

지역적으로 편중된 우량계 자료를 이용한 레이더 강우의 편의 보정: 강화 수문레이더의 사례 연구

On the Correction of Mean-Field Bias of Radar Rainfall Using Spatially Disproportionate Rain Gauge Network: A Case Study of Ganghwa Rain Radar in Korea

유철상*, 김병수**, 윤정수***, 하은호****

Chul Sang Yoo, Byoung Soo Kim, Jung Soo Yoon, Eun Ho Ha

요 지

레이더 강우의 편의 추정은 근본적으로 레이더 강우의 평균과 참값으로 가정되는 우량계 강우의 평균과의 차이를 결정하는 문제이다. 두 관측치의 차이를 정확히 결정하기 위해서는 두 관측치의 차이에 대한 분산이 매우 작아야 하며, 따라서 비교되는 관측치의 수가 충분히 확보되어야 한다. 즉, 이 문제는 두 관측치의 차이에 대한 분산의 규모를 주어진 조건에 맞추기 위해 필요한 우량계의 수를 결정하는 것이 된다. 본 연구에는 특히 일부 지역에만 우량계의 설치가 가능한 경우를 대상으로 하고자 한다. 이는 임진강 유역에 대해 강우레이더를 운영하는 경우에 해당하는 문제이며, 또한 바다와 접한 지역에서 레이더를 설치 운영할 경우에도 발생하는 문제이다. 본 연구에서는 임진강 유역을 대상으로 하였으며, 전체 유역의 약 1/3정도인 하류유역에서만 우량계 자료가 가용한 경우와 전체 유역에 대해 우량계 강우가 가용한 경우의 차이를 비교하였다. 이러한 분석결과를 토대로 임진강 유역 전체 지역에 고르게 우량계가 분포할 경우의 관측정도를 얻기 위한 하류유역의 우량계 밀도를 제시하였다.

핵심용어: 레이더 강우, 편의추정, 우량계 밀도, 임진강 유역

1. 서 론

임진강 유역은 남북한의 경계가 유역의 중앙부를 관통하고 있다는 점에서 다른 유역들과 구별된다. 북한강유역과 같이 유역의 일부분이 북한에 포함되는 경우가 있으나 임진강 유역과 같지는 않다. 임진강 유역의 경우 전체 유역면적의 62.9%가 북한에 위치해 있고 나머지 37.1%가 남한에 위치해 있다. 1950년 6·25전쟁 이후 임진강 유역은 체계적인 수문관측이 이루어 질 수 없는 상황이었으며, 아울러 남북한의 수문자료 교환도 아주 미미한 수준에 머물러 있다(건설교통부, 1997; 2006).

* 정회원. 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수. E-mail: envchul@korea.ac.kr

** 정회원. 도화종합기술공사 수자원 1부 사원. E-mail: keslo99@dohwa.co.kr

*** 정회원. 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정. E-mail: civileng01@korea.ac.kr

**** 하은호. 연세대학교 정보통계학과 교수. E-mail: statha@dragon.yonsei.ac.kr

본 연구에서는 임진강 유역에서와 같이 지역적으로 편중되어 있는 우량계 강우를 이용하여 대상 유역 전체에 대한 편의를 보정하는 경우에 대해 살펴보고자 한다. 즉, 유역의 약 1/3 정도에 해당하는 지역에서만 가용한 우량계 강우를 이용하여 임진강 유역 전체에 대한 면적평균강우의 편의를 추정할 경우의 문제를 살펴보고자 한다. 이러한 문제를 통해 궁극적으로 남한측에 가용한 우량계의 수를 고려하면 얼마만 한 편의보정의 오차가 발생하는지를(또는 정확성을 확보할 수 있는지를) 파악할 수 있다. 아울러, 주어진 오차한계를 만족하는 우량계 수를 임진강 유역 전체 및 남한측에 대해 각각 추정해 보고, 이를 통해 효율적인 지상보정망의 설계에 대해 살펴볼 수 있다. 이러한 연구는 또한 해양에서와 같이 지상 강우의 관측이 어려운 경우 어떤 방식으로 면적평균강우의 편의를 보정해야 하는지, 또는 이러한 목적의 지상보정망을 어떻게 구성해야 하는지와 같은 문제의 해결에도 직접적으로 관련된다.

2. 우량계 강우를 이용한 레이더 강우의 편의 추정

레이더 강우의 편의 추정을 위해 무차원 오차 분산관측오차(dimensionless error variance)를 사용하였다. 무차원 오차 분산은 관측오차의 분산에 대한 기대값을 면적평균강우의 분산으로 나눈 값으로 정의한다. 즉,

$$V_N^2 = \frac{E_N^2}{\sigma_\psi^2} \quad (1)$$

본 연구에서의 적용 대상 유역인 임진강 유역의 경우는 일반적인 레이더 강우의 편의추정문제와는 또 다른 특성을 갖는다. 즉, 임진강 유역의 특수상황에 따라 우량계는 임진강 유역의 하류인 남한 지역에서만 가능하다. 따라서 지역적으로 편중된 우량계 강우자료를 이용한 레이더 강우의 편의보정 문제가 된다.

3. 임진강 유역에 대한 적용

3.1 강우 관측망 현황 및 관측망의 단순화

임진강유역 내에서는 총 44개의 강우관측소가 기 운영되고 있다. 남한의 경우, 관할 기관별로 건설교통부 18개소, 기상청 3개소, AWS 15개소의 관측소가 운영되고 있으며, 북한의 경우 현재 유역 내에 2개소의 WMO 관할 강우관측소, 6개소의 북한 관할관측소가 운영되고 있다. 임진강 유역 인근에 존재하는 강우관측소는 남한의 경우 건설교통부 산하 관측소 9개소, 기상청 산하 1개소, 북한의 경우는 WMO 산하 3개소이다.

임진강 유역의 형태 그대로는 계산하기는 어렵다. 본 연구에서는 이론적 배경에서 살펴본 것과 같이 사각형 형태의 유역과 공간적으로 균일한 우량계 분포를 가정하기로 한다. 임진강 유역의 강우 관측망을 단순화하기 위하여 유역의 형태를 가장 잘 나타낼 수 있는 직사각형으로 가정하였다(Fig. 1)

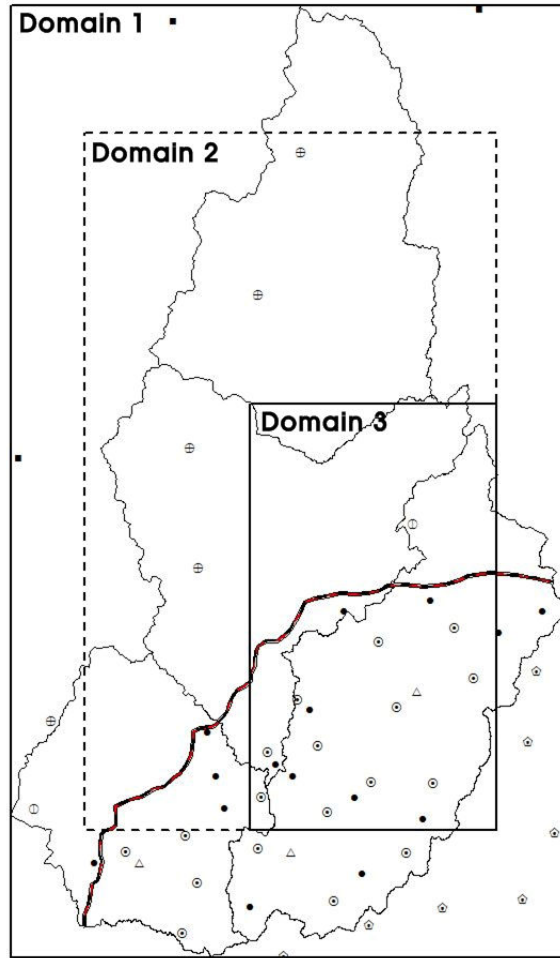


Fig. 1 Simplification of the Imjin river basin

3.3 임진강 유역 레이더 강우의 편의 보정을 위한 남한측의 우량계 밀도 결정

먼저, 다양한 크기의 유역면적 및 레이더 격자 크기에 대한 무차원 오차분산의 거동을 파악하였다. 다음으로 임진강 전체 유역(Domain 2) 및 남한측 유역(Domain 3)에 대해 우량계 밀도에 따른 무차원 오차분산의 변화를 계산하였다(Figs. 2, 3, 4).

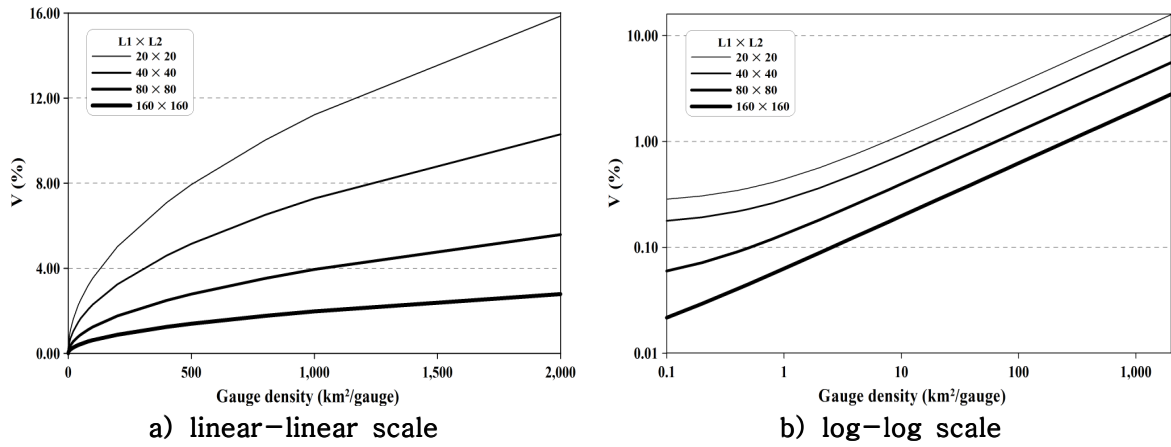


Fig. 2 Dimensionless error variance depending on the domain size

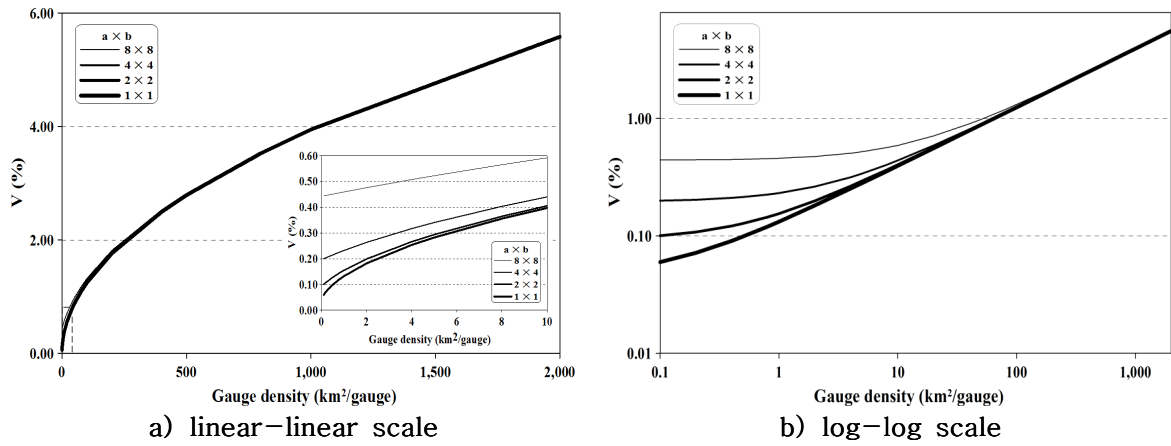


Fig. 3 Dimensionless error variance depending on the size of radar bin

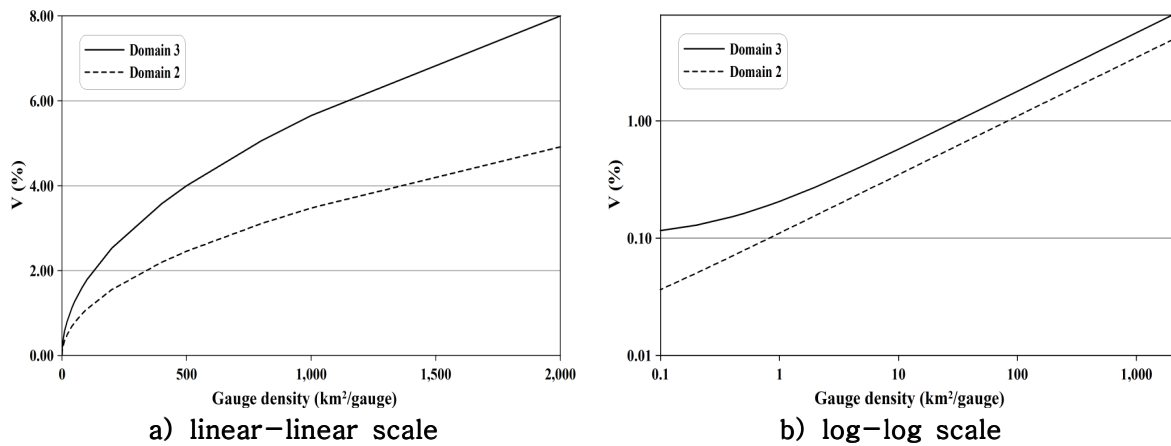


Fig. 4 Dimensionless error variance depending on the rain gauge density of the Imjin river basin

4. 결론

본 연구에서는 임진강 유역에서와 같이 지역적으로 편중되어 있는 우량계 강우를 이용하여 대상 유역 전체에 대한 편의를 보정하는 경우에 대해 살펴보았다. 즉, 남한측에 가용한 우량계를 이용하여 임진강 유역 전체에 대해 면적평균강우의 편의를 보정하는 경우 그 오차가 어느 정도인지를 살펴보았으며, 아울러 동일한 규모의 오차 정도를 확보한다는 전제하에 임진강 유역 전체에 필요한 우량계 수를 파악하였다.

본 연구의 결과는 해양에서와 같이 우량계를 설치할 수 없는 경우에 대한 편의 보정에도 효율적으로 적용될 수 있다. 즉, 가능한 지역에 대해 우량계를 설치하고 이를 이용하여 편의보정을 수행할 경우에 대해 평가할 수 있으며, 또한 가능한 오차범위를 미리 설정하고 이를 만족시키는 가능한 지역에 우량계 망을 구축할 수도 있다. 이는, 향후, 바다와 인접한 도시지역의 홍수예보를 위해 레이더 강우를 활용할 경우 해결해야 하는 첫 번째 문제이기도 하다.

본 연구의 결과는 레이더 강우가 가질 수 있는 다양한 문제점을 충분히 고려한 결과는 아니다. 즉, 레이더 강우는 공간적으로 등방향성을 가지고 아울러 시-공간적 공분산 구조가 동일하다는 전제하의 결과이다. 기본적으로 레이더 강우의 특성이 우량계 설치 가능지역이나 그렇지 못한 지역이 동일하다는 전제하에서의 결과이므로, 국부적으로 강우특성이 심하게 변할 수 있는 경우에는 더 큰 오차를 유발할 수 있기도 하다. 그러한 경우는 물론 본 연구의 범위를 벗어나는 것이 되며, 아울러 본 연구에서 다루는 연구의 범위를 넘는 내용이 된다.

감사의 글

이 연구는 2006년, 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(KRF-2006-311-D00221; KRF-2007-313-D00818). 연구지원에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- 건설교통부 (1997). **임진강유역 종합수문관측망 타당성조사 및 기본계획수립**.
- 건설교통부 (2006). **한강홍수예보: 임진강, 안성천 포함**.
- North, G.R. and Nakamoto, S. (1989). Formalism for comparing rain estimation designs, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 6, No. 6, pp. 985-992.
- Yoo, C. (2001). Sampling of soil moisture fields and related errors: Implications to the optimal sampling design, *Advances in Water Resources*, Vol. 24, No. 5, pp. 521-530.