

洲崎保司、 市橋典久、 相河幸昭
Yasuji Suzaki, Norihisa Ichihashi, Koushou Aikawa
日立製作所情報通信事業部
Telecommunications Division, Hitachi Ltd.

Abstract

Single photon ranging system have been dicussed. For satellite ranging, 0.1mJ/pulse laser could use, if the system pointing accuracy should be designed with 5 arc sec.

1 はじめに

単一光子測距ははじめ月レーザ測距によって実現された。月測距システムでは出力光子数は1ショット当り $10^{18} \sim 10^{20}$ 個のレベルであるが受信は1光子レベルを前提としている。月測距の経験に基づいて単一光子システムは人工衛星レーザ測距装置の高感度と小形化への方式として採用されるようになった。一方モードロックパルス増幅形レーザの開発進展と検出器、電子回路の高速化などにより測距精度は衛星の距離に対しcmのレベルに達したが応用面でプレート運動や地殻変動の観測が可能となってきたことから装置の一層の高精度化と小形化が期待される状況にある。単一光子システムは装置小形化には有力な方式であるが測距精度の点では光子と検知器での光子から光電子への変換と増幅過程の確率的な性質により信号波形に拡がりがある場合はエラーの大きくなることがある。測距精度の点から単一光子システムを考えると光源にはパルス幅の短いことが望まれる。一個の光子に注目するとその短時間性は測距精度の点では理想的であり、1個の光子からの誘導放出光またはParametricDownconversionを用いた送受各1個の光子による“極限システム”の提案もある(1)。一般的な単一光子測距システムでは受信信号の検出のみ単一光子を前提としている。しかし原理的には光子2個で測距系は成り立つし、現状では近距離に限られるが“極限システム”は高精度が期待できることから用途によっては実用化の可能性がある。単一光子システムによって精度を損なわずにどこまで装置を小形化できるかはレーザ測距における一つの課題である。

2 単一光子測距システムの構成と特徴

単一光子測距システムは一個の光子レベルの信号により測距を可能とするシステムである。検知器は一般に光電子増倍管が用いられるが量子効率の良い半導体検知器も検討されている。この方式の特徴は極限の微弱光を扱うのでノイズのより完全な遮蔽除去機能が必要となる。狭帯域干渉フィルター、距離ゲート、レーザの大気散乱光の遮断チョッパーなどを要する。またソフト的に取得データからノイズを除去する機能も必要となる。精度的な点では通常システム(多数光子信号前提のシステム)では信号波形(パルス)の立上りを捉えるのでタイムウオークは波形の立上り時間に依存するが単一光子システムの場合はそれが波形全体の拡がり distributes することを考えなければならない。高い精度を得るには信号波形の拡がりを狭くすることが必要で現在ではパル

ス幅 100 p s 前後が得られるモードロックパルス増幅式のレーザーが一般に使用されている。

3 システム例と可能性の検討

単一光子システムを前提として、現在軌道にある AJISAI、LAGEOS などの衛星に対し毎秒 1 カウントのデータ取得が可能なシステムの条件は図 1 によって表される。図の横軸はシステムサイズ S 、縦軸は標的に対するポインティング精度 (= ビーム拡がり角 θ_t) を示す。

システムサイズ S は
$$S = n \cdot E_0 \cdot A_r \cdot \alpha \beta \gamma \cdot \eta \quad (1)$$
 で表される。ここに n : レーザの繰返し数、 E_0 : レーザの出力エネルギー、 A_r : 受信鏡の面積 $\alpha \beta \gamma$: 光学系の効率、 η : 検知器の量子効率を表す。

国内開発例の HTLRS-1 (2) の S は $3.8 \text{ W} \cdot \text{cm}^2$ であるがこのシステムで LAGEOS から毎秒 1 カウントのデータを取得するために必要な θ_t は図より約 90 秒 (0.4 mrad) であることが示される。運用実績でも条件の良いときにはほぼこれを裏付けるデータが得られている。この図よりポインティング精度 5 秒のシステムを仮定すると必要な S は約 $0.01 \text{ W} \cdot \text{cm}^2$ となる。これは HTLRS-1 の 380 分の 1 であり、レーザーの出力だけに注目すると HTLRS-1 は 50 mJ を使用しているので、 0.1 mJ のオーダーでも可能性のあることを示すものである。

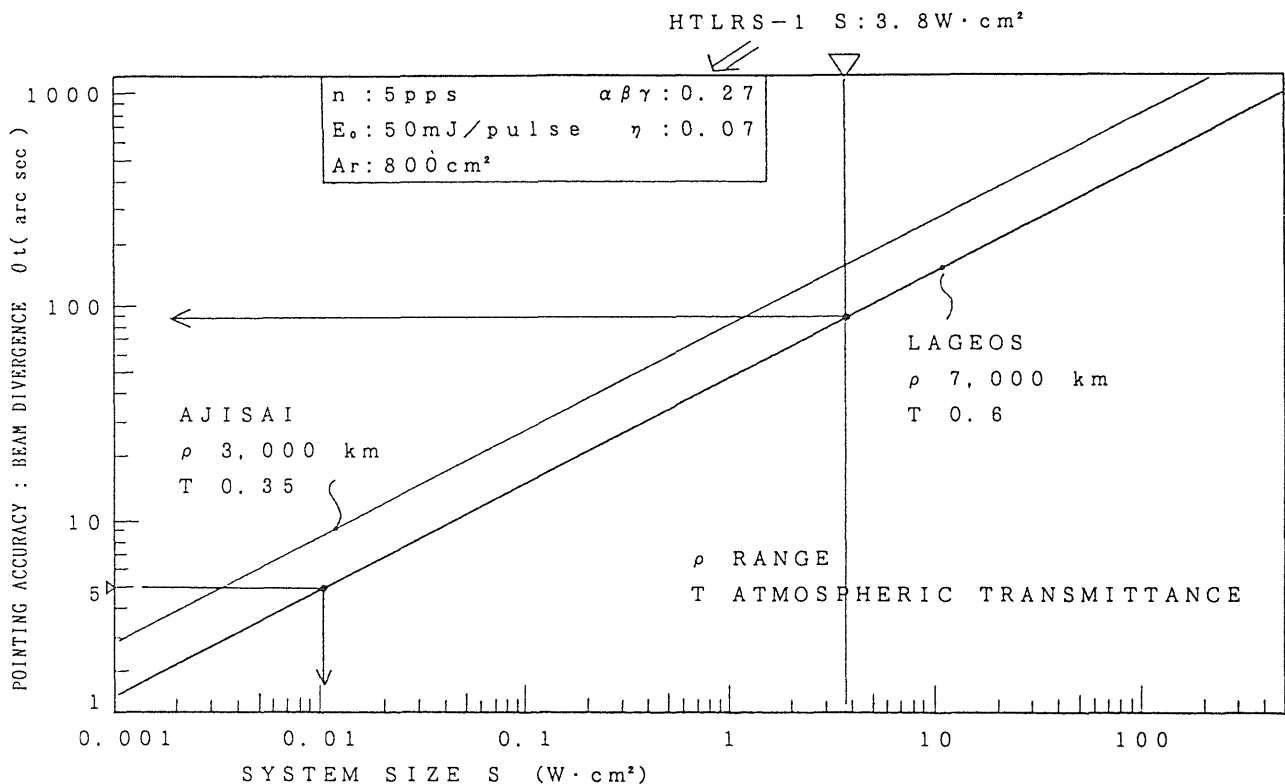


Fig.1 Condition of one count detection per second for single photon satellite ranging system.

4 まとめ

単一光子システムによれば、人工衛星測距に対しポインティング精度 5 秒の条件で、出力エネルギー 0.1 mJ 程度のレーザーで測距システムを実現できる可能性がある。

文献

- (1) J.G.Rarity, et. al., 1 July 1990, Vol.29, No.19, p2939~2943, Applied Optics
- (2) 佐々木稔, 洲崎保司, 第 12 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 (1988), C3