

CSIRO 気候モデルで再現された ENSO－モンスーン結合

川村隆一（富山大・理）・R. Suppiah・M. Collier・H. Gordon (CSIRO)

1. はじめに

1970 年代後半の climate shift 前後で ENSO－モンスーン関係が変化することがよく知られている。その原因については様々な仮説が提出されているが、Kawamura et al. (2001, 2003) は、ENSO 自身の特性の変化と関連する、ENSO からモンスーンへの二種類のインパクトを考慮すれば、その変化を説明可能であることを指摘した。一つは ENSO 衰退期の間接的インパクト（赤道非対称インパクト）で、長周期 ENSO が卓越する時期（1970 年代後半～90 年代）に有効に働いている。主に風・蒸発・SST (WES) フィードバックが原因で、プレモンスーン期の熱帯インド洋の積雲対流活動や海上風速、SST 偏差分布に赤道非対称構造がみられる。アジア大陸の陸面水文過程が寄与し、モンスーン前期（6-7 月）に有意な影響を与えるが、その影響は後期まで持続しない。このような ENSO インパクトの存在を最終的に検証するためには大気海洋結合モデルでの再現が必要である。そこで、豪連邦科学産業研究機構（CSIRO）大気研究部門で開発された気候モデル（Mark3 CGCM）の温暖化予測のための制御実験を基に、モデルで再現された ENSO－モンスーン関係の解析結果を報告することにしたい。

2. 結果

CSIRO の Mark3 モデルにおける大気モデルの分解能は T63、鉛直方向に 18 層、積雲対流スキームは雲の微物理過程と結合させたもので、ハドレーセンターのモデルと基本的に同じである。海洋部分は GFDL の MOM2.2 で水平分解能は経度 1.875° 、緯度 0.9375° で鉛直方向に 31 層、深さ 400 m までは 14 層である。コントロールランにおいて、ドリフトが最小限であった積分 201 年目から 300 年目までの 100 年間について解析を行った。モデルでは Nino3 海域の海面水温 (SST) 変動は北半球冬季よりむしろ夏季に大きく、振幅は観測より大きめであった。また、モデル ENSO の周期は顕著な 2-3 年周期を示していた。夏季 (JJA) 平均の Nino3 SST インデックスに基づき、標準偏差を超える 17 のエルニーニョ・イベント、15 のラニーニャ・イベントを抽出した（図 1～図 3 の偏差の符号はラニーニャ衰退時）。

モデル ENSO の衰退期である春季 MAM (+1) になると、降水量の分布は赤道以北で増加、赤道以南で減少という顕著な赤道非対称構造が形成される。対応して、SST 分布にも同様な構造がみられる（図 1）。これらの特徴は、特に 1970 年代後半以降のモンスーン強弱の前兆現象として頻繁に観測されている。詳細は省略するが、モデル内でも WES フィードバックが有効に働き、冬季から春季にかけて赤道非対称偏差が形成されていることが明らかになった。

図 1 でみられた赤道非対称の降水量偏差分布に対してモデル大気はどのように応答しているのだろうか。図 2 はプレモンスーン期 MAM (+1) の降水量、200hPa 流線関数の合成偏差図である。インド洋北部及び南シナ海上の活発な降水に伴う対流加熱により、南アジア帯の対流圏上層で高気圧性循環が強化されている（ロスビー波応答）様子が明瞭である。高気圧偏差に覆われた、チベット高原から西の中央アジアにかけての地域では降水量が減少している。図は省略するが、チベット高原の一部を除いて、降水量減少と対応して土壌水分も減少している。一方、高気圧偏差と関連して短波入射量も増加している。土壌水分減少と短波入射量増加の地域と図 3 の地表面温度上昇の地域が良く対応しており、熱帯海洋上の積雲対流活動が remote forcing となつて、ロスビー波応答を介しアジア大陸の陸面水文過程に実質的な影響を与えていると解釈できる。春季の陸面温度の上昇は海陸間の熱的コントラストの増大に寄与し、モンスーンを強める方向に働く。一連のプロセスを逆符号にすれば、今度は反対に弱いモンスーンがもたらされる。これらの様相は Kawamura et al. (2001) が指摘した、主に ENSO 衰退期において陸面水文過程が寄与する間接的インパクトを説明していると考えられる。ENSO の間接的インパクトはモンスーン前期に有意な影響を与える

が、モンスーン後期までその影響は持続しないという観測事実とも矛盾していない。

3. まとめ

CSIRO Mark3 気候モデルの制御実験結果から、従来の研究で指摘されていた南アジア夏季モンスーンの前兆現象、すなわち、春季の熱帯インド洋における降水量、SST の赤道非対称偏差が再現されているのが見出された。観測とモデルの比較結果から、ENSO 衰退期においてアジア大陸の陸面水文過程が間接的に寄与する ENSO インパクトの存在が大気海洋結合モデルにより検証された。

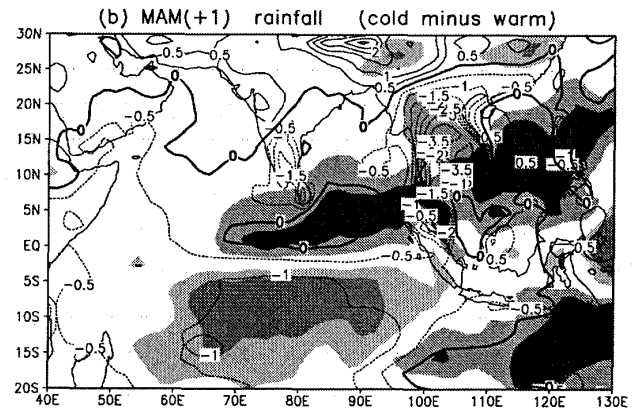


図 1 MAM (+1)におけるモデル降水量並びに SST の合成偏差図。濃い陰影部は降水量が $+1 \text{ mm day}^{-1}$ 以上、薄い陰影部は -1 mm day^{-1} 以下の領域を示す。SST の等値線間隔は 0.5°C である。

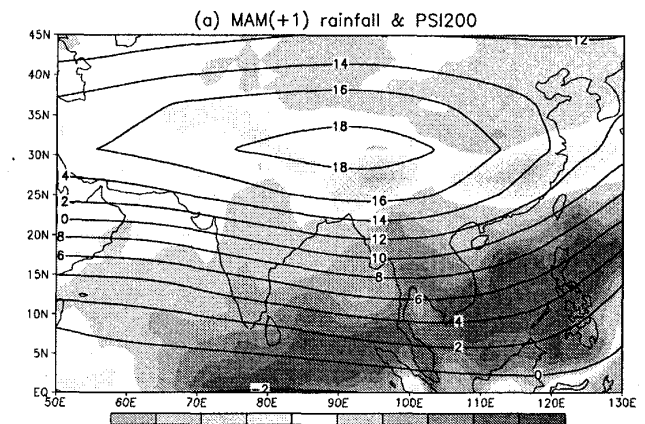


図 2 MAM (+1)における 200hPa 流線関数と降水量。陰影部は降水量 (mm day^{-1})、等値線間隔は $2 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 。

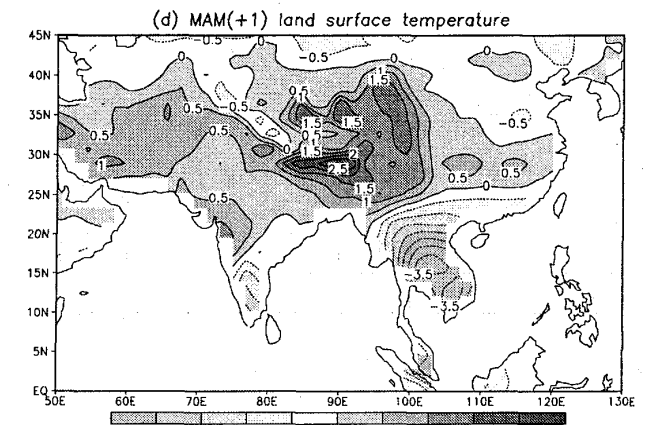


図 3 図 2 と同様、ただし、地表面温度 ($^\circ\text{C}$)。