

위성 TBB 자료의 운정온도 분석을 이용한 태풍 최대 풍속 지점의 객관적 결정*

하경자¹ · 오병철²

Objective Estimation of the Maximum Wind Position in Typhoon using the Cloud Top Temperature Analysis of the Satellite TBB Data*

Kyung-Ja Ha¹ · Byung-Cheol Oh²

요 약

폭풍 해일의 예측을 위한 초기 자료로서의 정보를 공급하기 위하여 태풍 중심과 최대 풍속 지점의 분석 기술이 기압장과 바람장의 초기화 과정내에서 개발되었다. 이 연구는 태풍 파라메타의 준자동화와 준객관 분석을 목적으로 하였으며 GMS 적외선과 NOAA의 채널 4와 5의 적외 자료를 이용하여 실시간 자료를 사용하는 분석 과정과 이로부터 몇 사례에 적용하여 얻은 결과를 보이고 있다. 이 방법은 태풍의 최근접 눈벽 근처에서 대류운의 운정 고도를 분석하여 태풍 파라메타를 결정하는 간단한 방법이다. 태풍눈을 중심으로 등방성으로 원대칭하게 단면도를 구성하여 최대 운정 고도가 나타나는 지점을 최대 풍속 지점으로 결정하는 방법으로, 최대 상승 지역인 눈벽 지점이 최대 지상 풍속 지점으로 간주되었다. 태풍 중심의 추정 결과는 종관 분석에 의한 경로와 잘 일치하였으며, 최대 풍속 지점은 눈에서부터 50에서 200km내에 나타났다. GMS와 NOAA의 적외 자료를 이용한 분석 결과를 비교하면, NOAA 자료에서 얻은 최대 풍속 반경이 GMS의 그것보다 더 큰 값을 보였다.

주요어: 태풍 최대풍속지점, 운정온도, GMS IR 자료, NOAA IR 자료

ABSTRACT

In order to provide an information as input data of possible storm surges in advance, the typhoon center and maximum wind position analysis scheme must be developed for the initialization of pressure and wind field. This study proposes a semi-automatical and objective analysis method and a procedure on a real time basis using the satellite TBB data of the GMS IR1, NOAA satellite CH4 and CH5, and shows the result of an experimental analysis. It includes a simple method of determining the parameters of the typhoon using minimum top temperature of the convective cloud near the inner eyewall.

1998년 8월 12일 접수 Received on August 12, 1998

¹ 부산대학교 대기과학과 Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University (kjha@hyowon.pusan.ac.kr)

² 한국해양연구소 연안항만공학센터 Korea Ocean Research & Development Institute

* 이 연구는 1997년도 한국해양연구소의 원격해양탐사기술 사업인 "기상뜰개 및 기상위성자료를 이용한 태풍분석 기술 개발" 연구의 지원으로 수행되었음.

The method analyzing the isotropic cross sectional variation of TBB gradient from center to environment was developed to determine the center of Rmax of typhoon. This position of intense eyewall from typhoon center can be considered as the position of maximum wind. The results of estimation of typhoon center show very good agreement to the results of synoptic analysis. It is found that the Rmax is approximately 50-200km. From the comparison of the GMS and NOAA IR TBB data, it is found that the Rmax from NOAA data tends to be longer than those from GMS data.

KEYWORDS : *Maximum wind position in typhoon, cloud-top temperature, GMS IR, NOAA IR*

서론

태풍이 내습하기 쉬운 계절에는 광범위한 해역에 걸쳐 실시간 연속 감시가 필수적이고 이런 이유로 기상위성 자료는 매우 유용하게 활용된다. 더욱 중관 관측망의 탐지가 어려운 해상 지역에서는 위성에 의한 태풍 관측의 역할은 더욱 크다고 볼 수 있다.

위성에 의한 태풍 관측은 공간적으로 균일한 자료를 제시하고, 시간적으로도 연속적인 자료를 제공하여 태풍내 구름의 모습, 태풍의 중심 위치 및 강도 등을 추정할 수 있게 해준다. 위성 자료를 태풍의 진로 예보나 태풍에 의한 해상풍 등의 예보에 이용하기 위해서는 실시간 분석이 필요하며, 이러한 분석은 객관적으로 자동화되는 것이 필요하다. 특히 태풍의 눈이 발달되어 있지 않은 경우의 분석이나 태풍의 세밀한 열적 구조 및 역학장들을 분석할 때는 자동 객관 분석이 더욱 중요하다. 또한 태풍이 존재할 때 해상의 파고나 폭풍해일 등의 예보 모형에서는 태풍에 의해 형성되는 대기의 기압장과 바람장을 정확히 표현해야 하는데, 그러기 위해서는 위성으로 태풍의 중심위치와 최대 풍속을 관측하는 것은 매우 효과적이다.

태풍 중심을 구하기 위해 사용되는 위성 자료는 가시광과 적외광 채널의 관측 사진으로부터 구름의 형태를 구분하는 드보라크 방법(Dvorak, 1984)이 주로 사용되는데, 이 방법은 태풍에 동반되는 구름패턴과 중관분석된 일기도를 함께

이용하는 방법으로 예보자의 주관적 판단에 좌우될 수 있다. 눈이 확실하게 발달하지 않을 때는 만족되는 태풍 눈벽(eye wall)의 모습으로 중심을 구분하기 때문에 영상을 이용하여 분석한다(기상연구소, 1994; 서애숙 등, 1992). 그리고 태풍 최대 풍속 거리는 눈이 결정되면 눈에서부터 가장 내접 구름벽을 최대 풍속 지점으로 구하는 경우가 많으며, Konishi(1995)의 방법처럼 구름패턴의 넓이, 700hPa 상층 중관일기도 등의 여러 파라메타의 통계적 상관성으로부터 결정할 수도 있다. 그러나 위성 자료를 사용하는 기존의 연구결과나 현업에 사용하는 방법들은 영상을 처리하여 분석하며, 중관일기도와 통계적 기법을 이용하기 때문에 분석시간이 길며, 통계적 분석인 경우는 태풍 자체의 구조를 감안하기가 어렵다.

태풍시의 해상 파고 모형과 폭풍 해일 모형의 초기 자료 확보를 위하여, 본 연구에서는 태풍 내습시에 GMS와 NOAA의 TBB(temperature of black body) 자료를 이용하여 태풍 파라메타를 객관적으로 추정하고 이를 자동화하는 연구를 수행하고, 그 유용성을 토의하고자 한다.

자료 및 방법

1. 위성 자료

이 연구에 사용된 위성 자료는 정지 기상 위성 GMS와 극궤도 위성 NOAA 위성 자료로서, 동아시아 해역에서 균질한 격자 간격으로 조밀 시간대로 연속적 분석이 가능한 IR 복사

과장 영역대의 TBB를 이용하였다. NOAA 위성 자료 CH4와 CH5이며, CH4는 10.3-11.3 μm 의 과장대로, 이 영역은 주,야간의 해수온도 및 구름의 온도 탐지에 이미 널리 사용되고 있다. CH5도 원적외 과장대로 11.5-12.4 μm 의 영역으로 CH4 비해 수증기에 의한 감소 효과가 있어 주로 적도 지방의 해수온을 결정하는데 이용된다. 표 1은 이 연구에 사용된 3가지 위성 자료의 특성을 나타낸 것이다.

TBB 분포로부터 태풍의 눈과 최대 풍속 거리를 태풍의 운정 온도로 추정하는 경우에 오차가 생길 수 있다. 왜냐하면 TBB 분포는 위성이 구름 또는 지표면에서부터 받은 복사를 그대로 지표면에 투영하기 때문에 고층운을 나타내는 저운역의 위치는 지구상의 바른 위치에 나타나지 않기 때문이다. 대개 발달된 태풍의 경우에 대해 적도를 벗어난 위도 10km 이내의 오차를 가진다.

이 연구에서는 이러한 고층운에 의한 TBB의 낮은 운역 효과를 제거시키기 위해 태풍 눈 주위로 광범위하게 지속적으로 적운의 순환 밴드를 나타내는 경우에, 이 구름 밴드를 수렴 기류에 의해 생기는 대류운으로 보았으며 태풍의 이동속도가 빨라져 하층과 상층의 순환 중심이 일치하지 않는 경우에는 적용이 어려워 눈이 확연하게 나타나는 최성기에 대한 분석을 주로 하였으며, GMS IR 자료외에는 NOAA의 CH4 와 CH5 자료를 서로 비교하였다.

2. 연구방법

태풍내 구름의 특성을 살펴보면, 태풍이 성숙기에 접어들었을 때는 눈이 뚜렷이 발달하여 중심을 찾는 것이 용이하며, 발달기에 있는 경우에는 일반적으로 원형의 운역이 중심 부근에 발달하여 위성 영상으로부터 중심을 찾는 것은 용이한 작업은 아니다. 그러나 구름패턴내의 위성 TBB 값은 눈 주위로 구배를 가지면서 눈을 정점으로 표현하게된다(Hashimoto, 1982; Hagiwara, 1984).

태풍이 발달하여 수렴하는 기류중에 내부로 유입되는 공기가 일정 지점에 도달했을 때 갑자기 반경 속도(radial velocity)가 느려지고 중심을 향한 강한 수렴 기류는 모두 접선 속도(tangential velocity)로 전환되어, 눈 주위에서부터 상층으로 향하는 강한 대류 지역을 발생시키는데 눈에서부터 이 지점까지의 거리를 최대 풍속 반경(R_{max})이라 정의할 수 있다(Houze, 1993).

이 연구에서는 태풍 최대 풍속 반경을 결정하기 위해 눈 주위에서 발생하는 가장 강한 대류운의 존재가 곧 최대 강수 지역이며 최대 풍속이 발생하는 지역으로 보고 다음의 특징을 이용하였다. 즉,

- ① 태풍의 구름 분포를 이용
- ② eyewall 강수의 최대점이 최대 대류 지역과 일치
- ③ 최대 상승 지역은 최대 접선 속도와 일치

TABLE 1. Characteristics of satellite data used in the study

	GMS IR1	NOAA CH4	NOAA CH5
Measurement and TYPE	Digital VISSR	AVHRR in HRPT format	AVHRR in HRPT format
Wavelength Band	10.5-11.5 μm	10.3-11.3 μm	11.5-12.4 μm
Region	GMS P-S Region (35N, 127E)	16N, 110E - 51N, 161E	16N,110E - 51N,161E
Resolution(pixel*line)	1024*1024	1024*1024	1024*1024

여기서 ②, ③의 특성으로부터 최대 풍속이 나타나는 지점(R_{max})은 구름 상단 온도가 최소인 지점이며, R_{max} 내부에서의 풍속은 감소하여 눈이 형성된다. 이 방법은 바로 태풍 내부의 구름 분포와 역학적 구조를 고려한 태풍 구름의 상단을 추정하는 기술이며, 이를 객관화시키기 위해 그림 1과 같이 자동화하였다. 이 연구에서는 직하점 부근에서 격자간 평균거리가 5.31km의 분해능을 가지는 GMS TBB를 태풍의 온도 구조로 이용하였으며, 태풍의 눈이 뚜렷이 구분되는 경우와 그렇지 못한 경우로 나뉘어져 분석되었다. 눈이 있는 경우는 눈의 최내접 원형 구름의 중심점을 우선 선정하여 이 점을 중심으로 360도 방사상 방향으로

TBB의 온도 기울기를 구하여 가장 높은 지점을 찾는다. 이러한 태풍 중심 및 최대 풍속 위치의 결정에 있어서 중요한 단계와 계산 과정을 그림 1에 보였다. 이 흐름도에서 알 수 있듯이, 눈이 있는 경우는 눈의 최내접 TBB 최저 원형 구름대의 원점을 중심으로 취하고, 눈이 없는 경우는 최저 TBB의 위치를 확인하고 최저점을 포함하는 만곡된 구름대의 공통 중심점을 중심으로 하여, 360도 방향으로 방사상으로 TBB의 기울기를 분석하여 온도 기울기가 대칭을 이루는 꼭지점의 위치를 확인하고, 중심점과 꼭지점의 위치를 비교하여 일치할 때까지 방사상 분석을 반복하여 얻는다.

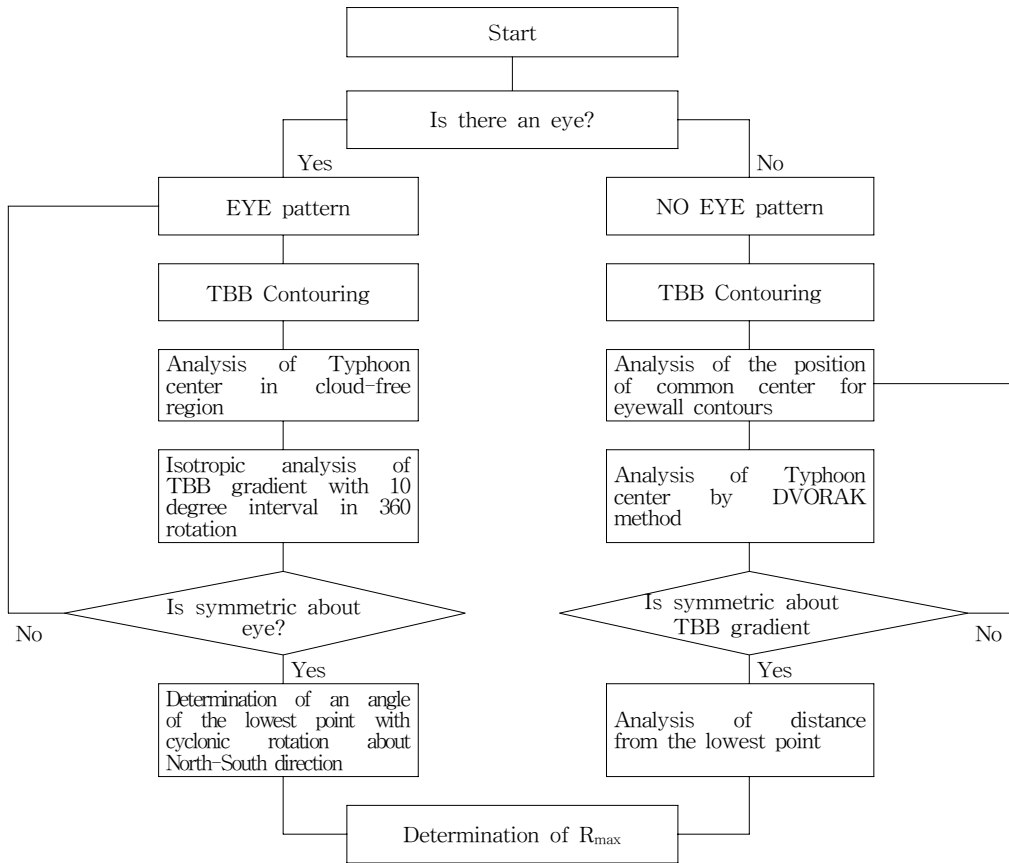


FIGURE 1. Flow chart for determination of the position of maximum wind in Typhoon

TY9612 KIRK의 사례 분석

눈이 나타나는 경우 분석이 용이하므로 가장 성숙된 시기의 태풍인 TY9612 KIRK를 사례로 선정하였으며, 그림 1의 방법에 따라 태풍 파라메타를 산출하였다. 태풍 KIRK는 10월에 발달한 태풍으로 26N을 지나면서 북동진하여 일본열도로 향하는 10월에 전형적인 경로를 거친 경우이다.

이 최대 풍속 거리는 태풍의 눈의 가장 최내접 구름 밴드이며, 눈 주위의 cirrus 와는 확연히 구분되는 상당히 넓은 지역에 걸친 만곡 밴드이다. 그리고 눈에서 이 점까지는 TBB

의 수평 구배가 강하여 최대 풍속 거리 선정에 필요한 조건을 쉽게 찾을 수 있었다.

이와 같이 눈의 결정은 정확한 최대 풍속 위치의 결정에 있어 매우 중요하며, 눈이 결정되면, 태풍내의 구름 상단의 운정 온도를 TBB 분포의 분석으로부터 찾고, 이로부터 태풍의 눈과 최대 풍속 거리를 결정하게 된다.

KIRK에 대한 눈의 분석 결과는 그림 2에서 요약되었다. 눈의 분석에 따른 태풍의 진로를 보였으며, 실선의 종관장 분석의 이동경로와 그림 1의 계산 과정에 의해 TBB 영상 분석에 의해 시행된 경우의 중심점은 잘 일치하고 있다.

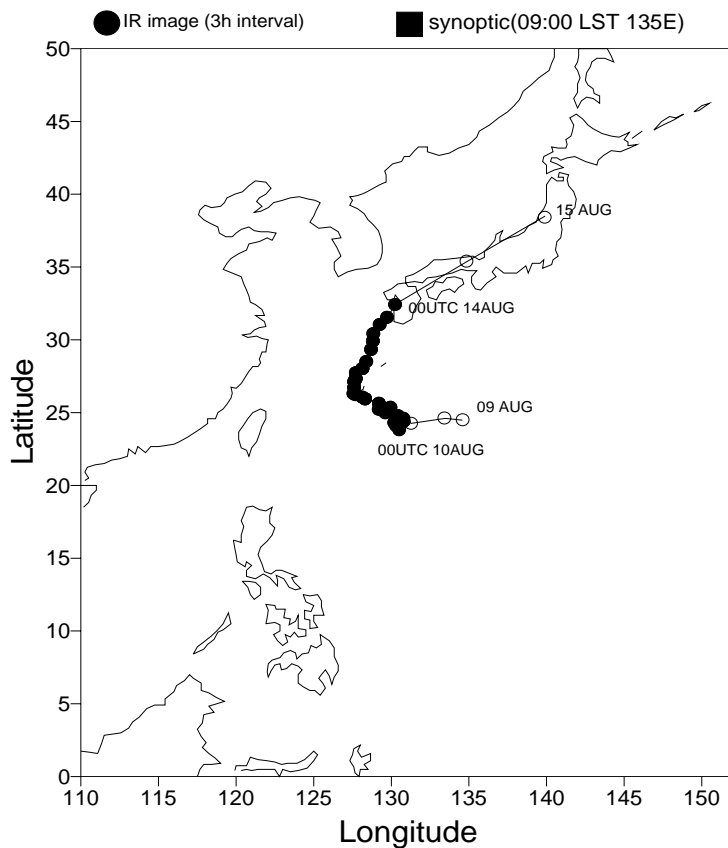


FIGURE 2. The path of Ty9612 KIRK. The thin line indicates the path obtained from synoptic analysis. The line with circle indicates the path from the present study.

TY9612(KIRK) : 06UTC13AUG 1996
 ---GMS IR

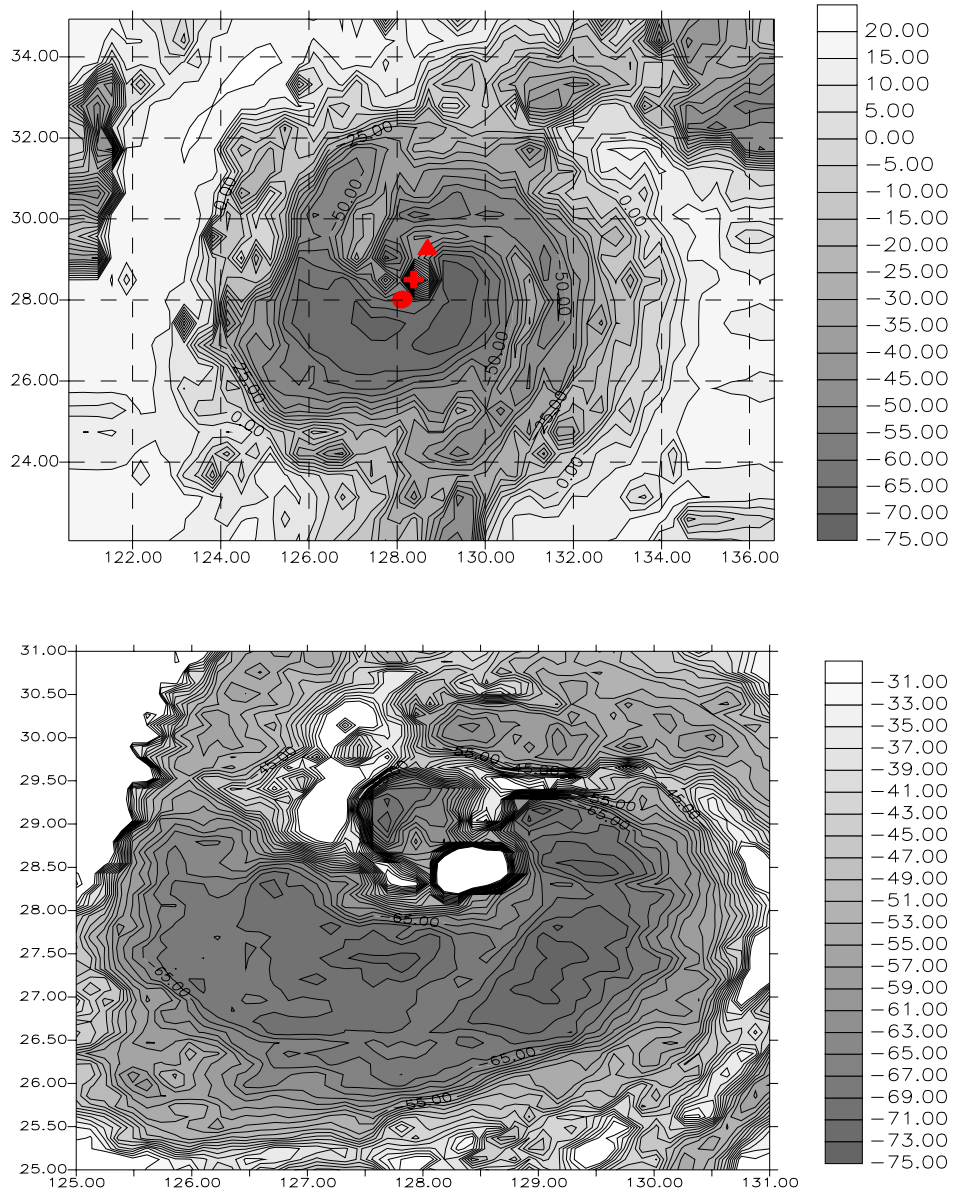


FIGURE 3. The GMS TBB field of typhoon KIRK(9612). The lower panel is an expanded field. The symbol +, ○, and △ denote the eye position, the eye before 3 hours, and the eye after 3 hours, respectively.

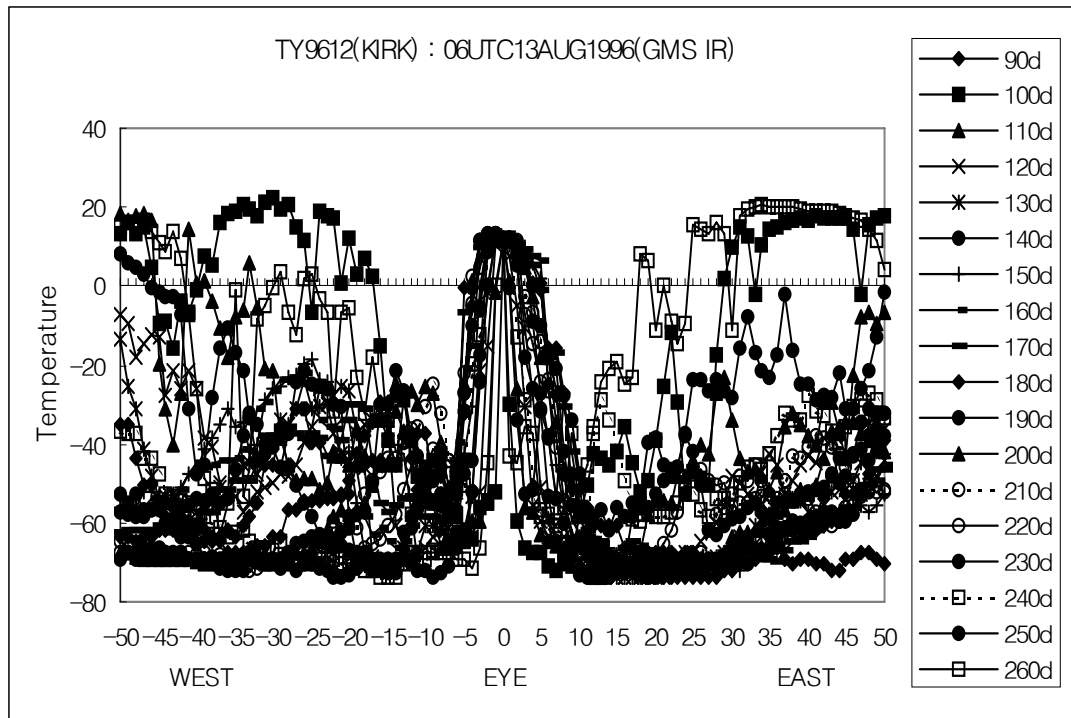


FIGURE 4. The GMS TBB on isotropic cross section centered at eye of typhoon KIRK(9612)

그림 3과 4에서 KIRK에 대한 수평 분포와 단면도를 보인 것이다. 태풍 9612 KIRK는 수평 분포를 보아 눈에 대해 대칭적으로 일정한 거리에 최소값이 나타나 최대 운정 고도의 분포에 대해 R_{max} 를 얻을 수 있다. 단면도 분석을 통해 정동쪽으로 180d에서 결정되어 106 km을 얻었다.

태풍의 눈과 최대 풍속거리를 결정하기 위해 최대 풍속이 나타나는 eyewall에서 최대의 강수가 있다고 간주하고 최대 운정 고도를 가지는 지점으로 최대 풍속 반경을 결정하였다. 표 2와 그림 5에서 태풍의 일생 동안 3시간 간격으로 얻은 눈의 위치와 최대 풍속의 위치를 나타내었다. 그림 5에서 흰색의 기호는 눈의 위치를 검은색의 기호는 각각 3h 간격의 최대 풍속 거리이며, 같은 기호들은 같은 시간대를 나타낸다. 사례의 경우 R_{max} 의 반경 거리는 그 크기 뿐만 아니라 진로 방향에 있어

다르게 나타났다.

이 그림에서 알 수 있듯이 TY 9612 KIRK에 대해 이 풍속 반경이 중심점의 위치와 함께 표시하였을 때, 발달기 이전이나 쇠퇴기 부근에서는 최대 풍속 지점이 눈에 대해 진행 방향의 오른쪽에 나타나는 경우와 왼쪽에 나타나는 경우가 있었다. 그러나 발달기와 성숙기의 사례의 KIRK(9612)는 진행방향에 대해 최대 풍속 지역이 오른쪽으로 나타나 위험 반경역에 뚜렷하게 나타났다. 이는 태풍의 발달시 위험 반경은 태풍의 진행 속도와 태풍의 수렴하는 기류 속도의 합으로 주어지는 지역이 되어, 태풍의 진행 방향 오른쪽에 최대 속도 구역이 주어지며, 진행방향으로 나타나는 강한 대류운은 대류운의 발달에 따라 잠열 방출을 유도하기 때문에 선호하는 방향성을 알려주고 있는 것이다.

TY9612(KIRK) - GMS IR

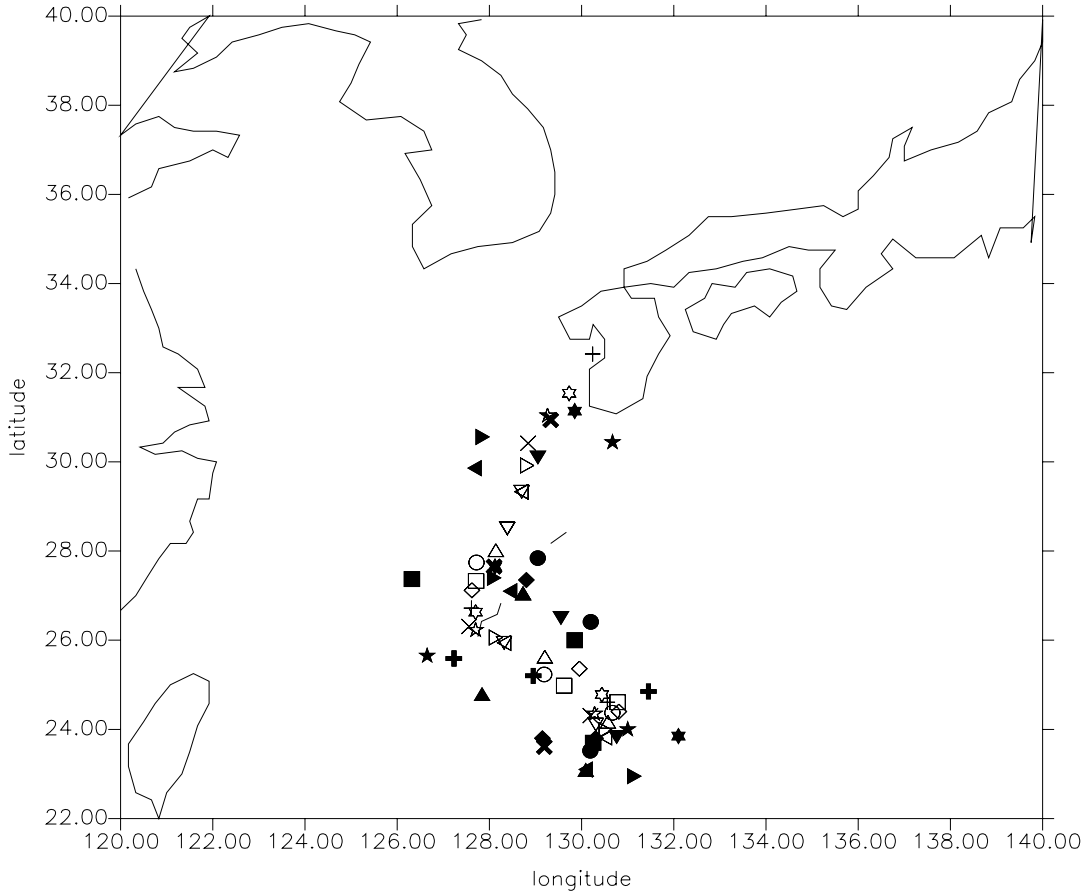


FIGURE 5. The track and the Rmax position of TY9612 KIRK estimated from TBB analysis using GMS IR1. The blank and black symbols indicate the eye position and the corresponding Rmax position, respectively. (The all symbol points consist of the 3-hour time interval.)

그림 6과 그림 7은 TY 9612 KIRK의 그림 5와 같은 태풍의 분석이나 NOAA CH4 와 CH5 의 자료로부터 얻은 경우이다. 이 세 그림을 비교해 보면 대체로 눈에 대해 진행 방향으로나 서쪽으로 나타나는 경우는 태풍이 발달기에 있을 경우이며, 발달하면서 태풍 진행 방향의 오른쪽으로 최대 풍속 방향이 나타나고 있었다. 그러나 중심에서부터 반경이 다소 크

게 나오는 것이 특징으로 나타나 TBB분석에서 얻은 값들의 보정이 필요한 것으로 본다.

이 연구에서 구한 최대 풍속 거리는 태풍이 해상에 있을 때이며, 이 때 직접 측정된 풍속의 분포가 없어 검증이 어렵다. 그러므로 이 연구에서는 Rmax의 특성을, 종관장을 이용하여 구한 값과 비교하여 검증하고자 하였다.

TABLE 2. The position of typhoon center and the radius of maximum wind estimation from satellite data of GMS IR1.

event	satellite	GMS IR1	
		eye(E,N)	Rmax(km)
00Z 10 AUG 96		(130.56,24.61)	98
03Z 10 AUG 96		(130.81,24.40)	118
06Z 10 AUG 96		(130.78,24.60)	124
09Z 10 AUG 96		(130.67,24.37)	93
12Z 10 AUG 96		(130.57,24.17)	113
15Z 10 AUG 96		(130.31,24.11)	116
18Z 10 AUG 96		(130.51,23.82)	74
21Z 10 AUG 96		(130.52,23.98)	149
00Z 11 AUG 96		(130.19,24.31)	115
03Z 11 AUG 96		(130.28,24.35)	90
06Z 11 AUG 96		(130.44,24.78)	206
09Z 11 AUG 96		(129.95,25.36)	113
12Z 11 AUG 96		(139.62,24.98)	155
15Z 11 AUG 96		(129.19,25.23)	134
18Z 11 AUG 96		(129.20,25.63)	173
21Z 11 AUG 96		(128.23,25.90)	171
00Z 12 AUG 96		(128.32,25.94)	144
03Z 12 AUG 96		(128.14,26.06)	134
06Z 12 AUG 96		(127.56,26.31)	124
09Z 12 AUG 96		(127.70,26.23)	184
12Z 12 AUG 96		(127.70,26.63)	165
15Z 12 AUG 96		(127.61,26.72)	132
18Z 12 AUG 96		(127.62,27.12)	164
21Z 12 AUG 96		(127.71,27.33)	124
00Z 13 AUG 96		(127.72,27.74)	161
03Z 13 AUG 96		(128.14,28.02)	90
06Z 13 AUG 96		(128.39,28.51)	106
09Z 13 AUG 96		(128.70,29.33)	92
12Z 13 AUG 96		(128.82,29.92)	122
15Z 13 AUG 96		(128.84,30.42)	92
18Z 13 AUG 96		(129.26,31.04)	214
21Z 13 AUG 96		(129.73,31.54)	173
00Z 14 AUG 96		(130.24,32.42)	122

TABLE 3. The position of typhoon center and the radius of maximum wind estimation from satellite data of NOAA Ch4 and Ch5.

event	satellite	NOAA Ch4		NOAA Ch5	
		eye(E,N)	Rmax(km)	eye(E,N)	Rmax(km)
1479UTC	10 AUG 96	(130.97,20.85)	101	(131.30,20.98)	82
2246UTC	10 AUG 96	(130.62,21.18)	132	(130.88,20.78)	80
1005UTC	11 AUG 96	(129.71,22.49)	200		
1738UTC	11 AUG 96	(129.32,22.43)	178	(130.48,22.11)	194
2224UTC	11 AUG 96	(128.75,22.80)	163	(130.10,22.75)	175
0503UTC	12 AUG 96	(127.83,23.33)	112	(128.50,22.81)	149
0943UTC	12 AUG 96	(128.01,23.60)	115	(128.00,23.44)	176
2202UTC	12 AUG 96	(127.76,24.63)	130		
0452UTC	13 AUG 96	(128.49,25.57)	163	(127.72,24.55)	147
0922UTC	13 AUG 96	(128.70,26.70)	82	(128.49,25.57)	82
1716UTC	13 AUG 96			(128.85,26.52)	85

지상 일기도에서 중심 기압과 기압장의 구조로부터 태풍의 최대 풍속 거리를 결정할 수 있다. 이 경우에는 간단한 태풍 모형을 이용하여 계산할 수 있다. 태풍의 내부는 대개 950hpa 에서 990hPa 의 중심 기압을 가진다. 태풍의 강도에 대한 하나의 측정치는 눈과 주위 종관장(대개 $P_{\infty}=1013\text{hPa}$) 사이의 기압 차이인 ΔP_{max} 이다.

$$\Delta P_{\text{max}} = P_{\infty} - P_{\text{eye}} \quad (1)$$

태풍 내부의 기압장 분포는 다음의 태풍 모형으로 근사적으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{\text{max}}} = \begin{cases} \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{R}{R_0}\right)^4 & \text{for } R \leq R_0 \\ \left[1 - \frac{4}{5} \cdot \frac{R_0}{R}\right] & \text{for } R > R_0 \end{cases} \quad (2)$$

즉, $R=R_0$ 인 지점은 ΔP 가 ΔP_{max} 에 대해 1/5 되는 지점이며, 이 반경으로부터 눈까지의

내부는 $(R/R_0)^4$ 에 비례하고, 바깥으로는 $(1 - 4R / 5R_0)$ 에 비례하는 기압비 ($\Delta P / \Delta P_{\text{max}}$) 를 가지는 것으로 가정하였다.

태풍의 사례는 우리나라에 영향을 준 태풍으로 TY9612이며, GMS TBB 분석에서 얻은 ($R_{\text{max}} - \text{TBB}$) 와 종관일기도에서 위의 관계식에서와 같이 구한 ($R_{\text{max}} - \text{synop}$)을 서로 비교해 보았다.

지상 일기도에서는 태풍의 중심 기압과 태풍의 기압 패턴으로 태풍내의 최대 풍속 거리와 위치를 나타내는데, 이 일기도에서 $R=R_0$ 에서 $\Delta P / \Delta P_{\text{max}} = 1/5$ 이 되는 지점을 찾았을 때, 그 비를 구하여 보면 0.3-0.5 정도로서, 종관 일기도에서 구한 결과보다 TBB분석의 결과가 더 긴 반경 거리를 보였다. 이와 같은 결과는 Hsu(1998)가 구한 NOAA CH4 및 CH5의 자료와 종관일기도 비교에서 얻은 0.55의 비보다 작게 나타났다. 이와 같은 결과로 볼 때, 위성 자료로부터 얻은 R_{max} 는 어느 정도의 보정이 필요한 것으로 본다.

속 거리가 눈으로부터 최내접 eye wall지역에

TY9612(KIRK)–NOAA CH5

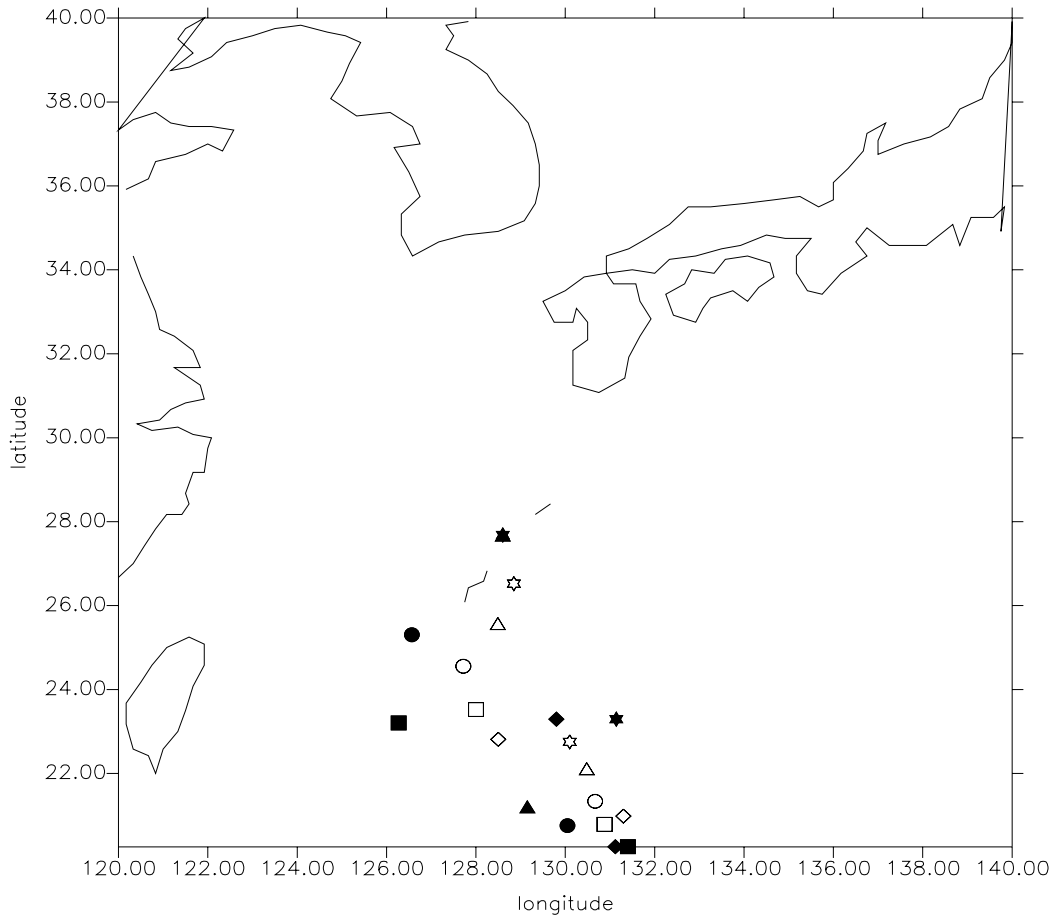


FIGURE 6. The track and the Rmax position using NOAA Ch4 data of TY 9612 KIRK

요 약

TBB 분포가 나타내는 것은 태풍 구름 시스템의 패턴이라는 가정하에 만족된 구름역이 TBB의 온도 분포로 결정되고, 한랭역의 중심을 연결한 선으로 표현되며 그 중심의 상대적인 고온역이 태풍의 중심으로 결정되었다.

즉, 이 분석에 사용된 알고리즘은 최대 풍

최대 접선 속도가 최대 상승 기류로 전환되는 지점이며, 또한 최대 강수가 형성되는 지역과 관련되어 있는 것으로 보고 이를 위성의 IR 영상의 TBB로부터 실시간 객관적으로 분석해 내는 것이다.

주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 태풍의 눈의 분석에서는 3시간 간격의 위

성 자료로부터 정확하게 위치를 결정할 수 있었으며, 종관장 분석과 비교하여 불

부 쪽에서 최대 온도 고도가 나타나는 것을 알 수 있었다.

TY0612(KIRK)–NOAA CH4

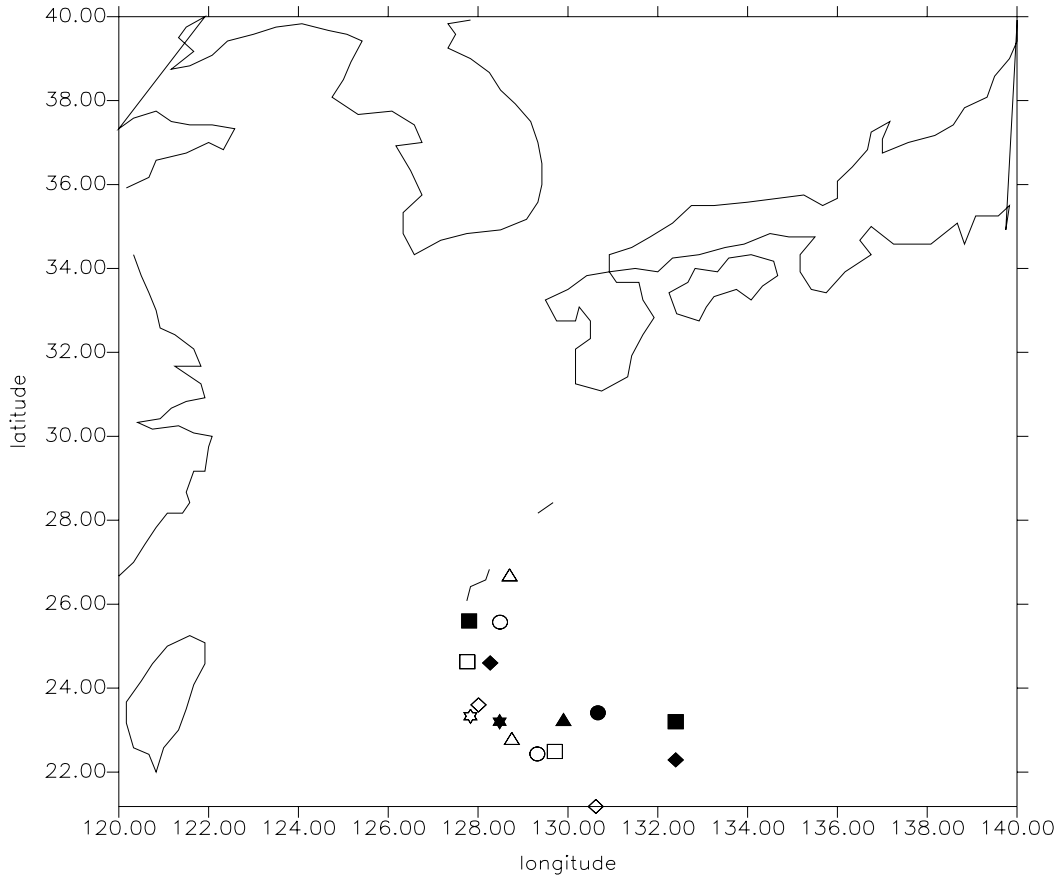


FIGURE 7. The track and the Rmax position using NOAA Ch5 data of TY 9612 KIRK

때 서로 일치하여 나타났으며 조밀 시간대의 진로를 알 수 있게 하였다.

- (2) 태풍 최대 풍속 거리는 태풍이 발달된 최성기에는 진행 방향의 오른쪽으로 눈에서부터 50km에서 150km 이내로 나타나나 성숙기의 전이나 후에 즉, 열대성 저기압이나 온대성 저기압의 phase 에서는 진행 방향의 오른쪽 보다는 진행 방향의 전면

- (3) GMS IR 밴드외에 NOAA 위성의 CH4 와 CH5의 IR 밴드의 자료로부터 구한 경우에 Rmax는 비교적 잘 일치하여 나타나나, 종관장의 분석으로 구한 Rmax 보다는 위성 분석에 의한 Rmax가 더 크게 나왔다.

이 연구에서 얻어진 태풍 중심과 태풍 최대 풍속의 결정 방법은 실시간 자동화되어 이

용 가능하여서 수치 모형의 초기 자료로 제공될 수 있을 것으로 본다. **KAGIS**

참고문헌

- 기상연구소. 1994. 기상위성 영상에서 태풍 중심 결정 방법. MR94R-003. 157쪽.
- 서애숙, 김금란, 이충기, 이미선. 1992. 기상위성 영상에서의 태풍 중심위치 결정방법. 한국 기상학회지 28(3): 333-346.
- Dvorak, V.F. 1984. Tropical cyclone intensity analysis using satellite data. NOAA Technical Report NESDIS 11. 47 pp.
- Hagiwara, T. 1984. Accuracy of typhoon center determined by GMS imagery. MSC Technical Note 10: 15-18.
- Hashimoto, S. 1982. Determination of typhoon center using equivalent black body temperature distribution pattern. MSC Technical Note 6: 11-21.
- Houze, R.A. 1993. Cloud physics. Ch.10. Clouds in Hurricanes. Academic Press. pp.406-439.
- Hsu, S.A. 1998. Personal Communicaton. sahsu@unix1.sncc.lsu.edu.
- Konishi, T. 1995. An experimental storm surge prediction for the western part of the Inland Sea with application to Typhoon 9119. Paper in Meteorology and Geophysics 46(1): 9-17. **KAGIS**