

GMS-4 TBB 자료를 이용한 태풍의 중심 및 장도 분석

김용상, 서애숙, 신도식*, 김동호*

기상연구소 원격탐사연구실, 기상청 예보국 관측관실*

Tropical Cyclone Center and Intensity Analysis from GMS-4 T_{BB} data

Yong-Sang Kim, Ae-Sook Suh, Do-Shick Shin*, and Dong-Ho Kim*

Remote Sensing Research Laboratory, METRI, Forecast Bureau, KMA*

Abstract

A forecast technique using GMS-4(Geostationary Meteorological Satellite) infrared images and its T_{BB} (Brightness Temperature) data to determine the tropical cyclone center and to analyze the tropical cyclone intensity has been developed.

First, the determination of typhoon center using T_{BB} distribution pattern is practiced by understanding a special feature of central cloud pattern and cloud band which is analyzed with the method of pseudo coloring. Then, to forecast the intensity of tropical cyclone, a relationship between the central pressure (or maximum wind speed) of tropical cyclone and T_{BB} measured by GMS near the tropical cyclone center was investigated. The results showed a correlation with a high lag relationship between central pressures and T_{BB}. The mean T_{BB} in the ring of 200~300km apart from the tropical cyclone center showed the best correlation to central pressure of the tropical cyclone after 24hour.

From this relationship, a regression equation to forecast the central pressure (or maximum wind speed) was derived.

keywords : GMS, T_{BB}, tropical cyclone, center, intensity, correlation, regression equation

요 약

GMS 적외영상 자료와 적외 파장의 휘도온도(T_{BB})자료를 이용하여 태풍의 중심 위치와 강도를 예측하는 기법을 개발하였다.

먼저 T_{BB} 의 각 온도대 별로 색을 주어 분석한 구름 패턴과 구름 밴드의 특이한 형태를 이해함으로써 태풍의 중심 위치를 결정하였다. 다음으로 태풍의 강도를 예측하기 위하여 태풍 중심 주위의 T_{BB} 값과 태풍 중심기압(혹은 최대풍속)과의 상관관계를 구하여 보았다. 그 결과 두 변수 사이에는 일정한 시간차(24시간)를 수반하는 상관관계가 있음을 알았다. 특히 태풍 중심으로부터 300 km 이내 영역의 T_{BB} 의 평균값이 24시간 후의 태풍 중심기압(혹은 최대풍속)과 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌다.

이러한 관계로부터 태풍 중심기압(혹은 최대풍속)을 예측할 수 있는 회귀식을 산출하였다.

I. 서 론

태풍의 발달과 유지에 필요한 에너지의 대부분은 태풍 영역내에서 일어나는 적운 대류에 의해 방출되는 잠열이라고 알려져 있다. 기상위성 구름 영상에서 태풍의 중심 부근은 발달한 적운이나 적란운의 구름대로 둘러싸여 밝은 색으로 나타나는데, 이것으로 위의 사실을 설명할 수 있다.

기상위성 GMS(Geostationary Meteorological Satellite)에서 관측되는 적외 파장대의 level 자료는 T_{BB} (Brightness Temperature) 변환표에 의해 256단계의 휘도온도(T_{BB})로 계산된다. T_{BB} 는 태풍 중심 주위 구름의 운정온도를 나타내게 되며 이는 곧 태풍의 발달, 유지에 필요한 에너지의 동향을 나타내는 적운대류의 활동상황으로 볼 수 있다. 태풍 중심부로 유입되는 공기의 대류활동이 어떤 과정에 의해 태풍의 생성, 발달, 성숙, 쇠약에 영향을 미치는가에 대한 설명은 많은 사람들에 의해 연구가 되어 왔으며 그중 Gray(1981)의 개념적 설명은 다음과 같다.

태풍 중심 주위의 대류활동으로 잠열이 방출되고 이로인해 중심부근의 온도가 상승하며 기압은 하강하게 된다. 그 결과 태풍 중심 주변부와의 기압경도가 증가하게 되고 풍속은 증대된다. 풍속의 증대는 대기경계층에 있어서 마찰 효과에 의해 태풍 중심부로의 공기 유입을 증대시키게 되고 태풍 중심부에서는 대류활동이 더 활발하게 되며 기압의 하강을 촉진시키게 된다. 태풍은 이러한 과정을 반복하면서 발달해 간다.

위의 설명에서 태풍 중심 부근의 대류활동과 그 결과로써 나타나는 중심기압과 최대풍속의 변화 사이에는 일정시간의 시간차를 가지는 상관관계가 있음을 예상할 수 있다. 이를 뒷받침하는 많은 연구가 진행되어 왔으며 그 예로써 Rosenthal(1978)은 태풍의 경우 상승기류와 중심기압과의 관계에서 “900hPa층에서 상승류의 최대가 나타난 후 약 36시간후에 태풍의 중심기압이

최저가 된다”고 하였다. 또한 Gentry(1980)는 태풍중심 주변의 TBB값과 태풍 중심기압과의 상관관계를 조사하여 두 값 사이에 어느정도 시간차를 가지는 상관관계가 있음을 보였다.

이번 연구는 크게 두 단계의 연구로 이루어져 있으며 그 첫번째는 태풍 강도 예측의 기본이 되는 태풍 중심 결정 방법에 대하여 알아 보았고 두번째는 Gentry(1980)의 분석방법을 이용하여 태풍 중심 주변의 TBB값과 관측시각과 그후의 태풍의 중심기압 및 최대풍속과의 상관관계를 조사하여 TBB를 이용한 태풍강도의 예측 가능성을 고찰하고자 한다.

II. 자 료

연구 사례로 1992년~1995년의 4년간 발생한 태풍중 우리나라에 적,간접으로 영향을 끼친 7개의 태풍을 선택했으며 Table 1에 그 사례와 자료 갯수를 나타내었다. 각 사례의 TBB자료는 태풍의 발생기부터 소멸기까지 6시간 간격의 자료를 선택하였으며 중심기압과 최대풍속 자료는 괌의 Joint Typhoon Warning Center의 자료를 이용하였다. 분석 영역은 태풍의 반경을 600km로 가정하여 태풍 중심으로 부터 사방 600 km에 해당하는 257×257의 격자를 선택하였으며 각 격자간의 거리는 약 6.25km이다.

Table 1 Typhoons used in analyzing the tropical cyclone

Name of Typhoon	Period	# of cases
9203 BOBBIE	1992. 6.27 ~ 1992. 6.30	15
9210 JANIS	1992. 8. 5 ~ 1992. 8. 8	13
9307 ROBYN	1993. 8. 7 ~ 1993. 8.10	15
9313 YANCY	1993. 9. 1 ~ 1993. 9. 4	13
9407 WALT	1994. 7.19 ~ 1994. 7.22	15
9503 FAYE	1995. 7.21 ~ 1995. 7.24	14
9507 JANIS	1995. 8.23 ~ 1995. 8.26	15
T O T A L		100

III. 분석방법

1. 태풍중심 위치 결정

태풍의 눈이 확실할 때에는 당연히 태풍의 눈에서는 TBB값이 높게 나타난다. 하지만 태풍의 눈이 확실하지 않을 때에는 중심 부근의 온도패턴이 흐트러져 중심의 위치를 결정하기 곤란하다. 이때 TBB분포를 해석하는 기법이 필요하게 되는데 그 방법을 간단히 설명하면 다음과 같다.

일반적으로 태풍의 중심은 해면기압이 최소가 되는 곳으로 정의되고 TBB분포의 경우에 있어서 태풍의 중심은 하층순환을 형성하는 구름계의 중심이라고 정의할 수 있다. 즉 TBB분포가 나타내는 것은 태풍구름 시스템의 패턴이라고 말할 수 있으며 Hashimoto(1982)에 의하면 “시스템의 중심은 시스템을 구성하는 전체의 만곡한 구름열 또는 구름밴드의 곡률 초점이며 이는 TBB 분포에서 등치선을 그렸을 때 한랭역의 중심을 연결한 곡선으로 표현되고 그 중심의 상대적인 고온역이 태풍의 중심으로 추정된다”고 하였다.

TBB분석 기법을 적용하기 위하여는 TBB자료의 표출 방법이 중요하며 본 연구에서는 각 TBB 온도대별로 색을 주어 중심의 파악이 용이하도록 하였다. 이 방법은 태풍의 발달 정도에 따라 적절히 온도 간격을 변화 시켜가며 분석을 하는 것으로 각 온도대에 해당하는 운형을 분리해 내는데도 이용할 수 있으며 Table 2에 각온도대에 대응하는 운형의 분포를 나타내었다(과학기술처, 1992).

Table 2 The distribution of TBB associated with cloud pattern

Cloud Type	TBB (°K)	Contents
C B	200 ~ 217	Cumulonimbus
CID	220 ~ 235	dense Cirrus with low and middle level clouds
CIM	230 ~ 250	Cirrus with low level
CIT	222 ~ 247	Cirrus only
A S	249 ~ 266	middle level cloud Cumulus
C U	266 ~ 285	Cumulus
S C	268 ~ 281	Stratocumulus
S T	268 ~ 284	Stratus and Fog
CLR	278 ~ 292	no cloud

2. 태풍중심 강도 분석

태풍 중심 주위의 어느 부분에서 일어나는 대류 활동의 강화가 태풍의 발달 쇠약에 영향을 미치는지를 조사하기 위해 Fig. 1과 같은 6개의 동심원을 태풍 중심으로 부터 100 km 간격으로 가정하여 각 동심원상의 TBB값을 계산하여 평균값을 취하였다. 이 값을 중심에서 가까운 쪽 동심원부터 각각 T_{BB1} , T_{BB2} … T_{BB6} 로 하였다. 평균치를 계산할 때 20°C 이상의 값들은 운정 온도라기 보다는 해수면 온도에 가까우므로 제거하고 계산하였다. 또한 태풍 중심부의 온도는 눈이 존재하느냐 하지않느냐에 따라 차이가 크므로 분석 대상에서 제외하였다.

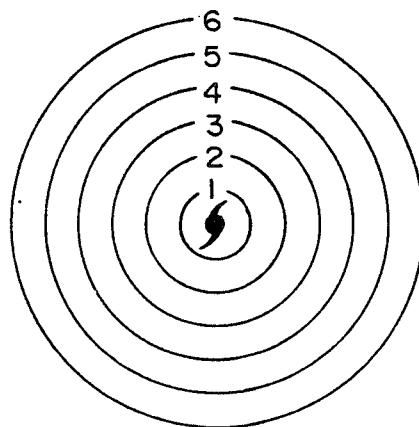


Fig.1 Grid used in analyzing the TBB data

IV. 태풍 패턴별 중심위치 결정

태풍의 패턴은 태풍의 발달 정도에 따라 크게 8가지 유형으로 나타낼 수 있으며 각각의 특성은 서애숙등(1992)을 참조하기 바란다.

여기서는 서애숙등(1992)의 분류에 따라 태풍의 발생 단계별로 주요 패턴에 대한 TBB 분포의 특징 및 태풍 중심 결정에 대하여 알아 보았다.

1. 발생단계

발생단계의 패턴으로는 태풍 중심부에 적란운(Cb) 구름들이 불규칙하게 산재하는 Cb -

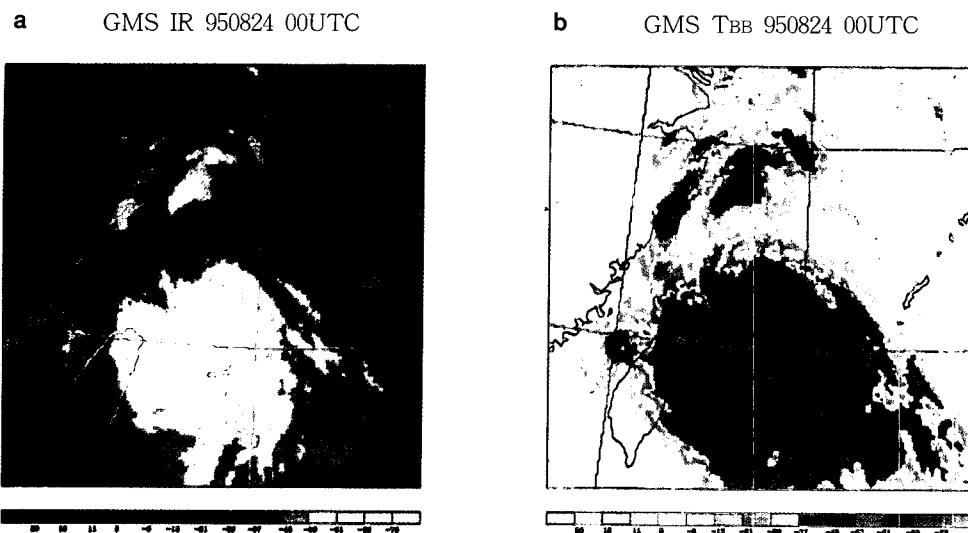


Fig.2 TBB distribution for Cb-cluster pattern at 00UTC on 24 Aug. 1992 (a: Infrared image, b: TBB distribution)

cluster 패턴과 태풍 중심 주위의 적란운과 하층운의 소용돌이가 분리되어 나타나는 Shear 및 LSP(Low level cloud SPiral) 패턴이 있다.

여기서는 그중 Cb-cluster 패턴에 대하여 알아 보겠으며 Fig. 2의 a,b에 1995년 8월 24일 00UTC 의 적외영상과 TBB분포도를 나타내었다. 이 패턴의 특징은 태풍이 발생하여 아직 조직화가 덜 된 상태로 태풍 중심부가 발달한 적란운들로 구성되어 있다는 것이다. Fig. 2a의 적외영상에서 알 수 있듯이 중심부근이 권운으로 덮여있어 거의 같게 보이기 때문에 중심의 추정이 곤란하지만 TBB분포도(Fig. 2b)에서는 -80°C 이하의 적란운들이 산재해 퍼져있는 것을 알 수 있다. 이 적란운들을 따라 한랭한 축을 그리면 그 중앙에 상대적으로 고온역이 존재하게 되는데 바로 이곳이 태풍의 중심이다. TBB분포로 부터 구한 태풍의 중심은 위도 25.9°N , 경도 131.8°E 로 예보실에서 구한 위치 $25.5^{\circ}\text{N}, 131^{\circ}\text{E}$ 와 비교했을 때 동북방향으로 30 km 정도의 오차를 나타내었다.

2. 발달 단계

발달 단계의 패턴으로는 곡률을 가진 구름 패턴인 curved band 패턴과 태풍 중심 부근에 두터운 원형의 운역이 존재하는 CDO(Central Dense Overcast) 패턴이 있다.

Fig. 3a와 b는 1992년 6월 27일 18UTC 의 적외영상과 TBB분포도로 CDO 패턴의 예를 나타낸

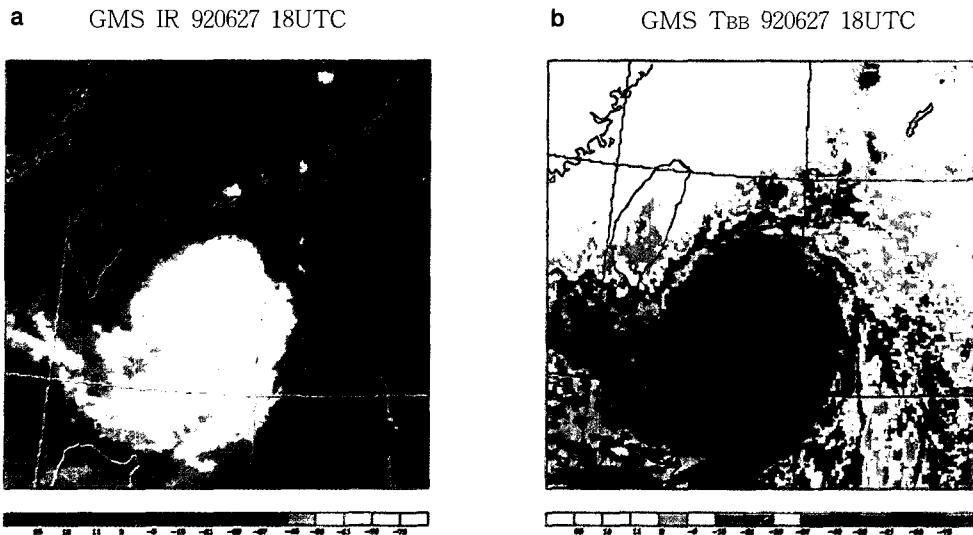


Fig.3 The same as Fig.2 but for CDO pattern at 18UTC on 27 Jun. 1992.

것이다. 이 패턴의 구름은 태풍 주위의 대류활동이 활발하여 한랭한 구름대가 중심부근의 구름 패턴을 거의 불분명하게 만들고 중심 부근은 넓은 고휘도의 농밀운으로 덮여 있어 적외영상에서는 중심부근 구름패턴의 인식이 곤란하다. 그러나 TBB분포도에서는 한랭역 중심은 거의 불분명하지만 이 패턴으로부터 나선 형태의 곡선이 관찰될 수 있어 중심 추정이 가능하다.

이 단계의 특징은 CDO의 모양이 C자형 혹은 컴마 모양으로 되고 상층의 굽어진 곳에 구름의 분리된 눈이 존재한다. 컴마형 부분은 -50°C 의 깊은 함몰된 흄으로 되어 있고 CDO의 운정 온도와의 차이는 20°C 로 강하고 흐트러진 눈으로 생각된다.

태풍의 중심부근이 CDO에 둘러싸여 있는 경우 TBB분포도에 등치선 및 일정한 색을 주어 나선형의 밴드등을 식별하고 그들의 곡률에서 중심을 구하지만 눈이 존재하는 경우와 비교해서 정확도가 떨어지고 중심결정에 소요되는 시간도 길어진다.

TBB분포로 부터 구한 태풍의 중심은 $22.4^{\circ}\text{N}, 123.7^{\circ}\text{E}$ 로 예보실에서 구한 중심의 위치와 거의 비슷하였다.

3. 성숙 단계

이 단계의 패턴은 주로 태풍의 눈이 보이는 경우이며 눈 주위의 구름밴드에 따라 Eye 패턴과 banding Eye 패턴으로 구분된다.

Fig. 4a 와 b는 1994년 7월 20일 00UTC의 적외영상과 TBB분포도로 Eye 패턴의 대표적인 예

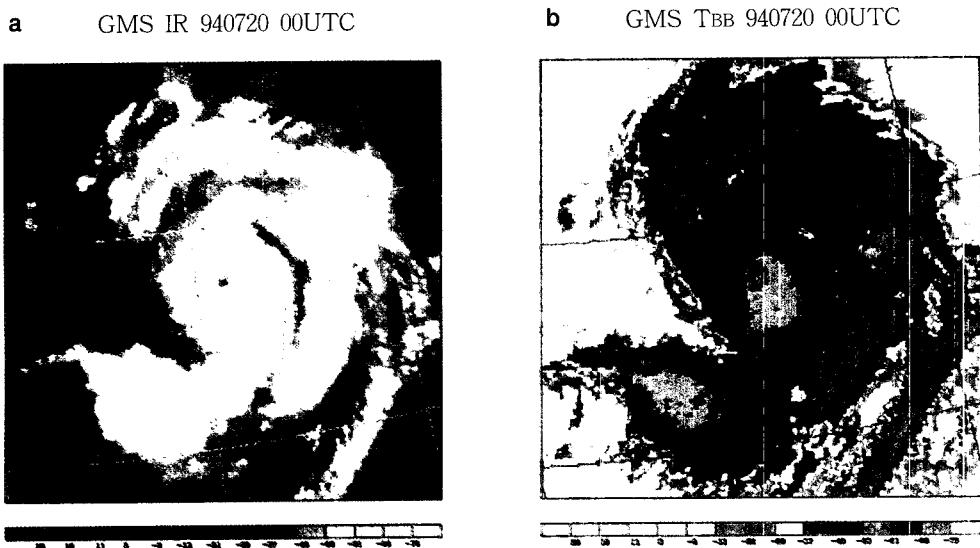


Fig.4 The same as Fig.2 but for eye pattern at 00UTC on 20 Jul. 1994.

이다. 이 패턴의 특징은 Fig. 4a의 적외영상에 나타난 것처럼 고휘도의 구름 덩어리 중심부에 눈을 나타내는 검은 원형의 영역이 나타난다. Fig. 4b의 TBB분포도에서도 중심부에 상대적으로 고온역이 있고 TBB의 한랭역 중심을 연결하면 안상부 형태의 곡선이 주변을 감싸고 있다. 이 중심의 상대적인 고온역이 눈이다. 눈이 존재하지 않는 경우에도 한랭한 밴드는 확실한 나선형으로 표현되기 때문에 중심에 있는 곡률 촛점은 명료하게 구할수 있다.

이 단계는 태풍의 발달 정도에 따라 중심으로 향하는 나선 형태의 구름밴드와 눈이 명료하게 확인될 수 있다. TBB분포도상에서 중심의 운정온도는 -70°C ~ -80°C 를 나타내고 그 중앙에 명료한 눈이 식별된다.

4. 쇠약단계

이 단계는 태풍이 온대 저기압화하는 단계로 EXL(Extra Tropical Low) 패턴과 발생단계의 예였던 LSP 패턴이 나타날 수도 있다.

Fig. 5a와 b는 1994년 7월 22일 00UTC의 적외영상과 TBB분포도로써 EXL 패턴의 예이다. 이 패턴의 특징은 전체적으로 따뜻해 지면서 구름계의 조직성이 흩어지고 적외영상에서는 운열 및 밴드가 분리되어 다소 만곡된 모양이 보이고 고온역이 넓게 분포되어 중심의 추정이 곤란하게 된다. Fig. 5a의 적외영상에서는 태풍이 온대 저기압화되고 하층순환이 관측되고 있다. Fig. 5b의 TBB분포도에도 한랭역과 고온역이 교차하여 곡선이 분리되어 있고 한랭한 밴드가 형성되지

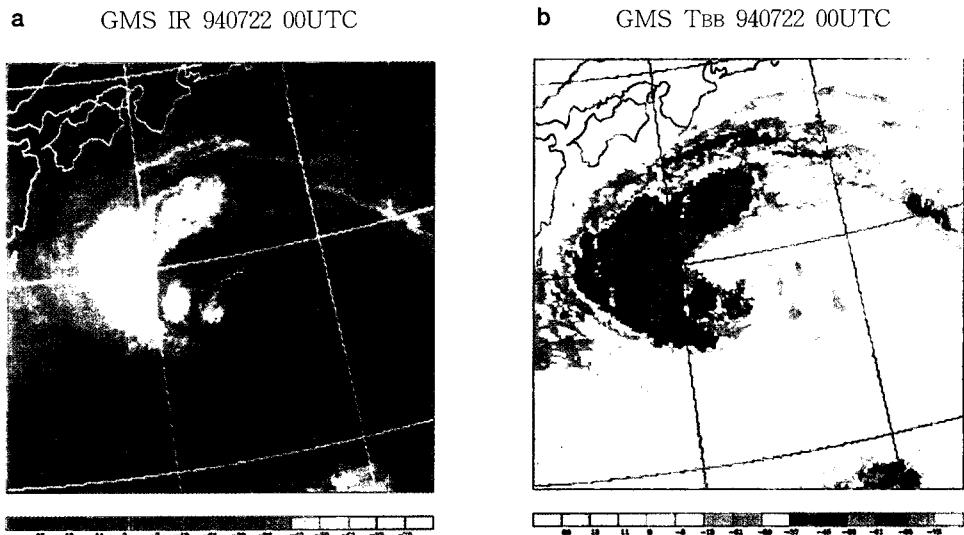


Fig.5 The same as Fig.2 but for EXL pattern at 00UTC on 22 Jul. 1994.

않아 중심의 추정이 곤란하게 된다. 특히 이 경우는 중심 부근에 구름이 거의 존재하지 않아 중심의 추정을 더욱 곤란하게 한다. 하지만 중심 외측 충운의 운열을 연장하여 중심부근으로 내삽하거나 전시간까지의 태풍 경로와 속도를 참고로 해서 대략의 위치에 중심을 외삽할 수 있다. 이 사례의 경우에는 TBB분포로 구한 중심위치는 29.2°N , 133.0°E 로 예보실에서 구한 중심위치 29.7°N , 133.4°E 와 비교하여 50 km 이상의 오차가 발생했다.

V. 상관 분석을 통한 태풍의 강도 예측과 회귀식 산출

1. 이론적 배경

Fig. 6은 1995년 태풍 FAYE의 시간대별 중심기압, 최대풍속 그리고 각 동심원상의 TBB값의 시간 변화량이다. 여기서 중심기압과 최대풍속은 서로 역상관의 관계가 있으므로 중심기압과 TBB값과의 비교만을 살펴보면 두 값 사이에는 어느정도 시간차를 둘반하는 상관 관계가 있음을 알수 있다. 중심기압값의 최저치가 나타난 7월 23일 00Z(태풍이 최대로 발달했을때) 보다 약 24시간전인 7월 22일 00Z에 대류활동의 최대를 나타내는 TBB값의 최저가 나타남을 볼 수 있다. 이는 태풍의 발달을 추적함에 있어 TBB값이 태풍 예보 인자로써 이용될 수 있음을 암시한다.

Fig. 7은 24시간 후의 태풍의 중심기압, 최대풍속과 TBB 각 동심원과의 상관계수를 태풍의 발

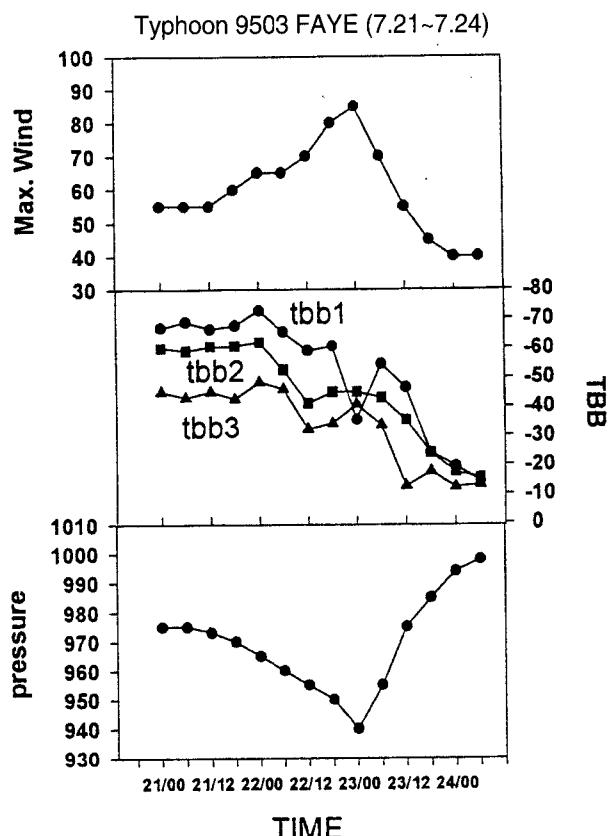


Fig.6 Temporal changes of maximum wind speed(upper), mean TBB(middle) and sea level pressure(lower) of the typhoon FAYE.

달 단계와 소멸 단계로 나누어 살펴본 것이다. 중심기압은 양의 상관 그리고 최대풍속이 음의 상관을 나타내는 것은 당연하며 두 변수 모두 TBB의 2, 3번 동심원의 상관계수가 높게 나타남을 알수 있다.

이러한 분석에서 우리가 결론지을 수 있는 것은 운정온도를 나타내는 TBB는 현재 태풍의 강도를 나타내며 또한 미래의 태풍 강도를 예측할 수 있는 인자가 된다. 특히 현재의 TBB는 24시간 이후의 태풍 중심기압 및 최대풍속과 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

2. 회귀식의 산출

앞에서 살펴본 바에 따르면 태풍의 현재 및 미래의 강도는 TBB의 함수로 나타낼 수 있음을

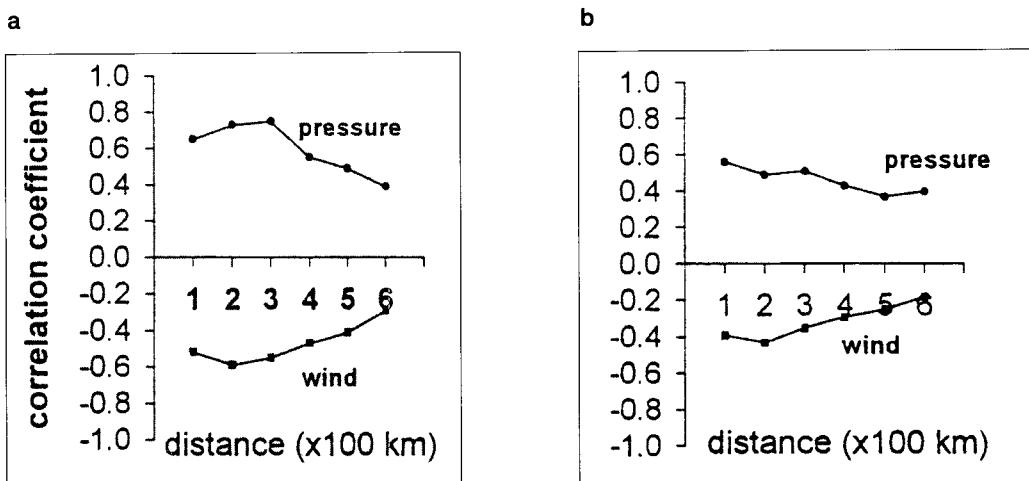


Fig.7 Correlation coefficients between mean TBB_n and maximum wind speed, sea level pressure at the developing stage(a), and weakening stage(b)

알 수 있었다. TBB_n 값과 미래의 태풍 강도 사이의 관계는 태풍의 위치(위도), 계절, 해수면온도, 대기의 기온 감률 그리고 과거로 부터의 태풍의 강도 변화등에 의해 영향을 받게 된다. 그러므로 여러 효과를 고려할 수 있도록 자료를 구분할 필요가 있다. 하지만 본 연구에서는 자료가 제한되어 있으므로 태풍의 발달 및 소멸 단계만으로 나누어 살펴 보고자 한다.

가. 상관 관계 조사

1절에서 살펴본 것처럼 태풍 9503호의 경우 $TBB_1 \sim TBB_3$ 가 급속하게 하강하고 24시간후에 중심기압의 최저가 나타났다. 이러한 변화가 일반적인가 그렇지 않은가를 알아보기 위하여 7개 태풍 100사례에 대해 TBB_n 과 6시간후, 12시간후, 18시간후 그리고 24시간후의 중심기압(이하 P_{+6} , P_{+12} , P_{+18} , P_{+24} 라 한다)과의 상관계수를 각각 계산하였다. 태풍의 일반적인 크기를 반경 500 km 라 생각하고 분석 영역을 반경 600 km로 산정하였으며 해수면 온도가 섞이게 되는 것을 방지하기 위하여 TBB 값이 20°C 이상인 자료는 제거하고 TBB_n 을 계산하였다.

Fig. 8은 태풍의 TBB_n 값과 미래의 중심기압과의 상관계수를 계산한 것이다. 상관계수의 최대는 TBB_2 와 P_{+24} 사이의 0.78로 가장 높으며 전체적으로 TBB_1 , TBB_2 , TBB_3 와의 상관계수가 높게 나타남을 볼 수 있다. 또한 $TBB_4 \sim TBB_6$ 에 대한 상관계수는 0.5미만으로 낮게 나타났다.

GMS에서 관측된 태풍 중심 부근의 TBB 와 태풍의 중심기압의 시간적 변화의 관계에 대하여 조사한 결과 TBB 의 변화가 태풍 중심기압의 변화보다 선형하여 나타남을 알았다. 태풍의 각 단계에 따라 미래의 중심기압에 더 강한 상관관계를 가진 TBB 의 위치가 다르고 또한 선형 시간

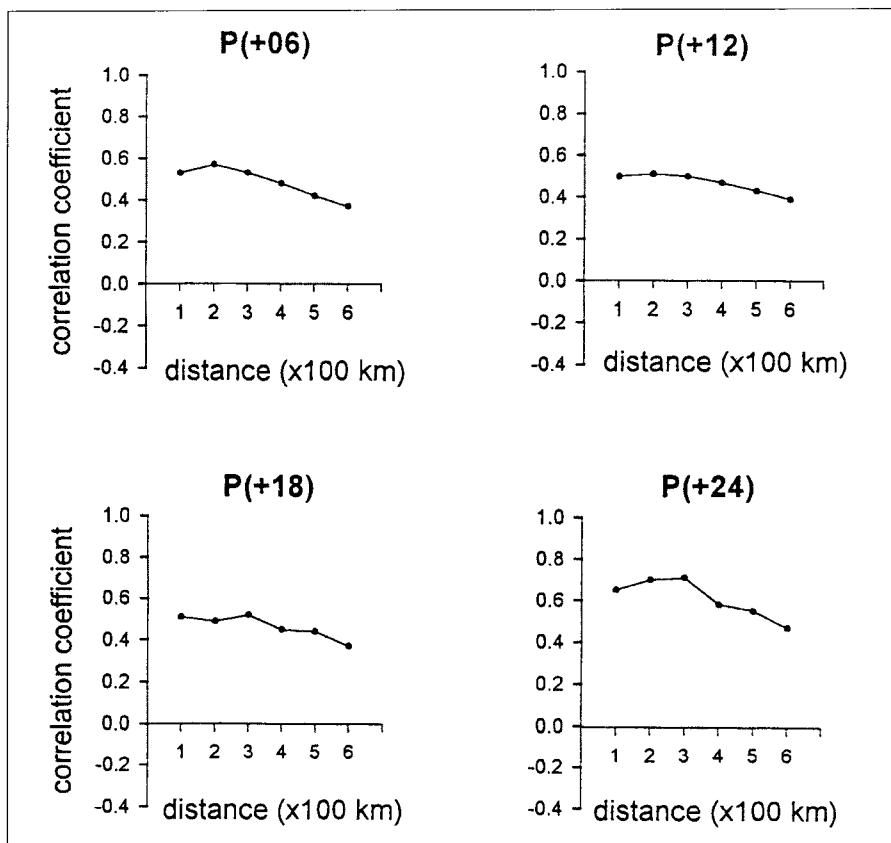


Fig.8 Correlation coefficients between mean T_{BBn} and sea level pressure
(P_{+06} , P_{+12} , P_{+18} , P_{+24})

에도 차이가 있음을 알 수 있었다.

특히 P_{+24} 에 대한 T_{BB2} 과 T_{BB3} 의 상관 계수가 각각 0.75, 0.78에 달하여 P_0 에 대한 상관계수보다 높다는 사실을 알았다. 이것은 T_{BB2} , T_{BB3} 를 이용하여 태풍 중심 기압의 12시간 혹은 24시간의 예측이 가능하다는 것을 나타내고 있다.

나. 상관 변수의 추출

T_{BB} 와 상관 관계가 높은 변수를 추출하기 위하여 T_{BBn} 의 값과 다른 여러가지 변수들 간의 상관계수를 구하여 Table 3에 나타내었다. 중심기압과 최대풍속 모두 상관계수의 경향은 비슷하였으며 그 부호는 반대이다. 전체적으로 살펴 보았을 때 발달기의 태풍에서 높은 상관계수를 나타냄을 알 수 있다.

소멸기의 태풍 경우에는 $T_{BB2,3}$ 과 ΔV_{+24} 와의 상관계수가 V_{+24} 와의 상관계수보다 더 높고 발달기의 경우에는 $T_{BB2,3}$ 과 V_{+24} 와의 상관계수가 더 높음을 알 수 있으며 이는 선택된 사례들이 주로 발달기에는 충분한 시간을 두고 해양상을 발달해 왔으며 소멸기에는 일반적으로 육지에 상륙하게 됨으로써 급속한 약화가 일어나게 된다. 때문에 소멸기의 경우에 T_{BB} 와 V_{+24} 보다는 ΔV_{+24} 즉 과거 24시간 동안의 변화 경향이 더 밀접한 관련이 있게 된다.

Table 3 Correlation coefficients for mean $T_{BB2,3}$ and various variables

	$V_0 (P_0)$	$V_{+24} (P_{+24})$	$\Delta V_{+24} (\Delta P_{+24})$	$\Delta V_{-24} (\Delta P_{-24})$
$T_{BB2,3}$ (weak)	-0.07, 0.18	-0.55, 0.60	-0.65, 0.52	-0.29, 0.43
$T_{BB2,3}$ (strong)	-0.39, 0.33	-0.78, 0.78	-0.59, 0.64	-0.49, 0.49
$T_{BB2,3}$ (all)	-0.23, 0.26	-0.67, 0.69	-0.62, 0.58	-0.39, 0.46

다. 회귀식 산출

추출된 상관변수들간의 관계를 알아보기 위하여 각 변수들간의 산포도를 작성하여 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9a에서 T_{BBn} 과 P_{+24} 의 관계는 완전한 선형은 아니지만 중심기압이 980hPa 이하로 발달한 후에는 즉 태풍의 발달기에 있어서는 직선 회귀식으로 나타내어도 무리가 없을 것 같다. 즉, 발달 단계의 강한 태풍의 경우에는 T_{BBn} 과 P_{+24} 의 관계가 직선 상관이 강하다고 생각된다. 쇠약기의 태풍의 경우에도 어느정도 직선 상관의 관계에 있다고 볼 수 있으므로 본 연구에서는 회귀식을 직선으로 가정하고 계산하기로 한다. Fig. 9b에서 T_{BBn} 과 V_{+24} 와의 관계는 T_{BBn} 과 P_{+24} 와의 관계보다는 약하지만 선형 관계로 볼 수 있다. 제한된 자료와 분석의 편의를 도모하기 위하여 본 연구에서는 1차 다중 회귀식만을 고려하기로 한다.

먼저 현재 시간의 T_{BBn} , P_0 와 24시간 후의 중심기압과의 관계에서 산출된 회귀식은

$$P_{+24} = 478.4 + 0.836T_{BB2,3} + 0.31P_0$$

같은 방법으로 T_{BBn} , V_0 와 24시간 이후의 최대 풍속간에 산출된 회귀식은 다음과 같다.

$$V_{+24} = 146.6 + 0.855V_0 - 0.613T_{BB2,3}$$

위의 회귀식에서 P 의 단위는 hPa, $T_{BB2,3}$ 은 T_{BB2} 와 T_{BB3} 의 평균치로 절대온도를 나타내며 V 는 knot 단위이다. 따라서 태풍의 중심 부근 T_{BB} 가 계산되면 위의 회귀식에 의하여 24시간 이후의 중심기압과 최대풍속이 계산될 수 있다.

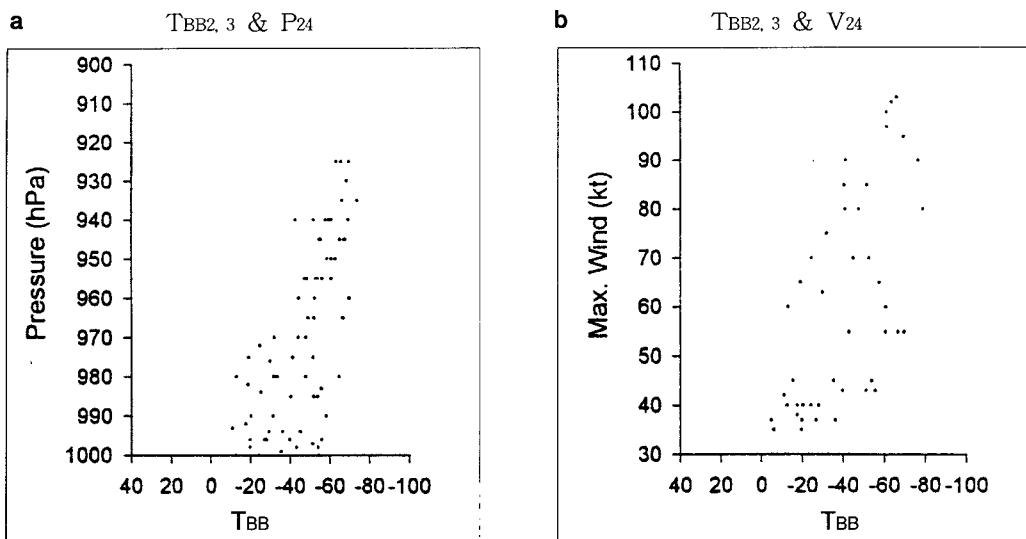


Fig.9 A scatter diagrams of a relationship between TBB_{2, 3} and sea level pressure(P_{+24}) (a) and maximum wind speed(V_{+24}) (b).

태풍 자료 분석으로 미래의 태풍 상태 예측은 주로 Dvorak(1975, 1984)에 의해 많이 수행되어 왔으며 이러한 연구들은 대부분이 주관적으로 영상을 보고 판단하는 정성적인 방법들이었다. 하지만 본 연구에서는 객관적으로 태풍 중심 주변의 TBB값을 계산하여 회귀식에 대입함으로써 태풍의 미래 상태를 예측할 수 있었다는 점에서 의의가 있다고 하겠다.

VI. 결 론

첫번째로 이 연구에서는 GMS 적외영상 자료의 원시 자료를 회도온도(TBB)로 변환하여 태풍의 중심을 분석하여 보았다.

TBB분포가 나타내는 것은 태풍구름 시스템의 패턴이라는 가정하에 만곡된 구름열은 TBB분포상에서 등치선을 그렸을 때 한랭역의 중심을 연결한 곡선으로 표현되며 그 중심의 상대적이고온역이 태풍의 중심으로 추정되었다. 이 방법을 실제 자료에 적용하기 위하여 태풍 발생 단계별의 대표적 구름 패턴을 선정하여 TBB분포의 특징을 살펴보았으며 중심 결정을 하였다.

두번째로는 Gentry의 방법에 기초하여 태풍 중심 주위의 TBB값과 관측시각과 그 이후의 태풍의 중심기압 및 최대풍속과의 상관관계를 조사하여 TBB를 이용한 태풍 강도의 예측을 하였다.

그 결과 태풍 중심 주위의 TBB값과 현재 및 미래의 태풍 강도와는 높은 상관 관계를 가지는 것을 알았다. 특히 미래의 태풍 강도가 현재의 태풍 강도보다 더 높은 상관 관계가 있음을 알

았다. 그 시간 차이는 약 24시간인 것으로 조사되었으며 상관관계를 이용하여 24시간 이후의 태풍 중심기압과 최대풍속을 예측하는 회귀식을 산출하였다.

태풍 강도 추정 회귀식에 의해 현재의 T_BB 값을 이용하여 미래의 태풍강도(최대풍속, 중심기압)를 객관적으로 산출할 수 있는 근거를 마련하였으며 앞으로 더 많은 태풍 자료의 축적과 사례들의 검증을 거쳐 일반적인 회귀식으로 개선되어야 할 것이다.

사 사

본 논문은 기상연구소의 '94, '95년 기본 연구과제로 수행된 연구 결과의 일부이며 분석에 필요한 기상위성 자료를 제공해 주신 기상청 위성담당과 연구 수행에 많은 조언과 도움을 아끼지 않으신 원격탐사연구실의 모든 분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 과학기술처, 1992 : 위성 및 레이더 자료를 이용한 단시간 강수예보 시스템 개발 연구(II), 364pp.
- 서애숙, 김금란, 이충기, 이미선, 1992 : 기상위성 영상에서의 태풍중심 위치 결정방법, 한국기상 학회지 28(3), 333-346.
- Dvorak, V.F., 1975 : Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. *Mon.Wea. Rev.*, 103, 420-430.
- Dvorak, V.F. 1984 : Tropical cyclone intensity analysis using satellite data, *NOAA Technical Report NESDIS 11*, 47 pp.
- Gentry, R.C., E. Rodgers, J.Steranka and W.E.Shenk, 1980 : Predicting tropical cyclone intensity using satellite-measured equivalent blackbody temperatures of cloud tops, *Mon.Wea.Rev.*, 108, 445-455.
- Gray, W.M., 1981 : Recent advances in tropical cyclone research from rawinsonde composite analysis, *WMO program on research in tropical meteorology*, WMO, 407pp.
- Hashimoto, S., 1982 : Determination of typhoon center using equivalent black body temperature distribution pattern., *MSC Technical Note 6*, 11-21.
- Rosenthal, L., 1978 : Numerical simulation of tropical cyclone development with latent heat release by the resolvable scales. I : Model description and preliminary results. *J. Atmos. Sci.*, 35, 258-271.
- U.S.Fleet Weather Central/Joint Typhoon Warning Center, 1992, 1993, 1994, 1995 : Annual Typhoon Report. *U.S. Navy Report*, Guam.