

Middle and Upper Atmosphere Radar

MU-レーダー

Since 1984



IEEE マイルストーン認定
IEEE Milestone Dedicated



京都大学生存圏研究所

Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH)
Kyoto University



MUレーダー

Middle and Upper Atmosphere Radar (MU radar, MUR)

MUレーダーは中層大気(Middle Atmosphere)と超高層大気(Upper Atmosphere)を観測するために作られた大型大気観測レーダーです。さらに下層の対流圏も詳細に観測することができます。世界最高性能かつアジア域最大級の大気観測レーダーで、1984年の完成以来「全国共同利用装置」として国内外の研究者に利用され、気象から超高層にいたる地球大気変動の解明に貢献しています。世界初のアクティブ・フェーズド・アレイ方式の大気レーダーとして、IEEEマイルストーンにも認定されています。国際的レーダーネットワークの連携した研究をより積極的に推進するため、2012年から共同利用の運営を赤道大気レーダーと統合しています。

The MU radar is an atmospheric radar for studying the middle and upper atmosphere, as well as the troposphere with fine time and spatial resolutions. It is the most capable system in the world, and is one of the biggest atmospheric radars in the Asian sector. Since its establishment in 1984, the MU radar has been operated under the inter-university collaborative program to study variability of the Earth's atmosphere from meteorology to upper atmosphere dynamics. The MU radar, which is the first large-scale MST radar with a two-dimensional active phased array antenna system, was selected for an IEEE milestone. Aiming for network experiment with other radars in the world, the collaborative program was merged with that of the Equatorial Atmosphere Radar in 2012.

大気レーダー観測の利点

Advantages of atmospheric radar

- 広範囲の高度を同時に観測できます。
Covers large height region.
- 時間的に連続観測が可能です。
Long-term continuous observations.
- 天候に左右されずに常時観測可能です。
Unaffected by weather conditions.

MUレーダー諸元／MU radar specifications

位 置／Location	滋賀県甲賀市信楽町／Shigaraki, Shiga, Japan (34°51' N, 136°06' E)
中心周波数／Center Frequency	46.5 MHz
周波数帯域／Bandwidth	3.5 MHz (1.65 MHz:2003年まで／before 2003)
アンテナ／Antenna	直交八木アンテナ475本／475 Crossed Yagi antennas 構 造／Structure 機 能／Function ビーム幅／Beamwidth
	直径103m円形アレイ／Circular array with a diameter of 103m 電子ビーム方向走査／Electronic beam steering 3.6°(半值全幅)／half-power full width
送信出力／Output power	1 MW(尖頭電力／peak power)

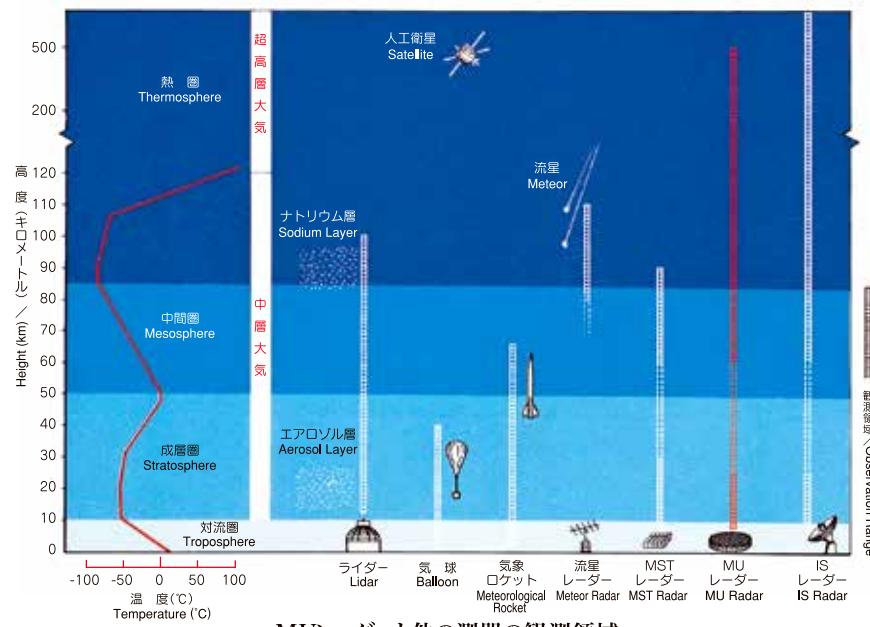
MUレーダー観測の特徴

Characteristics of MU radar observations

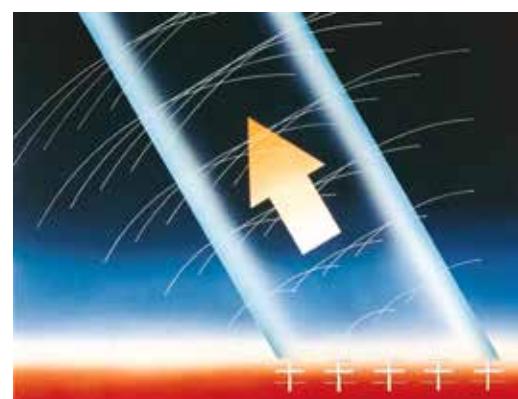
さらにMUレーダーでは、各アンテナ素子に取り付けた合計475台の半導体小型送受信機(TRモジュール)群で送受信を行うことにより、

The MU radar transmits and receives signals using 475 Yagi antenna elements, each with its own solid-state TR (transceiver) module.

- 電波のビームを任意の方向にすばやく向けることで、風(大気の運動)や乱流の立体構造がわかります。
The antenna beam can be electronically steered pulse-to-pulse to observe 3-D atmospheric structures such as wind and turbulence.
- アンテナや送受信機の各部をコンピュータで電子制御することで種々の複雑な観測法を瞬時に切り替えて観測することができます。
All sub-systems are computer-controlled, allowing rapid setting of and switching between complicated observation configurations.



MUレーダーと他の測器の観測領域
Coverage of the MUR and other instruments



アンテナビーム走査の原理
Illustration of the beam steering

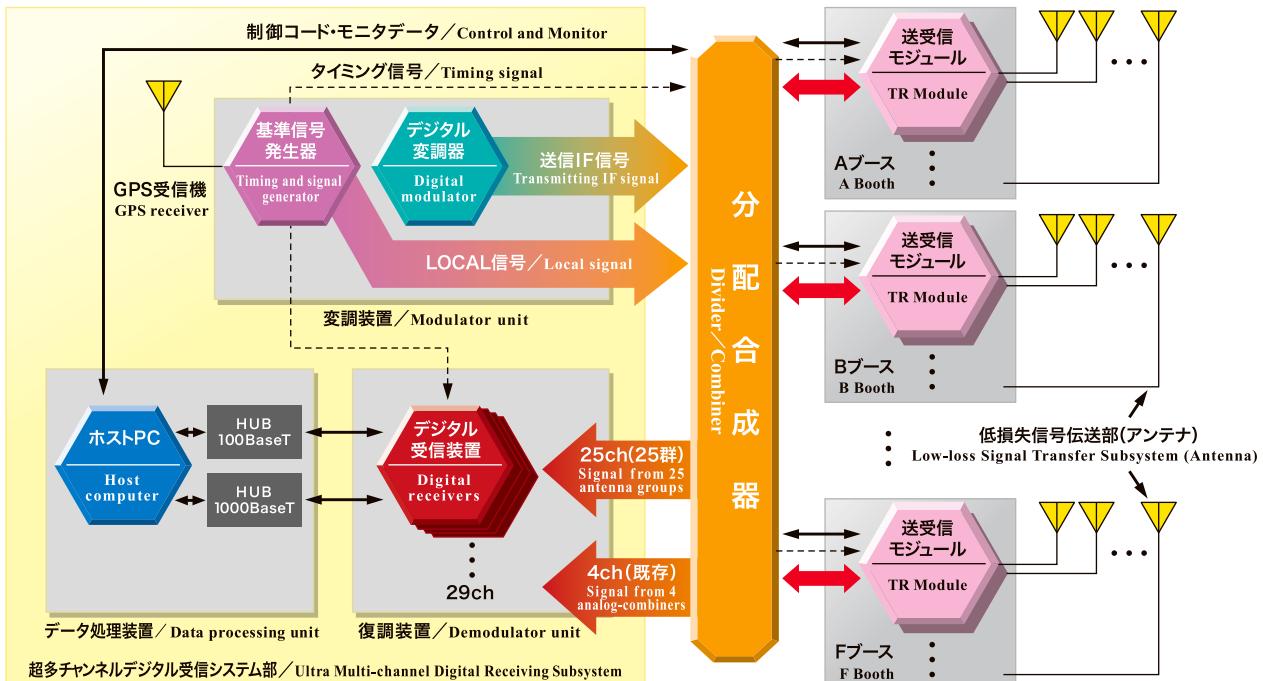


MUレーダー観測強化システム

MU Radar Imaging Observation System

MUレーダーの大幅な性能向上を目指して、2004年に「MUレーダー観測強化システム」が導入されました。超多チャンネルデジタル受信機による大気諸現象の微細な内部構造のレーダーイメージング観測が可能となり、地球環境変化の基礎過程の解明に貢献しています。2017年には「MUレーダー高感度観測システム」が導入され、感度向上が図られました。

This system was installed in 2004 to enhance the performance of the MU radar. Ultra multi-channel digital receivers realize 3-D imaging of small-scale structures of atmospheric phenomena. The MU radar continues to contribute to the understanding of the fundamental processes that determine the Earth's environmental variations. The sensitivity of the MU radar has also been improved with the installation of a "high-sensitivity observation system" in 2017.



MUレーダー系統図(観測強化システム導入後)
Schematic diagram of the MU radar (after upgrade)

赤道大気レーダー

Equatorial Atmosphere Radar (EAR)



インドネシア共和国西スマトラ州の赤道直下に位置する、2000年度末に完成した大型の大気観測用レーダーです。周波数は47MHzで、八木アンテナ560本から構成される直径約110mの略円形アンテナアレイを備えています。小型の送受信モジュールが全ての八木アンテナの直下に備えられたアクティブ・フェーズド・アレー構成をとっています。MUレーダーと比べて最大送信出力が1/10であるものの、高速ビーム走査が可能です。EARはインドネシア国立研究革新庁(BRIN)との密接な連携のもとで運営されており、2001年7月から現在まで長期連続観測を続けています。

EAR is a large atmospheric radar located right over the equator in West Sumatra, Indonesia. It operates at 47 MHz and consists of 560 Yagi antennas in a near-circular field with a diameter of 110 m. At the bottom of each Yagi antenna, compact transmit-receive module is equipped. EAR has almost the same functionality as the MU radar except that its output power is 100 kW. It can observe winds and turbulence in the height range of 1.5 km to 20 km (troposphere and lower-stratosphere), as well as ionospheric irregularities over 90 km. EAR is operated under the close collaboration with the National Research and Innovation Agency (BRIN) of Indonesia, and has been continuing long-term observations of the atmosphere/ionosphere since July 2001.

MUレーダーの建設が始まるまで

History prior to the MU radar

1972

ペラーのWoodman博士によるVHFレーダーでの中間圏乱流散乱の発見 (MUレーダー、MSTレーダーの観測法の発見)

Discovery of mesospheric turbulence echo using Jicamarca VHF radar (Peru) by Dr. Woodman. Invention of MST radar observation technique.

1975

京大・工・電離層研究施設によるIS(非干渉散乱)レーダー観測計画(1976年断念)

Planning of Japanese IS radar by Ionosphere Research Laboratory (a former name of the current institute), Kyoto University (halted 1976).

1976

MUレーダー第1案発表

Announcement of first MUR proposal.

1977

信楽町で流星レーダー観測開始
ヒカルカ(ペラー)での大型レーダー調査

Start of meteor-radar experiment in Shigaraki. Feasibility study in Jicamarca (Peru) for a Japanese giant atmospheric radar.

1979

アレシボ(エルトリコ)大型レーダーでの観測研究
Observational study with Arecibo IS radar (Puerto Rico).

1981

旧電離層研究施設が超高層電波研究センター(全国共同利用センター)に改組。MUレーダー計画始動

Establishment of Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University. Real start of the MU radar project.

1982

信楽町に8haの建設用地購入

Land purchase for Shigaraki MU Observatory (8 ha).

1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990

中層大気国際協同観測計画(MAP)(1982-1985)

Middle Atmosphere Program (MAP)

MUレーダー一部完成

Part of the MU radar completed

MUレーダー完成
全国共同利用開始

Completion of the MU radar

オゾンホール発見

Discovery of ozone hole

MUレーダー基本観測法の開発

Development of MUR standard observation modes

流星レーダー(信楽)の連続観測開始(~1986)

Start of long-period observations with Kyoto Meteor Radar (through 1986)

初の台風観測

First typhoon observations with the MU radar

IS観測の本格化

IS experiment with the MU radar

中間圏長期観測

MU radar long-period observations of the mesosphere

電離圏F領域イグニラリティの発見

Discovery of midlatitude ionospheric F-region irregularities

日豪協同中間圏観測

Japan-Australia cooperation on mesosphere observations

国際レーダー学校

1st International School on Atmospheric Radar

MSTレーダーワークショップ

4th MST Radar Workshop

スペースデブリ観測

Observations of space debris

スプライト(雷光現象)発見

Discovery of sprite (lightning stroke)

MUレーダー流星観測の開発

Development of meteor observations with the MU radar

スプライト(雷光現象)発見

Discovery of sprite (lightning stroke)

赤道レーダー現地調査(インドネシア)

Feasibility study for Equatorial Radar in Indonesia

大気重力波の解明

Clarification of atmospheric gravity waves

MUレーダーの整備

MU radar-related development

観測装置の新設(信楽)

Installation of supporting observation equipment in Shigaraki

インドネシアにおける観測装置の新設

Installation of observation equipment in Indonesia

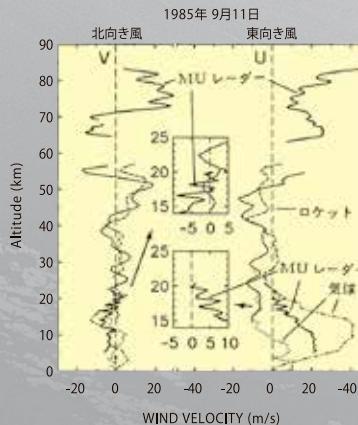
研究活動の記録

Research activities



● 大気重力波特性の高度変化

Height variation of characteristics of atmospheric gravity waves



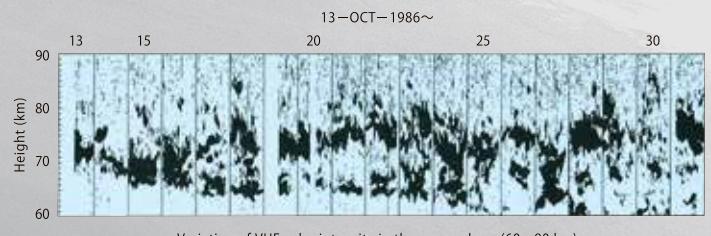
MUレーダー観測およびロケット・気球などとの協同観測により大気波動の特性や地球大気全体の大気循環や温度構造に与える影響が定量的に明らかにされました。

Observations with the MU radar, sounding rockets, and radiosondes, quantitatively clarified characteristics of atmospheric gravity wave and their effects on the Earth's general circulation and temperature structure.

● 中間圏における乱流層の特性

Characteristics of mesospheric turbulence layers

上空に伝搬した大気波動が不安定になり乱流が生成される様子が乱流からの電波散乱を用いて詳細に研究されました。



Atmospheric waves propagating upwards become unstable and generate turbulence, which has been studied in detail from radiowave scattering of the resulting turbulence.

1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002

太陽地球系エネルギー国際共同研究計画(STEP)(1990-1995)

Solar-Terrestrial Energy Program (STEP)

上空
見
eward
Axes)



境界層レーダー(BLR)
一号機
Kyoto Boundary Layer(BLR)



スルボンBLR、
流星レーダー
Serpang BLR and
Meteor Radar
MASシンポジウム
MAS Symposium



MUレーダー実時間
データ処理システム
The MU Radar Real-time
Data Processing System



ポンティアナ
MFレーダー¹
Pontianak MF Radar



中間圏重力波の
長期観測
Long-term experiment
of mesospheric
gravity waves



MUレーダー高速並列
レーダー制御システム
MU Radar Fast Parallel
Radar Control System



Lバンド下部対流圏
レーダー(LTR)
(気象庁WINDASの原型)
L-Band Lower
Troposphere Radar
(Prototype of WINDAS)



レイリー・ラマン
ライダーラーディング
Rayleigh / Raman
Lidar



赤道大気レーダー²
EAR



EPICシンポジウム
EPIC Symposium

ia

アジア・太平洋地域を中心とする地球環境変動の研究(新プログラム)(1991-1994)

Studies of Global Environmental Change with Special Reference to Asia
and Pacific Regions (New Program for Creative Basic Research Studies)

国際シンポジウム開催
International symposium

世の中の動き
Related news items

科研費・特定

Coupling Processes in the Equatorial Ionosphere

科学技術振興調整費「精進」
Applications of Precise Satellites
(Special Coordination Fund)



アイオノゾンデ
Ionosonde



スルボン観測所(インドネシア)
Serpang Observatory (Indonesia)



車載型ミリ波ドップラーレーダー³
Millimeter-wave Doppler Radar



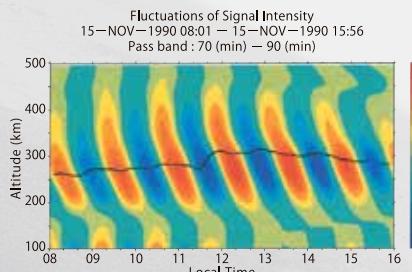
車載型Sバンド境界層レーダー⁴
Transportable S-band Boundary Layer Radar



全天大気光イメージヤ
All-sky Airglow Imager

電離圏インコヒーレント散乱の観測
IS (Incoherent Scatter) observations of the ionosphere

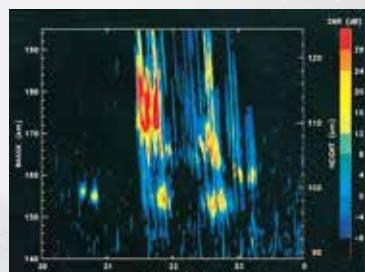
高度200-500kmの電離圏からの散乱では、アジア域唯一のISレーダーとして超高層大気の変動を明らかにしました。



Variability of the upper atmosphere (ionosphere) has been observed with the MU radar, the only IS radar in the Asian sector.

中緯度電離圏不規則構造(FAI)の発見
Discovery of midlatitude ionospheric irregularities

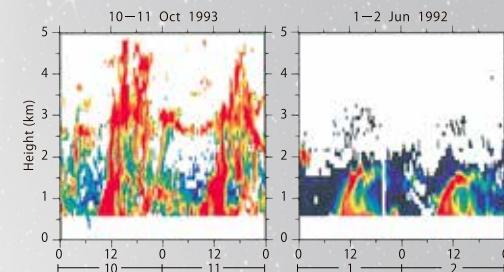
地球の磁力線に直交する方向(日本では北)からの強い電波散乱エコーを観測し、さらにロケットや光学観測との協同観測で中緯度電離圏のFAIの仕組みを解明しました。



Strong echoes perpendicular to the geomagnetic field were observed, and in conjunction with sounding rockets and optical instruments the mechanism of midlatitude ionospheric irregularities has been clarified.

境界層レーダー観測
Boundary Layer Radar (BLR) observations

MUレーダーを小型化した境界層レーダーを開発し、信楽およびインドネシアで観測して中緯度と熱帯の大気境界層の顕著な違いを明らかにしました。



Several types of BLRs were developed based on experience with the MU radar, and differences in the boundary layer between midlatitude and equatorial regions were elucidated.

2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013

太陽地球系の気候と天気(CAWSES) (2004-2008)

太陽地球系の気候と天気-II (CAWSES-II) 太陽極大期に向けて(2009-2013)

Climate And Weather of Sun-Earth System (CAWSES)

Climate And Weather of the Sun-Earth System-II (CAWSES-II) Towards Solar Maximum

国際極年(IPY) (2007-2009)

International Polar Year

TIMED衛星と
MULレーダーの比較観測
Comparison study
between TIMED satellite
and the MU radar

MULレーダー観測強化システム MU Radar Imaging Observation System

○ MULレーダーによる
超多チャンネル高感度
流星観測の開始
Start of the improved high-
sensitivity meteor observation
with the multi-channel MU
radar receivers

○ 周波数領域干涉計を用いた
MULレーダーの気船直描
構造の観測の開始
Start of the detailed vertical
atmospheric structure
observations with the frequency-domain
interferometric imaging of
the MU radar

○ MULレーダーによる
超多チャンネル電離圏
FAIイメージング観測
FAI imaging observation
with the multi-channel MU
radar receivers

レンズアンテナワインド プロファイル Lens antenna wind profiling radar

○ インドネシアにおける
ワインドプロファイラ
ネットワークの構築
Construction of the wind
profiling radar network
in Indonesia

L帯イメージング ワインドプロファイラ L-band imaging wind profiling radar

○ 大気現象に関する観測
とモデル研究に関する
国際シンポジウム
International Symposium
on Radar and Modeling
Studies of the Atmosphere

赤道大気上下結合 国際シンポジウム CPEA International Symposium

○ 国際CAWSES
シンポジウム
International CAWSES
symposium

大気現象に関する観測 とモデル研究に関する 国際シンポジウム International Symposium on Radar and Modeling Studies of the Atmosphere

○ 接地境界層における微量
イオノソルの時間変動特性の
観測キック-off開始
Start of the campaign study
of spatio-temporal
variations in atmospheric
minor constituents around
the surface boundary layer

ISS搭載超伝導サブミリ 放射サザン(JEM/SMILES) による観測開始 Start of the atmospheric observations with ISS / JEM / SMILES

○ ピーコン観測用
デジタル受信機による
電離層観測の開始
Start of ionospheric
observation with digital
beacon receiver

南極昭和基地大型大気 レーダー(PANSY)観測開始 Start of observations with the PANSY radar at Syowa Station in Antarctica

○ ピアク流星レーダー¹
Biak Meteor Radar

MULレーダー25周年 記念国際シンポジウム International Symposium on the 25th Anniversary of the EAR (Jakarta, Indonesia)

○ EAR10周年記念国際
シンポジウム(ジャカルタ)
International Symposium
on the 10th Anniversary of
the EAR (Jakarta, Indonesia)

走査型紫外ライダー Scanning UV lidar

○ CAWSES-II
国際シンポジウム
International CAWSES-II
Symposium

大気レーダー用ソフト ウェア受信機の開発 Development of software-defined receiver for atmospheric radars

○ 地球超高层大気撮像観測
(ISS-IMAP)ミッション
による観測開始
Start of ISS-IMAP
(Ionosphere, Mesosphere,
upper Atmosphere, and
Plasmasphere mapping)
mission

アジアアフリカ学術基盤形成事業「赤道大気のアジア域地上観測ネットワーク構築」(2008-2010)

Elucidation of ground-based atmosphere observation network in equatorial Asia (JSPS Asia Africa Science Platform Program)

特別教育研究費「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測研究(IUGONET)」(2009-2010)

Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (MEXT)

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム「短期気候変動起源地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測」(2009-2013)

Climate Variability Study and Societal Application through Indonesia-Japan "Maritime Continent COE - Radar-Buoy Network Optimization for Rainfall Prediction (SATREPS)"

科学技術戦略推進費「インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築」(2010-2012)

Research Enhancement and System Establishment for Space Weather in Indonesia (Strategic Funds for the Promotion of Science and Technology)

宇宙利用促進調整委員会「高精度衛星測位データを用いた気象予測システムの構築」(2010-2012)

Development of the real-time monitoring system of Precipitable Water Vapor (PWV) using a dense GNSS receiver network for QZSS (Coordination Funds for Promoting Space Utilization)

鉄道運輸機器運輸分野における基礎的研究推進制度「航空安全運航のための次世代ワインドプロファイルによる乱気流検出予測技術の開発」(2011-2012)

Development of turbulence detection and prediction techniques with next generation wind profiler radar
for aircraft safety (JRTT+Program for Promoting Fundamental Transport Technology Research)

グローバルCOEプログラム「極端気象と適応社会の生存科学(GCOE-ARS)」(2009-2013)

Sustaining Science for a Resilient Society Adaptable to Extreme Weather Conditions (The Kyoto University Global COE Program)

リーディング大学プログラム「グローバル

Inter-Graduate School Program for Sustainable Development

21世紀COEプログラム「活地球圏の変動解明」(2003-2007)

Kyoto University Active Geosphere Investigations (KAGI) for the 21st Century Center Of Excellence Program

特定領域研究「赤道大気上下結合(CPEA)」(2001-2006)

Priority Atmosphere (CPEA) (Grant-in-Aid for Scientific Research for Priority Areas)

衛星観測による地球環境監視技術の開発」(2002-2004)

Positioning for Monitoring the Earth's Environment
Funds for Promoting Science and Technology

地球観測システム構築推進プラン「海大陸レーダーネットワーク構築」(2005-2009)

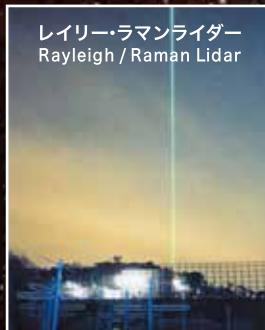
HARIMAU (Hydrometeorological ARray for ISV-Monsoon AUtomonitoring) (Japan Earth Observation System Promotion Program)



下部熱圏プロファイラレーダー¹
Lower Thermosphere Profiler Radar



Lバンド下部対流圏レーダー¹
L-band Lower Troposphere Radar



レイリー・ラマンライダー
Rayleigh / Raman Lidar



赤道大気レーダー(インドネシア)
Equatorial Atmosphere Radar (Indonesia)

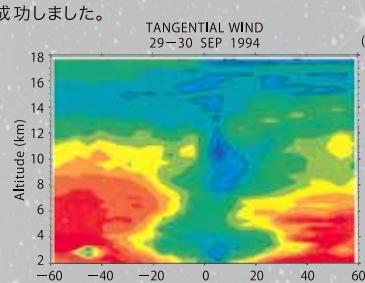


レンズアンテナ ウィンドプロファイル
Lens antenna wind profiling

台風の眼と断面の観測

Measurement of eye and cross-section of typhoons

鉛直風も観測できるMULレーダーは上昇下降流を伴う雲対流など気象観測でも威力を発揮します。1994年の台風26号は信楽上空通り、台風の断面の詳細な構造を捉えることに成功しました。

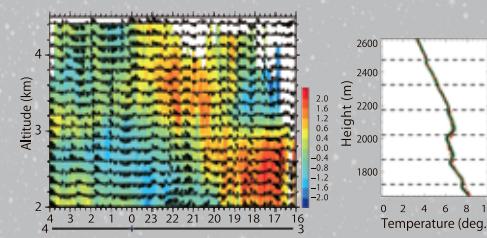


The MU radar can measure the 3-D wind, and is a powerful tool for studies of weather phenomena. Typhoon 9426 (Orchid) passed over the Shigaraki MU Observatory, and detailed structures of the typhoon cross-section were clarified.

RASSによる気象擾乱の観測

RASS Observations of meteorological disturbances

地上から放出された音波での電波散乱を利用して大気の温度を計測するRASSシステムを開発しました。前線の断面など気象擾乱をこれまでにない時間分解能で観測し、複雑な気象現象の実態を明らかにしました。また、MULレーダー観測強化システムを用いた微細鉛直構造観測アルゴリズムも開発されています。

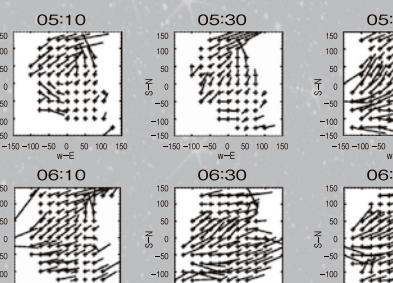


RASS was developed for remote sensing of atmospheric temperature, and uses sound wave to backscatter for the MUR. Complicated meteorological disturbances i.e. front systems, can be studied with higher temporal resolutions. Temperature profile within a radar range gate was analyzed by using the MU radar imaging observation system.

多チャンネル流星観測による風速水平分布

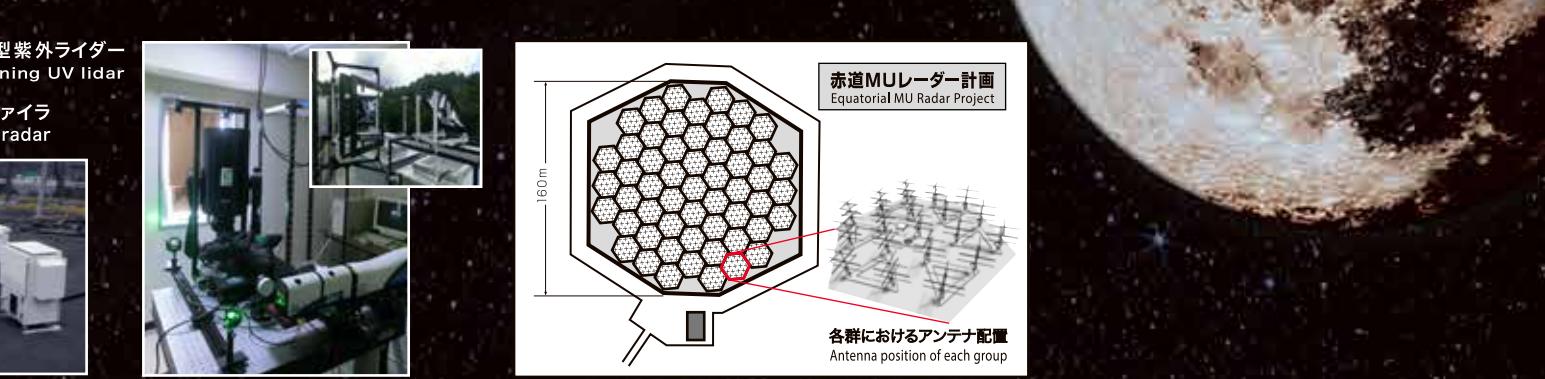
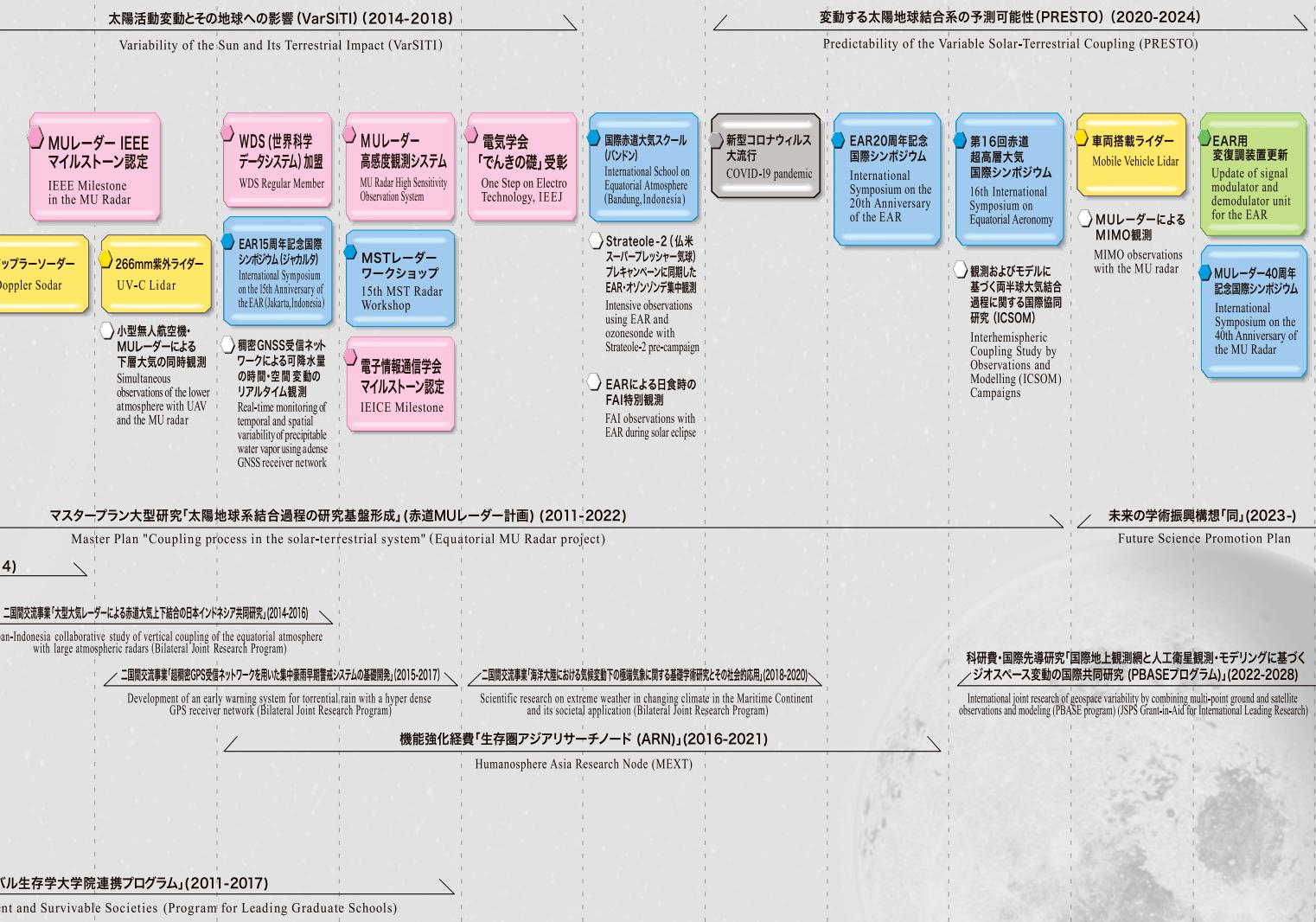
Horizontal distribution of horizontal wind velocity with meteor

地球上に降り注ぐ流星飛跡により散乱される電波から風速を測るレーダー観測強化システムを用いることで、すぐれた水平分布を観測することができるようになりました。



The MU radar can measure backscatters from meteor trails even in all weather conditions. The horizontal structure of wind velocity was successfully analyzed by using multi-channel facility of the MU radar.

2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

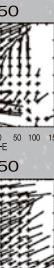


物の観測

trial observations

定できます。MU
解能で風速分布

50

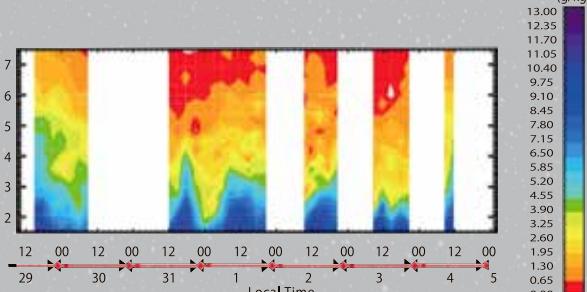


daytime and under
ocieties field was

MUレーダーによる水蒸気リモートセンシングの開発

Remote-sensing of water vapor amount with the MU radar

大気からの散乱電波を詳細に解析することで、対流圏の水蒸気の分布を連続観測する技術を開発しました。天候に関わりなく水蒸気を推定できることから激しい気象擾乱の解明への応用が期待されています。

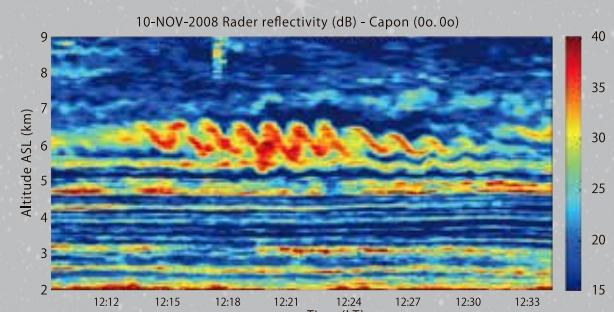


By analyzing echo power intensity, water vapor amount can be estimated in the lower atmosphere regardless meteorological conditions. Humidity profiles with the MU radar will be helpful to analyze severe meteorological disturbances.

MUレーダーイメージングによる大気乱流微細構造の観測

Detailed turbulence structure monitored with the MU radar imaging observation

MUレーダー観測強化システムを用いたイメージング観測により、今までにない微細な大気の鉛直構造が観測できるようになりました。これにより、大気中の乱流や層構造が短期間に変動する様子が明らかになりました。



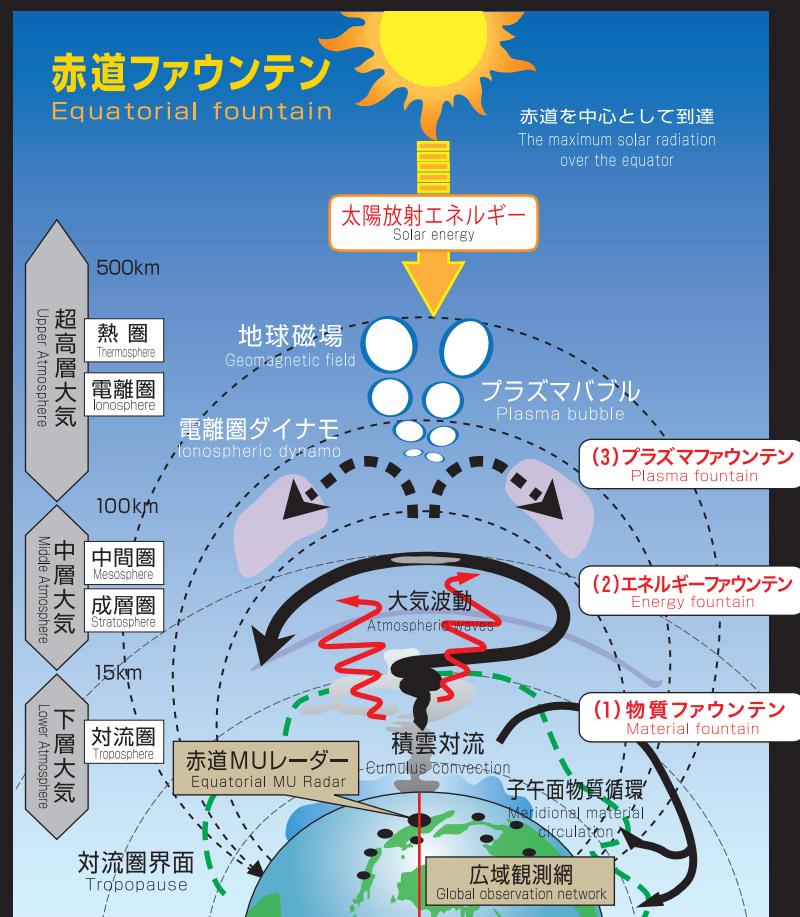
Detailed atmospheric structure with the excellent temporal and vertical resolutions was monitored with the MUR imaging observation system. The detailed variation of turbulence and layered structure was successfully elucidated with the imaging results.

「赤道MU(EMU)レーダー」の実現へ

Toward establishment of "Equatorial MU (EMU) Radar"

赤道では、積雲対流と呼ばれる大気擾乱が活発です。これにより作られる大気波動が上空に伝わることで、エネルギーが地表付近から高い高度にある電離圏まで運ばれます。また、赤道には、中低緯度域から大気物質が集中してきますが、これも上に吹き上げられ、対流圏界面を通過して、地球全体に輸送されます。超高層の電離圏でもプラズマの擾乱(赤道異常)が起こります。このように、赤道域の全ての高度層で現れる、エネルギーと物質の流れを「赤道ファウンテン」として捉え、その変動を観測するため、赤道MULレーダー(EMU)の新設を提案しています。MULレーダーと同等の感度・機能を有するEMUは、2001年以来、インドネシアの西スマトラにおいて運用してきた赤道大気レーダー(EAR)に比べ10倍以上の感度を持ちます。EMUを主要設備の一つとする「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」は、日本学術会議のマスター・プラン2020重点大型研究計画および未来の学術振興構想(2023年版)に選定されています。

Cumulonimbus convection is active in the equatorial atmosphere. It generates various types of atmospheric waves that propagate upward to transport energy and momentum into the upper atmosphere including the ionosphere. Also, different kinds of materials (atmospheric minor constituents) originating at low- and middle-latitude regions converge into the equatorial region, and are blown upward through the tropopause; they eventually reach the middle atmosphere and spread to the whole globe. In the upper atmosphere, there are plasma disturbances, and equatorial ionization anomaly (EIA) is generated around the equator. We will capture the energy and material flow that occur in all height ranges of the equatorial atmosphere as "Equatorial Fountain", and study it by using radars and other facilities. We are proposing the "Equatorial MU (EMU) Radar" that is 10 times more sensitive than the EAR. The study of the Equatorial Fountain and the establishment of EMU radar is an important part of the research project "Coupling process in the solar-terrestrial system" that is one of high-priority big research projects in the Master Plan 2020 and the Future Science Promotion Plan 2023 by Science Council of Japan.



京都大学生存圈研究所 信楽MU観測所
Shigaraki MU Observatory of Research Institute for Sustainable Humanosphere(RISH), Kyoto University

〒529-1812 滋賀県甲賀市信楽町神山
Kouyama, Shigaraki, Koka, Shiga 529-1812, JAPAN
Tel. 0748-82-3211 Fax. 0748-82-3217
Phone +81-748-82-3211 Fax +81-748-82-3217
E-mail: mu@rish.kyoto-u.ac.jp
URL : <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/mu>

赤道大気レーダーの共同運用/Collaborated operation of EAR

BRIN インドネシア国立研究革新庁
National Research and Innovation Agency (BRIN)

MULレーダー・赤道大気レーダーの設計・製造

Design and manufacture of the MU radar and EAR

MITSUBISHI ELECTRIC | 三菱電機株式会社
Changes for the Better