

PC6) 기상예보모델 내 물리 모수화의 최적화 방안

Optimum Method of the Physical Parameterization within Meteorological Forecasting Models(MM5/WRF)

문 윤 섭 · 이 승 환
한국교원대 환경교육과

1. 서 론

MM5 모델은 비압축성 비정수계(Non-compressible non-hydrostatic) 모형으로 수평격자는 Arakawa-B 격자계를 사용한다. 연직 격자는 지형을 따라가는 시그마 좌표계(σ -coordinate)를 사용한다. 시간 적분방법으로는 1차 등넘기(leapfrog) 시간 적분 방법을 사용하였으며, 이류항에 대해서는 2차 중앙 차분법(2nd order centered differencing)을 이용한다. 수평 확산 방안으로는 경계점에 대해서는 2차, 내부 격자점에 대해서는 4차 확산 방안을 사용한다.

WRF 모형은 완전 압축성 비정수계(Fully compressible non-hydrostatic) 모형으로 수평격자는 Arakawa-C 격자계를 사용한다. 연직 격자로는 Eulerian 질량좌표계 (mass-based terrain following coordinate)를 사용한다. 수치계에서는 MM5 모형과 달리 3차 Runge-Kutta split-explicit 시간적분을 사용하며 이류항에 대해서는 6차 중앙 차분법을 도입한다. 또한 플릭스 형태의 진단방정식을 사용한다(함수원 등, 2005).

MM5와 WRF 모델이 역학적인 프레임에서 각각 압축성, 비압축성이라는 것과 수평격자계가 Arakawa-B, Arakawa-C 격자 등 서로 다르고, 운동량, 엔트로피, 스칼라량의 보존성에도 차이가 있는 만큼, 물리 모수화 방안을 동일하게 하여도 기상요소 예측 결과는 달라질 수 있다. 그래서 본 연구에서는 두 기상모델의 프레임 차이에 따른 예보정확도를 비교하기 위해 최대한 동일하거나 유사한 모수화 방안을 사용하여 모델링을 실시하고, 그 결과를 지상 및 고층 기상 관측값과 대조하여 최적의 기상 물리 모수화 방안을 제시 하고자 한다. 이를 통해 두 모델의 기상 모의능력 비교 및 예보 특성에 대해 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 모수화 방안에 따른 예보정확도 비교

MM5/WRF의 최신버전인 MM5 ver3.7과 WRF ver2.2는 발표시점에 2년의 시간차이가 있고, 지원하는 모수화 방안에 있어서 많은 차이가 있는 만큼 두 모델에 대해 각각 앙상블 수를 구성하여 물리 스킴의 차이에 따른 예보결과와 정확도를 통계적으로 비교하였다. PBL, Microphysics, Radiation, Cumulus scheme의 차이에 따른 풍향, 풍속, 기온, 습도 예측값의 정확도를 비교, 검증하였으며, 그 에 따른 최적의 모수화 방안을 설계하였다. 또한 MM5와 WRF모델에 대해 동일한 수평격자와 수직격자, 동일한 초기 기상 입력장과 적분시간에 대해 모델링을 실시하였다. 사례일로는 기상요소가 급변하는 상황의 모의 능력 평가를 위해 봄철 저기압 통과시 한랭전선 후면에서 빈번하게 발생하는 황사사례를 선정하였고, 물리 스킴은 최대한 동일하게 맞추었다.

모델링 결과로부터 각 격자크기별 영역(30km, 10km, 3.3km grid)에서의 풍향, 풍속, 기온, 습도를 매 시간 간격으로 추출하여 지상관측지점인 서울과 인천기상대 관측 자료와 비교하였고, 고층 기상자료는 오산 관측값과 비교를 실시하였다. 각 격자크기별 영역에서 기상요소를 추출할 때는 지상관측지점을 둘러싸는 네 개의 격자점 값을 추출하여 수평 내삽하여 최대한 관측점의 값에 근접하도록 하였다.

3. MM5/WRF 최적화 방안

본 연구에서는 봄철 전선을 동반한 저기압이 한만도를 통과하는 사례를 선정하여 MM5, WRF의 PBL, Microphysics scheme을 다양하게 적용하여 예보 정확도를 제고할 수 있도록 모델을 최적화 하였

다. 표 1과 표 2는 MM5 및 WRF 내 대기경계층(PBL)의 물리 스킴 차이에 따른 풍속의 결과를 나타낸 것이다. 현재 시점의 연구결과 및 선행연구자들의 연구를 토대로 선정된 MM5 모델과 WRF 모델의 물리 스킴은 표 3과 같다.

Table 1. MM5 PBL의 차이에 따른 풍속 모의 결과.

PBL scheme	BIAS			MAE			RMSE		
	domain 1	domain 2	domain 3	domain 1	domain 2	domain 3	domain 1	domain 2	domain 3
MRF	2.18	1.89	2.35	2.35	2.10	2.57	2.85	2.60	3.10
Eta M-Y	1.25	0.86	1.20	1.53	1.29	1.58	1.92	1.62	1.94

Table 2. WRF PBL의 차이에 따른 풍속 모의 결과.

PBL scheme	BIAS			MAE			RMSE		
	domain 1	domain 2	domain 3	domain 1	domain 2	domain 3	domain 1	domain 2	domain 3
MRF	2.03	1.50	1.67	2.33	1.90	1.96	2.94	2.43	2.45
YSU	1.71	1.09	1.41	2.07	1.60	1.79	2.64	2.08	2.22
MYJ	2.15	1.54	1.59	2.46	1.87	1.87	3.02	2.33	2.33

Table 3. 모델별 최적화 scheme 제시방안.

model	Microphysics	Cumulus	PBL	Radiation	Land surface
MM5	graupel (Reisner 2)	Kain-Fritsch 2	Eta M-Y	RRTM	5 layer thermal diffusion
WRF	WSM 6-class / Lin et al	Kain-Fritsch (new Eta)	YSU	LW : RRTM SW : Dudhia	5 layer thermal diffusion

4. 결 론

두 모델 중 어느 한 모델이 절대 우위에 있다는 판단을 내리기가 어려운 만큼 CMAQ과 같은 대기질 예보모델과 결합하여 사용했을 때 두 모델 모두 비슷한 성능을 보일 것으로 기대된다. 하지만 WRF 모델이 CMAQ과 동일한 격자체계를 갖추고 있고, 질량, 운동량, 엔트로피, 스칼라량이 보존된다는 사실이다.

사 사

본 연구는 환경부에서 시행하는 차세대 핵심환경기술개발사업인 “대기질 예경보 시스템 상용화 package 개발” 위탁 과제의 지원으로 수행되었다.

참 고 문 헌

함수련, 박선주, 방철한, 정병주, 홍성유 (2005) WRF, MM5, RSM 모형에서 모의한 2004년 7월 11-18일의 동아시아 몬순의 비교, 대기지, 15(2), 91-99.