

逆レーザ測距システムの検討

Airborne Laser Ranging System

五十嵐 隆

Takashi Igarashi

電波研究所

Radio Research Laboratories

1.はじめに

レーザ送受信装置を飛行体に載せ、地上に分布した逆反射器間の距離を短時間に精密に測定する逆レーザ測距システムは三次元的地殻変動の把握に有効であり、同じ量の観測を為るとすれば、経済的にも地上測距システムに比べ優れていると思われる。逆レーザ測距システムのプラットフォームとしては航空機、スペースシャトル、人工衛星が考えられるが、国土の狭い我が国では、航空機が最も適しているだろう。

航空機を用いた逆レーザ測距システムはNASAのJ.J.Degnanによって提案された。彼の論文によれば、地上に約20kmの間隔で逆反射器を並べ、13km,20kmの高度からNd:YAGレーザ光を逆反射器に向けて発射し、往復に要した時間から逆反射器までの測距を行う。航空機の場合、航空機の位置は人工衛星のように正確に求められないので、図1のように、一つのレーザからの光を6等分して、6個の逆反射器を同時に測距する。彼の論文では、詳細な数値的検討はされていないので、ここでは、航空機搭載逆レーザ測距システムの可能性を検討してみた。

(1)レーザレーダ方程式

航空機の飛行高度を10kmとし、逆反射器を図2のように10kmの間隔で配置したと仮定する。逆反射器の構造は種々考えられるが、ここではコーナーキューブの直径を5cmとした。コーナーキューブの有効反射角は45~50°とし、測距精度を上げるために出来るだけ光学的深さを小さくし、図3のような構造を考える。航空機の巡航速度を800km/hとすれば光行差は無視してよく、コーナーキューブの稜角にオフセットをかけてビーム拡がりを与える必要はない。

レーザ測距システムの受信強度を求めるレー

ザレーダ方程式は 
$$N_s = \frac{16 E_t \lambda \tau_t \tau_r \tau_a A_s A_r \eta}{hc \pi^2 \theta_t^2 \theta_s^2 R^4}$$

AIRBORNE LASER RANGING SYSTEM

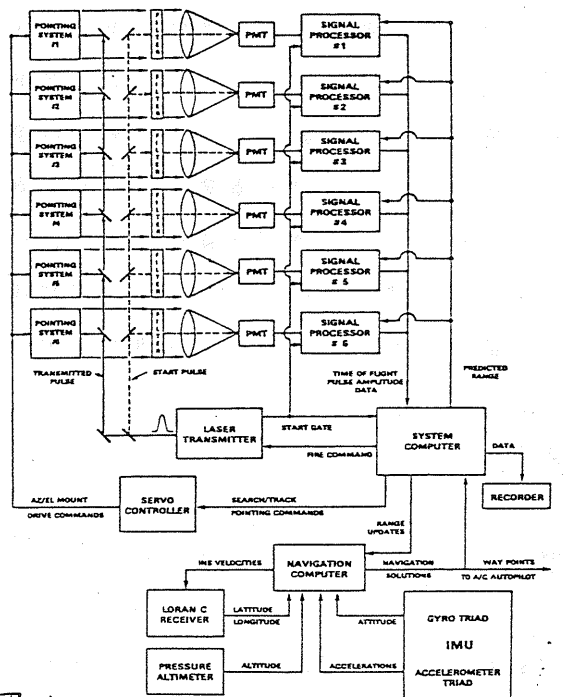


図 1.

ここで、 $N_s$ は光検出器からの光電子の数であり、ショット毎のレーザエネルギー  $E_t = 2\text{mJ}$ 、送受信光学系の透過率  $\tau = 0.8$ ,  $\tau = 0.4$ 、逆反射器の面積  $A_s = 2 \times 10^{-3}\text{m}^2$ 、受信望遠鏡の有効面積  $A_r = 2 \times 10^{-3}\text{m}^2$ 、レーザビームの拡がり角  $\theta_t = 10\text{mrad}$ 、逆反射器の拡がり角  $\theta_s = 20\ \mu\text{rad}$ 、大気の透過率  $\tau_a = \exp(-2k \text{ sec } z)$  として、nadir で  $N_s = 40000$  個、 $45^\circ$  斜め方向で  $N_s = 8000$  個の光電子を受信できる。

次に  $S/N$  について、昼間の背景雑光  $N_b$  を最も強い場合として考えると、望遠鏡の視野を  $10\text{mrad}$  としアルベド  $40\%$  のとき  $N_b = 7 \times 10$  個になるが、受信システムのゲート時間を短くとれば、信号光電子数が  $1000$  個以上なので十分な  $S/N$  で測距できると思われる。

### (2) 測距システム

このシステムで最も問題なのは逆反射器のポインティングである。即ち、レーザビームの制御と航空機の位置と姿勢の決定が大切である。受信光学系を含めたレーザビームの制御には、J. Degnan の提案しているような多数のビームを独立にコンピュータ制御する場合と逆反射器を幾何学的に配置して、航空機の位置と姿勢のみを一個のジンバルで制御する場合が考えられる。航空機の位置と姿勢はロランC、高度計、測距データからカルマン・フィルタを使って求める。また、姿勢と位置決定及びビーム制御の助けとして、電波研究所で飛行体の三軸姿勢決定法として開発しているシステムが利用出来ると思う。この場合、地上の逆反射器に手を加え、姿勢検出用のレーザは航空機から出すことができる。

### (3) 装置

6個のビームで同時に測距するとしても、レーザの出力は全体で  $20\text{mJ}$  程度でよく、 $100\text{psec}$  の小型 YAGレーザが容易に求められる。また、半導体レーザの使用も可能と思われる。検出器として、Channel Plate PMT が適しているが、APD の使用も考えられる。更に、発振効率の良い  $\text{CO}_2$  レーザを光源としたレーダ方式も目の安全から勧められる。

### (4) むすび

此のシステムを開発することは地震の予知や発生場所の推定に役立つだけでなく、将来の立体測量、高精度時刻同期システムへの発展、光通信への発展、環境計測への応用等が考えられる。

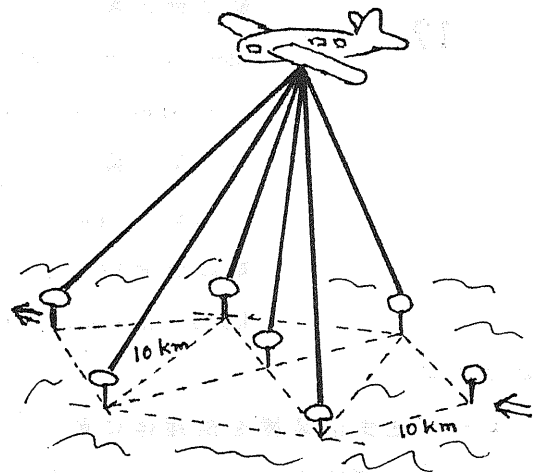


図 2.

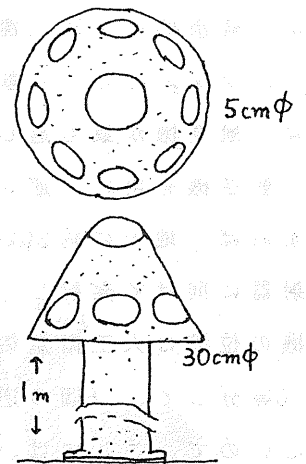


図 3.