

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 11 日現在

機関番号：82645

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22740327

研究課題名（和文）次世代の粒子加速研究を支える中間エネルギーイオン分析器の開発

研究課題名（英文）Development of a medium-energy ion analyser for next-generation studies on the particle acceleration

研究代表者

笠原 慧 (KASAHARA SATOSHI)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・助教

研究者番号：00550500

研究成果の概要（和文）：人工衛星による粒子の直接観測は、宇宙における粒子加速機構の解明に不可欠である。本課題ではこれまで技術的に困難であった中間エネルギーイオン観測実現に向け、キーテクノロジーのひとつである質量分析器の開発を行った。数値シミュレーションを行って構造を決定し、それに基づいて製作した分析の性能を、実験室で確かめる事ができた。

研究成果の概要（英文）：In-situ observations of particles is essential for understanding particle acceleration mechanisms in space. In order to establish the measurement technique of medium-energy ions, here we developed a mass analysis unit, which is one of key technologies to overcome previous difficulties. We improved the design of the instrument thought radiation background simulation. Then we fabricated the instrument and confirmed its performance via laboratory tests.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：宇宙プラズマ物理，磁気圏物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：宇宙プラズマ，粒子計測，中間エネルギーイオン，放射線帯探査

1. 研究開始当初の背景

地球・惑星磁気圏プラズマの起源には太陽風、電離圏、そして月(衛星)表層などがあり、その初期エネルギーは eV-keV のレンジである。ところが実際の磁気圏では、よりエネルギーの高い、数 10 keV から MeV にも及ぶ粒子が観測される。それらの荷電粒子はどのような加速プロセスを経たのであろうか？また、磁気圏でエネルギーを獲得した粒子は、逆に惑星・月の大気や表面にどのような効果をもたらすのだろうか？これらの問題意識を背

景として、磁気圏プラズマ分野では放射線帯や衝撃波、磁気リコネクション領域の探査、そして外惑星磁気圏探査などが計画されていた。これらの探査においては、0.1eV-数 100MeV のエネルギーレンジを網羅する粒子計測が必要であるが、そのなかで中間エネルギープラズマ粒子(10-200 keV)の計測技術は世界的に未熟であり、これまで十分な観測結果が得られていなかった。

2. 研究の目的

上記の探査計画のうち、とりわけ放射線帯観測に向けては、観測器の開発が緊急の課題である。というのも、次期太陽極大期(2013年頃)及びその直後数年間には、放射線帯で多くのダイナミックな変動が見られるからである。この絶好のタイミングにおいて申請者は、これまで自らが培ってきた計測技術をもとに、放射線帯において初めての三次元速度分布関数取得を可能にする中間エネルギーイオン観測を実現し、高エネルギー電子へのエネルギー輸送の仕組みを明らかにしようと考えている。また、上述のように中間エネルギー粒子観測の重要性は放射線帯探査に限らず磁気圏プラズマ研究一般に広くあてはまるため、本研究で衛星搭載可能な中間エネルギーイオン分析器の成立性を実証する事は、今後の様々な地球・惑星磁気圏探査計画を進める上でも強力な足がかりとなる。重要性が示唆されながらも未だに詳細な観測データの得られていない中間エネルギーイオンを計測し、粒子加速や惑星システムへの影響に関して他では得られない新たな知見を得ようとする点が本研究の特長であり、探査計画の検討段階からコミュニティの強い期待を背負っている。

3. 研究の方法

平成 22, 23 年度の二年間で、中間エネルギーイオン分析器の衛星搭載テストモデルを設計・製作・試験した。分析器の基礎的な設計パラメータには、申請者の過去の基礎研究結果に基づいた値を用いた。それに加えて本研究では、GEANT4 コードを用いた詳細な数値シミュレーションにより放射線帯背景雑音を定量評価し、十分な雑音除去性能を確保できるよう、シールド等を含めた全体の設計を行った。製作後は、JAXA/宇宙科学研究本部のイオンビームライン施設、および東京大学のイオンビームライン(図 1)を利用し、様々なイオン種を入射させ、分析器の性能を試験した。



図 1 : 東京大学に設置されたビームライン。

4. 研究成果

(1) GEANT4 シミュレーションにより、放射線帯バックグラウンドを定量的に評価する事ができた(図 2)。その上で分析器の構造を改良し、信号雑音比を一桁向上させる事に成功した(図 3a, b)。

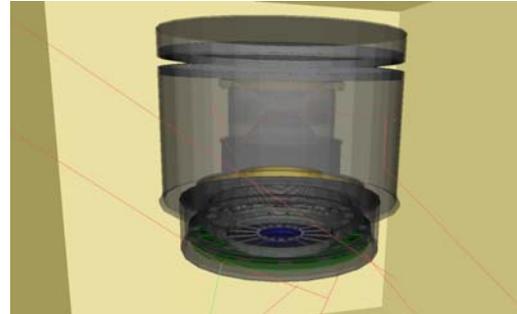


図 2 : 放射線シミュレーションの例。

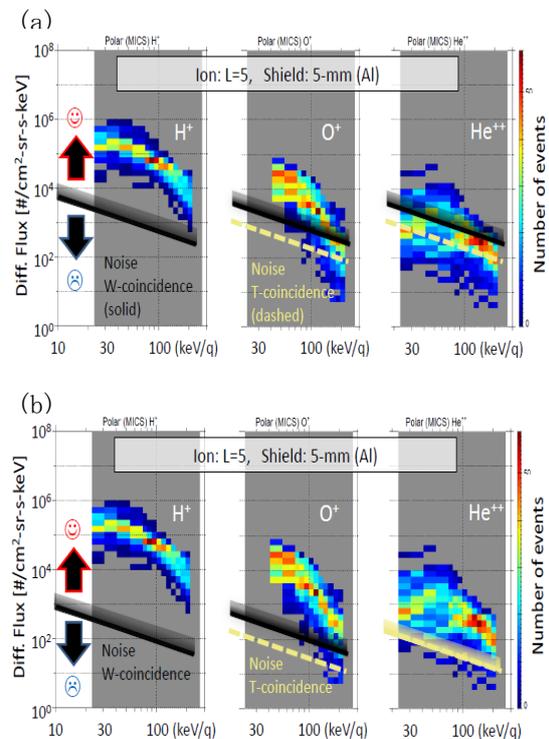
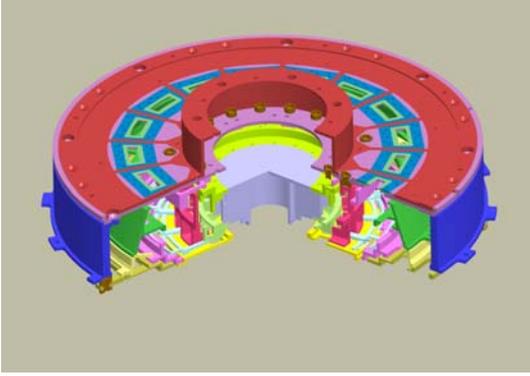


図 3 : 計測対象のフラックス(カラーで表示)とノイズレベル(黒線)の比較。分析器設計改良前(a)と後(b)とでノイズレベルが一桁下がっている。

(2) 上記の設計に基づきイオン分析器を製作し(図 4a)、実験室において質量分解能を評価した(図 4b)。その結果、図 5 に示したように TOF(time-of-flight)計測で主要なイオンをよく弁別できている事が確認できた。

(a)



(b)



図4: (a) 製作したイオン分析器の3次元図と, (b) 分析器を性能試験のために真空チャンパー内に設置した様子.

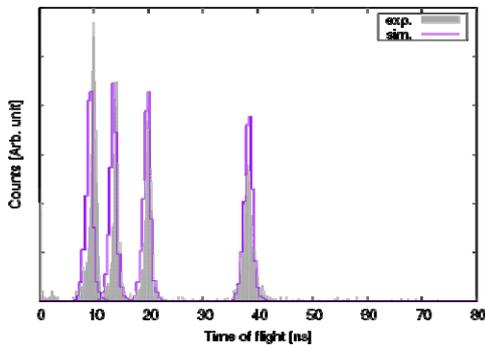


図5: 質量分析試験の結果. 横軸の Time-of-flight がイオン種に対応しており, H^+ , He^{++} , He^+ , N^+ がよく分離できている事がわかる. 灰色の影で示したのが実験結果, 紫の線で示したのが数値シミュレーションの結果であり, これらがよく一致している事もわかる.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文、査読有り〕(計 1件)

Yuichiro Ezo, Tomoki Kimura, Satoshi

Kasahara, Yoshizumi Miyoshi, Atsushi

Yamazaki, Takaya Ohashi, Kazuhisa Mitsuda, Masaki Fujimoto, "X-ray observations of Jupiter and beyond", proceeding of International Symposium on Planetary Science 2011, in press.

〔学会発表〕(計 7件)

1. 笠原慧, 江副祐一郎, 木村智樹, 三好由純, 山崎敦, "Background and dose estimation for future X-ray observations in the Jovian magnetosphere", SGPSS 秋講演会, ポスター発表, 神戸, 2011年11月4日
2. 笠原慧, "磁気圏プラズマを通して見る20年後の宇宙・惑星探査", 宇宙科学シンポジウム, 口頭発表(招待講演), 相模原, 2011年1月5日
3. 笠原慧, 浅村和史, 高島健, 平原聖文, "ポストあけぼの世代の荷電粒子計測技術開発", あけぼの22周年記念シンポジウム, 口頭発表(招待講演), 東京, 2010年11月24日
4. 笠原慧, "Innovative advances in plasma particle measurements for our forthcoming magnetospheric missions", GCOE フロンティアセミナー, 口頭発表, 仙台, 2010年10月6日
5. 笠原慧, 浅村和史, 高島健, 平原聖文, "背景雑音除去性能向上のための中間エネルギーイオン質量分析器の改良", SGPSS 秋講演会, 口頭発表, 沖縄, 2010年10月31日
6. Kasahara, S. and K. Asamura, "Monte Carlo Simulation on Background Noise for ERG/MEP-e", Taiwan-Japan Space Instrument Workshop, oral., Taiwan, 9th, September, 2010.
7. 笠原慧, 浅村和史, 高島健, "モンテカルロシミュレーションによる ERG/MEP-e の背景雑音評価", 地球惑星科学連合 2010年大会, ポスター発表, 幕張, 2010年5月24日

〔その他〕

ホームページ等

放射線帯探査ミッションと観測器開発の紹介サイト：

<http://sprg.isas.jaxa.jp/researchTeam/spacePlasma/mission/ERG/ERG.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠原 慧 (KASAHARA SATOSHI)

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所 助教

研究者番号：00550500

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：