

機関番号：82706

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21740347

研究課題名 (和文) 熱帯海洋域における海面温度と大気の大気可降水量の日変化に関する研究

研究課題名 (英文) Diurnal variations in sea surface temperature and precipitable water observed over the tropical Ocean

研究代表者

安永 数明 (YASUNAGA KAZUAKI)

独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境変動領域・研究員

研究者番号：50421889

研究成果の概要 (和文)：

大規模場の運動と水蒸気変動の関係を調べた。その結果、大規模場の運動に伴って水蒸気は 3-4 日周期の変動をしており、この 3-4 日変動が SST の顕著な日周期により変調を受けた結果として、可降水量の日周期がみられることが分かった。この水蒸気の変動は、熱帯で最も卓越する大気擾乱の 1 つであるマッデン・ジュリアン振動の発達期に観測されたという点で重要で、マッデン・ジュリアン振動のメカニズム解明にも繋がる可能性のある成果である。

研究成果の概要 (英文)：

The relationships between large-scale motion and moisture variations are investigated. The results indicate that moisture variations show a prominent 3-4-day period, and the 3-4-day-period variations are strongly modulated by the significant diurnal cycle of sea surface temperature. The 3-4-day period variations are observed during the developing phase of Madden-Julian oscillation (MJO) and might play a significant role in the MJO development.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：気象学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：大気海洋相互作用

## 1. 研究開始当初の背景

熱帯海洋上の対流活動は、対流発達期においては明け方に降水の極大となる一方で、対流抑制期の海上風が弱く静穏な状況下では、夕方に降水の極大となることが良く知られている。海面温度 (SST) は、海上風が弱く静穏な状況下で、顕著な日変化を示す。こうした対流抑制期の顕著な SST の日変化は、海上における夕方の降水活動に影響を与えている

ことが幾つかの研究で示唆されている。しかし、これまで間接的な状況証拠だけの議論が行われており、大気中の水蒸気の増加や大気混合層の発達から対流発達までを直接的に示して、対流抑制期の降水活動における SST の影響を評価した研究は殆どない。その為、SST と降水の日変化の関係は、未だに結論が出ていない。本研究の予備解析として、船舶搭載 Global Positioning System (GPS) データ

を用いて、熱帯インド洋上における対流抑制期の大気中の水蒸気量の日変化について、高時間分解能、高精度の変動を調べたところ、対流抑制期の SST 日変化が顕著なときには、SST の上昇に伴って水蒸気量も日中増加し、対流活発期の SST 日変化が顕著でないときには、日中の水蒸気量の傾向ははっきりしないことが分かった(図1)。この結果は、夕方の降水極大を説明する初めての直接的な観測結果であった。しかし、海面からの水のフラックス量は、水蒸気量の日中の増大を説明するには足りず、大規模場の運動による収束などを考える必要があることも示唆された。以上のように、対流抑制期の顕著な SST の日変化と、水蒸気量増加を通じた降水の日変化の関係について、徐々に直接的な最近の観測データから明らかになりつつあるが、まだメカニズムが完全に明らかになっているわけではなく、更なる観測データや数値モデルを用いた研究が望まれている。

## 2. 研究の目的

本研究では、大規模場の運動による水蒸気量の増加や、海面からの供給に注目しながら、対流抑制期の降水の日変化メカニズムを明らかにすること目的とする。予備解析の結果は、サンプル数が小さいためエラーバーが大きい。そのため更に事例数を増やしたり、数値モデルを活用したりすることで、日中の水蒸気量の増加と SST 上昇に伴う海面からの水蒸気の供給量との不一致について、更には大規模場の日周期の運動の寄与について、新たな知見が得られると期待できる。

## 3. 研究の方法

大規模スケールの日周期の運動による大気中の水蒸気量や降水への寄与を定量的に評価する為、予備解析と同じ期間(2006年11月)を対象とした全球モデルを用いた数値シミュレーションのデータ取得を行う。ここで使用されたモデルは、最近開発された全球雲解像モデル NICAM で、水平方向に 7km の解像度をもっている。その他、2006年12月や、2004年夏期を対象にした、数値シミュレーションや水惑星を仮定した数値シミュレーションのデータも存在し、それらも結果の比較のために同時に取得し解析を行う。また熱帯インド洋で収集された観測データを更に解析して、日周期変化以外の水蒸気変動の特徴についても調べる。

## 4. 研究成果

大規模スケールの日周期運動による水蒸気や降水日変化への寄与を調べるために SST を固定した数値シミュレーションで再現された降水や水蒸気を調べた。対流圏の熱帯域における力学場、特に温度は、大気潮汐と考

えられる顕著な半日周期(地方時の正午過ぎに地面付近の温度の極小となる)を示していた。この半日周期の変動は、どのデータでも現れていたが、水惑星を仮定したシミュレーションで最も顕著であった(図2)。この温度の正午過ぎの極小は、振幅としては平均として 0.05 度と、わずかである。しかしこのわずかな温度低下であっても、水蒸気の凝結量の増加を促し、結果として日中の降水量の増加をもたらす(特に地方時の日中正午過ぎに1つの降水極大となる)ことが、解析結果から明らかになった(図3)。

この結果は、SST の変動が存在しない場合でも日中の降水量増加をもたらす可能性があるということを示唆したという点で重要である。一方で、ここで提唱したメカニズムでは、水蒸気変動は降水変動と殆ど無関係であるので、観測の結果とはあわない(図1上と図4の比較)。SST を固定した理想化した数値実験において、大規模場の日周期の運動(熱帯では大気潮汐が最も卓越する)は現実に近い再現されているにも関わらず、観測されたものに似た降水や水蒸気変動は生じないことから、大規模場の日周期運動によって水蒸気量が増加し、その結果日中に降水極大となるというストーリーは、現実大気では期待できないことが示唆された。

上記の結果を受けて、大気中の水蒸気量における、日周期よりも長い周期も含めた変動を、収集した観測データを用いて調べたところ、解析期間において水蒸気は顕著な 3-4 日周期を示していた(図5)。この 3-4 日周期変動は、力学場でも顕著であった(図6)。この変動の力学的特徴や、進行(伝搬)方向等を調べることで、この変動は、熱帯大気に特有な混合ロスビー重力波によるものであることが明らかになった。混合ロスビー重力波は、太平洋での報告は多数あるが、インド洋では本研究が初めての報告である。また混合ロスビー重力波による水蒸気変動が、SST の顕著な日周期によって変調を受けていると考えることで、対流抑制期の日中の海面からの供給を超えた大気水蒸気量の増加が説明できる可能性がある事が分かった。

また観測期間の水蒸気量は、混合ロスビー重力波に伴う 3-4 日周期変動を繰り返しながら、マッデン・ジュリアン振動の対流活発期に向けて増加傾向を示していた(図7)。マッデン・ジュリアン振動は、熱帯で最も卓越する大気擾乱の1つで、その発現メカニズムは熱帯大気における最大の謎の1つである。この混合ロスビー重力波に伴う水蒸気変動は、マッデン・ジュリアン振動の対流の発達期に観測されたという点でも他に例を見ない報告であり、発現メカニズムの解明に向けた新たな知見を与えるものであると考える。

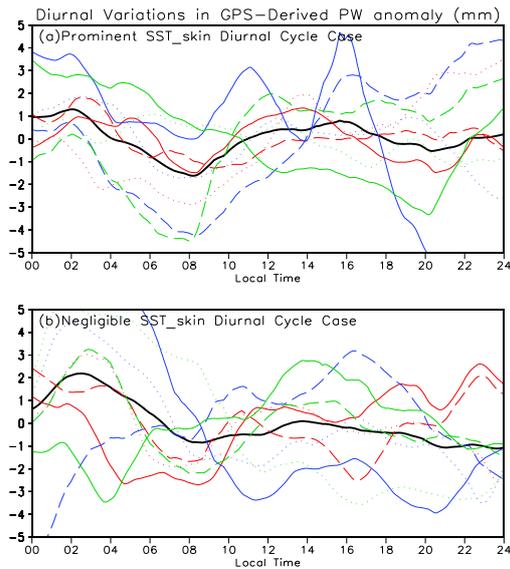


図 1：熱帯インド洋で観測された大気中の水蒸気量の日変化（横軸は、地方時）. 上図は、海面温度の日変化が大きい時で、下図は、海面温度の日変化が小さい時の結果. 両図とも実線が、全サンプルの平均値で、色つきの線が各サンプルの日変化を表す. 見やすさのために、一日の平均値を引いた偏差で表してある. 単位は、mm.

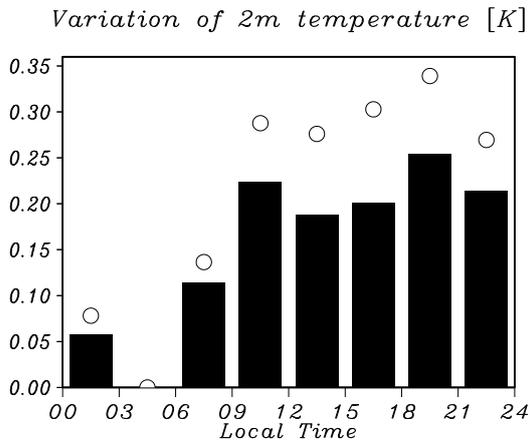


図 2：海面温度を固定化した理想的な数値実験で再現された熱帯域の地表付近の温度の日変化（横軸は、地方時）. 対流活動の抑制域の日変化が白丸、熱帯全域の日変化が棒グラフで表されている. また日変化量は、見やすさのために早朝 3-6 時の最低値からの差で表してある. 単位は、K.

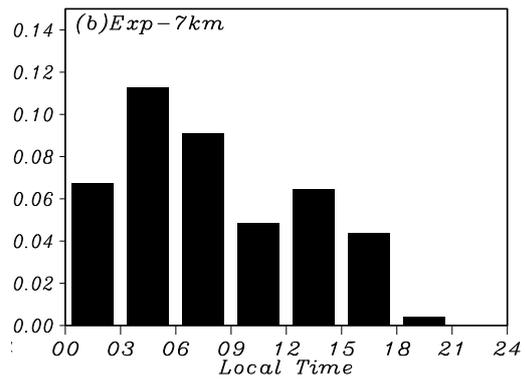


図 3：海面温度を固定化した理想的な数値実験で再現された熱帯域の降水の日変化（横軸は、地方時）. 日変化量は、見やすさのために 21-24 時の最低値からの差で表してある. 単位は、mm/hr.

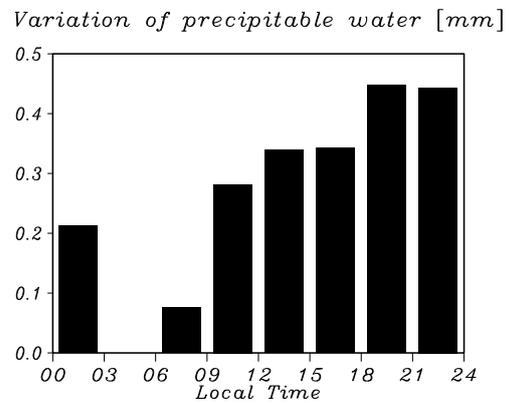


図 4：海面温度を固定化した理想的な数値実験で再現された熱帯域の大気中の水蒸気量の日変化（横軸は、地方時）. 日変化量は、見やすさのために 3-6 時の最低値からの差で表してある. 単位は、mm.

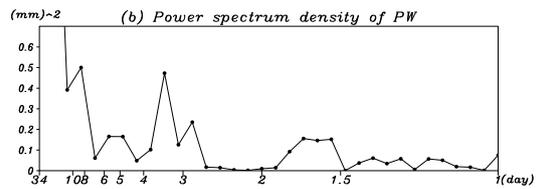


図 5：熱帯インド洋で観測された大気中の水蒸気量の時系列データから計算された各周期帯のパワースペクトル. 単位は、 $\text{mm}^2$ .

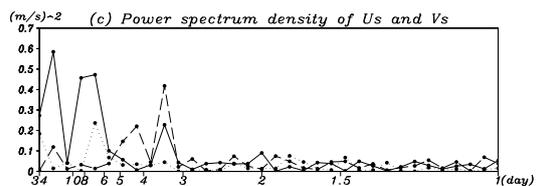


図 6：熱帯インド洋で観測された海上風の時

系列データから計算された各周期帯のパワースペクトル. 実線が東西風, 破線が南北風, 点線が風速. 単位は,  $(\text{m/s})^2$ .

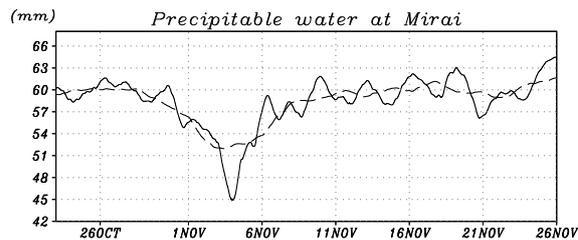


図7：熱帯インド洋で観測された大気中の水蒸気量の時間変動. 実線が1日移動平均をかけた結果. 破線が, 5日移動平均をかけた結果. 観測期間後半の11月21日付近で, マッデン・ジュリアン振動に伴う対流活動が活発化している. 単位は, mm.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① Yasunaga, K., T. Nasuno, H. Miura, Y. N. Takayabu, and M. Yoshizaki, 2009: Afternoon precipitation peak simulated in an aqua-planet global non-hydrostatic model (aqua-planet-NICAM), Journal of Meteorological Society of Japan, in printing. 査読有り

② Qoosaku M., K. Yoneyama, R. Shirooka, H. Kubota, K. Yasunaga, J. Suzuki, A. Seiki, N. Sato, T. Enomoto, T. Miyoshi, S. Yamane, 2011: The influence of observations propagated by convectively coupled equatorial waves, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **137**, pp642-655. 査読有り

③ Yasunaga, K., K. Yoneyama, Q. Moteki, M. Fujita, Y. N. Takayabu, J. Suzuki, T. Ushiyama, and B. Mapes, 2010: Characteristics of 3-4-day and 6-8-day period disturbances observed over the tropical Indian Ocean, Monthly Weather Review, **138**, 4158-4174. 査読有り

④ Yanase, W., M. Satoh, H. Yamada, K. Yasunaga, and Q. Moteki, 2010: Continual influences of tropical waves on the genesis and rapid intensification of Typhoon Dorian (2006), Geophysical Research Letters, **37**, L08809, doi:10.1029/2010GL042516. 査読有り

[学会発表] (計1件)

① Yasunaga, K., Water vapor variations and equatorial waves over the Indian Ocean, 熱帯気象研究会, 2009年9月29日, 北海道大学

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

安永 数明 (YASUNAGA KAZUAKI)

独立行政法人海洋研究開発機構

地球環境変動研域・研究員

研究者番号：50421889