

二重偏波レーダーデータ同化観測演算子の開発

川畑 拓矢¹, Hans-Stefan Bauer², Thomas Schwitalla², Volker Wulfmeyer², 足立 アホロ¹

1: 気象研究所, 2: University of Hohenheim

1. はじめに

近年、従来型の単偏波レーダーに代わり、二重偏波レーダーが米国、フランス、ドイツ、日本などで現業利用されるようになってきた。これによって精度の高い降水強度を推定でき、ひいてはデータ同化を通じて降水予報にインパクトを与えることが期待される。ただし、二重偏波レーダーが観測する多様なパラメーターから降水強度を推定する方式もまた多く存在しており、本研究では、データ同化の観点からどの方式が最も望ましいか、評価を行った。

用いたモデルは WRF (水平解像度 1 km)、観測データはドイツ気象局の現業レーダーで、2014年8月14日に発生したイベントについて、統計調査を行った。

2. 観測演算子

本稿では 5 種類の観測演算子について検討する。まず、モデル内の雨水を偏波パラメーターに変換するタイプを 2 種類、観測された偏波パラメーターを雨水混合比に変換するタイプを 3 種類である。なお、用いた雲物理過程は 2 モーメントで Morrison et al. (2009) によって開発されたものである。

まず前者のタイプについては、Brandes et al. (2002) による雨滴半径と雨滴の扁平率に関する関係式を用い、ここから T-matrix による散乱計算 (Mishchenko 2000) を行って偏波パラメーターを算出する方法 (TMX) と、事前に散乱強度を偏波パラメーターとの関係をフィッティングによって指数関数で表しておく方法 (FIT; Zhang et al. 2001) の 2 種類を開発した。

後者については、Bringi and Chandrasekar (2001) に従い、反射因子 (Z_h) と反射因子差 (Z_{DR}) を用いる方式 (Z_ZD)、比偏波間位相差 (K_{DP}) を用いる方式 (KD)、 Z_{DR} と K_{DP} を用いる方式 (ZD_KD) の 3 種類を実装した。

3. 結果

第 1 表に観測 (OBS)、TMX、FIT および OBS と TMX、OBS と FIT のそれぞれの差の平均値 (AVG) と標準偏差 (STD) を示す。 Z_h においては、OBS と FIT が近く、TMX は過大評価、 Z_{DR} においては OBS と TMX が近く、FIT は若干過小評価、 K_{DP} においては OBS がモデルと異なっ

ているということが分かる。

偏波パラメーターの強度別確率密度 (第 1 図) から、 Z_h においては、OBS と FIT が近い頻度分布を示し、TMX は弱い強度では過小評価、強い強度において過大評価となっていることが分かる (第 1 図 a)。 Z_{DR} においては OBS と FIT が良い相関を見せている (第 1 図 b)。 K_{DP} は第 1 表と同様、OBS のみが TMX、FIT と異なった分布を示している (第 1 図 c)。以上を総合すると、FIT の方が TMX よりも精度良く変換を行っていると言える。

この結果を踏まえ、FIT を用いてモデル予報値を偏波パラメーターに変換し、これを Z_ZD、KD、ZD_KD を用いて雨水量に再変換し、FIT による変換を TRUE として比較した (第 2 表)。その結果、平均、標準偏差とも KD が最も TRUE に近く、3 つの中では最も精度が良いことが分かる。

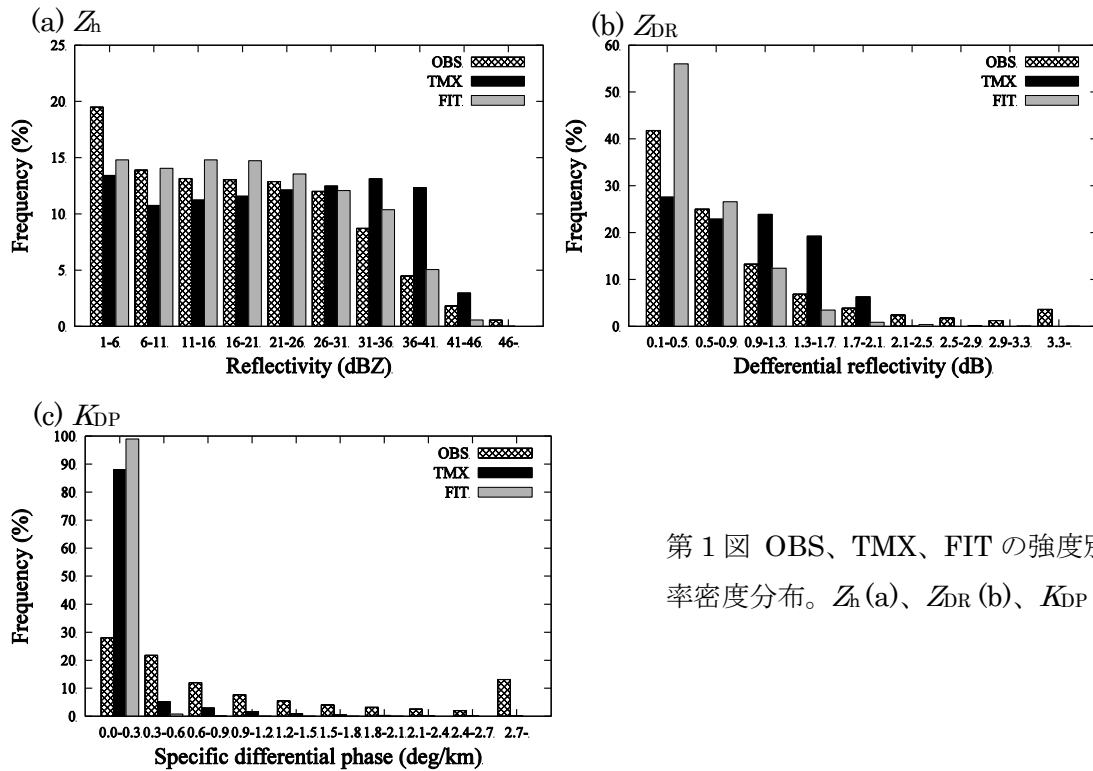
さてこれら 2 タイプの観測演算子 (モデルから観測量に変換あるいは観測データをモデル変数に変換) を直接比較することは、それらの単位が異なることから大変難しい。ここでは、補足する事例数 (グリッド数) がほぼ同じになるように閾値を設定して Equitable Threat Score (ETS) を計算した (第 2 図)。結果、降水強度の小さい閾値においては、すべての演算子がほぼ同等の性能を示し、大きい領域においては、モデルを観測量に変換する TMX と FIT がそれ以外に比べて性能が良いことが分かる。

4. 今後

これまでこれらの演算子のうち、性能の良い FIT と KD についてアジョイント演算子を開発し、WRF DA へ実装した。第 2 図の ETS そのものの値は小さく、WRF による予報そのものの精度が低いと言える。従って、データ同化を行い、予報精度を高めた後に、FIT と KD についての最終的な評価を行う予定である。

第 1 表 平均値 (AVG) と標準偏差 (STD)。TMX-OBS、FIT-OBS はそれぞれ TMX、FIT-OBS と観測の差。

| | Z_h (dBZ) | | Z_{DR} (dB) | | K_{DP} ($^{\circ} \text{ km}^{-1}$) | |
|-----------|-------------|-------|---------------|------|-----------------------------------------|------|
| | AVG | STD | AVG | STD | AVG | STD |
| OBS | 18.99 | 11.10 | 0.93 | 1.05 | 1.31 | 1.54 |
| TMX | 22.53 | 11.67 | 0.90 | 0.51 | 0.55 | 0.49 |
| FIT | 19.23 | 10.37 | 0.55 | 0.41 | 0.25 | 0.18 |
| TMX - OBS | 3.51 | 15.45 | 0.04 | 1.00 | -0.66 | 1.61 |
| FIT - OBS | -0.10 | 14.68 | -0.30 | 0.99 | -0.91 | 1.47 |

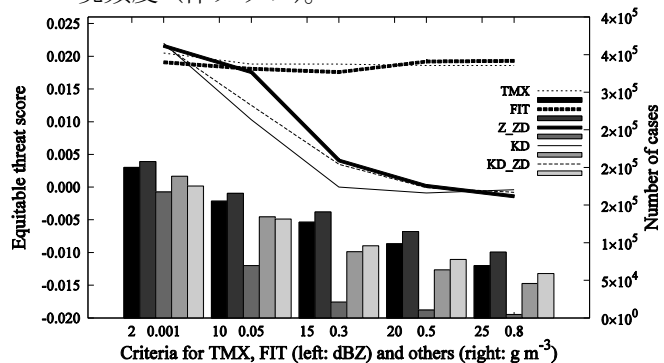


第 1 図 OBS、TMX、FIT の強度別確率密度分布。 Z_h (a)、 Z_{DR} (b)、 K_{DP} (c)。

第 2 表 平均値 (AVG) と標準偏差 (STD)。

| | AVG | STD | Difference with TRUE | |
|-------|-------|------|----------------------|------|
| | | | AVG | STD |
| TRUE | 0.075 | 0.12 | — | — |
| Z_ZD | 0.11 | 0.18 | 0.033 | 0.07 |
| KD | 0.067 | 0.12 | -0.006 | 0.03 |
| KD_ZD | 0.12 | 0.22 | 0.044 | 0.10 |

第 2 図 Z_h の ETS (折れ線) と閾値別出現頻度 (棒グラフ)。



謝辞

本研究の一部は文部科学省 HPCI 戦略プログラムより支援を受けた。