

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：30115

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03726

研究課題名(和文)地球大気プラズマ結合過程の解明

研究課題名(英文)Study on the coupling process between neutral atmosphere and plasma

研究代表者

渡部 重十(Watanabe, Shigeto)

北海道情報大学・経営情報学部・教授

研究者番号：90271577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：サウンディングロケットから放出したリチウム原子やTMA(Trimethyl aluminum)の運動から、地球大気の高高度100km付近に存在する約100m/sの大気風速度シア(高度幅20km)とそれに付随する大気重力波を発見した。リチウム原子雲を高高度100km以上にトレイル状に生成する技術は欧米でのサウンディングロケット実験で採用された。さらに、リチウム、バリウム、ストロンチウムを使ったロケット実験を2021年12月にノルウェーとスバルバル諸島で実施した。それぞれの原子は光電離しイオン状雲を生成する。原子状雲とイオン状雲の運動から中性大気風速と電場を同時に可視化することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

・学術的意義：高高度100km付近の大気とプラズマは気球や人工衛星が飛翔できない領域であり、直接観測できるのはロケットしかない。この領域は地上付近の大気変動が伝播・砕破し熱圏風へと変換する領域である。本研究により砕破と熱圏風を直接観測しただけでなくプラズマも生成することで大気風と電磁場を同時に可視化した。
・社会的意義：原子状雲をトレイル状に生成する技術を我々は確立した。この技術は欧米に輸出され同様の実験が行われている。また、高高度100km付近は地上の温暖化に伴う超高層大気の寒冷化が発生している領域でもある。超高層大気の寒冷化は大気密度の減少を引き起こしデブリの寿命が長くなることに繋がる。

研究成果の概要(英文)：The motion of lithium atoms and trimethyl aluminum (TMA) ejected from sounding rockets revealed an atmospheric wind velocity shear of about 100 m/s (altitude width 20 km) and associated atmospheric gravity waves at an altitude of around 100 km in the Earth's upper atmosphere. The technique of generating lithium atomic clouds in the form of trails above 100 km altitude was employed in sounding rocket experiments in Europe and the USA. Further rocket experiments with lithium, barium, and strontium were conducted in Norway and Svalbard in December 2021. Each atom photoionizes and produces an ion cloud. The neutral atmospheric wind velocity and electric field were successfully visualized simultaneously from the motion of the atom and ion clouds.

研究分野：地球惑星大気・プラズマ

キーワード：サウンディングロケット 中間圏 熱圏 熱圏風 大気重力波 リチウム バリウム ストロンチウム

1. 研究開始当初の背景

King-Hele[1964]は人工衛星の軌道傾斜角の変化から熱圏大気が東向きに $\sim 100\text{m/s}$ でスーパーローテーションしていることを発見した。Rishbeth[1971]と Heelis et al. [1974]は、夕方に発生する強い電離圏電場による電離大気の運動によって中性大気が東向きに運動する結果であると主張した。Anderson and Roble[1974]は熱圏大気モデルを用いて、夕方に発生する東向き電場に伴う電離層の上昇によりイオン抗力が減少し、高速の中性風が生じることを示した。Coley and Heelis[1994]は DE-2 衛星データからスーパーローテーションは磁気赤道で最も大きいことを示した。Richmond et al. [1992]は TIE-GCM を用いて、夕方に発生する prereversal enhancement に伴う電離層上昇とイオン抗力により電離大気と中性大気が共に運動する効果が重要であることを示した。

Raghavarao et al. [1991]は DE-2 衛星観測から Equatorial Temperature Wind Anomaly (ETWA) を発見した。Fuller-Rowell et al. [1997]は熱圏・電離圏モデルを用いて ETWA における化学反応熱の重要性を指摘した。Maruyama et al. [2002]はイオン抗力、中性大気抗力を3次元的に取り入れた熱圏・電離圏3次元全球モデルを初めて開発した。そのシミュレーション結果は、赤道域でのイオン抗力の重要性、スーパーローテーション、ETWA 等の現象の物理過程を示していた。赤道付近の中性大気運動はイオン運動の影響を強く受けている。イオン抗力が熱圏大気のスーパーローテーションの原因となることを強く示唆していた。ETWA は、中性大気がイオン抗力により磁気赤道域で上昇・断熱冷却し、その極側で下降・断熱圧縮した結果である。

CHAMP 衛星による熱圏大気密度と熱圏風の測定は、全球的な ETWA を見事に再現しただけでなく、太陽活動等の影響も明らかにした (Liu et al., 2006, 2007, 2009)。Watanabe and Kondo[2010]は、高速東西プラズマドリフト領域は磁気赤道域で磁力線に沿ってアーチ状の構造を示しアーチの低緯度側の磁気赤道上で熱圏大気の東西風は最大となることを発見し、熱圏大気のスーパーローテーションはアーチ近傍で顕著であることを明らかにした。Kondo et al. [2011]は、イオン抗力によって駆動された下部熱圏大気が粘性により上部熱圏大気を加速する結果として、磁気赤道上で東西風が最大になりスーパーローテーションを形成することを TIE-GCM を用いて明らかにした。

我々は、2007年に内之浦から打ち上げたロケットでプラズマと電磁場を直接測定し、同時にリチウム原子をロケットから放出し太陽光の共鳴散乱により可視化したリチウム雲を追跡することで高度100km \sim 300kmの中性大気風と密度を測定した (Uemoto et al., 2010; Habu et al., 2013; Watanabe et al., 2017)。2012年1月に明け方の中間圏熱圏大気観測のロケット実験を ISAS 内之浦で実施した。2013年5月に NASA・クレムソン大学と共同でプラズマバブル発生直前の赤道域熱圏大気とプラズマの観測を実施した。2013年7月に NASA ワロップスでリチウム放出による日米共同ロケット実験を実施した。リチウムを用いた昼間の大気風速測定を世界で初めて実施した (Pfaff et al., 2020)。2013年7月に JAXA/ISAS 内之浦で月光を用いた世界で初めての夜間観測を実施した。2014年9月にストロンチウム原子放出と共鳴散乱光測定を地上実験で達成した。ストロンチウム原子と時定数 ~ 30 秒で光電離したストロンチウムイオンは可視領域で共に共鳴散乱線を有している。

2. 研究の目的

サウンディングロケットにリチウム、バリウム、ストロンチウム原子放出機器を搭載し熱圏下部の大気・プラズマ変動を可視化する。「ダイナモ電場」、「オーロラ領域での大気と電磁場」の可視化である。地上2か所以上で、リチウム、バリウム、ストロンチウム雲から放出される太陽共鳴散乱光を測定する狭帯域フィルターを備えた高感度カメラとビデオを設置する。リチウム、バリウム、ストロンチウム雲の運動を可視化した画像から大気風速と電磁場を推定する。

バリウム原子は ~ 20 秒、ストロンチウム原子は ~ 30 秒で光電離する。バリウム原子は554nm、バリウムイオンは455nm、ストロンチウム原子は461nm、ストロンチウムイオンは408nmに共鳴散乱線を有している。バリウムとストロンチウムを高度90km \sim 200kmにトレイル状に放出し、太陽光を共鳴散乱するリチウム、バリウム、ストロンチウム原子とイオンの雲を複数の地上局から同時に測定することにより、可視化された中性ガスとイオンの運動を得ることができる。高感度 CCD カメラを用いた機器開発と機器整備を行い、大気とイオンの同時可視化実験と大気プラズマ結合過程の解明に向けた道筋を確定する。

3. 研究の方法

リチウム、バリウム、ストロンチウム原子を大気とプラズマの相互作用の大きさが急激に変化する中間圏から熱圏下部にサウンディングロケットから放出することで、中間圏界面・熱圏下部

の中性大気風シアーと電磁場の高度分布を同時に可視化した。リチウム、バリウム、ストロンチウム原子と光電離したバリウムとストロンチウムイオンのシミュレーションモデルを開発し、中性大気風の高度分布と時間変化、拡散係数、中性大気密度の高度分布、電場分布、衝突周波数の高度分布を求めるプログラムを開発した。

4. 研究成果

日米共同のロケット実験を計画し準備を進めるとともに、新たな解析手法を使って高度 100km 付近の中性大気風を推定した。観測の 1 例を図 1 に示す。ロケットからトレイル上に放出したリチウム雲は時間とともにリング状に変化した。これは、高度 100km 付近に中性風のシアーが存在していたことを示している。下図に示すモデリングとの比較から風速シアーには小さな変動があり、大気重力波の存在を示している。

WINDs-2: Lithium in Thermosphere

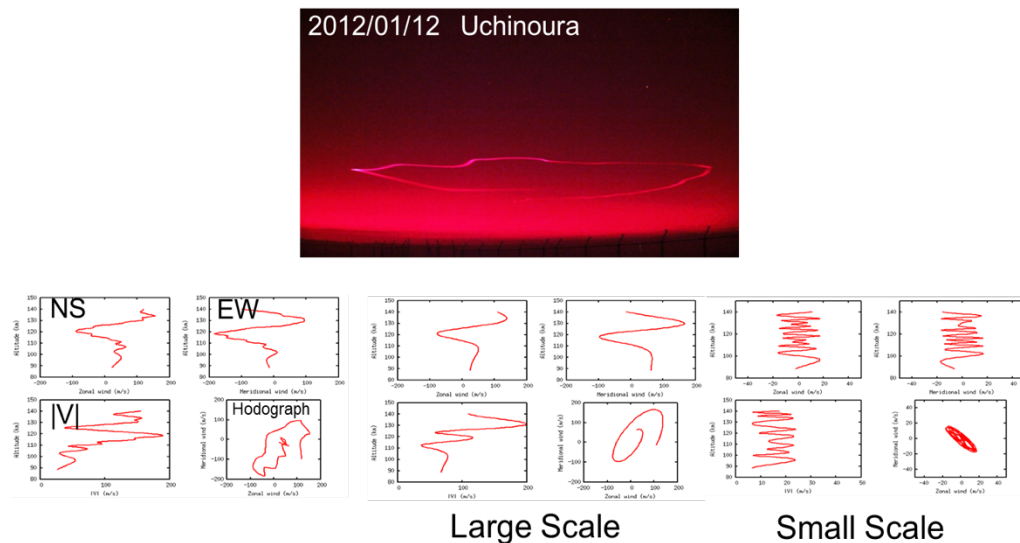


図 1. 実験・解析結果 1

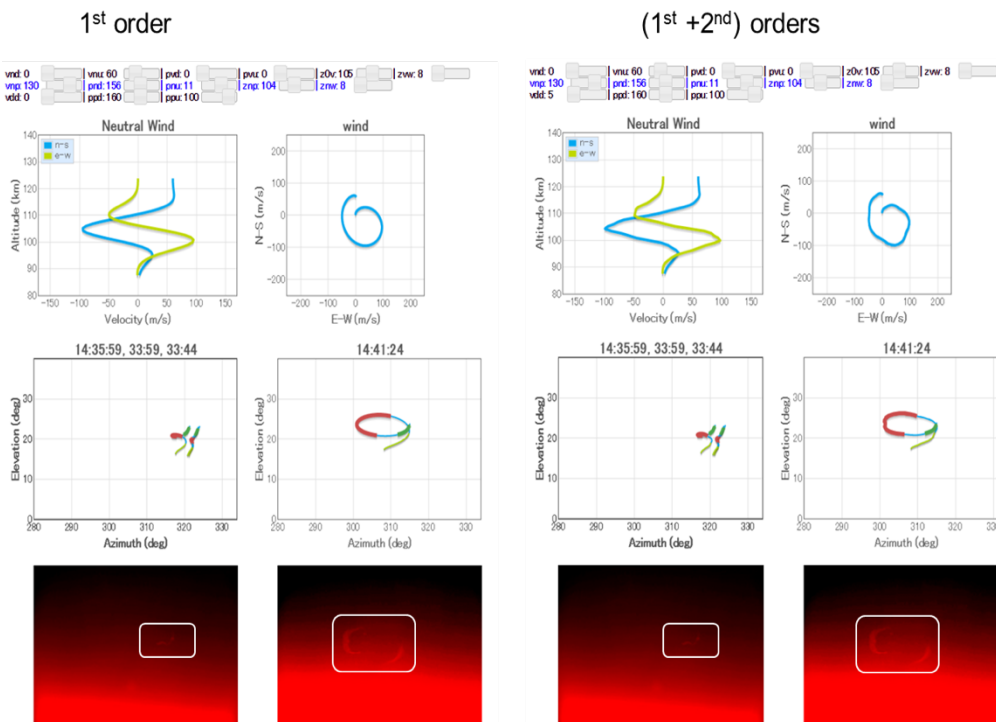


図 2. 実験・解析結果 2

図 2 は、日米共同実験で実施した結果の 1 例である。日中に実施した世界初の実験である。図 1 と同様に大気重力波が混在している。

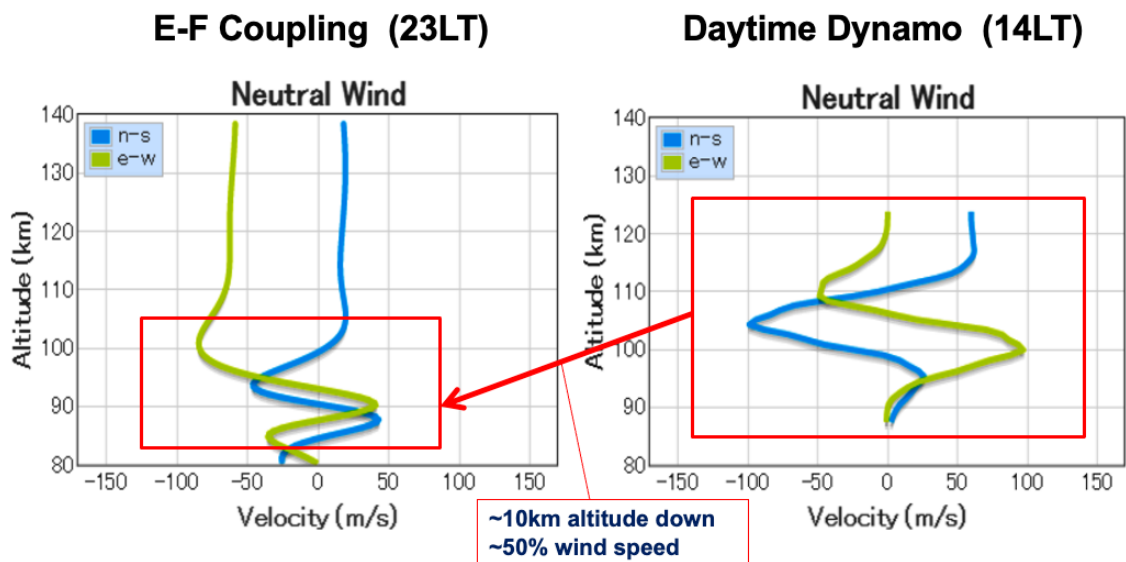


図 3. 夜間と昼間の中性大気風シアアの比較

図 3 は、夜間に実施したロケット実験から得られた中性大気風と昼間に実施したロケット実験 (Pfaff et al., 2020) で測定した中性大気風を示している。大気風速は複数の観測点で得られた画像から三角測量の手法を用いて通常推定する。しかし、特徴点がない原子雲を同様の手法で推定することは困難である。そこで、我々は画像データと一致する最適な風速を逆問題として解いた。図 3 から速度シアアが全球的に存在していることを示唆しているだけでなく、シアアの発生高度が昼間と夜間で異なることも示唆している。

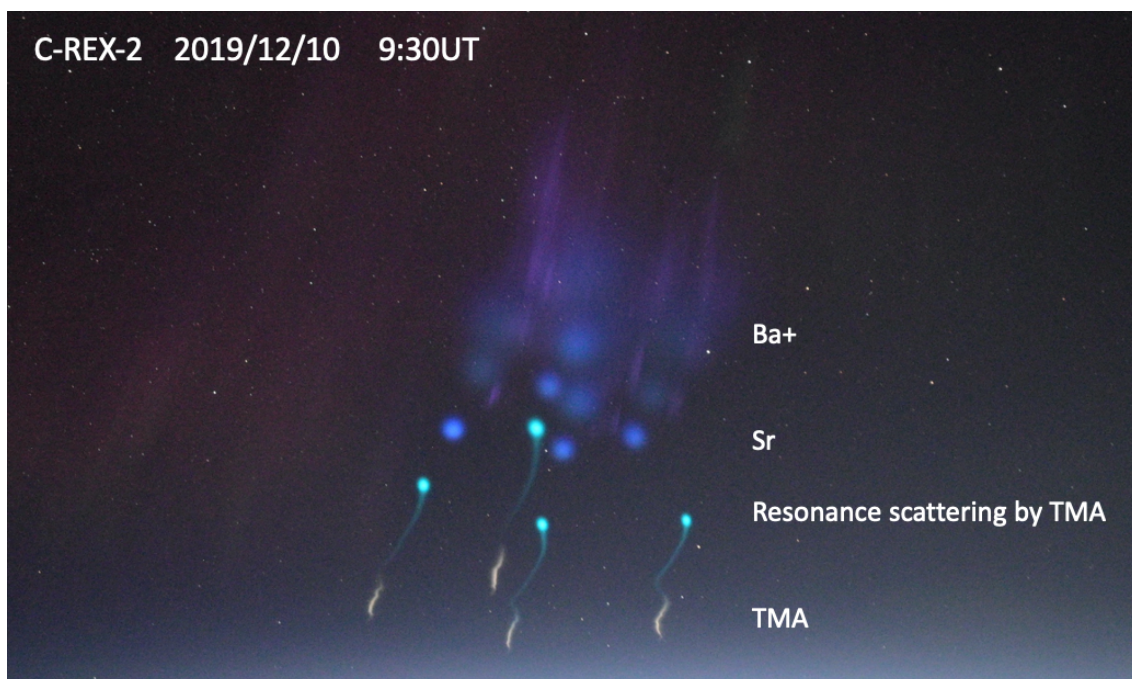


図 4. バリウム、ストロンチウム、TMA 放出による中性大気と電磁場の可視化

2019 年 12 月にノルウェーで実施したロケット実験 (Cusp Region Experiment: C-REX-2) の一例を図 4 に示す。中性大気風速シアアがオーロラ域にも存在している。オーロラ電場によるバリウムイオンの運動と拡散が観測されている。

<引用文献>

1. D. G. King-Hele, Theory of Satellite Orbits in an Atmosphere, 1964
2. H. Rishbeth, The F-layer dynamo, Planetary and Space Science, Vo 19, Issue 2, February 1971, Pages 263-267

3. R.A. Heelis *, P.C. Kendall †, R.J. Moffett, D.W. Windle, H. Rishbeth, Electrical coupling of the E- and F-regions and its effect on F-region drifts and winds, *Planetary and Space Science*, Volume 22, Issue 5, May 1974, Pages 743-756
4. Coley, W. R., R. A. Heelis, and N. W. Spencer, Comparison of lowlatitude ion and neutral zonal drift using DE - 2 data, *J. Geophys. Res.*, 99, 341-348, doi:10.1029/93JA02205, 1994.
5. A. D. Richmond, E. C. Ridley, R. G. Roble, A thermosphere/ionosphere general circulation model with coupled electrodynamics, *Geophys. Lett.* 1992, <https://doi.org/10.1029/92GL00401>
6. Raghavarao, R., L. E. Wharton, N. W. Spencer, H. G. Mayr, and L. H. Brace, An equatorial temperature and wind anomaly (ETWA), *Geophys. Res. Lett.*, 18(9), 1193-1196, 1991.
7. T.J. Fuller-Rowell 1, M.V. Codrescu 1, B.G. Fejer 2, W. Borer 3, F. Marcos 3, D.N. Anderson 3, Dynamics of the low-latitude thermosphere: Quiet and disturbed conditions, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 59, Issue 13, September 1997, Pages 1533-1540
8. N. Maruyama, S. Watanabe, T. J. Fuller-Rowell, Dynamic and energetic coupling in the equatorial ionosphere and thermosphere, 2003, <https://doi.org/10.1029/2002JA009599>
9. Liu, H., H. Luhr, S. Watanabe, W. Kohler, V. Henize, and P. Visser, Zonal winds in the equatorial upper thermosphere: decomposing the solar flux, geomagnetic activity, and seasonal dependencies, *J. Geophys. Res.*, 111, A09S29, doi:10.1029 / 2005JA011415, 2006.
10. Liu, H., H. Luhr, and S. Watanabe, Climatology of the equatorial mass density anomaly, *J. Geophys. Res.*, 112, A05305, doi:10.1029 / 2006JA012199, 2007
11. Huixin Liu, Shigeto Watanabe, Tsutomu Kondo, Fast thermospheric wind jet at the Earth's dip equator, *Geophys. Res. Lett.*, VOL. 36, L08103, doi:10.1029/2009GL037377, 2009
12. Shigeto Watanabe, Tutomu Kondo, Ionosphere-thermosphere coupling in the low latitude region, in *Aeronomy of the Earth's atmosphere and ionosphere*, Springer, 375-380, 2010
13. T. Kondo, A. D. Richmond, H. Liu, J. Lei, S. Watanabe, On the formation of a fast thermospheric zonal wind at the magnetic dip equator, *Geophys. Res. Lett.*, VOL. 38, L10101, doi:10.1029/2011GL047255, 2011
14. Jyunpei Uemoto, Takayuki Ono, Tomohisa Yamada, Tomonori Suzuki, Masa-Yuki Yamamoto, Shigeto Watanabe, Atsushi Kumamoto, and Masahide Iizima, Impact of lithium releases on ionospheric electron density observed by impedance probe during WIND campaign, *Earth Planets Space*, 62, 589-597, 2010
15. HABU, Hiroto, YAMAMOTO, Masa-yuki, WATANABE, Shigeto, LARSEN, Miguel F., Rocket-borne Lithium ejection system for the ionosphere observation, *An Introduction to Space Instrumentation* (Ed. K. Oyama, C. Z. Cheng), pp. 53-62, TERAPUB (ISBN No. : 978-4-88704-160-8), 2013/12/15
16. S. Watanabe, T. Abe, H. Habu, Y. Kakinami, and M-Y. Yamamoto, Neutral wind measurements by sounding rockets, *International Symposium on Space Technology and Science special issue of Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, *Aerospace Technology Japan*, 2017 https://archive.ists.or.jp/upload_pdf/2017-m-13.pdf
17. R. Pfaff M. Larsen T. Abe H. Habu J. Clemmons H. Freudenreich D. Rowland T. Bullett M. -Y. Yamamoto S. Watanabe Y. Kakinami T. Yokoyama J. Mabie J. Klenzing R. Bishop R. Walterscheid M. Yamamoto Y. Yamazaki N. Murphy V. Angelopoulos, Daytime Dynamo Electrodynamics With Spiral Currents Driven by Strong Winds Revealed by Vapor Trails and Sounding Rocket Probes, *Geophys. Res. Lett.*, <https://doi.org/10.1029/2020GL088803>, 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件/うち国際共著 11件/うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Lee Y. J., Garc?a Mu?oz A., Yamazaki A., Yamada M., Watanabe S., Encrenaz T.	4. 巻 48
2. 論文標題 Investigation of UV Absorbers on Venus Using the 283 and 365nm Phase Curves Obtained From Akatsuki	5. 発行年 2021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) 10.1029/2020GL090577	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 Kakinami Yoshihiro, Saito Hiroaki, Yamamoto Tetsuo, Chen Chia Hung, Yamamoto Masa yuki, Nakajima Kensuke, Liu Jann Yenq, Watanabe Shigeto	4. 巻 8
2. 論文標題 Onset Altitudes of Co Seismic Ionospheric Disturbances Determined by Multiple Distributions of GNSS TEC After the Foreshock of the 2011 Tohoku Earthquake on March 9, 2011	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth and Space Science	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020EA001217	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 Sato T.M., Satoh T., Sagawa H., Manago N., Lee Y.J., Murakami S., Ogohara K., Hashimoto G.L., Kasaba Y., Yamazaki A., Yamada M., Watanabe S., Imamura T., Nakamura M.	4. 巻 345
2. 論文標題 Dayside cloud top structure of Venus retrieved from Akatsuki IR2 observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113682 ~ 113682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.113682	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 Pfaff R., Larsen M., Abe T., Habu H., Clemmons J., Freudenreich H., Rowland D., Bullett T., Yamamoto M. Y., Watanabe S., Kakinami Y., Yokoyama T., Mabie J., Klenzing J., Bishop R., Walterscheid R., Yamamoto M., Yamazaki Y., Murphy N., Angelopoulos V.	4. 巻 47
2. 論文標題 Daytime Dynamo Electrodynamics With Spiral Currents Driven by Strong Winds Revealed by Vapor Trails and Sounding Rocket Probes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL088803	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 Lee Y. J., Garc?a Mu?oz A., Imamura T., Yamada M., Satoh T., Yamazaki A., Watanabe S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Brightness modulations of our nearest terrestrial planet Venus reveal atmospheric super-rotation rather than surface features	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-19385-6	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 Horinouchi Takeshi, Hayashi Yoshi-Yuki, Watanabe Shigeto, Yamada Manabu, Yamazaki Atsushi, Kouyama Toru, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Takagi Masahiro, Ogohara Kazunori, Murakami Shin-ya, Peralta Javier, Limaye Sanjay S., Imamura Takeshi, Nakamura Masato, Sato Takao M., Satoh Takehiko	4. 巻 368
2. 論文標題 How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 405 ~ 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz4439	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 Nara Y., Imamura T., Masunaga K., Lee Y.?J., Terada N., Yoshioka K., Yamazaki A., Seki K., Yoshikawa I., Yamada M., Watanabe S.	4. 巻 125
2. 論文標題 Vertical Coupling Between the Cloud Level Atmosphere and the Thermosphere of Venus Inferred From the Simultaneous Observations by Hisaki and Akatsuki	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	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) 10.1029/2019JE006192	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 Kitahara Takehiko, Imamura Takeshi, Sato Takao M., Yamazaki Atsushi, Lee Yeon Joo, Yamada Manabu, Watanabe Shigeto, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Kouyama Toru, Murakami Shin ya, Hashimoto George L., Ogohara Kazunori, Kashimura Hiroki, Horinouchi Takeshi, Takagi Masahiro	4. 巻 124
2. 論文標題 Stationary Features at the Cloud Top of Venus Observed by Ultraviolet Imager Onboard Akatsuki	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 1266-1281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JE005842	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 Imai Masataka, Kouyama Toru, Takahashi Yukihiro, Yamazaki Atsushi, Watanabe Shigeto, Yamada Manabu, Imamura Takeshi, Satoh Takehiko, Nakamura Masato, Murakami Shin ya, Ogohara Kazunori, Horinouchi Takeshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Planetary Scale Variations in Winds and UV Brightness at the Venusian Cloud Top: Periodicity and Temporal Evolution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 2635 ~ 2659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JE006065	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 Lee Yeon Joo, Jessup Kandis-Lea, Perez-Hoyos Santiago, Titov Dmitriy V., Lebonnois Sebastien, Watanabe Shigeto, et al.,	4. 巻 158
2. 論文標題 Long-term Variations of Venus 's 365 nm Albedo Observed by Venus Express, Akatsuki, MESSENGER, and the Hubble Space Telescope	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 126 ~ 126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ab3120	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 Encrenaz T., Greathouse T. K., Marcq E., Sagawa H., Widemann T., B?zard B., Fouchet T., Lef?vre F., Lebonnois S., Atreya S. K., Lee Y. J., Giles R., Watanabe S.	4. 巻 623
2. 論文標題 HDO and SO2 thermal mapping on Venus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A70 ~ A70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201833511	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 Kanako Seki, Shigeto Watanabe, et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Theory, modeling, and integrated studies in the Arase (ERG) project	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 283-310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-018-0785-9	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 Atsushi Yamazaki, Shigeto Watanabe, et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Ultraviolet imager on Venus orbiter Akatsuki and its initial results	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-017-0772-6	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 -

[学会発表] 計8件(うち招待講演 3件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 S. Watanabe
2. 発表標題 Plasmasphere Modeling
3. 学会等名 COSPAR(International Reference Ionosphere 2019 Workshop) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Watanabe
2. 発表標題 Coupling between ionosphere and thermosphere
3. 学会等名 COSPAR(International Reference Ionosphere 2019 Workshop) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigeto Watanabe, Ken Takeshi Murata and Praphan Pavarangkoon
2. 発表標題 Real time observations of snowfall and snowflake size distribution with video camera
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryan M. McCabe, Kunio M Sayanagi, John J Blalock, Jacob Gunnarson, Javier Peralta, Candace Gray, Kevin McGouldrick, Takeshi Imamura, Shigeto Watanabe and Yeon Joo Lee
2. 発表標題 Ground-Based Observational Analysis of Venus ' s Atmospheric Features in UV
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shotaro Sakai; Shigeto Watanabe
2. 発表標題 Plasma dynamics in Saturn ' s middle-latitude ionosphere and implications for magnetosphere-ionosphere coupling
3. 学会等名 MOP (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部重十, 阿部啄美
2. 発表標題 観測ロケットS-520-26 号機による熱圏中性大気とプラズマの結合過程解明
3. 学会等名 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 観測ロケットシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部啄美, 渡部重十
2. 発表標題 観測ロケット搭載用真空計の開発について
3. 学会等名 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 観測ロケットシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigeto Watanabe
2. 発表標題 ELECTRON DENSITY MODELS OF PLASMASPHERE
3. 学会等名 COSPAR (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------