

국외 출장 결과보고서

결	담당자	팀장	실장	사업단장
	7월 8일	7월 11일	7월 11일	7월 11일
재	김원호	Adam Clayton	(대결) 강전호	이우진

1. 출장개요

출장목적	ISDA 2022 (8th International Symposium on Data Assimilation) 참석		
출장일정	2022. 6. 5.~2022. 6. 12. (6박 8일)		
성명	소속	직급(직위)	
이우진	사업단	단장	
권인혁	자료동화실	책임급연구원(실장)	
강전호	자료전처리팀	책임급연구원(팀장)	
이시혜	동화기법팀	책임급연구원	
김원호	동화기법팀	원급연구원	
방문기관 (또는 회의장소)	미국 콜로라도 포트콜린스 캔버스 스타디움		
출발지	인천 공항	도착지	콜로라도 포트콜린스

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

2022년 6월 6일부터 10일까지 5일간 미국 콜로라도 주립대에서 개최되는 제 8회 국제 자료동화 심포지움(International Symposium on Data Assimilation, ISDA)은 자료동화에 관련된 전 세계 전문가들이 함께 모여 수치 및 기후모델에 위성 등 자료동화와 관측자료 활용에 관한 최신 연구성과 및 문제점 등을 공유하고 문제를 해결하기 위해 개최되는 심포지움이다. ISDA는 자료동화에 집중된 학회로써 학계와 다양한 관련 기관에서 수행되는 기초 자료동화 방법 개발을 비롯하여 새로운 자료동화 기술 개발에 관한 전문가들이 한자리에 모이는 기회가 되고 있다. 실제 NASA/GMAO, ECMWF, NOAA/NCEP/EMC, ONR/NRL, MetOffice 및 전 세계 현업기관, 학계 및 기관들에서 전문가들이 참여하고 있어, KIAPS의 연구성과 홍보, 향후 계획에 관한 전문가 의견 청취, 개발 방향 및 기술에 관하여 다양한 전문가들과 논의 등 학회 참석을 통한 다양한 활동은 사업단의 개발 연구 업무에 활용될 것이다.

나. 주요 업무 수행 사항

※ 학술회의에서의 연구개발성과 발표 내용, 최신 연구개발 기술동향 습득 내용, 외부 전문가와의 토의 내용 등 기술, 기관 방문 시 회의내용에 대한 기술

○ 이우진

- 심포지엄 참가(발표 청취 100건 이상, 포스터 관람 60건 이상), 자료동화 기술 동향 파악. 자료동화 전문가 면담(10인 이상), 기술 토의. 한인 과학인 면담(7인), 사업단 소개, 전문인력 동향 파악

○ 권인혁

- 학회 중 6월 7일(화)에 'Recent Developments of the KIAPS Data Assimilation System, and Plans for Earth System and High-Resolution NWP' 제목으로 사업단의 자료동화체계를 소개하고 고해상도 커플자료동화 체계를 위한 계획을 발표. Roland Potthast, Takemasa Miyoshi, Xuguang Wang, and Daryl kleist과 같은 자료동화 전문가들과 교류를 통해 각국의 최신 자료동화 기법에 대한 정보를 입수

○ 강전호

- Enhancing GPS-RO data usage in the troposphere in the KIAPS DA system 주제로 포스터 발표. Cryosat-2와 같은 신규 관측종 활용현황 및 자료동화 분야에서 머신러닝의 활용 범위와 최신 방법들에 관한 연구동향과 정보 습득

○ 이시혜:

- 학회 넷째날인 6월 9일(목)에 'Effect of background error covariance on assimilating Aeolus/ALADIN wind observations for the Korean Integrated Model (KIM) forecast system' 제목으로 satellite data assimilation 세션에서 주저자로 구두 발표 후 위성 전문가들과 Aeolus/ALADIN 자료의 예보성능 개선에 대해 토의. 심포지움 세션 중 사업단의 자료동화시스템 개발 업무와 밀접한 관련이 있는 자료동화 기법(data assimilation methods), 위성 자료동화(satellite data assimilation), 오차 모델링(error modelling) 세션에서의 구두/포스터 발표를 통해 자료동화에 대한 최신 연구 동향을 파악

○ 김원호:

- 학회 둘째 날인 6월 7일(화)에 Method Development and Mathematics of Data Assimilation 세션에서 'Initial imbalance in model forecasts, and use of 4D-IAU in hybrid-4DEnVar' 제목으로 포스터발표. 또한, 학회 중 자료동화에 의한 Imbalance 이슈에 대해 전문가 들과 토의하고, 관련 분야의 구두 발표 및 포스터 발표를 통해 최신 연구 동향 파악 및 지식 습득

다. 기타

※ 본인의 담당업무 이외 사업단 홍보 및 대외 소통을 위한 노력, 사업단 채용을 위한 인재 발굴에 관한 사항 등이 있을 경우에 한하여 작성

○ 미국내 한국인 수치모델링 분야 과학자들에게 사업단 소개

- 미국의 수치모델 분야 연구개발 동향 습득
- 자료동화 분야 정보 공유
- 향후 연구 협력 방안 토의

3. 출장성과·시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과·시사점

○ 이우진

- 양상블 자료동화 이론 연구는 비선형성과 비정규분포의 문제를 해결하기 위한 방향으로 빠르게 발전하고 있다. 이를 위해 많은 연구들이 활발히 진행중에 있으며, 이번 학회에서 그 분위기를 확인 할 수 있었다. 기상 선진국인 미국 기상청은 전체적으로 JEDI 기술 기반을 구축하는데 전념하고, 기관별로 이 기술기반위에 모델을 인터페이스 하고 있는 중이다. 최근에는 전천대기 분야에 주목하고 있다. 구름지역의 위성 자료 직접동화는 이제 주요 센터에서 채택하는 현장 기술이 되어가고 있으며, 대기화학 분야의 자료동화 기술도 학계의 관심 분야중 하나로 자리잡고 있다. 또한, 인공지능 기술을 수치모델이나 자료동화의 과정에 접목하여 계산 효율을 높이는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

○ 권인혁

- 최신 자료동화 기법에 대한 정보를 입수하였고, 대류 규모 자료동화에서 고려해야 할 비정규분포 관측 자료동화에 대한 고찰을 하였다. 또한, 1시간 간격의 빠른갱신주기의 전지구자료동화 체계에 발표를 듣고 발표자와 빠른갱신주기에서 주의해야 할 모델초기장의 밸런스 문제에 대해 토의하였다. 공용 모듈화된 통합형자료동화체계 JEDI의 개발 현황을 파악하였으며, 각국 수치 모델센터의 JEDI에 대한 의견을 들었다.

○ 강전호

- KIM 자료동화 체계에서 GNSS-RO 관측자료의 자료동화 효과와 한계를 점검하고, 대류권 상부에서의 RO 자료동화 효과를 증대하기 위한 연구의 내용을 발표 및 관련 전문가들과 공유하는 기회가 되었다. 본 연구에서 대류권 상부에서의 RO 관측자료에 대한 관측오차 증대와 자료동화 효과 감소와 관련하여 대기의 수증기 분포를 원인으로 가정하고 이를 KPOP 품질검사 과정에서 정교하게 구분할 수 있다면 산출된 관측자료에 대한 관측오차를 줄임으로써 자료동화에 대한 영향력을 증대할 수 있을 것으로 기대하였다. 대기의 수증기 정보를 반영하기 위하여 지

상기반 GNSS 연직총지연량(ZTD) 연산자의 구성요소 중 하나인 연직습윤지연량(zenith wet delay, ZWD)을 활용하였으며, 효과와 관련하여 전문가들의 의견을 들었다. 지금까지 시도되지 않은 방법으로 신선함이 있지만, ROPP 2차원 관측연산자의 활용에 관해서도 고려 또는 비교해 볼 것을 권유받았다. 한편, 자료동화 분야에서의 최신 머신러닝기술에 관하여 발표한 Sofar Ocean Technology의 Steve Penny, ECMWF의 Marcin Chrust 등은 기존의 regression 방법에 의존한 편향보정 방법이 갖는 한계와 달리, 현상 중심의(situation dependent) 관측 또는 예측 값을 모의하는 것이 가능한 머신러닝 기술이 관측/자료동화의 요소들을 빠르게 대체해 나가고 있고, 주목할만한 성과들이 얻어지고 있다고 했다. 특히 Reservoir Computing 기술을 관측자료 편향보정에 적용해 볼 것을 권유받았다. 이미 사용 중인 LSTM은 널리 사용하고 있으나, 변수의 과거 tendency를 반영하는 과정에 문제가 있으므로 사용에 주의해야 한다고 했다. 또한, 머신러닝을 이용하여 모델의 오차를 추정하는 것은 물론, 모델 state를 보정하는 연구가 흥미로웠다.

○ 이시혜

- 미국 콜로라도에서 개최된 자료동화 심포지움에 참석하여 현업 수치예보 활용을 위한 레이더(Radar) 관측 및 위성 자료동화, 최신 앙상블 자료동화 기법, 자료동화에 있어서 머신러닝을 이용한 기법 등에 대한 연구 동향을 파악하였다. 특히, 독일 기상청의 자료동화시스템 개발의 주요 업무를 담당했던 Hamburg 대학의 Andreas Rhodin 교수를 만나 독일 기상청의 현업 자료동화시스템 현황과 개발계획, 관측자료 전처리에 대한 정보를 수집하고, 2단계 KIAPS 자료동화시스템 개발에 대한 의견을 나누었다. 심포지움을 통해 만난 각 분야 전문가들의 지속적인 자문과 연구 협력을 위한 인적 네트워크 구축은 앞으로의 KIAPS 개발 업무에 크게 기여할 수 있을 것이다.

○ 김원호

- 자료동화 특화 학회에 참석하여 최신 자료동화 기법들에 대해 많이 알게되었다. 앙상블은 탄젠트 선형 모델과 Adjoint Models이 없는 것이 특징이라고 알고 있었으나 최근에는 앙상블에도 암묵적 앙상블 탄젠트 선형 모델을 개발하여 비선형 섭동을 사용할 때 성능을 향상시킬수 있다는 것을 보여주었다. 또한, 비-가우스 분포를 처리하기 위한 많은 연구가 진행 되고 있었다. 기계 학습을 통한 비-가우스 일반화 추정 방법, 관측 innovation을 smoothing 하여 처리하는 방법 등이 발표가 되었다. 학회기간 동안 자료동화 초기화 기법에 관심을 갖고 있었다. 특히, 4DIAU를 통해 태풍, 허리케인과 같은 매우 비선형적인 시스템에서 긍정적인 효과가 뚜렷하다는 것을 보여주는 발표가 인상적이었고, NOAA에서 1시간의 빠른 주기 업데이트를 테스트 할 때 4DIAU를 사용하지 않고 실험하였을 때 모델이 불안정해져 블로우 업하는 결과를 얻어 4DIAU의 중요성을 보여주었다.

나. 향후 업무 활용 계획

○ 이우진

- 파티클 필터(particle filter)를 근간으로한 앙상블 자료동화 분야에서 독일기상청이 빠르게 앞서 가고 있어, 동 기법의 향후 응용 가능성에 대한 탐색이 필요하다. 특히, 미국 기상청이 구축하는 JEDI는 덩치가 커서 사업단에서 갖다 쓰기는 쉽지 않지만, 업무효율을 높이기 위한 수단이라는 점에서 벤치마크가 필요할 것이다. 구름지역의 위성 자료 직접동화 분야는 기술 개발에 좀더 박차를 가할 필요가 있으며, 사업단에서 추진중인 에어로졸의 간접효과를 물리과정에 접목한 후, 위성 AOD를 자료동화에 응용 가능한지에 대한 탐색이 필요하다. 또한, 사업단에서 추진중인 관련 인공지능 연구도 기존 수치모델링 기술과의 하이브리드 접목을 통해 실용성을 높이는 방향으로 가고자 한다.

○ 권인혁

- 사업단에서 개발할 예정인 고해상도 모델에 레이더와 같은 대류규모 자료동화를 적용할 때 발생할 수 있는 문제들을 고찰할 수 있는 기회였다. 대류규모 자료동화 개발 계획에 비정규분포 관측을 자료동화하기 위한 방안을 고려할 예정. 또한 빠른갱신주기 자료동화에서 초기장 밸런스 향상을 위해 IAU를 개선, 적용할 계획이다. JEDI의 확장성과 활용 가능성을 보았으나, JEDI를 전격 도입할 경우 기존의 체계변환으로 발생하는 추가 업무량이 매우 큰 것을 확인하였다. 다만 JEDI가 신규 관측자료 처리를 위한 방안을 지속적으로 도입할 것이고 전체 JEDI가 범용 코드로 공개되므로, 향후 부분적으로 사업단의 자료동화 체계에 반영될 수 있다. 사업단 자료동화실은 JEDI의 업데이트 상황을 지켜볼 필요가 있다.

○ 강전호

- GNSS-RO의 품질검사를 위해 도입한 연직습윤지연량(ZWD)의 활용에 관한 연구를 확장하여 품질관리 과정을 보완하고, 3차원 공간에서 관측오차의 동적 추정을 통해 하층, 특히 대류권 상부에서의 GNSS-RO 관측자료의 동화 효과 증대를 위한 추가 연구를 수행할 예정이다. 한편, Reservoir Computing 기술에 대해 살펴보고, 현재 사업단에서 진행중인 머신러닝 기반의 관측 자료 품질검사 기술 개발, 머신러닝을 이용한 관측 민감도 추정기술 개발 과제에 활용 또는 유익성 여부를 검토하고자 한다.

○ 이시혜

- 다양한 구두발표와 포스터 발표에서 습득한 연구 결과들은 향후 KIAPS 자료동화시스템의 세부 모듈 개발에 활용할 수 있다. 심포지움에서 소개된 최신 앙상블 자료동화 기법 및 앙상블 자료동화시스템의 문제점 등에 대한 논의는 향후 KIAPS 개발 계획에 포함되어 있는 국지앙상블 시

시스템 개발 업무에 유용한 정보가 될 수 있을 것이다.

○ 김원호

- 학회에서 발표된 앙상블 관련 기법, 머신 러닝을 활용한 자료동화 기법, 다양한 관측을 다루는 기법, 에러 추정 방법, imbalance 해소 기법 등의 최신 기법들을 검토하여 KIAPS 자료동화 개발에 활용 할수 있을 것으로 기대된다. 특히 4DIAU와 같은 초기화 기법을 더욱 심도있게 연구하여 현 자료동화의 불안정 요소를 해소 하고, 더욱 정확한 예보를 만들 수 있을 것으로 기대하고 있다.