AN-
THRO-
PO-
CENE

인류세

최명애

인문사회, 생태학, 공학 연구자의 'AI 생태학자' 함께 만들기

최명애

카이스트
인류세연구센터
연구 조교수.
인문지리학자로서
한국의 자연 보전을
연구하고 있다.

행성적 위기를 탐지하고 원인과 대안을 모색하는 인류세 연구는 여러 학문 분야의 협력을 통해 이뤄진다. 인류세 학제간 연구가 자연과학과 일부 사회과학-정책, 경제, 법-을 중심으로 이뤄져 온 가운데, 최근에는 인류세 연구 협력을 인문학과 사회과학, 공학으로 폭넓게 확장해야 한다는 지적이 나오고 있다. 그렇다면 실제 현장에서 인류세 학제 간 연구는 어떻게 이뤄지고 있을까? 카이스트 인류세연구센터는 인공지능과 증강현실과 같은 디지털 기술을 비무장지대(DMZ) 생태 조사와 보전에 활용하는 디지털 자연 보전(Digital conservation) 연구를 수행 중이다. DMZ 두루미 생태 조사 AI를 개발 중인 연구팀의 경험을 통해 인류세 연구에서 여러 학제의 교류와 협력이 어떻게 이뤄지고 있는지를 살펴본다. 연구팀의 대화와 인터뷰를 바탕으로 인류세연구센터 최명애 교수가 정리했다.[1]

두루미가 찾아오는 철원 인류세

한국전쟁이 끝나고 강원도 철원으로 돌아온 이들을 기다리고 있던 것은 폐허였다. 경원선 부설 (1914년), 금강산 전기철

도 개통(1924년), 이어 철원 평야가 개간되면서 철원은 한반도 중부의 요충 지역 중 하나로 거듭났다. 그러나 한국전쟁 전선이 중부지역에 교착되면서 철원에서는 치열한 고지전이 잇따랐고, 인구 1만5000 명의 소도시였던 철원읍은 잿더미로 변했다. 학교와 관공서는 흔적 없이 사라졌고, 서울과 금강산을 잇단 철길은 끊어진 채 침목만 남았다. 군사분계선이 철원군을 가로질렀고, 한 때 철원읍이었던 지역은 민간인의 출입이 제한되는 민통선 이북에 남았다.

고향으로 돌아온 이들, 제대 군인, 먹고 살기 위해 민통선 코앞까지 찾아온 이들이 철원의 논밭을 다시 일구기 시작했다. 이들 '개척자'들은 들판에 박힌 지뢰와 쇠붙이를 파내고, 물길을 만들어 가며 폐허를 곡창 지대로 바꿔 냈다. 계속되는 남북의 군사적 대결 속에서 민통선 출입은 해 뜬 뒤부터 해 질 때까지만 허용됐다. 그나마도 군사 충돌이 발생하면 며칠씩 못 들어가기 일쑤였다. 농업 속도를 높이기 위해 철원에는 일찌감치 농기계가 도입됐다. 기계가 수월하게 들어가도록 네모반듯하게 농지를 정리하는 농지 개량도 1970년대부터 이뤄졌다. 이렇게 조성한 논에서는 국내 개량종인 오대벼를 심었다. 오대쌀은 지금도 철원을 대표하는 특산물이다.

전쟁과 개간, 사람과 기계가 일군 인류세의 평야에

1990년대부터 뜻밖의 손님이 찾아오기 시작했다. 두루미였다. 시베리아에서 번식하는 두루미는 중국 남부, 한반도, 일본 남부에서 겨울을 난다. 두루미는 오랫동안 한반도를 찾아왔지만, 한국전쟁과 이를 전후로 도시화, 산업화가 빠른 속도로 이뤄지면서 자취를 감춘 듯했다. 두루미(Grus japonensis)와 재두루미(Grus vipio)는 1968년 천연기념물 202호와 203호로 각각 지정됐다. 몸이 희고 정수리에 빨간 점이 있는 새가 두루미, 눈 주위가 붉고 몸 색깔이 회색인 새가 재두루미다. 철원 민통선 지역에 100여 마리가 월동한다는 보고가 있었는데, 1990년대 후반부터 이 지역을 찾는 두루미와 재두루미의 개체수가 빠르게 늘어났다. 수백 마리였던 두루미와 재두루미 월동 개체수는 2000년대 후반 각각 800마리, 1500여 마리로 늘었고, 최근에는 1000마리, 5000마리 이상으로 증가했다.[2]

생태학자들은 철원 지역의 두루미류가 급증한 이유를 DMZ와 철원 평야에서 찾고 있다. 사람의 출입이 전면 중단된 DMZ 내 습지가 안전한 잠자리를 제공하고, 철원 평야의 낙곡이 먹이를 제공해준다는 것이다. 특히 기계화 농업으로 낙곡률이 높아 먹이 자원이 풍부하고, 민통선으로 출입이 제한되면서 철원 평야는 두루미 먹이 활동에 유리한 조건을 갖추게 됐다. 냉전적 긴장과 산업적 영농이라는 참으로 인간

적인 간섭이 비인간 두루미의 생육과 번성을 촉진하고 있는 것이다. 이런 인류세의 역설 속에서, 철원 지역을 찾는 두루미류의 개체수 변화와 행동 패턴을 파악하려는 노력이 활발히 이뤄지고 있다. 두루미와 재두루미는 세계자연보전연맹(IUCN)의 적색 목록에 각각 위기종(EN)과 취약종(VN)으로 등재된 세계적 멸종위기종이다. IUCN은 전 세계 두루미 개체수를 1830마리, 재두루미를 4500마리로 추산하고 있다.[3] 전 세계 두루미의 절반 이상, 재두루미 대부분이 철원에서 겨울을 나는 셈이다.

그러나 우리는 아직도 철원의 두루미에 대해 모르는 것이 많다. 남북 간 대결과 군사적 긴장은 두루미 생태조사에 제약을 가하고 있다. 두루미가 잠자리로 이용하는 DMZ 내부는 출입이 금지돼 있으며, 먹이터로 이용하는 민통선 농경지도 군부대 허가를 받아 주간 조사만 가능하다. 야간 조사는 불가능한 상태다. 두루미가 도래하는 매년 10월부터 이듬해 3월까지 생태학자들이 매달 개체수 조사를 하고 있는데, 장기간의 훈련을 받은 숙련 인력이 필요한 작업이다. 그렇다면, 디지털 기술을 두루미 생태 조사에 활용할 수는 없을까?

사진 1 : 군사적 대결과 산업적 영농의 결과 만들어진 철원 평야의 모습 (최명애 제공)
사진 2 : 두루미(위)와 재두루미 (아래) (유승화 제공)

인문사회, 생태학,
공학 연구자의
'AI 생태학자' 함께
만들기

인문사회학, 컴퓨터 공학, 생태학

2020년 3월 인류세 센터 연구원들에게 '디지털 기술을 이용한 두루미 보전'을 제안할 때 내 생각은 비교적 단순했다. CCTV, 트랩 카메라, 드론 같은 원격 무인 감시 장치를 이용해서 두루미 영상 정보를 수집하고, 영상 정보를 분석하는 자동화 시스템을 만들자는 것이었다. 특히 앞으로 DMZ 내부 생태 조사를 본격적으로 실시할 것을 대비해, AI와 무인 장비를 이용하는 우리의 실험이 일종의 파일럿 연구가 될 수 있으리라 기대했다. 마침 이날 참석한 공학자께서 최근 인공지능이 동물 세부종을 구분할 수 있을 정도로 발전했다며, 두루미 종 분석을 자동화해 보자고 제안하셨다. 빙고.

그런데 연구가 진행되면서 'AI 생태학자' 프로젝트는 계획과 다른 방향으로 전개되기 시작했다. 인문사회 연구자와 컴퓨터 공학자로 꾸려진 연구팀에는 곧이어 두루미 생태학자가 합류했다. 두루미 박사님을 초청해 이야기를 듣다가, 우리의 공학자 동료는 딥러닝을 이용해 인간 군중 수를 추정하는데, 이 기술을 두루미류 개체수 조사에 적용해 보자는 번뜩이는 아이디어를 주셨다. 오케이. 몇 달 뒤 딥러닝 데이터세트 레이블링을 위한 오리엔테이션에서, 우리의 조류학

자 동료는 두루미 종뿐 아니라, 각 종의 성조(어른 개체)와 유조(생후 1년 미만의 어린 개체)를 구분해서 세는 것이 얼마나 중요한지를 강조해 주셨다. 유조 비율이 향후 두루미 개체군 규모의 변화를 예측하는 핵심 정보라는 것이다. 이리하여 우리의 AI 생태학자 프로젝트는 '두루미 종 판별 AI 개발'에서 '두루미 종 및 성숙도별 개체수를 집계하는 AI 개발'로 확장됐다. 디지털과 두루미로 출발한 프로젝트가 인문사회학자, 공학자, 생태학자를 차례로 만나며 서로 다른 학제적 관심을 받게 되었고, 그 결과 현재의 형태로 빚어진 것이다.

지난 한 해 동안 연구팀은 두루미 사진 1400여 장으로 딥러닝을 위한 두루미 데이터세트를 제작했다. 개체수 집계 정확도를 높일 수 있도록 인공 신경망 모델도 개량했다. 사진 1장당 두루미 수가 평균 21.6마리인데, 우리의 AI는 두루미 성조와 유조, 재두루미 성조와 유조를 대체로 구분해서 세지만, 아직 3.9마리 정도는 오차를 낸다. 아직 인간 생태 조사원보다 못하지만, AI를 잘 훈련시키면 현장 조사자로 활용할 수 있겠다는 확신을 하게 됐다. AI 생태학자를 개발하기 위해 연구팀은 많은 일을 함께했다. 각자 연구 분야를 공유하는 워크숍을 수차례 가졌고, 서로의 연구실과 현장도 방문했다. 레이블링 정확도를 높이기 위해 생태학자 동료를 따라 두루미 개체수 현장 조사에 참여하고, 인공신경망 개

발에 사용하는 파이선(python)을 다운받아 프로그램을 실행해 보기도 했다. 일평생 인문사회학자로 살아온 나는 레이블링 작업을 하면서 내 노트북이 문서 작업과 인터넷 검색 외에 다른 작업도 할 수 있음을 처음 알게 됐다. 내가 느낀 어색한 흥분은 공학자 동료들이 한탄강 두루미 탐조대에 트랩 카메라를 설치하다 말고 저 멀리 지나가는 멧돼지를 보고 뱉은 감탄과 크게 다르지 않았을 것이다. 같은 연구를 놓고, 연구팀의 공학자들은 크라우드 카운팅 기술을 멀티 클래스 사물 개체수 조사에 활용할 수 있다는 논문을 쓰고, 생태학자는 AI를 두루미 생태조사에 접목할 수 있다는 논문을 쓰고, 나는 인간과 AI가 자연(두루미)을 인식하는 같고도 다른 방식에 관해 쓰고 있다.

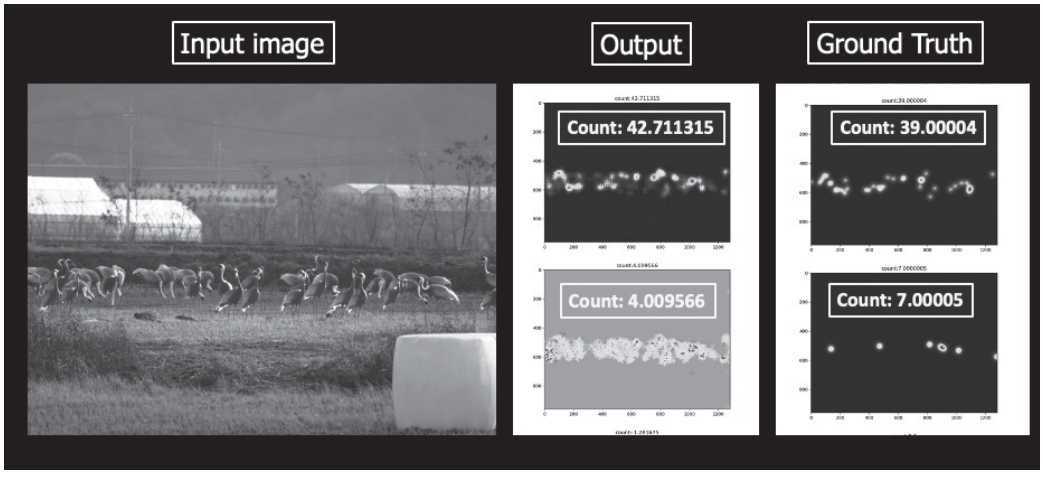

사진 3 : AI가 사진(왼쪽 화면)을 분석해 종별 두루미 개체수를 추산한 결과. 실제값(오른쪽 화면)은 재두루미 성조 39마리, 유조 7마리인데, AI(가운데 화면)는 이를 각각 42마리, 4마리로 집계했다.

차이와 충돌, 의외의 공통점

연구 협력은 대체로 순조로웠지만, 우리가 서로 다른 학제에 뿌리를 두고 있음을 실감하게 되는 순간들이 있었다. 무엇보다도 세계를 어떻게 인식하며, 어떤 방법으로 지식을 생산할 것인지에 대한 인식론적 차이가 컸다.[4] (표1) 인문사회학자인 내게 연구는 세계를 '이해'하기 위한 것으로, 현상의 의미를 '비판'적으로 '해석'하는 것이 중요했다. 그러나 공학자들에게 연구는 기술의 성능을 향상해 세계의 '문제를 해결'하는 것이었다. 내가 연구를 위해 사람들과 '이야기'하고 현상을 '관찰'하는 동안, 그들은 연구실에서 '실험'을 했다. 생

구분	인문사회학	생태학	공학
주 연구대상	인간, 사회, 문화	자연, 동물	기술
인식론	이해, 해석, 비판	(객관적) 설명	문제 해결
방법론	인터뷰, 참여 관찰	현장조사	실험

표1 - 학제 간 차이

태학자들은 이 두 인식론적 세계의 어디쯤 있는 것처럼 보였다. 그들 역시 인문사회 연구자들처럼 세계를 '이해'하고 '설명'하고자 했다. 그러나 나의 세계가 '인간'의 세계라면, 그들의 세계는 '자연'의 세계였다. 나아가, 나는 지식이 맥락을 통해 생산되는 주관적인 것으로 생각하도록 훈련받았지만, 나의 생태학자와 공학자 동료들에게 지식은 객관적이며 검증 가능한 것이어야 했다. 공학자처럼 생태학자도 실험실에서 연구를 수행하지만, 연구팀의 조류학자 동료에게 주된 지식 생산의 공간은 '현장' 조사였다.

서로 다른 '인식론적 공동체'와 협력하는 것은 낯선 나라에서 온 이방인과 일하는 것처럼 느껴질 때가 있었다. 같은 한국어로 말하고 있어도 사용하는 용어가 달랐고, 같은 용어라도 의미가 달랐다. 공학자들과의 첫 만남에서 낯선 용어의 홍수 속에서 '시민 과학'이라는 친숙한 용어를 발견하고 반가웠는데, 이상하게 대화는 자꾸만 엇박자가 났다. 나중에 보니 최근의 기술적 맥락에서 시민 과학은 데이터 수집을 위해 시민을 센서로 이용하는 '크라우드 소싱'의 뜻으로 쓰이고 있었다. 시민의 참여를 통해 더욱 민주적으로 과학 지식을 생산해야 한다는 과학기술학의 시민 과학이 아니었다. 공학자 동료들이 이야기하는 '희귀종'과 '클래스'가 생태학의 '멸종위기종'과 '종'과 큰 차이가 없음을 깨닫는 데도 시

간이 걸렸다. 물론 공학자와 생태학자 동료들은 내가 여기에 '클래스 판별(classification)'과 '생물종 동정(identification)'이 '그게 그것'이라고 쓰고 있는 것을 알면 펄쩍 뛸 것이다. 둘은 전혀 다른 것이라고. 인문사회학자인 나는 큰 틀에서 의미나 효과가 비슷하면 "같다"고 패턴화하지만, 공학자들은 두루미 개체수의 소수점 셋째 자리까지 표기하며 데이터의 정치함을 추구했다. 한편, 이공계 동료들은 내가 계속해서 "연구실 한 번 가 보자" '개체수 조사 동행하게 해 달라'고 요청하는 것이 의아했을 것이다. 컴퓨터를 켜서 보여준다고 코드를 이해할 수 있는 것도 아니고, 현장 조사에 동행한다고 해서 두루미 종과 개체를 즉각 판별할 수 있는 것도 아닌데 말이다. 라투르가 『실험실 생활』의 첫 장에 쓴 것처럼, 내 동료들 역시 현장을 보여달라는 내 요청을 당혹스러워했다. 그런데도 라투르의 동료들이 그랬듯 내 동료들도 이해되지는 않지만 나의 참여 관찰을 받아줬다.

서로 다른 인식론적 세계가 공존하는 가운데, 연구 협력은 한 세계의 지식을 다른 세계로 '번역'하는 작업이었다. AI가 두루미의 종과 개체수를 판별하도록 훈련하기 위해서는 데이터 레이블링이 필요하다. 사진 속에 어떤 종의 두루미가 몇 마리 있는지를 표시하는 것으로, 일종의 정답지를 만드는 작업이다. 인간 군중 데이터 레이블링은 사람 머

리에 점을 찍는 것으로 이뤄진다. 우리가 얼굴을 보고 사람 수를 세는 것과 비슷하다. 그런데 두루미는 종종 머리를 숙이고 먹이 활동을 하는 데다, 빽빽이 몰려 있어 머리가 보이지 않는 경우도 많다. 이때 생태학자 동료가 생물종 동정에 활용하는 '분류키'를 레이블링에 활용하자고 제안했다. 조류학자들이 현장에서 두루미를 조사할 때는 머리뿐 아니라 몸통 색깔, 날개깃 색깔, 다리를 포인트로 빠르게 훑어 종과, 유조, 성조 여부를 구분한다. 이를 빌려와 머리-몸통-꼬리 날갯깃-다리에 점을 찍으면 정확하게 구분할 수 있다는 제안이었다. 한편, 수십 마리의 두루미가 빽빽이 몰려 있는 사진에서 개체당 3~4개의 레이블을 다는 것은 만만한 작업이 아니었다. 또, 컴퓨터가 여러 개의 점을 같은 개체로 인식할 수 있도록 해야 했다. 결국 우리는 머리와 배에 각각 점을 찍고 두 점을 선으로 연결하는 '선 레이블링' 방식을 도입했다. 두루미의 생태적 특성에 대한 전문 지식을 컴퓨터가 인식할 수 있는 방식으로 변환해 활용한 것이다. 실제로 AI는 머리나 배의 점보다 선을 활용해 학습시킬 때 더 높은 정확도를 보였다.

한편, 서로 다른 세계에서 왔지만, 우리에겐 의외의 공통점이 있었다. 무엇보다 인류세에 대한 생각이 비슷했다. 기후변화, 플라스틱 쓰레기, 공장식 축산 등 인류세를 표상

하는 여러 생태 위기 가운데서도 우리 모두는 생물종 멸종을 가장 심각한 문제로 생각하고 있었다. 인간의 행위로 인간 외 생명이 빠른 속도로 스러지고 있다는 것을 안타깝게 생각하고, 어떤 방식으로든 이 문제를 진단하고, 이해하고, 해결하는 데 기여하고 싶었다. 토이바닌 등은 학제 간 연구에서 인류세가 지질학적, 생물학적, 사회적, 문화적 인류세의 4가지 양상으로 다뤄진다고 지적했다.[5] 우리 연구팀에게 인류세는 생물학적 문제였다. AI 생태학자 프로젝트는 AI와, 장기적으로는 원격 감시 장비를 결합해, 인간의 행위로 서식지가 축소되고 있는 멸종위기종의 개체 변화 추이를 밝히고자 하는 것이었다. 우리가 추구하는 인류세의 기술은 공학 기술을 통해 지구 대기와 토양, 해양을 직접적으로 조정하고자 하는 지오 엔지니어링과는 다르다. 오히려, 그간 인간의 접근이 제한되었던 생태 사각지대에 대한 모니터링을 강화함으로써 지구 행성에 발생하는 생태적 변화를 촘촘하게 관측하고자 하는 최근의 센서 기반 지구 모니터링 연구와 결을 같이 하고 있다.[6] 인류세에 대한 기술적 개입이 지오 엔지니어링처럼 기술 낙관주의에 기반해 이를 재생산하는 것만이 아니라, 기술의 도움을 받아 보다 조심스럽게 행성의 현재와 미래를 탐색하는 데에도 활용될 수 있는 것이다. 아울러, 생물학적 인류세에 대한 학제 간 접근은 지구 시스템 과학, 인류

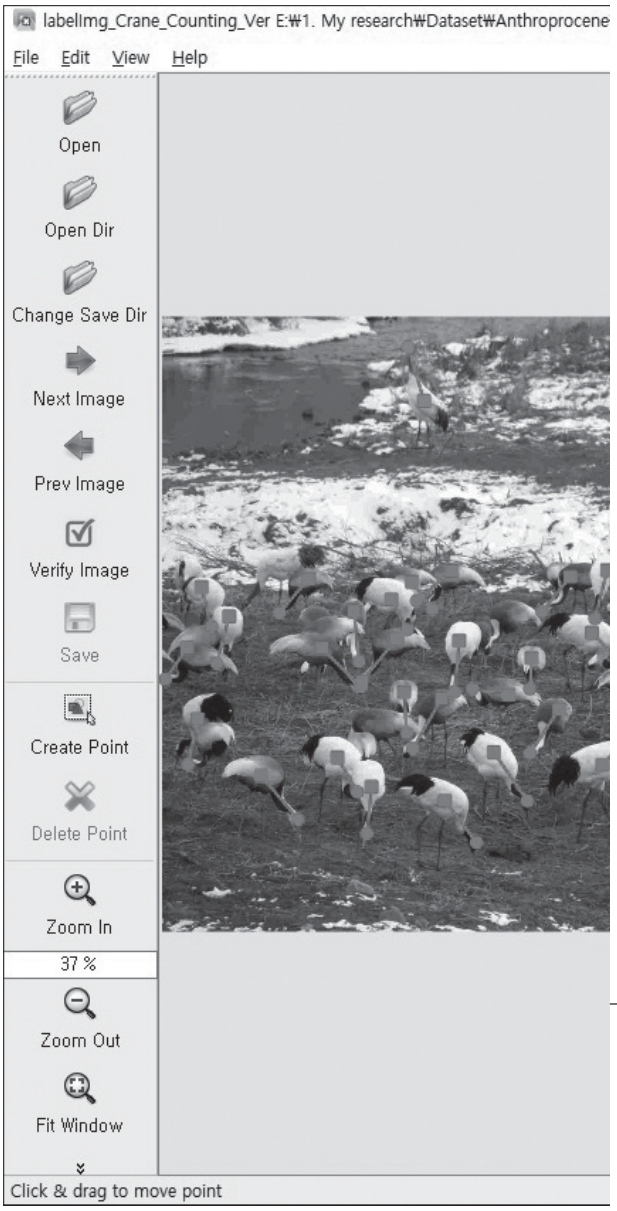

사진 4 : 생태학자의 두루미 분류키(왼쪽)와 이를 활용한 선 레이블링 화면(오른쪽).

oprocene₩두루미류 사진들₩1550466940301.jpg
Image
Point Labels
두루미 성조 [69]
두루미 유조 [1]
재두루미 성조 [0]
재두루미 유조 [0]
쇠기러기 [0]
판단 불가 [0]
두루미 성조
두루미 성조
두루미 성조
두루미 성조
두루미 성조
File List
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩2017_01.jpg
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩20180120_1739
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1550466937521
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1550466940301
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1550466968238
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1571576059760
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1571578001885
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1573981937155
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1573981937155
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1573981937155
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1573981941114
E:₩1. My research₩Dataset₩Anthroprocene₩두루미류 사진들₩1573981990564
X: 1494; Y: -106

세의 시작 시점과 명칭 논쟁, 지구 시스템 거버넌스, 지오 엔지니어링에 이어 '디지털 기술을 이용한 생물종 모니터링', 나아가 '디지털 자연 보전'을 인류세 학제 간 연구의 새로운 분야로 개척할 수 있을 것으로 생각된다.

연구자와 연구를 혁신하는 연구

지구시스템 과학자 윌 스티픈은 2019년 인류세 심포지엄에서 인류세 연구가 "지구 시스템 과학자들이 연구하는 방식을 근본적으로 바꿔 놓았다"고 했다. 역사학자인 줄리아 토마스도 같은 말을 했다. 그렇지 않다면 인류세 연구가 아니라고. 그렇다면 AI 생태학자 프로젝트는 우리의 연구를 어떻게 바꿔 놓았을까.

공학자와 생태학자와 함께 연구하면서 나는 생태 모니터링, 나아가 자연 보전이 다양한 인간과 비인간 행위자가 참여하는 '다종적 결합(multispecies entanglement)'의 산물임을 다시 확인하게 됐다. 인문지리학자 노엘 카스트리가 냉소적으로 표현한 것처럼 인류세 연구에서 인문사회학자는 '인간' 담당이다.[7] 그러나 최근 사회과학 전반에 걸쳐 비인간

행위성을 강조하는 신유물론이 발전하면서, 나의 자연 연구에서도 인간의 자연 담론과 표상뿐 아니라, 동물의 행위성, 경관과 자연 현상의 정동(affect) 같은 인간 이외의 요소들이 의미를 갖게 됐다. 특히 이 연구 협력을 위해 동료들과 대화하고, 두루미 생태 조사에 참여하고, 직접 데이터 레이블링을 해 보고, 트랩 카메라를 설치하고 관리하는 경험들은 AI를 이용한 야생동물 모니터링에 결합한 다양한 비인간 행위자들을 볼 수 있게 했다. AI를 훈련하기 위해서는 레이블링이 필요하고, 레이블링을 수행하기 위해서는 자료 저장 장치와 소프트웨어, 프로그램을 돌릴 수 있는 컴퓨터와 함께 두루미에 익숙한 눈이 필요했다. 두루미에 익숙한 눈을 만들기 위해 참가한 두루미 센서스에서는 비단 숙련된 생태학자뿐 아니라 위성 지도, GPS가 표시되는 휴대전화, 논길을 거침없이 달릴 수 있는 튼튼한 차가 생태 조사에 결합해 있음을 알았다. 두루미 생태조사를 수월하게 만든 결정적 요인 중 하나가 농경지 경지 정리와 도로포장이라는 사실은 놀라웠다. 군부대 차량과 농기계가 들어가기 쉽도록 반듯이 경지를 정리하고 포장한 덕분에 생태 조사원들도 구석구석까지 접근해 두루미의 존재를 확인할 수 있게 됐다. 이처럼 냉전적 긴장과 산업적 영농으로 만들어진 인류세의 평야가 멸종위기종 서식지가 되고, 네모반듯한 인류세의 경관이 보전적

조사 작업을 돕는 역설은 인류세에 대한 인문사회적 연구가 보다 입체적으로 이뤄져야 함을 일깨워줬다. 인간 행위 대 자연 파괴의 단선적 논리가 아니라, 인류세의 형성과 전개에 결합되어 있는 다종적 연결망을 추적하고, 이 관계들이 전개되는 복잡하고 모순되면서도 다양한 양상들을 살펴봐야 한다.

공학자 동료들에게 이번 연구는 '실험실'과 '현장'의 차이를 확인하고, 현장을 실험실로 불러들이는 경험이었다. 기존의 딥러닝을 이용한 컴퓨터 비전 연구는 공개된 데이터셋을 이용해 모델의 성능을 향상시키는 데 집중해 왔다. 그런데 두루미 조사 현장에서 수집된 영상을 이용한 이번 연구는 실제 현장의 데이터셋이 실험실의 데이터셋과 크게 다름을 확인하게 했다. 인간 군중수 집계에 활용되는 기존 데이터셋은 막대한 비용과 인력을 동원해 수만, 수십만 장의 데이터를 확보하고, 이를 레이블링하는 방식으로 만들어진다. 그러나 두루미와 같은 생태 데이터는 이런 방식으로 제작할 수가 없다. 조사 대상 동물 상당수가 멸종위기종이라 출현 빈도가 낮고, 트랩 카메라를 설치해 놓았다 하더라도 동물이 좀처럼 우리가 원하는 자세로 찍혀 주지 않는다. 실제로 트랩 카메라에 포착된 사진들은 야간 흑백 사진이거나, 동물의 일부만 포착되는 경우가 많았다. 그런데도 공학자 동료들은

딥러닝을 생태 데이터 분석에 접목하는 AI 생태학자 연구의 의의와 효과에 크게 공감했다. 지금까지 AI 연구가 기술 자체를 발전시키는 데 몰두해 왔다면, 기술이 실제 현실 문제를 해결하는 데 활용될 수 있도록 연구 방향을 확장해야 한다는 것이다. 우리의 공학자 동료들은 생태 데이터의 특성과 한계 속에서 생태 데이터셋의 용량과 밀도를 높일 수 있는 방향으로 기술 개발이 필요하다고 지적했다. 그래야 AI 생태학자의 성능이 비약적으로 향상될 수 있다는 것이다. 이처럼 학제 간의 융합 연구는 '비인간'과 '현장'처럼 각자의 학제 내에서 잊힌 영역을 가시화함으로써 기존에 연구가 이뤄져 온 방식을 혁신하고, 앞으로 학제 간 연구를 확장할 수 있는 새로운 지점들을 포착하게 했다.

한편, 연구 협력 경험이 우리 연구자들이 두루미, 즉 자연에 대해 생각하고 관계 맺는 방식을 새롭게 했는지는 의문이 남는다. 기존의 학제적 전통에 따르면, 인문사회에서 두루미는 담론과 재현(representation)으로, 생태학에서는 생물종과 분포(distribution)로, 공학에서는 숫자로 여겨져 왔다. 그러나 AI 생태학자 프로젝트를 통해 다양한 경로로 두루미를 직접 대면하면서 나는 두루미가 신체와 생태를 가진 살아 있는 존재임을 새삼 깨닫게 됐다. 생태학자들도 다르지 않아 보였다. 지도와 그래프로 두루미를 표현하고 개체수의 변화

를 이야기하지만, 그들과 두루미의 관계 또한 감정적이고 정동적인 것이었다. 제이미 로리머의 지적처럼 조류 센서스와 같은 생태 조사는 생태학자들이 야생동물과 신체적, 정서적 교환을 할 수 있는 기회를 반복적으로 제공함으로써 조사 대상 야생동물에 대한 이해를 새롭게 한다.[8] 연구팀의 생태학자와 생태조사원들에게 두루미는 단지 생태정보만이 아니라 아름답고, 예민하고, 지적이며, 가족애가 두터운 생명체였다. 실제 생태 조사에서 조사원들은 조사 활동 때문에 두루미가 먹이 행동을 멈추고 날아가지 않도록 갖은 노력을 했다. 그것은 단지 두루미가 날아가면 생태 조사가 어려워진다는 이유 때문만이 아니라, 이 예민한 동물의 생태와 행동에 '응답'해 주기 위한 작은 윤리적 실천으로 보였다.

그렇다면, 실험실의 공학자들도 두루미를 살아있는 야생동물로 새롭게 생각하게 되었을까. 공학자 동료들과 두루미 레이블링을 한 학생 조교들은 "이 연구가 두루미에 관한 생각을 바꿔 놓았는가"라는 내 질문에 멋쩍게 웃더니 고개를 저었다. 두루미에 대해 호기심이 생긴 것은 사실이지만, 사진이나 다큐멘터리로 두루미를 다시 접할 때면 '얼른 세어야 한다' '저 사진은 점 찍기 쉽겠다', '까다롭겠다'는 생각이 반사적으로 든다는 것이다. 레이블링에 참여한 한 공학도는 철원 현장에서 찍어 온 두루미의 영상을 보고 놀라워했

다. 사진으로 수천 마리를 봤지만, 두루미가 이 정도로 크고, 큰 소리로 우는 동물인 줄 몰랐다는 것이다. 내 동료들이 이 멋진 야생동물을 정보 처리 데이터로만 생각하는 것이 안타까워서, 다음에는 그들의 연구실에 두루미 소리를 틀어주고, 실물 크기의 두루미 모형이라도 갖다 놔야 하는 건 아닐까 생각도 했다. 실험실의 두루미 모형은 공학자와 두루미의 관계를 어떻게 새롭게 전개시킬까.[9] 그 또한 흥미로운 인류세 연구의 주제가 될 것이다.

융합 연구에서 다학제적 탐색 연구로

과학사회학자 앤드류 배리는 학제 간(interdisciplinary) 연구에는 세 가지 방식이 있다고 지적한다.[10] 첫째, 이론적, 인식론적 배경이 유사한 분야 간의 '융합적(integrative-synthesis)' 연구다. 예컨대 서로 다른 분야의 공학자들이 같은 문제를 풀기 위해 협력을 하는 경우다. 둘째, '분업적(subordination-service)' 연구로, 자연과학과 사회과학처럼 인식론적 배경이 전혀 다른 분야 간의 협력 연구다. 한 분야(e.g. 자연과학)에서 문제를 진단하고, 다른 분야(e.g. 사회과학)에서 그 문제를 해결

하기 위한 방법을 제안하는 식으로, 학제에 따른 노동 분업이 이뤄진다. 마지막으로 '애그노스틱(agnostic-antagonistic)' 방식이 있다. 기존의 학제적 전문성에 기대지 않고 연구 과정 자체를 통해 지식 생산과 실천의 방법을 탐색하는 것이다. 토이바닌 등은 인류세 위기가 갖는 예측 불가능성을 고려할 때, 인류세의 학제 간 연구는 배리가 말하는 애그노스틱 방식으로 이뤄져야 한다고 지적한다.[11] 기존의 학제적 전통을 재생산하거나 단순히 조합하는 방식으로는 현재 위기를 진단하고 극복하는 데 역부족이라는 것이다. 학제 간 협력이 전개되는 방식과 결과에 대해 '열린 태도'를 강조한다는 점에서, 토이바닌의 지적은 최근 인류세 논의에서 강조하는 '실험적' 태도를 연상케 한다.[12] 우리가 직면한 거대한 불확실성 앞에서 미래를 예단하고 통제하는 것은 의미가 없으며, 오히려 다양한 실험을 통해 새롭게 전개되는 미래를 탐색해야 한다는 것이다.

AI 생태학자 개발을 위한 우리의 연구 협력은 배리가 제안한 애그노스틱 연구의 성격을 갖고 있다. 전혀 다른 세 개의 학제적 세계를 결합하게 한 것은 'AI를 두루미 생태조사에 활용할 수 있을까'라는 궁금함과 그것이 가능하면 좋겠다는 바람이었다. 우리 중 누구도 뚜렷한 가설이나, 가설을 검증할 과학적 연구 방법에 대한 청사진을 갖고 있었던 것은

아니다. 각자의 학제에 기반한 전문 지식이 있었지만, 이 프로젝트와 관련해서는 모르는 게 더 많았다. 그러다 보니 되레 담대한 상상들을 할 수 있었다. 이를테면 CCTV로 두루미 서식지를 모니터링하는데, AI가 화면 속 두루미 개체수 변화를 실시간으로 보여준다든가, 스마트 안경을 쓴 채 화면을 보면서 내 손을 움직이면 지역의 환경 변화와 두루미 개체수 변화가 시뮬레이션처럼 나타나는 그런 공상과학적 장면들이다. 다른 세계에서 온 파트너들은 그 상상 가운데 두루미 종별로 개체수를 집계하는 AI는 지금 당장 구현할 수 있음을 알려 줬다. 연구 결과를 미리 예단하지 않는 태도는 연구 과정에서 새롭게 등장하는 제안을 유연하게 받아들이게 했다. 이를 통해 애초 두루미 종 판별 AI로 시작한 연구가 종과 성숙도에 따라 두루미 개체수를 세는 AI로 확장됐다. 일반적인 연구가 미리 주어진 연구 방법을 따름으로써 가설을 검증하는 것이라면, 우리의 연구는 연구 과정에서 주어지는 새로운 변화들에 주의를 기울이고 이에 응답함으로써 연구 질문에 대한 응답을 확장하는 것이었다. 연구 협력을 통해 우리는 AI를 두루미 생태조사에 활용하는 것이 '가능하다'는 것을 확인했고, 예상보다 다양한 방식으로 활용할 수 있음을 알게 됐고, 앞으로 탐색해야 할 새로운 연구 지점들을 감지할 수 있었다. 이런 면에서 우리의 연구 협력은 그 자체로 하나의

담대한 실험이 아니었을까.

이번 연구 협력을 통해 나는 인류세의 연구 협력이 '융합' 보다는 '다학제' 연구로 진행되어야 한다는 생각하게 됐다. 융합 연구가 같은 질문에 대해 여러 학제가 함께 하나의 대답을 내놓는 것이라면, 다학제 연구는 학제의 차이를 존중하고 같은 질문에 대해 다양한 대답을 내놓는 것이다. 이번 연구를 통해 확인한 것처럼 인문사회, 자연과학, 공학에는 뿌리 깊은 인식론적 차이가 있다. 이런 차이를 억지로 없애려고 하거나, 무시하는 대신, 차이가 가져오는 풍성함을 인정함으로써 우리는 인류세에 대한 보다 입체적인 이해를 발전시킬 수 있을 것이다. 아울러, 학제 간의 긴밀한 소통과 교류를 통해 우리는 각자의 학제가 연구하는 방식을 조금씩, 때로는 혁신적으로 변화시킬 수 있을 것이다. 마침 이 글을 쓰는 동안 인류세에 대한 개론서 한 권이 새로 출판돼 나왔다. 역사학자 줄리아 토마스, 생태학자 마크 윌리엄스, 지질학자 얀 잘라시에비츠가 함께 쓴 이 책의 제목은 『인류세-다학제 접근』이다.[13]

1

이 글은 AI 생태학자 연구를 함께 수행 중인 유승화, 변준영, 고효준, 김창익과 데이터 레이블링에 참여해 준 김지연, 신예은, 두루미 생태조사를 수행하는 이기섭, 최인철, 박용현과의 대화와 인터뷰에서 크게 도움을 받았다.

2

유승화, 이기섭, 김진한 외,「철원지역 월동 두루미류의 서식지 이용 변화 추세: 2002~2012년 월동기」,『한국조류학회지』, 19(2), 2012, pp.115~125.

3

BirdLife International, "Grus japonensis", *The IUCN Red List of Threatened Species,* (2016) e.T22692167A93339099. [2021년 2월 2일 다운로드]

BirdLife International, "Antigone vipio", *The IUCN Red List of Threatened Species,* (2018): e.T22692073A131927305. [2021년 2월 2일 다운로드]

4

Toivanen, T., Lummaa, K., Majava, A., et al., "The many Anthropocenes: A transdisciplinary challenge for the Anthropocene research", *The Anthropocene Review,* 4(3), 2017, pp.183~198.

5

Toivanen et al., 위의 논문.

6

Gabrys, J., *Program earth: Environmental sensing technology and the making of a computational planet*. University of Minnesota Press, 2016.

7

Castree, N., "Speaking for the 'people disciplines': global change science and its human dimensions", *The Anthropocene Review,* 4(3), 2017, pp.160~182.

8

Lorimer, J., "Counting corncrakes: The affective science of the UK corncrake census", *Social Studies of Science,* 38(3), 2008. pp.377~405.

9

인류학자 이븐 컬크시는 허리케인 카트리나 피해 현장에 투입된 세 마리의 염소가 일으키는 뜻밖의 관계들을 추적하고, 이를 통해 인류세의 희망을 찾는다.
Kirksey, S. E., Shapiro, N. & Brodine, M., "Hope in blasted landscapes", *Social Science Information,* 52(2), 2013, pp. 228~256.

10

Barry, A., Born, G. & Weszkalnys, G., "Logics of interdisciplinarity", *Economy and Society,* 37(1), 2008, pp.20~49.

11

Toivanen et al., 위의 논문.

12

Lorimer, J., "The Anthropo-scene: A guide for the perplexed", *Social Studies of Science,* 47(1), 2017, pp. 117~142.

13

Thomas, J. A., Williams, M. & Zalasiewicz, J., *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach,* John Wiley & Sons, 2020.