

# 한반도 지상관측자료에 의한 TRMM PR2A25 강우강도의 검증

박혜숙 · 장세진 · 서애숙  
기상연구소 원격탐사연구실

## 1. 서론

1997년 11월 미국과 일본이 협력하여 성공리에 발사한 열대 강우 관측 위성(TRMM; Tropical Rainfall Measuring Mission)의 주요 목적은 열대와 아열대 지방에서의 월 평균 강우강도 자료를 제공하는 것이다. 강수량 자료는 전지구 기후변화 연구에 중요한 변수로 작용하며, 특히 TRMM 강수레이더(PR; Precipitation Radar)에서는 위도  $\pm 35^\circ$  내의 지역에 대한 순간 강우강도 자료를 실시간으로 제공하므로 그 의의가 매우 크다. 그러나 강우강도 자료는 시·공간적 규모 변화에 따라 매우 민감하게 변하기 때문에 위성에 의해 산출된 자료는 반드시 지상관측자료에 의해 검증되어야만 한다. TRMM/PR 자료는 NASA에서 지상 검증 프로그램(GVP; Ground Validation Program)에 의해 전지구 10개 이상의 사이트에서 관측된 레이더와 지상관측 자료에 의해 이미 검증이 되었지만, 기본적으로 표본오차(sampling error)와 산출오차(retrieval error)를 포함하고 있다. 따라서 열대 지역뿐만 아니라 TRMM이 지나가는 모든 지역에서의 에러분석이 수행되어야만 한다 (Oki and Sumi, 1994).

TRMM PR 관측자료의 오차에 대한 연구로는 Oki와 Sumi(1994)가 일본 레이더-AMeDAS (Automatic Meteorological Data Acquisition System) 합성 자료를 이용하여 TRMM 표본오차가 일본 영역에서는 20 %정도임을 밝혔고, Nakamura et al.(1999)는 PR이 지상 관측치에 비해 10 - 20%정도 적게 추정한다는 연구결과를 보였다. 최근에는 TRMM 관측 자료를 이용하여 서태평양 지역에서의 중규모 강수계의 발달이나 열대 강수 플럭스 비교, 지형적인 강수 관측 및 지상관측자료를 이용한 검증 등에 대한 연구 등이 발표되고 있지만(Sakakibasra H., 1999 ; Hosaka et al., 1999 ; Ramage et al, 1999; Oki et al., 1997), 국내에서는 기상연구소나 학계에서 일부 연구자들에 의해 TRMM 자료가 사용될 뿐 아직까지 공식적으로 연구가 활발하게 진행되고 있지는 않다.

따라서 본 연구에서 한반도에서 관측된 TRMM/PR 강우강도 자료의 정확성을 조사하기 위하여 지상 AWS(Automatic Weather System) 관측자료를 사용하여 정량적인 비교 분석을 수행하였다.

## 2. 자료 및 분석방법

본 연구에서는 한반도에서 관측된 TRMM PR 산출 강우강도 자료가 지상관측치를 어느 정도 표현하는지를 조사하기 위하여 '98년 여름철(6월에서 9월) 강수일을 대상으로 지상에서 관측된 자동관측시스템(AWS; Automatic Weather System)와 비교하였다. 본 연구에서 사용된 자료는 NASA GSFC(Goddard Space Flight Center) DAAC(Distributed Active Archive Center)에서 제공하는 level 2 궤도 자료와 AWS 10분과 30분 평균 자료이다. TRMM은  $\pm 35^\circ$  영역을 96분 주기로 관측하기 때문에 하루에 2번 정도 한반도 남부 지방을 지나가지만, AWS와 비교될 수 있는 자료는 하루에 한 번 정도 뿐이다. TRMM/PR은 최초로 위성에 탑재된 강수관측 레이더로서 13.8 GHz 주파수 대를 사용하며 탐사 폭은 약 220 km, 수평 해상도는 4.3 km이며 0.7 mm/hr 정도의 약한 강우강도부터 관측 가능하고, 한반도를 한 번 스캔(scan)하는 시간은 약 50초 정도이다. 한편 AWS는 약 18 km 간격으로 전국 400 여 곳에 분포하지만, 본 연구에서 비교자료로 사용된 AWS 지점수는  $36^\circ$  이하에 분포하는 것으로 200개 미만이다. AWS는 0.5 mm 마다의 강수량을 매 분마다 관측하는 Tipping Bucket을 사용하므로 우량계의 정밀도가 실질적인 분 단위 강수량 생산에는 다소 미흡하기 때문에 일반적으로 통계적인 성질을 비교할 때에는 누적 자료를 사용한다(Nystuen *et al.*, 1996; 정보통신부, 1997). 따라서 본 연구에서는 AWS 1분, 10분 그리고 30분 평균값을 TRMM/PR 관측 강우강도자료의 비교자료로 사용하였다.

서로 공간 해상도가 다른 두 자료를 비교하기 위해 본 연구에서는 두 가지 방법을 이용하였다. 첫째는 AWS의 공간 해상도가 약 18 km이고 TRMM/PR은 약 4.3 km 이므로 AWS 지점과 가장 가까운 지점의 PR 값을 비교하였으며(방법 1), 다른 하나는 AWS 한 지점을 중심으로 반경  $0.1^\circ$  내에 포함되는 PR값의 평균값을 비교하였다(방법 2). 이것은 AWS는 한 지점의 강수량을 관측한 값이고, PR은 면적 평균 강우강도를 관측한 값이므로 지상 AWS와의 비교 자료를 어떻게 생성하느냐에 따라 상관성이 달라지기 때문이다. 아래에서는 편의상 방법 1과 방법 2과 구분하겠다. 참고로 일본에서는 AMeDAS 자료와의 비교에 있어 1시간 평균 AMeDAS 강수 자료를 사용하였고, 두 자료를  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  격자 자료로 재생성하여 비교하였다(Oki and Sumi, 1999).

## 3. 연구 결과

본 연구에서는 '98년 6월부터 9월까지 한반도에서 관측된 강수일에 대해 TRMM/PR과 AWS 지상관측치를 방법 1과 방법 2에 의해 일별과 월별로 비교하였다. 분석 변수로

는 평균(mean), 평균오차(Bias), RMSE(Root Mean Square Error) 그리고 상관계수(R: Correlation Coefficient)이다. 먼저 PR 관측 강우강도와 AWS 1분, 10분 그리고 30분 평균 자료에 대한 월별 분석결과를 Table. 1에 나타내었다.

Table 1. Inter-Comparison of the rainrate from Precipitation Radar on TRMM with AWS average data for 1, 10 and 30 minutes by two method.

a) method 1 : compare AWS data and the nearest value of PR

min. \ Para.	June					July				
	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R
1	2.10	1.13	-0.97	12.53	0.07	1.55	1.35	-0.20	8.37	0.50
10	1.12	0.74	-0.38	4.78	0.17	1.10	1.06	-0.05	6.51	0.52
30	0.94	0.62	-0.33	3.76	0.24	0.95	0.96	0.02	5.67	0.49

min. \ Para.	August					September				
	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R
1	1.28	1.09	-0.19	7.95	0.38	2.66	1.81	-0.85	8.04	0.59
10	0.82	0.72	-0.10	4.33	0.61	2.37	1.59	-0.78	5.02	0.70
30	0.78	0.51	-0.27	3.84	0.53	2.03	1.36	-0.67	4.61	0.69

b) method 2 : compare AWS data and the averaged value of PR included in the circle with 0.1° radius.

min. \ Para.	June					July				
	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R
1	2.17	1.11	-1.05	12.16	0.15	2.26	1.88	-0.38	8.81	0.61
10	1.32	0.83	-0.49	3.37	0.42	1.40	1.23	-0.17	5.97	0.66
30	1.15	0.73	-0.43	1.96	0.62	1.14	1.05	-0.09	4.52	0.67

min. \ Para.	August					September				
	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R	mean AWS (mm/hr)	mean PR (mm/hr)	Bias	RMSE	R
1	1.31	1.21	-0.10	6.98	0.62	1.70	3.00	-1.31	8.56	0.67
10	1.05	0.95	-0.10	4.15	0.76	3.09	1.71	-1.37	5.33	0.84
30	1.08	0.71	-0.37	4.28	0.60	2.54	1.42	-1.13	4.47	0.86

Table. 1에서 먼저 방법 1과 2를 비교해 보면, AWS와 가장 가까운 지점의 PR값을 비교한 방법 1보다는 AWS를 중심으로 반경  $0.1^\circ$  내에 포함되는 PR 평균값을 비교한 방법 2가 전체적으로 더 높은 상관성을 보였다. AWS 평균 시간별 특성을 보면, 예상했던 것처럼 AWS 1분 강우강도와 비교는 평균오차, RMS 오차 모두 매우 컸으며 상관도 또한 매우 낮게 나타났다. 그리고 10분과 30분 평균값은 비슷한 상관성을 보이지만 대체적으로 30분 평균값과 비교한 것이 10분보다 높은 상관성을 보였다. 따라서 방법 2에 의해 30분 평균 AWS값과 비교된 PR의 월별 특성을 보면, 전체적으로 PR은 0.60 - 0.86 정도의 비교적 높은 상관성을 보이며 그 중 9월이 0.86으로 상관계수가 가장 높았다. 즉 가장 높은 상관성을 보인 9월의 경우에는 PR이 지상관측치의 74 % 정도를 표현하며, 상관성이 가장 낮은 6월의 경우는 PR이 지상관측치의 38% 정도를 반영한다는 의미이다. 이렇게 TRMM/PR이 지상 관측치에 대해 월별 변화를 보이는 것은 월별로 발달하는 강수 구름의 형태, 지속시간 등에 따라 강우강도를 산출하는 Z-R 방정식이 달라지기 때문인 것으로 사료된다. 또한 방법 1과 2 모두에서 PR과 AWS 강우강도의 평균오차(Bias)는 음의 값을 나타내며, PR의 평균값이 AWS 평균값에 비해 항상 적기 때문에 PR이 지상 관측치에 비해 강우강도를 적게 추정한다는 것을 알 수 있다. 이것은 Oki와 Sumi(1999)가 일본에 대해 지상 AMeDAS 관측자료와 비교한 결과에서도 동일하게 나타났다.

#### 4. 요약

본 연구에서는 TRMM 위성에 탑재된 강수레이더(PR)에서 관측된 강우강도의 정확성을 조사하기 위하여 한반도에 분포하는 자동기상관측 시스템(AWS)에서 관측된 강우의 10분과 30분 평균값을 PR 2A25 강우강도 자료와 비교하였다. 본 연구에서 분석된 기간은 한반도에서 장마 및 태풍 등에 의한 강수가 많은 '98년 6월부터 9월까지이다. 분석 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구의 분석기간에 대해 PR은 지상 AWS 관측치에 비해 과소 추정하는 경향을 보였다.
- 2) PR 관측 강우강도는 AWS 10분 평균값보다는 30분 평균 강우강도 값과 더 좋은 상관성을 보였다.
- 3) 지상관측치에 대한 PR의 월별 상관성은 9월이 0.89로 가장 높았고, 6월이 0.60으로 가장 낮았다.
- 4) PR 관측 강우강도의 월별 특성은, 지상관측치에 대해 월별로 변화하였으며, 98년의 경우에는 6월, 7월, 8월, 9월 순으로 상관도가 높아졌다. 이것은 월별로 발달하는 강수 구름계의 형태나 지속시간, 그리고 강우 세기에 따라 그 특성이 다르기 때문인 것으로

사료된다.

이상과 같이 PR은 지상관측치에 비해 전반적으로 적게 추정하는 경향을 보이지만, 근본적으로 PR은 평적 평균 강우강도를 산출하는 레이더 자료이고, AWS는 한 지점에서 관측된 강우량을 산출하기 때문에 기계적인 오차와 표본 오차(sampling error)를 포함하고 있음을 염두해 두어야 한다. 그러나 본 연구의 결과 PR에서 관측된 강우강도의 전체적인 분포는 지상레이더 관측치 뿐만 아니라, AWS 관측 강수분포도 매우 잘 표현하였으며, 정량적인 값의 비교에서도 상관도가 0.6이상에서 0.9까지의 분포를 나타내므로 집중호우나 태풍과 같은 구름의 구조 분석에 매우 유용할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 TRMM/PR이 월별특성의 원인을 조사하기 위하여 TRMM에서 제공되는 강수 형태 즉 대류운, 층운 그리고 기타 구름을 분류하여 강수 형태별 강우강도를 비교한 결과를 또한 제시할 것이다. 향후에는 '99년에 대한 TRMM/PR 관측치의 비교연구도 동일한 방법으로 수행할 것이며, AWS 한 지점과 가장 좋은 상관성을 갖는 PR 평균 면적 크기 등을 조사하여 것이다.

## 사 사

본 연구는 과학기술부에서 시행하는 중점국가연구개발사업의 하나인 자연재해 방재기술 개발 사업으로 수행된 것입니다.

## 참고문헌

- 정보통신부, 1997 : 국내 지역별 시간율에 따른 강우강도 분포 예측 모델 개발에 관한 연구
- Hosaka M., A. Kitoh, T. Ose and S. Kusunoki, 1999 : Comparison of Tropical Rainfall Flux between GCM and TRMM, *Agenda and Abstract of the Interim Report Conference for TRMM Research Result*, December 20-21, EORC/NASDA
- Nakamura K., H. Masafumi, B. C. Bhatt, D. Erdenetsetseg and D. A. Short, 1999 : Validation and Application of TRMM PR Data, *Agenda and Abstract of the Interim Report Conference for TRMM Research Result*, December 20-21, EORC/NASDA
- Nystuen, J. A., J.R. Proni, P.G. Black, and J.C. Wilkerson, 1996 : A Comparison of automatic rain gauges. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 13, 62-73.
- Okii R., A. Sumi and D. A. Short, 1997 : TRMM Sampling of Radar-AMeDAS Rainfall Using the Threshold Method, *J. Appl. Meteor.*, 36, 1480-1492.
- Okii R. and A. Sumi, 1994 : Sampling Simulation of TRMM Rainfall Estimation Using Radar-AMeDAS Composites, *J. Appl. Meteor.* 33, 1597-1608

- 
- , 1999 : PR2A25 rain rate validation using ground based observation from Japan, *Agenda and Abstract of the Interim Report Conference for TRMM Research Result*, December 20-21, EORC/NASDA
- Ramage K., I. Jobard, T. Lebel and M. Desbois, 1999 : Estimation of Precipitation over Tropical Africa Using TRMM Rain Products and Meteosat Data, *Agenda and Abstract of the Interim Report Conference for TRMM Research Result*, December 20-21, EORC/NASDA
- Sakakibara H. 1999: Results of radar observations of mesoscale precipitation systems over the western tropical Pacific by the R/V Keifu Maru and TRMM in 1999, *Agenda and Abstract of the Interim Report Conference for TRMM Research Result*, December 20-21, EORC/NASDA