

# E 7

## ルビーレーザーを用いた斜め視程観測システム

Ruby Laser Rader System for Measurement of Slant Visual Range

池田 紘一 山田 真一 小原 清成

K. Ikeda, S. Yamada and K. Obara

東京理科大学

Science University of Tokyo

SYNOPSIS: We constructed a system for measurement of slant visual range by using ruby laser radar, to improve present system at airport, and measured echo signals from air. As a result, we obtained the fact that the index of range in laser radar equation, wasn't always equal to 2.

### 1. まえがき

現在空港ではILS（計器着陸施設）によって航空機が安全に着陸できるようになってきているが、最終段階では目視に頼らなければならず、視程をはじめ気象情報は重要なものである。視程の測定には、白色光を用いた透過率計により滑走路上の水平視程（滑走路視距離：RVR）を記録する方式をとっているが、この場合機上のパイロットが見る実際の気象状態と異なる場合がある。そのため数年間にわたりAr<sup>+</sup>レーザーを用いて斜め視程の遠隔測定を行ってきたが、出力が弱く測定時間を短縮することができないためルビーレーザーを用いた観測システムの製作をした。

### 2. 斜め視程測定法

国際航空用語として視程を表す場合、目標は昼は非発光体、夜は発光体を用いる。これより、減衰係数と視程の関係を表わす式は、次のようになる。

視程目標が非発光体で輝度対比のみを考えた時、

$$V_c = 1 / \sigma \cdot \ln(1 / \epsilon) \quad (1)$$

ここでV<sub>c</sub>：視程、σ：減衰係数、ε：対比の識別限界値である。ε=0.05とした時の視程をV<sub>5</sub>とすれば、

$$V_5 = 2.996 / \sigma \quad (2)$$

となる。

視程目標が発光体で照度の識別限界値を考えた時は、

$$E_t = I \cdot \exp(-\sigma V_e) / V_e^2 \quad (3)$$

ここでE<sub>t</sub>：照度の識別限界値、I：点光源である灯火の光度、V<sub>e</sub>：視程である。E<sub>t</sub>の値として日本では、昼で390 [lm/km<sup>2</sup>]、夜で0.77 [lm/km<sup>2</sup>]を採用し、Iの値は500 [cd]、2500 [cd]、10000 [cd]と変えることができる。

またレーザーラダ方程式を簡単に表せば、

$$i) R \ll D / \Delta \theta : P_r = C_1 T^2 / R^2 \quad (4)$$

$$ii) R \gg D / \Delta \theta : P_r = C_2 T^2 / R^4 \quad (5)$$

となる。D：送信望遠鏡の開口径、Δθ：レーザービームの拡がり角、P<sub>r</sub>：受信電力、C：係数である。これらの式に、透過率 T = exp(-σR) を代入すれば減衰係数σが得られるが、過去の観測データによると受信電力P<sub>r</sub>は必ずしもR<sup>2</sup>やR<sup>4</sup>で減衰しないので、様々な気象条件でのデータをそれぞれに適した式に当てはめて視程の算出を行なう必要がある。よって方程式の一般形は、次のようになると考えられる。

$$P_r = C \cdot \exp(-2 \sigma R) / R^n \quad (2 \leq n \leq 4) \quad (6)$$

上式から得られた減衰係数σを用いて視程が求まる。

### 3. システムの構成

レーザーパルスの出力（波長：694.3nm、尖頭出力：30MW、パルス半値幅：30ns）による近距離からのエコー信号は極めて大きいため、8ビットのA/D変換器では分解能不足となる。そのためデータを取り込む際に利得の異なる2個の増幅器を設けて別々にA/D変換を行い、片方を微小信号用とした。システムのブロック図をFig.1に示す。

#### 3.1. 制御系

Fig.2に示すように屋外送受信部

部をアルミケースに収めて発射角度を可変にした。動作範囲は、水平角度が0～360度、仰角0～50度である。

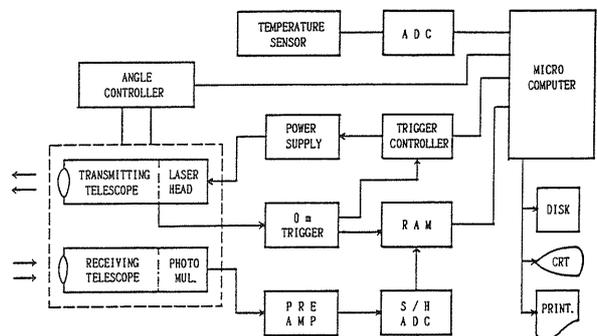


Fig.1 Block diagram of the system

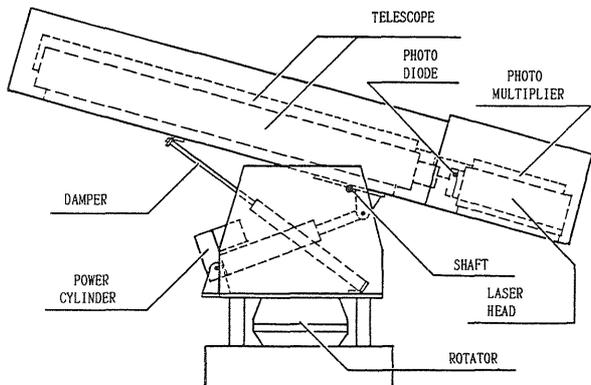


Fig. 2 Outside equipment

これを制御するのが角度制御装置である。

3. 2. 送信系 パルスの発射はトリガコントロール回路によって自動化している。パルスの繰り返しは最大1 ppmである。またレーザヘッド部にPINフォトダイオードを設置し、これを0 mトリガ回路に入力して送出光パルスの発射タイミングを取る。

3. 3. 受信系 光電子増倍管の出力を、帯域5 Hz~30 MHz、利得28 dB(CH. H), 40 dB(CH. L)の2個のアンプで増幅し各々を8ビット、15 MS/sでA/D変換する。0 mトリガ回路の出力と同時に変換データを1 KバイトのSRAMに記憶し、その後磁気ディスクに記録する。結果として距離分解能10 m、測定距離10 kmを得た。

#### 4. 測定データ

Fig. 3は測定によって得られたデータであり、(c)は受信信号を対数で、(d), (e)は距離、受信信号とも対数で表したものである。ただし(c)は、距離に対する補正を行っていない。(d), (e)の傾きから、 $n$ が必ずしも2や4に一致していないことが解る。またこれらは雪の日に観測したものであるが、(e)は(d)の8分後のデータであることから、データ収集、解析に要する時間を極力短くする必要があるといえる。

#### 5. むすび

現在空港で使われている視程測定システムをレーザレーダを用いてより実用的にするため、斜め視程測定システムを製作し、大気状態の観測を行った。その結果、本システムは斜め視程の測定に有用であることが解った。また霧や雪の日などにおいては、レーザレーダ方程式の距離の乗数 $n$ が、しばしば2から外れることが確認できた。今後はより多くの気象条件下で観測を行い、データの収集、蓄積をするとともに、 $n$ 乗で減衰することを考慮し、リアルタイムで斜め視程測定が行えるようなデータ解析プログラムを作成する。さらに統計的な処理をして、様々な大気状態における減衰係数 $\sigma$ と $n$ との関係を調査する。

〈参考文献〉 「航空気象」 伊藤博

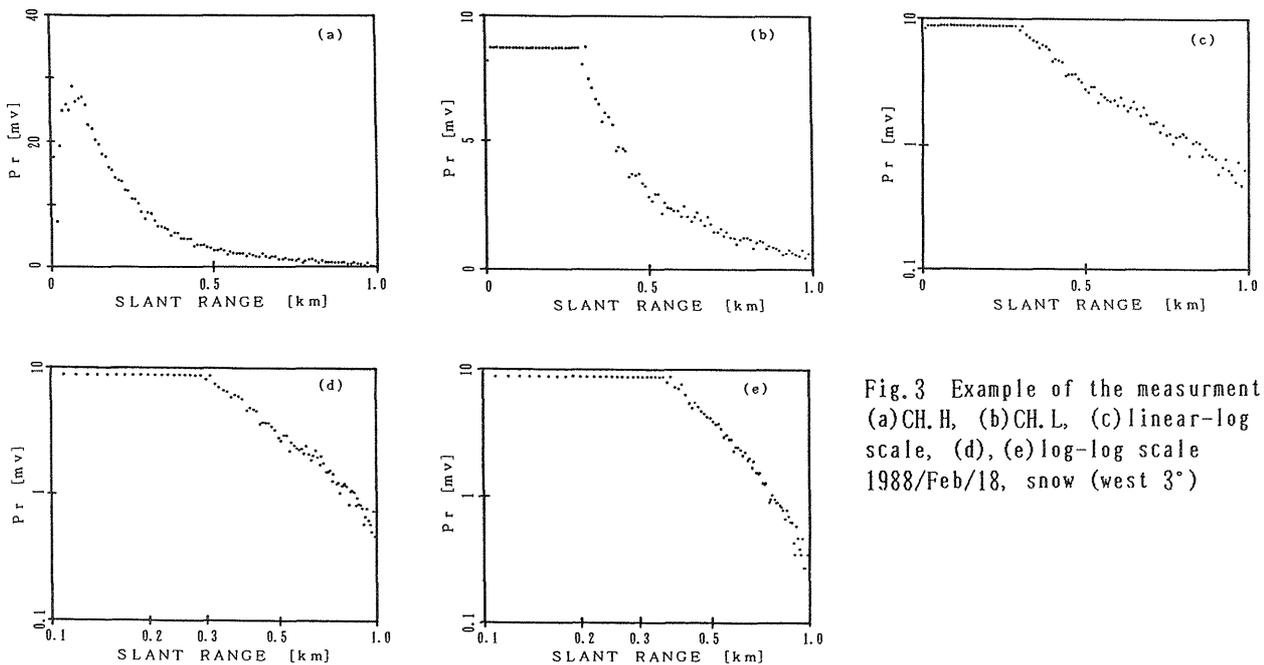


Fig. 3 Example of the measurement  
(a)CH.H, (b)CH.L, (c)linear-log scale, (d), (e)log-log scale  
1988/Feb/18, snow (west 3°)