

# 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  $\mu$  と  $r_c$  とパラメータとして、次式の様になる。

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

他方 図1の様には、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、 $\mu$  は大略 1~5 の範囲にあり、平均値は  $u=2$  である。 $\mu$  の変化では、減衰係数  $\alpha$  や反射係数  $\beta$  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。

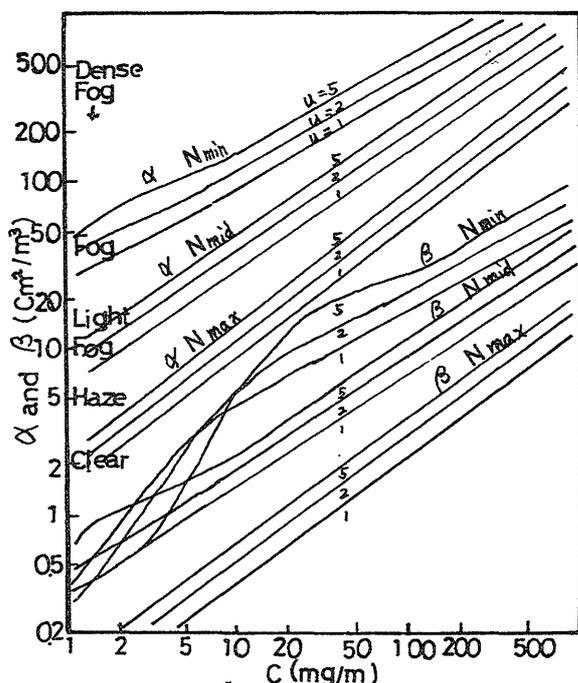


図2 減衰係数と反射係数

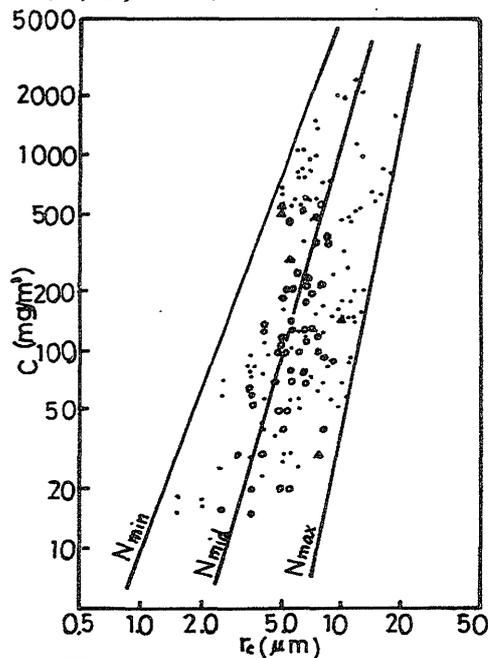


図1 C-r<sub>c</sub> 特性

図2に  $\alpha = \int N(r) Q_{\alpha}(r) \Delta r$ 、 $\beta = \int N(r) Q_{\beta}(r) \Delta r$  を示す。これからわかる様には、 $\mu$  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  $S = 17 \sim 22$  になるので、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ーの解析

レーザーダエコーの解析条件には次の仮定を用いている。1) 霧やもやと考え、 $N(r)$ 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 レーザダエコーの実測値の例

薄い略々一様な霧をfile0と1, 一様でないものをfile6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 レーザダエコーの性質

$\log PR^2 - R$ 特性の性質は、エコー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。

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

ハ)  $R$ 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 $r_0$ と定めることは出来ない。

### 3-2. 2周波レーザーダエコーの解析

2周波のレーザーダエコーを用いて、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 $\alpha_T(\lambda_1, r_0) / \alpha_T(\lambda_2, r_0)$ 特性を予め計算して置き、実測した $\alpha_1^M / \alpha_2^M$ と比較して $r_0$ および $C$ を決定する。多数の解がある時には3の周波数も必要とする。

ロ)  $\log PR^2 - R$ 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ー方式では逐次 $r_0$ と $C$ を決定し得る。

#### 4. むすび

以上、レーザーダエコーを用いて、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来る。また、多周波レーザーダエコーの場合には、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)

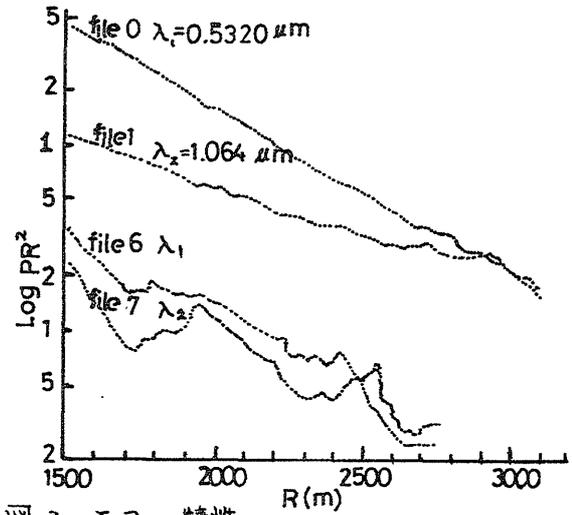


図3 エコー特性

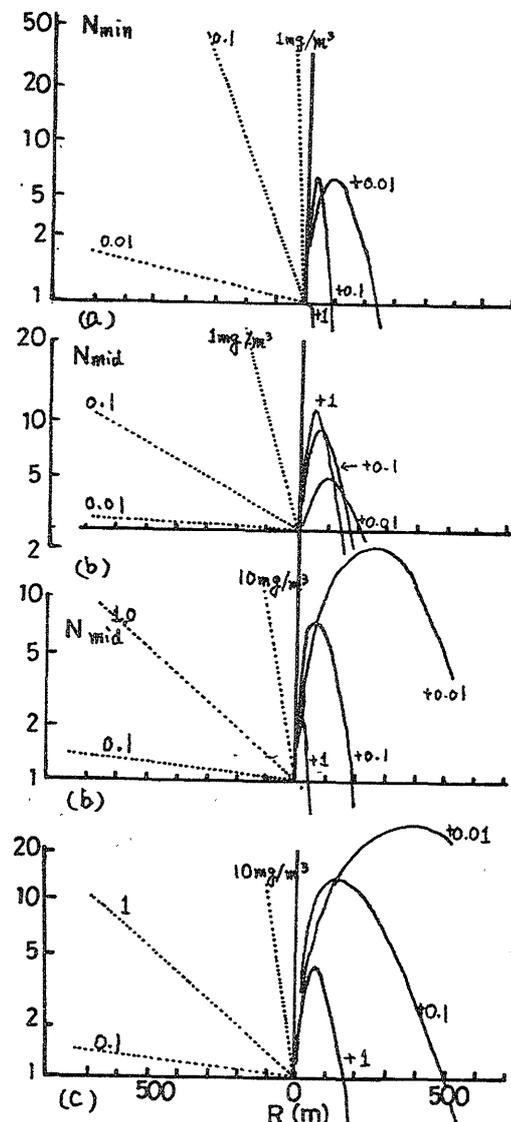


図4  $\log PR^2 - R$ 特性