고해상도 종합 강우자료 복원 및 검증

Generation and verification of the synthetic precipitation data

강형전*, 오재호**

Hyung Jeon Kang, Jai Ho Oh

요 지

최근 저해상도 기상자료를 바탕으로 한 단기간에 내린 폭우나 극심한 가뭄 등과 같은 국지적인 기상 예보는 한계가 있기 때문에 고해상도 기상자료에 대한 수요가 증대되고 있으며, 특히 지형이 복잡한 한반도의 경우 지형적인 영향을 고려한 고해상도 기상자료가 요구되고 있다. 하지만 현재 기상청에서 제공하는 남한 지역의 지상 관측 자료는 약 10km의 불규칙한 간격으로 분포하고 있으며 이는 복잡한 남한지역의 지형 특성을 고려하기에는 해상도가 낮아 상세한 기상 현상을 예측하기 힘들다. 또한, 북한의 경우 사용가능한 관측 자료가 부족하여 한반도 전체를 대상으로 한 기상 예보 및 기후 특성 분석에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 정량적 강수 예측 모형인 QPM(Quantitative Precipitation Model)을 이용하여 3시간 간격의 현재기후(2000-2014년)에 대한 한반도 지역의 1km 강우 자료를 복원하였다.

관측 자료가 부족한 북한의 경우 재분석 자료를 이용하여 1km 해상도의 강우 자료를 복원하였다. 이를 위해 몇 가지 특정한 강우 Case를 선별하였고, QPM 수행 시 필요한 강수, 상대습도, 지위고도, 연직 기온, 연직 바람장 등의 변수에 대하여 남한 지역에 해당하는 지점의 여러 재분석 자료와 실제 남한 지역의 지상/고층 관측 자료와의 비교 및 Correlation 분석을 통해 가장 적절하다고 판단되는 재분석 자료인 NASA에서 제공하는 MERRA Reanalysis data를 선정하였다. 또한, 소규모 지형효과를 고려하기 위한 상세 지형자료로 고해상도 지형 자료인 DEM(*Digital Elevation Model) 1km 자료를 사용하였다.

한반도의 강우를 복원하기 위하여 Barnes 기법을 이용하여 불규칙적으로 분포해 있는 강수량 데이터를 규칙적인 자료로 격자화 하였고, 격자화 한 10km 해상도의 자료를 QPM을 통해 복잡한 지형 특성을 고려한 1km 해상도의 강우 자료로 복원하였다. 또한, QPM의 모의 성능을 검증하기 위하여, 위에서 선별한 특정 강우 Case에 대하여 복원한 1km 강우자료와 200m 이내의 거리에서 겹치는 지상관측자료와의 비교를 통하여 모의 성능을 검증하였다. 본 연구를 통해 복원된 한반도 상세 강우 자료를 통해 통일을 대비한 기상, 농·수산업, 수자원 등 다양한 분야에서 활용 될 수 있으며, 국지적인 폭우 및 가뭄 등의 이상 기상 현상을 분석하는 데 참고 기초 자료로써 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : QPM, 1km 강우, 지형효과

1. 서 론

* 준회원・부경대학교 환경해양대학 환경대기과학과・E-mail : gudwjse@naver.com

** 정회원・부경대학교 환경해양대학 환경대기과학과 교수・E-mail : jhoh@pknu.ac.kr

최근 한반도의 각 지역에서는 단기간에 내린 기록적인 폭우나 극심한 가뭄 등과 같은 갖가지 기상 이변이 발생하고 있다. 그러나 심각한 피해를 초래하는 이러한 기상 현상들에 대해 적절한 정보를 제공하는 것이 쉽지 않은 상황이다. 저해상도 기상자료를 통한 기상 예보는 한계가 있기 때문에 고해상도 기상자료에 대한 수요가 급격히 증대되었으며, 특히 지형이 복잡한 한반도의 경우 지형적인 영향을 고려한 고해상도 기상자료가 요구되고 있다. 일반적으로 극심한 기상 현상 등은 단기간에 강도 높게 발생하거나, 매우 국지적으로 발생하는 경향이 있기 때문에 국지적이고 지역적인 상세 정보가 필요하다. 하지만 현재 기상청에서 제공하는 남한지역의 지상 관측 자료는 약 10km의 불규칙한 간격으로 분포하고 있으며 이는 복잡한 남한지역의 지형 특성을 고려하기에는 해상도가 낮아 상세한 기상 현상을 예측하기 힘들다. 또한, 북한의 경우 사용가능한 관측 자료가 부족하여 한반도 전체를 대상으로 한 기상 예보 및 기후 특성 분석에는 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 한반도의 소규모 지형적 효과까지도 고려한 국지적·지역적인 고해상도 강수 자료를 복원하기 위하여 정량적 강수 예측 모형인 QPM(Quantitative Precipitation Model)을 이용하여 3시간 간격의 현재기후(2000-2014년)에 대한 한반도 지역의 1km 강우 자료를 복원하였다.

2. 자료 및 연구 방법

본 연구에서는 한반도 지역의 고해상도 강우 모의를 위해 QPM을 통한 1km 해상도의 상세 강우 자료를 복원하였다. 또한 소규모 지형효과를 고려하기 위한 상세 지형자료로 한반도 고해상도 지형 자료인 수치 표고 모형(DEM : Digital Elevation Model) 1km 자료를 사용하였다. 관측자료가 부족한 북한의 경우 재분석 자료를 이용하여 1km 해상도의 강우 자료를 복원하였다. 이를 위해 몇 가지 특정한 강우 사례를 선별하였고, QPM 수행 시 필요한 강수, 상대습도, 지위고도, 연직 기온 및 연직 바람장 등의 변수에 대하여 남한 지역에 해당하는 지점의 여러 재분석 자료와 실제 남한 지역의 지상/고층 관측 자료와의 비교 및 Correlation 분석을 통해 가장 적절하다고 판단되는 재분석 자료인 NASA에서 제공하는 MERRA Reanalysis data를 선정하였다(Table 1.).

한반도의 강우를 복원하기 위하여 Barnes 기법을 이용하여 불규칙적으로 분포해 있는 강수량 데이터를 규칙적인 자료로 격자화 하였고, 격자화 한 10km 해상도의 자료를 QPM을 통해 복잡한 지형 특성을 고려한 1km 해상도의 강우 자료로 복원하였다.

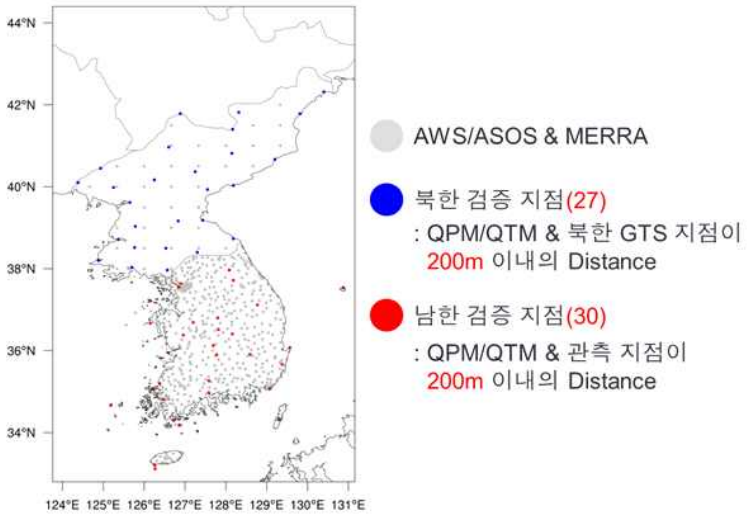
표 1. Available Datasets

data	institute	time interval	horizontal resolution	vertical resolution	period
ERA-Interim	ECMWF	vertical : 6hr horizontal : 12hr	0.75°×0.75°	60 Levels	1979-present
ERA-40	ECMWF	6hr	1.125°×1.125°	60 Levels	1958-2001
CFSR	NCEP	6hr	0.5°×0.5°	64 Levels	1979-2010
GFS	NCEP	6hr	0.5°×0.5°	64 Levels	2004-present
MERRA	NASA	vertical : 3hr horizontal : 1hr	1.25°×1.25° 0.667°×0.5°	72 Levels	1979-present
NCEP/DOE Reanalysis 2	NCEP/DOE	6hr	2.5°×2.5°	17 Levels	1981-2010 1979-present
TRMM	NASA	6hr	0.25°×0.25°	-	1998-present
GLDAS	NASA	1hr	0.125°×0.125°	-	1996-2007

3. 복원 강우 검증

복원한 1km 해상도의 강우 자료를 검증하기 위하여 남한 지역의 경우 기상청에서 제공하는 지상관측자료를 이용하였고, 북한 지역에서도 마찬가지로 기상청에서 제공하는 GTS 12시간 누적 강수 자료를 이용하였다. QPM을 통해 복원한 1km 해상도의 격자지점과 검증 데이터의 거리가 200m 이내에 위치한 지점을 검증 지점으로 선정하였으며, 이렇게 선정된 남한지역의 30개 검증지점과 북한지역의 27개 검증지점에 대한 사례별 정량적 및 정성적 검증을 통해 QPM의 복원 성능을 검증하였다.

그림 8. 한반도 지역의 강우 자료 검증 지점



3.1. 사례별 정성적 검증

검증을 수행하기 위하여 남, 북한 지역 각각 3가지 사례를 선정하였고, 선정된 사례별 강우 분할표(Rain Contingency Table)를 바탕으로 정확도(ACC, forecast accuracy), 편이(BIAS, Bias score), 강수감지확률(POD, Probability of Detection), 오보율(FAR, False Alarm Ratio), 임계성공지수(CSI, Critical Success Index) 분석을 통해 정성적 검증을 수행하였다.

표 2. 검증 사례 선정

	남한	북한
사례 1	태풍 볼라벤 & 덴빈 사례 2012년 8월 27일 - 30일	호우주의보 사례 2013년 7월 1일 - 2일
사례 2	우면산 산사태 집중호우 사례 2011년 7월 26일 - 28일	태풍 카눈 사례 2012년 7월 18일 - 19일
사례 3	장마 사례 2010년 7월 15일 - 17일	장마 사례 2010년 7월 16일 - 18일

남한 지역의 경우 강우 유무에 대하여 과소 복원하는 것으로 나타났으며, 강우 발생과 관련된 복원의 적중률은 태풍 사례에 대한 적중률이 가장 높았고, 집중호우 사례에 대한 적중률이 가장

낮았다. 또한, 모든 사례에서 낮은 오보율을 나타내며 남한지역 강우 유무에 대한 복원의 적중률이 높은 것으로 나타났다.

반면에 북한 지역의 경우 전체적으로 높은 오보율을 보이며 강우 복원의 적중률은 낮게 나타났으며, 강우 유무의 경우 모든 사례에서 과대 복원하는 것으로 나타났지만, 태풍 사례에 대한 복원의 적중률은 다른 사례에 비해 비교적 높게 나타났다.

표 3. 남·북한의 사례별 정성적 검증 결과

	South Korea(1hr)			North Korea(12hr)		
	사례 1	사례 2	사례 3	사례 1	사례 2	사례 3
ACC	0.92	0.89	0.89	0.60	0.75	0.73
BIAS	1.01	0.71	0.91	1.48	1.27	1.12
POD	0.87	0.63	0.77	0.79	0.90	0.77
FAR	0.14	0.11	0.15	0.46	0.29	0.31
CSI	0.77	0.59	0.68	0.47	0.65	0.57

3.2. 사례별 정량적 검증

정량적 검증을 통해 강우 위치의 정확도와 강우량 복원 능력을 평가하였으며 사례별 평균오차(ME, Mean Error), 평균제곱근오차(RMSE, Root Mean Square Error), 상관계수(CORR, Correlation coefficient) 분석을 통한 검증을 수행했다.

남한 지역의 정량적 검증 결과 모든 사례에서 시간당 평균 강수량은 오차 약 0.1-0.15mm로 비교적 정확히 복원되었고, 복원 강수량과 관측 강수량의 공간 분포 일치정도를 나타내는 상관계수 또한 0.7 이상의 높은 상관도를 보였다.

하지만 북한 지역의 정량적 검증 결과 모든 사례에서 강수량을 과소 복원하는 경향이 있었고, 이러한 영향으로 대체적으로 낮은 상관도를 보였다.

표 4. 남·북한의 사례별 정량적 검증 결과

	South Korea(1hr)			North Korea(12hr)		
	사례 1	사례 2	사례 3	사례 1	사례 2	사례 3
AVE (OBS/QPM)	5.49/5.33	6.18/6.02	3.48/3.51	34.44/21.90	32.95/20.59	23.70/18.98
STD (OBS/QPM)	6.35/5.92	9.20/6.97	4.04/3.40	22.97/15.08	21.91/9.57	17.35/10.61
RMSE	2.05	6.03	0.54	28.47	24.10	18.13
CORR	0.95	0.75	0.78	0.14	0.34	0.29

4. 결론

본 연구에서는 현재기후(2000-2014년) 동안의 1km 격자 간격의 강수량 자료를 복원하기 위하여 남한 지역의 불규칙한 AWS/ASOS 관측 자료와 북한 지역의 MERRA Reanalysis data를 이용하

여 복잡한 지형효과와 물리과정을 고려하여 QPM을 수행하였다. 따라서, 복원된 강우 자료는 한반도의 기후특성을 분석하기 위해 유용한 자료로 활용이 가능하다.

그러나, MERRA Reanalysis data의 불확실성과 북한 기상 관측 데이터(GTS)의 낮은 신뢰도 문제로 인해 북한 지역에서 높은 오보율과 정량적 오차가 발생하였다. 따라서 관측과의 상관도가 높은 초기 자료가 제공된다면, 이를 통한 QPM 수행을 통해 상세한 지형효과가 고려된 비교적 정확한 한반도 지역의 고해상도 강우자료를 복원 할 수 있을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책지원 강화 사업(KMIPA 2015-6130)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Basalirwa, C. P. K., J. O. Odiyo, R. J. Mngodo and E. J. Mpeta(1999). The climatological regions of Tanzania based on the rainfall characteristics, *Internatioinal Journal of Climatology*, **19**, pp. 69-80.
2. 이정순, 이용희, 하종철, 이희준(2012). 지형을 고려한 기온 객관분석 기법, 한국기상학회지, **22**(2), pp. 233-243.
3. 박창용, 최영은, 문자연, 윤원태(2009). 기온과 강수특성을 고려한 남한의 기후지역구분, 대한지리학회지, **44**(1), pp. 1-16.
4. 이승호, 허인혜, 이경미, 권원태(2005). 우리나라 상세기후지역의 구분, 한국기상학회지, **41**(6), pp. 983-995.
5. 신성철, 김맹기, 서명석, 나득균, 장동호, 김찬수, 이우섭, 김연희(2008). GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 강수량 추정, 한국기상학회지, **18**(1), pp. 71-81.
6. Basist, A., G. D., Bell and B., Meentemeyer(1994). Statistical relationships between Topography and precipitation Patterns, *J. Climate*, **7**, pp. 1305-1315.