Singular Spectrum Analysis를 이용한 우리나라 강수장기자료의 시간 변화도분석

Analysis of the Temporal Variability of Long-term Precipitation in South Korea using Singular Spectrum Analysis

김광섭*, 황보정도**

Gwangseob Kim, Jungdo Hwangbo

요 지

본 연구는 우리나라 강수자료 중 90년 이상의 자료를 보유한 지점(서울, 인천, 목포, 부산)에 대해서 변화도 분석과 Singular Spectrum Analysis(SSA)를 사용하여 자료의 주성분 및 주기성을 분석하였다. 각 자료의 변화도 분석결과 1907에서 2004년까지 98년간의 장기변화 중 선형추세에 의한 강우변화량은 23-11mm/mon 증가한다. 선형추세에 의한 년 강우변화량은 276-132mm/yr 이며 증분의 약 65%가 8월 증가량으로 과거 30년 강우분포는 7월에만 피크를 가지나 최근 30년의 강우분포는 7월과 8월에 비슷한 피크를 가지는 변화를 보일 뿐 아니라 지역에 따라 상이한 분포 양상을 보였다. 강우의 선형적 증가와 함께 변화폭도 증가하며 서울, 인천지역이 목포, 부산지역보다 큰 증가 양상을 보였다. 월 변화패턴과 선형추세 등 확정적 변화를 제거한 anomaly는 장기 변동과 각 달에 대해 다른 변동 폭을 가지는 noise의 합의 형태로 나타난다. Moving average를 이용한 장기변동양상은 특정 주기를 가지지 않을 뿐만 아니라 변동 폭도 noise의 변동 폭에 비하여 미소하다. SSA결과 첫 번째 주성분이 전체변화의 1.7%이며 30번째 성분은 전체변화의 약 1% 정도로 장주기의 변화를 보였으나 전체자료에 비해 각 요소들이 설명하는 비중이 상당히 낮았다.

핵심용어 : SSA, 장기강수자료, 주성분분석

1. 서 론

강수에 대한 연구는 전구나 국지적 규모에서 많은 지역에서 수행되고 있다. 총강수량의 변화는 강수사상의 빈도와 각 사상시 강수강도의 변화의 복합적인 상관관계로 발생할 수 있을 것으로 지난 20세기 동안에 지구 지표 강수량은 북반구 고위도의 많은 지역에서 지난 십년동안에 0.5 ~ 1% 증가를 보인 것으로 나타났다(IPCC, 2001). 또한 이 기간동안에 호우사상 빈도도 증가한 것으로 나타났다. 지난 세기동안의 기후변화의 증거로서 강수사상에 대한 이해력을 증가시키기 위해서 강수량에 대한 분석이 반드시 필요하며 기후변화에 따른 강수변화 특성분석은 장기강수자료의 추세분석이 이용가능한 수자원과 관련된 여러 문제들과 직접적인 연관성을 가지므로 매우 중요하다고 하겠다. 장래 효과적인 수자원 정책수립과 운영을 위해서는 장기간의 강수특성분석은 선행되어야 하는 필수적인 작업이라 하겠다. 강수량과 같은 관측된 수문기상학적 시계열은 일반적으로 noise를 포함한다. 따라서 시계열자료는 먼저 noise를 감소시킬 방법이 필요하다(Grassgerger et al., 1991). 기온, 강수량의 원시계열 자료는 어떤 결정적인 특징을 보여주지 못하며 noise를 감소시킨 후에 낮은 차원의 거동을 나타낸다(Berndtsson et al., 1994). 본 연구는 우리나라 강수자료 중 90년 이상의 자료를 보유한 지점(서울, 인천, 목포, 부산)에 대해서 변화도 분석과 자료에서 noise와 주성분을 분리하며 분석할 수

* 정회원·경북대학교 토목공학과 조교수·E-mail : kimgs@knu.ac.kr

** 경북대학교 토목공학과 석사과정 E-mail : elcjjang@nate.com

있는 기법인 Singular Spectrum Analysis(SSA)를 사용하여 자료의 주성분 및 주기성을 분석하였다.

2. 강수량 장기자료의 변화도 분석

우리나라 강수량자료는 현재 기상청에서 운영중인 지상기상관측소 자료로서 1907년 1월부터 2004년 12월까지의 관측지점에 대한 일별 자료를 수집하여 월 평균한 값을 사용하였다. 1950년 한국전쟁으로 인한 결측값은 월 평균값으로 보간 하였으며 자료의 선형추세와 계절별 추세를 제거하기 위해서 원 자료에 Linear Regression을 한 후 월 평균값을 뺀 정규화 된 값을 사용하였다.

각 자료의 변화도 분석결과 1907에서 2004년까지 98년간의 장기변화 중 선형추세에 의한 강우변화량은 23-11mm/mon 증가한다. 선형추세에 의한 년 강우변화량은 276-132mm/yr 이며 증분의 약 65%가 8월 증가량으로 과거 30년 강우분포는 7월에만 피크를 가지나 최근 30년의 강우분포는 7월과 8월에 비슷한 피크를 가지는 변화를 보일 뿐 아니라 지역에 따라 상이한 분포 양상을 보였다. 강우의 선형적 증가와 함께 변화폭도 증가하며 서울, 인천지역이 목포, 부산지역보다 큰 증가 양상을 보였다. 월 변화패턴과 선형추세 등 확정적 변화를 제거한 anomaly는 장기 변동과 각 달에 대해 다른 변동 폭을 가지는 noise의 합의 형태로 나타난다. Moving average를 이용한 장기변동양상은 특정 주기를 가지지 않을 뿐만 아니라 변동 폭도 noise의 변동 폭에 비하여 미소하다.

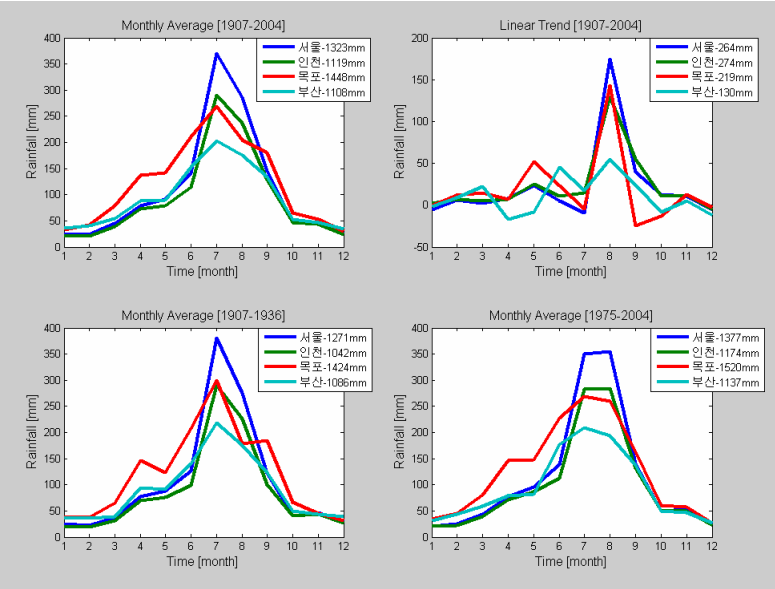
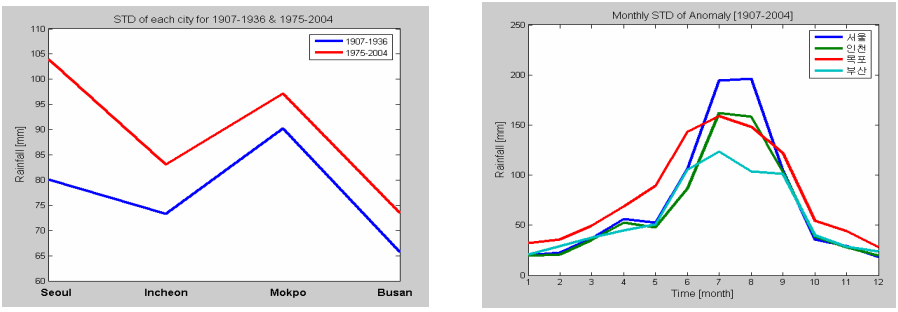


그림 1. 장기 강수의 월별 평균값



(a) (b)

그림 2. (a)과거30년과 최근30년의 표준편차 (b)월별 표준편차

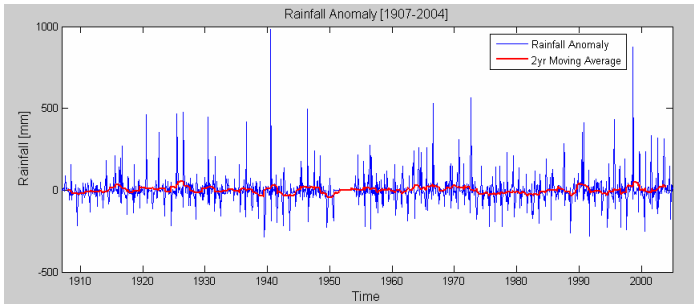
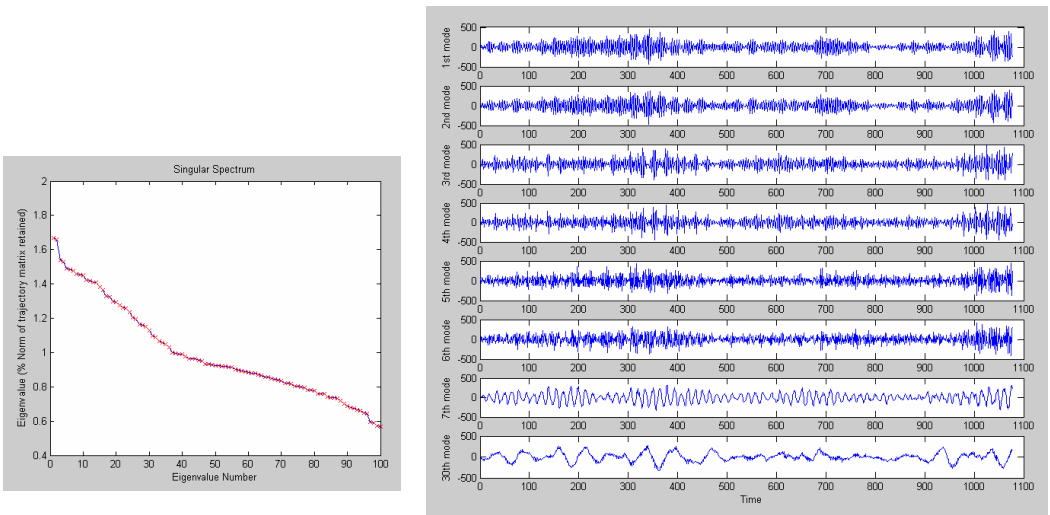


그림 3. 강수량 Anomaly와 Moving Average

3. Singular Spectrum Analysis

SSA(Singular Spectral Analysis)는 시계열 자료의 분석과 예측을 위한 선형 접근방법으로 공분산행렬을 구성하여 고유벡터와 주성분을 추출하는 방식의 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA)방법이다. 자료의 비조화성분을 제거함으로써 원자료에서 얻지 못하는 주기성과 경향성을 쉽게 파악할 수 있는 특징이 있다. 즉, SSA는 주어진 시계열을 여러 개의 조화성분으로 나눌 수 있으며, 이러한 성분들을 분석하여 주성분을 파악함으로써, 자료가 갖고 있는 경향을 파악할 수 있다. 경험적 직교함수 분석(Empirical Orthogonal Function , EOF)과 유사하나 EOF 분석은 주변동지역의 공간분포 파악에 주로 사용되고 SSA는 하나의 관측 시계열 상에서 나타나는 중첩된 파동들의 주기분석에 사용되는 차이점이 있다. Singular Spectrum은 매트릭스 A를 고유값(eigenvalue, λ)으로 스펙트럼 분해하여 고유값을 연속적으로 배치시킴으로 얻을 수 있다. 고유값(λ)은 하나의 매트릭스 A-λI를 만드는 수이다. 다변량 자료를 포함하는 전통적인 고유값(λ) 분해도 하나의 스펙트럼에 대한 분석이기 때문에 SSA는 하나의 스펙트럼을 적용한 시계열분석이라고 볼 수 있다. 매트릭스의 스펙트럼 분해는 선형 대수학의 많은 이론을 기초로 하고, 자연과학과 응용과학의 여러 가지 문제를 해결하는데 많이 적용되고 있다. 그러나 시계열분석의 수단으로 널리 사용된 것은 동역학적 시스템 이론(카오스 이론이라고도 함)의 적용이 상당히 많이 나타나는 최근의 일이다. SSA는 Fraedrich(1986)와 Broomhead & King(1986a)에 의해 카오스 이론으로 소개되었다. 본 연구에서는 우리나라 강수자료 중 90년 이상의 자료를 보유한 지점(서울, 인천, 목포, 부산)에 대해서 SSA를 사용하여 자료의 주성분 및 주기성을 분석하였다. SSA결과 첫 번째 주성분이 전체변화의 1.7%이며 30번째 성분은 전체변화의 약 1% 정도로 장주기의 변화를 보였으나 전체자료에 비해 각 요소들이 설명하는 비중이 상당히 낮았다.



(a) (b)

그림 4. (a)Eigenvalues (b)SSA 성분

4. 결론

각 자료의 변화도 분석결과 강우의 선형적 증가와 함께 변화폭도 증가하며 서울, 인천지역이 목포, 부산지역보다 큰 증가 양상을 보였다. 월 변화패턴과 선형추세 등 확정적 변화를 제거한 anomaly는 장기 변동과 각 달에 대해 다른 변동 폭을 가지는 noise의 합의 형태로 나타난다. Moving average를 이용한 장기변동양상은 특정 주기를 가지지 않을 뿐만 아니라 변동 폭도 noise에 비하여 미소하다. SSA결과 첫 번째 주성분이 전체변화의 1.7%이며 30번째 성분은 전체변화의 약 1% 정도로 장주기의 변화를 보였으나 전체자료에 비해 각 요소들이 설명하는 비중이 상당히 낮았다. SSA로 전체변화를 분해하였음에도 불구하고 자료의 noisy한 변화를 설명하기 어려웠다. 장기자료를 분석한 강우의 변화양상은 월 변화패턴을 제외한 선형추세, 장주기 등의 확정적 변동 폭에 비하여 noise의 변화가 매우 크므로 이러한 변화에 대한 물리적 이해가 더욱 필요하며 수자원관리에 있어서도 확정적 변화에만 너무 의존하지 않는 유연한 대처가 필수적이다.

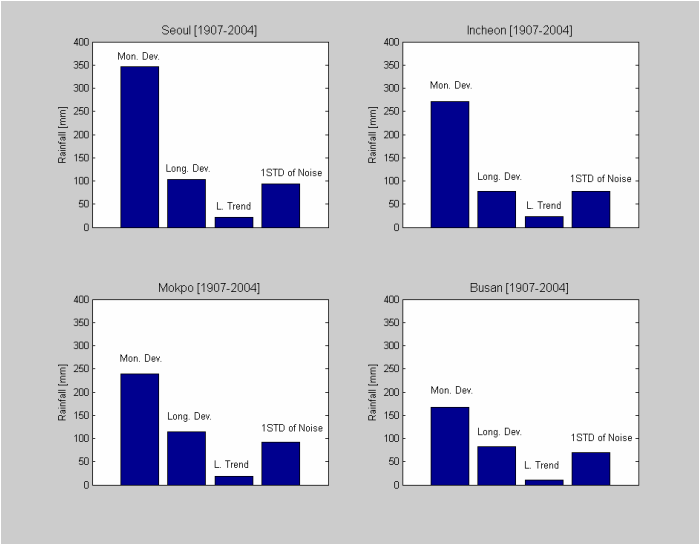


그림 5. 각 지역별 변화도 비교

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 수자원의 지속적 확보개발사업단의 연구비 지원(1-9-2)에 의해 수행되었다.

참 고 문 헌

1. Berndtsson, R., Jinno, K., Kawamura, A., Olsson, J. and Xu, S. (1994). "Dynamical systems theory applied to long-term temperature and precipitation time series." *Trends in Hydrology*, Vol 1, pp. 292-297.
2. Broomhead, D.S. and King, G.P. (1986). "Extracting qualitative dynamics from experimental data." *Physica D,* Vol. 20, pp. 217-236.
3. Fraedrich, K. (1986). "Estimating the dimensions of weather and climate attractors", *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 43, pp. 419-432.
4. Grassberger, P., Schreiber, T. and Schaffrath, C. (1991). "Nonlinear time sequence analysis" *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol 1, pp. 521-547.
5. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2001). “Climate Change 2001: The Scientific Basis.” available at www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm.