레이더 반사강도와 PRISM 기법을 결합한 강수실황분포 상세화

김대준[1,2*], 윤진일[1]
[1]경희대학교 식물환경신소재공학과, [2](재)국가농림기상센터

Downscaling of Near-real Time Rainfall Distribution by a Radar Echo Assisted PRISM Technique

Dae-jun Kim[1,2*], and Jin I. Yun[1]
[1]*College of Life Science, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea*
[2]*National Center for Agro-Meteorology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea*
(Correspondence: daejuy@khu.ac.kr)

1. 서 언

기상청에서는 KLAPS (Korea Local Analysis and Prediction System)를 통해 한반도 영역에 대해 5 km 해상도로 1시간 간격의 강수량 정보를 제공한다(Kim *et al.,* 2002; 안 등, 2012). KLAPS 강수량자료는 한반도 전역 또는 광역시도 정도의 넓은 면적 강수분포를 파악하는 데는 정확도나 정밀도 면에서 충분하지만, 시군 혹은 읍면의 평균 면적에 비해서는 공간분해능이 미흡하며, 특히 고도차가 크고 지형이 복잡한 산간지대에서는 영농지원정보로서의 가치가 크게 떨어진다.

본 연구에서는 현재 5 km 격자 해상도로 제공되는 일 적산강수량 분포 실황 또는 예보를, 신뢰도를 손상하지 않는 수준에서 영농지원이 가능한 270 m 격자 해상도의 정밀분포도로 상세화 하는 방안을 얻기 위해 수행되었으며, 구체적으로 기존 5 km 격자 해상도의 KLPAS 자료에 기상레이더자료를 적용하여 해상도를 1 km 급으로 높이는 1단계 상세화와 PRISM 기반의 공간통계기법에 의해 지형특성을 반영하는 2단계 상세화를 통해 최종 해상도를 270 m까지 높이고자 하였다. 이러한 상세화 과정을 거쳐 생산되는 강수분포는 KLAPS 산출물에 비해 더 실제 분포와 가까울 것이라는 가설을 증명하기 위해 복잡지형으로 이루어진 집수역을 선택하여 조밀한 강수관측망을 구축하여 실측 강수량자료를 수집하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 기상레이더자료 이용

먼저 기상청에서 제공하는 KLAPS의 여러 기상요소 중 강수량에 해당되는 'RN1' 데이터를 수집하고 이를 공간정보시스템 상에서 처리할 수 있는 5 km 격자 간격의 raster 형태로 변환하였다. UF (Universal Format) 형식으로 제공되는 레이더 자료는 Radx패키지(http://www.ral.ucar.edu/)를 이용하여 NetCDF 형식(.nc)의 1 km 해상도의 반사강도(dBZ)로 변환하였다. 반사강도는 Marshall and Palmer(1948)와 Battan(1973)이 규명한 레이더 반사강도와 강우강도 사이의 관계식(Z-R 경험식, 식 1)에 의해 강수량으로 변환하였다.

$$Z = 200 \cdot R^{1.6}$$
$$dBZ = 10 \cdot \log_{10} Z \quad \text{----- (1)}$$

5 km 격자의 KLAPS 강수량자료를 식(1)에 적용하여 1 km 해상도로 상세화 하였다. 이 강수량자료의 지역 공간평균을 먼저 계산하여 각각의 1 km 격자점 값을 나누어주면 격자점마다 상대비율(편차지수)이 얻어진다. 또한 5 km 해상도의 배경강수량(KLAPS)도 대상지역 전체 공간평균을 일별로 구해야 하며 여기에 얻어진 편차지수를 곱해주면 1 km 해상도의 강수분포를 얻을 수 있다.

2.2. 지형효과 반영

Daly *et al.*(1994)이 발표한 PRISM (Parameter – elevation Regressions on Independent Slopes Model)은 우리나라에서 5 km 공간해상도로 월평균 면적강수량을 추정하는 K_PRISM으로 발전하여 동네예보에 현업기술로 사용되고 있으며(Shin *et al.,* 2008), Chung *et al.*(2009)에 의해 관측밀도가 동일한 조건에서 270 m 해상도에서의 오차감소를 확인한 바 있다. 본 연구에서는 레이더 반사강도에 의해 1 km 해상도로 변환한 KLAPS 강수자료에 Chung *et al.*(2009)의 PRISM에 의한 지형효과를 반영함으로써 270 m 해상도 강수분포도를 제작하였다.

2.3 적용 및 검증

이 방법에 의해 추정된 강수분포의 신뢰도를 검증하기 위해 좁은 면적에 비해 다양한 해발고도 분포를 보이는 경남 하동군 악양면을 집수역으로 선정하고, 13대의 무인기상관측장비(SL100, STA Corporation, Seoul, Korea)를 해발고도 분포를 고려하여 설치 하였다 (Fig. 1).

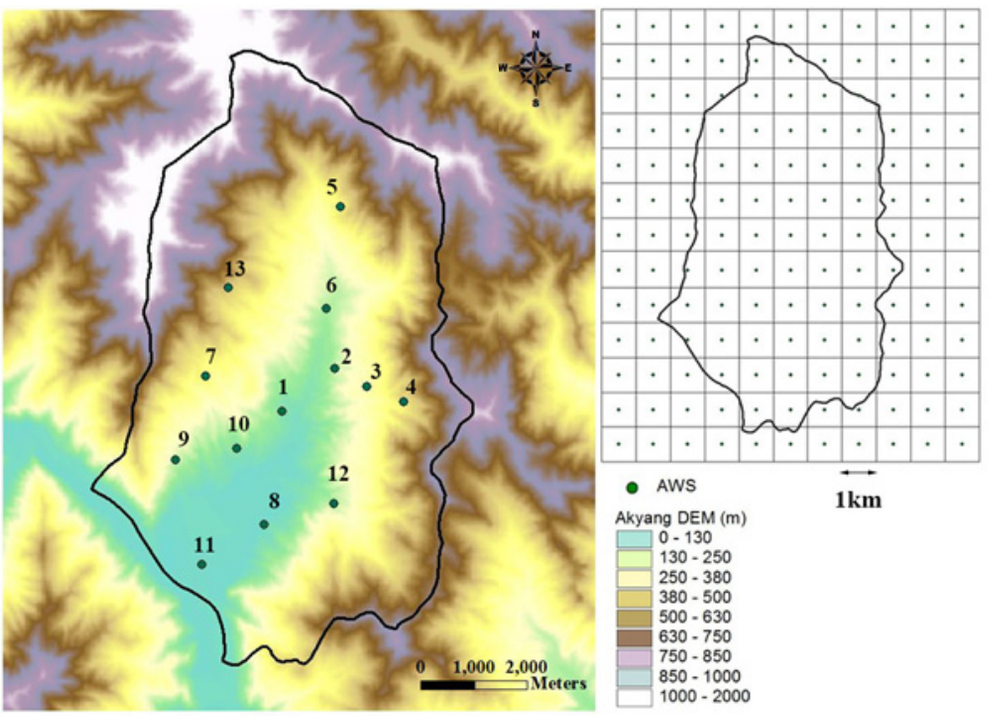

Fig.1. Map of the experimental watershed used to apply and validate the downscaling scheme for daily precipitation on a near real-time basis. Locations of the automated weather stations are depicted by solid circles with the site numbers on the map (left). The 1 by 1 km precipitation grid used in the first step of radar echo based downscaling (right). Grid cell centers will behave like raingauges with real observations later in the second step for topography correction.

이 지역에 대해 2013년 1월 1일부터 5월 31일까지 KLAPS 강수량(RN1)을 수집하고 일 강수량이 1 mm 이상인 경우만 선별하여 날짜 별로 지역 전체 공간평균을 계산하였다. 해당 일자의 레이더 반사강도자료로부터 격자점 별 편차지수를 1 km 해상도도 제작하여 KLAPS 공간평균 강수량에 곱했다. 이렇게 생성된 1 km 간격 격자점의 중앙부분을 ArcMap (ESRI Inc., Redlands, California, USA)의 “Raster to Features”기능을 이용하여 Point Shape로 변경하였다(Fig. 1). 이들 Point를 가상의 관측지점으로 간주하여 PRISM 방식의 지형효과를 반영하였다. 추정된 강수량의 신뢰성을 평가하기 위해서 무인기상관측장비가 설치된 격자점의 추정강수량을 추출하여 실측강수량과 비교하였다. 비교를 위한 기준강

수량으로는 레이더 에코 처리나 지형효과 반영이 되지 않은 KLAPS 5 km 격자 강수량을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 강수실황 분포도

KLAPS 자료가 수집된 날 중 많은 비가 내린 5월 27일을 기준으로 이날 악양면 인근 기상청 자동기상관측소(AWS) 실측값은 하동읍사무소 옥상(지점번호 932)에서 171 mm, 수곡(934) 85 mm, 시추(902) 93 mm, 화개(906) 50 mm 등 공간변이가 컸다. KLAPS 5 km 강수분포는 최대 52-93 mm이다(Fig. 2). 270m 상세분포도로 변환했을 때 고도와 경사향 등 지형특성이 반영되었음을 알 수 있으며, 강수분포가 56-92 mm 당초 KLAPS에 의해 주어진 강수량 범위를 벗어나지는 않는다. 하지만 다우지역의 위치가 남부에서 북서부 산록의 사향사면으로 이동하였는데 이는 레이더 반사강도는 물론, 해발고도와 지향면의 영향이 반영되었음을 보여준다.

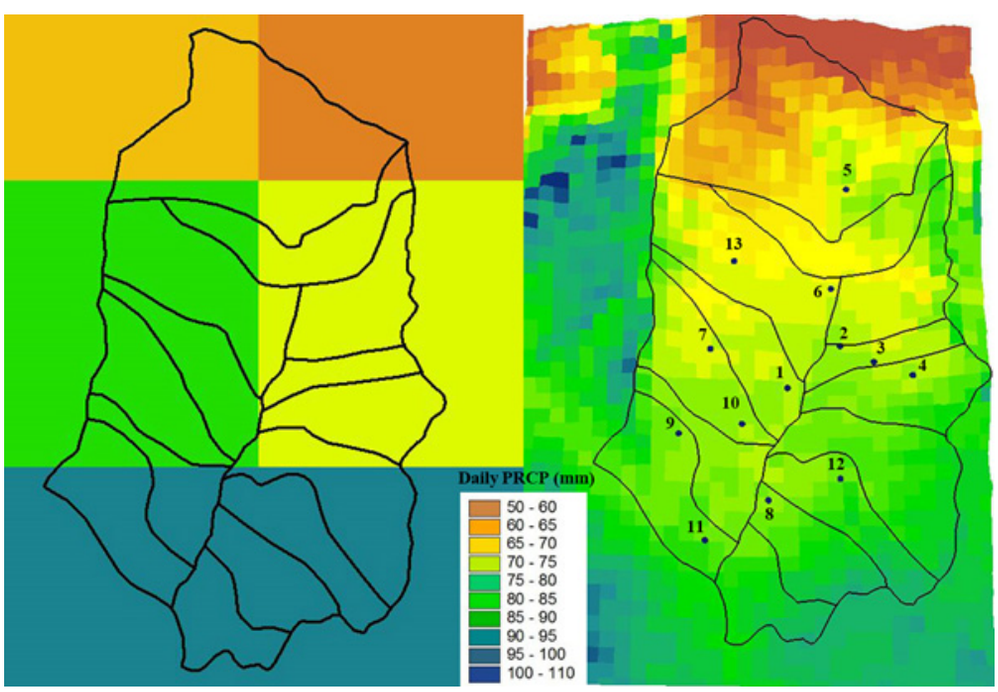

Fig. 2. Rainfall distribution maps for the study area on 27 May 2013, projected by the Korea Local Analysis and Prediction System (KLAPS) on the 5km cell grids (left) and the radar assisted topography and elevation revision (RATER) scheme at 270m grid cell resolution (right), respectively.

3.2 추정강수량의 신뢰성

연구대상지역에 2013년 1월부터 5월까지 1 mm 이상의 비가 온 날에 대하여 실제 측정된 강수량과 5 km, 270 m로 추정된 강수량 간 편차를 평균평방근오차(Root Mean Square Error, RMSE)로 표현하였다. 기존의 KLAPS 5 km 강수량 추정치의 경우 4.1-9.2 mm의 오차를 보였으며, 13지점 평균은 6.5 mm였다. 이 연구에서 제시한 270 m 강수량 추정치의 경우에는 3.4-5.7 mm 범위에 평균 4.7 mm의 오차를 보였다. 검증에 사용된 19일간 평균 실측 강수량은 19.2 mm로서 기존 방법에 비해 28 % 가량의 개선효과를 보였다(Table 1).

Table 1. Comparison of the estimation errors for daily precipitation between the KLAPS method (5km) and the radar assisted topography and elevation revision (RATER) scheme (270m). Each number stands for the mean of 19 precipitation cases.

Site ID	Obs. (mm)	5km		270m	
		RMSE(mm)	CEE*(%)	RMSE(mm)	CEE(%)
1	21	6.7	32.5	3.5	17.0
2	17	9.2	53.0	5.3	30.7
3	18	9.0	50.7	5.6	31.9
4	20	7.4	36.2	5.5	26.9
5	18	6.7	36.4	5.7	31.2
6	20	4.6	22.4	4.3	21.3
7	18	6.0	32.9	5.2	28.5
8	19	7.4	38.4	3.7	19.1
9	19	4.3	22.2	3.7	19.6
10	19	4.1	21.2	3.4	17.5
11	19	5.3	27.8	4.9	25.4
12	19	6.9	36.6	4.1	21.9
13	22	6.8	31.4	5.6	25.9
mean	19.2	6.5	34.0	4.7	24.4

*CEE: Coefficient of Estimation Error (Percent ratio of RMSE relative to the observed mean)

강수사례에 따라서는 적산 강수량이 10 mm 이내로 적은 날은 개선효과가 없었으며, 10 mm 이상 에서부터 개선경향이 나타나기 시작하였다. 특히 일강수량이 30 mm 이상인 경우에는 평균 대비 오차비율이 35 % 이상 감소하는 등 뚜렷한 개선효과를 보였다. 본

연구와 유사하게 PRISM을 이용한 Chung *et al.*(2009)은 고해상도 DEM에 의한 오차감소 효과를 얻기 위해서는 월 적산강수량이 100 mm 이상이어야 한다고 보고한 바 있는데, 본 연구의 일 적산강수량 10 mm는 본 연구 방법을 일 단위 시간규모에 적용할 경우 하나의 기준으로 이용될 수 있다.

Table 2. Influence of the precipitation intensity on the estimation errors for the KLAPS method (5km) and the radar assisted topography and elevation revision (RATER) scheme (270m).

Precipitation Intensity (mm/day)	5km		270m	
	RMSE(mm)	CEE*(%)	RMSE(mm)	CEE(%)
1-10	1.1	29.3	1.2	32.7
10-30	4.9	21.9	4.6	20.8
>30	15.1	23.3	9.7	15.0

*CEE: Coefficient of Estimation Error (Percent ratio of RMSE relative to the observed mean)

기존의 상세화 방법이 시간규모가 큰 기후학적 강수량에만 적용될 수 있었던 데 비해 이 새로운 방법은 일 단위 이하의 강수실황에도 적용할 수 있다는 점에서 진일보한 성과라 할 수 있다. 이를 토대로 장기간에 걸쳐 많은 사례에 대한 분석을 통해 강우강도는 물론 지형조건, 강우 지속시간, 강수시스템의 종류 등에 따라 차별화 된 상세화 기법이 개발될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 기상청 '기상산업 지원 및 활용기술개발사업' (과제번호 KMIPA 2011-1101)의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

인용문헌

Battan, L. J., 1973: Radar Observation of the Atmosphere. University of Chicago Press, 323pp.

Chung, U., K. Yun, K. S. Cho, J. H. Yi, and J. I. Yun, 2009: The PRISM-based rainfall mapping at an enhanced grid cell resolution in complex terrain. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(2), 72-78. (In Korean with English abstract)

Daly, C., R. P. Neilson, and D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. J*ournal of Applied Meteorology* **33**, 140-158.

Kim, Y. S., O. R. Park, and S. O. Hwang, 2002: Realtime operation of the Korea local analysis and prediction system at METRI. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **38**(1), 1-10. (In Korean with English abstract)

Marshall, J. S., and W. Mc K. Palmer, 1948: The distribution of raindrops with size. *Journal of Meteorology* **5**, 165-166.

Shin, S. C., M. G. Kim, M. S. Suh, D. K. Rha, D. H. Jang, C. S. Kim, W. S. Lee, and Y. H. Kim, 2008: Estimation of high resolution gridded precipitation using GIS and PRISM. *Atmosphere* **18**, 71-81. (In Korean with English abstract)

안광득, 이정순, 남지은, 조요한, 이용희, 하종철, 이희춘, 정관영, 2012: 초단기 기상분석 및 예측시스템(KLAPS) 개선. *Proceedings of the Spring Meeting of Korean Meteorological Society 2012, Korean Meteorological Society*, 134-135.