

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 24 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01967

研究課題名(和文)赤道大気レーダーの高機能化開発による熱帯対流圏界層の研究

研究課題名(英文) Study on tropical tropopause layer by developing high-performance equatorial atmosphere radar

研究代表者

橋口 浩之 (Hashiguchi, Hiroyuki)

京都大学・生存圏研究所・教授

研究者番号：90293943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：赤道大気レーダー(EAR)で多チャンネル観測を可能にするため、汎用のソフトウェア無線機を用いたデジタル受信システムを開発した。熱帯対流圏界層(TTL)は対流圏とも成層圏ともつかない熱帯域特有の遷移領域であり、成層圏・対流圏間の物質交換に重要な役割を果たしている。仏・米を中心とするグループによるスーパープレッシャー気球を用いたTTLのSTRATEOLE-2観測キャンペーンに協同して、EARを用いた大気の高分解能連続観測に加えて、EARサイトにおいてラジオゾンデによる気温・乱流・オゾンとの集中観測を実施し、TTLにおける大気不安定の発生メカニズム、成層圏対流圏間物質交換(STE)などを研究した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

赤道域は地表へ入射する太陽放射エネルギーを最も強く受ける領域で、地球大気の種類現象の駆動源であるが、その中でも特にインドネシア海洋大陸域では、太陽光による島嶼(とうしょ)の加熱と周辺の海洋からの水蒸気供給によって、地球上で最も対流活動が活発で、対流や大気波動の碎波に伴って乱流が発生している。熱帯対流圏界層(TTL)は熱帯域特有の遷移領域であり、成層圏・対流圏間の物質交換に重要な役割を果たしている。本研究では、赤道大気レーダー(EAR)を中心としてキャンペーン観測を実施し、観測データの解析から、赤道ケルビン波に伴う大気不安定や成層圏対流圏間物質交換(STE)に関して新たな知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：A digital receiving system using a software-defined radio (SDR) was developed to enable multi-channel observations with the Equatorial Atmosphere Radar (EAR). The tropical tropopause layer (TTL) is a transition region between the troposphere and the stratosphere peculiar to the tropical zone. Physical and chemical processes in the TTL are important because they affect Stratosphere-Troposphere Exchange (STE). We conducted intensive observations of temperature, turbulence, and ozone profiles using radiosondes in addition to continuous observations of wind velocity profiles with the EAR in collaboration with STRATEOLE-2 (TTL / lower stratospheric observation project using super pressure long duration balloons). We studied the mechanism of atmospheric instability and the STE in the TTL.

研究分野：レーダー大気物理学

キーワード：熱帯対流圏界層(TTL) 赤道大気レーダー(EAR) STRATEOLE-2 ケルビン波 大気不安定

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

赤道域は地表へ入射する太陽放射エネルギーを最も強く受ける領域で、地球大気の種類現象の駆動源であるが、中でも特にインドネシア海洋大陸域では、太陽光による島嶼(とうしょ)の加熱と周辺の海洋からの水蒸気供給によって、地球上で最も対流活動が活発で、対流や大気波動の碎波に伴って乱流が発生している。熱帯における成層圏・対流圏大気交換(Stratosphere-Troposphere Exchange: STE)に関する研究は Brewer[Quart-J, 1949]の論文以降活発に行われたが、1990年代前半まで対流圏界面を突き抜けるような背の高い積乱雲が主な要因であると考えられてきた[例えば、Danielsen, GRL, 1982]。近年、高度 14~18km 辺りに熱帯対流圏界面層(Tropical Tropopause Layer: TTL)と呼ばれる対流圏とも成層圏ともつかない熱帯域特有の遷移領域が存在するとの考え方が一般的になっており、積乱雲は対流圏内のせいぜい 14km までしか届いていないことが分かってきた。この TTL を横切る輸送の力学過程について多くの研究が行われてきた[例えば、Holton et al., Rev-Geophys, 1995]が、観測データの不足からまだ多くの未知が残されている。地球大気はその大部分が成層構造をしているが、積乱雲対流や大気重力波に伴う大気擾乱が発生させる大気不安定は大気混合を引き起こす。不安定は力学エネルギー(風速場)と熱エネルギー(温度場)を交換する主要因であり、さらに大気微量物質の鉛直輸送に大きく影響する。TTL は、光化学・力学・雲物理・放射の諸過程が相互に作用し、地球規模の成層圏と対流圏間の物質交換に影響する重要な領域である。

2. 研究の目的

我々は、2001年に大型大気レーダーである赤道大気レーダー(Equatorial Atmosphere Radar: EAR, 図1)をインドネシア共和国西スマトラの赤道直下に完成させ、EARを用いてTTLの研究でも先駆的な成果を挙げてきた。本研究では、EARをより高機能化開発し、TTLにおける大気不安定の発生メカニズムやSTEについて研究する。従来のケルビン波の伝播に伴う不安定により発生した乱流によるSTEの発見は、EAR観測によって初めて可能となったものである。最近の国内のMUレーダーを用いた研究によりイメージング観測が乱流の微細構造研究に適した観測法であることが示されている。汎用のソフトウェア無線機を用いて多チャンネル受信システムを開発し、EARでイメージング観測を可能とする。フランスとアメリカを中心とするグループによりスーパープレッシャー気球を用いたTTLの観測キャンペーンSTRATEOLE-2が実施される。本研究では、STRATEOLE-2キャンペーンに協同して、EARを用いた大気不安定の高分解能観測、ラジオゾンデによる気温・乱流・オゾンの集中観測を実施する。

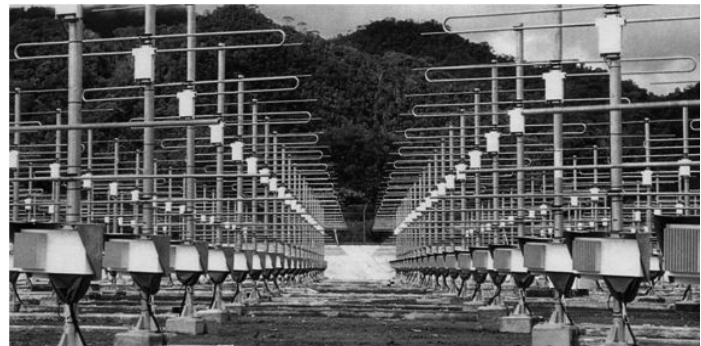


図1. 赤道大気レーダー(八木アンテナ 560本から成るアクティブフェーズドアレイ大気レーダー、アンテナ直径 110m、送信出力 100kW)

3. 研究の方法

【EARシステムの高機能化】EARは赤道域で最も高機能な大型大気レーダーの一つであるが、国内のMUレーダーと比べると送信出力が1/10で、受信チャンネルも1系統のみである。EARで受信されるエコーには、等方散乱エコーと分反射エコーの2つの機構があり、一般に後者の信号強度は前者より強い。後者は鉛直ビームでのみ得られるため、水平風を測定するためには斜めビームによるドップラー観測が必要であるが、TTLのデータを得るには長時間積分する必要があり、短周期の波動・擾乱を捉えることは困難である。そこで、本研究では分反射エコーのみを利用して水平風を観測可能な「空間アンテナ(SA)法」[Larsen and Roettger, JTech, 1989]を可能にするべく、EARの改良を行う。具体的には、EARアンテナを分割使用し、各受信信号を独立に取得可能とする。これにより、分反射エコーのみを用いて鉛直流を含む風速3成分を取得可能にする。さらに、空間領域イメージング(SDI)法による観測も可能とする。

【STRATEOLE-2との同時観測】極域成層圏をスーパープレッシャー気球を用いて観測したSTRATEOLEキャンペーンの成功を受け、仏CNESの研究者を中心として、赤道域のTTL領域をスーパープレッシャー気球で長期間観測するSTRATEOLE-2が計画されている。2019年末に直径10m以上の大きさの異なる8つの気球をTTL及び下部成層圏に滞留させ、1ヶ月以上かけて赤道域を周回観測する計画である。EAR上空を通過する時期に、EARによる高分解能観測、ラジオゾンデによる気温と乱流パラメータ観測、オゾンゾンデによるオゾンの同時集中観測を実施し、物質の鉛直輸送について詳細なデータを取得する。

4. 研究成果

EAR で多チャンネル観測を可能にするため、汎用のソフトウェア無線機を用いたデジタル受信システムを開発した。多チャンネル観測の空間アンテナ(SA)法による水平風と、EAR 既存システムによって得られた水平風とを比較することで測定精度を検証した。4 チャンネルまでの安定動作が可能となり、短時間の8チャンネル同時受信にも成功した。

STRATEOLE-2 キャンペーンに協同して、2019年11月21日～12月6日に赤道大気観測所においてラジオゾンデとEARを用いた観測キャンペーンを実施した。20回の放球を行い、通常のGPSラジオゾンデ観測の他、うち11回はオゾン(EN-SCI ECC)センサー付き、うち1回は高精度水蒸気(CFH)センサー付きで放球した。図2はラジオゾンデ観測から得られた11月22日～12月6日の東西風と南北風、温位の平均プロファイル(右)と平均からの偏差(左)を示す。ただし、午前中に放球されたデータのみを用いている。×印は気温最低で定義される圏界面(Cold Point Tropopause; CPT)を示す。11月27日頃から見られる、東西風場と温位場のみ見える下向きに位相伝播する波は、赤道ケルビン波と考えられる。CPT付近で特に大きな振幅が見られる11月30日～12月4日の高度プロファイル調べたところ、位相は温位場が東西風場に先行しており、赤道ケルビン波の特徴を示していた。波の鉛直波長は4～5kmと推定され、温位の正部分の底部高度の時間変化から、鉛直位相速度は～0.75km/日と見積もられる。したがってこの波の周期は5-7日、東西波長は8800～13750kmと推定される。

高度プロファイルを調べると、11月30日～12月1日にCPT付近で波の構造は顕著に歪んでいた。鉛直波長3km、プラントバイサラ振動数 $0.025s^{-1}$ とすると、地面に対する赤道ケルビン波の東西位相速度は12m/sとなる。また背景東西風は東風約5m/sであるので、波の固有(intrinsic)東西位相速度は17m/sとなる。12月1日には東西風の振幅は17-20m/sであり、少なくとも東風が最大となる位相において波が碎波する可能性があることを示唆している。

波の構造の歪みによって東西風の鉛直シアは非常に大きくなり、水平風の鉛直シアが $0.04s^{-1}$ を超える時もあった。特に、11月30日～12月1日には $0.06s^{-1}$ を超えていた。プラントバイサラ振動数 N は11月30日～12月1日のシアが大きい領域の下部で高い値を示しており、この時点では強い静的安定性が大規模なKelvin-Helmholtz不安定(KHI)の発生を妨げていると考えられる。12月2日以降シアは弱まるが、 N も小さくなっていった。KHI発生十分条件であるリチャードソン数 $Ri < 0.25$ を完全に満たす領域は高度幅100m程度の薄い領域に限られていたが、 Ri は全体に比較的低い値を示しており、KHIが発生しやすい、またKHIで生成した乱流が持続しやすい状況にあった。

乱流強度の指標となる乱流エネルギー消散率 ε はEARで観測されたドップラースペクトル幅から乱流以外に起因するブロードニングの影響を除いた値 σ と N から推定できる。ここでは東西風シアの大きい領域を扱うため、東西ビームではシアブロードニング補正の誤差が大きくなる可能性があることを考慮し、南北ビームから得られた σ の平均値を用いた。 ε の時間高度変化を図3(a)に示す。12月1日の夕方頃から12月3日にかけて、CPTのすぐ上で乱流層が発生していることが示唆される。赤道

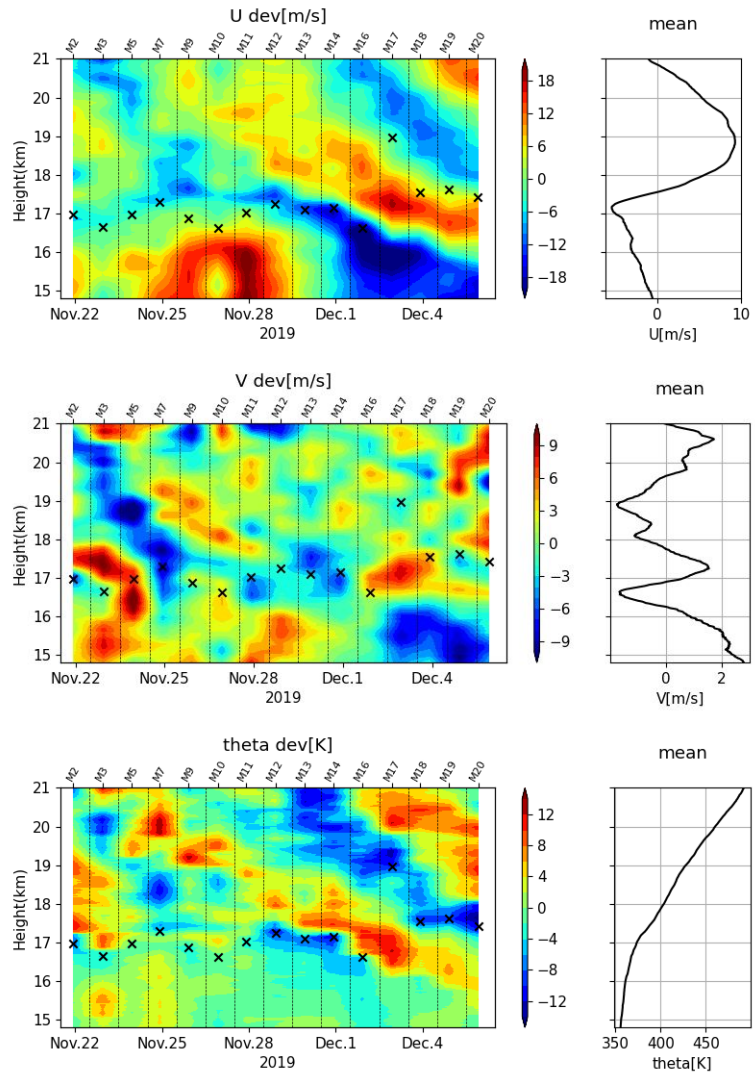


図2. 2019年11月22日～12月6日にラジオゾンデで観測された、東西風(上)、南北風(中央)、温位(下)。それぞれの平均(右)と平均からの偏差(左)。

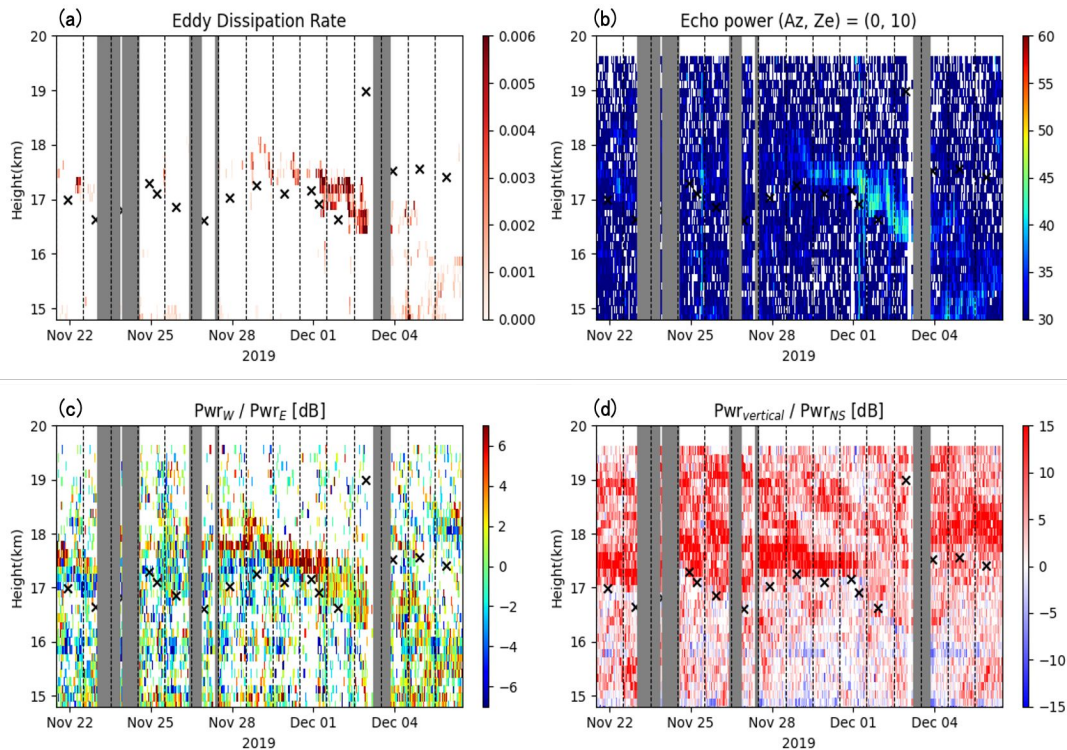


図3. 2019年11月22日～12月6日にEARで観測された(a)スペクトル幅から推定された乱流エネルギー消散率、(b)エコー強度(北ビーム)、(c)東西ビームのエコー強度比、(d)鉛直ビームと南北ビーム平均のエコー強度比。グレーは欠測の時間帯を示す。

ケルビン波の砕波が12月1日付近で起こり始める可能性があり、砕波に伴って徐々に乱流が生成しているようである。

図3(b)は北ビームのエコー強度を示す。12月1日夕方から12月3日にCPT付近で最も強くなっていることが分かる。エコー強度はビーム方向によって顕著な違いが見られた。南北ビームに顕著な差はなかったが、図3(c)に示すように東西ビームはCPTからその約1km上で差が大きく、11月30日～12月1日には西ビームのエコー強度の方が東ビームよりも6dB以上強い。その後、12月1日夕方～12月3日のCPT上部については、その差は2dB以下まで小さくなっている。また後述のようにアスペクト比(鉛直ビームと傾斜ビームのエコー強度比)はCPT上で常に大きい(>10dB)が、12月1日夕方～12月3日には3dB程度に下がっている。西ビームのエコー強度が強いことは西側に下がったエコー層がその領域で存在することを示唆しており、東西風の鉛直シアアが正(上部が相対的に西風)のとき発生する西に傾いたKH波[例えば Muschinski, JAM, 1996]によって、このような構造が見られると考えられる。KH波はKHIによってシアア面で発生する波であるが、11月30日～12月1日は赤道ケルビン波の歪みによって正の東西風シアアが非常に強く、12月2日以降その構造がやや弱まることと整合的である。

前述のように鉛直ビームでは等方性乱流エコーだけでなく大気成層に起因する分反射エコーも受信されるため、アスペクト比は大気成層の指標となる。CPTのすぐ上では温度が高度とともに急増するため強い温度成層ができると考えられる。アスペクト比(図3(d))が小さくなる12月1日夕方～12月3日には、この温度成層は乱流によって弱まっていることが示唆される。12月4日以降には、高度18km付近で新たな成層が見られる。

これらのことから、11月30日～12月1日においては、水平なエコー層、西に傾いたエコー層、乱流がレーダーの鉛直分解能(150m)より微細なスケールで混在していたと考えられる。Fritts et al.[GRL, 2009]は数値シミュレーションから、重力波と微細な鉛直シアアの重ね合わせが両方とも個別に安定していることにより複数のスケールを持つKHIが生成されることを指摘しており、観測結果はこの仮説とも整合的である。12月1日夕方～12月3日にはこの構造は弱まり、等方性乱流の寄与が大きくなっていると考えられる。

図4は11月22日～12月6日にEARで観測された、対流圏を含む高度範囲における鉛直の時間高度変化を示す。変動の大きな領域が11月29日の約11km以下～12月1日午後の約16km以下にかけて見られ、特に12月1日午後は変動が非常に激しくなっている。エコー強度は12月1日の後半に下部からエコーの強い領域が伸びてきて、18時頃に圏界面を突き抜けていた。この時刻はCPT上部の等方性乱流が増大する時刻と一致している。なお、エコーはほぼ等方的であった。この領域で特にCPTより下の高度で鉛直が激しく変動しており、 σ も周りのおよそ3倍以上の大きな値を取っていた。2～4時間程度の時間スケールを持っており、対流システムに対応していると考えられる。

背の高い対流システムが圏界面を突き抜けて成層圏に到達する現象 (Convective Overshooting) は熱帯でしばしば起こり、圏界面を弱めて STE を促すと考えられている [例えば Kumar, GRL, 2006]。今回のケースでは、CPT 付近で赤道ケルビン波が歪んでシアが増大している領域に対流システムが影響して、KHI が起きやすくなったと考えられる。EAR データから、同じ特徴を持つ現象が他の期間でもしばしば確認され、多くは午後に発生している。

オゾンゾンデで観測されたオゾン混合比の時間高度変化を図 5 に示す。午前中に放球された気球のデータのみを示している。CPT 高度以下のオゾンは 11 月 24 日頃から 12 月 1 日にかけて徐々に減っている。また上部の $O_3 = 360$ ppbv の等値線は、12 月 1 日には高度を下けている。その結果、12 月 1 日には高度 17.3 ~ 18.3km に等値線が密集し、鋭い鉛直勾配変化を示している。12 月 1 日以降は 17 ~ 19km の範囲に等値線は広がり、高度方向の変化は緩やかになっている。また 12 月 1 日以降の 14 ~ 16km の部分で、特にオゾンが少なくなっている。

対流圏では鉛直流の激しい領域が 11 月 28 日 ~ 12 月 1 日に徐々に高い高度に到達しており、これが対流圏のオゾンの少ない大気を押し上げることで、120ppbv の等値線の高度が 11 月 28 日から 12 月 1 日にかけて上がっていく構造の形成に貢献している可能性がある。

12 月 1 日以降、 $O_3=40,80$ ppbv の等値線の高度が下がっている。これは 12 月 1 日 ~ 12 月 3 日に 16.5 ~ 18km 付近で見られた乱流域におけるオゾンの鉛直方向の拡散を示唆しており、乱流混合が寄与している可能性がある。また乱流イベントを境に CPT の高度が変化しており、CPT 高度におけるオゾン混合比に着目すると、12 月 1 日以前と比べて 12 月 4 日以降は 20 ~ 80ppbv 増大している。CPT より下の高度では対流が活発であるので、これ以降 CPT の下のオゾンが対流圏の上部から下部へ輸送される可能性があると考えられる。

12 月 2 日以降 16 km 以下でオゾンの少ない領域が見られる。この領域は赤道ケルビン波の碎波後の強い東風域であり、東から大気に移流してくると考えられる。北半球夏においては太平洋側でオゾンが少ないことが知られており、オゾンの少ない大気に移流が寄与した可能性がある。

このように、圏界面付近で乱流層が見られる時、小スケールでは乱流自身による混合の影響が、大スケールでは乱流を伴う赤道ケルビン波のような大規模擾乱がオゾンの分布に影響すると考えられる。

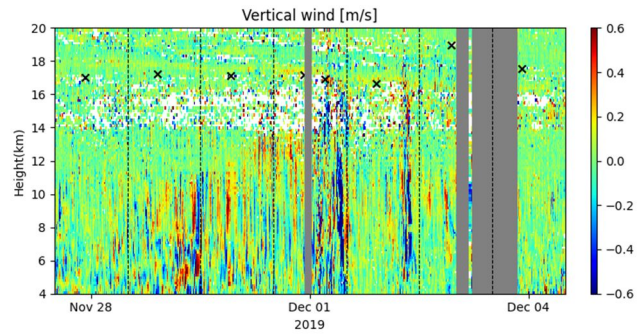


図 4. 11 月 22 日 ~ 12 月 6 日に EAR で観測された鉛直流

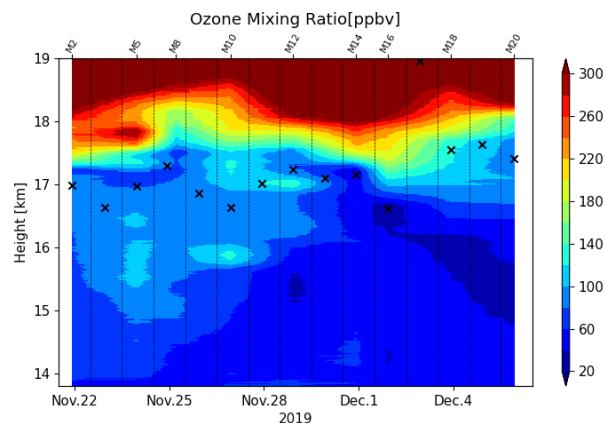


図 5. 11 月 22 日 ~ 12 月 6 日にオゾンゾンデで観測されたオゾン混合比の時間高度変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 N. A. M. Aris, H. Hashiguchi, and M. Yamamoto	4. 巻 54
2. 論文標題 Development of Software Defined Multichannel Receiver for EAR	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radio Science	6. 最初と最後の頁 671-679
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019RS006817	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 H. Luce and H. Hashiguchi	4. 巻 13
2. 論文標題 On the estimation of vertical air velocity and detection of atmospheric turbulence from the ascent rate of balloon soundings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmos. Meas. Tech.	6. 最初と最後の頁 1989-1999
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/amt-13-1989-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 N. A. M. Aris, H. Hashiguchi, and M. Yamamoto	4. 巻 55
2. 論文標題 Evaluation of EAR spaced-antenna performance using multiple receiving antennas orientations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radio Sci.	6. 最初と最後の頁 e2019RS007049
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2019RS007049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Marzuki, Helmi Yusnaini, Ravidho Ramadhan, Fredolin Tangang, Abdul Azim Bin Amirudin, Hiroyuki Hashiguchi, Toyoshi Shimomai, and Mutya Vonnisa	4. 巻 13
2. 論文標題 Characteristics of Precipitation Diurnal Cycle over a Mountainous Area of Sumatra Island including MJO and Seasonal Signatures Based on the 15-Year Optical Rain Gauge Data, WRF Model and IMERG	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 63
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/atmos13010063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 R. Ramadhan, Marzuki, H. Yusnaini, R. Muharsyah, W. Suryanto, S. Sholihun, M. Vonnisa, A. Battaglia, and H. Hashiguchi	4. 巻 14
2. 論文標題 Capability of GPM IMERG Products for Extreme Precipitation Analysis over the Indonesian Maritime Continent	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Remote Sens.	6. 最初と最後の頁 412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs14020412	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mutya Vonnisa, T. Shimomai, H. Hashiguchi, and Marzuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Retrieval of Vertical Structure of Raindrop Size Distribution from Equatorial Atmosphere Radar and Boundary Layer Radar	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Emerging Science Journal	6. 最初と最後の頁 448-459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.28991/ESJ-2022-06-03-02	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 山本衛・橋口浩之・横山竜宏・津田敏隆
2. 発表標題 Status of Equatorial MU Radar project in 2019
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本衛・橋口浩之・横山竜宏・宮岡宏・小川泰信・塩川和夫・野澤悟徳・吉川顕正・津田敏隆
2. 発表標題 太陽地球系結合過程の研究基盤形成
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mamoru Yamamoto, Hiroyuki Hashiguchi, and Toshitaka Tsuda
2. 発表標題 The MU radar, Equatorial Atmosphere Radar, and future project EMU
3. 学会等名 URSI-Japan Radio Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nor Azlan bin Mohd Aris, Hiroyuki Hashiguchi, and Mamoru Yamamoto
2. 発表標題 Analysis of Equatorial Atmosphere Radar (EAR) Spaced-Antenna Performance from Multiple Orientation of the Receiving Antennas
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木順子・荻野慎也・木下武也・城岡竜一・橋口浩之・米山邦夫
2. 発表標題 YMC-BSM 2018期間中にコトタバンで観測された水蒸気・上層雲変動
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junko Suzuki, Shin-Ya Ogino, Ryuichi Shirooka, Takenari Kinoshita, Shuichi Mori, Suginori Iwasaki, Urip Haryoko, and Kunio Yoneyama
2. 発表標題 Cirrus and Ozone Variabilities in the UTLS over the maritime continent during YMC-Sumatra 2017 Field Campaign
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Hashiguchi, Nor Azlan Bin Mohd Aris, and Mamoru Yamamoto
2. 発表標題 Development of Software-Defined Multichannel Receiver for Equatorial Atmosphere Radar (EAR)
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Momoko Hashino, Hiroyuki Hashiguchi, Richard Wilson, Shinya Ogino, and Junko Suzuki
2. 発表標題 Observation of ozone vertical mixing due to KH instability in tropical tropopause layer
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木順子・荻野慎也・木下武也・城岡竜一・岩崎杉紀・米山邦夫
2. 発表標題 スマトラ島で観測されたオゾン変動と力学場の関係について
3. 学会等名 第14回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋野桃子・橋口浩之・Richard Wilson・荻野慎也・鈴木順子
2. 発表標題 熱帯対流圏界層における乱流による混合の観測
3. 学会等名 第14回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荻野慎也・鈴木順子・木下武也・城岡竜一
2. 発表標題 YMC-BSM2018で観測されたインドシナ半島におけるオゾン変動
3. 学会等名 第14回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿保真・柴田泰邦・長澤親生
2. 発表標題 ライダーによる赤道域対流圏・成層圏のエアロゾル動態モニタリング
3. 学会等名 第14回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋野桃子・橋口浩之・Richard Wilson・荻野慎也・鈴木順子
2. 発表標題 熱帯対流圏界層における乱流による混合の観測
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋野桃子・橋口浩之・Richard Wilson・荻野慎也・鈴木順子
2. 発表標題 熱帯対流圏界層における乱流による混合の観測
3. 学会等名 第148回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Momoko Hashino, Hiroyuki Hashiguchi, Richard Wilson, Shinya Ogino, and Junko Suzuki
2. 発表標題 Observations of turbulent mixing in Tropical Tropopause Layer (TTL)
3. 学会等名 The 5th Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyuki Hashiguchi, Nor Azlan Bin Mohd Aris, and Mamoru Yamamoto
2. 発表標題 Development of Software-Defined Multichannel Receiver for Equatorial Atmosphere Radar (EAR)
3. 学会等名 The 5th Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋口浩之・橋野桃子・Richard Wilson・荻野慎也・鈴木順子
2. 発表標題 熱帯対流圏界層(TTL)における乱流層とオゾン鉛直分布の観測
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋口浩之・橋野桃子・Richard Wilson・荻野慎也・鈴木順子
2. 発表標題 熱帯対流圏界層(TTL)における乱流層とオゾン鉛直分布の観測
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Hashiguchi
2. 発表標題 Phased Array Atmospheric Radar
3. 学会等名 International E-Conference on Advances in Information Technology and Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴垣佳明・橋口浩之・下舞豊志・山中大学
2. 発表標題 赤道大気レーダー観測に基づいた西スマトラ山岳域での下層風速場の違いによる対流活動の特徴について
3. 学会等名 第15回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田泰邦・Isam Ebisawa KUSWAN・阿保真
2. 発表標題 インドネシアにおけるライダーを用いた煙霧観測手法の検討
3. 学会等名 第15回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田泰邦・阿保真
2. 発表標題 インドネシアにおける煙霧のライダー観測計画
3. 学会等名 第16回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroyuki Hashiguchi, Momoko Hashino, Richard Wilson, Shinya Ogino, and Junko Suzuki
2. 発表標題 Observations of Turbulent Mixing in Tropical Tropopause Layer (TTL)
3. 学会等名 LAPAN/BRIN-Kyoto University International Symposium for Equatorial Atmosphere (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroyuki Hashiguchi
2. 発表標題 A Review on Equatorial Atmosphere Radar (EAR) Observations - Turbulent layer and ozone vertical distribution in tropical tropopause layer (TTL) based on Strateole-2 pre-campaign -
3. 学会等名 2nd International Conference on Radioscience, Equatorial Atmospheric Science and Environment (INCREASE)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柴垣 佳明 (Shibagaki Yoshiaki) (00319592)	大阪電気通信大学・情報通信工学部・教授 (34412)	
研究分担者	柴田 泰邦 (Shibata Yasukuni) (10305419)	東京都立大学・システムデザイン研究科・准教授 (22604)	
研究分担者	下舞 豊志 (Shimomai Toyoshi) (30325039)	島根大学・学術研究院理工学系・准教授 (15201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 順子 (Suzuki Junko) (50512878)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(大気海洋相互作用研究プログラム)・研究員 (82706)	
研究分担者	荻野 慎也 (Ogino Shin-Ya) (80324937)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(大気海洋相互作用研究プログラム)・主任研究員 (82706)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	Wilson Richard (Wilson Richard)	フランス大気環境宇宙観測研究所(LATMOS)・CNRS・准教授	
研究協力者	Noersomadi (Noersomadi)	インドネシア国家研究イノベーション庁(BRIN)・気候大気研究センター(PRIMA)・研究員	
研究協力者	Luce Hubert (Luce Hubert) (30913777)	京都大学・生存圏研究所・教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
インドネシア	インドネシア航空宇宙庁 (LAPAN)	インドネシア国家研究イノベーション庁(BRIN)	
フランス	フランス大気環境宇宙観測研究所(LATMOS)		