

夏季北西太平洋における太平洋高気圧の 年々変動に関する研究

東京大学大気海洋研究所 佐藤正樹研究室 森井洋

1. はじめに

東アジア・東南アジアの夏季の気候場は北西太平洋における太平洋高気圧活動と深く関係している。夏季の850hPa流線関数の標準偏差(図1)は、北西太平洋の西端で大きく、この領域で太平洋高気圧の西への張り出しの年々変動が大きいことを示している。

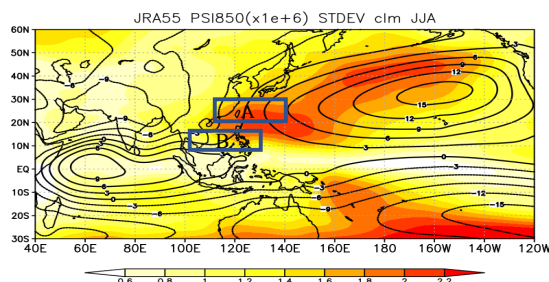


図1: JJA 平均した 850hPa 流線関数の気候値(等値線)および標準偏差(陰影)。青枠が index で用いた領域。

北西太平洋の太平洋高気圧の年々変動に関しては主に ENSO や大気海洋相互作用の観点で議論されてきた。Xie et al. (2009) は、エルニーニョ後に昇温したインド洋 SST が、西太平洋赤道域に東風偏差を励起することで、北西太平洋の高気圧偏差を強化するメカニズムを提唱した。ENSO と高気圧偏差に関する研究は他にも数多くあるが、こうした研究は SST を通して強制された大気場が、どのように高気圧偏差を作り出すかに着目している。一方で、高気圧偏差はすべて ENSO によって決まるわけではない。そこで本研究では、夏の北西太平洋の高気圧の年々変動のメカニズムを、SST による強制を前提としない解析から明らかにする。その上で SST による強制と内部変動による寄与はそれぞれの程度かを大規模全球大気アンサンブル実験を用いて明らかにする。

2. 観測・再解析データの解析結果

まず観測データから、年々変動の環境場の特徴について調べた。1958-2018 の 61 年間の夏季 (JJA) を解析した。高気圧偏差を評価するために、図1の A と B で書かれた領域の850hPa東西風の差を規格化したものを index (以下 SI と表記) として定義する。この SI に850hPa の流線関数と風を線形回帰したものが図2(a)であり、図1にみられた年々変動の大きな部分の高気圧

偏差をこの index で抽出できていることが確認できる。また、SI に降水を線形回帰した水平図(図2(b))では、インド洋から海洋大陸にかけての降水量の増加と、北西太平洋の減少のダイポールな構造が見られる。

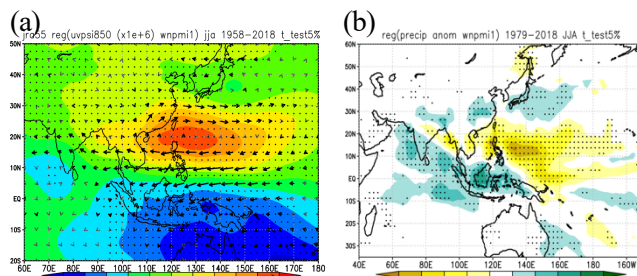


図2: (a) SI に線形回帰した 850hPa 流線関数、風 (JJA)
(b) SI に線形回帰した降水 (JJA)

3. 高気圧偏差のメカニズム

北西太平洋の高気圧偏差のメカニズムを線形傾圧モデル (LBM; Watanabe and Kimoto 2000) を用いて調べた。

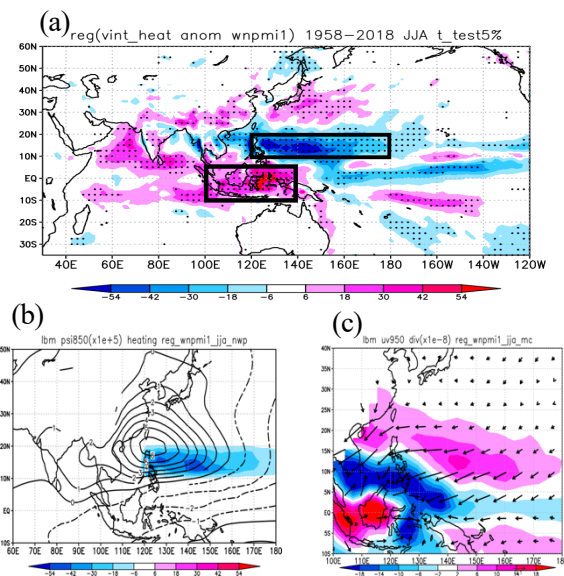


図3: (a) SI に線形回帰した鉛直積分非断熱加熱 (JJA)。黒枠は LBM 実験で熱源を与えた領域。

(b) LBM に与えた冷却の鉛直積分 (陰影) と、その冷却に対する 850hPa 流線関数の定常応答 (等値線)。

(c) 海洋大陸の加熱 (a の黒枠) に対する、950hPa の風 (ベクトル) と発散 (陰影) の定常応答

SI に線形回帰した非断熱加熱分布 (図 3(a)) において、どの領域の加熱偏差が高気圧性の循環に寄与しているのかについて調べた。その結果、この高気圧偏差は北西太平洋のローカルな冷却に対するロスビー応答であることがわかった (図 3(b))。次に海洋大陸の加熱に対する大気の定常応答を調べると、高気圧性の循環場は作り出さないが、北西太平洋の冷却領域の下層に発散場を作り出していることがわかった (図 3(c))。このことから、海洋大陸の加熱は北西太平洋の対流を抑制するように作用していると考えられる。

4. SST による強制の寄与

北西太平洋の高気圧偏差への SST による強制について d4PDF を用いて調べた。図 4 に SI の観測と d4PDF アンサンブル平均の時系列を示す。これらの相関係数は 0.53 であり、SI の分散の 3 割程度は SST によって説明されることがわかる。

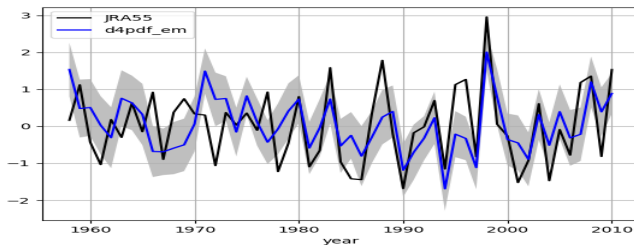


図 4: 観測 (黒線) と d4PDF アンサンブル平均 (青線) の SI の時系列。1 標準偏差を灰色のスプレッドで表示。

次に北西太平洋の高気圧偏差にどこの SST による強制が効くのかについて調べた。図 5(b) と今までの議論から、海洋大陸の SST 高温偏差がその場の対流を強化して、高気圧偏差を強化していることがわかった。

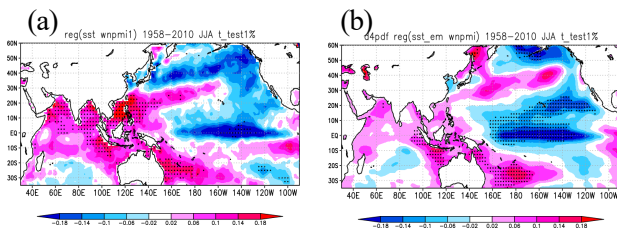


図 5: SI に線形回帰した SST。(a)観測。(b)d4PDF アンサンブル平均(アンサンブル平均した SI にアンサンブル平均した SST を線形回帰)

赤道中央太平洋にも SST 低温偏差のシグナルが見られるが、これは海洋大陸の SST とのコントラストを強め、海洋大陸の降水を活発化させるように作用していると考えられる (感度実験で確認済み)。

5. 議論

図 2(b)で、高気圧偏差のときに降水のダイポールな構造が見られることを示した。このダイポール構造は d4PDF でも再現されている (図略)。図 6 に、d4PDF の降水と SI の回帰図を示す。図 6(a)はアンサンブル平均、図 6(b)は内部変動の回帰である。内部変動でも海洋大陸の降水が強化されていることから、大気による作用だけで高気圧偏差は海洋大陸の降水を強化する可能性が考えられる。もしそうであるならば、このダイポールパターンは大気のみ内部モードとして存在する可能性がある。本研究では、なぜ高気圧偏差のときに海洋大陸の加熱が強化されるのか、そもそも内部変動でなぜ高気圧偏差が生じたのかについてはわからないため、今後の研究が期待される。

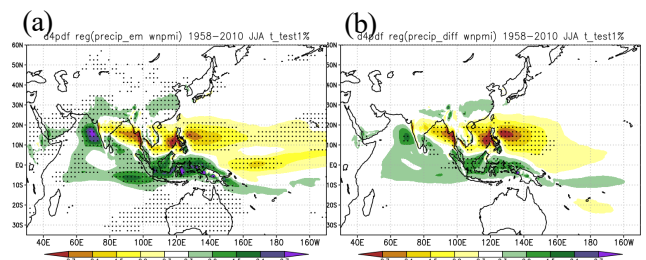


図 6: d4PDF で SI に線形回帰した降水

(a) アンサンブル平均 (b) 内部変動

6. まとめ

夏の北西太平洋の高気圧偏差の年々変動について、その大気場のメカニズムや SST による強制の効果について調べた。高気圧偏差は直接的にはローカルな冷却に対するロスビー応答として形成されるが、その冷却は、海洋大陸での対流活発偏差が北西太平洋に発散場を形成し、下降気流を作り、対流を抑制することで維持・強化されていた。海洋大陸の対流はローカルな SST によってある程度強制されるため、海洋大陸での高 SST 偏差が重要であることは否定できない一方で、d4PDF の解析から、SST の強制によって説明される SI (北西太平洋の循環場) の分散は 3 割程度であった。また、SI に降水を線形回帰させた場から、内部変動だけでも海洋大陸の降水を強化することがわかった。このことから、降水のダイポール構造は大気のみによる内部モードとして存在する可能性があることが示唆された。