

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25287126

研究課題名(和文)北極域拠点観測による大気上下結合の研究

研究課題名(英文)Study of vertical coupling in the polar atmosphere by using multi instruments

研究代表者

野澤 悟徳 (NOZAWA, Satonori)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授

研究者番号：60212130

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：北極トロンソ(北緯69.6度、東経19.2度)に設置されたナトリウムライダーとEISCATライダーを中心とした複数観測装置による拠点観測を実施して、北極域における成層圏から下部熱圏の大気上下結合に関する観測研究を実施した。半日潮汐波振幅ピークの高度変動、大気重力波の散逸過程、スボラディックナトリウム層(SSL)生成機構、オーロラ降下粒子によるナトリウム原子密度変動、成層圏突然昇温(SSW)時における熱圏大気および半日潮汐波の変動、ISライダーデータによるジュール加熱量導出等に関して、新たな知見を得た。また、従来あまりなされていない、ナトリウムライダーを用いた上部成層圏大気温度の導出を行った。

研究成果の概要(英文)：We have studied the vertical coupling processes between atmospheres as well as between magnetosphere-ionosphere-thermosphere, mainly, based on observational data obtained with multi-instruments operated at Tromsø (69.6N, 19.2E), Norway. Results are summarized as follows: (1) we investigated a dissipation process of a gravity wave, and proposed that the background temperature structure played a role, (2) we evaluated generation mechanisms of a sporadic sodium layer, and proposed a new generation mechanism that a normal sodium ion layer is a source for sodium atoms and the south-westward electric field played a role to transport sodium ions downward, (3) we derived a zonal wave number of semidiurnal tide during an SSW event, and pointed out discrepancy with model predictions, (4) we evaluated the derivation method of joule heating, and showed a care is needed for the derivation way by IS radar data, (5) we found sodium atom depletion due to auroral particle precipitations.

研究分野：超高層大気物理

キーワード：大気上下結合 成層圏突然昇温 大気重力波 大気潮汐波 スボラディックナトリウム層 ナトリウムライダー EISCATライダー トロンソ

1. 研究開始当初の背景

極域下部熱圏・中間圏は、下層大気から上方伝搬する大気波動の影響に加えて、太陽風エネルギー注入を受ける特異な領域として長年注目を集めている。地球大気循環のターミナルに位置し、極域中間圏では、夏に上昇流、冬に下降流(ただし、数 cm/s 程度)が卓越し、大気温度構造は放射平衡から大きくはずれている。この上下流は、物質輸送の観点から興味深い。例えば、成層圏オゾンを減少させるオーロラ起源(高度 105 km 付近で主に生成)の一酸化窒素等の下方輸送(および低緯度側への輸送)の存在が指摘され、衛星観測により報告されている[例 *Randall et al., GRL, 36, 2009GL039706, 2009*]。このように極域下部熱圏・中間圏は地球大気の中で特異かつ重要な領域である。しかしながら、定性的、部分的な観測的証拠はあるが、物質およびエネルギー上下輸送を詳細な観測データ(風速、乱流拡散係数等)に基づいて、総合的かつ系統的に報告した例は皆無である。シミュレーションでも同種の計算結果が報告されているが、使用されている種々の係数(例えば、乱流拡散係数、大気重力波の散逸条件等)は、不確定性を多く含んでいるのが現状である。正しい理解を得るためには、第一に、極域下部熱圏・中間圏領域の大気温度・風速構造およびその変動を高精度観測により明らかにする必要がある。

中間圏界面付近(高度 85-100 km)では、大気重力波の多くが散逸し、乱流・擾乱を励起し、大気は時に不安定になる[例 *Sherman and She, JASTP, 68, 1061-1074, 2006; Xu et al., JGR, III, 2005JD006749, 2006*]。大気上下結合、特に、大気微量成分の下方輸送にとって、乱流拡散は重要な役割を果たしている。上部中間圏では、ほぼ常時(30-80%の時間)乱流が観測される [cf., *Hocking, ASR, 10, (12)153-161, 1990*]。乱流は、大気を加熱するとともに、運動量・エネルギー・物質を拡散する。大気上下結合のさらなる理解のためには、乱流エネルギー消散率および乱流拡散係数を正確に導出することが重要である。

極域下部熱圏・中間圏について、我々のグループではここ 10 年間、大気重力波の散逸過程、大気潮汐波の季節および日々変動、大気潮汐波のモード変動、プラネタリー波の熱圏への伝搬、オーロラ加熱による下部熱圏の変動などを調べてきており、多くの知見が得られている。最近では、成層圏突然昇温(SSW)時前後の下部熱圏・中間圏の変動を調べている(例 *Kurihara et al., GRL, 37,*

doi:10.1029/2010GL043643, 2010; Nozawa et al., JASTP, 90-91, 26-44, 2012)。これらの成果を踏まえ、北極域対流圏から熱圏までを含む地球大気の観測研究を実施するのが本申請課題である。しかし、地球大気の総合的な高精度観測は、各種の制限のため、未だ実現はしていない。現在、中間圏・下部熱圏に関し、ノルウェー・トロムソ(北緯 69.6 度, 東経 19.2 度)において、総合的かつ相補的な高精度観測が可能になっている。

太陽地球環境研究所(現宇宙地球環境研究所)および国立極地研究所のグループは、北欧において国際協同プロジェクトである、EISCAT レーダー運営に参画するとともに、複数の高性能観測装置を配備し、トロムソにて拠点観測を実施している。その中で最新鋭の装置は、ナトリウム(以下、Na)ライダーである。この Na ライダーの導入により今回提案するトロムソにおける総合的な観測研究が可能になった。新規開発した Na ライダーは、この分野で最先端の技術・経験を持つコロラド州立大学の最新技術を参考にし、さらに多くの改善を行った。大きな特徴は、5 方向同時観測が可能であることである。この Na ライダー観測により、数分程度(プラントパイサラ周期以下)の時間分解能による大気温度観測、および 10 分程度の時間分解能による大気温度の水平構造観測が可能になり、この高度領域の大気温度構造およびその変動の理解に大きなインパクトを与えると期待できる。トロムソにて稼働している観測装置群を用いることにより、北極域下部熱圏・中間圏における、大気温度および風速変動、さらには、極域電離圏におけるプラズマ変動の精密な観測が可能である。一方で、客観解析データ(MERRA)や衛星観測データ(Aura MLS, MIPAS)などが一般に公開され、対流圏から中間圏までにわたる解析データ(時間分解能 1 時間から半日程度)が利用できる。

2. 研究の目的

上層大気での大気大循環の始点・終端であり、太陽風エネルギーが注入される北極域・オーロラ帯に位置するノルウェー・トロムソにて、Na ライダー、EISCAT レーダー、流星レーダー、MF レーダー、ファブリペロー干渉計(FPI)等による熱圏・中間圏(高度 70 km 以上)の拠点観測を実施し、極域上層大気の大気温度・風速構造およびそれらの変動メカニズムを観測データに基づいて明らかにし、下層・中層大気の再解析及び衛星観測データを併せ用いて、対流圏から熱圏までの大気上

下結合過程に関する新たな知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

北極域のトロムソにて、拠点観測を実施し、極域下部熱圏・中間圏における、高精度風速・温度データを取得する。高い高度・時間分解能データを使用して、プラントバイサラ周波数、リチャードソン数、乱流エネルギー消散率、乱流拡散係数などの基本物理パラメータを導出し、その時間変動の詳細を明らかにする。Na ライダーを含む拠点観測が始まった2010年から取得されている3年分のデータを併せ用いる。これらのデータを用いて、大気重力波散逸過程、大気安定度、大気潮汐波のモード変動、SSW時の変動、オーロラ加熱による変動を調べ、個々の物理素過程について理解を深める。さらに、客観解析データや衛星観測データなどの下層・中層大気の観測データを併用して、大気上下結合研究を実施する。

4. 研究成果

(1) ナトリウムライダーを用いた北極域下部熱圏・上部中間圏の観測

2013年10月中旬から2014年3月上旬にかけて、暗夜期間にほぼ連続してライダー観測を実施した。2013年7月に4つの受信用光学ドームをガラス窓に変更し、受信雑音ノイズの低減を達成し、従来と比較して観測可能時間を約2時間延長した。10月から大気温度、風速、Na原子密度の5方向観測を主に行い、約690時間の大気温度・風速・Na原子密度データを取得した。

2014年11月下旬から2014年1月下旬にかけて、暗夜期間にほぼ連続してライダー観測を実施した。それ以外に、10月に3週間、3月に2週間程度観測を実施した。特に、2014年10月に、4つのフォトマル(PMT)を交換することにより、データ質の改善を行った。2014年シーズンにおいては、大気温度、風速、Na原子密度の5方向観測を行い、約470時間のデータを取得した。

2015年11月上旬から2016年3月上旬にかけて、暗夜期間にほぼ連続してライダー観測を実施した。2015年シーズンにおいては、大気温度、風速、Na原子密度の5方向観測を行い、約400時間のデータを取得した。また、成層圏温度を高精度で取得するために、すべての望遠鏡を鉛直に向けるモードで観測を実施し、約30時間のデータを取得した。さらに、高時間分解能でデータ取得を可能にするためにシステム改善を行い、最速0.2秒値のデータ取得を実現した。

(2) 大気重力波の上方伝搬に関する研究

地磁気活動が静穏な2010年10月29日16:30 UTから24:30 UTにおいて、みかけ周期約4時間、鉛直波長約11.9 km、水平波長約1380 km、振幅約15 K、位相速度約96 m s⁻¹の大気重力波がナトリウムライダーにより観測された。この大気重力波は、16:30 UTから21:00 UTにおいて、高度約95 km付近まで上方伝搬していたが、21:00 UT以降はさらに高高度まで伝搬していた。プラントバイサラ振動数とリチャードソン数から、21:00 UT以前には高度95 km付近で断続的に対流・力学的不安定が引き起こっていたことが明らかになった。さらに、約18:00 UTから21:00 UTにおける、MFレーダーエコー強度の増大、およびNa原子と中性大気密度混合比の高度変動におけるオーバータンの存在から、本事例で観測された大気重力波は、21:00 UT以前、対流・力学的不安定によって碎波し、散逸していたと結論した。さらに、21:00 UTを境として、以前と以後で平均温度構造を比較した。その結果、21:00 UT以降は21:00 UT以前と比較して、平均温度の鉛直勾配が緩やかであり、背景大気により安定な状態であったことがわかった。これは、背景大気温度構造の違いが、大気重力波の上方伝搬に支配的な影響を与えていたことを示唆する。

(3) EISCAT-ナトリウムライダー同時観測データに基づく、SSL生成過程の研究

オーロラ活動が活発な2012年1月22日にNaライダーで観測されたスボラディックナトリウム層(SSL)の生成機構を調べた。このSSLは21:18 UTから18分間観測され、最大Na密度およびその高度は、それぞれ $1.9 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$ 、93 kmであった。20:00-23:00 UTにおいて、EISCAT UHFレーダーによってスボラディックE(Es)層が観測された。Es層はSSL発生時間帯、SSLと同じ高度に位置していた。Es層は、SSL生成の主要機構と考えられているが、Es層内に存在するNaイオン密度の最大値を見積り、そのNaイオンがすべてNa原子に変換されたと仮定しても、SSLのNa密度の21%にしか達しないことを明らかにした。Na原子層上部に存在するナトリウムイオン密度の高度分布を過去の論文の値を用いて仮定し、観測された電場による下方輸送と化学反応によるナトリウム原子の生成・消滅の数値解析を行った。本事例では、SSLのナトリウム原子密度の88%を説明できることが分かった。これらのことから、SSLのNa原子の供給源がSSLよりも高い高度に存在していたNaイオン層であり、観測された南西向き強い電場がSSLの生成に支配的な役割を果たしたことを、ライダーとレーダーを組み合わせた総合的な観測データに

基づいて世界で初めて定量的に示した。

2012年1月24日に取得されたNaライダーとEISCAT レーダーの同時観測データを解析し、オーロラ降下粒子のNa原子密度変動への影響を調べた。その結果、このイベントでは、オーロラ電子降下に伴い、Na原子密度が顕著に減少していることが分かった。

SSLの生成に関する物理機構を新しく提案した。このモデルでは、沿磁力線電流とペダーセン電流に伴う3次元電流系が、SSLの生成に重要であることを指摘した。このモデルにより、2011年1月11日にNaライダーで観測されたSSLイベントを定量的に再現できることを示した。

(4) EISCAT レーダーとNaライダー同時観測データを用いたジュール加熱量評価

2010年10月6日と11月14日に取得されたNaライダーとEISCAT レーダーとの同時観測データを用いて、ジュール加熱量の定量的評価を行なった。11月14日のイベントでは、イオン温度と中性大気温度の差は、EISCAT レーダーデータおよび大気モデルに基づいて導出したジュール加熱量では説明できず、ジュール加熱量を低く見積もっている結果を得た。

2010年10月から2015年3月までの観測期間において、ナトリウムライダーとEISCAT UHF レーダーとの同時観測は、44晩(約160時間)に及ぶ。これらの同時観測イベントを用いて、高度100 km から110 km における中性大気温度とイオン温度の比較研究を行った。通常のISスペクトル解析で求めた高度104 km以下のイオン温度が、中性大気温度と良い一致を示す例がある一方で、系統的に(数時間以上にわたり)、中性大気温度よりも低いという結果が複数晩において得られた。この原因として考えられるのは、低電子密度、イオン-中性衝突周波数の不確定性、イオン組成等である。EISCAT UHFレーダー(931 MHz)でも、高度104 km以下では、イオン-中性衝突周波数の影響により20-30 K程度の温度誤差があることを、中性大気温度との比較により初めて定量的に明らかにした。ジュール加熱の定量評価を6晩24例について行った。24例のうち、温度差がジュール加熱量とほぼ等しいケースは10例、温度差がジュール加熱量より大きいケースは12例、温度差が負のケースは2例であった。この結果は、ISレーダーによるジュール加熱量導出手法の改善が必要であることを示している。

(5) 脈動オーロラに関する統計研究

2008年から2012年にかけてのEISCATトロムソUHF/VHFレーダーと全天高速光学機器との同時観測データを用いて脈動オーロラの統計研究

を実施した結果、1)脈動オーロラを引き起こす降下電子による電離圏電離は、背景の電離圏電子密度ピークよりも低い高度で起こること、2)真夜中側に比べ、明け方の時間帯の脈動オーロラの方が低高度で多く発生し、電離で生じる電子密度が高いこと、3)地磁気活動が活発であると、低高度でよく起きること、などが明らかになった。

(6) SSW時の熱圏・上部中間圏大気変動

2009年のSSW時における熱圏大気変動を、Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy (GAIA)シミュレーションを用いて調べた。近年の研究によりSSWの影響が熱圏高度にまで及ぶことが知られるようになってきたが、その全球的な変動の詳細は明らかになっていない。特に子午面での温度、大気循環変化に着目し経度平均した全球的な変動について調べた。2009年SSW時、温度、風速変動が全球的に生じていたことが確かめられた。熱圏高度ではSSWによって、北半球緯度60度近辺のごく限られた緯度帯を除き、ほぼすべての緯度領域で温度が減少していた。これは、SSW時、太陽放射加熱、熱伝導、力学的な断熱加熱・冷却のバランスが通常時から変化したこと起因する。特に低緯度では、大気運動に伴う断熱膨張が大きく寄与していたことが示された。また、SSW時、北半球では上向き、南半球では下向きとなる大気循環が強化された。赤道付近では、下部熱圏、上部熱圏ともに通常の50%以上の上昇流増大が計算された。子午面循環に加えて西向き風速の変動も見られた。SSW時に増大した半日潮汐波の散逸が風速変動に大きく影響しているものと考えられる。

2012年1月に発生したSSW時における下部熱圏・上部中間圏の応答を、北緯約75度に位置するペアアイランド流星レーダーとエウレカのFPIを用いて調べた。その結果、従来モデル研究から指摘されていた東西波数1の半日潮汐波の振幅増大は見られず、通常の東西波数2ないし3が支配的であることを観測データに基づいて初めて示した。

(7) トロムソおよびロングイアピンにおける中間圏ダイナミクスの変動研究

トロムソおよびロングイアピン(78.2°N, 16.0°E)において、中間圏風速が2001年から2012年の間にどのように変化したか調べた。両地点において、夏の西向きジェット強化、冬の東向き風の弱体化が確認された。また夏のジェットの高度が上昇している傾向もあるが、確証を得るにはより長期データが必要である。得られた東西風変化は、ブリュワードブソン循環が強化しているというシナリオ

に沿うものである。なお、SSWを含めるかどうかで、得られる長期変化傾向は大きく影響を受ける。

(8) 準2年振動と半日周期大気潮汐波の関係

Andenes (69°N) (トロムソデータ含む)および Juliusruh (54°N)の流星レーダーを用いて、中間圏・下部熱圏の半日周期大気潮汐波の振幅を調べた。毎年、8月から9月にかけて振幅値が赤道域成層圏の準2年振動(Quasi Biennial Oscillation Modulation: QBO)と関連して変動することが分かった。半日周期潮汐波の平均値からの低下/増加が、50 hPaにおけるQBOの西向き/東向きの状態に対応する。QBOが、南半球の停滞性の東西波数1の惑星波に影響を及ぼし、その惑星波が北半球の中・高緯度の半日周期潮汐波に影響を及ぼしていると考えられる。

(9) 超高層大気の長期変動(冷却)

モデル計算では地球温暖化により超高層大気は寒冷化することが予想されていたが、過去の観測データに基づく寒冷化の程度は、モデル計算の予測値と大きな違いが生じていた。そこで、EISCATトロムソUHFレーダーデータを用いて、精度の高いイオン温度の長期変動分布を導出した結果、極域の超高層大気は1年あたり約1.4度の温度低下が起きていることを明らかにした。この結果は、超高層大気の寒冷化が最新のモデル計算結果とも整合的に生じていることを示している。

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 32 件)

- (1) Laskar, F. I., J. L. Chau, G. Stober, P. Hoffmann, C. M. Hall, and M. Tsutsumi, Quasi Biennial Oscillation Modulation of the Middle and High Latitude Mesospheric Semi-Diurnal Tides During August-September, *J. Geophys. Res.*, in press, 2016. 査読有
- (2) Hosokawa, K. and Y. Ogawa, Ionospheric variation during pulsating aurora, *J. Geophys. Res.*, doi: 10.1002/2015JA021401, 2015. 査読有
- (3) Takahashi, T., S. Nozawa, T. T. Tsuda, Y. Ogawa, N. Saito, T. Hidemori, T. D. Kawahara, C. Hall, H. Fujiwara, N. Matuura, A. Brekke, M. Tsutsumi, 他4名, A case study on generation mechanisms of a sporadic sodium layer above Tromsø (69.6°N) during a night of

high auroral activity, *Ann. Geophys.*, 33, 941-953, doi:10.5194/angeo-33-941-2015, 2015. 査読有

- (4) Tsuda, T. T., S. Nozawa, T. D. Kawahara, T. Kawabata, N. Saito, S. Wada, C. M. Hall, M. Tsutsumi, Y. Ogawa, 他6名, A sporadic sodium layer event detected with five-directional lidar and simultaneous wind, electron density, and electric field observation at Tromsø, Norway, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 9190-9196, doi:10.1002/2015GL066411, 2015. 査読有
- (5) Wu, Q. and S. Nozawa, Mesospheric and thermospheric observations of the January 2010 stratospheric warming event, *JASTP*, 123, 22-38, doi:10.1016/j.jastp.2014.11.006, 2015. 査読有
- (6) Nozawa, S., T. D. Kawahara, N. Saito, 他6名, H. Fujiwara, Y. Ogawa, and R. Fujii, Variations of the neutral temperature and sodium density between 80 and 107 km above Tromsø during the winter of 2010-2011 by a new solid state sodium LIDAR, *J. Geophys. Res.*, 119, 441-451, doi:10.1002/2013JA019520, 2014. 査読有
- (7) Fujiwara, H., S. Nozawa, Y. Ogawa, 他4名, Extreme ion heating in the dayside ionosphere in response to arrival of a coronal mass ejection on March 12, 2012, *Ann. Geophys.*, 32, 831-839, doi:10.5194/angeo-32-831-2014, 2014. 査読有
- (8) Isono, Y., 他5名, M. Tsutsumi, M. K. Ejiri, H. Fujiwara, and H. Maezawa, Variations of nitric oxide in the mesosphere and lower thermosphere over Antarctica associated with a magnetic storm in April 2012, *Geophys. Res. Lett.*, doi: 10.1002/2014GL059360, 2014. 査読有
- (9) Huixin, L., Y. Miyoshi, S. Miyahara, H. Jin, H. Fujiwara, H. Shinagawa, Thermal and dynamical changes of the zonal mean state of the thermosphere during the 2009 SSW: GAIA simulations, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2014JA020222, 2014. 査読有
- (10) Ogawa, Y., T. Motoba, S. C. Buchert, I. Haggstrom and S. Nozawa, Upper atmosphere cooling over the past 33 years, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5629-5635, doi:10.1002/2014GL060591, 2014. 査読有
- (11) Takahashi, T., S. Nozawa, M. Tsutsumi, C. Hall, S. Suzuki, T. T. Tsuda, T. D. Kawahara, N. Saito, 他3名, H. Fujiwara, 他4名, A case

- study of gravity wave dissipation in the polar MLT region using sodium LIDAR and radar data, *Ann. Geophys.*, 32, 1195-1205, doi: 10.5194/angeo-32-1195-2014, 2014. 査読有
- (12) Pedatella, N. M., T. Fuller-Rowell, H. Wang, H. Jin, Y. Miyoshi, H. Fujiwara, 他6名, The neutral dynamics during the 2009 sudden stratosphere warming simulated by different whole atmosphere models, *J. Geophys. Res.*, 119, 1306-1324, doi:10.1002/2013JA019421, 2014. 査読有
- (13) Hall, C. M. and M. Tsutsumi, Changes in mesospheric dynamics at 78°N, 16°E and 70°N, 19°E: 2001–2012, *J. Geophys. Res.*, 118, 1-13, doi:10.1002/jgrd.50268, 2013. 査読有
- (14) Matuura, N., T. Tsuda, and S. Nozawa, Field-Aligned Current Loop Model on Formation of Sporadic Metal Layers, *J. Geophys. Res.*, 118, doi:10.1002/jgra.50414, 2013. 査読有
- (15) Tsuda, T., S. Nozawa, T. D. Kawahara, T. Kawabata, N. Saito, S. Wada, Y. Ogawa, S. Oyama, C. M. Hall, M. Tsutsumi, 他4名, Decrease in sodium density observed during auroral particle precipitation over Tromsø, Norway, *GRL*, 40, 4486-4490, DOI: 10.1002/grl.50897, 2013. 査読有

〔学会発表〕(計 51 件)

- (1) Nozawa, S., S. Takita, T. Hibino, T. Kawabata, A. Mizuno, N. Saito, 他 4 名, H. Fujiwara, and Y. Ogawa, Sodium LIDAR observations above Tromsø, *International GEMSIS and ASINACTR-G2602 Workshop*, Nagoya Univ., Nagoya, March 22-25, 2016.
- (2) 野澤悟徳、川原琢也、小川泰信、津田卓雄、藤原均、斎藤徳人、和田智之、高橋透、堤雅基、川端哲也、C. Hall, A. Brekke, 冬期北極域上部中間圏・下部熱圏における鉛直運動, *The 6th symposium on Polar Science*, 16-19 November 2015, NIPR, Tokyo.
- (3) 藤原均, 低高度衛星観測から期待される超高層大気研究の進展, 第2回「超低高度衛星の利用に向けた超高層大気ワークショップ」, 2015年9月2日, 情報通信研究機構. 基調講演
- (4) 野澤悟徳、ライダー・レーダー観測からみる下部熱圏・中間圏の変動現象、*中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会*(2015年8月31日-9月1日)、情報通信研究機構、招待講演
- (5) Nozawa, S., T. Tsuda, H. Fujiwara, Y. Ogawa, T. Kawahara, N. Saito, S. Wada, M. Tsutsumi, 他 8 名, Study of the Upper Mesosphere and the Lower Thermosphere by Using the Sodium LIDAR at the EISCAT Tromsø Site, Norway, *AOGS2015*, Singapore, 2 to 7 August 2015.
- (6) 堤雅基, C. Hall, ノルウェー北極域における長期流星レーダー観測, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月 24-28 日
- (7) Ogawa, Y., T. Motoba, S. C. Buchert, I. Haggstrom and S. Nozawa, Upper atmosphere cooling over the past 33 years, *ISAR-4*, Toyama, Japan, April 28, 2015.
- (8) Nozawa, S., T. D. Kawahara, T. Tsuda, N. Saito, M. Tsutsumi, S. Wada, H. Fujiwara, T. Takahashi, T. Kawabata, Y. Ogawa, 他 4 名, Variations of neutral temperature and winds in the polar mesosphere and lower thermosphere above Tromsø, *CAWSES-II symposium*, Nov 18-22, 2013, Nagoya Univ.
- (9) Tsutsumi, M. and D. Murphy, Characteristics of Short Period Tidal Components in Antarctic MLT above Syowa and Davis, *CAWSES-II Symposium*, Nagoya Univ., Nov 18-22, 2013.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/~nozawa/indexldata.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野澤 悟徳 (NOZAWA SATONORI)
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授
研究者番号：60212130

(2) 研究分担者

小川 泰信 (OGAWA YASUNOBU)
国立極地研究所・国際北極環境研究センター・准教授
研究者番号：00362210
藤原均 (FUJIWARA HITOSHI)
成蹊大学・理工学部・教授
研究者番号：50298741
堤雅基 (TSUTSUMI MASAKI)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号：80280535

(3) 連携研究者

斎藤徳人 (SAITO NORIHITO)
国立研究開発法人理化学研究所・光量子工学研究領域・上級研究員
研究者番号：90333327