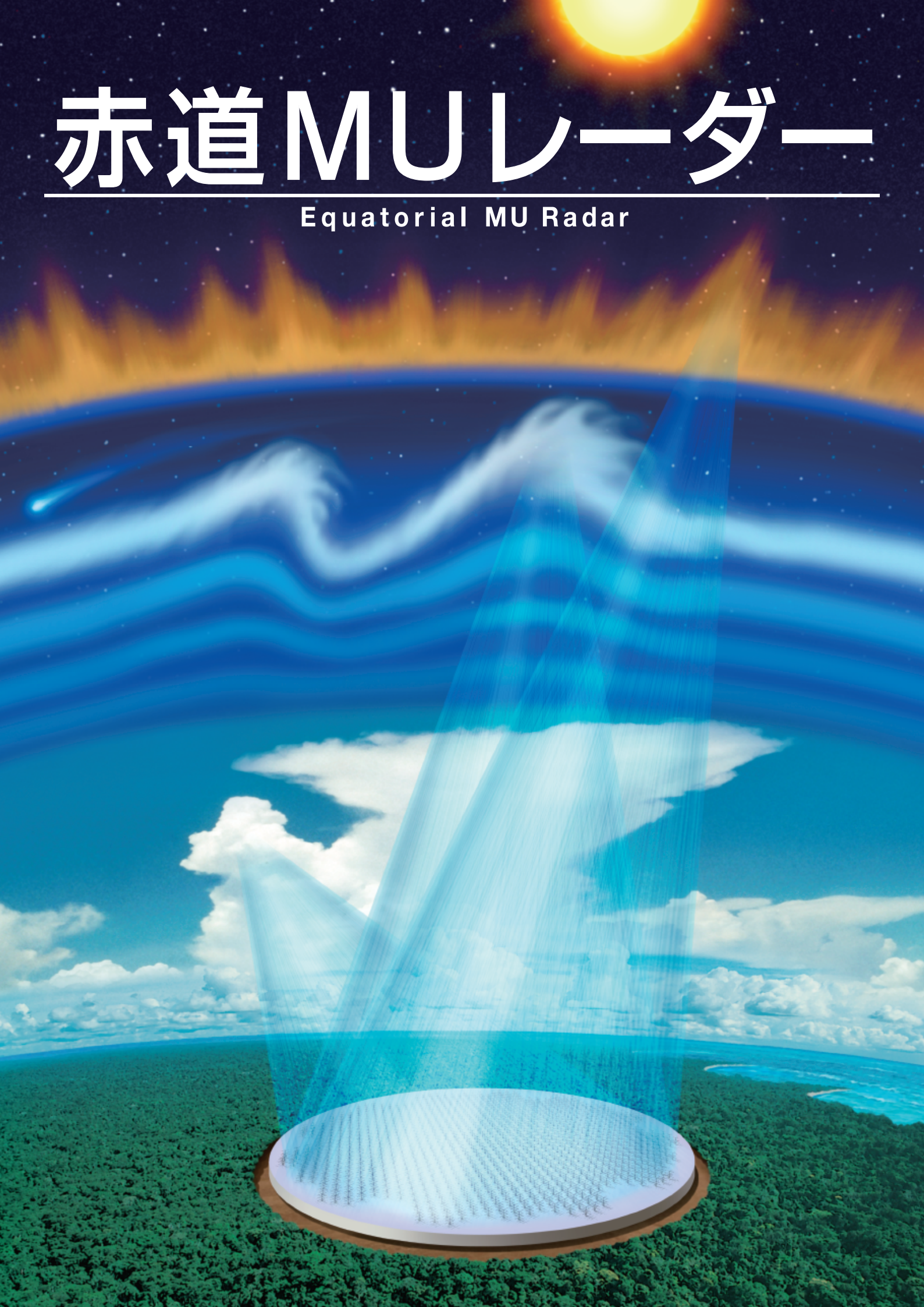


# 赤道MUレーダー

Equatorial MU Radar



# 赤道MULレーダー(EMU)が挑戦する新たなサイエンス

## New scientific challenges of the Equatorial Middle and Upper Atmosphere Radar (EMU)

- MULレーダーにより確立された高度な観測技術を駆使し、熱帯域における未知の大気現象を解明します。レーダーイメージング技術を用いた高分解能観測は、1万kmの総観スケールから数kmの積雲スケールに及ぶ様々なスケールでの赤道大気の力学過程の本質を解明します。
- EMUで達成される高感度により、これまで不可能であった中間圏の風速・乱流観測、熱圏・電離圏の電子密度観測等が実現されます。EMUを用いて、対流圏の積雲対流から高度数100kmに至る、赤道域のエネルギーと物質の流れ(赤道ファウンテン)の変動を観測します。
- 極域に設置されたPANSYレーダー及びEISCAT\_3D・中緯度に設置されたMULレーダーなどととも、大型大気レーダー観測網を構築します。さらに、広域地上観測網を活用し、太陽地球系結合過程を解明します。
- 全国・国際共同利用に供されるEMUは、世界中の研究者に活用されるのみならず、国内外の人材育成に貢献します。

- The state-of-the-art techniques established by the MU radar are used in the EMU to discover and clarify unknown phenomena in the equatorial atmosphere. Radar imaging techniques are used to resolve multi-scale fundamentals of the dynamical processes.
- The high sensitivity of the EMU enables measurement of winds in the mesosphere/thermosphere, and ionospheric parameters. Studies of energy and material flow in the equatorial atmosphere (Equatorial Fountain) will be conducted in wide range of altitudes.
- The EMU constitutes the global observation network together with other giant atmospheric radars such as the MU radar, PANSY and EISCAT\_3D. They contribute to the study of the coupling processes in the solar-terrestrial system.
- The use of EMU will be open to the international community through international collaborative research programs. EMU will also be utilized for education of young scientists from all over the world.

## 赤道ファウンテン Equatorial Fountain

### (1) 物質ファウンテン Material fountain

赤道の陸面・海洋から放出される大気物質は、対流圏を循環しつつ積雲や巻雲の生成・発達に寄与します。さらに対流圏界面を通過して成層圏に噴出され、中層大気中を中高緯度に広く輸送されます。

Different kinds of materials in the atmosphere are emitted from land- and sea-surface in the equatorial region. They contribute to the generation of cumulus and/or cirrus clouds while circulating in the troposphere. The materials flow into the stratosphere through the tropopause like a fountain, and reach widely to the middle and high latitude regions.

### (2) エネルギーファウンテン Energy fountain

対流圏を源泉とする大気波動はエネルギーと運動量を輸送し、中層大気中の特異な長周期・不規則変動を駆動します。

Atmospheric waves originating in the troposphere transfer their energy and momentum like a fountain up to the middle atmosphere, where peculiar long-term waves and irregularities are induced.

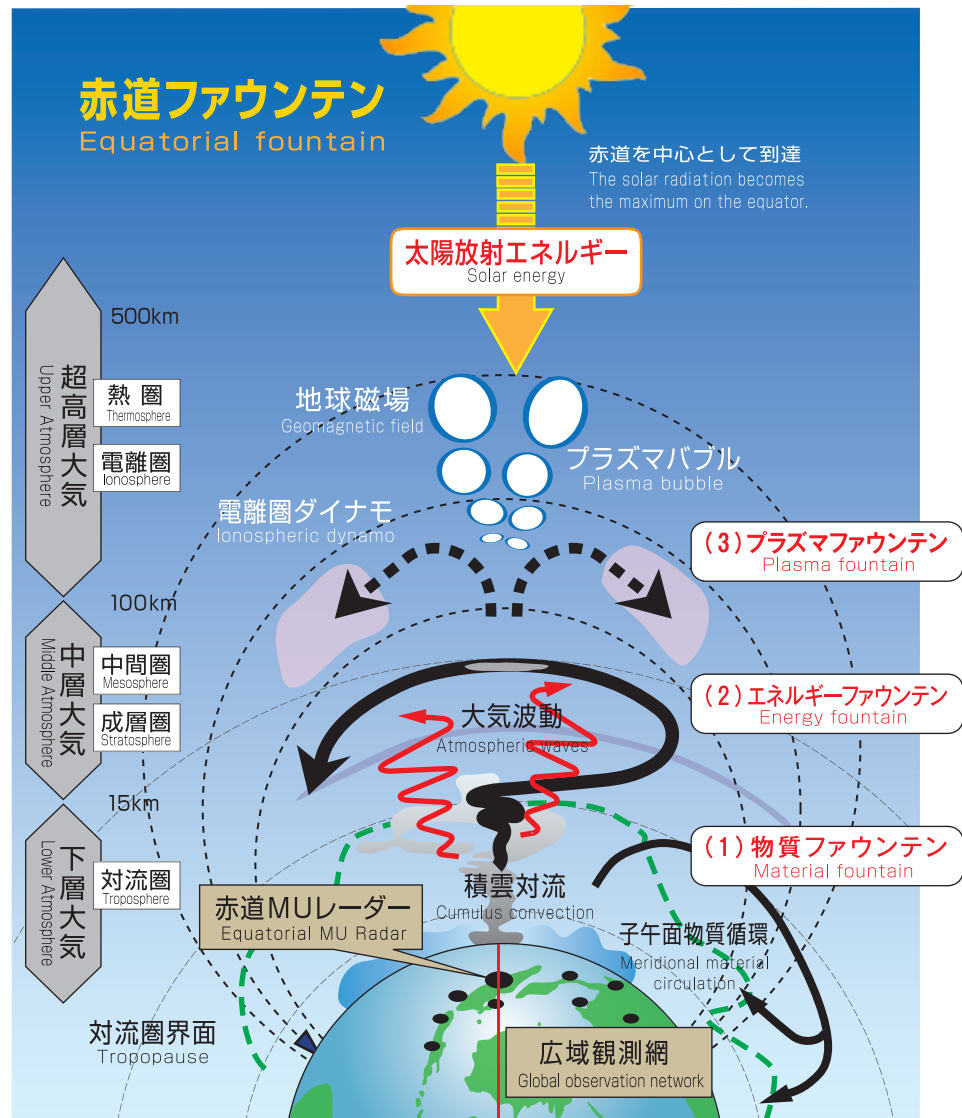
### (3) プラズマファウンテン Plasma fountain

電離圏では中性風によるダイナモ電場が地球磁場と相互作用してプラズマを噴き上げます。力学・電磁学的結合によるエネルギー交換とプラズマ密度変動が起こっています。

The ionospheric plasma around the geomagnetic equator is blown upward by the dynamo electric field induced by the background neutral winds, which is known as plasma fountain. A variety of energy exchange and plasma-density fluctuations is induced through the coupling between the dynamics and electromagnetics.

赤道域の大気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、その変動を赤道MULレーダーで観測します。

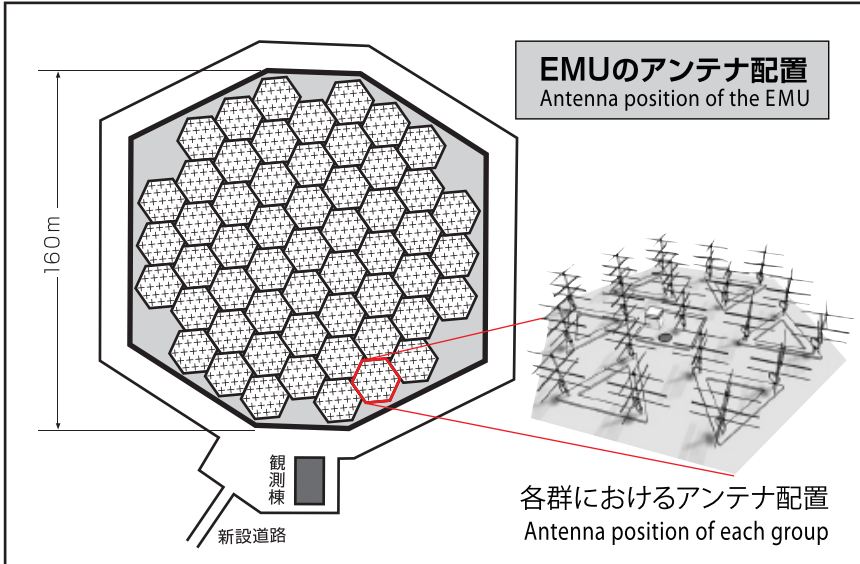
The energy and material flows that occur in all height regions of the equatorial atmosphere are named as "Equatorial Fountain", which will be studied with the EMU.



# EMUの観測システム

## Hardware system of the EMU

EMUでは、アンテナの大径化（直径約160m）と尖頭送信出力の増大（500 kW）により、EARと比較して10倍以上感度が向上します。また、19本×55群のサブアレイを用いたレーダーイメージング観測が可能となります。



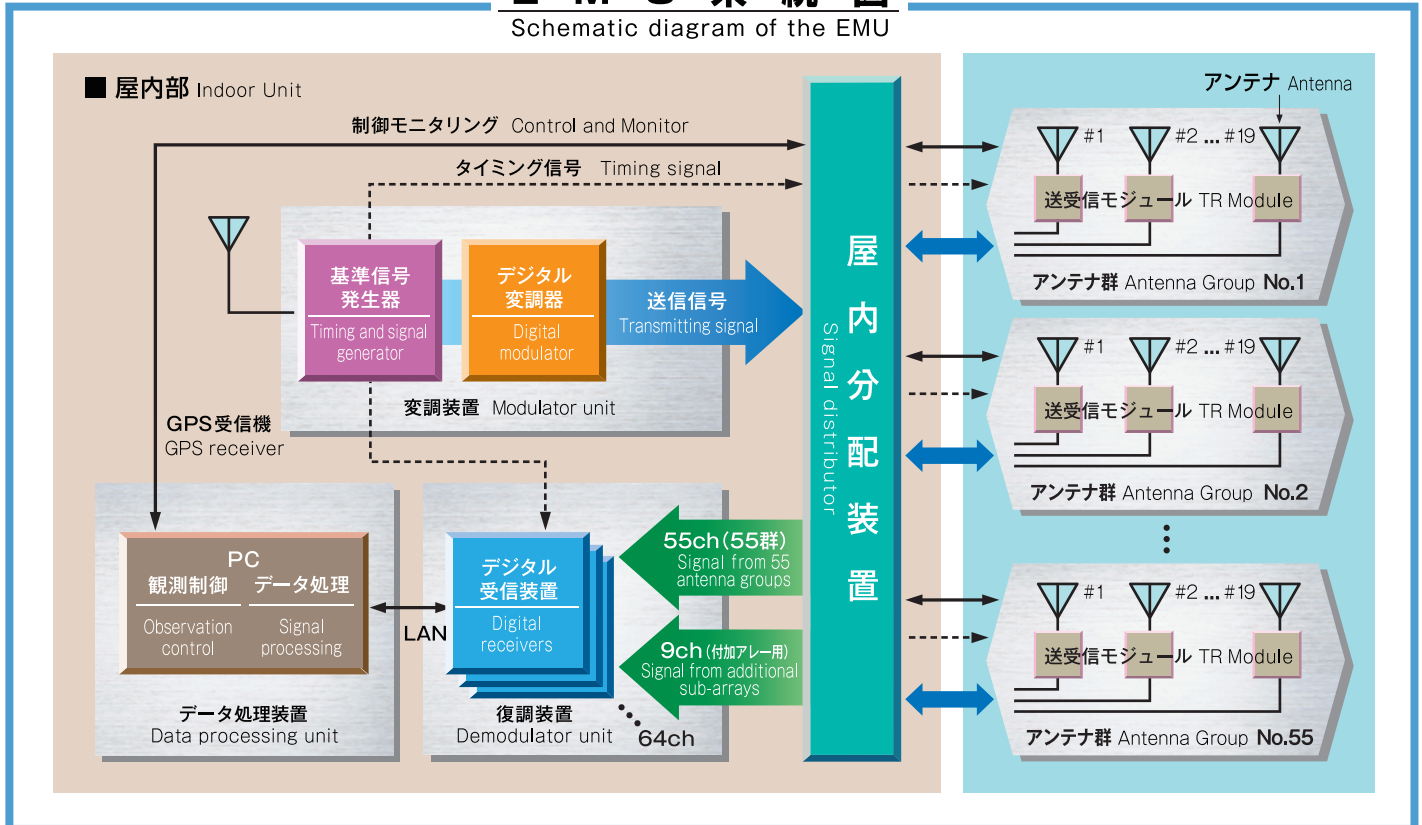
The large-sized antenna array of 160-m diameter and 500 kW peak output power enables the EMU to have 10-times higher sensitivity than the EAR. For radar imaging measurements, the 1045 Yagi elements can be divided into 55 sub-arrays, each of which is composed of 19 Yagi elements.

### EMUの諸元 Specifications of the EMU

◆ 構成	Configuration モノスタティックパルスドップラーレーダー Monostatic pulse Doppler radar
◆ 中心周波数	Center Frequency 47MHz
◆ アンテナ	Antenna
構成	Configuration 略円形アレイ3素子直交八木アンテナ1045本 A quasi-circular array consisting of 1045 crossed Yagi antennas with 3 elements
開口面積	Aperture 約16000㎡ About 16000㎡
走査方向	Beam directions 天頂角30度以内の任意方向 Arbitrary direction within a zenith angle of 30°
◆ 送信機	Transmitter
構成	Configuration 固体送受信モジュール1045台 1045 solid-state TR modules
電力(尖頭値)	Peak power 500kW以上 500kW (minimum)
偏波面	Polarization 円偏波 Circular polarization
◆ 受信機	Receiver
構成	Configuration 同期直交検波55+9系統 55+9 channels of synchronous quadratic detection

## EMU 系統図

Schematic diagram of the EMU



EMUは屋外のアクティブ・フェーズド・アレイ・アンテナ及び送受信モジュールと、屋内のデータ処理装置及び変復調装置から構成されます。多チャンネルの高速デジタル信号処理により、EMUの観測性能を極限まで高めています。

The EMU comprises antenna and TR Module unit, data processing unit, modulator unit, and demodulator unit. Multi-channel digital signal processing brings out the full measurement capability of the EMU.

# HISTORY

1985

1990

1995

20

国際研究プログラム  
International research program

中層大気国際協同観測計画  
(MAP) (1982-1985)  
Middle Atmosphere Program (MAP)

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)

国際赤道大気系  
(EPIC) (1990-1995)  
Equatorial Processes In-  
ternational Cooperative  
Program (EPIC) (1990-1995)  
中間圏界面国際協同観測計画  
(PSMOS) (1990-1995)  
Planetary Scale Mesopause O-

MUレーダー完成  
全国共同利用開始  
Completion of  
the MU radar

赤道MUレーダー  
の設置サイト調査  
Site survey  
for the EMU

LAPANと協同の  
ラジオゾンデ集中観測  
Intensive radiosonde  
observation campaign  
at Watukosek,  
Indonesia with LAPAN

スルボン境界層・  
流星レーダー  
Serpong BLR and  
Meteor Radar

ポンティアナ  
MFレーダー  
Pontianak MF Radar

巨大エルニーニョの発生、  
東南アジア森林火災  
Intense El-Nino and  
large forest fire in  
Southeast Asia

LAPANと協同の  
ラジオゾンデ  
多地点集中観測  
Multi-site radiosonde  
observation campaign  
with LAPAN

国際赤道電離圏シンポ  
ジウムISEA(バリ島)  
9th International  
Symposium on  
Equatorial Aeronomy  
(Bali, Indonesia)

コタババンBLR  
Kototabang BLR

DYSMERシンポジウム  
DYSMER Symposium

MUレーダーの整備  
MU radar-related  
development

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

国際シンポジウム開催  
International symposium

世の中の動き  
Related news items



超多チャンネルデジタル  
受信システム部  
Ultra Multi-channel  
Digital Receiving Subsystem



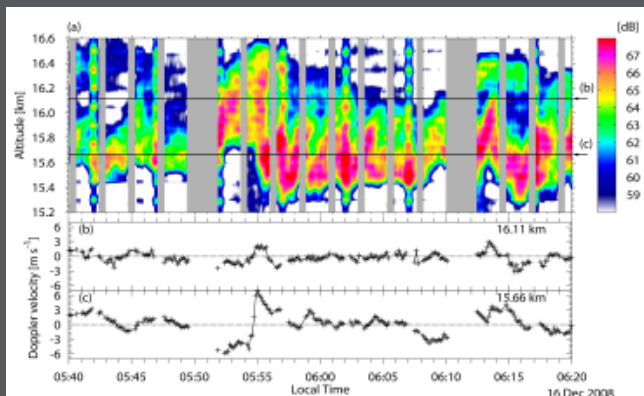
アジア・太平洋地域を中心とする地球環境  
変動の研究(新プログラム) (1991-1994)  
Studies of Global Environmental Change  
with Special Reference to Asia and Pacific Regions  
(New Program for Creative Basic Research Studies)



## 赤道大気レーダー (EAR) が拓いた赤道大気研究のフロンティア

### 大気不安定波の微細構造 Atmospheric instability

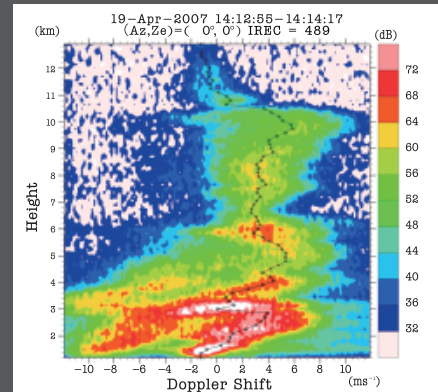
晴天・降雨領域を問わず風速・乱流の高分解能計測が可能なEARは、熱帯域における強い積雲活動から生み出される大気重力波の詳細をはじめて明らかにしました。



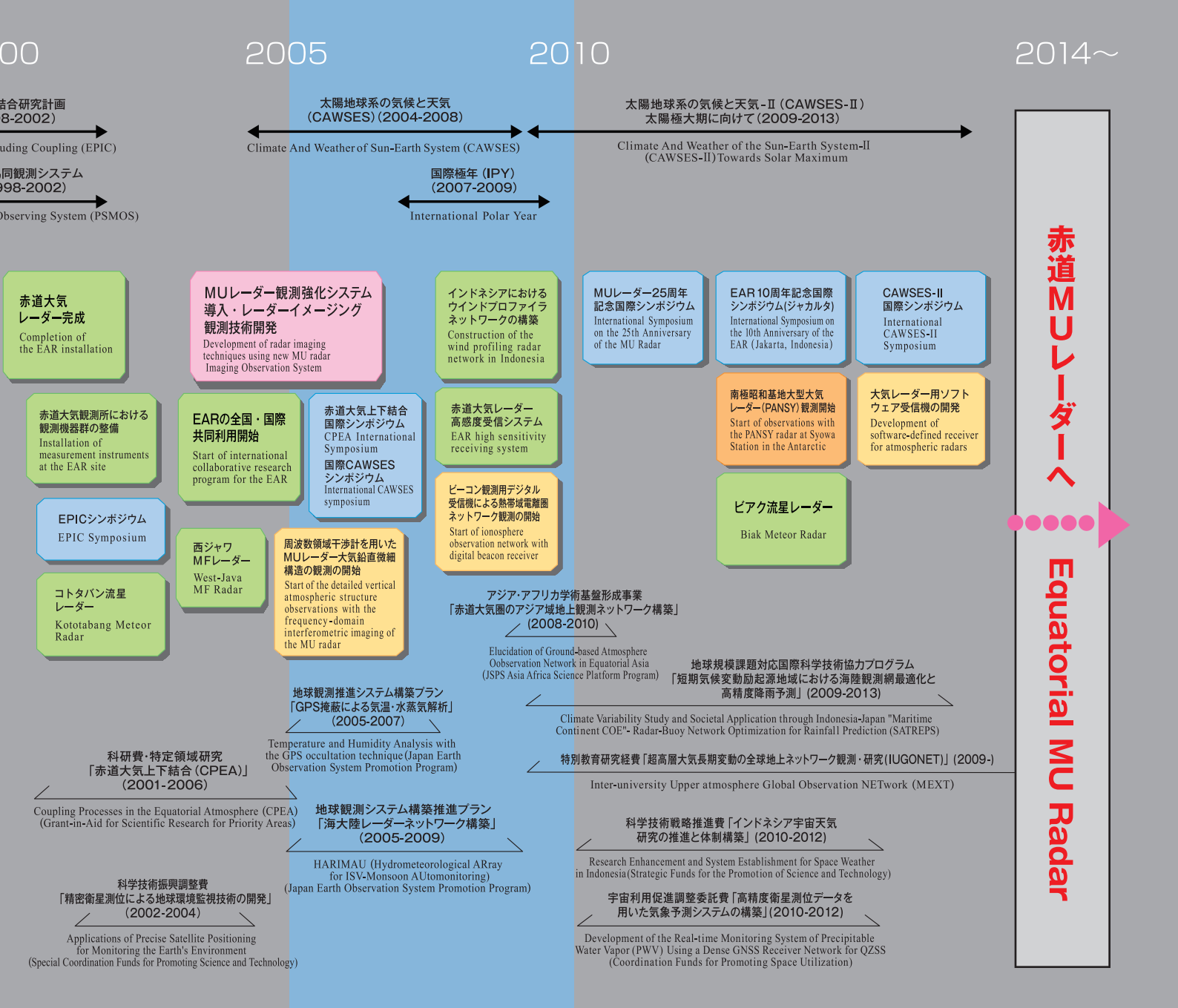
High-resolution wind and turbulence measurements by the EAR revealed the characteristics of atmospheric gravity waves (AGWs) produced by deep cumulus convection in the equatorial Indonesia.

### 積雲内の強い上昇気流 Updraft in cumulus clouds

赤道大気観測所に設置された多くの観測機器との協同観測を通じ、地球の大気循環のエンジンである熱帯域における積雲対流の励起メカニズムの理解が進んでいます。



Wind measurements by the EAR and other instruments greatly contributed to elucidate the generation mechanisms of deep cumulus convection that drives the global circulation.

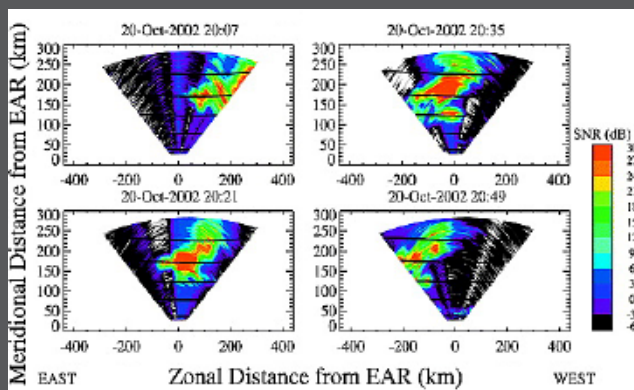


## Frontiers explored by the Equatorial Atmosphere Radar (EAR) ★

### プラズマバブルの発生と伝搬

Generation and propagation of equatorial plasma bubbles

EARではアンテナ方向を電子的に走査することで同時に多方向の観測ができます。これによって、低緯度電離圏の強い擾乱現象であるプラズマバブルが発達しながら移動する様子をはじめて明らかにしました。

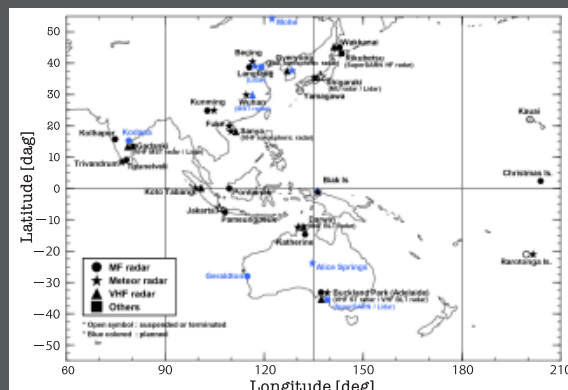


The electrical beam-scan measurement of the EAR is the first that observed the spatial evolution of equatorial plasma bubbles, which propagate and affect electromagnetic phenomena in the equatorial thermosphere.

### 中間圏・下部熱圏レーダーのアジア・オセアニア域観測網

MLT radar network in the Asia-Oceania Region

国際でアジア・オセアニア域に流星レーダーやMF (中波) レーダーを中心とする観測網の整備が進んできました。下層で励起された大気波動が中層大気や、超高層大気 (電離圏) の擾乱現象につながる様子を明らかにしています。



We have been developing the MLT (Mesosphere-Lower Thermosphere) radar network in the Asia-Oceania region. We study atmospheric waves that are generated in the lower atmosphere and propagate upward into the middle atmosphere, and ionosphere.

## 赤道大気観測所に併設された観測装置群 Associated instruments at the EMU site



- |                                 |   |                                   |   |                               |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| ① FM-CWイオゾンデ<br>FM-CM ionosonde | ② VHFレーダー<br>VHF radar                      | ③ 流星レーダー<br>Meteor radar          | ④ Xバンド気象レーダー<br>X-band meteorological radar | ⑤ RASS用スピーカー<br>RASS speakers |
| ⑥ 全天イメージャー<br>All-sky imager    | ⑦ ファブリ・ペロー干渉計<br>Fabry-Perot interferometer | ⑧ マイクロレインレーダー<br>Micro-rain radar | ⑨ シーロメータ<br>Ceilometer                      | ⑩ ディストロメータ<br>Disdrometer     |
| ⑪ 光学式雨量計<br>Optical rain gauge  | ⑫ ラジオメータ<br>Radiometer                      | ⑬ GPS受信機<br>GPS receiver          | ⑭ ライダー<br>Lidar                             |                               |

EMUの設置される赤道大気観測所には、京都大学のみならず、名古屋大学・首都大学東京・情報通信研究機構・島根大学が運用する観測機器群が併設されています。観測機器の運用及びこれらを用いた研究活動は、インドネシア航空宇宙庁をはじめとする現地機関との密接な連携のもと、実施しています。EMUと観測機器群との協同観測を通して様々な物理量を観測し、熱帯大気中の諸現象の本質を解明します。

At the EMU site, various instruments are installed through collaborations with other research institutes. Operation of the instruments including the EMU and studies using them are carried out in close collaboration with National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN) and other Indonesian research institutes. The coordinated observations using the EMU and collocated instruments are expected to discover and clarify various phenomena occurring in the equatorial atmosphere.

アクセス

インドネシア共和国西スマトラ州  
アガム県パルプー郡コトタバ  
ンジャカルタ→パダン：空路2.0h  
パダン→ブキティンギ：陸路2.0h  
ブキティンギ→EMU：陸路1.0h

Koto Tabang, Palupuh District,  
Agam, West Sumatra, INDONESIA  
Jakarta→Padang：2.0h by air  
Padang→Bukittinggi：2.0h by car  
Bukittinggi→EMU：1.0h by car



赤道MUレーダーの位置  
Location of the EMU



京都大学生存圏研究所

Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, JAPAN

Phone (+81)774-38-3801 Fax (+81)774-31-8463

E-mail: ear@rish.kyoto-u.ac.jp



インドネシア航空宇宙庁

National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)

Jl. Pemuda Persil No. 1, Jakarta 13220, INDONESIA

Phone (+62)21-489-4989, Fax (+62)21-489-4815