

# 미세격자모형을 이용한 한반도 악기상 예측성 실험에 관한 연구

○김 태 국\*, 정 준 석\*, 오 재 호\*

## 1. 서론

여러 가지 대기현상 중 강수현상은 적란운과 같은 소규모 대기요란에서부터 중규모의 저기압과 태풍, 또 장마전선과 같은 대규모 기상현상과 관련되어 발생하는 만큼 시, 공간적으로 다양한 규모의 강수메커니즘에 의하여 생성, 유지, 소멸된다. 이중 호우사례는 주변의 종관장, 중규모 기상과정 그리고 이들의 상호작용과 밀접한 관계가 있다.

이런 호우사례를 수치모의 할 경우, 현재의 수치예보 기술로는 중규모의 기상현상은 어느 정도 예측하나, 집중호우와 같은 중규모 기상현상을 예측하기는 매우 어렵다. 현재의 수치예보 모형은 그 격자간격이 40~60 km 정도가 되고, 집중호우와 같은 국지적 악기상 현상은 그 보다도 훨씬 작은 규모의 현상이기 때문이다. 그 대안으로 지금보다 시공간적 간격이 훨씬 작은 미세 격자모형을 들수 있다. 또한, 미세 격자 모형에서 고려되어야 할 중요한 문제가 초기자료에 관한 문제이다. 특히, 40~60 km 정도의 모형에서 생성된 결과를 미세 격자 모형에서의 초기자료로 사용할 경우, smoothing 된 자료에서 국지 악기상 현상을 어느 정도까지는 예측 가능하나 그 한계가 있다. 그러므로 현재 동원 가능한 모든 관측자료(레이더자료, 위성자료등의 실시간 관측자료)를 모형의 초기자료에 동화시키는 연구가 활발히 수행중이다.

따라서, 본 연구에서는 한반도에 기록적인 집중호우를 내렸던, 1998년 7월 31일~8월 16일까지의 기간 중 지리산 호우사례(7.31)를 선정하여 미세 격자 모형인 ARPS를 이용하여 수치실험하여 집중호우와 같은 중규모 악기상 현상의 예측 가능성을 조사하였다.

## 2. ARPS 모형의 개요

본 연구에서 사용한 수치모형은 thunderstorms, snow bands, 그리고 downslope windstorms 같은 비교적 소규모와 단주기(Table 1)의 기상현상을 예측하기 위하여 미국 오클라호마대학의 Center for Analysis and Prediction of Storm(CAPS, University of Oklahoma)에서 개발한 Advanced Regional Prediction System(ARPS)를 사용하였다. ARPS모형은 3차원 비정역학 모형으로서 중규모 기상현상의 재현을 위해 구름물리과정내에 물의 3가지상(수증기, 운수, 우적)에 얼음의 3가지상(운빙, 눈, 우박)을 첨가하여 다양한 구름물리과정을 모사하고 있다.

## 3. 실험설계 및 사례선정

본 연구에서는 3차원 비정역학 중규모 모형인 ARPS를 사용하였다. 기본적으로 모형에서 적분

---

\*기상연구소 예보연구실

Table 1. Time scale, spatial scale, temperature scale and others in ARPS model.

Meteorological Phenomena	Mesoscale Phenomena	Stormscale Phenomena	Microscale Phenomena
Time scale	0 to 12 hours Timing of events to within 1hr	0 to 6 hours Timing of events to within 15min	0 to 1 hours Timing of events to within 5min
Spatial scale	$\Delta x = 5$ to 15 km Location of events to within 50km	$\Delta x = 1$ to 3 km Location of events to within 10km	$\Delta x = 0.1$ to 0.5km Location of events to within 1km
Temperature scale and others	$\Delta v \pm 5$ m/s $\Delta T \pm 3$ K Precipitation rate 5mm/hr	$\Delta v \pm 5$ m/s $\Delta T \pm 2$ K Precipitation rate 5mm/hr	$\Delta v \pm 2$ m/s $\Delta T \pm 2$ K Precipitation rate 2mm/hr

되는 변수는  $u, v, w, \theta, p, \rho, q_v, q_{li}$ 이며, 그외에 난류운동에너지를 계산한다. 여기서  $u, v, w$ 는  $x, y, z$ 방향의 속도성분,  $\theta$ 는 온위,  $p$ 는 압력,  $\rho$ 는 밀도,  $q_v$ 는 수증기의 혼합비,  $q_{li}$ 는 모형에서 고려되는 일반적인 형태의 water substance를 나타낸다.

난류 혼합과정은 1.5 TKE turbulent mixing을 사용하였고, 미세 물리 과정으로 Schultz NEM ice microphysics가 사용되었다. 적운모수화 과정은 Kain-Fritsch(1993) 방안으로 고려되었다.

본 연구에서는 어미격자(Exp. 1)와 등지격자(Exp. 2)로 격자간격을 달리하여 다음과 같이 2가지의 실험을 하였다. 먼저 Exp. 1에서는 모형의 수평격자간격은 12 km 이고,  $93 \times 105$  개의 수평격자점을 갖는다. 연직방향의 격자수는 500 m이며 37개의 연직격자점을 갖는다. 시간적분간격으로는 큰 시간 적분 간격은 12초 작은 시간 적분 간격은 6초로 하였다. Exp. 2에서는 모형의 수평격자간격은 4 km 이고,  $124 \times 124$  개의 수평격자점을 갖는다. 연직방향의 격자수는 어미격자와 같다. 시간적분간격으로는 큰 시간 적분 간격은 6초 작은 시간 적분 간격은 3초로 하였다.

두 실험에서 모두다 대기하층에서의 정확도를 고려하기 위해 지상으로부터 모형 상단까지 쌍곡선 탄젠트 함수로 연직 격자간격을 구성하여 하층에서의 격자간격을 조밀하게 하였다. 초기조건과 경계조건은 현재 기상청에서 현업운영중인 제한지역 예보시스템(RDAPS, Regional Data Assimilation and Prediction System)에서 생산된 Sigma level의 48시간 예보장에서 추출하여 사용하였다. 호우사례는 한반도에 기록적인 집중호우를 내렸던, 1998년 7월 31일~8월 16일까지의 기간 중 호우피해가 극심했던 지리산 호우사례(7.31)를 선정하여 7월 31일 09 UTC를 초기시간으로 하여 총 12시간 수치적분을 하였다.

#### 4. 결과 및 요약

Exp. 1에서 1998년 7월 31일 12 UTC를 초기시간으로 하여, 12시간 적분 후 생성된 3시간 누적 강수량을 Fig. 1에 나타내었다. 그림에서 보듯이 전체적으로 지리산이 아닌 황해도 지방과 한반도 중부지방에 강수가 집중되었다. 지리산 부근에도 약한 강수량이 나타나나, 그 양은 관측값에 비해

많은 차이를 보이는 적은 양이 생성되었다. 그러나 이동하는 강수 패턴은 어느 정도 모의하고 있다. 전반적인 강수패턴은 황해상에서 발달하여 한반도 중북부 지방으로 발달해 나가는 패턴을 보여주고 있다. 이는 초기자료를 제공한 40km 격자의 제한지역모델 초기장에 많은 영향을 받은 것으로 보인다. 왜냐하면 모형의 초기장을 살펴보면, 황해상에 저기압이 위치하여 시간이 경과함에 따라 한반도 중북부 지방으로 통과하기 때문이다. 실제로 이 시기에 북한지방의 관측자료를 구할 수는 없으나, 상당한 양의 강수가 황해도 지역을 비롯한 북한 지방에 내렸을 가능성을 모형을 결과로 유추할 수 있다. 그러나 지리산 부근의 많은 양의 집중호우를 예측하는 데는 실패하였고, 12km 격자로는 그 패턴만 어느 정도 예측하는 결과를 보였다.

Exp. 2에서는 Exp. 1에서 만들어진 초기장을 어미격자로 하여 4km 동지격자로 초기장을 재구성 하였다. Fig. 2에서 Exp. 1에서와 마찬가지로 1998년 7월 31일 12 UTC를 초기시간으로 하여, 12시간 적분 후 생성된 3시간 누적 강수량을 보여준다. 그림에서 보듯이 (18 UTC~21 UTC의 누적강수량 그림은 미제시) 그 패턴과 강수량이 비교적 관측값과 잘 일치한다. 실제 강수량에는 미치지 못하지만, Exp. 1보다는 강수량에 있어서 더 실제 관측값과 유사하게 모의하였다. 실제 관측에서 같은 지리산 지역이라도 그 풍상측에 많은 강수가 관측되었는데, 모형에서 지리산 부근에 모의된 강수 중 실제 강수가 집중된 14 UTC와 16 UTC 사이에 지리산의 풍상측 (남원, 구례)에 강수가 비교적 잘 모의되는 경향을 보였다. 실제로 구례지방은 14 UTC와 15 UTC 사이에 139.5mm의 강수량이 관측된 바 있는데, 모형에서는 60.3 mm를 모의하였다. 그러나, 12km 격자에서는 15mm 내외의 강수량밖에 예측하지 못하였다. 이는 지리산 인근의 집중호우가 그 규모가 매우 작은, 소규모 호우세포가 풍상측에 위치한 지리산에 의한 지형효과로 인해 급격히 발달하여 발생한 것으로 생각된다. 이런 소규모 대류계의 현상은 일기도에 나타나지도 않으며, 현재의 예보기술이나 모형에서는 예측하기가 매우 어려운 현상이다. 그러므로 본 연구에서 제시한 국지적인 미세격자 모형으로 어느 정도의 예측 가능성을 향상시킬 수 있다고 판단된다.

## 5. 감사

이 연구는 과학기술부 지원에 의하여 기상연구소가 수행한 1998년도 특정연구개발사업 “약기상 감시 예측 및 재해대응 기술개발” (과제번호: PD-01-01-01)의 일환으로 이루어졌다.

## 6. 참고문헌

- C.-H. Cho, S.-R. Kang and W.-J. Lee, 1998: The sensitivity test of mesoscale cumulus parameterization, *Workshop of Severe Weather*, June 22, KMA, Korea, 32-38.
- J.-H. Oh, Y.-A. Kim and J.-S. Chung, 1998: On the formation of heavy rainfall related to Changma Front-Mainly as for the case occurred on 26-28 July 1996 in Central Korean Peninsula, *International Conference on Monsoon and Hydrologic Cycle*, April 22-25, Kyongju, Korea, 136-139.
- Kain, J. S. and Fritsch, J. M., 1990: A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2784-2802.
- Kain, J. S. and Fritsch, J. M., 1993: Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch scheme. The Representation of cumulus in numerical models. K. A. Emanuel and D. J. Raymond, eds, *Meteorological Monographs*. Amer. Meteor. Soc., 165-170.
- Kuo, H. L., 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus

convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1232-1240.

T.-K. Kim, Y.-A. Kim and J.-H. Oh. 1998: Numerical Simulation of Youn-Chun Heavy Rainfall Cases Using ARPS model. *Workshop of Severe Weather*, June 22, KMA, Korea, 60-64.

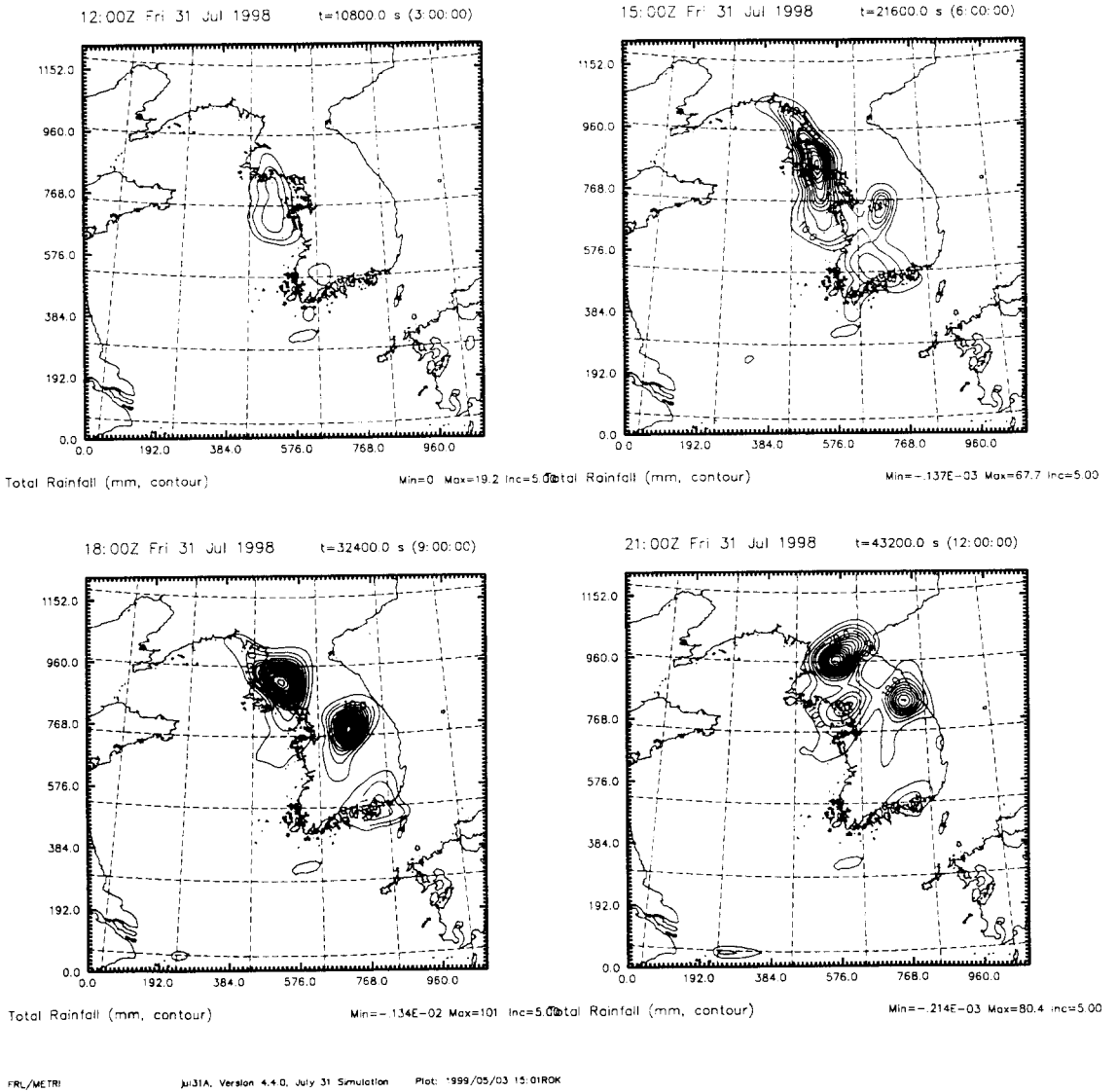
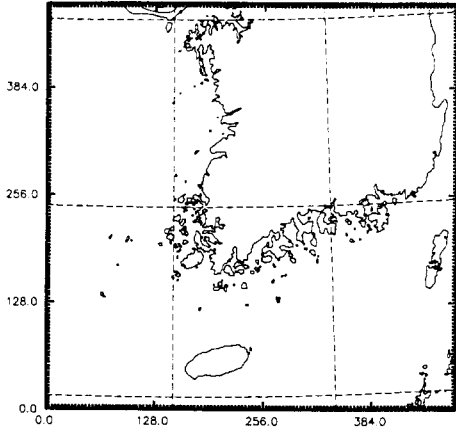


Fig. 1. 3 hour accumulated precipitation (mm) at 12, 15, 18 and 21 UTC in Exp. 1.

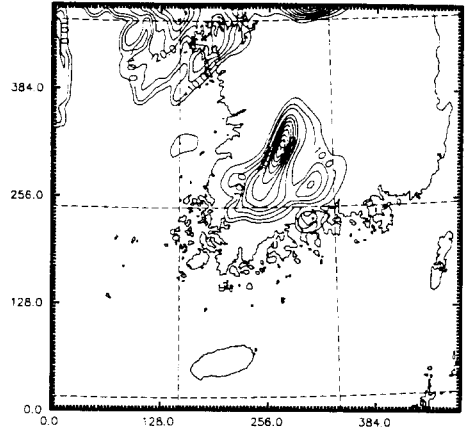
12:00Z Fri 31 Jul 1998 t=10800.0 s (3:00:00)



Total Rainfall (mm, contour)

Min=0. Max=16.4 Inc=5.0

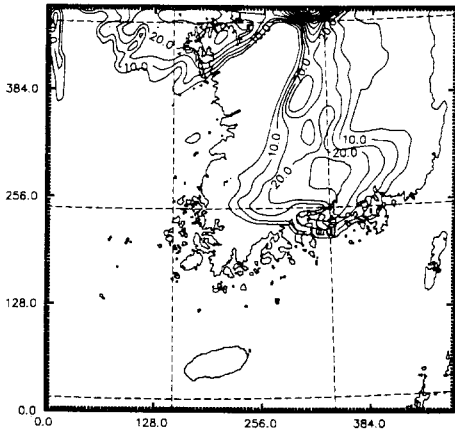
15:00Z Fri 31 Jul 1998 t=21600.0 s (6:00:00)



Total Rainfall (mm, contour)

Min=-.610E-04 Max=60.3 Inc=5.00

18:00Z Fri 31 Jul 1998 t=32400.0 s (9:00:00)



Total Rainfall (mm, contour)

Min=-.793E-03 Max=70.7 Inc=5.00

FRL/METRI

Jul31A4, Version 4.4.0, July 31 Simulation Plot: 1999/05/03 14:42RC

Fig. 2. 3 hour accumulated precipitation (mm) at 12, 15 and 18 UTC in Exp. 2.