순환통계에 의한 강수량의 시공간적 변동성 분석

Spatio-Temporal Variability Analysis of Precipitation Data Through Circular Statistics

이정주*, 권현한**, 황규남***

Jeong-Ju Lee, Hyun-Han Kwon, Kyu-Nam Hwang

요 지

강수량의 계절성은 수자원관리에 있어 매우 중요한 수문요소로서 계절성의 변동을 정량적으로 평가하는 것은 미래 수자원관리 및 정책 수립에 필수적이다. 이러한 점에서 본 연구의 목적은 강수량의 계절성을 평가하는데 유리한 방법론을 제시하고, 이를 통한 계절 변동성의 정량적인 해석을 목적으로 한다. 본 연구에서 적용한 순환통계치 분석은 시간을 각도로 변환하여 이용함으로써 미세한 시간적인 변화양상의 정량적인 해석이 가능한 방법이다. 강수량의 주기특성과 과거로부터 현재까지의 변화 양상을 평가하기 위해서, 우선 전국의 58개 강우관측소를 선별하고 각 관측소의 일강우자료를 이용하여 관측소별 연최대치계열(Annual maxima series)과 발생일자, 월최대강수계열(Monthly maxima series)과 발생일자를 추출하였다. 각 자료의 발생일자는 순환통계분석을 위해 해당 time scale을 한 주기로 하는 방향각 데이터로 변환하였으며, 변환된 시간속성 데이터의 통계특성치를 산정하여 발생시기에 대한 경향성을 분석하였다. 월최대강수량의 발생 시기는 자료계열 연주기의 변동성을 평가하기 위해 사용되었고, 분석결과 남해안지역이 6월말에서 7월초이고, 북쪽으로 올라감에 따라 조금씩 발생시기가 늦어지는 것으로 분석되었다. 극치강수량의 발생 경향을 평가하기 위해 사용된 일최대강수량의 시공간적 변동성은 월최대강수량보다 크게 분석되었으며, 이는 일최대강수량의 경우 지형학적인 영향에 크게 좌우되며, 우리나라의 여름철 극치강수량이 태풍 발생빈도 및 경로와 연관성을 갖는다는 일반적인 사실을 반영한 결과라고 판단된다. 월최대강수량 및 일최대강수량 발생시기의 이동평균을 통해 발생시기의 변동을 분석한 결과, 서울과 강릉지방은 최대강수량의 발생시점이 늦어지고 있으며 반대로 목포와 부산지방은 최대강수량의 발생시점이 앞당겨지고 있었다. 이는 몬순시스템의 거동에 영향을 받는 것으로 사료된다.

핵심용어 : 순환 통계치, 계절성, 강수, 시공간적 변동성

1. 서 론

우리나라 수자원의 효율적인 이용을 가로막는 가장 큰 원인은 강수의 계절적 집중현상일 것이다. 수문자료의 경향 및 변동을 평가하기 위한 방법으로 대부분의 연구에서는 자료의 기본 통계치 즉 평균 및 분산 등을 검토하여 주요특성을 평가하는 연구가 주로 이루어지고 있다. 이러한 자료의 통계치를 통한 분석은 수문자료의 양적인 특성에 초점을 맞추고 있으므로 자료의 주요 경향성

* 정회원・전북대학교 토목공학과 박사수료・E-mail : julee@jbnu.ac.kr
** 정회원・전북대학교 토목공학과 조교수・E-mail : hkwon@jbnu.ac.kr
*** 정회원・전북대학교 토목공학과 교수・E-mail : khwang@jbnu.ac.kr

을 판단하기에는 무리가 따른다. 강수량은 시공간적으로 변동한다. 즉, 동일시간 동안의 강수량 일지라도 지역적인 위치에 따라 그 크기가 달라질 뿐 아니라 1년 중의 시기 혹은 계절에 따라 한 지역 강수량의 크기는 다른 것이 보통이다. 강수량의 계절성(seasonality)은 댐운영, 수자원정책 수립 등 수자원 관리를 위한 기본 특성치로 이용되고 있다. 만약 강수량의 계절특성이 변화된다면 이에 수반되는 수자원 정책, 댐운영, 수자원 관리에 대한 재정립이 필요할 정도로 매우 중요한 수문요소이다. 최근에 강하게 나타나는 기후변동성 및 기후변화로 인해 몬순시스템이 영향을 받고 있으며 결과적으로 강수량의 계절성이 변화될 수 있다고 지적되고 있다(Kwon 등, 2005). 그러나 선행연구들 에서는 주로 강수량의 양적인 변동성을 분석하는데 초점이 맞추어져 있고 연주기에 대한 정량적인 해석방법 및 분석에 관한 연구는 미비한 실정이다. 이러한 점에서 본 연구의 주된 목적은 월최대강수량 및 일최대강수량의 발생시점에 대한 시공간적 분석을 실시하고 계절 변동성을 정량적으로 평가하는 것이다(권현한과 이정주, 2010).

2. 순환통계치

2.2 모의실험

Circular scale에서 자료의 형태에 따른 통계량의 변화를 검정하기 위해 분석하고자 하는 자료와 동일한 구조의 모의자료를 발생시켜 분석하였다. 1~12월중 월강우량 합계가 최고치를 기록한 달이 Angular Data이며, 자료는 월별 발생확률을 지정하여 총 발생건수가 확률분포에 근접하도록 원하는 수만큼 다수 발생시킬 수 있게 구성하였다. Angular Data의 계급은 12이며, 모의실험을 위한 데이터의 개수는 각 경우에 대해 100,000개씩 발생시켰다. Case 1은 데이터가 반대방향으로 균등하게 분포된 데이터로 Circular Scale에서 통계치가 상쇄되는 상황을 보기위해 3월과 9월에 대하여 최대강우량 발생확률을 50%씩 분배한 경우이며, Case 2와 Case 3는 데이터 분포의 사잇각이 각각 120°, 60°로 좁아지는 경우이고, Case 4는 우리나라의 일반적인 강우분포를 가정하고 모든 월에 대하여 임의확률을 배분한 경우이다. 각 모의실험에 해당하는 월별 분포는 Table 1과 같다.

Table 1. Probability Input for Synthetic Data

Case	Occurrence Probability for Each Month(%)												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(%)
Case 1	0	0	50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	100
Case 2	0	50	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	100
Case 3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	100
Case 4	1	1	2	3	5	8	16	25	20	14	4	1	100

모의데이터에 대한 분석결과는 Table 2와 같다. 굵은 글씨는 직관적인 비교가 가능하도록 유효자릿수를 줄여 표시한 것이다. 4가지 경우의 결과그래프 Figure 2와 비교하여 평균벡터의 방향과 크기, 편차, 왜곡 등의 변화 양상을 볼 수 있다. Case 1의 경우 평균벡터의 방향이 -90°를 향하고 있지만, 확률에 의한 모의데이터 발생과정에서 생성된 미량의 차이에 의해 나타난 결과이며, 벡터의 길이가 충분히 0에 가까우므로, 의도한 데이터의 상쇄라는 모의자료로서의 의미를 만족한다고 할 수 있다. 다른 모의실험의 경우에도 각각의 통계치들이 기지의 통계치(known statistics)와 동일한 특성을 가지고 추정되는 것을 Table 2와 Figure 2에서 확인할 수 있다.

Table 2. Synthetic Data Test Result

Synthetic Data	Mean Resultant Vector(degree)		Resultant Vector Length		Angular Deviation		Circular Skewness	
Case 1	-90.000	**-90.0**	0.002	**0.0**	1.413	**1.4**	0.000	**0.0**
Case 2	-0.032	**0.0**	0.500	**0.5**	1.000	**1.0**	-0.001	**0.0**
Case 3	-0.104	**-0.1**	0.866	**0.9**	0.518	**0.5**	-0.001	**0.0**
Case 4	-116.273	**-116.3**	0.617	**0.6**	0.875	**0.9**	0.082	**0.1**

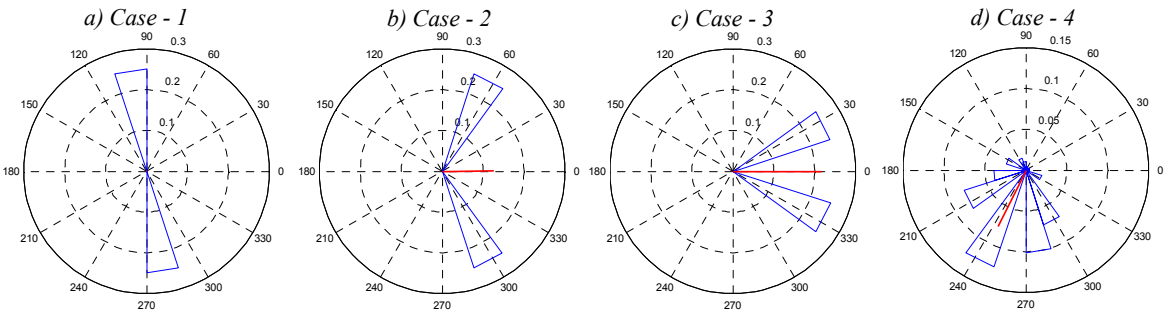

Figure 1. A simple experiment with synthetic data set for verifying the proposed methods

3. 적용 및 결과

최대월강수가 발생한 시점과 일최대강수량이 발생한 시점을 Angular Data로 변환한 후 순환통계치를 추정하였다. 서울, 강릉, 목포, 부산 등 우리나라 주요 강수지점에 대해서 Angular Histogram을 통해 발생시점에 대한 확률밀도를 계산하여 Figure 2에 나타내었다.

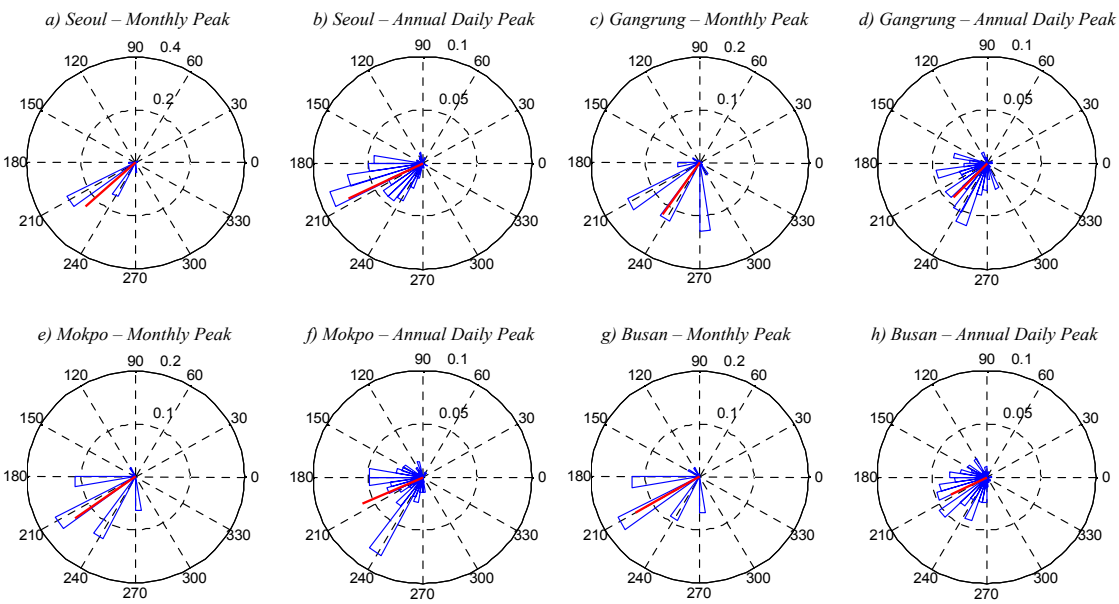

Figure 2. Angular density histogram of the timing of monthly peak and annual daily peak through circular statistics

그림에서 적색의 직선은 발생시점의 평균 Vector를 의미한다. 월강수량의 경우 남쪽지방인 목포와 부산은 8월초에 최대값이 빈번하게 발생하며 중부지방인 서울과 강릉은 8월 중순부터 8월 말에 걸쳐 최대강수량의 빈도가 두드러진다. 그러나 일최대강수량의 경우 강릉을 제외하고 3개지역에서 7월말에 주로 발생하며 강릉의 경우에는 8월 중순에 발생빈도가 크다.

우리나라 전체의 최대강수량 발생특성을 평가하기 위해서 58개 강수관측지점에 대해서 앞서 평가한 방법과 동일한 절차로 분석을 실시하여 공간적인 특성을 평가하였다. Figure 3은 발생시기의 평균을 분석한 결과이다. Figure 3(a)는 월강수량에 대한 분석결과를, Figure 3(b)는 일최대강수량에 대한 결과를 나타낸다. 월강수량의 경우 남쪽의 경우 7월 초에서 최대빈도를 갖으며 북쪽으로 갈수록 발생시간이 늦어지고 강릉 주변의 동해안지방은 7월말부터 8월초에 최대발생 빈도를 갖는다. 일강수량의 경우 월강수량과 동일하게 동해안 지방에서 7월말에 가장 큰 빈도를 보인다.

Figure 4는 발생빈도의 표준편차를 공간적으로 산정하여 나타내었다. 공간적인 특성은 평균과는 다른 경향을 나타내고 있다. 즉, 내륙지방의 변동성은 크지 않으나 남부해안 및 동해안지역이 상대적으로 큰 변동성을 보이고 있다.

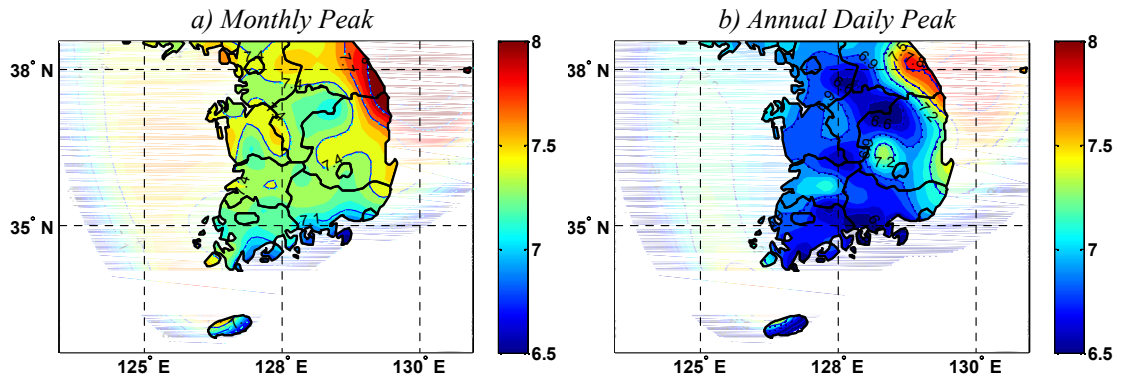

Figure 3. Mean vector of the timing of monthly peak and annual daily peak

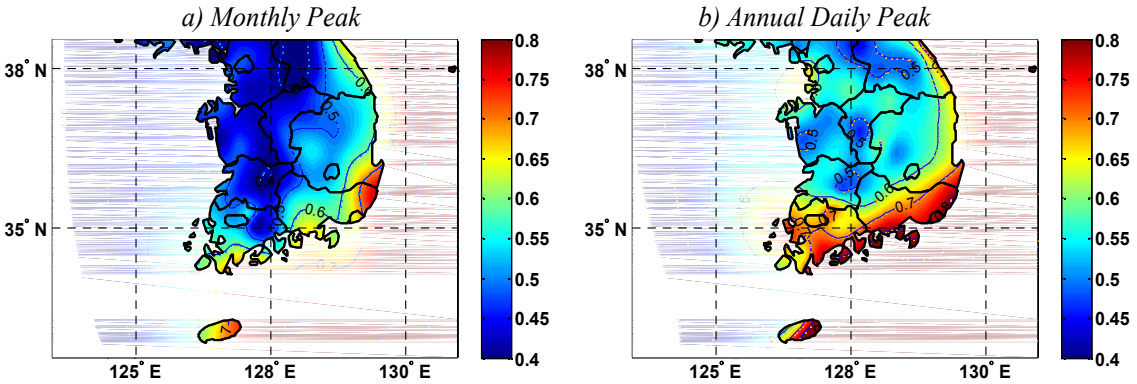

Figure 4. Standard Deviation of the timing of monthly peak and annual daily peak

월강수량 및 일최대강수량의 발생시점의 시간적 변동성을 평가하기 위하여 상대적으로 긴 자료기간을 갖는 서울, 강릉, 목포, 부산에 대해서 30년씩 이동 평균하여 평균적인 발생시점을 산정한 결과를 Figure 8에 도시하였다. 월최대강수량의 발생시점은 서울의 경우 7월초에서 7월말로 지속적으로 이동하고 있으며 강릉은 7월 중순에서 8월 초로 최근의 이동 특성이 나타나고 있다(박창용 등, 2008). 그러나 목포와 부산은 1960년 전후로 최대강수량 발생시점이 앞당겨지고 있다. 이

러한 특성은 최근 장마전선의 이동특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다(서울대학교 대기환경연구소, 2009).

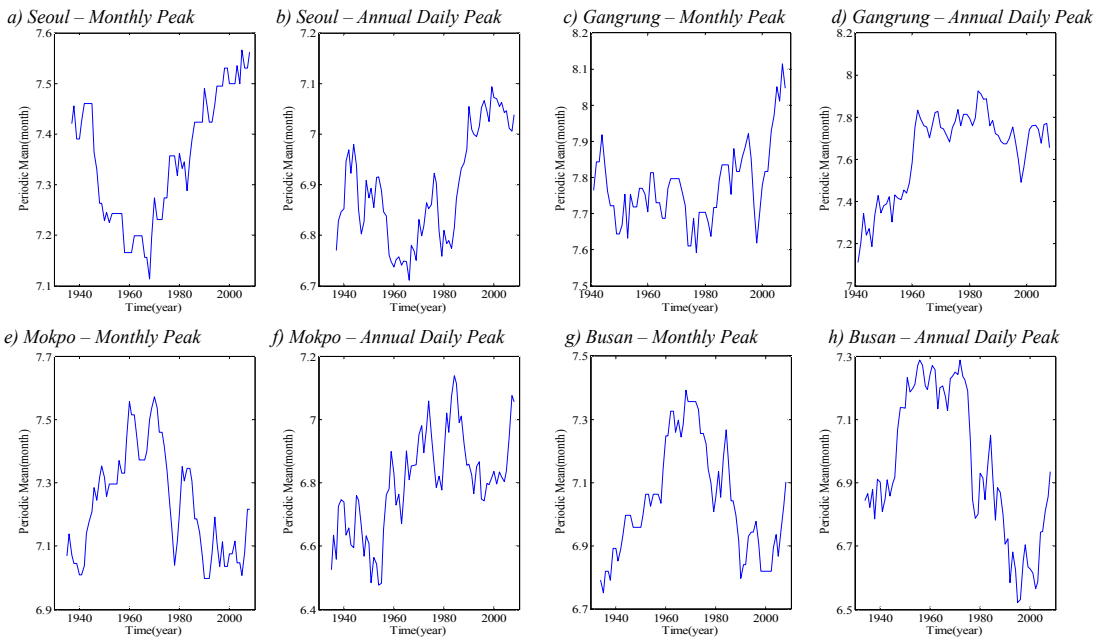

Figure 5. Temporal variation on mean vectors of monthly peak and annual daily peak for each station

4. 결 론

순환통계치를 이용한 극치강수자료의 분석을 통해 발생시점의 미세한 시간적 변화양상에 대한 정량적인 해석이 가능하였으며, 발생시기 평균과 표준편차의 공간적 도시를 통해 극치강수량 발생시점 및 변동성을 시각화 한 결과 서울과 강릉지방은 최대강수량의 발생시점이 늦어지고 있으며 반대로 목포와 부산지방은 최대강수량의 발생시점이 앞당겨지고 있었다. 또한 일최대강수량 발생시기의 이동평균결과를 통하여 주요지점의 발생시기 변동성을 분석하였다.

참 고 문 헌

1. 권현한, 이정주(2010). 순환통계 분석을 통한 강수량 시계열의 시공간적 변동성 분석, 대한토목학회 논문집, 제30권 제2B호, pp. 191-198.
2. 박창용, 문자연, 차은정, 윤원태, 최영은(2008). 최근 한반도 여름철 강수특성의 변화, 대한지리학회지, 제43권, 제3호, pp.324-336.
3. 서울대학교 대기환경연구소(2009). 동아시아 몬순/장마 시스템의 중장기 변동성 연구 보고서, 기상청
4. Kwon, M., J. G. Jhun, et al.(2005). Decadal change in relationship between east Asian and WNP summer monsoons, Geophysical Research Letters, 32(16)