

국외 출장 결과보고서

결 재	담당자	팀장	팀장	실장	사업단장
	11월 29일	11월 29일	11월 29일	11월 29일	11월 29일
	장한별	설경희	Adam Clayton	권인혁	권인혁

1. 출장개요

출장목적	International Symposium on Data Assimilation (ISDA) 2024 참석 및 발표		
출장일정	2024. 10. 20.~2024. 10. 26. (6박 7일)		
성명		소속	직급(직위)
Adam Clayton		동화기법팀	책임급연구원(팀장)
김혜림		검증진단팀	선임급연구원
장한별		동화기법팀	원급연구원
최민우		검증진단팀	원급연구원
방문기관 (또는 회의장소)	Convention Hall of Integrated Research Center of Kobe University		
출발지	김포	도착지	일본, 고베

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- o The ISDA meeting is now the most important international meeting on data assimilation techniques, attracting over 200 scientists, including representation from all of the major NWP centres. Thus, it is the best opportunity currently available for interacting with scientists in my research area. The 2024 meeting will be held in Kobe, Japan, making it relatively cheap and easy to participate in.
- o 자료동화는 오랫동안 수치예보에서 중요한 역할을 해왔으며, 최근에는 기상학을 넘어 행성과학, 생물학, 공학 등 다양한 수치 모델 시뮬레이션에도 널리 적용되고 있다. ISDA(International Symposium on Data Assimilation)는 자료동화 분야에서 가장 중요한 국제 회의가 되었으며, 다양한 분야의 전문가들이 참석하여 최신 연구 결과와 기술을 공유하고 논의하는 자리이다. 이번 출장을 통해 KIAPS의 자료동화 연구를 국제적으로 발표하고, 세계적인 전문가들과 교류하며 최신 연구 동향을 파악하고자 한다.

나. 주요 업무 수행 사항

- o Adam Clayton : I presented a poster entitled “Improvements to the observation operator formulation in the KIM hybrid-4DEnVar system“, and had useful discussions on the contents with around 10 researchers, including Elias Holm (ECMWF), Craig Bishop (University of Melbourne) and Sergey Frolov (NOAA). The conference including sessions on (1) Broad applications of DA (2) DA Theory and Mathematics, (3) Predictability and Controllability, (4) Nonlinear and Non-Gaussian DA, (5) Observation and Diagnostics, (6) DA and machine learning and (7) Satellite DA. All sessions included talks and poster that were highly relevant to our work at KIAPS, as summarized in my main report. During the poster sessions, and meal times, I had many useful discussions with a broad range of researchers, including a large number who I had not previously met.

- o 김혜림 : ISDA 2024에 참석하여 10월 23일(수요일)에 ‘Impact of ERA5 Virtual Sonde Data on KIM Forecast Skill in East Asia based on OSSE’라는 제목의 포스터 발표로 ERA5 재분석 자료로 만든 가상의 관측자료를 사용한 자료동화 시스템의 성능과 해당 자료동화 시스템 기반의 관측제거 실험을 사용하여 KIM의 동아시아 예측성능에 미치는 지역에 대한 발표를 수행하였다. 또한 자료동화 전반에 대한 구두/포스터 발표를 통하여 최신 연구 동향 및 현재 자료동화 연구의 한계 등을 확인하였다.

- o 장한별 : 정적 배경오차공분산 개선에 대한 연구 결과를 공유하고 국제적인 연구 동향을 파악하였다. 포스터 발표제목은 Development of Improved Static Background Error Covariance for the KIM Hybrid-4DEnVar System으로 NMC 기법과 앙상블 기법으로 생성한 정적 배경오차공분산의 특성과 연구 과정에서 발생한 지면기압 분석증분의 불균형에 대해 설명하였다. 다양한 연구자들에게 연구 내용을 설명하며 교류하고 소통할 수 있었다.

3. 출장성과 · 시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과 · 시사점

- o Adam Clayton
 - There were many good talks on localization – including the conference-opening talk by Matthias Morzfeld on a new adaptive localization technique called "NICE", which might be of relevance to our own work on optimizing localization scales.

- All-sky assimilation was a major topic, with several groups reporting on methods to optimize the impact of these observations. We should review the material.
- Laura Slivinski introduced experiments using AI forecast models within the DA cycle, exposing some weaknesses in the models. This is early work, but worth tracking.
- By distributing our recent job opportunity announcement, and discussing it with many conference participants, the possibility of working at KIAPS should hopefully become more well-known around the world, which may help us to attract high-quality researchers to join KIAPS.

o 김혜림

- 자료동화 실험에 대한 다양한 검증 방법에 관한 내용을 확인할 수 있는 학회였다. 대기-해양 결합 자료동화 연구에 대한 발표가 많았으며, 이는 앞으로 자료동화에 대한 연구가 결합 자료동화 측면으로 활발히 이루어지리라는 것을 알 수 있었다. 또한 자료동화 수치예보시스템에서 작은 규모, 예를 들어 km 규모의 대류 현상의 모의/예측 성능을 향상시키기 위해서 All-sky radiance 자료동화, lightning(번개) 자료동화, 해상 부이 관측 자료동화, 초고해상도 LETKF 자료동화 등을 수행하였다. 따라서, KIM의 대류 현상 모의/예측 성능을 개선시키기 위해서는 이러한 방안들도 고려해야 할 것으로 생각된다.

o 장한별

- ISDA 2024에 참가하여 자료동화 분야의 최신 연구와 기술 동향을 확인할 수 있었다. 앙상블 기법과 비선형성이 주요 주제로 다뤄졌으며, 머신러닝과 자료동화 기술이 결합된 다양한 사례를 접할 수 있었다. 특히 레이더 자료동화, 전천복사 자료동화와 EFSO(Evaluative Forecast Sensitivity to Observations), 결합자료동화의 다양한 연구가 실질적으로 어떻게 적용되고 있는지 살펴볼 수 있었다. 배경오차공분산 모델링과 관련해서는 고차원 공분산을 적은수의 샘플로 추정하는 방법에 대한 기초연설이 인상깊었다. 이를 통해 샘플수의 한계를 극복하고 효율성을 높일 수 있는 방법을 고민해볼 수 있었다.

나. 향후 업무 활용 계획

o Adam Clayton

- Regarding interpretation of scorecards, Elias Holm (ECMWF) explained that, unlike at KIAPS, ECMWF scorecards do not included tropical height scores, because they are too-closely related to lower-level temperature fields. They also look at error standard deviation as

well as RMSE, to separate out the impact of bias changes. We should consider doing the same at KIAPS.

- I discussed Meteo-France's 50-member 3DVar EDA system for the high-resolution AROME model, which has just been made operational at Meteo-France after many years of development. This would also be a possibility for KIAPS, as an alternative to an LETKF-based ensemble. Mard Martet explained to me their method for assimilating radar reflectivity observations.
- Shun Liu explained recent developments of NOAA's High-Resolution Rapid Refresh system. This is an LETKF-based system, but with partial cycling. The partial-cycling approach is also a possibility for our high-resolution LETKF.
- Philipp Griewank (University of Vienna) explained to me his method for determining localization scales for all-sky radiance assimilation – which has recently also been a subject of discussion at KIAPS. I will look more closely into this work.
- Arlan Dirkson (ECCC) explained to me a new ensemble-based method for estimating observation errors, which is complementary to the Desroziers method, and new methods for checking ensemble consistence. Both of these are important issues for KIAPS, so worth following up on.
- Shun Liu explained recent developments of NOAA's High-Resolution Rapid Refresh system. This is an LETKF-based system, but with partial cycling. The partial-cycling approach is also a possibility for our high-resolution LETKF, so we should look into the details.
- Kobra Khosravian gave a talk on DWD's radar reflectivity assimilation system, which contained a lot of details that are relevant to our own work on reflectivity assimilation. We should review her presentation.

o 김혜림

- 자료동화 수치예보시스템에서 관측자료의 영향 및 효과를 검증하기 위하여 O-B(observation-background)의 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, std), 분석증분 그리고 RMSE(Root Mean Square Error)를 주로 사용하며, 그에 따른 예측 성능의 영향까지 확인하기 위하여 FSO 방법을 주로 사용한다. 따라서, ERA5 가상 관측 자료동화 시스템의 성능을 검증할 때 단순히 아노말리 상관 계수나 RMSE만을 사용하여 검증하는 것이 아니라 O-B, 분석증분 등에 대한 검증도 수행하여 가상 관측의 효과를 다각도로 그리고 정량적으로 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

○ 장한별

- KVAR의 배경오차공분산을 개선하기 위해 도입할 수 있는 다양한 연구와 방법론이 있음을 확인하였다. 흐름 의존적(flow-dependent) 접근, 비가우시안 특성(non-Gaussian features) 반영, 국지화(localization) 기법 등을 활용하면 개선된 배경오차공분산을 도출할 수 있을 것으로 보인다. 특히, 국제적으로는 흐름 의존적인 앙상블 배경오차공분산이 주류로 자리잡고 있어, 이러한 방향성을 반영할 필요가 있다. 현재 KVAR에서 사용되는 정적 배경오차공분산의 특성을 정량적으로 분석하고, 이를 바탕으로 앙상블 기반 접근법으로 점진적으로 전환하는 것이 필요하다. 이를 통해 기후학적 특성을 반영하는 기존 방식에서 벗어나, 앙상블 예측장을 활용하여 동적인 공분산을 구축하는 방향으로 개선을 추진할 예정이다.