

# 光通信局地上レーザ伝送におけるシンチレーション計測 - 衛星間光通信地上実証予備実験 -

國森裕生、田保則夫（情報通信研究機構）

木崎隆義（株式会社アストロトオリサーチ）、大屋真（国立天文台）

## Scintillation Measurement of Laser Transmission at Optical Communication Site - Preliminary test for optical inter-satellite communication ground verification test-

Hiroo Kunimori, Norio Tabo (National Institute of Information and Communications Technology)  
Takayoshi Kizaki (Astro Research Co.), and Shin Oya (National Astronomical Observatory)

The Next Generation Laser Communication Satellite Technology Research Center (NeLS/NICT), plan to demonstrate validation of optical space communication terminal on ground using EM and BBM of the terminal. Laser transmission and receiving signal level measurement was conducted at the candidate experimental sites to evaluate scintillation effect and vibration condition for future inter-satellite communication terminal ground verification test. A vibration of 0.6Hz due to tower site inherent vibration as well as scintillation by atmosphere up to 500Hz, and 4KHz above noise level were observed at nominal and stronger wind condition, respectively.

### はじめに

NICT 本郷リサーチセンターでは、今年度、衛星間光通信装置 EM、BBM の地上実証実験を予定している [1][2]。実験コンフィグレーションの一つとなる固定間レーザ通信の候補地となる小金井本部（東京都小金井市）および西東京スカイツター（東京都西東京市）にそれぞれ、主系および副系通信装置を配し双方向の実験（以下田無タワー実験と略称）を行う予定である。本稿では 2005 年 6 月に行ったレーザ伝送予備実験システムの紹介と取得したデータの事前実験解析を報告する。なお、同時期にデータ取得をおこなった田無タワー上の振動および風向風速データの概要については、別途報告される。

### 1 実験システム概要

本実験は、小金井宇宙光通信地上センターと田無タワーの間約 4.2km で光リンクを張る予備実験である。事前実験では、光センターから 1.5m 主鏡の一部を送信望遠鏡とし、これを通して 532nm 連続波(出射端で 15cm)のビームを送信して、田無タワー-23F(地上 115m)床に設置した口径 12cm の受信望遠鏡でデータを取得した。表 1 に実験諸元を示す。受信望遠鏡には、受信レーザー光を検出するための単素子 PD の他に光軸調整用の CCD カメラが取り付けられており、両者はフリップ鏡によって切り替え可能である。

表 1 実験諸元

項目	内容	備考
送信 波長	532nm	SP Millenia (Diode Pumped CW Nd:YVO4 2 <sup>nd</sup> Harmonic)
口径	155mm	1.5m 主鏡の一部
パワー	1mW	by ND/Aperture

		Control
広がり角	50urad (nominal)	4urad-100urad 可変
ジンバル駆動精度	0.5arcsec	1.5m 鏡ジンバル
受信 波長	532nm	
口径	127mm	MEADE125EC
焦点距離	1900mm	
ジンバル駆動精度	5arcsec	中央精機 MMC2
CCD	1/2"	Neptune100
検知器	Si-PD ~200um	EG&G C30902A
測定器	ダイナミックアナライザ	Agilent 35670A
実験期間	2日間	6月7日、9日

### 2 実験結果

送信側の主鏡と副鏡の間の距離を変化させることによって、ビーム広がり角を変化させることができる。実験では受信端でノミナル 400mm となるようなビーム径で測定した。これは広がり角 60  $\mu$ rad に相当する。

#### 2.1 受信ビデオデータにみられる振動

今回の実験中に CCD カメラによって、光軸調整中に光センターのドームの画像及び受信レーザービームの画像をビデオテープに記録した。モニタ画面では、水平方向のゆっくりした振幅の大きな振動が目だったので、この振動に注目して簡易解析を行った。テープに録画したドーム全体の動き、ビームの動き共に振幅：5.4e-5rad=11" (23cm@4.2km) 周期：1.6sec (37回/1分) であった。(6月7日、6月9日とも同じ)

振動の周期が一定であることから固有振動に起因していると推測される。振幅に関しては日によって変化し

ており風速との相関がある。  
 振幅の変位量が単純に田無タワーの床の並進運動だタワーのねじれ振動(角度の振動)と考えられる。[3]



図1 田無タワーに設置された受信側機器

## 2.2 ダイナミックアナライザスナップショット

受信望遠鏡には Si-PIN ダイオードの出力をダイナミックアナライザで取得した。本ダイオードの飽和レベルは -4.5V である。シンチレーションの振れ幅の最大値でもダイオードを飽和させないように、かつ最小値でも感度を失わないように送信パワーに ND フィルターを挿入して実験をおこなった。データ取得は連続 2 分間のデータを 8kHz 程度でサンプリングしバッファに 5 - 6 回 / 日 記録した。これとは別に短時間のデータをその場でスナップショットしたものを数例記録した。図2に時系列(16 秒間)とその間のスペクトラムの例を示した。また、初日と 3 日目の典型的なスペクトラムを図3に示すように、シンチレーションの大きさの違いは、スペクトラムの高周波数領域の成分増大が、強風の実験データに顕著である。なお、システムのノイズレベルは  $10^{-5}$ Vrms 程度であった。

## 3 終わりに、

今回、可視光でおこなった大気ゆらぎを、今後予定している本番実験では波長 1.5 $\mu$ m 帯に対して適用すると、強度ゆらぎ、角度揺らぎのいずれの場合も、波長が長くなることで有利に働き、改善の程度は波長の 1 乗程度がそれ以下であろう[4]。今後の予定として、可視光と波長 1.5 $\mu$ m でビームを重畳するようにシステムを組むことでアライメントの容易さを確保する。また、コーナキューブレフレクター各種を田無タワーに設置し、Bi-Static な望遠鏡で折り返しの検知器データを取得し CCR の個別特性とリンク計算の妥当性を確認する。

## 参考文献

- [ 1 ] 情報通信研究機構「平成 16 年度グローバルマルチメディア移動体衛星通信技術の研究開発：研究開発報告書」平成 17 年 3 月
- [ 2 ] 國森裕生、小山善貞、渡辺宏、元吉茂、大川貢、安田靖彦 “ Ground validation plan for NeLS

inter-satellite optical communication terminal ”、WSANE2005、Daejeon, Korea、17.3.3

- [ 3 ] 田保他「光通信局地上レーザ伝送におけるタワー振動と風の影響 - 衛星間光通信地上実証予備実験 - 」、本予講集
- [ 4 ] Biswas and Wrigh, Mountain-Top-to-Mountain-Top Optical Link Demonstration: Part I, IPN Progress Report (2002), 42-149

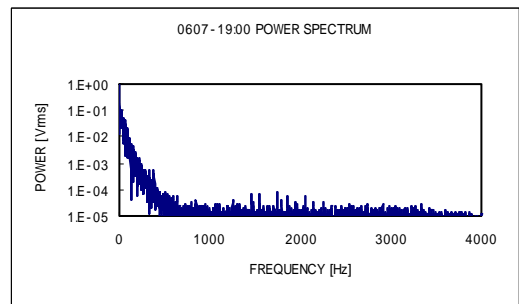
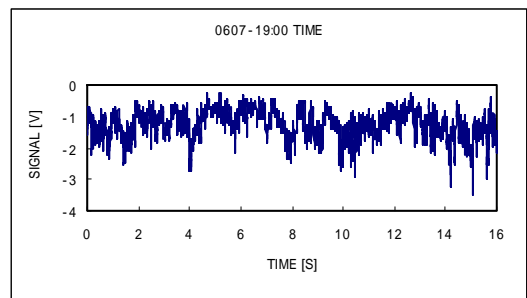


図2 Si-PIN 時系列データ(上図)およびスペクトラム(下図の例(6月7日 19:00))

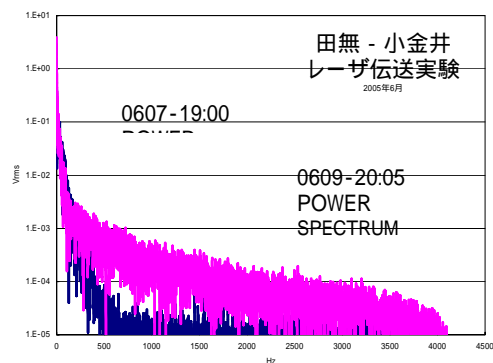


図3 初日と3日目のスペクトル比較