

TRMM TMI 관측과 태풍강도와의 관련성

Relationship between TRMM TMI observation and typhoon intensity

변재영, 박종숙, 김백조

Jae-Young Byon, Jong-Sook Park, Baek-Jo Kim

서울시 동작구 신대방동 460-18번지 기상연구소 태풍연구팀

요약

마이크로파 센서 자료를 이용하여 태풍 강도를 산출하고자 TRMM TMI로부터 관측된 자료와 태풍 강도의 최대 상관성을 나타내는 지역을 찾고 최적의 상관 변수를 선정하였다. 분석기간은 2004년 6월부터 9월까지 발생한 태풍으로써 18개의 사례이다.

TMI로부터 관측된 85 GHz 채널의 밝기온도, 구름내 총 수증기량, 얼음양, 강우 강도, 잠열방출량이 태풍 강도와의 상관성 분석을 위한 변수로 분석되었다. 태풍의 강도는 RSMC-Tokyo에서 발표된 Best track의 최대 풍속 자료를 이용하였다.

위성 관측 변수를 태풍 중심으로부터 공간 평균하였을 때 반경 2.0-2.5도 정도의 평균거리에서 최대의 상관성을 보였다. 위성 자료로부터 태풍 중심 풍속을 추정하기 위하여 회귀분석을 하였다. Best track과의 오차는 85 GHz 밝기온도와 수증기량을 이용한 다중 회귀 분석에서 오차가 최소를 보였다. 한편, 태풍강도 예측을 위한 통계모델에 마이크로파 위성 자료를 예측인자로 입력하여 태풍강도의 정확도가 3-6%정도 향상됨을 보였다.

1. 서론

지상 관측이 어려운 해양에서 주요 일생을 보내는 태풍을 관측하는데 있어서 위성은 좋은 관측도구이다. 위성에 의한 태풍을 분석하는 가장 대표적인 방법은 드보락 방법이다. 이 방법은 위성의 가시, 적외 영상에 기반하여 주관적인 분석을 통하여 태풍의 강도를 분석한다. 드보락 분석 방법은 상층의 구름이 존재하는 경우 하층, 중층의 구름을 볼 수 없으므로 태풍의 중심 위치와 강도 판단에서 많은 오차를 유발할 수 있다.

반면 위성의 또 다른 센서 중의 하나인 마이크로파 센서는 구름 내부를 통과하여 구름내의 물리적 성질을 직접 감지한다. Hawkins 등 (2001)은 SSM/I 자료를 이용하여 태풍의 구조를 분석하는데 있어서 마이크로파 센서 자료의 장점을 보였다. 마이크로파 관측으로부터 생산되는 자료는 수증기량, 강수량, 얼음량, 잠열방출량 등으로써 이러한 물리량은 간접적으로 태풍의 강도를 반영한다. 태풍 강도와 85 GHz의 밝기 온도, 얼음양과의 상관 분석이 Cecil 과 Zipser (1999), Wood

(2003)에 의해 연구되었다.

한편 태풍의 강도 예측을 위해서는 통계적 모형이 많이 사용된다. 허리케인의 강도 예측을 위한 National Hurricane Center (NHC)의 Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme (SHIPS), 태풍 강도 예측을 위한 Statistical Typhoon Intensity Prediction Scheme (STIPS)가 그것이다. 강도 예측의 통계 모형에서는 예측인자로서 해수면 온도, 중위도 종관 변수 등을 이용한다. Jones 과 Cecil (2006)은 마이크로파 위성 관측 자료를 통계 모형 예측인자로 입력하여 태풍 강도의 예측 성능이 향상되었음을 보였다.

그러므로 본 연구에서는 마이크로파 위성에서 산출되는 자료와 태풍 강도의 상관성을 조사하고자 한다. 위성에서 산출되는 물리량을 태풍 중심으로부터 공간적 크기에 따른 상관계수를 조사하여 최대 상관성을 나타낸 변수와 규모를 이용하여 태풍의 강도를 산출한다. 또한 위성 자료를 STIPS의 예측 인자로 입력하여 강도 예측 능력 향상에 기여하고자 한다.

2. 자료 및 분석 방법

본 연구에서 사용하는 자료는 TRMM TMI 관측 자료로써 85 GHz 밝기온도, 열음량, 편광보정온도, 수증기량, 강우 강도, 잠열 방출량을 이용한다. 85 GHz 채널은 구름내 얼음 입자의 산란에 의해 밝기 온도가 감소하여 태풍의 강도를 지시할 수 있으므로 태풍강도 분석에 유용하게 사용될 수 있다. TMI 85 GHz 는 편광채널로서 수평 편광온도(TBB85v)와 수직 편광온도(TBB85h)의 차이 (편광보정온도, PCT)는 지상 강수량과 상관성이 높음이 알려져있다. 따라서 본 연구에서는 아래의 식으로 계산된 85 GHz의 편광보정온도(PCT)를 이용한다.

$$PCT = 1.818 TBB85v - 0.818 TBB85h$$

분석 기간은 2004년으로써 태풍이 주로 발생하는 6월에서 9월까지 관측된 자료를 분석한다. 이 기간동안 발생한 태풍은 18개이며 위성 관측 횟수는 203회이다.

태풍의 Best track 자료는 RSMC-Tokyo에서 발표된 자료이며 태풍 강도는 최대 풍속으로 정의한다. 위성 관측과 Best track 태풍 강도와 최대 상관성을 상관 분석을 실시한다. 최대 상관성을 갖는 공간 분포의 조사를 위해서 태풍의 중심으로부터 거리를 0.5도 간격으로 확장하여 반경 3.5도까지 공간 평균을 취하는 방법과 0.5도 간격으로 밴드별로 평균을 취하는 두 가지 방법으로 분석한다.

3. 분석 결과

구름내 얼음 입자의 산란에 의한 태풍 강도의 변화를 조사하기 위하여 85 GHz의 밝기온도(TBB), 편광보정온도, 구름내 총 열음량, 수증기량, 지상 강수량, 잠열 방출량과 태풍 강도의 상관 분석을 실시하였다. 상관성은 2.0 - 2.5도에서 최대를 보였다.

85 GHz TBB와 수평 편광과 수직 편광된 채널의 온도차로부터 계산된 편광보정온도 (PCT)의 상관성은 2.5도 태풍 중심 주위 평균에서 최대값을 보인다. 구름내 얼음의 양과의 상관성은 0.5도의 태풍 중심 근처에서 최대 상관성을 보이고 외부로 확장됨에 따라 상관 계수는 감소함을 보인다. 구름내 열음량은 85 GHz 밝기온도와의 상관 계수보다 더 작아지며 모든 크기에서 중심 주위 평균의 상관계수가 더 크다.

총 수증기량, 강수량과 태풍 강도의 상관계수는 0.4정도를 보이며 중심 주위 평균이 환형 평균보다 더 크다. 상관 계수는 대체로 1.5 - 2.5도 공간 평균을 하였을 때 최대를 보이며 2.5도 이상이 되면 감소하는 경향을 나타낸다. 환형 평균된 상관

계수의 영역 크기에 따라 감소하는 정도는 중심 주위보다 더 큰데, 이것은 구름 내부의 강한 대류에 의한 높게 발달하는 구름에 의하며 태풍 외부에는 조직화된 대류계 보다는 층운형 구름이 존재하므로 환형 평균했을 때 상관계수가 작아짐을 알 수 있다. 잠열 방출량과 태풍강도의 상관성을 조사한 결과 0.5도에서 최대 상관성을 보이며 환형 평균 상관 계수는 -0.1에서 0.4, 주위 공간 평균을 비교했을 때 상관 계수는 0.2 - 0.4 분포로써 공간 평균이 더 큰 값을 나타냈다.

구름 발달의 차이에서 기인하는 공간 평균된 크기 별 상관계수 차이 조사를 위해서 태풍의 등급별 각 변수의 상관성을 조사하였다. 태풍의 등급에 따른 최대 상관계수의 공간 규모가 TS와 STS에서는 1.5-2.0도 평균에서 최대이나 TY 단계에서는 0.5도이다. 수증기량, 강수량, 잠열 방출량의 최대 상관계수는 TS 단계에서는 1.0, 2.5도, STS, TY에서는 0.5도에서 최대값을 나타낸다. 즉, 태풍이 크게 발달함에 따라 내부 구름계 발달과 상관성이 크다는 것을 알 수 있다.

위성 관측으로부터 태풍의 강도를 산출 하기 위하여 회귀 분석을 실시하였다. 회귀 분석 위성변수는 가장 높은 상관계수를 나타낸 85 GHz TBB, PCT, 수증기량, 강수량이다. 이 네 개의 변수에 대하여 단순회귀분석을 하고 열음과 수증기 관련 변수를 동시에 고려하였을 때의 효과를 분석하기 위하여 85 GHz TBB와 수증기량, 85 GHz TBB와 강수량의 다중회귀 분석을 하였다. 회귀 분석은 두 가지 방법으로 실시하였는데 첫째, 전체 태풍에 대하여 회귀식을 산출하고, 둘째, 태풍의 등급에 따라 분류하여 회귀식을 산출하였다. 위의 회귀식을 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미 사례에 적용하여 태풍

강도를 산출하고 Best track과의 오차를 분석하였다. 오차의 최소화는 TBB와 수증기량을 동시에 고려한 다중 회귀모형에서 나타났다(Fig. 1).

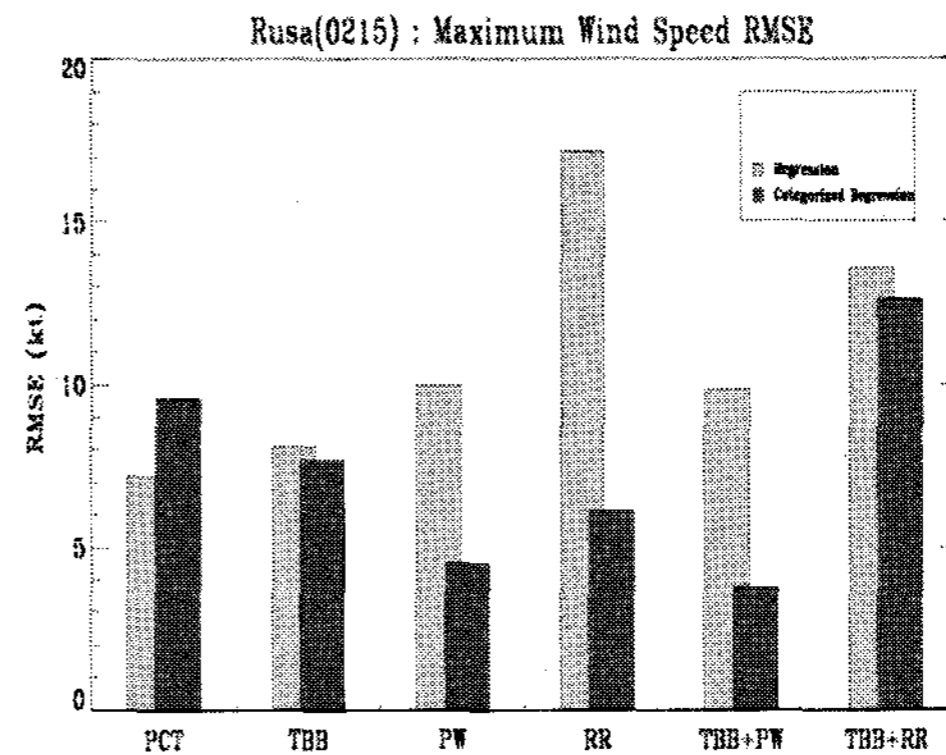


Fig. 1. Comparison of root mean square error (RMSE) of regressed typhoon intensity (maximum surface wind) for typhoon Rusa (0215). Light color denotes RMSE for total typhoon case and dark shaded color bar denotes categorized typhoon.

한편, 기상청에서는 태풍의 강도 변화를 예측하기 위하여 예보현업에 사용중인 STIPS(Statistical Typhoon Intensity Prediction Scheme)의 예측 인자들과 TRMM TMI 관측 자료를 함께 사용함으로써 STIPS 모델이 어느 정도 개선을 보이는지 알아보았다.

2004년도 18개의 태풍 사례에 대하여 기존 회귀 모형 STIPS와 STIPS에 TMI를 추가한 다중회귀모형을 비교하였다. Fig. 2는 TMI 관측 자료를 추가하였을 때 예보정확성이 3-6% 정도 향상됨을 보인다. 또한 예보 시간이 길어질수록 오차의 값이 점차 증가하였다. 정확도는 48시간 예보에서 최대값을 보였다.

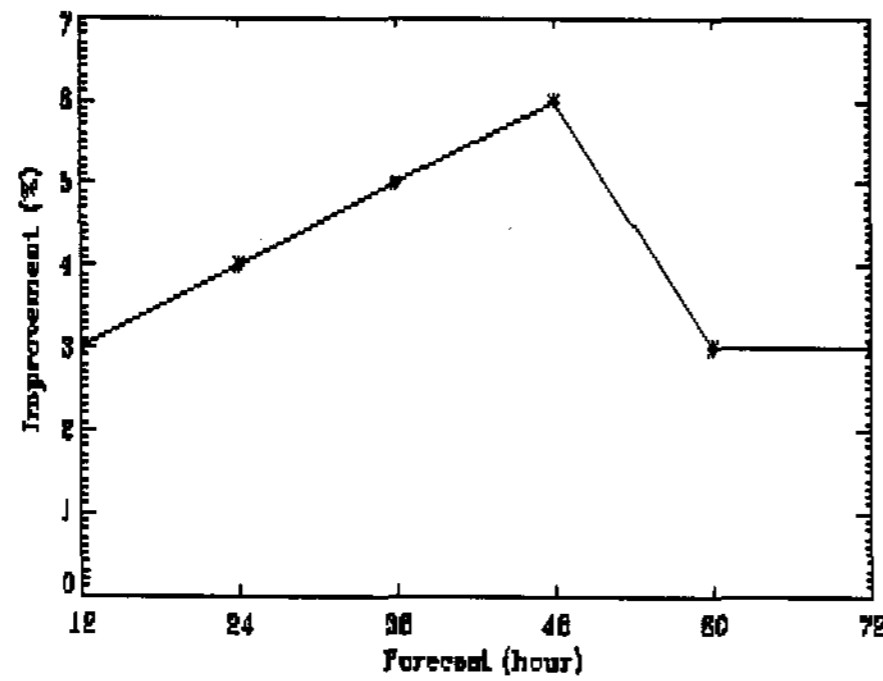


Fig. 2. Percentage improvement of STIPS-TMI RMSE, compared to STIPS for typhoon 2004.

4. 결론

위성의 마이크로파 센서 관측 자료와 태풍 강도와의 관련성 분석을 위하여 2004년 6월에서 9월까지 관측된 태풍 사례를 분석하였다. 분석된 자료는 TRMM TMI 관측 (85 GHz TBB, 편광보정온도, 얼음양, 총수증기량, 강우강도, 잠열방출량)과 RSMC-Tokyo에서 발표된 Best track의 최대 풍속이다.

상관 계수는 대체로 2.0-2.5도에서 최대를 나타냈다. 태풍의 등급에 따른 상관성을 조사하였을 때 태풍의 강도가 강할수록 최대 상관계수의 공간 규모는 감소하여 TS, STS 단계에서는 1.0 -1.5도에서 최대이나 TY 단계에서는 0.5도에서 최대를 보였다. 위성 관측 변수를 이용하여 회귀분석을 실시하고 이를 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미 사례에 적용하여 최대 풍속을 산출하고 오차를 분석한 결과 TBB와 수증기량을 동시에 이용한 다중회귀식에서 오차가 가장 작았으며 수증기량이 태풍 강도 회귀식의 정확도 향상에 기여함을 알 수 있었다. 또한 태풍 강도 예측을 위한 통계 모델의 예측인자로

서 위성 관측 변수를 입력하여 강도 예측의 정확성 향상을 조사하였다. 태풍 강도는 TMI 관측을 입력하였을 때 3-6%정도 향상됨을 보였으며 최대 향상 시간은 48시간 예측이며 48시간 이후는 점차 정확도가 감소함을 보였다.

감사

본 연구는 기상연구소 주요사업 “진보된 태풍분석 및 예측시스템 개발”의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Cecil, D. J., and E. J. Zipser, 1999: Relationships between tropical cyclone intensity and satellite-based indicators of inner core convection: 85-GHz ice-scattering signature and lightning. *Mon. Wea. Rev.*, 127, 103-123.
- Hawkins, J. D., T. F. Lee, J. Turk, C. Sampson, J. Kent, and K. Richardson, 2001: Real-time internet distribution of satellite products for tropical cyclone reconnaissance. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82, 567-578.
- Jones, T.A., D. Cecil, and M. DeMaria, 2006: Passive-microwave-enhanced statistical hurricane intensity prediction scheme. *Wea. Forecasting*, 21, 613-635.
- Wood, J., 2003: Relationship of ice content to hurricane intensity examined using TRMM/TMI data sets. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 83, 187-196.