

名古屋大学太陽地球環境研究所附属

# ジオスペース研究センター

Geospace Research Center

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University



名古屋大学太陽地球環境研究所 附属

ジオスペース研究センター

〒464-8601

名古屋市千種区不老町

TEL: 052-747-6306 (代) FAX: 052-747-6313

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

表紙：陸別観測所にある北海道 - 陸別短波レーダーのアンテナ。

背景の夜空に、内部重力波による大気光中の縞構造が見える。

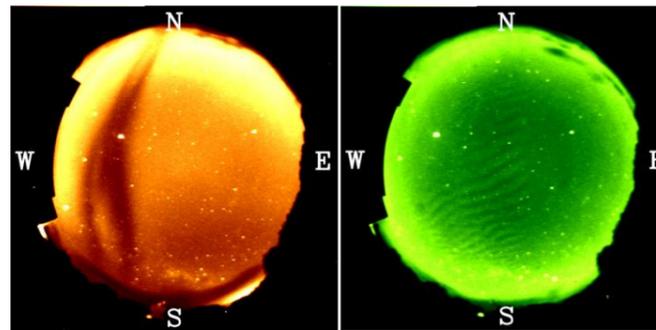
© ジオスペース研究センター

2011.2

# ジオスペース研究 Study of Geospace

ジオスペースは、太陽から絶え間なく放出される電磁波、磁場、荷電粒子などを受けてダイナミックに変動する、地球をとりまく広大な空間です。ジオスペースは、太陽活動に依存して変動しており、宇宙や地球の環境、私たちの経済や社会活動にも様々な形で影響を及ぼします。その変動のメカニズムを解明し、予測を可能にすることが緊急の課題になっています。ジオスペースの研究は、太陽-地球空間を一つのシステムとして扱う総合科学であり、多岐の学問領域にまたがる視点が重要です。

“Geospace” is a name for the region occupied by the Earth’s space environment. It is centered on the Earth and extends at least 100,000 km upward from the atmosphere. Energy inputs to geospace come primarily from the Sun. These inputs come from charged particles as well as electromagnetic waves, including sunlight. Geospace is characterized by a continually changing environment, the knowledge of which requires study of the Sun, of the Earth, and of all the space between them.

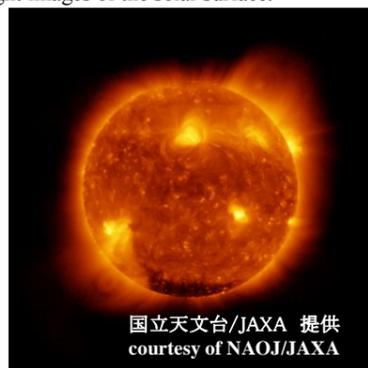


インドネシア・スマトラ島で、夜間大気光を通して撮影された電離圏のプラズマバブル(左)と中間圏の大気重力波(右)。これらの超高層大気の構造は、人工衛星との通信障害を引き起こしたり、大気のグローバルな循環を左右したりします。

Plasma bubble in the ionosphere (left) and atmospheric gravity waves in the mesopause region (right) observed through airglow images at Sumatra Island, Indonesia. These structures in the upper atmosphere cause interference of radio communication between satellite and ground and affect dynamic variation of the middle atmosphere.

太陽活動の変動は、ジオスペース環境を変化させる源です。太陽表面で頻りに起こっているフレアなどの活発な活動を、太陽の軟X線画像で見ることができます。

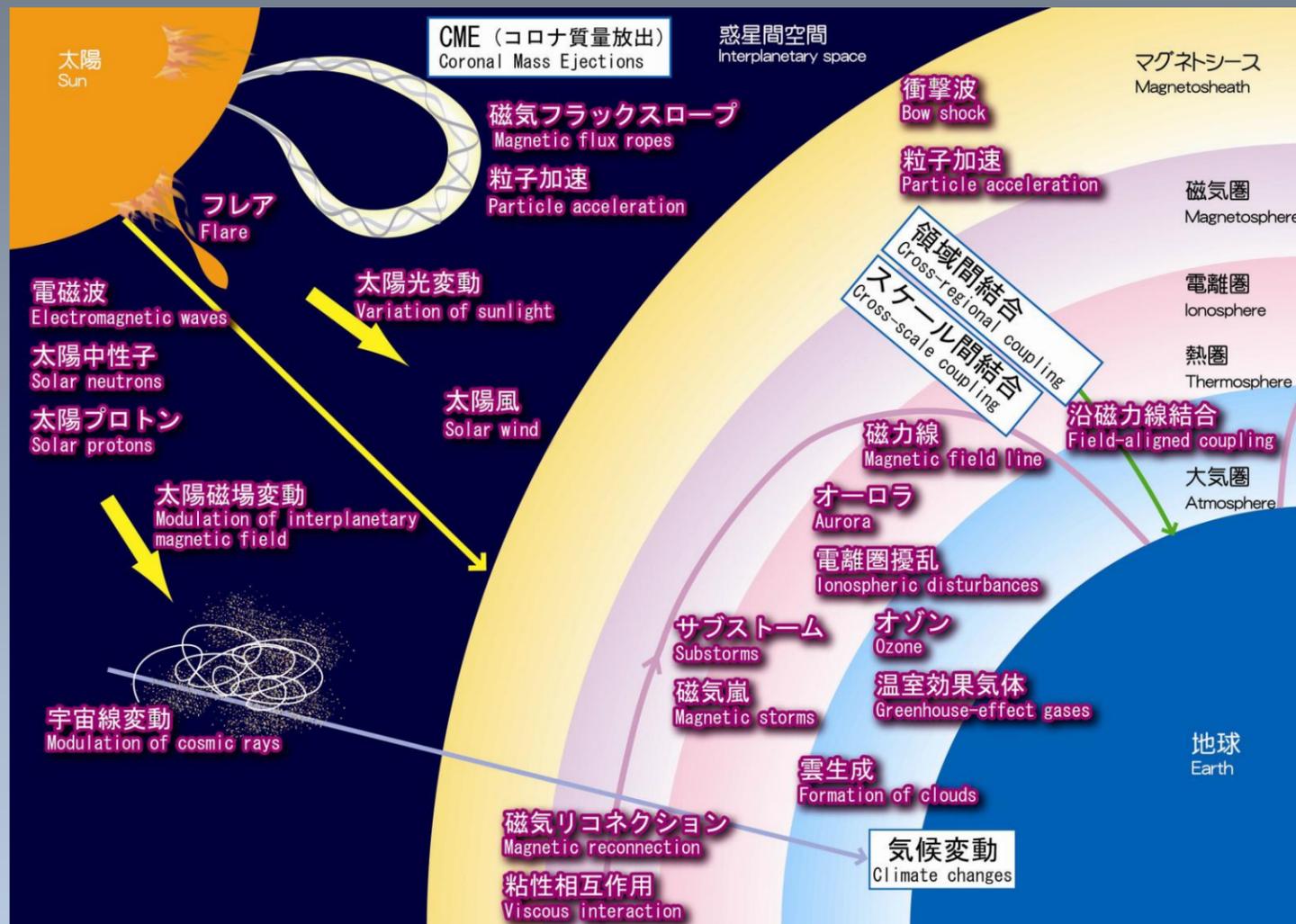
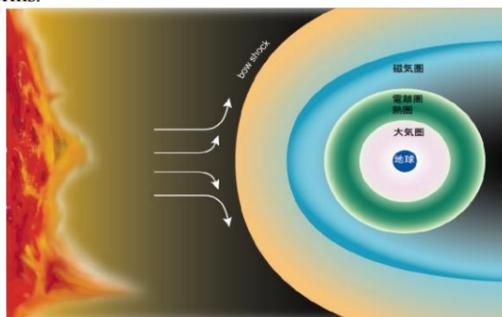
The Sun is the major source of variations in the geospace environment. Solar events such as flares and coronal mass ejections (CMEs) are commonly seen in X-ray and visible-light images of the solar surface.



国立天文台/JAXA 提供  
courtesy of NAOJ/JAXA

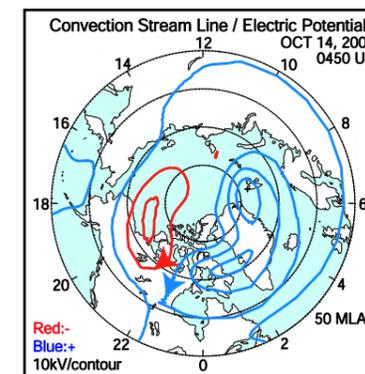
フレアなどの太陽表面活動に関連して、高エネルギー粒子や大量のプラズマが惑星間空間に放出されます。そのエネルギーと物質の一部は、太陽風-磁気圏-電離圏-熱圏の領域間結合を通して、太陽から地球へと輸送されていきます。

CMEs carry plasma, energy, and magnetic disturbances through the heliosphere that surrounds the Sun. CMEs that happen to be directed toward Earth disturb geospace from the solar wind through the magnetosphere and ionosphere to the thermosphere, thereby causing events known as geomagnetic storms.



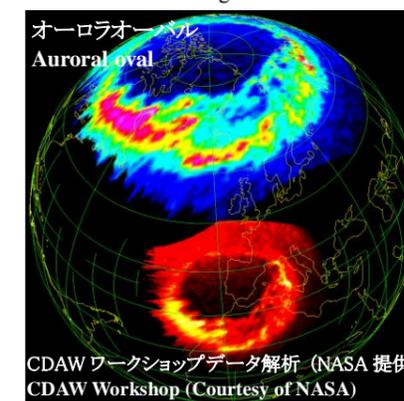
電離圏磁気圏の擾乱現象は、地磁気の観測データを用いて電離圏の電気ポテンシャルや電離層電流を導出するKRM法などのモデリングや、コンピュータシミュレーションによって解析します。

Disturbances in the magnetosphere and ionosphere are studied by making remote and *in situ* measurements, as well as by running numerical models such as the KRM model to simulate selected events on computers.



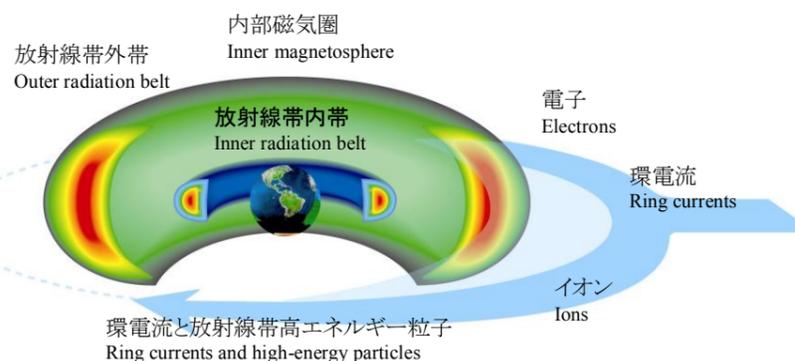
サブストーム/磁気嵐の発生に伴ってオーロラは増光し、オーロラオーバルは低緯度に拡がり、同時にその幅も広がります。南極のオーロラは地球の内側から透かして見えています。

Geomagnetic storms are also characterized by a brightening of the auroral oval surrounding the magnetic pole. The auroral oval extends to lower magnetic latitudes than usual during a geomagnetic storm. Auroral brightenings of shorter duration are known as substorms. Southern aurora is seen through the Earth.



太陽から地球磁気圏へと運び込まれて蓄積されたプラズマによって突発的に発生するサブストーム/磁気嵐は、磁気圏尾部からの粒子入射に伴う環電流と放射線帯高エネルギー粒子の増減に影響を与えます。これらのジオスペース環境の変動過程の解明は宇宙天気研究の重要な課題です。

Disturbances of geospace also affect the Earth’s radiation belts. Particle radiation intensities decline during a geomagnetic storm and radiation-belt intensities subsequently recover. Study of variations of the ring current and radiation belts are important to a field of study known as “Space Weather.”



# ジオスペース研究センター Geospace Research Center

ジオスペース研究センターは、太陽から地球大気までのエネルギーと物質の輸送・循環過程に関する系統的解明を目指し、所内研究部門や所外共同研究者と連携・協力して、領域をまたぐ横断的共同研究プロジェクトを立ち上げ、その遂行に中心的役割を担うことを目的としています。センターは、プロジェクトの企画・統括を行うマネジメント部と、プロジェクト研究の実践・支援を担うプロジェクト推進部、そして分野横断的な観測協力が機動的に実施できるように一元的に編成された観測所群から構成されています。

The purpose of the Geospace Research Center (GRC) is to coordinate and promote joint research projects on dynamical processes in geospace, including energy flow and transformation of the solar-terrestrial system. The Center consists of a Management Section, a Research Projects Section, four Observatories, and two Stations.

## マネジメント部 Management Section

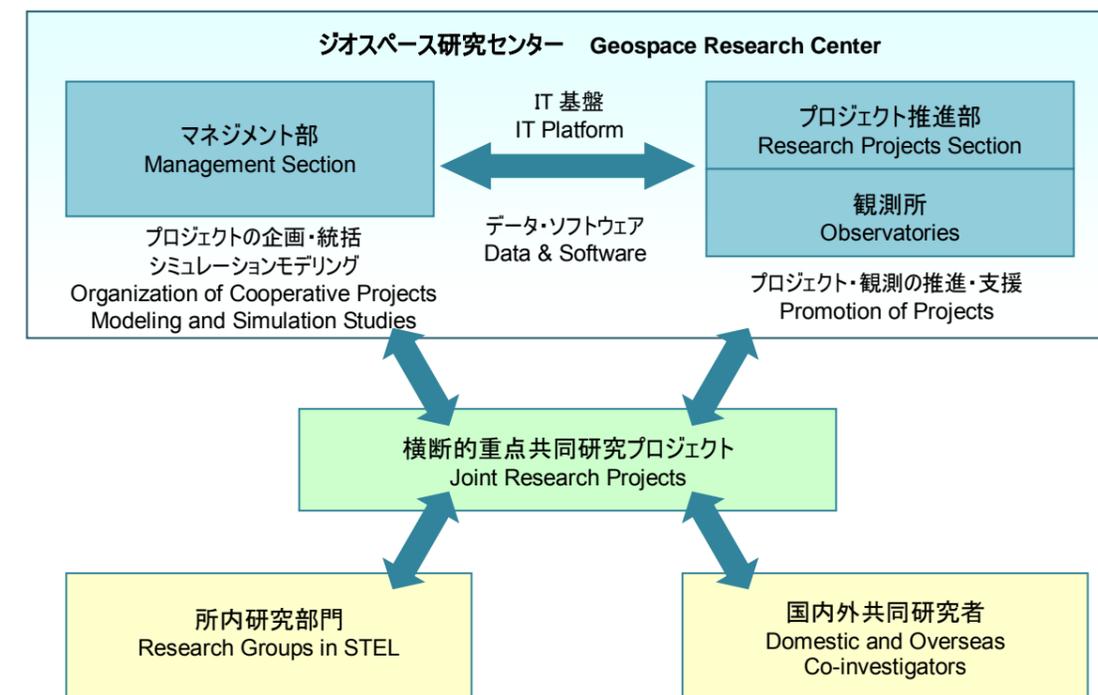
研究プロジェクトを企画・統括し、プロジェクトで取得されたデータおよび国内の他の研究機関で得られた大量の研究情報やデータを集約して、高速検索が可能なデータベースを構築します。また、モデリング・シミュレーション研究との連携・協力も支援し、構築されたデータベースをネットワークを通じて国内外に発信する、太陽地球環境科学のポータル(玄関)としての役割も果たします。

The Management Section organizes joint research projects in cooperation with research groups in the Laboratory, as well as with researchers at other institutions in Japan. This Section also promotes the construction of comprehensive databases and conducts modeling/simulation studies.

## プロジェクト推進部 Research Projects Section

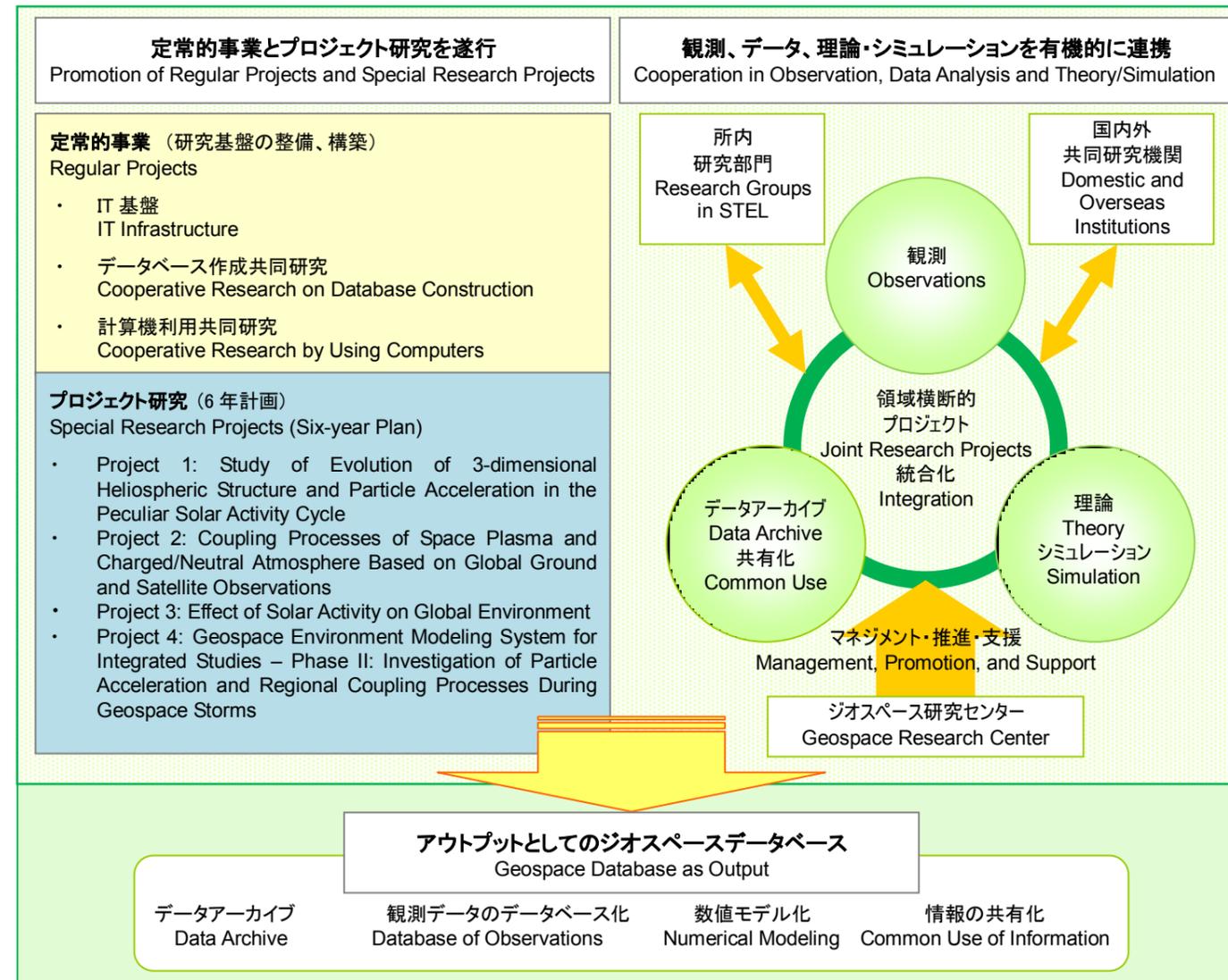
ジオスペースの定常観測を実施し、4つのプロジェクト推進のための観測方法・機器・ソフトウェア開発などを行い、分野・領域を横断する研究を遂行します。

The Research Projects Section conducts joint projects and also carries out routine observations. Four such projects are currently in progress.



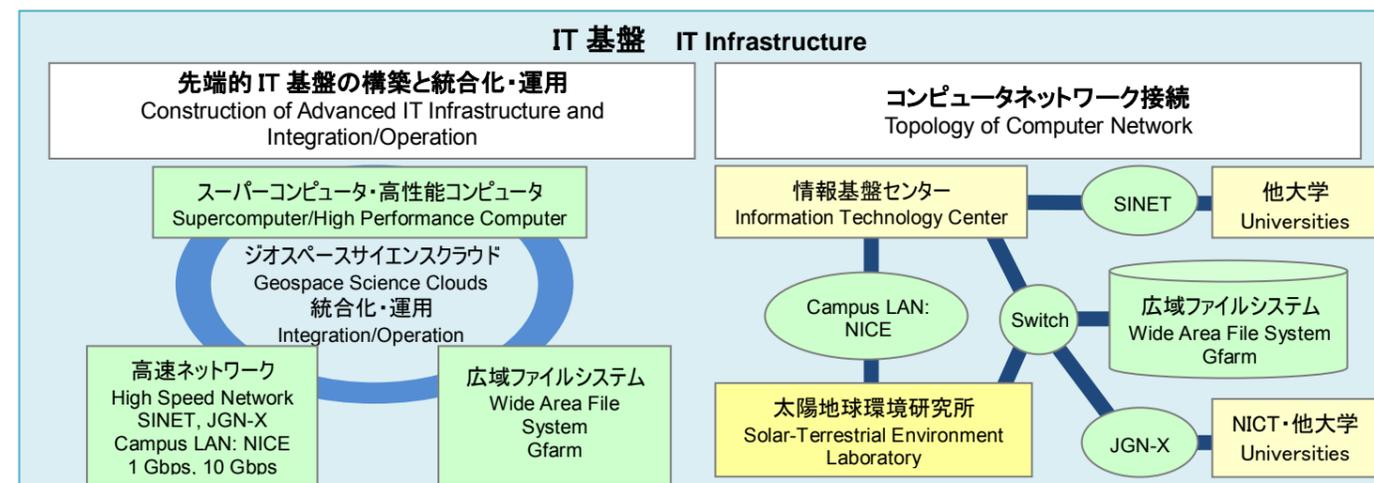
ジオスペース研究センターは、センターと所内研究部門・国内外共同研究者との研究連携によって領域横断的共同研究プロジェクトを遂行し、データアーカイブ、データベース化、数値モデル化、研究情報の共有化を行うことにより、研究成果を発信します。

The Geospace Research Center carries out joint research projects in cooperation with research groups in the Laboratory and with collaborating research scientists elsewhere. It promotes the compilation of data archives, construction of databases, numerical modeling, and common use of research information.



ジオスペース研究センターは、国内外研究機関との連携・協力のもとに、観測、データ解析、理論・シミュレーションを有機的に統合した定常的事業とプロジェクト研究を遂行して、ジオスペース研究における重要課題の素過程と領域間結合の解明に迫ります。

The Geospace Research Center conducts regular and special projects to study elementary processes and cross-regional coupling in geospace. It does this by integrating three approaches: observations, data analysis, and theory/simulation.



ジオスペース研究センターは、情報基盤センターや情報通信研究機構 (NICT) と連携・協力して、スーパーコンピュータと高速ネットワークと広域ファイルシステムを接続した先端的な IT 基盤の構築と統合的な運用を推進します。

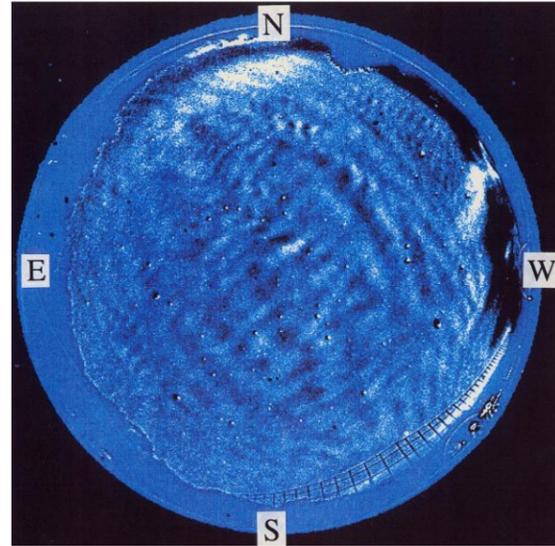
The Geospace Research Center promotes construction and integration/operation of advanced IT infrastructure composed by supercomputer, high speed network and wide area file system (Gfarm) in collaboration with the Information Technology Center of Nagoya University and NICT (National Institute of Information and Communications Technology).

# ジオスペース研究基盤を支える共同研究 Cooperative Research Program for Basic Study of Geospace

## データベース作成共同研究 Cooperative Research on Database Construction

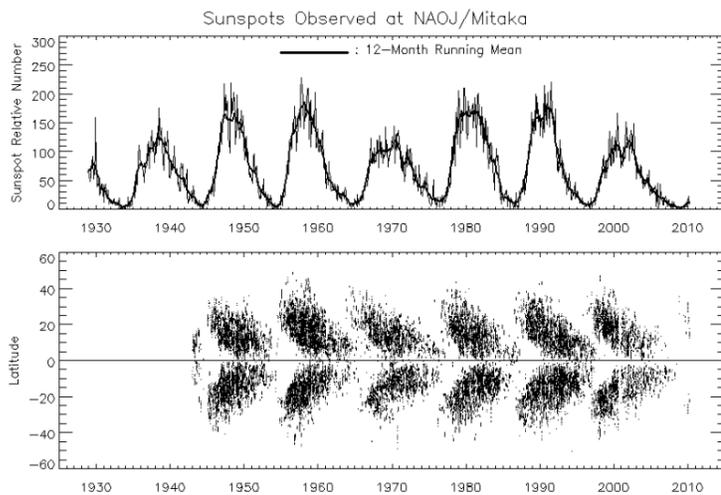
太陽地球環境の研究は、太陽から地球までの間で引き起こされる多様かつ複雑な現象を系統的に理解することを目的としています。このために、衛星や地上に設置された様々な観測機器によって取得された多種多様のデータを活用した解析が行われます。観測データは、単に取得しただけでは活用が難しく、ノイズ処理、較正、誤差解析など一連の処理を実施し、データベースとして整備して初めて生きたデータとなります。ジオスペース研究センターでは、平成8年度以来「データベース作成共同研究」を実施し、所内・所外の研究者と協力してデータベースの整備を行ってきました。

The aim of the Solar-Terrestrial research is to obtain comprehensive understanding of variety of complex phenomena occurring in the space between Sun and Earth. To do so, analyses of various data taken by ground and satellite instruments are being done. Such data, however, are difficult to use efficiently without making database by processing properly. To make such databases, Geospace Research Center is conducting database production collaboration with researchers in STEL and other research institutes.



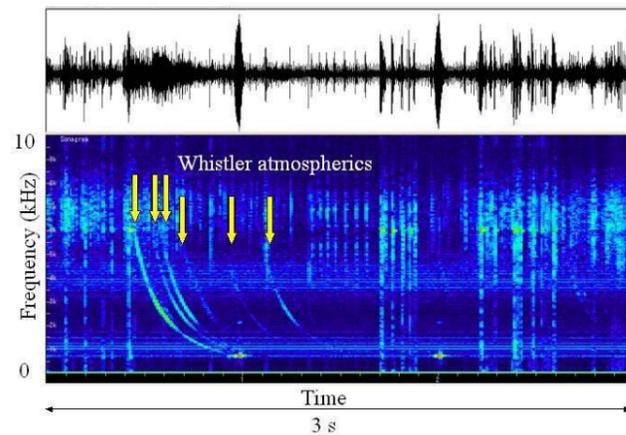
超高層大気イメージングシステムデータベース。高度90-300kmの夜間大気光を観測。大気光強度の2次元分布、風速、温度を同時に複数高度で測定。

OMTI (Optical Mesosphere Thermosphere Imager) database. Two-dimensional airglow intensity, wind velocity, and temperature in the upper atmosphere measured by all-sky imagers and interferometers.



国立天文台およびその前身である東京大学東京天文台で観測された、太陽黒点相対数と黒点の緯度分布(いわゆる蝶形図)。国立天文台の太陽長期活動・長期変動データベースではこのほか、1910年代からの白色光、H $\alpha$ 線、カルシウム K 線による太陽画像や、コロナグラフによるコロナ画像などを公開している。

Sunspot relative numbers and latitude distribution of sunspots (the so-called butterfly diagram) observed at the National Astronomical Observatory of Japan. The database also contains solar images in white light, H $\alpha$ -line, Calcium K-line, and images of the solar corona taken with a coronagraph; some dates back to 1910s.



鹿児島観測所 VLF 観測データベース。雷起源のホイッスラー空電の生波形とそのダイナミックスペクトル。太陽地球環境研究所鹿児島観測所で 1976 年から継続されてきた VLF/ELF 電波観測データ。

Kagoshima VLF database. Very Low Frequency (VLF) / Extremely Low Frequency (ELF) data taken at Kagoshima Observatory, STEL, since 1976. Wave form of lightning whistlers and their frequency-time spectrum.

## 計算機利用共同研究 Cooperative Research by Using Computers

名古屋大学情報基盤センターのスーパーコンピュータ FX1 と HX600 を用いて太陽地球惑星系科学に関する計算機利用共同研究を行っています。

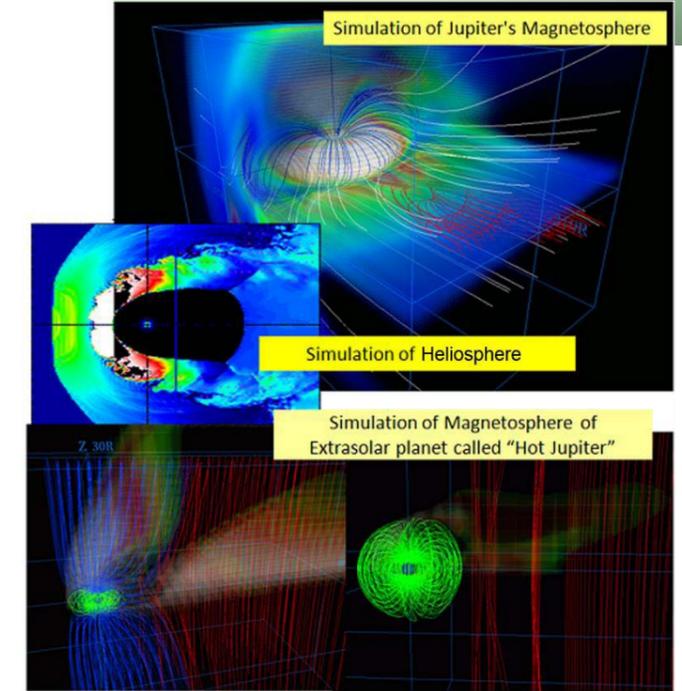
Computational joint research programs on the solar, terrestrial, and planetary sciences are carried out by using the Fujitsu FX1 and HX600 supercomputer systems at Information Technology Center (ITC), Nagoya University.

「コンピュータシミュレーション」は、観測データの再現や理論解析の証明だけでなく、太陽系内・系外の遠くの惑星や太陽圏構造全体など、観測できない現象及び理論的な説明がつけられない現象を研究する上で重要な役割を担っています。

Roles of “computer simulations” are to study various phenomena which are not observable or theoretically interpretable such as solar-system planets and extra-solar planets far from the Earth, or whole solar system, as well as reproduction of observed data and verification of theoretical analyses.

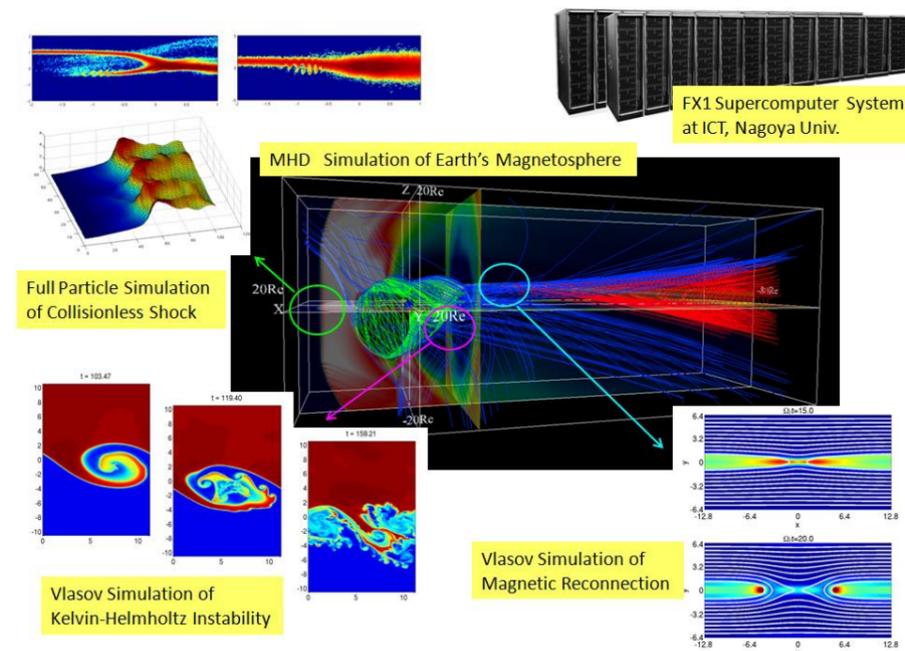
地球磁気圏は様々な領域から成り立っており、その領域間に存在する中間スケールの境界層は磁気圏グローバル構造を決定する上で重要です。またプラズマ粒子の運動によるミクロスケールの粒子加速・加熱は、中間スケールの境界層の構造を決定する上で重要となります。これらの「スケール間結合」をコンピュータシミュレーションにより調べています。

The Earth's magnetosphere has various boundary layers, and these meso-scale boundary layers are important for global structures of the magnetosphere. The micro-scale particle acceleration and heating play important roles in meso-scale boundary layers. These cross-scale coupling between global- and meso-scales or micro- and meso-scales are studied by high-performance computer simulations.



比較磁気圏のシミュレーション (上) 木星磁気圏の MHD シミュレーション (中央左) 太陽磁気圏の MHD シミュレーション (下) 太陽系外に存在する“ホットジュピター”の磁気圏 MHD シミュレーション

Simulations of comparative magnetospheres (Top) MHD simulation of Jupiter's magnetosphere. (Center) MHD simulation of heliosphere. (Bottom) MHD simulation of magnetosphere of Hot Jupiter in extra-solar systems.



スケール間結合のシミュレーション (中央) 地球磁気圏のグローバル MHD シミュレーション。 (右上) 富士通 FX1 スーパーコンピュータシステム。 (左上) 無衝突衝撃波の粒子シミュレーション。 (右下) 磁気圏尾部の磁気リコネクションのプラズマシミュレーション。 (左下) 低緯度境界層のケルビン-ヘルムホルツ不安定性のプラズマシミュレーション。

Simulations of cross-scale coupling processes (Center) Global MHD simulation of Earth's magnetosphere. (Top-right) Fujitsu FX1 supercomputer system. (Top-left) Full particle simulation of collisionless shock. (Bottom-right) Vlasov simulation of magnetic reconnection in the magnetotail. (Bottom-left) Vlasov simulation of Kelvin-Helmholtz instability in the low-latitude boundary layer.

# Project

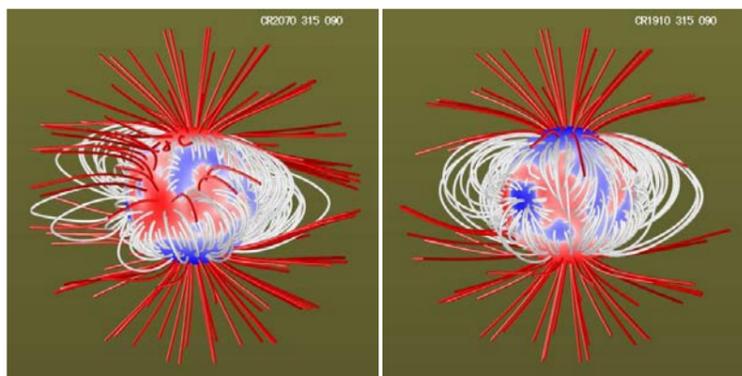
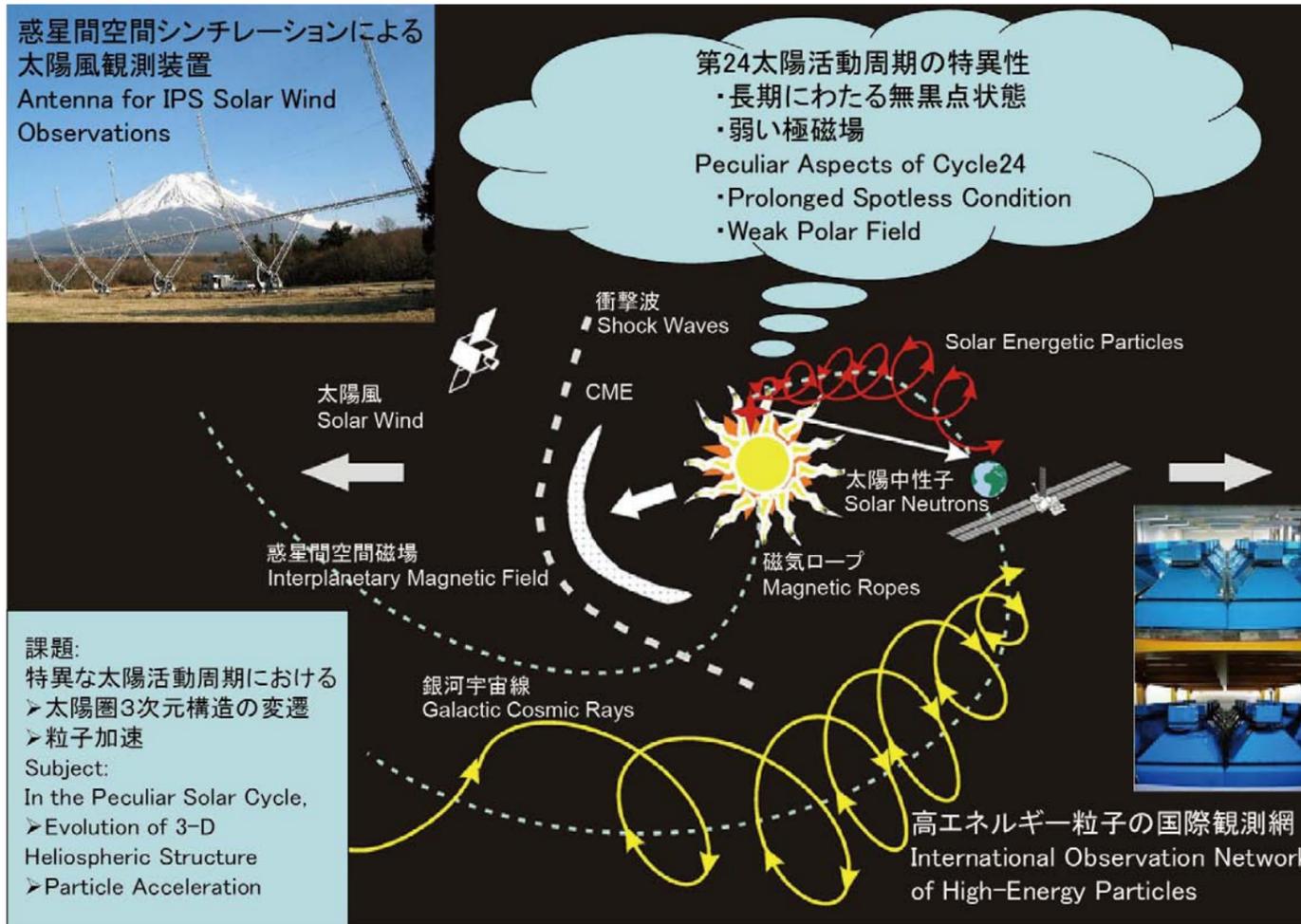
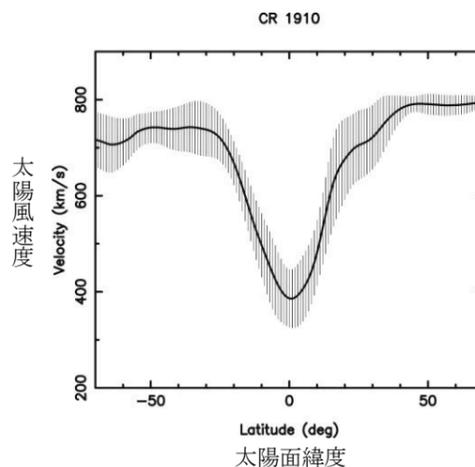
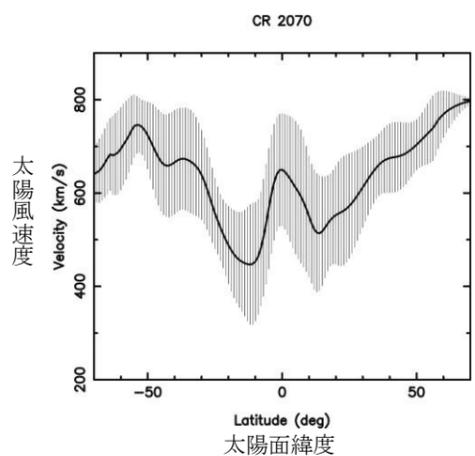
## プロジェクト 1

### 特異な太陽活動周期における 太陽圏3次元構造の変遷と粒子加速の研究

#### Project 1: Study of Evolution of 3-dimensional Heliospheric Structure and Particle Acceleration in the Peculiar Solar Activity Cycle

第24太陽活動周期は、長期にわたる無黒点状態や太陽極磁場強度の低下など従来の周期とは異なる特徴があります。今後、太陽活動の発展に伴って、太陽圏がどのように変化するかは興味ある課題です。この特異な活動周期における太陽圏3次元構造の変遷や粒子加速メカニズムをについて、惑星間空間シンチレーション(IPS)と高エネルギー粒子の地上観測から研究を行います。

The 24<sup>th</sup> solar cycle has some characteristics which differ from earlier ones; such as the prolonged spotless condition and reduction in the Sun's polar magnetic field. It is an interesting question how the heliosphere evolves in association with the solar activity variation. We are studying evolution of 3-dimensional heliospheric structure and particle acceleration in the peculiar cycle.



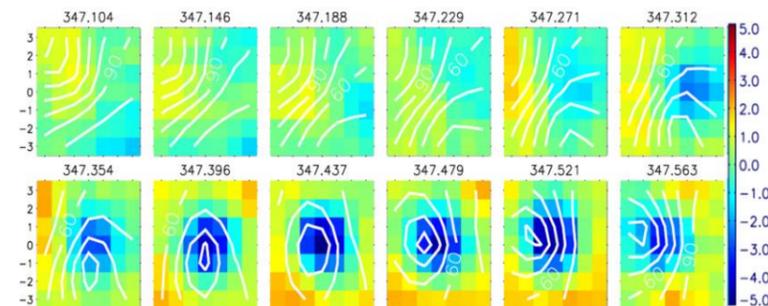
天体電波源の惑星間空間シンチレーション(IPS)観測から求めた太陽風速度の緯度依存性:(上)CR 2070 (2008年)、(下)CR 1910 (1996年)。1996年の観測では、赤道では太陽風速度が最小なのに対して、2008年の観測では、赤道で太陽風速度が増加しています。IPS観測では、赤道から極まで広い緯度範囲の太陽風速度を測ることができます。

Latitude variation of solar wind speed determined from IPS observations: (upper) CR 2070 (Year 2008), (lower) CR 1910 (Year 1996). Observations in 2008 show an increase in solar wind speed at the equator, while observations in 1996 show that the speed is minimal there. IPS observations enable to measure the solar wind speed for a wide latitude range from the equator to the poles.

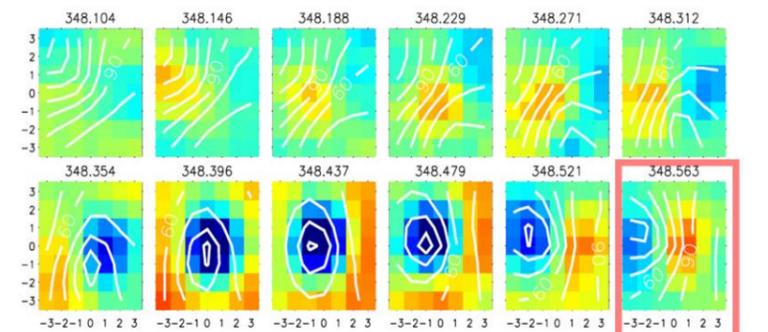
人工衛星の観測データから計算した太陽コロナ磁場:(左)CR 2070 (2008年)、(右)CR 1910 (1996年)。開いた磁力線を赤色、閉じた磁力線を白色で示す。1996年のコロナでは、開いた磁力線は極域からのみ出ていたが、2008年のコロナでは開いた磁力線が極域のみならず低緯度からも出ています。この様なコロナ磁場特性の違いが太陽風に与える影響について、IPS観測から調べることができます。

Coronal magnetic fields calculated from satellite observations: (left) CR 2070 (Year 2008), (right) CR 1910 (Year 1996). Open and closed field lines are indicated by red and white lines. The open field lines come from low latitudes as well as the poles for 2008, whereas they come from only the poles. IPS observations enable to investigate influence of different coronal magnetic properties on the solar wind.

12/13  
0200-1300 UT



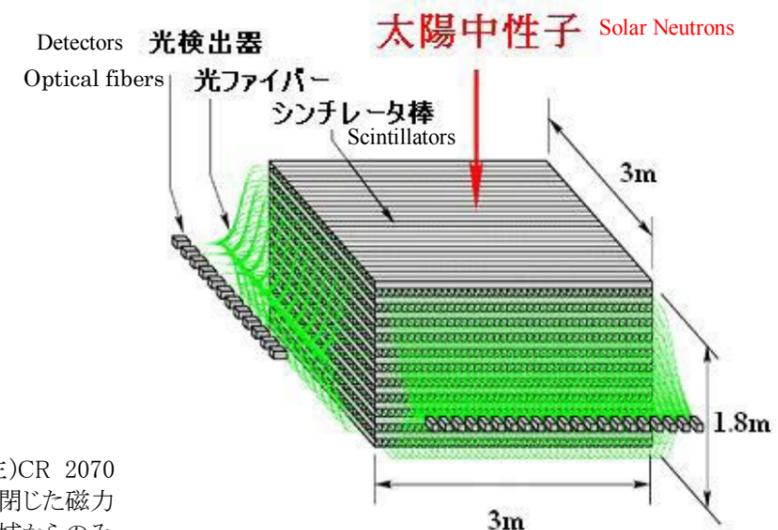
12/14  
0200-1300 UT



地磁気嵐開始(ssc)の1時間前  
1 hour before ssc

ブラジル宇宙線計が観測した大規模な地磁気嵐の宇宙線前兆現象(信州大学・宗像教授のグループによる)。地磁気嵐の約30時間前から前兆現象が見えています。宇宙線観測からは宇宙天気予報にも役立つ情報が得られます。

A loss-cone precursor of a severe geomagnetic storm on 14 December 2006 was clearly observed with the Brazilian muon detector about 30 hours prior to the SSC onset (analysis by Prof. K. Munakata's group of Shinshu University). Cosmic ray muon observations provide us with useful information for space weather predictions.



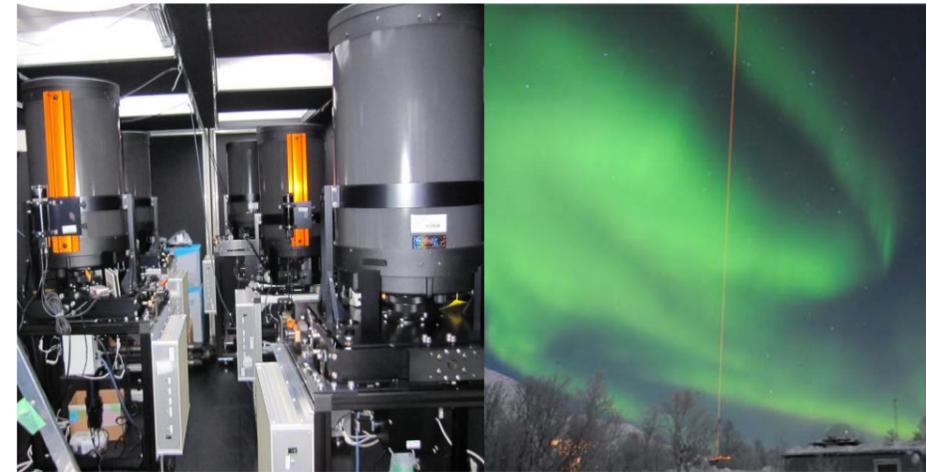
メキシコ・シエラネグラ山(高度4,600m)に設置されるSciBar検出器。第24太陽活動期において超高感度太陽中性子検出器として使用される。

The SciBar detector which is installed at Sierra Nagra, 4,600m above sea level, in Mexico. This is used as a super sensitive solar neutron telescope in solar cycle 24.

## グローバル地上・衛星観測に基づく 宇宙プラズマ-電離大気-中性大気結合の研究 Project 2: Coupling Processes of Space Plasma and Charged/Neutral Atmosphere Based on Global Ground and Satellite Observations

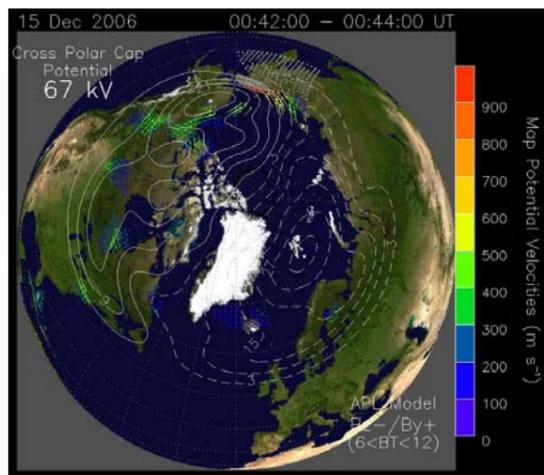
太陽からやってくる宇宙プラズマと地球の電離大気・中性大気との相互作用は、地球のまわりの身近な宇宙空間(ジオスペース)で発生する諸現象を作り出します。このプロジェクトでは、地上観測を有機的に結合させてネットワーク化し、人工衛星観測と組み合わせることにより、地球周辺の宇宙プラズマ-電離大気-中性大気間の結合過程とその間のエネルギー・物質のやりとりを研究します。また、長期モニタリングが可能な地上観測の特性を生かして、極大期・極小期を包括する長期的な観測を行い、太陽活動が地球大気に与える影響を明らかにしていきます。

This project aims to elucidate the coupling processes of space plasma and charged/neutral atmosphere in the geospace region by coordinating new global experiments from ground network instruments and satellites. Using the advantage of ground experiments for long-term measurements, we also investigate effects of the solar 11-year activity to the Earth's atmosphere.



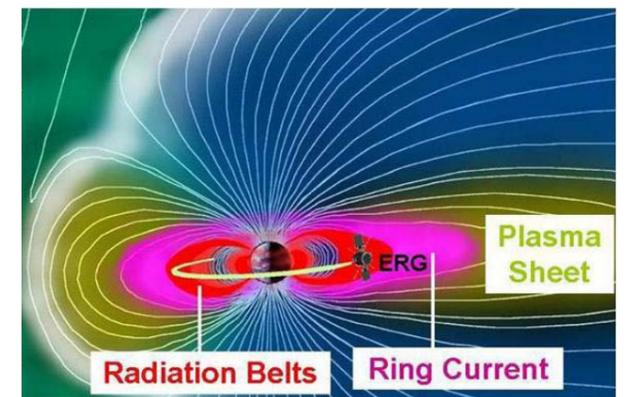
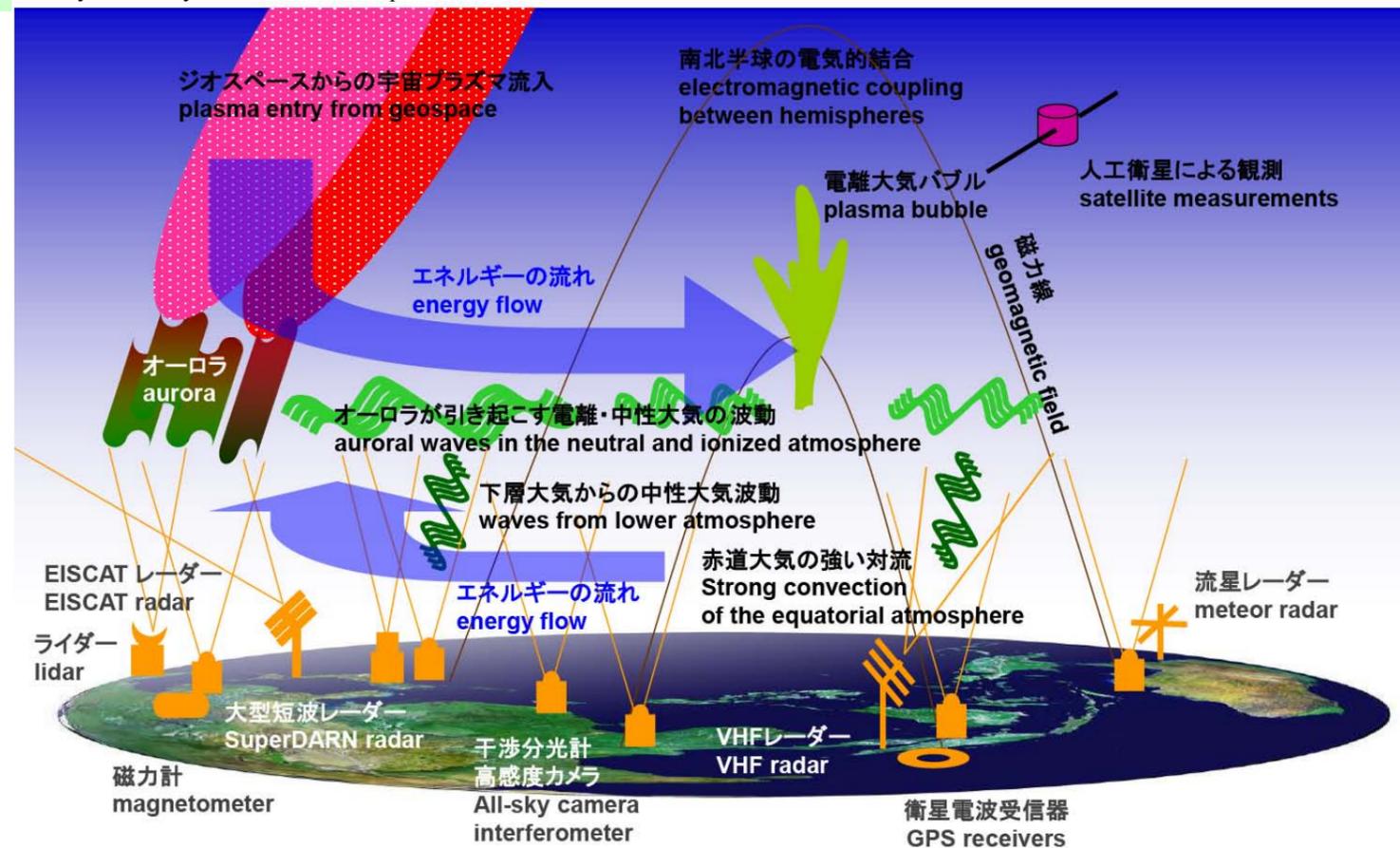
超高層大気(80-110 km)の大気温度を測定する新しいナトリウムライダー用受信望遠鏡(左)とレーザービーム(右)。他の地上・衛星観測と組み合わせ、超高層大気の変動のメカニズムを明らかにします。

Five telescopes for a new sodium LIDAR (left) and laser beam over aurora display (right). The sodium LIDAR is under operation at Tromso, Norway for investigation of temperature variations between 80 and 110 km and of their mechanisms.



地上HFレーダーネットワーク観測によって得られた極域・サブオーロラ帯の電離圏プラズマの流れのパターン。地上ネットワーク観測はこのような広い範囲の情報をあたえることができます。一方、人工衛星はその場の詳細な情報を得ることができます。

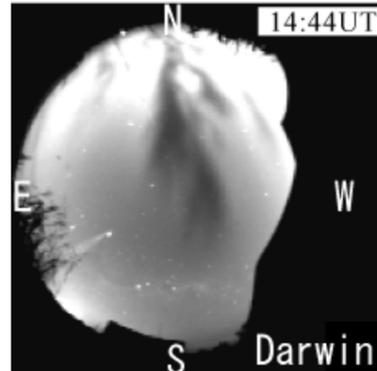
Plasma convection pattern obtained by a ground HF radar network. Ground network experiments can give global-scale information, while satellite measurements can give detailed in-situ electromagnetic conditions of plasma and fields.



ジオスペースを構成するいくつかの領域と、計画段階の人工衛星の軌道。このような諸領域を観測する衛星計画が米国や日本にあり、地上観測との連携も図られる予定です。本プロジェクトではこれらの衛星計画に積極的に関わっていきます。

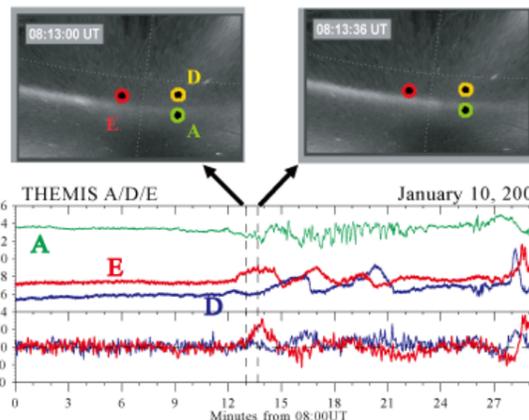
Schematic picture of several geospace regions in the inner magnetosphere. This project contributes to future satellite missions that investigate these geospace regions.

April 4, 2002 630nm 14:44UT



オーストラリア・ダーウィンの高感度全天カメラで観測された電離圏のプラズマバブル構造(画像中で北から延びる黒い影)。電離圏のプラズマ密度が急激に減少しており、これが上空にあると人工衛星との通信が阻害されてしまうため、その発生原因を探ることが重要です。その成因には、プラズマと中性大気の相互作用が深く関わっています。

Plasma bubble structures observed by an all-sky airglow imager at Darwin, Australia. The plasma bubble is caused by interaction between the plasma and neutral atmosphere.



上:地上から高感度白黒カメラで撮影されたオーロラのカーテン(左右に延びる白い線)と、3機の人工衛星 THEMIS A, D, Eの位置。下:この人工衛星で測定された磁場変化とプラズマの速度。オーロラが左から右に延びてくるに連れて、まず一番近い衛星Eで変化が起こり、次に衛星Dで変化が起きます。このように、人工衛星と地上観測を組み合わせると、オーロラを引き起こすプラズマ変動を詳細に調べることができます。

Top: Auroral arc images obtained by a ground-based camera. Location of the three THEMIS satellites are indicated by spots. Bottom: Magnetic field and ion flow velocity data obtained by the three THEMIS satellites.



北極圏のEISCATスヴァールバルレーダー。このような巨大レーダーと人工衛星の同時観測は、オーロラや高層大気で起きている現象の研究に非常に役立ちます。

42-m dish antenna of the EISCAT Svalbard radar. This antenna is used to measure parameters in the polar ionosphere.

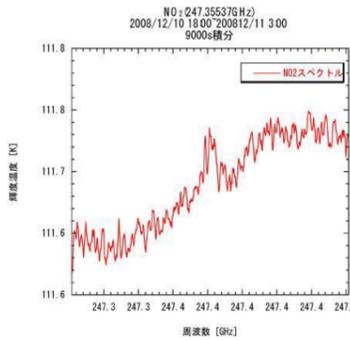
### 太陽活動の地球環境への影響に関する研究

#### Project 3: Effect of Solar Activity on Global Environment

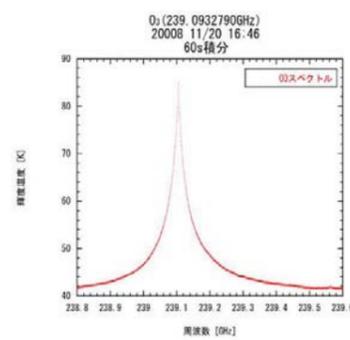
太陽活動はさまざまな形で地球環境に影響を与えます。我々は太陽活動の変動がどのように地球環境に影響を与えてきたのか、過去から現在にわたって検証し、その素過程を解明します。数十年以上の長期変動を理解するために、放射性同位体測定によって過去の太陽活動の変動を解明します。また太陽による地球環境への影響のメカニズム解明のために、現在の大气で起こっている変動を赤外線やミリ波電波により観測するとともに、レーザーを用いた室内実験によってその素過程を調べます。

The Sun affects the Earth's environment in various ways. In this project we investigate processes by which solar activity could have influenced the Earth's environment in the past and at present. In order to understand long-term variations in solar activity over several solar cycles or longer, we study past solar-activity variations by measuring radioisotopes. To understand mechanisms by which the Sun can influence the Earth, we measure present-day variations in the atmosphere by using infrared and millimeter-length radio waves and conduct laboratory experiments by using a laser system.

地上からの中間圏NO<sub>2</sub>ミリ波スペクトルの初検出に成功

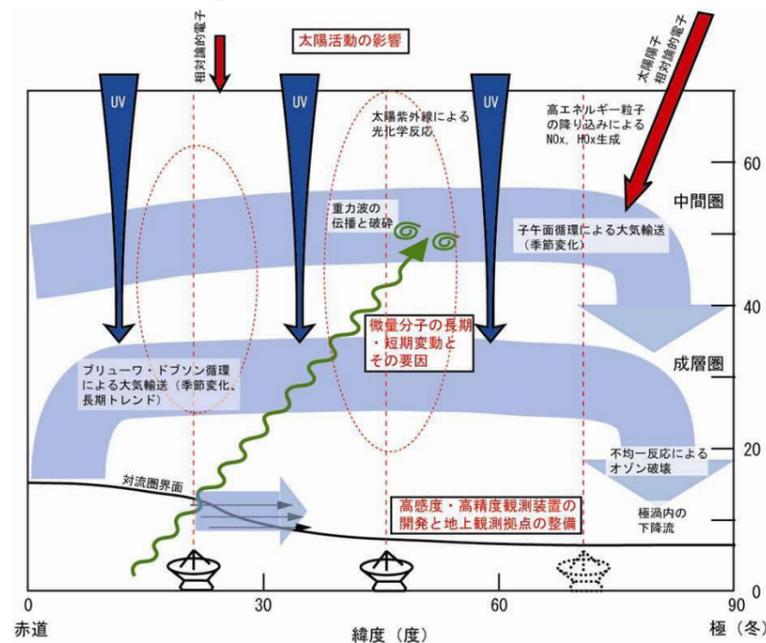


オゾンミリ波スペクトル



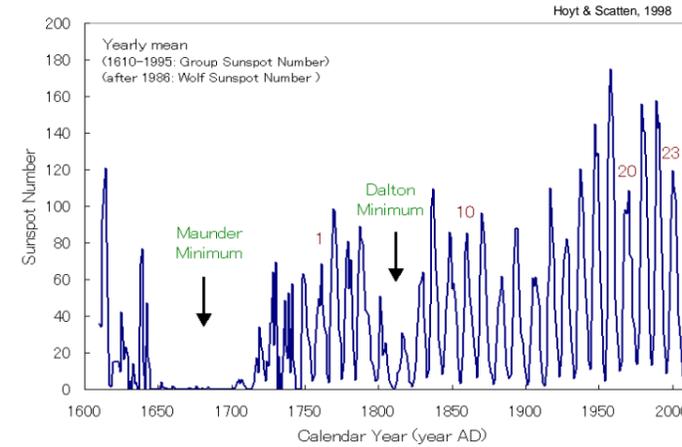
ミリ波によるモニタリング観測を通して、数年～十数年の大气組成の変動から太陽11年周期に対応する変動を抽出し、太陽活動の大气分子組成変動に対する影響を調べます。チリ・アタカマでは、成層圏・中間圏の水蒸気(同位体比)、オゾン、NO<sub>2</sub>、ClO等のミリ波観測をしています。また南極に設置できるミリ波観測装置の開発を行い、水蒸気の緯度や地域依存等の全球的変動解明のための観測を行います。

The effects of solar activity on variation of atmospheric molecular constituents are investigated by extracting the solar 11-year component from the monitoring measurement of millimeter-length radio waves for the longer-term changes over tens of years. In Atacama highland of Chile, millimeter-length radio wave observations of water vapor (isotope ratio), ozone, nitrate, ClO etc. in stratosphere and mesosphere are made. Also a millimeter-length spectrometer, which can be used even at the Antarctic, has been developed and global variations of latitude dependence and regional effects of water vapor are clarified through observations.



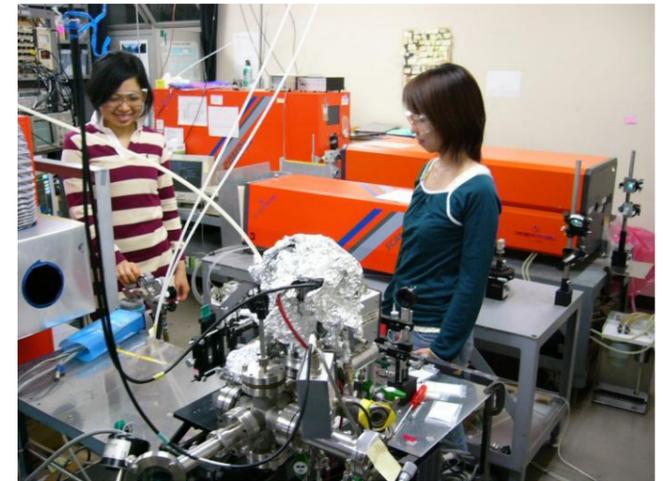
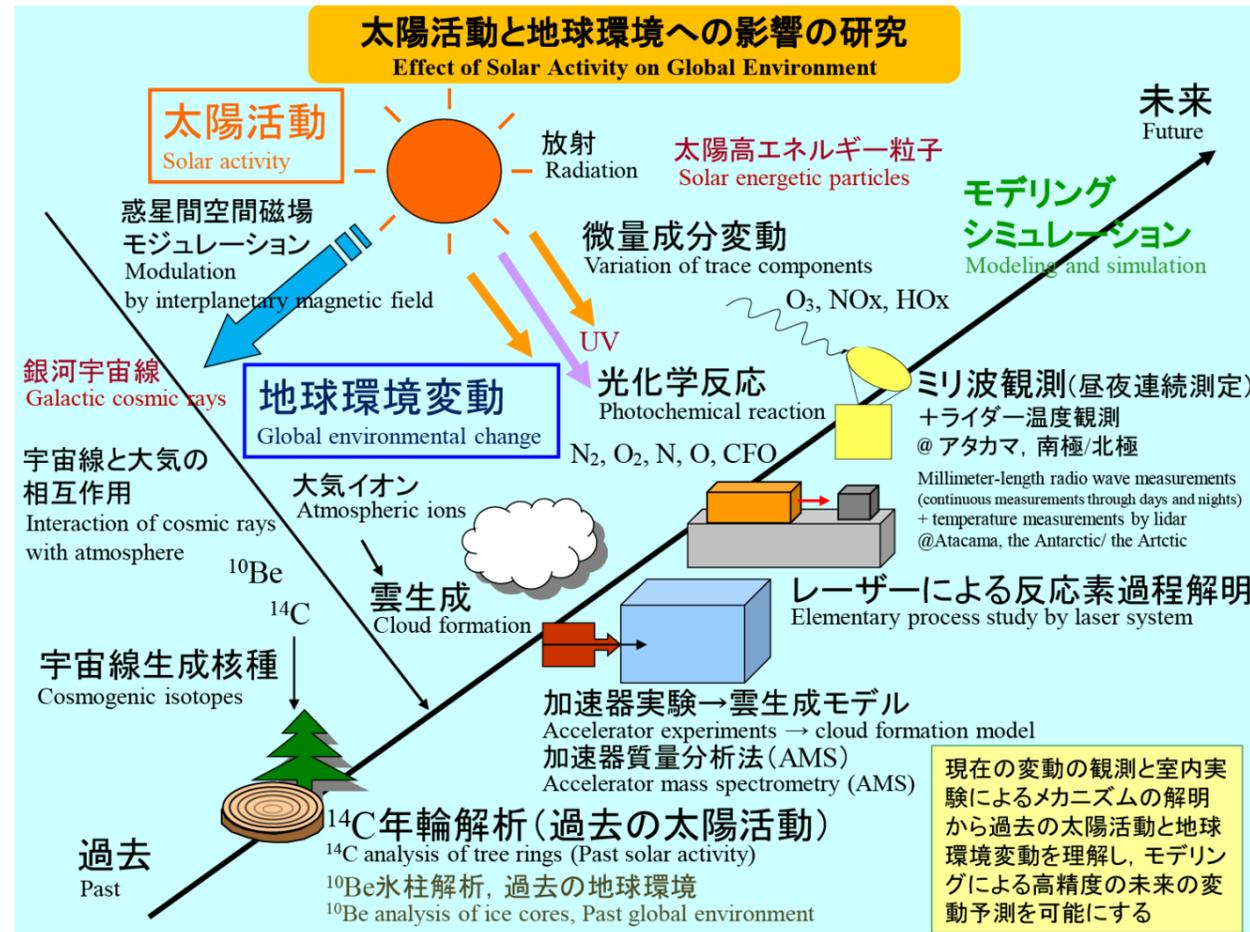
太陽からの高エネルギー粒子の降り込みが、地球の中層大気、特に中間圏の微量分子組成に与える影響を、特に極域のNO<sub>x</sub>とオゾンの鉛直分布の時間変動を地上ミリ波放射計を用いた観測により調べます。

The effects of precipitation of high-energy solar particles on global medium atmosphere, especially minor molecule constituents in mesosphere are investigated by observations of time variation in vertical distributions of NO<sub>x</sub> and ozone in polar regions using millimeter-length radiometers.



過去400年の太陽黒点数の変化。太陽黒点数は太陽活動度の良い指標です。平均11年周期で変化しながら、100年のオーダーでも変動しています。17世紀後半の太陽活動が低下した数十年の期間はマウンダー極小期と呼ばれ、地球気候の寒冷化(小氷期)との関連が指摘されています。

Variation of the sunspot number over the past 400 years. The sunspot number is a good index for solar activity. It reveals an 11-year periodicity and also shows variations in century scale. Solar activity was especially low during the second half of the 17th century (an interval known as the Maunder minimum), which corresponded to an interval of unusually cold climate (the Little Ice Age).



レーザーを用いた反応過程分析装置。太陽活動変動の顕著な現われである太陽紫外線の強度変動が大气組成に与える影響を解明するために、室内実験により紫外短波長域での光化学反応の素過程を明らかにし、モデル計算に反映させます。

Analysis of chemical reactions by using UV lasers. Laboratory experiments with the laser apparatus shown above provide information about elementary processes involved in photochemical reactions and thus help to clarify the effects of solar UV radiation on atmospheric constituents. The results will be useful for modeling and simulation of atmospheric processes.



屋久杉の年輪。この樹齢1900年の屋久杉のような樹木年輪中の放射性炭素<sup>14</sup>Cの濃度から過去の太陽活動の様子を知ることができます。さらに過去3000年間の太陽活動の変遷を解明し、地球気候の変動との相関を調べます。

Tree rings in Japanese cedar from Yaku Island. Measurements of radiocarbon <sup>14</sup>C concentration in tree rings (e.g., of this 1900-year-old Yaku cedar) provide information about past variations in solar activity. Such variations over the past three millennia are measured and compared with variations of Earth's climate.

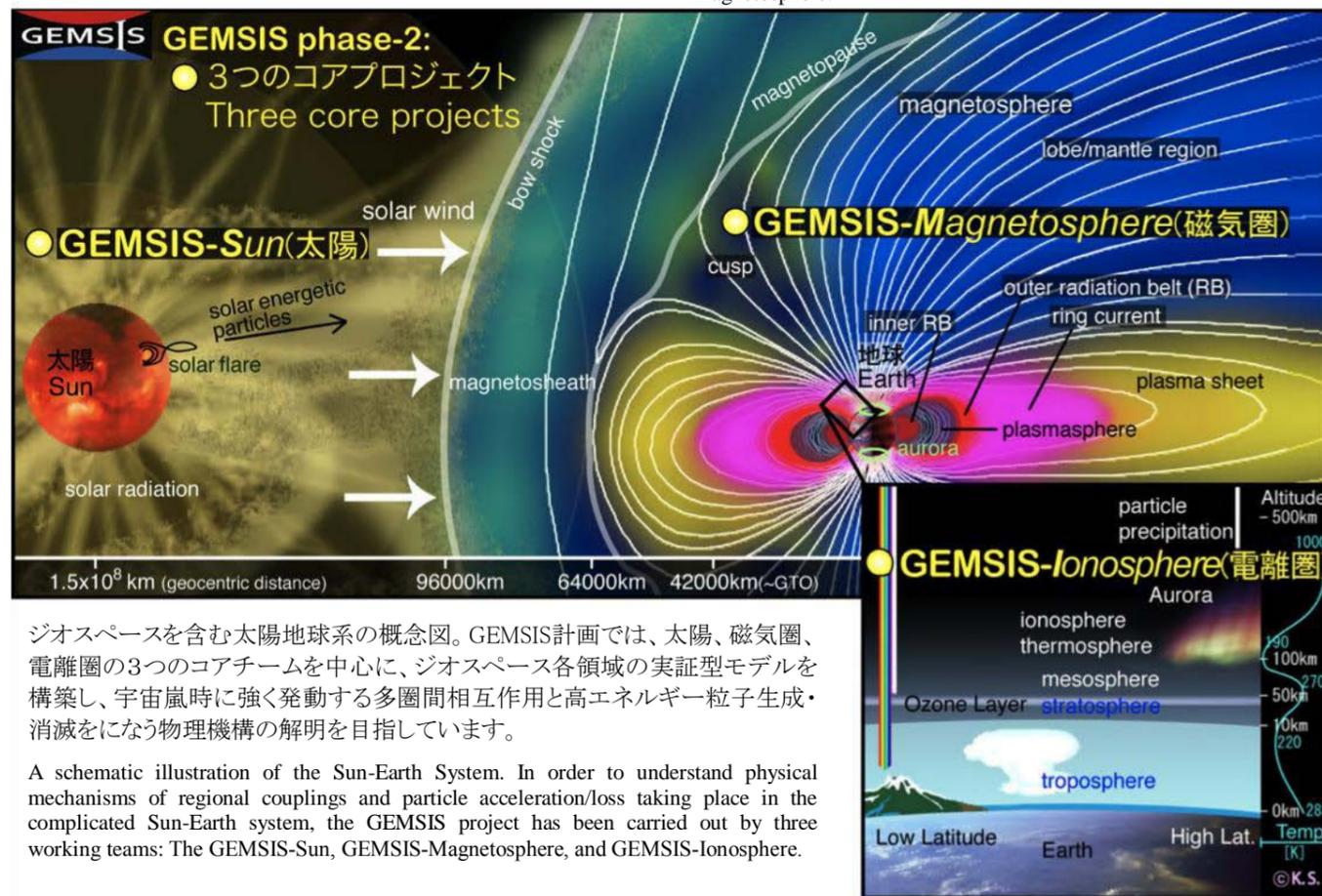
# Project

## プロジェクト 4

### 実証型ジオスペース環境モデリングシステム(GEMSIS)-Phase II: 宇宙嵐に伴う多圏間相互作用と粒子加速の解明に向けて Project 4: Geospace Environment Modeling System for Integrated Studies – Phase II: Investigation of Particle Acceleration and Regional Coupling Processes During Geospace Storms

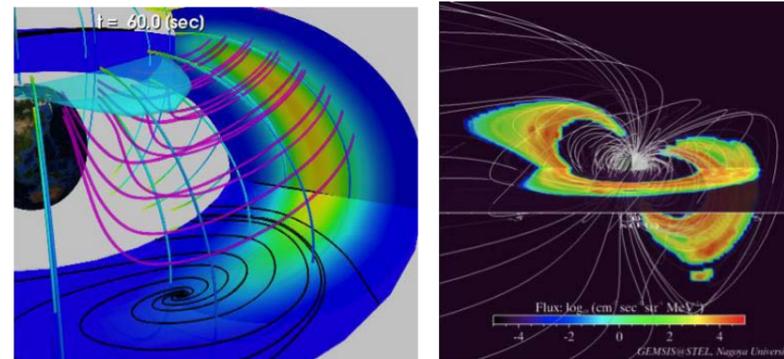
ジオスペースとは、人類の活動域となりつつある、地球の影響が強くおよんでいる宇宙空間を意味しています。太陽活動極大期に頻発する宇宙嵐(geospace storm)は、激しいオーロラや放射線帯の増減、宇宙インフラの不具合等を引き起こす大規模な宇宙環境変動現象です。その発生時には通常とは異なるエネルギーおよび物質の輸送や粒子加速が起こっていると考えられていますが、そのメカニズムはよくわかっていません。GEMSIS計画では、太陽から地球に至るダイナミックなエネルギーの輸送機構を理解するために、観測事実根拠に基づいた実証型ジオスペース環境モデルの構築し、宇宙嵐時に強く発動する多圏間相互作用と高エネルギー粒子生成・消滅をなす物理機構の解明を目指しています。また、多種多様なジオスペースの衛星観測、地上観測、数値実験のデータを効率よく利用できる総合解析ツールとデータベースを開発し、次期太陽活動極大期の国際ジオスペース探査に向けて、サイエンスセンター機能を整備する計画です。

"Geospace" represents the near-Earth space where the influence of Earth is noticeable. The geospace storms, which often take place during the solar maximum, are drastic variation of the space environment caused by dynamic solar activities such as CMEs. During the geospace storms, enhanced regional couplings in the solar-terrestrial system and dynamic energy and mass transport, resulting in change of Earth's radiation belt and various space weather phenomena, are known to take place. However, mechanisms responsible for the dynamic variation are far from understood. The GEMSIS project aims at understanding of physical mechanisms of the particle acceleration and regional couplings in the solar-terrestrial system during the geospace storms on the basis of observation-based integrated models. Another important task of the project is development of the science center function for geospace studies that facilitates the close collaboration between the satellite, ground-based observation, and theory/simulation/modeling by providing integrated data analysis tools and combined database.

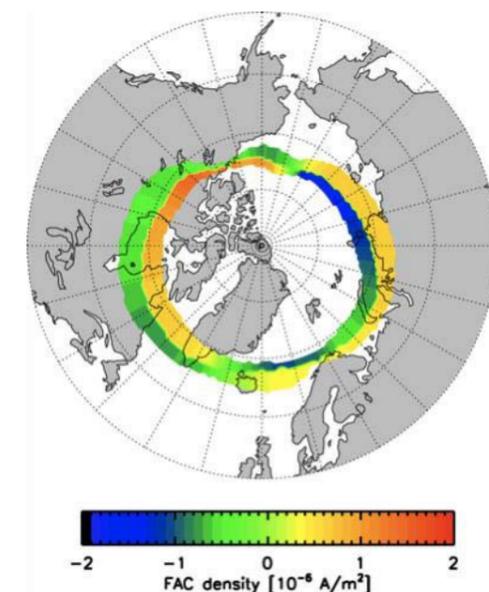


ジオスペースを含む太陽地球系概念図。GEMSIS計画では、太陽、磁気圏、電離圏の3つのコアチームを中心に、ジオスペース各領域の実証型モデルを構築し、宇宙嵐時に強く発動する多圏間相互作用と高エネルギー粒子生成・消滅をなす物理機構の解明を目指しています。

A schematic illustration of the Sun-Earth System. In order to understand physical mechanisms of regional couplings and particle acceleration/loss taking place in the complicated Sun-Earth system, the GEMSIS project has been carried out by three working teams: The GEMSIS-Sun, GEMSIS-Magnetosphere, and GEMSIS-Ionosphere.



(Left) Three-dimensional visualization of the current structure obtained from the GEMSIS-RC (ring current) model developed by the GEMSIS-Magnetosphere team. This new simulation code is unique in the sense that enables us to solve time evolution of ions and fields including ULF waves in the inner magnetosphere self-consistently to investigate plasma and electromagnetic field variation during geospace storms. (Right) An example of the spatial distribution of relativistic electrons in the outer radiation belt obtained from the GEMSIS-RB (radiation belt) model. The model precisely solves relativistic electron trajectories in arbitrary electric and magnetic field models of the inner magnetosphere.



GEMSIS-Ionosphere: 先進的な統計手法を用いて人工衛星観測から導き出した電離圏高度での磁力線に沿って流れる大規模電流の分布モデル (惑星間空間磁場が南向き3 nT, 太陽風速度が450 km/s の場合)。

Global distribution model of large-scale field-aligned currents derived from a huge amount of data from satellites with an advanced statistical scheme.

#### 週間予報

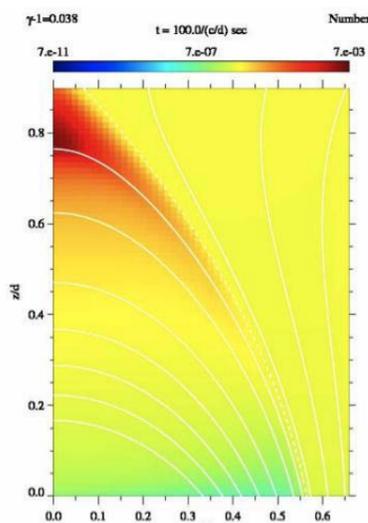
2010年02月21日(日)10時00分(日本時間)更新

今日	明日	2日後	3日後	4日後	5日後
40%	20%	60%	60%	60%	70%
/	C	C	C	A	A

今回の流れの接触面の通過: 2010年02月17日(水) 現在4日目  
次回の流れの接触面通過の予想: 2010年02月22日(月)

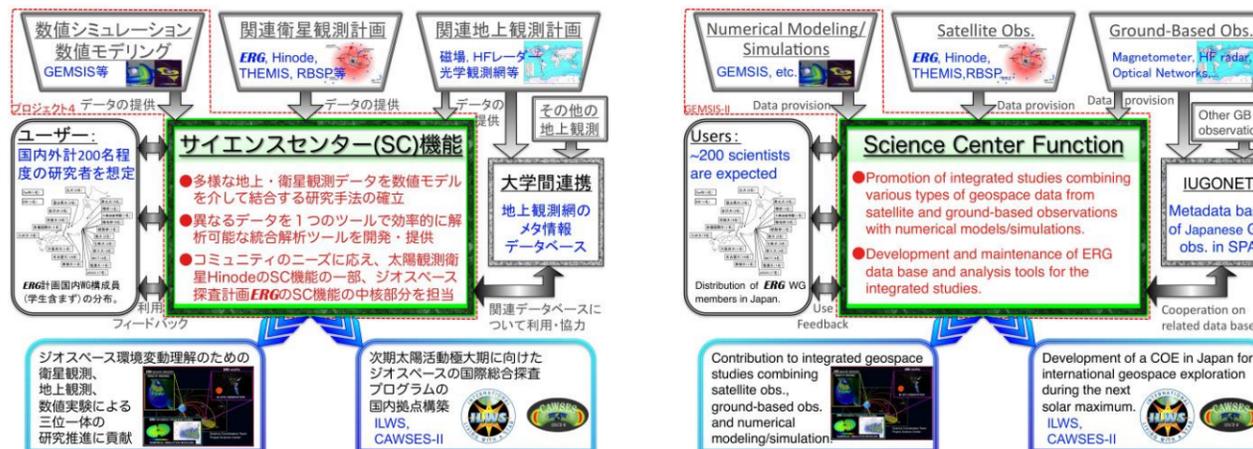
放射線帯ダイナミクスの研究成果をもとに開発したアルゴリズムに基づきweb配信されている放射線帯変動の週間予報の例。

An example of weekly forecast of the relativistic electron enhancement at GEO. The algorithm is developed based on study of solar wind-radiation belt coupling.



GEMSIS-Sunで開発された太陽フレアの粒子加速シミュレーションの結果(フレアループの右半分のみ表示)。加速された高エネルギー電子の数密度分布を表しています。太陽フレアにおいて、高エネルギー電子が、どこでどのように作られるかを理解するのに役立ちます。

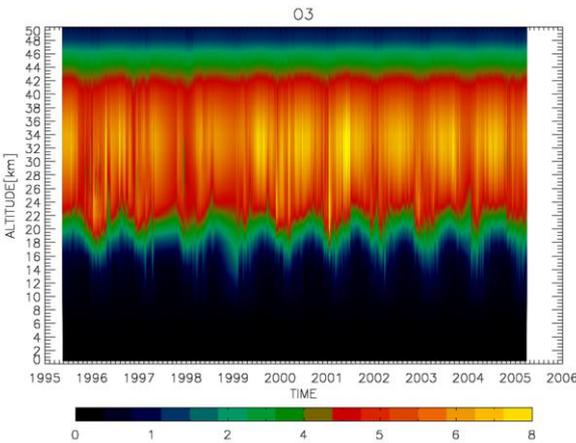
Spatial distribution of high-energy electrons in a solar flare (a half of a flare loop), obtained from a particle-acceleration simulation developed in the GEMSIS-Sun project. This is very useful to understand where and how electrons are accelerated in a solar flare.



### 大気圏環境の観測 Atmospheric Environment Observations

中緯度地域におけるオゾン層破壊の影響や地球温暖化を引き起こす温室効果ガス増加の状況を理解するために、成層圏オゾンやオゾン破壊物質、二酸化炭素やメタン等の大気成分を、高分解能フーリエ変換型赤外分光器 (FTIR) を用いた赤外線太陽光吸収分光観測により高精度で測定しています。また、紫外・可視分光器による成層圏二酸化窒素とオゾンの気柱全量の観測も行っています。これらの赤外及び紫外・可視分光観測は、地球規模の地上ネットワークである大気組成変化検出ネットワーク (NDACC) や CO<sub>2</sub> 地上ネットワーク観測網 (TCCON) と共同し、またその一部として実施しています。また 2009 年 1 月に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」の検証を行うためのデータとしても利用されています。

Stratospheric ozone and the species related to the ozone depletion as well as green house gases (GHGs) such as carbon dioxide and methane are measured by using a high-resolution Fourier Transform Infrared spectrometer (FTIR) for better understandings of their temporal variations and mechanism of the ozone depletion and global warming. In addition, measurements of stratospheric NO<sub>2</sub> and ozone column densities are also made with a UV/Visible spectrometer. These observations have been carried out as a part of the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change (NDACC), and the GHG's data are provided to a global network of CO<sub>2</sub> observation (Total Carbon Column Observing Network: TCCON) and the GOSAT satellite validation program as a validation data.

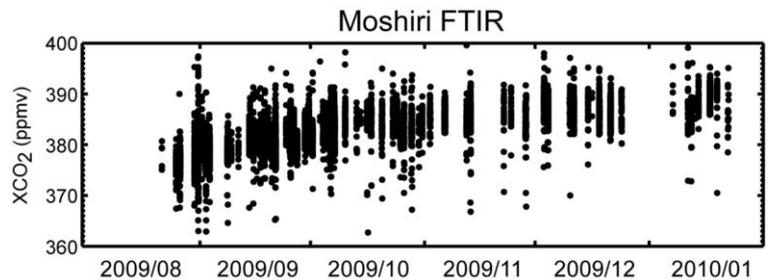


母子里及び陸別観測所の FTIR で観測された成層圏オゾンの高度別時間変動。

Time-height section of the variations of stratospheric ozone measured with the Moshiri and Rikubetsu FTIRs.

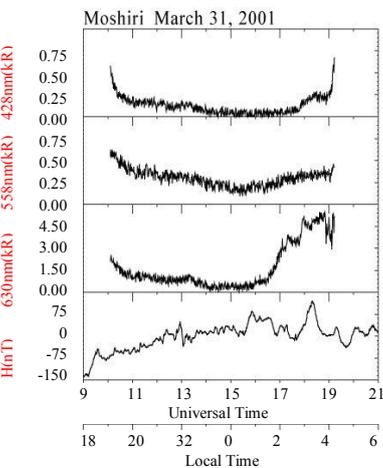
フーリエ変換型赤外分光器。

Fourier Transform Infrared spectrometer (FTIR).



母子里 FTIR で観測された CO<sub>2</sub> カラム混合比時間変動。国立環境研究所との共同研究による解析データです。

Time series of XCO<sub>2</sub> measured with the Moshiri FTIR analyzed by STEL and the National Institute for Environmental Studies (NIES).



分光フォトメータで観測された低緯度オーロラ。上から、青、緑、赤のオーロラ光の強さと地磁気変動の北向き成分。

Low-latitude aurora observed during a magnetic storm.

### 電磁気圏環境の観測 Ionospheric and Magnetospheric Environment Observations

母子里観測所では、高感度の分光測光フォトメータを用いて、強い磁気嵐時に発生する低緯度オーロラの観測を行っています。また、磁気圏や電離圏の擾乱を表す地磁気変動の観測を、フラックスゲート磁力計、インダクション磁力計を用いて定常的に行っています。さらに、磁気嵐や雷にともなって発生する低周波数帯 (ELF/VLF) 電磁放射を、大型ループアンテナで連続観測しています。これらの電磁気圏環境の観測データは国内の研究者に公開され、「宇宙天気」を知るための基礎的な資料として生かされています。

Low-latitude auroras associated with great magnetic storms have been successfully observed by optical instruments (high-sensitivity all-sky camera and scanning/fixed-type photometers). Geomagnetic variations are measured by using fluxgate and induction magnetometers. ELF/VLF radio wave emissions generated by lightning and in the Earth's magnetosphere are also recorded routinely using a 43m loop-antenna. These data are opened to the scientific community for better understanding of the ionospheric and magnetospheric environment and for monitoring 'Space Weather.'

# 陸別観測所 Rikubetsu Observatory



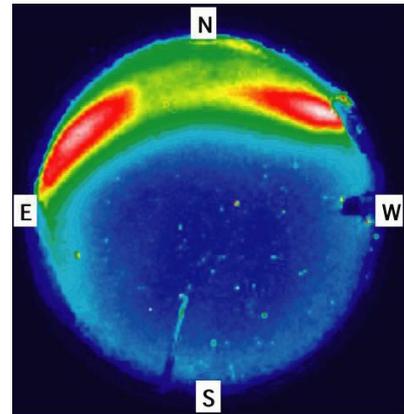
陸別観測所(りくべつ宇宙地球科学館2階)は、晴天率が高く大気汚染も少ない理想的な観測条件に恵まれています。同観測所では、赤外線や紫外線の分光観測装置を用いたオゾン等の成層圏の大気微量成分の研究や、全天 CCD カメラ・掃天型分光計・磁力計を用いたオーロラなどの地球電磁気現象の研究を総合的に進めています。特に成層圏大気に関する研究は、国立環境研究所が同じ観測室内に設置しているミリ波放射計などのデータも使い、共同研究体制で進められています。また、NDACC(大気組成変動検出のためのネットワーク)等の国際共同プログラムでも重要な役割を果たしています。

Rikubetsu Observatory (in Rikubetsu Space and Earth Science Museum, in eastern Hokkaido) enjoys many clear-sky days and is free from local air pollution. Two major research projects are carried out in this observatory. One is a continuous monitoring of stratospheric ozone and related species, based on infrared and optical spectroscopic observations. The other is a study of mid-latitude auroral activity during major geomagnetic storms by means of the high sensitivity all-sky CCD camera, scanning spectrometers, magnetometers and HF radar. STEL collaborates on the studies of stratosphere with the National Institute for Environmental Studies (NIES), which sponsors various instruments such as a millimeter-wave radiometer in the same observing room. Rikubetsu Observatory is playing a key role in international collaborative programs such as the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change (NDACC).



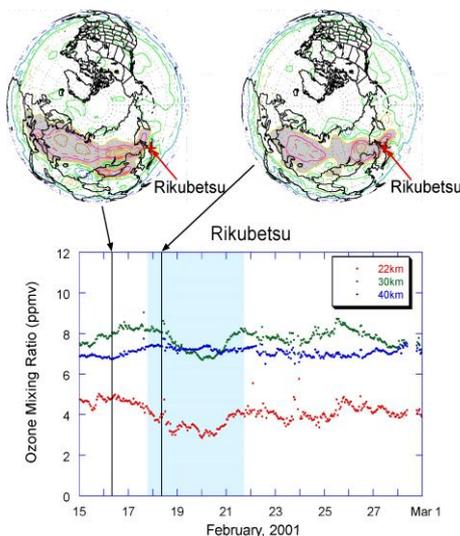
赤外線フーリエ分光計(左上)と太陽追尾装置(右上)。太陽を光源として、大気中の分子の吸収スペクトルを測定し、大気中の微量成分の濃度や高度分布を調べることができます。本装置の波長の分解能は、世界最高水準の  $0.0035 \text{ cm}^{-1}$  を誇り、30分で1セットのデータを取得できます。

The Fourier Transform Infrared spectrometer (FTIR, left) and the Sun tracker (right) that feeds sunlight into the spectrometer. Density and vertical distribution of minor constituents in the atmosphere can be retrieved from absorption spectra against background sunlight. Spectral data are obtained every 30 minutes at a world-class resolution of  $0.0035 \text{ cm}^{-1}$ .



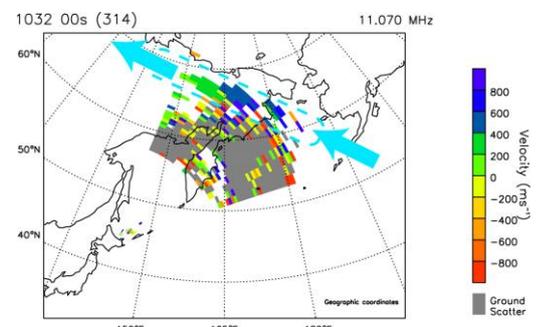
陸別観測所の高感度全天カメラでとらえられた低緯度オーロラ。赤いオーロラ光(酸素原子、波長 630 nm)の強さを疑似カラーで表示。

Low-altitude aurora detected with the high-sensitivity all-sky camera at Rikubetsu Observatory. This is a false-color intensity map of the red auroral light at wavelength 630 nm emitted by oxygen atoms.



陸別上空でのオゾンの高度別時間変動(下)。極渦の到来とともに高度 22 km と 30 km のオゾンが減少しているのがわかります(図中のハッチをつけた期間)。上図は、北極周辺の極渦の分布。この研究は国立環境研究所のミリ波オゾン分光計のデータに基づいた共同研究です。

A time series of ozone mixing ratio at various altitudes (lower panel). The ozone density at 22 km and 30 km decreased when a polar vortex (indicated by the hatched area) passed over Rikubetsu Observatory. The upper panels show distributions of polar vortices around the North Pole. This work has been performed in collaboration with the National Institute for Environmental Studies (NIES).



大型短波レーダーで観測した極東ロシア上空の電離圏プラズマの高速流。短波帯の電波を北～北東方向に向けて発射し、戻って来るエコーを観測することにより、遠方の電離圏の構造及び変動を調べることができます。

Intense westward ionospheric plasma flow above Far-East Russia observed by the HF radar. The radar can cover wide horizontal area to monitor the structure and dynamics of the ionosphere.

# Observatory

## 富士観測所と太陽風観測施設

## Solar Wind Observatories

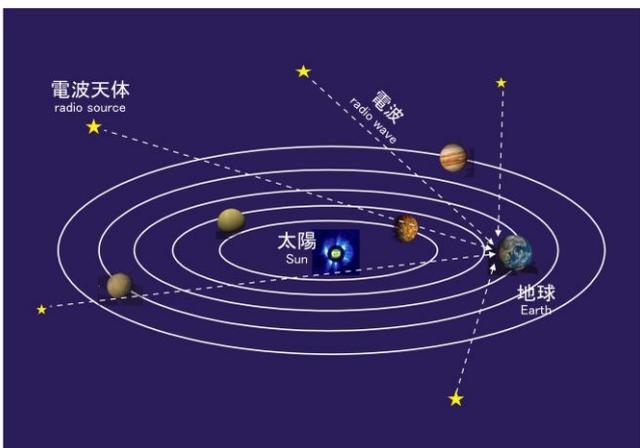
富士観測所、豊川分室、菅平観測施設、木曾観測施設の4地点に設置されたアンテナを用いて、惑星間空間シンチレーションを利用した地上からの太陽風観測が定期的に行われています。

Four stations at Fuji, Toyokawa, Sugadaira and Kiso construct four-antenna system, which is fully dedicated to ground-based solar wind observations. The routine-based solar wind observations have been carried out using the interplanetary scintillation method.



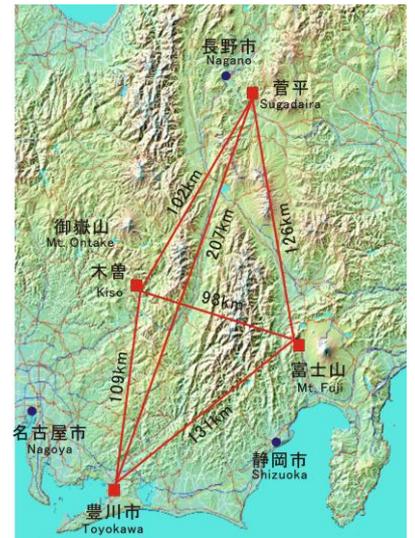
富士観測所に設置されているシリンダー型パラボラアンテナ。アンテナは、東西に配置された5基のパラボラ枠からなり、枠間に直径0.3mmのステンレス線を3cm間隔で張り、2000m<sup>2</sup>のパラボラ反射面が作られています。観測は全て自動化されており、データは名古屋の研究所に準実時間で送られています。同型のアンテナが他の観測点にも設置されています。

Cylindrical parabolic antenna at Fuji observatory. The antenna consists of five parabolic frames placed in east-west direction, with stainless wires stretched through the frame to make a 2000 m<sup>2</sup> reflector. Each station is fully automated and remotely controlled from Nagoya.



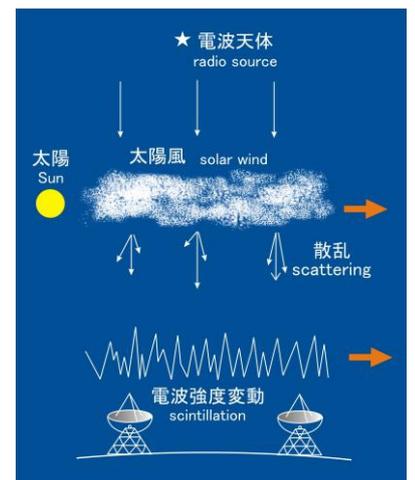
IPS観測は、長期にわたる連続観測が可能で、11年の太陽活動周期と共に変動する太陽風の構造を求めることができます。また、多くの電波源を観測することにより、飛翔体が観測できない太陽近傍や惑星公転面から高く離れた高緯度を吹く太陽風まで、太陽風の3次元構造を短期間に求めることができます。

The IPS observations have several advantages over spacecraft measurements. They can be used consistently for a long-term study of the solar cycle dependence of the solar wind structure. In addition, since a large number of IPS sources are available, vast regions of interplanetary space can be probed in a relatively short time.



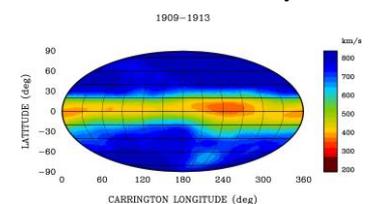
太陽風観測4点システムの観測点の配置。

Geographical arrangement of four-antenna system.



微小天体からの電波は、太陽風プラズマにより散乱され、それを地上で観測すると電波強度が変動します。この現象を惑星間空間シンチレーション(IPS)といいます。このIPSを離れて設置された複数のアンテナで観測することにより、太陽風の速度や密度擾乱の強度を測ることができます。

Radio waves from a compact radio source are scattered by electron density irregularities in solar wind, and the scattered radio waves interfere with each other as they propagate to the earth, producing diffraction patterns on an observer's plane. This phenomenon is called interplanetary scintillation (IPS). IPS measurements with widely separated antennas can obtain solar wind velocity and density fluctuation level.



IPS観測データを計算機トモグラフィー解析して得られる太陽風の緯度・経度分布。

Solar wind velocity distribution in Carrington longitude and heliographic latitude. Computer assisted tomographic analysis was applied to derive this map from the IPS observations.

# 鹿児島観測所 Kagoshima Observatory

九州南端の桜島火山の近くに位置する鹿児島観測所では、他大学と共同で ELF/VLF 電波観測機器、磁力計、大気光全天カメラなどによる観測を実施し、超高層大気、電離圏、地磁気などの擾乱現象の研究を行っています。

Kagoshima Observatory is located in southern Kyushu, near Sakurajima volcano. Routine observations for the study of Earth's ionospheric, upper atmospheric, and electromagnetic environment are being carried out by using ELF/VLF receivers, magnetometers, and all-sky cameras in collaboration with other universities.



鹿児島観測所全景(背後は桜島)。

Kagoshima Observatory near Sakurajima volcano.

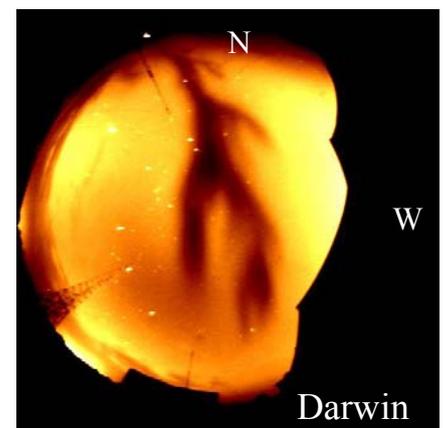
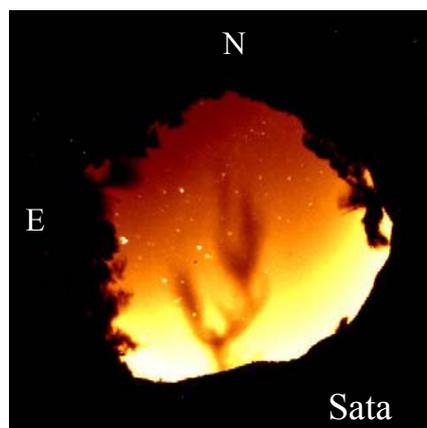
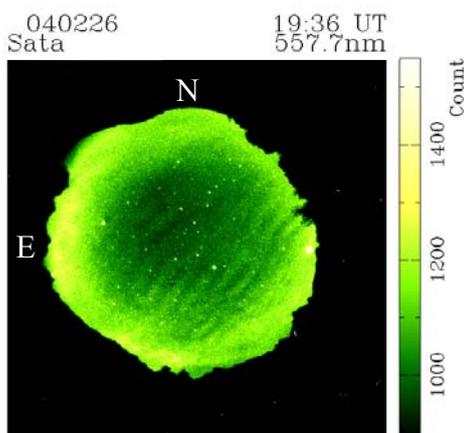


ELF/VLF 受信アンテナと地磁気観測小屋。

ELF/VLF antennas and geomagnetic observation hut.

超高層大気中の高度 80-100 km 及び 200-300 km に存在する原子・分子が夜間に発する微弱な光(夜間大気光)を撮像するための高感度全天 CCD カメラ部(右下)、カメラ用魚眼レンズ(右上)及び観測小屋(左)。小屋には高度 80-100 km の温度を測る装置も設置されています。観測場所は鹿児島県佐多町。観測は完全自動化されており、データは準実時間で名古屋の研究所に送られます。

All-sky CCD camera (lower right), fish-eye lens (upper right) for the camera, and observation hut (left). The camera can automatically observe nightglow from various atoms and molecules at altitudes 80-100 km and 200-300 km in the upper atmosphere.



佐多の 557.7 nm 全天カメラが捉えた、高度 95 km 付近の大気光波動構造。波動のスケールは 15-20 km。

Wavy structures with scales of 15-20 km at altitude 95 km, as detected with a 557.7 nm all-sky camera at Sata.

佐多(左)と、その地磁気共役点であるオーストラリア・ダーウィン(右)に設置されている 630 nm 全天カメラで初めて同時観測された巨大な電離圏プラズマバブル。サボテン状の黒い部分がプラズマバブルで、その中の電子密度は極端に低い。バブルの最高高度は、磁気赤道で 1700 km に達します。

Giant plasma bubbles (dark regions) in the ionosphere observed simultaneously with 630 nm all-sky cameras at Sata (Kagoshima prefecture) and Darwin (Australian geomagnetic conjugate point of Sata). The apex altitude of the bubbles is about 1700 km over the geomagnetic equator.



2005年12月に拡張されたブラジル宇宙線計。1 平米の検出面積をもつプラスチック・シンチレータ 28 台が上下 2 層にそれぞれ設置されており、間に 5cm 厚の鉛層が敷かれています。

A large muon detector with a 28 m<sup>2</sup> detection area was installed in December 2005 in the main building of the Southern Space Observatory of INPE, Brazil.



タイのチェンマイ大学に設置した光学観測装置。超高層大気が発する微弱な光を分光観測することにより、超高層大気の風速を観測しています。

Optical instruments installed at Chiang Mai University, Thailand. Wind velocity in the upper atmosphere is measured through the Doppler velocity of the airglow which is a weak emission from the upper atmosphere.



2010年9月に南米アルゼンチン・リオガジェゴスに設置されたミリ波観測施設(右側のコンテナ)。成層圏オゾンからの微弱なミリ波電波を観測し、南極オゾンホールが中緯度地域に及ぼす影響を調査します。

An newly constructed observation site at Rio Gallegos, Argentina, where a millimeter-wave radiometer was installed in September 2010, and an ozone spectrum from the stratosphere has been measured in order to investigate the influence of the Antarctic ozone hole on the mid-latitude region.



ニュージーランド・マウントジョン天文台に設置された MOA 1.8m 望遠鏡。主焦点に有効面積 12cm×15cm の大型 CCD カメラを設置し、常時マイクロレンズ事象の探索を実施しております。マイクロレンズ法により、これまでに10個の太陽系外惑星を発見しました。

MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) 1.8 m telescope installed in Mt. John Observatory, New Zealand. Using 12 cm x 15 cm prime focus CCD camera, microlensing surveys are being executed. Until now, 10 extrasolar planets have been discovered with microlensing method.

# 組織構成 Organization

名古屋大学太陽地球環境研究所  
附属施設  
Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University  
Subsidiary Facilities

## 沿革 History

1990(平成2)年6月

名古屋大学太陽地球環境研究所(全国共同利用)設立。  
The Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL) was established.

1995(平成7)年4月

共同観測情報センターが発足。  
The Center for Joint Observations and Data Processing was organized.

1997(平成9)年10月

陸別総合観測室が発足。  
The Rikubetsu Observational Facility was organized.

2003(平成15)年4月

陸別総合観測室を発展させた陸別観測所が発足。  
The Rikubetsu Observatory was organized.

2004(平成16)年4月

国立大学法人名古屋大学が発足。  
The National University Corporation Nagoya University was launched.  
ジオスペース研究センターが発足。  
The Geospace Research Center was established.

ジオスペース研究センター  
Geospace Research Center

マネジメント部  
Management Section

プロジェクト推進部  
Research Projects Section

母子里観測所  
Moshiri Observatory

陸別観測所  
Rikubetsu Observatory

富士観測所  
Fuji Observatory

鹿児島観測所  
Kagoshima Observatory

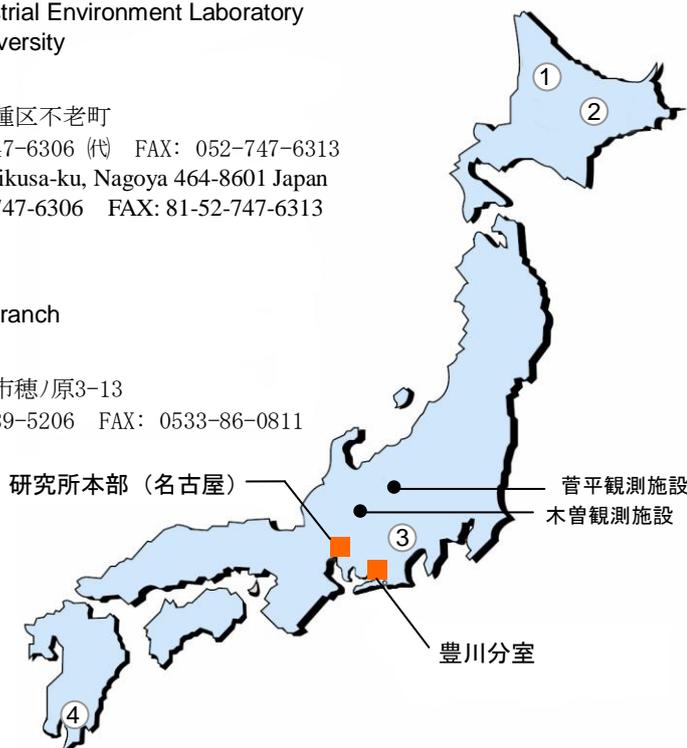
# 所在地 Locations

名古屋大学太陽地球環境研究所  
附属ジオスペース研究センター  
Geospace Research Center  
Solar-Terrestrial Environment Laboratory  
Nagoya University

〒464-8601  
名古屋市千種区不老町  
TEL: 052-747-6306 (代) FAX: 052-747-6313  
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601 Japan  
TEL: 81-52-747-6306 FAX: 81-52-747-6313

豊川分室  
Toyokawa Branch

〒442-8507  
愛知県豊川市穂ノ原3-13  
TEL: 0533-89-5206 FAX: 0533-86-0811



- ① 母子里観測所 Moshiri Observatory  
〒074-0741  
北海道雨竜郡幌加内町字母子里北西3  
TEL: 0165-38-2345 FAX: 0165-38-2412
- ② 陸別観測所 Rikubetsu Observatory  
〒089-4301  
北海道足寄郡陸別町宇遠別  
TEL: 0156-27-8103 FAX: 0156-27-8103
- ③ 富士観測所 Fuji Observatory  
〒401-0338  
山梨県南都留郡富士河口湖町富士ヶ嶺1347-2  
TEL: 0555-89-2148 FAX: 0555-89-2829
- ④ 鹿児島観測所 Kagoshima Observatory  
〒891-2112  
鹿児島県垂水市本城字下本城3860-1  
TEL: 0994-32-0730 FAX: 0994-32-3066