

GMS 영상자료와 관측강수량 자료의 비교

서애숙 · 이미선 · 김금란 · 이희훈

기상청 기상연구소 원격탐사연구실
(1994년 4월 20일 받음 ; 1994년 6월 10일 수리)

An intercomparison of GMS image data and observed rainfall data

Ae-Sook Suh · Mi-Seon Lee · Kum-Lan Kim · Hee-Hoon Lee

Remote Sensing Lab., Meteorological Research Institute, KMA

Abstract

The purpose of this study is to find the relationship between GMS image data and hourly observed rainfalls data. Heavy rainfall cases over South Korea on 10th September 1990 and on 29th July 1993 were selected for studying of the relationship between the image data and rainfalls. First, image data were converted to TBB(Temperature of Black Body) and albedo and then these values were extracted for the pixels closest to the surface observation stations to correlate with the rainfall data. Horizontal distribution of TBB and albedo tells roughly rainfall regions. The correlation between rainfall and TBB is found to be very low in quantitative analysis. The weak relationship between the brighter albedo and the higher rainfall probability is observed. This study suggests that the TBB values are useful in classifying rain areas and for heavy rainfalls the albedo values are more useful than the TBB. Low linear correlation between the fields may be attributed to the neglect of cloud types in this study.

I. 서 론

위성영상자료에서 얻을 수 있는 운정온도, 운량, 구름에 관한 정보는 강수량과 밀접한 관계가 있기 때문에 이들 정보를 이용해 강수량을 추정하는 방법이 많이 개발되어 왔다(Kazuyasu et al., 1980). 이와 같은 위성자료는 지구상의 약 70% 이상을 차지하고 있는 해양지역이나 기상 관측소가 설치되기 어려운 지역에서의 강수정보를 제공하는데 유용하게 사용될 수 있으며 우량계 또는 레이더와 같이 한 지점의 강수추정과는 달리 광범위한 영역의 연속적인 강수추정을 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

강수량을 추정하는 방법은 극궤도 기상위성이 주를 이루던 1970년대부터 시작되어 그 이후 정지기상위성의 보급 및 자료 질의 향상과 관측시간 간격의 단축 등으로 인해 많은 연구가 진행되었다. Martin and Scherer(1973)은 1970년 초기까지 수행된 강수량 추정에 관한 연구를 종합하여 기술하였고, Lethbridge(1967)은 TIROS-N(Television of Infrared Observation Satellite-N)의 위성영상과 위성 통과 후 3-12시간의 강수확률을 비교한 결과 가시자료와 적외자료를 각각 사용한 경우의 강수확률보다는 양자를 동시에 사용한 경우의 강수확률이 보다 정확하게 산출된다는 결과를 보였다. Barret(1970)은 ESSA(Environmental Science Services Administration) 위성의 구름해석도로부터 얻은 월 평균 운량 및 여러 운형에 따른 강수확률과 강수강도의 합으로 표현되는 강수계수를 산출하였고, Follansbee(1973)은 이 방법을 이용하여 일평균강수량을 계산하였다. 한편, Scofield와 Oliver(1977)는 GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) 위성의 적외 및 가시자료를 이용하여 대류운으로부터 30분 또는 1시간 동안의 강수를 산출하는 방법을 개발하였고, Griffith(1978)는 시간에 따라 변화하고 있는 강수구름을 위성영상에서 찾아내어 이 구름의 넓이와 우량계나 레이더 강수량과의 경험식을 유도하고 이 경험식을 적외자료의 운정온도로 재수정하여 강수량을 추정하는 방법을 개발하였다. 그러나 Atlas et al.(1982)는 정지기상위성으로부터 얻은 가시, 적외자료를 이용해 스톰 개개의 강수량을 추정하는 것은 위험하다는 것을 지적하고, 이에 대한 해결로 보충적인 자료를 사용할 필요성을 지적하였다.

본 연구에서는 위성의 운정온도가 낮고 반사도가 높게 나타나는 구름일수록 많은 비를 동반한다는 일반적인 경험에 근거해서 위성자료와 실측 강수량과의 관계가 어느정도 일치될 수 있는지를 살펴보고자 한다. 기상청에서는 1988년부터 시작된 자동기상관측망 구성으로 현재 80여개에 달하는 기상대 자료를 포함해서 약 300 여개 전국 지점의 강수량 자료를 생산하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 기상청에서 수집한 지상관측 강수량 자료와 GMS-4 (Geostationary Meteorological Satellite-4)의 위성영상자료 사이의 상관관계를 조사함으로써 위성자료에 의한 강수량 산출 방법 향상에 기여하고자 한다.

II. 자료 및 방법

2.1 사례

본 연구에서는 저기압에 의해 중부지방에 집중호우를 발생시켰던 1990년 9월 10일(사례 1)과 1993년 7월 29일부터 태풍 ROBIN의 영향으로 영동 및 남부지방에 집중호우를 내린 사례(사례 2)를 사용하였다. 사례 1에 대해서는 적외자료는 00LST부터 11LST의 자료를, 가시자료는 00LST부터 09LST의 자료를 사용하였고, 사례 2에 대해서는 가시자료와 적외자료를 모두 사용할 수 있고 유용한 갯수의 강수량 자료가 존재하는 시간인 02LST부터 04LST를 선택해서 분석하였다.

2.2 GMS 영상자료

본 연구에서 사용한 위성자료는 GMS-4 정지기상위성으로부터 얻은 적외, 가시 영상자료를 휘도온도(TBB) 분포와 반사도(ALB) 분포로 환산하여 사용하였다. 휘도온도분포는 1시간 간격으로 수신한 GMS S-VIIRR(Stretched-Visible Infrared Spin Scan Radiometer) 자료의 적외($10.5 - 12.5 \mu\text{m}$) 영상자료로부터 산출된다. 적외자료는 지표와 구름으로부터 발생되는 장파복사 에너지를 나타내므로 위성 센서 볼테지로부터 8비트 256단계의 적외단계 자료를 얻고, 이를 흑체휘도 밝기, 공간휘도, 흑체 온도와 스캐너 온도 관계식을 이용하여 복사에너지로 계산한다. 계산된 복사에너지는 파장 및 적외 감지기의 스펙트럼 반응함수에 의해 256 단계의 휘도온도로 계산된다. Fig. 1(a)는 이와 같은 관계를 보이는 것으로 GMS 적외 BRIGHTNESS COUNTS가 증가할수록 휘도온도가 낮아짐을 알 수 있다.

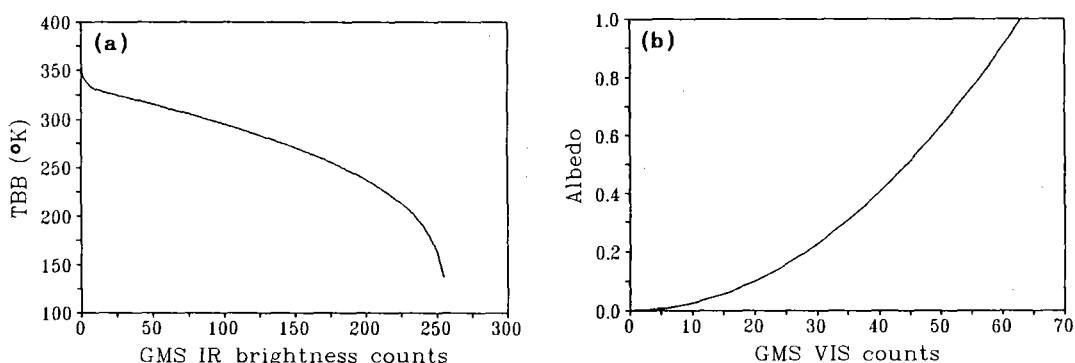


Fig. 1. Look-up table relating (a) GMS IR brightness counts to temperature, and (b) GMS VIS counts to albedo.

VIS counts to albedo.

한편, 반사도 분포 역시 디지털 S-VISSL 자료에 포함되는 가시(0.5 ~ 0.75 μm) 영상자료로부터 산출되며, 6비트의 64단계의 강도로 표현된다. 기본적으로 가시자료는 태양광선의 반사로부터 얻어지므로 야간의 자료는 큰 오차를 포함하게 되어 주간의 자료만 유용성을 가진다. Fig. 1(b)는 GMS 가시 COUNT와 반사도와의 관계를 나타낸 것으로 가시 COUNT가 증가할 수록 반사도가 증가함을 볼 수 있다.

한편, 관측 강수량 지점의 위성자료 산출은 각 관측소의 위경도에 해당하는 화소를 중심으로 10×10 의 화소를 평균한 값을 취하여 위성이 스캔할 때의 항상 직하점만을 탐지하지 않는 효과에서 발생하는 오차를 줄였다.

2.3. 강수량 자료

사례 1의 강수량 자료는 70개 관측소에서 관측한 약 800개 자료이며, 사례 2의 자료는 같은 시간에 195개 지상자동 관측소에서 관측한 강수량 값을 사용하였다.

III. 분석

3.1 위성영상 자료와 강수량과의 관계

강수지역의 공간적 분포와 위성영상 자료로부터 추출한 휴도온도와 반사도의 공간적 분포가 어느정도 일치하는지를 살펴보기 위해서 사례 1의 05LST(Fig. 2)와 사례 2의 02LST (Fig. 3)의 공간적인 분포를 살펴보았다. Fig. 2(a)는 강수량 분포를 (b), (c)는 각각 휴도온도 분포와 반사도 분포를 보인다. 휴도온도 분포를 관측강수량과 비교해보면, 약 -35°C 이하 구역이 강수가 있는 구역이고 특히 -50°C 이하의 구역은 많은 강수가 있음을 보여준다. 또한 반사도 분포는 대체적으로 0.5 이상이 강수가 존재할 구역이고, 0.6 이상은 강수가 많은 구역임을 보여준다. 특히 휴도온도와 반사도 모두 -50°C 이하, 0.6 이상인 공통 구역은 5mm/hr 이상의 강수역과 일치하고 있다. 그러나 서울지역의 20mm/hr 이상의 집중호우는 격자점의 위성자료를 평활화했기 때문에 국지적인 특징을 나타낼 수는 없었다.

한편, Fig. 3은 태풍의 영향으로 발생한 강수의 경우로써 휴도온도 분포가 -30°C 이하는 대체적으로 1mm/hr 이상, -35°C 이하는 2mm/hr 이상의 강수분포와 유사하고, 반사도의 경우는 0.55 이상이 2mm/hr 이상의 구역과 유사함을 볼 수 있다. 특히 휴도온도의 분포가 Fig. 2와 비교해서 그리 높지 않은 것으로 보아 태풍의 간접적인 영향으로 발생한 중하층운으로부터 발생한 강수임을 알 수 있다. 그러므로 휴도온도와 반사도의 공간적인 분포도는 대략적인 강수구역을 나타낼 수 있는 것으로 보인다.

An intercomparison of GMS image data and observed rainfall data - Suh et al.

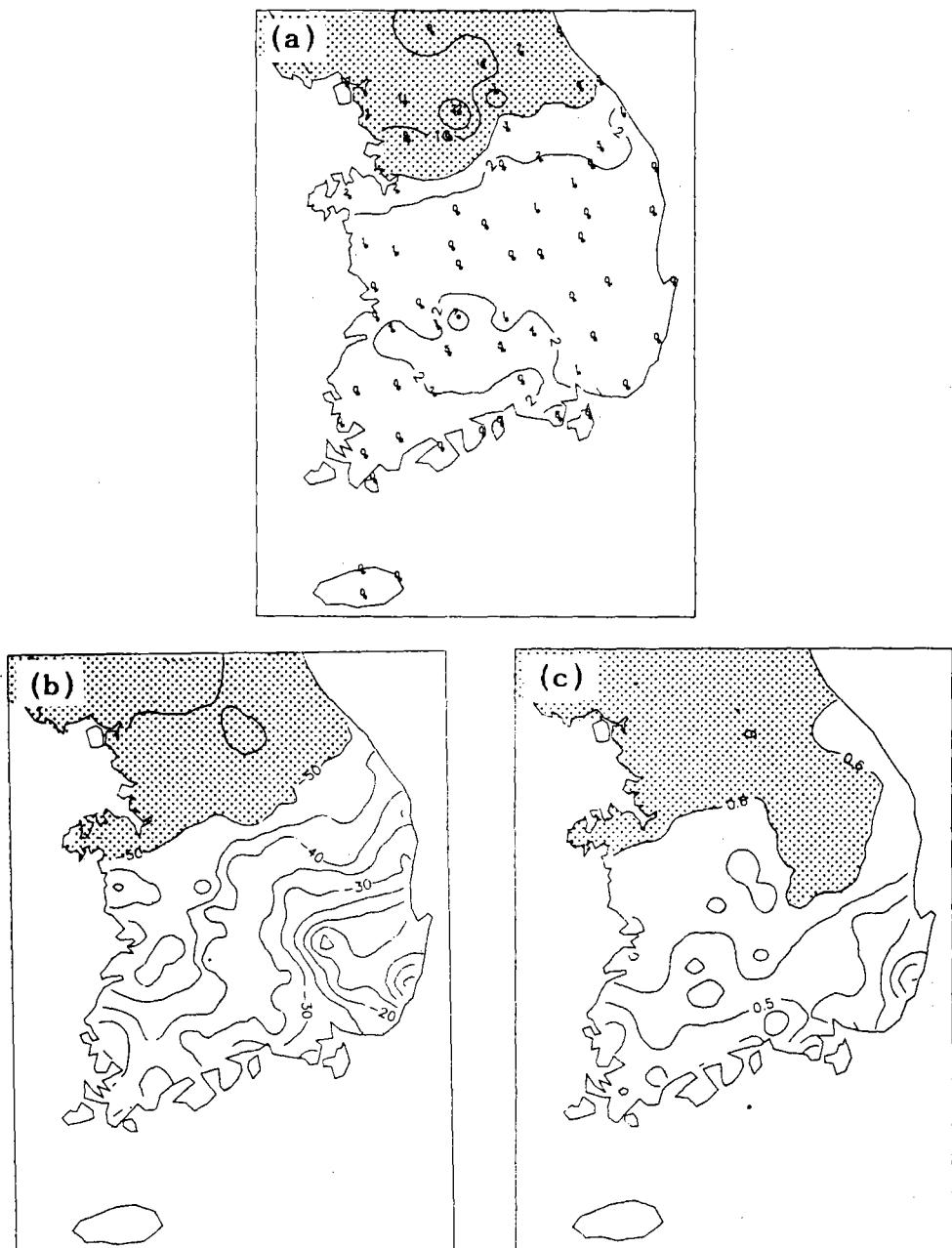


Fig. 2. Distribution of (a) observed precipitation(mm/hr) (b) TBB($^{\circ}$ C) from GMS IR data and (c) albedo from GMS VIS data on 05UTC 10 Sep., 1990. The dotted area represent precipitation of 5mm/hr over.

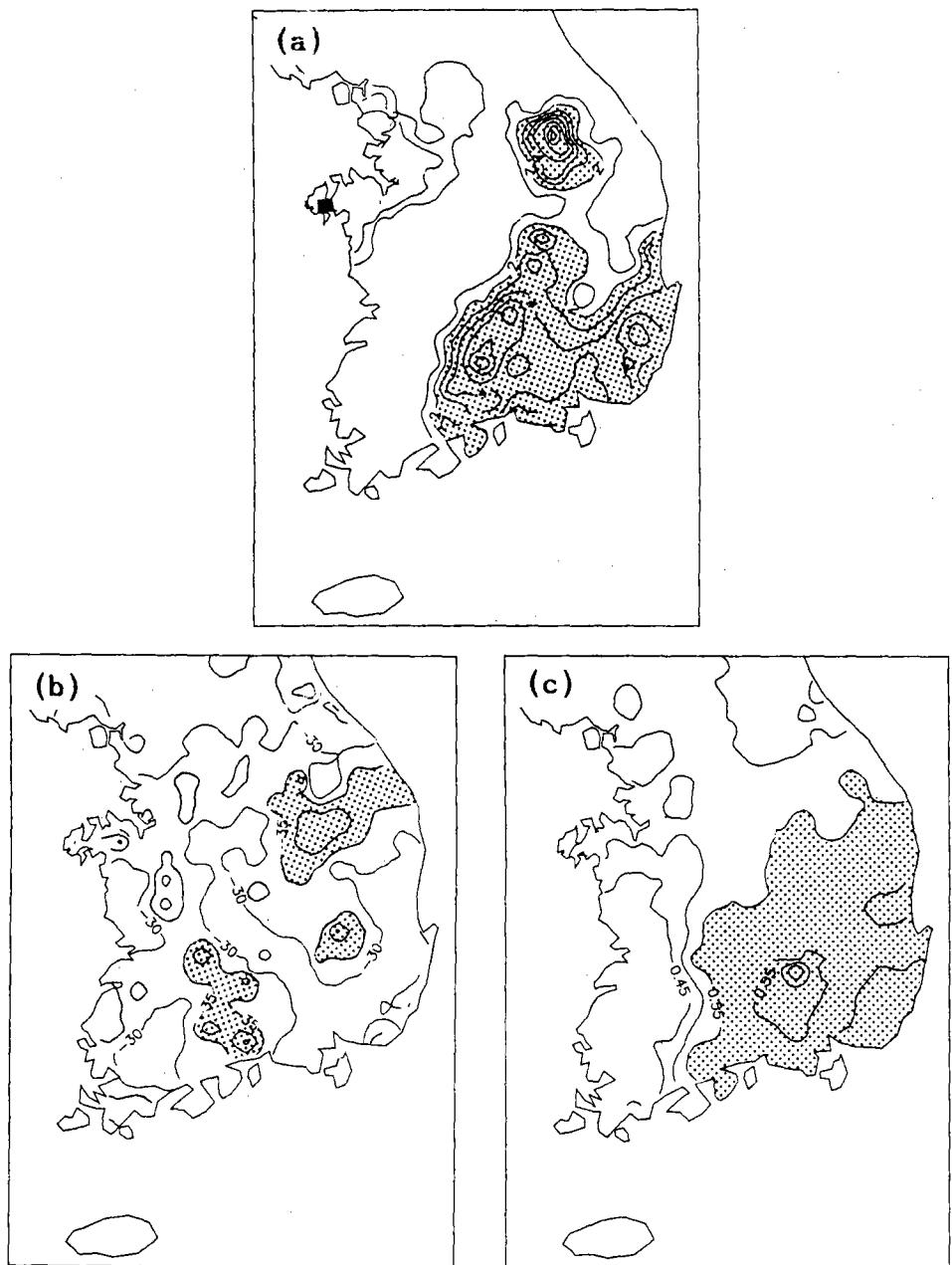


Fig. 3. The same as Fig. 2 except for on 02UTC 29 Jul., 1993.

An intercomparison of GMS image data and observed rainfall data - Suh et al.

Fig. 3. The same as Fig. 2 except for on 02UTC 29 Jul., 1993.

이와같은 효과는 Fig. 4를 통해서도 알 수 있는데 휘도온도와 반사도 및 관측 강수량을 3차원으로 표현했을때 대체적으로 휘도온도는 낮고, 반사도는 높은 구역에서 강수량이 많음이 나타나고 있다.

위성자료로부터 강수량을 정량적으로 어느정도 유추할 수 있는지를 살펴보기 위해서 위성자에 대응하는 관측강수량의 산포도를 사례 2에서 사용한 모든 자료에 대해서 표현해 보았다. Fig. 5에서 보면 휘도온도(Fig. 5(a))의 경우는 -20°C 에서부터 -50°C 에 강수량이 분포하고 있으나 양자료의 상관관계는 매우 낮음을 볼 수 있다. 특히 휘도온도의 일정한 값에 대해서 강수량은 많은 무강수 지점을 포함해 매우 변동적임을 보여주고 있다. 한편 반사도(Fig. 5(b))의 경우는 휘도온도의 분포보다는 산포도가 좁게 나타남으로써 보다 나은 상관관계를 보이고는 있으나 이 자료 역시 알비도가 높은 지역에 대해서도 많은 무강수 지역을 포함하고 있음을 보여준다.

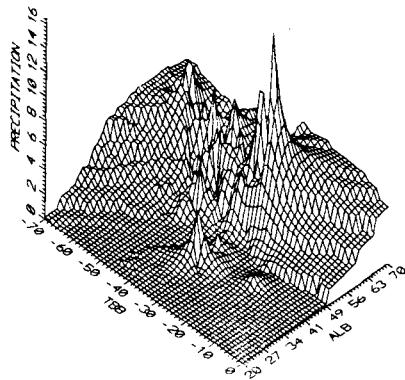


Fig. 4. 3-D diagram of TBB($^{\circ}\text{C}$), ALB and observed precipitation on 02UTC 29 Jul., 1993.

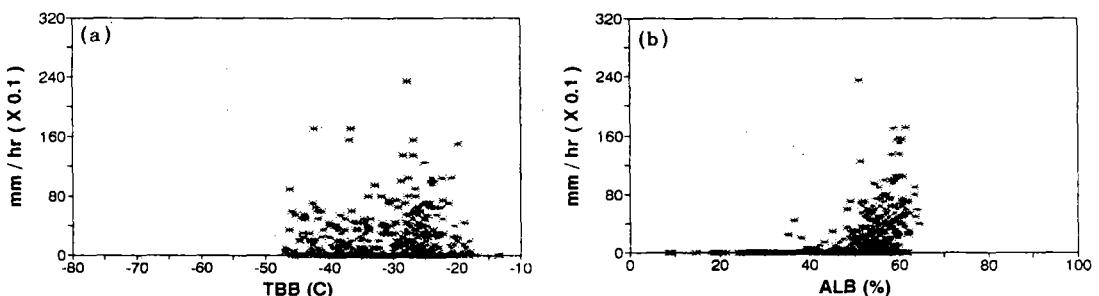


Fig. 5. The scatter diagram between (a) TBB($^{\circ}\text{C}$) and observed precipitation, and (b)

albedo and observed precipitation on 29 Jul., 1993.

그럼에도 불구하고 Kazuyasu et.al.(1980)에 의하면 위성자료로부터 통계적으로 산출한 평균 강수량은 매우 유용하게 사용될 수 있음을 지적하였다. Fig. 6은 사례 2에서 사용한 자료에 대해 통계적으로 산출한 휘도온도와 반사도에 따른 평균 강수량을 나타내고 있다. 반사도의 경우는 반사도가 높아질수록 평균 강수량은 증가하고 있으나 휘도온도의 경우는 휘도온도가 낮아진다고 해서 반드시 평균강수량이 높아지고 있지는 않다. 이와같은 분석은 보다 많은 자료와 사례에 대해 분석한다면 보다 신뢰성 있는 자료가 되리라 생각된다.

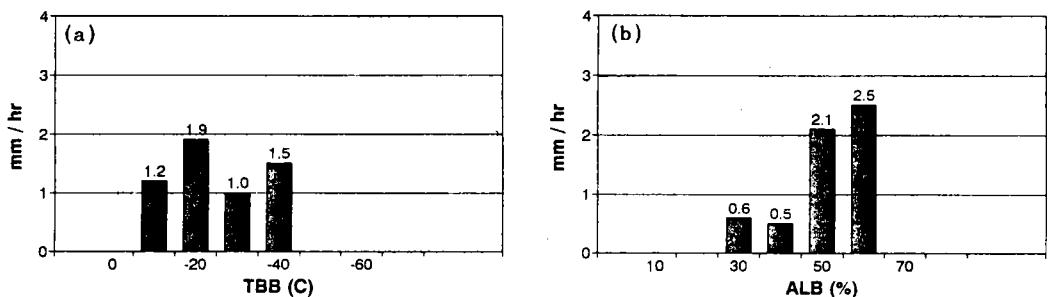


Fig. 6. Average precipitation corresponding to (a) TBB($^{\circ}$ C), and (b) albedo threshold.

3.2 강수확률

위성의 영상자료와 관측강수량과의 관계를 살펴본 결과, 각 위성자료의 경계값에 분포하는 관측강수의 분포는 매우 변동적임을 알 수 있었다. 그러므로 GMS 위성자료 경계값에 의한 강수 산출은 보충자료(예, 레이더 자료, 관측강수량)에 의한 보정이 없는 한 어떤 일정한 값으로 나타내기 보다는 확률적인 값으로 표현할 수 밖에 없어 보인다.

Fig. 7은 사례 2에 대해 관측 강수량에 관계없이 5°C 간격의 휘도온도와 0.5°C 간격의 반사도에 따른 관측강수량의 빈도 분포를 나타낸 것이다. 휘도온도의 분포(Fig. 7(a))는 $-25^{\circ}\text{C} - -30^{\circ}\text{C}$ 사이에 가장 많은 빈도수를 보이고 관측강수 역시 이 구역에서 가장 많은 빈도를 보인다.

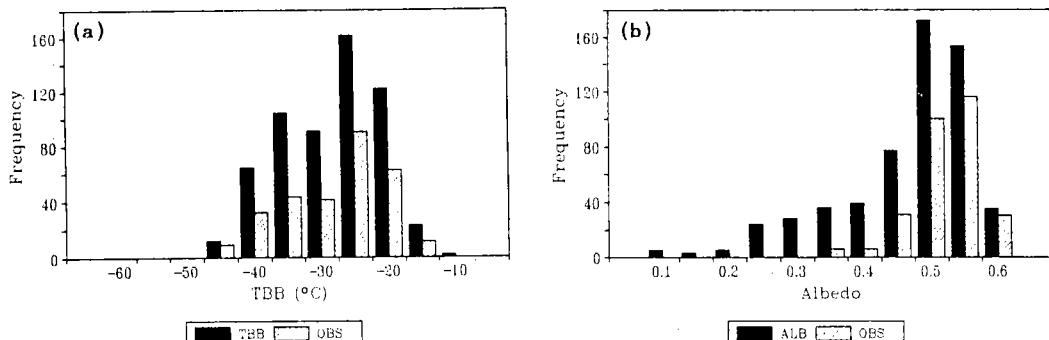


Fig. 7. Histogram of observed precipitation frequency (a) for TBB($^{\circ}$ C) level, and (b) for

albedo on 29. Jul., 1993.

한편, 반사도의 경우는 0.5 - 0.6 사이에 반사도와 관측강수의 빈도수가 모두 가장 많게 나타났다. 이를 근거로 해서 전체 격자수에 대한 강수 관측 격자수의 비를 표현하는 강수 확률로 표현하면 Fig. 8과 같다. 휘도온도(Fig. 8(a))의 경우 강수 확률은 -45°C 에서 -50°C 의 강수 확률이 75%로 가장 높게 나타났으나 휘도온도가 낮아진다고 해서 반드시 강수확률이 감소하는 경향을 보이고 있지는 않다. 그러나 반사도(Fig. 8(b))의 경우는 반사도가 높아질수록 강수확률이 높아지는 경향을 보이고 있다.

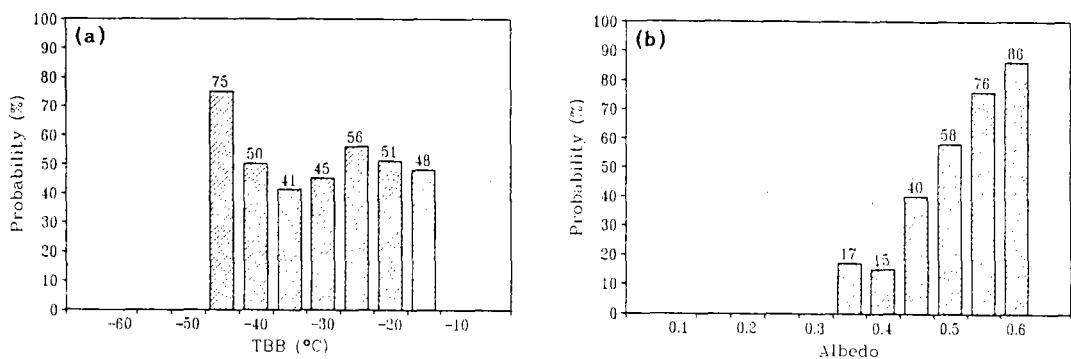


Fig. 8. Precipitation probability corresponding to (a) TBB($^{\circ}\text{C}$), and (b) albedo threshold on 29 Jul., 1993.

그러나 이때의 강수확률은 0.1 mm/hr이상의 모든 강수를 표현한 것이므로 강수의 정량적인 강수확률 분포를 보이기는 부적합한 것으로 보여 위성자료의 경계치 범위 내에서 경계치 이상의 관측강수가 어느정도 일치하는지를 나타내는 일치율을 계산하여 강수확률을 표현하고자 한다. 일치율은 다음과 같다.

$$\text{일치율} = \frac{N}{MS} \times 100 (\%)$$

여기서, MS는 위성자료의 휘도온도 또는 반사도의 경계치 범위내에 포함되는 지점수(무강수 역 포함)를 나타내며, N은 관측강수 구역(예를 들어, $0 >$ 또는 $6 \leq \text{mm}/\text{hr}$)과 위성자료의 경계범위에 공통되는 격자점 수를 나타낸다.

Tab. 1은 각각 위성의 휘도온도 분포와 반사도에 위한 강수확률을 산출하기 위해서 계산한 양적 대응표이다. Tab. 1(a)와 (b)는 각각 사례 1의 840개 자료를 이용한 휘도온도와 관측강수 양과의 관계, 가시자료를 쓸 수 있는 주간의 540 자료를 이용한 반사도와 관측강수양과의 관계를 보인 것이다. 이미 지적한 바와 같이 각 위성자료의 경계값에 따른 관측강수의 분포는 매우

변동적임을 보여준다. 즉 휘도온도가 -50°C 이하인 낮은 경우에 시간당 강수량은 21mm/hr 이상의 집중호우도 있지만 무강수 지점 역시 7지점이나 된다. 반사도의 경우도 마찬가지 결과를 보인다. 이와 같은 대응표를 이용해서 위성자료와 관측강수량 사이의 일치율을 계산하기 위한 N 및 MS의 갯수는 Tab. 2와 같고, 이와 같은 일치율을 이용해서 계산한 강수확률은 Fig. 9와 같다. 휘도온도가 -50°C 이하일 때 강수가 있을 확률은 거의 95%에 달하고 6mm/hr 이상의 강수가 있을 확률은 36.6%이다. 또한 반사도가 0.5 이상이면 강수가 있을 확률은 약 60%이고 6mm/hr 이상의 강수는 0.6 이상일 때 65%에 이른다. 그러므로 강수의 유무만을 고려할 때는 휘도온도(-50°C 이하) 분포가 유용하고, 보다 심한 강수는 반사도(0.6 이상)를 이용하는 것이 유용함을 알 수 있다. 특히 반사도가 0.3 이하이거나 휘도온도가 -20°C 이하 일 때는 심한 강수는 없는 것으로 보인다. 이와 같은 분포는 여러 사례를 통한 통계적 분포를 분석하면 보다 합리적인 분포를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

Table 1. Frequency distribution corresponding to (a) TBB($^{\circ}\text{C}$) and observed precipitation threshold, and (b) albedo and observed precipitation threshold on 10 Sep., 1990.

(a) 강수량 (mm/hr)	TBB($^{\circ}\text{C}$)						
	~ 0	0~ -10	-10~ -20	-20~ -30	-30~ -40	-40~ -50	-50~ -60
21 ~						5	6
18 ~ 21						3	1
15 ~ 18					1	2	3
12 ~ 15		1		1	3	8	5
9 ~ 12		1		1	3	9	12
6 ~ 9			1	1	6	10	21
3 ~ 6			2	1	9	30	28
0 ~ 3	5	9	14	20	39	76	48
무강수	48	68	79	100	91	56	7

(b) 강수량 (mm/hr)	ALB						
	~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7
21 ~					3	2	1
18 ~ 21					1	1	
15 ~ 18					2		1
12 ~ 15					4	2	3
9 ~ 12				1		6	7
6 ~ 9				2	5	7	12
3 ~ 6				5	4	13	13
0 ~ 3	5	27	33	23	25	44	27
무강수	6	18	58	80	62	49	9

An intercomparison of GMS image data and observed rainfall data - Suh et al.

Table 2. The same as Tab. 1 except for values of N and MS.

(a)

TBB(°C)	< -50	-50~-40	-40~-30	-30~-20	-20 >
강수역	$M_S = 131$	$M_S = 199$	$M_S = 152$	$M_S = 124$	$M_S = 228$
0 <	$N = 124$	$N = 143$	$N = 61$	$N = 24$	$N = 33$
6 ≤	$N = 48$	$N = 37$	$N = 13$	$N = 3$	$N = 3$

(b)

ALB	> 0.6	0.5~0.6	0.4~0.5	0.3~0.4	< 0.3
강수역	$M_S = 37$	$M_S = 124$	$M_S = 106$	$M_S = 111$	$M_S = 147$
0 <	$N = 64$	$N = 75$	$N = 44$	$N = 31$	$N = 65$
6 ≤	$N = 24$	$N = 18$	$N = 15$	$N = 3$	$N = 0$

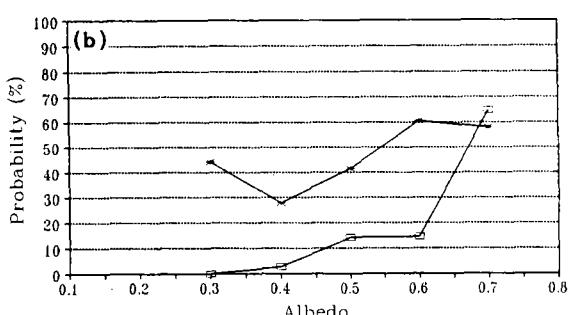
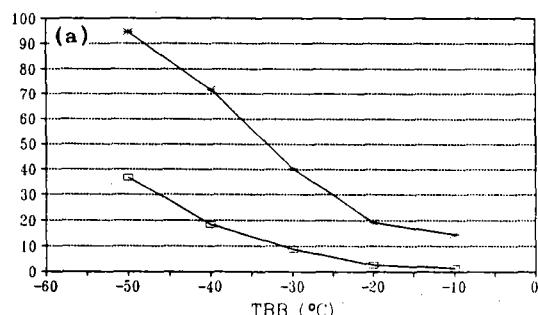


Fig. 9. The same as Fig. 8 except for on 10 Sep., 1990.

IV. 요약 및 결론

가시 및 적외 자료만을 사용한 단순한 자료처리에 의한 강수추정은 분명한 한계가 있으므로 보다 높은 수준의 자료처리에 의한 정보 추출 방법을 개발할 필요성이 이미 지적되어 왔다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 위성의 운정온도가 낮고 반사도가 높게 나타나는 구름일수록 많은 비를 동반한다는 일반적인 경험에 근거해서 위성자료와 실측 강수량과의 관계가 어느정도 일치하는지를 살펴보았다.

본 연구에서는 저기압에 의해 중부지방에 집중호우를 발생시켰던 1990년 9월 10일(사례 1)과 1993년 7월 29일부터 태풍 ROBIN의 영향으로 영동 및 남부지방에 집중호우를 내린 강수 사례(사례 2)를 사용하였다. 위성자료는 GMS으로부터 얻은 적외, 가시 영상자료로부터 휘도온도(TBB)와 반사도로 환산하여 사용하였고 관측강수량 자료는 사례 1의 경우는 70개 관측소에서 관측한 약 800개 자료를 사례 2에 대해서는 195개 지상자동 관측소에서 관측된 강수량 값 을 사용하였다. 여기서 사례 2에서는 기상청에서 새로 설치한 자동기상관측소 자료를 이용하였다(관측소 자료와 자동기상관측소 자료는 동일한것으로 취급하고 있음). 한편, 관측 강수량 지점의 위성자료는 각 관측소의 위경도에 해당하는 화소를 중심으로 10×10 의 화소를 평균한 값을 사용하였다.

사례 1에 대한 휘도온도 분포를 관측강수량과 비교해보면, 약 -35°C 이하 구역이 강수가 있는 구역이고 특히 -50°C 이하의 구역은 많은 강수가 있음을 나타냈고, 반사도의 경우는 대체적으로 0.5 이상이 강수가 존재할 구역이고, 0.6 이상은 강수가 많은 구역임을 나타냈다. 특히 휘도온도와 반사도 모두 -50°C 이하, 0.6 이상인 공통 구역은 5mm/hr 이상의 강수역과 일치하고 있었다. 또한 중하층의 구름에서 강수를 내린 것으로 보이는 사례 2에 대해서는 휘도온도 분포가 -30°C 이하는 대체적으로 1mm/hr 이상, -35°C 이하는 2mm/hr 이상의 강수분포와 유사하고, 반사도의 경우는 0.55 이상이 2mm/hr 이상의 구역과 유사함을 볼 수 있었다. 그러므로 휘도온도와 반사도의 공간적인 분포도는 대략적인 강수구역을 나타낼 수 있는 것으로 보인다. 사례 1과 2에서 강수역에 대한 휘도온도 및 반사도의 경계치 값이 다르게 나타나는 이유는 강수형태가 서로 다른 기상현상이기 때문이다. 즉 사례 1의 경우는 저기압에 의해 발생된 집중호우이며 사례 2는 태풍의 간접적인 영향으로 발생한 중하층운으로부터 발생된 집중호우이다. 강수형태가 사례 1은 단시간성 강수인 반면 사례 2는 연속성 강수이다. 따라서 강수형태에 상관없이 적용될수 있는 일반적인 경계치를 제시하기 위해서는 각종 강수사례에 대한 좀더 많은 분석이 필요한 것으로 사료된다.

위성자료로부터 강수량을 정량적으로 어느정도 유추할 수 있는지를 살펴보기 위해서 위성자에 대응하는 관측강수량의 산포도를 살펴본 결과 휘도온도의 일정한 값에 대해서 강수량은 많은 무강수 지점을 포함해 매우 변동적임을 보여주고 있다. 한편 사례 2의 경우 반사도의 경우가 휘도온도의 분포보다는 산포도가 좁게 나타남으로써 보다 나은 상관관계를 보이고, 각 위성

자료의 경계치에 해당하는 평균 강수의 분포를 살펴보면 반사도의 경우는 반사도가 높아질수록 평균 강수량은 증가하고 있으나 휘도온도의 경우는 휘도온도가 낮아진다고 해서 반드시 평균강수량이 높아지고 있지는 않았다. 즉 휘도온도 및 반사도와 강수량과의 상관관계가 다소 낮게 나타나는 것은 낮은 휘도온도 및 높은 반사도임에도 불구하고 지상관측소에는 무강수를 나타내는 지점을 많이 포함하고 있기 때문인것으로 판단된다. 이는 휘도온도가 낮다고 해서 또는 반사도가 높다고 해서 반드시 강수와 연관시켜 분석해서는 곤란하다는 사실을 시사해 주고 있다.

사례 1에 대해 위성자료의 경계치 범위 내에서 경계치 이상의 관측강수가 어느정도 일치하는지를 나타내기 위해서 일치율을 이용한 양적 대응표를 분석한 결과 휘도온도가 -50°C 이하일 때 강수가 있을 확률은 거의 95%에 달하고 6mm/hr 이상의 강수가 있을 확률은 약 36.6% 정도임을 알 수 있었다. 또한 반사도가 0.5 이상이면 강수가 있을 확률은 약 60%이고 6mm/hr 이상의 강수는 0.6 이상일때 65%에 달하였다. 그러므로 강수의 유무만을 고려할 때는 휘도온도(-50°C 이하) 분포가 유용하고, 보다 심한 강수는 반사도(0.6 이상)을 이용하는 것이 유용함을 알 수 있다. 특히 반사도가 0.3 이하이거나 휘도온도가 -20°C 이하 일때는 심한 강수는 없는 것으로 보인다.

위성으로 강수의 정량적인 산출을 위해서는 좀더 많은 사례를 통해 위성자료의 특성과 상관관계에 관한 연구가 이루어질 때 보다 합리적인 강수 확률분포등을 얻을 수 있을 것으로 보인다. 특히 구름 종류에 따른 강수를 구분하여 통계적인 분석을 할 필요가 있는 것으로 사료된다.

참고문헌

- Atlas, D., and O.W. Thiele, 1982. Precipitation measurements from space. Workshop Report, 5.1-5.9
- Barret, E.C., 1970. "The estimation of monthly rainfall from satellite data", Mon. Wea. Rev., 98, 322-327.
- Barret, E.C., 1973. "Forecasting daily rainfall from satellite data", Mon. Wea. Rev., 101, 215 -222.
- Follansbee, W.A., 1973. "Estimation of average daily rainfall from satellite cloud photograph s", NOAA Tech. Memo. NESS 44, National Environmental Satellite Service, NOAA, Washington, D.C., 39pp.
- Griffith, C.G., W.L. Woodly, P.G. Grube, D.W. Martin, J. Stout, D.N. Sickdar, 1978, "Rain es timation from geosynchronous satellite imagery-visible and infrared studies", Mon. W ea. Rev., 106, 1153-1171.

Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol. 10, No. 1, 1994

- Kazuyasu, K, N. Sinobu, and I, Motoki, 1980. "An intercompariosn of GMS image data and AMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System) rainfall data", Meteorological Satellite Center Technical Note. No.2, 43-59
- Lethbridge, M., 1967, "Precipitation probability and satellite radiation data," Mon. Wea. Rev., 95, 487-490.
- Martin, D., and W. Scherer, 1973. "Review of satellite rainfall estimation methods", Bull. Amer. Meteor. Soc., 54, 661-674.
- Scofield, R.A., and V.J. Oliver, 1977. A scheme for estimating convective rainfall from satellite imagery, NOAA Tech. Memo. NESS No. 86, 47pp.