

TRMM/PR 관측치와 지상 관측치와의 상관분석

— 용담댐 유역을 대상으로 —

Correlation Analysis Using Precipitation Radar of TRMM Satellite and
Ground Observed Value : YONG-DAM Watershed

장 철 희* · 박 근 애 · 김 성 준(건국대)

Jang, Choul Hee · Park, Guen Ae · Kim, Seong Joon

Abstract

The Tropical Rainfall Measuring Mission(TRMM) Satellite was launched in November 1997, carrying into orbit the first space-borne Precipitation Radar(PR). The purpose of this study is to identify the relationship between TRMM/PR and AWS raingage data, and test the possibility to apply storm runoff prediction. Four TRMM/PR data in 1999 for Yongdam watershed was adopted and made a simple linear regression equation using AWS data. By using the equation, the storm runoff was estimated with the adjusted rainfall. TRMM/PR rainfall and runoff was overall underestimated by the carry-over effect of rainfall error and SCS-CN value selection.

1. 서론

강수관측은 수 백년동안 주로 지상 관측에 의해 이루어졌지만 지상관측은 지점별로 관측하기 때문에 자료가 공간적으로 균일하지 않으며 육지에 한정되어 있는 단점이 있다(Ohsaki et al., 1999). 또한 지점별 자료는 강수구름의 발달과정이나 연직 구조 등에 대한 정보를 제공하지 않기 때문에 집중호우를 동반하는 강수구름에 대한 특성 분석 등에는 부족한 점이 많다. 이러한 측면에서 기상위성자료는 일정한 시간 간격을 가지며 공간적으로 균일한 고해상도 관측자료를 지속적으로 제공하기 때문에 호우나 태풍 등의 기상현상 감시 및 분석에 매우 효과적이라 할 수 있다. 특히 1997년 11월에 발사된 TRMM 위성은 강수관측 레이더를 탑재하고 있기 때문에 강수구름의 특성분석에 매우 유용하다.

TRMM 위성은 350km 상공에서 약 96분 주기로 지구를 관측하는 극궤도 위성으로서 5개의 주요 기구로 이루어져 있다. 세 개의 주요 강우 관측기구에는 TRMM 마이크로파 영상기(TMI; TRMM Microwave Imager), 가시·적외 스캐너(VIRS; Visible Infrared Scanner)와 강수 레이더(PR; Precipitation Radar)이며, 부수적인 관측 기구는 구름과 지구 복사 에너지 시스템(CERES; Cloud and the Earth Radiant Energy System)과 번개 영상 센서(LIS; Lightning Imaging Sensor)이다. 여기서 PR은 세계 최초로 위성에 탑재된 능동형 강수레이더로서 육지와 해양에서의 강수관측을 주요 목적으로 한다(Kozu et al., 1998). TRMM관측자료는 GVP(Global Validation Program)에 의해 전세계 10개 지점에 걸쳐 자료의 유효성이 검증되었으며 DAAC/GSFC(Data Active Archive Center/Goddard Space Flight Center)에서 사용자들에게 자료를 제공하고 있다(Ciach et al., 1997). 현재까지 TRMM관측 위성자료는 강수유무, 강수 형

태, 강수입자의 분포, 강수량 관측, 강수의 에러 분석 및 전지구 기후변화 등 다양한 연구에 이용되고 있으나(Lebel and Amani, 1998; Tokay et al.,1998), 현재까지 우리 나라에서 TRMM 관측 자료를 이용한 연구는 활성화되어 있지 않은 상태이다.

본 연구에서는 공간적으로 강우를 관측할 수 있는, 1999년 여름의 TRMM/PR 관측치와 AWS 지상관측치와의 상관관계를 분석하여 지상관측치를 기준으로 TRMM/PR 자료를 보정하고, 이 보정된 자료와 지상관측자료를 이용하여 용담댐 유역에 유출해석을 시도하여 그 적용성을 평가하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1 TRMM/PR 개요

TRMM은 궤도고도 350km, 궤도경사각 35°의 태양 비동기(非同期) 궤도위성이다. PR 자료와 함께 TMI, VIRS 자료를 조합함으로써 열대에서 아열대에 걸친 강우의 전지구적 분포, 일변화, 계절변화, 또는 연변화의 실태가 보다 정확하게 파악될 수 있다. TRMM/PR은 최초로 위성에 탑재된 강수관측 레이더로서 주파수는 13.8GHz, 분해능은 연직 250m, 수평 4.3km이다. PR(강수레이더)은 미세한 강수의 관측도 가능하며 강수의 분포, 강수형태, 강수구름의 두께 등에 대한 정보를 제공한다. 특히 주목할 만한 것은 지표에서 약 20km까지의 강수구름의 3차원 수직구조 정보를 제공하기 때문에 강수구름의 특성파악에 매우 유용하다. PR자료는 수신전력값(원시자료)으로부터 Radar 반사인자(Level 1), 강수량 자료(Level 2)까지가 있다. 또한, 강수입자를 산란체로서 주야, 육지 및 해상을 불문하고 관측이 가능하며, 지상 레이더와 달리 장소에 의한 분해능의 차이가 거의 없다는 것도 큰 장점이다. TRMM이 한반도를 지나칠 때의 위성궤도는 Fig. 1과 같다. 본 연구에서 사용한 자료는 Level 2의 강수량 자료이다.

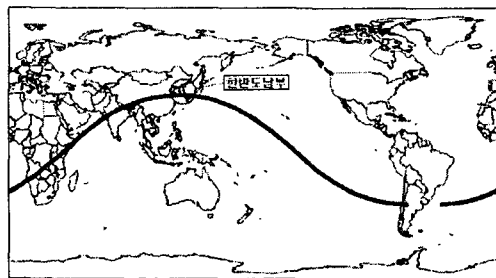


Fig. 1 Orbit TRMM Satellite

2.2 TRMM/PR자료

TRMM 위성은 위도 $\pm 35^\circ$ 내의 영역을 약 96분 주기로 관측하기 때문에 하루에 한두 번 한반도 남부지방을 통과한다. 따라서 본 연구에서는 1999년의 한반도 남부 용담댐 유역을 대상으로 AWS자료와 상관분석이 가능한 4개의 TRMM/PR자료(1999년 6월23일, 7월 27일, 7월 29일, 9월 23일)를 채택하였다. 통상적으로 레이더 관측 강우강도는 면적 평균값이고, 지상 관측 자료는 지점별 자료이기 때문에 서로를 비교하기는 어렵지만, 지상관측자료는 강우를 직접 관측하고 레이더가 갖고 있는 강수입자의 분포에 따른 오차를 포함하지 않기 때문에 Ground Truth로 간주하여 레이더 자료의 검증/보정 자료로 활용하였다. 벡터자료(.nsr)의 형태

로 되어있는 TRMM/PR자료와 지상관측자료인 AWS자료를 상관분석을 하기 위해 공간내삽 과정을 거쳐서 격자형태(Raster)로 변환하여 사용하였으며, TRMM/PR자료의 해상도가 4.3km 이므로 상관분석 수행 시에 원시자료의 오차를 피하기 위해 격자의 크기를 4.3km로 하였다. 상관분석(Correlation Analysis)을 위해 사용된 TRMM/PR자료의 형태는 Fig. 2와 같다.

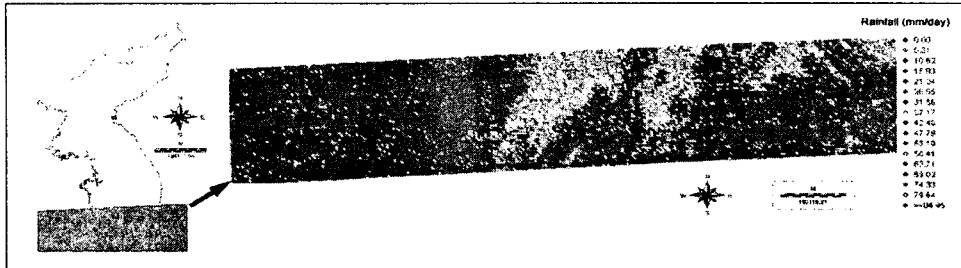


Fig. 2 TRMM/PR 자료(.nsr)-1999년 6월 23일

위와 같은 TRMM/PR자료를 이용하여 공간내삽을 수행하고, 대상지역인 용담댐 유역으로 재분류(Columns: 10. Rows: 13)한 후 ASCII 형태로 변환하였다.

2.3 기상자료

대상유역의 AWS자료는 수자원관련 공간정보 분석 및 적용에 관한 연구 보고서(한국수자원공사, 2000)에 수록된 1999년 총 9개의 우량관측소 자료를 건설기술연구원에서 획득하였으며, 상관분석을 위해 TRMM/PR 자료와 동일한 시기의 강우자료를 이용하였다. 획득한 지상관측소 자료를 벡터(Vector)자료의 형태로 가공한 후 공간내삽을 수행하고 이것을 다시 ASCII 형태로 변환하였다.

Table. 1은 용담댐 유역의 9개 강우관측소와 위치를 나타낸 것이며, Fig. 2는 상관분석에 사용될 기상자료를 공간내삽 하여 용담댐 유역이 포함되도록 재분류한 자료이다.

Table. 1 용담댐 유역의 강우관측소

| 관측소명 | 경도(Deg.) | 위도(Deg.) |
|------|----------|----------|
| 진안 | 127.4322 | 35.9097 |
| 무주 | 127.6658 | 35.8864 |
| 장수 | 127.5403 | 35.7175 |
| 부귀 | 127.4033 | 35.8600 |
| 상전 | 127.4861 | 35.8031 |
| 안천 | 127.5467 | 35.8699 |
| 계북2 | 127.6294 | 35.8075 |
| 장계 | 127.6008 | 35.715 |
| 천천2 | 127.5136 | 35.6817 |

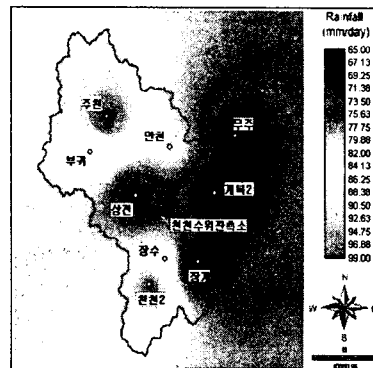


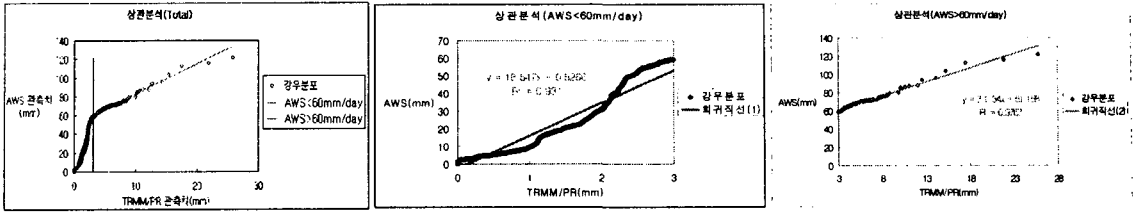
Fig. 3 공간내삽 결과(1999년 6월 23일)

3. 결과 및 고찰

3.1 TRMM/PR과 AWS 자료와의 상관분석

TRMM/PR에 의한 관측치와 '99년 여름철 강수일에 대한 지상관측시스템(AWS;Automatic

Weather System) 관측치를 비교하여 상관분석(Correlation Analysis)을 수행하고, 또한 분석을 통해 구해진 회귀식(Regression Equation)으로 TRMM/PR 자료를 보정한 후, SCS 유효우량 산정방법을 통해 실제유역에 유출분석을 수행함으로써 그 적용성을 평가하였다.



(Total)

(AWS < 60mm/day)

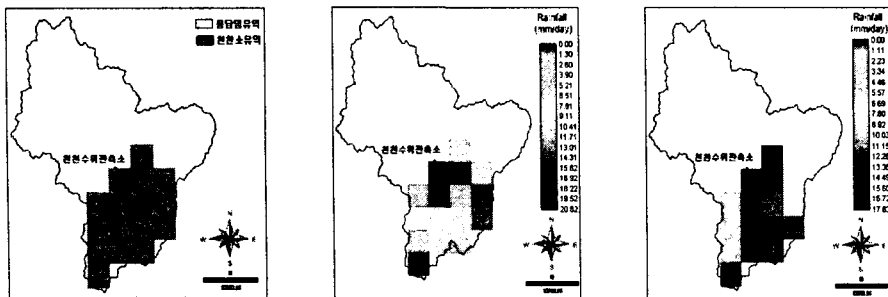
(AWS > 60mm/day)

Fig. 4 상관분석 결과

Fig. 4는 TRMM/PR자료와 AWS자료의 상관분석 결과를 나타낸 것이다. 위에서 보는 바와 같이 TRMM/PR자료와 AWS자료로부터 상관관계를 추정된 결과, AWS 관측치가 60mm/day를 기준으로 두 개의 경향을 보임을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 60mm/day를 기준으로 두 구간으로 나누어 상관분석을 하는 것이 타당할 것으로 판단하고 상관분석을 수행한 결과, AWS관측치가 60mm/day 미만일 때 $R^2 = 0.93$, 이상일 때 $R^2 = 0.98$ 의 매우 높은 상관관계를 추정할 수 있었으며, 또한 전체적으로 AWS 관측치가 TRMM/PR관측치 보다 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 상관분석에서 추정된 회귀식을 이용하여 과소평가된 TRMM/PR자료를 보정 하였다. 그 결과 TRMM/PR 관측치가 AWS 관측치에 평균 15mm/day 이내의 차이를 보이며 보정되었음을 확인할 수 있었다.

3.2 유출분석

앞에서 구한 회귀식을 사용하여 대상유역에 유출분석을 실시하기 위하여, 실측자료가 확보된 천천 수위관측소를 출구(Outlet)로 하여 소유역을 분리하고, SCS 유효우량 산정법을 이용하여 유출분석을 하였다. Fig. 4는 1999년 6월23일의 천천 수위관측소를 출구로 하여 분리된 소유역과 유출분석에 따른 출력자료들이며, Table. 2는 선정된 총 4개의 강우사상에 대한 유출 결과의 비교이다. 1999년 6월23일, 7월27일, 7월29일, 9월 23일의 AWS자료와 동일시기의 TRMM/PR자료를 사용하여 유출분석을 한 결과 보정된 TRMM/PR 관측치의 유출물(Run-off Factor)은 평균 33%, AWS 관측치의 유출물(Run-off Ratio)은 평균 16% 정도의 상대오차를 보였다.



<소유역 분리>

<TRMM/PR 보정유출>

<AWS 관측치 유출>

Fig. 5 유출분석 결과(1999년 6월23일)

Table. 2 천천 관측소 구역의 유출결과 비교

| Storm Event | AMC | Average Rainfall(mm) | | Run-off Discharge(mm) | | | Run-off Ratio(%) | | | 상대오차(%) | |
|-------------|-----|----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| | | TRMM/PR 보정 | AWS 관측 | SCS-CN Method | | 수위 관측소 | SCS-CN Method | | 수위 관측소 | TRMM/PR 보정 | AWS 관측 |
| | | | | TRMM/PR 보정 | AWS 관측 | | TRMM/PR 보정 | AWS 관측 | | | |
| 6/23/1999 | II | 42.7 | 56.2 | 5.3 | 8.3 | 10.0 | 12.4 | 14.7 | 16.4 | 24.4 | 10.4 |
| 7/27/1999 | II | 37.0 | 47.6 | 3.9 | 5.6 | 4.5 | 10.6 | 11.9 | 10.9 | 2.8 | 9.2 |
| 7/29/1999 | II | 39.7 | 60.0 | 3.9 | 10.9 | 13.2 | 9.7 | 18.3 | 17.5 | 44.6 | 4.6 |
| 9/23/1999 | II | 38.0 | 56.2 | 4.0 | 9.2 | 25.3 | 10.6 | 16.3 | 26.7 | 60.3 | 39.0 |
| Average | — | 39.4 | 55.0 | 4.3 | 8.5 | 13.3 | 10.8 | 15.3 | 17.9 | 33.0 | 15.8 |

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 TRMM/PR에 의한 관측치와 '99년 여름철 강수일에 대한 지상관측시스템(AWS:Automatic Weather System) 관측치를 비교하여 상관분석(Correlation Analysis)을 수행하고, 또한 상관분석을 통해 구해진 회귀식(Regression Equation)으로 TRMM/PR 자료를 보정한 후, SCS 유효우량 산정방법을 통해 실제유역에 유출분석을 수행함으로써 그 적용성을 평가하였다. 이상의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1). 1999년 6, 7, 8, 9월의 AWS자료와 TRMM/PR자료, 이 두 자료의 일별, 월별 변화를 비교한 결과 TRMM/PR은 지상 AWS 관측치에 비해 강우강도를 과소 추정하는 경향을 보였다.
- (2). TRMM/PR자료와 AWS자료로부터 상관관계를 추정한 결과, AWS관측치가 60mm/day 미만일 때 $R^2 = 0.93$, 이상일 때 $R^2 = 0.98$ 로 매우 높은 상관관계를 추정할 수 있었다.
- (3). 회귀식으로 보정된 TRMM/PR자료의 적용성을 평가하기 위해, 용담댐유역(천천소유역)에 유출을 분석한 결과, TRMM/PR의 경우는 평균 33%, AWS 관측치의 경우는 평균 16%의 상대오차가 나타나 비교적 상관성 있는 결과를 얻어낼 수 있었다.

사사

TRMM/PR자료를 제공해 주시고, 자료처리에 도움을 주신 기상청 기상연구소의 서애숙 실장님께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

1. 박경원, 김영섭, 강성철, 정효상, 1999, TRMM/PR 자료에 의한 한반도 지역의 강수량 추정과 검증에 관한 연구. 한국지리정보학회 춘계학술발표회.
2. 박혜숙, 노유정, 정효상, 2000, TRMM(PR) 위성자료에 의한 강우강도 특성. 대한원격탐사학회지 16(1), 55-64.
3. 장세진, 박혜숙, 서애숙, 2000, TRMM/PR에서 산출된 '98, '99년 한반도 여름철 강우강도의 지상 검증. 한국기상학회 봄철학술발표회.
4. Makihara Y., 1996, A Method for Improving Radar Estimates of Precipitation by Comparing Data from Radars and Raingauges, J. Meteor. Soc. Japan, 74(4): 59-480.
5. NASDA and NASA, 1999, Tropical Rainfall. Measuring Mission(TRMM) Precipitation Radar Algorithm, Instruction Manual(Version 2.0):110.