

국외 출장 결과보고서

결 재	담당자	실장	사업단장
	10월 15일	10월 22일	10월 22일
	설경희	권인혁	권인혁

1. 출장개요

출장목적	ECMWF "Diagnostics for global weather prediction" 워크숍 참석		
출장일정	2024. 9. 8.~2024. 9. 14. (5박 7일)		
성명		소속	직급(직위)
설경희		검증진단팀	책임급연구원(팀장)
방문기관 (또는 회의장소)	유럽중기예보센터(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)		
출발지	대한민국 인천	도착지	영국 레딩

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- 2024년 9월 9일부터 12일까지 영국 레딩에서 개최되는 "Diagnostics for global weather prediction"은 ECMWF에서 주최하는 진단 관련 워크숍이다. 진단은 일기 예보 전반에 걸쳐 사용되며, 문제를 식별하고 개발을 지원할 수 있다. 진단의 근본적인 목표는 앙상블 시스템과 그의 기반이 되는 지구시스템(Earth System Models)의 개선이다. 이 워크숍에서는 새로운 진단이 역학-물리과정 기반 수치모델 및 자료 기반(머신러닝) 시스템에서 이러한 목표를 달성하는 데 어떻게 도움이 될 수 있는지에 대해 논의될 것이다. 본 워크숍에 참석하여 진단 관련분야의 최신기술 및 연구 동향을 파악하고, 기술을 습득하여 향후 연구에 적용하고자 한다. 또한 전문가들과 논의를 통하여 유용한 정보를 수집하고 진단에 대한 이해를 향상하고자 한다.

나. 주요 업무 수행 사항

- 궁극적인 대기예측성이란 무엇이고 NWP 예측성을 방해하는 것은 무엇인지에 대한 토의
 - 대기예측성은 본질적으로 제한되어 있지만 대기 흐름에 따라 달라지므로 예측성이 급격하게 떨어진 사례(forecast busts)를 이용하여 종관현상 분석을 통해 regime에 따른 예측성능 하락의 원인을 진단하는 것이 필요함(Christian M Grames 발표)
 - 모델 오차 진단을 위해 내재적 한계(초기조건 불확실성)로부터 접근하고자 함. ECMWF EDA 시스템을 이용, 이때 모델은 완전하다고 가정, 4~5일 예측 성능을 높이기 위해서는 초기조건의 정확도 향상이 요구됨을 보임(현재보다 약 90%의 개선이 필요). 이러한 내재적 예측성은 대류

규모 자체 및 규모간 상호작용에서 발생하는 불확실성에 의해 제한을 받으며 잠재와도 진단 (PV diagnostics)을 통해 예측성 regime을 확인할 수 있음(Tobias Selz 발표)

- ERA5 재분석 자료 분석에 따르면 유럽지역의 Forecast busts 사례 감소는 관측자료의 증가 (Seraphine Hauser 발표), 특히 구름 지역의 관측을 활용하게 되면서라고 생각됨. 또한, 전천 자료동화가 가능한 것은 모델에서 관측과 유사한 값을 모의하기 때문이므로 여전히 수치모델을 지속적으로 개선해야 함.

○ 주요 모델 오차와 불확실성은 무엇인가에 대한 토의

- 예측 성능을 높이기 위해서 어떤 부분을 중점적으로 개선해야 하는가?

중력파와 같은 작은 규모 현상에 의해 매개되는 성층권과 대류권의 상대적으로 큰 규모의 상호 작용에 집중해야 함. 대규모 운동에서의 작은 오차는 매우 빠르게 성장하여 예측성에 큰 한계로 작용하기 때문 --> 그러면, 우리는 대규모 현상에 영향을 직접 주는 현상에 집중해야 하나 아니면 대규모 현상에 영향을 미치는 작은 규모 현상에 집중해야 할까? --> 모델이 점점 고해상도가 되면서, 규모간 상호작용, 혹은 서로 다른 물리과정 간에 상호작용을 명백하게 구별하는 것이 매우 어려워짐. 특히, EDMF처럼 모수화방안에 규모인지 과정이 포함되어 있기에 소규모 난류 과정 문제인지 대규모 적운과정이 문제인지 구별하는 것이 매우 어려움.

- 모델 오차를 검증하기 위해서는 관측이 필요한데, 여기서 필요한 것은?

중력파를 모의하기 위해 고해상도 모델이 있으나 이를 검증할 중력파 관련 관측, 특히 성층권 지역을 검증할 관측이 매우 부족. 또한 km 해상도 모델이 연직속도를 과대모의하고 있다는 것은 명백하지만 연직속도에 대한 관측도 없기에 이에 대한 검증도 불가함. 다만, 도플러 레이더 관측 자료에서는 강한 강승기류에 대한 정보를 얻을 수 있음. 또한, 현재 우리가 가지고 있는 관측을 더 잘 활용하는 것, 예를 들어, 자료동화시스템을 잘 사용하는 것도 매우 중요함. 오차를 분석할 때 무작위 오차와 계통오차를 잘 구별하는 것, 특히 현업과 같이 장기간 자료가 있을 경우, 분석 조건에 따라 무작위 오차라고 생각했던 것에서 중요한 의미를 지니는 계통오차 정보를 얻을 수도 있음. 이런 분석에 AI를 활용하는 것도 가능함.

3. 출장성과 • 시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과 • 시사점

- KIM 모델의 검증 및 진단을 위해서는 동아시아 지역의 날씨/계절 현상에 대한 깊이 있는 이해와 이에 대한 KIM 모델의 장기간 예측자료를 이용하여 예측 특성을 세밀하게 분석, 진단이 필요함. 이를 통해 KIM 예측성 저하를 일으키는 주된 원인, 대기 현상을 찾아야 함.

- 예측성능 향상을 위한 초기자료 개선을 위해서 Tobias Selz 발표처럼 KIM 앙상블 자료동화를 이용하여 비슷한 진단을 시도, KIM 예측성 향상에 자료동화 개선이 얼마나 도움이 될 수 있을지 추정할 수 있음.

나. 향후 업무 활용 계획

- 현재 사업단에서 활용되고 있는 검증진단 방법은 예측결과에 대한 1차적인 검증만 수행되고 있음. KIM 모델이 이제는 어느정도 일정 정도의 예측성을 보이는 수준으로 개발되었기 때문에 한 단계 더 높은 예측성능을 가지기 위해서는 이번 워크숍에서 발표, 논의되었던 것처럼 날씨 현상에 기반한 진단이 필요함. 그러기 위해서는 우선, 전지구 수치모델에서 예측성에 많은 영향을 미치는 다양한 현상 (열대지역 파동, 다양한 규모 현상 간 상호작용, 중규모 대류계(MCS), 블로킹(blocking), 태풍, MJO와 이와 관련된 원격상관 등)에 대해 진단을 해야 함. 이를 위해 파동 분석, 에너지 스펙트럼 분석, 잠재와도(PV) 분석 등의 방법을 활용할 수 있음.