

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19340141

研究課題名（和文）

大型短波レーダーによる中・高緯度電離圏プラズマ-超高層大気相互作用の研究

研究課題名（英文）

Study of the interaction between the ionospheric plasma and thermospheric neutral winds in the mid- and high-latitude region using the SuperDARN HF radar network

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：本研究では、2006年11月に稼働を開始した北海道-陸別 HF レーダーを主に活用し、北海道北方からオホーツク海、極東シベリア領域にわたる電場擾乱等の電離圏プラズマ関連現象と伝搬性電離圏擾乱等の超高層大気関連現象の間の相互作用の解明に焦点を置いて研究を進め、サブオーロラ帯電場擾乱の発生条件や伝搬性電離圏擾乱による電離圏プラズマ構造運動のメカニズム、および巨大地震後に超高層大気変動により引き起こされる電離圏プラズマ変動の特性等を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The interaction between the ionospheric plasma and thermospheric neutral winds in the mid- and high-latitude region was investigated using the SuperDARN HF radar network. The main subjects of this project are: 1) dynamics of sub-auroral polarization streams, 2) large and medium scale traveling ionospheric disturbances, and 3) coseismic ionospheric disturbances.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	13,500,000	4,050,000	17,550,000

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：(1) 大型短波レーダー (2) 電離圏、熱圏 (3) 中緯度—高緯度間結合

(4) 伝搬性電離圏擾乱 (5) 電離圏電場変動 (6) SuperDARN

## 1. 研究開始当初の背景

電離圏・熱圏変動のうち、ジュール加熱に深く関連した電離圏電場変動現象と、伝搬性電離圏擾乱等の超高層大気関連現象には深い関連があることが以前から指摘されていたが、今までは観測手段に限界があったため、その関連のメカニズムに関して不明な部分が多く残されていた。特に日本上空で見られる大規模・中規模の伝搬性電離圏擾乱は日本および周辺領域における電波通信・測位に

様々な影響を与えるが、伝搬方向から高緯度の電磁気圏変動より多大なる影響を受けていると以前から推測されているにもかかわらず、観測手段および領域が限られていたため未解明な部分が数多く残されていた。

2006年11月に稼働を開始した北海道-陸別 HF レーダーは、中緯度から高緯度域にわたる電場変動や電離圏プラズマ変動を広域にわたり高時間分解能で二次元の観測をすることが可能であり、電離圏プラズマと超高

層大気間の相互作用の研究に非常に適しているため、本研究課題の立案に至った。

## 2. 研究の目的

本研究では中・高緯度における電離圏プラズマと超高層大気間の相互作用の解明に焦点を置き、同じ観測手段で同時に二つの現象を観測できる SuperDARN レーダー、特に 2006 年 11 月に稼働を開始した北海道-陸別 HF レーダーをフル活用し、SuperDARN が従来対象外としていたサブオーロラ帯(中緯度・高緯度の中間領域)から中緯度地方にわたる領域について、両者の間の相互作用のメカニズムに関する解明を進める。

## 3. 研究の方法

研究計画期間内に極域から中緯度における電離圏プラズマ変動、超高層大気変動の現象に関する北海道-陸別 HF レーダーデータを活用し、GPS 全電子数データや大気光画像データ等の他のデータと組合せて、極域・サブオーロラ帯の電離圏プラズマ変動および、超高層大気の変動との間の関連を明らかにしていく。

## 4. 研究成果

本研究により、多数の研究結果が得られた。以下に代表的なものを記述する。

### (1) サブオーロラ帯における電場の過遮蔽現象の研究

惑星間空間磁場(IMF)が急激に変動した際に、基準状態以上に内部磁気圏電場が外部から遮蔽された結果、従来とは逆向きの中緯度電離圏電場分布が出現することを観測データ中に見出し、その電場の変動の様子が内部磁気圏の数値実験により再現できることを見出した。

### (2) 夕方サブオーロラ帯西向き高速流(SAPS)と地磁気擾乱との関連性

SAPS は地磁気擾乱時に出現することがよく知られているが、地磁気擾乱との詳細な対応は不明な部分が数多く残されていた。本研究では北海道-陸別 HF レーダーで観測した SAPS と地磁気擾乱の関係を統計的に調べた結果、SAPS の出現が赤道環電流指数(Dst)の現象と高い相関を持つことを確認した。またイベント解析と内部磁気圏の数値実験結果の比較の結果、SAPS の生成のためには赤道環電流が(非対称性を持って)発達することが必要であることも確認された。

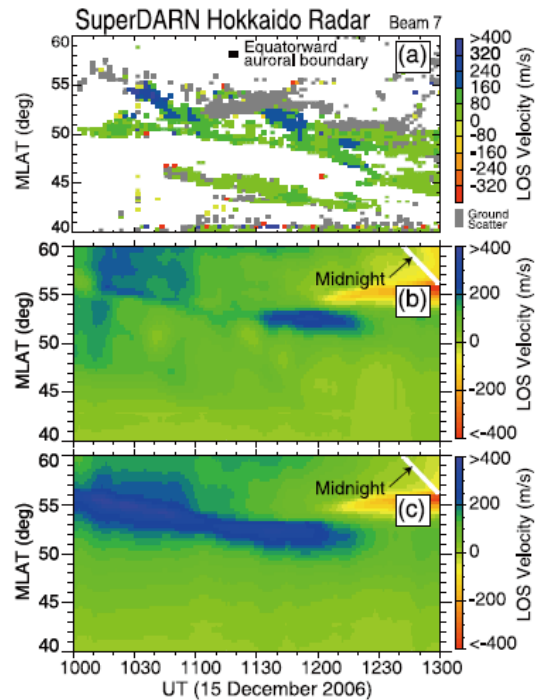


図 1. 北海道-陸別 HF レーダーで観測された夕方西向きフロー(上段)と、内部磁気圏シミュレーションで得られたフロー(中段: プラズマシートイオン分布の詳細な変化を考慮、下段: 分布を一定とする)の時間空間分布。中段の方が下段より観測結果(上段)を忠実に再現している(Ebihara et al., 2009)。

### (3) 昼間側中緯度伝搬性電離圏擾乱の研究

昼間側において観測される中規模伝搬性電離圏擾乱(MSTID)の特性を北海道-陸別 HF レーダーと高緯度の HF レーダーのデータを用い、統計解析により調べた結果、伝搬方向等の特性について中緯度と高緯度で有意な差が認められず、これから MSTID が高緯度から中緯度にわたり長距離伝搬している可能性が高いと結論づけた。

### (4) 夜側中規模伝搬性電離圏擾乱の研究

極域から中緯度へ 5,500 km を超えて長距離伝搬する夜間の中規模伝搬性電離圏擾乱(MSTID)が、スプラディック E 層(Es)からの強いエコーと同時に観測されている現象に注目し、詳細に解析した結果、MSTID と Es が磁力線に沿って電氣的に結合していることを確認し、この電氣的結合を説明するモデルを提案した。また、HF レーダーおよび大気光撮像カメラで観測した MSTID 現象の間に一対一の対応があることも確認した。

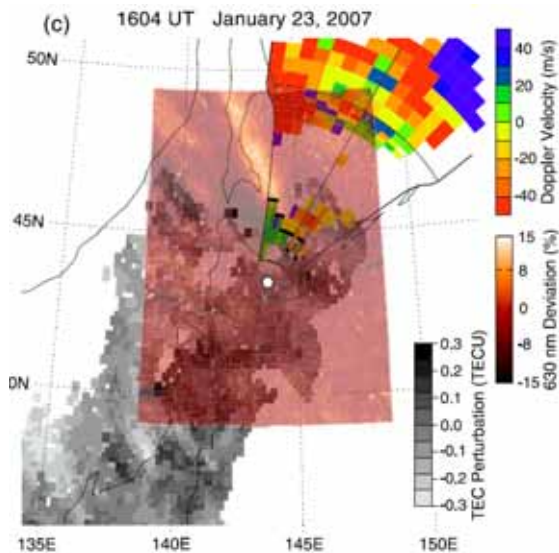


図 2. 北海道-陸別 HF レーダー、陸別大気光撮像カメラ、GPS 受信機網で捕らえた MSTID の二次元分布(Ogawa et al., 2009)。

(5) 大規模伝搬性電離圏擾乱の研究

南北双方向に長距離伝搬する昼間の大規模伝搬性電離圏擾乱(LSTID)が、HF レーダーと GPS 観測網で同時に観測された現象に注目し、解析した結果、現象中で電離圏構造の下降と総電子数(TEC)の増加が関連していることが判明し、この関係が大気重力波のモデル計算で説明できることを見出した。さらに、少なくともこの特定のイベントについては電離圏ジュール加熱を引き起こす地磁気擾乱と直接関連していないことを確認した。

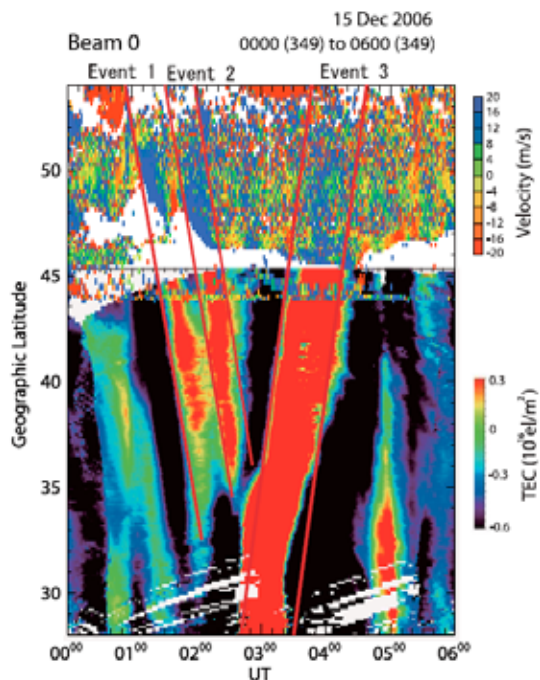


図 3. 北海道-陸別 HF レーダーと GPS 受信機網で捕らえた LSTID の時間空間変化の様子(Hayashi et al., 2009)。

(6) 巨大地震に伴う電離圏変動の研究

2011 年東北太平洋沖地震後に観測された電離圏擾乱の詳細な解析を行い、地震後 10-20 分後に 3.5-6.2 km/s の速度で伝搬する、速度分散性を持つ変動が存在することを明らかにした。また、この伝搬速度は地震表面波の伝搬速度にほぼ一致することを確認し、地震表面波による地表面の上下振動が音波を誘起してそれが大気中を上方に伝搬し、電離圏プラズマ構造の上下振動を引き起こしていると結論づけた。

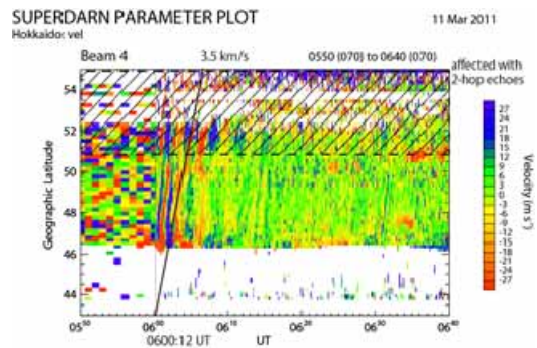


図 4. 北海道-陸別 HF レーダーが観測した 2011 年東北太平洋沖地震後に電離圏擾乱が伝搬する様子(Nishitani et al., 2011)。

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 15 件)

(1) Nishitani, N., T. Ogawa, Y. Otsuka, K. Hosokawa, and T. Hori, Propagation of large amplitude ionospheric disturbances with velocity dispersion observed by the SuperDARN Hokkaido radar after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, 891-896, 2011. (査読有)

(2) Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa, M. Hairston, and L. J. Paxton, 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)

(3) Hosokawa, K., and N. Nishitani, Plasma

irregularities in the duskside subauroral ionosphere as observed with midlatitude SuperDARN radar in Hokkaido, Japan, *Radio Sci.*, 45, RS4003, doi:10.1029/2009RS004244, 2010. (査読有)

(4) Hayashi, H., N. Nishitani, T. Ogawa, Y. Otsuka, T. Tsugawa, K. Hosokawa, and A. Saito, Large-Scale traveling ionospheric disturbance observed by SuperDARN Hokkaido HF radar and GPS networks on 15 December 2006, *J. Geophys. Res.*, 115, A06309, doi:10.1029/2009JA014297, 2010. (査読有)

(5) Kikuchi, T., Y. Ebihara, K.K. Hashimoto, R. Kataoka, T. Hori, S. Watari, and N. Nishitani, Penetration of the convection and overshielding electric fields to the equatorial ionosphere during a quasi-periodic DP2 geomagnetic fluctuation event, *J. Geophys. Res.*, 115, A05209, doi:10.1029/2008JA013948, 2010. (査読有)

(6) Koustov, A.V., 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)

(7) Suzuki S., K. Hosokawa, Y. Otsuka, K. Shiokawa, T. Ogawa, N. Nishitani, T. F. Shibata, 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)

(8) Kataoka, R., K. Hosokawa, N. Nishitani, and Y. Miyoshi, SuperDARN Hokkaido radar observation of westward flow enhancement in subauroral latitudes, *Ann. Geophys.*, 27, 1695–1699, 2009. (査読有)

(9) 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)

(10) Ebihara, Y., N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, M. -C. Fok and M. F. Thomsen, Dynamical property of storm-time subauroral rapid flows as a manifestation of complex structures of the plasma pressure in the inner magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 114, A01306, doi:10.1029/2008JA013614, 2008. (査読有)

(11) 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 MSTIDs at middle latitudes observed by an airglow imager, *J. Geophys. Res.*, 113, A12312, doi:10.1029/2008JA013417, 2008. (査読有)

(12) Koustov, A.V., N. Nishitani, Y. Ebihara, T. Kikuchi, M.R. Hairston, and D. Andre, Subauroral polarization streams: observations with the Hokkaido and King Salmon SuperDARN radars and modeling, *Ann. Geophys.*, 26, 3317–3327, 2008. (査読有)

(13) Ishida, T., K. Hosokawa, T. Shibata, S. Suzuki, N. Nishitani, and T. Ogawa, SuperDARN observations of daytime MSTIDs in the auroral and mid-latitudes: Possibility of long-distance propagation, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L13102, doi:10.1029/2008GL034623, 2008. (査読有)

(14) Ebihara, Y., N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, and M.-C. Fok, Two-dimensional observations of overshielding during a magnetic storm by the Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN) Hokkaido radar, *J. Geophys. Res.*, 113, A01213, doi:10.1029/2007JA012641, 2008. (査読有)

(15) Kataoka, R., N. Nishitani, Y. Ebihara, K. Hosokawa, T. Ogawa, T. Kikuchi, and Y. Miyoshi, Dynamic variations of a convection flow reversal in the subauroral postmidnight sector as seen by the SuperDARN Hokkaido HF radar, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L21105, doi:10.1029/2007GL031552, 2007. (査読有)

[学会発表] (計 102 件)

(1) Zou, Y., and N. Nishitani, Superposed epoch analysis of mid-latitude ionospheric convection during disturbed



periods with the SuperDARN Hokkaido radar, AGU Fall Meeting 2011, San Francisco, USA, 2011.12.5-9.

(2) Nishitani, N., T. Ogawa, T. Kikuchi, Y. Ebihara, T. Hori, Y. Zou, K. Hosokawa, R. Kataoka, and SuperDARN Hokkaido radar group, Oscillation of SAPS/SAID structures with various temporal scales observed by the SuperDARN Hokkaido radar, AGU Fall Meeting 2010, San Francisco, USA, 2010.12.13-17.

(3) Nishitani, N., Multi-Scale Traveling Ionospheric Disturbance Observed by SuperDARN (invited), BAYSIS-2009, Irkutsk, Russia, 2009.9.7-12.

(4) Nishitani, N., T. Ogawa, T. Kikuchi, Y. Ebihara, R. Kataoka, T. Hori, and K. Hosokawa, SuperDARN Hokkaido Radar Observation of Recurrent Propagating SAID/SAPS Structure, AGU Fall Meeting 2009, San Francisco, USA, 2009.12.14-18.

(5) Ichihara, A., N. Nishitani, T. Ogawa, and T. Tsugawa, Nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances propagating northward observed by the SuperDARN Hokkaido HF radar and GEONET, AGU Fall Meeting 2009, San Francisco, USA, 2009.12.14-18.

(6) Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, N. Nishitani, Y. Otsuka, T. Ogawa, and M. R. Hairston, Multi-instrumental comprehensive study of polar cap tongue of ionization during magnetic storm on December 15, 2006, AGU Fall Meeting 2009, San Francisco, USA, 2009.12.14-18.

(7) Nishitani, N., T. Ogawa, T. Kikuchi, K. Hosokawa, R. Kataoka, and Y. Ebihara, SuperDARN Hokkaido radar: Overview of 1 year observation (invited), AOGS 2008, Busan, Korea, 2008.6.16-20.

(8) Kataoka, R., K. Hosokawa, N. Nishitani, and Y. Miyoshi, SuperDARN Hokkaido Radar Observation of Subauroral Convection Flow Enhancement, AOGS 2008, Busan, Korea, 2008.6.16-20.

(9) Ogawa, T., N. Nishitani, Y. Otsuka, K. Shiokawa, T. Tsugawa, and A. Saito, Simultaneous SuperDARN Hokkaido Radar, GEONET and All-Sky Imager Observations

of Mid-Latitude Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances and Sporadic E Irregularities, AOGS 2008, Busan, Korea, 2008.6.16-20.

(10) Hayashi, H., N. Nishitani, T. Ogawa, Y. Otsuka, T. Tsugawa, K. Hosokawa, and A. Saito, LSTID event on December 15, 2006 observed by SuperDARN Hokkaido HF radar and GEONET, AOGS 2008, Busan, Korea, 2008.6.16-20.

(11) Shiokawa, K., Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa, T. Tsugawa, S. Smirnov, V. Bychkov, and B. Shevtsov, Turning of MSTID Motion From Southwestward to Northeastward Observed by an Airglow Imager at Paratunka, Russia, AOGS 2008, Busan, Korea, 2008.6.16-20.

(12) Koustov, A.V., N. Nishitani, T. Kikuchi, and Y. Ebihara, Subauroral polarization streams: Observations with the Hokkaido and King Salmon SuperDARN radars and modeling, 37th COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, 2008.7.13-20.

(13) 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 a nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbance in 630-nm airglow and HF radar echoes, AGU Fall Meeting 2008, San Francisco, USA, 2008.12.15-19.

(14) Kikuchi, T., Y. Ebihara, K.K. Hashimoto, R. Kataoka, T. Hori, S. Watari, and N. Nishitani, Convection and overshielding electric fields in the global ionosphere as observed with magnetometers and SuperDARN during the geomagnetic storm on 14-15 December 2006, AGU Fall Meeting 2008, San Francisco, USA, 2008.12.15-19.

(15) Ebihara, Y., N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, M. Fok, and M.F. Thomsen, Dynamical property of storm-time subauroral rapid flows as a manifestation of complex structures of the plasma pressure in the inner magnetosphere: Simulation and SuperDARN Hokkaido radar observation, AGU Fall Meeting 2008, San Francisco, USA, 2008.12.15-19.

(16) Nishitani, N., T. Ogawa, T. Kikuchi, R. Kataoka, K. Hosokawa, Y. Miyoshi, N. Sato, H. Yamagishi, A. S. Yukimatu, and Hokkaido Radar Group, Initial observation with the Hokkaido radar, SuperDARN Workshop 2007, Abashiri, Japan, 2007. 6. 4-8.

(17) Nishitani, N., T. Ogawa, T. Kikuchi, R. Kataoka, K. Hosokawa, Y. Miyoshi, N. Sato, H. Yamagishi, A. S. Yukimatu, and Hokkaido Radar Group, Initial results from the SuperDARN Hokkaido radar observation: Intense poleward flows near the dayside merging region at about 58 geomagnetic latitude, IUGG XXIV 2007, Perugia, Italy, 2007. 7. 2-13.

(18) Kataoka, R., N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, and Hokkaido HF radar group, Initial results from the SuperDARN Hokkaido radar observation: Nightside ionospheric convection in mid-latitudes during magnetic storms, IUGG XXIV 2007, Perugia, Italy, 2007. 7. 2-13.

(19) Ebihara, Y., N. Nishitani, T. Kikuchi, T. Ogawa, K. Hosokawa, and M.-C. Fok, First two-dimensional observations of overshielding by the SuperDARN Hokkaido radar (invited), AGU Fall Meeting 2007, San Francisco, USA, 2007. 12. 10-14.

(20) Kataoka, R., N. Nishitani, Y. Ebihara, K. Hosokawa, T. Ogawa, T. Kikuchi, and Y. Miyoshi, SuperDARN Hokkaido HF radar observation of subauroral ionospheric convection during storms (invited), AGU Fall Meeting 2007, San Francisco, USA, 2007. 12. 10-14.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

[その他]  
ホームページ等

<http://center.stelab.nagoya-u.ac.jp/hokkaido>

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

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

### (2) 研究分担者 なし ( )

研究者番号 :

### (3) 連携研究者

小川忠彦 (OGAWA TADAHIKO)  
名古屋大学・名誉教授  
研究者番号 : 61271607  
(H19 のみ研究分担者)

菊池 崇 (KIKUCHI TAKASHI)  
名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授  
研究者番号 : 70358977  
(H19 のみ研究分担者)

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  
(H19 のみ研究分担者)

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  
(H19 のみ研究分担者)