

かぐや衛星 UPI-TEX による太陽風動圧変化時における酸素イオン散逸への考察 Spatio-temporal of the O⁺ outflow caused by enhancement of the solar wind dynamic pressure : KAGUYA UPI-TEX observation

村越 貴成^{1*}, 高田 拓¹, 山崎 敦², 吉川 一朗³

Takanari Murakoshi^{1*}, TAKADA Taku¹, YAMAZAKI Atsushi², YOSHIKAWA Ichiro³

¹ 高知工業高等専門学校電気情報工学科, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 東京大学

¹Electrical Engineering and Information Science, Kochi National College of Technology, ²Institute of Space and Astronautical Science / Japan Aerospace Exploration Agency, ³The University of Tokyo

地球周辺の酸素イオンは、1980年以降の衛星観測により多量に極域の電離圏から磁気圏へ散逸されていることが観測された。しかしながら、酸素イオンが、いつ、どの程度の量、散逸されているかは明らかになっていない。本研究では、月周回衛星かぐや (SELENE) に搭載されている極端紫外光望遠鏡 (UPI-TEX) を用いて、太陽風動圧の増大に伴って地球周辺で発生する酸素イオン散逸について考察する。観測から得られた O⁺ 散乱光の空間分布に、磁場モデルをマッピングし、閉じた磁力線内と開いた磁力線上の O⁺ 散乱光の時間変化を各々見積もった。結果より、太陽風動圧の増大に伴って O⁺ が散逸していることが確認できた。さらに、閉じた磁力線内では、その後も O⁺ の増加がたびたび起こっており、それらはオーロラ活動と相関があることが分かった。

キーワード: かぐや衛星, UPI-TEX, 酸素イオン, 磁場モデル, 地磁気活動度

Keywords: KAGUYA Satellite, UPI-TEX, Oxygen ion, Magnetic field model, Geomagnetic activity

れいめい衛星観測によるオーロラ波動構造と電子加速領域の関係

Study of the relationships between auroral wave structures and the auroral acceleration region: Reimei observations

杉本 将一^{1*}, 敷地 辰也¹, 高田 拓¹, 浅村 和史², 坂野井 健³, 山崎 敦²

Masakazu Sugimoto^{1*}, SHIKIJI, Tatuya¹, TAKADA, Taku¹, Kazushi Asamura², Takeshi Sakanoi³, Atsushi Yamazaki²

¹ 高知工業高等専門学校電気情報工学科, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ³ 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター

¹Electrical Engineering and Information Science, Kochi National College of Technology, ²JAXA/ISAS, ³PPARC, Tohoku University

オーロラの波動構造は、成長に伴って活発に動き、やがて壊れていく。オーロラを光らせる電子は、高度数千 km に位置する電子加速領域で加速を受ける。そのため、加速領域内のポテンシャル構造は、波動構造の成長に何らかの影響を与えていると考えられる。しかしながら、加速領域や降り込み粒子の特徴と、オーロラの波動構造の成長過程の関連は明らかになっていない。本研究では、磁気圏が静穏で安定した状態で、オーロラ波動構造の成長過程を調べた。2007年1年間の降り込み電子とオーロラ波動構造の対応がある13個のイベントを対象とし、れいめい衛星に搭載されている多波長オーロラカメラ (MAC) と粒子観測機 (ESA) の同時観測モードのデータを用いた。加速領域内の電位と電場の推定を行うため、粒子データの Inverted-V 型電子構造に着目し、Characteristic Energy を導出した。電子の分布関数のピークのエネルギー差から加速領域内の磁力線平行電位を求めた。また、ピークエネルギーの空間変化から磁力線に垂直な電場を導出した。電位や電場の値と、オーロラ波動構造の成長過程を調べた結果、加速領域内の電場や電位が強いほど、波動の時間変動が活発であることが分かった。

キーワード: れいめい衛星, オーロラ波動構造, Characteristic Energy, Inverted-V 型電子構造, 電子加速領域

Keywords: REIMEI Satellite, Aurora wave structure, Characteristic Energy, Inverted-V type electronic structure, Electron acceleration region

4 f_{ce} auroral roar の偏波特性について The polarization of 4 f_{ce} auroral roar emissions

佐藤 由佳^{1*}, 小野 高幸²
Yuka Sato^{1*}, Takayuki Ono²

¹ 国立極地研究所, ² 東北大学大学院理学研究科

¹National Institute of Polar Research, ²Graduate School of Science, Tohoku University

This is a report on the first polarization measurements of auroral radio emissions near 4 times the electron cyclotron frequency (f_{ce}) in the Earth's polar ionosphere. Sato et al. [2012] discovered auroral roar emissions near ionospheric $4f_{ce}$, which were detected with a passive receiver installed in Svalbard, Norway (Invariant LAT 75.1N). The initial observations, performed for about a year, showed that $4f_{ce}$ roar emissions were detected from 5.27 to 5.70 MHz during moderate geomagnetic disturbances in 22 days between May and September 2011 only from noon to evening, while no event occurred during the 2010-2011 winter season. Examination of 2011-2012 polarization measurement data in Iceland (Invariant LAT 65.3N) reveals four events of $4f_{ce}$ roar emissions. $4f_{ce}$ roar in two events was observed to be left elliptically polarized with respect to the local magnetic field during daylight hours. This polarization is consistent with the idea supported by the observation in Svalbard; the origin of $4f_{ce}$ roar is mode conversion to the L-O mode of upper hybrid waves favorably generated under the condition of $f_{UH} \sim 4f_{ce}$. The other two events showed that $4f_{ce}$ roar was right elliptically polarized during darkness hours. This polarization indicates that nonlinear coupling of two upper hybrid waves may also works in the bottomside auroral ionosphere to generate R-X mode $4f_{ce}$ roar.

キーワード: オーロラ, 電波伝搬, 地上観測

Keywords: aurora, radio propagation, ground-based observation

低緯度、涌谷観測所における電離層アルフベン波共鳴現象の解析 Ionospheric Alfvén resonance observed at a low-latitude station, Wakuya

生松 聡^{1*}, 能勢 正仁², 阿部 聡³

Satoshi Oimatsu^{1*}, Masahito Nose², Satoshi Abe³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学大学院理学研究科, ³ 国土交通省国土地理院測地部物理測地課地磁気係

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²Graduate School of Science, Kyoto University, ³Geomagnetism Sec., Physical Geodesy Div., Geodetic Dept., Geospatial Information Authority of Japan

Ionospheric Alfvén resonance (IAR) can be identified in dynamic power spectrum plot as a spectral resonance structure in the frequency range of 0.1 Hz - 7.0 Hz. Most of previous studies about IAR were done for mid- to high-latitudes. Only a few studies reported IAR at low latitude station, Creta (33.1 deg geomagnetic latitude (GMLAT)) [e.g., T. Bosinger et al., 2004]. There is a report that no IAR was found near Tokyo [Hayakawa, 2004]. We, however, observed a clear signature of IAR in data obtained by an induction magnetometer at Wakuya (29.7 deg GMLAT). To our knowledge, this is an IAR observed at the lowest geomagnetic latitude. Then we performed a statistical study using the induction magnetometer data recorded at Wakuya from 2007 to 2009. The sampling rate of the data is 15 Hz. We identified IAR by a criterion that a spectral harmonic structure has three bands. IAR occurred from evening to dawn with the maximum occurrence rate around 0300 LT. There is a seasonal variation that few events were found in May to September, but there were a lot of events in October to April. The harmonic frequency gradually increases over evening to post midnight, reaches the maximum around 0300 LT, and then decreases until dawn. The average frequency difference between two adjacent harmonics dF also has seasonal change. dF is larger in winter than in summer. The occurrence rate of IAR has no clear relation to the Dst index, while it has a weak negative correlation with the Kp index.

タスマニア-ニュージーランド地磁気観測網による磁力線共鳴振動の詳細観測 A Study of Field Line Resonances using data from the Magnetometer Array in the Tasmania and New Zealand Region

尾花 由紀^{1*}, 塩川和夫², 寺本万里子², 柿並義宏³, 才田聡子⁴, 吉川顕正⁵, 田中良昌⁶, Frederick W. Menk⁷, Colin L. Waters⁷, Craig J. Rodger⁸

Yuki Obana^{1*}, Kazuo Shiokawa², Mariko Teramoto², Yoshihiro Kakinami³, Satoko Saita⁴, Akimasa Yoshikawa⁵, Yoshimasa Tanaka⁶, Frederick W. Menk⁷, Colin L. Waters⁷, Craig J. Rodger⁸

¹ 大阪電気通信大学工学部基礎理工学科, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所, ³ 高知工科大学システム工学群, ⁴ 新領域融合研究センター, ⁵ 九州大学理学研究院地球惑星科学部門, ⁶ 国立極地研究所, ⁷ School of Mathematical and Physical Sciences, The University of Newcastle, ⁸ Department of Physics, The University of Otago

¹ Department of Engineering Science, Osaka Electro-Communication University, ² Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ³ School of Systems Engineering, Kochi University of Technology, ⁴ Transdisciplinary Research Integration Center, ⁵ Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, ⁶ National Institute of Polar Research, ⁷ School of Mathematical and Physical Sciences, The University of Newcastle, ⁸ Department of Physics, The University of Otago

タスマニア-ニュージーランド地域に展開した地磁気観測網データによる ULF 周波数帯の地磁気脈動観測研究の成果を報告する。我々は2011年2月と2012年3月にそれぞれ Middlemarch (MDM, -45.35°, 170.05°), Te Wharau (TEW, -41.2°, 175.8°) に磁力計を設置し、運用を続けている。この地域には他に Intermagnet の Eyrewell (EYR, -43.4°, 172.4°), Newcastle 大学と IPS が運用する Launcestone (LAU, -41.68°, 147.18°), Hobart (HBT, -42.88°, 147.35°) の地磁気観測点があり、これらのデータを用いて L^{2.1-2.8} Re の中緯度領域における ULF 地磁気脈動、特に磁力線共鳴振動の詳細観測を行った。cross-phase 法で L^{2.6} Re の磁力線共鳴振動周波数を調べたところ、2012年4月23日と7月13日に、異常に低い共鳴周波数が観測された。この異常低周波数は、磁力線が明け方の昼夜境界線付近を通過する時刻帯に観測されており、磁力線両端の電離層が強い電気伝導度非対称を持つ際に現れる 1/4 波長モード波の可能性が高いと考えられる。現在共鳴特性等更なる調査を進めている。また、磁力線共鳴振動周波数からは、磁気圏赤道面のプラズマ質量密度を推定することができる。ニュージーランドとその磁気共役点では、これまで高時間分解能の地磁気多点観測が行われておらず、従ってこの経度上の L²⁻³ Re におけるプラズマ質量密度の長期モニタリングも行われてこなかった。我々の研究により、磁気嵐中のプラズマ圏の枯渇・再充填や静穏期のプラズマ圏密度などが明らかになりつつあり、他の経度と比較検討が進められている。講演ではこれらの解析結果を紹介するとともに、タスマニア-ニュージーランド観測網の主要な研究テーマである、昼夜境界付近に代表される非一様な電離圏環境下での磁気圏-電離圏結合、またその結果としての磁力線共鳴構造の変化について、研究の展望を述べる。

キーワード: 磁力線共鳴振動, プラズマ圏, 内部磁気圏, ULF 波動, 磁気圏-電離圏結合

Keywords: field line resonance, plasmasphere, inner magnetosphere, ULF wave, magnetosphere-ionosphere coupling

円周魚眼デジタルカメラのステレオ撮影によるオーロラ発光高度の推定 Stereo measurement of auroral emission altitudes using circular fisheye digital cameras

重松 界^{1*}, 三好 由純¹, 片岡 龍峰², 田中 正行², 山下 淳³, 森 祥樹⁴, 久保 堯之³, Don Hampton⁵, 荻野 竜樹¹
Kai Shigematsu^{1*}, Yoshizumi Miyoshi¹, Ryuho Kataoka², Masayuki Tanaka², Atsushi Yamashita³, Yoshiki Mori⁴, Takayuki Kubo³, Don Hampton⁵, Tatsuki Ogino¹

¹ 名大 STE 研, ² 東京工業大学, ³ 東京大学, ⁴ 静岡大学, ⁵ アラスカ大学

¹STEL, Nagoya University, ²Tokyo Tech, ³University of Tokyo, ⁴Shizuoka University, ⁵University of Alaska

オーロラの発光高度とその形態を知ることは発生メカニズムの理解を深める基本的な研究であり、本研究は、デジタルカメラで撮影された画像を用いてオーロラ微細構造の発光高度を推定することを目的とする。新しい撮像機器を用いて発光高度とその形態を詳細に追求することは、オーロラの発生メカニズムの理解を深めるための基礎である。我々は2009年よりアラスカの Poker Flat Research Range (PFRR) の山頂に1セット、さらにPFRRの入口付近あるいはPFRR近くの Skiland にもう1セット魚眼レンズを搭載したデジタルカメラを設置し、3-60秒の撮影間隔でオーロラのステレオ撮像を行ってきた。撮影を開始してから3シーズンの間、観測地点間距離を3-8km、使用するカメラを Nikon D90、D7000、D3s、D3x、D4 と条件を変えて観測を行ってきた。これまでの3年間で撮影した画像はすでに3TBを超える。デジタルカメラを用いた撮像は、従来の CCD カメラに比べて高い空間分解能を持ち、フルカラーでの観測が可能であり、安価での観測が可能であるといった利点がある。オーロラの発光高度を推定するためには、2地点の画像を補正したあと、仮定する発光高度を変えながら地理座標変換を行い、2地点の画像が一致する高度を検出する Plane Sweep 法を用いる。この画像の補正のために、魚眼レンズで撮影された全天画像を星の位置を用いて絶対座標に変換する手法を用いた [Mori et al,2012]。現在までに13例の高度推定を行っており、得られた推定高度はおおよそ110kmから160kmであった。発表では、より多くの例について高度を推定した結果について報告する。

Keywords: auroral altitude, plane sweep, stereo fisheye digital cameras

全天偏光撮像器とスキャンング偏光フォトメータによるオーロラ O I 630.0nm 発光の同時観測

Simultaneous measurement of auroral O I 630.0nm polarization using an all-sky polarimeter and a scanning polarimeter

鍵谷 将人^{1*}, Ryan Swindle², 門司 浩幸¹, 坂野井 健¹

Masato Kagitani^{1*}, Ryan Swindle², Hiroyuki Monji¹, Takeshi Sakanoi¹

¹ 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター, ² ハワイ大学天文学研究所

¹PPARC, Tohoku University, ²IfA, University of Hawaii

異方性をもつ電子による衝突励起発光は、磁力線に鉛直方向から観測した場合、偏光する可能性が示唆されている (Percival and Seaton 1958)。特に、O I 630.0nm の電子衝突励起発光については、近年のモデル計算により、最大で 15% の偏光が生じることが示唆されている (Bommier et al., 2011)。観測される最大偏光度は、主に電子のピッチ角分布に依存するため、オーロラの偏光度情報から電子ピッチ角のリモートセンシングへの発展が期待できる。本研究では、校正手法を含めた全天偏光観測の手法を確立し、オーロラの偏光度の次空間変動を導出することを目的とした。

オーロラ 630.0nm 発光の偏光観測は、2013 年 1 月 6 日から 1 月 19 日の期間に米国アラスカ州ポーカーフラットにおいて実施した。観測にはハワイ大学天文学研究所で開発された全天偏光イメージャと東北大学で開発された狭視野のスキャンング偏光フォトメータを用いた。これらの 2 つの観測装置は、視野の広さと偏光度の導出精度において互いを補い合う役割を持つ。全天偏光イメージャは全天撮像光学系に 2 つの液晶電気可変リターダと偏光ビームスプリッターを組み合わせ、2 台の CCD カメラで偏光成分 (4 ストークスパラメータ) を測定する。また、偏光フォトメータは回転ステージにマウントされた 1/4 波長板と偏光ビームスプリッタ組み合わせ、2 台の光電子増倍管で全天偏光イメージャと同様の偏光成分の測定を行うことができる。

全天偏光イメージャによる初期解析結果より、磁気子午線に沿ったオーロラ 630.0nm 発光の直線偏光度が、磁気天頂から磁力線垂直方向 (天頂角 77 度) にかけて 0+/-2% から 2+/-2% に変化している分布がとらえられた。磁力線と視線方向のなす角の増加に伴い、偏光度が増加する結果は、磁力線に沿って降下する電子による衝突励起発光の偏光分布が捉えられたことを強く示唆する。また 2013 年 1 月 10 に観測されたサブストームイベントについて、サブストームオンセット付近の前後で偏光度が 1.5% から 2.5% に増大する様子にとらえられた。講演では降下電子のピッチ角分布と偏光度の変化について議論を行う予定である。

キーワード: 偏光, オーロラ, O I, 6300

Keywords: polarimeter, auroral, O I, 6300

北海道におけるカラーデジタルカメラによる低緯度オーロラの観測 Observation of low-latitude aurora by color digital cameras in Hokkaido

鈴木 秀彦^{1*}, 千野遥¹, 佐野康男², 田口 真¹
Hidehiko Suzuki^{1*}, Chino Haruka¹, Yasuo Sano², Makoto Taguchi¹

¹立教大学, ²なよろ市立天文台
¹Rikkyo University, ²Nayoro Observatory

低緯度オーロラとは、激しい磁気嵐の際に、オーロラ発生領域が低緯度へ拡大し、比較的高高度で発光する酸素原子の 630.0 nm 発光などが、中緯度帯からも観測される現象である。しかし、その出現頻度は低く、原因となる降り込み粒子の特性など、未解明な点が多い。日本国内における低緯度オーロラの観測記録としては、Shiokawa et al., [2005] による 1999 年-2004 年における北海道陸別 (43.5°N) および母子里 (44.4°N) での高感度光学装置 (イメージャー、フォトメーター) を用いた観測結果がある。この報告によれば、主にサブストームの回復相で発生する Stable Auroral Red Arc (SAR Arc) の 630.0 nm 発光が、肉眼で捉えることが可能な強度 (数 kR) レベル (数 kR) で記録されている。この報告には、肉眼での同時観測報告は明記されていないが、同日の同時刻帯において北海道名寄市内で、低緯度オーロラと思われるカラー画像が得られていることが分かった。本研究では、これらの画像から推察される低緯度オーロラのパラメーター (出現緯度帯、時刻、色) を Shiokawa et al., [2005] による報告と比較し、その発生メカニズムや出現分布について推定した。

キーワード: 低緯度オーロラ, 磁気圏, イメージング, 北海道, 名寄
Keywords: Low latitude aurora, magnetosphere, imaging, Hokkaido, Nayoro

磁気嵐中におけるオーロラブレイクアップの統計解析 Statistical analysis of auroral breakups during magnetic storm

竹内 亮太^{1*}, 家田 章正¹
Takeuchi Ryota^{1*}, Akimasa Ieda¹

¹ 名古屋大学 STE 研
¹ STEL

オーロラは、磁気圏から電離圏へ降り込む荷電粒子によって起こされる現象であり、その夜側では、主に地磁気緯度 62-72 度付近で発生する。オーロラが突発的に明るくなり、形がダイナミックに変化する現象があり、それをオーロラブレイクアップという。その開始位置の変動は、主として惑星空間磁場 (IMF) に支配されていると考えられている。

一方、本研究では、磁気圏の擾乱である磁気嵐の影響に着目し、磁気嵐中におけるオーロラブレイクアップの変動、特に発生位置の統計解析を行った。オーロラブレイクアップの発生時刻・位置は、Polar 衛星が撮影した画像を用いて作成された、Liou et al. (2010) のリストを用いた。磁気嵐の発生時刻・フェイズは、SC(地磁気の急増)と、磁気圏環状電流のプロキシである SYM-H 地磁気指数から定めた。

統計解析の結果、オーロラブレイクアップが開始する磁気地方時は、磁気嵐の主相において、朝側にずれることを発見した。このずれの原因を理解するために、オーロラブレイクアップの磁気地方時と、IMF-By 成分などとの相関を調べ、磁気嵐と非磁気嵐時の違いを議論する。

キーワード: オーロラ, 磁気嵐
Keywords: aurora, agnetic storm

SuperDARN 北海道-陸別第一・第二レーダーの現況報告(2013.2) Status report on the SuperDARN Hokkaido East / West radars (2013.2)

西谷 望^{1*}, 堀 智昭¹, 寺本 万里子¹, 小川 忠彦², 菊池 崇¹, 行松 彰³, 堤 雅基³, 宍山勝也¹

Nozomu Nishitani^{1*}, Tomoaki Hori¹, Mariko Teramoto¹, Tadahiko Ogawa², Takashi Kikuchi¹, Akira Sessai Yukimatu³, Masaki Tsutsumi³, Katsuya Sakoyama¹

¹ 名大 STE 研, ² 情報通信研究機構, ³ 国立極地研究所

¹STEL, Nagoya Univ., ²NICT, ³NIPR

SuperDARN 北海道-陸別第一・第二レーダーの最新状況について報告する。

第一レーダーは2006年11月より稼働を開始し、現在までほぼ継続的に稼働している。最近では流星エコーデータ解析のための時系列データ用ソフトウェア整備を進めており、流星エコーから統計的に中性風分布を求める手法の確立を目指している。同手法は昭和レーダーや Iceland レーダーにおいて適用された事があるが、デジタル受信機を用いた最新のデータについては未適用であった。もしも本手法を新式のレーダーについて確立することができれば、世界各国のレーダーデータにも適用できることになり、流星レーダーの一大ネットワークが新たに立ち上がることになる。講演では最新の流星エコー解析状況、およびその他の状況についてについて説明する。

一方、第二レーダーは平成24年度補正予算で採択された。これはビームを北方向～北西方向に向けて従来のレーダーで捕らえられなかった中緯度-サブオーロラ帯域をカバーするものであり、視野を共有するレーダーを建設中であるロシア・イルクーツクの太陽地球系物理学研究所 (ISTP) との共同研究も進めている。レーダーの位置、第一レーダーとの干渉対策、無線局免許等解決しなければならない問題は多く存在するが、着実に作業を進めている。このレーダーの最新状況についても紹介する予定である。

キーワード: SuperDARN 北海道-陸別第一・第二レーダー, 電離圏, 磁気圏, 熱圏, ダイナミクス, 国際協力

Keywords: SuperDARN Hokkaido East / West radars, ionosphere, magnetosphere, thermosphere, dynamics, international collaboration

昭和基地 SENSU SuperDARN レーダーのイメージング化と将来展望 (2) Syowa SENSU SuperDARN imaging radar and the future perspective (2)

行松 彰^{1*}, 佐藤 夏雄¹
Akira Sessai Yukimatu^{1*}, Natsuo Sato¹

¹ 国立極地研究所

¹National Institute of Polar Research

1995年より、国際短波帯レーダーネットワーク観測プロジェクトである SuperDARN の一翼を担ってきた SENSU 昭和基地 HF レーダーの空間分解能を飛躍的に向上させる為のイメージング化の準備を更に進めている。この詳細な進捗状況を報告する。さらに、イメージング化の実現によって飛躍的發展が期待される、オーロラや電離圏不規則構造近傍の詳細な電離圏電場構造の観測による電磁圏・磁気圏結合物理素過程の研究、FTE や TCV 等のメソスケールの過渡的現象や波動現象、電離圏不規則構造自体の生成消滅物理素過程の研究、更には、高精度中性風や PMSE 等の観測による中間圏下部熱圏研究への貢献、また、飛翔体観測、他の地上ネットワーク乃至拠点観測との連携の具体的な観測計画等について議論し、将来を展望する。

キーワード: SuperDARN, 昭和基地, イメージング, 電磁圏結合, オーロラ, 中間圏・下部熱圏
Keywords: SuperDARN, Syowa, imaging, MI coupling, aurora, MLT region

IMAGE FUV と SuperDARN による沿磁力線電流分布の導出 Deriving maps of field-aligned current from IMAGE FUV and SuperDARN

細川 敬祐^{1*}, 小川 泰信², 吉川 顕正³

Keisuke Hosokawa^{1*}, Yasunobu Ogawa², Akimasa Yoshikawa³

¹ 電気通信大学大学院情報理工学研究科, ² 国立極地研究所, ³ 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

¹Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications, ²National Institute of Polar Research,

³Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Many efforts have been made for deriving the spatial distribution of field-aligned currents (FACs) in the high-latitude ionosphere. To date, however, it has been still difficult to construct a map of FACs as a snap shot without any assumptions. In this study, we employ the ionospheric conductances estimated from the IMAGE/FUV auroral images together with the electric field deduced from Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN), and then derive a map of FACs in the high-latitude. The primary objective is to visualize the mesoscale structure of FACs in the vicinity of auroral bulges. If the 2D distribution of the bulge-associated FACs is clarified, the closure of the substorm currents can be discussed in terms of the magnetosphere-ionosphere coupling system. We have estimated the distribution of FACs for two case examples, one on September 25, 2001 and the other on January 12, 2002. During both intervals, nicely developing auroral bulges were observed by the IMAGE satellite and lots of backscatter echoes were obtained by the SuperDARN radars, which is a favorable condition for estimating the distribution of FACs in the vicinity of auroral bulge. We demonstrate how the procedure works in deriving the FAC system and discuss the closure of the substorm current system from the initial results.

地磁気急始に伴う中低緯度電離圏電場応答の磁気地方時依存性 MLT dependence of the response of ionospheric electric fields at mid-low latitude during geomagnetic sudden commencement

高橋 直子^{1*}, 笠羽 康正¹, 新堀 淳樹⁵, 西村 幸敏², 菊池 崇³, 長妻 努⁴

Naoko Takahashi^{1*}, Yasumasa Kasaba¹, Atsuki Shinbori⁵, Yukitoshi Nishimura², Takashi Kikuchi³, Tsutomu Nagatsuma⁴

¹ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻, ² 京都大学生存圏研究所, ³ Department of Atmospheric and Oceanic Sciences University of California, Los Angeles, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁵ 情報通信研究機構

¹ Dep. Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, ² Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ³ Department of Atmospheric and Oceanic Sciences University of California, Los Angeles, ⁴ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁵ National Institute of Information and Communications Technology

本研究は地球電離圏 磁気圏結合系において太陽風擾乱を起源とする大規模電場の伝搬過程を明らかにすることを目的として、低軌道衛星による電離圏電場データ解析を実行している。今回は台湾の ROCSAT-1 衛星による電離圏電場直接観測データを用いた、中低緯度における地磁気急始 (geomagnetic sudden commencement; SC) 時の電離圏電場の変動特性について報告する。

SC は太陽風擾乱による地球磁気圏の圧縮に伴い生成される電磁流体波の電離圏伝搬により発生し、Chapman-Ferraro 電流・沿磁力線電流・電離圏電流から構成される3次元電流系により説明できる [Araki, 1994]。これに伴う電場の電離圏全球瞬時伝搬が、HF Doppler 観測による電離圏電場 [Kikuchi, 1986] 及びあけぼの衛星観測によるプラズマ圏電場 [Shinbori et al., 2006] で知られている。プラズマ圏電場では上向きポインティングフラックスが Cluster 衛星により発見され、電離圏から極域磁気圏への電場伝搬の存在 [Nishimura et al., 2010] から、SC 時のプラズマ圏電場は電離圏電場起源であることが推定される。

ROCSAT-1 衛星は低高度電離圏電場を直接観測した稀有な衛星である。この衛星は高度 600km に軌道を持ち、観測期間 (1999/1/27 ~ 2004/6/16) が太陽活動極大期と重なるため、多数の SC を捉えている [Shinbori et al., 2009]。観測データからは、SC 発生時に Preliminary Impulse (PI)、Main Impulse (MI) に相当する電場変動が示されている [Su et al., to be submitted]。しかし地上磁場変動との同時性や電場変動の MLT 分布は調べられておらず、電場の侵入過程の理解にはこれらを明確にする必要がある。過去の研究では地上磁場から導出された電離圏電流を基に解析されてきたが、この場合磁気圏電流と電離圏電気伝導度の影響を含む。そこで電離圏電場の直接観測によりその影響を取り除き、SC 時の電離圏電場の時空間発展の解明を行う。

基となる観測データは ROCSAT-1 衛星に搭載された IPEI (Ionospheric Plasma and Electrodynamics Instrument) で捉えたドリフト速度であり、これを IGRF-10 磁場モデルと結合させて in-situ 電場を導出した。地磁気観測点は 1 秒分解能の測定があるキングサーモン、マガダン、パラツンカ、沖縄、ヤップ、サンルイス、サンタマリアの計 8 地点を採用した。データは Shinbori et al. (2009) で定めた SC イベントを基に、(1) IPEI が観測を行った 1999/3/11 ~ 2004/6/13 の期間で、(2) PI の振幅が昼間側磁気赤道域で 2nT 以上、かつ (3) Preliminary Reverse Impulse (PRI) が高緯度及び昼間側磁気赤道域で検出、の 3 条件で抽出した。

該当イベントは計 203 例あり、そのうち 44 例で地上磁場での SC 検出とほぼ同時に電離圏電場でオンセットが確認された。この全ての事例で、地上観測された PI や MI に対応する電離圏電場の変動、例えば昼/夜側で PI 電場方向が逆、といった特徴を見出すことができた。この結果は PRI 及び MI 電場が伝導電流に伴うポテンシャル場であり、それが全球に瞬時伝搬していることを示唆する。地磁気観測点と衛星の MLT が全く異なる場合でも電場と地磁気変動が同期していることから、SC 時の電離圏電場は MLT に依存せず瞬時伝搬すると考えられる。これは、あけぼの衛星による内部磁気圏電場の応答事例と同様である [Shinbori et al., 2006]。

これら比較的大規模で電場変動が良好にみられるイベントについて、Superposed Epoch Analysis による統計解析も行った。電場で比較的明確に PI が見られたイベントを抽出し、時刻基準は各電場データの PI のピーク時刻とした上で PI 電場の LT 分布を求めた。その結果、LT=6-21h では PRI が見られたのに対し LT=21-6h で Preliminary Positive Impulse (PPI) が見られ、HF Doppler 観測による先行研究 [Kikuchi et al., 1985] の結果との一致が確認できた。また電場直接観測では初めて evening enhancement が検出された。この結果は赤道域電離圏電場の日変化 [Fejer et al., 1991] と類似しており、磁気圏起源の電場の関与が推定される。

本研究では、SC 時の電離圏電場の直接観測により、地上磁場観測では分離が困難な磁気圏電流や電気伝導度の影響を受けずに PI・MI に対応する電場変動と MLT 依存性を明らかにした。これらの結果は赤道域電離圏電場が瞬時応答し、それが極域からの対流電場の侵入によることを示している。また evening enhancement の検出は SC 時の電場伝搬過程と日変化をもたらす電場に類似性があり、その形成過程に磁気圏からの侵入電場の影響があることを示唆している。

Pc5、DP2の伝播特性による電離圏電流の同定 Ionospheric current identified by propagation characteristics of Pc5 and DP2

松下 拓輝^{1*}, 吉川 顕正¹, 魚住 禎司², 池田 昭大³
Hiroki Matsushita^{1*}, Akimasa Yoshikawa¹, Teiji Uozumi², Akihiro Ikeda³

¹九州大学大学院理学院, ²国際宇宙天気科学・教育センター, ³鹿児島工業高等専門学校

¹Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²International Center for Space Weather Science and Education, ³Kagoshima National College of Technology

It is well known that DP2 variation observed at the equator is a result of constructing of ionospheric current between polar regions and equator [Kikuchi et al., 1996]. Furthermore, Motoba et al., [2002] mentioned that global Pc5 can be caused by current systems similar to DP2 current system in Ionosphere. However, mechanism and propagation path of such global current especially between polar regions and equatorial ionosphere are not well known.

To clarify connection path of ionospheric current system between polar and equatorial ionosphere, we analyzed global distribution of ULF pulsations using MAGDAS/CPMN network [K. Yumoto et al., 2006 and 2007]. In this study, we especially focus on polarization, amplitude and LT dependence of ULF pulsations. The electric field data observed by HF radars are used for identification of Cowling effect at the dip-equator and dawn-dusk terminator.

長期 EISCAT データを用いた電離圏トラフの構造変動の研究 Multi-timescale statistical analysis of ionospheric trough with long-term EISCAT dataset

石田 哲朗^{1*}, 小川 泰信², 門倉 昭²
Tetsuro Ishida^{1*}, Yasunobu Ogawa², Akira Kadokura²

¹ 総合研究大学院大学, ² 国立極地研究所

¹The Graduate University for Advanced Studies, ²National Institute of Polar Research

本研究の目的は、北極域電離圏のオーロラ帯/サブオーロラ帯トラフ(以下、トラフ)を統計的に解析し、トラフの基本構造を支配する背景の物理を明らかにすることである。

トラフは、電離圏内の電子密度が急激に減少する領域を指し、磁気圏のリングカレントと磁力線を介して結合していると考えられている。そのため、トラフの成因を明らかにすることで、電離圏のみならず、磁気圏 - 電離圏結合過程の研究に貢献することができる。さらに、トラフのエッジ付近で生じる急激な電子密度減少が、HF帯の電波伝搬やGPS衛星の測位精度に強い影響を与えることが指摘されているため、トラフの成因の理解は情報通信分野へ貢献することも期待される。

トラフの直接的な成因は、電離圏加熱に伴う解離再結合反応であると考えられている。しかし、様々な物理・化学過程がこの解離再結合反応を駆動させるため、これまでのイベント解析や短期間の統計解析ではトラフの特徴を因果関係も含めて理解することは極めて困難であった。そこで本研究では、国立極地研究所に整備された29年間(1983年~2011年)のEISCAT磁気子午面スキャンデータベースを利用して、これまで実現できなかった大規模な統計解析を実施し、様々な時間スケールでトラフの空間構造がどのように変動するかを調査している。これまでに得られたトラフの特徴は以下の通りである。

(1) 夜側のトラフはどの季節も定常的に形成される一方で、昼側のトラフは太陽天頂角の違いで形成される経度帯が変化するため、その発生頻度に季節変化が現れる。

(2) Kp指数の上昇に伴い、トラフの馬蹄状の構造がpre-midnightに張り出しながら、低緯度側へシフトする。

(3) F10.7指数の上昇に伴い、トラフ周辺の電子密度は増え、トラフの溝は深くなる。

発表では、本研究で用いた解析手法と共に、上記のトラフの特徴とその成因について議論する。

キーワード: EISCAT, 電離圏, トラフ

Keywords: EISCAT, Ionosphere, Trough

電離圏カスプ域の数キロメートルスケールのプラズマ密度構造 Plasma density structure at scales of a few kilometers in the cusp

岡野 雄一^{1*}, 田口 聡¹

Yuichi Okano^{1*}, Satoshi Taguchi¹

¹ 電気通信大学

¹UEC

電離圏には様々なスケールの密度構造が存在していることが知られているが、10km以下の構造については、最近のレーダーや全天カメラの高空間分解能観測でもその特性の同定が難しい。本研究では、そのようなスケールのプラズマ密度構造を対象として、それが成長するにはどのような条件が必要となるのか、どのような場所で多く発生するのかを衛星観測のデータの統計解析から明らかにした結果を報告する。Dynamics Explorer 2 衛星の Retarding potential analyzer のイオン密度観測装置からの16ミリ秒値のデータを主に解析した。これにより数キロメートルサイズの構造の特徴が同定可能である。背景のプラズマ密度プロファイルを知るために、このデータに加えて Langmuir Probe からの電子密度の0.5秒値を用いた。イオンの対流速度と電子温度のデータも併せて、衛星の20ヶ月の観測期間に対して昼間のローカルタイムを観測したイベントを解析した。背景のプラズマ密度に対して擾乱がどれほどの大きさの振幅をもつのかに焦点を置いた。

カスプに通常見られる速い対流の最大速度の緯度で擾乱の観測位置を規格化して統計解析を行い、振幅の平均的な大きさの空間分布を導出した。大きな振幅は、速いフローの緯度とその極側に広がって発生していることが明らかになった。低緯度側にはそのような擾乱はほとんど発生していなかった。また、振幅の大きさは、背景密度の勾配と電子温度と正の相関をもっていることも明らかになった。対流速度の大きさや速度勾配との関連性は同定できなかった。密度勾配との関連性は、gradient drift 不安定性から期待されるものであり、これまでに受け入れられている理解と矛盾はない。電子温度との関連性については、電子温度の高い領域とカスプ降下電子のフラックスの高い領域が概ね一致するため、温度そのものが重要なのか、電子の降下による電子密度の増大が実際に関わっているのかを明らかにする必要がある。電子密度プロファイルを詳細に調べた結果、増加の特徴は見られなかった。このことは、電子温度そのものがキロメートルスケールの密度構造の出現に重要であることを示している。

キーワード: カスプ, プラズマ密度構造, プラズマフロー, 電子温度

Keywords: cusp, plasma density structure, plasma flow, electron temperature

トロムソにおけるGNSS受信機を用いたシンチレーション観測 Observation of GNSS scintillation in Tromso

伊藤 裕作^{1*}, 大塚 雄一¹, 塩川 和夫¹, 細川 敬祐², 小川 泰信³
Yusaku Ito^{1*}, Yuichi Otsuka¹, Kazuo Shiokawa¹, Keisuke Hosokawa², Yasunobu Ogawa³

¹ 名大 STE 研, ² 電通大, ³ 極地研
¹STEL, Nagoya Univ., ²UEC, ³NIPR

人工衛星から送信された電波は、電離圏中に生じたプラズマ密度不均一構造を通過することにより回折する。このため、地上で受信した信号は振幅及び位相の変動を伴う。この現象をシンチレーションという。現在、GPSをはじめとするGNSS(Global Navigation Satellite System)受信機が広く普及し電離圏観測においても有力な手段の一つとなっている。GNSS受信機で観測されるシンチレーションは数100m～数kmのスケールのイレギュラリティによるものである。

本研究では、2012年1月にノルウェーのトロムソ EISCAT(欧州非干渉散乱)レーダーサイトにGNSS受信機を1台設置した。L1、L2の2周波をサンプリング周波数50Hzにて受信し、振幅・位相シンチレーションや全電子数の連続観測を開始した。2012年9月11日からは受信機を2台追加し、3台での連続観測を開始した。3台の受信機をそれぞれ172m、242m、218m離して設置した。それぞれの受信機で得られた信号強度及び位相変動の相関から電離圏イレギュラリティのドリフト速度を測定することができる。

本講演では、GNSS受信機を用いたシンチレーション観測の概要と初期観測を示す。また、光学観測機器との同時観測によりシンチレーションがオーロラのどの部分で発生するのかを明らかにする。