

국외 출장 결과보고서

결	담당자	팀장	실장	사업단장
	4월 21일	4월 24일	4월 24일	4월 24일
재	김은진	강전호	권인혁	이우진

1. 출장개요

출장목적	ITSC 2023 (International TOVS working group) 참석 및 발표		
출장일정	2023. 3. 14. ~ 2023. 3. 24. (8박 11일)		
성명	소속	직급(직위)	
이아름	자료전처리팀	선임급연구원	
김은진	자료전처리팀	원급연구원	
김혜영	자료전처리팀	원급연구원	
전현주	자료전처리팀	원급연구원	
이시혜	동화기법팀	책임급연구원	
정 한별	동화기법팀	선임급연구원	
방문기관 (또는 회의장소)	Radisson Blu Hotel (ITSC-24)		
출발지	한국 인천	도착지	노르웨이 트롬쇠

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- o International TOVS working group이 2023년 3월 16일부터 22일까지 Tromso, Norway에서 개최하는 ITCS 학회는 위성관측 및 자료동화 분야의 주제를 심도있게 다루는 학회이다. 이 학회는 대기 sounder 자료와 자료동화 방향으로의 응용에 관련하여 폭넓은 주제를 다루며, 각국의 전문가들이 최신 연구 성과를 공유한다. 따라서, 본 사업단의 위성자료 및 자료동화와 관련된 연구 성과를 확산하고, 각국의 전문가들과 논의를 통해 향후 사업단 연구개발에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

나. 주요 업무 수행 사항

- o 이아름
 - 적외 초분광 관측자료 활용 확대를 위한 채널 선정 연구에 관한 포스터 발표. 수행 방법과 결과에 대해 국내외 전문가들에게 소개하고, 특히 현재 개발하고 있는 방법의 장단점에 대해 같이 논의하고 대기 상층의 분석장 및 예보장 성능이 떨어지는 한계점을 해결할 수 있는 방법에 대한 토의가 있었다.

○ 김은진

- 2023년 3월 20일 (월), AI & ML 세션에서 “A Study on Machine Learning-Based Quality Control Techniques for the Satellite Radiance Data Assimilation” 주제로 포스터 발표 시간을 가졌다. MHS 위성자료 수증기 채널에 대한 ML 기반 QC 연구의 한계점과 최신 딥러닝 기반 위성 구름탐지 선행연구를 바탕으로 ATMS 온도채널에 적용 가능한 ML 기반의 새로운 품질관리 모형을 설계하였고 (O-A check), MLP 알고리즘을 이용하였을 때 ATMS 상층 온도채널에 대해 높은 O-A 예측 성능을 보였다. 이와 관련하여, 타기관의 전문가들과 위성 복사 자료동화를 위한 머신러닝 기반의 품질관리기법과 실제 현업에 ML 모델을 활용하기 위한 Online Update 방법에 관해 토의하였다. 추가적으로, ECMWF에서 IASI 위성관측자료를 이용한 신경망 학습(Neural Network, NN) 알고리즘 기반의 구름탐지 연구가 진행되고 있고, 이는 기존의 O-B check 대신 관측자료만을 이용한 cloud-screening 방법이며, 실제 현업 NWP 모델에서의 계산 소요시간을 줄일 수 있는 방법으로도 보여진다. 딥러닝 기반의 위성복사관측 (MWTS/FY-3E, GIIRS/FY-4B) bias correction, NN 기반의 IASI 채널 cloud detection, NN 기반의 눈 & 해빙 방출률 예측, LSTM Autoencoder 기반의 비정상 관측 탐지 및 구별, 태풍 강도 분석을 위한 NN 기반의 AMSU-A 온도 산출 등 기상분야의 최신 ML 활용 연구 기술동향에 대해 파악할 수 있었다.

○ 김혜영

- 발표주제는 KPOP 편차보정이 관측증분이나 모델 배경장의 진동에 대해 매우 민감하게 이루어짐을 보이고 이를 보완하기 위해 편차보정계수 산출시 이전 관측자료의 통계정보를 이용하도록 하였다. 개선된 편차보정을 통해 계수뿐 아니라 관측증분의 변동도 완화되어 모델이 안정됨을 보였다. Burrow는 해당 주제에 대해 자료동화 과정내에서 변분보정 및 제한적 변분보정(constrained VarBC) 적용하는 것을 제안하였고, 현재 KIM 모델 2단계로 이루어진 편차보정의 이유와 변분 편차보정이 단계적으로 진행되고 있음을 설명하였다. 추후 변분편차보정 확대 및 제한적 변분편차보정을 고려한 체계를 설계할 필요가 있다. Allen Hwang는 육상/해상에서 지면에 가까운 채널의 경우 육상 관측에 대한 편차보정은 신중할 필요가 있고, 지면정보에 대한 해상영역의 신뢰도가 높으므로 해상에 기반한 편차보정을 실시하는 것을 제안하였다.

○ 전현주

- 최근 위성관측은 자료동화와 예측에 크게 영향을 주고 있다. 사업단의 AI 기반 forecast sensitivity and observation impacts 연구에 활용 가능한 위성 정보 활용 기술을 습득하였으며, 사업단에서 수행 중인 FSOI 연구 결과를 발표하여 국내외 전문가들과 논의하는 등 연구 성과를 확산하였다.

○ 이시혜

- 학회 넷째날인 3월 20일(월)에 'Framework for assimilating all-sky MHS radiance data in the Korean Integrated Model forecast system' 제목으로 All-sky Assimilation 세션에서 구두발표 후 위성자료동화 전문가들과 다양한 마이크로파 센서(MHS, ATMS, MWHS2, AMSR2, SSMI/S, GMI, AMSU-A) 및 적외파 센서(IASI, CrIS)의 전천복사자료동화기법에 관해 토의하였다. 학회 세션 중 NWP Centre reports, All-sky assimilation, Observation operator and observation error 세션에서의 구두/포스터 발표를 통해 위성자료동화에 관한 최신 연구 동향 및 현업 위성자료 활용 현황을 파악하였다.

○ 정한별

- International TOVS working group (ITSC)는 기상위성 활용에 대해 발표하는 대규모 학술대회 중 하나로, 본 학회에 참석하여 'All-sky data assimilation in the KIM LETKF system'의 제목으로 포스터 발표하였다. ECMWF와 JMA 등 현업시스템에서의 마이크로파 전천복사자료동화에 관한 최신 연구 동향을 습득할 수 있었으며, KIM 전천복사자료동화의 개발 방향에 대하여 고찰하였다.

다. 기타

- 2023년 3월 20일(월)에 ECMWF, WMO, 핀란드 기상청에 근무하는 외국 과학자들과 한국 기상청/사업단 직원들이 만나 현업 수치예보모델에서 위성자료의 활용에 관한 연구 내용을 공유하는 자리를 가졌다. 사업단에서 개발 중인 차세대 수치예보모델과 자료동화시스템을 소개하고, 기상청 현업에서 사용 중인 KIM 시스템과 사업단에서 개발 중인 KIM의 차별성에 대해 논의하였다. ECMWF 현업 IFS에서 업데이트가 확정된 모델 해상도 및 자료동화시스템에 관한 설명을 들었고, 수치예보모델에서 위성자료 활용에 관해 의견을 나누었다. 최근 ECMWF를 포함한 다양한 기관에서 수치예보모델링 분야에 머신러닝 기법을 도입하고 있으므로 KIM에서의 머신러닝 활용에 대한 정보도 공유하였다.

3. 출장성과·시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과·시사점

○ 이아름

- 현재 개발한 KIM 자료동화 내 적외 초분광 관측자료 채널 선정 방법에 대해 국내외 전문가들의 평가를 얻을 수 있었고, 앞으로 추가 사용하는 초분광 관측자료에의 적용 가능성을 확인하였다.

○ 김은진

- 위성 자료동화 분야에서 AI 및 ML 기반의 최신 연구에 대해 파악할 수 있는 시간이었다. 기상 분야에서 실제 활용되고 있는 알고리즘과 상세 활용 분야에 대해 알 수 있었고, 실제 현업에서의

활용 시 Online Update 방안이 주요 이슈 사항이며, 이를 위해 슈퍼컴퓨터와 GPU 서버 간의 연동이 가능한 시스템 체계 구축이 선행되어야 한다는 것을 알게 되었다. NOAA/NCEP/EMC 소속의 Azadeh Gholoubi Khonacha를 만나 실제 현업에서의 ML 활용하기 위한 Online update 방법 (shell 기반, HPC ↔ GPU 서버 연동, cycle에서 model update 시 추가 학습 방법)을 알게 되었다. 또한, 위성 자료동화에 있어 신경망 학습 알고리즘(NN)을 이용한 ML 활용 연구가 많이 이루어졌으며, NN의 경우 Fortran 내에서 구현할 수 있다는 것을 알게 되었다. 앞으로도, ITSC 학회에 참여하여 ECMWF, NCEP 등 기상 분야의 실무진들과 직접 만나 연구에 관한 의견을 교류하면서 본 사업단의 NWP 개발을 위한 위성 자료동화에서의 ML 활용 연구의 방향을 설정하고, 연구의 범위를 확장해가는 과정을 수행할 예정이다.

○ 김혜영

- 활발하게 진행되고 있는 마이크로파 복사량자료 동화에 대한 국내외 전문가의 개발 방향 및 과정을 지켜볼 수 있었고, 편차보정에 대한 논의를 할 수 있었다. 특히 위성자료중 모델에 동화가 어려워 버려지고 있던 채널 및 관측 영역에 대해 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있음을 확인하였다. 추후 모델의 해상도가 높아지고 지면정보의 정확도가 높아질수록 관측자료 활용을 고도화 할 수 있는 방법에 대한 아이디어를 얻을 수 있었다.

○ 전현주

- 관측을 전처리하는데 활용되는 인공지능 기술과 자료동화에 활용되는 인공지능 기술의 최신 국내외 동향을 파악할 수 있었으며, 사업단에서 수행 중인 인공지능 연구의 현위치를 평가해 볼 수 있었다. 관측 전처리 및 자료동화 분야의 인공지능 활용은 기상 분야 중에서도 특히 기존 연구들이 많지 않아, 사업단에서 지속적으로 연구개발을 한다면 기술의 선두에 설 수 있을 것으로 생각된다.

○ 이시혜

- 24번째 개최되는 ITSC 학회에 참석하여 수치예보모델을 위한 위성 자료동화, 위성복사 관측연산자(RTTOV/CRTM), 관측오차, 머신러닝 등에 대한 최신 연구 동향을 파악하였다. 특히, ECMWF 위성 자료동화의 주요 업무를 담당하는 Niels Bormann, David Duncan, Kirsti Salonen, Katie Lean을 만나 ECMWF의 현업 자료동화시스템 현황과 개발계획, 관측자료 처리에 대한 정보를 수집하고, 2단계 KIM 자료동화시스템 개발에 대한 의견을 나누었다. 학회에서 만난 전문가들의 지속적인 자문과 연구 협력을 위한 인적 네트워크 구축은 앞으로의 KIAPS 개발 업무에 큰 도움이 될 것이다.

○ 정한별

- 본 학회는 차세대 위성의 개발 현황 및 발사 계획을 소개하고, 위성자료의 수치예보모델 활용에 관한 연구를 발표하는 대규모 학술대회 중 하나이다. 본 학회에 참석하여 사업단의 연구 성과를

소개하고 각국의 전문가들과 토의를 통해 사업단의 위성자료동화 개발 방향에 대한 도움을 받을 수 있었다. 본 발표에서 앙상블 시스템에서의 전천복사자료동화 현황을 소개하였고, 기존에 변분 자료동화시스템을 중심으로 개발되던 전천복사를 앙상블 시스템에서 살펴봄으로써 의미있는 결과를 소개할 수 있었다. 또한 하이브리드 변분 앙상블 자료동화를 수행하는 Meteo-France의 앙상블 시스템에서 전천복사자료동화의 연구 발표를 들을 수 있었다. JMA, ECMWF, NOAA 등에서는 현업시스템에서 window channel의 전천복사자료동화가 적용되고 있음을 알 수 있었고, 사업단에서도 올해부터 AMSR2를 시작으로 window channel의 전천복사자료동화 연구를 수행함으로써 국외 선진기관과 유사한 수준으로 전천복사자료동화를 확장할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

나. 향후 업무 활용 계획

○ 이아름

- 현재 개발한 채널 선정 방법의 타 적외 초분광 관측자료에의 적용 가능성을 확인 받아, 현재 IASI 관측자료 활용 확대를 위해 사용하고 있는 방법을 확장하여 CrIS 뿐만 아니라 GLIRS 채널 선정에도 활용할 계획이다. MetOffice 적외 초분광 관측자료 활용에 대한 발표 중 1D-Var 방법으로 산출한 지면온도를 4D-Var에 활용하는 연구가 있었고, 이를 현재 사업단에서 개발하고 있는 1D-Var 시스템에 적용해볼 수 있을 것으로 판단된다.

○ 김은진

- 현업 NWP 모델에서 ML 모델을 사용하기 위한 Online update 방안에 대해 모색할 예정이며(GPU 서버를 이용한 ML 모델 성능 유효 주기 파악 및 update → 슈퍼컴퓨터), ECMWF의 “ML 10개년 Roadmap”을 참고하여 ML 기반의 Bias correction, 관측연산자 개발, 자료동화 시스템 개발 연구 등 본 사업단의 ML을 활용한 연구를 진행할 예정이다.

○ 김혜영

- (신규 관측종 활용 준비 - ICI활용) 얼음입자 산란에 민감한 마이크로파 관측자료로 복사모델 준비가 완료되고, 테스트용 관측자료를 배포하고 있다. 각 기관에서 활용준비를 하고 있으므로 본 센터에서도 활용준비가 필요하다.
- (신규 관측종 활용 준비 - MWHS2/FY3E) 수증기 탐측채널로 새벽시간(5:40)에 관측하므로 관측공백을 최소화하고, 기존 센서에 비해 성능도 향상되었다. 이를 이용한 민감도 실험에서 예측 성능 향상에 기여하는 것으로 평가되므로 이를 동화할 필요가 있다.
- (편차보정 개선 업무) 주요 센터는 대부분 변분편차보정을 통해 모델과 관측의 편차를 보정하고 있으며 계수의 변동에 대한 가중치를 두어 편차보정 계수 진동을 최소화 하도록 설계하고 있다. 본 센터에서도 변분편차보정 적용을 확대하고 모델의 편차에 영향을 감소하기 위해 제한적 변

분편차보정을 추가 하는 것을 제안하고자 한다. 또한 마이크로파 위성에 의한 모델의 일주기 진동을 완화하기 위해 Bormann이 수행한 궤도상 편차에 대해 KIM에서도 궤도상 편차를 진단하고 편차보정 인자로 추가가능할 것으로 판단된다.

o 전현주

- 본 국외 출장을 통해 습득할 수 있었던 위성자료의 특징과 자료동화의 최신 연구동향을 파악하여, 관측의 영향을 측정하기 위한 인공지능 기술을 개발하고자 한다. 특히 자료동화모델을 AI 기반으로 개발하기 위한 선행연구들, 관측을 전처리하는 데에 인공지능을 활용한 선행연구들을 바탕으로 사업단에서는 보다 개선된 모델을 구축할수 있을 것으로 생각된다.

o 이시혜

- 다양한 구두발표와 포스터 발표에서 습득한 연구 결과들은 향후 KIM에서의 위성 자료동화시스템 개발 업무에 활용할 수 있다. 학회에서 소개된 최신 위성자료 활용 및 위성자료동화의 어려움 등에 관한 논의는 향후 2단계 KIM 개발 계획에 포함되어 있는 전천복사 자료동화 개발 업무에 유용한 정보가 될 것이다.

o 정한별

- JMA와 NOAA 등에서는 ECMWF에서 개발한 window channel의 구름양 산출 식과 관측오차모델을 동일하게 활용하는 것을 확인하였다. KPOP에도 동일한 방법을 적용하여 KIM 시스템에 적합한지 확인할 계획이다. 나아가 Meteo-France의 앙상블 스프레드의 증가/감소로 전천복사자료동화로 인한 앙상블 분석장의 성능을 평가하였는데, 이 방법을 본 시스템에도 적용하여 함께 살펴볼 계획이다.