

NICT光通信機器SOTA

情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所
高山佳久

最近、将来の衛星通信ネットワークにおける大容量データ伝送を行う技術として宇宙光通信の研究開発が注目を集めています。また衛星の利用においては、小型の衛星への関心が高まり、その応用について多くの検討が進んでいるようです。衛星に搭載する装置も発展し、例えば、小型衛星による高精細な撮像などが挙げられます。一方、小型衛星の場合、衛星へ搭載する通信機能に許容される重さ、大きさ、使用電力などの配分量から、取得データの伝送容量に制限が生じます。このため小さく軽量でデータ伝送を大容量化できる通信機能への期待が高まっていると考えています。

現在、開発を進めているSmall Optical Transponder (SOTA)は、小型衛星へ搭載できるよう小さくデザインされた光通信装置です。以下では、このSOTAについて紹介します^[1]。

SOTAのBreadboard Model (BBM)を図1に示します。SOTAの構成は、光学部と電気回路部とに大別され、同図はその光学部です。送信光源を四つ(Tx1~Tx4)搭載し、捕捉と追尾のためにそれぞれ光検出器を備えています。

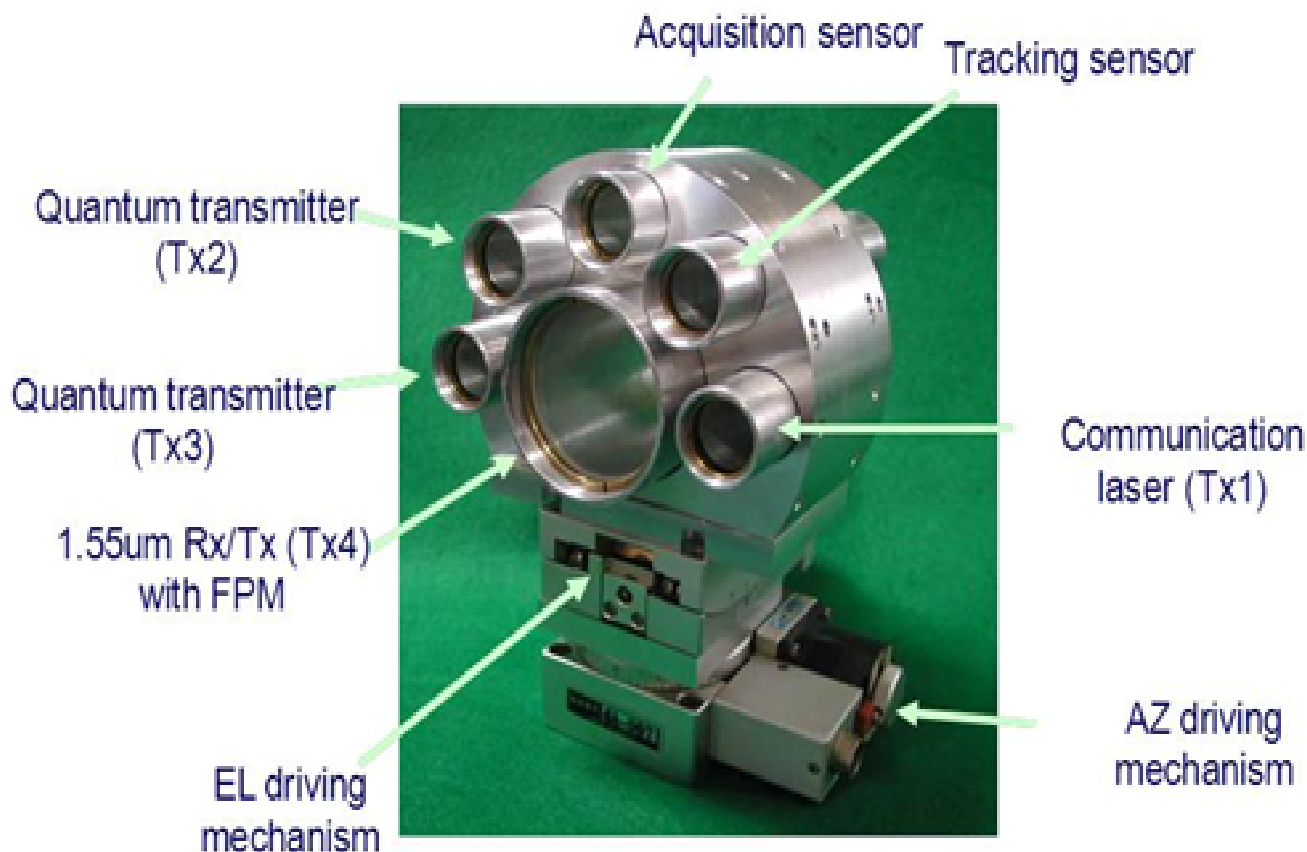


図1 SOTAのBread Board Model (BBM) 光学部。

(FPMはFine Pointing Mechanism, ELはElevation, AZはAzimuthを表す)

表1 SOTA BBMの主な仕様

Mass	5.3 kg(including both the optical part and the electric part)
Power	22.8 Watt
Gimbal angular range	Az: >±10deg, El: >±10deg
Link range	1000km
Wavelength	TX 1: 975nm TX 2 & 3 : 800nm-band TX 4 : 1550nm RX: 1064nm
Data Rate	10Mbps

よって光学部は、六つの開口を有しています。SOTA BBMの主な仕様を表1に示します。小型の衛星に搭載するため、質量および電力を抑え、その一方で、従来の小型衛星が有する通信速度と比べて高速なデータ伝送を提供できる仕様としています。

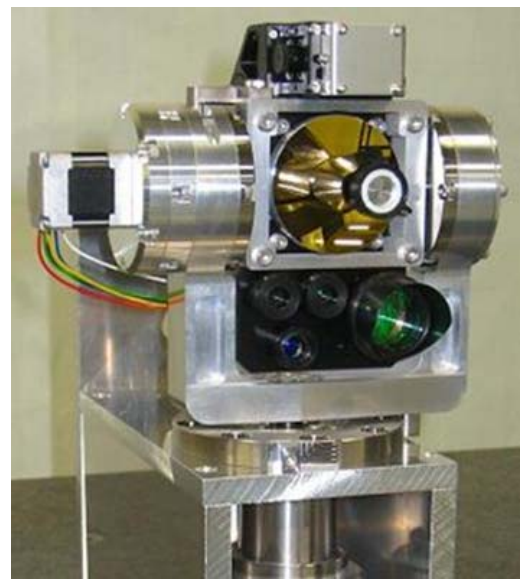


図2 SOTAのEngineering Model (EM) 光学部

図2はSOTAのEngineering Model (EM)の光学部です。Azimuth軸とElevation軸による二軸ジンバル機構を備え、駆動範囲がBBMと比べて大幅に広がりました。また図3には、もう一段階検討が進んだSOTAのProto-flight Model (PFM)を示します。同図(a)は光学部、同図(b)は電気回路部です。表2には、SOTA-PFMの主な仕様を示します。光学部を構成する各開口は、より詳細な回線検討の結果、それぞれの機能に適切な大きさに変更されました。特に中央に見える大きな開口のTx4は、BBMおよびEMで採用していた透過型光学系から、反射型光学系へ変更しました。この内部光学系には、SOTAが受けた光の到来方向を高精度に検出し追尾する精追尾機構が組み込まれています。また、これまでのデザインでは捕捉と追尾を行うための光検出器をそれぞれ備えていましたが、一つの光検出器で捕捉追尾が実現できるようになり、開口の数は五つに減っています。

図4には、衛星と地上との間で行う通信実験について、その開始に伴う捕捉追尾の手順を示しています。現在の想定では、衛星および光地上局はそれぞれ、時刻や軌道情報に基づき、通信相手をオープンポイントングして初期捕捉の作業を始めます。衛星側は、光地上局方向へSOTAの光学部開口を向けると共に、レーザー光を照射します。

図3はSOTAのProto-flight Model (PFM)を示します。同図(a)は光学部、同図(b)は電気回路部です。表2には、SOTA-PFMの主な仕様を示します。光学部を構成する各開口は、より詳細な回線検討の結果、それぞれの機能に適切な大きさに変更されました。特に中央に見える大きな開口



(a)



(b)

図3 SOTA Proto-flight Model (PFM). (a)光学部および(b)電気回路部。

表2 SOTA PFMの主な仕様

Mass	6.2 kg (including both the optical part and the electric part)			
Power	Tx1	Tx1+Rx	Tx2,3,4	Tx2,3,4+Rx
	28.1W	39.5W	32.5W	37.3W
Gimbal angular range	Az: $\geq \pm 50\text{deg}$, El: $-22\text{deg} \sim +78\text{deg}$			
Link range	1000km			
Wavelength	Tx1: 976nm			
	Tx2 and Tx3 : 800nm-band			
	Tx4 : 1550nm			
Data Rate	Rx: 1064nm			
	Acquisition/Tracking: 1064nm and 1550nm			
Data Rate	1Mbps or 10Mbps (selectable)			

光地上局は衛星へのオープンポインティングを続け、望遠鏡の仰角が周囲の樹木や建物など光地上局の設置環境が制限する角度を超えた後にビーコン光を照射します。衛星側は、地上局からのビーコン光を検出すると、光の到来方向に基づきレーザー光の射出方向を調整します。光学部全体の指向方向の調整は二軸のジンバル機構を駆動し、Tx4の内部では精追尾機構による高精度な追尾が行われます。その結果、衛星と地上局の両方が、互いが照射した光を追尾できるようになります。文献[2]には計画する光通信実験の項目が紹介されています。これらは、図4に示す捕捉追尾が完了した後に実行されることとなります。■

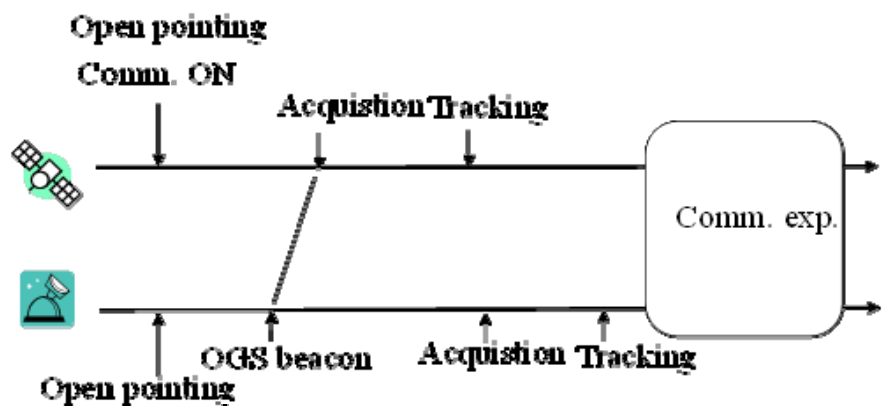


図4 捕捉追尾の手順

- [1] Yoshihisa Takayama, Morio Toyoshima, Yoshisada Koyama, Hideki Takenaka, Maki Akioka, Koichi Shiratama, Ichiro Mase, Osamu Kawamoto, "Current development status of Small Optical Transponder (SOTA) for satellite-ground laser communications", Proc. SPIE 8246, 824607, 2012.
- [2] Hideki Takenaka, Morio Toyoshima, Yoshihisa Takayama, Yoshisada Koyama, Maki Akioka, "Experiment plan for a small optical transponder onboard a 50 kg-class small satellite", Proc. IEEE ICSOS 2011, pp. 113-116, 2011.