

編隊飛行衛星による磁気圏探査計画 SCOPE/Cross Scale

齋藤 義文 [1]; 津田 雄一 [1]; 藤本 正樹 [2]; 前澤 洸 [3]; 小嶋 浩嗣 [4]; 篠原 育 [5]; 高島 健 [6]; 松岡 彩子 [7]; 笠羽 康正 [8]
[1] 宇宙研; [2] 宇宙機構・科学本部; [3] JAXA 宇宙研; [4] 京大・RISH; [5] 宇宙機構 / 宇宙研; [6] 宇宙研; [7] 宇宙研; [8] 宇宙機構/宇宙研

Future formation-flying magnetospheric satellite mission SCOPE / Cross-Scale

Yoshifumi Saito[1]; Yuichi Tsuda[1]; Masaki Fujimoto[2]; Kiyoshi Maezawa[3]; Hirotsugu Kojima[4]; Iku Shinohara[5]; Takeshi Takashima[6]; Ayako Matsuoka[7]; Yasumasa Kasaba[8]
[1] ISAS; [2] ISAS, JAXA; [3] ISAS/JAXA; [4] RISH, Kyoto Univ.; [5] JAXA/ISAS; [6] ISAS/JAXA; [7] JAXA/ISAS; [8] JAXA/ISAS

A formation flight satellite mission "SCOPE" has been studied aiming at launching in 2015. "SCOPE" stands for "cross Scale COUpling in the Plasma universE". The main purpose of this mission is to investigate the dynamic behaviors of plasmas in the Terrestrial magnetosphere that range over various time and spatial scales. The SCOPE mission is designed such that observational studies from the new perspective, that is, the cross-scale coupling viewpoint, are enabled. The orbit is so designed that the spacecraft will visit most of the key regions in the magnetosphere, that is, the bow shock, the magnetospheric boundary, the inner-magnetosphere, and the near-Earth magnetotail. The key issues are (1) need for high-time resolution electron measurements and quantitative wave field measurements at electron scales, (2) need for full coverage over the energy range of interests with mass spectroscopy, (3) the powerfulness of the formation flying observations, and (4) need to resolve more than one-scale at a time. The basic idea of the SCOPE mission is to distinguish temporal and spatial variations of physical processes by putting five formation flight spacecraft into the key regions of the Earth's magnetosphere. The formation consists of one large mother satellite and four small daughter satellites. Three of the four daughter satellites surround the mother satellite 3-dimensionally maintaining the mutual distance that ranges between 5km and 5000km (variable). The fourth daughter satellite stays near the mother satellite with the distance between 5km and 100km. By this configuration, we can obtain both the macro-scale and micro-scale information about the plasma disturbances at the same time. The daughter satellite that stays within 100km mainly observes magnetic field, electric field and plasma waves. It has the spin axis parallel to the ecliptic plane. Together with the electric field measurements by mother satellite that has the spin axis perpendicular to the ecliptic plane, accurate three-component measurement of the electric field is realized. Highly resource-demanding high-time-resolution measurements are realized by concentrating available resources to the mother satellite. It is essential for the daughter satellites to be as small, and as light-weight as possible while maintaining the high performance.

So far the SCOPE mission has been considered as an independent JAXA mission. However, the more formation flight satellites we have, the more scientific results we can expect. Recently, esa is considering the "Cross-Scale" mission with more than ten identical formation flight satellites whose scientific target is quite similar to that of the SCOPE mission. The expected launch period of Cross-Scale and SCOPE is nearly the same. Since it is clear that the joint SCOPE - Cross-Scale mission has quite a number of merits for both JAXA and esa sides, we are going to proceed with the negotiations for the international collaboration between SCOPE and Cross-Scale in the future.

ここ数年、約10年後すなわち2015年頃の打ち上げを目指して磁気圏観測衛星「SCOPE」の検討を行って来た。SCOPEはcross-Scale COUpling in the Plasma universEの略で、地球磁気圏において様々な空間的・時間的スケールで発生する現象を明らかにすることを目的としている。GEOTAIL衛星のデータ解析研究がリードした最新の研究成果から、磁気圏・宇宙プラズマにおける大規模でダイナミックな現象の本質的理解の為には、その現象全体を規定するMHDスケールのダイナミクスと、より微小なイオン・電子スケールとのダイナミックな結合・相互作用を理解しなければならないことが明確となった。この「スケール間結合」という視点に立った「その場」での観測的研究を遂行するには、(1) 衝撃波、境界層渦乱流領域、磁気リコネクション領域、といった「鍵」となる領域を観測すること、(2) 編隊を組んだ衛星群によって空間構造把握を行うこと、(3) 電子スケールに至る高時間空間分解能を持ってプラズマ観測を行うことが必須である。SCOPEミッションの基本的構想は、地球磁気圏のキーとなる領域へ編隊を組んだ5機の衛星を投入し、高い分解能で「時間・空間」を分離することで、(1)-(3)の全てを実現しようとするものである。SCOPE衛星計画における5機の衛星は、1機の大型親衛星と、4機の小型子衛星で構成される。高空間分解能観測は、親衛星と周囲に置く子衛星によって実現する。3つの子衛星を親衛星の周り5km-5000km(距離可変)に3次元的に配置し、残りの1つの子衛星は親衛星の近傍5km-100kmの位置に配置する。このように親衛星、子衛星を配置することにより、親衛星周辺空間のマクロスケール・ミクロスケールの情報を同時に得ることができる。100km以内に配置する子衛星は、黄道面に並行なスピン軸を持ち主に磁場、電場、プラズマ波動の計測を行うが、黄道面に垂直なスピン軸を持った親衛星における電場観測と併せて正確な電場の3成分観測を実現することができる。重量、電力などのリソースが要求される、従来の約1000倍もの時間分解能を持つ電子の高時間分解能観測や、プラズマ粒子の低エネルギーから高エネルギーに至るまでの全エネルギー範囲をカバーする観測は親衛星に資源を集中することで実現する。

SCOPE計画の検討・開発は、宇宙科学研究本部の戦略的開発研究費を用いて平成15年度から行っている。これまでのところSCOPE衛星計画を実現する上で特に重要となる、通信系(親-子衛星間通信等)、軌道系(編隊維持、位置姿

勢決定等)、構造系(子衛星分離機構、スピン軸アンテナ等)の検討を並行して進めて来た。通信系に関しては、通信回線、アンテナ構成、親子間通信シーケンスの詳細などについての具体的な通信機器の構成を含めた検討結果に基づいて SCOPE 親-子衛星間通信機器のブレッドボードモデルの製作を実施した。またプラズマ波動の3成分観測に必須となるスピン軸方向伸展アンテナの開発を進め、これまでに航空機による無重力伸展実験を実施、無重力下でのアンテナ伸展の実証に成功した。更に、電子の高時間分解能観測装置の実現に必要な宇宙用 ASIC の設計を行っている。

上で述べたように、これまでは SCOPE 衛星計画を JAXA 単独の衛星計画として検討してきた。しかしながら SCOPE の目的とするスケール間結合という視点に立ったその場での観測的研究は、海外との協力によって衛星の数を増やすことができれば、単独の衛星計画で得られるよりはるかに多くの成果が期待できる。近年 ESA は十数個の小型衛星を磁気圏空間に配置してスケール間結合に迫ろうとする Cross Scale 計画の検討を始めている。検討されている打ち上げ時期は SCOPE と同時期であり、SCOPE 計画と Cross Scale 計画との国際共同プロジェクト化を視野に入れることが可能となっている。共同化のメリットは以下に示すように日本側、ESA 側双方にある。

日本側: (1) SCOPE の親-子機距離可変範囲を電子スケールに限定 (~100km) できる、(2) SCOPE の子機数を3機に減らすことができる、(3) より充実したイオン・MHD スケールでの観測データを入手できる。

ESA 側: (4) 製作する衛星の数と種類を減らすことができる、(5) ESA 単独では実現不可能な親機の世界最高観測データが入手できる。

以上のように SCOPE - Cross Scale 共同化のメリットは多いため、今後は SCOPE としての開発・検討を継続する一方で Cross Scale との国際共同化を目指した調整を進めその実現を目指すことにしたい。