

Multi-Channel Singular Spectrum Analysis를 이용한 우리나라 기온, 강수와 기상지수분석

Analyses between Temperature, Precipitation in South Korea and Other Meteorological Indices using Multi-Channel Singular Spectrum Analysis

김광섭*, 황보정도**
Gwangseob Kim, Jungdo Hwangbo

요 지

본 연구에서는 여러 기상지수들과 우리나라 기온, 강수량에 대해서 Multi-Channel Singular Spectrum Analysis(MSSA)를 실시함으로써 상호영향에 따른 주성분을 분석하였다. Window length가 150일 때 SOI 등의 기상지수와 기온, 강수량의 MSSA를 실시하였으며 이 때 각각의 eigenvalue는 전체 공분산에 대한 각 요소의 비율을 설명한다. Window length는 Vautard 등(1992)이 제시한 $N/5 \sim N/3$ 의 값을 사용하였다. 기상요소들과 기온, 강수량의 MSSA를 이용한 기후변화에 따른 국내 수문변수의 변화 상관분석은 기온과 각 기상요소들과의 분석결과에 비해 강수와 각 기상요소들의 분석결과가 기상요소들에 대한 주기패턴을 잘 따르지 못하고 약한 진폭을 나타내며 특히 SOI와 Rainfall의 경우 첫 번째 주성분에서의 상관분석결과 3개월 지체 시 상관계수 0.8410의 상관성이 높은 장주기 변화 쌍을 가짐에도 불구하고 자료의 변화도에 대하여 각 요소가 설명하는 비중이 매우 낮았다.

핵심용어 : MSSA, 기온, 강수, 기상지수

1. 서 론

엘니뇨 등 기후변화와 관련된 연구는 Bjerknes(1966)에 의해 엘니뇨현상을 지구전체의 기후변동의 일환으로 처음 해석하기 시작하여 그 이후에도 많은 연구가 이루어져 왔다. Ropelewski and Halpert(1987), Halpert and Ropelewski(1992)는 ENSO(El Nino / Southern Oscillation)와 전 지구적 및 지역규모의 기온, 강수량 논의하였고 그 중 우리나라와 일본에서 10월에서 이듬해 2월까지 고온경향이 나타나고 강수의 경우 유의한 경향이 나타나지 않는다고 하였다. 국내의 연구동향을 보면 이동률(1998)은 엘니뇨 및 라니냐와 기온 및 강수량의 조화분석, 교차분석에 대한 연구를 통해 기온의 경우 엘니뇨의 영향은 전국에 걸쳐 동일하게 나타났으며, 라니냐의 영향은 중부 및 영남과 호남의 두 지역으로 구분되었지만 영향기간은 동일하게 나타났다. 강수량의 경우 엘니뇨의 영향지역은 중부 및 남부내륙과 남부해안 지역으로 구분되었고, 라니냐의 경우 중부 이북과 이남으로 구분하였다. 그 외에도 엘니뇨, 라니냐 해에 나타난 우리나라 기후의 특성에 관한 연구(차은정 등, 1998)에서는 엘니뇨 해 여름철은 저온, 겨울철은 고온 경향이 나타났고 라니냐 해에는 엘니뇨 해처럼 뚜렷한 특징은 나타나지 않지만 대체적으로 여름철은 고온, 겨울철은 저온경향이 나타났다. 신현석 등(1999)은 엘니뇨와 우리나라 강수량의 시·공간적 상관관계 분석에서 시간적으로 강수량은 약 1년 지체되어 SOI와 높은 상관관계를 갖고 중부지방보다 남부지방에서 상관관계가 높게 나타난다고 하는 등의 많은 연구가 진행 되어왔다.

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

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

지구 온난화와 같은 기후변화로 인한 평균 온도, 강수 및 토양수분 등의 변화는 사회 전반에 있어 수자원을 필요로 하는 모든 분야에 영향을 끼칠 것이며, 특히 농업, 임업, 공업 및 도시의 용수 수요 및 공급에 있어 지역 간의 변화는 더욱 심해질 것으로 판단되므로 정확한 기후변화에 대한 수자원의 시공간적 변화 특성에 대해 파악을 필요로 한다. 또한 개개의 국가들이 전 지구 기후계의 변화에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 분석이 필요하다. 최근 연구 결과에 의하면 이러한 전 지구적인 물 거래는 적어도 기후변화가 지역적인 수계(water system)에 미치는 영향 못지않게 중요하다(Hoekstra, 2003). 따라서 본 연구에서는 기후 변화의 요소 중 중요한 부분을 차지하는 기온과 강수에 대해서 여러 기상지수들과 Multi-channel Singular Spectrum Analysis를 실시함으로써 상호영향에 따른 주성분을 분석하였다.

2. 자료

우리나라 기온, 강수량자료로는 현재 기상청에서 운영중인 지상기상관측소는 76개소 자료 중 50년 이상의 자료 보유기간을 가진 지점 14개소의 기온과 강수량자료에 대하여 1950년 1월부터 2004년 12월까지의 전 관측지점에 대한 일별 자료를 수집하여 월 평균한 값을 사용하였다. 강수량자료의 경우 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.

기상지수는 SOI(Southern Oscillation Index), Nino1.2, Nino3.4, Nino3, Nino4, PDO(Pacific Decadal Oscillation), AO(Arctic Oscillation) 등으로 미국해양대기관리처(美國海洋大氣管理處, National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 주로 제공하고 있으며 SOI의 경우 NOAA에서 운영하는 Climate Prediction Center(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>)에서 제공하고 있으며 1882년부터 현재까지의 월 자료로 표준화(standardization)된 타히티의 해면기압(sea level pressure)에서 표준화된 다윈의 해면기압을 빼준 값의 anomaly를 나타낸다. 아래의 그림 1은 1950년 1월부터 2004년 12월까지의 자료들의 시계열을 나타내고 있다.

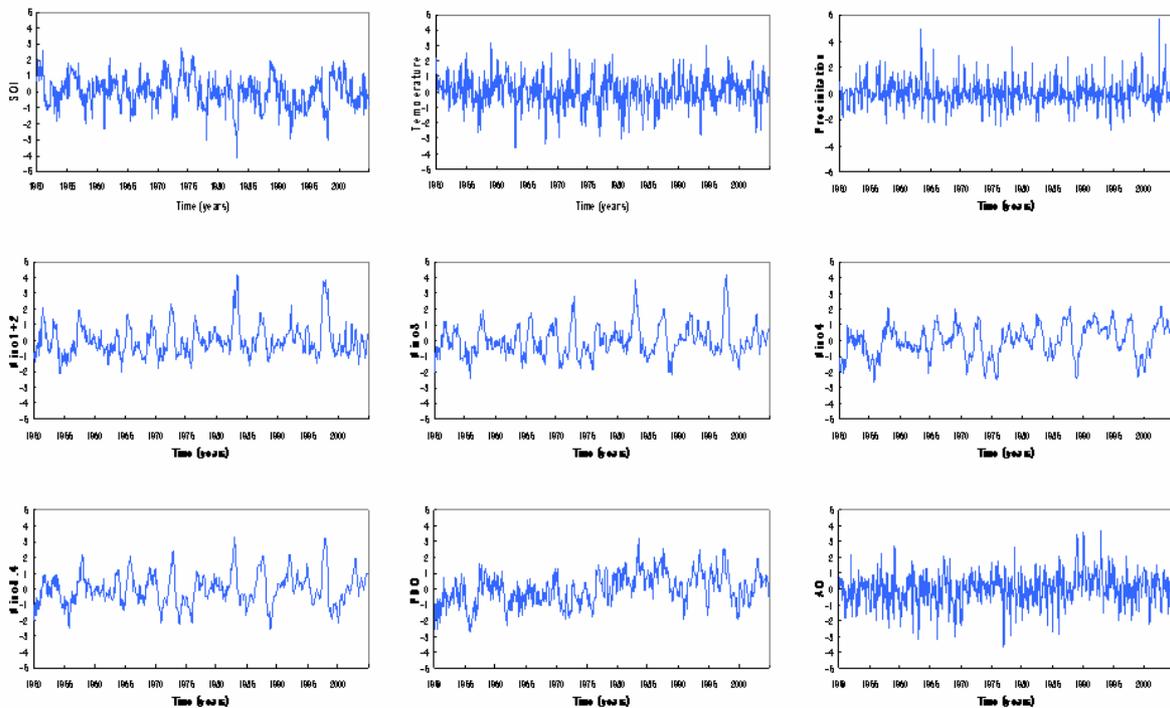


그림 1. 기온, 강수 및 여러 기상지수의 시계열

3. Multi-channel Singular Spectrum Analysis

MSSA(Multi-channel Singular Spectral Analysis)는 두 변수 이상의 시계열 사이에 공통적으로 나타나는 특정 주기변동과 경향성을 추출하는 다변량 스펙트럼 분석법으로서, MSSA로부터 구한 고유벡터는 여러 변수사이에 공통적으로 나타나는 특정주기변동을 추출하는 시간 필터를 제공한다(Plaut and Vautard, 1994). 이 시간 필터를 변수들의 시계열에 적용하면 각 변수에 공통적으로 나타나는 특정한 주기와 변동을 추출할 수 있다. 이렇게 추출된 시계열을 특정한 고유벡터에 대하여 재구성된 시계열(reconstructed time series)라고 부른다. 한편, 각 변수들에서 추출된 특정주기의 변동양상들을 비교 조사하면 변수들 사이에 관련성을 알 수 있다. 일반적으로 고유분석(eigen analysis)으로 추출되는 특정주기의 변동은 두 개의 고유벡터로 표시된다(Vautard et al., 1992). MSSA 방법은 시간과 공간 영역에서 여러 시계열, 또는 여러 지점에서의 좌표를 변화시킨 주성분분석(PCA)의 한 방법이며, Extended EOF와 유사한 방법이다(Weare and Nasstrom, 1982).

본 연구에서 SOI와 기온, 강수의 MSSA를 실시하기 위해서 기온과 강수량의 14개 지역에 대한 평균값의 시계열자료에 선형상향 추세를 선형회귀식을 구하여 제거하였고 계절적 변화는 각 달의 평균기온을 빼줌으로써 장주기경향과 노이즈 성분의 시계열자료에 대한 MSSA를 실시하였다. SOI와 기온, 강수량의 MSSA 결과를 그림 2, 3에 도시하였다. 각 그림에 대한 위쪽의 왼쪽 그림은 window length 150일 때 eigenvalue로 전체 공분산에 대한 각 요소의 비율을 설명한다. 이때 window length의 길이는 Vautard 등(1992)이 제시한 $N/5 \sim N/3$ 의 값을 사용하였다. 위쪽의 오른쪽 그림은 가장 큰 eigenvalue 값을 가지는 성분의 재구성 요소의 값에 대한 교차상관분석결과이다. 아래쪽의 왼쪽그림은 첫 번째 구성요소의 재구성 요소이고 오른쪽 그림은 두 번째 구성요소의 재구성 값이다.

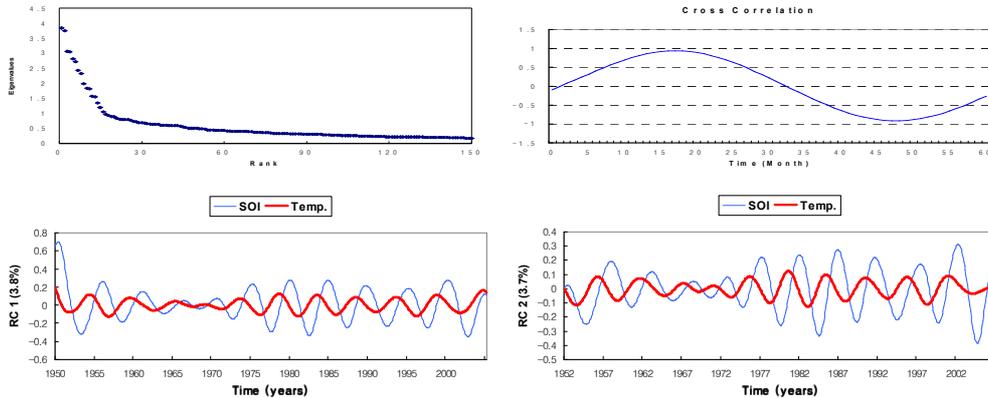


그림 2.. MSSA of Temperature and SOI

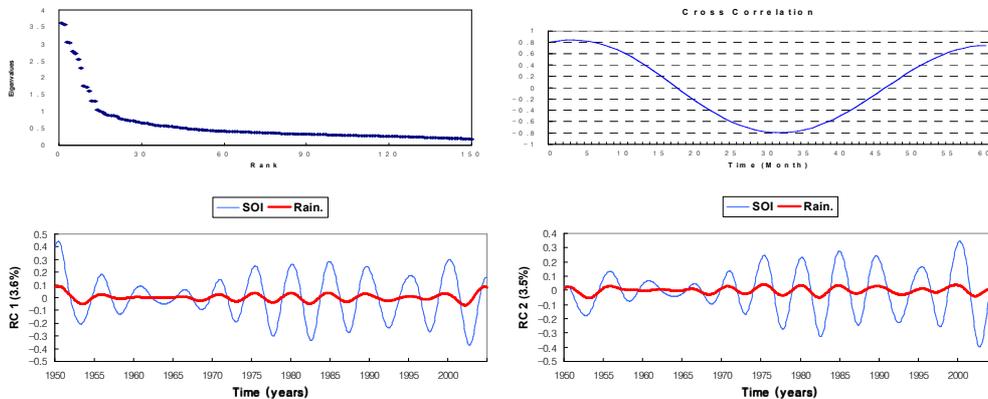


그림 3. MSSA of precipitation and SOI

4. 결 론

본 연구에서는 Window length가 150일 때 SOI 등의 기상지수와 기온, 강수량의 MSSA를 실시하였으며 이 때 각각의 eigenvalue는 전체 공분산에 대한 각 요소의 비율을 설명한다. Window length는 Vautard 등(1992)이 제시한 $N/5 \sim N/3$ 의 값을 사용하였다. 기상요소들과 기온, 강수량의 MSSA를 이용한 기후변화에 따른 국내 수문변수의 변화 상관분석은 기온과 각 기상요소들과의 분석결과에 비해 강수와 각 기상요소들의 분석결과가 기상요소들에 대한 주기패턴을 잘 따르지 못하고 약한 진폭을 나타내며 특히 SOI와 Rainfall의 경우 첫 번째 주성분에서의 상관분석결과 3개월 지체 시 상관계수 0.8410의 상관성이 높은 장주기 변화 쌍을 가짐에도 불구하고 자료의 변화도에 대하여 각 요소가 설명하는 비중이 매우 낮았다. 이에 대한 원인분석을 위해 각 자료의 상호변화분석 대한 후속연구가 필요하다.

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. 신현석, 안재현, 윤용남 (1999). "엘니뇨와 우리나라 강수량의 시·공간적 상관관계 분석." **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제19권, 제II-1호, pp. 1-12.
2. 이동률 (1998). "엘니뇨 및 라니냐와 한국의 기온 및 강수량 관계.", **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제31권, 제6호, pp. 807-819.
3. 차은정, 전종갑, 정효상 (1999). "엘니뇨/라니냐 해의 우리나라 기후 특성에 관한 연구.", **한국기상학회지**, 한국기상학회, 제35권, 제1호, pp. 98-117.
4. Allen, M.R. and Robertson, A.W. (1996). "Distinguishing modulated oscillations from coloured noise in multivariate datasets." *Climate Dynamics*, Vol. 12, pp. 775-784.
5. Barnett, T.P. and Hasselmann, K. (1979). "Techniques of linear prediction, with application to oceanic and atmospheric fields in the tropical Pacific.", *Reviews of Geophysics and Space Physics*, Vol. 17, No. 5, pp. 949-968.
6. Bjerknes, J. (1966). "Survey of El Nino 1957-58 in its relation to tropical pacific meteorology.", *Bull. Int. American Tuna Commission*, Vol. 12, No. 2, pp. 3-62.
7. Broomhead, D.S. and King, G.P. (1986). "Extracting qualitative dynamics from experimental data.", *Physica D*, Vol. 20, pp. 217-236.
8. Halpert, M.S. and Ropelewski, C.F. (1992). "Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation.", *Journal of Climate*, Vol. 5, No. 6, pp. 577-593.
9. Heokstra, A. (2003). "Virtual water trade between nations : a global mechanism affecting regional water system.", *Global Change News Letter*, No. 54, pp. 2-4.
10. Keppenne, C.L. and Ghil, M. (1992). "Adaptive filtering and prediction of the Southern Oscillation Index.", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 97, pp. 20449-20454.
11. Keppenne, C.L. and Ghil, M. (1993). "Adaptive filtering and prediction of noisy multivariate signals: An application to subannual variability in atmospheric angular momentum.", *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 3, No. 3, pp. 625-634.
12. Lau, K.M. and Chan P.H. (1985). "Aspects of the 40-50 day oscillation during the northern winter as inferred from outgoing longwave radiation.", *Monthly Weather Review*, Vol. 113, No. 11, pp. 1889-1909.
13. Plaut, G. and Vautard, R. (1994). "Spells of low-frequency oscillation and weather regimes in

- the northern hemisphere.", *Journal of Atmospheric Sciences*, Vol. 51, No. 2, pp. 210-236.
14. Ropelewski, C.F. and Halpert, M.S. (1987). "Global and regional scale precipitation patterns with the El Nino/Southern Oscillation.", *Monthly Weather Review*, Vol. 115, No. 8, pp. 1606-1626.
 15. Temam, R. (1997). "Infinite-Dimensional Dynamical Systems in Mechanics and Physics.", *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 68, Springer-Verlag, New York, pp. 648.
 16. Vautard, R. and Ghil, M. (1989). "Singular spectrum analysis in nonlinear dynamics, with applications to paleoclimatic time series.", *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Vol. 35, No. 3, pp. 395-424.
 17. Von Storch, H. and Zwiers, F.W. (1999). "Statistical Analysis in Climate Research.", *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, pp. 484.
 18. Weare, B.C. and Nasstrom, J.N. (1982). "Examples of extended empirical orthogonal function analysis." *Monthly Weather Review*, Vol. 110, No.6, pp. 784-812.