

국외 출장 결과보고서

결	담당자	팀장	실장	사업단장
	10월 2일	10월 7일	10월 8일	10월 10일
재	홍자영	심태현	이은희	권인혁

1. 출장개요

출장목적	ECMWF Workshop on Diagnostics for Global Weather Prediction 참석 및 발표		
출장일정	2024. 9. 8.~2024. 9. 14. (5박 7일)		
성명		소속	직급(직위)
박혜진		양상블응용팀	선임급연구원
홍자영		양상블응용팀	선임급연구원
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 "Workshop on 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 모델의 개선이다. 이 워크숍에서는 새로운 진단이 물리 및 자료 기반 시스템에서 이러한 목표를 달성하는 데 어떻게 도움이 될 수 있는지에 대해 논의되기 때문에 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

- 박혜진
 - 본 워크숍에서 KIM의 겨울철 연장중기 앙상블 과거재예측자료로부터 MJO의 모의 성능을 평가하고 진단한 내용을 포스터 발표하였고 타 기관의 연장중기예측 및 MJO 전문가들로부터 논의 및 조언을 얻었다. Frederic Vitart 박사(ECMWF)는 Glosea6와 비교해 보기를 권했고, 열대 인도양-서태평양에서 대류권 하층 수증기의 건조 오차의 예측선행시간별 변화를 살펴보기를 제안했다. 또한, KIM에서는 다른 S2S 모델들과 달리, 선행시간이 증가할수록 MJO의 위상 속도가 빨라지

는데, 이는 대기-해양 상호작용 부족이 원인일 것으로 보고 결합모델에서의 MJO 성능 분석을 제안하였다. David Straus 교수(George Mason University)는 개별 initialization의 MJO 예측 성능과 선행시간별 MJO 성능간의 관계에 대한 분석에 흥미로운 반응을 보였고, 본인의 연구에서 slow MJO의 경우 예측 성능이 더 좋게 나왔으며, 전파특성에 따른 MJO 분류에 따라 예측 성능을 비교해 볼 것을 제안했다(본인의 논문들을 참고 논문으로 추천함). 김혜미 교수(이화여대)와는 MJO 예측 성능 이외에도 모델에서 열대 강수의 모의 특성 및 열대 수증기와의 관계에 대해서 논의하였고 이에 대한 추가적인 분석을 제안하였다.

- 본 워크숍에서는 다양한 기관들로부터 모델의 오차와 성능을 진단하는 방법 및 그 결과들에 대해서 다양한 연구들이 발표되었다. Predictability 섹션에서는 모델의 실질적 예측성과 예측성의 본질적인 한계의 관점에서 weather regimes와 diabatic heating, forecast busts를 진단한 내용들이 발표되었고, Process 섹션에서는 모델의 물리모수화 과정의 진단 및 극한 강수 발생 진단을 위한 실험 분석, 열대 기상에 대한 진단 등에 대해서 발표되었다. 그 외에도 진단 관련 프로젝트들의 소개와 새로 생성되는 ERA6 자료, Digital twin 연구, AI를 활용한 예측에 대한 연구 발표들이 있었다.

o 홍자영

- ECMWF 진단 워크숍에서는 KIM에서의 stochastically perturbed parameterization tendencies (SPPT)의 영향에 대한 결과를 평가하고 진단한 내용을 포스터 발표하였고, 추계 섭동 관련하여 ECMWF의 Sarah-Jane Lock 박사와 논의하고 조언을 받음. 모델마다 추계 물리 경향 섭동이 미치는 영향은 다르기 때문에 KIM에서 스프레드 변화가 매우 작은 것은 충분히 있을 만한 결과라고 판단하였다. 현재 개발 중인 stochastically perturbed parameterizations (SPP) 방안에 대해서도 random parameter 중 하나인 표준 편차를 일정한 간격으로 5일 예측 실험을 수행하여 민감도를 평가해야 하며, 이 작업에 시간이 많이 소요될 것이라는 조언을 받았다. 예측 결과를 분석한 후에 궁금한 점은 이메일로 문의할 것을 약속받았으며, Lock 박사의 SPPT와 SPP의 수분 및 엔탈피 등의 보존 차이에 대해 분석한 포스터 결과를 함께 보며 논의하였다.
- 수치 예보 모델에서 중규모 과정의 표현과 연장 중기 예측에 대한 이점을 조사하기 위한 진단 방법, ERA5 재예측에서 유럽 전역의 '예측 실패(forecast busts)'를 신경망을 이용한 분석 결과와 예측성, 실용적 예측 가능성에서 내재적 예측 가능성으로의 전환과 이를 진단하는 방법 등의 발표를 듣고 수치 예보 모델의 궁극적인 예측성과 발목을 잡는 요인은 무엇인지에 대해 논의하는 시간을 가졌다. 다양한 전지구 모델들로 모의한 중규모 대류 시스템을 진단한 결과, 극한 강수 표현의 한계, 얇은 대류에 대한 에디 모멘텀 플럭스의 역할, 프로세스 기반 진단을 통한 오차 원인을 파악한 발표 등이 있었다. 또한, 고해상도 모의를 이용하여 추계적 매개변수를 제한하는 발표에서는 고해상도 모델과

single column model로 SPPT 방정식을 이용하여 매개변수화된 물리 경향성을 계산한 발표가 있었다.

3. 출장성과 · 시사점 및 향후 업무 활용 계획

- 박혜진 : 본 워크숍에서는 모델의 성능을 향상하기 위해서 단순히 검증 지표로 모델을 평가하는 것을 넘어서서 모델의 오차 성장 메커니즘을 파악하기 위한 다양한 진단에 대한 발표가 이루어졌고, 이러한 실험 및 진단들을 KIM에 적용하여 KIM의 오차를 이해하는 데 도움을 받을 방법들을 알게 되었다. 그리고 실험 및 진단 방법에 관한 공부가 더 필요할 것으로 보였다. KIM의 MJO 성능 평가 발표에 대해서 연장중기 및 열대 대류의 전문가들로부터 다양한 조언(나. 주요 업무 수행 사항에 표기)을 받을 수 있어서 연구를 깊이 있게 확장할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, MJO의 성능 진단 뿐 아니라 MJO 원격 상관으로 인한 북반구의 예측 영향에 대해서도 추가 분석할 예정이다.
- 홍자영 : 수치 예보 모델의 진단 및 평가 방안에 대해 많은 논의 및 발표가 이루어졌으며, 향후 KIM 진단 방안에 대해 고민할 수 있는 시간이 되었다. 현재와 동일하게 기온, 강수 등에 대해 예측성 평가뿐만 아니라 행성파, 종관규모 파동, 중규모 파동 등 power spectra 분석이 필요할 것으로 판단된다. 그리고 SPP 민감도 실험은 ECMWF 전문가의 조언대로 길이 규모 및 시간 규모는 일정한 값으로 고정하여 표준 편차를 달리하는 방식으로 수행할 필요가 있으며, 이를 통해 5일 예측에서 앙상블 스프레드가 증가하고 앙상블 평균 에러가 감소하는 값을 찾아야 할 것으로 보인다. 이를 다양한 물리 모수에 적용하여 각 모수에 맞는 최적의 값을 추정하고, 각 물리 과정별로 취합하여 그 결과 또한 긍정적인 방향으로 예측이 되는지 분석할 예정이다.