

2022 年 10 月 26 日

2022 年度 ISEE Award (宇宙地球環境研究所賞)

**受賞者:** 笠原 慧 (東京大学大学院理学系研究科・准教授)

**受賞理由:** 宇宙空間における電子散乱と脈動オーロラの実証等による宇宙地球環境研究への顕著な貢献

2016 年 12 月に打ち上げられたジオスペース探査衛星 ERG(あらせ)は、ジオスペース、放射線帯の観測を実施し、多くの科学成果をあげている。このあらせ衛星には、9つの観測機器・機能が搭載されているが、笠原氏は、中間エネルギー電子観測器(MEP-e)、中間エネルギーイオン観測器(MEP-i)の設計・開発を行い、放射線帯の強放射線環境における数十 keV 電子、イオンの分布関数観測を実現した。(Kasahara et al., 2018a, Yokota, Kasahara et al., 2018)。笠原氏は、この MEP-e、あらせ衛星搭載のプラズマ波動観測器(PWE)、磁場観測器(MGF)および地上のオーロラ観測データを組み合わせて、世界で初めてプラズマ波動(ホイッスラーモード・コーラス)によってジオスペースの電子がロスコーンにピッチ角散乱され、脈動オーロラの発光を引き起こしていることの観測に成功し、Nature 誌に報告している(Kasahara et al., 2018b)。このピッチ角散乱の過程は、50 年以上前から理論的に予見されていたが、ジオスペースにおけるロスコーンのサイズが極めて小さいため、これまで直接観測を通して実証することはできなかった。笠原氏が開発した MEP-e は、従来の科学衛星搭載の粒子観測器に比べて優れた角度分解能を有しているため、史上初めてロスコーン内部の電子変動の観測に成功した。この結果は、極めて大きなインパクトを持つものであり、笠原氏の論文はすでに 100 回以上引用されるとともに、世界中で広く報道されている。さらに、2018 年において宇宙科学分野で唯一の Nature Editor's Choice に選出されるなど、大きな注目を集めた。笠原氏は、さらにこの MEP-e の機能を最大限に活かして、磁気圏でのコーラス波動による散乱の統計的な研究を進め、強散乱(strong diffusion)と呼ばれるプラズマ波動による電子のロスコーンへの散乱の理論上限に達するのは、真夜中から明け方の磁気赤道面付近に限定されていることを見出している(Kasahara et al., 2019)。

笠原氏が開発した MEP-e 及び MEP-i の観測が、その後のジオスペース研究の進展に及ぼした影響はきわめて大きく、上記の Nature 誌をはじめ、Nature Communications 誌などに出版された 45 編以上の学術論文成果につながっている。特にコーラス波動による非線形波動粒子相互作用による電子加速過程の実証(Kurita et al., 2018, Saito et al., 2021)や、磁気嵐中のプラズマシートのイオン組成の変化の発見(Kistler et al., 2019)など、MEP-e、MEP-i の観測によってジオスペースに関する新たな知見が多く報告されている。

笠原氏の一連の成果は、宇宙地球環境研究所(ISEE)の一般共同利用・研究の一環として実

施されたものである。さらにこの MEP-e の開発にあたっては、ISEE の平原教授によって設置・運用されている設備を用いて較正が行われ、ISEE との共同研究がその性能向上に大きな役割を果たした。また、本研究では、あらせ衛星搭載の MEP-e、PWE、MGF の複数観測機器のデータ、さらに地上光学観測のデータを組み合わせることで、電子とプラズマ波動の対応関係、オーロラ発光との対応関係を特定しているが、これらのデータ解析においては ISEE に設置された ERG サイエンスセンターによって整備・公開された「あらせ」衛星のデータ及び統合解析ツールが大きな役割を果たしている。なお、ERG サイエンスセンターは ISEE と JAXA 宇宙科学研究所との協力で運営され、現在は太陽圏サイエンスセンターとして発展している。

さらに笠原氏は、ISEE 共同研究集会を主催し、「あらせ」衛星による粒子観測機器の観測結果に関するワークショップを推進してきた。この研究集会での持続的な議論や上記のツールを用いた解析ワークショップは、本研究の成果のみならず、「あらせ」衛星全体の成果拡大にもつながっており、関連コミュニティに大きな貢献を与えている。

以上の通り、笠原氏は「あらせ」衛星搭載の MEP-e、MEP-i 検出器の開発を主導すると共に、それらを利用してプラズマ波動による宇宙空間での電子散乱過程と脈動オーロラの間接関係を実証するなど優れた成果を生み出している。これらは ISEE の共同研究・共同利用にもとづく宇宙地球環境研究への顕著な貢献であることから、笠原慧氏に 2022 年度 ISEE Award（宇宙地球環境研究所賞）を授与することを決定した。

#### 関連する ISEE 共同利用・共同研究:

- 2022 年度：国際共同研究  
「Comet Interceptor ミッション搭載機器および地上系システム検討」
- 2020 年度-2021 年度：一般共同研究  
「ERG 衛星搭載中間エネルギー電子・イオン観測器のデータ解析」
- 2017-2019 年度：一般共同研究  
「ERG 衛星搭載中間エネルギー荷電粒子観測器のデータ解析」
- 2020 年度：一般共同研究  
「超小型探査機搭載イオン質量分析器の較正システム開発」
- 2017 年度、2019 年度：一般共同研究  
「中性粒子質量分析器の開発」
- 2016 年度：一般共同研究  
「ジオスペース探査衛星 ERG 搭載機器 MEPs フライトモデルの性能試験」
- 2021 年度：共同研究集会  
「彗星大気・プラズマ研究集会」
- 2017-2019 年度：共同研究集会  
「ERG 衛星粒子観測データ解析ワークショップ」

- 2016 年度：共同研究集会  
「電磁イオンサイクロトロン波動が駆動する放射線帯消長に関する研究会」

#### 関連する出版論文:

- Kasahara, S., S. Yokota, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Shibano, and T. Takashima, Medium-Energy Particle experiments - electron analyser (MEP-e) for the Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) mission, *Earth, Planets and Space*, 10.1186/s40623-018-0847-z, 2018a.
- Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, and I. Shinohara, Pulsating aurora from electron scattering by chorus waves, *Nature*, 10.1038/nature25505, 2018b.
- Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Kurita, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, K. Seki, and I. Shinohara, Strong diffusion of energetic electrons by equatorial chorus waves in the midnight-to-dawn sector, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 10.1029/2019GL085409, 2019.
- Kistler, L.M, C.G. Mouikis, K. Asamura, S. Yokota, S. Kasahara, Y. Miyoshi, K. Keika, A. Matsuoka, I. Shinohara, T. Hori, N. Kitamura, S. M. Petrinec, I. J. Cohen, and D. C. Delcourt, Cusp and Nightside Auroral Sources of O<sup>+</sup> in the Plasma Sheet, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 10.1029/2018JA026413, 2019.
- Kurita, S., Y. Miyoshi, S. Kasahara, S. Yokota, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, and I. Shinohara, Deformation of electron pitch angle distributions caused by upper-band chorus observed by the Arase satellite, *Geophys. Res. Lett.*, 10.1029/2018GL079104, 2018.
- Saito, S., S. Kurita, Y. Miyoshi, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Kasahara, S. Matsuda, M. Shoji, S. Nakamura, A. Matsuoka, S. Imajo and I. Shinohara, Data-driven simulation of rapid flux enhancement of energetic electrons with an upper-band whistler burst, *J. Geophys. Res.*, 126, e2020JA028979, doi:10.1029/2020JA028979, 2021.
- Yokota, S., S. Kasahara, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, T. Takashima, K. Yamamoto, and Y. Shibano, Medium-energy particle experiments--ion mass analyzer (MEP-i) onboard ERG (Arase), *Earth, Planets and Space*, 10.1186/s40623-017-0754-8, 2017

**受賞者の略歴:**

笠原慧（東京大学・大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻・准教授）

2009年に東京大学で博士号を取得。2009-2011年にJAXAプロジェクト研究員，2011-2016年に宇宙科学研究所・助教として，主にERG（あらせ）衛星搭載の中間エネルギー粒子分析器の開発に取り組む。同観測器を完成させ，衛星に引き渡した後，2016年から現職に就き，観測データの解析を実施している。

