

1. まえがき

近年、技術的に急速な進歩を遂げているレーザーダ（ライダ）^(1,2,3,4)を用いて、船舶排煙の初期の拡がりかたを精度よくモニタリングし、煙の性質とその海上での変化や高濃度の有害ガス成分を遠隔から定量的に測定できれば、環境アセスメントを合理的に行なう上に有効な資料を提供できる。

本報は、この計画に使用するライダについて述べたものである。

2. 性能の検討

この装置は比較的近距离を昼間観測することを目標にしており、測定距離3 km以内、空間分解能はビーム拡がり0.7 mrad以下、奥行1.5 m以内、スキャニング速度は1画面/90 secの仕様で設計した。

SNR（信号雑音比）：観測は、太陽光が強い背景光雑音となる昼間おこなうため、SNRの検討を行なった。受光信号強度 P_r はレーザーダの式（1）から求めた。

$$P_r = P_o \cdot K_t \cdot K_r \cdot \Delta R \cdot \beta \cdot \exp\{-2(\alpha + \alpha_l)\} \cdot \frac{D_r^2}{2R^2} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 P_o はレーザー出力、 K_t , K_r は送受信光学系効率、 C は光速、 ΔR は距離分解能、 D_r は受信光学有効径、 R は距離、 V は視程、 λ はレーザー波長を示す。また、 $\alpha \doteq 0.3$ $1[\text{km}^{-1}]$ にとり、 $\beta \doteq 3.72 \times 10^{-5} [\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}]$ とし、

$$\sigma_s = \left(\frac{3.91}{V}\right) \left(\frac{5500}{\lambda}\right)^{0.58} \cdot V^{\frac{1}{3}} \quad [\text{km}^{-1}] \quad \text{----- (2)} \quad \text{とした。}$$

図1は、干渉フィルター（ $\Delta\lambda = 30\text{\AA}$ ）で帯域制限したPMT（浜松フォトニクスR943-02）で観測する場合のSNRを示す。

粒子計測：消光効果を表わす光学的厚さ $\tau(\lambda)$ は光路長を L として、（3）の関係式で与えられる。

$$\tau(\lambda) = L \int n(r) \sigma(r, \lambda) dr \quad \text{----- (3)}$$

$\sigma(r, \lambda)$ は Mie 散乱断面積、 $n(r)$ は粒径分布を示す。

しかし、 $\sigma(r, \lambda)$ は、すすやミストの消光効果が混ざったものであり、主要な船用機関（ディーゼルエンジン）の煙の光学的特性⁽⁵⁾や煙が海上で水分を吸った場合の変化については未だ十分な資料はなく、これらを測定する必要がある。この特性を phase matrix を使って表現する場合、⁽⁶⁾ 粒子が球形でランダムな方向を向いているとすれば（4）式で表わされ、 $M1, M2, S12, D12$ は Mie 理論から計算できる。⁽⁷⁾

図2は、超音波で作ったミストを Polar Nephelometer で測定して、Mie 理論による値と比較した例である。測定点が理論値からずれていることは粒径に分布があるためと考えられる。

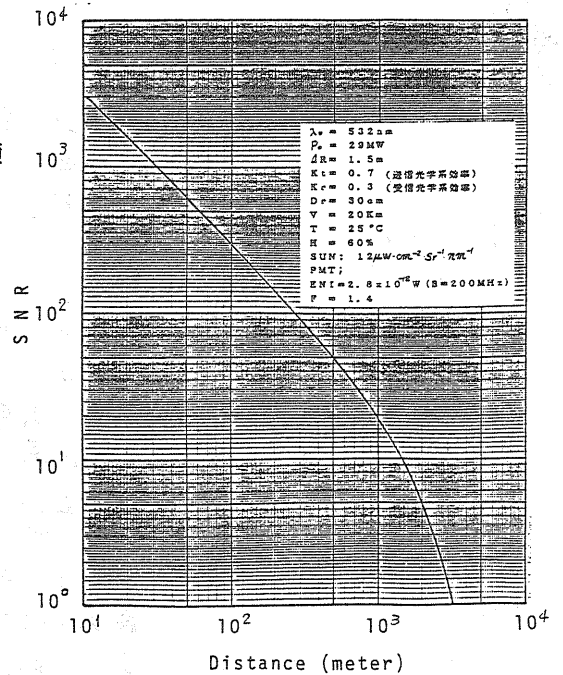


図1 測定距離とSNR

$$\bar{M} = \begin{pmatrix} M_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & M_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{12} & D_{12} \\ 0 & 0 & -D_{12} & S_{12} \end{pmatrix} \quad \text{----- (4)}$$

3. 装置の概要

本装置は可搬コンテナに収容されるもので、図3にその構成を示す。光源レーザーとして高出力で安定性に優れているNd:YAG Q-SW (1064, 532nm)、最大出力350mJ/Pulse (532nm)、繰り返し2-20Hz、パルス幅6-7ns、Near Gaussianモードのものを用いている。受信光学系は口径30cmのカセグレン形望遠鏡と走査鏡からできている。スキャンングは送受信系を稼働部と切り離せる回転鏡(AZ-EL)方式をとり、光源及び受光部の変更が容易となっている。検出部のPMT入射窓には干渉フィルターと偏光素子が挿入できる。監視はTVとIRモニターで行なう。

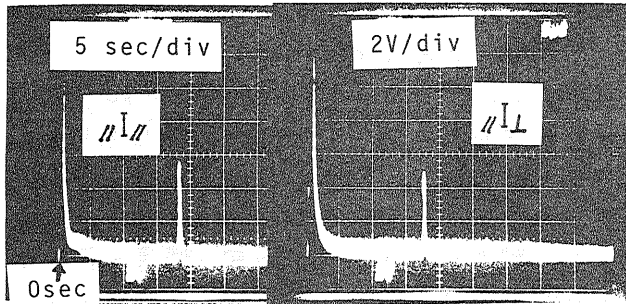


図4 雲のエコー信号

図4は、本装置で約2.7km地点にある雲を観測した例である。送信レーザー光に偏光をかけておき、受光部にLPを用いて入射光と並行成分と垂直成分(//I//と//I⊥)を観測したもので、//I⊥も相当強いことは、多重散乱があるのためと考えられる。

4. あとがき

船舶からの排煙監視用のライダーの概要について述べた。受光感度についての試験の結果、ほぼ予定どりの性能が確認され、スキャンング部や信号処理部は現在製作中である。終わりに、ご協力いただいた関係各位に謝意を表します。尚、本研究は公害防止等試験研究費の援助を受けた。

参考文献 1 H.Inaba and T.Kobayashi, Opto-electronics, 4,101(1972), 2 佐藤卓蔵、他 8名、環境保全研究成果集 (1976)、3 五十嵐隆、他 2名、環境保全研究成果集 (1983)、4 清水浩、他 5名、応用物理 Vol.50, No.11(1981)、5 D'Alessio, et.al., 15th Symp. on Combust.(1975)、6 Van de Hulst, "Light Scattering by Small Particles", Dover、7 J.V.Dave, Appl.Opt., 9,1888(1970)

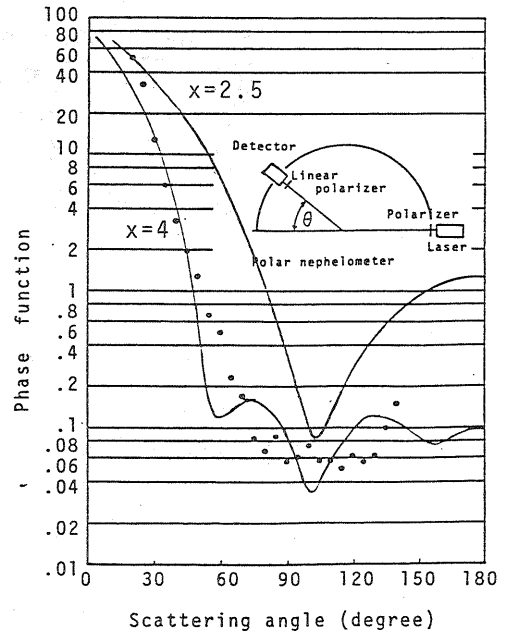


図2 phase matrix M1 の測定例

ミスト; H2O、 $m=1.33$ 、 $\lambda=488\text{nm}$
 $x=2\pi r/\lambda$ 、入射、散乱光共に垂直偏光

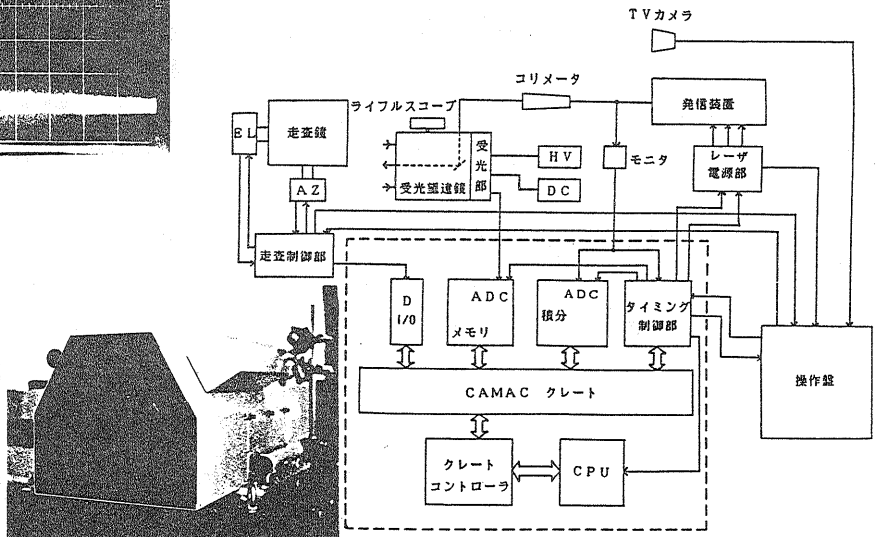


図3 ライダー構成と外観