

# ELMOS Constellation

## —GPS 掩蔽・電子温度・電子密度同時観測衛星群が拓く多分野横断的観測—

児玉 哲哉（宇宙航空研究開発機構）

The ELMOS Small Satellite Constellation

Tetsuya Kodama (JAXA)

Key Words: ELMOS Constellation, GPS Occultation, Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling

### Abstract

The ELMOS satellite constellation is composed by one small satellite and 4-5 microsattellites. The ELMOS main satellite is a typical aeronomy satellite, however, GPS occultation receiver, impedance probe and electron temperature probe are equipped for all the satellites. Its mission objectives are improvement of weather forecast accuracy, scientific research from the ionosphere to the lithosphere and engineering applications of space environment monitor and space weather.

### 1. はじめに

2006年に宇宙理学委員会に提案した地球電磁環境モニター衛星：ELMOSは単一衛星の提案であったが、JAXAが実施中のアジア太平洋地域のための衛星計画：STAR計画に対し、2009年にGPS掩蔽・電子密度・電子温度同時観測を実施するマイクロ衛星：SeismoSTARを提案し、STAR計画室の初期検討結果として50kg級衛星でフィージビリティを確認した。同年11月に開催された国際標準電離層ワークショップでSeismoSTAR構想を発表し、国際標準電離層タスクグループよりサポート・レターを獲得した<sup>1)</sup>。

そこでELMOS衛星群は小型科学衛星バスの主衛星と4~5機の子衛星で構成され、全ての衛星にGPS掩蔽受信機・電子密度・電子温度プローブを搭載する予定である（図1）。

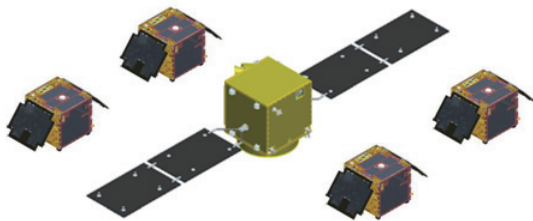


図1 ELMOS衛星群の構成例

平成16年9月9日、第39回総合科学技術会議で決定された「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」においても、気候変動メカニズムの解明と予測、気候変動影響の検知と予測、災害の予知・予測など実社会に役立つデータを科学的知見を活用して引き出し、その提供を推進することが明記されており、ELMOS衛星群はその一つの解答となり得るものである。

### 2. 目的

ELMOS衛星群の目的は、(1)実利用：高精度かつシンプルでキャリブレーションフリーの観測手法であるGPS掩蔽観測技術の確立及び気象予測精度の向上、(2)科学研究：電離圏・中間圏・大気圏・地圏及び海洋の多分野横断的研究、(3)工学利用：宇宙環境・宇宙天気分野への貢献である。

GPS掩蔽観測データは、全球モデルの予報を大幅に改善することが実証されており、気象庁はGPS掩蔽観測結果を気象庁全球数値予報に同化する開発を進めている<sup>2,3)</sup>。ELMOS衛星群が提供する本データは、気象予測精度改善への利用が期待されるとともに、シンプルでキャリブレーション・フリーのGPS掩蔽観測により、低コストで長期間にわたって安定的に地球環境のモニタリングを実現する<sup>4)</sup>。

特にGPS掩蔽と電子密度・温度の同時観測は、電子密度の正確な鉛直分布を知る上で必要不可欠であり、大気圏情報と電離圏情報を分離する観点でも同時測定は必須である。そして、我が国のユニークな電子密度・電子温度プローブよってもたらされる高精度の電離圏情報は、国際標準電離層モデルへの貢献が期待されており、地圏—大気圏—電離圏結合の研究に大きな進展をもたらすものと考えている<sup>5,6)</sup>。

また工学的には、低軌道の宇宙環境を継続的にモニターすることにより、宇宙環境モデルを適時アップデートし、将来の衛星設計に反映させるとともに、宇宙天気予報への利用が期待できる。

表1にELMOS主衛星ミッション機器一覧（案）を示す。子衛星にはGPS掩蔽受信機、電子密度プローブ及び電子温度プローブが搭載される。

表 1 ELMOS 主衛星ミッション機器一覧 (案)

GPS receiver	大気圏・電離圏の掩蔽観測
Impedance probe	電子密度測定
Temperature probe	電子温度測定
VLF receiver	VLF 帯電磁波測定
Electric Probes	三成分電場測定
CCD camera	大気光・雷等の光学観測
Particle detector	エネルギー粒子測定
Topside sounder	電離圏トップサイド測定
Mass analyzer	イオン・中性大気分析
Plasma drift meter	プラズマドリフト方向測定
Magnetometer	三成分磁場測定
TEDA	技術データ取得装置

\* 子衛星は GPS 受信機・電子温度・電子密度プローブを搭載

小型科学衛星バスによる地球観測ミッションの実施は、低コストで打上げ機会を増やすという点で、小型地球観測衛星のみならず、小型科学衛星シリーズ及びロケット全分野における信頼性向上と、量産効果によるコストの低減、そして研究開発衛星から現業衛星へ繋げるといふ「よい循環」が期待できる。そしてもう一つの意義は、衛星開発のハードルが下がることで、これまで実施しにくかった革新的・先鋭的ミッションを実施できる可能性が高まるということである。

平成 22 年 5 月 25 日に開催された宇宙開発戦略本部会合（第 4 回）で審議された「宇宙分野における重点施策について」においても(1)小型衛星・小型ロケットによる新たな市場の開拓、(2)衛星・センサーのシリーズ化の推進、(3)リアルタイムの地球観測衛星網の構築等が謳われており、本提案はこれら施策に貢献することが可能である。

### 3. ELMOS の目指すもの

世界初の GPS 掩蔽・電子密度・電子温度同時観測衛星群による電離圏・中間圏・大気圏・地圏及び海洋にわたる領域の気象利用から大気圏・電離圏科学研究及び宇宙天気・宇宙環境の工学的利用を可能とする多分野横断的観測を実現する。

特に GPS 掩蔽観測がもたらす気象予報精度改善という実利用分野への貢献が約束された課題解決力の高い衛星提案であるばかりか、電離圏科学、超高層物理、大気科学、大気電気学、地震電磁気学及び海洋学等における多分野横断的・学際的研究の進展が期待でき、宇宙環境・通信・測位等の工学的利用価値も高い。

戦略的には低価格の小型衛星を主衛星にすることにより宇宙実証機会の増加、地球観測ミッションの継続性確保、超小型衛星の打上げ機会提供及び H-IIA ロケット打上げ機会の増加により、信頼性の向上と低コスト化を両立させつつ、我が国の宇宙産業の裾野の拡大と強化を実現することが可能となる。(Start Small, Finish Big)

そして我が国は世界的にも地震・火山活動が活発であり、地震予知は国として世界に率先して取り組むべき重要な責務といえる<sup>7)</sup>。その前にはまず、地震前電離圏変動が信頼できる前駆現象として立証されなければならない。必要なデータは、電離圏から大気圏までの領域の科学研究・工学的利用にとって大きな価値を有している。観測に必要な機器は、いずれも我が国の宇宙科学衛星で実績のある高精度・シンプルかつ安価な装置であり、その整備は技術的にも経済的にも十分可能である。

我が国の地球観測の基幹観測システムとして整備するに相応しい能力と発展性を有し、地震前電離圏擾乱の立証という地球科学の新たな知見を拓くため、オール JAXA・オール Japan 体制により、我が国の宇宙開発の未来を拓く小型衛星群:ELMOS コンステレーションの早期実現を目指す。

### 参考文献

- 1) The IRI Task group, Letter of Support for SeismoSTAR, Nov. 29, 2009.
- 2) 津田他：精密衛星測位による地球環境監視技術の開発、平成 14-16 年科学技術振興調整費 先導的研究等の推進
- 3) 小澤他：GPS 掩蔽観測の気象庁全球数値予報モデルへの同化の試み、地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会講演集
- 4) 日本学術会議地球電磁気学研究連絡委員会：21 世紀の地球電磁気学、平成 17 年 5 月 19 日
- 5) Liu, J. Y., et al., Seismoionospheric GPS total electron content anomalies observed before the 12 May 2008  $M_w$ 7.9 Wenchuan earthquake, *J. Geophys. Res.*, 114, A04320, doi:10.1029/2008JA013698
- 6) Oyama, K.-I., Y. Kakinami, J.-Y. Liu, M. Kamogawa, and T. Kodama, Reduction of electron temperature in low-latitude ionosphere at 600 km before and after large earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 113, A11317, doi:10.1029/2008JA013367
- 7) 上田：地震予知研究の歴史と現状、学士会会報 No.865, 2007