

3 次元変分法を用いたボーガスデータ同化による

熱帯低気圧の計算初期値作成手法の構築

○宮本 佳明 (京都大学), Ming Xue (オクラホマ大学),
竹見 哲也 (京都大学), 米山 邦夫 (海洋研究開発機構)

TC の予報を行う際、個々の対流を表現するには水平解像度が十分に細くないため、気圧・風速などの場を人工的に作成し、観測された TC の位置に埋め込む手法が用いられてきた (例えば Kurihara et al. 1993)。この手法の導入により、TC の経路だけでなく強度の予報も顕著に精度が向上した。しかし、人工的に作成したデータ (ボーガスデータ) を、解析的に得られた大気場に埋め込むことは、新たに運動エネルギーを加えることに等しく非物理的な操作である。それ故、計算開始直後に人工的な渦はモデル内における TC 周囲の場に調節し、解析的に得られた初期値は著しく修正される。TC 渦自身についても、計算開始直後顕著に修正されるため、顕著に予報精度が悪化する場合もある。そこで、上記二つの問題点 (渦の強度の解像度が良くない・計算初期時刻で物理的不整合) を解決するため、ボーガスデータを観測的に得られたデータと見なして、変分法により同化した TC 用計算初期値を作成する手法 (Bogus Data Assimilation, BDA) が提案された (Zou and Xiao 2000)。つまり、以下に示される誤差関数を最小とする場を算出し、それを計算初期値として時間積分を行う。

$$J = J_p + J_v + J_b \quad (1)$$

ここで、

$$J_p = \sum_r \sum_{\Omega} [P(r) - P_o(r)]^T W_p [P(r) - P_o(r)] \quad (2)$$

$$J_v = \sum_r \sum_{\Omega} \sum_k [V(r,k) - V_o(r,k)]^T W_v [V(r,k) - V_o(r,k)] \quad (3)$$

$$J_b = \frac{1}{2} (X - X_b)^T B^{-1} (X - X_b) \quad (4)$$

である。その後、同化手法や観測データ、ボーガスデータの種類を変えた研究が報告され、その有用性が示されてきた。Pu and Braun (2001) は 4 次元変分法を用いて、Holland (1980) の気圧分布により人工的に作成した渦と衛星により得られた対流圏上層の風 (衛星風、風向・風速) を同化した実験を行った。その結果、気圧・風速共に正のインパクトがあると結論づけた。一方で Wu et al. (2006) は、Fujita (1952) の式により求めた気圧分布とそれにバランスする傾度風、及び、衛星風を同化した実験を行い、特に風速の情報が重要という結果を得た。Chow and Wu (2008) はランキン渦の風データとドロップゾンデで得られた観測データを 3 次元変分法により同化し、ゾンデデータの重要性を唱えた。以上のように先行研究で BDA の有用性が示されているが、その希少性から、海洋上のレーダーデータを同化した研究は未だなされていない。そこで本研究は、『みらい』で得られたレーダーエコーデータを 3 次元変分法により同化し、ボーガスデータと共にそれらのインパクトを調べることを目的とする。

本研究では、データ同化を行う数値モデルとして、現業予報でも利用される Weather Research and Forecasting (WRF) モデル version 3.0 を用いる。WRF モデルは研究・予報用に NCEP/NCAR で開発され

ているモデルで、TC 研究にも多く用いられており (e.g., Miyamoto and Takemi 2010)、また 3 次元変分法コードが存在するため (Barker et al. 2004)、BDA に関する研究も行われている (例えば Xiao et al. 2009)。本研究では TC 渦のボーガスデータとして、Fujita (1952) の気圧式

$$P_o(r) = P_c + \Delta P \left\{ 1 - \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]^{-1/2} \right\} \quad (1)$$

を用いる。ここで、 P_c は中心気圧、 R は動径方向気圧勾配が最も急になる半径であり、気圧にバランスする傾度風を風データとした。また、MTSAT の衛星風及び上述した『みらい』レーダーデータを観測データとして同化を行った (図 1)。TC 初期値作成手法における各データの重要性を調べるために、『みらい』観測航海 MR08-02 で得られた Typhoon Nakri (2008) を対象として 3 種類の実験を行った [①コントロールラン (Ct1)、②ボーガスデータを同化 (BGS)、③ボーガスデータとレーダーデータを同化 (BDA)]。

図 2 は各実験結果における最大風速 (a) と中心気圧 (b) をベストトラックデータと共に示す。ボーガスデータを同化することで (BGS・BDA) 強度の表現が顕著に良くなる傾向にある。つまり、ボーガスデータを同化により強度・構造の表現が良くなったことを示唆している。一方、レーダーデータを同化すると TC がより強化されるように働くことが分かる。これは、気圧・風速のボーガス値だけでは表現できない、TC 中心付近の対流活動に関する情報が得られたためであると考えられる。一方で、進路はレーダーデータを同化すると精度が落ちることが分かった (図略)。これは、レーダーデータが TC の全象限を含んでいないため、同化後の初期値にて非軸対称性を強めたためであると考えられる。

つまり本研究の結果から、TC が発達する海洋上でのレーダーデータが、その後陸地に接近する時の TC 強度の予報精度を向上する可能性が高いことが示唆された。しかし、そのレーダーデータは同化後の TC 構造を顕著に変化させるため、TC のコア域ではなく、全象限のデータが求められることが示された。今後は、更なる解析を行うことで海洋上のレーダーデータの有用性を議論していく。

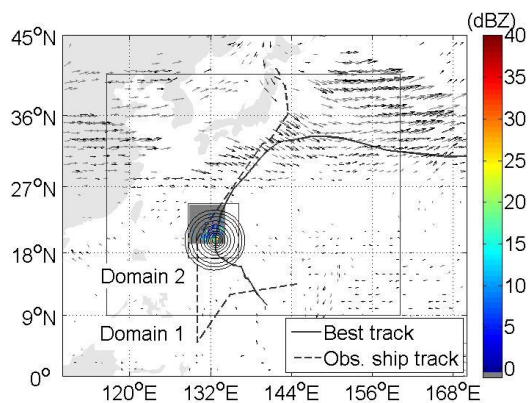


図 1 : 台風 Nakri (2008) の気象庁ベストトラック (実線) と衛星風 (ベクトル)、MR08-02 航路 (鎖線)、レーダーデータ

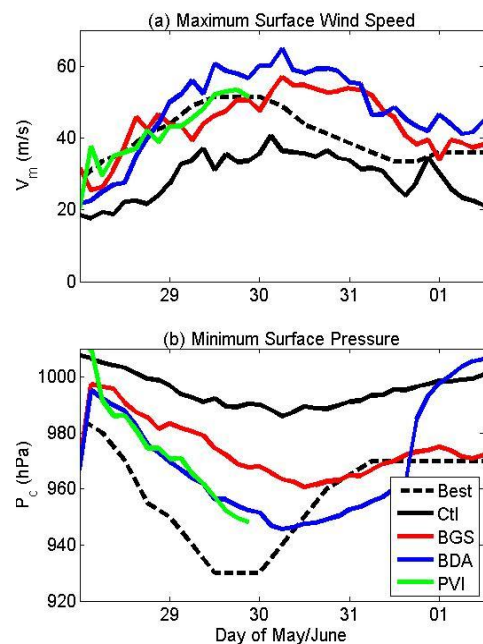


図 2 : 各実験 (Ct1, 黒線; BGS, 赤線; BDA, 青線) の最大風速 (a) と中心気圧 (b) の時系列図