

정지궤도 기상위성 자료를 활용한 강우유형별 강우량 추정연구

이은주*, 서명석
공주대학교 대기과학과

1. 서론

집중호우는 짧은 시간내에 국지적으로 많은 양의 비가 내리는 현상으로 성장에서부터 발달, 소멸이 단시간에 이루어지며 변동성이 커 정확한 예측이 어렵다.

우리나라의 기상재해는 여름철의 집중호우에 의해 주로 발생하며, 이들 집중 호우는 보통 중규모 대류계 및 중규모 복합 구조계에 의하여 대부분 발생하기 때문에 종관 규모 관측망 만으로는 그 현상의 이해와 예측이 거의 불가능하다(기상연구소, 2002). 기상위성 자료는 광범위한 영역의 구름 영상 자료를 수 km의 공간 분해능과 일정한 시간 간격으로 제공하므로 이로부터 종관 및 중간 규모 시스템의 이동을 파악할 수 있을 뿐 아니라 소규모 대류성 구름세포의 급격한 발달까지도 탐지 할 수 있다. (기상연구소,1992)

위성을 이용한 강우량 추정 연구로 Alder and Negri(1988)는 층운과 대류운을 구분하여 강우량을 추정하였으나 열대 해양 지역에서 연구된 방법이므로 우리나라와 같은 중위도 지역에서는 이 같은 기법을 그대로 적용시킬 수 없다. 또 현업에서 활발히 사용되고 있는 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)/NESDIS(National Environmental Satellite Data and Information Service)의 기법 역시 강한 대류성 스톨의 경우에 잘 맞는 방법으로 발생 메커니즘이 다른 여러 유형들을 유형의 구분 없이 동일한 식을 적용하기에는 다소 문제가 있다.

본 연구에서 단시간 예보에 기상위성영상 자료를 활용하여 예측수준을 향상시키기 위하여 높은 시·공간 분해능을 지닌 정지궤도 기상위성인 GOES-9호 위성 영상 자료와 AWS 관측 자료를 이용하여 층운형, 대류형, 혼합형으로 강우유형을 분류 하고 그에 따른 산출식을 적용하여 강우량을 산출 하였다. 그리고 미국 NOAA/NESDIS의 power-law curve와 비교하여 보았다.

2. 자료 및 연구방법

본 연구에서는 GOES-9호 위성(Geostationary Operational Environmental Satellite)영상 자

료와 자동기상관측자료(Automatic Weather Station: AWS)를 사용하였으며 2003년 여름 강수 현상 중에서 일 강수량이 적어도 80mm 이상인 관측소가 있는 경우에 대해 총 13개의 강수사례를 선정하였다.

위성영상자료와 AWS 관측자료는 서로 다른 특성을 가지므로 두 자료를 함께 사용하기 위해 시간적으로는 1시간에 2회 생산 되는 위성영상자료를 1시간에 인접하는 3개의 위성영상자료를 가중 평균하여 1시간을 대표하는 자료로 만들어 적용하는 방법을 사용하였으며, 공간적으로는 AWS 관측 지점 한 개와 비교되는 GOES 위성 자료를 AWS 관측 지점을 각각 중심으로 하는 위성영상 자료의 5×5 픽셀의(20×20km²) 면적 평균값을 사용하였다.

사례기간의 GOES-9호 위성 영상 자료와 그에 해당하는 AWS 관측 자료를 이용하여 주관적으로 분류하였으며, 주관적 분류를 통해 얻어진 대표적인 각 유형의 특징들을 기준으로 객관적 분류를 하여 유형 분류를 위한 Flowchart를 작성하고 최종적으로 강우 유형을 분류한다. 이때 구름의 형태, 발달상태, 강우면적, 강우강도 임계온도 등의 기준으로 채널별 위성 영상자료를 해석하고, 운정온도와 AWS 강우량 사이의 상관관계를 분석하여 분류한다. 분류된 자료로 우리나라에서 많이 발생하며, 피해가 큰 대표적 유형에 대해 QC (quality control)를 통하여 운정온도와 강우량과의 관계를 나타내고 회귀함수를 이용하여 강우량 추정식을 구하여 강우량을 산출 해 보았다..

3. 결과

각 분류 방법을 통해 유형을 분류해 본 결과 혼합형과 대류형 강우가 가장 많았으며 층운형은 13개 사례중 1개 사례로 나타났으며 대부분의 강우는 새벽에 최대를 이루었으나 층운형은 오후에 발생하는 것으로 나타났다..

분류된 각 유형의 특성을 살펴보면 대류형 강우의 경우 국지적이고 강한 강우강도를 가지며 210K 또는 그 이하의 낮은 운정온도에서 강한 강우현상이 발생하였다. 강조영상을 이용하여 분석 해 본 결과 대류형은 대체적으로 원형의 핵을 가지고 있음을 알 수 있었다. 구름이 발생하는 위치는 해안에서 급격히 발달하거나 내륙에서 발생하는 경우가 많았고 생성에서 발달, 소멸의 단계가 뚜렷이 나타나며 한 두 시간 이내에 발달 소멸하는 것으로 나타났다.

반면 층운형 강우의 경우 대류형 사례들에 비하여 광역적이며 4시간 이상지속적으로 약한 강우 강도의 형태를 보였으며 230K 이상의 높은 운정온도에서 강우현상이 발생하였

다. 강조영상의 분석에서도 223K 이하의 낮은 픽셀이 거의 나타나지 않았으며 나타난 지역은 강우가 없었던 권운 지역으로 판단되었다. 구름이 발생하는 위치는 중국해안 또는 서해상이며 이미 발달 후 동진하는 형태이다.

혼합형 강우의 경우 층운형과 대류형 강우의 특성을 모두 포함하고 있어 그 형태가 다양하게 나타났다. 층운형에 의한 강우가 나타나는 가운데 국지적으로 대류형의 강우가 나타나는 형태가 있고 국지적이고 강한 강우형태를 보여 대류형으로 보이지만 240K~260K의 비교적 높은 운정온도를 가지는 형태도 나타났다. 강조영상의 분석에서도 층운형 구름에서 국지적으로 대류형 구름이 발생되고 있었으며 발생 위치도 서해상과 해안 등 다양하게 나타났다. (Fig1, 2)

Table.1는 운정온도와 강우량과의 상관관계 및 추정강우량과 관측강우량 사이의 통계치들을 유형별로 나타낸 것이다. 층운형 강우의 경우 운정온도와 강우량과의 상관계수 값이 -0.16으로 세 유형 중 가장 작은 값을 가지며 관측강우량과 추정강우량 사이의 상관관계 역시 0.14로 매우 작은 값으로 나타났다. 대류형 강우는 운정온도와 강우량 사이의 상관관계 값이 -0.40으로 세 유형중 가장 높게 나타났으며 관측 강우량과 추정 강우량 사이의 상관관계도 0.54로 높게 나타났다. 혼합형 강우는 운정온도와 강우량 사이의 상관계수 값이 -0.34로 나타났으며 관측 강우량과 추정강우량 사이의 상관계수 값은 0.33으로 낮게 나타났다. Bias와 RMSE, POD FAR 등의 다른 통계치들도 대류형 강우의 경우 가장 좋은 값들을 나타냈으며 혼합형과 층운형은 비슷한 값으로 좋지 못한 값으로 나타났다. 유형별로 강우량 추정 수준이 다르고 메커니즘이 다르므로 유형별로 강우량 추정식이 필요함이 시사되었고 유형별 강우량 추정 결과를 Table. 2에 나타내었다. A, B, C는 유형의 대표적 사례로부터 도출된 각각의 강우량 추정식이며 기존의 power law와 비교하여 볼 때 혼합형 경우 A알고리즘이 비교적 강우량을 잘 추정하는 것으로 나타났으며 층운형은 B의 알고리즘이 강우량을 비교적 잘 추정하는 것으로 나타났다. 대류형의 경우 기존의 power law와 비교하여 볼 때 두드러지게 좋은 값이 나타나지 않았으며 통계 값 마다 각각의 알고리즘이 서로 다른 결과를 나타내었다. 피해가 가장 크지만 새로운 추정식을 적용하였을 때 기존의 추정식과 큰 차이가 없어 세부적으로 분석 해 보았다. 그 결과 단세포 대류계의 경우 C의 알고리즘을 적용하였을 때 기존의 power law 보다 정규화된 Bias, RMSE 및 FAR이 더 좋은 값을 나타내었다. 그리고 다세포 대류계인 경우 A의 알고리즘을 적용하였을 때 기존의 power law 보다 관측 강우량과 추정 강우량 사이의 상관관계도 더 높아 졌으며 Bias와 RMSE POD 등의 대부분의 통계치들이 더 좋은 값

을 나타내어 기존의 식보다 더 잘 추정하는 것으로 나타났다.

집중호우의 예측에 위성자료를 정량적으로 활용하기 위하여 강우의 유형을 분류 하고 유형별 강우량 추정식을 적용하여 더 향상된 결과를 얻었지만 유형에 따라 세부적으로 다른 형태가 있어 유형 분류 알고리즘을 texture 분석이나, 다양한 채널의 사용으로 분류 해야 할 것이다. 또한 많은 사례연구로 유형분류 알고리즘의 대표성을 높여야 하며 구름의 발달 단계보정이나, 무강우 화소에 대한 보정으로 강우량 추정 수준을 더 높이는 것이 향후 과제이다.

감사의 글

본 연구는 기상청에서 시행하는 기상지진기술개발사업의 하나인 “충청지방 악기상 예측시스템 개발”과제에서 수행된 것입니다.

참고문헌

- 기상연구소, 1992: 기상위성자료를 이용한 강수강도지수 산출(I), 기상연구소, MR 92-2
기상연구소, 2002: 한반도 악기상 집중관측 사업(II), 기상연구소, MR020F08
Alder, R. F., and A. J. Negri, 1988: A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. J. Appl. Meteor., 27, 30-51.

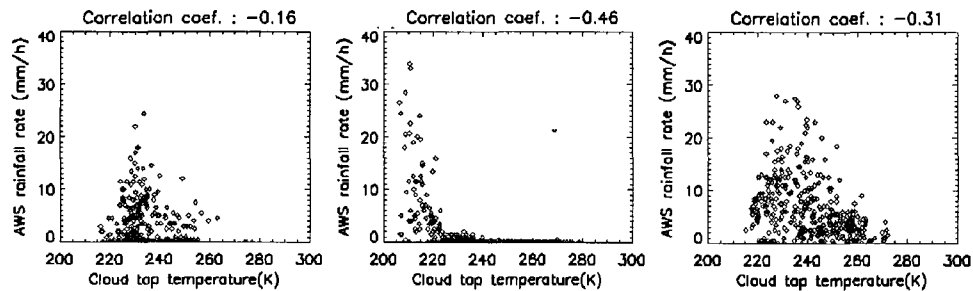


Fig.1. Scatter plots between CTT and AWS observed rainfall for the stratiform rainfall(left), the convective rainfall(center), and the mixed rainfall(right).

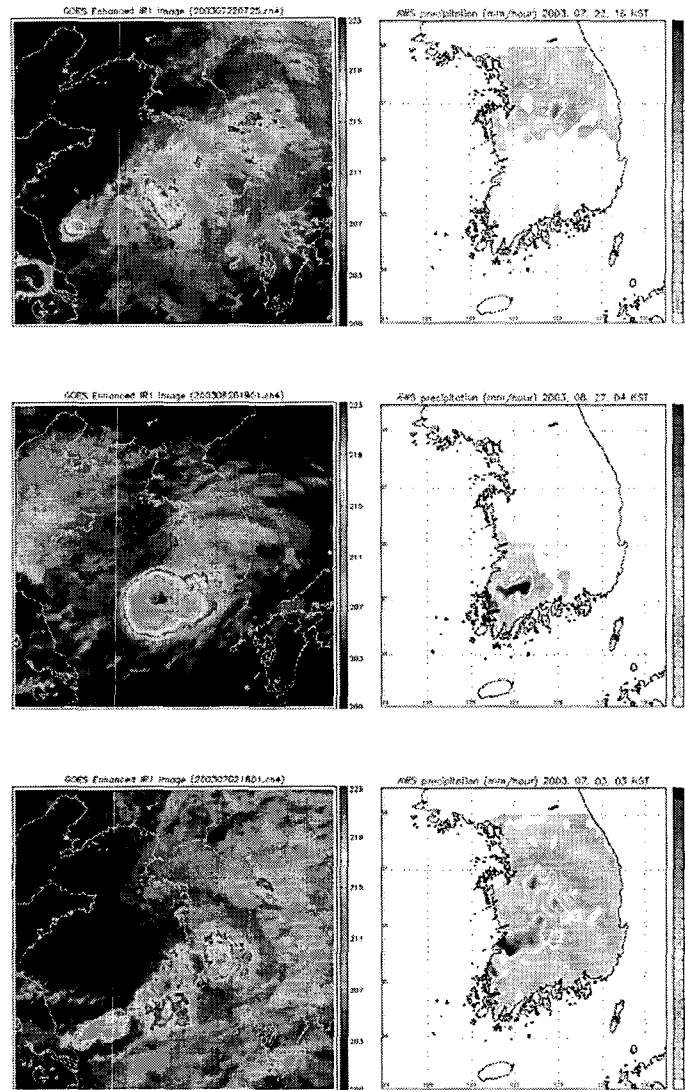


Fig.2. Distribution of GOES enhanced IR image (left panel) and 1hour accumulated rainfall (right panel) for the stratiform rainfall(Top), the convective rainfall(middle), and the mixed rainfall(right).

Table 1. Summary of the statistics for the rainfall type.

Statistical parameters	Rain fall Type		
	Stratiform	Convective	Mixed
CTT_rain Cor. Coef.	-0.16	-0.40	-0.34
obs_est Cor. Coef.	0.14	0.54	0.33
Normalized Bias	0.30	0.03	0.21
Normalized RMSE	1.02	0.81	1.19
Bias	1.37	0.18	1.16
RMSE	4.60	4.31	5.61
POD	0.58	0.66	0.50
FAR	0.38	0.36	0.39

Table 2. Summary of the statistics for the rainfall type and the algorithm

Type	Algorithm	CTT_AWS Cor. Coef.	obs_est Cor. coef.	BIAS-n	RMSE-n	BIAS	RMSE	POD	FAR
Mixed rainfall	Power law	-0.34	0.33	0.21	1.19	1.16	5.61	0.50	0.39
	A	-0.34	0.36	-0.12	1.06	-0.48	5.61	0.84	0.46
	B	-0.34	0.35	0.08	1.05	0.54	5.56	0.65	0.42
	C	-0.34	0.33	0.30	1.02	1.69	5.48	0.42	0.35
Stratiform rainfall	Power law	-0.16	0.14	0.30	1.02	1.37	4.60	0.58	0.38
	A	-0.16	0.16	-0.14	1.04	-0.65	4.67	0.98	0.49
	B	-0.16	0.15	0.14	1.00	0.65	4.52	0.74	0.42
	C	-0.16	0.14	0.39	1.04	1.75	4.69	0.50	0.32
Convective rainfall	Power law	-0.40	0.54	0.03	0.81	0.18	4.31	0.66	0.36
	A	-0.40	0.53	-0.28	0.91	-1.44	4.82	0.85	0.52
	B	-0.40	0.54	-0.09	0.84	-0.47	4.46	0.75	0.43
	C	-0.40	0.54	0.15	0.81	0.84	4.33	0.58	0.31

Table 3. Summary of the statistics for the single and multi cell.

Type	Algorithm	CTT_AWS Cor. Coef.	obs_est Cor. coef.	BIAS-n	RMSE-n	BIAS	RMSE	POD	FAR
single cell	Power law	-0.38	0.59	-0.17	0.87	-0.89	4.60	0.82	0.49
	C	-0.38	0.59	0.03	0.81	0.17	4.29	0.74	0.43
multi cell	Power law	-0.42	0.51	0.16	0.77	0.89	4.13	0.55	0.27
	A	-0.42	0.52	-0.06	0.77	-0.27	4.11	0.76	0.44