

高部政雄、板部敏和、有賀 規
(Masao Takabe, Toshikazu Itabe, and Tadashi Aruga)

郵政省 通信総合研究所
(Communications Research Laboratory)

SYNOPSIS: We have been conducting experiments of tracking the MOS-1 satellite and transmitting a laser beam from a ground station to the satellite. Currently an argon ion laser is used as a beacon and images taken by the MESSR are analyzed.

In analyzing the results, geometric errors were found in the MESSR earth images and the satellite's attitude was examined from two coordinate point of the laser spot and the scene center.

1. はじめに

宇宙開発事業団が1987年2月に打ち上げた海洋観測衛星MOS-1には、可視近赤外放射計(MESSR)、可視熱赤外放射計(VTIR)等の放射計を搭載している。

恒星で校正した追尾装置による光学観測データで衛星の位置を高精度に決定し、レーザー光を衛星に伝送し、地球画像に現れたスポット像の二次元座標と理論的に定まる座標(光学的観測で高精度に決定された衛星の位置と地球局の位置から求まる)を比較することによって地球画像の位置検証を行った。また、その値からMOS-1の姿勢を推定したので、現在までに得られた結果の概要について述べる。

2. MOS-1の光学追尾

レーザー光を伝送するためには、衛星を正確に捕捉しなければならないので、まず衛星の光学追尾を行い軌道要素の改良を行った。MOS-1の光学追尾の結果、宇宙開発事業団からの軌道要素からの予報値(Epoch 88/6/5)と観測値(88/6/6)のずれはFig. 1に示すように、0.7秒の遅れでAzは0.05°、E1は0.025°程度のずれであり、これは地上の距離にすると4.7Km進行方向の遅れで、西側に0.4Kmずれていることを確認した。この値は、他日に実施しても同様であった。

3. レーザ光放射強度

レーザー・ビーコンのMESSRでの受信強度を適切な値にするよう地上でのレーザー光送信強度を雲頂程度の輝度に定めることにした。雲頂輝度(太陽天頂角を平均的に $\approx 45^\circ$ とする)を仮定し、MESSRの視野、受信波長幅を与えると、雲頂輝度と同程度の輝度に相当する放射強度を得るのに必要なレーザー光受信放射強度 F_r は、

$$F_r \approx 0.7 \times 10^{-11} \quad \text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \quad (1)$$

となる。一方、レーザー出力 P_t と F_r との関係式は

$$F_r = \tau_a \tau_t \eta \cdot 1 / \pi (\theta_{t0} / 2 \cdot L)^2 \cdot P_t \quad \text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \quad (2)$$

τ_a atmospheric transmittance
 τ_t efficiency of transmitter
 η detector efficiency at laser wave length
 θ_{t0} beam divergence
 L satellite - earth length

(1)式と(2)式及びこれらのパラメータの値を与えれば、 θ_{t0} と P_t との関係が得られる。例えば、ビーム拡がり角1mradで0.26W、4mradで4.14W(但し晴天等の好条件時)のレーザー出力を用いればよいことになる。

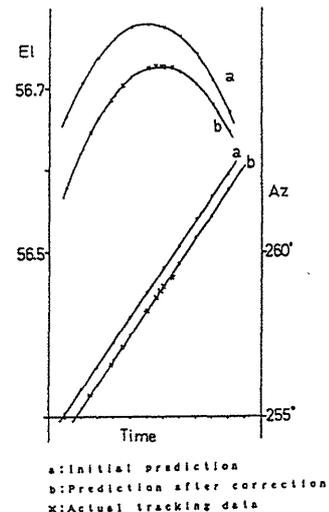


Fig. 1 Prediction/Tracking Data

4. スポット像の検出

MESSR の特性を Table 1 に示す。実験の結果 MESSR 画像にレーザ光が検出された例として 87/10/13 のパス 20 (昼間) のデータを Table 2 に、また 88/12/7 のパス 118 (夜間) を Table 3 に示す。Table 2 には、846 ライン、1319 ピクセルを中心に、また Table 3 には、1722 ライン、737 ピクセル付近が他より数値が高くなっている。そしてバンド 2 にはその付近に他より高い数値がないのでアルゴンレーザの単一波長 ($\lambda = 0.5145 \mu\text{m}$) が検出されたのが明らかである。

Table 1 MESSR Performance

Observation wavelength (um)	0.51~0.59 (band 1) 0.61~0.69 (band 2) 0.72~0.80 (band 3) 0.80~1.10 (band 4)
detector	2048 element CCD
Scan length	100Km

Example of spot image of laser beacon observed by MESSR (Digital Data)

Table 2 87/10/13 pass no. 20 (Daytime)

MESSR BAND 1 (0.51um ~ 0.59um)						
PIXEL NO	1317	1318	1319	1320	1321	1322
LINE NO 844	63	69	57	60	57	58
LINE NO 845	65	69	105	59	55	55
LINE NO 846	53	79	157	109	51	51
LINE NO 847	45	59	106	91	40	62
LINE NO 848	57	86	47	82	97	16

MESSR BAND 2 (0.61um ~ 0.69um)						
PIXEL NO	1317	1318	1319	1320	1321	1322
LINE NO 844	55	46	43	45	49	45
LINE NO 845	47	48	47	46	42	43
LINE NO 846	47	43	42	44	42	42
LINE NO 847	45	42	45	46	42	42
LINE NO 848	45	44	57	54	52	53

Table 3 88/12/7 pass no.118 (Nighttime)

MESSR BAND 1 (0.51um ~ 0.59um)						
PIXEL NO	735	736	737	738	739	740
LINE NO 1721	0	0	0	0	0	0
LINE NO 1722	0	0	49	0	0	0
LINE NO 1723	0	0	33	0	0	0
LINE NO 1724	0	0	2	0	0	0
LINE NO 1725	0	0	2	0	0	0
LINE NO 1726	0	0	2	0	0	0
LINE NO 1727	0	0	0	0	0	0

MESSR BAND 2 (0.61um ~ 0.69um)						
PIXEL NO	735	736	737	738	739	740
LINE NO 1721	1	1	1	1	1	1
LINE NO 1722	1	1	1	1	1	1
LINE NO 1723	1	1	1	1	1	1
LINE NO 1724	1	1	1	1	1	1
LINE NO 1725	1	1	1	1	1	1
LINE NO 1726	1	1	1	1	1	1
LINE NO 1727	1	1	1	1	1	1

5. 地球画像の校正

地球画像データで、予報値を基にシーン・センタから算出したレーザ局の位置と実際に検出された位置は次のようになり、その差が本実験より得られたシーン・センタの誤差に相当する。

	Daytime Example (87/10/13)			Nighttime Example (88/12/7)		
	Calculated	Detected	Difference	Calculated	Detected	Difference
Line	864	846	18(0.9Km South)	1509	1722	213(10.65Km S)
Pixel	1311	1319	8(0.4Km West)	729	737	8(0.4Km E)

これらに光学追尾との差を加え、衛星の姿勢を推定すると、

	Line	Pixel	Roll	Pitch	Yaw
Daytime Example (87/10/13)	5.62Km	0.03Km	0.00°	0.35°	1.19°
Nighttime Example (88/12/7)	5.93Km	0.03Km	0.00°	0.37°	?

となる。このようにして、レーザ光送信点をランドマークとして用いる方法により、地球画像の幾何学的校正と、同時に衛星の姿勢の推定も可能である。今後データを多く取り、MESSR 画像の絶対位置のずれの傾向を定量的に明らかにしたい。

6. おわりに

レーザ光の伝送は天候に左右され、近年東京地方は天候が不順で、地球画像データの取得が思うようにいかなかった。今後機会があれば V T I R 用に CO2 レーザも用いて多くのデータを処理して解析していきたい。

本研究は、MOS-1 衛星検証実験の一環として実施したものである。