

P 2 9 ETS-V 光通信実験用地上装置レーザポインティングシステムのサーボ特性
Servo performance of the laser beam pointing system
for ETS-V space optical communication experiment
豊田雅宏 荒木 賢一 高見英樹 有賀 規
Masahiro TOYODA Kenichi ARAKI Hideki TAKAMI Tadashi ARUGA
通信総合研究所
Communications Research Laboratory

Abstract An optical communication experiment between a geostationary satellite(ETS-V) and a ground station is planned in 1994. For this experiment we try to develop high tracking accuracy laser beam pointing system. The measured servo performance of the laser beam pointing system is presented. This system achieved 15Hz servo bandwidth(45° phase lag) and 20pW minimum incident power at detector.

1. はじめに 通信総合研究所では、宇宙光通信の基礎技術の確立を目的として、1994年に上げられる技術試験衛星V型(ETS-V)と地上光学施設との光通信実験を計画している⁽¹⁾。ここでは、この実験用の地上装置のレーザポインティングシステムの制御特性について述べる。

2. レーザポインティングシステム ETS-Vに搭載される光学装置の要求受光レベルと地上レーザのパワーにより、送信レーザビームは20~200 μ radの拡がり角が要求される。この狭ビームのレーザを衛星に継続して照射するために、レーザビームの大気伝搬で生じる伝搬方向の変動を補正する必要がある⁽²⁾。その方法として、衛星からのレーザ光を追尾し、伝搬方向変動角を補正したレーザの送信を考えている。衛星の光の地上での光量は0.3pW/cm²(衛星での出射パワー6.0mW, 拡がり角30 μ rad, ガウスビームのピーク値, 大気透過率50%)程度であり、衛星に対するレーザビームの指向精度は1 μ rad(RMS)を目標としている。

Fig.1にレーザ送信装置と制御特性の測定系を示す。レーザ送信装置は、最大パワー10Wのアルゴンレーザを送信し、指向方向はガルバノメーターミラーで制御する。口径20cmの望遠鏡で衛星からの光を受光し、APDの4分割検出器でスポット位置変化を検出する。4分割素子からの信号を加算器と割算器で演算し、その出力でガルバノメーターミラーを動作させ、4分割素子の中央に光スポットを結像させる。背景光の影響を抑え、光検出のSN比を上げるために、衛星からの光が円偏光であることを利用して波長板回転装置と偏光ビームスプリッターを用いて光スポットに強度変化を与えロックインアンプで同期検出を行なう。

3. サーボ特性 Fig.1中の制御特性測定系から波長830nmのLD光をガルバノメーターミラーに入射させ、レーザ送信装置のサーボループを掛ける。サーボ特性はループコントローラーに計測装置を接続して測定した。Fig.2にEl.軸方向のサーボ特性をボーデ線図で示す。このとき、APDでの受光パワーは約300pW、光スポット径は約0.7mm、半波長板の回転は3000RPM、ロックインアンプの時定数は1mSにした。同期検出の中心周波数は200Hzで雑音帯域幅は250Hzとなる。この結果では15Hzで位相遅れが45°となっている。この制御周波数の制限は、ロックインアンプのローパスフィルターと、制御の残留偏差を小さくするためのループコントローラー内の積分器が主な要因と思われる。

4. 光量特性 APDでの受光量が小さくなるとガルバノメーターミラーの雑音による振れ角が大きくなる。Fig.1の制御特性測定系のNDフィルターで光量を変えてPSDを用いて振れ角を測定した。Fig.3にその結果を示す。ジッター角は10倍の望遠鏡を通して天空に換算した値で、PSD出力のスペクトルより算出した。ジッター角は1 μ rad以下と小さいが、光量が10pW以下ではサーボが外れてしまう。これはAPDでの光スポット位置検出のSN比低下が原因と考えられる。また、光スポットが楕円なためAz.とEl.のミラー制御でジッター角度が多少異なる。衛星からの光の推定受光パワーはピーク値で44pWであり、5pW程度まで制御を可能にするためにはなお改良が必要である。

5. おわりに ETS-Vとの光通信実験用のレーザポインティングシステムの制御特性の測定結果について述べた。現在のシステムでの大気のゆらぎを考慮したポインティング精度を明らかにするとともに、来年の実験にむけたシステムの改良が必要である。

《参考文献》(1)荒木他, 1991年電子情報通信学会春季全国大会, B-204, 1991.

(2)豊田他, 第14回レーザセンシングシンポジウム, P-17, 1991.

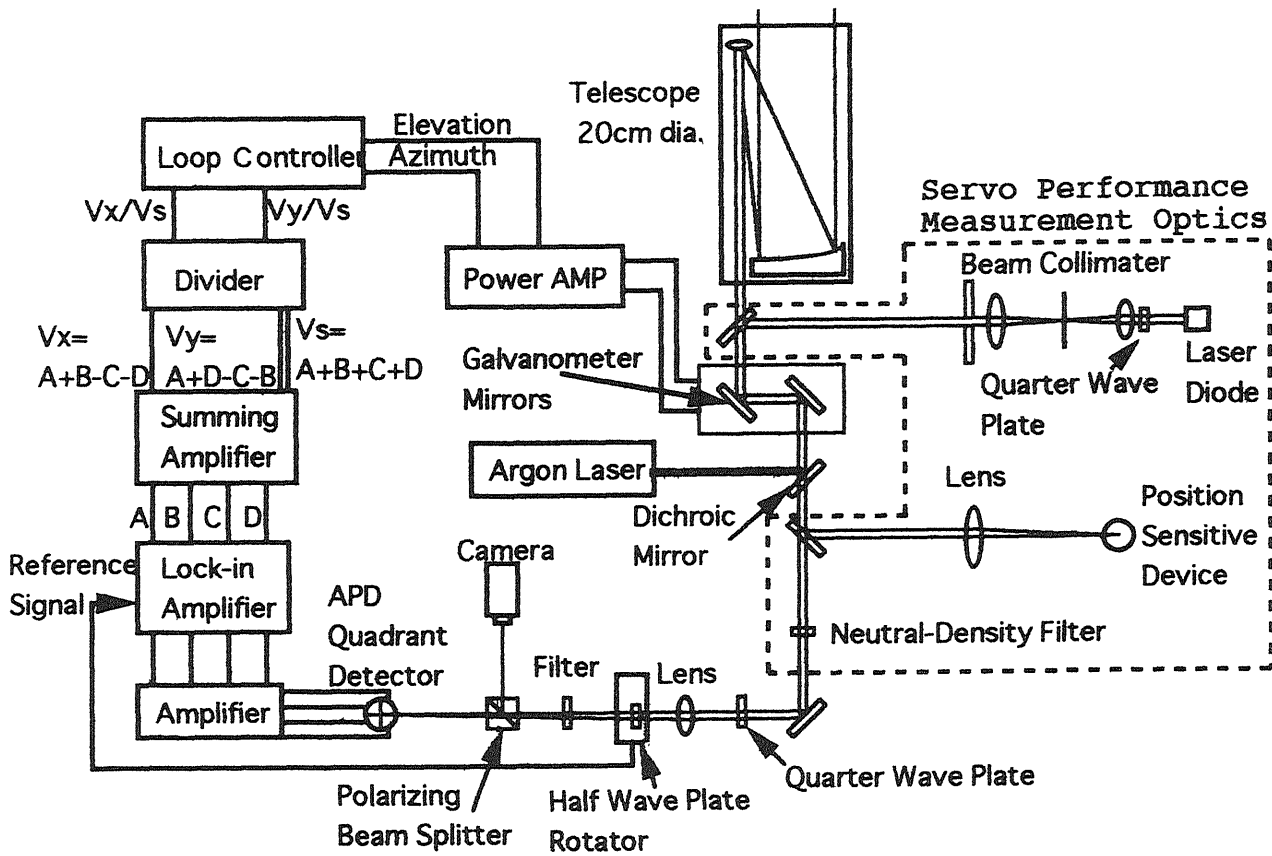


Fig.1 Laser pointing system and servo performance measurement optics.

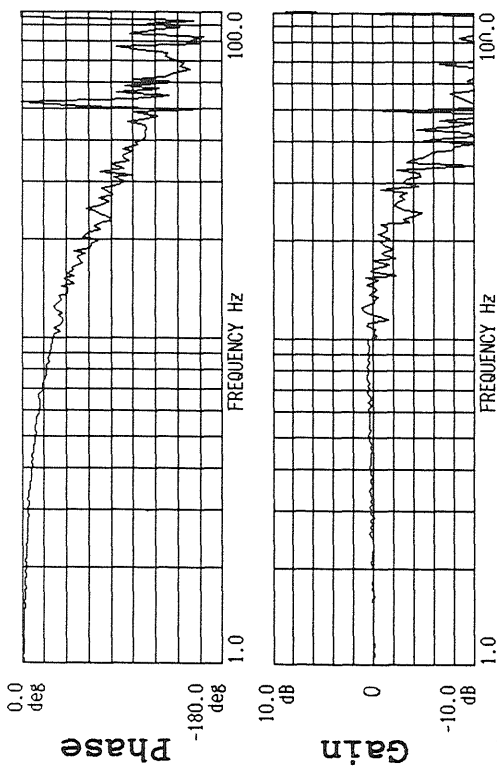


Fig.2 The Bode diagram of the elevation direction galvanometer mirror servo loop. The half wave plate rotation speed was 3000RPM. The APD gain was 10 and optical power was about 300pW.

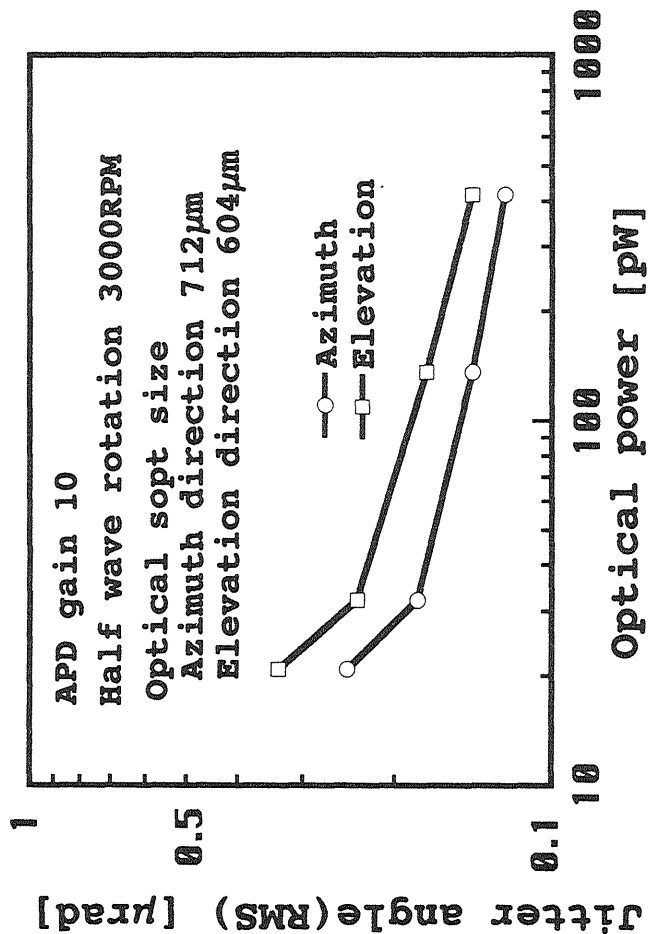


Fig.3 Azimuth and elevation galvanometer mirrors jitter angle(RMS) for output space as a function of optical power.