

## GMS Brightness를 사용한 구름 두께와 가강수량의 통계적 추정

최영진·신동인

기상연구소

(1990년 11월 10일 받음; 1990년 11월 20일 수리)

## Statistical Estimates of Cloud Thickness and Precipitable Water from GMS Brightness Data

Choi, Young Jean and Shin, Dong In

Meteorological Research Institute

(Received November 10, 1990; Accepted November 20, 1990)

### Abstract

A statistical correlation between cloud thickness and brightness is shown by regression analysis using the least-square method. Cloud thicknesses are obtained from radiosonde observation. Brightness values are obtained from GMS visible channel. Regression analyses are preformed on both thickness data used in conjunction with brightness data for summer season. The results are shown by the regression curve relating thickness and brightness accounting for 79% of variance.

And the relationship between thickness and precipitable water in the cloud layers is analyzed. The thickness shows a positive correlation with precipitable water in cloudy layers.

### I. 서 론

구름은 대기 중의 수분분포를 알 수 있는 지표이다. 따라서 강수예보에 있어서 기상위성이 제공하는 구름영상 사진은 매우 중요한 예보자료이다. 여러 개의 채널을 통해 관측된 구름영상의 정성적인 해석으로 비를 갖고 있는 발달된 적운 또는 적난운계의 구름과 상충운의 구별이 가능하다. 그러나 정성적인 분석만으로는 수분의 3차원적 분포를 잘 알기 어렵다.

TIROS-N의 TOVS나 GOES의 VAS에서 대기의 온도와 수분의 연직구조를 탐측하고 있으나, 맑은 날 또는 구름조금인 상태에서만 비교적 좋은 자료를 제공할 수 있는 것으로 알려져 있다. 또, 라디오존데 관측으로 구름이 존재할 때도 대기의 연직 구조를 관측할 수 있으나, 자료 획득에 시각과 공간적 제약이 크다. 레이다는 구름의 밀면을 관측하므로 운저고도를 알 수 있다.

위성자료와 라디오존데 또는 레이다 관측자료들은 각각 장단점이 있으면서, 상호 보완적인 면도 있다. 따라서 이들 자료들의 통계적 상관관계를 분석하거나 물리적 특성을 밝혀, 위성자료만으로 대기수분의 3차원적 분포를 추정하고자 하는 많은 연구들이 있었다. Park et al. (1974)과 Karveney et al.(1977) 등은 각각 Nimbus4 및 NOAA4의 가시채널에서 관측된 Brightness와 구름의 두께의 상관관계를 분석하였다.

이 연구에서는 우리나라에서 일기예보 현업에 많이 사용되고 있는 정지기상위성 GMS의 가시채널에서 얻은 Brightness와 라디오존데 관측자료에서 계산된 구름 두께 사이의 상관관계를 분석하였고, 구름 안에서의 가강수량을 계산하여, GMS의 자료만으로 구름의 두께와 가강수량을 추정할 수 있는지 알아보고자 한다.

## II. Brightness를 이용한 구름층의 수분추정 방법

### 1. 사용한 자료

이 연구에서 분석한 자료는 '90년 여름철(6, 7, 8월) 자료로, 위성자료는 METDAS 시스템에서 MT에 수록한 자료 중에서 GMS의 가시채널 자료를 읽어서 사용하였다. METDAS는 기상연구소가 보유하고 있는 위성수신 및 분석 S/W package이다. 고층자료는 고층기상관측소가 있는 오산, 포항, 광주 및 고산의 표준등압면(1000hpa, 850hpa, 700hpa 및 500hpa)과 유의고도의 지위고도(Geopotential height), 온도(T) 및 노점온도(Td)를 사용하였다. 라디오존데의 관측시각은 00GMT와 12GMT로 위성의 가시채널 자료와 같이 사용할 수 있는 것은 00GMT 자료뿐이다. 여기서 사용한 자료의 관측 시각은 모두 00GMT이다.

### 2. 위성자료의 추출

1989년에 위성수신 및 분석시스템(MESDAS)의 도입으로 Digital 형태의 자료를 얻을 수 있게 되었으며, 비로소 국내에서 생산된 위성자료를 이용한 본격적인 여러 가지 연구가 가능하게 되었다.

MESDAS SYSTEM에 매시각 수신되는 GMS의 영상자료는 전구 또는 반구자료이다. 이 자

료들에서 사용되는 목적에 따라 여러 개의 Sector image가 생산된다. 각각의 Sector image는 1024pixel × 1024line의 Digital count value로 구성되어 있다.

각 pixel의 지도상의 위치는 위도, 경도로 계산되어 나오며, 또한 위도, 경도를 알고 있는 어떤 점의 영상자료 내의 위치도 line, pixel의 번지수로 환산할 수 있다. 이 연구에서는 오산, 광주, 포항, 고산의 영상 내의 번지수를 찾아내어, 그 점을 중심으로 주변의 9개 점의 값을 추출하여, 그 평균값을 사용하였다.

GMS의 적외채널 Count value는 0에서 255까지 256단계로 나누어져 있으나, 가시채널의 Count value는 0에서 63의 64단계의 값을 갖는다. 가시채널의 Count value를 사용하여 알베도로 계산하는 과정은 매우 복잡하고 그 정확도도 간단히 알기 어렵기 때문에, 이 연구에서는 Count value를 그대로 사용하여 Brightness의 척도로 삼았다. 또 가시채널 자료는 태양고도의 영향을 보정해야 하나 여기서는 공간적으로 균질하다고 가정하고 보정 없이 사용하였다.

### 3. 지위고도 및 구름 두께의 계산

고층기상 관측자료에는 표준동압면(1000hpa, 850hpa, 700hpa, 500hpa, 400hpa, 300hpa, 200hpa)은 고도자료가 있지만, 유의 고도에 대해서는 지위고도 자료를 얻을 수 없었다. 대기 하층에서 상층까지 연속적으로 관측한 sounding에서 고도에 따른 값의 변화가 정해진 범위를 벗어나는 고도에 대해 관측값을 보고하도록 되어 있는데, 그 고도를 유의고도라 한다. 표준동압면을 포함한 모든 동압면에 대해 식 (1)을 사용하여 지위고도를 계산한 뒤, 이 결과를 표준동압면에서 관측된 지위고도 자료와 비교검증하였다. 검증결과에 따라 관측치와의 오차를 산술적으로 보정하여 지위고도로 사용하였다.

$$R_d = 287.04 \times 10 \text{ erg mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

$$g = 980.616 \text{ cm s}^{-2}$$

여기서  $R_d$ 는 Universal gas constant를 공기의 평균 분자량으로 나눈 건조공기의 Gas constant이며,  $g$ 는 위도 45도의 해면고도를 기준으로 계산한 중력 가속도이다.

Park, et al.(1974)은 적외채널의 자료로 운정고도를 추출하고, 레이다 관측으로 운저고도를 알아내어 구름의 두께를 계산하였다. 또, Karveney et al.(1977)은 Pilot 관측과 3차원 구름분석도에서 구름의 두께를 추출했다.

여기서는 고층관측에서 얻은  $T$ 와  $T_d$ 로부터 구름의 두께를 계산하였다. 즉,  $T-T_d$ 가  $3^{\circ}\text{K}$ 보다 작으면 구름이 있는 것으로 간주하고, 앞에서 계산한 동일면 고도 자료에서 구름의 두께

를 계산하였다. 계산결과 T-Td가 3°C 이내인 지역은 상대습도가 93% 이상으로 나타났다.

#### 4. 습도 및 가강수량의 계산

상대습도 R. H.(Relative Humidity)는 식(2)로 계산된다.

$$\begin{aligned} R. H. &= 100 \times \frac{W}{W_s} \\ &= 100 \times \frac{e}{e_s} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 W는 혼합비,  $W_s$ 는 포화혼합비, e는 수증기압이고  $e_s$ 는 포화 수증기압이다. 상의 변화와 Entropy의 관계 식 (3) Clausius-Clapeyron식을 이용하여 상대습도를 계산하였다.

$$\frac{de}{dT} = \frac{L_{12}}{T(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (3)$$

여기서 L는 상 1에서 상 2로 변화할 때의 잠열의 변화량이고,  $\alpha_1$ 은 액체 상태이고,  $\alpha_2$ 가 기체 상태일 때  $\alpha_2 \gg \alpha_1$  이므로 식 (3)을 다시 쓰면,

$$\frac{de}{e} = \frac{m_v L_{12}}{R} \frac{dT}{T^2}$$

그러므로,

$$\ln e = -\frac{m_v L_{12}}{R} \frac{1}{T} + \text{constant}$$

273°C에서 포화수증기압은  $e_s = 6.11 \text{ hpa}$ 이다. 273°C의 값에서 임의온도 T일 때의 값을 빼면 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$\ln \frac{e}{6.11} = \frac{m_v \text{ Levaporation}}{R} \left( \frac{1}{293} - \frac{1}{T} \right) \quad (4)$$

$$m_v = 18.016 \text{ g mole}^{-1}$$

$$\text{Levaporation} = 677.0 \text{ cal g}^{-1}$$

$$R = 8.3144$$

여기서  $m_r$ 은 수증기의 질량, Levaporation로 증발 잠열이고  $R$ 는 universal gas constant이다. 식 (4)에 기온  $T$ 를 넣으면 증기압, 노점 온도  $T_d$ 를 넣으면 포화증기압을 계산할 수 있다. 혼합비  $W_s$ 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$W_s = 0.622 \times \frac{e_s}{(p - e_s)}$$

$$W = 0.622 \times \frac{e}{p-e}$$

식 (4)를 사용하여 상대습도와 혼합비의 연직 분포를 계산하였다. 두 등압면의  $T$ 와  $T_d$ 를 알면 다음 식으로 가강수량을 계산할 수 있다.

$$P.W. = g \int_{P_1}^{P_2} W_s dP$$

구름이 있는 기충에 대해 이 식을 연직으로 적분하여, 구름의 단위 면적당 가강수량을 계산하였다.

## 5. Brightness와 Cloud thickness의 상관관계

이 연구에서는 Park et al.(1974), Karveney et al.(1977)에 따라 Brightness와 구름 두께 사이에 지수적 상관관계가 존재한다고 가정하여, 다음과 같은 지수함수식 (5)를 회귀식으로 설정하였다.

여기서 y는 구름의 두께를 x는 Brightness를 지정하였다.

식 (5)의 양변에  $\log$ 를 취하면

$$\log y = \log a + b \log x$$

여기서  $Y = \log y$ ,  $\alpha = \log a$ , 그리고  $\beta X = b \log x$ 를 대입하면  $Y = \alpha + \beta X$ 로 선형화하여 계산할 수 있다.

$\hat{Y}$ 는 통계분석에 사용된 자료이고  $\hat{Y}$ 는 회귀모형에서 독립변수  $X$ 에 따라 결정된 값이라 할

때 이 둘 사이의 오차  $e_i$ 는 다음과 같다.

$$e_i = |Y_i - \hat{Y}_i|$$

최소자승법은  $\sum e_i^2$  최소로 하는 방법이다.

$$\sum e_i^2 = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$s = \sum e_i^2 = \sum (Y_i - \alpha - \beta X_i)^2$$

$\alpha, \beta$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$\beta = \frac{n \sum x_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\alpha = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$a$ 는 다시  $a = \exp(\alpha)$ 로 구해진다.

구해진 회귀선의 적합도를 알아보기 위해 결정계수(Coefficient of determination)를 계산하였다. 결정계수  $r^2$ 는  $y$ 의 총 변동 중에서 추정된 회귀선에 의해 설명된 부분이 얼마나 나타낸다. 따라서 결정계수  $r^2$ 는 추정된 회귀선이 표본에 얼마나 적합한가를 나타낸다.  $r^2$ 는

$$0 \leq r^2 \leq 1$$

의 범위에 있으며,  $r^2$ 가 1에 가까울수록 회귀선의 적합도가 높다는 것을 의미한다.

### III. 결과 및 분석

#### 1. Brightness와 구름 두께의 상관관계 분석

표 1은 계산된 지위고도와 관측값을 표준등압면에서 비교하여 보정한 결과이다. 1000hpa 면과 850hpa 면에서는 계산값이 다소 높게 나왔으나, 상층에서는 계산된 값이 낮게 나타났다. 계산된 값과 관측값의 차이는 관측오차의 범위 안에 드는 것으로, 이 결과를 유의고도에 적용하여, 구름의 두께를 계산하여도 좋을 것으로 보인다.

**Table 1.** Comparison of observed mean geopotential height with calculated geopotential height

Pressure (hpa)	No. of Data	Observed Mean Geopotential Height	Standard Dev.	Calculated Mean Geopotential Height	Standard Dev.
1000	184	105.3	40.2	123.6	39.0
850	224	1493.8	43.1	1499.6	44.0
700	206	3126.3	38.6	3122.1	40.3
560	191	5837.6	44.3	5821.4	44.1
400	196	7549.5	61.5	7529.6	59.3

모든 고층자료에 대해  $T$ 와  $Td$ 의 차이가  $3^{\circ}\text{K}$  이내이면 구름이 존재하는 것으로 보아, 운정고도와 운저고도를 계산하여 이로부터 구름의 두께를 계산하였다. 이 구름들 중에서 중·하층으로, 구름층이 연직으로 한 층만 있는 경우를 자료로 선택하였다. 그리고 METDAS 시스템에서 Archive된 자기테이프에서, 이 자료에 대응하는 가시채널의 Count value를 읽어, 그 Line, Pixel값을 중심으로 그림 1과 같이 9개 점의 값을 읽어 그 평균값을 사용하였다. 그림 2는 x축에 가시채널 자료값, y축에 구름 두께를 대응시켜 그 상관 분포도를 보인 것이다. 여기서 점들의 분포형태가 지수함수의 형태를 보이고 있으며,  $A=1$ ,  $B=2.3$ 을 얻었다. 이 때 결점계수는 0.62이고 상관계수는 79%로 나타났다. 그림 2와 그림 3의 분포로 보아 Barret (1981)의 결론과 마찬가지로 여기서도 Brightness값이 높은 것은 구름의 두께가 두껍다는 것을 의미하며, 강수확률이 보다 큰 것으로 볼 수 있다.

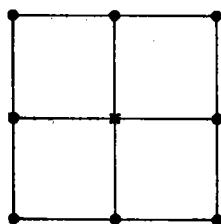


Fig. 1. 9 point average.

## 2. 구름의 두께와 수분의 연직분포 분석

표 2는 대기 중의 상대습도와 혼합비의 연직분포를 보인 것이다. 표 3은 표 2와 같으나, 구름이 있는 기층의 수분분포이다. 표 2에서 보면 대류권 하층에서 매우 높은 평균상대 습도 값이 나타나고(80~86%), 700mb 이상의 고도에서는 평균상대습도 값이 상당히 떨어졌다.

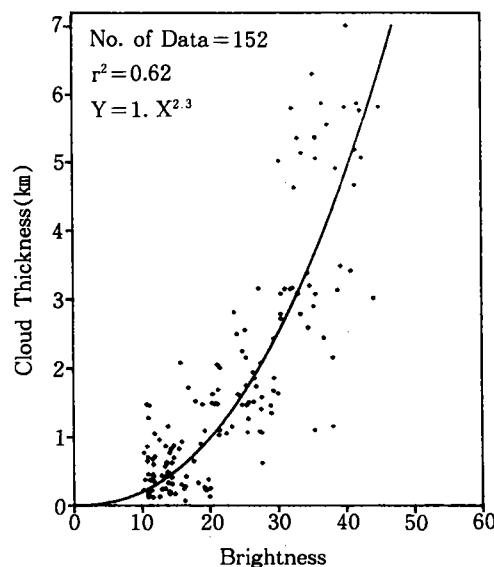


Fig. 2 The relationship between cloud thickness and GMS visible channel digital count value. Cloud thickness is computed value using radiosonde observed data.

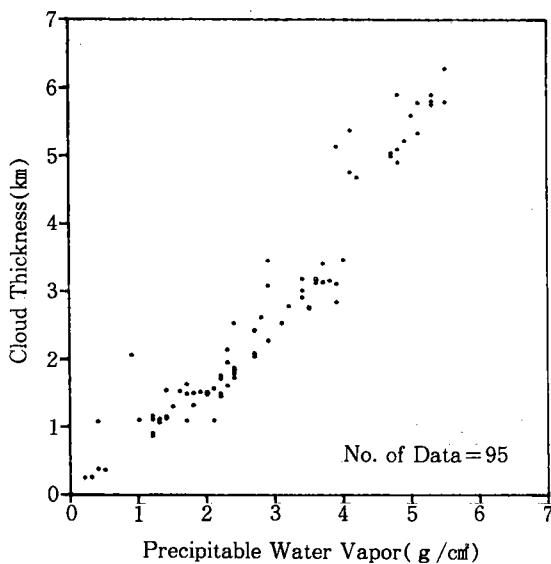


Fig. 3. The relationship between cloud thickness and precipitable water vapor.

그러나 구름이 있는 기층에 대해 계산된 표 3을 보면, 500hpa까지도 상대습도가 90%가 넘는다. 그럼 4는 구름의 두께와 강수량의 분포를 보인 것이다. 구름의 두께와 그 안에 포함된 수분의 양은 비례하는 것으로 나타났다. 이것은 여기서, 사용한 구름자료들이 대류권 하층에 Base를 둔 키가 큰 구름들이기 때문인 것으로 보인다. 또 여름철이므로 지표면 가열로 인한 대류운이 많았을 것으로 보인다.

Table 2. Mean moisture profile

Pressure (hpa)	No. of Collocation	R. H. (%)		Mixing Ratio( g /kg)	
		Mean	Std. Dev	Mean	Std. Dev
1000	342	86.9	8.9	12.5	1.8
850	464	80.3	16.0	11.6	1.6
700	442	68.6	18.9	9.9	1.2
500	384	62.9	20.5	6.9	1.0
400	397	58.1	18.5	5.0	0.9

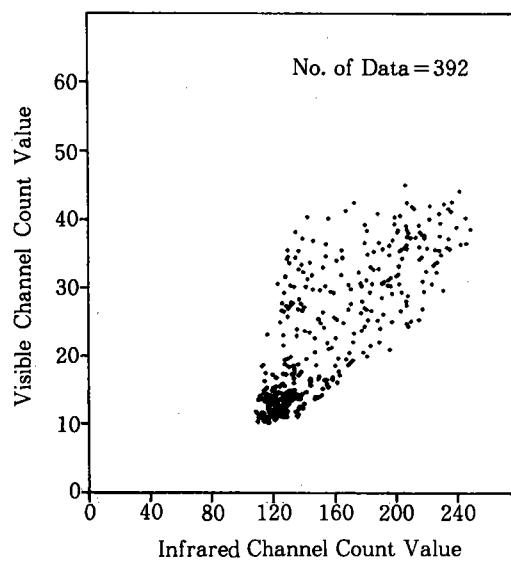
Table 3. Mean moisture profile in case of cloudy layers

Pressure (hpa)	No. of Collocation	R. H. (%)		Mixing Ratio( g /kg)	
		Mean	Std. Dev	Mean	Std. Dev
1000	168	93.8	2.5	12.2	1.6
850	186	94.3	2.7	11.3	1.1
700	89	93.8	2.6	9.6	0.9
500	67	91.7	2.4	6.9	0.7
400	34	88.9	2.5	5.3	0.5

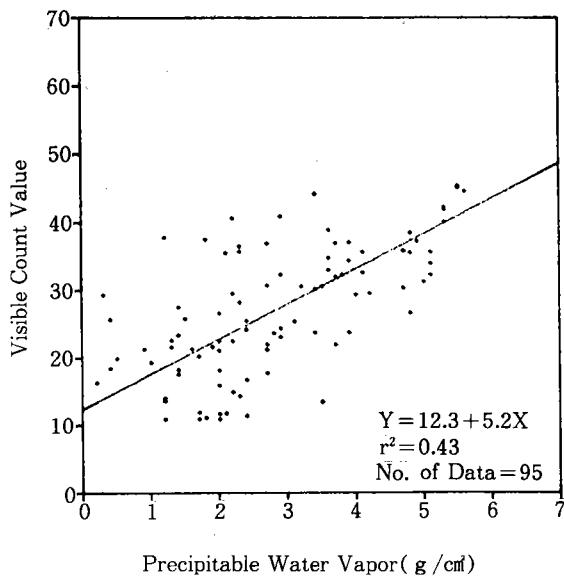
그림 4는 자료사용 기간 중의 GMS 적외채널과 가시채널의 Count value의 상관분포이다. 표 4는 METDAS 시스템의 GMS 적외채널 Count value를 섭씨온도로 환산한 것이다. 적외채널의 Count value가 높을수록 구름의 온도는 낮은 것을 알수 있다. 그럼 4는 운형별로 분류되지 않은 것, 즉 상층운만 있을 경우 중·하층운이 하나만 존재할 경우, 여러 구름이 중첩된 경우를 모두 포함하고 있어서, 상관관계식을 설명하기는 어렵다. 그러나 그림 3 및 4와 표 4를 종합해 보면, 운정온도가 낮을수록 구름의 두께가 두껍고 보다 많은 수분을 갖고 있으므로 강수확률이 크다고 볼 수 있다. 그림 4의 자료는 구름의 윗면을 관측한 값들이므로 count 가 아주 낮은 값들은 나타나 있지 않다.

그림 5는 GMS 가시채널의 Count value와 강수량의 대응관계를 보인 것이다. 이것을 1차 선형함수에 회귀시켜 보았으나  $r^2$ 가 0.45로 그리 적절하지 못한 것으로 나타났다. 그럼에서 보듯이 가시채널의 Brightness와 강수량 사이에 상관관계를 규정하기가 힘들다.

이러한 분포의 원인은 가시채널 자료를 보정 없이 사용한 것이 가장 큰 요인으로 보인다.



**Fig. 4.** The relationship between GMS visible channel data infrared channel data.



**Fig. 5.** Visible Count Value Precipitable Water Vapor (g /cm³)

**Table 4.** Conversion table of GMS IR band data to temperature in celsius degree

Contents of Conversion Table IR Band					11-Feb.-91 01:13 Page:1				
					Feature Set Name:91-02-10 22:30				
					Conversion Unit Name:Degrees Celsius				
Image Set Name:GMS Feature Name:IR Band Conversion Unit Type:C Creation Time:10-Feb.-91 23:30									
0000	76.29	0001	72.46	0002	69.31	0003	66.70	0004	64.56
0005	62.80	0006	61.34	0007	60.13	0008	59.12	0009	58.28
0010	57.56	0011	56.95	0012	56.41	0013	55.93	0014	55.49
0015	55.08	0016	54.70	0017	54.33	0018	53.98	0019	53.63
0020	53.28	0021	52.93	0022	52.59	0023	52.14	0024	51.89
0025	51.53	0026	51.18	0027	50.82	0028	50.46	0029	50.10
0030	49.74	0031	49.38	0032	49.01	0033	48.65	0034	48.28
0035	47.92	0036	47.55	0037	47.18	0038	46.81	0039	46.45
0040	46.08	0041	45.71	0042	45.34	0043	44.97	0044	44.60
0045	44.23	0046	43.86	0047	43.48	0048	43.11	0049	42.73
0050	42.35	0051	41.98	0052	41.59	0053	41.21	0054	40.83
0055	40.45	0056	40.06	0057	39.67	0058	39.28	0059	38.90
0060	38.50	0061	38.11	0062	37.72	0063	37.32	0064	36.93
0065	36.53	0066	36.13	0067	35.73	0068	35.33	0069	34.93
0070	34.53	0071	34.13	0072	33.73	0073	33.32	0074	32.92
0075	32.51	0076	32.10	0077	31.69	0078	31.28	0079	30.87
0080	30.46	0081	30.05	0082	29.64	0083	29.22	0084	28.80
0085	28.39	0086	27.96	0087	27.55	0088	27.12	0089	26.70
0090	26.27	0091	25.85	0092	25.42	0093	24.99	0094	24.56
0095	24.12	0096	23.69	0097	23.25	0098	22.81	0099	22.37
0100	21.93	0101	21.48	0102	21.04	0103	20.59	0104	20.14
0105	19.69	0106	19.24	0107	18.78	0108	18.33	0109	17.87
0110	17.41	0111	16.95	0112	16.49	0113	16.02	0114	15.56
0115	15.08	0116	14.62	0117	14.15	0118	13.68	0119	13.20
0120	12.73	0121	12.25	0122	11.77	0123	11.28	0124	10.80
0125	10.31	0126	9.83	0127	9.34	0128	8.55	0129	8.35
0130	7.86	0131	7.36	0132	6.86	0133	6.35	0134	5.85
0135	5.34	0136	4.83	0137	4.31	0138	3.80	0139	3.28
0140	2.76	0141	2.23	0142	1.71	0143	1.18	0144	0.64
0145	0.12	0146	-0.43	0147	-0.98	0148	-1.52	0149	-2.07
0150	-2.62	0151	-3.17	0152	-3.73	0153	-4.29	0154	-4.85
0155	--5.42	0156	-6.01	0157	-6.57	0158	-7.14	0159	-7.72
0160	-8.31	0161	-8.89	0162	-9.49	0163	-10.08	0164	-10.68
0165	-11.28	0166	-11.89	0167	-12.50	0168	-13.11	0169	-13.73
0170	-14.35	0171	-14.98	0172	-15.61	0173	-16.24	0174	-16.88
0175	-17.52	0176	-18.17	0177	--18.83	0178	-19.49	0179	-20.15
0180	-20.83	0181	-21.50	0182	-22.18	0183	-22.85	0184	-23.56
0185	-24.27	0186	-24.97	0187	-25.69	0188	-26.41	0189	-27.13
0190	-27.87	0191	-28.61	0192	-29.36	0193	-30.11	0194	-30.88
0195	-31.65	0196	-32.43	0197	-33.22	0198	-34.01	0199	-34.82
0200	-35.63	0201	-36.45	0202	-37.29	0203	-38.13	0204	-38.98
0205	-39.84	0206	-40.72	0207	-41.60	0208	-42.50	0209	-43.40
0210	-44.32	0211	-45.26	0212	-46.20	0213	-47.19	0214	-48.14
0215	-49.13	0216	-50.14	0217	-51.17	0218	-52.21	0219	-53.26
0220	-54.35	0221	-55.46	0222	-56.58	0223	-57.73	0224	-58.91
0225	-60.10	0226	-61.33	0227	-62.58	0228	-63.87	0229	-65.19
0230	-66.65	0231	-67.93	0232	-69.35	0233	-70.82	0234	-72.34
0235	-73.90	0236	-75.52	0237	-77.19	0238	-78.93	0239	-80.75
0240	-82.64	0241	-84.63	0242	-86.72	0243	-88.93	0244	-91.28
0245	-93.78	0246	-96.47	0247	-99.37	0248	-102.52	0249	-105.96
0250	-109.74	0251	-113.90	0252	-118.53	0253	-123.69	0254	--129.47
0255	-135.99								

그리고 구름을 운형별로 분류하여, 각각의 대응분포를 분석해 보면, 좀 더 나은 상관관계를 찾을 수 있을 것으로 보인다.

#### IV. 결 론

GMS 가시채널 자료에서 읽은 count value와 라디오존데 관측에서 계산한 구름의 두께 사이에는 지수함수 형태의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, Y를 구름의 두께, X를 가시채널 count value라 하고,  $Y = AX^B$ 에 회귀시켜  $A = 1.0$ ,  $B = 2.3$ 을 얻고, 회귀식의 결정계수는 0.62를 얻었다.

또, 구름의 두께와 강수량 간에는 지수적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 중·하층운의 구름으로 강수확률이 크다고 판단될 때 METDAS System의 Workstation에 GMS 가시채널 영상을 Load시킨 후 METDAS S/W Package의 Locate job으로, 가시채널 Count value를 읽어, 이것으로 구름의 두께와 강수량을 대략적으로 추정할 수 있을 것으로 생각된다. 구름의 두께와 상대습도보다는 구름의 두께와 강수량 사이에 더 좋은 상관관계가 나타났다. 구름의 두께는 그림 3 등의 결과를 이용해서 GMS 가시채널 자료로 대응시킬 수 있다.

그러나, 여기서 쓰인 GMS 가시채널의 자료는 보정을 거치지 않았기 때문에, 밝기 값의 정규화(Brightness normalization)라는 문제가 남아 있다. 또, 그림 4의 적외채널과 가시채널 상관관계분석이 운형별로, 즉 권운계, 적운계 등으로 구름을 분류하여, 이루어진다면 적외채널에서 구한 TBB(Brightness Temperature of Blackbody)나, 가시채널에서 구한 밝기 값(Brightness)들이 강수의 지표로 사용될 수 있을 것이고, 또 구름, 즉 수분의 3차원적 분포를 아는데 도움이 될 것으로 보인다.

#### 참고문헌

- Barret, E. C., 1981, *The Use of Satellite Data in Rainfall Monitoring*, Academic Press.
- Halle, J., 1988, Moisture profile estimates in cloudy layers utilizing Geostationary Satellite data, *Third Conference on Satellite Meteorology and Oceanograph*, pp. 76–78.
- Karveney, W. J., R. G. Feddes and K. N. Liou, 1977, Statistical inference of cloud thickness from NOAA 4 scanning radiometer data, *Mon. Wea. Rev.*, 105, 99–107.
- Park, S. U., D. N. Sikdar and V. E. Suomi, 1974, Correlation between cloud thickness and brightness using Nimbus 4 THIR data( $11.5\mu\text{m}$  channel) and ATS 3 digital data. *J. of Appl. Meteor.*, 13, 402–410.