

## 海洋観測データを融合した確率論的な数理季節予測システムの開発

Swadhin Behera (海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)

### 1. 概要

“自然災害をもたらす現象の高精度な事前予測の実現”（第3期中期計画前文）は海洋研究開発機構に要請される重要な課題である。世界で頻発する季節の異常を数ヶ月前から予測するため、我々は大気海洋結合モデル SINTEX-F1をベースとした数理的な季節予測システムを構築し、世界最先端の成果をあげてきた。更に中緯度気候変動現象や沿岸ニーニョ現象等の発生を予測するため、高解像度化および海水モデルを導入したSINTEX-F2モデルによる季節予測システムのプロトタイプ構築にも成功した。

季節予測の精度を向上させるためには、上述したような結合モデルの高度化が重要であるが、それと同程度に重要なのが海洋観測データを予測の初期値に取り込む同化手法の高度化である。現在のSINTEX-F予測システムの初期化スキームには海表面水温(SST)ナッジング法を採用している。これは、観測から得られたSSTを結合モデルに馴染ませながら積分することで、大気モデルと海洋モデル間を矛盾なく初期化する手法である。非常にシンプルな初期化法ではあるが、エルニーニョ予測では高い実績を有する。しかし、熱帯インド洋や熱帯大西洋、更には中緯度域での海洋内部の初期化には充分ではないことが解っている。そこで本課題では、従来のSSTナッジング法に、海洋観測に基づいた3次元の水温/塩分データを同化する修正法(3DVAR補正)を新たに導入した予測実験を実施し、海洋内部の情報がどのように数ヶ月-数年規模の気候予測に寄与するのかを明らかにする。

さらにそれらの予測実験を新たなアンサンブルメンバーとして既存のシステムに統合し、予測システムを多アンサンブル化することで確率論的な気候予測システムを開発する。このシステムでは、極端現象の発生確率予測情報を創出できるため、予測情報の社会応用面でも革新的な成果が期待できる。これらは、“極端な気象現象や異常気象等を生み出す要因となる”

季節スケールの”気候変動予測情報”を”段階的に創出・応用し、海洋・地球情報を学際的に展開する”(第3期中期計画1-(2)-3)ことに直接的に寄与する。

### 2 平成27年度の成果

#### 2.1 3DVAR補正を導入した新初期化スキームの開発

イタリア気候変化地中海研究センター(CMCC)のStorto博士の協力のもと、3DVAR補正を導入した新初期化スキームを開発し、オペレーション化に成功した。従来のSSTナッジング法では、1982年から現在まで連続的に観測SSTをナッジングしていた。新スキームでも同様に観測SSTをナッジングするものの、1982年2月から毎月1日に、UK Met Officeから配信されているEN4 profileと呼ばれる海洋3次元の水温・塩分の観測データを使って、海洋モデルを3DVAR補正しながら、SSTナッジングを行う。

上記の新・旧スキームをそれぞれ使用した約1年後の1982年12月時点を比べた。赤道に沿った水温の鉛直断面図を見ると(図1)、旧スキームでは熱帯太平洋東部の深度100m付近が現実に比べて暖かいエラーがあるが、新スキームでは修正されており、3DVAR補正が効果的に働いていることを確認した。

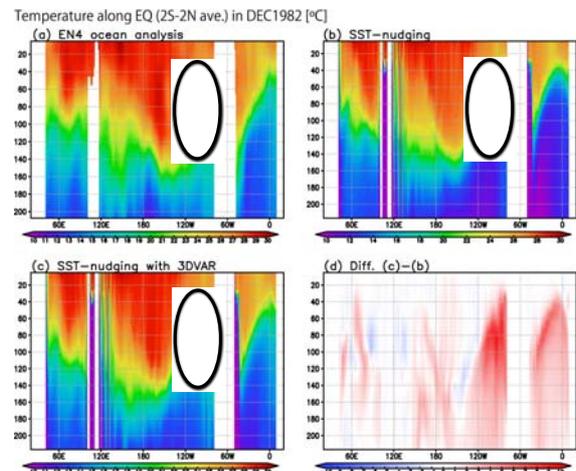


図1：1982年12月の月平均水温の赤道に沿った鉛直断面図(南北2度で平均) [°C]。(a):観測(EN4 analysis data),

(b): SINTEX-F2 モデルによる SST-nudging 計算 (旧初期化スキーム), (c): 3DVAR 補正を導入した新初期化スキームの計算結果。(d) (c)から (b)を引いた差。

次に、20°C 等温深 (図 2) の水平分布を比べてみると、エルニーニョ現象にとって重要な熱帯太平洋東部、後述するニンガルニーニョ現象に重要な豪州西岸域、インド洋亜熱帯ダイポール現象が発生する南インド洋などで海洋垂表層が効果的に補正されていることを確認した。

現在この新スキームを用いたアンサンブル過去再予測実験を実施中である。

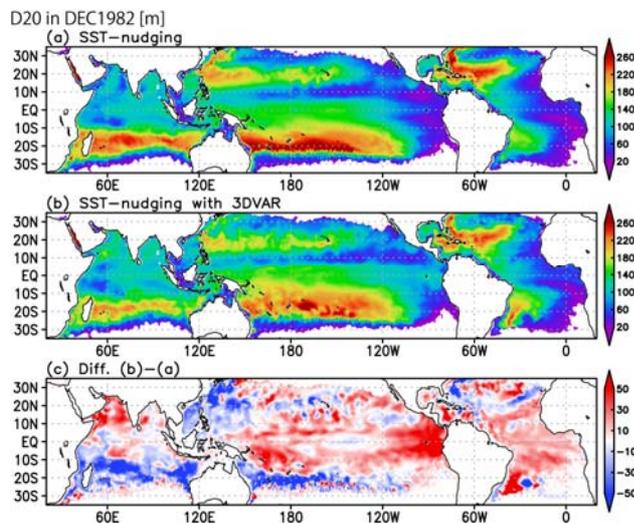


図 2: 1982 年 12 月の 20°C 等温深 [m]。(a): SINTEX-F2 モデルによる SST-nudging 計算 (旧初期化スキーム), (b): 3DVAR 補正を導入した新初期化スキームの計算結果。(c) (b)から (a)を引いた差。

## 2.2 沿岸ニーニョ現象による季節予測の新展開

季節予測可能性の潜在的な根拠として働くのが、海洋と大気が結合して発達する気候変動現象である。このような現象は、主に熱帯の海で発見されてきた。代表的なものが、太平洋のエルニーニョ現象やインド洋のダイポールモード現象である。これらの現象が発生すると、大気を介して遠隔影響 (テレコネクションと呼ばれる) し、我が国を含む全世界の異常気象・極端現象発生之母胎となる。そのため、1) 熱帯域の気候変動現象の発生予測と 2) その中緯度域への遠隔影響予測の 2 点が季節予測研究の主たる課題だったと言える。しかし、近年、中緯度域において新たな季節予測可能性の根源

になりうる現象が発見された。それが沿岸ニーニョ現象と呼ばれる現象である。これらは、大陸の西岸沖に東西 100km スケールで発生する気候変動現象で、大気海洋相互作用を伴い発達するため、近隣国の気候や海洋生態系に多大な影響を与える。特に、豪州西岸沖のニンガルニーニョ/ニーニャ、カリフォルニア沖合のカリフォルニアニーニョ/ニーニャの季節予測可能性を発見し、周辺国の季節予測の向上に資する可能性を指摘した (Doi et al 2015a; Doi et al. 2015b、図 3)。季節予測精度の向上のため、上記 1)、2) の研究に、中緯度域の季節予測研究の新たなパラダイムとして、3) 沿岸ニーニョ現象の予測研究が加わったことで、季節予測研究に新しい展開が見え始めた。

次年度は、上述した結合モデルの高度化や 3DVAR 補正を導入した新初期化スキームにより、沿岸ニーニョ現象の予測精度の向上に挑戦する。

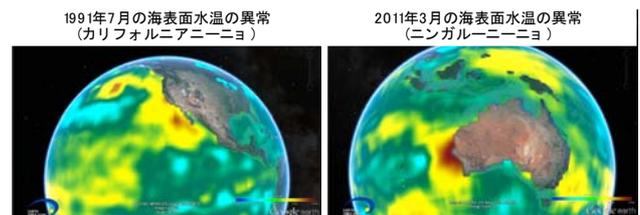


図 3: カリフォルニアニーニョ (左) とニンガルニーニョの例。

## 2.3 気候予測可能性の新たな根源を南インド洋で発見

SINTEX-F2 のコントロール実験と感度実験を駆使し、気候予測可能性の新たな根源を南インド洋で発見した (Morioka et al. 2015a, 2015b)。

### 参考文献:

Doi T., S. K. Behera, and T. Yamagata, 2015a: An interdecadal regime shift in rainfall predictability related to the Ningaloo Niño in the late 1990s, *JGR-Oceans*, 120, 1388-1396  
 Doi T., S. K. Behera, and T. Yamagata, 2015b: Predictability of the California Niño/Niña. *J. Climate*, 28, 7237-7249.  
 Yushi Morioka, Kotaro Takaya, Behera Swadhin K. Behera, Yukio Masumoto, 2015a, Local SST Impacts on the Summertime Mascarene High Variability, *Journal of Climate*, 28, 678-694  
 Yushi Morioka, Engelbrecht Francois, Swadhin K. Behera, 2015b, Potential sources of decadal climate variability over southern Africa. *Journal of Climate*, 28, 8695-8709