

TRAVEL REPORT FORM

출장보고서

결 재	선임연구원	과장	본부장	원장
	07/17	07/17	07/17	07/17
협 조	이성규	손수진	이진영	신도식
	선임연구원	선임연구원		
	07/17	07/17		
	전종안	유진호		

I. Travel Overview 출장개요

1. Traveler(s) 출장자

Department 소속	Position 직위(직급)	Name 성명	Note 비고
예측기술과	선임연구원(선임연구원)	이성규	

2. Travel Period 출장기간

○ 2023. 6. 30. (금) ~ 7. 8.(토), 9박 10일

3. Occasion and destination 행사 및 출장지

○ 행 사 명: 14th European Conference on Precision Agriculture (ECPA BOLOGNA 2023)

○ 장 소: 이탈리아 볼로냐

II. Major Activities 주요업무 수행내용

1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

일자	장소	주요내용
6.30-7.1(금-토)	이동	출국(부산→인천→두바이→볼로냐)
7.2(일)	볼로냐/이탈리아	○ 참가자 등록 및 환영 리셉션 참석
7.3(월)	볼로냐/이탈리아	○ PLENARY 세션 참석 ○ AUTONOMOUS VEHICLES 세션 참석 ○ 포스터 세션 참석
7.4(화)	볼로냐/이탈리아	○ MACHINE LEARNING 세션 참석 ○ 포스터 세션 참석 및 발표
7.5(수)	볼로냐/이탈리아	○ INTEGRATED APPROACHES 세션 참석 ○ FIELD VISIT
7.6(목)	볼로냐/이탈리아	○ PLENARY 및 CONCLUSIONS 세션 참석
7.7-8(금-토)	이동	귀국(볼로냐→두바이→인천→부산)

○ (7.2) 참가자 등록 및 환영 리셉션 참석

- 환영 리셉션 참석

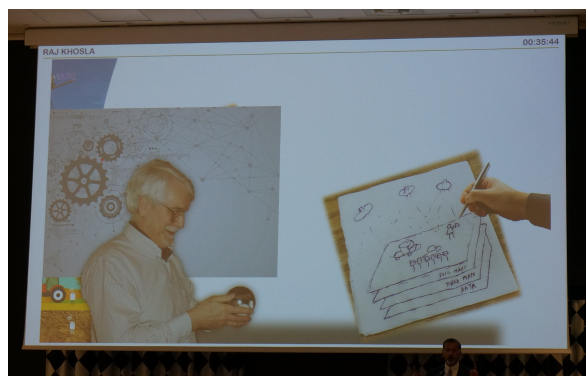
－ 포스터 설치 (학회 개최기간 (7.2(일)~6(목)) 동안 전시)



(왼쪽) 포스터 설치 (오른쪽) 환영 리셉션

○ (7.3) PLENARY 세션 – Future of Precision Agriculture

- － 최초의 정밀 농업 센터를 설립한故 미네소타 대학교 피에르 로버트 (Pierre C. Robert) 박사는 낡킨에 GPS가 농업에서 어떻게 활용할 수 있을지를 스케치하며 훗날 우리가 농장에서 무엇을 하던 위치정보와 연결될 것이라고 예측



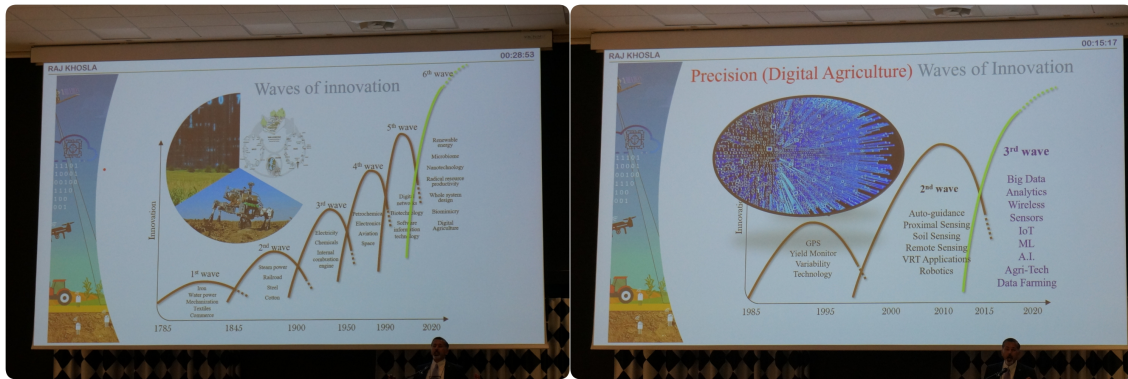
피에르 로버트 박사의 스케치

- － 철, 수력, 기계화, 섬유 산업, 상업 등의 발전과 함께 시작된 제1의 물결(1st wave)은 현재 재생에너지, 마이크로옴, 나노기술, 자연모방(biomimicry), 디지털 농업 등이 이끄는 제6의 물결에 진입

※ 자연모방(biomimicry): 자연에 존재하는 디자인적 요소들이나 생물체의 원리, 특성 등을 산업전반에 적용시키는 것

- － 정밀 디지털 농업은 제1의 물결이 GPS, 수확량 모니터링 등으로 시작되었으며 현재는 빅데이터 분석, IoT, 기계학습, 인공지능, 어그리테크(Agri-Tech), 데이터 농업(data farming) 등이 이끄는 제3의 물결에 진입

※ 어그리테크(Agri-Tech): 농업(Agriculture)과 기술(Technology)가 합쳐진 용어로 농업의 생산량, 효율성 등을 높이기 위한 첨단기술을 의미



(왼쪽) Waves of Innovation (오른쪽) Precision (Digital Agriculture) Waves of Innovation

- 미래에 농업인은 인공지능 기술(예, ChatGPT 등)을 이용하여 현재 농장정보(날씨, 토양수분 등), 관개(irrigation) 시기 등을 거의 실시간으로 확인 가능. 농장정보는 농업 관련 센서와 센싱 기술의 발달로 센서가 지금보다 더 소형화되면 설치 수를 늘려 높은 공간밀도를 가진 정보 제공 가능
- 데이터와 데이터 분석이 농업의 미래



농업분야에서 인공지능 기술의 활용 예시

○ (7.3) EDUCATION AND TRAINING 세션

- 농작물 재배지의 최적 관리를 위한 디지털 트윈 기술 개발을 위해 APSIM(The Agricultural Production Systems sIMulator) 작물 시뮬레이션 모델, 정밀 농업 장비, 실시간 현장 및 원격 센싱 데이터를 결합한 소프트웨어 개발. 디지털 트윈 기술은 연구자들에게 작물 생육을 실시간으로 분석할 수 있는 기회를 제공하며, 시뮬레이션 시스템은 발 내 생육 조건의 공간적 가변성과 관련된 다양한 문제를 연구하는데 사용할 수 있음
- 정밀농업의 교육을 위해 Farming simulator 22 비디오 게임에서 활용이 가능한 Precision Farming Free DLC(downloadable content) 개발하고 정밀농업 강의에서 중요한 교재로 활용. 게임적인 요소로 흥미를 유발함으로써 정밀농업의 원칙적인 기본개념을 많은 사람들에게 전달 가능. 그러나 정밀농업의 원칙적인 기본개념을 완전하게 통합하는 것은 현실적으로 불가능

○ (7.3) AUTONOMOUS VEHICLES 세션

- 유럽의 4개 지역 농부들을 대상으로 한 발작물 재배에 로봇 사용 관련 조사에 참여한 많은

농부들은 농업용 로봇의 잠재력으로 제초제, 연료, 종자, 살균제, 살충제 사용이 줄어들고, 작물 품질, 총 마진, 외부 충격에 대한 복원력이 증가할 것으로 예상. 또한, 농부들은 인건비 절감을 이유로 로봇 투자에 대해 고려하고 있으며 단기간 내에 농업용 자율 로봇의 활용성이 농부의 니즈를 충족하지는 않겠지만 농업용 자율 로봇에 대한 낙관적인 전망을 보임

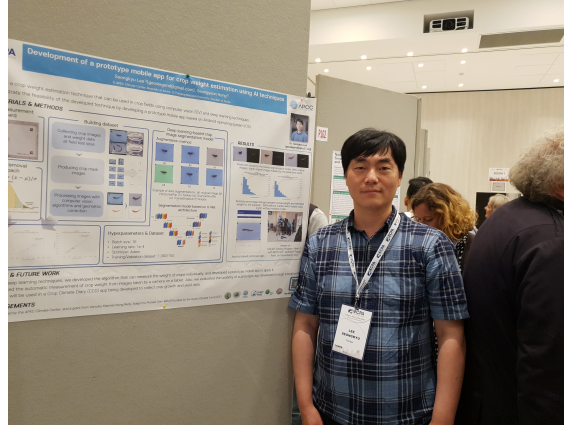
- 포도밭에서 일하는 농부를 추적하며 수확한 포도를 운반하고 수확량 지도 맵핑이 가능한 수확 보조 로봇, 로봇기술과 영상처리 기술을 접목한 과일나무 자동 가지치기 로봇 등 농부와 협력을 통해 농부의 물리적 노력을 줄일 수 있는 연구가 주로 발표됨

○ (7.4) MACHINE LEARNING 세션

- 미국 포도나무 잎벌레(scaphoideus titanus)에 의해 전염되는 포도나무 파이토플라스마병(Flavescence dorée)의 주요 증상을 자동으로 진단하는 알고리즘을 개발함. 알고리즘은 증상 분류, 특징 벡터(feature vector) 계산, 의사결정 과정으로 구성되며 CNN, 랜덤포레스트, GNN(graph neural network)을 이용하여 개발하고 최적의 알고리즘을 선정함. 6-neighbours GNN 기법이 가장 좋은 성능을 보임
- 포도 송이당 포도알 개수는 포도 수확량을 예측하는 초기자료로 활용됨. 무인항공기(UAV, unmanned aerial vehicle)로 촬영한 RGB 영상에서 포도알 개수를 세기 위해 인스턴스 분할 딥러닝 기법인 YOLACT와 Spatial embedding 기법을 실험함. 실험결과, YOLACT은 과소 추정하는 경향을 보였고 Spatial embedding은 과대 추정하는 경향을 보였지만, YOLACT가 더 정확하게 열매를 분할하고 탐지하는 것으로 나타남
- 현장에서 촬영한 자연 이미지에서 포도밭의 포도 세분화를 위해 Unet++(백본: ResNet50), DeepLab+(ResNext50), MAnet(EfficientNetB3, ResNext50) 모델을 구축하고 배경, 캐노피, 포도 분류 실험을 진행하였으며, DeepLabv3+(ResNext50)이 95.1% 포도 분류 결과를 보임. 농작물 모니터링은 농작물의 성숙도를 파악하고 있으면 농부가 신속하게 개입하여 현재 수확량을 늘리기 위한 계획을 수립하거나 관련 조치를 치할 수 있으며 해충의 적시 탐지, 물 스트레스 및 시비 필요성 등과 같은 농작물에 영향을 주는 요소들을 파악하는데 유용하게 활용 가능함
- 정밀농업에서 시맨틱 분할(semantic segmentation) 기법은 자율트랙터로 파종, 드론으로 비료 살포와 관개, 자율로봇으로 정밀한 작물 수확 등에 활용됨. 딥러닝 모델을 학습하는데 필요한 충분한 데이터 확보가 어렵기 때문에 데이터 증강(data augmentation) 기법을 통해 해결하고자 함. 이를 위해 CarveMix, CutOut, CutMix, HideAndSeek, RICAP, ResizeMix, Transparencemix, SelfMix 등의 기법을 이용하여 60장의 영상으로 정확도 향상을 테스트함. 실험결과, 기본 데이터의 정확도는 81%인데 반해 CutMix+Mod, RICAP, Transparencemix, SelfMix 등의 혼합 데이터 증강 기법에서 86%의 정확도를 보임
- 잡초(weed) 탐지를 위한 공개 weed25 데이터셋, UAV 영상에서 YOLOv4 기법을 이용한 잡초 탐지 기법 등 정밀농업에서 효율적인 잡초 탐지에 필요한 다양한 연구가 발표됨

○ (7.4) 포스터 세션 참석 및 발표

- 7.3(월)-7.4(화) 이틀에 걸쳐서 포스터 세션이 개최되었으며 Machine learning 포스터 세션은 둘째날 개최됨. 포스터 발표자들은 본인의 발표일에 관계없이 양일간 모두 참석하여



포스터 세션

- (기계학습) 극한 기후가 작물 증발산에 미치는 영향 연구

작물 증발산량(ET, evapotranspiration)은 작물의 성장 단계에서 필요로 하는 실제 물의 양을 추정하여 정밀 관개에 필요한 필수 정보로 활용됨. 작물 증발산량은 최대 연속 건조일과 기온이 30°C 이상인 날의 영향을 가장 많이 받으며 극한 기후는 작물 물 수요에 상당한 영향을 미칠 수 있음. RCP 4.5와 8.5 시나리오에서 작물 증발산량이 증가할 것으로 나타났으며, 이러한 변화의 정도는 RCP 8.5 시나리오에서 더 높게 나타남. 연구 결과는 관개용수 수요가 꾸준히 증가할 가능성이 높음으로 제한된 수자원을 최적화할 수 있는 전략 개발에 사용할 수 있을 것으로 판단됨

- (기계학습) 식별 마커를 이용한 모바일 기반 토마토 성숙도 모니터링 시스템

온실에서 재배하는 토마토의 성숙도를 모니터링하기 위해 색상 마커와 위치 마커가 통합된 식별 마커를 이용하여 시설에서 촬영된 비디오 영상에서 영상의 색상 보정과 시설 내 촬영 위치 추정. 토마토 분류와 성숙도 예측에는 Laboro Tomato를 이용함. 높은 정확도의 토마토 분류와 성숙도 예측성을 보임

○ (7.5) INTEGRATED APPROACHES 세션

- 수확량 자료, 위성자료(Sentinel 2-L1C), 지형자료, 날씨 자료, 토성(Soil texture) 등의 자료를 토대로 Gradient boosting regressor 기계학습 알고리즘을 이용하여 겨울밀(winter wheat) 수확량 예측 연구 발표. 수확량 예측 결과로, 연도별 교차검증을 통해 5월 4일과 7월 27일의 예측 예측도(MAE)는 0.65 t ha⁻¹, 0.55 t ha⁻¹였으며 R²는 0.72, 0.80을 보임. 5월 4일의 예측 정확도는 생물계절 연구에 널리 이용되는 BBCH 37의 3차 시비에서 작물 수요에 맞게 질소 시비를 조절할 수 있는 수준임

※ BBCH(Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie): 식물의 생장단계를 10진수 숫자 코드로 표현한 생물계절 코드

- 딸기 꽃과 열매 검출을 위해 자율 딸기 이미징 로봇(ASTIR, autonomous strawberry imaging robot)을 개발하고 딥러닝 모델을 이용하여 꽃, 미성숙 열매, 성숙 열매 등의 개수를 세는 연구 발표. 딥러닝 모델로는 YOLOv5를 이용하였으며, 꽃, 미성숙 열매, 성숙 열매의 개수를 세는 실험에서 각기 다른 세 날짜에서 획득한 영상으로 각 0.853, 0.811, 0.859의 정확도를

보임. 향후 모델 개선을 통해 수확량 예측 모델을 개발할 예정

○ (7.5) FIELD VISIT

- ALMA MATER STUDIORUM – University of Bologna (AUB)에서 운영 중인 실험농장 견학

※ ALMA MATER STUDIORUM: 학문의 모교, 이탈리아 볼로냐 대학교는 세계 최초의 대학

- 실험농장에서 포도밭의 자동 관개 시스템에 대한 설명과 2차원 형태로 재배 중인 사과밭에서 개발 중인 FIELDROBOTICS FR-01 시연



AUB – The experimental farm of the University of Bologna

○ (7.6) PLENARY 및 CONCLUSIONS 세션

- KU Leuven 대학교의 Tomás Norton 교수는 ‘Precision farming for animal production: what does the future hold?’ 주제 발표에서 EU 그린딜(The European Green Deal)로 인해 동물 복지와 관련된 규제가 강화되고 있으며 새로운 EU 자연복원법에 의해 축산 농가들이 어려운 농장 운영 환경에 놓여 있음. 특히 가축의 건강과 질병이 주요 이슈로 떠오르고 있음. 벨기에의 양돈장을 예로 들면, 플랜더스 지역의 농장수는 50% 감소했지만 농장 당 사육하는 동물 수는 2배로 증가함. 이러한 사육 환경에서는 질병에 더 취약하거나 우리 안에서 난폭한 행동이 나타날 수 있음. 정밀축산(Precision Livestock Farming) 분야에서 카메라 기술, 인공지능 기술 등을 활용하여 이러한 문제를 모니터링하고 사전에 탐지하기 위해 연구가 진행되고 있음. 예를 들면, 우리 안에서 발생하는 소리에서 기침과 소음을 분리하고 24시간당 기침 횟수로 질병 감지, 행동 모니터링을 통해 비정상적인 행동을 보이는 돼지 분류하는 등. 가축의 건강과 질병 외에도 가축 생산에는 많은 어려움이 있지만 이러한 문제를 해결하는데 정밀 농업이 도움이 될 수 있음

- ECPA 2023 학술대회는 40개국 400명의 연구자가 참가하였으며 140편의 구두발표와 110편의 포스터가 발표됨

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

○ 학회에서 발표된 대다수의 작물 수 추정에는 카메라, 라이다(LiDAR), 깊이 센서(depth sensor)

등으로 획득한 데이터를 인공지능 기술(딥러닝 기법)로 분류하고 개수를 세는 연구가 발표되었으며, 향후 연구과제로 무게 또는 수확량 추정 연구를 제시하고 있었음

- 이번 학회에서 발표한 모바일 환경에서 사용이 가능한 인공지능 기술, 컴퓨터 비전 기술, 무게 추정을 위한 회귀분석 등을 접목하여 개발된 작물 무게 추정 알고리즘 및 프로토타입 앱은 타 연구사례에 비해 제한된 운영 환경(모바일 등)에서 작물 무게 추정까지 시도했다는 점에서 다소 진보된 기술을 선보였다고 판단됨
- 기계학습(딥러닝 등)을 활용한 연구주제가 하루 동안 3개 세션에서 발표가 될 정도로 정밀농업 분야에서 중요한 연구 주제로 자리를 잡음
- 주로 인공지능 분야는 이미지 기반 딥러닝 기술, 머신 러닝(랜덤 포레스트 등) 등을 활용한 연구가 발표되었으며 인공지능 기술적인 면에서는 타 분야에 비해 기술 도입 속도는 다소 늦지만 연구 목적에 적합한 기법을 적절하게 사용하고 있었음
- 향후 정밀농업 분야에서 인공지능 기반 서비스는 ChatGPT와 같은 대형 언어 모델을 바탕으로 농장에서 준 실시간으로 수집된 자료(토양수분 등)와 다양한 관측자료(날씨, 위성자료 등)를 토대로 분석한 정보를 사용자의 질의에 적합한 정보(농법 등)를 제공하는 대화형 서비스로 발전할 것으로 기대됨

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

- ECPA 2023 POSTER 발표자료 (붙임 1)
- ECPA 2023 ORAL 발표논문집 (참석자 계정으로 온라인 서비스 제공)
- ECPA 2023 POSTER 요약논문집 (붙임2)