부분적 레이더 정보에 따른 면적평균강우의 관측오차

Sampling Error of Areal Average Rainfall due to Radar Partial Coverage

유철상* · 김병수** · 김경준*** · 윤정수****

Yoo, Chulsang · Kim, Byoungsoo · Kim, Kyoungjun · Yoon, Jungsoo

Abstract

This study estimated the error involved in the areal average rainfall derived incomplete radar information due to radar partial coverage of a basin or sub-basin. This study considers the Han River Basin as an application example for the rainfall observation using the Ganghwa rain radar. Among the total of 24 mid-sized sub-basins of the Han River Basin evaluated in this study, only five sub-basins are fully covered by the radar and three are totally uncovered. Remaining 16 sub-basins are partially covered by the radar leading incomplete radar information available. When only partial radar information is available, the sampling error decreases proportional to the size of the radar coverage, which also varies depending on the number of clusters. It is general that smaller sampling error can be expected when the number of clusters increases if the total area coverage remains the same. This study estimated the sampling error of the areal average rainfall of partially-covered mid-sized sub-basins of the Han River Basin, and the results show that the sampling error could be at least several % to maximum tens % depending on the relative coverage area.

Key words : Radar Rainfall, Partial Coverage, Areal Average Rainfall, Sampling Error

1. 서 론

강우의 시-공간적 변동성은 다른 어떤 수문 또는 기상인자들의 경우보다 크다. 아울러 강우는 강우-무강우의 불연속성을 나타내는 간헐성(intermittency)의 특성도 함께 가지고 있어 그 관측뿐만 아니라 정량화 자체가 매우 까다로운 것으로 알려져 있다(유철상 등, 2006).

따라서 어떤 지역의 강우 특성을 파악하기 위해서는 매우 조밀한 관측망이 갖추어져야 한다. 그러나 지상관측망의 경우 매우 조밀한 관측망을 유지하기 힘들고, 아울러 접근성의 문제로 인해 지역적으로 관측망의 밀도 차이가 크게 나타나는 문제도 있다(건설교통부, 2002; 한국수자원공사, 2004). 특히 강우의 변동성이 더욱 커지는 산악지역에서 관측망의 밀도가 오히려 작아지는 문제를 발견할 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 극복하는데 레이더는 큰 장점을 가진다. 그러나 현재 기상 또는 수문레이더가 제공하는 강우자료는 강우-유출 해석에 직접 적용할 수 있는 수준이 되지 못한다(유철상과 김경준, 2007; 유철상 등, 2007).

본 연구의 목적은 차폐 등을 이유로 레이더가 대상 유역 또는 소유역을 완전하게 포괄하지 못하는 경우에 대한 레이더 정보의 유용성 또는 불확실성을 평가하는데 있으며 한강유역의 강우관측에 강화 레이더를 이용하는 경우를 적용 예로 살펴보았다. 강화 레이더는 근본적으로 임진강 유역의 홍수예경보를 위해 설치되었으나, 현실적인 여러 문제들로 인해 그 이용이 제한되어 왔던 것이 사실이다. 그러나 강화 레이더의 관측영역이 한강유역을 포함하고 있으므로 그 역할 확대가 가능할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 강화 레이더를 한강유역에 적용할 경우 특히 차폐문제로 인해 소유역별로 완전하지 못한 레이더 강우가 제공되는

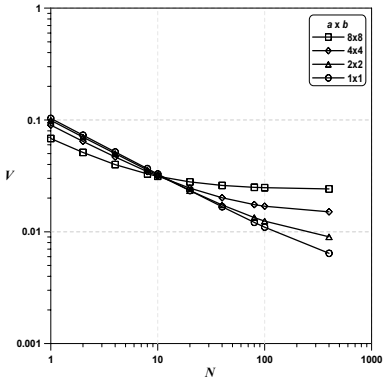
* 정회원 · 유철상 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : envchul@korea.ac.kr
** 정회원 · 김병수 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : keslo99@korea.ac.kr
*** 김경준 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : guitar77@korea.ac.kr
**** 윤정수 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : civileng01@korea.ac.kr

경우 발생할 수 있는 관측오차문제를 검토하였다.

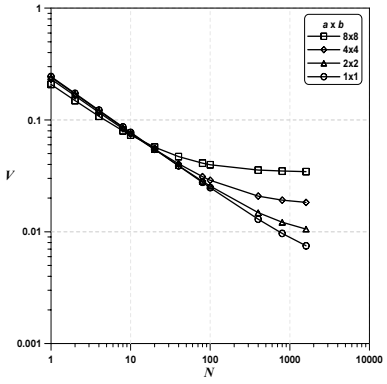
2. 연구의 범위 및 적용

본 연구에서는 먼저 레이더 자료의 구조에 따른 관측오차의 변화를 검토하였다. 이 장에서 고려한 레이더의 특성은 전체 coverage 면적, 가용한 격자의 크기 및 수이다. 먼저, 레이더의 관측면적으로 10×10 km^2, 20×20 km^2, 40×40 km^2, 80×80 km^{2}를 고려하였다. 레이더 관측면적 내 격자의 크기는 최소 1×1 km^{2}에서부터 관측면적의 크기까지로 다양하게 고려하였다.

Fig. 1은 지배영역의 크기별로 관측횟수에 따른 관측오차의 변화를 나타낸 그림이다. Fig. 2는 레이더 격자의 크기 변화에 따른 관측오차의 변화를 나타낸 것으로, y축을 대수축으로 나타내어 관측오차의 변동성을 보다 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. Fig. 3(a)는 강화 레이더의 관측범위에 한강유역을 중첩하여 나타낸 것이고, Fig. 3(b)는 한강유역만을 보다 자세히 나타낸 것이다. 이 그림에서 살펴볼 수 있듯이 차폐지역을 고려하면 한강유역의 전체면적 34,415 km^{2}중 강화 레이더로 관측되는 부분의 면적비는 약 62.43%가 된다. Table 1은 대상유역인 한강유역에 적용했을 때 각 소유역별(Fig. 3(b)) 관측오차 값이다.

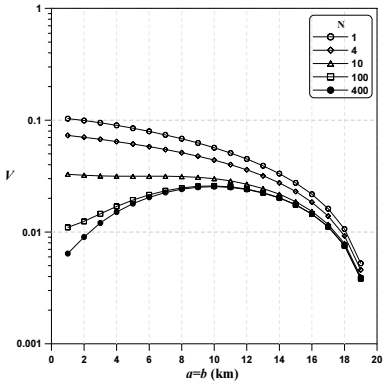


(a) $L_1 \times L_2 = 20 \times 20$ km²

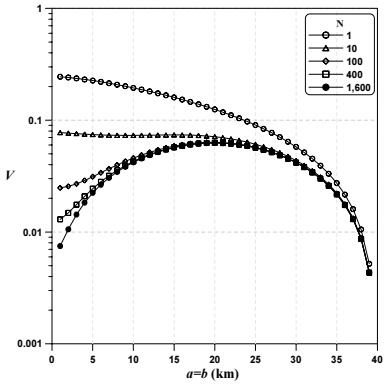


(b) $L_1 \times L_2 = 40 \times 40$ km²

Fig. 1 Square root of dimensionless error variance *V* with respect to *N*

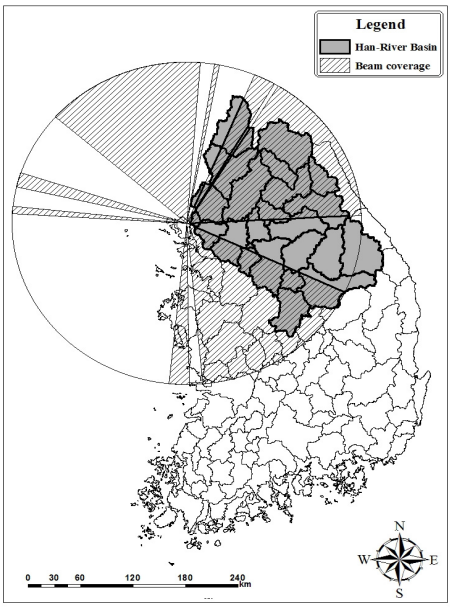


(d) 20 × 20 km²

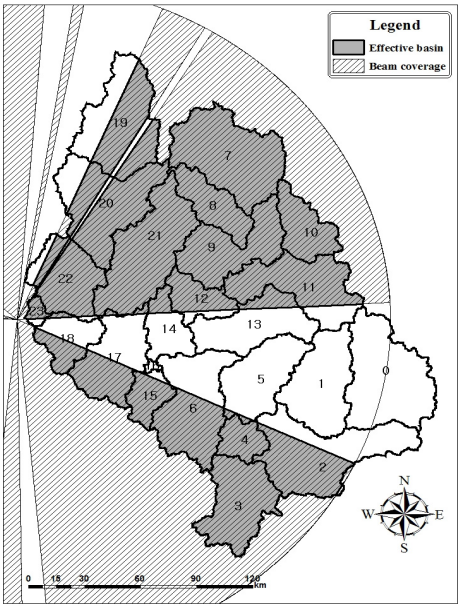


(e) 40 × 40 km²

Fig. 2 Square root of dimensionless error variance *V* with respect to the bin size



(a) Han River basin within the coverage of Kangwha radar



(b) Sub-basin number used for the flood warning system of the Han River basin

Fig. 3 Han River basin, its sub-basins and coverage of the Kangwha radar

Table 1. Square root of dimensionless error variance V of the Han-River basin

Sub-basin No.	Area (km²)		Beam blocking ratio (%)	No. of clusters*	Range of V (%)			
	Basin	Beam blocking			$L_1 \times L_2$ = 10×10 km²	$L_1 \times L_2$ = 20×20 km²	$L_1 \times L_2$ = 40×40 km²	$L_1 \times L_2$ = 80×80 km²
0	49.5^2	49.5^2	100.00	0	-	-	∞	∞
1	42.1^2	42.1^2	100.00	0	-	-	∞	∞
2	49.8^2	34.5^2	47.94	1^+	-	-	> 6.41	<< 36.29
3	40.2^2	0.0^2	0.00	1	-	-	0.00	0.00
4	22.9^2	1.1^2	0.26	1^+	-	> 0.52	<< 0.52	-
5	38.6^2	38.0^2	96.74	2^+	-	>> 6.12	< 16.06	-
6	45.5^2	29.1^2	40.98	1^+	-	-	> 05.15	<< 29.96
7	48.8^2	0.0^2	0.00	1	-	-	0.00	0.00
8	30.7^2	0.0^2	0.00	1	-	0.00	0.00	-
9	39.8^2	0.0^2	0.00	1	-	0.00	0.00	-
10	30.5^2	0.0^2	0.00	1	-	0.00	0.00	-
11	43.0^2	18.0^2	17.53	1^+	-	-	> 2.16	<< 8.94
12	26.9^2	11.5^2	18.35	1^+	-	> 1.06	<< 2.16	-
13	39.6^2	36.2^2	83.66	1^+	-	>> 6.83	< 15.30	-
14	27.6^2	24.5^2	79.18	1^+	-	> 6.26	<< 13.89	-
15	23.7^2	7.1^2	8.93	1^+	-	> 0.52	<< 1.05	-
16	6.6^2	6.6^2	100.00	0	∞	∞	-	-
17	39.2^2	27.4^2	48.82	4^+	-	>> 4.17	< 9.59	-
18	28.7^2	20.7^2	51.94	2^+	-	> 4.39	<< 9.87	-
19	46.9^2	30.0^2	40.90	2^+	-	-	> 8.97	<< 60.24
20	46.8^2	20.8^2	19.80	2^+	-	-	> 7.55	< 45.03
21	48.4^2	2.6^2	0.28	1^+	-	-	> 0.52	<< 1.11
22	37.6^2	14.5^2	14.78	2^+	-	>> 3.19	< 7.06	-
23	12.1^2	5.7^2	22.22	2^+	> 1.88	<< 3.61	-	-

* 0 : where the beam blocking occurs over the whole sub-basin
1 : where the beam covers the whole sub-basin
n : where n clusters of beam cover the partial area of the sub-basin
n^+ : where n major clusters along with minor ones of beam cover the partial area of the sub-basin

3. 결 론

본 연구에서는 차폐 등을 이유로 레이더 강우가 대상 유역 또는 소유역을 완전하게 포괄하지 못하는 경우에 대해 가용한 레이더 강우를 이용하여 면적평균강우를 산정하는 경우에 포함될 수 있는 오차의 규모를 추정해 보았다. 본 연구에서는 이와 같은 관측오차의 규모를 면적평균강우의 표준편차에 대한 상대적 규모로 표현하였다. 이렇게 함으로써 강우사상별로 달라질 수 있는 강우의 특성차이를 배제할 수 있고, 아울러 레이더 강우가 가질 수 있는 편의 또는 공간상관구조의 차이에서 발생하는 영향도 배제할 수 있기 때문이다. 아울러 가용한 레이더 정보는 유역 내 무작위로 위치한 것이 아니라 대략 큰 군집을 이루고 있는 상황이므로 이러한 특성도 반영될 수 있도록 하였다.

부분적인 레이더 정보만이 존재하는 경우의 관측오차는 기본적으로 관측되는 부분의 면적에 반비례하여 작아지지만, 동일한 면적일 경우에는 관측되는 면적이 몇 개로 쪼개져 있느냐에 따라 오차의 규모가 달라지게 된다. 동일한 관측면적일 경우에는 많이 쪼개져 있을수록 관측오차가 작아지게 된다. 본 연구의 대상유역인 한강유역의 경우에도 강화 레이더 강우자료를 이용하여 면적평균강우를 추정한다면 그 오차는 최소 수 %에서 최대 수십 %까지 다양한 것으로 파악되었다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2002). **수문관측효율성 제고방안 연구용역(2단계) 보고서**
2. 김경준, 유철상 (2007).“강우공간상관구조의 변동 특성. **한국수자원학회논문집**, 제40권, 제12호, pp. 943-957.
3. 유철상 (1997).“관측오차문제에 대한 다차원 강우모형의 적용.”**한국수자원학회논문집**, 제30권, 제5호, pp. 441-447.
4. 유철상, 김경준 (2007).“강우 레이더와 지상 우량계의 통합관측효과.”**한국수자원학회논문집**, 제40권, 제11호, pp. 841-849.
5. 유철상, 정광식 (2001).“면적 평균 강우량의 추정 및 추정오차.”**한국수자원학회논문집**, 제34권, 제4호, pp. 317-326.
6. 유철상, 하은호, 김경준 (2006).“강우의 공간상관구조에 대한 무강우자료의 영향.”**한국수자원학회논문집**, 제39권, 제2호, pp. 127-138.
7. 유철상, 김병수, 김경준, 최정호 (2007).“우량계 강우를 이용한 레이더 강우의 Ground-Truth 방법 검토.”**한국수자원학회논문집**, 제40권, 제9호, pp. 743-754.
8. 한국수자원공사 (2004). **전국하천 수자원 · 환경기초조사 종합계획**, 345pp.