기상청 수치예보과 기술보고서 2002-7

## 2001년도 수치예보시스템의 검증

KMA/NWPD Technical Report 2002-7

기상청 예보국 수치예보과

Korea Meteorological Administration/Numerical Weather Prediction Division 460-18,Shindaebang-Dong Tongjak-Gu, Seoul, 156-720, Republic of Korea

## 전지구 예보시스템의 검증

Technical Report 2002-7

기상청 예보국 수치예보과

# 작성자 : 기상사무관 박훈 기상연구관 나득균

과 장 조주영

### 차 례

차i	례・	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	i
コ	림 치	례	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	ii
표	차례	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	V
1.	서론		•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	전지	구	예브	Ł	시:	스	템	의	검	승		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•••	2
	2.1	개.	<u>9</u>	•	•	•	•	•	•			•	• •			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		• •	•	•	2
	2.2	검	<u>~</u>	•	•	•	•	•	•			•	• •			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	3
3.	강수	검	증	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28
	3.1	개요	3_	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28
	3.2	검복	No	결	과	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28

#### 그림 차례

그림 2.1 연평균 분석 검증의 지역별 해면기압 Mean error와 RMSE 그림 2.2 전지구 평균 월별 해면기압의 분석 검증 지수 그림 2.3 북반구 월별 검증 지수 그림 2.4 적도지역의 월평균 검증 지수 그림 2.5 남반구 월별 검증 지수 그림 2.6 1일 예보의 지역별 월평균 검증 지수 그림 2.7 3일 예보의 지역별 월평균 검증 지수 그림 2.8 5일 예보의 지역별 월평균 검증 지수 그림 2.9 지역별 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 연평균 검증 지수 그림 2.10 전지구 평균 월별 500hPa 지위고도 검증 지수 그림 2.11 북반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수 그림 2.12 적도지역에서 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수 그림 2.13 남반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수 그림 2.14 1일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월평균 검증 지수 그림 2.15 3일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월평균 검증 지수 그림 2.16 5일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월평균 검증 지수 그림 2.17 북반구 500hPa 지위고도의 월평균 이상상관 그림 2.18 지역별 연평균 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 검증 지수 그림 2.19 예보시간별 전지구 평균 월평균 250hPa 풍속의 검증 지수 그림 2.20 북반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수 그림 2.21 적도지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수 그림 2.22 남반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수 그림 2.23 1일 예보의 지역별 250hPa 풍속의 월별 검증 지수 그림 2.24 3일 예보의 지역별 250hPa 풍속의 월별 검증 지수 그림 2.25 5일 예보의 지역별 250hPa 풍속의 월별 검증 지수 그림 2.26 예보시간에 따른 지역별 연평균 850hPa 기온의 검증 지수(관측) 그림 2.27 전지구 평균 예보시간에 따른 월별 850hPa 기온의 검증 지수(관측) 그림 2.28 북반구 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.29 아시아지역 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.30 적도지역 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.31 남반구 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.32 1일 예보의 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.33 3일 예보의 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.34 5일 예보의 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 검증 지수(관측) 그림 2.35 예보시간에 따른 지역별 연평균 500hPa 지위고도의 관측 검증 그림 2.36 전지구 평균 예보시간에 따른 월별 500hPa 지위고도의 관측 검증 그림 2.37 북반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.38 아시아 지역 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.39 적도 지역 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.40 남반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.41 1일 예보된 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측 검증 그림 2.42 3일 예보된 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측 검증 그림 2.43 5일 예보된 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측 검증 그림 2.44 예보시간에 따른 지역별 연평균 250hPa 풍속의 관측 검증 그림 2.45 전지구 평균 예보시간에 따른 월별 250hPa 풍속의 관측 검증 그림 2.46 북반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.47 아시아 지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.48 적도 지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.49 남반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증 그림 2.50 1일 예보의 250hPa 풍속의 지역에 따른 월별 관측 검증 그림 2.51 3일 예보의 250hPa 풍속의 지역에 따른 월별 관측 검증 그림 2.52 5일 예보의 250hPa 풍속의 지역에 따른 월별 관측 검증 그림 3.1 2001년 연평균 Threat Score 그림 3.2 2001년 연평균 Bias Score 그림 3.3 rain or not의 월별 Threat Score 그림 3.4 1mm 이상 강수의 월별 Threat Score 그림 3.5 5mm 이상 강수의 월별 Threat Score

그림 3.6 rain or not의 월별 Bias Score 그림 3.7 1mm 이상의 월별 Bias Score 그림 3.8 5mm 이상의 월별 Bias Score

### 표 차례

표 3.1 2001년 연평균 Threat Score 표 3.2 2001년 연평균 Bias Score

#### 1. 서론

기상청 수치예보과에서는 2001년 3월부터 기존에 현업으로 운영해 오던 전지구 예보시스 템을 크게 개선하였다. 먼저 2차원 최적내삽법에 의한 등압면 분석체계를 3차원 최적내삽법에 의한 모델면 분석으로 개선하여, 상·하층간의 균형을 이룬 분석장의 생산이 가능하게 되었다. 또한 등압면에서 모델면으로 내삽하는 과정에서 발생할 수 있는 오차를 줄일 수 있게 되었다. 모델의 해상도를 세밀하게 하기 위해 T106에서 T213으로 수평 분해능을 높였으며, 연직 층은 21층에서 30층으로 강화되었다.

2001년 7월에는 모델의 병렬처리 시 발생하는 오류를 수정하였으며, 8월에는 증분 비선형 정상성분 초기화를 수행하여 모델에서 생성되는 일주기파를 초기화과정에서 제거하지 않도록 수정하였다.

이 보고서는 2001년 전지구 예보 시스템의 성능을 분석자료와 관측자료에 대해 검증한 것 으로 +10일 예보에 대한 검증만 분석하였다. +10일 예보는 매일 12UTC에 10일 예보하는 순 환으로 구성되어 있으며 +3.5일 예보에 대한 검증도 여기에 준용하여 생각할 수 있을 것으로 생각된다.

이 보고서는 예보부서에서 수치예보 자료를 바탕으로 예보할 경우 판단자료로 활용할 수 있으며, 모델 개발 시 모델의 특성과 문제점을 파악하여 모델의 성능을 개선하기 위한 기초자 료로 활용될 수 있을 것이다.

#### 2. 전지구 예보 시스템의 검증

#### 2.1. 개요

검증 기간은 2001년 1월에서 12월까지이며 3월부터는 T213이 현업으로 운영된 시점이다. 예보자료는 3.5일까지는 3.5일과 10일 예보의 평균을 사용하였으며 10일 검증에서 예보자료는 10일 예보에서 3.5일 이후의 예보자료를 사용하였다. 관측자료와의 검증은 일일 1회 12UTC 에 10일 예보에 대해서만 수행된다.

분석자료와의 검증은 북반구·남반구·적도 등 3개의 지역으로 나누어 850hPa, 500hPa, 그리고 250hPa 고도에 대한 지위고도, 바람, 온도 등으로 구분하여 RMSE, S1, AC, mean error 등을 계산한다. 위도 20N~90N이 북반구, 20N~20S는 적도, 20S~90S는 남반구 이며, 3.5일 예보 검증에 있는 한반도 지역은 30N~45N, 120E~135E까지이다.

관측자료와의 검증은 북아메리카·유럽/북아프리카·호주/뉴질랜드·아시아·북반구· 남반구 지역의 850hPa, 500hPa와 250hPa의 지위고도, 온도, 습수, 풍속 등을 mean error, RMSE, Trends correlation 등을 산출한다.

매일 산출되는 검증 지수들 중 자주 사용되는 검증지수에 대해서 월 평균하여 이 보고서 의 자료로 활용하였다.

#### 2.2. 검증

먼저 각 예보 변수의 예보 시간이 증가함에 따른 예측성능을 각 지역별로 살펴보았다. 그 다음 10일 예보 중 1일, 3일, 5일 예보의 월 평균 검증 지수를 각 지역별로 평균하여 월별 예 측성능을 비교하였다. 지역별 평균한 값을 보다 자세히 보기위해 1일, 3일, 5일 예보의 검증 지수를 각 지역별로 나누어 비교하였으며 마지막으로 월 평균 값들을 예보시간별로 나누어 각 지역에서 월 변화를 살펴보았다.

그리고 해면기압과 500hPa 지위고도는 북반구에 한하여 월평균 이상상관을 비교하였다.

2.2.1. 분석 검증

2.2.1.1. 해면기압(MSLP)

연평균 해면기압의 검증 지수(그림. 2.1)는 북반구, 남반구, 적도에 대한 12개월 평균값이 다. +10일 예보를 24시간 간격으로 예보 시간에 따른 연 평균값을 나타내었다.



그림 2.1 연평균 분석 검증의 지역별 해면기압 Mean error와 RMSE

평균 오차는 북반구와 적도에서 예보시간이 증가하면 양의 값(0.1~0.6hPa)을 가지고 적도 지역에서는 음의 값(0.1~-0.2)을 가진다. 연 평균 RMSE는 예보시간이 지나면 증가하고 적도 에서는 2hPa, 남반구는 12hPa, 북반구는 10hPa이내의 범위를 보인다. 남반구에 비하여 북반 구의 RMSE의 증가는 완만한 모습을 보인다.

그림 2.2는 전지구의 1일, 3일, 5일에 대한 검증으로 각 지역의 지수평균을 월별로 나타낸 것이다. 평균오차는 예보시간에 관계없이 0.2~0.4hPa을 보이며 1월과 2월의 평균오차가 낮은

것은 모델의 해상도와 분석방법이 다르기 때문이다. RMSE는 모델이 개선되면서 낮아지는 경향을 보여 주며 예보시간이 1일 증가하면 약 2hPa의 RMSE가 증가함을 보여준다.



그림 2.2 전지구 평균 월별 해면기압의 분석 검증 지수.

그림 2.3은 북반구에서 예보시간에 따른 월별 점증 지수의 변화를 나타낸 것이다. 예보시 간이 길어지면 봄철과 가을의 평균오차는 양의 값으로 커지고 여름에는 작아지는 경향이 있 다. RMSE는 여름철에 작고 겨울철에 커지는 경향을 보이고 있으며, 이는 여름철에 북반구의 경압성이 작기 때문인 것과 무관하지 않다.



그림 2.3. 북반구 월별 검증 지수

그림 2.4의 적도에서의 월평균 해면기압 검증 지수에서 평균오차는 여름철이 양의 값, 겨 울철은 음의 값을 가지고, 연 변화는 5일예보가 보다 큰 것을 알 수 있다.



그림 2.4. 적도 지역의 월평균 검증 지수



그림 2.5. 남반구의 월별 검증 지수

남반구의 월 평균 평균오차는 1월과 2월을 제외하고 양의 값을 보이며, RMSE는 겨울철 (7월)이 가장 크다(그림 2.5).



그림 2.6. ~ 2.8은 예보 시간에 따른 지역별 월 평균 검증 지수이다.

그림 2.6. 1일 예보의 지역별 월평균 검증 지수.



그림 2.7. 3일 예보의 지역별 월평균 검증 지수.



그림 2.8. 5일 예보의 지역별 월평균 검증 지수.

500hPa 지위고도의 지역별 연평균 검증(그림 2.9)에서 평균오차는 남반구와 적도에서 예 보기간이 길어지면 음의 값으로 증가하며, 북반구에서는 일정한 양의 값(약 5m)을 보인다. 그 러나 북반구에서는 평균오차가 예보시간이 지나면서 양의 값으로 커지는 경향을 보인다. 한편 RMSE는 예보시간이 지나면서 커지고 북반구가 남반구보다 작은 값을 보인다.



그림 2.9. 지역별 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 연평균 검증 지수

그림 2.10.은 전지구 평균 500hPa 지위고도의 검증 지수를 예보시간에 따른 월평균을 나 타낸 것이다. 평균 오차는 5월 이후 모두 양의 값을 갖고, 예보시간이 길어질수록 양의 값은 작아진다. RMSE는 예보기간이 길수록 커지며, 전지구 예보 시스템 개선 이후(3월) RMSE가 작아지는 것을 볼 수 있다.



그림 2.10. 전지구 평균 월별 500hPa 지위고도 검증 지수

북반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(그림 2.11)에서 평균 오차는 양의 값을 갖고, RMSE는 예보시간이 길수록 큰 값을 보인다. 또한 여름철의 RMSE가 작으며, 1일 예보의 RMSE는 17m 정도의 값을 보인다.



그림 2.11. 북반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수

적도지역에서 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(그림 2.12)에서 평균 오차는 예보시간이 지나면서 음의 값으로 커지고, 북반구 여름에 양의 값을 가진다. RMSE는 북반구나 남반구와 비교하여 예보시간에 따른 RMSE의 변화는 크지 않으며, 7월과 8월이 상 대적으로 오차가 크다.



그림 2.12. 적도지역에서 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수

남반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(그림 2.13)의 평균오차도 적 도와 유사하게 예보시간이 길어지면 음의 값으로 커진다. RMSE는 남반구 겨울철에 상대적으 로 큰 값을 보인다.



그림 2.13. 남반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 검증 지수

그림 2.14. ~ 그림 2.16.은 각각 1일,3일, 5일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월 평균 검증지수를 나타낸 것이다. 남반구의 RMSE는 북반구보다 큰 값을 보이고 평균 오차는 5월부 터 양의 오차가 커진다.



그림 2.14. 1일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월평균 검증지수



그림 2.15. 3일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월평균 검증지수



그림 2.16. 5일 예보의 지역별 500hPa 지위고도의 월평균 검증지수

그림 2.17은 북반구 500hPa 지위고도의 이상상관을 1일, 3일, 5일, 10일 예보에 대한 월 평균값을 나타낸 것이다. 5일 예보까지 이상상관은 0.6 이상이며 3월부터 상관이 커짐을 알 수 있다. 여름철의 상관이 겨울철 보다 낮고 다시 겨울로 갈수록 상관이 커짐을 알 수 있다.



그림 2.17. 북반구 500hPa 지위고도의 월평균 이상상관.

2.2.1.3. 250hPa 풍속

연평균 250hPa 풍속의 평균오차(그림 2.18)는 북반구와 남반구에서 5일 이후 양의 값을 가지며, 특히 남반구에서 양의 오차가 급격히 커지고 적도에서 평균오차는 뚜렷한 경향을 보 이지 않는다. RMSE는 남반구나 북반구 모두 비슷한 크기를 보이지만 남반구의 RMSE가 조 금 큰 값을 보인다. RMSE도 5일 이후 큰 오차를 보인다.



그림 2.18. 지역별 연평균 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 검증 지수.

그림 2.19는 1일, 3일, 5일 예보에서 전지구 평균 월평균 250hPa 풍속의 검증 지수를 나 타낸 것이다. 평균오차는 양의 값을 가지며 8월의 5일 예보는 아주 작은 값을 보인다.



그림 2.19. 예보시간별 전지구 평균 월평균 250hPa 풍속의 검증 지수.

RMSE도 1월과 2월을 제외하면 계절별 RMSE의 차이가 없고 새로운 전지구예보시스템 의 운영 이후 오차가 감소함을 알 수 있다.

북반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(그림 2.20)의 평균오차는 10월을 제외하고 음의 오차를 보이는 경향이 있으며 특히 여름철에 예보시간이 길어질 수록 음의 오 차가 커지는 것을 보인다. RMSE는 새로운 전지구 예보 시스템이 운영된 3월 이후 오차가 감 소함을 보이며 1일 예보에 6m/s, 3일 예보에 13m/s, 5일 예보에 18m/s의 RMSE를 보이며 이는 전지구 평균과 유사한 값이다.



그림 2.20. 북반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수

적도지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(그림 2.21)의 평균오차는 새로 운 전지구 예보 시스템이 운영된 3월 이후 양의 오차가 나타나고 특히 9월의 양의 오차가 큰 값을 나타냈다. RMSE는 1일 예보에 약 5m/s, 3일 예보에 약 8m/s, 5일 예보에는 약 11m/s 로 전지구 평균보다 작은 오차를 보인다.



그림 2.21. 적도지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수

남반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(그림 2.22)의 평균오차는 뚜렷한 양의 오차를 보이며, 9월의 평균오차가 낮은 값을 나타냈다. 새로운 전지구 예보 시스템이 운 영된 3월 이후 RMSE는 감소하며 전지구 평균보다 큰 오차를 보인다.



그림 2.22. 남반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 검증 지수

그림 2.23 ~ 그림 2.25는 각각 1일, 3일, 5일 예보에 의한 전지구 평균 250hPa 풍속의 월 별 검증 지수이다.



그림 2.23. 1일 예보의 지역별 250hPa 풍속의 월별 검증 지수



그림 2.24. 3일 예보의 지역별 250hPa 풍속의 월별 검증 지수



그림 2.25. 5일 예보의 지역별 250hPa 풍속의 월별 검증 지수

2.2.2. 관측 검증

관측자료에 대한 검증은 북반구, 남반구, 적도지역 이외에 아시아지역을 추가하여 검증한 다. 검증 요소는 850hPa 온도, 500hPa 고도, 250hPa 풍속에 대해 수행한다.

2.2.2.1. 850hPa 기온

그림 2.26는 10일간 지역별 850hPa 기온의 연 평균 검증 지수이다. 평균 오차는 적도지역 만 음의 오차를 보이고 나머지 지역에서는 양의 값을 나타내고 있다. 북반구와 아시아에서는 예보시간이 길어지면 양의 오차가 커지고 아시아 지역에서 양의 오차가 가장 크게 나타난다. 반면 남반구의 평균 오차는 예보시간이 길어지면서 양의 오차가 줄어든다. RMSE는 적도지역 이 가장 작고 나머지 지역은 비슷한 오차를 보인다. 남반구에서 초기 시간에 오차가 크지만 예 보시간이 길어지면 북반구와 아시아의 RMSE가 커진다.



그림 2.26. 예보시간에 따른 지역별 연평균 850hPa 기온의 검증 지수(관측)

전지구 평균 850hPa 기온의 월평균 검증 지수(그림 2.27)의 평균 오차는 전반적으로 양의 오차를 보이며 예보시간이 길어질수록 양의 오차는 커진다. 또한 7월의 평균 오차가 가장 큰 값을 보인다.



그림 2.27. 전지구 평균 예보시간에 따른 월별 850hPa 기온의 검증 지수(관측)

북반구와 아시아지역에 대한 예보시간에 따른 월별 관측검증(그림 2.28.와 그림 2.29.)는 비슷한 경향을 보인다. 평균오차는 양의 오차를 보이며 양의 오차는 예보시간이 길수록 커지 는 경향을 보인다. 또한 7월과 7월의 양의 오차가 가장 큰 것을 알 수 있다. 새로운 전지구예 보시스템의 운영 이후 RMSE는 5일까지 예보시간에 대해 1℃정도 감소하였다. RMSE 오차 는 가을철(9,10,11월)이 가장 작은 값을 보인다.



그림 2.28. 북반구 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측)



그림 29. 아시아 지역 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측) 적도에서 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 평균 관측검증(그림 2.30.)에서 평균오차

는 음의 오차를 보인다. 그러나 음의 오차는 3월 이후 줄었으며 2000년 검증에서 확인할 수 있었던 예보시간이 길 수록 커지던 음의 오차 경향은 보이지 않는다. RMSE는 3월 이후 1일 ~ 5일 예보의 RMSE가 1.3~1.8℃의 분포를 보이며 이것은 2000년 검증에서 1.5~2.3℃분포를 보였던 것에 비해 오차가 작을 뿐만 아니라 오차의 범위도 작아서 예보 시간에 따라 오차가 작게 증가하는 것을 알 수 있다.



그림 2.30. 적도 지역 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측)

남반구에서 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 평균 관측검증(그림 2.31.)에서 평균오 차는 양의 오차를 보이고 예보시간이 길 수록 오차가 커진다. RMSE는 3월 이후 감소하는 경 향이며 7월(남반구 겨울)이 가장 큰 RMSE를 보여 전지구 평균에서 7월의 RMSE가 가장 큰 값을 보인 것의 원인으로 생각된다.



그림 2.31. 남반구 850hPa 기온의 예보시간에 따른 월별 검증 지수(관측)

예보시간 1일, 3일, 5일에 대한 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 관측 검증(각각 그림 2.32., 그림 2.33., 그림 2.34.)에서 평균오차는 적도지역에서 음의 오차 그 외는 양의 오차를 보 인다. RMSE는 적도에서 가장 작고 북반구, 아시아, 남반구의 순서로 값이 커짐을 알수 있다. 그러나 5일 예보에 있어서는 9월 이후 아시아 지역의 RMSE가 북반구 평균보다 작은 값을 보 인다.



그림 2.32 1일 예보의 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 검증 지수(관측)



그림 2.33 3일 예보의 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 검증 지수(관측)



그림 2.34 5일 예보의 850hPa 기온의 지역에 따른 월별 검증 지수(관측)

500hPa 지위고도의 연평균 관측검증(그림 2.35.)에서 평균오차는 적도와 남반구에서 예보 시간이 길수록 음의 오차가 증가하는 경향을 보이고 북반구와 아시아에서는 양의 오차를 보이 지만 예보시간에 따라 증가하는 경향은 볼 수 없다. RMSE는 적도, 아시아, 북반구, 남반구의 순서로 커진다.



그림 2.35. 예보시간에 따른 지역별 연평균 500hPa 지위고도의 관측 검증.

전지구 평균 500hPa 지위고도 월별 관측검증 지수(그림 2.36.)에서 평균오차는 양의 오차 를 보이고 예보시간이 길어지면 양의 오차가 증가하는 경향을 보인다. RMSE는 1일 예보에 20m, 3일 예보에 35m, 5일 예보에 50m 정도의 오차를 보인다.



그림 2.36. 전지구 평균 예보시간에 따른 월별 500hPa 지위고도의 관측 검증

북반구와 아시아 지역의 500hPa 지위고도의 월별 관측검증(그림 2.37.과 그림 2.38.)의 평 균오차는 비슷하게 양의 오차를 보이며, 아시아지역의 1일 예보 평균오차는 음의 값을 보인다. RMSE에서도 아시아 지역이 북반구 전체 평균보다 예보시간이 길어지면 낮은 값을 보인다. 여름철에 북반구RMSE가 낮은 것은 경압성이 작기 때문인 것으로 보인다.



그림 2.37. 북반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증



그림 2.38. 아시아 지역 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증

적도지역 500hPa 지위고도의 월별 관측검증(그림 2.39.)에서 평균오차는 음의 값을 보이 고 음의 오차는 예보시간이 길어질 수록 커진다. 7월의 평균오차는 양의 값을 보인다. RMSE 오차는 예보시간에 따라 오차가 크게 증폭하지 않고 약 15m 정도의 오차를 보인다.



그림 2.39. 적도 지역 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증

남반구 500hPa 지위고도의 월별 관측검증(그림 2.40.)의 평균오차는 뚜렷한 경향을 보이 지 않고 양과 음의 오차로 진동하고 있다 이것은 남반구의 관측자료 수가 많지 않아 몇 개의 관측으로 검증을 수행하기 때문인 것으로 보인다. RMSE는 남반구 겨울철이 가장 크며 1일 예보의 RMSE는 3월 이후에 크게 작아짐을 볼 수 있다.



그림 2.40. 남반구 500hPa 지위고도의 예보시간에 따른 월별 관측 검증

그림 2.40은 1일 예보의 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측검증이다. 북반구의 평 균오차는 양의 오차, 아시아는 음의 오차를 보인다. RMSE는 남반구를 제외한 모든 지역에서 20m 미만의 오차를 보이며 남반구에서는 6월, 7월, 8월의 오차가 크다.



그림 2.41. 1일 예보의 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측 검증

그림 2.42는 2일 예보의 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측검증이다. 북반구와 아 시아의 평균오차는 양의 오차를 보이며 1일 예보와 비교할 때 아시아지역의 평균오차가 예보 시간이 지나면서 양의 오차로 바뀌었음을 알 수 있다. RMSE는 적도에서 가장 작고 아시아와 북반구에서 1일 예보에 비해 오차가 커짐을 알 수 있다.



그림 2.42. 3일 예보의 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측 검증

그림 2.43은 3일 예보의 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측검증이다. 북반구와 아 시아의 평균오차는 양의 오차를 보이며 적도지역은 1일, 3일, 5일 예보 모두 음의 오차를 보여 500hPa 지위고도를 낮게 예보함을 알 수 있다. RMSE는 적도에서 가장 작고 아시아와 북반 구에서 예보시간이 길어지면서 오차가 증가함을 알 수 있다.



그림 2.43. 5일 예보의 500hPa 지위고도의 지역에 따른 월별 관측 검증

지역별 연평균 250hPa 풍속의 관측검증(그림 2.44.)에서 평균오차는 모든 지역에서 음의 오차를 보이나 양의 기울기를 보여 예보시간이 길어질 수록 음의 오차가 작아진다. 아시아 지 역에서는 약 1m/s의 일정한 음의 오차를 보인다. 관측검증(그림 2.18.)에서는 모두 양의 오차 를 보인 것과 비교하면 분석장의 풍속이 관측보다 낮은 것을 알 수 있다. RMSE는 적도, 아시 아, 북반구, 남반구의 순서로 오차가 커지며 예보시간이 길어지면 오차가 완만하게 커짐을 알 수 있다.



그림 2.44. 예보시간에 따른 지역별 연평균 250hPa 풍속의 관측 검증

전지구 평균 월별 250hPa 풍속의 관측 검증(그림 2.45.)에서 평균오차는 음의 오차를 가 지나 뚜렷한 경향은 보이지 않고 1일 예보의 평균오차를 진동하고 있는 것을 볼 수 있다. 이것 은 남반구의 부족한 관측 자료 영향으로 보인다. RMSE는 2일 예보시간이 늘어나면서 약 4m/s의 오차가 증가하는 것을 보이며 7월의 RMSE가 가장 크다.



그림 2.45. 전지구 평균 예보시간에 따른 월별 250hPa 풍속의 관측 검증

북반구 250hPa 풍속의 월별 관측검증(그림 2.46.)에서 평균오차는 음의 값을 보이며 예보 기간이 길면 오차가 증가하는 것을 보인다. 그러나 가을철에는 예보기간이 길면 음의 오차가 감소하는 것을 보인다. RMSE는 계절별로 뚜렷한 경향을 보이지는 않고 1일 예보에 7m/s, 3 일 예보에 13m/s, 5일 예보에 17m/s 정도의 오차를 보인다.

아시아지역 250hPa 풍속의 월별 관측검증(그림 2.47.)에서 평균오차는 북반구 전체와 유 사하게 음의 값을 보이지만 5일 예보의 봄과 가을에는 양의 오차를 보여 봄철과 가을철에 예 보시간이 길어지면 바람을 강하게 모의하는 경향이 있음을 알 수 있다. 이것은 분석검증(그림 2.20.)과 비교하여 일관성이 있음을 알 수 있다. RMSE는 북반구 평균과 비슷한 오차를 보인 다.



그림 2.46. 북반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증



그림 2.47. 아시아 지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증

적도지역 250hPa 풍속의 월별 관측검증(그림 2.48.)에서 평균오차는 전체적으로 음의 오 차를 보이나 5월~10월 사이에는 예보기간이 길어지면 양의 오차를 보여 풍속이 강하게 모사됨 을 알수 있다. RMSE는 7월이 가장 크게 나타나며 1일 예보에 8m/s, 3일 예보에 10m/s, 5일 예보에 12m/s의 오차를 보인다.



그림 2.48. 적도 지역 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증

남반구지역 250hPa 풍속의 월별 관측검증(그림 2.49.)에서 평균오차는 1일 예보의 평균오 차 주위로 진동하는 것을 볼 수 있으며 예보시간 또는 계절별로 뚜렷한 경향은 보이지 않는다. RMSE는 7월이 가장 크며 1일 예보에 11m/s, 3일 예보에 17m/s, 5일 예보에 23m/s로 가장 큰 오차를 보인다.



그림 2.49. 남반구 250hPa 풍속의 예보시간에 따른 월별 관측 검증

그림 2.50.은 1일 예보에 의한 월별 관측검증 지수를 지역별로 나타낸 것이다. 모든 지역 에서 음의 평균오차를 보이며 오차의 크기는 남반구에서 가장 크고 아시아지역에서 가장 작 다. RMSE는 남반구를 제외하고 9m/s에 수렴하고 계절에 따른 변동이 크지 않다.



그림 2.50 1일 예보의 250hPa 풍속의 지역에 따른 월별 관측 검증

그림 2.51은 3일 예보에 의한 월별 관측검증 지수를 지역별로 나타낸 것이다. 모든 지역에 서 음의 평균오차를 보이는 것은 1일 예보와 비슷하나 적도지역 봄철에 양의 평균오차를 보인 다. RMSE는 1일 예보보다 지역에 따라서 RMSE의 차이가 나기 시작하며 적도지역의 RMSE는 약 10m/s로 1일 예보의 RMSE와 큰 차이를 보이지 않으나 다른 지역의 오차가 커 지면서 다른 지역과 차이가 나는 것으로 보인다.



그림 2.51 3일 예보의 250hPa 풍속의 지역에 따른 월별 관측 검증

그림 2.52는 5일 예보에 의한 월별 관측검증 지수를 지역별로 나타낸 것이다. 모든 지역에 서음의 평균오차를 보이며 적도지역 봄철과 가을철에 양의 평균오차를 보인다. RMSE는 3일 예보보다 지역에 따라서 RMSE의 차이가 크게 나며 적도지역의 RMSE는 약 11m/s로 1일 예보의 RMSE와 큰 차이를 보이지 않으나 지역별로의 오차가 커지면서 다른 지역과 RMSE 의 차이가 난다.



그림 2.52 5일 예보의 250hPa 풍속의 지역에 따른 월별 관측검증

#### 3. 강수 검증1)

#### 3.1. 개요

강수검증은 모델 예측 12시간 누적 강수량에 대하여 00,12UTC에 서울, 부산, 광주, 강릉, 대전, 제주 등 6개 지점의 12시간 누적 강수와 비교 검증한다. 예보자료는 12UTC에 생산되는 10일 예보자료를 이용하여 관측지점 인근의 4개 격자점으로부터 거리에 가중을 두고 내삽하 여 구한다. 강수 검증은 Threat score와 Bias Score 계산에 의해 수행한다.

#### 3.2. 검증 결과

3.2.1. 연평균

그림 3.1.은 2001년 평균 Threat Score를 예보 시간별로 나타낸 것이다. 예보시간이 길어 짐에 따라 지수는 낮아지는 경향을 보인다. 강수유무를 나타내는 rain or not의 지수는 0.46~0.2, 1mm 이상은 0.38~0.1, 5mm이상은 0.35~0.05 범위의 값을 보인다.



그림 3.1 2001년 연평균 Threat Score

그림 3.2는 2001년 평균 bias score이다. 지수 값이 대부분 1보다 큰 값을 나타내고 있어 실제보다 자주 강수를 예보함을 알 수 있다. rain or not은 1.7~1.8의 범위를 보이며 예보시간 이 길어져도 뚜렷이 증가하는 경향을 보이지 않는다. 1mm 이상은 1.3~2.2의 값을 보이며

<sup>1)</sup> 강수검증 방법은 『수치예보시스템의 검증 보고서(2000)』, KMA/NWPD Technical Report 2001-2, 기상청 예보국 수치예보과

5mm 이상은 0.9~2.3의 값을 보인다 5mm 이상은 예보 3일 까지 1부근의 값을 보여 비교적 강수 발생을 잘 예보하고 있지만 그 이후 예보시간이 길어지면 급격히 증가하여 예보시간이 지나면 보다 5mm 이상의 많은 강수를 넓은 지역에 예보함을 알 수 있다.



그림 3.2 2001년 연평균 Bias Score

표	3.1	2001년	평균	Threat	Score
---	-----	-------	----	--------	-------

	rain or not	over 1mm	over 5mm	over 15mm	over 25mm	over 50mm			
12	0.4084	0.4093	0.2479	0.202	0.0119	0			
24	0.4611	0.3442	0.3286	0.2972	0.0648	0.0833			
36	0.3949	0.3175	0.2796	0.0917	0.0676	0			
48	0.433	0.3609	0.2103	0.1014	0.0578	0.1			
60	0.3921	0.2596	0.15	0.0603	0.0625	0			
72	0.3997	0.3017	0.2109	0.1436	0.0089	0			
84	0.3138	0.2107	0.1429	0.0518	0.0152	0			
96	0.3561	0.2675	0.136	0.044	0.0083	0			
108	0.2893	0.1741	0.1012	0.0237	0.0083	0			
120	0.3241	0.1984	0.13	0.0906	0.0818	0			
132	0.2581	0.1323	0.0963	0.009	0.0119	0			
144	0.2987	0.1758	0.0542	0.0441	0	0			
156	0.2285	0.1166	0.0678	0	0	0			
168	0.2745	0.1433	0.0656	0.0905	0.02	0			
180	0.2112	0.0982	0.0559	0	0	0			
192	0.2766	0.138	0.0865	0.0316	0.0222	0			
204	0.2266	0.1129	0.0845	0.0134	0	0			
216	0.2798	0.1323	0.0432	0.007	0.0121	0			
228	0.1956	0.1027	0.0633	0.0078	0.0083	0			
240	0.2434	0.1102	0.0501	0.0032	0	0			
	rain or not	over 1mm	over 5mm	over 15mm	over 25mm	over 50mm			
-----	-------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	--	--	--
12	1.8281	1.7069	1.0464	0.8603	0.0203	0.05			
24	1.9007	2.1901	1.176	0.7361	0.375	0.2222			
36	1.8339	1.9089	1.309	0.9317	0.5138	0			
48	1.7535	2.0019	1.0074	0.4482	0.5298	0.3333			
60	1.7564	1.6714	1.0009	0.473	0.4048	0.1			
72	1.694	1.672	0.9008	0.8763	1.1309	1.5556			
84	1.7507	1.6479	1.2177	1.1413	1.4524	1.5			
96	1.7073	1.6121	1.0606	0.8909	0.9643	0.7778			
108	1.7496	1.6253	1.5669	1.8508	1.2439	0.9			
120	1.6932	1.6112	1.1705	1.6127	1.3571	0.6667			
132	1.7958	1.8027	1.2869	1.1905	1.1064	0.65			
144	1.6802	1.8842	1.3579	1.5602	0.7679	0.4444			
156	1.7161	1.9045	1.5892	1.5016	0.6064	0.2			
168	1.6448	1.8852	1.2053	0.7354	0.9583	1.3333			
180	1.8014	1.8044	1.287	1.4778	1.4355	1.4			
192	1.7317	1.9274	1.645	1.686	1.3393	0.6667			
204	1.9492	2.2506	1.9317	2.0413	1.5	0.15			
216	1.7916	2.2504	2.0232	2.7947	1.2917	0.4444			
228	1.9484	2.1438	2.3696	3.027	0.8196	0.6			
240	1.7734	2.1333	1.9504	1.7018	1.5893	2.3333			

표 3.2 2001년 평균 Bias Score

3.2.2. 월별 검증 지수

그림 3.3.은 rain or not Threat score의 월 평균값을 나타낸 것이다. 예보시간이 지나면 지수가 낮아지며 6월의 가장 높은 값을 보인다.



그림 3.3 rain or not의 월별 Threat Score

그림 3.4.는 1mm 이상 강수의 Threat score 월 평균값을 나타낸 것이다. 예보시간이 지 나면 지수가 낮아진다.



그림 3.4 1mm 이상 강수의 월별 Threat Score

그림 3.5.는 5mm 이상 강수의 Threat score 월 평균값을 나타낸 것이다. 예보시간이 지 나면 지수가 낮아지나 72시간 예보의 지수는 9월 이후 다른 강수예보에 비해 높은 지수를 나 타낸다.



그림 3.5 5mm 이상 강수의 월별 Threat Score

그림 3.6은 rain or not Bias score의 월 평균값을 나타낸 것이다. 5월까지는 예보시간이 길어지면 Bias score가 커지나 그 이후에는 Bias score가 줄어든다. Bias score의 값의 범위 는 계절별로 크지 않고 가을과 겨울철에 자주 강수를 예보하는 경향을 보인다.

그림 3.7의 1mm 이상 강수의 Bias score는 특별한 경향을 보이지는 않고 1~2.0의 범위 에 가장 높은 빈도를 보인다. 24시간 예보의 Bias score가 조금 더 높은 값을 보인다.

그림 3.8의 5mm 이상 강수의 Bias score는 예보시간이 길어지면 봄에는 고소 모의하는 경향을 보였으나 그 이후는 5일 예보 5mm 이상강수는 여름철은 1보다 크고 가을철은 1보다 작은 값을 보이지만 1.0 부근의 지수를 보인다. 가을철에는 예보 초기시간에 5mm 이상의 강 수를 많이 예보하는 경향을 보이나 예보시간이 길어지면 실제보다 작게 모의하는 경향을 보인 다.



그림 3.6 rain or not의 월별 Bias Score



그림 3.7 1mm 이상의 월별 Bias Score



그림 3.8 5mm 이상의 월별 Bias Score

# 지역 예보 시스템의 검증

Technical Report 2002-7

기상청 예보국 수치예보과

작성자 : 기상주사보 이예숙 기상사무관 이미선 과 장 조주영

# 차 례

차리	ᅨ	••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	37
그틱	림차:	폐	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	38
丑え	하례	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	40
1.	RDA	APS	2	00	1է	1	검	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	41
	1.1	종	관	검	승	Ц	방벝	]	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	41
	1.2	월	평군	7	종	관	: Ā	검격	No	Ę	틸고	<u> </u>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	43
	1.3	강	수	겹	금증	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	66

#### 그림 차례

Fig. 1.1 지역 모델 검증 영역 Fig. 1.2 300hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.3 500hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.4 850hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.5 해면기압의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.6 (a) 300hPa (b) 500Pa (c) 850hPa 고도와 (d) 해면기압의 월평균 S1 Score Fig. 1.7 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.8 500hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.9 850hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.10 지상온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.11 300hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.12 500hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.13 850hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.14 해면기압의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.15 (a) 300hPa (b) 500Pa (c) 850hPa 고도와 (d) 해면기압의 월평균 S1 Score Fig. 1.16 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.17 500hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.18 850hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.19 지상온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.20 300hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.21 500hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b)평균제곱편차 Fig. 1.22 850hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.23 1000hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차 Fig. 1.24 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차

- Fig. 1.25 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차
- Fig. 1.26 850hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차
- Fig. 1.27 지상온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차
- Fig. 1.28 +3hr, +12hr 강수예보의 검증 이용되는 RDPS 25개 격자포인트의 분포도
- Fig. 1.29 RDAPS(30km)의 +3시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상, 5mm 이상의 월별 threat score
- Fig. 1.30 RDAPS(30km)의 +12시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상, 5mm 이상의 월별 threat score
- Fig. 1.31 RDAPS(30km) +12h,+24h,+36h,+48h 예보에 대한 threat score vs precipitation threshold calculated(2001년 4월 ~ 12월)
- Fig. 1.32 RDAPS(10km)의 +3시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상, 5mm 이상의 월별 threat score
- Fig. 1.33 RDAPS(10km)의 +12시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상, 5mm

   이상의 월별 threat score
- Fig. 1.34 RDAPS(10km) +12h,+24h,+36h,+48h 예보에 대한 threat score vs precipitation threshold calculated(2001년 4월 ~ 12월)
- Fig. 1.35 RDAPS(5km)의 +3시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상, 5mm 이상의 월별 threat score
- Fig. 1.36 RDAPS(5)km의 +12시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상, 5mm 이상의 월별 threat score
- Fig. 1.37 RDAPS(5km) +12h,+24h,+36h,+48h 예보에 대한 threat score vs precipitation threshold calculated(2001년 4월 ~ 12월)

# 표차례

- Table 1.1 Regions of verification
- Table 1.2 Indexes of verifications (Contingency frequencies)
- Table 1.3 Indexes of verification (Categorical statistics)
- Table 1.4 Indexes of verification (Skill scores)
- Table 1.5 Indexes of verification (Continuous statistics)
- Table 1.6 RDAPS(30km)의 +3시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)
- Table 1.7 RDAPS(30km)의 +12시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)
- Table 1.8 RDAPS(10km)의 +3시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)
- Table 1.9 RDAPS(10km)의 +12시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)
- Table 1.10 RDAPS(5km)의 +3시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)
- Table 1.11 RDAPS(5km)의 +12시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

# 1. RDAPS 2001년 검증

# 1.1 종관 검증 방법

검증 방법과 검증 영역은 1999년, 2000년과 동일한 방법이다. 즉 동일한 기준에 의해 검증 결과를 비교하기 위하여 본 장에서 보일 검증 결과는 주로 초기장 검증 이다. 단 2001년 11월부터 현업 운영된 검증 시스템은 분석검증과 관측검증을 포함 한다. 이에 대한 결과는 1.3에 보인다. Fig. 1.1은 지역모델의 검증 영역을 나타낸 것으로 초기장 검증과 분석검증에서 동일한 검증 영역을 사용한다.



Fig. 1.1 지역 모델 검증 영역

다음 검증에 사용되는 지수들과 의미를 나타낸 것이다.

o BIAS (편차)

검증영역 안의 모든 격자점에 대하여 다음 식과 같이 예보값(X<sub>f</sub>)과 분석값(X<sub>a</sub>) 의 차이를 평균하여 평균오차를 구한다. 여기서 N은 검증 영역내의 총 격자점 수 이다. 이 변수의 의미는 검증영역 안에서 예보값과 분석값의 대소를 판단하는 것 이다.

$$M_{f,a} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_f - x_a)_i}{N}$$
(1.1)

o RMSE (평방제곱근 오차)

검증영역 안에서 예보값(X<sub>f</sub>) 과 분석값(X<sub>a</sub>) 의 차이를 제곱하여 평방근을 취한 값이다.

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{f} - x_{a})_{i}^{2}}{N}}$$
(1.2)

o S1 Score

해면기압이나 지위고도 같은 수평 경도를 예상하는 정도를 재는 척도이다.

$$S1 = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{n} (e_g)_i}{\sum_{i=1}^{n} (G_L)_i}$$
(1.3)

여기서 eg는 예보된 값의 차이에 대한 에러를 나타내며 식 (1.4)에 의해 구한다.

$$e_g = \left\{ \left| \frac{\partial(x_f - x_a)}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial(x_f - x_a)}{\partial y} \right| \right\}$$
(1.4)

GL은 식 (1.5)에 의해 구하며 두 격자점 사이의 분석된 값 또는 예보된 값의 차이 중 최대 값을 의미한다.

$$G_{L} = \max\left(\left|\frac{\partial x_{f}}{\partial x}\right|, \left|\frac{\partial x_{a}}{\partial x}\right|\right) + \max\left(\left|\frac{\partial x_{f}}{\partial x}\right|, \left|\frac{\partial y_{a}}{\partial y}\right|\right)$$
(1.5)

S1 Score는 예보와 분석장에 나타나는 현상의 규모는 물론 검증되는 격자점들 사이의 간격에 예민하다. 그러므로 S1 Score의 유효한 상호 비교는 검증점들의 동등 한 간격과 일관된 방식으로 예보와 분석장에 있어서 필터링(filtering)이 요구된다. 보통 이 값의 범위는 실제적으로 거의 완벽하다고 볼 수 있는 30에서부터 의미 없는 값이라고 생각할 수 있는 80까지이다.

## 1.2 월평균 종관 검증 결과

현재 수치예보과 인트라넷에 월평균 검증값과 시계열이 제공되고 있으며, 그 주 소는 '190.1.5.132/MM5/vrfy.html'이다. 초기장 검증과 더불어 2001년 11월부터 분 석장과 관측에 대한 검증이 추가되어 인트라넷에 제공되고 있다. Fig. 1.2부터 Fig. 1.10까지의 검증 결과는 초기장 검증 결과이다.

(1) 초기장 검증

고도장 BIAS

Fig. 1.2 ~ 1.5 (a)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 해면기압의 월별 평균 BIAS를 그린 것이다. 그림들에서 알 수 있듯이 1월, 2월에는 2000년과 마찬가지로 전 예보 시간과 전 층에 대하여 뚜렷한 음(negative)의 BIAS를 보이나 3월 이후로 는 양(positive)의 BIAS를 보이며 0에 훨씬 가까운 값을 보이고 있다. 이는 하층보 다 상층에서 큰 값을 가지나 예보시간에 따라서는 5월까지는 값이 뚜렷이 증가하나 6월 이후로는 예보시간에 따른 값의 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 이는 2001년 3월에는 지역모델 전처리과정의 대폭적인 수정이, 8월에는 연직 내삽과정의 버그 수정 결과에 의한다.

#### 고도장 RMSE

Fig. 1.2 ~ 1.5 (b)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 해면기압의 월별 평균 RMSE를 그린 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 예보 시간이 12, 24, 36, 48시간 길 어질수록 RMSE가 커지는 것은 당연하다. 일반적으로 겨울철로 갈수록 오차가 커 지는 것이 일반적이나, 모든 층과 예보 시간에 대해 12월로 갈수록 값이 작아지는 결과를 보인 것은 2장에서 기술한 지역모델의 전처리과정 변경에 의한다. 한편, 상 층으로 가면서 고도(또는 해면기압) 경도의 절대값이 증가하기 때문에 RMSE 또한 상층으로 갈수록 그 수치가 증가한다.

#### <u>고도장 S1 Score</u>

앞에서 설명했듯이 S1 Score는 고도(해면기압)의 경향에 대한 평가이다. Fig. 1.6에서 볼 수 있듯이 겨울로 가면서 이 값이 좋아지는 것은 여름보다 겨울이 그 경향이 단조롭기 때문이다. 여름의 경우 지역적인 중규모 현상의 빈번한 발생 또 는 이와 관련된 현상으로 경향이 상당히 복잡한 상태를 보이므로 이에 따라 일반적 으로 겨울이 여름보다 좋은 값을 가진다. 이는 상층과 하층간의 값을 비교해 보면 더욱 잘 이해할 수 있다. 하층보다는 상층의 기압경향구조가 간단하므로 상층으로 갈수록 값이 좋은 것이 현저히 나타난다. 2000년과의 비교에서는 값이 거의 유사 하게 나타났다.

#### 온도 BIAS

Fig. 1.7 ~ 1.10에서 (a)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 지상온도의 월별 평 균 BIAS를 그린 것이다. 지상의 경우를 제외하고 전체적으로 3월 이후 값이 상당 히 작아지는 것을 볼 수 있다.

#### <u> 온도 RMSE</u>

Fig. 1.7 ~ 1.10 (b)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 지상온도의 월별 평균 RMSE를 그린 것이다. 예보 시간이 길어질수록 값이 커진다. 또한 모든 층과 모 든 예보 시간에 대하여 여름에서 겨울로 가면서 값이 증가하고 있으며, 3월 이후로 값이 상당히 작아짐을 볼 수 있다.



Fig. 1.2 300hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.3 500hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.4 850hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.5 해면기압의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.6 (a) 300hPa (b) 500Pa (c) 850hPa 고도와 (d) 해면기압의 월평균 S1 Score



Fig. 1.6 (Continued)



Fig. 1.7 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.8 500hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.9 850hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.10 지상온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차

(2) 분석장 검증

분석 검증은 초기장 검증과 동일한 요소에 대해 검증 결과가 산출되며, 검증 방 법도 동일하다. 단, 기준장이 초기장이 아닌 3DOI 분석장이 된다. 고도장 (해면기 압 포함)과 온도장에 대한 지역예보모델의 2001년 11월부터 12월까지 월별 12, 24, 36, 48 시간 예보에 대한 BIAS, RMSE, S1 Score를 보인다.

#### <u>고도장 BIAS</u>

Fig. 1.11 ~ 1.14 (a)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 해면기압의 월별 평균 BIAS를 그린 것이다. 전체적으로 초기장 검증 보다 값이 약간 높게 나타난다.

#### 고도장 RMSE

Fig. 1.11 ~ 1.14 (b)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 해면기압의 월별 평균 RMSE를 그린 것이다. BIAS의 경우와 마찬가지로 초기장 검증의 경우보다 대체 적으로 값이 약간 높게 나타난다.

#### <u>고도장 S1 Score</u>

Fig. 1.15는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 해면기압의 월별 평균 S1 Score를 그린 것이다. 초기장 검증에 비해 그 값이 크며, 상층으로 갈수록 값이 작아지고 초기장 검증과의 차이도 작아진다.

#### 온도 BIAS

Fig. 1.16 ~ 1.19 (a)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 지상온도의 월별 평균 BIAS를 그린 것이다. 초기장 검증과 비교해 볼 때 전체적으로 큰 차이를 보이지 않으나 300, 500, 850 hPa 층의 값은 조금씩 낮았으며, 지상의 경우는 조금 높았다.

#### <u> 온도 RMSE</u>

Fig. 1.16 ~ 1.19 (b)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 지상온도의 월별 평균

RMSE를 그린 것이다. BIAS와 마찬가지로 초기장 검증과 그 차이를 보이지 않으 나 모든 층, 예보 시간에서 조금 높은 값을 보였다.



Fig. 1.11 300hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.12 500hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.13 850hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.14 해면기압의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.15 (a) 300hPa (b) 500hPa (c) 850hPa 고도와 (d) 해면기압의 월평균 S1 Score



Fig. 1.16 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.17 500hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.18 850hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.19 지상온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편찬

(3) 관측 검증

관측 검증은 분석 방법 차이 없이 동일한 기준에 대해 모델의 성능을 비교할 수 있다. 분석 검증과 마찬가지로 지역모델이 개선된 2001년 11월과 12월에 대해 월별 12, 24, 36, 48 시간 예보 별 BIAS, RMSE를 보인다.

#### 고도장 BIAS

Fig. 1.20 ~ 1.23 (a)는 각각 300, 500, 850, 1000 hPa의 월별 평균 BIAS를 그 린 것이다. 대체로 초기장, 분석장 검증과 동일한 경향을 보이고 있다.

#### 고도장 RMSE

Fig. 1.20 ~ 1.23 (b)는 각각 300, 500, 850, 1000 hPa의 월별 평균 RMSE를 그 린 것이다. 초기장, 분석장 검증의 경우보다 높은 값을 보이고 있다.

#### 온도 BIAS

Fig. 1.24 ~ 1.27 (a)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 지상온도의 월별 평균 BIAS를 그린 것이다. 초기장, 분석장 검증의 경우와 큰 차이를 보이지 않는다.

## 온도 RMSE

Fig. 1.24 ~ 1.27 (b)는 각각 300, 500, 850 hPa 그리고 지상온도의 월별 평균 RMSE를 그린 것이다. 초기장, 분석장 검증의 경우보다 큰 값을 보이고 있다.



Fig. 1.20 300hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.21 500hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b)평균제곱편차



Fig. 1.22 850hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.23 1000hPa 고도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.24 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.25 300hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.26 850hPa 온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차



Fig. 1.27 지상온도의 월평균 (a) 편차 와 (b) 평균제곱편차
## 1.3 강수 검증

2001년 4월부터 12월의 지역 예보 모델과 고분해능 모델의 강수 예상 결과를 AWS와 비교 검증하였다. 강수 검증 영역과 방법은 1999년과 2000년과 동일하다. Table 1.1 - 1.5는 검증영역과 강수 검증에서 사용하는 지수들을 나타낸 것이다.

격자점 기준			관측점 기준		시계열 영역	
	30km	480	전체 관측점	458	서욱	419
한반도 주변	10km	5658	서울 경기도	80	16	
	5km	19600	경상북도	68	부산	159
한반도 남쪽 육지	30km	149	경상남도	63	-1) Z	150
	10km	1157	전라북도	34	광주	156
		0702	전라남도	70	대저	133
	bkm	3706	충청북도	26		
임의 선택	30km	25	충청남도	36	강릉	105
	10km	25	강원도	65		
	5km	25	제주도	16	제주	184

Table 1.1 Regions of verification

Table 1.2 Indexes of verifications (Contingency frequencies)

구 분	설 명
Total Number (N)	The number of total data.
Hit Number (H)	The number of 'hits', which indicate occurrences of rain that were correctly predicted.
Fail Number (F)	The number of 'false alarm', which denote predictions of rain for which no rain was observed.
Miss Number (M)	The number of 'misses', which indicate occurrences of rain that were incorrectly predicted.
Zero Number (Z)	The number of 'zero', which denote correct forecasts of 'no rain'.

				-
구분	설명	공식	특징	영역
A.C.C. (forecast accuracy)	The ratio of correct forecasts to the total number of forecasts.	(correct forecasts) / (total forecasts) =(Z + H) / (N)	A.C.C. is strongly influenced by the predominant number of correct 'no rain' forests, Z, especially in dry regions.	From 0.0 to 1.0 perfect score 1.0
BIAS (bias score)	The relative frequency of predicted and observed rainfall, without regard to forecast accuracy.	(rain forecasts) / (rain observations) =(F + H) / (M + H)	If BIAS equals unity, then the predicted rainfall frequency is the same as was observed, but it may or may not be located in the same time	From 0.0 to ∞ (infinitely great) perfect score 1.0
P.O.D. (The probability of detection)	The success of the forecast in correctly predicting the occurrence rain.	(correct rain forecasts) / (rain observations) =(F) / (F + H)	It is possible to score well on the P.O.D. by overforecasting the occurrence of rain.	From 0.0 to 1.0 perfect score 1.0
F.A.R. (The false alarm ratio)	The fraction of rain predictions which were actually non-raining.	(false alarms) / (rain forecasts) =(F) / (F + H)	It is used to check for the error that P.O.D. scores well by overforecasting the occurrence of rain.	From 0.0 to 1.0 perfect score 0.0
C.S.I. (The critical success index, known as the 'threat score')	C.S.I. takes into account both false alarms and missed events.	(correct rain forecasts) / (rain forecasts + observations) =(H) + (F + M + H)	C.S.I. has the advantage of not being dominated by the no-rain events(Z). C.S.I. is biased toward data sets with higher rain frequencies, making it a misleading statstic to use when comparing forecast skill score different regimes.	From 0.0 to 1.0 perfect score 1.0

Table 1.3 Indexes of verification (Categorical statistics)

Table 1.4 Indexes of vermeation (Skin Scores	Table 1.4	Indexes	of	verification	(Skill	scores
--	-----------	---------	----	--------------	--------	--------

구분	설명	공식	영역
E.T.S. (The equitable threat score)	E.T.S. is a modification to the C.S.I. that takes into account the number of correct forecasts of events(H) that would be expected purely due to chance.	$ \begin{array}{l} (correct\ rain\ forecasts\ -\ random\ hits)\ /\ (rain\ forecasts\ +\ observations\ -\ random\ hits) \\ =\ (H-R)/(F+M+H-R) \\ =(Z\times H-F\times M)/((F+M)\times (Z\times H-F\times M)) \\ random\ hits(R) \\ =((M+H)\times (F+H))/(N) \end{array} $	From -1./3. to 1.0 perfect score 1.0
H.S.S (Heidke skill score)	H.S.S. accounts for all correct forecasts (events(H) and non-events(Z)) that would be made due to chance.	<pre>(correct forecasts - (correct forecasts)_random) / (N - (correct forecasts)_random)</pre>	From -∞ (Negative infinitely great) to 1.0 perfect score 1.0
H.K. (Hanssen and Kuipers score, known as the 'true skill score'	This is very similar to the H.S.S. except that it uses an unbiased random forecast in the denominator.	<pre>(correct forecasts - (correct forecasts)_random) / (N - (correct forecasts)_random,unbiased)</pre>	From -1.0 to 1.0 perfect score 1.0

Table 1.5 Indexes of verification (Continuous statistics)

구분	설명
Mean of diff.	The mean error of difference (forecasts - observations)
ABSE of diff.	The mean absolute error of difference (forecasts - observations)
RMSE of diff.	The RMS error of difference (forecasts - observations)

현업에서는 3종류의 격자점 기준 검증과 10종류의 관측점 기준 검증을 수행하 며 1, 3, 6, 12시간 누적 강수량에 대하여 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 50.0, 100.0 mm의 강수 임계치에 대하여 매일 2회(00, 12 UTC) 검증을 수행한 후, 월 평균 처리시에 12시간 누적의 0.01, 5.0, 10.0 mm의 강 수 유무에 대한 25격자점 검증값과 시계열 그림을 출력한다(http://190.1.5.132/MM5 /vrfy.html에 제공). 격자점 또는 관측점으로 자료를 내삽할 때 영향 반경은 30, 10, 5km MM5/KMA 모두 42km이다. 검증 지점 위치는 Fig. 1.28과 같다.



Fig. 1.28 +3hr, +12hr 강수예보의 검증 이용되는 RDPS 25개 격자포인트의 분포도

(1) 30km 지역모델의 강수 검증 결과

3시간 누적 강수량

Fig. 1.29는 3시간 누적 강수량을 12시간 간격으로 모아서, 강수 유무, 1mm 이 상 그리고 5mm 이상에 대하여 산출한 월별 Threat score이다. 그리고 이를 9개월 동안 평균한 값은 Table 1.6과 같다. 이 결과를 보면 2000년도 보다 강수 유무의 경우는 대체로 낮게 나타나나 1mm 이상, 5mm 이상에서는 높게 나타나고 있다.

	Forecast	+1hr to	+12hr to	+24hr to	+36hr to
Rainfall	time	+12hr	+24hr	+36hr	+48hr
category		rainfall	rainfall	rainfall	rainfall
Rain or n	ot	0.2	0.19	0.16	0.17
1mm abov	ve	0.17	0.15	0.12	0.1
5mm abov	ve	0.12	0.13	0.05	0.06

Table 1.6 RDAPS(30km)의 +3시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

12시간 누적 강수량

Fig. 1.30은 12시간 누적 강수량에 대하여 Fig. 1.29와 동일한 방법으로 검증한 월별 Threat score이고, 9개월 평균한 값이 Table 1.7이다. Table 1.6의 3시간 누적 강수량보다 전체적으로 Threat score가 높게 나타나고 있다. 2000년도 보다 강수 유무의 경우 낮게 나타나나 1mm 이상, 5mm 이상에서는 높게 나타나고 있다.

> Table 1.7 RDAPS(30km)의 +12시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

Forecast	+1hr to	+12hr to	+24hr to	+36hr to
Rainfall time	+12hr	+24hr	+36hr	+48hr
category	rainfall	rainfall	rainfall	rainfall
Rain or not	0.26	0.26	0.26	0.24
1mm above	0.24	0.23	0.22	0.18
5mm above	0.23	0.19	0.16	0.14

Threat Score of rain or not



Threat Score of 1mm Above



Threat Score of 5mm Above



 Fig. 1.29
 RDAPS(30km)의 +3시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상,

 5mm
 이상의 월별 threat score

Threat Score of Rain or Not



Threat Score of 1mm Above



Threat Score of 5mm Above



 Fig. 1.30
 RDAPS(30km)의 +12시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상,

 5mm 이상의 월별 threat score

Fig. 1.31은 4월부터 12월까지의 threshold의 변화에 따른 그 CSI값의 변화이다. 대부분의 모델에서 CSI의 강수 검증 결과 값은 기준 강수량 값이 증가할수록 강수 일수가 줄어들기 때문에 그 값이 떨어지며, 그리고 예보시간이 길어질수록 모델 오 차의 증가로 그 결과 값이 낮게 나타난다. 2001년 지역 예보 모델의 강수 검증 결 과 값도 거의 비슷한 결과가 나타난다. 6월, 9월, 10월의 경우 기준 강수량이 증가 함에도 불구하고 1~30mm 사이의 강수 검증 결과 값은 거의 유사하였다. 즉 6월, 9월, 10월은 강수 현상이 존재할 때마다 거의 30mm 부근의 강수가 내렸음을 알 수 있다. 계절적으로 비교하였을 때 여름철에 강수가 집중되는 우리나라 강수 특징에 따라 강수빈도와 양이 많은 여름철이 겨울철보다 강수 검증 결과 값이 높게 나타났 다.



April









Fig. 1.31 RDAPS(30km) +12h,+24h,+36h,+48h 예보에 대한 threat score vs precipitation threshold calculated(2001년 4월 ~ 12월)











Fig. 1.31 (Continued)

- 74 -













Fig. 1.31 (Continued)

(2) 10km 지역모델 강수 검증 결과

3시간 누적 강수량

Fig. 1.32는 3시간 누적 강수량을 12시간 간격으로 모아서, 강수 유무, 1mm 이 상 그리고 5mm 이상에 대하여 산출한 월별 Threat score이다. 그리고 이를 2001 년 4월부터 12월까지 9개월 평균한 값이 Table 1.8이다. 이 결과를 보면 30km 보 다 조금 낮게 나타나며, 2000년도보다도 조금 낮게 나타난다.

Table 1.8RDAPS(10km)의 +3시간 강수 예보에 대한 월평균<br/>threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

	Forecast	+1hr to	+12hr to
Rainfall	time	+12hr	+24hr
category		rainfall	rainfall
Rain or	not	0.15	0.17
1mm ab	ove	0.08	0.08
5mm ab	ove	0.06	0.06

12시간 누적 강수량

Fig. 1.33은 12시간 누적 강수량에 대하여 Fig. 1.32와 동일한 방법으로 검증한 월별 Threat score이다. 그리고 이를 9개월 평균한 값이 Table 1.9이다. Table 1.8 의 3시간 누적 강수량보다 전체적으로 Threat score가 높게 나타나고 있다.

> Table 1.9 RDAPS(10km)의 +12시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

	Forecast	+1hr to	+12hr to
Rainfall	time	+12hr	+24hr
category		rainfall	rainfall
Rain or r	not	0.34	0.36
1mm abo	ve	0.19	0.17
5mm abo	ve	0.13	0.1

Threat Score of Rain or Not



Threat Score of 1mm Above



Threat Score of 5mm Above



 Fig. 1.32
 RDAPS(10km)의 +3시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상,

 5mm 이상의 월별 threat score

Threat Score of Rain or Not



Threat Score of 1mm Above



Threat Score of 5mm Above



 Fig. 1.33 RDAPS(10km)의 +12시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상,

 5mm 이상의 월별 threat score

Fig. 1.34는 4월부터 12월까지의 threshold의 변화에 따른 그 CSI값의 변화이다. 9개월 평균 결과에서 30km의 결과보다 낮게 나온 반면 월별 기준 강수량에 따른 검증 결과 값은 대부분의 달이 높게 나타났다. 6월, 9월, 10월의 경우 24시간 예보 값이 12시간 예보 값보다 조금 높게 나타났다. 4월, 10월의 경우 기준 강수량이 20mm에서 값이 높게 나타나고 있으나, 나머지 달의 경우는 모두 기준 강수량이 커 질수록 강수 검증 결과 값이 낮아지는 경향이 나타났다.









Fig. 1.34 RDAPS(10km) +12h,+24h,+36h,+48h 예보에 대한 threat score vs precipitation threshold calculated(2001년 4월 ~ 12월)

April



July





September



Fig. 1.34 (Continued)



October





December



Fig. 1.34 (Continued)

(3) 5km 국지모델의 강수 검증

3시간 누적 강수량

Fig. 1.35는 3시간 누적 강수량을 12시간 간격으로 모아서, 강수 유무, 1mm 이 상 그리고 5mm 이상에 대하여 산출한 월별 Threat score이다. 그리고 이를 9개월 동안 평균한 값이 Table 1.10이다. 이 결과를 보면 30km, 10km 보다 높게 나타나 고 있다.

Table 1.10 RDAPS(5km)의 +3시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

	Forecast	+1hr to	+12hr to
Rainfall	time	+12hr	+24hr
category		rainfall	rainfall
Rain or not		0.21	0.2
1mm above		0.21	0.16
5mm above		0.12	0.11

12시간 누적 강수량

Fig. 1.36은 12시간 누적 강수량에 대하여 Fig. 1.35와 동일한 방법으로 검증한 월별 Threat score이다. 그리고 이를 6개월 평균한 값이 Table 1.11이다. Table 1.10의 3시간 누적 강수량보다 전체적으로 Threat score가 높게 나타나고 있다.

Table 1.11 RDAPS(5km)의 +12시간 강수 예보에 대한 월평균 threat score (2001년 4월 ~ 2001년 12월)

	Forecast	+1hr to	+12hr to
Rainfall	time	+12hr	+24hr
category		rainfall	rainfall
Rain or	· not	0.28	0.27
1mm a	bove	0.25	0.24
5mm a	bove	0.24	0.2





Threat Score of 1mm Above



Threat Score of 5mm Above



 Fig. 1.35
 RDAPS(5km)의 +3시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상,

 5mm 이상의 월별 threat score





Threat Score of 1mm Above



Threat Score of 5mm Above



 Fig. 1.36
 RDAPS(5)km의 +12시간 강수예보에 대한 강수유무, 1mm 이상,

 5mm 이상의 월별 threat score

Fig. 1.37은 4월부터 12월까지의 threshold의 변화에 따른 그 CSI값의 변화이다. 9개월 평균이 30km, 10km보다 높게 나타난 반면 검증 결과 값의 경우 30km보다는 높게 나타나나 10km보다는 낮게 나타나고 있다. 기준 강수량에 따른 강수 검증 결 과 값이 거의 일정한 모양을 나타내고 있다.



Fig. 1.37 RDAPS(5km) +12h,+24h,+36h,+48h 예보에 대한 threat score vs precipitation threshold calculated(2001년 4월 ~ 12월)



July









Fig. 1.37 (Continued)



October









Fig. 1.37 (Continued)

# 해양 모델 검증

- 파랑, 파고 및 해상풍 -

Technical Report 2002-7

기상청 예보국 수치예보과

작성자 : 기상서기 박효순 기상연구관 나득균 과 장 조주영

## 차 례

차	례	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	93
コ	림	차	례	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	94
표	차	례	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	95
1.	검·	증의	의	영	역	Ľ	빚	방	·법		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	96
	1.	1	검복	e S S	긔	영	역		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	96
	1.	2	검루	No	방	·법		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	97
2.	旦	0]	관	츢;	자	료	검	등	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	98
3.	위	성	관	측	자	료	マ	길건	N O	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			• •	•	•	•	100
4.	결	론	및	हे	ᅣ후	-	계	획	•				•	•	•	• •	•	•					•	•		•				•	•	•	•	•	•	111

## 그림 차례

- 그림 1. 전지구파랑모델(a) 및 지역파랑모델(b)의 검증 영역
- 그림 2. 전지구파랑모델 검증에 사용된 브이 관측지점
- 그림 3. 240h 예보시간에 대한 전지구파랑모델 유의파고 자료와 TOPEX/POSEIDON 유의파고 자료의 월별 bias 및 rmse
- 그림 4. 전지구파랑모델의 1년 검증 통계치
- 그림 5. 48h 예보시간 지역파랑모델 유의파고 자료와 TOPEX/POSEIDON 유의파고 자료의 bias 및 rmse
- 그림 6. 지역파랑모델의 1년 검증 통계치

## 표 차례

표 1. 전지구파랑모델 검증에 사용된 브이들의 ID 번호와 위치 표 2. 바람장 자료 및 유의파고 자료와 브이 자료와의 검증 (24h 예보) 표 3. 전지구파랑모델과 TOPEX/POSEIDON의 유의파고 자료의 12h 예보 검증 통계치 표 4. 지역파랑모델과 TOPEX/POSEIDON의 유의파고 자료의 12h 예보 검증 통계치 표 5. 지역파랑모델의 1년 평균 통계치

## 1. 검증의 영역 및 방법

## 1.1 검증의 영역

전지구파랑모델의 검증 영역은 70S~70N, 지역파랑모델의 검증 영역은 115E~ 150E, 20N~50N이며 그림 1a와 1b에 나타내었다.







그림 1. 전지구파랑모델(a) 및 지역파랑모델(b)의 검증 영역

#### 1.2 검증 방법

수치모델의 예보성능은 객관적인 분석장 검증 및 관측점 검증으로 판단되어 질 수 있다. 그러나, 현재 운영중인 파랑모델은 관측자료의 자료동화 과정을 통한 객관 분석 과정이 없으므로 분석장 검증은 불가능하며 따라서 관측자료(브이자료와 위성 자료)를 이용한 검증만을 시도하고 있다.

파랑모델의 검증은 크게 입력자료인 해상풍의 검증과 출력자료인 유의파고 자료 로 나누어진다. 해상풍 검증은 브이 관측자료, 유의파고 검증은 브이 관측자료 및 위성자료를 이용하여 검증을 실시하였다. 전지구파랑모델은 12시간 간격으로 240시 간 예보까지, 지역파랑모델은 3시간 간격으로 48시간 예보까지 매월 해상풍 및 유 의파고의 검증을 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

• Mean Error :  $BISE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (X_{fcst} - X_{obs})$ • Root Mean Square Error :  $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (X_{fcst} - X_{obs})^2}$ 

브이 관측자료를 이용한 검증은 전지구파랑모델의 경우 각 브이 지점에 이웃한 4개의 모델 격자점 자료를 취한 후 (격자점 일부가 육지인 경우 그 격자점 자료는 제외) 거리에 반비례하게 가중치를 적용하여 각 브이 지점에서의 모델 자료를 계산 하여 실시하였다. 지역파랑모델의 경우는 각 브이 지점에 가장 가까운 모델 격자점 을 그 브이 지점에서의 모델 자료로 사용하여 검증을 실시하였으나 2000년 8월 이 후부터는 검증에 사용되던 일본 브이가 운영을 중단하는 관계로 브이 자료가 없어 검증을 하지 않았다. 위성자료를 이용한 검증은 전지구파랑모델과 지역파랑모델 모 두 각 격자점에서 모델 분해능의 1/4 거리 범위 내에 들어오는 관측자료 중 격자점 에 가장 가까운 관측자료를 선택하여 그 격자점의 관측자료로 사용하여 실시하였 다. 전지구모델이 2001년 3월부터 T106 L21 모델에서 T213 L30 모델로 바뀜에 따 라 전지구파랑모델의 검증은 2월까지는 T106 L21 모델결과를 이용하여 실시하였고, 3월부터는 T213 L30 모델결과를 이용하여 실시하였다. 또한, 지역모델은 2001년 11 월부터 MM5 version3로 업그레이드가 되어서 11월부터는 업그레이드 된 지역모델 결과를 이용하여 지역파랑모델의 검증을 실시하였다.

### 2. 브이 관측자료 검증

GTS 망을 통하여 전세계로 분배되는 해양관측자료는 크게 선박에 의한 관측 전 문, 계류브이 전문(moored buoy), 표류브이 전문(drifting buoy)으로 나누어진다. 이 가운데에서 해양파랑모델의 검증에 사용되고 있는 자료는 심해에 위치한 계류브이 자료로서 안정적으로 자료를 송출하는 18개의 브이이다. 검증에 사용되는 모든 브 이들이 북반구에 위치한 것들이어서 남반구 및 적도 해상에 대한 검증은 제외되었 다. 북반구 해양은 크게 4개 지역(북동 태평양, 북서 태평양, 북서 대서양, 북동 대 서양)으로 분류하고 있으나, 일본청에서 운영중이던 북서 태평양 상의 21004(135E, 29N), 22001(126E, 28N), 21002(134E, 38N) 브이가 2000년 후반기에 운영을 중단하 였다. 따라서, 실제로 전지구파랑모델의 검증에는 북서 태평양에 위치한 2개의 브이 를 제외한 16개의 브이자료가 사용되고 있으며, 지역파랑모델은 브이 관측자료 검 증을 실시하지 못하고 있는 상태이다. 그림 2는 전지구파랑모델의 검증에 사용된 브이 관측자료의 지점, 표 1은 각 브이 위치를 나타내었다.



그림 2. 전지구파랑모델 검증에 사용된 브이 관측지점

Group	Serial No.	Buoy ID	위도, 경도	위 치
	1	41001	72.6W 34.7N	US East Coast
북 동 대서양	2	41002	75.2W 32.3N	US South-East Coast
-11 1 0	3	42001	89.7W 25.9N	Gulf of Mexico
	4	46001	148.2W 56.3N	Gulf of Alaska
	5	46003	155.9W 51.8N	Aleutian Peninsula
북 서	6	46005	131.0W 46.1N	US North-West Coast
태평양	7	46036	133.9W 48.4N	US North_West Coast
	8	46059	130.0W 38.0N	US West Coast
	9	46184	138.9W 53.9N	Canada West Coast
	10	62029	12.4W 48.7N	UK Celtic Sea shelf break
	11	62081	13.3W 51.0N	UK East Atlantic
북 서	12	62106	9.9W 58.0N	UK North-East Atlantic
	13	62108	19.5W 53.5N	UK East Atlantic
대서양	14	62163	8.5W 47.5N	UK Celtic Sea shelf break
	15	63111	1.5E 59.5N	North Sea shelf break
	16	64045	11.7W 59.2N	UK North-East Atlantic

표 1. 전지구파랑모델 검증에 사용된 브이들의 ID 번호와 위치

각 브이로부터 입수되는 정보는 풍향, 풍속, 해면기압, 기온, 수온, 유의파고, 파 주기지만, 이 중에서 풍속과 유의파고 자료만이 검증에 사용된다. 브이검증은 전지 구파랑모델에 대해서만 실시하였으며, 브이자료가 12월 10일경부터 제대로 수신이 되지 않아서 12월을 제외한 11개월에 걸쳐서 검증을 하였다. 각 브이 지점마다 24h 예보결과에 대한 bias 및 rmse error를 월 평균하여 정리하여 표 2에 나타내었다. 브이자료와 검증한 전지구모델(GDAPS)의 바람자료는 거의 모든 달에서 음(-)의 bias error를 보이고 있으며 평균 bias error는 -0.46, 평균 rmse error는 3.91를 나 타내었다. 이렇게 바람장 검증에서 음의 bias error를 보이는 경향은 전지구파랑모 델의 유의파고 검증에서도 그대로 나타나고 있다. 유의파고의 검증은 7월에만 약한 양(+)의 bias error를 보이고 있을 뿐 거의 모든 달에서 음의 bias error를 보이고 그 평균은 -0.47이며, 평균 rmse error는 1.11로 나타났다. 검증의 결과는 겨울철보 다는 여름철에 더 좋게 나오는 경향을 보였다. 2001년 3월부터 전지구모델(GDAPS) 이 T106 L21에서 T213 L30으로 개선됨에 따라 바람장 검증 뿐만 아니라 유의파고 검증결과도 3월부터는 더 좋은 결과를 보이고 있다. 이는 전지구모델이 개선됨에 따라 전지구파랑모델의 입력자료인 바람장 자료가 더 좋게 개선되었기 때문으로 판 단된다.

월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
wind bias	-1.37	-1.43	-0.13	0.09	-0.42	-0.37	-0.43	-0.32	-0.04	-0.09	-0.56	_	-0.46
wind rmse	5.51	4.19	4.70	3.10	7.57	2.70	2.65	2.58	2.89	3.52	3.58	_	3.91
wave bias	-1.86	-1.41	-0.45	-0.39	-0.02	-0.03	0.02	-0.20	-0.10	-0.34	-0.34	_	-0.47
wave rmse	2.43	1.74	1.36	1.13	0.61	1.01	0.54	1.81	0.70	0.98	0.92	_	1.11

표 2. 바람장 자료 및 유의파고 자료와 브이 자료와의 검증 (24h 예보)

### 3. 위성 관측자료 검증

위성 관측자료 검증에 사용된 위성자료는 극궤도 위성인 TOPEX/POSEIDON (T/P) 위성의 관측자료이다. 이 위성은 1992년 8월에 미항공우주국(NASA)과 프랑 스의 Centre National d'Etudes Spatiales(CNES) 두 기관에서 전지구 해양순환 연 구를 목적으로 해면고도 관측센서(altimetry)를 탑재하여 운영되고 있는 지구관측 위성이다. 해면고도를 정확히 관측함으로서 해수면에서의 유속성분, 조석, 파랑정보 를 생산할 수 있다. 관측 정밀도는 일반적 해상상태에서 ±2cm 범위에 있으며, 표 준편차는 ±14cm이다. 트랙이 한번 반복되는 주기는 10일이다. 미국 젯트추진 연구 소(JPL) 해양물리자료센터(PODAAC)를 통하여 1일 1회 자동으로 자료를 수집하여 00UTC, 12UTC로 구분하여 자료를 저장하고 있다. T/P 자료의 관측시간 차이에서 생기는 시간상 오차는 무시하고 12UTC를 기준으로 그 이전에 들어오는 자료는 그 날 12UTC 자료로, 12UTC 이후에 들어오는 자료는 그 다음날 00UTC 자료로 가정 하여 사용하였다. 자료의 내용은 관측점 위경도좌표, 해면고도(mm), 유의파고 (0.1m), 해면고도 아노말리(mm), 해상 19.5m에서의 풍속(m/s), 수증기량(g/cm<sup>2</sup>) 등 이다. 이웃하는 관측자료 사이의 간격은 약 10km 정도로 조밀하지만 다른 위성 관 측과 같이 스캔(scan) 방식이 아니라 궤도(path)를 따라 포인트 형태로 관측되므로 검증에 사용되는 자료의 개수는 1개월 검증기간을 모두 더하여 전지구파랑모델(1.25 ×1.25)의 경우는 15000~20000개 정도이며, 지역파랑모델(0.25×0.25)의 경우는 200 0~3000개 정도이다. T/P 자료는 전지구파랑모델과 지역파랑모델의 유의파고 자료 와의 검증에 이용되고 있다.

표 3은 전지구파랑모델 유의파고 자료와 T/P 유의파고 자료의 12h 예보검증의 통계치를 정리하 표이다. 3월 이후로 전지구파랑모델의 평균값이 관측값(T/P)과 많 이 가까워졌고 회귀직선의 기울기(slope)는 더 커졌으며 회귀직선에서 흩어진 정도 를 나타내는 scatter index 역시 더 좋게 나타났다. 이처럼, T/P와의 유의파고 검증 에 있어서도 2001년 3월에 전지구모델의 개선에 의한 효과로 3월 이후부터는 검증 이 전반적으로 좋게 나타나고 있음을 알 수 있다. 검증기간 동안 모든 달에서 음(-) 의 bias error를 보이고 있으며 그 평균값은 -0.498이고, 평균 rmse error는 1.177을 나타내었다. 전지구파랑모델 유의파고의 평균값은 2.302로 관측값과 많이 접근해 있 으며 평균 상관은 0.712, 회귀직선의 기울기는 평균 0.507, scatter index은 평균 42.150으로 나타났다. 그림 3은 예보시간인 240h까지 bias 및 rmse error를 그린 그 림으로 예보시간이 지남에 따라 음의 bias error가 줄어들고 있다. 그림 4는 1년 동 안 평균한 bias 및 rmse error를 나타낸 그림이다. 진한 막대는 1월부터 12월까지 12개월 동안 평균을 한 것이고, 흰 막대는 T213 자료를 사용하기 시작한 3월부터 12월까지 10개월 동안 평균한 것이다. 두 경우 모두 음의 bias error가 예보시간이 지남에 따라 즐어들고 rmse error는 커지고 있지만, T213 자료를 사용한 기간동안 평균한 경우가 더 좋은 검증결과를 보이고 있다. 따라서, 전지구모델의 개선이 전지 구파랑모델의 결과에도 많은 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

표 4는 T/P 유의파고 자료와 지역파랑모델 유의파고 자료의 12h 예보에 대한 검증결과 통계치를 정리해 놓은 것이다. 지역파랑모델의 평균값이 관측값(T/P)보다
큰 6월, 8월, 9월에는 양(+)의 bias error를 보이는 반면에 나머지 달에서는 음(-)의 bias error를 보이고 있다. 2001년 11월부터 지역모델이 MM5 version3으로 업그레 이트되었지만 큰 차이는 없고 단지 음의 bias error는 조금 더 커졌음을 보이는데 이는 업그레이드 된 지역모델에서 제공되는 바람장 자료가 기존의 지역모델에서 제 공된 바람장 자료보다 바람을 조금 약하게 묘사하기 때문이다. 2001년 1년 동안 평 균 통계치를 살펴보면 상관은 0.725, bias error는 -0.210, rmse error는 0.817, scatter index는 42.835를 나타내었다. 회귀직선의 기울기가 0.824로 높게 나타나는 것은 지역파랑모델의 평균값이 관측값보다 높은 달 중 7월과 8월에 그 기울기가 1 을 넘어섰기 때문이며, 이런 달들을 제외하면 회귀직선의 평균 기울기는 0.736이다. 그림 5은 48h 예보시간까지 bias와 rmse error를 나타낸 그림으로 양의 bias error 를 나타내는 달들은 예보시간이 지남에 따라 bias error가 커짐을 볼 수 있는 반면 에 음의 bias error를 나타내는 달들에서는 bias error가 줄어드는 것을 알 수 있다. 또한, rmse error는 예보시간이 지남에 따라 커짐을 알 수 있다. 그림 6는 1년 동안 평균한 bias 및 rmse error와 상관계수를 나타낸 그림이고, 표 5에는 그 통계치를 나타내었다.

T/P 검증에 사용된 T/P 자료의 수가 12시간 간격으로 커지고 작아지는 경향은 00UTC와 12UTC에 관측되는 T/P 자료의 수가 위성이 북반구를 지날 때와 남반구 를 지날 때에 달라지기 때문으로 판단된다.

	총 자 료 수	GoWAM 평 균	T/P 평균	상 관 계 수	Slope	Bias	Rmse	Scatter Index
1월	8826	1.349	2.544	0.640	0.411	-1.195	1.536	60.378
2월	13153	1.474	2.856	0.628	0.402	-1.382	1.751	61.312
3월	20785	2.551	2.917	0.696	0.494	-0.367	1.051	36.022
4월	19507	2.527	2.980	0.707	0.485	-0.453	1.114	37.378
5월	20008	2.443	2.924	0.760	0.521	-0.481	1.148	39.253
6월	18405	2.463	2.769	0.770	0.571	-0.306	1.038	37.487
7월	16907	2.414	2.744	0.722	0.466	-0.329	1.201	43.774
8월	18117	2.492	2.876	0.689	0.541	-0.384	1.262	43.878
9월	15537	2.564	2.910	0.758	0.559	-0.346	1.120	38.489
10월	18216	2.511	2.738	0.745	0.590	-0.227	0.993	36.263
11월	17227	2.460	2.705	0.727	0.539	-0.246	0.947	35.004
12월	18776	2.375	2.637	0.704	0.502	-0.262	0.964	36.557
평균	17122	2.302	2.800	0.712	0.507	-0.498	1.177	42.150

표 3. 전지구파랑모델과 TOPEX/POSEIDON의 유의파고 자료의 12h 예보 검증 통계치



그림 3. 240h 예보시간에 대한 전지구파랑모델 유의파고 자료와 TOPEX/POSEIDON 유의파고 자료의 월별 bias 및 rmse





(a) BIAS



(b) RMSE

그림 4. 전지구파랑모델의 1년 검증 통계치

	총 자 료 수	ReWAM 평 균	T/P 평균	상 관 계 수	Slope	Bias	Rmse	Scatter Index
1월	1850	2.532	2.724	0.750	0.812	-0.192	0.923	33.879
2월	2567	1.951	2.259	0.753	0.801	-0.307	0.793	35.107
3월	2686	1.863	2.131	0.781	0.850	-0.269	0.829	38.900
4월	2669	1.447	1.654	0.686	0.707	-0.206	0.625	37.795
5월	2756	1.285	1.426	0.465	0.484	-0.141	0.675	47.341
6월	2240	1.332	1.295	0.666	0.800	0.037	0.517	39.919
7월	2704	1.314	1.416	0.671	0.767	-0.102	0.783	55.285
8월	2850	1.910	1.875	0.885	1.330	0.035	1.036	55.250
9월	2473	2.012	1.931	0.781	1.133	0.081	0.950	49.192
10월	2893	1.883	2.125	0.697	0.818	-0.242	0.938	44.139
11월	2944	1.451	1.991	0.724	0.652	-0.540	0.795	39.932
12월	2930	1.838	2.508	0.843	0.731	-0.670	0.935	37.286
평균	2630	1.735	1.945	0.725	0.824	-0.210	0.817	42.835

표 4. 지역파랑모델과 TOPEX/POSEIDON의 유의파고 자료의 12h 예보 검증 통계치



(d) 1월, 2월, 12월

그림 5. 48h 예보시간 지역파랑모델 유의파고 자료와 TOPEX/POSEIDON 유의파고 자료의 bias 및 rmse



(a) BIAS



(b) RMSE



(c) Correlation

그림 6. 지역파랑모델의 1년 검증 통계치

표 5. 지역파랑모델의 1년 평균 통계치

예보시간	BIAS	RMSE	CORR.
12 hr	-0.210	0.817	0.725
24 hr	-0.184	0.852	0.711
36 hr	-0.148	0.884	0.685
48 hr	-0.091	0.950	0.655

## 4. 결론 및 향후 계획

전지구파랑모델의 검증은 브이검증과 위성검증을 실시하였다. 두 경우의 검증결 과, bias error는 거의 모든 시기에 음의 값을 나타내었으며 예보시간이 지날수록 음의 bias error가 줄어드는 경향을 보였다. 12시간 예보검증의 경우, bias error는 -0.498, rmse error는 1.177, 상관계수는 0.712를 나타내었다. 또한, 올 3월부터 전지 구모델이 T106에서 T213으로 바뀜에 따라 전지구파랑모델의 결과 역시 개선된 바 람장 자료를 사용한 3월부터 더 나은 결과를 보였다.

지역파랑모델의 브이검증은 일본청에서 운영중이었던 브이가 2000년 8월부터 운 영을 중단하는 관계로 검증을 실시하지 못하고, 위성검증만을 실시하였다. 지역파랑 모델의 경우, 양의 bias error를 나타내는 달들이 있었지만 대체적으로는 음의 bias error를 나타내었으며, 그것은 1년을 평균하였을 때도 알 수가 있었다. 12시간 예보 검증의 경우, bias error는 -0.210, rmse error는 0.817, 상관계수는 0.725를 나타내었 다.

현재의 검증은 위성자료를 이용한 유의파고 검증만을 실시하고 있으나, 앞으로 는 Quikscat 위성자료를 이용하여 바람장 검증도 실시할 계획이다. 또한 지역파랑 모델은 브이검증을 실시하지 못하고 있지만, 기상청에서 운영중인 브이자료를 이용 한 검증체계를 구축하여 검증을 실시할 계획이다.