

특별세션 6 / 이상기상 대응 수치모델 2-1

KIM-전구(8km) 운영 현황 및 향후계획

임정옥, 조경미, 최현주, 조익현

기상청 수치모델링센터

기상청은 2020년 4월부터 전지구 한국형수치예보모델(Korean Integrated Model, 이하 KIM-전구)의 현업운영을 시작한 이후 지속적인 업데이트를 통해 성능을 향상시켜 오고 있다. 올해 5월 14일부터는 차세대사업의 1단계 사업성과를 반영한 KIM4.0버전을 현업화하여 운영중이다. 본 연구에서는 KIM4.0에서의 주요 개선 효과와 운영 현황을 소개하고, 향후 개선계획을 논의하고자 한다.

KIM4.0은 역학 및 물리과정(지면, 복사, 대류, 미세물리)에서 개선 및 최적화가 이루어졌으며, 예측 모델 및 자료동화와 앙상블의 해상도가 각각 12km에서 8km, 32km에서 24km로 향상되었다. 여름철('22.7.~8.), 겨울철('23.1.~2.)에 대한 순환실험을 통한 성능 평가 결과, KIM4.0의 예측성능은 대표 성능평가 지수인 북반구 500 hPa 지위고도 5일 예측기준으로 KIM3.9 대비 여름철 약 2%. 겨울철 약 3% 개선되었고, 지형 상세화 및 적운물리과정 개선을 통해 한반도 강수 예측 성능이 개선됨을 확인하였다. 특히 KIM4.0으로 업데이트되면서 그간 저조했었던 겨울철 예측 성능에서의 향상이 두드러지게 나타났다. 기상청은 KIM-전구(8km)의 차기버전으로 자료동화 개선사항을 포함하여 겨울철 주요 오차인 북반구 고위도 하층 한랭 편차 완화 및 현업 운영중 나타난 예측 후반 열대요란 강화 경향 개선을 위한 물리과정 개선을 추진 중이다.

Keywords: KIM-전구(8km), 겨울철 주요 오차, 한반도 강수

※ 이 연구는 수치모델링센터 “수치예보 및 자료 응용 기술개발(KMA2018-00721)” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

Numerical Simulation of Rapid Tropical Disturbance Development Associated with Topography

Baek–Min Kim^{1,2}, Ha–Rim Kim²

¹Department of Environmental Atmospheric Science, Pukyong National University

²Supercomputer Center, Institute of Environmental and Marine Science Technology, Pukyong National University

Tropical disturbances often serve as precursors to tropical cyclones, yet their triggering mechanisms remain uncertain in numerical models. In this study, we investigate a case in which the ERA5 reanalysis shows no distinct tropical disturbance, while numerical simulations unexpectedly produced rapid disturbance formation. The model was initialized and prescribed with boundary conditions from the Korea Integrated Model (KIM), and sensitivity experiments were conducted using three cumulus parameterization schemes: KSAS, KSAS-NT, and KSAS-EXP. Despite the differing trigger logics of these schemes, all three experiments consistently simulated tropical disturbances. This suggests that the disturbance occurrence was not primarily scheme-dependent. A common feature among the experiments was that the simulated disturbances repeatedly developed near islands or topographic features within the domain. This indicates that forced lifting by terrain, combined with localized land–sea contrast, may act as an artificial trigger for convection in the model, leading to spurious disturbance formation. To further assess this hypothesis, we designed experiments with modified initial conditions in which terrain height, land–sea mask, and land-use categories were replaced by ocean-only settings. By comparing the control and “all-ocean” experiments, we aim to clarify the extent to which topography modulates the initiation of tropical disturbances in regional models. Our findings highlight the potential over-sensitivity of convection schemes to topographic forcing, even when scheme physics differ. This study provides insight into the robustness of tropical disturbance simulations and underscores the importance of carefully evaluating land–sea boundary effects when interpreting model outputs.

Keywords: tropical disturbance, cumulus parameterization scheme, numerical simulation, topographic forcing

※ This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2710079872) (Research Project of Global Collaborative Research on the Role of Sea Spray in Rapid Typhoon Intensification).

특별세션 6 / 이상기상 대응 수치모델 2-3

고해상도 현업 KIM 모델에서 발생한 과도한 열대요란 발달의 원인분석 및 억제실험

김대현, 문지홍, 김무찬

서울대학교 지구환경과학부

모든 태풍은 열대요란으로부터 발달하지만 모든 열대요란이 태풍으로 발달하지는 않는다. 정확한 태풍예보를 위해서는 예보를 위해 사용하는 수치모델이 태풍으로 발달한 시스템 뿐 아니라 태풍 이전단계의 요란까지 현실적으로 모의해야 한다. 2025년 6월 25일 초기장에서 시작한 고해상도 KIM 모델의 현업예보장에서 과도하게 발달한 열대요란이 나타났다. 본 발표에서는 현업 예보장을 분석하여 ‘가짜’ 열대요란의 발달원인을 진단하고 열대요란의 발달을 억제하기 위해 적운모수화를 수정하여 실험한 결과를 바탕으로 현실적인 열대요란 모의를 위한 모델개발 방향을 토의한다.

Keywords: 고해상도 KIM 모델, 열대요란, 태풍

특별세션 6 / 이상기상 대응 수치모델 2-4

구름-복사 과정 및 해빙-구름 상호작용 개선을 통한 극지 예측성 향상과 이상기후 대응 가능성

Improving Polar Predictability through Enhanced Cloud-Radiation Processes and Sea Ice-Cloud Interactions for Extreme Climate Event Preparedness

박래설, 배수야, 박준성, 정용철, 정진윤, 백성혜, 구명서

차세대수치예보모델개발사업단 수치모델실

본 연구는 가속화되는 북극 환경 변화에 대응하여 극지 예측성을 향상시킴으로써, 전 지구적 이상기후 대응에 기여할 수 있는 기반을 마련하는 것을 목표로 한다. 북극은 지구 시스템에서 에너지 수지와 대기-해양 상호작용의 핵심 지역으로, 예측 불확실성은 중위도 이상기후 발생 가능성과 밀접히 연관되어 있다. 특히 구름-복사 과정은 해빙 변동과 대기 열 구조, 해양 열 저장에 직·간접적으로 영향을 미쳐 극지 예측 정확성을 제한하는 주요 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 해빙을 포함한 해양-대기 결합모델을 기반으로 구름 및 복사 과정을 개선하였다. 개선된 모의 결과는 ERA5 재분석 자료 및 위성 관측 비교를 통해 검증되었으며, 그 결과 극지방에서의 복사수지 재현성과 기온 및 해빙 예측성이 유의미하게 향상되었음을 확인하였다. 특히 구름-복사 과정의 개선은 해빙-구름 상호작용을 보다 정교하게 구현하여, 해양 열 함량 분포와 대기 순환 패턴에도 긍정적 영향을 미쳤다. 본 발표에서는 이러한 구름-복사과정 개선을 통한 극지 예측성 개선 성과를 중심으로 논의하며, 이를 통해 전 지구적 이상기후 예측 및 대응 역량 강화에 기여할 수 있는 가능성을 시사하고자 한다. 또한 향후 연구에서는 이러한 극지지역 개선 효과가 연장중기 예보 및 중위도 이상기후 예측성 향상으로 어떻게 연결되는지를 심층적으로 탐색할 계획이다.

Keywords: 북극 예측성(Arctic Predictability), 구름-복사 과정(Cloud-Radiation Processes), 해빙-해양-대기 결합모델 (Sea Ice-Ocean-Atmosphere Coupled Model), 해빙-구름 상호작용(Sea Ice-Cloud Interaction), 이상기후 대응 (Extreme Climate Event Preparedness)

※ 이 연구는 기상청 출연사업인 (재)차세대수치예보모델개발사업단의 가변격자체계 기반 통합형수치예보모델 개발(KMA2020-02212)의 지원으로 수행되었습니다.

Revised Noah-MP within the KIM framework

Hyeon-Ju Gim, Myung-Seo Koo, Jaeyoung Song, Mee-Hyun Cho

Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems (KIAPS)

The Korean Integrated Model (KIM) had been developed by the Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems (KIAPS) during its first phase (2011–2019), the KIM has been operational at the Korea Meteorological Administration since 2020 with the land surface model (LSM) of Noah. In the ongoing second phase (2020–2026), the Noah-Multiparameterization (Noah-MP) LSM has been tried to be introduced into KIM to improve the representation of land–atmosphere interactions for medium-range and sub-seasonal forecasts. Because, the initial coupling of Noah-MP (v5) into KIM did not outperform the KIM with default Noah. In boreal summer, for instance, it produced an overestimation of 2-m humidity over deserts and mid-latitudes, and in boreal winter, it amplified the existing cold bias over snow-covered continents, degrading prediction skill. To address these issues, extensive refinements were applied across soil, vegetation, snow, and surface-layer processes mostly via improved ancillary datasets such as LAI and soil color maps, strengthened the energy balance across the soil–snow–atmosphere continuum. Soil updates improved thermal conductivity and near-surface humidity representation, vegetation revisions updated canopy fraction, photosynthesis, and heat storage, and snow processes were enhanced through revised thermal conductivity, snow cover fraction, albedo, and a new ground heat flux treatment. The surface layer was updated by refining displacement height and stability constants. As a result, the revised KIM/Noah-MP system reduces summer wet and winter cold biases and improves tropospheric forecast skill over the Northern Hemisphere and Asia. While challenges remain in the tropics and extended medium range forecasts, the updates highlight the strong potential of Noah-MP for further refinement and operational use within the KIM framework.

Keywords: land surface model, Korea Integrated Model, Noah-MP, medium range forecast

※ This work was carried out through the R&D project “Development of a Next-Generation Numerical Weather Prediction Model by the Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems (KIAPS)”, funded by the Korea Meteorological Administration (KMA2020-02212)

특별세션 6 / 이상기상 대응 수치모델 2-6

KIM 고위도 지역 초기 토양 수분 조건에 따른 지면-대기 상호작용 분석

양균환¹, 김백민¹, 최현주², 조정미², 백은혁³

¹부경대학교 지구환경시스템과학부 환경대기과학전공

²수치모델링센터 수치예보활용팀

³공주대학교 대기과학과

지면-대기 상호작용에 대한 이해는 수치예보모델 예측성능 향상에 있어 핵심적인 요소이다. 특히 고위도 지역에서는 여름철의 경우 토양 수분과 구름 물리과정의 복잡한 상호작용은 모의 오차를 증폭시킨다. KIM 여름철 현업예측을 분석할 경우, 중앙 시베리아-극동 시베리아 지역에 토양 수분 건조 오차가 초기시간부터 지속되며, 지상 기온/지표 온도의 온난편차를 성장시킨다. 본 연구는 이러한 현업 예측의 고정 오차를 개선하고자 지면 초기장 민감도 실험을 진행하였다. KIM 지면 초기장 생성에 사용되는 Noah-LSM offline model을 활용하여 최대토양수분량(Maximum soil moisture content) 매개 변수 조정 실험을 진행하였다. 그 결과 중앙 시베리아-극동 시베리아 지역의 토양 수분량을 약 10% 증가 및 지표 온도를 약 0.3K 정도 감소된 지면 초기장을 생산하였다. 이러한 개선된 지면 초기장을 KIM4.0에 초기 조건으로 사용하여 그 효과를 확인하였다. 현업 예측 결과의 경우 Noah-LSM offline 실험과 유사하게 토양 수분의 증가는 지상 기온/지표 온도의 감소로 이어졌다. 그러나 증가한 토양 수분은 잠열 속 증가에 따른 증발냉각 효과뿐만 아니라, 하층 운량 증가에 따른 하향 단파 복사 감소 효과까지 유발하였다. 토양 수분 증가량은 Noah-LSM offline 실험과 비슷하나, KIM 실험에서의 지면-대기 상호작용은 중앙 시베리아-극동 시베리아 지역 지표 온도를 경우 약 7K 정도 감소시켰다. 결과적으로 본 연구는 KIM의 고위도 예측성능 개선을 위해서는 지표면 초기조건 개선 뿐만 아니라, 지면-대기 상호작용에 따른 구름, 복사 상호작용 및 피드백 작용에 대한 이해가 필요함을 시사한다.

Keywords: KIM, 지면 모델, 지면-대기 상호작용, 토양 수분, 구름 피드백

※ This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2710079872) (Research Project of Global Collaborative Research on the Role of Sea Spray in Rapid Typhoon Intensification).