

5.

レーザ・レーダ・エコーの解析

ANALYSIS OF LASER RADAR ECHOES

—湿度による影響について—

—THE INFLUENCE OF HUMIDITY—

吉川 誠 西辻 昭
 Makoto Yoshikawa Akira Nishituyji
 北海道大学
 HOKKAIDO UNIV.

(1) まえがき

レーザによる伝播試験に於いて、光の減衰量と視程との間に、ほぼ逆比例の関係があることが知られている。又、視程と相対湿度との関係も古くから調べられており、一般に相対湿度が高くなると視程が悪くなることが報告されている。一方、レーザ・レーダ・エコーを解析する場合には予め、減衰係数、反射係数を求めておかなければならず、それ故相対湿度による影響を受けると考えられる。今回はこの点について考察してみたので報告する。

(2) 相対湿度と視程及び減衰量の関係

Wright によって観測された相対湿度と“Opacity”との関係を Fig. 1 に、Junge によって観測された相対湿度と視程との関係を Fig. 2 に示す。一般に視程と光の減衰量との間には $\alpha \text{ (dB/km)} = C/V \text{ (km)}$ の関係がある。定数 C は観測者、地域、季節などによって異なることが予想され、およそ 13~30 の値をもつものと考えられている。又、Opacity は Wright によって用いられているが、減衰量に比例するものであるから、Fig. 1, Fig. 2 は共に相対湿度と減衰量についての関係を示していることがわかる。そこで、両者を比較するため、相対湿度 40% のときの減衰量が 1 となるように規格化すると Fig. 3 を得る。

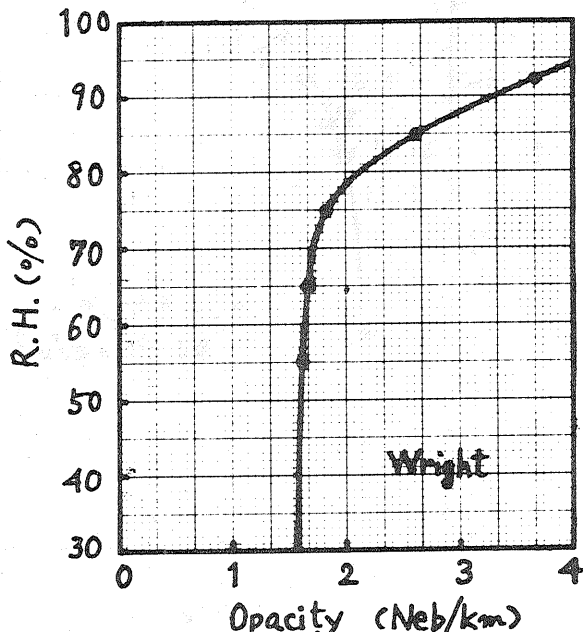


Fig. 1 相対湿度と Opacity

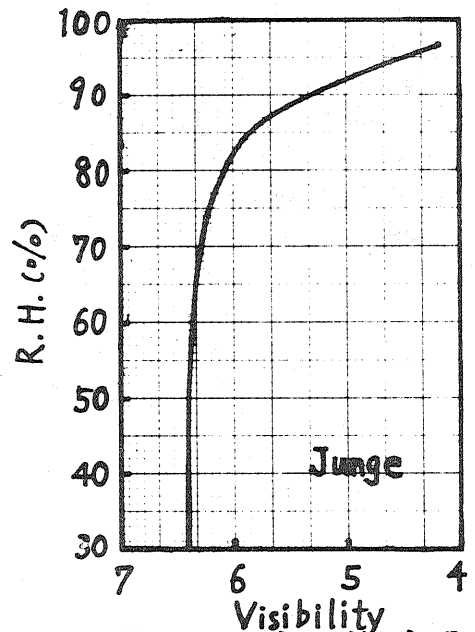


Fig. 2 相対湿度と視程

Fig. 3より、Jungeによる観測とWrightによる観測とでは、大きな違いがあることがわかる。即ち、Wrightによるものの方が、相対湿度による影響をより大きく受けている。これは、観測された場所が異なるために、粒径分布が異なっていることに起因していると考えられる。Jungeの場合には、粒径分布が r^{-4} に比例しているものと考えられ、Wrightの場合には、 $r \cdot e^{-20\sqrt{r}}$ に比例するものと考えられる。この分布はMeethamによって英国に於いて測定されたものである。

(3) 札幌に於ける冬季尙の測定結果

1974年/月26日から3月31日までの札幌での測定結果をFig. 4に示す。この場合、空尙量との対応を調べるために、大気の状態が比較的安定しているものと考えられる0:00~3:00 A.M.のデータで、ダストカウンターによる空尙量が $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度のものを選んでみる。

Fig. 4の測定結果を、先と同様に規格化してみたものが、Fig. 3に記されている。この結果、札幌での冬季尙の粒径分布は、Jungeの分布ではなくて、Meetham分布に近いものと思われる。これは、積雪のために、地上からの粒径の大きなダストの吹き上げが抑えられるので、粒径の小さな粒子だけが浮遊しているためと考えられる。

Fig. 1~4に於いて、相対湿度が低くなると、減衰量はほぼ一定になることがわかる。それ故、相対湿度が低くなると、大気中浮遊粒子は、dryの状態にあると考えられていた。従って、Meethamの粒径分布を仮定し、複素屈折率を $m = 1.5 - j \times 0.1$ として、減衰量を計算してみると計算結果は実測値より小さく求まった。

これを補正するために、筆者は、次のように考えた。ダスト・カウンターが測定しているダストは非吸湿性のもののみであり、大気中にあるダストは、更に吸湿性のものが付着していて、その部分が相対湿度の変化に応じて、容積を変え、これら、吸湿性の部分と非吸湿性の部分とが一体となって、粒子を形成しているものとする。

実際の計算に於いては、非吸湿性の部分の体積と、元の吸湿性の部分の体積との比をパラメータとした。体積比を2:1として、複素屈折率が $m = 1.33 - j \times 10^{-5}$ 、場

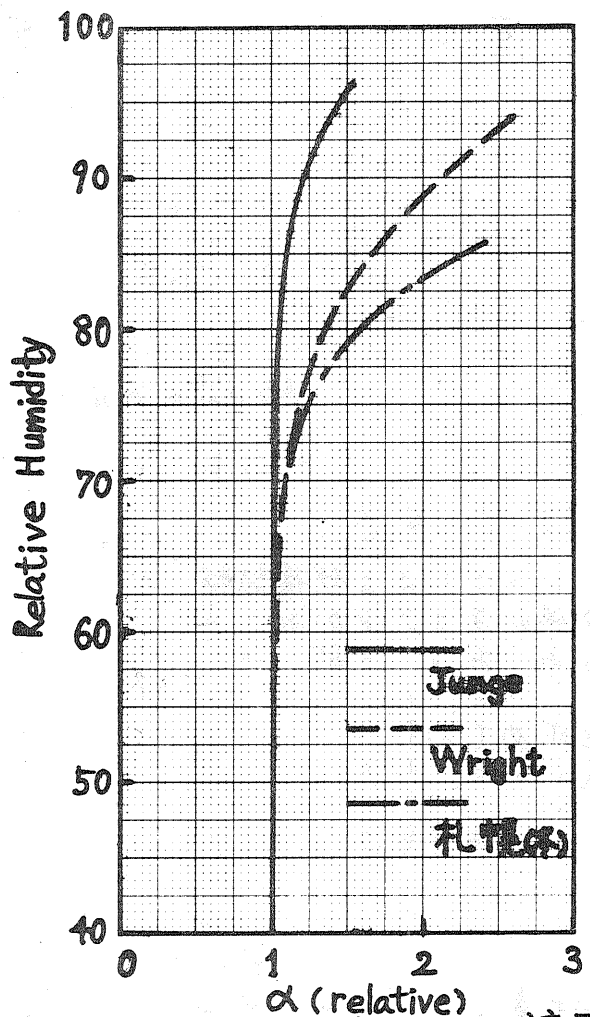


Fig. 3 相対湿度による減衰量の変化

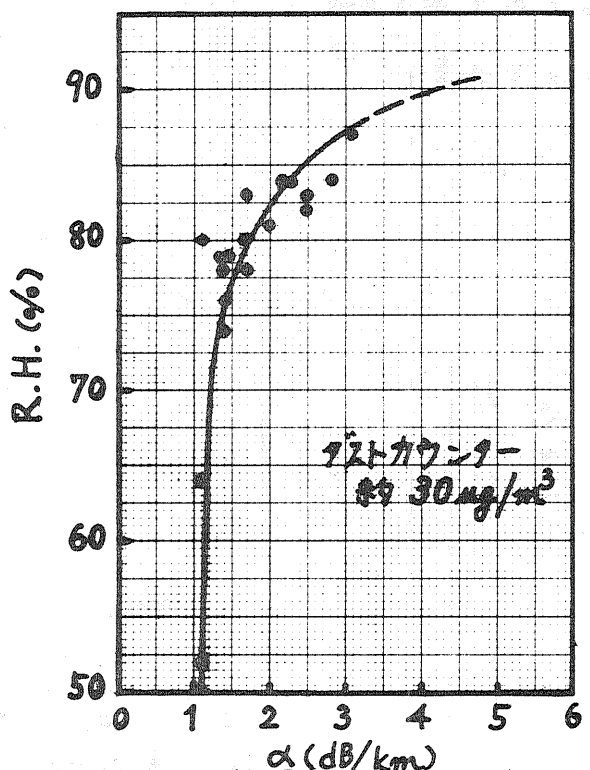


Fig. 4 札幌に於ける測定結果

合と、 $m=1.5-j \times 0.1$ の場合の計算結果を Fig. 5 に示す。但し、非吸湿性の部分の空荷量を 0.1 mg/m^3 とし、粒径分布としては Meetham の分布を用い、比重を 1 としている。

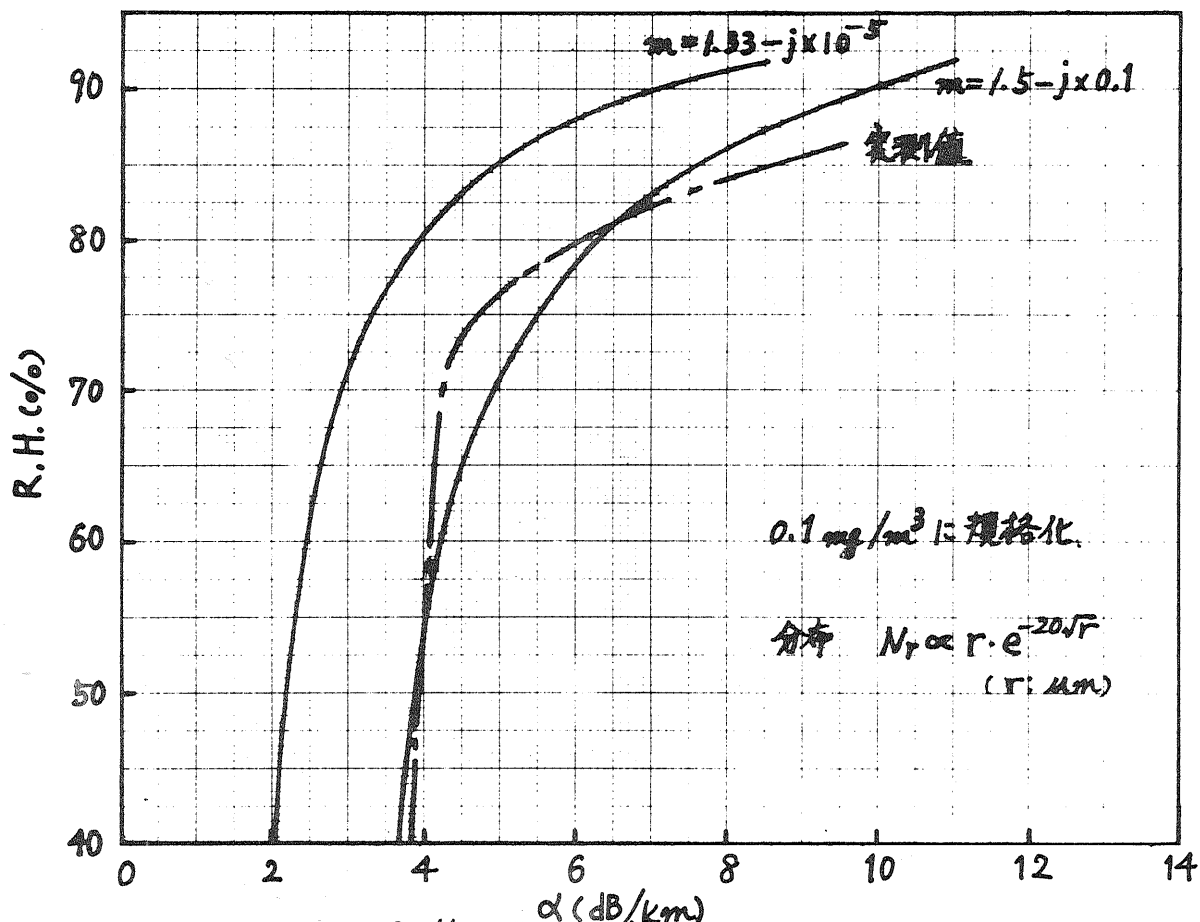


Fig. 5 計算結果と実測値との対比

ここで、吸湿性の部分としては、 H_2SO_4 を考えているが、Simpson によれば、吸湿性の核にのみならず、硫酸塩及び硝酸塩が報告されている。一般に湿度が高くなると、混合核は成長して、水素に近い性質を持つものと考えられる。このとき、浮遊粒子は混合誘電体であるので、誘電率は変化していき、複素屈折率も変化している。従って、湿度の低いところでは、屈折率は $m=1.5-j \times 0.1$ に近い値をとり、高くなると $m=1.33-j \times 10^{-5}$ に近づくものと考えられる。

Fig. 5 の結果より、計算値と実測値との間に、良い一致を得ることができなかった。この原因がどこにあるのかは、現在のところ明確ではない。

(4) むすび

今回の考察に於いては、説明できなかったが、相対湿度と減衰量との間に関係があることは、視程などの観測から確かめられている。それ故、相対湿度とともに、減衰係数、反射係数が変化すると考えられるので、レーザ・レーダ・エコーの解析をより正確に行うためには、この点についての研究が今後必要である。

参考文献

- B. J. Mason; *The Physics of Clouds*, Clarendon Press, Oxford, 1971
- A. R. Meetham; *Q. J. Roy. Met. Soc.*, 76, 359-371, 1950
- G. C. Simpson; *Q. J. Roy. Met. Soc.*, 67, p. 99, p. 163, 1941