

PC4) 중규모 기상모델(MM5)의 장기적분에서 FDDA 동화강도가 계절별 수치모의에 미치는 영향

Effect of the Nudging Coefficient of the FDDA in long-term prediction using MM5 on Numerical Simulation

방철한 · 이재범 · 유정아 · 최원준
 국립환경과학원 기후변화연구과

1. 서 론

최근 기후변화 문제가 대두되면서 기후와 대기환경간의 상호작용을 규명하고, 이에 대한 적응 대책을 마련하기 위해 기후모델과 화학모델을 결합한 통합적 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 CMAQ (Community Multiscale Air Quality Modelling System) 등의 지역규모 대기화학 모델은 장기 적분 실험을 위해서 지역기후 모형으로부터의 고해상도 대기장이 필요하며, CCSM3은 동아시아지역의 역학적 다운스케일링 및 과거사례 검증을 위한 한반도 지역의 고해상도 기상장을 생산해야 한다. 이와 같은 이유로 중규모 기상모델의 장기적분 또한 요구되고 있는 실정이다. 동아시아 지역의 미래 기후의 특징과, 변화의 특징을 도출하기 위하여 기상장의 정확한 분석 및 예측은 더없이 중요한 과정이지만 그 필요성만큼 쉽지 않은 것 또한 사실이다. 기상모델의 질적 향상을 위해 관측자료 내삽을 통한 자료동화과정으로 초기장을 향상시켜 수치모의 시 입력될 분석장을 개선하는 방안이 효과적이다. 또한 이화운 등(2005)은 지상관측자료의 동화방법의 차이에 따라 바람장과 오염장 예측이 달라질 수 있음을 보이기도 하였다. 이번 연구는 중규모 기상모델의 장기 적분에서 FDDA(Four-Dimensional Data Assimilation) 동화강도가 계절별 수치모의에 어떠한 영향을 미치는지를 확인해 보는데 그 목적이 있다 하겠다.

2. 연구 방법

수치모의 시 FDDA 동화강도의 계절별 영향을 살펴보기 위해 PSU/NCAR MM5 (Grell et al., 1995)를 이용하여 1개월 단위로 1년간 적분을 수행하였다. MM5 모형은 압축성 비정수계 (compressible non-hydrostatic)모형으로 수평 격자는 Arakawa-B 격자 체계를 사용한다. 연직 격자로는 지형을 따라가는 시그마 좌표계(σ -coordinate)를 사용하며 다중격자체계의 운용과 비정수 역학 및 4차원 자료동화가 가능하다. 실험에 사용된 초기 및 경계 자료는 2.5°×2.5° NCEP/NCAR(National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research) 재분석 자료(Kalnay et al., 1966) 6시간 단위 자료를 기본 입력 자료로 사용하였다. 모델 수행을 위하여 동아시아 지역을 중심으로 Lambert-Conformal 지도 투영법을 사용한 두개의 모델영역을 설정하였으며(그림 1), 기타 모델 설정은 표 1에 나타나있다.

Table 1. Control experimental designs.

Items	Description	
Dx	54km	18km
Dimension	115×75	49×73
Runtime	1998.12.31 00:00~2000.01.00 00:00(UTC)	
Time steps	120(sec)	
Vertical layers	23/50hPa	
Initialization	One-way nest	
Microphysics	mix phase	
Cumulus parameterization	KF	
PBL	MRF	
RAD	RRTM	
Ground Temp	5-layer soil model	

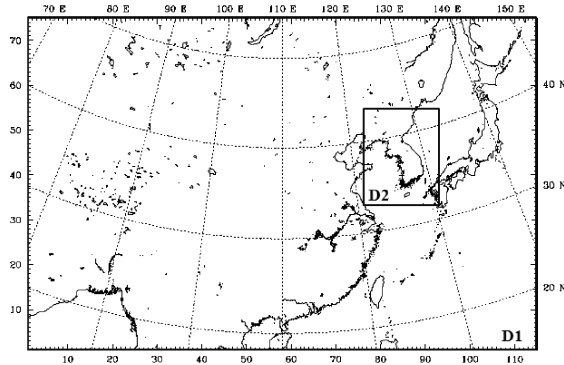


Fig. 1. The MM5 model domains for a 54km(D1) and 18km(D2).

민감도 실험은 기준 실험과 같으나 장기적분 시 계절에 따른 효과를 평가하기 위하여 표 2와 같이 동화계수에 관한 민감도 실험을 수행하였다. 객관분석을 위한 예단 방정식은 flux 형태로 쓰여지며, 비정수 상태일 때 다음과 같다.

$$\frac{\partial \alpha^*}{\partial t} = F(\alpha, x, t) + G_\alpha \cdot W_\alpha(x, t) \cdot \epsilon(x) \cdot p^*(\hat{\alpha}_0 - \alpha)$$

where, $p^*(p_s - p_t)$, p_s : surface pressure, p_t : a constant pressure of the top, α : the model's dependent variables, F : model's physical forcing terms, x : the independent spatial variables, t : time, $\hat{\alpha}_0$: the estimate of the observation analyzed to the grid, ϵ : the analysis quality factor, G_α : the nudging factor of the relative magnitude of the term, $W = W_{xy} W_\alpha W_t$: the horizontal, vertical and time weighting function

G_α 는 자료동화 계수로써 너무 크면 강한 내삽으로 모델 내에 불균형이 생겨 국지순환이 손상될 수 있으며, 너무 작으면 모델에 반영할 수 없게 된다. MM5에서는 기온과 바람에 대하여 D1: $2.5 \times 10^{-4} s^{-1}$, D2: $1.0 \times 10^{-4} s^{-1}$ 을 기본값으로 하고 있다.

Table 2. Summary of numerical experiments. A dash means the same setup as in the CTL experiment.

Experiments	January			April			July			October		
	GV	GT	GQ	GV	GT	GQ	GV	GT	GQ	GV	GT	GQ
CTL	2.5×10^{-4}	2.5×10^{-4}	1.0×10^{-5}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SV	2.5×10^{-3}	-	-	2.5×10^{-3}	-	-	2.5×10^{-3}	-	-	2.5×10^{-3}	-	-
ST	-	2.5×10^{-3}	-	-	2.5×10^{-3}	-	-	2.5×10^{-3}	-	-	2.5×10^{-3}	-
SQ	-	-	1.0×10^{-4}	-	-	1.0×10^{-4}	-	-	1.0×10^{-4}	-	-	1.0×10^{-4}
WV	2.5×10^{-5}	-	-	2.5×10^{-5}	-	-	2.5×10^{-5}	-	-	2.5×10^{-5}	-	-
WT	-	2.5×10^{-5}	-	-	2.5×10^{-5}	-	-	2.5×10^{-5}	-	-	2.5×10^{-5}	-
WQ	-	-	1.0×10^{-6}	-	-	1.0×10^{-6}	-	-	1.0×10^{-6}	-	-	1.0×10^{-6}

3. 결과 및 고찰

총관장의 영향이 중규모 기류보다 크게 나타나는 겨울철에는 큰 동화강도를, 총관장의 영향보다 중규모 기류가 크게 나타나는 여름철에는 작은 동화강도 수치를 가지는 경우 관측 자료와 유사한 결과를 보였다.

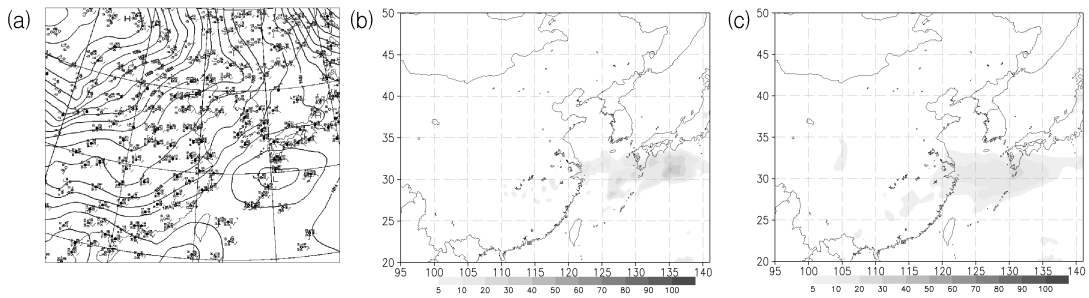


Fig. 2. (a) Surface weather charts (b) TRMM precipitation data(mm/daily) and (c) accumulated rainfall by strengthened nudging coefficient in represents d1(mm/daily) at 00:00 UTC on 1 February 1999.

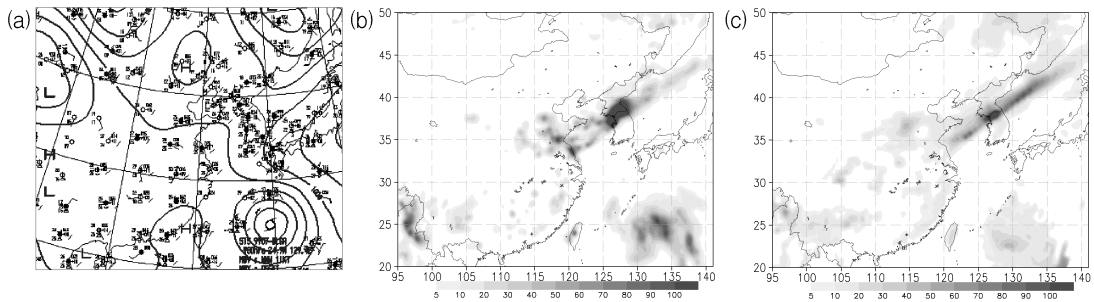


Fig. 3. (a) Surface weather charts (b) TRMM precipitation data(mm/daily) and (c) accumulated rainfall by strengthened nudging coefficient in represents d1(mm/daily) at 00:00 UTC on 1 August 1999.

본 연구를 통해 중규모 기상모델의 장기 적분과정에 있어서 기본적으로 주어지는 자료동화 계수 값을 이용하기보다 종관적 요건에 따라 계절적 특성에 맞는 값을 산정하여 적용하였을 때 더 정확한 기상장을 산출 할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- 이화운, 원혜영, 최현정, 김현구 (2005) 광양만권에서의 자료동화된 대기유동장이 대기오염 물질의 확산장에 미치는 영향에 관한 수치모의, 한국대기환경학회지, 21(2), 169-178.
- Grell, G.A., J. Dudhia, and D.R. Stauffer (1995) A Description of the Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5), NCAR/TN-398+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, 107.
- Kalnay, E. and Co-authors (1996) The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-472.