

論文内容の要旨

論文題目 Tropical Atlantic climate modes and their links with upwelling domes
(熱帯大西洋の気候変動モードと湧昇ドームの関係)

氏名 土井 威志

熱帯大西洋には Atlantic Niño と南北モードと呼ばれる二つの主要な気候変動モードが存在する。前者は太平洋のエルニーニョ／南方振動 (ENSO) に類似しており、後者は赤道を横切る海表面水温偏差(SSTA)の南北勾配で特徴づけられる。これらの気候変動モードはブラジルやサハラ砂漠の降水量に大きく影響する。また、南北モードは北米やその周辺国に甚大な被害を及ぼすハリケーンの活動度にも関連することが報告されている。したがって、その変動メカニズムを詳細に理解し、予測精度を向上させることは大変重要な課題であり、最近10年で盛んに研究されてきた。しかし、その多くが海表面に注目したものであり、亜表層に存在する湧昇ドーム(湧昇により海洋の等温線がドーム状に押し上げられた現象)である南大西洋熱帯域のアンゴラドームや北大西洋熱帯域のギニアドームとの関連は未だ理解されていない。そこで本研究では、この2つのドームの経年変動と大西洋の気候変動モードとの関係を調べた。

渦解像海洋大循環モデルに現れたアンゴラドームの経年変動を詳細に解析した結果、Atlantic Niño と密接な関係があることが明らかになった(図1)。南半球の秋に Atlantic Niño の発達に伴い弱化した東風貿易風によって、西経20度付近で鉛直第2モードの沈降赤道ケルビン波が励起される。この波が赤道上を東方に伝播してアフリカ西岸に到達後、沿岸ケルビン波として極向きに伝播し、アンゴラ沿岸域からロスビー波として西方伝播する。その結果、アンゴラドーム域の湧昇は抑制され、季節的に最も発達する南半球の晩春になっても、ドームはあまり発達しない。また、南半球の冬に成熟した Atlantic Niño は、

西アフリカモンスーンを弱化させるため、アンゴラドーム域の季節的なエクマン湧昇の強化を抑制し、ドームをさらに弱める効果もある。

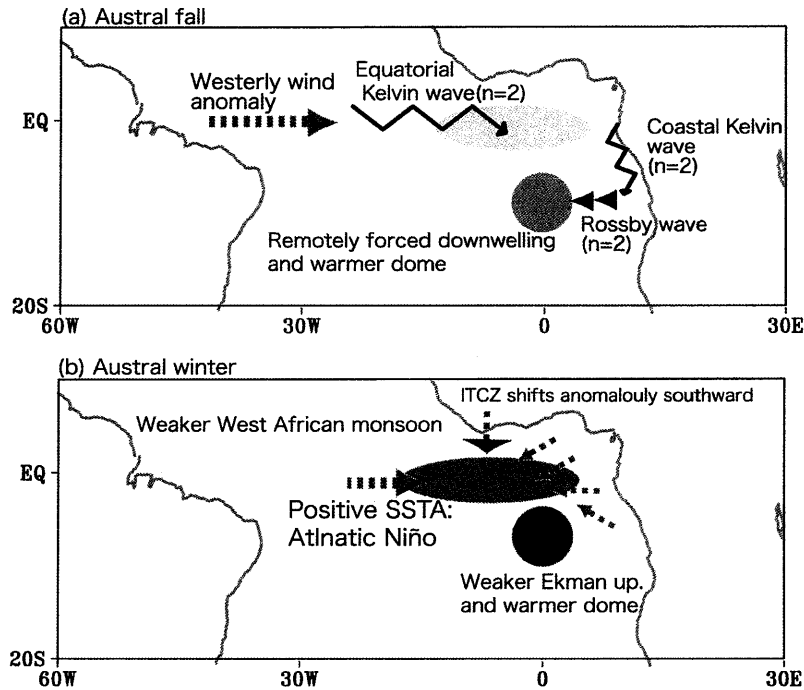


図 1. Atlantic Niño とアンゴラドームの関係

一方、渦解像海洋大循環モデルに現れたギニアドームの経年変動は、熱帯収束帯(ITCZ)の南北シフトを伴う南北モードと密接に関わることが明らかになった。北半球の晩春から夏にかけて、北半球の正(負)の SSTA に伴い ITCZ が異常に北(南)方にシフトすると、ギニアドーム域のエクマン湧昇が異常に強(弱)化され、垂表層のドームは、表層水温とは逆に冷却(加熱)される。この ITCZ の南北シフトは風-蒸発-SST の正フィードバック(WES フィードバック)によって維持されていることが示唆された。すなわち北半球の正(負)の SSTA により ITCZ が異常に北(南)方へシフトしていることによって、北半球で南西(北東)の貿易風偏差ができ、風を弱(強)める。その結果、蒸発が抑制(促進)されるため、潜熱による冷却が弱(強)化され、正(負)の SSTA が増幅し、更に ITCZ を北(南)にシフトさせる。

このように海洋大循環モデルによって垂表層のギニアドームに関わる大気海洋相互作用が示唆されたため、その詳細を大気海洋結合モデルによって調べた。まず、ドーム域の混合層水温の季節変動に注目したところ、ドームが弱い北半球の冬から春には、主に海表面熱フラックスの寄与だけで説明できた。しかし、ITCZ の北上に伴い、ドーム域のエクマン湧昇が強化される北半球の夏から秋には、湧昇による冷却効果も重要となった。したがって、ドーム域の表層水温の季節変動は大気強制だけでは説明できず、ドームに関わる大気海洋相互作用の結果であることが解った。

次に、結合モデル内で、熱帯大西洋の気候変動モードがよく再現されていることが確認されたため、合成解析により、大西洋南北モードとギニアドームの関係を調べた。まず前年の初冬に現れる北半球の弱い正(負)の SSTA に注目したところ、前年の晩秋にドームが未成熟(強く発達)で混合層が異常に厚(薄)いことが解った。通常の季節進行では晩秋から冬にかけて混合層水温が海表面熱フラックスによって強く冷却されるが、混合層が異常に厚(薄)いことでその感度が弱(強)まり(図2 左上)、結果として正(負)の SSTA が現れる(図2 右上)。大西洋南北モードの発現は、太平洋の ENSO と関わるということが報告されてきたが、亜表層ドームの変動も深く関わっていることが初めて示された。

初冬に現れた正(負)の SSTA は、冬から早春にかけて WES フィードバックによって発達し、春に成熟する(図2 左下)。これに対し、亜表層では、OGCM の結果にも見られたように、ITCZ の異常な北上(南下)に伴いドーム域のエクマン湧昇が強(弱)化され、ドームが異常に発達(衰退)した。これは、季節変動のメカニズムが強(弱)化されたとも解釈できる。その結果、このエクマン湧昇の強(弱)化に伴う冷却(加熱)が負のフィードバックとして働き、北半球の正(負)の SSTA は夏季に急激に衰退する(図2 右下)。これは従来無視されてきたメカニズムで、本研究で初めて発見された。

大西洋熱帯域は観測データが乏しかったが、最近 PIRATA ブイや ARGO によってその状況が改善されつつある。そこで、特に最近起こった 2005 年の正の南北モードに注目したところ、本研究のメカニズムを支持することができた。以上のような南北モードとギニアドームの相互作用の理解はその変動予測の精度向上に大きく貢献することが期待される。特に南北モードが夏季に衰退しないとハリケーンの数や規模が増大することが報告されており、亜表層ドームによる負のフィードバック機構の重要性が示唆される。

以上より、アンゴラドームとギニアドームが大西洋の気候変動モードと密接に関係していることが本研究により初めて明らかになった。従って、時空間的に密な海洋亜表層の観測システム及び湧昇ドームの役割を忠実に再現する大気海洋結合モデルの構築が、熱帯大西洋の気候変動の予測精度向上に大きく貢献すると期待される。

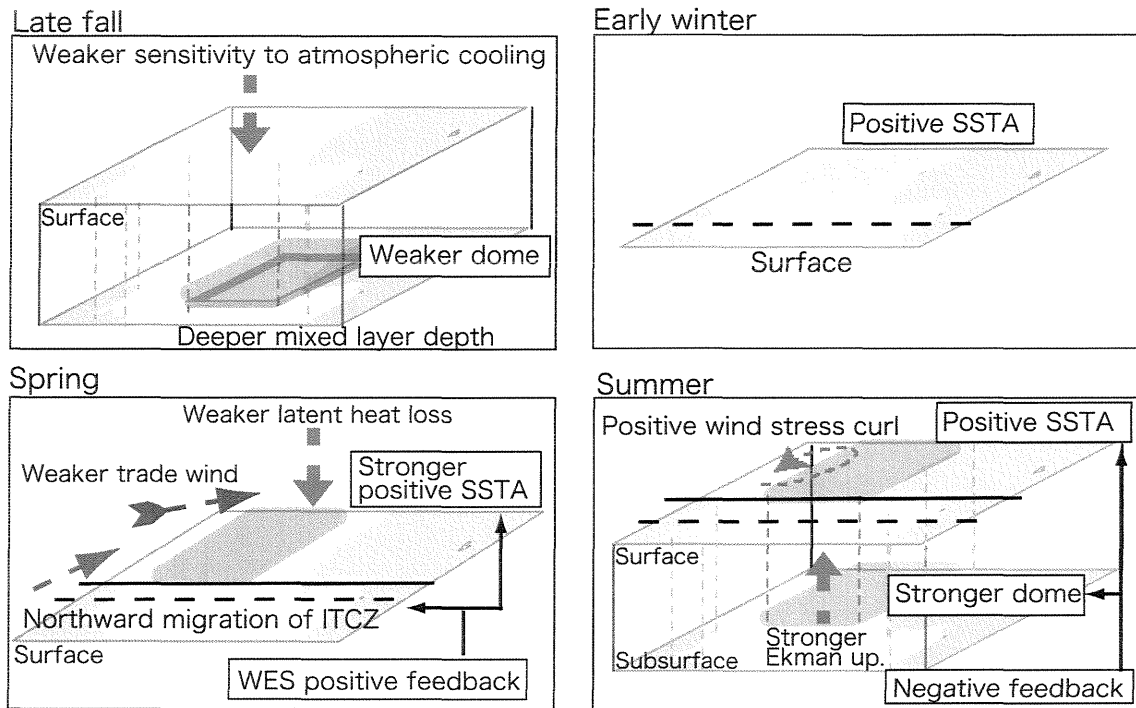


図 2. 正の大西洋南北モードとギニアドームの関係