

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2013

課題番号：20244080

研究課題名(和文) 高感度分光多点観測による超高層大気変動の研究

研究課題名(英文) Study of the upper atmosphere dynamics using highly sensitive multi-point optical instruments

研究代表者

塩川 和夫 (Shiokawa, Kazuo)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授

研究者番号：80226092

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,800,000円、(間接経費) 11,040,000円

研究成果の概要(和文)：ロシア、カナダ、日本、ノルウェー、インドネシア、タイ、オーストラリアなどにおけるファブリ・ペロー干渉計5台と高感度全天カメラ10台以上を用いた夜間大気光の高感度分光多点観測から、高度80-300kmの地球の超高層大気の変動に関するさまざまな研究成果が得られた。代表的な成果の例として、夜間に発生する中規模伝搬性電離圏擾乱(MSTID)のオーロラ帯付近での振る舞いの解明や、80-90km高度の中間圏の大気重力波のダクト伝搬の可視化、台風から発生した大気重力波が中間圏界面付近まで伝搬している様子、赤道域プラズマバブル現象の東向き伝搬と中性大気の流れの関係(F層ダイナモ過程を示唆)、などが挙げられる。

研究成果の概要(英文)：We have obtained various interesting results on the dynamical variations of the upper atmosphere at altitudes of 80-300 km using multi-point observation of nighttime airglow by 5 Fabry-Perot interferometers and more than 10 all-sky airglow imagers at Russia, Canada, Japan, Norway, Indonesia, Thailand, and Australia. Outstanding examples of the results are (1) various dynamical variations of medium-scale traveling ionospheric disturbances at subauroral latitudes, (2) evidence of duct propagation of small-scale gravity waves in the mesopause region, (3) evidence of a typhoon-induced small-scale gravity wave propagation to the mesopause region, and (4) relationship of eastward propagation of equatorial plasma bubbles and eastward thermospheric wind.

研究分野：数物系科学

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：超高層大気環境 超高層物理学 地球電磁気 宇宙科学 衛星測位 伝搬性電離圏擾乱 大気重力波
ファブリ・ペロー干渉計

1. 研究開始当初の背景

夜間に超高層大気が発光する現象である大気光を高感度カメラで観測することにより、超高層大気の変動を2次元パターンとしてとらえることができる。本研究のグループは、1990年代に導入された高感度の冷却 CCD 素子を用いた全天カメラにより、この大気光のイメージング観測を行ってきた。

このカメラにより、伝搬性電離圏擾乱 (TID) と呼ばれる現象が頻繁に観測される。中規模 TID は夏の夜間にはほぼ毎晩日本上空に現れることがわかっており、そのほぼすべてが南西に向けて伝搬し、波に同期した電離圏の電場変動を伴って反対半球の電離圏と結合しているが、その成因はまだわかっていない。また、ジオスペースの大きな擾乱である磁気嵐の際には、大規模 TID と呼ばれる水平スケール 1000km 以上の波動が、オーロラ帯から赤道域に向かって伝搬することが観測されているが、その伝搬過程の詳細は明らかにされていない。さらに、日本の南部から赤道域にかけて、プラズマバブルと呼ばれる電離圏の不安定現象が観測されるが、この不安定現象と、高緯度から伝搬してくるエネルギーとの関係も明らかにされていない。

これらの現象の解明には、これまで行われてきた2次元パターンをとらえる大気光イメージング観測に加えて、超高層大気のダイナミクスを支配する熱圏中性大気の風速・温度を同時に計測することが必須である。

2. 研究の目的

本研究では、新たに導入される4台のファブリ・ペロー干渉計による中緯度・低緯度における熱圏中性風・温度の南北共役点観測を、北極圏から赤道域にわたる多数の観測点におけるオーロラ・大気光のイメージング分光観測と組み合わせることにより、ジオスペースから高緯度域に侵入するエネルギーが超高層大気を通して低緯度に伝搬しながら、熱圏・電離圏の変動現象に影響を及ぼしていく過程を、定量的に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

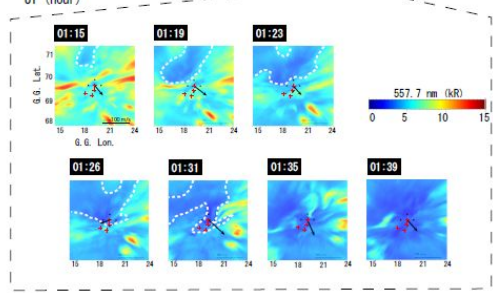
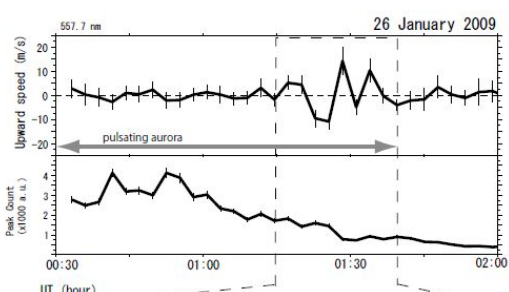
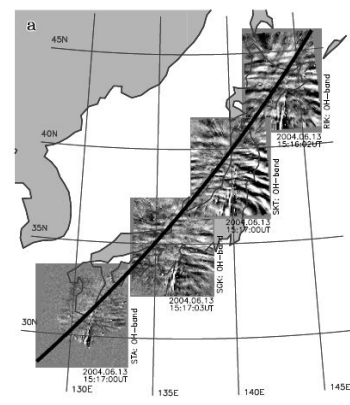
本研究では、平成20年度に新たに4台のファブリ・ペロー干渉計を製作し、北極圏から赤道域の観測点に配備、平成20年度後期から順次定常観測を開始する。同時に、これまで展開されている国内外10点の高感度全天カメラ及び3点の分光温度計の定常観測を維持・継続し、ジオスペース・超高層大気変動のイメージングと風速・温度の物理量の同時計測を可能にする。これらの機器から得られる大量のデータをデータベース化して共同研究を推進し、高緯度から低緯度へのエネルギーの流れの定量的な解析を行う。

4. 研究成果

本研究により、ロシア、カナダ、日本、ノ

ルウェー、インドネシア、タイ、オーストラリアなどにおけるファブリ・ペロー干渉計5台と高感度全天カメラ10台以上を用いた夜間大気光の高感度分光多点観測から、高度80-300kmの地球の超高層大気の変動に関するさまざまな研究成果が得られた。代表的な成果の例として、夜間に発生する中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID) のオーロラ帯付近での振る舞いの解明や、パルセイティングオーロラに伴う熱圏鉛直風の大振幅変動の発見、80-90km高度の中間圏の大気重力波のダクト伝搬の可視化、台風から発生した大気重力波が中間圏界面付近まで伝搬している様子、赤道域プラズマバブル現象の東向き伝搬と中性大気の風の関係 (F層ダイナモ過程を示唆) などが挙げられる。

高さ80-90kmの中間圏で日本列島を縦断する大気重力波。この波動が中間圏界面付近で長距離をダクト伝搬している事を示す (Suzuki et al., GRL, 2013)



パルセイティングオーロラ (下段の画像) の中でファブリ・ペロー干渉計によって観測された高さ100km以上の熱圏の鉛直風の大振幅変動 (最上段) (Oyama et al., AnnGeo, 2010)

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〕(計43件)

Suzuki, S., S. L. Vadas, K. Shiokawa,

- Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, Typhoon-induced concentric airglow structures in the mesopause region, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5983-5987, doi: 10.1002/2013GL058087, 2013. (査読有)
- Takahashi, H., K. Shiokawa, F. Egito, Y. Murayama, S. Kawamura, C. M. Wrasse, Planetary wave induced wind and airglow oscillations in the middle latitude MLT region, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 98, 97-104, 2013. (査読有)
- Lee, S., K. Shiokawa, J. P. McFadden, and K. Seki, Geomagnetic conjugate observations of plasmashet electrons by the FAST and THEMIS satellites, *J. Geophys. Res.: Space Physics*, 118, 132-145, doi:10.1029/2012JA017805, 2013. (査読有)
- Suzuki, S., K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, Evidence of gravity wave ducting in the mesopause region from airglow network observations, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 601-605, doi:10.1029/2012GL054605, 2013. (査読有)
- Dahlgren, H., G. W. Perry, J. L. Semeter, J.-P. St.-Maurice, K. Hosokawa, M. J. Nicolls, M. Greffen, K. Shiokawa, and C. Heinselman, Space-time variability of polar cap patches: Direct evidence for internal plasma structuring, *J. Geophys. Res.*, 117, A09312, doi:10.1029/2012JA017961, 2012. (査読有)
- Fukushima, D., K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa (2012), Observation of equatorial nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances in 630-nm airglow images over 7 years, *J. Geophys. Res.*, 117, A10324, doi:10.1029/2012JA017758. (査読有)
- Otsuka, Y., K. Shiokawa, and T. Ogawa, Disappearance of equatorial plasma bubble after interaction with mid-latitude medium-scale traveling ionospheric disturbance, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L14105, doi:10.1029/2012GL052286, 2012. (査読有)
- Jayachandran, P. T., K. Hosokawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, C. W. Watson, S. C. Mushini, J. W. MacDougall, P. Prikryl, R. Chadwick, and T. D. Kelly, GPS total electron content variations associated with poleward moving sun aligned arcs, *J. Geophys. Res.*, 117, A5, doi:10.1029/2011ja017423, 2012. (査読有)
- Shiokawa, K., M. Mori, Y. Otsuka, S. Oyama, S. Nozawa, S. Suzuki, and M. Connors, Observation of nighttime medium-scale travelling ionospheric disturbances by two 630-nm airglow imagers near the auroral zone, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 103, 184-194, 2013. (査読有)
- Shiokawa, K., M. Mori, Y. Otsuka, S. Oyama, and S. Nozawa, Motion of high-latitude nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances associated with auroral brightening, *J. Geophys. Res.*, 117, A10316, doi:10.1029/2012JA017928, 2012. (査読有)
- Shiokawa, K., Y. Otsuka, S. Oyama, S. Nozawa, M. Satoh, Y. Katoh, Y. Hamaguchi, Y. Yamamoto and J. Meriwether, Development of low-cost sky-scanning Fabry-Perot interferometers for airglow and auroral studies, *Earth Planets Space*, vol.64, no.11, 1033-1046, 2012. (査読有)
- Nakajima, A., K. Shiokawa, K. Sakaguchi, Y. Miyoshi, S. Lee, V. Angelopoulos, O. Le Contel, J. P. McFadden, J. W. Bonnell, K.-H. Fornacon, and E. Donovan, Electron and wave characteristics observed by the THEMIS satellites near the magnetic equator during a pulsating aurora, *J. Geophys. Res.*, 117, A03219, doi:10.1029/2011ja017066, 2012. (査読有)
- Nomura, R., K. Shiokawa, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, and M. Connors, Polarization of Pc1/EMIC waves and related proton auroras observed at subauroral latitudes, *J. Geophys. Res.*, 117, A02318, doi:10.1029/2011JA017241, 2012. (査読有)
- Jayachandran, P. T., C. Watson, I. J. Rae, J. W. MacDougall, D. W. Danskin, R. Chadwick, T. D. Kelly, P. Prikryl, K. Meziane, and K. Shiokawa, High-Latitude GPS TEC Changes Associated with a Sudden Magnetospheric Compression, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L23104, doi:10.1029/2011GL050041, 2011. (査読有)
- Lynn, K. J. W., Y. Otsuka, and K. Shiokawa, Simultaneous observations at Darwin of equatorial bubbles by ionosonde-based range/time displays and airglow imaging, *Geophys. Res.*

- Lett., doi:10.1029/2011GL049856, 38, L23101, 2011. (査読有)
- Makela, J., and Y. Otsuka, Overview of Nighttime Ionospheric Instabilities at Low- and Mid-Latitudes: Coupling Aspects Resulting in Structuring at the Mesoscale, *Space Sci. Rev.*, DOI 10.1007/s11214-011-9816-6, 2011. (査読有)
- Hosokawa, K., J. Moen, K. Shiokawa, and Y. Otsuka, Decay of polar cap patch, *J. Geophys. Res.*, 116, A05306, doi:10.1029/2010JA016297, May 10, 2011. (査読有)
- Adachi, T., Y. Otsuka, M. Yamaoka, M. Yamamoto, K. Shiokawa, A. B. Chen, and R. Hsu, First satellite-imaging observation of medium-scale traveling ionospheric disturbances by FORMOSAT-2/ISUAL, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L04101, doi:10.1029/2010GL046268, 2011. (査読有)
- Hosokawa, K., J. I. Moen, K. Shiokawa, and Y. Otsuka, Motion of polar cap arcs, *J. Geophys. Res.*, 116, A01305, doi:10.1029/2010JA015906, 2011. (査読有)
- Nomura, R., K. Shiokawa, S. Pilipenko, B. Shevtsov, Frequency-dependent polarization characteristics of Pc1 geomagnetic pulsations observed by multi-point ground stations at low latitudes, *J. Geophys. Res.*, 116, A01204, doi:10.1029/2010JA015684, 2011. (査読有)
- 21 Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa and M. Hariston, Dynamic temporal evolution of polar cap tongue of ionization during magnetic storm, *J. Geophys. Res.*, 115, A12333, doi:10.1029/2010JA015848, 2010. (査読有)
- 22 Oyama, S., K. Shiokawa, J. Kurihara, T. T. Tsuda, S. Nozawa, Y. Ogawa, Y. Otsuka, and B. J. Watkins, Lower-thermospheric wind fluctuations measured with an FPI in pulsating aurora at Tromsø, Norway, *Ann. Geophys.*, 28, 1847-1857, 2010. (査読有)
- 23 Suzuki, S., T. Nakamura, M. K. Ejiri, M. Tsutsumi, K. Shiokawa, T. Kawahara, Simultaneous airglow, lidar, and radar measurements of mesospheric gravity waves over Japan, *J. Geophys. Res.*, 115, D24113, doi:10.1029/2010JD014674, 2010. (査読有)
- 24 Nakajima, A., K. Shiokawa, K. Seki, R. Nakamura, K. Keika, W. Baumjohann, T. Takada, J. P. McFadden, C. W. Carlson, A. N. Fazakerley, H. Rene, I. Dandouras, R. J. Strangeway, O. Le Contel, N. Cornilleau-Wehrlin, and K. H. Yearby, Simultaneous FAST and Double Star-TC1 observations of broadband electrons during a storm-time substorm, *J. Geophys. Res.*, 115, A07217, doi:10.1029/2009JA014907, 2010. (査読有)
- 25 Shiokawa, K., R. Nomura, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, Y. Hamaguchi, M. Satoh, Y. Katoh, Y. Yamamoto, B. M. Shevtsov, S. Smirnov, I. Poddelsky, and M. Connors, The STEL induction magnetometer network for observation of high-frequency geomagnetic pulsations, *Earth Planets Space*, 62, 517-524, 2010. (査読有)
- 26 Hosokawa, K., J. P. St-Maurice, G. J. Sofko, K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa, Reorganization of polar cap patches through shears in the background plasma convection, *J. Geophys. Res.*, 115, A01303, doi:10.1029/2009JA014599, 2010. (査読有)
- 27 Balan, N., K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Kikuchi, D. Vijaya Lekshmi, S. Kawamura, M. Yamamoto, and G. J. Bailey, A physical mechanism of positive ionospheric storms at low and mid latitudes through observations and modeling, *J. Geophys. Res.*, 115, A02304, doi:10.1029/2009JA014515, 2010. (査読有)
- 28 Jayachandran, P. T., K. Hosokawa, J. W. MacDougall, S. Mushini, R. B. Langley, and K. Shiokawa, GPS total electron content variations associated with a polar cap arc, *J. Geophys. Res.*, 114, A12304, doi:10.1029/2009JA014916, 2009. (査読有)
- 29 Koustov, A., N. Nishitani, K. Shiokawa, S. Suzuki, and B.M. Shevtsov, Joint observations of a traveling ionospheric disturbance with the Paratunka OMTI camera and the Hokkaido HF radar, *Ann. Geophys.*, 27, 2399-2406, 2009. (査読有)
- 30 Suzuki, S., K. Hosokawa, T. F. Shibata, K. Shiokawa, Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa, A. V. Koustov, and B. M. Shevtsov, Coordinated observations of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances in 630-nm airglow and HF radar echoes at

- midlatitudes, *J. Geophys. Res.*, 114, A07312, doi:10.1029/2008JA013963, 2009. (査読有)
- 31 Shiokawa, K., Y. Otsuka, and T. Ogawa, Propagation characteristics of nighttime mesospheric and thermospheric waves observed by optical mesosphere thermosphere imagers at middle and low latitudes, *Earth Planets Space*, 61, 479-491, 2009. (査読有)
- 32 Ogawa, T., Y. Otsuka, K. Shiokawa, T. Tsugawa, A. Saito, K. Hoshino, K. Matunaga, M. Kubota, and M. Ishii, Medium-scale traveling ionospheric disturbances and plasma bubbles observed by an all-sky airglow at Yonaguni, Japan, *Terr. Atmos. Ocean Sci.*, 20, 287-295, doi:10.3319/TAO.2007.12.06.02(F3C), 2009. (査読有)
- 33 Saroso, S., K. Hattori, H. Ishikawa, Y. Ida, R. Shirogane, M. Hayakawa, K. Yumoto, K. Shiokawa, and M. Nishihashi, ULF geomagnetic anomalous changes possibly associated with 2004-2005 Sumatra earthquakes, *Phys. Chem. Earth*, 34, 343-349, 2009. (査読有)
- 34 Suzuki, S., K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Ogawa, T. Nakamura, and A.Z. Liu, Characteristics of equatorial gravity waves derived from mesospheric airglow imaging observations, *Ann. Geophys.*, 27, 1625-1629, 2009. (査読有)
- 35 Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Ogawa, and M. R. Hairston, Unusually elongated, bright airglow plume in the polar cap F region: Is it a tongue of ionization?, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L07103, doi:10.1029/2009GL037512, 2009. (査読有)
- 36 Hosokawa, K., T. Kashimoto, S. Suzuki, K. Shiokawa, Y. Otsuka and T. Ogawa, Motion of polar cap patches: A statistical study with all-sky airglow imager at Resolute Bay, Canada, *J. Geophys. Res.*, 114, A04318, doi:10.1029/2008JA014020, 2009. (査読有)
- 37 Balan, N., K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Watanabe and G. J. Bailey, Super plasma fountain and equatorial ionisation anomaly during penetration electric field, *J. Geophys. Res.*, 114, A03310, doi:10.1029/2008JA013768, 2009. (査読有)
- 38 Ogawa, T., N. Nishitani, Y. Otsuka, K. Shiokawa, T. Tsugawa, and K. Hosokawa, Medium-scale traveling ionospheric disturbances observed with the SuperDARN Hokkaido radar, all-sky imager and GPS network, and their relation to concurrent sporadic-E irregularities, *J. Geophys. Res.*, 114, A03316, doi:10.1029/2008JA013893, 2009. (査読有)
- 39 Otsuka, Y., K. Shiokawa, T. Ogawa, T. Yokoyama, and M. Yamamoto, Spatial relationship of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances and F-region field-aligned irregularities observed with two spaced all-sky airglow imagers and the MU radar, *J. Geophys. Res.*, 114, A05302, doi:10.1029/2008JA013902, 2009. (査読有)
- 40 Hosokawa, K., K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa, J. P. St-Maurice, G. J. Sofko, and D. A. Andre, Relationship between polar cap patches and field-aligned irregularities as observed with an all-sky airglow imager at Resolute Bay and the PolarDARN radar at Rankin Inlet, *J. Geophys. Res.*, 114, A03306, doi:10.1029/2008JA013707, 2009. (査読有)
- 41 Suzuki, S., K. Shiokawa, K. Hosokawa, K. Nakamura, and W. K. Hocking, Statistical characteristics of polar cap mesospheric gravity waves observed by an all-sky airglow imager at Resolute Bay, Canada, *J. Geophys. Res.*, 114, A01311, doi:10.1029/2008JA013652, 2009. (査読有)
- 42 Koustov, A., K. Hosokawa, N. Nishitani, T. Ogawa, and K. Shiokawa, Rankin Inlet PolarDARN radar observations of duskward moving Sun-aligned optical forms, *Ann. Geophys.*, 26, 2711-2723, 2008. (査読有)
- 43 Shiokawa, K., Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa, T. Tsugawa, T. Maruyama, S. E. Smirnov, V. V. Bychkov, and B. M. Shevtsov, Northeastward motion of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances at middle latitudes observed by an airglow imager, *J. Geophys. Res.*, 113, A12312, doi:10.1029/2008JA013417, 2008. (査読有)
- [学会発表](計7件)(主要な招待講演のみ)
Shiokawa, K., Ground-based imaging observations of magnetosphere-ionosphere coupling

processes in the inner magnetosphere, International Symposium on Solar-Terrestrial Physics, Pune, India, November 6-9, 2012.

Shiokawa, K., Response of the Earth's inner magnetosphere to the extreme interplanetary conditions, XXV IUGG General Assembly, Melbourne, Australia, June 28-July 7, 2011.

塩川和夫、大塚雄一、大山伸一郎、野澤悟徳、超高層大気イメージングシステムによる熱圏・中間圏の地上ネットワーク観測、日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ国際会議場、2010年5月23-28日。

Shiokawa, K., Y. Otsuka, and T. Ogawa, Observations of the middle and low latitude thermosphere using the Optical Mesosphere Thermosphere Imagers (OMTIs), 37th COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, July 13-20, 2008.

Shiokawa, K., Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa, T. Tsugawa, Sergey Smirnov, Vasily Bychkov, and Boris M. Shevtsov, Turning of MSTID motion from southwestward to northeastward observed by an airglow imager at Paratunka, Russia, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2008 Meeting, Busan, Korea, June 16-20, 2008.

Shiokawa, K., Y. Otsuka, T. Ogawa, Observations of small-scale waves in the mesosphere and thermosphere using multi-point airglow imagers, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2008 Meeting, Busan, Korea, June 16-20, 2008.

Shiokawa, K., Optical investigation of the ionospheric and atmospheric dynamics. How can we learn something more that is significant?, 12th International Symposium on Equatorial Aeronomy (ISEA-12), Crete, Greece, May 18-24, 2008.

〔その他〕

ホームページ等：

本研究で得られたファブリ・ペロー干渉計、高感度全天カメラ、磁力計のデータは、プロットとして以下のWebページで公開している。

<http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/omti/index.html>

<http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/magne/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塩川 和夫 (SHIOKAWA, Kazuo)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授
研究者番号：80226092

(2) 研究分担者

大塚 雄一 (OTSUKA, Yuichi)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・准教授
研究者番号：40314025

齋藤 昭則 (SAITO, Akinori)

京都大学・理学系研究科・准教授
研究者番号：10311739

(3) 連携研究者

三好 由純 (MIYOSHI, Yoshizumi)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・准教授
研究者番号：1377781

松岡 彩子 (MATSUOKA, Ayako)

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所
・准教授

研究者番号：80270437

平原 聖文 (HIRAHARA, Masafumi)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授
研究者番号：50242102

細川 敬祐 (HOSOKAWA, Keisuke)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・
准教授

研究者番号：80361830

野澤 悟徳 (NOZAWA, Satonori)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・准教授
研究者番号：60212130

大山 伸一郎 (OYAMA, Shinichiro)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教
研究者番号：20444424

小川 泰信 (OGAWA, Yasunobu)

国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号：00362210

家田 章正 (IEDA, Akimasa)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教
研究者番号：70362209

西谷 望 (NISHITANI, Nozomu)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・准教授
研究者番号：10218159

石井 守 (ISHII, Mamoru)

情報通信研究機構・電磁波計測研究所
・室長

研究者番号：20359003

久保田 実 (KUBOTA, Minoru)

情報通信研究機構・研究開発基盤整備室
・室長

研究者番号：90250670

小川 忠彦 (OGAWA, Tadahiko)

情報通信研究機構・統合データシステム研
究開発室・特別研究員

研究者番号：60271607

山本 衛 (YAMAMOTO, Mamoru)

京都大学・生存圏研究所・教授
研究者番号：20210560