

熱帯積雲活動の海面水温依存性と海洋混合層変動との相互作用

*石川洋一、淡路敏之、木内保太、里村雄彦
(京都大学大学院理学研究科)

1. はじめに

西部熱帯太平洋は世界で最も暖かい海であり、暖水プールと呼ばれる29°Cを超える高い海面水温の領域が広がっている。暖水プール上では高い海面水温による盛んな蒸発によって活発な積雲活動が引き起こされており、この積雲活動の強さは海面水温と密接な関連があり、特に29°C以上の海面水温の領域では非常に活発となるのが良く知られている(例えばHirst(1986)など)。そのため、積雲活動に伴う西風バーストの発生などに関連して、暖水プールの変動はエルニーニョの発達とも強く関連している。

しかしながら、なぜ積雲活動が29°C以上の海面水温の領域で急激に活発になるかについては、飽和水蒸気圧の温度に対する非線形性が関連するなどといわれているものの、詳しくはわかっていない。

そこで、本研究では雲解像大気モデルと海洋表層モデルを結合した高分解能モデルを用いて、熱帯積雲活動の海面水温依存性について調べることにした。

2. 高分解能大気海洋結合モデル

本研究で用いた大気海洋結合モデルは雲解像3次元大気モデル(Satomura, 1989)と3次元海洋大循環モデル(Ishikawa et al., 2007)をもとにした海洋表層モデルと両者を結合するフラックスカップラによって構成される。詳細は昨年度の本ワークショップの発表(石川と里村, 2006)と同様であるのでそちらを参照されたい。

実験設定についても、モデル領域、大気の初期条件などはほぼ昨年の発表とほぼ同様とし、海

洋表層モデルにおける水温場の初期条件のみが異なった4ケースの実験を行った。各ケースとも水温場は水平、鉛直(100m深まで)ともに一様とし、27°Cから30°Cまで1°C毎に変化させた。塩分についてはすべてのケースにおいて一様に34psuとしている。以上の設定でモデルの積分は6日間行った。

3. 結果

まず、海洋表層水温の初期状態の違いが積雲活動に与える影響について調べた。図1は積雲活動の指標として雲頂高度の領域最大値の時系列について25時間移動平均をかけたものである。初期水温が27°C、28°Cの場合とくらべ、29°C、30°Cのケースでは雲頂高度が高くなっており、活発な積雲活動がおこっている。特に、28°Cと29°Cのケースの差は顕著であり、これまで言われている通り、海面水温が29°Cを超えるということが熱帯の積雲活動に大きな意味を持つことがモデルでも再現された。

そこで、このような差があらわれる原因について調べたところ、29°C以上のケースと28°C以下のケースにおいて海面水温変動の顕著な違いがみられた。図2は領域平均した海面水温の初期値を基準とした変化量の時系列である。初期水温が27°C、28°Cだったかケースは海面水温が6日間で1度以上低下しているのに対し、29°Cのケースでは最大で約0.5°C、30°Cのケースでは0.1°Cしか下がっていない。その結果、27°C、28°Cのケースでは蒸発が抑えられているが、29°C、30°Cの場合には盛んな蒸発が維持され、活発な積雲活動が引き起こされることとなる。

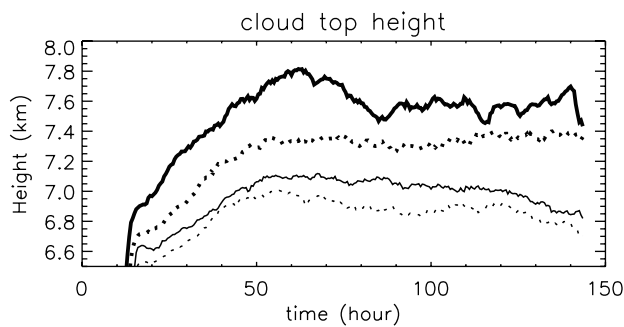


図1: 領域内で最も高い雲の雲頂高度の時系列。ただし25時間移動平均値。細点線:27°C、細実線:28°C、太点線:29°C、太実線:30°C。

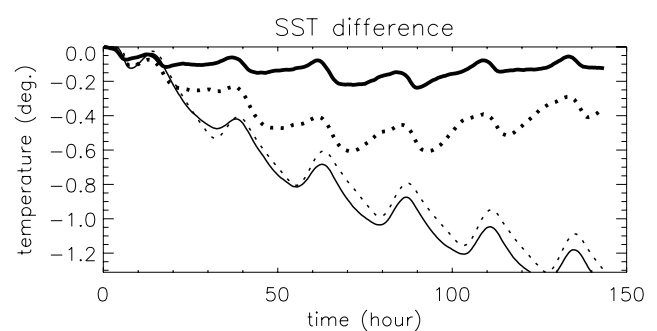


図2: 領域平均した海面水温の初期値からの変化量。線種については図1に同じ。

このような海面水温の低い方が温度が下がりやすいという現象は、大気の初期条件は全く同じであるので、海面フラックスのみを考えても説明がつかない。実際正味の海面熱フラックスは水温が高いケースの方が海洋から大気向きに大きく、より海洋を冷やす傾向となっている。すなわち、海洋混合層過程などの海洋内部変動が、海面水温変動に対し支配的であることが示唆される。

図3、4はそれぞれ初期水温が28°Cと29°Cのケースにおける領域平均した塩分の時間-深さ断面図である。図3では実験開始直後から海面付近に強い塩分成層が形成されていることがみられる。このような強い成層は下層との混合が抑制する効果があるので、初期水温が27°C、28°Cのケースでは表層約10m程度の浅い混合層から熱が奪われ、海面水温はどんどん下がっていく。この強い成層の要因を調べたところ、蒸発による塩分の増加や、熱フラックスの影響は成層を不安定化させる方向に働いており、積雲活動に伴う降水による淡水の供給による成層化の影響が最も大きいことがわかった。

一方、図4では日中にはやや弱い塩分成層がみられるが、夜間にはほとんど解消されており、図3にみられるような強い成層はみられない。海面熱フラックスの日変動を考えると、日中は強い短波放射のために海洋が暖められ日躍層を形成するが、夜間は蒸発によって海面が冷やされるとともに、塩分濃度も高くなるため、密度不安定が生じて日躍

層が破壊される。このとき、下層の暖かく、塩分の高い水との混合がおこるために、29°C、30°Cのケースでは比較的海面水温が下がりにくなる。

4. まとめ

高分解能大気海洋結合モデルを用いて熱帯積雲活動の海面水温依存性について調べたところ、観測などからいわれているように29°Cを超える場合に急激に積雲活動が活発になる現象が再現された。その原因を調べたところ、29°C付近を境に水温が高いケースの方が低いケースにくらべ、海面水温が下がりにくなっていた。これは水温が低いケースでは降水によって形成された浅い塩分成層によって、見かけ上の熱容量が小さくなることによる。一方、水温の高いケースでは、熱フラックスの日変動と関連して夜間に塩分成層が破壊され、十分な混合がおこるため、水温低下がおこりにくい。

今回の実験は理想化した設定のもとで行われたものであるので、このようなメカニズムがより現実的な状況でも成り立っているかについては今後の課題である。また、より広い領域で長期間の計算を行うことにより、大きなスケールの変動に与える影響も調べる必要があるであろう。

謝辞

本研究は文部科学省「人・自然・地球共生プロジェクト」課題7および京都大学21世紀COEプログラム「活地球圏の変動解明」の援助をうけておこなわれた。

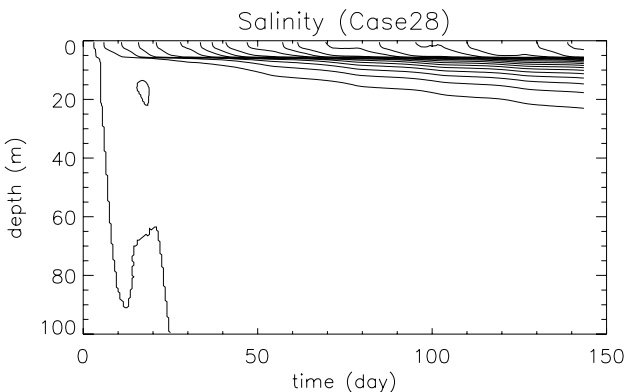


図3: 初期水温28°Cのケースにおける、塩分の時間水温断面図。コンター間隔は0.05psu。

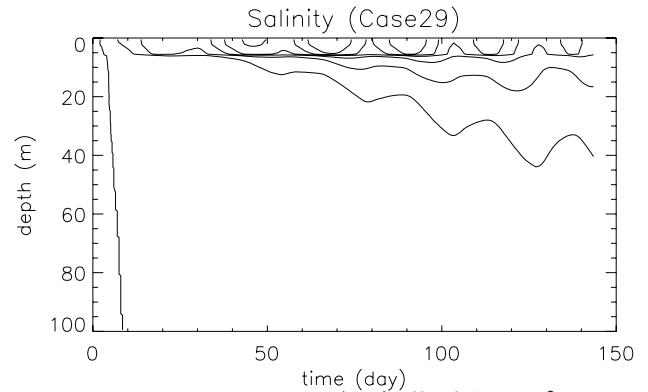


図4: 図3に同じ。ただし初期水温29°Cのケース。