

TRAVEL REPORT FORM

출장보고서

| | | | | |
|--------|-------|-------|-------|--------|
| 결 재 | 선임연구원 | 과장 | 본부장 | 원장직무대행 |
| | 05/09 | 05/09 | 05/12 | 05/12 |
| 협 조 | 김선용 | 전종안 | 김형진 | 김형진 |
| | | | | |

I. Travel Overview 출장개요

1. Traveler(s) 출장자

| Department 소속 | Position 직위(직급) | Name 성명 | Note 비고 |
|---------------|-----------------|---------|---------|
| 예측기술개발과 | 선임연구원(선임연구원) | 함수련 | |
| 기후변화분석과 | 선임연구원(선임연구원) | 김선용 | |

2. Travel Period 출장기간

○ 2025.4.27.~5.3.

3. Occasion and destination 행사 및 출장지

- EGU General Assembly 2025
- 출장지: 빈(Vienna), 오스트리아

II. Major Activities 주요업무 수행내용

1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

1.1 연구성과 발표

- 4.29.(화) 함수련: Effects of the high-resolution river routing model on seasonal prediction model (세션: Advances in Numerical Earth System Modeling: Identifying Systematic Errors and Charting Innovative Approaches to Enhance Numerical Weather and Climate Prediction)
- 5.1.(목) 김선용: Delayed impacts of NPO on wintertime surface air temperature in East Asia (세션: Synoptic and Large-Scale Circulation Dynamics: Impacts on Regional Extremes, Climate Variability, and Change)

1.2 학회 주요 연구내용 요약

- 고해상도를 위한 도전 과제
 - 초고해상도 역학과정 (Dynamic super-resolution)

-
- HR(500m), LR(5km)의 실험을 통해 정확성 향상 가능성을 제시하였지만, 아직 노이즈 문제가 남아있음
 - 새로운 시간적분법의 제시로 계산효율성을 높일 수 있음을 제시

- GPU의 시대

- GPU와 CPU 각각 double, float로 수행하여 GPU+float의 높은 시간 효율을 제시
- ECMWF 차세대 역학과정은 python 기반의 격자체계를 적용, GPU 시스템을 활용하여 기존보다 4배 정도 향상된 계산시간을 기대

- 초고해상도를 향해

- 3.75km/15km/120km 해상도 실험을 통해 고해상도+explicit convection이 Kelvin wave의 구조를 잘 모의할 수 있음을 제시
- 10km 이하 해상도의 기후모델이 에너지 밸런스 개선을 통해 적도 오차를 줄일 수 있음을 제시
- 5km 해상도 모델(ICON)에서도 double ITCZ 해결되지 않았음, 모델의 moisture transfer 오차 때문

○ 기후모델 기관들 현황 및 계획

- Seamless forecasting at ECMWF

- 2주까지의 중기 예보/6주까지의 계절내 예보/7개월까지의 계절 예보를 기준으로 9km에서 35km의 해상도로 구성
- LSM, aerosol model, wave model update 예정, 자료동화 기법 개선 및 자료 확장 예정, heat stress 같은 새로운 예측 컨텐츠 예정
- ORAS6(SST 업데이트, 앙상블 증가 등) 및 ERA6(개선된 QC 등, ~14km) 준비 중
- SEAS6(2026년 현업 예정): 해양, 해빙 모델 개선, 연직 층 증가, aerosol과 ozone forcing 개선, 101개 앙상블, 매달 1일/16일 예측, 13개월/24개월 적분 등

- Next version of GFDL

- coupled SHIELD-MOM6, land sea ice, wave 결합 예정

- CESM update

- 고해상도, 0.1deg ocn/0.25deg atm, 해상도 증가를 통해 극한 강수 모의 성능 향상

- UKMO: km-scale Earth System Models

- new mass-flux convection scheme (open source, portable, python-based, CEST)

○ 계절내 예측 관련

- Subseasonal-to-seasonal prediction

- WWRP/WCRP S2S project BAMS 논문 출판, S2S2D 2026; Univ. Reading, 7-11 Sep 2026
- S2S는 여전히 기후의 창, 계절 배경장의 모드(ENSO 등)와의 관계를 통해 지역의 극한 강수와 연관하여 예측
- 초기장의 중요성(지면 초기화는 해양 초기화보다 S2S 규모에서 많은 이점을 보임), 하지만 대기-대기와의 결합 예러가 해결되어야 초기화의 효과를 극대화할 수 있음
- online model-bias correction으로 t2m/pressure의 RMSE를 약 10%/40% 줄일 수 있음

○ ENSO 관련

- TBI (Tropical Basin Interaction)

- CFSv2-COLA 모델 20개 앙상블을 이용하여 ENSO-ISM(Indian Summer Monsoon) 관련성이 인도양 SST 변동에 미치는 영향에 대한 사례 분석
- 1972년 발생한 typical El Nino와 ISM은 regional process를 통해 인도양 SST에 영향을 주는 반면, 1997년 발생한 strong El Nino와 near-normal ISM은 inter-basin process를 통해 인도양 SST에 영향을 준 것으로 분석됨

- 미래기후 ozone에 대한 ENSO 영향 강화

- CMIP6 SSP3.7 시나리오의 8개 모델을 이용하여 ENSO가 전 지구 대류권 ozone에 미치는 영향 분석
- 근미래(2051-2070)에서 먼미래(2081-2100)에 이르기까지 ozone 농도가 증가하며, 특히 먼미래에 증가 추세 강화. 미래기후의 atmospheric circulation 변화가 원인으로 제시
- 예를 들어, El Nino(La Nina)에 열대 서태평양은 대류 억제(활발)로 ozone이 증가(감소)하고 중태평양은 대류 활발(감소)로 ozone이 감소(증가)하는 것처럼 열대 태평양은 주로 대류활동으로 인한 ozone 변동 발생
- 추후 7개 지역으로 나누어 지역별 ozone 반응을 살펴보고, budget이나 성층권-대류권 상호작용 등을 분석할 예정, 연평균 결과를 제시하였으며 계절별 상세 분석 필요

- Diversity of La Nina onset

- K-mean cluster 분석을 통해 La Nina 발생 유형을 3개로 구분: 1) N2L (neutral year -> La Nina), 2) CE2L (CP El Nino -> La Nina), 3) SE2L (super El Nino -> La Nina)
- N2L은 tropical North Atlantic(TNA)의 SST 상승/강수 증가가 적도 서태평양에 동풍을 유도하고 zonal advective feedback으로 적도 동태평양 SST가 하강하여 La Nina 발달. CE2L은 CP El Nino가 유도한 적도 동태평양의 동풍, SE2L은 super El Nino 이후 급격히 약해진 수온약층이 La Nina 발달의 원인으로 제시

○ Detection and attribution of trends

- 북반구 해빙과 눈 리뷰

- 북반구 해빙과 눈은 한파, 폭염, 가뭄, 산불 등 다양한 극한 기후와 날씨의 영향으로 빠르게 감소, 그러나 지금까지의 연구는 단편적이며 물리과정과 방법론에 불확실성이 있어 극한현상에 미치는 영향을 규명하는데 한계
- 대기순환에 영향을 주는 해빙과 눈의 주요 물리과정과 빙권의 피드백을 강조
- 관측망 개선, 인과관계 및 복잡성 분석, 대규모 앙상블 및 AI 활용, 다학제간 연구와 국제 협력 등의 접근이 필요

- 중위도 storm의 internal variability 정량화

- storm은 느린 기후와 빠른 종관장의 영향을 모두 받지만 상대적인 중요성에 대한 불확실성 큼
- CNN 기법을 활용하여 기후가 climatic storm과 individual storm에 미치는 상대적인 중요성을 정량화
- CNN은 climatic storm 변동성의 90%를 예측하여 기후적 관점에서 내부변동성을 거의 무시할 수 있음, 반면 individual storm의 강도, 성장시간, 경로 같은 특성은 1/3 이하만 설명 가능하여 내부변동성의 영향을 크게 받음
- individual storm의 SNR(signal-to-noise ratio)은 0.2%로 매우 낮아 인간활동에 의한 기후변화와 연결하기 어렵지만, 동반된 이상 고온에 대한 SNR이 10배 높아 기후변화와 직접적으로 연관된 storm의 잠재적인 영향 제시

2. Relevance to APEC Climate Center's Activities 결론 및 소감

-
- 한파, 폭염, 가뭄 등 복합적인 이상기후 현상에 대한 분석이 활발히 이루어졌으며, 기후강제력, 내부변동성, 예측 불확실성 등에 대한 논의와 더불어 이상기후 원인 분석 시 물리 기반 과정을 강조하는 경향이 두드러짐
 - 근미래 기후예측 연구에 시 기반 방법론이 본격적으로 도입되고 있으며, 특히 기후모형 보정, 신호-잡음 분석, 앙상블 해석 등에 대한 최신 연구들이 다수 발표되어 근미래 기후예측 연구에 적용 가능성 높음

3. Suggestions and Remarks 건의사항

III. References (Presented and Collected Materials) 주요 수집자료

(with attachment of any information or report in case of attendance of conferences, workshops and meetings) 학술대회, 워크숍, 회의 등 참석 시 관련 정보 및 문서 첨부