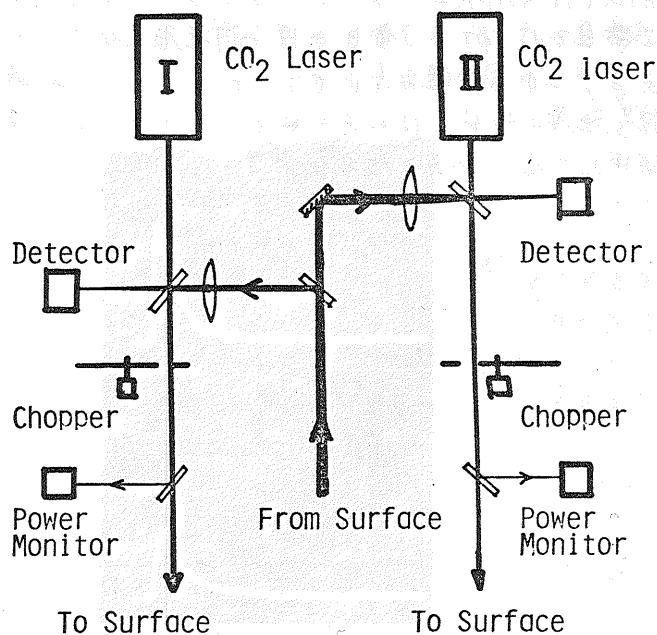


図 1

で与えられる。ここで T は大気の透過率である。図1の光学系及び図2の信号処理系で受信する時、中間周波の帯域幅を B_{IF} とし、時定数 τ で位相検波を行えば、その時の等価雑音電力 (NEP) は次式で与えられる。

$$NEP = \frac{2h\nu}{\eta} \sqrt{\frac{B_{IF}}{\tau}} \quad (2)$$

ここで、 h は Planck 定数、 ν は CO_2 レーザの発振周波数、 η は赤外検出器の量子効率である。 $B_{IF} = 1MHz$, $\tau = 0.1sec$ とすれば

$$NEP \approx 10^{-17} W$$

程度となる。一方、 $9 \sim 10 \mu m$ 波長付近の地面反射率の正確な測定は難しいが、 $2 \sim 10\%$ とされているので、 $r = 2\%$ とし、 $P_t = 200 mW$, 口径 $5cm$ の送信鏡を用い $H = 3 km$ で、(1)式から

$$P_R = 10^{-14} W$$

程度となる。大気透過率は CO_2 レーザによる測定値から得られた値を代えた。2のように高度 $3 km$ を飛行する航空機上で、図1, 2の装置を用い、地面の反射を充分大きい S/N で受信することができるとは。しかし、(2)式で与えられる感度は原理的に許される理想的な場合であり、一般にはヘテロダイン検波の効率は(2)式で与えられるものより小さくなる。特にレーザの地面からの反射光は、非干渉性であり(2)式で与えられる NEP を得るには逆送信光学系の選択が重要な問題となる。地面の反射のような非干渉性の光でヘテロダイン検波を効率よく行うには、受信光学系で作られる像が回折限界の像であることが必要であり、逆送信望遠鏡の口径は、受信鏡の大きさ及びその焦点距離を考慮して選ぶ必要がある。

非干渉光源によるヘテロダイン検波の屋内実験及び、双鏡の飛行機(エアコマンド)を用いたレーザ及び光学系の搭載時の振動特性の測定を行っている。それらの結果については研究会で報告することと予定している。

参考文献

- 1) 我井和弘, 星岩博司, 五十嵐隆; "CW CO_2 レーザによる長光路差分吸収法を利用した大気中オゾン濃度の測定" 電子通信学会 60-C, 625
- 2) Asai, K et al.; Range-resolved measurements of atmospheric ozone using differential absorption CO_2 laser radar, Appl. Phys. Lett, 35, 60
- 3) Menzies R. T. and M. S. Shumate; Remote measurements of ambient air pollutants with a bistatic laser system, Appl. Opt, 15, 2080
- 4) Menzies R. T. and M. T. Chahine; Remote Atmospheric sensing with an airborne Laser absorption spectrometer, Appl. Opt, 13, 2040
- 5) Menzies R. T. and M. T. Shumate; Tropospheric ozone distributions measured with an airborne Laser absorption spectrometer; J. Geophys. Res, 83-C, 4639

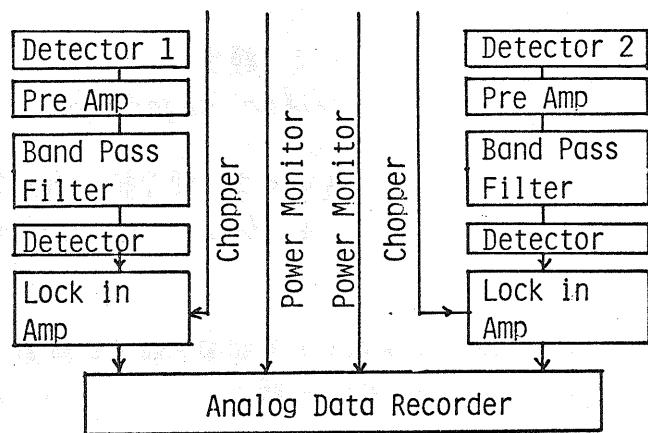


図 2.