

地上-静止衛星間レーザー光伝送実験
Experiments for Earth-to-Geosynchronous Satellite
Laser Beam Transmission

有賀規, 荒木賢一, 林理三雄
T. Aruga, K. Araki and R. Hayashi
電波研究所
Radio Research Laboratories

1. はじめに

電波研究所では地上からのレーザー光を発射し、これを衛星上へ検出して衛星の姿勢を高精度に決定したり、伝搬を利用して大気の計測を行うことを目的として地上-衛星間のレーザー光伝送について理論的検討及び実験を行ってきた。地上からのレーザービームを周回衛星へ検出する実験は、1000km 高度の国産技術試験衛星Ⅲ型(ETS-Ⅲ)を利用した実験によって成功し、同衛星の姿勢の三要素を高精度に求めることができ、既に前回のシンポジウム、論文等に報告した。

極軌道衛星等の一般の周回衛星は global な地球観測を行うことに適しているのに対して、静止衛星は地球上の一定地域の観測や通信・放送を常時行うことができるといった長をもちいる。また逆にこの地域からは対象とする静止衛星が常時ほぼ同一方向に見えることによる各種々の応用が期待できる。そこで前記の周回衛星を利用した実験の成果を基礎として、静止衛星を対象とする実験を試み成功したので、この結果を中心に報告する。

2. 静止衛星ひまわりを利用した実験

気象庁気象衛星センターの協力を得て、静止気象衛星ひまわり(GMS)を対象とすることにした。同衛星に搭載されている VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) の可視チャンネルを利用して電波研究所構内から発射されたアルゴンレーザー光 ($\lambda = 5145 \text{ \AA}$) を検出する地上-静止衛星間レーザー光伝送実験を行った。

レーザー光を衛星に送信するためには、衛星の方向が高精度に与えられる必要がある。既に

に報告したように、電波レンジングによる衛星の軌道予報値を、衛星の高精度光学追星データを用いて、改良することが可能である。我々が用いている口径50cmのカセグレン式反射望遠鏡により、静止衛星の位置を $1/1000$ 度の精度で決定することが可能である。そこで気象衛星センターから提供される電波レンジングによる静止衛星ひまわりの軌道予報値に従って同衛星を追星し、予報値と実際に観測された方向のデータをともに、その差を利用して軌道改良を行った結果、数時間の光学観測データをもとに軌道改良を行えば、1~2日以内なら $\sim 0.002^\circ$ の精度で同衛星を追星することが明らかになった。

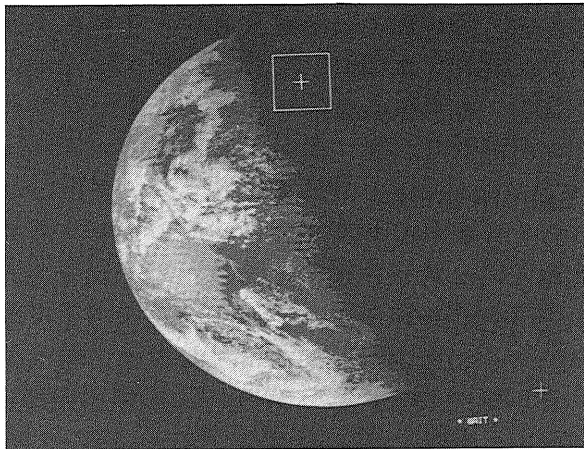
アルゴンレーザー光の伝送は、ひまわりの軌道予報値と光学観測データをもとに改良した後、同衛星を追星しながら行った。ひまわりの放射計 VISSR の可視チャンネルへ検出された地上レーザービームのスポット像の例を図1に示した。送信出力: 3W, レーザービームの拡がり角: 0.1 mrad を行った実験結果の例が示されている。VISSR 可視チャンネルは4個の検出器が縦方向にアレイ型に並んでおり、衛星の Spin を利用して水平走査が行われ、垂直方向は望遠鏡を機械的に動かして(回転させ)、地球像が出来る仕組みになっている。1個の検出器の視野は $35 \times 31 \text{ mrad}$ である。図1の横の向隔は 24 mrad の画像信号のサンプリング向隔に定まっていることに注意されたい。

衛星上へ検出されるレーザー光スポット像は1点として SN 比良く検出されるので、高分解能地球観測の絶対位置校正や、アンテナ観測器の方向制御等に利用ができる。レーザー光スポット像の参照点としての精度は最終的には地球大気の影響によって決まってしまう。今後得られたデー

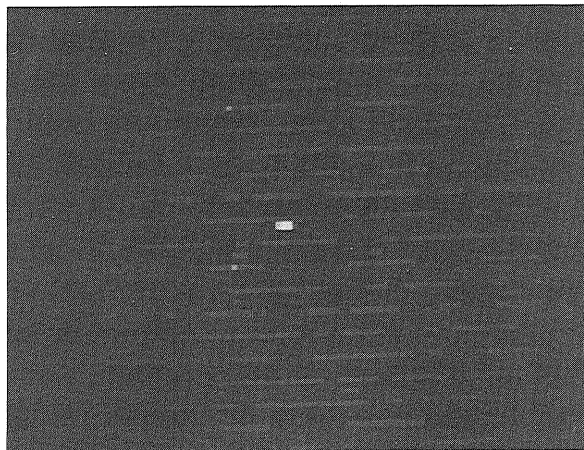
夕は、すべく1個の検出器内にスポット像が写りこんでおり、像のぼやけ等は検出器の分解能の範囲内では現れていない。このことから、少くとも $\sim 30\text{mrad}$ の精度は得られることが予想される。

3. 二波長レーザー光の伝送

可視波長域の $\sim 0.5\mu\text{m}$ と赤外域 $\sim 10\mu\text{m}$ は、各々大気の窓のほぼ中心の波長であり、地上-衛星間の光伝送のみならず、地球の熱収支に重要な透過率などの変動は随時ある問題がある。可視のアルゴンレーザーに加え赤外の CO_2 レーザー光を同時に伝送させ、両者の伝搬の相異等を調べるために、両レーザー光の同時伝送実験を計画してきた。VISSRの赤外のチャンネル($10.5-12.5\mu\text{m}$)を利用する方法を検討した結果、実験が可能なことが明らかになった。表1には理論的検討結果を示した。10Wの送信powerを仮定した時の静止衛星から見た見掛けの地球表面温度の上昇をレーザービームの広がりパラメータとして示している。(標準大気及び地球表面温度 300°K を仮定)



(a)



(b)

```

111111111111111111111111111111111111111111111111111
11111111111100001111111111111111111111111111111111
221112222211111122222222211112222211211112222
0000000000000000000000000000000000000000000000000
111111111111111111111111111111111111111111111111111
111111111111111111111111111111111111111111111111111
1112222211112221122222222111122222222222222
0000000000000000000000000000000000000000000000000
111111111111111111111111111111111111111111111111111
1100000011111111111111111111110001111111111111111
2111111112222222222222222222222111122211222222
000000000000000000000000005DB200000000000000000000
111111111111111111111111111111111111111111111111111
111111111000001111111111111111111111111111111111111
22222222221111221122222222222222211111111122221
0000000000000000000000000000000000000000000000000
1111111111111122211111111111111111111111111221111
00011111111111111111111100001110011111111111111111
1111111111222232222111111111111111111222222222
00000000000000000000000000000000000000000000000000
    
```

(c)

表1. 赤外 CO_2 レーザー光伝送による見掛けの地球表面温度変化

θ (MRAD)	P (WATT·CM ⁻² / ELEMENT)	T^* (K)	ΔT
0.3	3.6×10^{-12}	222	+14°
0.2	8.1×10^{-12}	255	+27°
0.1	3.2×10^{-11}	345	+95°

θ : レーザービーム広がり角 (全角)
 P : 1画素ご受信されるレーザー光 power
 T^* : レーザー光エネルギー伝達による等価地球表面温度
 ΔT : レーザー光による見掛けの地球表面温度変化

図1. 打ち上げの放射計で撮った (a) 地球の画像 (+印は地上レーザーの位置), (b) 拡大図 (中央の光スポットはレーザー光スポット像), (c) レーザー光送信周波数の放射強度の計算値リスト, D=13, B=11, 1983, Dec. 13, P.M.5:30