

赤道ファウンテン Equatorial Fountain

津田 敏隆^{1*}
TSUDA, Toshitaka^{1*}

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Res. Inst. Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University

赤道域で特徴的な物質・エネルギーフローを「赤道ファウンテン」として総括的に捉え、その変動が特に激しい熱帯アジア・西太平洋域において、大型大気レーダーを中心とした拠点観測、および広域光/電波観測ネットワーク、GPS 掩蔽等の衛星データ、ならびに数値モデルを用いて、その動態を解明し、全球に及ぶ大気変動を引き起こすメカニズムを定量的に解明する。

赤道域で地表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、さらに対流圏界面を通過して成層圏に噴出され中高緯度に広く輸送される。赤道域で地表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、さらに対流圏界面を通過して成層圏に噴出され中高緯度に広く輸送される。赤道対流圏を源泉とする大気波動は中層大気の特異な長周期・不規則変動を駆動する。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る。

インドネシア・西スマトラで 2001 年以来 10 年以上連続運用されている赤道大気レーダー (EAR) 等によるフィールド観測を中心とした赤道大気研究の成果を基礎に、赤道ファウンテンの諸過程に関する総合理解を目指す研究動向について議論する。

キーワード: 赤道大気, 大気波動, 大気組成, 積雲対流, プラズマファウンテン

Keywords: equatorial atmosphere, atmospheric waves, atmospheric composition, cumulous convection, plasma fountain

南極昭和基地大型大気レーダー計画の現状 Current Status of Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY)

佐藤 薫^{1*}, 堤 雅基², 佐藤 亨³, 中村 卓司², 齊藤 昭則⁴, 富川 喜弘², 西村 耕司², 山岸 久雄², 山内 恭²
SATO, Kaoru^{1*}, TSUTSUMI, Masaki², Toru Sato³, NAKAMURA, Takuji², SAITO, Akinori⁴, TOMIKAWA, Yoshihiro², Koji Nishimura², YAMAGISHI, Hisao², YAMANOUCI, Takashi²

¹ 東大院理, ² 極地研, ³ 京大院情報, ⁴ 京大院理

¹ Graduate School of Science, The University of Tokyo, ² National Institute of Polar Research, ³ Graduate School of Informatics, Kyoto University, ⁴ Graduate School of Science, Kyoto University

南極昭和基地は、気象庁定常観測、極地研を中心とした各研究機関による大気研究観測が精力的に行なわれ、世界的に見ても数少ない総合大気観測拠点となっている。南極はカタバ風や、オゾンホール、極成層圏雲、夜光雲(極中間圏雲)、オーロラなど、固有で顕著な、また人間活動が大きく影響する大気現象が見られる領域である。

日本の南極観測は、約50年を経て発見的あるいは環境監視を目的とした観測から、定量的な議論が可能な精密科学観測へと大きな転換期を迎えている。本計画(PANSY)は、南極昭和基地に対流圏から電離圏までの広い高度領域の3次元風速やプラズマパラメータを高分解能、高精度で観測できる最新型大型大気レーダー(MST/ISレーダー)を設置し、これを軸として既存の観測を組み合わせることで極域大気を多角的に捉え、加えて高解像数値モデルも積極的に活用することにより、極域科学のブレークスルーを図ることを目的としている。

PANSYは、2000年以降、南極で運用可能な大型大気レーダーの開発およびフェージビリティスタディを積み重ねて来た。その結果、低温強風対策、低電力化、低重量化、設置作業の高効率化等の南極での運用に固有の諸問題をほぼ全て解決した。PANSYレーダーは、MUレーダーの3分の1以下の電力で同等の性能を持つ。

PANSYは第VIII期南極重点研究観測に応募して採択され、また予算措置がなされて建設の運びとなった。まず52次隊(2010.12下旬~)においては、史上最悪の気象条件にもかかわらず予定通り干本強のアンテナを設置、2011年3月には対流圏中下層の初データ取得に成功した。その後、続く悪天に伴う大量積雪によって少なからぬアンテナ被害が出て観測を休止していた。

この2011年における大量積雪は、南極においても稀な気象状況であったとはいえ、今後起こらない保障はないので、アンテナアレイの形状を大幅に変更することにした。ビームパターンが複雑になり、通常の観測時には等価的なビーム幅が広がるが、開口面積は同一のためレーダーの感度は変わらない。改めて理論検討を行ったところ、ビーム形状の最適設計によりかえって性能がよくなる観測モードがあることも分かった。これは、アンテナ面を広げたことによる副産物である。

53次隊(2011.12下旬~)は海氷状況が悪く、17年ぶりに砕氷船の接岸断念という事態になった。しかし、気象条件には比較的恵まれたことも幸いして輸送も進み、予定の建設作業の約8割は達成できる見通しである(2012/2/7現在)。また、2012年1月6日には、極中間圏雲に密接に関係する極中間圏夏季エコー(PMSE)の観測にも成功し、現在観測を継続中である。1月23日には2003年10月以来の巨大な太陽フレアが発生したが、これに関連すると考えられる通常の10倍程度の強いエコーを検出するなど、すでにいくつかの観測成果も上がっている。今後53次隊では対流圏・成層圏を含む乱流エコーの観測を予定しており、PANSYと連動して開始したライダー観測等も合わせて、カタバ風に伴う循環・極域低気圧・大気重力波・極渦捕捉波・極成層圏雲などの研究課題に取り組む計画である。PANSYの全システムは54次の夏オペレーションにて完成の予定である。

キーワード: 南極大気, 大型大気レーダー, カタバ風, オゾンホール, 重力波, 極中間圏雲

Keywords: Antarctic atmosphere, MST/IS radar, katabatic wind, ozone hole, gravity wave, polar mesospheric cloud

赤道大気レーダーによる電離圏観測の10年 Ten years on ionospheric observation with the Equatorial Atmosphere Radar

横山 竜宏^{1*}, 山本 衛¹, 深尾 昌一郎¹

YOKOYAMA, Tatsuhiro^{1*}, YAMAMOTO, Mamoru¹, FUKAO, Shoichiro¹

¹ 京都大学 生存圏研究所

¹RISH, Kyoto University

赤道域電離圏においては、赤道スプレッド F/プラズマバブルと呼ばれる現象の研究が古くから行われてきている。プラズマバブルに伴う局所的なプラズマ密度の不規則構造が発生した場合には、電波の振幅、位相の急激な変動（シンチレーション）が生じるため、GPS 等による電子航法に深刻な障害を及ぼすことが知られており、その生成機構と発生の日々変化の解明が強く求められている。赤道大気レーダー (EAR) は、プラズマバブル内部の 3m スケールの電離圏不規則構造に対して感度が高く、EAR による高速ビーム制御観測により、従来の観測からは得られなかったプラズマバブルの空間構造を高時間分解能でとらえることが可能となった。EAR による電離圏観測は、その完成直後から開始され、現在までに太陽活動ほぼ 1 周期分の観測データが蓄積されている。太陽活動が高い期間 (2001-2004 年) は、春と秋にプラズマバブルの発生頻度が高く、日没直後に発生し、東向きに伝搬することが明確に示された。一方、太陽活動が低い期間 (2007-2009 年) には、日没後のプラズマバブルはほとんど観測されず、夏の真夜中付近を中心に、MU レーダーで観測されるような中緯度的な現象が多く観測された。本発表では、EAR による現在までの電離圏観測を、その他の地上観測機器、人工衛星との同時観測例を含めて概観し、EAR による今後の電離圏観測の展開について議論する。

キーワード: 赤道大気レーダー, プラズマバブル, 赤道スプレッド F, 電離圏, EAR

Keywords: Equatorial Atmosphere Radar, plasma bubble, equatorial spread F, ionosphere, EAR

NICTにおける東南アジア域電離圏観測の現状と将来計画

Current status and future plan of NICT's ionospheric observations in the Southeast Asia by SEALION and GNSS-TEC

津川 卓也^{1*}, 西岡 未知¹, 石橋 弘光¹, 丸山 隆¹, ポンチャイ スプニシ², ブルダン ムスリム³, 齊藤 昭則⁴, 大塚 雄一⁵, 山本 衛⁶, 長妻 努¹, 村田 健史¹

TSUGAWA, Takuya^{1*}, NISHIOKA, Michi¹, ISHIBASHI, Hiromitsu¹, MARUYAMA, Takashi¹, Pornchai Supnithi², Buldan Muslim³, SAITO, Akinori⁴, OTSUKA, Yuichi⁵, YAMAMOTO, Mamoru⁶, NAGATSUMA, Tsutomu¹, MURATA, Ken T.¹

¹ 情報通信研究機構, ² モンクット王ラカバン工科大学, ³ インドネシア国立航空宇宙研究所, ⁴ 京都大学理学研究科地球物理学教室, ⁵ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁶ 京都大学生存圏研究所

¹NICT, ²KMITL, ³LAPAN, ⁴SPEL, Kyoto Univ., ⁵STEL, Nagoya Univ., ⁶RISH, Kyoto Univ.

National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Japan has developed the Southeast Asia low-latitude ionospheric network (SEALION) and ionospheric observation system using GNSS receiver networks in the Southeast Asia for the purpose of monitoring and researching severe ionospheric disturbances, such as plasma bubble. These ionospheric disturbances can affect satellite-to-ground radio propagation, degrade GNSS navigations, and cause loss-of-lock on GNSS signals. SEALION consists of six ionosondes, four GPS receivers, two GPS scintillation monitors, and two magnetometers, and one all-sky imager in Indonesia, Thailand, Vietnam, Philippines, and China. SEALION is a unique ionospheric observation network in having the conjugate observational points in the northern and southern hemispheres and around the magnetic equator. Developing dense GNSS receiver networks in the Southeast Asia would make it possible to reveal spatial structures and temporal evolutions of the several 100 km scale ionospheric disturbances in the wide area of 2,000-3,000 km in latitude and longitude in this Southeast Asia. We will introduce the current status of the SEALION and the GNSS-TEC observations and present some recent researches related with plasma bubbles, mid-night ionospheric irregularities, and late-afternoon periodic TEC fluctuations. A future plan of NICT's ionospheric observations and a proposal of GNSS-TEC data sharing in this region will be also presented.

キーワード: 電離圏, 赤道, プラズマバブル, 電離圏不規則構造, GPS, イオノゾンデ

Keywords: ionosphere, equator, plasma bubble, irregularity, GPS, ionosonde

インドネシアにおける赤道域電離圏・熱圏の光学・電波観測 Radio and optical observations of equatorial ionosphere and thermosphere in Indonesia

大塚 雄一^{1*}, 塩川 和夫¹, 福島 大祐¹, 小川 忠彦²

OTSUKA, Yuichi^{1*}, SHIOKAWA, Kazuo¹, FUKUSHIMA, Daisuke¹, OGAWA, Tadahiko²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 情報通信研究機構

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²National Institute of Information and Communications Technology

対流圏活動が世界で最も活発なインドネシア赤道域において、対流圏起源の大気波動が誘起する熱圏大気の変動と電離圏プラズマの応答を研究するため、名古屋大学太陽地球環境研究所は、インドネシアのコタバン・赤道大気レーダー(EAR)サイト及びその周辺において熱圏・電離圏探査装置(電離圏 VHF レーダー、大気光観測装置、GPS 受信装置など)による観測を実施してきた。その結果、これまでに以下の成果が得られている。(1) 雲頂温度と GPS 電離圏シンチレーション現象との比較から、対流圏活動とプラズマバブル発生との間に因果関係があることが示唆された。(2) 630nm 大気光イメージング観測により赤道異常帯から高緯度に向けて準周期的に移動する波動現象を発見し、この波動が下層/中層大気から伝搬してきたものと考えられることを示した。(3) 2004 年 12 月 26 日にスマトラ島西方沖で発生した巨大地震の後に、GPS 受信機によって全電子数の変動が観測された。この変動は、地震による音波が地表から電離圏高度まで伝わったことが原因であると考えられる。(4) VHF レーダー(送信周波数: 30.8 MHz)の連続観測により、低太陽活動期では、高太陽活動期とは異なり、5-8 月の真夜中過ぎに F 領域沿磁力線不規則構造 (FAI) の発生頻度が高いことを見出し、この真夜中過ぎ FAI が西向き伝搬するものが多いなど、中緯度における F 領域 FAI と類似した特徴をもつことを明らかにした。

本研究グループは、2010 年 2 月にはコタバンと同一磁力線で結ばれた磁気共役点であるタイのチェンマイに、同年 6 月にはコタバンにファブリ・ペロー干渉計を設置し、世界で初となる熱圏大気風速の南北磁気共役点観測を開始した。また、真夜中過ぎ F 領域 FAI の生成原因解明のため、VHF レーダーに 5 チャンネルの受信専用装置を追加し、空間領域イメージング観測を 2009 年から開始した。さらに、2011 年 3 月には、コタバンとほぼ同緯度にあるポンチアナに GPS 受信機を設置し、シンチレーション・ドリフト速度の観測を開始した。本講演では、これらを用いた最新の研究成果についても報告する。

キーワード: 電離圏, 熱圏, 赤道域, プラズマバブル, 大気光, 電離圏擾乱

Keywords: ionosphere, thermosphere, equatorial region, plasma bubble, airglow, ionospheric disturbance

Upper thermosphere coupling with the lower atmosphere: features revealed by the 10-year CHAMP mission

Upper thermosphere coupling with the lower atmosphere: features revealed by the 10-year CHAMP mission

Liu Huixin^{1*}

LIU, Huixin^{1*}

¹SERC, Kyushu University

¹SERC, Kyushu University

Recently rapidly growing observations have revealed clear evidences for a close coupling between the upper thermosphere and the lower atmosphere. Some of these evidences are seen in the spatial structures (e.g. the terminator wave, the wave-4 structure), while others are more prominent in the temporal variations (e.g. 16-day wave, and the Stratospheric Sudden Warming effect). In this presentation, I try to review several aspects of the coupling by focusing on results obtained from the 10-year CHAMP mission.

キーワード: thermosphere, vertical coupling, CHAMP mission

Keywords: thermosphere, vertical coupling, CHAMP mission

インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築 Research Enhancement and System Establishment for Space Weather in Indonesia

山本 衛^{1*}

YAMAMOTO, Mamoru^{1*}

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

Space weather is a program to observe, assess, and forecast the space environment. Global and regional observations are both important for the space weather. The Equatorial Atmosphere Radar (EAR) is a VHF atmospheric radar located in Kototabang, West Sumatra, Indonesia. It is operated by collaboration between the Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University of Japan and National Institute of Aeronautics and Space of Indonesia (LAPAN) since 2001. The EAR is not only used for the atmospheric studies, it has also been utilized for the studies of the ionosphere. The Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas "Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere (CPEA)" led by Prof. S. Fukao (2001-2007) contributed a lot to fulfill the EAR site by installing number of supporting instruments, i.e., a meteor wind radar, an all-sky airglow imager, several lidars, 30MHz FAR radar, etc. From 2004, NICT started SEALION (SouthEast Asia Low-latitude Ionospheric Network) over Thailand, Vietnam, and Indonesia. One of the SEALION ionosondes is located at the EAR site. STE Laboratory, Nagoya University also supports us by providing several instruments of OMTI (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers) to the SEALION and the EAR sites. Recently LAPAN runs their own project to start the space weather service in Indonesia. In relation to this movement, we have started a new project "Research Enhancement and System Establishment for Space Weather in Indonesia" since 2010 under the framework of Strategic Funds for the Promotion of Science and Technology. In the presentation we overview the project and current status, and discuss future expansion of the project.

キーワード: 赤道大気レーダー, 電離圏研究, 宇宙天気, 科学技術戦略推進費, インドネシア

Keywords: Equatorial Atmosphere Radar, Ionospheric study, Space weather, Strategic Funds for the Promotion of Science and Technology, Indonesia

VHF レーダーによるプラズマバブル検出の衛星航法高度利用への応用 Monitoring plasma bubbles by a VHF radar for advanced use of GNSS

齋藤 享^{1*}, 山本 衛², 大塚 雄一³, 藤井 直樹¹

SAITO, Susumu^{1*}, YAMAMOTO, Mamoru², OTSUKA, Yuichi³, FUJII, Naoki¹

¹ 電子航法研究所, ² 京都大学生存圏研究所, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Electronic Navigation Research Institute, ²RISH, Kyoto University, ³STEL, Nagoya University

Spatial gradient of the ionospheric total electron content (TEC) is one of the most important error source of differential GPS (DGPS) systems. It is especially important for augmentation systems where very high safety is required, such as a ground-based augmentation system (GBAS) or a space-based augmentation systems (SBAS).

The plasma bubble which frequently occurs in the low latitude ionosphere is one of the most important phenomena that accompany sharp ionospheric gradients. Its frequent occurrence makes it difficult to implement such augmentation systems with high availability in low latitude regions.

Among a number of techniques, the incoherent scatter radar which can directly measure electron density distribution is the most powerful but the most expensive one. Instead, we have propose a VHF coherent backscatter radar for the external ionosphere anomaly monitor.

In this study, the effects of the VHF radar monitoring for GBAS is studied by a simulation study with a 3-D ionosphere model including plasma bubbles.

The concept will be verified by using the EAR and GNSS measurements in the region.

Keywords: Equatorial Atmosphere Radar, plasma bubble, GNSS augmentation system, TEC gradient, ionosphere anomaly monitoring, field-aligned irregularities

赤道大気観測ライダー Lidar for equatorial atmosphere measurements

長澤 親生^{1*}, 阿保 真¹, 柴田 泰邦¹
NAGASAWA, Chikao^{1*}, ABO, Makoto¹, SHIBATA, Yasukuni¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

2004年からインドネシア・コトババン(100.3E, 0.2S)のEAR敷地内に遠隔制御型大型高機能ライダーシステム(EA-Lidar)を構築した。本システムを用い、地球大気の大気熱収支に重要な影響を及ぼす赤道領域の対流圏の雲・エアロゾル分布と熱帯積雲対流活動などに重要な役割を担う水蒸気の大気鉛直分布の観測および赤道域での成層圏上部から下部熱圏までの鉛直温度構造と中間圏界面近傍の金属原子層の観測を行い、対流圏から熱圏下部までの大気上下結合や中間圏界面付近の多くの観測情報を得ることができた。

2. EAライダーによる主な観測結果

(1) 対流圏の雲

小型ミラーライダーによる長期観測により、従来熱帯海洋上の高度5-7km付近で観測されていた中層雲が、インドネシアの上空においても雨期の夜間を中心に発生することが明らかとなった。また、比較的厚い高層雲は、高度10?16kmの範囲で年間を通して発生するが、雨期にその発生頻度が高いことが分かった。発生頻度の周期解析では高度5km付近の中層雲は30と50日の周期が卓越するが、高度12km付近では7日と20日周期が卓越していることが示された。

(2) 対流圏界面の巻雲

対流圏界面での対流圏?成層圏の物質交換などを詳細に調べるために、光子計数とアナログ観測が可能なライダーシステムと偏光測定系を付加してデータの取得を行った。赤道域においては、年間を通じて高い頻度で巻雲の出現が見られた。また、中緯度に比べ対流圏と成層圏のエアロゾルに連続性が見られることが大きな特徴であった。

(3) 対流圏水蒸気の観測

対流圏領域でラマンライダーにより夜間に水蒸気混合比の短時間変動(周期10-20分)がみられた。同様の周期は変動が弱いながらも、Mieライダーによるエアロゾルの変動にもみられた。この変動はセル構造の時間変動をライダーが捉えているものと考えられる。

(4) 成層圏エアロゾル

赤道上空の成層圏エアロゾル層の上端高度が、観測当初の2004年には中緯度のデータなどから予想した高度より高く40kmにも達していたが、その後QBOに伴う東西風ウィンドシアに連動して30kmまで降下する様子がライダーにより初めて捕らえられた。

(5) 成層圏・中間圏温度

レイリーライダーにより得られた温度プロファイルから、中間圏全域でMS-ISEモデルより温度が高く、75?85kmで中間圏逆転層(MIL)が多く見られた。また、成層圏界面にはダブルピーク構造がみられた。

(6) 中間圏界面金属原子層

赤道域では高頻度でスプラディックNa層が発生し、特に中緯度と異なり夜半過ぎから明け方に発生頻度が高いことが観測より初めて明らかとなった。スプラディックNa層の発生高度とウィンドシアの高度の相関は当初の予想に反して中緯度のように顕著ではなく、夜半前より夜半過ぎの方がウィンドシアとの相関が低いことがわかった。赤道域のスプラディックNa層の発生機構は中緯度と異なり、赤道独自の発生機構の可能性を示唆した。

3. 今後の展開

現在、コトババンに赤道域における対流圏と成層圏の物質交換のトレーサーとしての対流圏界面付近のオゾン濃度の高度分布および時間的変動を観測するための差分吸収ライダー(DIAL)の構築を計画し、新しいオゾンDIAL装置の開発に着手している。

キーワード: ライダー, 赤道領域, 雲, エアロゾル, 金属原子層

Keywords: lidar, equatorial region, cloud, aerosol, metallic layer

大型大気レーダーによる流星エコー観測 Meteor echo observations by a large atmospheric radar

中村 卓司^{1*}, 堤 雅基¹

NAKAMURA, Takuji^{1*}, TSUTSUMI, Masaki¹

¹ 国立極地研究所

¹National Institute of Polar Research

Meteor scatter echo of VHF radio wave from 80 - 120 km altitude has been used over 60 - 70 years for wind velocity measurement for atmospheric dynamics studies and meteor flux/orbit studies for interplanetary dust studies. More recently, high power large aperture (HPLA) radars for atmospheric studies, i.e., large atmospheric radars have extensively been used to detect more faint meteor echoes, and precision of measurement, for both atmospheric and meteor science studies, has been improved significantly. In this paper, we introduce the progress of the radar meteor echo observation, and discusses possible application to the future equatorial radar system.

キーワード: レーダー, 流星, 赤道, 中間圏, 大気波動, 大気レーダー

Keywords: radar, meteor, equator, mesosphere, atmospheric wave, atmospheric radar

Lバンド帯・新赤道大気レーダーシステムの提案 Conceptual Study of L-band new Equatorial Atmosphere Radar System

古本 淳一^{1*}, 山本 衛¹, 橋口 浩之¹

FURUMOTO, Jun-ichi^{1*}, YAMAMOTO, Mamoru¹, HASHIGUCHI, Hiroyuki¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere

In this paper, the conceptual study of the extremely new style radar system will be discussed for considering the next generation Equatorial Atmosphere Radar. To monitor the wide spatial distribution of ionosphere and lower atmosphere, the pair of high-elevation antenna array facing the opposite azimuth direction is very useful. The high power antenna beam with the elevation of 10-15 degrees is required to observe the ionosphere over the geomagnetic equator. To elucidate the detailed behavior of the columns convection in the Equatorial region, Comprehensive horizontal distribution of radial wind velocity and turbulence intensity is also very important to elucidate the detailed behavior of columns convections and their impact on the atmospheric activity in TTL region. This radar enables us to monitor the radial wind velocity by detecting clear-air echo in the no precipitation conditions.

The required total power of this radar with L-band radiowave is roughly estimated to 1 MW in peak power to monitor the lower atmosphere from the atmospheric boundary layer to the tropopause region and ionosphere.

The detailed concept of this new radar system will be explained. We are very welcome to discuss the advantage/disadvantage and feasibility of this new concept radar system.

キーワード: 赤道大気レーダー, レーダーシステム

Keywords: Equatorial Atmosphere Radar, Radar System

レーダー対流力学と日伊両国関係の新時代 Innovations on radar convection dynamics and Japan-Indonesia collaboration

山中 大学^{1*}

YAMANAKA, Manabu D.^{1*}

¹BPPT ; 海洋研究開発機構 ; 神戸大

¹MCCOEP/ BPPT; RIGC/JAMSTEC; DEPS-CPS/Kobe U

Planetary fluid dynamics has two categories: (i) vortex or Rossby waves, and (ii) convection or gravity waves. Radars including UHF/VHF bands have been used as standard tools for (ii). Because (i) and (ii) are dominant respectively in mid-/high- and low-latitudes on Earth, radars are essentially important in the equatorial region. In particular the Indonesian maritime continent (IMC) is the convection center due to systematic diurnal-cycle along the world's longest coastlines, which affects equatorial atmosphere over oceans (intraseasonal and interannual variations), mid-/high-latitudes (monsoons and teleconnections) and middle/upper atmospheres (upward propagating waves). Such significance of IMC had been already noticed far before construction of EAR, and now many radars including our HARIMAU radars have been used to clarify each category of convection dynamics. Asian countries developing far rapidly than expected before EAR construction need much accurate weather/climate predictions to sustain their development against their own vulnerability as well as global crisis. The two G20-member archipelagic nations must consider new collaborations including atmospheric science and technology.

キーワード: 対流, 重力波, 積乱雲, 気候, 防災, 国際関係

Keywords: convection, gravity waves, cumulonimbus, climate, disaster prevention, international relationship

EARおよびBLRを用いた上空の雨滴粒径分布プロファイル推定 Estimation of raindrop size distribution profile using EAR and BLR

下舞 豊志^{1*}, 古津 年章¹, 浅越 章宏², 橋口 浩之³

SHIMOMAI, Toyoshi^{1*}, Toshiaki Kozu¹, Akihiro Asagoe², HASHIGUCHI, Hiroyuki³

¹ 島根大学総合理工学部, ² 島根大学大学院総合理工学研究科, ³ 京都大学生存圏研究所

¹Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, ²Interdisciplinary graduate school of science and engineering, Shimane University, ³Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

レーダーを用いた降雨の観測精度向上には、雨滴粒径分布 (DSD) の鉛直プロファイル情報が有用である。これまでインドネシア域では、赤道大気レーダー (EAR) によるドップラースペクトルを用いた推定が行われてきた。EAR は VHF 帯大気レーダーであるため、弱い雨に対する感度が不足しているという弱点がある。そのため我々は EAR と BLR を組み合わせ、大気乱流を EAR で、降雨ドップラースペクトルを EAR よりも感度の良い Lバンド BLR で求めることにより、上空の DSD プロファイルを推定する手法を採用した。本講演では、その手法といくつかの観測結果について報告する。

EAR で測定される大気乱流スペクトルは、ガウス分布でモデル化し非線形最小二乗フィッティングにより大気のパラメーターを求める。次に DSD は、直径に関するガンマ分布を仮定し、最小二乗フィッティングの収束性と初期値の与えやすさを考慮して規格化 6 次モーメントと降雨強度 R から求めたスケールパラメーター、形状パラメーターを用いてモデル化する。ここで、雨滴の落下速度が大気の動きで変調されていることを考慮して、降雨のドップラースペクトルを求め、非線形最小二乗フィッティングにより DSD を推定する。

開発した DSD 推定アルゴリズムにより、CPEA キャンペーン観測が行われた 2004 年 4 月のいくつかの降雨イベントについて DSD プロファイル推定を行った。これまで EAR のみを用いた DSD 推定方法では、弱い雨に対する推定精度が悪いことが難点であったが、BLR と組み合わせる、すなわち二つの周波数を用いた観測結果を組み合わせる本手法により、DSD 推定精度が改善されたことが確認できた。すなわち、二周波法により、これまで困難であった弱雨時の DSD プロファイルやスケールパラメーター推定が可能となった。推定された DSD パラメーターの高度プロファイルについて、赤道大気特有の現象である MJO (Madden-Julian Oscillation) に伴う季節内変動が認められた。MJO に伴い東進する SCC (Super Cloud Cluster) 通過時における DSD 変化を解析したところ、平均粒径の指標が SCC 通過前に大きく、通過時に小さくなり、通過後再度若干大きくなる変動が見られた。この様子は、これまで地上観測により得られた雨滴粒径分布の解析結果と整合的である。本研究により、周波数の異なる大気レーダー 2 台を用いることにより、DSD 推定精度とダイナミックレンジが改善されることが明らかになった。また、イベント解析を通じて DSD の季節内変動等が明らかになった。今後はより多くの降雨イベントについて解析を行い、さらに詳細な DSD 特性を明らかにしたい。

キーワード: 雨滴粒径分布, レーダー, 赤道大気

Keywords: DSD, Radar, Equatorial atmosphere

Raindrop size distribution observations with Parsivel and Micro Rain Radar (MRR) over Sumatra Raindrop size distribution observations with Parsivel and Micro Rain Radar (MRR) over Sumatra

Marzuki Marzuki^{1*}, Hiroyuki Hashiguchi¹, Masayuki Yamamoto¹, Toshiaki Kozu², Toyoshi Shimomai², Manabu D. Yamanaka³, Shuichi Mori³

MARZUKI, Marzuki^{1*}, HASHIGUCHI, Hiroyuki¹, YAMAMOTO, Masayuki¹, KOZU, Toshiaki², SHIMOMAI, Toyoshi², YAMANAKA, Manabu D.³, MORI, Shuichi³

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Japan, ²Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, Japan, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ⁴Department of Physics, Andalas University, Indonesia

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Japan, ²Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, Japan, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ⁴Department of Physics, Andalas University, Indonesia

The variability in the observed drop size distribution (DSD) or its integrated parameters is attributable to two main sources: instrumental effects and natural (diurnal, intraseasonal and seasonal) variability [1]-[2]. The aim of the present study is to compare the performances of various instruments, based on different measuring principles, in the rainfall-rate (R) and DSD estimates. It is also to investigate the variability of the DSD over Sumatra, Indonesia.

We collect the precipitation data by using Parsivel, Micro Rain Radar (MRR) and Optical Rain Gauge (ORG). The Parsivel disdrometer is a laser optical device which - in theory - can measure the size and fall speed of hydrometeors. The size category goes up to 25 mm, with 32 size classes of varying diameter intervals, and the velocity category

goes up to 20m/s, again with 32 classes, and again with varying velocity intervals. Parsivel provides several parameters such as rainfall rate and DSD. The instrument at Koto Tabang (Sumatra) has been installed since January 2012. In the present study, MRR data is used to classify the precipitating systems and to retrieve the microphysical parameters. The DSDs are parameterized by normalized gamma distribution [2]

Figure 1 shows an example of rainfall rate (R) time series for rain event on 11 January 2012. In general, R of ORG and Parsivel is in good agreement ($r^2 > 0.9$). On the other hand, MRR provides lower R than ORG and Parsivel. The difference in R between MRR and ORG/Parsivel is significant during heavy rain which is probably due to strong rain attenuation in the frequency of MRR (24 GHz) in this condition. Detailed analysis regarding the comparison between the instrument performance and the variability of the DSD over Sumatra will be presented in the meeting.

[1] Marzuki, Randeu, W.L., Schoenhuber, M., Bringi, V.N., Kozu, T., Shimomai, T., 2010. Raindrop Size Distribution Parameters of Distrometer Data With Different Bin Sizes, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 48, 3075–3080.

[2] Marzuki, Randeu, W.L., Kozu, T., Shimomai, T., Schoenhuber, M., 2011. Raindrop axis ratios, fall velocities and size distribution over Sumatra from 2D-Video Disdrometer measurement, *Atmospheric Research.*, doi: 10.1016/j.atmosres.2011.08.006.

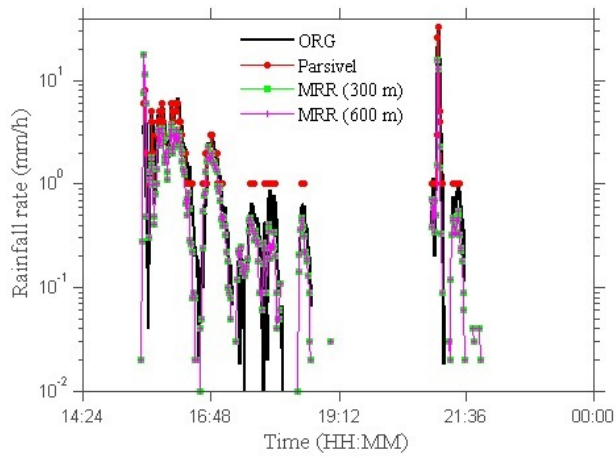
キーワード: Raindrop size, Parsivel, MRR

Keywords: Raindrop size, Parsivel, MRR

MIS29-14

会場:203

時間:5月24日 14:15-14:30



赤道大気レーダー・気象レーダー観測に基づいた季節内変動に伴う降水システムの特徴

Characteristics of precipitation systems associated with intra-seasonal variability observed with the EAR and rain radar

柴垣 佳明^{1*}, 古津 年章², 下舞 豊志², 橋口 浩之³, 浜田 純一⁴, 森 修一⁴, 山中 大学⁴, 深尾 昌一郎⁵

SHIBAGAKI, Yoshiaki^{1*}, KOZU, Toshiaki², SHIMOMAI, Toyoshi², HASHIGUCHI, Hiroyuki³, HAMADA, Jun-Ichi⁴, MORI, Shuichi⁴, YAMANAKA, Manabu D.⁴, FUKAO, Shoichiro⁵

¹ 大阪電通大, ² 島根大, ³ 京大生存圏, ⁴ JAMSTEC, ⁵ 福井工大

¹Osaka Electro-Communication Univ., ²Shimane Univ., ³RISH, Kyoto Univ., ⁴JAMSTEC, ⁵Fukui Univ. of Technology

インドネシア海大陸は、世界で最も対流活動の活発な地域のひとつであり、太陽日射加熱によって日周期の積雲対流が支配的である。その中でも、インドネシア海大陸西端に位置する西スマトラの対流活動は、東インド洋から東進する季節内変動 (ISV) の大規模環境場によって強く影響を受ける。本研究では、赤道大気レーダー・気象レーダーの長期観測データを用いて、スマトラ山岳地域の ISV 環境場に関連した日周期対流システムの特徴を明らかにする。

スマトラ山岳地域では、2002~2010年に70事例の対流システムが観測された。これらの対流システムは、空間スケールや持続時間から、(1)長寿命メソ スケール対流システム (M CS)、(2)短寿命 M CS、(3)長寿命メソ スケール対流システム (M CS)、(4)短寿命 M CSの4タイプに分類された。(1)の対流タイプの多くは、ISVの対流活発期前半(位相0~100°)に、(2)のタイプはそれ以外のISV位相に出現した。(3)のタイプの多くは、対流不活発後半(位相-90~0°)に観測された。対流発生時の下層環境場との比較によって、(1)、(2)のタイプはISV環境場の東風成分と局地循環の西風成分の下層収束が対流システムの組織化に大きく寄与していることや下層風収束場の振る舞いによって対流システムの持続時間が異なっていた。また、(3)のタイプでは降水時間に短時間の大きな風速偏差がみられることが多く、周辺の衰弱期セルの発散場に関係して新しい対流セルの形成が示唆された。(4)のタイプでは、ISV位相に関係なく出現し、上記のような特徴的な風速変化もみられなかった。

さらに、ISV風速場に最も影響を受ける(1)タイプの対流システムの空間構造は、中層の風速場によって大きく異なり、鉛直シアが弱いときはスーパーセル型、シアが強いときは複数の(4)のM CSから構成されるマルチセル型の特徴を持っていた。

キーワード: 赤道大気レーダー, 対流システム, 季節内変動

Keywords: Equatorial Atmosphere Radar, Convective system, Intra-seasonal variability

赤道大気レーダー・偏光ライダーによる融解層付近の詳細観測

Vertical wind and hydrometeor characteristics measurement in and around melting layer by the EAR and polarization lidar

山本 真之^{1*}, 阿保 真², 柴田 泰邦², 橋口 浩之¹, 山本 衛¹, 深尾 昌一郎³

YAMAMOTO, Masayuki^{1*}, ABO, Makoto², SHIBATA, Yasukuni², HASHIGUCHI, Hiroyuki¹, YAMAMOTO, Mamoru¹, FUKAO, Shoichiro³

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 首都大学東京システムデザイン学部, ³ 福井工業大学

¹RISH, Kyoto University, ²Tokyo Metropolitan University, ³Fukui University of Technology

雲・降水内の雲微物理構造と鉛直流との関連解明を目的として、2008年12月に赤道大気レーダー(EAR)・偏光ライダーの集中観測 CLEAR (Cloud observation campaign by Lidar and the Equatorial Atmosphere Radar) が実施された。本講演では、2008年12月8日(事例A)及び12月16日(事例B)に観測された層状性降水の観測結果を示す。事例Aにおいては地表降水がなく、高度6.0 km以上の上昇流も最大で10 cm/s程度であった。事例Bでは、2 mm/h以上の地表降水があり、高度6.0 km以上の上昇流は20 cm/s以上であった。EARによる降水粒子落下速度観測及びライダーによる偏光消滅度観測より得られた融解層の厚みは事例Aで300 m、事例Bで900 mであり、地表降水強度ならびに高度6.0 km以上の上昇流と良い対応を示していた。事例Bにおける高度6 km以上でのより大きい上昇流は、高度6 km以上における昇華凝結(deposition)と融解層上端から高度1 km(4.9 km~6.0 km)における併合(aggregation)のより活発な発生を通じ、雪片のサイズ成長に寄与していたと考えられる。

雨滴における偏光消滅度は、事例Aではほぼ0であるのに対し、事例Bでは約0.10程度まで増大していた。マーシャル-パルマ分布を仮定した融解層直下における雨滴粒径分布の中央値は、事例Aと事例Bでそれぞれ0.4 mm, 1.1 mmであった。雨滴粒径の増大により顕著となった多重散乱の効果が、事例Bにおけるより大きな偏光消滅度に寄与したと考えられる。

キーワード: 赤道大気レーダー, ライダー, 降水, 融解層

Keywords: Equatorial Atmosphere Radar, lidar, precipitation, melting layer