

평균상관계수를이용한 평균공간상관함수 개발  
Development of the Average Spatial Correlation Structure  
Using the Average Correlation Coefficient

최민하\* · 김형록 \*\* · 정 용\*\*\*

Minha Choi · Hyunglok Kim · Yong Jung

요 지

본 연구는 강우가 공간적으로 균질함과, 공간상관함수를 지수함수로 가정, 형태학적인 계수와 초기값을 제외한 공간상관도식을 평균상관계수를사용하여 작성해 보았다. 기존 공간상관도 작성에 있어서의 상관계수의 값은 일정 기간 강우 데이터를 한번의 강우 사상으로 취급하여 상관계수를 계산하는 반면, 본 연구에서는 일정 기간 강우 데이터를 1시간 단위로 증가시키면서 그 지역에서 일어 날 수 있는 모든 강우시간의 평균상관계수를 사용하여, 공간상관함수 fitting에 있어서의 r-square값을 대폭 증가시켰다(최대 37%). 이는 더 정확한 공간상관함수 fitting을 가능하게 하였다. 공간상관함수 식의 정확도는 관측소의 상관거리를 결정하는 중요한 식이므로 fitting 정확도는 관측소의 공간적인 분포를 결정하거나 관측소밀도 평가에 있어서 매우 중요하다고 할 수 있다.

핵심용어: 상관계수, 공간상관함수, 상관거리

1. 서 론

물에 관련된 모든 연구의 기본자료는 강우관측소의 강우데이터로부터 시작된다. 이러한 의미에서 강우관측소의 위치와 분포에 따른 관측자료는 강우관측소의 분포와 위치에 따라서 많이 달라지게 된다. 이렇듯 강우관측망의 중요성으로 인해 여러 논문들은 공간 상관함수를 이용한 영향원 반경을 도시하여 강우관측망의 적합성을 검토해 왔다. 상관계수의 특성상 자료의 값이 많을수록 관측간의 상관관계를 파악하기 용이 하지만, 한번의 강우사상으로 강우자료를 풍부하게 얻기는 곤란하다. 예를 들어 12시간비가 내렸다면, 시 단위 강우자료는 무 강우자료를 포함, 각 관측소에서 최대12개밖에 가질 수 없다. 물론 한강우사상 강우의 분단위 자료를 이용하면 강우자료가 일 단위, 시 단위보다 풍부해 지겠지만, 분단위자료의 이용이 상관도 작성에 문제가 있다는 것은 이미 연구된 바 있다. (박창열등, 2008) 이러한 자료 부족의

\* 정회원, 한양대학교 건설환경공학과 조교수, 교신저자, (mchoi@hanyang.ac.kr)

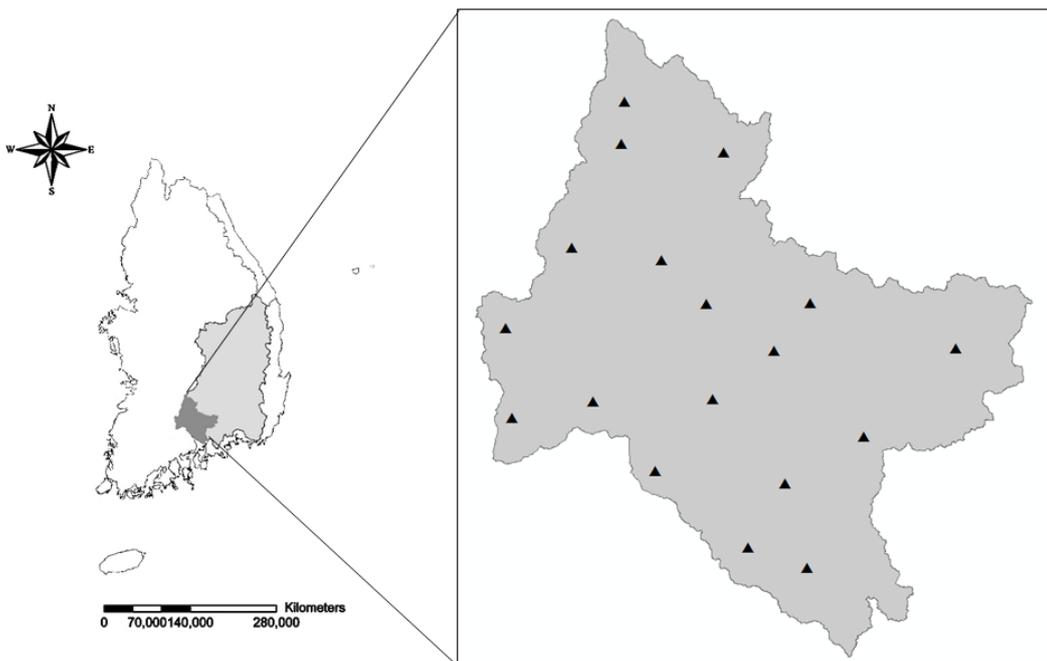
\*\* 한양대학교 건설환경공학과 학부과정

\*\*\* 정회원, 한양대학교 건설환경공학과 연구교수

문제점을 보완하기 위한 방법이 일정기간의 강우를 한 강우로 취급하여 관측소 강우자료로 이용하는 것이다. 이렇게 일정 기간 동안의 강수자료를 이용, 강수자료를 하나의 자료로 통합하여 상관계수를 구해왔다. 본 연구에서는 하나의 통합된 자료가 아닌, 강수자료개수가 증가함에 따라서 상관계수를 파악하였다. 시단위 강수자료를 20개부터 240개까지 증가시키면서 상관계수를 파악하여 특정 관측소에서 떨어진 거리에서의 평균적인 상관계수를 구할 수 있었다. 평균상관계수를 적용한 이유는 우리나라에서 발생할 수 있는 20시간~10일 연속 강우에 대한 평균 상관계수를 구하기 위함이었다. 이렇게 구해진 상관계수들의 평균값을 이용하여 상관계수-거리 관계인 상관도를 작성하였다. 기존에 연구되어 왔던 평균상관계수가 아닌 전체자료를 통합하여 얻은 상관계수를 이용할 경우 낮은 r-square 값을 갖게 되어 공간상관함수의 fitting의 신뢰도가 크게 떨어지게 된다. fitting의 신뢰도를 높이기 위해 1) 여러 관측소에서 얻어진 상관계수-거리 값을 하나의 공간상관함수 fitting을 위해 입력하거나, 2) 강수자료개수를 대폭 증가시키게 된다. (수십 년의 자료를 한번의 통합된 강우 사상으로 취급하게 된다.) 1)의 경우 한 연구지역에서 독립적인 공간상관함수를 얻을 수 없게 되고, 2)의 경우 실제로 존재할 수 없는 강우사상을 입력한 상관계수를 얻게 되는 문제점이 존재한다. 평균상관계수를 이용하게 되면 연구지역의 각 관측소마다의 독립적인 공간상관함수를 높은 r-square 값을 유지하면서 실제로 존재하는 강우사상에 대한 공간상관함수를 작성할 수 있다.

## 2. 연구지역

본 연구에서는 낙동강 하부에 위치한 남강유역을 선정하였다. 남강유역은 낙동강을 구성하는 유역 중 관측소의 개수가 가장 많은 지역이어서 많은 강수자료를 얻을 수 있었다. 연구지역은 그림00과 같다.



<그림1. 남강유역 24개 관측소>

### 3. 남강유역의상관계수와상관도작성

평균공간상관함수를구하기위해남강유역24개관측소의2011년6월~9월강우자료의개수의 변화에따른상관계수의변화관계를알아보았다. 상관거리유도에있어서는case A의강우가적합하므로 case A의경우를사용하였다. (김경준등, 2007). 또한강수공간상관특성을뚜렷하게나타내기위해1시간 단위집성시간을가진자료를사용하였다.(박창열등, 2008). 식(1)을 사용하여 상관계수를 구하였고, 식 (2)를 사용하여 평균상관계수를 구하고, 식(3)을 이용하여 평균공간상관함수를 구하였다.

$$\rho_{XY} = \frac{Cov(X,Y)}{[Var(X) Var(Y)]^{0.5}} \quad (1)$$

$$\rho_{ave}(XY) = \frac{\sum_{n=TR}^{TN_{XY}} \rho_{XY,n}}{(TN_{XY} - TR)} \quad (2)$$

$$\rho(d) = c_0 \exp\left(-\frac{d}{d_0}\right)^{s_0} \quad (3)$$

$\rho_{XY}$ : 관측소 X,Y의 강수량 공분산

$Cov(X,Y)$ : 관측소X,Y의 강수량 분산

$Var(X), Var(Y)$ : 평균상관계수 : 평균상관계수를 구하는 관측소

$\rho_{ave}$ : 평균상관계수를 구하는 관측소에서 특정 거리 떨어진 관측소)

$n$ : 강수량 개수

$TN_{XY}$ : 총 강수량 개수

$TR$ : 강수량 개수 한계 값(for this study, =20)

$d$ : 두 관측소의 거리

$c_0$ : nugget 값

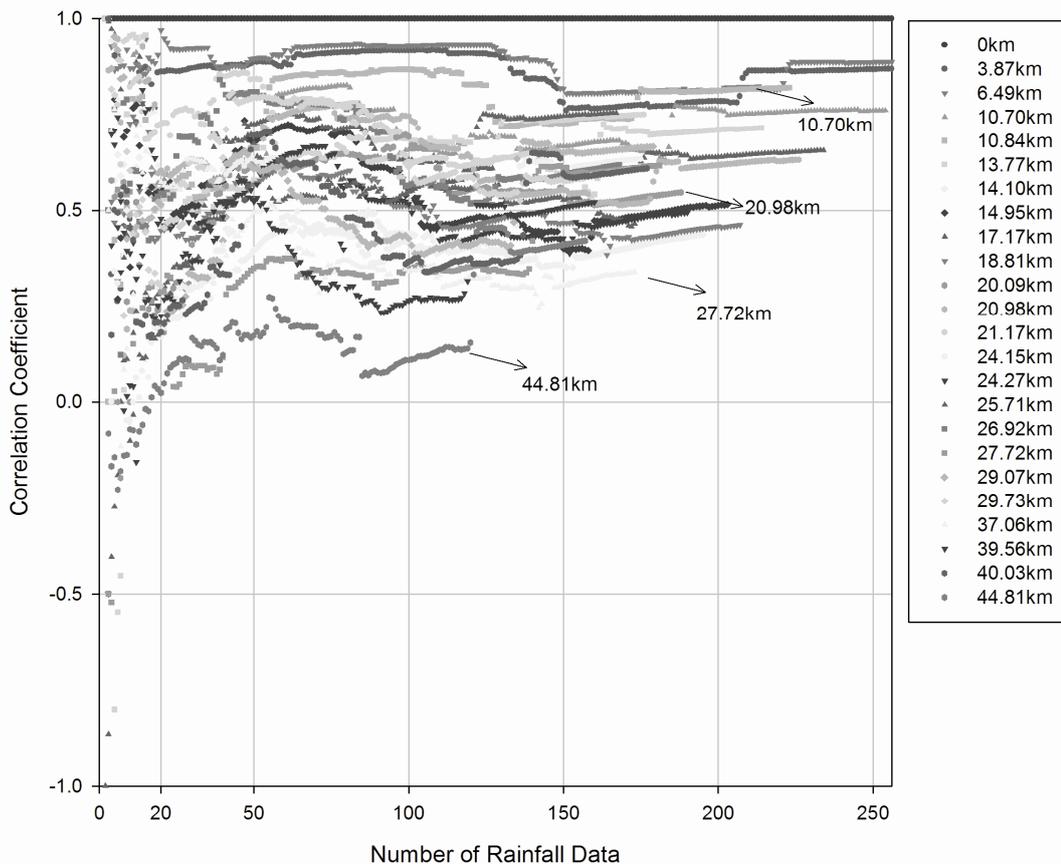
$d_0$ : 상관거리

$s_0$ : 형상계수

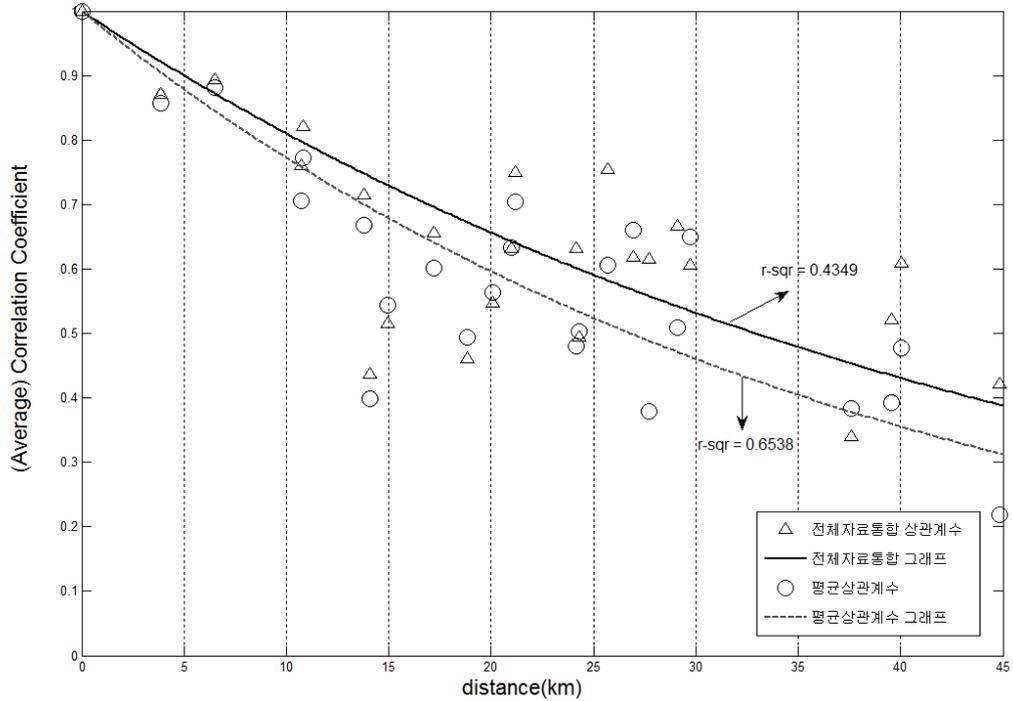
각 관측소마다의 X,Y 강수량 개수의 따른 관계를 파악하였다.본 연구에서는남강유역의 수

곡 관측소의 결과자료를 사용하였다. 자료도출 과정을 살펴보면 수곡관측소의 X,Y의 강수량 값이 하나 일 때부터 case A를 만족하는 조건에서의 X,Y 자료의 최대 개수까지를 나타내면 <그림2>와 같다. <그림2>에서와 같이 20개 이하의 상관계수는 매우 불규칙한 변화를 보여주고 있음을 알 수 있다. 그러므로 자료 20개 이상(강수량자료 한계 값)에서의 상관계수 값을 평균한 것을 평균상관계수라고 정의하였다. 20개의 불규칙한 상관계수를 제외하고 나면 수곡관측소의 각 거리에서 떨어진 23개의 관측소에서의 자료개수에 따른 평균상관계수를 계산할 수 있다. <그림2>에서와 같이, 수곡 관측소로부터 거리가 먼 관측소일수록 대체적으로 수곡 관측소에서 가까운 거리에서의 상관계수 값보다 작은 상관계수 값을 가지면서 변동성을 가지는 것을 볼 수 있다. 또한 거리가 먼 관측소일수록 비교할 수 있는 X,Y 강수량의 수도 작다는 것을 파악 할 수 있다.<그림3> 평균상관계수로 작성한 평균공간상관함수와 통합 강수량자료를 이용한 공간상관함수이다. 공간상관함수는 지수함수로 가정하였으며, 2006. Gregorz J. Ciach의 연구에서 진행되는 형상계수(식3)는 사용하지 않았다. 그 이유는 형상계수를 적용 했을 때와 적용하지 않았을 때의 결과값에 큰 차이를 보이지 않았기 때문이다. 또한 너겟(Nugget)값을 적용하지 못했는데, 이는 우리 나라 강우관측소의 장비 특성상 적용 할 수 없었기 때문이다. (너겟값을 고려하기 위해서는 각 관측소에 2개 이상의 우량계가 필요하지만, 한국의 경우 하나의 우량계만 사용 하고 있다.)

Sukok Obs.



< 그림2. 수곡관측소의 강우자료개수에 따른 상관계수의 변화 >



<그림3. 평균상관계수와 통합자료 상관계수를 이용한 수곡관측소 공간상관함수>

그림00에서 수곡 관측소의 평균공간상관함수의 r-square 값( $r\text{-square}=0.6538$ )이 통합자료를 이용한 공간상관함수의 값( $r\text{-square}=0.4349$ )보다 더 큰 것을 볼 수 있다. 이는 24개 관측소에서 2개의 관측소를 제외하곤 같은 결과를 보여준다. 그 결과는 표1과 같다. 표1 에서 볼 수 있는 것과 같이 최대 38%이상 평균상관계수 값을 이용한 fitting 통합자료를 이용한 상관계수 값 보다 더 높은 r-square값을 갖는 것을 보여준다.

표1. 통합자료 상관계수와 평균상관계수를 이용한 fitting의 r-square값 비교

관측소명	통합자료 r-sq	평균상관계수 r-sq	관측소명	통합자료 r-sq	평균상관계수 r-sq
마천	<b>0.7349</b>	<b>0.8031</b>	안의	<b>0.5685</b>	<b>0.7601</b>
산내	0.8344	0.6778	운봉	<b>0.8634</b>	<b>0.9204</b>
산청	<b>0.584</b>	<b>0.7033</b>	운봉2	<b>0.8702</b>	<b>0.8914</b>
삼가	<b>0.676</b>	<b>0.7482</b>	임천	<b>0.5949</b>	<b>0.6761</b>
삼장	<b>0.2891</b>	<b>0.6544</b>	중산	<b>0.5842</b>	<b>0.7865</b>
삼정	<b>0.5827</b>	<b>0.6502</b>	지리산	<b>0.4229</b>	<b>0.6836</b>
서상	<b>0.6177</b>	<b>0.7726</b>	차황	0.7263	0.7097
서하	<b>0.5951</b>	<b>0.6608</b>	차황2	<b>0.6799</b>	<b>0.7037</b>
수곡	<b>0.8502</b>	<b>0.8978</b>	창춘	<b>0.6315</b>	<b>0.8971</b>
시천	<b>0.4369</b>	<b>0.6538</b>	청암	<b>0.6343</b>	<b>0.7634</b>
신안	<b>0.7459</b>	<b>0.7736</b>	태수	<b>0.565</b>	<b>0.8334</b>
아영	<b>0.687</b>	<b>0.7176</b>	함양	<b>0.6416</b>	<b>0.7421</b>

## 6. 결론

평균상관계수의 산출에 있어서는 무강우 자료를 포함하지 않은 시단위 강수량 자료 20개 이상이 적합하고, 공간상관함수의 작성 fitting에 있어서 평균상관계수를 이용하게 되면 통합자료를 이용할 때 보다 더 높은 r-square 값을 얻을 수 있다. 정확한 공간상관도의 작성은 관측소의 상관거리 결정에 있어서 중요하게 작용하게 되므로(유철상, 2003) 높은 r-square값은 그만큼 더 정확하게 상관거리 결정할 수 있어 관측소의 공간적인 분포를 결정하거나 관측소 재배치에 있어 유용한 방법이 될 수 있다.

## 참고문헌

- 김경준, 유철상, 2007. 강우공간상관구조의 변동 특성. 한국수자원학회. pp.943~956
- 박창열, 김경준, 황정호, 전경수, 유철상, 2008. 분단위강우자료를이용한공간상관구조분석.
- 유철상, 2003. 우량계의밀도및공간분포검토: 남한강유역을중심으로. 토목학회. pp.173~181
- 유철상, 하은호, 김경준, 2006. 강우의공간상관구조에대한무강우자료의영향, 토목학회. pp.127~138
- Ciach, G.J., and Krajewski, W.F.,2006. Analysis and modeling of spatial correlation structure in small-scale rainfall in Central Oklahoma, *Advances in Water Resources*. Vol.29. pp.1450-1463
- North, G. R., and Nakamoto, S., 1989. Formalism for comparing rain estimation designs. *Journal of Atmospheric and Oceanaric Technology*, Vol.6, pp. 985-992