

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03751

研究課題名(和文) 熱帯海上の水蒸気変動が降水に与えるインパクト

研究課題名(英文) The impact of diurnal variation of maritime water vapor on precipitation over Indonesian Maritime Continent

研究代表者

服部 美紀 (Hattori, Miki)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・研究員

研究者番号：50533519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：インドネシア海大陸域における海上の水蒸気プロファイルの日変化が沿岸域の降水の日周期活動に及ぼす影響について調べること、および、MJO等の大規模場の解析に対する海上の水蒸気観測のインパクトを調べることが目的として、アンサンブル手法を用いたデータ同化実験を行なった。変換データの不具合が報告され十分な解析ができなかったものの、ライダー観測を取り込むための同化実験環境を整えることができた。ラジオゾンデ観測の同化実験から、MJOの通過前は観測点より西のインド洋で、通過後は西風が到達する中部太平洋域まで、誤差減少率10%を超える結果が得られ、海上の高頻度ラジオゾンデ観測の強いインパクトが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で海洋地球研究船「みらい」のライダーによる水蒸気プロファイルの高頻度観測データが同化可能となったことは、これまで議論できなかった海洋上における日周期降水活動に伴う水蒸気の時空間変化の実態解明に役立つものと期待される。また、インドネシア海大陸域の海上における高頻度ラジオゾンデ観測が、周辺域のみならずインド洋から中部太平洋まで広範囲の解析精度を向上させる結果が示されたことは、今後の観測戦略の立案や観測システムの改善に貢献できるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate the effect of diurnal variation in maritime water vapor profile on diurnal cycle of precipitation over Indonesian Maritime Continent, and to investigate the impact of maritime water vapor observation on analysis of large scale phenomena such as MJO, Observing System Experiment using ensemble data assimilation system was conducted. Although a defect in the converted data was reported and could not be analyzed sufficiently, experimental setting to assimilate the lidar observations could be prepared. From the assimilation experiment of radiosonde observation, the error reduction rate of more than 10% was obtained over wide regions, from the Indian Ocean west of observation point before MJO passage to the central Pacific region where the westerlies reach after MJO passage. The strong impact of high frequent observation over the ocean was indicated.

研究分野：熱帯気象

キーワード：ライダー ラジオゾンデ データ同化

## 1. 研究開始当初の背景

インドネシア海大陸域は、日周期を持った対流活動が卓越することが良く知られている。海陸の熱的コントラストによって生じる海陸風循環に伴い、内陸域で夕刻に極大を持つ降水と沿岸海域で早朝に極大をもつ降水が非常に活発である。その対流活動は、地球規模の大気大循環を駆動する熱源として、世界の気候維持に重要な役割を果たしている。また、マッデンジュリアン振動(MJO)や季節内振動(ISV)、アジアモンスーン、コールドサージといった大規模場へ変調を与えたり、それらの影響で日周期の対流活動も変化するという、密接な相互作用がみられることが示唆されている。このことから、インドネシア海大陸域における対流活動は、熱帯域のみならず、亜熱帯～中緯度帯の大規模な現象を理解する上でも重要であり注目されている。

ところが、海上の水蒸気は降水活動に対して非常に直接的で重要な要素であるにも関わらず、日変化を捉えることのできる観測はほとんどなく、海上における水蒸気の変動と降水活動に対する役割は明らかになっていない。そのような状況の中、海洋地球研究船「みらい」に搭載されたライダーは、水蒸気のラマン散乱を計測できるようになり、海上の水蒸気量の鉛直分布を高い鉛直・時間分解能で計測することが可能となりつつあった。

## 2. 研究の目的

本研究は、海洋上におけるライダー観測およびラジオゾンデ観測とアンサンブル手法を用いたデータ同化実験により、海上の水蒸気プロファイルの日変化が沿岸域の降水の日周期活動に及ぼす影響について調べることを目的とする。「みらい」の新ライダーシステムによって観測された、詳細な時間分解能を持った水蒸気プロファイルを用いて、夜間から早朝の海洋上における降水システムの発達に伴う大気下層の水蒸気の変化とその役割を調べる。また、アンサンブルデータ同化システムを用いてモデルに同化することにより、時間分解能の高い水蒸気プロファイルデータが、海大陸域で卓越する降水の日周期活動の再現性に与える影響や、MJO等の大規模場の解析に与えるインパクトについて調べる。

## 3. 研究の方法

2015年11月から12月および2017年11月から2018年1月にかけて行われたPre-YMC(Years of the Maritime Continent) 2015, YMC-Sumatra 2017 集中観測に伴う「みらい」航海(MR15-04, MR17-08)において、インドネシア・スマトラ沖の定点で行われたライダーの連続観測のデータを利用する。時間分解能の高い水蒸気データが、モデルによる日変化降水の再現性に与える影響を調べるため、海洋研究開発機構(JAMSTEC)で開発されたアンサンブルデータ同化システム(AFES-LETKF data assimilation system: ALEDAS2)を用いてデータ同化インパクト実験を行う。また同期間に「みらい」におけるラジオゾンデ観測も3時間間隔で行われていることから、ラジオゾンデデータの有無、ライダーデータの有無、およびこれらの組み合わせによる影響の違いについて、数パターンの感度実験を行う。特に日周期活動を介した大規模場への影響についてMR15-04期間に到来したMJOに注目して考察を行う。

また、ALEDAS2で開発中の対観測予報感度(EFSO, 山崎ら 2017, 2018)と呼ばれる影響評価手法を利用し、Pre-YMC 2015, YMC-Sumatra 2017の集中観測で実施されたインドネシア海大陸全域でのラジオゾンデ観測についてその影響を調べる。

## 4. 研究成果

### (1) ライダー水蒸気観測の同化実験

品質管理作業およびラジオゾンデによる精度検証がテスト的に実施されたライダー水蒸気データを用いて、データ同化を目的とした1時間値の作成および鉛直レベルの間引き、観測誤差情報の試作を行った。試作した観測データを用いた同化テストを実施し、ALEDAS2による同化と比較実験の実施が可能となった。また、同データを用いてALEDAS2の高解像度版を使った同化テストを実施し、高解像度版を用いた比較実験も可能となった。これらを基に、最終年度に、MR15-04, MR17-08航海で実施されたライダー観測の品質管理済みデータを用いて、ALEDAS2を用いた複数パターンの同化比較実験を実施した。しかしながら、全ての実験を終了した後に、提供されたライダーデータの高度方向の再現性に不具合が存在することが報告された。結果として、正しいデータを用いた実験ではないため、十分な解析ができなかった。しかしながら、実施した同化実験から、時間分解能の高いライダー観測データの同化が、比較的解像度の低い全球モデルにおいても夜間の水蒸気の短い時間変化を反映して改善される傾向を示すことができた。解析値においても日中の陸上においてはラジオゾンデの高頻度観測の影響が、夜間の海上においてはライダーの高い時間分解能が反映された水蒸気の日変化を捉えることができおり、厳密な比較には至らなかったが、両者を同化した実験が最もよく水蒸気の日変化を表すことが示唆された。

### (2) ラジオゾンデ観測の同化実験

MR15-04 で実施された 3 時間毎のラジオゾンデ観測データの同化実験を実施した。観測の同化により、12 月上旬の MJO 通過までは下層の東風成分が強まり、通過後には西風成分がやや強まる傾向が示された。また、800-300hPa 付近の比湿は、MJO 通過前に増加し、通過後に減少するという特徴が強化された。観測データの同化による解析誤差の減少率 (図 1) は、MJO 通過前は「みらい」周辺で大きな値を示すとともに、シンガポール周辺および中部インド洋で最も大きく、中部インド洋では熱帯低気圧の発達がみられていることから、対流活発域を介した観測情報の伝播が示唆された。一方、西太平洋においては、熱低の発達に伴う変化は小さく、西風域の東端における変化が目立った。MJO オンセット後には、西太平洋の西風域の南北境界域において解析誤差の大きな領域が点在しており、偏東風波動擾乱を介した観測情報の伝播が示唆された。この成果について学会発表を行なった。

また、MR15-04 と MR17-08 におけるラジオゾンデ観測のインパクトを、MJO フェーズの違いやコールドサージ等に注目して比較した結果、MJO の通過前は観測点より西のインド洋で、通過後は西風が到達する中部太平洋域まで、誤差減少率 10% を超える大きなインパクトが見られ、南シナ海からインドシナ半島においては、Borneo Vortex の解析に対して 5-10% の減少が見られるなど、「みらい」の高頻度のラジオゾンデ観測に対して強いインパクトが現れることが示された。

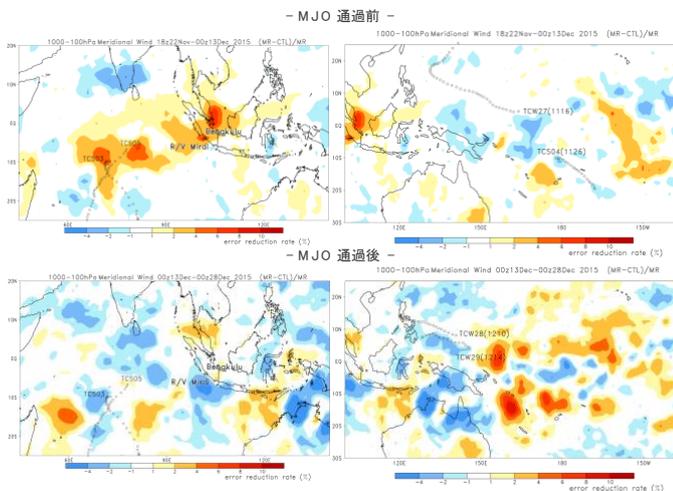


図 1 (上)2015 年 11 月 22 から 12 月 13 日および(下)12 月 13 日から 28 日にかけて、1000-100hPa で平均した同化による南北風のアンサンブルスプレッド減少率(%).各グリッドにおいて解析誤差の差が有意なデータの数により重みをつけた値。十字はベンクルと「みらい」の観測点、白丸は熱帯低気圧の位置を示す。(左)インド洋域、(右)太平洋域。

### (3) EFSO を用いたインドネシア海大陸域におけるラジオゾンデ観測のインパクト評価

ALEDAS に実装された EFSO を用いて、Pre-YMC2015, YMC2017 期間中のインドネシア海大陸全域におけるラジオゾンデ観測のインパクトを評価した。2015 年 12 月中旬の分布 (図 2) では、西端のスマトラ域と東端のパプア・バンドラ海周辺のインパクトの値が最も大きく現れた。また、風上側の外海に面した地点でインパクトが大きい傾向が見られた。みらいにおける 8 回観測のインパクトは非常に大きく現れたが、インド洋上のココス島における 1 日 1 回の観測は低頻度でありながら最も顕著なインパクトを示していた。位置エネルギーの EFSO 値に対して、みらいやベンクルでは、MJO の接近・通過に伴いインパクトが増減する傾向が見られた。MJO の接近・通過に伴う位置エネルギーの EFSO 値の変動は主に 100-200hPa 付近で見られ、100hPa と 200hPa 付近の強い気温偏差のペアが逆転する変化に対応していた。これらの実験結果について学会発表を行った。

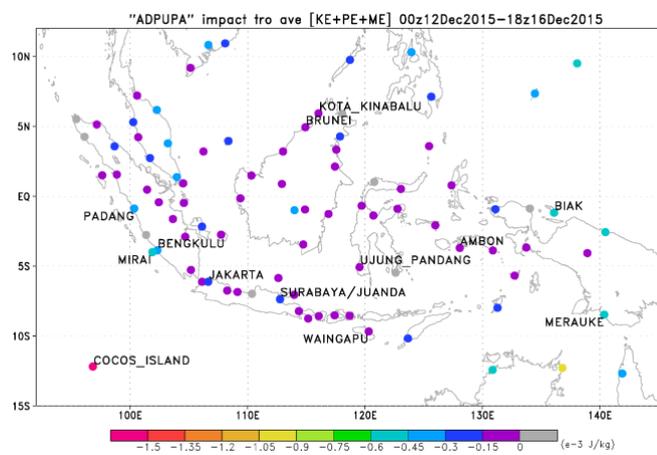


図 2 インドネシア海大陸域におけるラジオゾンデ観測点の分布。色は 2015 年 12 月 12 日から 16 日で平均した各ラジオゾンデ観測あたりの鉛直積算した EFSO 値 ( $10^{-3} \text{J kg}^{-1}$ )。特に値の大きな地点について地点名を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 服部 美紀
2. 発表標題 EFSOを用いたPre-YMC2015, YMC2017におけるラジオゾンデ観測のインパクト評価
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 服部 美紀, 勝俣 昌己, 森 修一
2. 発表標題 Pre-YMC2015におけるスマトラ沖「みらい」ラジオゾンデ観測のインパクト
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------