

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01147

研究課題名（和文）衛星多点観測とシミュレーションに基づくジオスペース酸素イオンの輸送と分布の解明

研究課題名（英文）Study of transport and distribution of O⁺ ions in geospace by multi-satellite observation and numerical simulation

研究代表者

能勢 正仁（Nose, Masahito）

名古屋市立大学・データサイエンス学部・教授

研究者番号：9033359

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,100,000円

研究成果の概要（和文）：地球周辺の宇宙空間（ジオスペース）におけるプラズマは、普段は大半がH⁺イオンで構成されているが、時としてO⁺イオンの割合が急激に増加し、半分以上を占めることがある。この現象は、夜側オーロラ帯から流れ出した低エネルギーO⁺イオンが、磁力線に沿って夜側のジオスペースに直接輸送され、そこから更に東方向にドリフトして、朝側から午前側にかけて分布するためであることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ジオスペースにおけるO⁺イオンの存在は、電磁流体波動（アルフベン波動）の速度を低下させたり、プラズマ波動の分散関係を変化させたり、磁気リコネクションの成長率を変化させたりするため、そこで生起する数多くの現象を正確に理解するには、イオン組成の変化原因や変化領域を明らかにすることが極めて重要であり、学術的に重要な問題である。また、民間人の宇宙旅行や月開発が進められつつあり、人類が積極的にジオスペースを利用する近未来を見据えて、そのプラズマ環境変動を詳しく知っておくことは非常に大きな社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Plasma in space (geospace) around the Earth usually consists mostly of H⁺ ions, but sometimes the proportion of O⁺ ions increases rapidly, sometimes accounting for more than half. This phenomenon has been attributed to the fact that low-energy O⁺ ions flowing out of the nightside auroral zone are transported directly along magnetic field lines to the nightside geospace, where they drift further eastward and are distributed from the morning side to the morning side.

研究分野：太陽地球系物理学、超高層物理学

キーワード：ジオスペース 酸素イオントールス 電離圏イオン流出 サブストーム 沿磁力線方向低エネルギー酸素イオン(FALEO) Warm plasma cloak

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

地球周辺の宇宙空間(ジオスペース)におけるプラズマは、普段は大半がH⁺イオンで構成されているが、時としてO⁺イオンの割合が急激に増加し、時には半分以上を占めることがある。こうしたO⁺イオンの存在は、電磁流体波動(アルフベン波動)の速度を低下させたり、プラズマ波動の分散関係を変化させたり、磁気リコネクションの成長率を変化させたりするため、ジオスペースで生起する数多くの現象を正確に理解するには、イオン組成の変化原因や変化領域を明らかにすることが極めて重要である。O⁺イオンの供給源は究極的には電離層の低エネルギープラズマであるが、そこからジオスペースに至るまでの輸送経路やジオスペースでの空間分布については明らかになっていない。

2. 研究の目的

上記の背景の元、この研究では、「低エネルギーO⁺イオンが、どのように電離層からジオスペースへ輸送され、どのように分布しているのか」について明らかにすることを目的とする。具体的には、「低エネルギーO⁺イオンが電離層から磁力線に沿って輸送され、磁気赤道付近でピッチ角散乱を受けてジオスペースに滞留する、という経路の可否」、「ジオスペースに輸送されたO⁺イオンは、従来考えられてきたようなトーラス形状のO⁺イオン高密度領域を形成するのか、それとも主に東向きにドリフトして三日月形の高密度領域を形成するのか」の2点を複数人工衛星データの解析と計算機シミュレーションによって検証する。

3. 研究の方法

(1) ジオスペースを飛翔するあらせ衛星、Van Allen Probes-A衛星、-B衛星に搭載された低エネルギーイオン計測器のデータを解析する。データから、O⁺イオン直接供給イベント(H⁺のフラックスは増大していないが、O⁺の数keV以下のフラックスは強い増大を示し、エネルギー分散が現れているイベント)を選び出し、イベントが観測されたL値、地方時、継続時間、エネルギー分散性、O⁺の上限・下限エネルギーなどの性質を明らかにする。

(2) 磁場モデルおよび電場モデルを用いて、計算機上にジオスペースの磁場構造を再現し、その中で低エネルギーO⁺イオンの軌道計算を行うコードを開発する。(1)で選び出したO⁺イオン直接供給イベントの典型的なものに関して、O⁺イオンの軌道計算の結果と比較することで、電離層からジオスペースへのO⁺イオンの輸送過程や、その後のジオスペース内でのO⁺イオンの分布を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 「あらせ」衛星によって観測された低エネルギーO⁺イオンフラックスの統計解析

あらせ衛星に搭載されたフラックスゲート磁力計と低エネルギーイオン質量分析器によって計測されたデータを用いて、内部磁気圏における磁場双極化を伴う低エネルギーO⁺イオンフラックスの増加イベントを調べた。2017年4月1日から10月31日および2018年7月1日から2019年1月31日の計14か月間に55例のイベントを選び出した。図1は、そのうちの典型的なイベントである。こうしたイベントを統計解析した結果、低エネルギーO⁺イオンフラックス増加イベントは、(a)磁場双極化開始の数分後に始まる、(b)エネルギー分散特性を示し、数keVから約10eVまでエネルギーが減少する、(c)磁気嵐時および静穏時のどちらでも観測される、(d)磁力線に沿った方向に速度をもち、北半球ではピッチ角(α)は約180°、南半球では $\alpha \sim 0^\circ$ である、(e)O⁺の1/3-1/10程度のエネルギーをもつH⁺イオンフラックス増加を伴う、(f)O⁺密度は約10倍、O⁺/H⁺密度比は4-5倍増加する、ことが明らかになった。図2は、(d)の特性を示した結果である。

次に、あらせ衛星で観測された低エネルギーイオンが、その後ジオスペースのどの領域に到達するかを調べるために、イオンの軌道を計算する数値シミュレーションを行った。赤道面付近でのピッチ角散乱効果を考慮した場合、H⁺イオンとO⁺イオンはともにジオスペース内で東方向にドリフトし、電離層で失われることなく夜明け側から朝側の領域に到達することがわかった。図3は、図1で示したイベントに対して、H⁺イオンとO⁺イオンがどこに到達するかを示したものである。この結果は、これらの磁力線に沿って動く低エネルギーイオンが、warm plasma cloakや酸素イオントーラスの形成に寄与することを示唆している。

以上の成果は、査読付き国際学術雑誌「Journal of Geophysical Research」に2021年に掲載された。

(2) 低エネルギーO⁺イオンフラックス増加イベントの3衛星同時観測とその発生起源の解明

2018年9月22日の05-07 UTにかけて、夜側の内側磁気圏で、磁場方向に速度を持つ低エネルギーO⁺イオン(Field-aligned low-energy O⁺ ion, FALEO)フラックス増加イベントが、あらせ衛星・Van Allen Probes-A衛星・-B衛星の3機によって同時に観測された(図4)。FALEOは、磁場双極子化の約6-20分後に現れていた。あらせ衛星では磁場に平行な方向にのみ数keVから約100eVのエネルギー分散特性を示していたが、Van Allen Probes-A、-B衛星では平行・反平行両方向に数keVから10eVまでエネルギーが減少するようなエネルギー分散特性を示していた。

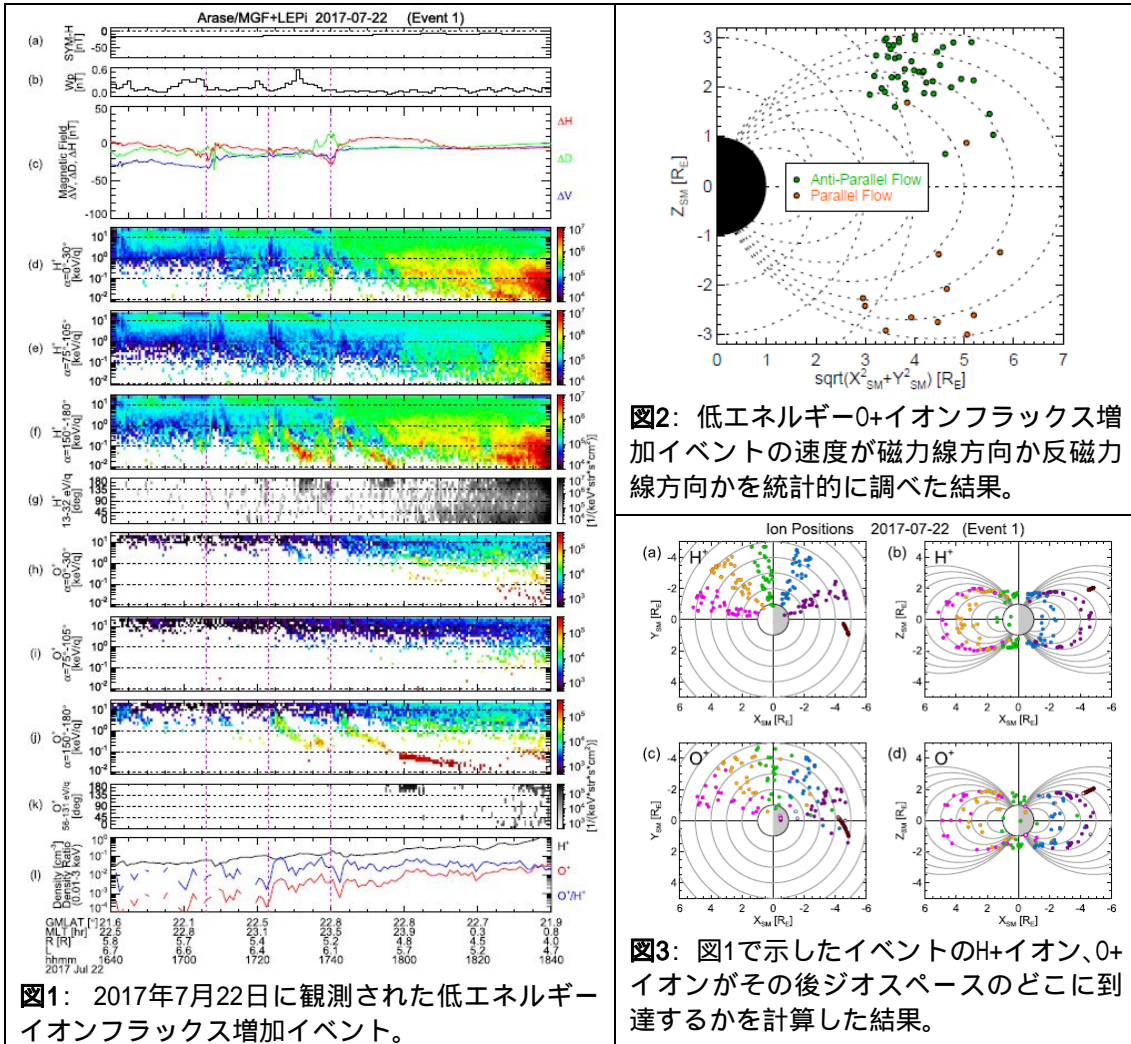


図1: 2017年7月22日に観測された低エネルギーイオンフラックス増加イベント。

図2: 低エネルギー0+イオンフラックス増加イベントの速度が磁力線方向か反磁力線方向かを統計的に調べた結果。

図3: 図1で示したイベントのH+イオン、0+イオンがその後ジオスペースのどこに到達するかを計算した結果。

数値シミュレーションにより、サブストームが発生してから3-15分間に電離層上空から0+イオンを放出し、その軌道をモデル磁気圏内で追跡した。また、モデル磁気圏内で、実際の衛星と同じ軌道を持つ仮想衛星を飛行させ、0+イオンの仮想エネルギー時間スペクトル図を作成し、観測されたスペクトル図と比較した(図5)。両者は非常に良い一致を示したことから、FALE0は、サブストーム発生時に上部電離層から飛び出し、磁場に沿ってジオスペースの磁気赤道に向かって流れだす電離層0+イオンを起源とすることが示された。また、0+イオンの流出から3-9時間後に、400 eV以下の0+イオンの内部磁気圏での空間分布(図6)は、warm plasma cloakや酸素トーラスと同様の空間分布を持つことが明らかになった。したがって、FALE0はこれらの冷たいイオン分布の発生源であると結論した。

以上の成果は、査読付き国際学術雑誌「Journal of Geophysical Research」に2022年に掲載された。

(3) ジオスペース内での低エネルギー0+イオンフラックスの空間分布

上記の(1), (2)の研究成果をまとめると、夜側オーロラ帯から流れ出した低エネルギー0+イオンは、夜側のジオスペースに直接輸送され、そこから更に東方向にドリフトして、朝側から午前側に分布する、ということになる。しかし、ジオスペース内での低エネルギーイオンの最終的な分布に関しては、計算機シミュレーションの結果から推定したものであり、その妥当性を実際の衛星観測データを用いて調べる必要がある。

そこで、あらせ衛星の2017年4月から2020年12月の45か月分のデータを用いて、50-300 eVのエネルギー範囲の0+イオンフラックスが空間的にどのように広がっているのかを統計的に調べた(図7)。50-300 eVの低エネルギー0+イオンは、経度方向には、真夜中前から明け方・午前側にかけて21-09 MLTの範囲に広がっており、また動径方向には、L=4.0-5.0でピークを持つことが分かった。ピッチ角分布に関しては、磁力線に沿って往復運動を行うcigar-type分布を示していた。こうした結果は、過去の研究で報告されてきた酸素イオントーラスの性質と非常によく似ていることから、「夜側オーロラ帯からの0+流出→FALE0→酸素イオントーラス」という形態の変化を確定するに至った。

この成果は、現在、査読付き国際学術雑誌に投稿準備中である。

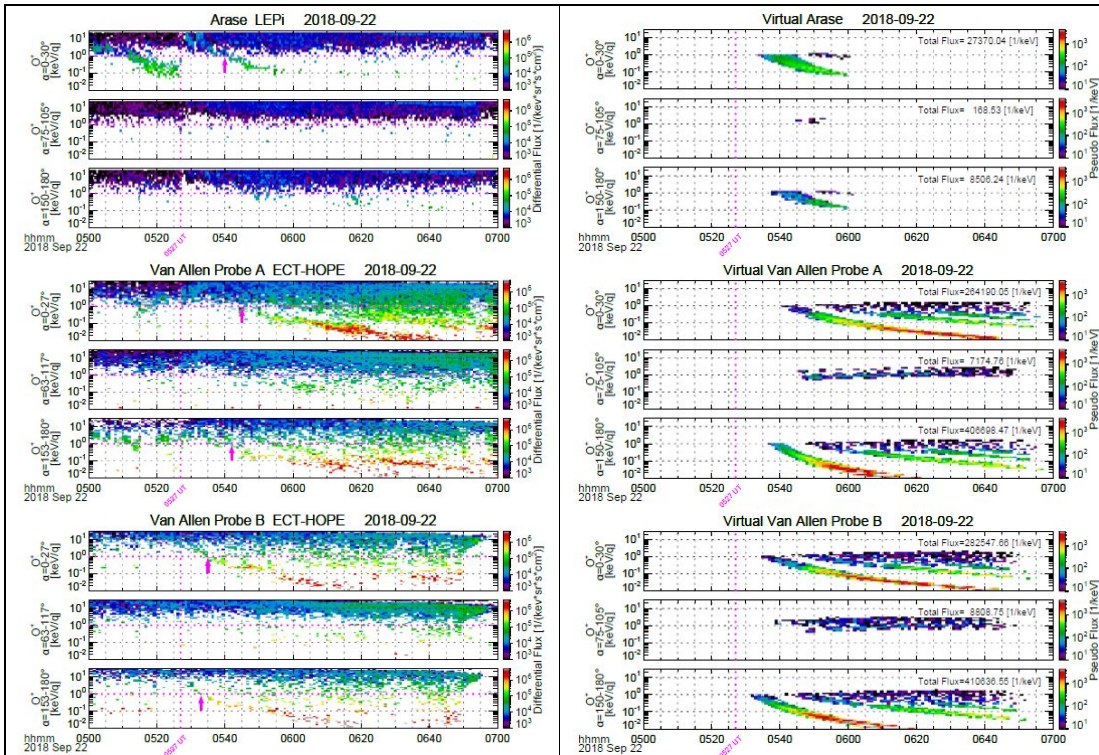


図4: 2018年9月22日に3機の人工衛星で同時に観測された低エネルギーO+イオン(FALEO)フラックス増加イベント。

図5: 数値計算シミュレーションで再現したFALE0イベント。図4に見られる特徴と非常によく一致している。

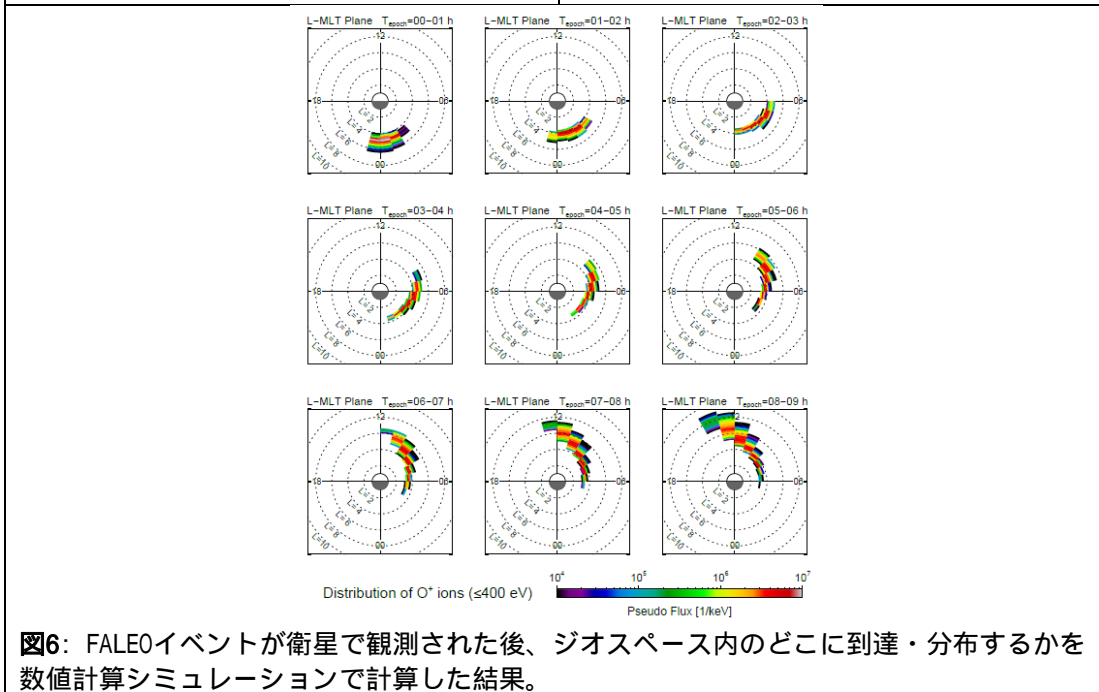


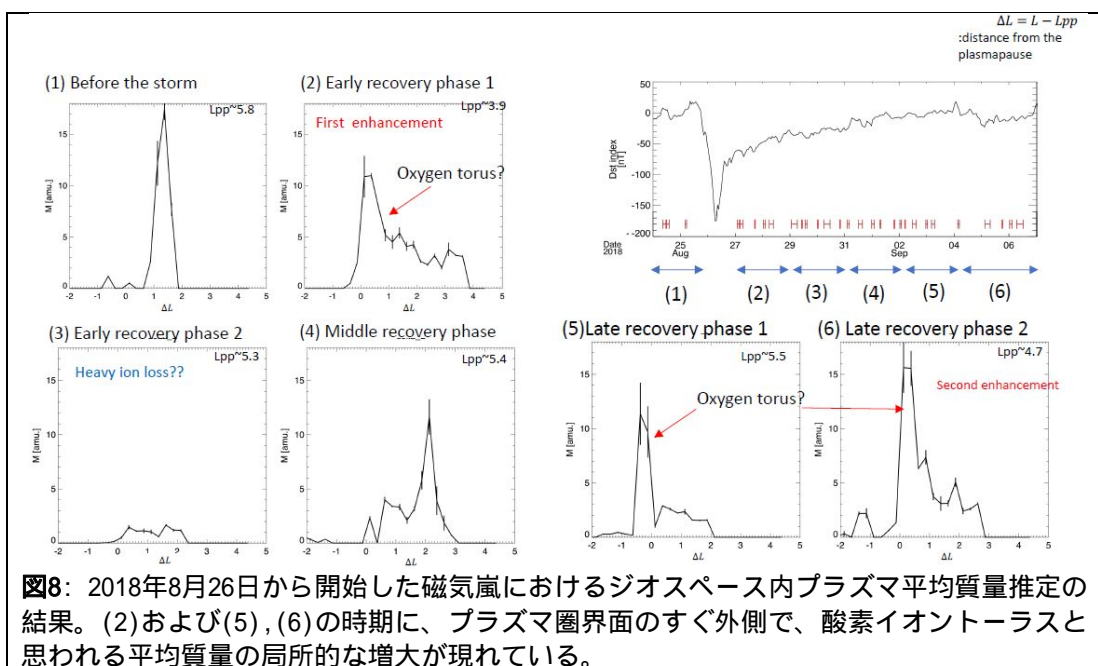
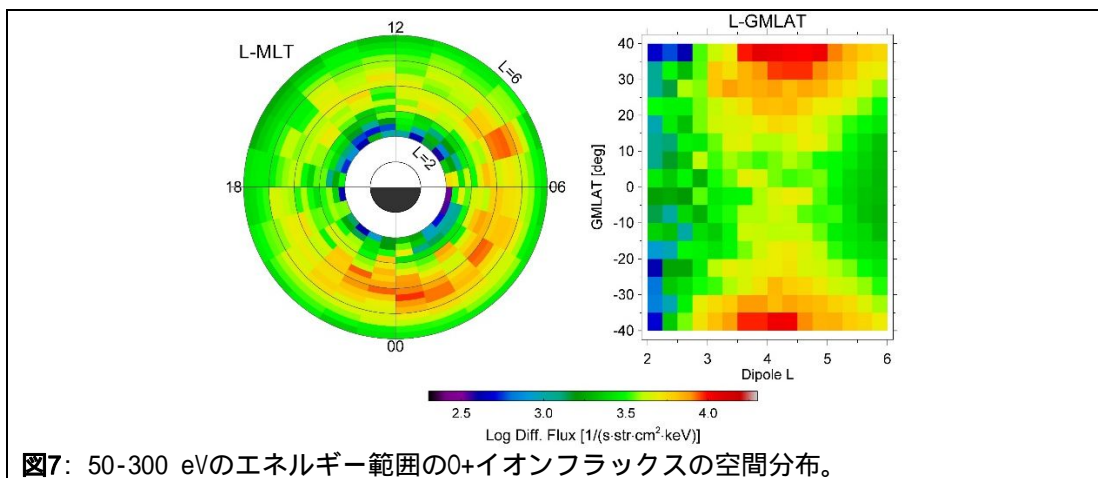
図6: FALE0イベントが衛星で観測された後、ジオスペース内のどこに到達・分布するかを数値計算シミュレーションで計算した結果。

(4) 酸素イオントラスの時間発展

2018年8月26日から開始した磁気嵐時に、真夜中より少し後の経度を飛翔するあらせ衛星が取得した磁場データおよび電子密度データを用いて、ジオスペースプラズマの平均質量の空間構造がどのように時間発展するかを調査した。磁気嵐中に発生していたULF波動の周期から質量密度を計算し、その値を電子密度で除することでプラズマの平均質量が推定できる。あらせ衛星の軌道ごとにこの推定を行ったところ、磁気嵐の初期回復相および後期回復相において、プラズマ圏界面のすぐ外側で、プラズマの平均質量の局所的な増大が見られた(図8)。また、磁気嵐の主相においては、FALE0が観測されていた。

このことから、磁気嵐初期回復相における平均質量増加はFALE0によるもので、上記(3)で明らかになったような経路を支持するものであることが分かった。一方、磁気嵐後期回復相における平均質量増加は、L>6に存在していた低エネルギーO+が内部へ輸送されてきたものであると考えられる。

この成果は、現在、査読付き国際学術雑誌に投稿準備中である。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Nose, M., K. Hosokawa, R. Nomura, M. Teramoto, K. Asamura, Y. Miyoshi, T. Mitani, T. Sakanoi, T. Namekawa, T. Kawano, Y. Iwanaga, S. Tatematsu, M. Hirahara, A. Halford, M. Shumko, M. R. Lessard, K. Lynch, N. Paschalidis, A. N. Jaynes, and M. G. McHarg	4. 巻 129
2. 論文標題 Field-aligned currents associated with pulsating auroral patches: Observation with Magneto-Impedance Magnetometer (MIM) onboard Loss through Auroral Microburst Pulsations (LAMP) sounding rocket	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JA032232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Liu, J., K. Shiokawa, S. Oyama, Y. Otsuka, C.-W. Jun, M. Nose, T. Nagatsuma, K. Sakaguchi, A. Kadokura, M. Ozaki, M. Connors, D. Baishev, N. Nishitani, A. Oinats., V. Kurkin, and T. Raita	4. 巻 128
2. 論文標題 A statistical study of longitudinal extent of Pc1 pulsations using seven PWING ground stations at subauroral latitudes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA029987	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Rubtsov, A. V., M. Nose, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, I. Shinohara, and Y. Miyoshi	4. 巻 245
2. 論文標題 Alfven velocity sudden increase as an indicator of the plasmopause	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jastp.2023.106040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Rubtsov, A. V., M. Nose, A. Matsuoka, I. Shinoahara, and Y. Miyoshi	4. 巻 128
2. 論文標題 Polarization and spatial distribution features of Pc4 and Pc5 waves in the magnetosphere	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JA031674	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Rubtsov, A. V., M. Nose, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, I. Shinohara, and Y. Miyoshi	4. 巻 128
2. 論文標題 Plasmasphere control of ULF wave distribution at different geomagnetic conditions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JA031675	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shah, T., B. Veenadhari, M. Pandya, and M. Nose	4. 巻 73
2. 論文標題 Energetic ion variations during substorm intervals using the Van Allen Probes data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advances in Space Research	6. 最初と最後の頁 3730-3742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2023.07.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakano, S., R. Kataoka, M. Nose, and J. W. Gjerloev	4. 巻 41
2. 論文標題 Probabilistic modelling of substorm occurrences with an echo state network	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Annales Geophysicae	6. 最初と最後の頁 529?539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/angeo-41-529-2023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Namekawa, T., T. Mitani, K. Asamura, Y. Miyoshi, K. Hosokawa, M. Lessard, C. Moser, A. J. Halford, T. Sakanoi, M. Kawamura, M. Nose, R. Nomura, M. Teramoto, M. Shumko, K. A. Lynch, A. N. Jaynes, M. G. McHarg	4. 巻 50
2. 論文標題 Simultaneous precipitation of sub-relativistic electron microburst and pulsating aurora electrons	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL104001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Obana, Y., K. Sakaguchi, M. Nose, K. Hosokawa, P. Jaquierey, S. Saita, K. Shiokawa, M. Connors, A. Kadokura, T. Nagatsuma, and Tanja Petersen	4. 巻 76
2. 論文標題 New observational projects in New Zealand for studying radiation belt loss processes in the deep inner magnetosphere: instrumentation, operation by solar power and initial results	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-024-01990-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamamoto, K. A. V. Rubtsov, D. V. Kostarev, P. N. Mager, D. Y. Klimushkin, M. Nose, A. Matsuoka, K. Asamura, Y. Miyoshi, S. Yokota, S. Kasahara, T. Hori, K. Keika, Y. Kasahara, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, M. Shoji, S. Nakamura, and I. Shinohara	4. 巻 51
2. 論文標題 Direct evidence of drift-compressional wave generation in the Earth's magnetosphere detected by Arase	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL107707	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 前田大輝, 能勢正仁, 野村太志, 足立匠, 山本優佳, 熊本篤志, 石田祐宣, 市原寛, 河野剛健, 岩永吉広, 立松峻一, 浅利晴紀, 平原秀行, 海東恵美, 長町信吾, 渡邊修, 山内大輔	4. 巻 13
2. 論文標題 磁気インピーダンスセンサを用いた廉価な磁力計の開発: 関東-東北-北海道への稠密磁場観測ネットワークの展開	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 宇宙科学情報解析論文誌	6. 最初と最後の頁 71-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 熊本篤志	4. 巻 -
2. 論文標題 白色雑音印加型インピーダンスプローブのプラズマ計測実験	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 令和4年度宇宙科学に関する室内実験シンポジウム講演集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Kletzing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, G. D. Reeves, and J. W. Gjerloev	4. 巻 127
2. 論文標題 Flux enhancements of field-aligned low-energy O ⁺ ion (FALEO) in the inner magnetosphere: A possible source of warm plasma cloak and oxygen torus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA030008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nose, M., T. Kawano, and H. Aoyama	4. 巻 127
2. 論文標題 Application of magneto-impedance (MI) sensor to geomagnetic field measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JA030809	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keika, K., S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, T. Amano, L. M. Kistler, M. Nose, Y. Miyoshi, T. Hori, and I. Shinohara	4. 巻 127
2. 論文標題 Preferential energization of lower-charge-state heavier ions in the near-Earth magnetotail	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA029786	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Keiling, A., C. Ramos, N. Vu, V. Angelopoulos, and M. Nose	4. 巻 127
2. 論文標題 Statistical properties and proposed source mechanism of recurrent substorm activity with one-hour periodicity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA030064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Miyoshi, Y., 他44名 (M. Nose, 34番目)	4. 巻 218
2. 論文標題 Collaborative research activities of the Arase and Van Allen Probes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Space Science Review	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Imajo, S., Y. Miyoshi, K. Asamura, I. Shinohara, M. Nose, K. Shiokawa, Y. Kasahara, Y. Kasaba, A. Matsuoka, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Horii, M. Shoji, S. Nakamura, M. Teramoto	4. 巻 49
2. 論文標題 Signatures of auroral potential structure extending through the near-equatorial inner magnetosphere	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL098105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Adhitya, P., M. Nose, J. Bulusu, G. Vichare, and A. K. Sinha	4. 巻 74
2. 論文標題 Observation of ionospheric Alfvén resonator with double spectral resonance structures at low latitude station, Shillong (dipoleL=1.08)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-022-01730-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Liu, J., K. Shiokawa, S. Oyama, Y. Otsuka, C.-W. Jun, M. Nose, T. Nagatsuma, K. Sakaguchi, A. Kadokura, M. Ozaki, M. Connors, D. Baishev, N. Nishitani, A. Oinats., V. Kurkin, and T. Raita	4. 巻 128
2. 論文標題 A statistical study of longitudinal extent of Pc1 pulsations using seven PWING ground stations at subauroral latitudes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA029987	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Rubtsov, A. V., M. Nose, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, I. Shinohara, and Y. Miyoshi	4. 巻 245
2. 論文標題 Alfven velocity sudden increase as an indicator of the plasmopause	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jastp.2023.106040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, and M. Hirahara	4. 巻 126
2. 論文標題 Field-aligned low-energy O ⁺ flux enhancements in the inner magnetosphere observed by Arase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA029168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Kletzing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, G. D. Reeves, and J. W. Gjerloev	4. 巻 127
2. 論文標題 Flux enhancements of field-aligned low-energy O ⁺ ion (FALEO) in the inner magnetosphere: A possible source of warm plasma cloak and oxygen torus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA030008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Li, H.-M., J.-H. Shue, S. Taguchi, M. Nose, K. Hosokawa, J. Ruohoniemi, Y. Zhang, S. Wing, and M. Lester	4. 巻 126
2. 論文標題 Dayside cusp aurorae and ionospheric convection under radial interplanetary magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JA027664	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Imajo, M., M. Nose, M. Aida, H. Matsumoto, N. Higashio, T. Tokunaga, and A. Matsuoka	4. 巻 126
2. 論文標題 Signal and noise separation from satellite magnetic field data through independent component analysis: Prospect of magnetic measurements without boom and noise source information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JA028790	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Obana, Y., Y. Miyashita, N. Maruyama, A. Shinbori, M. Nose, M. Shoji, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, S. Matsuda, A. Matsuoka, Y. Kasahara, Y. Miyoshi, I. Shinohara, W. S. Kurth, C. W. Smith, and R. J. MacDowall	4. 巻 126
2. 論文標題 Field-aligned electron density distribution of the inner magnetosphere inferred from coordinated observations of Arase and Van Allen Probes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JA029073	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Teramoto, Y. Miyoshi, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, M. Nose, S. Imajo, M. Shoji, S. Nakamura, M. Kitahara, and I. Shinohara	4. 巻 126
2. 論文標題 Off-equatorial Pi2 pulsations inside and outside the plasmopause observed by the Arase satellite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA029677	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keika, K., S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, T. Amano, L. M. Kistler, M. Nose, Y. Miyoshi, T. Hori, and I. Shinohara	4. 巻 127
2. 論文標題 Preferential energization of lower-charge-state heavier ions in the near-Earth magnetotail	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA029786	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Keiling, A., C. Ramos, N. Vu, V. Angelopoulos, and M. Nose	4. 巻 127
2. 論文標題 Statistical properties and proposed source mechanism of recurrent substorm activity with one-hour periodicity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JA030064	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Miyoshi, Y., 他44名 (M. Nose, 34番目)	4. 巻 218
2. 論文標題 Collaborative research activities of the Arase and Van Allen Probes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Space Science Review	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Nose, M., K. Hosokawa, R. Nomura, M. Teramoto, K. Asamura, Y. Miyoshi, T. Mitani, T. Sakanoi, T. Namekawa, T. Kawano, Y. Iwanaga, S. Tatematsu, M. Hirahara, A. Halford, M. Shumko, M. R. Lessard, K. Lynch, N. Paschalidis, A. N. Jaynes, and M. G. Mcharg
2. 発表標題 Field-aligned currents associated with pulsating auroral patches: Observation with Magneto-Impedance Magnetometer (MIM) onboard Loss through Auroral Microburst Pulsations (LAMP) sounding rocket
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nose, M., T. Maeda, H. Nomura, T. Adachi, Y. Yamamoto, A. Kumamoto, S. Ishida, T. Kawano, Y. Iwanaga, and S. Tatematsu
2. 発表標題 Application of magneto-impedance (MI) sensor to geomagnetic field measurements for magnetoseismology
3. 学会等名 IUGG2023 (Berlin) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 能勢正仁, 塩川和夫, Liejun Wang, and Bill Jones
2. 発表標題 Pc1 pulsations simultaneously observed at low- to high-latitude stations and by the Swarm satellites during the March 2023 storm
3. 学会等名 第154回地球電磁気・地球惑星圏学会総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 能勢正仁, 浅村和史, 三好由純, 松岡彩子, 寺本万里子
2. 発表標題 あらせ衛星によるWarm O+ Cloakの統計解析
3. 学会等名 ジオスペースの低エネルギープラズマ研究集会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 能勢正仁, 小山聡
2. 発表標題 AI Feynmanの宇宙地球科学分野への応用可能性について
3. 学会等名 宇宙地球環境の理解のための統計数理的アプローチ
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yamauchi, D., M. Nose, Y. Harada, K. Keika, K. Yamamoto, A. Nagamatsu, S. Yokota, and Y. Saito
2. 発表標題 O+ ions of terrestrial origin near the Moon measured with the Kaguya satellite
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yamauchi, D., M. Nose, Y. Harada, K. Keika, K. Yamamoto, A. Nagamatsu, S. Yokota, and Y. Saito
2. 発表標題 Terrestrial-origin O ⁺ ions below 1 keV near the Moon measured with the KAGUYA satellite
3. 学会等名 第154回地球電磁気・地球惑星圏学会総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yamauchi, D., M. Nose, Y. Harada, K. Keika, K. Yamamoto, A. Nagamatsu, S. Yokota, and Y. Saito
2. 発表標題 O ⁺ ions of terrestrial origin near the Moon measured with the Kaguya satellite
3. 学会等名 19th European Space Weather Week (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yamauchi, D., M. Nose, Y. Harada, K. Keika, K. Yamamoto, A. Nagamatsu, S. Yokota, and Y. Saito
2. 発表標題 O ⁺ ions of terrestrial origin near the Moon measured with the Kaguya satellite
3. 学会等名 AGU23 (San Francisco) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nose, M., H. Nomura, T. Maeda, H. Ichihara, M. Hirahara, Y. Iwanaga, T. Kawano, M. Teramoto, R. Nomura, and K. Asamura
2. 発表標題 Application of magneto-impedance sensor to geomagnetic field measurements
3. 学会等名 15th Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP-15) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Klezing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, G. D. Reeves, and J. W. Gjerloev
2. 発表標題 Flux enhancements of field-aligned low-energy O ⁺ ion (FALEO) in the inner magnetosphere: A possible source of warm plasma cloak and oxygen torus
3. 学会等名 ジオスペースの低エネルギープラズマ研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nose, M., T. Kawano, and H. Aoyama
2. 発表標題 Application of magneto-impedance (MI) sensor to geomagnetic field measurements
3. 学会等名 The 5th ISEE Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nose, M
2. 発表標題 Geomagnetic Field
3. 学会等名 Iberian Space Science Summer School (i4s) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 能勢正仁
2. 発表標題 磁気インピーダンスセンサーによる地磁気計測実験
3. 学会等名 柿岡地磁気観測所セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nose, M
2. 発表標題 Geomagnetic field observations around the globe
3. 学会等名 UCLA SMART Talk (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 能勢正仁
2. 発表標題 SLATS衛星で推定された中性大気密度と地磁気擾乱について
3. 学会等名 SLATS共同研究成果報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Klezing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, and G. D. Reeves
2. 発表標題 Multisatellite observations of field-aligned low-energy O ⁺ ion flux enhancements in the inner magnetosphere: September 22, 2018, Event
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nose, M.
2. 発表標題 Data Citation leaflet by Research Data Citation subcommittee of Research Data Utilization Forum
3. 学会等名 Japan Open Science Summit 2021
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Klezing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, and G. D. Reeves
2 . 発表標題 Multisatellite observations of field-aligned low-energy O ⁺ ion flux enhancements in the inner magnetosphere: September 22, 2018, Event
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Klezing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, and G. D. Reeves
2 . 発表標題 Multisatellite observations of field-aligned low-energy O ⁺ ion flux enhancements in the inner magnetosphere: September 22, 2018, Event
3 . 学会等名 IAGA IASPEI 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 能勢正仁, 松岡彩子, 三好由純, 浅村和史, 堀智昭, 寺本万里子, 篠原育, 平原聖文, C. A. Klezing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, and G. D. Reeves
2 . 発表標題 Field-aligned low-energy O ⁺ (FALEO) ion flux enhancements in the inner magnetosphere: A possible source of warm plasma cloak and oxygen torus
3 . 学会等名 第150回地球電磁気・地球惑星圏学会総会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 能勢正仁, 村山泰啓, 篠原育, 田中良昌, 堀智昭, 小山幸伸, 今城峻
2 . 発表標題 SGEPSSにおける研究データマネジメントの現状と将来像
3 . 学会等名 第150回地球電磁気・地球惑星圏学会総会
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 能勢正仁, 村山泰啓, 西岡未知, 石井守, 今井弘二, 木下武也, 小山幸信, 相良毅, 林和宏, 端場純子, 三好由純, 堀智昭, 浅利晴紀, 埜千尋
2. 発表標題 SGEPSSにおけるデータ出版・データ引用の現状とその実践・意義
3. 学会等名 第150回地球電磁気・地球惑星圏学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nose, M., A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Hori, M. Teramoto, I. Shinohara, M. Hirahara, C. A. Klezing, C. W. Smith, R. J. MacDowall, H. E. Spence, and G. D. Reeves
2. 発表標題 Field-aligned low-energy O ⁺ (FALEO) ion flux enhancements in the inner magnetosphere: A possible source of warm plasma cloak and oxygen torus
3. 学会等名 2021 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

能勢正仁のホームページ https://www.ds.nagoya-cu.ac.jp/~nose/ Wp Index https://doi.org/10.17593/13437-46800

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松岡 彩子 (Matsuoka Ayako) (80270437)	京都大学・理学研究科・教授 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	熊本 篤志 (Kumamoto Atsushi) (00302076)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	淺村 和史 (Asamura Kazushi) (50321568)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授 (82645)	
研究分担者	寺本 万里子 (Teramoto Mariko) (10614331)	九州工業大学・大学院工学研究院・准教授 (17104)	
研究分担者	山本 和弘 (Yamamoto Kazuhiro) (30888730)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・特任助教 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
				他2機関
米国	University of Iowa	University of New Hampshire	NASA/Goddard Space Flight Center	
ロシア連邦	Institute of Solar-Terrestrial Physics			
インド	Indian Institute of Geomagnetism			