2021 年に発生した東アフリカの極端な干ばつの季節予測可能性と負のインド洋ダイポールモードの影響について ～SINTEX-F 季節予測シミュレーションの結果より～

○土井 威志*
(*JAMSTEC/VAiG/APL,)

キーワード：季節予測、東アフリカの干ばつ、インド洋ダイポールモード現象

1.はじめに

東アフリカでは、10-11 月は、短い雨季である。にも関わらず、2021 年は極端に降水量が少なく、1996 年、2006 年、2016 年に匹敵する極端な少雨であった。その結果、同地域で飲料水や食料の安全が脅かされたことが世界のメディアなどで報告された(例えば、https://fews.net/east-africa/)。このような極端な干ばつの発生を数ヶ月前から予測できていれば、水管理や食料流通を強化するなどの対策を講じることで、被害を軽減できた可能性がある。

東アフリカの短い雨季の降水量を数ヶ月前から予測可能にする潜在的な根拠は、エルニーニョ・南方振動(ENSO)にあると考えられてきた(Hastenrath et al. 1993)。しかし、インド洋ダイポールモード現象(IOD, Saji et al. 1999)が見いだされた後は、ENSO より IOD の影響が強いことが解ってきた(Black et al. 2003; Saji and Yamagata 2003; Behera et al. 2005)。近年では、Lu et al. (2018) が、2016 年に発生した過去最大級の負の IOD により、東アフリカで極端な干ばつが発生したことを、4-6 ヶ月前から予測可能だったと報告している。一般的に、陸上の降水量の季節予測は難しいのが現状であるが、東アフリカでは、比較的精度の高い予測が可能であり、季節予測情報を社会応用するシステムの実証実験を推進するための最適な地域の 1 つであると言える。

本研究では、JAMSTEC アプリケーションラボの季節予測シミュレーション「SINTEX-F」を使って、2021 年の東アフリカの干ばつの予測可能性と、同時期に発生した負の IOD の関係を調べた。特に、「SINTEX-F」の最新版は、100 を超えるアンサンブル数(単一の気候モデルを使うシステムでは世界最大規模)で予測を実施しており(Doi et al. 2019)、気温予測などに比べてノイズが大きい降水量予測において、新しい知見を開拓するために、有利であることが期待される。

2. 結果

2021 年 10-11 月の東アフリカの干ばつ傾向は、9 月初旬の時点で「SINTEX-F」で予測できていたものの、過小評価されていた(図 1)。降水量偏差や水蒸気の収束発散成分の偏差が東西のダイポール構造を有しており、負の IOD の影響が強かったことが示唆された。なお、観測の SST 偏差は負の IOD 状態を示していたが、予測シミュレーションでは、東西勾配はとらえられていたものの、西極の負偏差は予測できていなかった(図 1)。これが、東アフリカの少雨傾向を過小評価していた原因の一つであったことが考えられる。

予測シミュレーションのアンサンブルメンバー各々の結果のバラツキに対し、何らかの物理的構造や制御プロセスを持つ「共変動」が無いかを調べた。このような解析は、エルニーニョ現象やインド洋ダイポールモード現象の予兆やそのテレコネクションの可能性を見出す

研究で実績がある(Ma et al. 2017; Ogata et al. 2019; Doi et al. 2020a,b)。図２a は、負の IOD が強く予測されるアンサンブルメンバーでは、東アフリカの少雨傾向も強く予測されることを示しており、負の IOD が東アフリカの干ばつ予測の潜在的根拠になり得ることが示唆される。一方で、熱帯太平洋でラニーニャが強く予測されるアンサンブルメンバーにおいて、東アフリの降水量予測が少雨(あるいは多雨)になるような傾向は見えなかった（図２b)。同様の解析を 1996 年、2006 年、2016 年の極端な干ばつ事例についても実施したが、同様の傾向を示した。先行研究で示された通り、東アフリカの降水量にとって ENSO より IOD の影響が強い傾向にあることが予測システムでも確認できた。

さらに、興味深いことに、10-11 月平均の IOD の指標(DMI)と同時期の東アフリカ(10°S–10°N; 30°E–45°E)で領域平均した降水量偏差を対象に、1983-2020 年間の観測データを用いって、相関係数を計算すると、0.8 以上の高い値を示した。SINTE-F で 9 月初旬の時点で 10-11 月平均の東アフリカの降水量を直接予測した場合の相関係数スキルは 0.42 であるが、観測データを使って、DMI から東アフリカの降水量を予測する 1 次線形回帰モデルを作り、「SINTEX-F」により 9 月初旬の時点予測された DMI 値を入力することで、東アフリカの降水量を予測した場合、相関係数スキルは 0.65 まで上昇する。さらに、この線形 1 次回帰式に、「SINTEX-F」により 6 月初旬の時点予測された DMI 値を入力して、10-11 月のアフリカの降水量を予測した場合でも、相関係数スキルは 0.44 で、99%の信頼限界で統計的に有意であった。このように、力学的予測と統計的予測のハイブリッドアプローチにより、東アフリカの降水量予測の精度の向上やリード時間の延長が可能であることを示した。

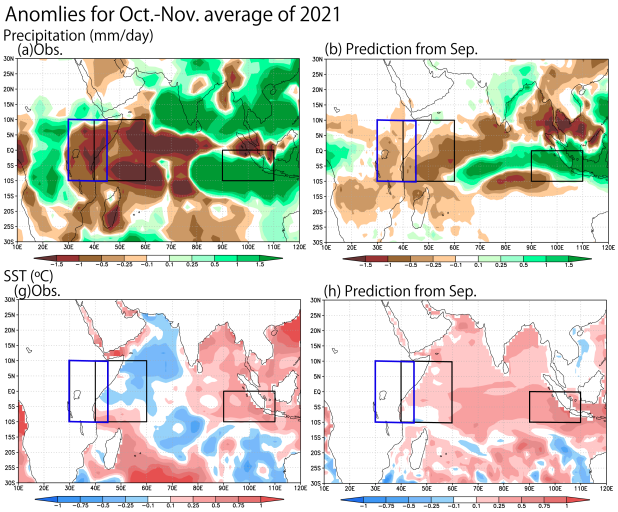

図 1：(左上) 2021 年 10-11 月の降水量偏差(GPCP 観測データ，mm/day)。(右上) 2021 年 10-11 月の降水量偏差を 9 月初旬時点で「SINTEX-F」で予測した結果(108 アンサンブルメンバー平均，mm/day)。(下) (上)と同様だが、海面水温について(°C)。

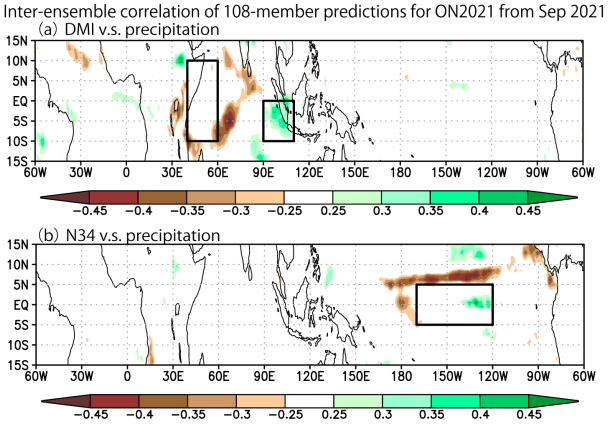

図 2(a)2021 年 9 月初旬時点で予測した DMI と SST 水平図について、予測アンサンブルメンバーの位相空間での相関係数。(b) 2021 年 9 月初旬時点で予測した Nno34 と SST 水平図について、予測アンサンブルメンバーの位相空間での相関係数。

参考文献

Behera, S. K., J. J. Luo, S. Masson, P. Delecluse, S. Gualdi, A. Navarra, and T. Yamagata, 2005: Paramount impact of the Indian Ocean Dipole on the East African short rains: A CGCM study. *J. Clim.*, **18**, 4514–4530, doi:10.1175/JCLI3541.1.

Black, E., J. Slingo, and K. R. Sperber, 2003: An observational study of the relationship between excessively strong short rains in coastal East Africa and Indian ocean SST. *Mon. Weather Rev.*, **131**, 74–94, doi:10.1175/1520-0493(2003)131<0074:AOSOTR>2.0.CO;2.

Doi, T., S. K. Behera, and T. Yamagata, 2019: Merits of a 108-member ensemble system in ENSO and IOD predictions. *J. Clim.*, **32**, 957-972.

——, ——, and ——, 2020a: Predictability of the Super IOD Event in 2019 and Its Link With El Niño Modoki. *Geophys. Res. Lett.*, **47**, doi:10.1029/2019GL086713.

Doi, T., M. Nonaka, and S. Behera, 2020b: Skill Assessment of Seasonal-to-Interannual Prediction of Sea Level Anomaly in the North Pacific Based on the SINTEX-F Climate Model. *Front. Mar. Sci.*, **7**, doi:10.3389/fmars.2020.546587.

Hastenrath, S., A. Nicklis, and L. Greischar, 1993: Atmospheric-hydrospheric mechanisms of climate anomalies in the western equatorial Indian Ocean. *J. Geophys. Res.*, **98**, 20219, doi:10.1029/93JC02330. http://doi.wiley.com/10.1029/93JC02330.

Lu, B., and Coauthors, 2018: An extreme negative Indian Ocean Dipole event in 2016 : dynamics and predictability. 89–100, doi:10.1007/s00382-017-3908-2.

Ma, J., S. P. Xie, and H. Xu, 2017: Contributions of the North Pacific meridional mode to ensemble spread of ENSO prediction. *J. Clim.*, **30**, 9167–9181, doi:10.1175/JCLI-D-17-0182.1.

Ogata, T., T. Doi, Y. Morioka, and S. Behera, 2019: Mid-latitude source of the ENSO-spread in SINTEX-F ensemble predictions. *Clim. Dyn.*, **52**, 2613–2630, doi:10.1007/s00382-018-4280-6.

Saji, N. H., and T. Yamagata, 2003: Possible impacts of Indian Ocean Dipole mode events on global climate. *Clim. Res.*, **25**, 151–169, doi:10.3354/cr025151.

——, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, and T. Yamagata, 1999: A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, **401**, 360–363, doi:10.1038/43854.