

授賞者の研究業績の紹介

2018年度 第11回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙理学分野

笠原 慧 (かさはら さとし)

東京大学・大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻・准教授

業績の題目：ERG衛星の観測による波動粒子相互作用の実証と脈動オーロラの機序解明

宇宙空間における重要な物理過程の一つとしてプラズマ粒子加速がある。精査が可能な地球磁気圏では様々な粒子加速現象が生起しているが、その中の一つに、放射線帯におけるメガエレクトロンボルト (MeV) に達するプラズマ粒子のダイナミックな生成と消失現象があり、磁気圏プラズマ研究における最重要課題の一つとなっている。この生成・消滅プロセスには非断熱加速である電磁波動と荷電粒子の相互作用 (波動粒子相互作用) の重要性が理論的に指摘されているが、観測的な実証はされておらず、この課題解決のためにジオスペース探査衛星「あらせ」が計画された。この加速現象の解明には、オリジンとなる数 eV 程度の太陽風や電離圏電子を数 MeV にまで加速する過程をその間のエネルギー領域全域で観測することが必須であるが、中間エネルギーと言われる数 keV から数 100 keV の計測技術の開発が世界的に課題であった。笠原慧氏は独創的な発想と長期に渡る粘り強い努力を持ってこの重要な課題に挑み、優れた性能を持つ新たな計測原理の考案、ハードウェア試作・試験、そしてソフトウェアまで含むフライト機器全体の設計・製造・試験、較正を主導した。更に、「あらせ衛星」の最初の科学成果として、オーロラ粒子降下に伴う波動粒子相互作用を観測的に初めて実証することに成功した。波動粒子相互作用は広く宇宙で生起する粒子加速過程で普遍的な役割を果たすと考えられていることから、同氏の成果および同機器により得られるデータは、宇宙科学に大きく貢献するものである。その中で顕著な成果を以下に述べる。

1) カस्प型静電分析器の考案と中間エネルギーイオン分析器の開発

放射線帯の中間エネルギー粒子を、従来の低エネルギー粒子観測に用いられてきたトップハット静電分析器の単純な延長で計測しようとする、観測器のサイズが非常に大きくなるのと同時に感度が不必要に高くなる。笠原氏はこの問題を解決するため、サイズを縮小させつつ適切に感度も下げることが可能な「カस्प型」と名付けた新しい静電分析器の形状を考案し、実験室モデルでその性能を検証することに成功した。笠原氏は、この静電分析器の後段に TOF型質量分析部と半導体検出部を加えた中間エネルギーイオン質量分析器を開発・製作し、「あらせ衛星」に搭載した。

2) 中間エネルギー電子計測時の背景雑音の除去

放射線帯において中間エネルギー電子を計測する場合に、観測器筐体を貫通する高エネルギー粒子や二次生成粒子によって背景雑音が生じ、中間エネルギー粒子との区別が困難になる。笠原氏は、半導体検出器である **Avalanche Photo-Diode (APD)** とカusp型静電分析器双方の粒子カウントを比較することで、背景雑音の除去が可能となることを示した。1年を超える放射線帯領域での観測に耐える様々な実験結果を基に、従来にない高いピッチ角分解能を有する中間エネルギー電子分析器(**MEP-e**)を開発し、「あらせ衛星」に搭載した。

3) 粒子加速現場における波動粒子相互作用の観測の成功

中間エネルギーの電子が介在する重要なオーロラ現象として点滅を繰り返す脈動オーロラがある。このオーロラは、「コーラス波動」とよばれる電磁波動と磁気圏電子間の波動粒子相互作用により電子のピッチ角が散乱され、磁力線に沿って降下して生成されると考えられているが、従来の観測はピッチ角分解能が不十分で散乱現場での実証はされていなかった。笠原氏は、波動粒子相互作用の現場である赤道面に滞在する「あらせ衛星」の**MEP-e**及び波動観測と地上オーロラ観測の同時データを用いて、脈動オーロラ発生時に間欠的に発生するコーラス波動と同期して、降下電子のフラックスが変動することを明らかにし、コーラス波動による電子のピッチ角散乱が脈動オーロラを引き起こしていることを実証する決定的証拠を世界で初めて示した。これは笠原博士が開発した**MEP-e**が、ロスコーンとその外側の粒子の判別を可能とする、従来にない高いピッチ角分解能を有していることにより可能になったものである。

以上のように笠原氏は、新たな観測技術の考案から設計、実験、製作、較正、衛星搭載までを行うとともに、第一級の科学的成果も産み出して来ている。同氏の従来の発想にとらわれない独創的な発想力と長期にわたる粘り強い技術開発力及び高い研究能力は、今後も惑星・宇宙科学を牽引し大きな貢献をすることが期待されることから、氏に宇宙科学奨励賞を授与することとなった。

関連する論文リスト（上記1）, 2）, 3）に対応）

1. Kasahara, S., K.Asamura, Y.Saito, T.Takashima, M.Hirahara and T.Mukai, “Cusp type electrostatic analyzer for measurements of medium energy charged particles”, *Review of Scientific Instruments*, vol.77, 123303, doi: 10.1063/1.2405358, 2006.
2. Kasahara, S., S. Yokota, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Shibano, T. Takeshi, “Medium-Energy Particle experiments – electron analyzer (MEP-e) for the Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) mission”, *Earth, Planets and Space*, doi:10.1186/s40623-018-0847-z, 2018.
3. 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, I. Shinohara, “Pulsating aurora from electron scattering by chorus waves”, *Nature*, doi:10.1038/nature25505, 2018.