

GPD 모형 및 선형회귀분석을 이용한 산악형 강수 해석

Orographic Precipitation Analysis with GPD Model and Linear Regression

엄명진*, 윤혜선**, 조원철***, 허준행****

Myoung-Jin Um, Hye Seon Yun, Woncheol Cho, Jun-Haeng Heo

요 지

본 연구에서는 산악형 강수 해석을 위해 제주도내 강우관측 자료를 이용하여 확률강우량 산정 및 고도와의 선형회귀분석을 수행하였다. 제주도내 강우관측 자료는 기상관서 4개소 및 AWS(Automatic Weather System, 자동기상관측소) 13개소의 자료를 활용하였다. 확률강우량 산정시 AWS 강우관측 자료는 AMS(Annual Maximum Series, 연 최대치 계열) 모형을 적용하기에는 자료기간이 충분하지 않으므로 짧은 자료기간에 적합한 PDS(Partial Duration Series, 부분 기간치 계열) 모형을 적용하였다. 따라서 본 연구에서는 PDS의 대표적인 분포형인 GPD(Generalized Pareto Distribution)를 적용하여 지속시간별 확률강우량을 산정하였다. 산정된 지속시간별 확률강우량과 고도와의 관계를 확인하기 위하여 선형회귀분석을 수행하였다. 회귀분석 결과 확률강우량은 고도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하였다. 또한, 재현기간이 길어질수록 고도에 따른 확률강우량 증가율도 증가하였다. 다만, 재현기간과 관계없이 지속시간이 짧을 경우 확률강우량과 고도와의 선형 관계는 약해지는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 산악형 강수, GPD, 확률강우량, 고도, 지속시간

1. 서 론

일반적으로 산지에서는 평지보다 많은 강우가 발생하여 유출량이 더욱 크게 발생한다. 산지에서는 바다 등지에서 불어오는 습윤한 공기가 산지로 상승할 때 이슬점 온도에 빨리 도달하기 때문에 강우 발생률이 높은 편이다. 우리나라는 산지가 많은 지형이므로 산악형 강수(Orographic precipitation)가 자주 발생하는 실정이다. 산악형 강수에 대한 국외 연구동향을 살펴보면 일반적으로 산악지형에서 강수는 고도에 따라 증가한다고 연구되었다(Schermerhorn 1967; Hibbert 1977; Smith 1979). 강수와 고도와의 관계는 대수선형(Log-Linear)또는 지수함수(Exponential Function)에 의해 잘 표현될 수 있으나 선형 형태(Linear form)가 적용성이 좋고 가장 많은 경우에 만족하는 근사치를 보이는 것으로 나타났다(Daly et al. 1994). 국내에서는 유철상 등(2004)이 한강유역에 대하여 산지효과를 추정하였고, 엄명진 등(2007)이 제주도에 대하여 지속시간별 평균 강우량을 이

* 정회원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · E-mail : movie21@yonsei.ac.kr

** 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : youn@yonsei.ac.kr

*** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수 · E-mail : woncheol@yonsei.ac.kr

**** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수 · E-mail : jhheo@yonsei.ac.kr

용하여 산지효과를 산정하였다.

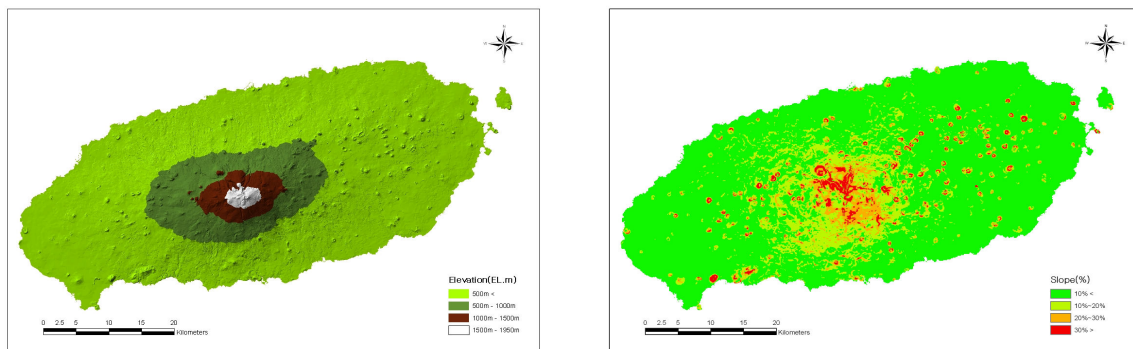
2. 대상지역 선정

본 연구의 대상지역으로는 제주도 지역을 선정하였다. 제주도는 총면적 1848.2km²이며 대칭형 원추 모양의 한라산(EL.1950m)을 중심으로 남북경사도가 1/6 ~ 1/9로 급하고, 동서경사도는 1/20 ~ 1/18로 완만한 지형을 이루고 있다. 또한 “오름”이라 불리는 기생화산체들이 약 360여개 산재하고 있으며 동쪽 사면을 따라 평균 300 ~ 700m의 비교적 높은 오름이 많다.

본 연구에서는 제주도에 기상관서 4개소와 AWS 13개소의 시우량 자료를 이용하여 산악형 강수 모형을 해석하기로 하였다. 선정된 관측소의 분포현황은 Table 1과 같다. 또한 GIS를 이용하여 지형분석을 한 결과 500m 이상의 표고는 전체면적의 17.8%이고, 10%이상의 경사지는 20.9%로 산정되었으며, 그 결과는 Fig. 1에 도시하였다.

Table 1 Overview of the weather stations

Station	Notation	Longitude	Latitude	X-coordinate in Bessel TM	Y-coordinate in Bessel TM	Elevation (EL.m)	Period of non-missing data	Time resolution	Type
Eorimok	EM	126°29'	33°23'	152853.891	-11450.041	1010.0	1999-2007	Hourly	AWS
Gasi	GA	126°46'	33°21'	178660.953	-15792.521	120.0	2000-2007	Hourly	AWS
Gujwa	GJ	126°51'	33°31'	186159.203	2923.733	40.0	1996-2007	Hourly	AWS
Gosan	GS	126°10'	33°17'	121943.679	-22156.778	71.2	1988-2007	Hourly	Meteorological office
Hallim	HL	126°16'	33°24'	131755.344	-9260.129	48.0	1995-2007	Hourly	AWS
Hawon	HW	126°27'	33°17'	149770.813	-22925.393	417.0	2002-2007	Hourly	AWS
Jeju	JJ	126°32'	33°31'	156224.406	2072.609	20.0	1981-2007	Hourly	Meteorological office
Jungmun	JM	126°24'	33°14'	144572.078	-27240.74	76.0	2002-2007	Hourly	AWS
Moselpo	MS	126°15'	33°12'	129998.695	-30782.365	20.0	2000-2007	Hourly	AWS
Namwon	NW	126°43'	33°16'	173907.781	-23944.475	73.0	1995-2007	Hourly	AWS
Odeung	OD	126°32'	33°25'	157315.469	-7620.004	574.0	2002-2007	Hourly	AWS
Seogwipo	SG	126°34'	33°15'	159418.101	-27676.080	50.5	1977-2007	Hourly	Meteorological office
Seonheul	SH	126°42'	33°27'	173134.719	-4165.073	345.0	1997-2007	Hourly	AWS
Seongpanak	SP	126°37'	33°22'	164506.000	-12331.483	777.0	1999-2007	Hourly	AWS
Seongsanpo	SS	126°53'	33°23'	188792.385	-12143.955	18.6	1981-2007	Hourly	Meteorological office
Seogwang	SW	126°18'	33°16'	134917.594	-23237.971	146.0	1997-2007	Hourly	AWS
Yusam	YS	126°23'	33°24'	143458.734	-9428.229	429.0	1998-2007	Hourly	AWS



(a) Elevation

(b) Slope

Fig. 1 Map of elevation and slope in Jeju

3. GPD 모형의 적용

제주도 관측소 17개소의 시우량 자료중 기상관서 4개소의 자료기간은 충분하지만 그 외 AWS 13개소의 자료기간이 짧으므로 본 연구에서는 짧은 자료기간에 적합한 부분시계열 모형을 적용하기로 하였다. 부분시계열 모형을 산정하기 위한 분포형은 전통적으로 Exponential 분포형이 사용되어 왔으나 최근 연구경향을 살펴보면 주로 Pickands(1975)가 제시한 GPD가 주로 적용되었다. Exponential 분포형이 GPD의 특별한 경우이기 때문이다. GPD의 누가 분포 함수(CDF) 및 확률 밀도 함수(PDF)는 Eqs. (1) ~ (4)와 같다.

$$F(x) = 1 - \left(1 - \gamma \frac{x - \xi}{\alpha}\right)^{1/\gamma}, \quad \gamma \neq 0 \quad (1)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x - \xi}{\alpha}\right), \quad \gamma = 0 \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \gamma \frac{x - \xi}{\alpha}\right)^{(1/\gamma) - 1}, \quad \gamma \neq 0 \quad (3)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left(-\frac{x - \xi}{\alpha}\right), \quad \gamma = 0 \quad (4)$$

여기서, γ 는 형상매개변수, α 는 척도매개변수, ξ 는 위치매개변수이다. 일반적으로 x 의 범위는 $\gamma \leq 0$ 일 경우 $\xi \leq x \leq \infty$, $\gamma \geq 0$ 일 경우 $\xi \leq x \leq \xi + \alpha/\gamma$ 이다.

본 연구에서는 강우사상들을 구분하기 위해서 Restrepo-Posada and Eagleson(1982)이 제안한 IETD 개념을 적용하였고 시우량 자료는 년당 3개의 값을 갖는 부분시계열 자료(POT3)를 사용하였다.

4. 산악형 강수 해석

제주도내 강수에 대한 산악효과를 파악하기 위하여 우선적으로 연강수량에 대한 산악효과를 분석하였다. 분석결과 Figs. 2~3에서와 같이 연강수량은 고도에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 다만, 최대 강수는 산정상부가 아닌 성판악 부근에서 발생하였다.

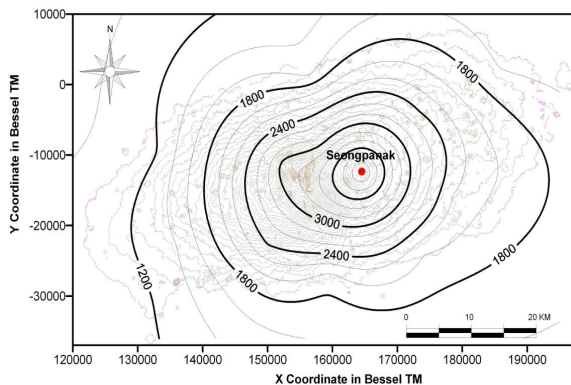


Fig. 2 Isohyetal map for average annual precipitation

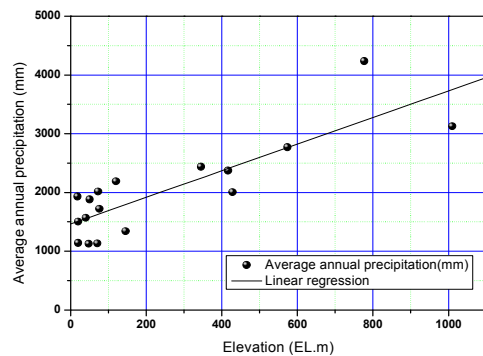
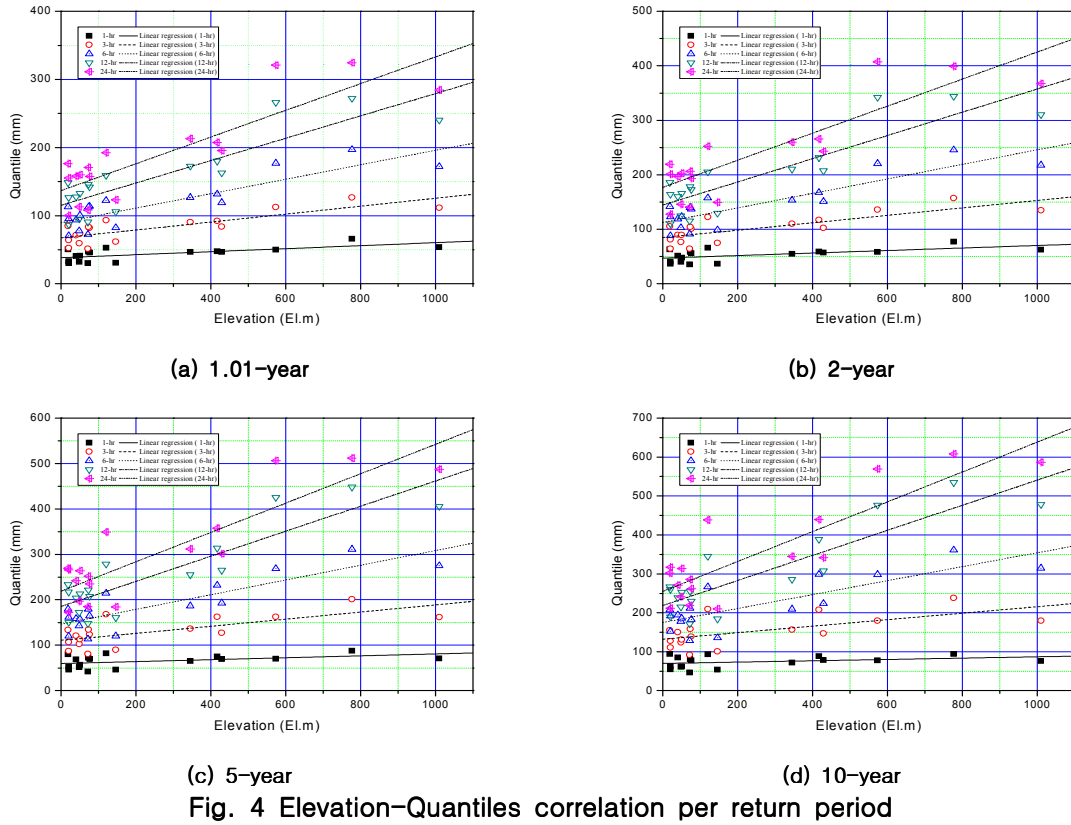


Fig. 3 Elevation-average annual precipitation correlation

본 연구에서는 GPD 모형을 이용하여 지속시간 및 재현기간별 확률강우량을 산정하였다. 산정된 확률강우량과 고도와의 관계를 Fig. 4에 도시하였다. Fig. 4를 살펴보면 엄명진 등(2007)에서와

같이 지속시간이 증가함에 따라 고도에 따른 강수량 증가율이 커짐을 알 수 있다. 또한 재현기간에 대하여도 같은 경향을 나타내었다.



재현기간 1.01년일 경우 지속시간 6시간 및 24시간에 대하여 GIS를 이용하여 지형 분석을 수행하였다. Fig. 5에 지형분석 결과를 도시할 때 회귀모형을 이용한 경우와 지점 값을 이용한 경우에 대하여 각각 Kriging 기법을 적용하였다. 분석결과 회귀모형을 이용하였을 경우가 고도에 따른 변화량을 잘 반영해주고 있는 것을 알 수 있다.

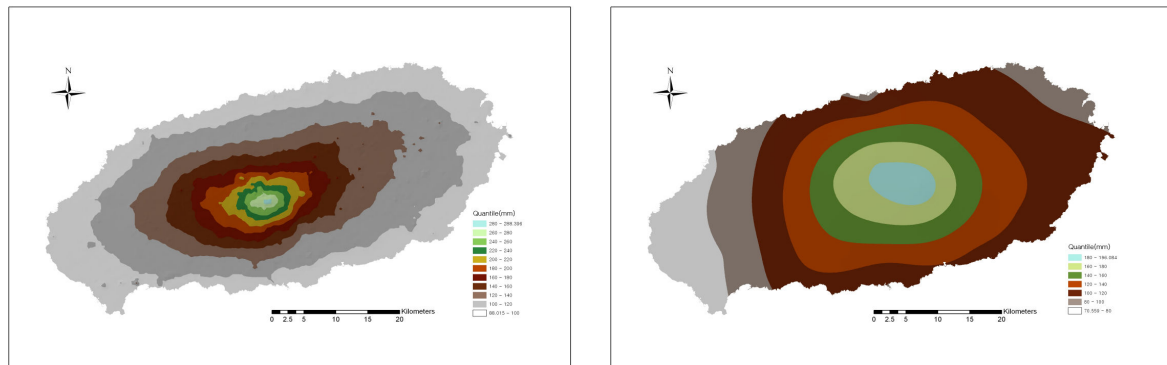
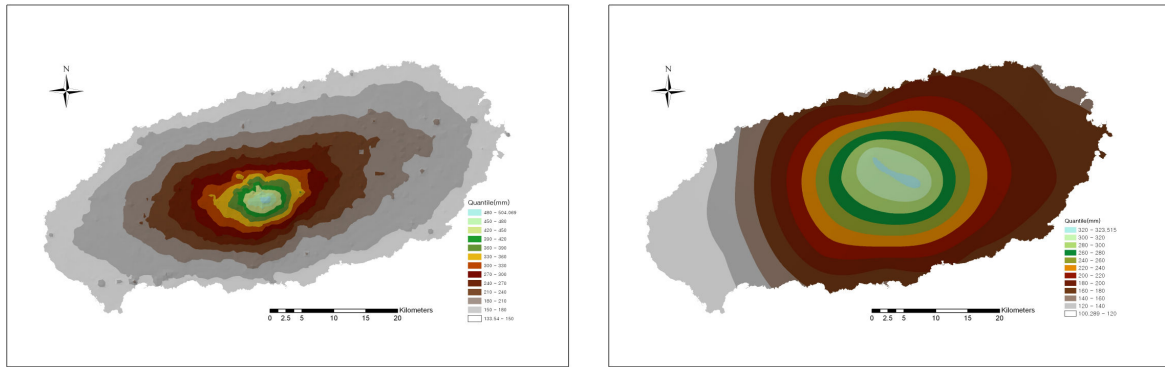


Fig. 5 Comparison between linear regression and spatial interpolation techniques



(c) Linear regression(24hr)

(d) Spatial interpolation(24hr)

Fig. 5 Comparison between linear regression and spatial interpolation techniques (Continue)

5. 결론

본 연구는 GPD 모형을 이용한 강수에 대한 산악효과 해석에 관한 연구이다. 대상지역으로는 고도분포가 높은 제주도를 선택하였으며 제주도내 관측소 17개소의 시우량 자료를 활용하였다.

부분시계열 자료를 이용한 GPD 모형으로 확률강우량을 산정하였고 고도와와의 관계를 확인하기 위하여 선형회귀분석을 수행하였다. 회귀분석 결과 확률강우량은 고도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하였다. 또한, 재현기간이 길어질수록 고도에 따른 확률강우량 증가량도 증가하였다. 다만, 재현기간과 관계없이 지속시간이 짧을 경우 확률강우량과 고도와의 선형 관계는 약해지는 것으로 나타났다. 그리고 지형분석을 하여 도시한 결과 회귀모형을 이용하였을 경우가 지점 자료를 이용하였을 때 보다 고도에 따른 확률강우량을 더 잘 예측하는 것으로 산정되었다.

참 고 문 헌

1. 엄명진, 조원철과 임해옥(2007). 지속시간 및 표고에 따른 강우량 보정에 관한 연구, 한국수자원학회 논문집, 제40권 제7호, pp. 511-521.
2. 유철상, 전경수와 김기욱(2004). 한강유역 강수의 산지효과 추정 -I. 회귀분석-, 대한토목학회 논문집, 제24권 제1B호, pp. 33-39.
3. Daly, C., Neilson, R. P. and Phillips, D. L. (1994). "A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain", *J. Appl. Meteorol. Soc.*, Vol. 33, pp. 140-158.
4. Hibbert, A. R. (1977). "Distribution of precipitation on rugged terrain in central Arizona", *Hydrology Water Resources Arizona Southwest*, Vol. 7, pp. 163-173.
5. Pickands, J. (1975). "Statistical inference using extreme order statistics", *Ann. Statist.*, Vol. 3, pp. 119-131.
6. Schermerhorn, V. P. (1967). "Relations between topography and annual precipitation in western Oregon and Washington", *Water Resour. Res.*, Vol. 3, pp. 707-711.
7. Smith, R. B. (1979). "The influence of mountains on the atmosphere", *Advances in geophysics*, Vol. 21, Academic, New York, pp. 87-230.