

OA9) 상세 지표경계조건과 윈드프로파일러 자료를 이용한 연안지역 바람장 개선 효과 분석

노소영*, 정주희, 김유근
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

최근 연안지역에서 급작스런 풍랑과 쓰나미 같은 자연 재해들에 의한 피해가 급증하고 있다. 이에 따른 연안지역의 피해를 줄이기 위한 노력으로 연안지역 상세 바람장의 정확도를 높이기 위한 연구가 수행되었다(정주희, 2007). 연안지역의 바람장은 해상풍 수치모의 및 풍랑예보에 중요한 영향을 미치는 인자로서, 바다의 영향을 많이 받는 육지 근처의 연안지역일수록 대기 순환의 불규칙적인 변동성 때문에 그 예측이 쉽지 않다(Ross, 1988). 따라서 수치모델에서 연안지역의 특성을 정확히 고려하기 위해서 연안지역 상세지표경계조건 적용과 자료동화기법에 관한 연구가 진행되고 있다(Lee, 2005). 본 논문에서는 위성에서 관측한 상세 지형자료를 고려하여 연안지역의 지표경계조건을 강화시키고, 자료동화기법인 3차변분법에 시공간적으로 고분해능을 갖는 윈드프로파일러 관측자료를 적용하여 연안지역의 상세 바람장을 개선하고자 하였다. 또한, 상세 지표 경계자료와 윈드프로파일러 자료를 이용하여 WRF-3DVAR를 통해 개선된 초기장이 지형효과를 반영한 보다 정확한 연안지역 바람장 형성에 기여하는 영향과 그 개선효과에 대해서 논의하고자 하였다.

2. 연구방법

연안지역 특성에 따른 지표경계조건 변화와 자료동화 효과를 분석하기 위하여 해안선이 복잡하고 많은 섬들로 이루어져 다양한 바람패턴을 보이는 남서해안과 단조로운 해안선을 나타내지만 산맥에 의한 산곡풍과 해륙풍이 복합적으로 작용하는 동해안을 연구대상지역으로 선정하였다. 기상모델은 WRF(Weather Research and Forecasting)를 사용하였고, 모델링은 10, 3.3, 1.1km (남해안), 1.1km (동해안)의 수평격자를 갖는 4개의 도메인으로 구성하였으며 연직격자는 28개 층을 사용하였다. 연구에 사용된 도메인은 Fig. 1과 같으며, 초기 및 경계조건은 기상청에서 제공하는 30km RDAPS(Regional Data Assimilation and Prediction System)와 1도 FNL(Global Final Analysis) 지표자료(soil temperature, moisture 등), 0.5도 SST(Sea Surface Temperature)자료를 이용하였다. 모형의 물리과정의 적운 모수화 방법으로 Kain-Fritsch 방안을 사용하고, 복사 모수화 방안으로 장파복사에 대해서는 RRTM 방안을 사용하고, 단파복사에 대해서는 Dudhia 방안을 사용하였다. 경계층 모수화 방안은 현 기상청에서 사용하고 있는 YSU PBL을 사용하고, 미세물리 모수화 방안으로는 Lin et. al를 사용하였다. 또한, 지표모수화방안은 Noah LSM(Land Surface Model)을 선택하여 WRF에 실험하였다. 연구 사례일은 중관장의 영

향이 약하여, 국지풍의 발달이 뚜렷한 2007년 8월 22일 1500UTC부터 25일 1500UTC로 선정하였다.

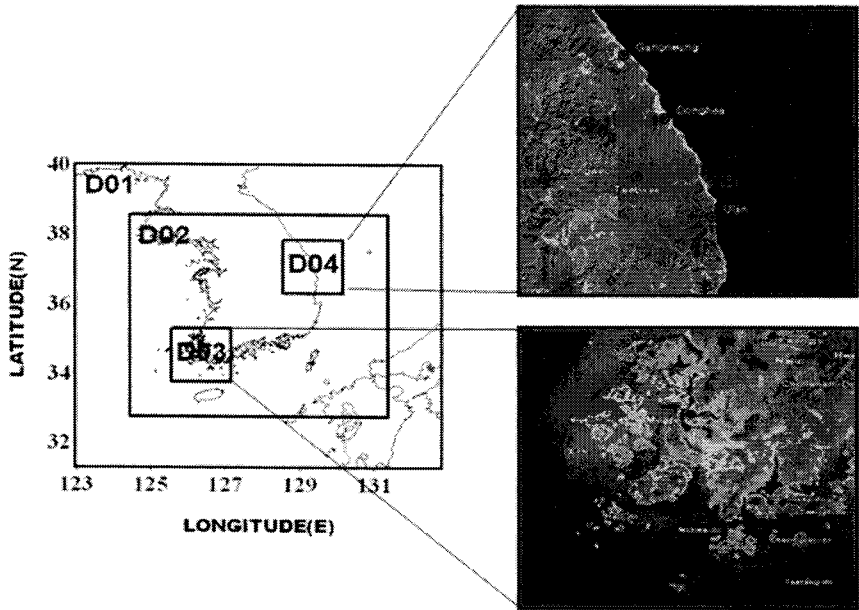


Fig. 1. The nested model domains for WRF simulation. Domain 1, 2, 3, and 4 (denoted by D01, D02, D03 and D04) have a horizontal grid resolution of 10, 3.3, 1.1, 1.1km and 1.1km, respectively.

상세 지표경계조건은 위성에서 관측된 SRTM 고해상도 3초 지형자료를 사용하였으며, WRF 기상모델에 적용하여 최적의 효과를 내는 내삽 기법을 선정하기 위한 실험을 수행하였다. 고해상도 바람장을 모의하기 위해서는 기본적으로 고해상도 입력 자료를 획득하는 것이 중요하지만, 고해상도 입력 자료와 모델링의 격자점이 항상 일치할 수 없기 때문에 고해상도 입력 자료를 원본 데이터의 특성을 왜곡시키지 않는 범위 내에서 내외삽 시키는 것도 중요하다. 본 실험에서 다른 내외삽 기법은 본래 위성 영상을 확대 축소하는 과정에서 생기는 왜곡현상을 줄이기 위해 영상기하학에서 주로 연구되어져 왔었다 (Gonzales & Woods, 2002). 이런 다양한 내삽기법에 따른 지형효과의 분석은 고해상도 바람장을 정확하게 모의하기 위해서 반드시 거쳐야 하는 기초연구로써 그 중요성을 높게 평가할 수 있다.

본 연구에 사용된 3차원 변분법이란 초기 추정치와 관측값에 가장 가까운 대기의 상태를 구현하기 위하여 비용함수(Cost Function)를 도입하고, 비용함수의 최소값을 수치적으로 찾아내어, 얻어진 최소점을 분석값으로 이용하는 자료동화기법을 말한다. 이러한 자료동화 기법중의 하나인 WRF-3VAR(3-Dimensional Variational Data Assimilation System)를 사용하여 76개의 기상대 관측소에서 생산한 320개의 기상자료 중에서 3차원 바람장에서 사용할 풍향, 풍속, 온도의 기상관측 자료만을 선별하여 3시간 간격으로 동화시키고, 대기 하층의 세밀한 연직 관측 자료의 동화 영향을 알아보려고 해남, 강릉, 군산, 마산, 문산, 울

산의 윈드프로파일러 관측 자료(풍향, 풍속)를 3시간 간격으로 WRF-3DVAR에 동화시켰다.

3. 결과 및 고찰

3.1. SRTM 상세 지형자료 적용 결과 분석

Fig. 2와 Table 1에 가장 흔히 사용되는 쌍선형(EXP1), 쌍입방(EXP2), 최단일점(EXP3) 보간법을 SRTM 지형자료에 똑같이 적용하고, USGS에 쌍선형 보간법을 적용한(EXP0) 경우에 대한 효과를 보고자 앞에서 다른 3가지 보간법을 적용하여 결과를 비교 분석하였다. 복잡한 해안가를 지닌 남서해안이 동해안보다 SRTM 적용 효과가 더욱 선명하게 나타났다. 또한 내삽기법에 따라서 지형고도의 최대값과 최소값, 그리고 평균값이 약간씩 차이를 보이는 것으로 분석 결과 나타났다.

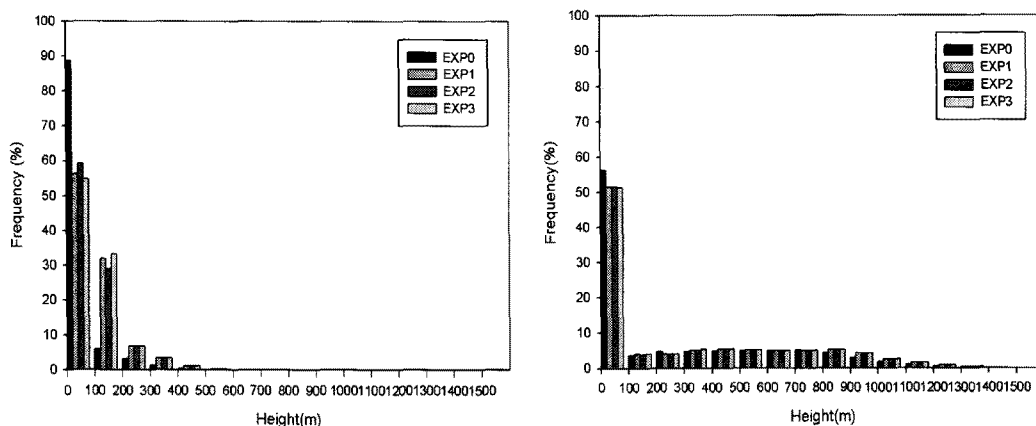


Fig. 2. Frequency histogram for classification results of height difference, the domain D03 (left) and D04 (right) with SRTM, EXP1, EXP2, and EXP3 (classification including both land and sea area)

Table 1. summary of statistic of the topography height for study domains D03 and D04

Domain	D03				D04			
Experiment	EXP0	EXP1	EXP2	EXP3	EXP0	EXP1	EXP2	EXP3
Mean	29.3719	33.4631	33.1304	33.5398	269.3744	253.6517	253.6126	253.6692
Max	1178.000	951.055	950.919	950.938	1569.000	1425.538	1429.583	1431.700
Min	-19	-1.25	0	-11.22	-8	0	0	0

3.2. 윈드프로파일러 자료동화 효과 분석

윈드프로파일러 관측자료의 자료동화 효과를 보다 상세하게 분석하기 위해서 각각의 실험설계에 따라 모의된 풍속차이의 공간분포를 아래의 그림에 제시하였다. 기상대 지상 관측자료만 자료동화한 경우와 지상과 연직 모두 자료동화한 경우의 풍속의 차이는 윈드

프로파일러의 자료동화 효과를 보기위한 것이다. 아래 Fig 3 에 windprofiler 시간에 따른 윈드프로파일러 자료동화효과를 나타내었다. 연안지역을 중심으로 그 효과가 강하게 나타남을 알 수 있었다.

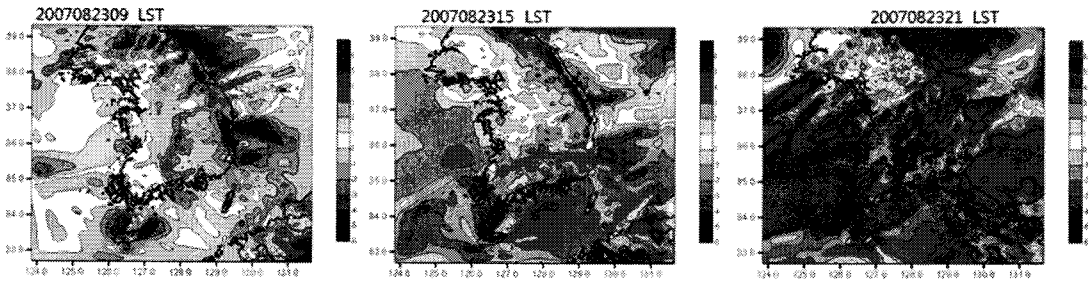


Fig. 3. Difference of wind speed in D01 at 0900LST, 1500LST, and 2100LST on 23 August, 2007. Windspeed ranging from -6 to 6 m/s

4. 결 론

연안지역의 바람장을 보다 현실에 가깝게 모의하기 위해 윈드프로파일러 관측자료를 사용하여 WRF-3DVAR 자료동화기법에 대한 동화효과를 분석하였고, 상세 지표경계자료를 적용하여 그 개선효과를 제시하였다. SRTM 상세 지형자료를 적용한 결과, 남서해안의 복잡한 해안선과 작은 섬들까지 모델링에 고려되었다. 또한 윈드프로파일러 관측자료를 WRF-3DVAR에 자료동화시킨 결과, 동해안을 비롯한 남서해안의 연안지역에서 그 개선 효과가 뚜렷히 나타났다. 따라서 한반도 내 지형효과를 고려한 보다 정확한 바람장 산출을 위해서는 더 많은 지점에서의 정확하고 조밀한 기상관측이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

“이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-313-C00779).”

참 고 문 헌

- 정주희, 권지혜, 김유근, 2007, 고층기상관측자료를 이용한 바람장 개선 효과 연구, 한국환경과학회지 제 16권(제10호), 1127~1137.
- Gonzalez R. C., Woods R. E., 2002, Digital Image Processing, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, Second Edition, p. 1-33.
- Lee Mi-sun, 2005, Preliminary tests of first guess at appropriate time(FGAT) with WRF 3DVAR and WRF model, 41(4), pp. 485-505.
- Ross, D. G., I. N., Smith, P. C. Manins, D. G. Fox, 1988, Diagnostic wind field modeling for complex terrain : model development and testing, Journal of Applied meteorology, 27, pp. 785-796.