

二周波降水レーダアルゴリズムに対する NUBF 効果の導入

長崎大学 学生会員 林 翔太

長崎大学 正会員 瀬戸 心太

1. はじめに

二周波降水レーダ(DPR)が 2014 年から運用される予定であり、DPR に実装される標準アルゴリズムは完成している。

2. 目的

TRMM-PR の標準アルゴリズムに含まれる降雨の非一様性(NUBF)はガンマ分布により表現されている。しかし、降水域、無降水域の境界が含まれた部分の観測についてガンマ分布では表現できない。本研究では、降水域、無降水域の境界を含む部分の NUBF 補正を二項分布で表現することを目的とする。

3. 方法

DPR の観測レーダ反射因子(Z_m) の鉛直プロファイルの模擬データを作成し、簡易的なリトリバーを行った。

3.1 模擬データ

3.1.1 作成条件

今回は DPR を構成する 2 つのレーダの内、周波数の低い KuPR(周波数は 13.6GHz) のみ考慮している。また、高さは 10 km、レンジビンは各 1 km で 10 層を仮定して作成している。水平方向については FOV を 50 個に分割し、さらに 50 個の内の 1 個を SUB-FOV とする。

3.1.2 手順

(A) FOV 内に 2 つの降水強度 $R=10\text{mm/h}$ 、 0mm/h をそれぞれ 50%の確率で発生させ、各 SUB-FOV 内で各パラメータを算出する。

(B) (1)式からレーダー反射因子 Z_e を算出する。

$$Z_e = 200 \times R^{1.6} \quad (1)$$

(C) (2)式から減衰係数 k を算出する

$$k = \varepsilon(r) \alpha(r) Z_e(r)^\beta \quad (2)$$

ここに、 r はレーダから観測点までの距離、 $\varepsilon(r)$ 、 $\alpha(r)$ は r の関数、 β は定数であるが、今回は $\varepsilon(r)$ 、 $\alpha(r)$ 、 β は定数とする。

$$\varepsilon(r) = 1, \alpha(r) = 0.003, \beta = 0.78$$

(D) Z_e 、 k を用いて観測レーダ反射因子 Z_m を求める。

(E) 最後に、 R 、 Z_e 、 k 、 Z_m を水平方向に平均化して FOV としての値に戻す。

3.2 リトリバー

ここでは、3-1 の方法で作成した模擬データを用いてリトリバーを行う

3.2.1 手順

(a) Z_m から減衰補正された Z_e を算出。

(b) 再び式(1)から降水強度 R を求める。

3.2.2 NUBF 補正

従来はガンマ分布で表現され、 ε_{nubf} 、 Crz でそれぞれ Z_e 、 R を補正している。この補正方法は Iguchi et al (2009)に示されている。 Z_e 、 R の式のみ式(3)、式(4)に記述する。

$$Z_e = \frac{Z_m(r)}{\{1 - 0.2(\ln 10)\beta \int_0^r \alpha(s) \varepsilon_{nubf} Z_e(s)^\beta ds\}^{(1/\beta)}} \quad (3)$$

雨が一樣な場合、 $\varepsilon_{nubf} = 1$

$$R = Crz \cdot a \cdot Z_e^b \quad (4)$$

ここに、 a と b は定数であり、(1)式より

$$a = \left(\frac{1}{200}\right)^{1/1.6}, b = \frac{1}{1.6}$$

また、雨が一樣な場合 $Crz = 1$

ε_{nubf} 、 Crz に対して、 σ_n は k の変動係数である。

4. 二項分布の場合

3.1 の模擬データでは、降水強度 $R=(10, 0)$ のパターンを行った。ここでは、(2, 8)、(3, 7)、(4, 6)のパターンも行い、ガンマ分布で計算された ε_{nubf} 、 Crz

にそれぞれ係数を掛け、真値との差が最も小さくなった係数を最適値とする。最適値となった係数をガンマ分布の ε_{nubf} 、 Crz に掛けて算出された値を二項分布の ε_{nubf} 、 Crz とする。

4.1. 比較検証

ガンマ分布と二項分布それぞれで算出された Ze 、 R を散布図で表し比較する。

5. 結果

5.1 ガンマ分布と二項分布の比較

比較検証の結果(代表例として、降水強度 $R=(10, 0)$ の場合)を図 1、図 2 に示す。

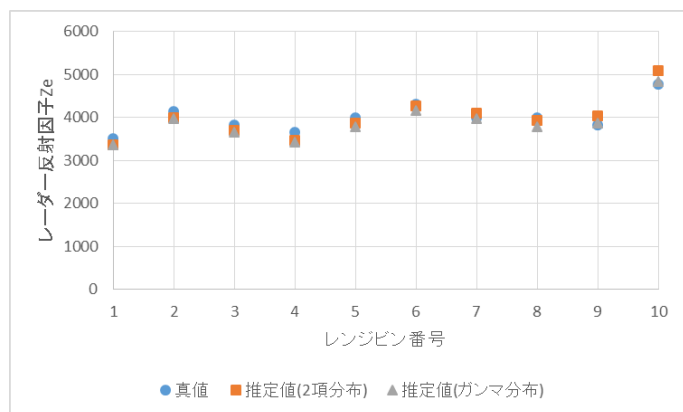


図 1 降水強度(10, 0)における Ze の比較

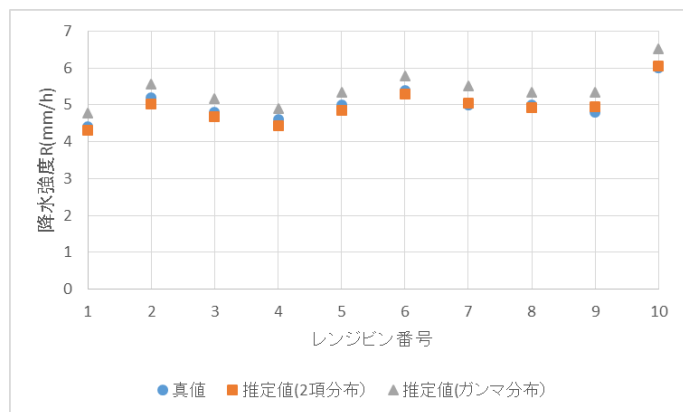


図 2 降水強度(10, 0)における降水強度 R の比較

Ze についてはガンマ分布、二項分布ともに差はなく、レンジビン 6~10 番あたりで、ガンマ分布の値が良く出ている。しかし、降水強度 R への変換では、二項分布の補正が良く効いていて、真値との誤差はほとんど無いように思われる。ガンマ分布は連続性のある分布であるので、極端に不連続な降水強度に対しては限界があるのではないかとと思われる。

5.2. 二項分布の場合の σ_n と ε_{nubf} 、 Crz の関係式

次に、 σ_n と ε_{nubf} の関係式を図 3 に示す。

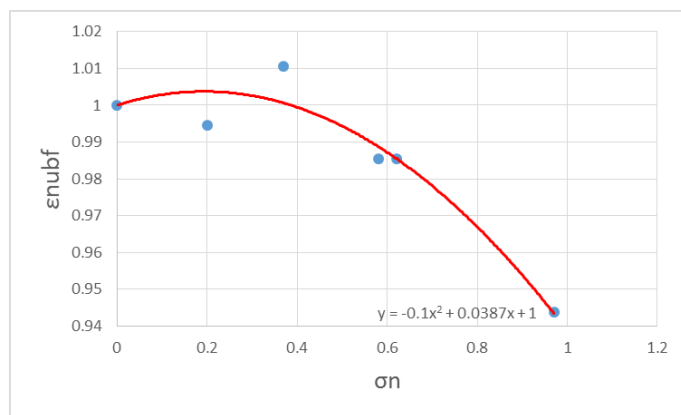


図 3 σ_n と ε_{nubf} の関係

図 3 より、(5)式が導かれる。

$$\varepsilon_{nubf}(\text{二項分布}) = -0.1\sigma_n^2 + 0.0387\sigma_n + 1 \quad (5)$$

σ_n と Crz の関係式を図 4 に示す。

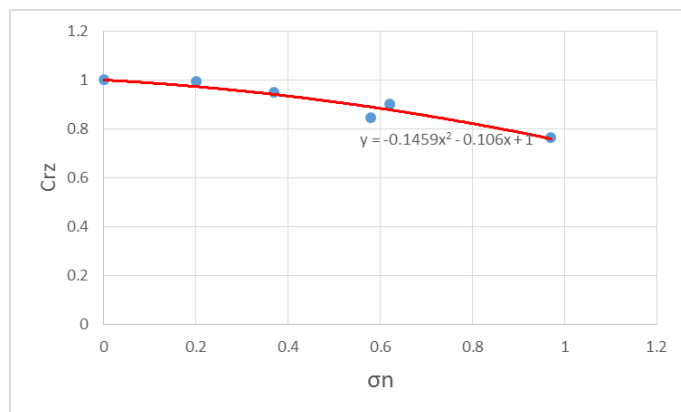


図 4 σ_n と Crz の関係

図 4 より、(6)式が導かれる。

$$Crz(\text{二項分布}) = -0.1459\sigma_n^2 - 0.106\sigma_n + 1 \quad (6)$$

6. まとめ

結果から、雨の境界については新たな補正を行った方がいい値が出ている。また、 σ_n と ε_{nubf} 、 Crz の関係式を実際の DPR のアルゴリズムに組み込み、検証を行いたいと思う。

7. 参考文献

Iguchi et al., JMSJ, Vol.87A, pp.1-30, 2009.

8. 謝辞

本研究は、宇宙航空研究開発機構の降水観測ミッション(PMM)研究公募委託研究「DPR 降水推定アルゴリズムの高度化」の成果の一部である。