

Extreme El Niñoによる大気テレコネクションの変調

原航太郎 (九州大学大学院総合理工学府)

時長宏樹, 森正人 (九州大学大学院応用力学研究所)

1 はじめに

近年の地球温暖化に伴い、豪雨や熱波などの極端現象が顕在化している。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) の第6次評価報告書 (AR6) 第1作業部会 (WG1) によると、1950年代以降、極端な高温や大雨の頻度および強度が増加しており、人為起源の気候変化が主要な駆動要因の1つとして考えられている。特に、海洋熱波の頻度は1980年代以降ほぼ倍増しており、人間の影響は少なくとも2006年以降のほとんどの海洋熱波に寄与している可能性がある。

熱帯太平洋では、1972/73年、1982/83年、1997/98年、2015/16年の冬季において、通常より極端に強いEl Niñoが観測された。本研究では、これらの極端なEl Niñoを「通常のEl Niño (Moderate El Niño)」に対して「Extreme El Niño」と呼ぶ。Extreme El Niño時には、28°C以上の高い海面水温 (SST) が赤道太平洋全域に拡大するため、熱帯収束帯 (ITCZ) が全体的に赤道北上する。そのため、通常は降水が少ない東部太平洋の赤道域でも、5mm/dayを超える強い降水が発生した。さらに、この降水偏差に伴う大気テレコネクションによって、熱帯域だけでなく日本や北アメリカを含む中高緯度帯に様々な異常気象を引き起こしたと考えられる。

Cai et al. (2014) は、CMIP3 および CMIP5 気候モデルの将来気候予測実験を解析して、このExtreme El Niñoの頻度が地球温暖化によって将来増加する可能性があることを明らかにした。彼らの解析によれば、SSTのEl Niño現象のような昇温パターンとそれに伴う降水量の増

加によって、将来的にExtreme El Niñoの発生頻度が約2倍に増加することを示唆している。

このように、地球温暖化に伴ってExtreme El Niñoの発生頻度が増加すれば、周辺地域のみならず地球規模で甚大な影響を及ぼす頻度も増加すると考えられる。これまでの研究では、ModerateとExtremeの区別なく、El Niñoが引き起こす大気テレコネクションや、地球温暖化がEl Niñoに及ぼす影響などについて多くの研究がなされてきた。しかし、Moderate El NiñoとExtreme El Niñoに伴う大気テレコネクションの変調やその影響の違いについての研究は少ない。

そこで本研究では、Extreme El Niñoによる大気テレコネクションの変調を明らかにすることを目的とする。本研究では、(1) 冬季におけるModerate El NiñoとExtreme El Niñoに対する大気応答の違いについての解析、さらに、(2) El Niño 衰退期の夏季におけるExtreme El Niñoがインド洋キャパシタ効果 (Xie et al. 2009) に与える影響について解析を行った。また、それに伴う熱帯低気圧発生への影響 (Du et al. 2011) についても検討する。

2 データと手法

本研究では、大気海洋結合モデル相互比較プロジェクトであるCMIP6気候モデル実験を用いたマルチモデル解析と、大規模アンサンブル気候予測データベース (d4PDF) を用いた解析を行った。

El Niñoの定義にはNiño3領域 (150°W-90°W, 5°S-5°N) で平均したSST偏差 (Niño3 index) を使用した。Extreme El Niñoの定義はCai et al. (2014) に従って「12~2月 (DJF)

平均の Niño3 index が 0.5 標準偏差以上、かつ、Niño3 領域の DJF 平均降水量が 5mm/day 以上」とし、Moderate El Niño の定義は「DJF Niño3 index が 0.5 標準偏差以上、かつ、Niño3 領域の DJF 平均降水量が 5mm/day 未満」とした。

CMIP6 モデル解析では、「Moderate El Niño と Extreme El Niño が 1 回以上発生し、かつ、Niño3 領域の DJF 平均降水量の歪度が 1 以上」という条件を満たすモデルのみを使用した。これにより、Niño3 領域における SST に対する降水量の非線形性を考慮することができる。

用いたモデル実験はいずれも過去実験であり、解析対象期間は CMIP6 モデルが 1900 年～1999 年、d4PDF が 1951 年～2010 年とした。解析したモデルのアンサンブル数は、CMIP6 モデルが各モデル 1 メンバー、d4PDF が 100 メンバーである。

3 冬季における Extreme El Niño の太平洋-北米間のテレコネクション

El Niño 発生年の DJF における海面気圧 (SLP) 偏差および気温偏差の合成図を図 1 に示す。Moderate El Niño の場合と比較すると、Extreme El Niño 発生時の方が、アリューシャン低気圧がより東側に位置している。また、北米大陸における気温偏差の極大域は、Moderate El Niño では北西部 (アラスカ周辺) であるのに対し、Extreme El Niño では北東部 (カナダ周辺) に位置している。アリューシャン低気圧の東側で生じる南からの暖気移流が Extreme El Niño 発生時ではより東側に位置することが気温の極大域を東側で発生させると考えられる。

4 夏季における Extreme El Niño のインド洋キャパシタ効果

El Niño が衰退した後の 6～8 月 (JJA) における SST 偏差、降水量偏差および SLP 偏差の

合成図を図 2 に示す。Extreme El Niño では、熱帯インド洋において正の SST 偏差および正の降水量偏差が強く表れている。さらに、北西太平洋域でも強い高気圧偏差が形成されており、それに伴い対流が抑制され強い負の降水量偏差が生じている。一方、Moderate El Niño では、熱帯インド洋での正の SST 偏差が Extreme El Niño の場合と比べると弱い。また、それに伴う熱帯インド洋での降水量偏差、北西太平洋域での高気圧偏差および降水量偏差についてもその振幅は小さい。El Niño 衰退後でも持続する熱帯インド洋の SST 昇温の強さの違いが、伝播するケルビン波応答へ影響し、北西太平洋域で形成される高気圧偏差の強さに違いをもたらしていると考えられる。Moderate El Niño 発生時にインド洋キャパシタ効果が生じるが、Extreme El Niño が発生した場合には、熱帯インド洋をより強く昇温させ、その正の SST 偏差の持続性も Moderate El Niño より長くなるため、より強いインド洋キャパシタ効果をもたらすと考えられる。

次に、インド洋キャパシタ効果が熱帯低気圧へ及ぼす影響について検証する。Du et al. (2011) は、1972/73 年・1982/83 年・1997/98 年に起こった非常に強い El Niño 現象の衰退後に、インド洋キャパシタ効果によって北西太平洋域の熱帯低気圧発生数が顕著に減少することを観測データの解析から示した。しかし、観測された 3 事例のみに対する合成図解析だったため、得られた結果には El Niño 現象の影響だけでなく、大気の内変動を含んでいる可能性がある。そこで本研究では、大気の内変動成分を除去して SST 変動成分のみに着目するため、d4PDF の大気大循環モデルによる大規模アンサンブル実験を用いて同様な合成図解析を行った。El Niño 発生年の衰退期 (JJAS) における熱帯低気圧発生数の合成図を図 3 に示す。CMIP6 モデルで解析した結果と同様に、Moderate El

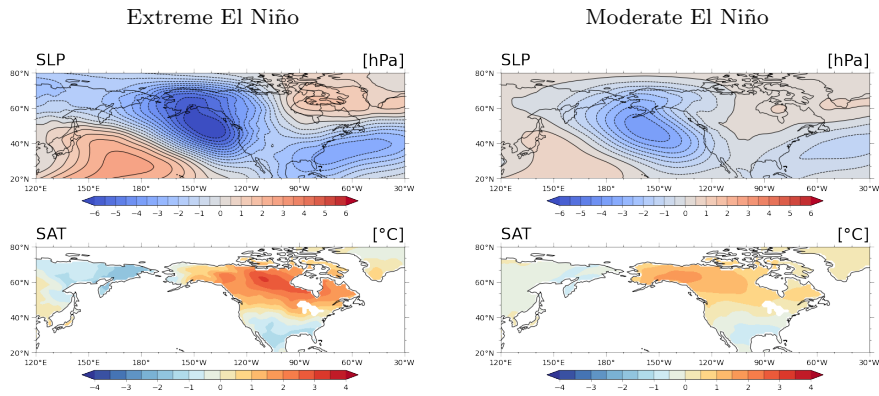


図 1: El Niño 最盛期 (DJF) における太平洋および北米の大気応答. 図はそれぞれ, Extreme El Niño, Moderate El Niño 発生時の冬季における SLP 偏差, 気温 (SAT) 偏差の CMIP6 マルチモデル解析の合成図.

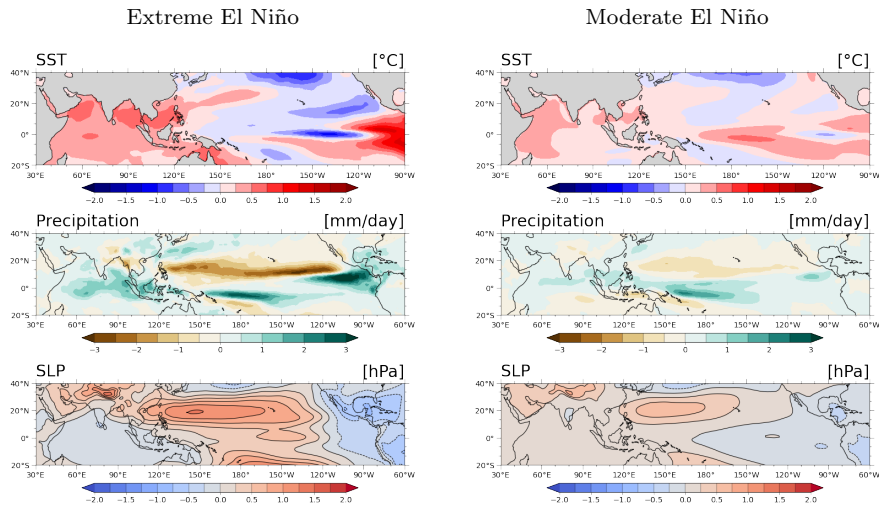


図 2: El Niño 衰退期 (JJA) における熱帯インド洋および北西太平洋の大気応答. 図はそれぞれ, Extreme El Niño, Moderate El Niño 衰退後の夏季における SST 偏差, 降水量偏差, SLP 偏差の CMIP6 マルチモデル解析の合成図.

Niño と Extreme El Niño の両方の場合でインド洋キャパシタ効果が表れ, なおかつその強さは Extreme El Niño 発生時の場合のほうが強いことが確認できる. 熱帯低気圧の発生数は, 北西太平洋域において両方の場合で減少を示しているものの, Extreme El Niño 発生時の場合のほうがより強い減少を示している. つまり, Extreme El Niño によって生じる強いインド洋キャパシタ効果が熱帯低気圧の減少をより顕著にすると

考えられる.

5 まとめ

CMIP6 マルチモデルを用いて, El Niño 発生時の冬季における大気応答を解析した. その結果, Extreme El Niño の場合ではアリューシャン低気圧がより東側で発生し, 北米における気温偏差の極大域が東側へ移動することが分かった. また, El Niño 衰退期の夏では, Extreme El

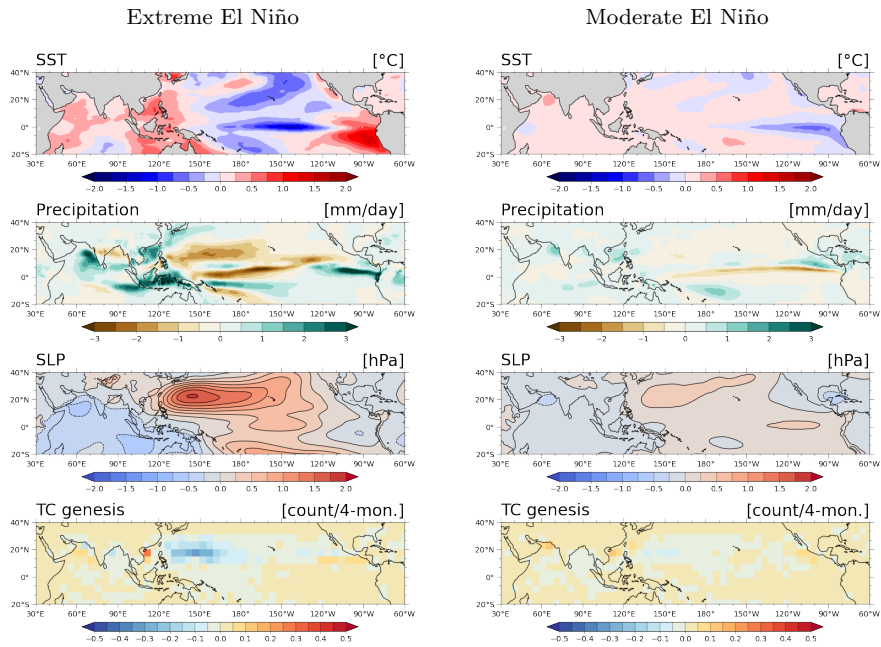


図 3: El Niño 衰退期 (JJAS) における熱帯インド洋および北西太平洋の大気応答. 図はそれぞれ, Extreme El Niño, Moderate El Niño 衰退後の夏季における SST 偏差, 降水量偏差, SLP 偏差, 熱帯低気圧発生数偏差の d4PDF マルチアンサンブル解析の合成図.

Niño 発生時にはより強いインド洋キャパシタ効果が生じることが確認された. さらに, d4PDF を用いた解析により, Extreme El Niño により生じる強いインド洋キャパシタ効果が, 北西太平洋域での熱帯低気圧発生数の減少をより顕著にすることが分かった. 今後は将来気候における Extreme El Niño の大気テレコネクションの変化についての解析を予定している.

謝辞

一部の CMIP6 データ入手にあたり, 統合的気候モデル高度化研究プログラム (IP-MXD0717935715) からご支援いただきました. また, 本研究で使用した d4PDF のベストトラックデータは気象研究所の吉田康平氏から提供して頂きました.

参考文献

- Cai, W., and Coauthors, 2014: Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, **4** (2), 111–116.
- Du, Y., L. Yang, and S.-P. Xie, 2011: Tropical Indian Ocean influence on northwest Pacific tropical cyclones in summer following strong El Niño. *Journal of Climate*, **24** (1), 315–322.
- Xie, S.-P., K. Hu, J. Hafner, H. Tokinaga, Y. Du, G. Huang, and T. Sampe, 2009: Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. *Journal of Climate*, **22** (3), 730–747.