

연구노트

태풍 진로에 영향을 미치는 열적 및 역학적 효과에 관한 수치적 연구

김해동^{*} · 원성희¹⁾ · 최기선¹⁾ · 박상욱¹⁾ · 장기호¹⁾

계명대학교 지구환경학과, ¹⁾기상청 국가태풍센터

(2011년 10월 12일 접수; 2011년 11월 28일 수정; 2012년 1월 20일 채택)

Comparing the Effect of Both Thermal and Mechanical Forcing on the Error of Typhoon Track

Hae-Dong Kim^{*}, Seong-Hee Won¹⁾, Ki-Seon Choi¹⁾, Sang-Wook Park¹⁾, Ki-Ho Jang

The Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

¹⁾National Typhoon Center, Jeju 699-942, Korea

(Manuscript received 12 October, 2011; revised 28 November, 2011; accepted 20 January, 2012)

Abstract

To compare the effects of two external forcing on track of typhoon, TWRF(Typhoon WRF) based ensemble experiments are carried out in the case of Typhoon Morako which is the 8th typhoon at Northwest Pacific region in 2009. The two forcing are tropical SST and topography induced thermal and mechanical forcing, respectively. According to the result of numerical experiment for five-day forecast, the effect of mechanical forcing is about two times stronger than thermal forcing on the track error of the typhoon. More case study for other typhoon will be done as a next paper.

Key Words : Typhoon track, TWRF, Thermal forcing, Mechanical forcing

1. 서 론

태풍이 자주 발생하는 적도 부근 해수온도의 열적 특성과 대류의 지형고도 변화에 따른 역학적 특성은 태풍의 진로에 큰 영향을 준다. 적도 해수온도의 편차는 대기로 공급되는 잠열과 현열 플럭스의 열적 편차(anomalous heating)를 발생시킨다. 이러한 열적 편차는 연직 와도장에 섭동을 가함으로서 연직운동 편차

를 일으키며 태풍의 발생을 유도한다. 그 결과 수평 와도장의 편차도 발생되어 태풍의 진로에 큰 영향을 준다. 또한, 태풍이 북상하면서 대류과 해양의 경계인 해안선을 통과하면서 상륙할 때 그 진로와 강도는 지형의 고도변화에 큰 영향을 받게 된다. 그러므로 북상하는 태풍의 진로 특성을 열적 및 역학적 관점에서 연구하는 것은 한반도 영향 태풍을 예측하는데 중요한 역할을 한다(Kang과 Won, 2009).

Fig. 1은 2009년도에 북서태평양지역에서 발생한 22개 태풍의 경로를 나타낸다. TWRF에 의한 22개 태풍의 24시간 평균진로 오차는 126 km이며, 48시간과 72시간에 대해서는 각각 213 km과 301 km였다. 최근 기후변화에 따라 특이한 진로를 보이는 태풍이 빈번

*Corresponding author : Hae-Dong Kim, The Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5930
E-mail: khd@kmu.ac.kr

히 발생하고 있으며, 이에 따라 태풍을 정확히 예측하는 것이 점차 어려워지고 있다. 특히, 제9호 태풍 아타우(ETAU)와 제20호 태풍 루핏(LUPIT)은 누운 S자 형태의 특이한 진로를 보인 태풍으로 진로오차를 증가시켰다. 또한, 루핏(LUPIT)의 경우 두 번의 전향을 보였는데 대부분의 모델이 전향점을 제대로 예측하지 못하여 오차를 더욱 가중시켰다. 제2호 태풍 찬홍(CHAN-HOM)은 전면에 형성된 고압대의 영향으로 급격히 북동진할 것으로 모의되었으나 예상과 달리 필리핀을 지나면서 약화됨에 따라 큰 오차를 야기하였다. 한편, 제17호 태풍 파마(PARMA)는 북서진하다가 회귀하는 특이한 진로를 보였으나 비교적 정확한 태풍 예보를 생산하여 오차를 줄였다(기상청, 2010).

본 연구에서는 기상청 국가태풍센터에서 운영중인

수치모델(TWRF)을 사용하여 적도 해양의 열량과 대륙의 지형이 태풍에 미치는 영향을 연구하였다. 2009년 8호 태풍 모라꽃(MORAKOT)을 사례 연구의 대상으로 하였다. 이 태풍은 2009년 8월 4일 오전 3시에 일본 오키나와 동남동쪽 약 970 km 부근 해상에서 발생하여 거의 서진하다가 대만에 상륙하였다. 그리고 계속 북상하다가 10일 오후 9시 중국 상하이 서남서쪽 약 230 km 부근 육상에서 열대저기압으로 약화되면서 우리나라 강수량에 영향을 준중형 태풍이다. 이 태풍이 대만지역을 통과하여 중국 본토로 상륙할 때 여러 수치모델들의 진로 예측 오차가 크게 증가하였다. 대만은 높이 3000 m 이상의 산악지역이 형성되어 있다. 대만을 지나치거나 접근하는 태풍은 이 산악의 영향으로 전향하거나 그 강도가 급속히 약

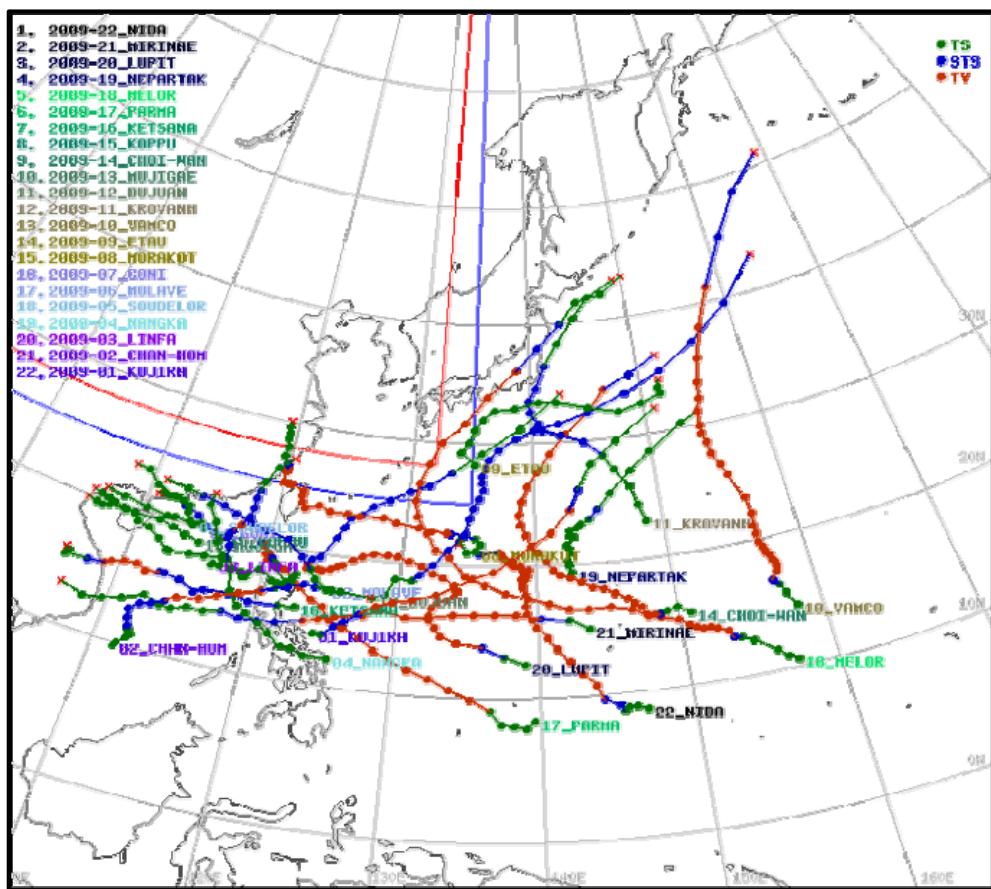


Fig. 1. The track of twenty two numbers of typhoon at Northwest Pacific region in 2009 (Typhoon Report, 2010).

해되기도 한다. 이번 연구에서는 한반도 접근 태풍에 대해서 대만 지형의 주는 진로, 강도에의 영향을 보고자 대만의 지형을 변형하여 실험을 모의하였다. 또한 해수면 온도 상승에 따른 태풍의 강도변화와 진로변화를 보고자 이에 따른 실험도 함께 모의 하였다.

2. 모델 및 입력자료

연구에 사용된 모델은 ARW(WRF model ver. 2.1.1)이며, 전처리과정은 WPS (WRF Pre_processing System Version 2.2.1)을 이용하였다. 격자 간격은 15km이며 수평 격자개수는 371x371이다.

모델 입력자료는 GDAPS T426자료와 NCEP GFS Soil Temp. 자료를 사용하였다. 태풍보거싱을 위해서는 RSMC 태풍전문을 사용하였다.

태풍 초기화 과정은 GFDL의 방식을 사용하였다. 태풍 초기화를 위해서 Holland의 경험식을 사용하였고, 보거싱을 위한 FDDA 과정은 12시간을 수행하였다.

3. 실험 설계

본 연구에서는 다음과 같은 11개 실험을 설계하였다.

$$H = (\text{Control Terrain Height}) \times \alpha \quad (1)$$

여기서,

$$\alpha = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$$

$$SST = (\text{Control SST}) + \alpha \quad (2)$$

여기서,

$$\alpha = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$$

H 는 대만지역의 지형자료에 대한 Terrain Height 를 나타내며, 0.0부터 1.0까지 가중치를 변경하여 그 효과를 보고자 했다. SST는 동경 115도부터 동경 150도, 적도부터 북위 25도까지의 SST를 일괄적으로 0.1도씩 증가시켜 실험했다.

실험 사례는 대만을 지나쳐 중국에 상륙했던 태풍 0908호 모라꼿으로 실험 초기시간은 대만상륙 약 48시간 전인 8월 5일 12UTC로 하였다.

4. 실험 결과

본 연구에서는 적도지역 열적 및 역학적 강제력이 태풍의 진로에 미치는 영향을 TWRF모델로 모의하여 Control Run에 대한 RMSE를 구하였다. Fig 2(a)와 2(b)는 대만 부근의 지형효과와 적도지역의 열적 강제력이 태풍의 진로에 미치는 영향을 진단하기 위해 각각 식(1)과 식(2)에 의해 생성된 5개의 멤버와 Control Run의 5일 예보 결과에 대한 진로오차(RMSE)를 나타낸다.

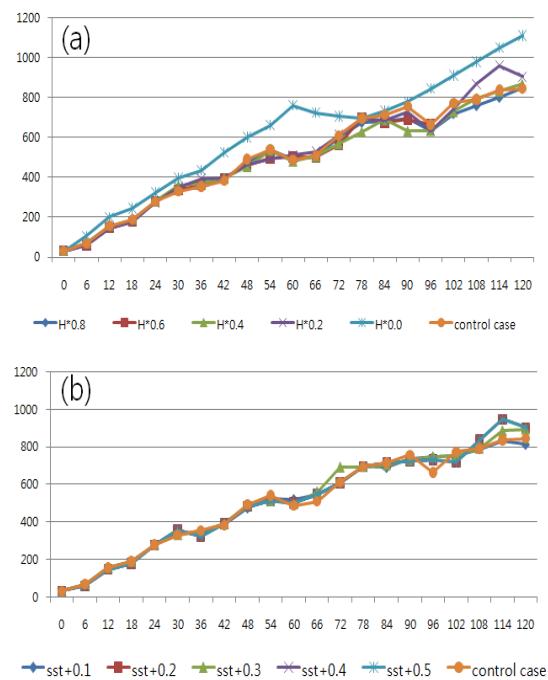


Fig. 2. The track errors of typhoon Morakot 2009 for five members of ensemble run. The track errors are caused by (a) tropical SST forcing induced thermal forcing and (b) topography induced mechanical forcing for 120-hours forecast, respectively.

Fig. 3은 열적 강제력과 대륙의 지형효과가 태풍의 진로에 미치는 상대적인 영향을 비교한 것이다. 2009년 제 8호 태풍 모라꼿의 경우, 예보 시간이 길어 질 수록 열적 효과가 지배적이며, 특히 5일 후 역학적 강제력이 열적 강제력 보다 약 2배 정도 큼을 알 수 있다.

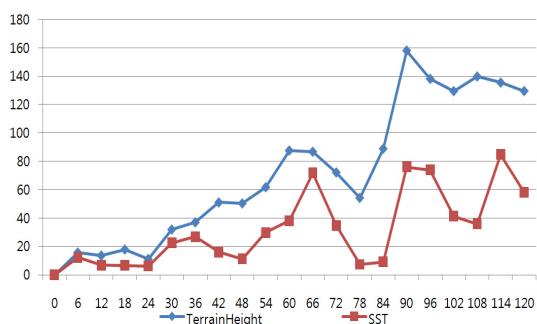


Fig. 3. Intercomparison of thermal and mechanical forcing on the track error of typhoon Morakot for 120-hours forecast. The RMSE errors are for 5-ensemble members.

5. 결 론

본 연구에서는 열적 및 역학적 강제력이 태풍의 진로에 미치는 영향을 TWRF모델에 의해 진단하였다. 2009년 제 8호 태풍 모라꼿의 경우, 전반적으로 역학적 강제력이 열적 강제력 보다 지배적이었으며, 시간 적분 5일 후 역학적 강제력은 열적 강제력 보다 2배 정도 강하게 진로 오차를 증가 시켰다. 향후, 보다 많은 사례에 대한 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 기상청 2010년 CATER(grant number 2010-75)사업의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Kang, S. D., Won, S. H., 2009, WMO 2nd International Workshop on Tropical Cyclone Landfall Processes (IWTCCLP-II).
기상청, 2010, 태풍백서.