



研究課題名 X線で挑む地球磁気圏のグローバル撮像

東京都立大学・理学研究科・准教授

えぞえ ゆういちろう  
江副 祐一郎

研究課題番号： 21H04972

研究者番号： 90462663

研究期間： 令和3年度～令和6年度

研究経費（期間全体の直接経費）： 308,300千円

キーワード： X線、地球磁気圏

【研究の背景・目的】

地球周辺には、太陽風と地球磁場の相互作用の結果、高度 1000 km 以上から数万 km にわたって広がる地球磁気圏が形成されている。太陽風の変動に伴って時々刻々変化するダイナミックな系であり、その理解は地球惑星科学の最重要テーマの一つである。同時に天文学や宇宙天気といった多くの分野への波及効果も持つ。観測の主流となっているのが、衛星による「その場」のプラズマ観測であり、地上観測やシミュレーション研究と照らし合わせることでその理解が進んできた。しかし、この方法では広大な磁気圏を点で繋ぐため、衝撃波面や磁気圏界面といった大局的構造の把握や、太陽風に対する過渡的応答といった主要な課題は点観測を補間して議論する必要がある。

一方で近年、X線天文衛星「すざく」などの観測において、地球磁気圏起因と考えられる軟X線放射が発見されてきた。太陽風に含まれる酸素や炭素などのイオンが10地球半径以上に広がる地球の超高層大気である外圏の主に水素原子と衝突して電子を奪う電荷交換反応(Charge eXchange, CX)に伴う発光である。我々は「すざく」衛星のデータ解析を進める中で、衝撃波通過後の太陽風プラズマは衝撃波面と磁気圏境界面の間で密度を増すことから、X線によって昼側磁気圏境界面を可視化できることに気が付いた。しかし、X線天文衛星による観測は遠方天体を主な対象とするため、放射源である磁気圏内からの狭い視野の観測であり、未実証である。そこで我々は地球磁気圏X線撮像を実現する衛星計画 GEO-X を推進する。

【研究の方法】

本研究は GEO-X 衛星を開発し、大型ロケットの相乗りで打ち上げて観測成果を創出することを目的とする。目標達成のために、磁気圏外の 40-60 R<sub>E</sub>(地球半径)の高度に到達できる高推力の推進系付き 50 kg 級

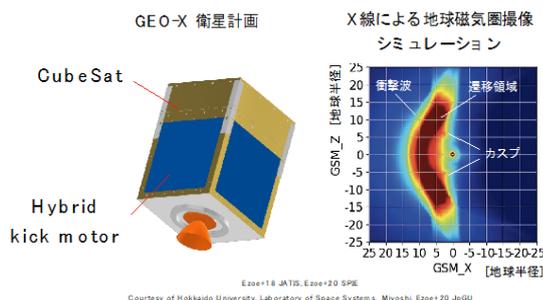


図1 GEO-X衛星の模式図とCXの予想強度分布。

超小型衛星とそこに搭載する超軽量X線撮像分光装置(約10kg、10W)を開発する。図1に概略を示す。

衛星(約20kg)は汎用性が高く部品の入手性の良いCubeSat規格に則ったものとし、下部に推進系であるハイブリッドキックモーター(約30kg)を取り付け、全体として相乗り衛星の規格基準である50cm立方以内を満たすものとする。キックモーターは高い軌道変換能力を有し、静止トランスファ軌道等の相乗りから目標高度まで衛星を上昇させるために必要となる。

観測装置は軟X線(0.3-2 keV)に高い感度を持ち、広視野(5°角以上、5 R<sub>E</sub>角 at 60 R<sub>E</sub>)で中程度(10分角以下、0.2 R<sub>E</sub>)の角度分解能を必要とする。これらの要求を超小型衛星の限られたリソースで満たすため、我々は独自の観測装置を開発する。望遠鏡には日本独自かつ世界最軽量のMEMS(マイクロマシン)方式を採用し、検出器には読み出しが速く高撮像分光力を兼ね備えたCMOSを用いる。さらに地球からの可視光を防護するためAl付きポリイミドの極薄フィルムを開発して必要な耐性を確保する。

【期待される成果と意義】

本研究では過去に実現されたことのないX線による磁気圏撮像という革新的なアプローチで、磁気圏を局所的な点観測から構造全体を瞬時に把握する面観測へと質的に異なる転換を実現することで磁気圏研究に大きなブレークスルーをもたらす。太陽活動の上昇が予想される第25太陽活動極大期に打ち上げを予定しており、十分な期待値で観測が実現できる。

さらに本研究グループではGEO-Xで確立した観測技術を今後さらに大型化し観測の高感度化を進め、他の惑星探査にも応用するというビジョンを持っており、新しい「太陽系X線天文学」分野の創成を目指す。同時に大型推進系を持った超小型衛星は、自在な惑星・小惑星等の探査を可能にするという意義を持つ。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Y. Ezoe et al., "Ultralightweight x-ray telescope missions: ORBIS and GEO-X", J. Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, 4, 046001 (2018).
- ・ D. Sibeck, Y. Ezoe, et al., "Imaging Plasma Density Structures in the Soft X-Rays Generated by Solar Wind Charge Exchange with Neutrals", Space Science Review, 214, 79 (2018).

【ホームページ等】

ホームページ：公開準備中