

A 10

2波長レーザレーダエコーの解析

Analysis of Laser Radar Echo by Two Waves

吉田 春生

星山 満雄

中根 英昭

清水 浩

H. Yoshida

M. Hashiyama

笹野 泰弘

H. Simizu

西辻 昭

Y. Sasano

竹内 延夫

A. Nishitsuji

N. Sugimoto

N. Takeuchi

北海道大学

国立公害研究所

Hokkaido University

The National Institute for Environmental Studies

1 まえがき

レーザレーダエコーのMie散乱による受信信号特性の解析では、1波長観測したエコーのみの場合には精密解が得られない事が知られている。しかし、幾つかの実情に合った仮定を設け、エコー特性と濃度の対応を推定することは可能である。そこで、霧のモデルを用いたレーダエコーのシミュレーションをおこない、エコー特性を把握した後、2波長レーザレーダの場合について考察したので報告する。

2. 霧・もやの粒径分布モデル

霧・もやの粒径分布モデルに $\Sigma u y e f$ の近似式 $N(r) = K r^{2u+1} (r/a)^{-u} e^{-\mu r}$ -----(1) を用いる。ここで、 $r = r/a$ 、 r は粒子半径、 a と u はパラメータである。一、 $dN(r)/dr = 0$ より、 $a = r_c / (2 + 1/u)$ と置けるので、 $N(r)$ は μ と r_c とパラメータとして、次式の様になる。

$$N(r) = K \cdot r^{2u+1} \cdot \exp\{-(2u+1) \cdot r/r_c\} \text{ -----(2)}$$

他方 図1の様に、多数の人々の測定した霧水量 C を整理すると、 N_{min} 、 N_{mid} 、 N_{max} に大別出来る。この場合、 μ は大略 1~5 の範囲にあり、平均値は $u=2$ である。 μ の変化では、減衰係数 α や反射係数 β が最大 50% の変化をするが、他のパラメータより影響が少ない。

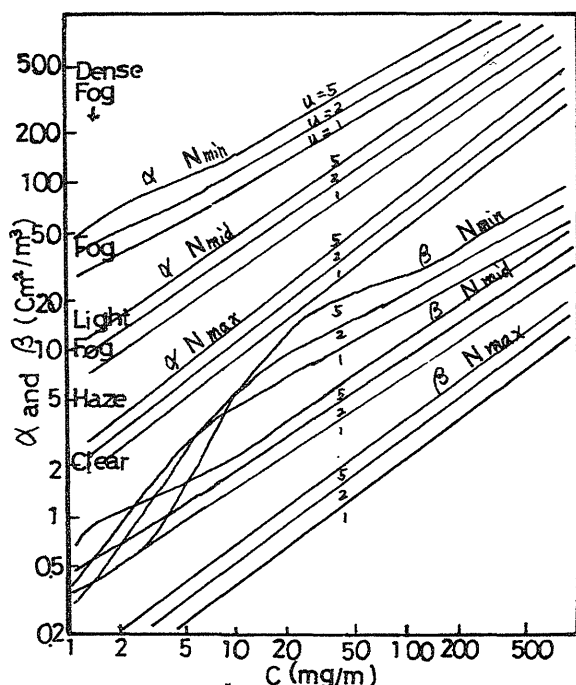


図2 減衰係数と反射係数

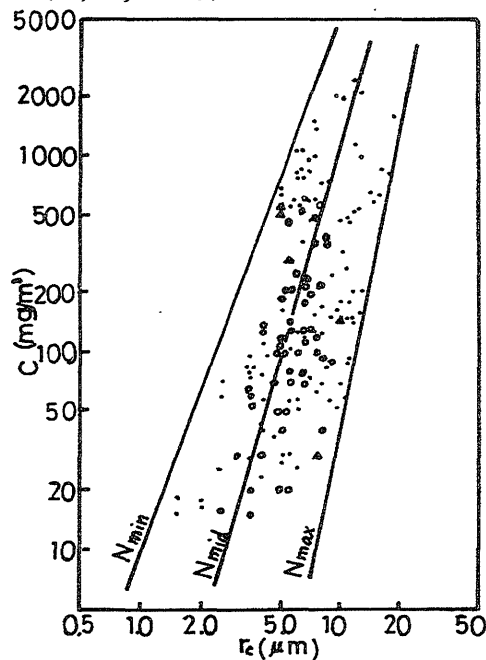


図1 C-r_c 特性

図2に $\alpha = \sum N(r) Q_{\alpha}(r) \Delta r$ 、 $\beta = \sum N(r) Q_{\beta}(r) \Delta r$ を示す。これからわかる様に、 μ の変化より r_c の変化の方が影響が大きい。

一方、散乱パラメータ $S = \alpha/\beta$ では、 $C \approx 40 \text{ mg/m}^3$ 以上で $S = 17 \sim 22$ のので、薄い霧では $S \approx 20$ と仮定出来ない。

ここで、(3)式を用い、 $u=2$ とし、図1より N_{min} 、 N_{mid} 、 N_{max} の範囲で r_c に依って変化すると考へてある。

3-1. 1周波レーザーダエコアの解析

レーザーダエコアの解析条件には次の仮定を用いている。1) 霧ももやと考え、 $N(r)$ は(3)式に従うとする。2) 一つの雲の中および近距離では、粒径分布は急激な変化をしない。3) 波長は $1.064\mu\text{m}$ と其の高調波 $0.5320\mu\text{m}$ で受信電力の絶対値は用いない。

3-1-1 レーザーダエコアの実測値の例

薄い略々一様な霧をfile 0と1, 一様でないものをfile 6と7とし図3に示す。縦軸は受信電力 P を距離 R で補正した PR^2 で横軸は R である。

3-1-2 レーザーダエコアの性質

$\log PR^2 - R$ 特性の性質は、エコア解析の性質を明瞭に示しているのど、1) 一様な濃度の場合、2) 一定量づつ増加する場合を図4の(a), (b), (c)に示した。この結果次の実が明らかになった。

1) 同一 $N(r)$ 分布、一様濃度では $\log PR^2 - R$ 特性は直線を示し、濃度が一定量増加する時二次曲線となる。

2) $N_{\min}, N_{\text{mid}}, N_{\text{max}}$ の場合、濃度に依り $\log PR^2 - R$ 特性が大きく変化する。

3) R が大きくなるにつれて、一定の直線と $\log PR^2$ が増加する時は濃度が C^2 で増加する。

以上の $\log PR^2 - R$ 特性の傾向から、図3と図4を比較し、霧の濃度変化の大略を推定出来るが、 $N(r)$ 分布を規定する r_c と定めることは出来ない。

3-2. 2周波レーザーダエコアの解析

2周波のレーザーダエコアを用いて、上記解析条件では次の結果が得られた。

1) $\log PR^2 - R$ 特性の直線部分を用いて $\alpha_T(\lambda_1, r_c) / \alpha_T(\lambda_2, r_c)$ 特性を予め計算して置き、実測した α_1^M / α_2^M と比較して r_c および C を決定する。多数の解がある時には3の周波数を必要とする。

2) $\log PR^2 - R$ 特性上の直線部分が基準となるので、2周波レーザーダエコア方式では逐次 r_c と C を決定し得る。

4. おまわり

以上、レーザーダエコアを用いて、浮遊粒子の空間濃度を決定する場合には、粒径分布の形をより少ないパラメータで表現し得るにかかってくる。また、多周波レーザーダエコアの場合には、周波数の選択がより重要なことも想像される。

文献

1) 吉川 他: 電気学会誌, 52-C 26, 193 (1952-10)

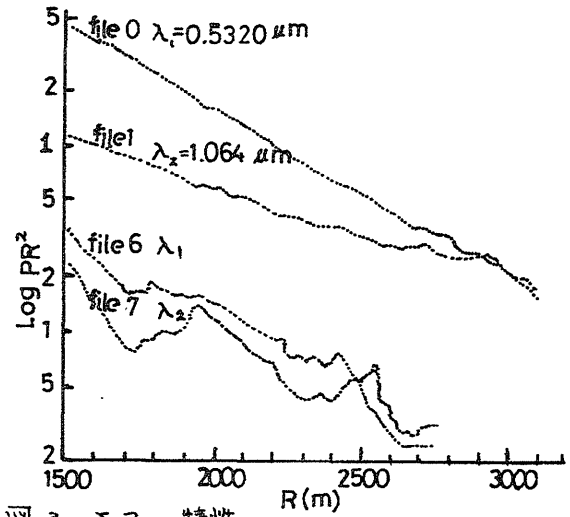


図3 エコア特性

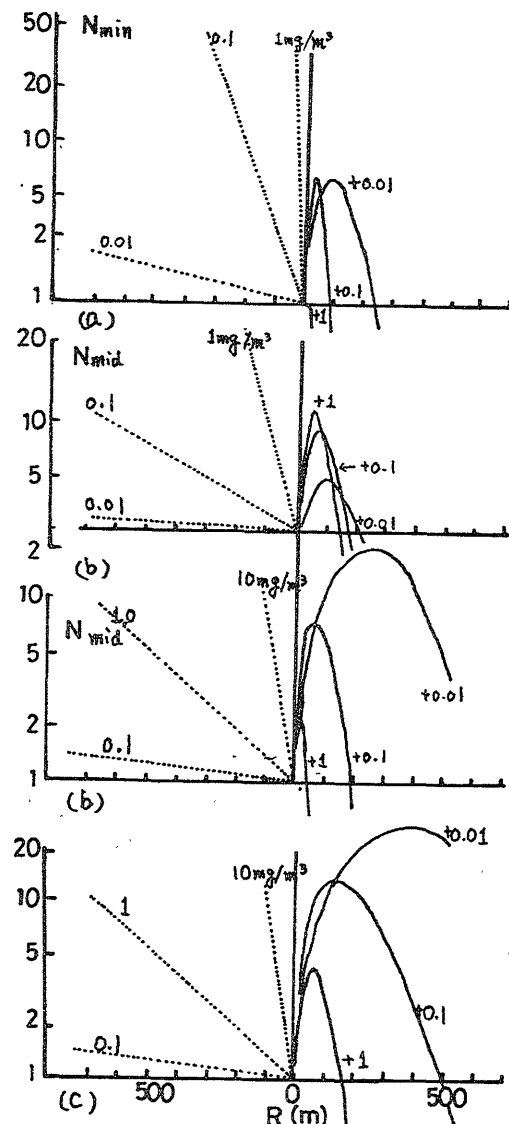


図4 $\log PR^2 - R$ 特性