

降水の空間分布を考慮した降水予報検証手法の開発

*瀬川 知則、本田 有機(気象庁予報部 数値予報課)

(1) はじめに

気象庁メソ数値予報モデル(MSM)は、メソスケール現象の表現が良くなってきたものの、降水予報の位置的、時間的なずれが低解像度のモデルに比べて大きくなるため、その改善が統計的なスコアにはっきりと現れない場合がある。降水検証は MSM の性能を評価する手段として重視されているため、これまで MSM の予報値の精度や降水域の広がりや位置ずれまで含めて評価できるよう考慮された検証が行われてきた。石田・成田(2003)は位置ずれを考慮したスレツスコアを用いて、従来のスレツスコアにみられた過度な悪化を軽減している。一方、MSM で予報される降水量の最大値を実況と比較するために、瀬川(2005)は検証格子内に表現されたモデルと実況(レーダーアメダス解析雨量、R/A)の最大値(格子最大)を用いた検証を行い、強い雨における 5km の非静力学 MSM の改善を述べている。

予報時間を 33 時間まで延長する予定の MSM(MSM0705)は、予報時間後半の予報精度について RSM との比較が必要となる。このとき、検証格子の降水量にモデルや R/A が表現する降水量の平均値を用いると、各格子の降水量が平滑化されてしまう。一方、格子最大を用いる検証手法は降水の広がりを含めた評価ができない。そこで、本稿では解像度の違うモデルや R/A の格子に表現された降水量をできる限り活かしながら量的にも空間的にも検証するため、少し広めに設定した検証格子内のモデルと R/A について、閾値を超えた格子の割合(降水面積率)を計算し MSM0705 と RSM について比較を行った。

(2) 格子降水面積スコア

各検証格子の降水面積率を予報(RPf)、観測(RPo)について次のように定義する。

$$RPf = \frac{\text{検証格子内の予報値が閾値を超えたモデル格子数}}{\text{1つの検証格子に含まれるモデル格子の総数}} \quad (1)$$

$$RPo = \frac{\text{検証格子内の観測値が閾値を超えた観測格子数}}{\text{1つの検証格子に含まれる観測格子の総数}} \quad (2)$$

そして、検証対象領域の検証格子数を N とするとき、格子降水面積スコア(以下“PAS”: Precipitation Area Score)を次式で定義する。ただし、ここでは各検証格子において $RPf = RPo = 0$ の時は検証対象から外すため、予報もしくは観測で閾値を超えた格子が1つもなかった検証格子の数だけ N は小さくなる。

$$PAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RPf_i - RPo_i)^2 \quad (3)$$

(3) PAS の特徴

①0~1 の値をとる。0 に近いほど精度が良い予報となり、0 で完全予報となる。
②検証格子内のずれは許容する。つまり、ある閾値での降水面積率が観測と予報で一致する($RPf = RPo$)ならば、検証格子内の予報と観測の降水を表現する格子の

位置がずれていても 0(完全予報)と評価される。

③検証格子において、閾値を超えた予報や観測の格子数を数えるため、検証格子内の予報や観測が示す格子の降水量を活かすことができる。つまり、分解能が異なる予報値(MSM や RSM)と観測値(R/A)であっても、検証格子の降水面積率という分解能依存の小さい基準を用いることにより、降水の空間分布を考慮した予報特性の把握ができるようになる。

(4) 計算例

図 1 に示すような降水分布を用いて PAS の簡単な計算例を考える。検証格子を 20km に設定し、観測値に(ア) 1km-R/A(検証格子内に 20×20 格子)、予報値に(イ) 水平分解能 5km のモデル(同 4×4 格子)、(ウ) 水平分解能 10km のモデル(同 2×2 格子)を設定する。閾値以上の降水が表現された格子(図の陰影)数は、(ア)が 255、(イ)が 9、(ウ)が 2 とする。また、検証対象領域は 20km 検証格子1つとする(式(3)において検証格子数(N)が 1 となる)。(イ)と(ア)について式(1)~(3)より、

$$PAS = (9/16 - 255/400)^2 = 0.005625$$

また、(ウ)と(ア)についても、

$$PAS = (2/4 - 255/400)^2 = 0.018906$$

となる。(イ)において検証格子面積の半分よりも 1 格子分だけ多く降水が表現された分、PAS は高解像度モデルの特性を評価できている。

(5) 検証対象期間とデータについて

検証期間は、2004 年 6 月、7 月、2005 年 7 月、12 月、2006 年 1 月のうち、顕著な現象のあった日をはさむ 3 日間を選び、夏 3 期間冬 2 期間の 5 期間、計 15 日で評価した(表略)。事例数を多くとるために、暖候期と寒候期を合わせて計算した。なお、講演では 1 ヶ月程度の検証期間を設けて、PAS を計算した結果を紹介する予定である。用いた初期値は MSM0705 が 03,09,15,21UTC(60 初期値)、RSM が 00,12UTC(30 初期値)であり、それぞれ予報時間 33 時間目までの予報値を用いる。観測値には 2.5km-R/A を用い、モデル、R/A とともに 3 時間積算降水量を用いる。検証格子の大きさは 40km、日本の陸地と沿岸 40km までを対象領域とする。各初期値のごとに計算した PAS は、予報時間ごとに平均して評価する。以下で

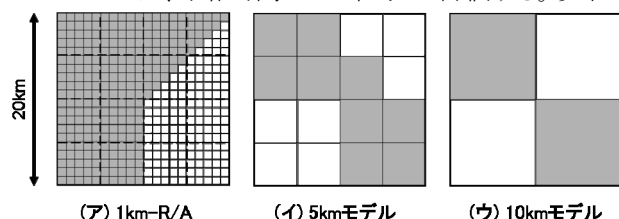


図 1 計算例のための降水分布図。陰影は降水量の閾値が越えた格子を示す。(ア)は水平分解能 1km の観測格子(1km-R/A を設定)で、(ア)の中の破線は 5km 格子の区切り線を示す。(イ)は水平分解能 5km のモデル格子(MSM を想定)、(ウ)は 10km のモデル格子である(運用されているものはない)。検証格子は 20km とする。

は、閾値 1mm/3hr 以上を閾値 1mm と略して記す。

(5) 計算結果と考察

図 1 に閾値 1,10,30mm の PAS を計算した結果を示す。1,10mm について、どの予報時間においても MSM0705 の PAS は RSM よりも小さい。また、閾値が大きいほどスコアは全体的に小さくなっている。

閾値 1mm の PAS は、MSM0705、RSM とともに予報時間後半でスコアが悪化している。これは、予報時間後半ほど予報と R/A の降水面積率の誤差が大きくなっていることを意味する。そこで、降水のあった全格子について閾値 1mm の予報と R/A の降水面積を調べたところ、MSM0705 では予報がわずかに R/A を上回る予報過剰であったのに対し、RSM は FT=18 以降で大きく予報過剰となっていた(図略)。よって、PAS の予報時間後半での劣化については、RSM が予報過剰による空振りであるのに対し、MSM0705 は検証格子の大きさを越えた空振り(見逃しも含む)の影響であると考えられる。

閾値 10mm の PAS について、MSM0705 は予報時間ごとのスコアにほとんど変動がないのに対し、RSM では予報時間後半ほどスコアが悪化している。図 3 に閾値 10mm についてモデルと R/A の降水面積を予報時間ごとに示す。MSM0705 の降水面積はどの予報時間でも R/A よりも小さく、予報時間後半は前半よりもさらに降水面積を小さくしている。図 3 から、MSM0705 はもともと検証格子の広さを越えて空振りであった予報が予報時間後半で少なくなり、MSM0705 の予報時間後半の PAS が悪くならなかったと考えられる。一方、RSM はどの予報時間においても R/A に比べて降水面積が小さいため、見逃しが多くなっていると考えられる。

閾値 10mm の MSM0705 と RSM について降水検証を行った結果、MSM0705 はスレツスコアだけでなくバイアススコアも RSM より悪かった(図略)。しかし、閾値 10mm の PAS の結果から降水の広がりまで考慮すると、MSM0705 は閾値 10mm でも RSM より良い予報であることがわかる。

閾値 30mm の PAS について、MSM0705 はおおむ

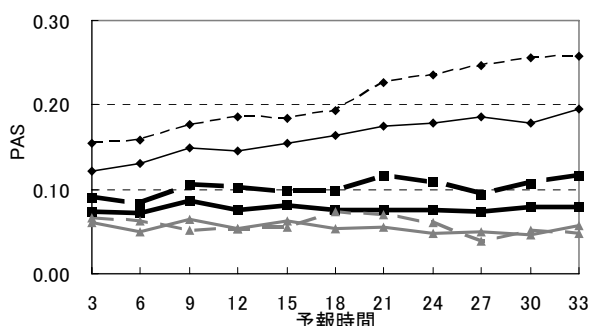


図2 予報時間ごとのPAS。検証期間内の予報時間3時間毎の平均値。閾値は黒細線が1mm、黒太線が10mm、灰太線が30mmを示す。実線はMSM0705、破線はRSM、横軸は初期時刻からの3時間ごとの予報時間を示す。検証格子は40kmを用いた。

ね RSM と同等の傾向を持つ。しかし、閾値 30mm について予報時間ごとの降水面積を調べたところ(図略)、事例数が少なく、PAS は R/A の降水面積の変化に依存したスコアとなってしまう。よって、現段階においては PAS を用いて強い雨を評価するのは難しいと考えられる。

(6) まとめと今後の課題

降水の空間分布を考慮したスコア(PAS)を用いて、MSM0705 の降水予報について RSM と比較しながら評価した。その結果、閾値 1,10mm について、MSM0705 の PAS は RSM よりも良く、MSM0705 は予報時間後半であっても予報時間前半と同程度のスコアであった。特に閾値 10mm については、スレツスコアやバイアススコアで評価できなかった MSM0705 の RSM に対する優位性を示すことができた。一方、閾値 30mm など強い雨の評価には PAS を用いることは難しいこともわかった。また、図 2 に示すように、PAS は閾値を大きくした場合にスコア全体が小さくなる傾向があることもわかった。このことは強い雨の予報成績が良いことを意味するものではなく、弱い雨と比べて強い雨では降水面積そのものが小さくなるのでその誤差も小さくなってしまふことから原因と考えられる。そのため、PAS はモデルと R/A が表現する降水面積の変化も含めた考察をする必要がある。

なお、N に関する制限がない場合、式(3)について降水面積率をその検証格子の降水確率とみた場合には、PAS はブライアスコアと同じものになる。低解像度化したメソアンサンブル予報の評価の際に、確率予報と決定論的予報の比較に PAS を用いることも考えられる。

参考文献

- 石田純一、成田正巳、2003: 検証. 数値予報課報告別冊・第49号, 気象庁予報部, 93-106.
- 瀬川知則, 2005: 統計検証. 平成 17 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 18-26.

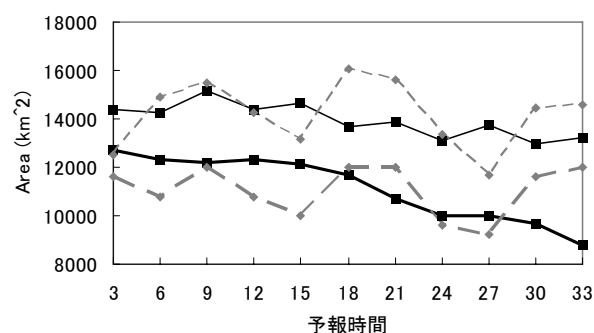


図3 閾値 10mm/3hr の予報時間ごとの降水面積。黒線は MSM0705、灰色破線は RSM、太線が予報の降水面積、細線が R/A の降水面積を示す。横軸は初期時刻からの 3 時間ごとの予報時間、縦軸はモデルや R/A の降水面積[km^2]を示す。検証格子は 40km とした。値は検証期間内の予報時間 3 時間毎の平均値である。降水面積は[オリジナル格子の面積]×[閾値を超えたオリジナル格子数]で計算した。MSM0705(03,09,15,21UTC)と RSM(00,12UTC)で R/A の面積が一致しないのは、初期時刻の違いと予報回数の違いがあるため。