



제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 · 과학기술정보통신부 장관 · 농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술”(개발기간 : 2021.4. ~ 2023.12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024.05.28.

주관연구기관명 : 국립축산과학원 (대표자) 임 기 순



공동연구기관명 : ㈜주토스 (대표자) 심 상 현



주관연구책임자 : 당창권

공동연구책임자 : 심상현

「국가연구개발혁신법」 제17조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

최종보고서				보안등급							
				일반[✓], 보안[ ]							
중앙행정기관명	농림축산식품부 과학기술정보통신부 농촌진흥청		사업명	사업명 스마트팜 다부처 패키지 혁신기술 개발사업							
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원 (재)스마트팜연구개발사업단			내역사업명 (해당 시 작성)	스마트팜 실증· 고도화 연구사업						
공고번호	제농축 2021-45호		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		421050-03						
			연구개발과제번호								
기술분류	국가과학기술 표준분류	CA0302		100%							
	농림식품과학기술분류	AB0201		100%							
총괄연구개발명	국문	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술									
	영문	Development of precision measurement, management, and predictive modeling technology for economic traits in Hanwoo									
연구개발과제명	국문	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술									
	영문	Development of precision measurement, management, and predictive modeling technology for economic traits in Hanwoo									
주관연구개발기관	기관명	국립축산과학원	사업자등록번호	124-83-01711							
	주소	(54875) 전라북도 완주군 이서면 콩취팔취로 1500	법인등록번호								
연구책임자	성명		당창권	직위	농업연구사						
	연락처	직장전화	041-580-3372	휴대전화							
		전자우편		국가연구자번호	10930193						
연구개발기간	전체		2021. 04. 27. - 2023. 12. 31( 2년 9개월)								
	단계	1단계	2021. 04. 27. - 2022. 12. 31( 1년 9개월)								
		2단계	2023. 01. 01. - 2023. 12. 31( 1년 0개월)								
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	지방자치단체	기타( )	현금	현물	합계		
	총계	950,000	20,000	253,400					970,000	253,400	1,223,400
	1단계	1년차	250,000		73,400				250,000	73,400	323,400
	2년차	350,000	10,000	90,000				360,000	90,000	450,000	
2단계	1년차	350,000	10,000	90,000				360,000	90,000	450,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고					
	역할	기관유형									
공동연구개발기관	주토스(주)	심상헌	대표이사			수요	중소기업				
연구개발담당자 실무담당자	성명		당창권	직위		농업연구사					
	연락처	직장전화	041-580-3372	휴대전화							
		전자우편		국가연구자번호		10930193					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 29 일

연구책임자 :

당 창 권

주관연구개발기관의 장 : 임 기 순

공동연구개발기관의 장 : 심 상 헌

## < 요약 문 >

사업명	스마트팜 다부처패키지 혁신기술개발사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)	스마트팜 실증 · 고도화 연구사업	연구개발과제번호	421050-03
기술 분류	국가과학기술 표준분류	CA0302	100%
	농림식품 과학기술분류	AB0201	100%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)			
연구개발과제명	한우 개체별 경제형질 정밀 측정 · 관리 · 예측 모델링 기술		
전체 연구개발기간	2021. 04. 27. - 2023. 12. 31(2년 9개월)		
총 연구개발비	총 1,223,400천원 (정부지원연구개발비: 950,000천원, 기관부담연구개발비 : 273,400천원)		
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]	기술성숙도 (해당 시 기재)	착수시점 기준(2) 종료시점 목표(9)
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)			
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)			
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 체중 및 체척 측정 자동화 시스템을 개발 · 보급하여 농가단위 능력검정 및 개량체계 구축</li> <li>○ 농가단위 자동화 능력검정 자료를 국가 능력검정 시스템과 연계하여 국가단위 한우 유전능력평가 정확도 강화             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 확대 : 기술개발(검정소) → 육종농가 적용 → 암소개량 참여농가로 확대</li> </ul> </li> </ul>	
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3D 스캔 데이터와 실측 데이터의 수집 체계 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개월령별 체중·체척 자료 수집(수동 실측 및 3D 스캔 정보 확보)</li> <li>- 체중·체척의 수동 실측 데이터와 3D 스캔 데이터의 상관 분석 및 정확도(반복력, 재현력) 검증</li> <li>- 검정소 체중·체척 자동 측정 프로그램 적용 효율성(인력, 시간) 비교</li> </ul> </li> <li>○ 3D 카메라 및 시험 스테이션 개발과 3D 스캔 데이터 수집체계 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D 스캔 카메라를 적용한 개체별 3D 스캔 촬영 스테이션 프로토타입 개발 (소 개체모형 적용)</li> <li>- 중앙 DB에 데이터 축적을 위한 클라이언트(단말기) 프로그램 개발</li> <li>- 인공지능 학습 서버 플랫폼 개발 및 기초 데이터(실측치 및 3D 스캔 데이터) 인공지능 학습</li> </ul> </li> <li>○ 온라인 데이터 학습(서버) 및 클라이언트(단말기) 통신 플랫폼 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예측 알고리즘 검증 및 업데이트를 통한 실증</li> <li>- 인공지능 학습 자동화 소프트웨어 개발 및 고도화</li> <li>- 단말기 → 중앙서버 → 학습 → 결과 제공 프로토콜 개발</li> </ul> </li> <li>○ 학습 및 서비스 서버/클라이언트(단말기) 소프트웨어 고도화             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검정소 및 농가 사용자 편의와 검정환경을 고려한 3D 스캔 데이터 학습 및 서비스 서버 S/W 고도화</li> <li>- 검정소 기반에서 일반 농가용으로 확대할 수 있도록 농가별 검정 환경에 맞는 농가용 스테이션 시제품 추가 제작 (전동 카트 적용)</li> <li>- 농가를 위한 실시간 분석 결과 및 연동 체계 실증(단말기 ↔ 분석서버)</li> <li>- 국가단위 한우 능력검정 DB와의 자료 연동 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>○ 체중 · 체척 3D 스캔 데이터 및 예측자료를 이용한 10대</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>분할육 예측 모델 개발·적용</li> <li>- 체중, 체척 데이터를 이용한 기타 한우 경질형질 및 10대 분할육과의 상관분석, 예측 모델 개발</li> <li>- 내장, 지방무게 반영한 체중, 체척 예측 알고리즘 업데이트</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 체중·체척 예측 알고리즘 현장 적용을 위한 농가 실증</li> <li>- 육종농가, 축산과학원, 개량농가 보유축 대상 체중, 체척 실증 (실측과 예측치 비교)</li> <li>- 체중, 체척 실증 결과를 이용한 예측 알고리즘 업데이트</li> <li>- 농장 체중·체척 자동 측정 프로그램 적용 효율성(시간, 인력) 비교</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실측치, 예측 데이터를 교차한 한우 유전능력 평가 결과 비교</li> <li>- 실측치 자료를 예측 데이터로 전환 시 한우 유전모수 변화 분석</li> <li>- 예측 데이터를 이용한 한우 체중 및 체척 유전능력 비교 분석</li> <li>- 10대 분할육 예측치 활용 유전능력평가 및 도체형질과의 유전 상관 분석</li> </ul>
1단계	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 체중, 체척 측정 자동화 체계 구축 위하여 개체별·개월령별 체중, 체척 3D 스캔 데이터와 실측 자료를 활용한 관련 디바이스 프로토타입 및 소프트웨어 개발</li> <li>○ 1차년도 개발 기술 정밀도 고도화, 시제품 제작, 인공지능 학습 자동화 및 시범농가 농가실증</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이미지 데이터와 실측 데이터의 수집 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개월령별 체중·체척 자료 수집(수동 실측 및 3D 스캔 데이터 확보)</li> <li>- 체중·체척의 수동 실측 데이터와 이미지 데이터의 상관분석 및 정확도(반복력, 재현력) 검증</li> <li>- 검정소 체중·체척 자동 측정 프로그램 적용 효율성(시간, 인력) 비교</li> </ul> </li> <li>○ 3D 카메라 및 시험 스테이션 개발과 3D 스캔 데이터 수집체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D 스캔 카메라를 적용한 개체별 3D 스캔 스테이션 프로토타입 개발 (소 개체모형 적용)</li> <li>- 중앙 DB에 데이터 축적을 위한 클라이언트(단말기) 프로그램 개발</li> <li>- 인공지능 학습 서버 플랫폼 개발 및 기초 데이터(실측치 및 3D 스캔 데이터) 인공지능 학습</li> </ul> </li> <li>○ 온라인 데이터 학습(서버) 및 클라이언트(단말기) 통신 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예측 알고리즘 검증 및 업데이트를 통한 실증</li> <li>- 인공지능 학습 자동화 소프트웨어 개발 및 고도화</li> <li>- 단말기 → 중앙서버 → 학습 → 결과 제공 프로토콜 개발</li> </ul> </li> <li>○ 체중·체척 이미지 및 예측자료를 이용한 10대 분할육 예측 모델 개발·적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 체중, 체척 데이터를 이용한 기타 한우 경질형질 및 10대 분할육과의 상관분석, 예측 모델 개발</li> <li>- 육량정보를 반영한 체중, 체척 예측 알고리즘 업데이트</li> </ul> </li> <li>○ 체중·체척 예측 알고리즘 현장 적용을 위한 농가 실증 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 육종농가 및 축산과학원 보유축 대상 체중, 체척 실증</li> <li>- 체중, 체척 실증 결과를 이용한 예측 알고리즘 업데이트</li> <li>- 체중·체척 자동 측정 프로그램 적용 효율성 비교 (농장)</li> </ul> </li> </ul>
2단계	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 체중·체척 측정 자동화 기술 실증 농가를 확대 및 측정 자동화 데이터를 이용한 한우 유전능력 평가 체계 구축</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이미지 데이터와 실측 데이터의 수집 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개월령별 체중·체척 자료 수집(수동 실측 및 이미지 자동 측정)</li> <li>- 체중·체척의 수동 실측 데이터와 3D 스캔 데이터의 상관분석 및 정확도(n-fold cross validation 방법 적용) 검증</li> </ul> </li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 학습 및 서비스 서버/클라이언트(단말기) 소프트웨어 고도화 작업 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검정소 및 농가 사용자 편의와 검정환경을 고려한 3D 스캔 데이터 학습 및 서비스 서버 S/W 고도화</li> <li>- 검정소 기반에서 일반 농가용으로 확대할 수 있도록 농가별 검정 환경에 맞는 농가용 스테이션 시제품 추가 제작 (전동 카트 적용 등)</li> <li>- 농가를 위한 실시간 분석 결과 및 연동 체계 실증 (단말기 ↔ 분석서버)</li> <li>- 국가단위 한우 능력검정 DB와의 자료 연동 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>○ 실측치, 예측 데이터를 교차한 한우 유전능력 평가 결과 비교 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실측치 자료를 예측 데이터로 전환시 한우 유전모수 변화 분석</li> <li>- 예측 데이터를 이용한 한우 체중 및 체척 유전능력 비교 분석</li> <li>- 10대 분할육 예측치 활용 유전능력평가 및 도체형질과의 유전 상관 분석</li> </ul> </li> <li>○ 체중·체척 예측 알고리즘 현장 적용을 위한 농가 실증 확대 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 육종농가, 축산대학원 + 개량농가 보유축 대상 체중, 체척 실증(정확도 비교)</li> <li>- 체중, 체척 실증 결과를 이용한 예측 알고리즘 업데이트</li> <li>- 농장 체중·체척 자동 측정 프로그램 적용 효율성(시간, 인력, 정확도) 비교</li> </ul> </li> </ul>
--	--	--	---

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 육종농가 등 개량에 참여하는 농가를 대상으로 보급을 확대하여 농가가 유전적으로 능력이 우수한 개체를 선발 또는 저능력우를 도태하는데 이용하는데 활용</li> <li>○ 농가가 수집된 데이터를 기반으로 올바른 계획교배를 수행함으로써 농가 수익성 향상 및 농가단위 한우개량 목표설정에도 도움</li> <li>○ 농가단위 능력검정 성적을 국가단위 한우 씨수소 선발을 위한 검정자료와 통합하여 유전능력평가를 실시함으로써 보증씨수소 선발의 정확도 향상</li> </ul>				
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 육종농가 등 개량에 참여하는 농가를 대상으로 보급을 확대하여 농가가 유전적으로 능력이 우수한 개체를 선발 또는 저능력우를 도태하는데 이용하는데 활용</li> <li>○ 농가가 수집된 데이터를 기반으로 올바른 계획교배를 수행함으로써 농가 수익성 향상 및 농가단위 한우개량 목표설정에도 도움</li> <li>○ 농가단위 능력검정 성적을 국가단위 한우 씨수소 선발을 위한 검정자료와 통합하여 유전능력평가를 실시함으로써 보증씨수소 선발의 정확도 향상 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 기술 활용 한우 육종농가, 암소검정 농가, 지역축협 생축장 등 검정농가 보유 소에 대한 자료를 국가단위 검정시스템과 연계하여 수집에 활용</li> <li>- 검정소에서 매년 수행되는 한우 능력검정 데이터 수집의 자동화를 통해 검정 노동력 절감과 소의 스트레스 감소시키면서 검정 및 평가의 정확도 증가 실현</li> </ul> </li> <li>○ 한우 체중 및 체척 측정 자동화 기술 개발로 한우 경매시장에서 개체별 체중 및 도축장에서의 도축 직전 생체중 정보 제공 등 다양한 분야로 확대 가능</li> <li>○ 한우 사양, 번식, 출하시기 결정 등 축산업 내 다른 분야와의 자료공유로 빅데이터 의 활용도 극대화</li> <li>○ 방역 및 코로나 등 축산업 또는 사회적으로 외부인 접촉 어려운 상황에 맞춰 언택트 능력검정 체계로 전환</li> <li>○ 4차 산업혁명 기술을 접목한 스마트팜 기술 개발로 축산 이외의 관련기업 동반성장</li> <li>○ 스마트팜 관련 하드웨어 및 소프트웨어 개발에 대한 자체 기술력 확보를 통해 발생 데이터를 국산화하고 기술에 대한 수입 대체 효과 기대</li> </ul>				
국문핵심어 (5개 이내)	한우	빅데이터	체중	체척	자동화
영문핵심어 (5개 이내)	Hanwoo	Big data	Body weight	Body measurement	Automation

## < 목 차 >

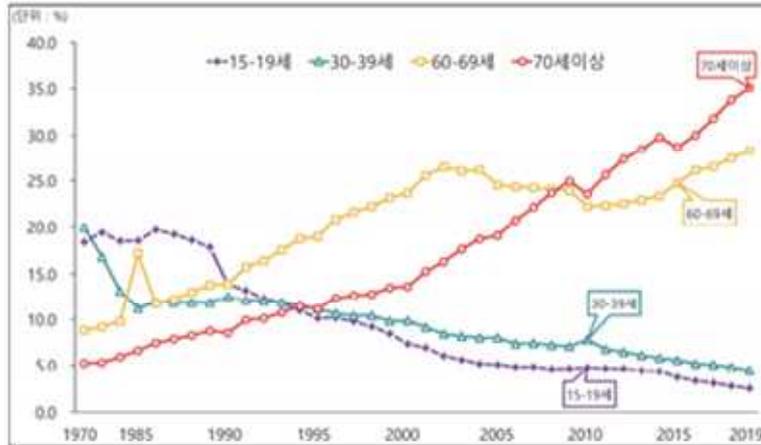
1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

# 1. 연구개발과제의 개요

## □ 필요성

- 우리나라 농촌은 현재 농·축산업인구 고령화, 젊은층의 영농승계 인력난 및 투자위축 등에 따른 소득·수출·성장률 정체 등 지속가능성 위기에 처해 있어 농업 생산성 유지를 위해서는 스마트팜 기술 적용이 시급함
  - (농가인구) 2019년 2,245천명으로 1970년 14,422천명에 비해 12,177천명(84.4%) 감소
  - (농가수) 2019년 1,007천가구로 1970년 2,483천가구에 비해 1,476천가구(59.4%) 감소
  - (농가 고령인구비율) 1970년 4.9%에서 2019년 46.6%로 41.7%p 증가하였고, 60세 이상 비율이 농가인구의 63.4%에 달함



< 연령별 농가인구(15세 이상) 비중 추이 >

- 농식품부는 '14부터 농업의 고도화, 농업인 고령화 대응 등을 목적으로 한국형 스마트팜 모델 개발·보급을 추진하고 있으나 시설현대화 및 센서 위주의 환경제어에 초점을 두고 있어 가축 개량에 필요한 개체별 생산성 정밀측정기술 개발도 필요한 상황임
  - 축산분야는 주요 축종(양돈, 양계, 한우, 낙농) 전업 농가 23,000호의 25%인 5,750호에 2022년까지 스마트 축사를 보급한다는 목표로 추진 중
  - 축산분야에서의 스마트팜 보급 농가는 '19 현재 2,150농가로 한우농가는 전무한 상황임

< 농림축산식품부의 스마트팜 보급목표(2017년) >

분류	2017목표	2022목표	내용
양돈	330호	5,750호	주요 축종별 전업농의 10% 수준
낙농	300호		
양계	100호		

- 축산분야의 스마트팜은 대부분 질병 및 사양관리에 중점을 두고 기술개발이 이루어졌고 기술개발 보다는 센서 위주의 개체 및 환경관리 기술 적용 사례가 대부분임
- 최신 IT기술을 이용하여 스마트팜을 구축할 수 있는 기반을 개발하여, 가축의 개량의 표준을 확립해야하는 요구가 증가하고 있음

< 한우 스마트팜 축사구성 >

장비구분		세부내용
환경정보 수집장치	외부환경 관리장비	온도, 습도, 풍향, 풍속 등
	내부환경 관리장비	온도, 습도, 암모니아, 음수 등
사료단계별급이기		사료자동급이기, 송아지포유기 등
제어관리시스템		음수관리기, 사료빈관리기, 송풍기 등
정보관리 장비		카메라, 녹화장비, 네트워크, 복합제어기 등

- 한우는 고기를 생산하는 품종으로 체중과 체척이 성장과 육량을 결정짓는 주요형질이며, 개량뿐만 아니라 사양과 번식에도 주요 지표로 이용되는 형질에 해당됨
  - 특히 12개월령 체중의 경우 유전적으로 도체중과 74%, 일당증체량과 94%의 상관을 가지고 있어 성장뿐만 아니라 도축시 농가가 얻을 수 있는 이익과 직결되어 있는 형질임
  - 체척 또한 개체의 성장(체중)과 암소의 경우 번식형질과의 상관이 높고 부위별 고기 무게(표현형 상관 최대 80%)를 예측하는데 중요한 지표로 이용되고 있음
- 우리나라 한우 개량은 농가단위 검정성적을 확보하기 어렵기 때문에 검정소에 위탁하여 능력검정을 실시하는 형태로 씨수소를 선발하고 있어 농가단위에서도 쉽게 접목할 수 있는 검정 기술 개발·보급이 필요할 실정임
  - 한우는 다른 축종과 다르게 국가단위 검정사업을 통해 매년 30두 내외로 선발하고 이렇게 선발된 씨수소의 정액을 생산하여 전국 90,000농가가 교배에 이용하도록 공급하고 있음
  - 대부분 개량사업은 체중, 체척을 측정하여 개량 정보로 이용하도록 하고 있으나 농가단위에서 체중과 체척을 측정하는데 필요한 인력과 시간소요, 사고위험 문제 등으로 자료수집에 어려움이 있고 한우 개체에게도 큰 스트레스로 작용하고 있음
  - 소들을 한 곳으로 몰아서 검정을 할 수 있는 유도도가 없는 일반 농가에서는 개체 보정이 어렵기 때문에 능력검정을 하지 못하는 경우가 대부분이고 이동식 우형기를 이용하더라도 우형기까지의 개체 유도가 어렵기 때문에 검정을 기피하는 경우가 많음
  - \* 한우암소검정사업의 체중 및 체척측정 비율은 10% 이내로 상당히 저조함
  - 비접촉식으로 체중과 체척을 측정하는 기술을 개발하여 적용한다면 농가단위 능력검정이 가능하지만 방대한 양의 3D 스캔 정보를 확보하는 것이 필요하고, 이를 이용하여 체중과 체척을 정확히 예측하기 위해서는 이미지 처리 및 학습에 필요한 AI 모형 적용이 필요함

□ 최종목표

- 한우 체중 및 체척 측정 자동화 시스템을 개발·보급하여 농가단위 능력검정 및 개량체계 구축
- 농가단위 자동화 능력검정 자료를 국가 능력검정 시스템과 연계하여 국가단위 한우 유전 능력평가 정확도 강화
  - 확대 : 기술개발(검정소) → 육종농가 적용 → 암소개량 참여농가로 확대

□ 단계별 목표

- 1단계 (2021.4.27.~2022.12.31.)
  - 한우 체중, 체척 측정 자동화 체계 구축 위하여 개체별·개월령별 체중, 체척 3D 스캔 데이터와 실측 자료를 활용한 관련 디바이스 프로토타입 및 소프트웨어 개발
  - 1차년도 개발 기술 정밀도 고도화, 시제품 제작, 인공지능 학습 자동화 및 시범농가 농가실증

○ 2단계 (2023.1.1.~2023.12.31.)

- 한우 체중·체척 측정 자동화 기술 실증 농가를 확대 및 확보 데이터를 이용한 한우 유전 능력 평가 가능성 검토

□ 체계도

○ 한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술개발 종합 체계도

- 개발제품

· 하드웨어 (HW)

- \* 한우 체중 및 체척 자동측정 장치(스테이션)
- \* 개체식별 정보 및 체중, 체척 측정결과와 예측치 출력용 태블릿

· 소프트웨어 (SW)

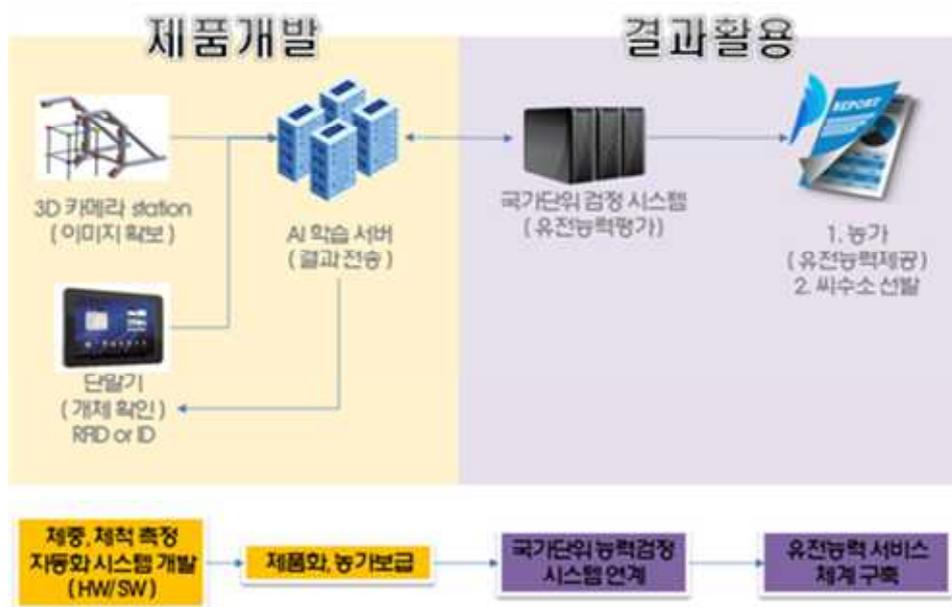
- \* 개체식별 정보 및 체중, 체척 측정결과와 예측치 출력 태블릿 전용 소프트웨어
- \* 한우 체중, 체척 3D 스캔 데이터 분석 및 학습을 통한 예측 알고리즘 적용 소프트웨어

· 데이터베이스 (DB)

- \* 한우 체중 및 체척 자동측정 장치 전용 로컬 데이터베이스 → 2~3년차는 학습서버로 네트워크 전송하도록 업데이트 예정
- \* 실측치와 3D 스캔 데이터를 이용한 학습서버 : 2대 (향후 전문가 조정 및 모델 업데이트를 위한 서브 데이터베이스를 구축하여 학습 DB관 연동체계 구축 예정)

- 결과활용

- 자동화 측정결과 정보가 국가단위 능력검정 DB와 연동하여 함께 축적될 수 있도록 연동
- 농림축산식품부 정책제안을 통해 자동화 측정결과도 활용할 수 있도록 한우 검정기준을 개정하고 개량사업 참여농가를 대상으로 체중, 체척 능력검정 장치를 활용할 수 있도록 지원
- 자동화 자료를 국가단위 및 농가단위 한우 개량에 활용할 수 있도록 유전능력평가 시스템을 구축하여 개체별 체중, 체척 유전능력 및 교배계획 서비스 제공에 활용



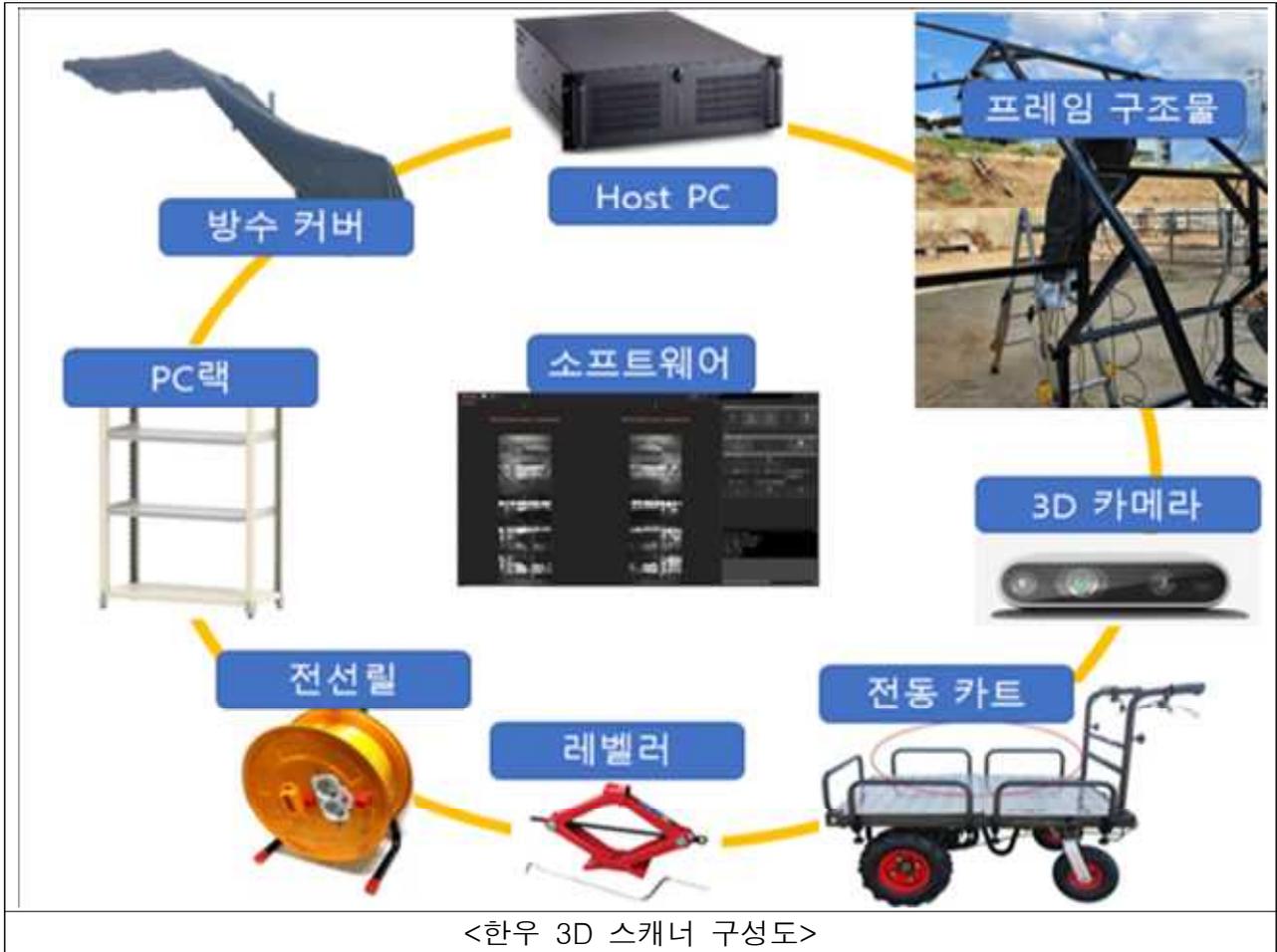
< 기술개발 체계도 >

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

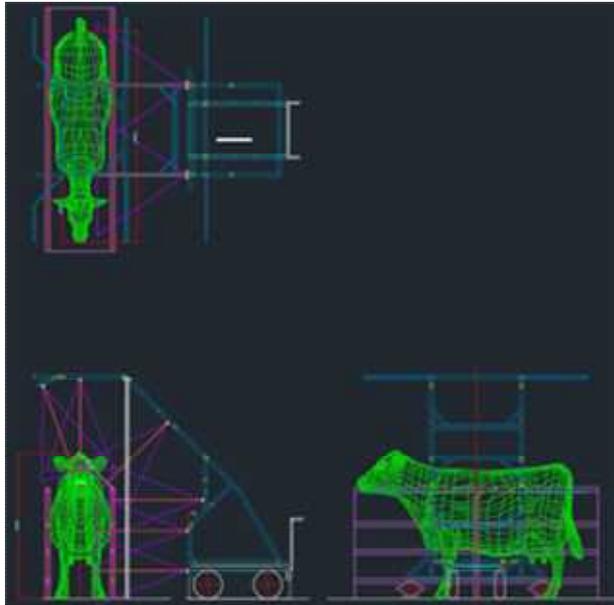
### 1) 경제형질 예측을 위한 실측 및 이미지 데이터 수집체계 구축

#### (1) 3D 스캔 이미지 데이터를 위한 3D 카메라 적용 스테이션 개발

- 안전을 위해 설치된 유도로 간섭을 고려한 3D카메라 적용 1차 프로토타입 스테이션
  - 무거운 구조물 이동 편리성을 위해 전동 카트를 적용하여 이동 및 보관이 가능하도록 설계
  - 야외에 설치되는 구조물 특성상 비와 눈을 피하고 카메라 내 햇빛 차단을 위해 가볍고 방수가 되는 폴리 소재를 이용하여 구조물 커버 제작
  - 장비의 흔들림이나 레벨 조절을 위해 4개 부위에 자키를 적용
  - 농협한우개량사업소 당·후대 검정우사 3곳 동시 촬영을 위해 3대 제작



- 1차 프로토타입 스테이션 구성
  - 프레임 구조물
  - 3D 스캐너 : Intel RealSense 435 10EA 사용
  - Host PC : Intel i 7, RAM 64GB, Windows 10, 4 Port USB 3.0 Card 3EA
  - 전선릴 : 50m
  - 방수 커버 : 폴리 소재, 2600x3000 mm
  - 레벨러 : 자키 4EA
  - PC랙
  - 전동 카트(사이즈 - 1300x760x990 mm)
    - 무게 - 82kg(허용무게 - 300kg)
    - 최고 속도 - 5.8 km/hr
    - 모터 - 350w RPM:80/min
    - 배터리 - DC24V, 24AH



CAD를 이용한 한우 3D 스캐너 설계



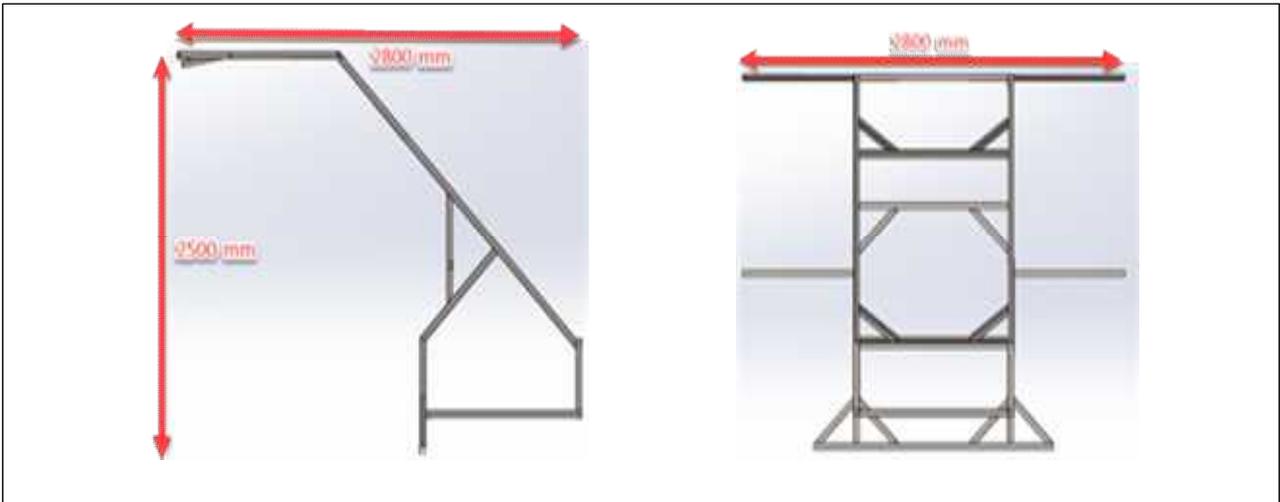
농협한우개량사업소(검정소) 유도로 옆 설치



한우 당·후대 검정우 체중, 체척 측정시 이미지 동시 확보

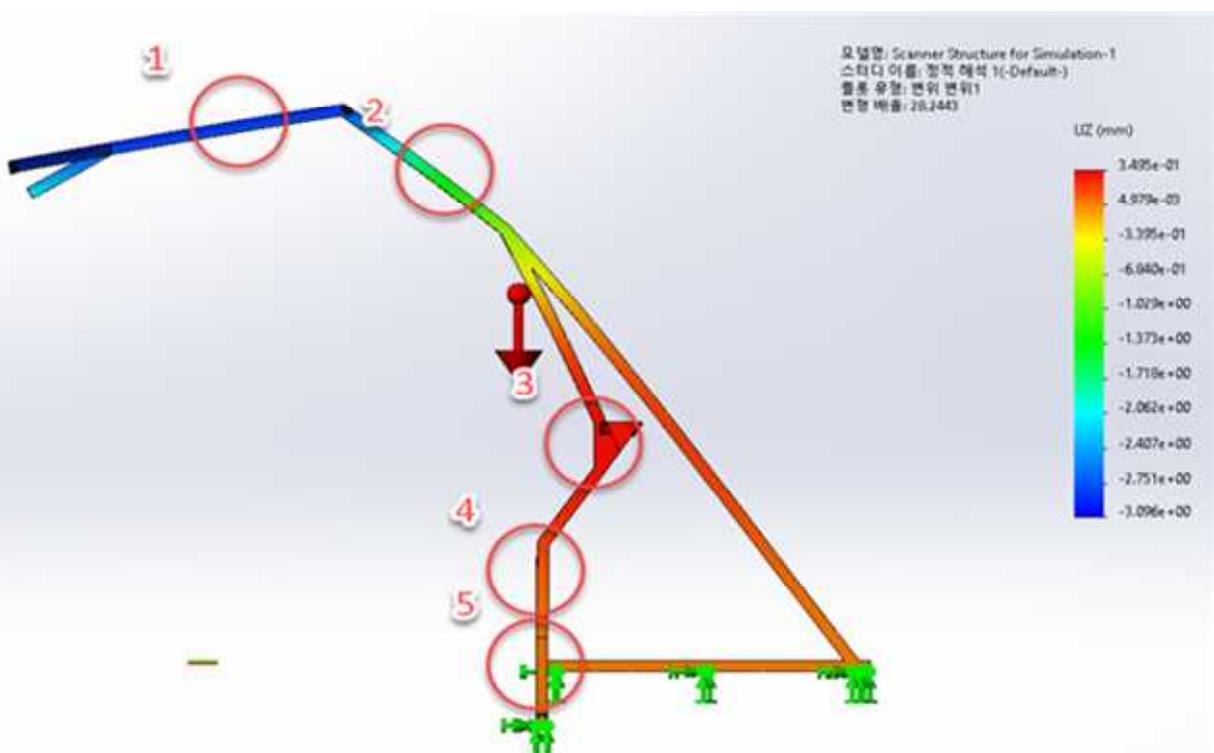
○ 구조물 설계 자료

- 재료 정보 : 각파이프(소재 S15C, 규격 40x40x2.3T)
- 일반 스틸 구조물에 비해 가벼우며, 응력이 강한 재료를 사용하기 위해 각파이프를 적용함
- 구조물 사양 : 무게 : 98KG, 크기 : 2800x2700x2500 mm



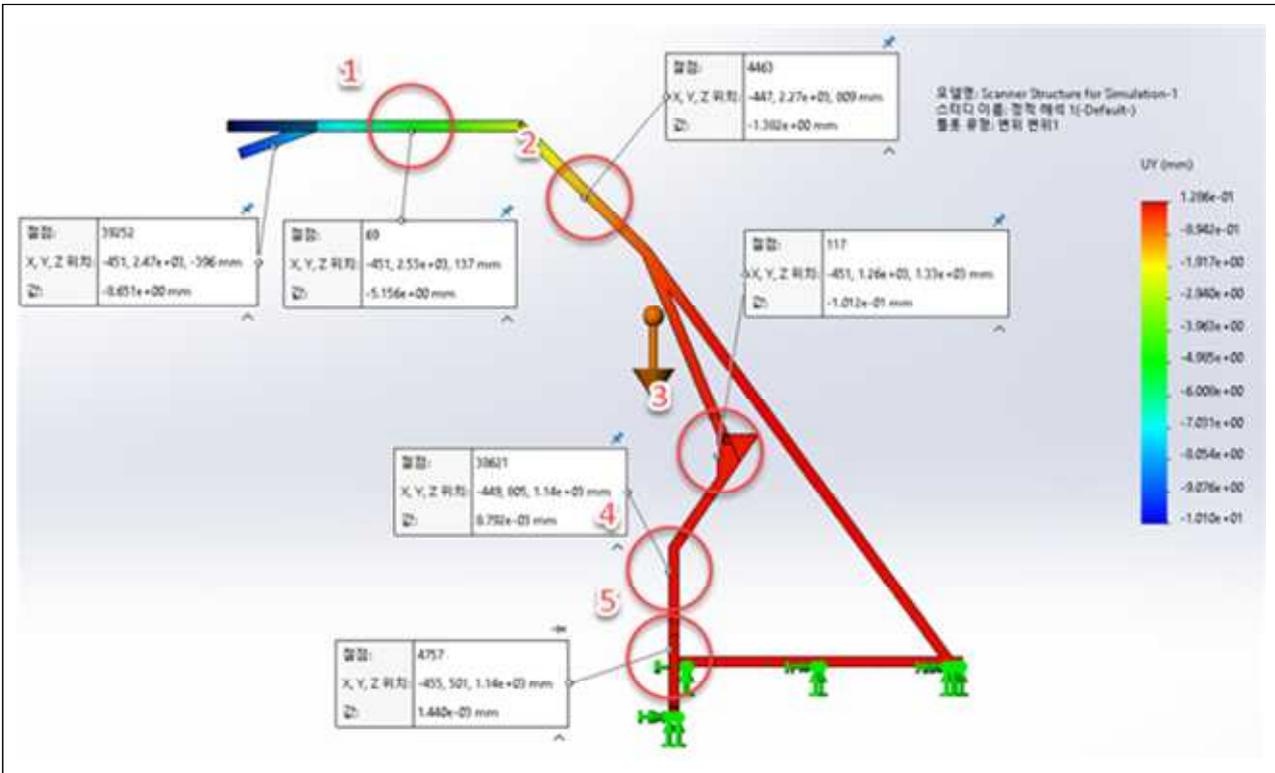
- 높이와 너비는 한우 한 개체당 체고와 체장을 고려하여 설계, 하중을 견딜 수 있는 중간 파이프와 카메라 설치 지역은 유도로 상에 나타나 있는 파이프 간격을 고려
- 뿐만 아니라 본 연구에서는 어린 송아지부터 도축시까지의 소의 이미지를 촬영할 수 있는 스캐너를 개발을 위해 모든 개월령을 소 이미지가 촬영 가능하도록 프레임이 설계
- 구조물 변위 시뮬레이션

1. 상부 외팔보 구조로 상부를 지탱하고 있는 부위에 최대 응력이 발생, 세로 보강대를 구축
2. 프레임간 체결은 용접을 이용하여 체결력을 강화시킴

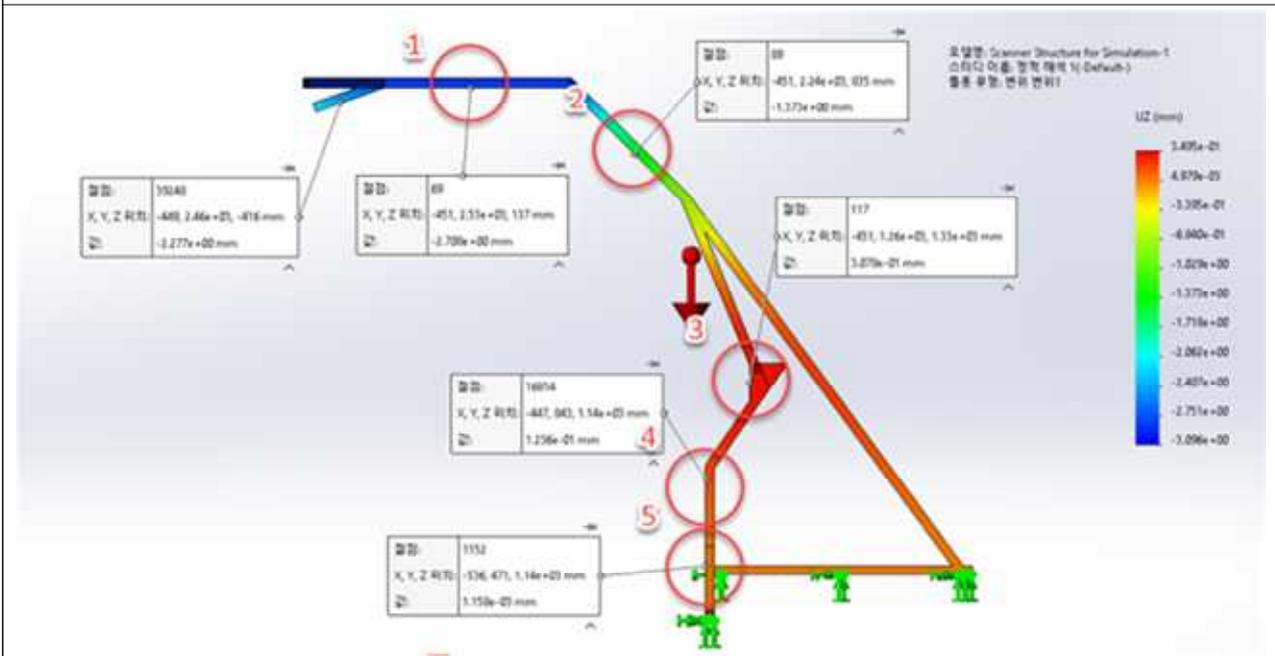


< 응력 변위 시뮬레이션 >

\* 카메라가 설치되는 5개의 부위에 대한 변위량을 확인



\* 수직 방향의 변위량 체크 - 1번 위치가 최대 변위량으로 -5.1mm 처짐 발생 확인



\* 수평 방향의 변위량 체크 - 1번 위치가 최대 변위량으로 -2.7mm 처짐 발생 확인

- 구조물 변위 시뮬레이션을 통한 카메라 위치 편차를 3D 영상 정합시에 탐색 범위 값으로 사용함

○ 3D Scanner

- Active Stereo Vision기반 Intel RealSense 435를 사용하였으며, 해당 기기를 이용하여 Left, Right Infrared Image만을 획득함
- 획득된 Infrared Image를 이용하여 3D Reconstruction을 수행함



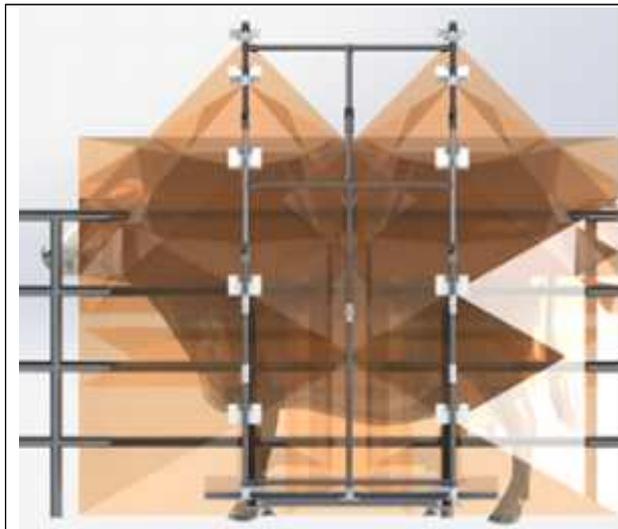
- 한우 이미지 스캐너 구조물에 총 10대의 Active stereo vision 카메라를 설치하여 개체의 상부와 측면을 모두 촬영함
- 한우 3D 스캐너 현장 설치, 실측치 측정 및 이미지 촬영 현장

<p>장비이동</p>	<p>액티브 스테레오 비전 카메라</p>	<p>카메라 설치</p>
<p>체중측정용 유도로</p>	<p>개체별 체중측정</p>	<p>현장 적용</p>
<p>카메라 테스트(12대)</p>	<p>Depth 이미지 테스트</p>	<p>개체 적용 테스트</p>

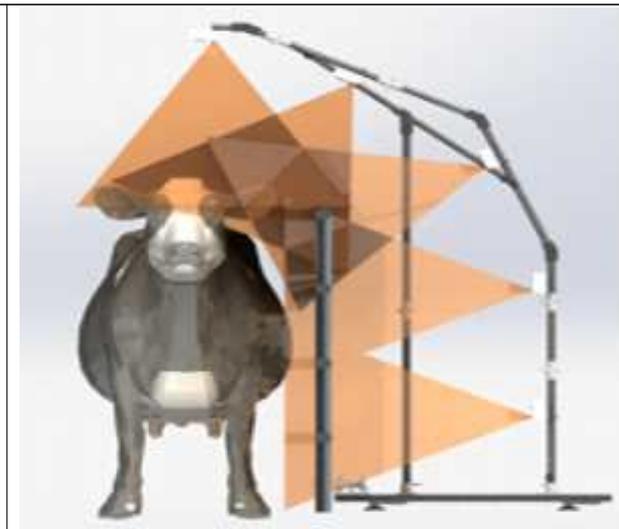
□ 이동편의성 및 촬영각도를 고려하여 제작한 3D카메라 적용 2차 프로토타입 스테이션

○ 1차 프로토타입에 대한 개선사항

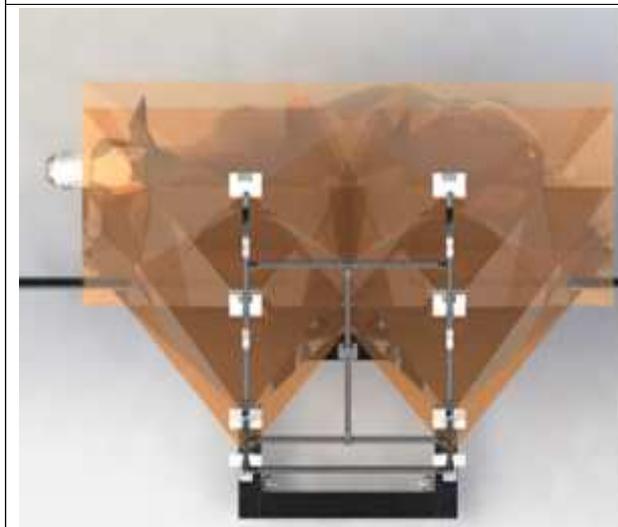
- 설치 및 철거를 손쉽게 하기 위해 접이식으로 구성
- 보관 및 이동시 무게를 가볍게 하기 위해 카본 파이프로 구성



정면도



측면도

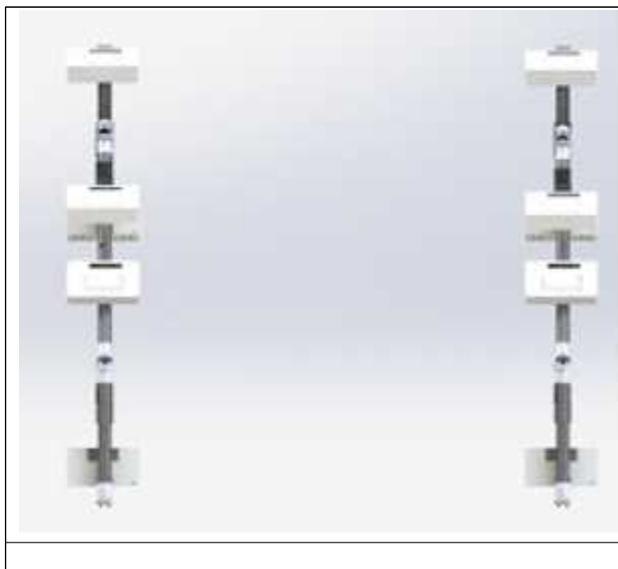


상부도



등각도

<대상 촬영 시 설계도>



<보관시 설계도>



촬영현장



보관함

○ 3D 스캔 스테이션 사양

<프레임 파트>

- 주연결봉 : 30mm 원형 카본 파이프
- 연결 브라켓 : 알루미늄 가공품
- 하부 지지대 : 접이식 프로파일 제작
- 전원 공급 : 전선릴 50m
- 보호 케이스 : 3D 스캐너, SBC 케이스(3D 프린팅 작업)
- 보관/이동용 케이스 : 알루미늄 케이스

<처리장치 파트>

- 처리장치 파트
- 3D 스캐너 : Intel RealSense 435, 10EA
- 제어 PC : Intel I 7, RAM 16GB
- DNN 처리 장치 : NVIDIA Jetson AGX Xavier
- WiFi 공유기 : ipTime A80004T

<3D 스캐너 모듈 사양>

- Intel RealSense 435i
- 사용환경 : 실내외
- 카메라간 거리: 50mm
- 해상도 : 1920x1080 px
- 프레임속도 : 30fps, 15fps
- 화각(HxVxD) : 69.4x42.5x77(±3)
- 연결방식 : USB-C 3.1 Gen1

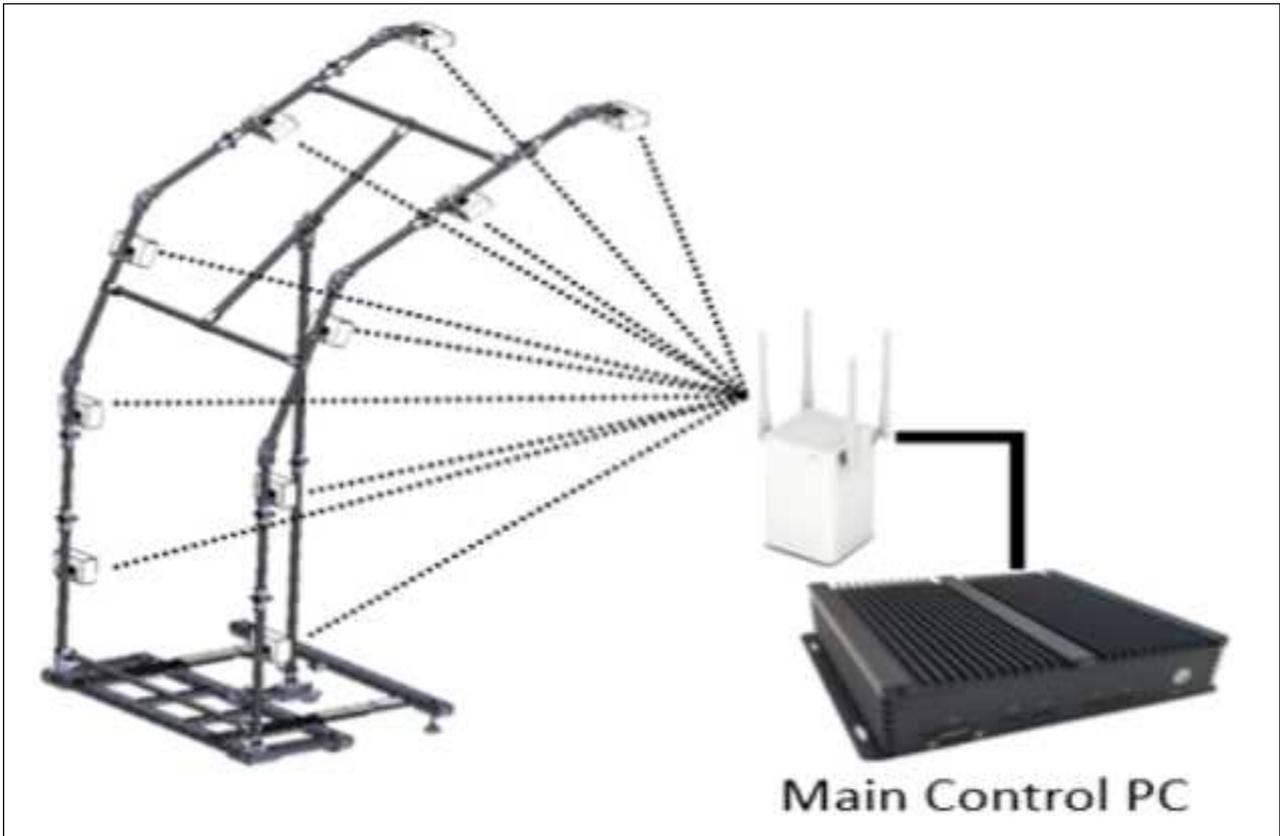
<Latte Panda Single Board Computer>

- CPU : Intel Core i5-8210Y, 2-Core, 4-Thread, 1.6~3.6GHz
- 메모리 : 8GB LDPDR3 1600Hz, 저장소 : 60Gb eMMC
- 무선장치 : 802.11 ac, 2.4G & 5G, up to 433Mbps
- OS : Windows 10 / Linux

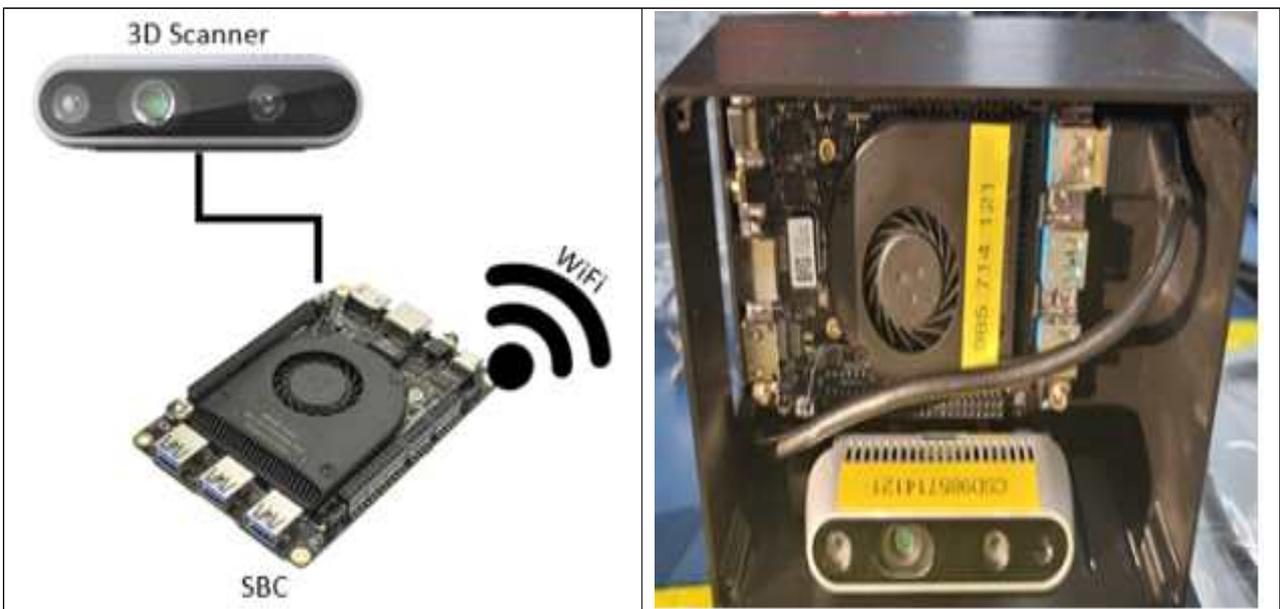
<멀티 3D 스캔 카메라 구성>

- Active Stereo Vision 기반 Intel RealSense 435를 사용하였으며, 해당 기기를 이용하여 Left, Right Infrared Image만을 획득함

- 획득된 Infrared Image를 이용하여 3D Reconstruction을 수행함
- 한우 이미지 스캐너 구조물에 총 10대의 Active Stereo Vision 카메라를 설치하여 개체의 상부와 측면을 모두 촬영함
- 하부 카메라는 유도로 상에 존재하는 파이프 제거를 위해 카메라 간격을 촘촘히 설계함
- 10대로 구성된 멀티 스캐너를 무선으로 구성하여 제어 모니터 컴퓨터와 WiFi 무선으로 통신을 하도록 구성함
- 유선 케이블을 이용하여 커넥터 연결 시에 커넥터의 오염과 발열로 인한 연결 끊어짐이 지속적으로 발생하여 각각의 3D 스캐너를 SBC(Single Board Computer)를 이용하여 무선화 구현



- 3D 스캐너와 SBC는 하나의 케이스에 들어가도록 구성하여 모듈화로 구성



- 각각의 3D 스캐너는 SBC를 이용하여 무선화를 구현함

<멀티 3D 스캔 카메라 구성>

- 현장에서 한우 이미지 스캔 전후 이미지를 실시간으로 촬영·저장할 수 있는 소프트웨어
- 왼쪽/오른쪽 50% 중첩 촬영을 하여 사각지대 회피 및 영상 합성을 위한 조건을 확보
- 저장된 2D 이미지를 DNN 처리 장치에서 3차원 재구성을 수행하여 3D Viewer를 통해 확인할 수 있도록 구성함

<프로그램 개발 환경>

- 입출력 컴퓨터 : Intel i7
- OS : Windows 10 Pro
- 개발 환경 : Visual Studio 12
- 개발 언어 : (Image Processing Engine) C++, (User Experience(UX)) C#, WPF, (Deep Learning) TensorFlow 2.0, Python

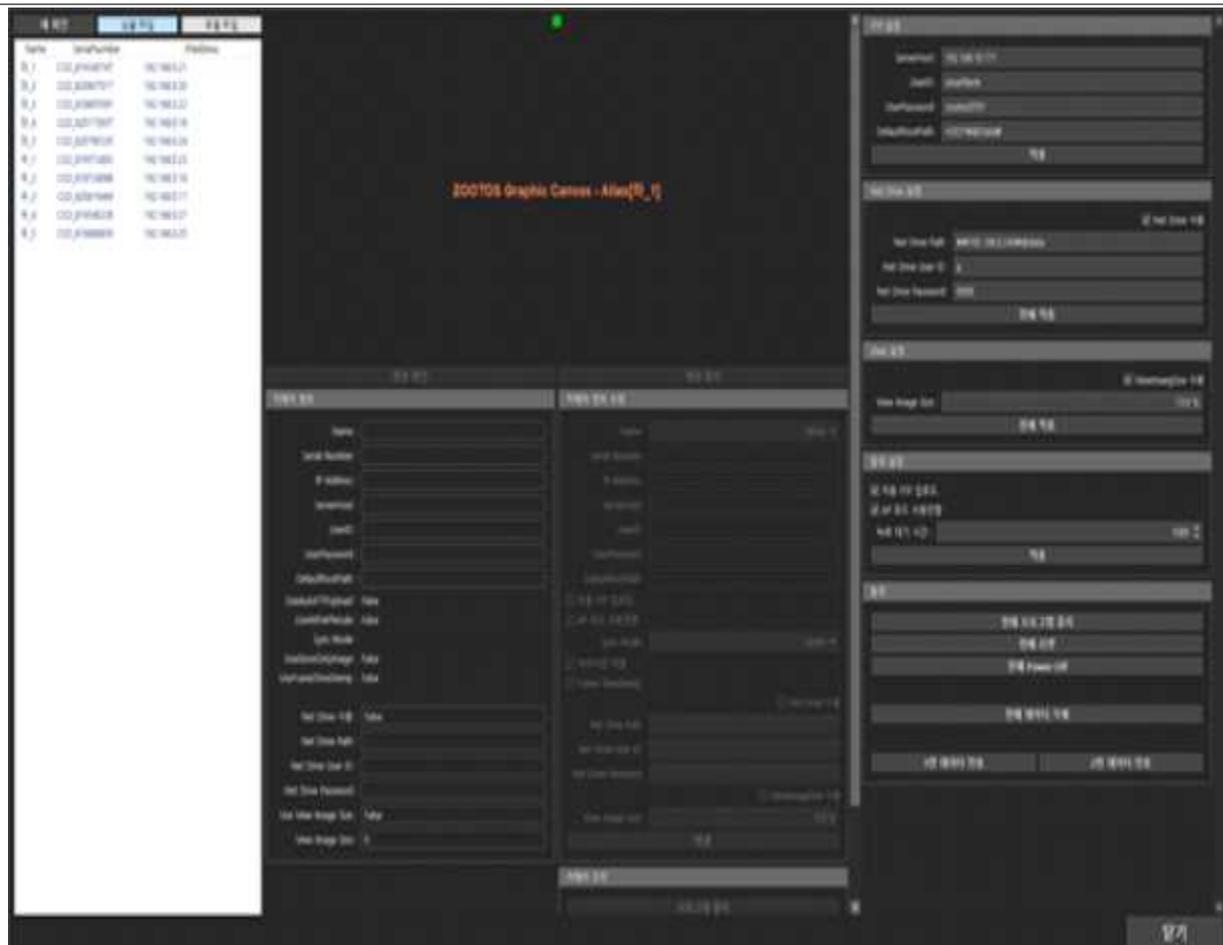
<포터블 제어 컴퓨터>

- 이동 및 작업의 편리성을 고려한 일체형 보관함 제작

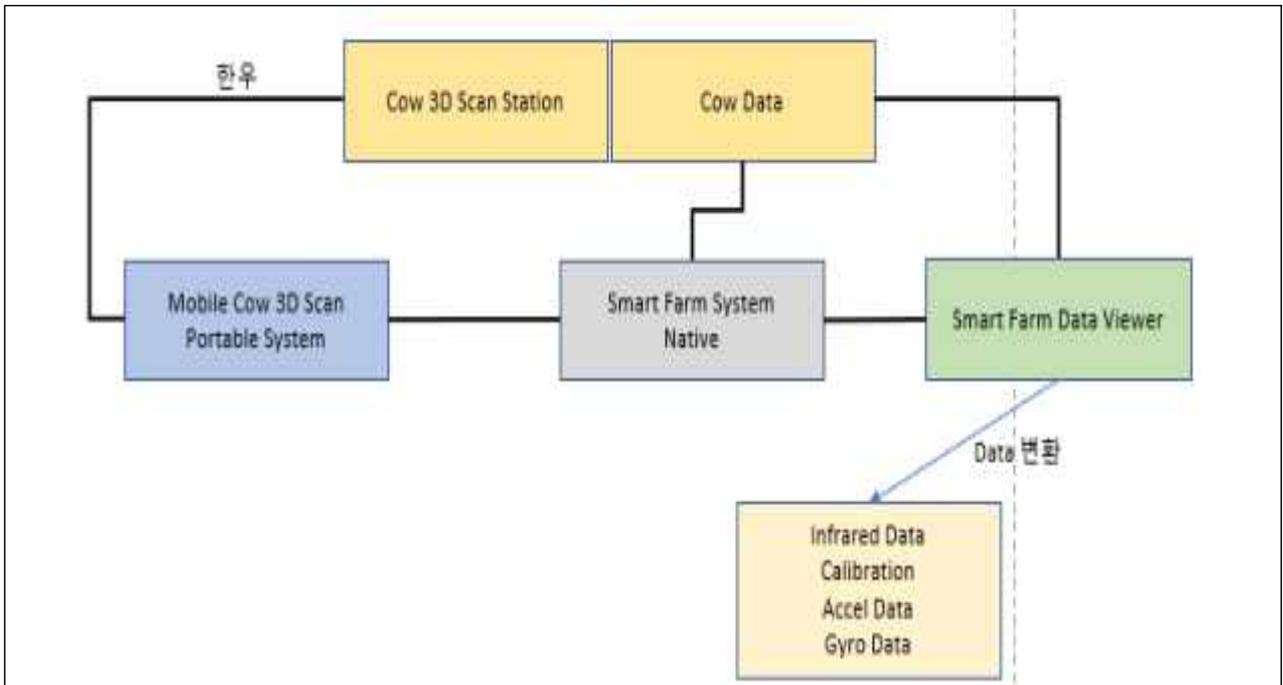
	
<p>모니터/키보드 작업대</p>	<p>주 컴퓨터 및 전장 매립</p>
	
<p>전원 공급/배분 패널</p>	<p>매립식 손잡이와 바퀴</p>



촬영 녹화장면

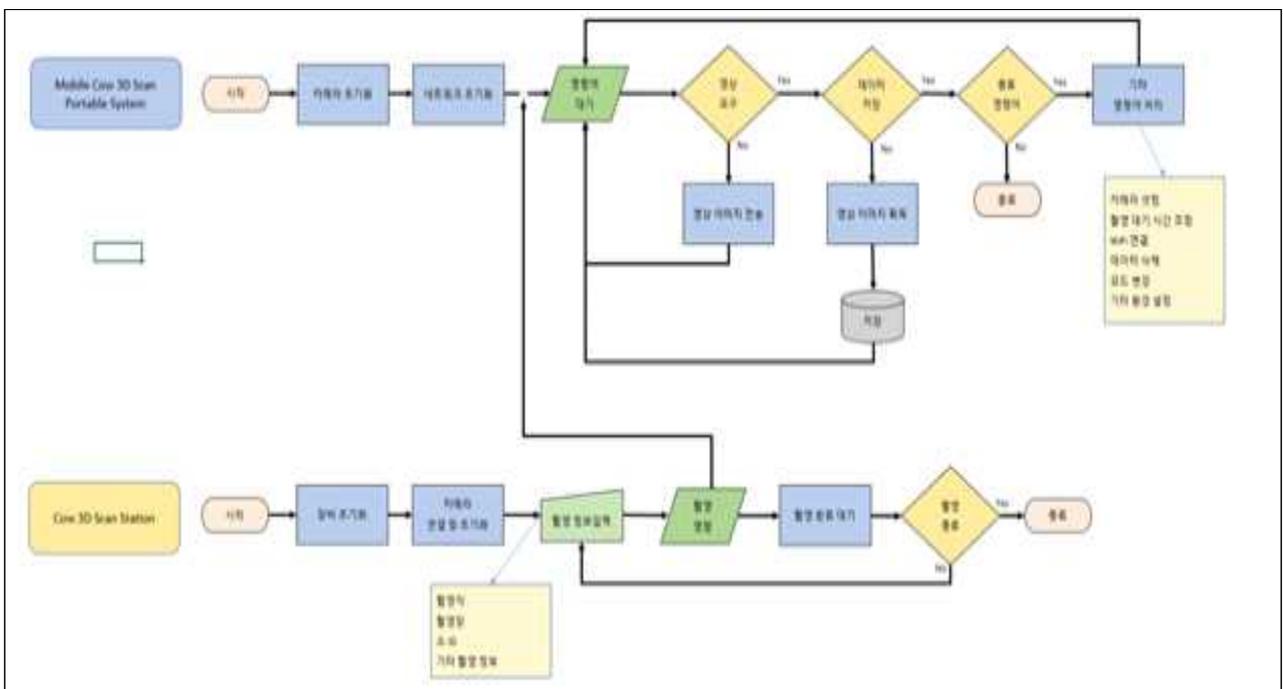


설정 화면



Smart Farm System Native	각 프로그램에서 공용으로 사용하는 Library 형태 3D Scanner Control 및 Binary Data Format 생성
Mobile Cow 3D Scan Portable System	개별 3D Scanner 관리 외부 명령어 수행(Network Command) 촬영 이미지 저장 및 전송
Cow 3D Scan Station	스테이션 장비 제어 프로그램 여러 개의[Mobile Cow 3D Scan Portable System]을 제어 및 관리 촬영 명령 및 각 데이터 수집
Smart Farm Data Viewer	저장된 데이터 확인을 지원하는 프로그램 저장된 데이터를 사용 가능한 파일로 변환

<소프트웨어 순서도>



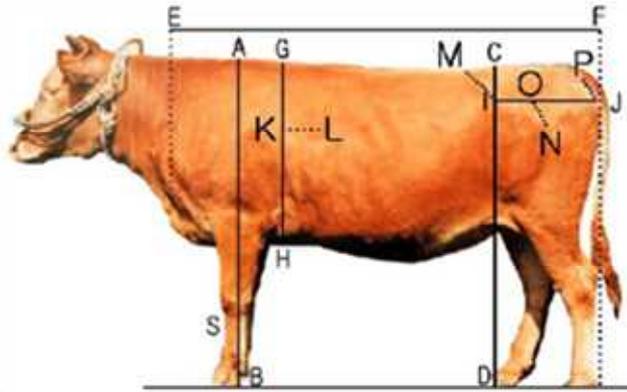
(2) 경제형질 예측 알고리즘 학습을 위한 실측치 및 이미지 자료 수집

□ 농협경제지주 한우개량사업소의 국가단위 한우 능력검정우 대상 실측치 및 이미지 수집

○ 측정방법

- 체중 : 우형기를 이용하여 개체별 체중을 측정
- 체척 : 체척계와 줄자를 이용하여 개체별 체척 10개 부위를 측정
- 이미지 : 3D 카메라 적용 스테이션을 통한 이미지 자료 수집

○ 부위별 측정 지점 및 형질정의



< 한우 체척 측정부위 (측정방법 : 체척계 및 줄자) >

A-B: 체고 C-D: 십자부고 E-F: 체장 G-H: 흉심 I-J: 고장 K-L: 흉폭 I-M: 요각폭 N-O: 곤폭 J-P: 좌골폭 G-H 둘레: 흉위 S: 전관위

부 위	측정지점 및 방법	기 구
체 고	기갑의 정점에서 지면까지의 수직거리	체척계
십자부고	십자부에서 지면까지의 수직거리	체척계
체 장	어깨전단에서 좌골후단을 직선으로 이은 수평거리	체척계
흉 심	견갑골 뒤의 등에서 가슴바닥까지의 수직거리	체척계
흉 폭	견갑골 직후의 좌위측 가슴사이의 가장 넓은 부위의 거리	체척계
고 장	요각 전단에서 좌골후단까지의 직선거리	체척계
요 각 폭	좌우 요각 외측사이의 수평거리	체척계
곤 폭	좌우 곤부(고관절) 사이의 가장 넓은 부위의 수평거리	체척계
좌 골 폭	좌우 좌골결절 외측사이의 수평거리	체척계
흉 위	견갑골 직후를 통하는 가슴부위 둘레	줄 자

○ 체중, 체척 실측 및 이미지 수집 두수 : 총 3,992두

- 측정일, 성별, 개월령 및 검정우별 체중, 체척, 이미지 수집자료

측정일	측정장소	성별	개월령	두수	체중	체척	이미지	누적두수	비고
2021-08-20	한우개량사업소	수	12	395	0	0	0	395	당대검정우
2021-10-01	한우개량사업소	암	12	103	0	0	0	498	
2021-10-20	한우개량사업소	거세	24	191	0	0	0	689	후대검정우
2021-11-01	한우개량사업소	거세	12	191	0	0	0	880	후대검정우
2021-11-09	한우개량사업소	거세	18	194	0	0	0	1,074	후대검정우
2021-12-20	한우개량사업소	수	9	399	0	0	0	1,473	당대검정우
2022-02-28	한우개량사업소	수	12	404	0	0	0	1,877	당대검정우
2022-04-19	한우개량사업소	거세	24	183	0	0	0	2,060	후대검정우
2022-05-02	한우개량사업소	거세	12	207	0	0	0	2,267	후대검정우
2022-05-09	한우개량사업소	거세	18	186	0	0	0	2,453	후대검정우
2022-08-26	한우개량사업소	수	12	396	0	0	0	2,849	당대검정우
2022-11-11	한우개량사업소	거세	12	200	0	0	0	3,049	후대검정우
2023-02-24	한우개량사업소	수	12	354	0	0	0	3,434	당대검정우
2023-05-08	한우개량사업소	거세	12	204	0	0	0	3,788	후대검정우
2023-06-20	한우개량사업소	수	9	385	0	0	0	3,992	당대검정우

· '23년 일부기간은 구제역 및 럼피스킨 전염병 발생으로 한우개량사업소 개체촬영 불가



<개체별 체중(좌) 및 체척(우) 실측치 자료 수집>

○ 한우개량사업소 능력검정, 이미지 데이터 확보 현황 및 기초통계량 분석  
<수컷 및 거세우 체중 체척 실측치>

구분	12개월령 수컷 (n=1,549)		12개월령 거세 (n=802)		18개월령 거세 (n=380)		24개월령 거세 (n=374)	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd
형질								
체중(kg)	416.6457	58.9039	374.2579	49.3961	547.5492	60.3867	701.5407	69.5178
체고(cm)	125.5992	5.1850	123.9544	4.6612	134.0052	4.8549	138.8661	4.9327
십자(cm)	128.7938	5.2526	126.5152	4.7305	136.7435	5.0154	141.0709	5.2078
체장(cm)	142.9903	7.1245	136.8647	6.7345	152.0518	7.0275	160.5302	7.7958
흉심(cm)	64.8054	3.6610	62.6429	2.7240	71.2383	3.0130	76.3386	2.7299
흉폭(cm)	41.9728	4.1019	37.9438	16.0907	45.5104	4.2998	50.0210	3.3241
요각(cm)	40.5182	3.0444	38.2188	3.1070	45.6554	3.4690	50.1076	3.4529
고장(cm)	48.7866	3.1728	45.6824	3.3252	50.4637	3.3824	52.8268	3.4232
곤폭(cm)	44.5233	3.2851	42.3906	15.8364	48.9637	4.0870	52.1759	3.0931
좌골(cm)	26.8249	2.0753	24.7903	10.7286	27.4508	2.4301	29.7402	2.2304
흉위(cm)	177.3826	9.2054	170.9210	9.5118	198.4715	7.9523	219.4908	8.5311

○ 3D정합과 체중 예측 알고리즘에 활용된 개체 등을 고려하여 빅데이터 플랫폼에 체중 실측데이터 및 3D 이미지 자료 업로드 완료

(3) 경제형질 측정에 실제 측정과 스테이션 활용 시 소요되는 시간 및 인력 분석

- (목적) 향후 한우 3D 스캐너 장치 적용에 따른 효율성을 위해 체중, 체척 실측에 소요되는 시간과 인력투입 정도를 측정하고자 함
- (체중) 농협경제지주 한우개량사업소 우사 개체들에 대한 체중측정 시간 측정 : 395두
  - 우사에서 개체를 빼서 체중 측정 후 다시 우사에 배치하는 시간 포함
  - 체중 측정 시 동원되는 현장 및 체중 측정 인력을 포함
  - 체중 측정 소요시간 및 인력
    - 체중측정에 소요되는 시간은 개체당 평균적으로 31.59초가 소요되었고 395두 체중 측정을 위해 동원된 인력이 총 13명임
    - 하지만, 이것을 인력 전체가 체중 측정에 소요된 시간으로 환산한다면 인력×두당 체중 측정시간×두수로 162,214.7초이고 분으로 환산한다면 2,703.6분이며 시간으로 환산하면 45.1시간으로 이틀 이상의 시간이 소요되는 것을 확인하였음

검정장소	성별	검정형질	검정두수	소요시간	인력투입
1검정 우사	수컷(당대)	체중	99	39분	4
2검정 우사	수컷(당대)	체중	158	81분	4
3검정 우사	수컷(당대)	체중	138	88분	5
총계			395	208분 (3시간 28분)	13
평균/두			1	31.59초/두	13

- (체척) 농협경제지주 한우개량사업소 개체들에 대한 체척측정 시간 측정 : 395두 중 292두
  - 우사에서 개체를 빼서 체척 측정 후 다시 우사에 배치하는 시간 제외
  - 체척 측정 시 동원되는 현장 및 체척 측정 인력을 포함
  - 체척 측정 소요시간 및 인력
    - 체척측정에 소요되는 시간은 개체당 평균적으로 2.852분이 소요되었고 292두 체중 측정을 위해 동원된 인력은 최소 4인에서 6명까지임
    - 하지만, 이것을 인력 전체가 체척 측정에 소요된 시간으로 환산한다면 인력×두당 체중 측정시간×두수로 4,996.7분이고 시간으로 환산한다면 83.28시간이며 일로 환산하면 3.47일로 삼일 이상의 시간이 소요되는 것을 확인하였음
    - 종합하면 체중과 체척 측정에 소요되는 시간과 인력이 농가에서는 체중과 체척을 함께 측정하기 때문에 독립적으로 행위가 일어나지는 않지만 체중 또는 체척을 측정한 이후에 또 다른 형질을 측정하기 때문에 적어도 체척 측정하는 정도의 시간과 인력이 투입되어야 할 것으로 판단됨

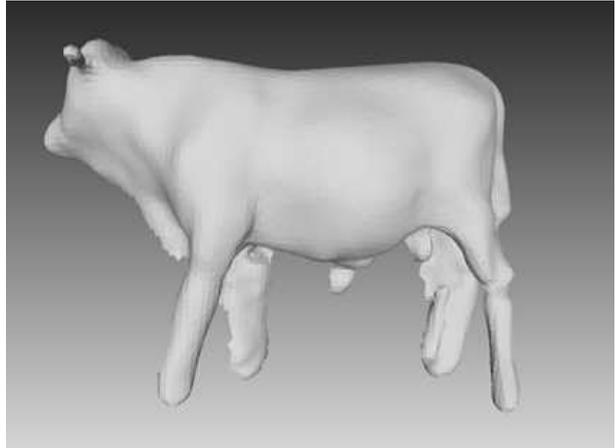
검정장소	성별	검정형질	검정두수	소요시간	인력투입
1검정 우사	수컷(당대)	체척	65/99	163분	4-5
2검정 우사	수컷(당대)	체척	95/158	314분	4
3검정 우사	수컷(당대)	체척	132/138	356분	6
총계			292/395	833분 (13시간 53분)	4-6(변동)
평균/두			1	2.852분/두	4-6(변동)



(4) 이미지 자료 수집 정확도 제고를 위한 스테이션 개선

□ 10대 3D 카메라 이미지 동시 촬영을 위한 동기화 작업

- (목적) 10대의 카메라가 동시에 촬영을 해야 하지만 전력 등으로 인해 동시에 촬영이 안되는 경우가 발생하여 10대의 카메라를 동기화 함
- 동시에 촬영이 안되어 다리가 부정확하게 정합되는 경우가 발생하여 트리거를 활용하여 동시에 촬영될 수 있는 환경을 만듦



< 동시 미촬영으로 부정확 다리 정합 >

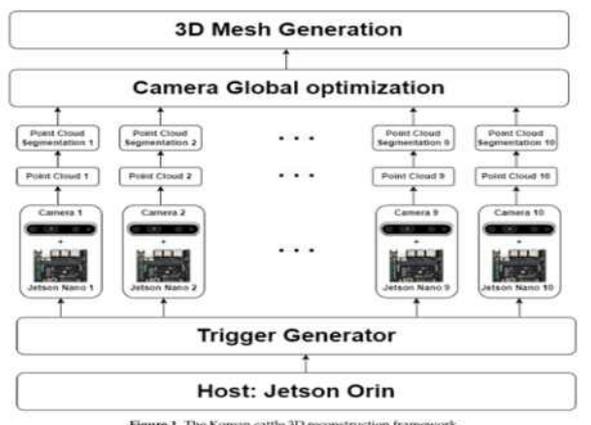


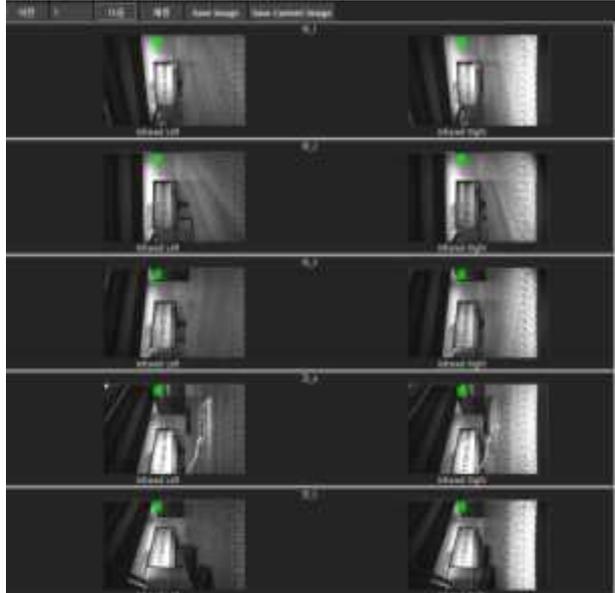
Figure 1. The Korean cattle 3D reconstruction framework.

< 트리거를 활용한 10대 카메라 동기화 >

- 10대의 3D 스캔 카메라 촬영 동기화 오차
  - 오차 범위 : FPS 오차 + Wi-Fi 전송 오차

오차 내용	FPS 오차	Wi-Fi 전송 오차
오차 값	15FPS - 66ms	70ms
오차 합	136 ms (15FPS)	

○ 검증방법 및 결과



10대 카메라 뷰어 및 이미지 저장



테스트 환경

○ 동기화 방법



1. 각 카메라들은 고유의 Time Stamp를 기록  
각각의 카메라들의 Time Stamp 오차 값을 이용하여 동기화



2. 각 카메라들의 Time Stamp 확인  
가장 느린 카메라를 기준으로 차이 값을 확인



3. 촬영 시작 시 설정된 대기 시간에서 차이 값을 제외한 시간을 전송  
각 카메라는 전송 받은 Time Stamp 도달 시 촬영 시간

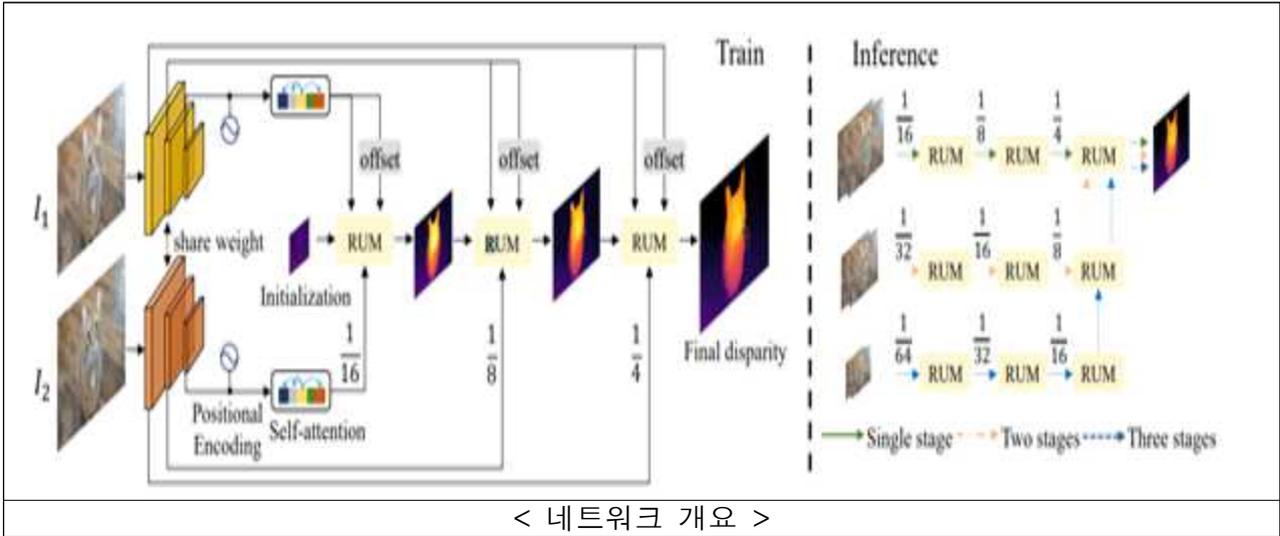


4. 카메라는 설정된 FPS로 전송 받은 시작 시간 이후 계산으로 영상마다 Index를 부여

□ 3D 카메라 촬영 이미지 품질 개선

○ 3차원 데이터 구성시 DNN(CREStereo model)을 이용하여 품질을 극대화

- CREStereo model : 스테레오 매칭을 위한 계산식 반복 네트워크로, 고해상도 추론을 위한 스택형 계단식 아키텍처로 구성되어 있어 세부 정보를 더 잘 복구 함



○ Intel RealSense의 카메라 출력 3차원 데이터 저품질을 좌/우 영상만을 획득하고, 이를 이용하여 3차원 데이터를 구성

- 스테레오 비전 카메라의 Depth 정밀도 목표 2.5mm 검증
  - 검증조건 : 1.2m 시야범위(FOV:Field Of View)를 기준으로 스텝 시편을 측정함
  - 검증방법 : 4mm 스텝 시편 10번 측정 결과가  $4 \pm 1.25\text{mm}$  범위 안에 들어는 가는 것 검증

Intel RealSense	주토스
2.5mm 단차 시편을 이용하여 평면을 스캔 후 3D 구성	
평면 스캔 결과 RMSE : 3.217mm	평면 스캔 결과 RMSE : 0.532mm
Point Cloud 비교 결과	
IR 포인트로 인한 엠보싱 무늬 오류와 경계 영역에서의 오류가 발생함	과포화로 인한 질감/무늬(Texture)정보가 부족한 부분이나 경계 영역에서도 안정되고 정확한 정보를 생산

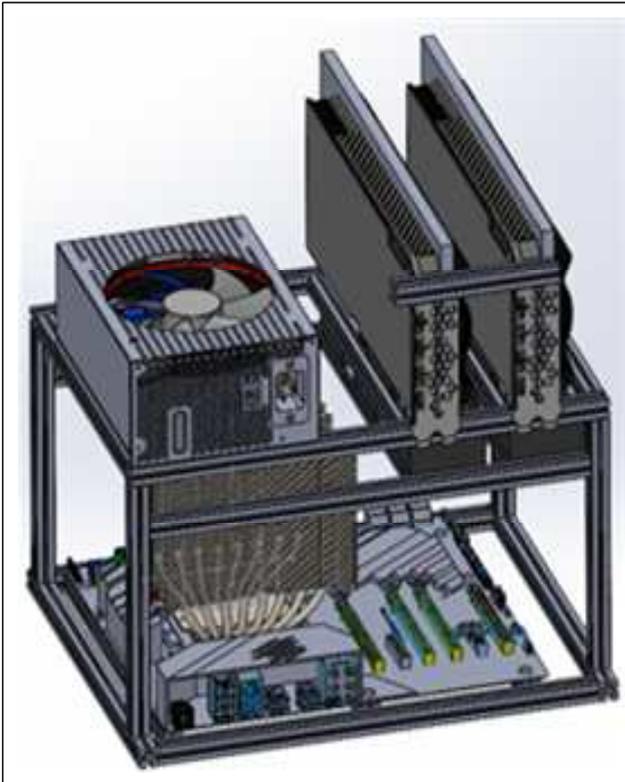
(5) 온라인 데이터 학습(서버) 및 클라이언트(단말기) 통신 플랫폼 개발

□ DNN(Deep Neural Network)를 위한 데이터 서버 구축

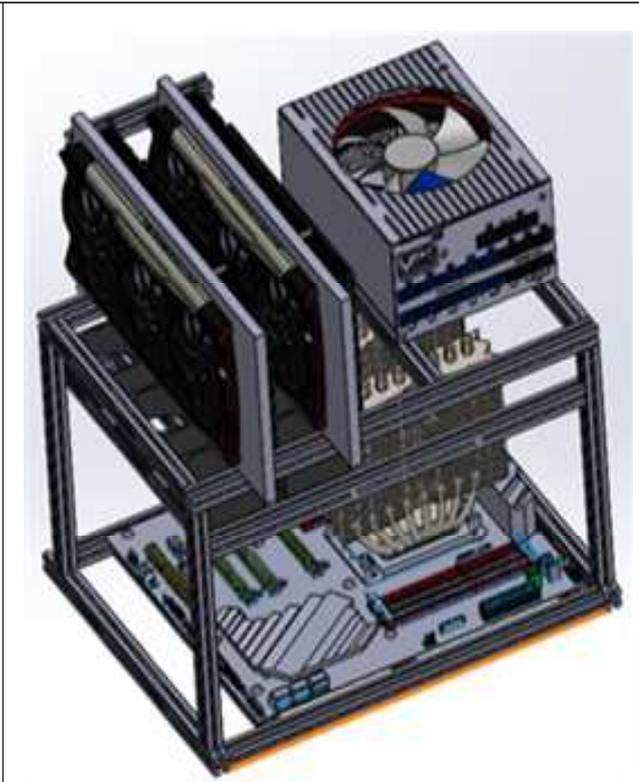
○ DNN 학습/프로세싱 서버 및 서비스 서버 컴퓨터 제작

- 발열 제어를 위한 서버 컴퓨터 구조 설계/제작

· 대량의 이미지 빅데이터 정보 처리를 위해서는 발열 처리가 중요하기 때문에 발열처리에 중점을 두어 데이터 학습 서버를 구축



설계 도면-View1



설계 도면-View2



사진-1



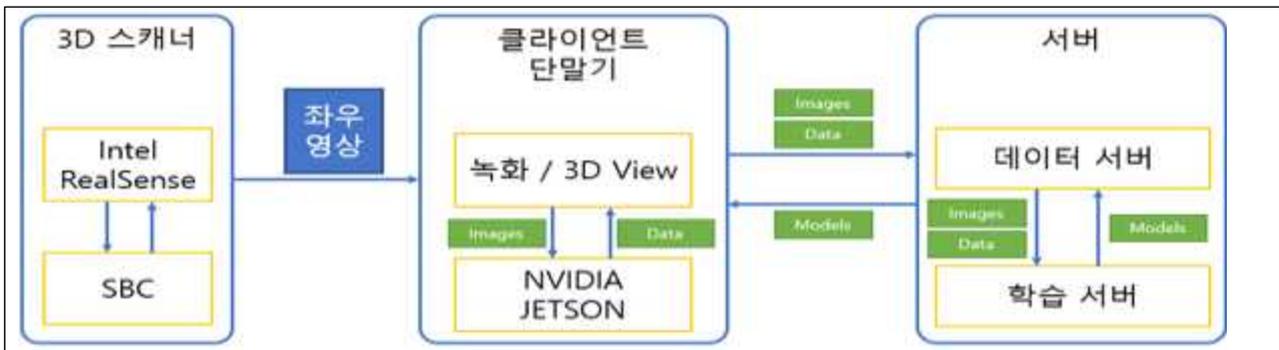
사진-2

○ 냉각 장치가 지원되는 쿨링 랙 제작

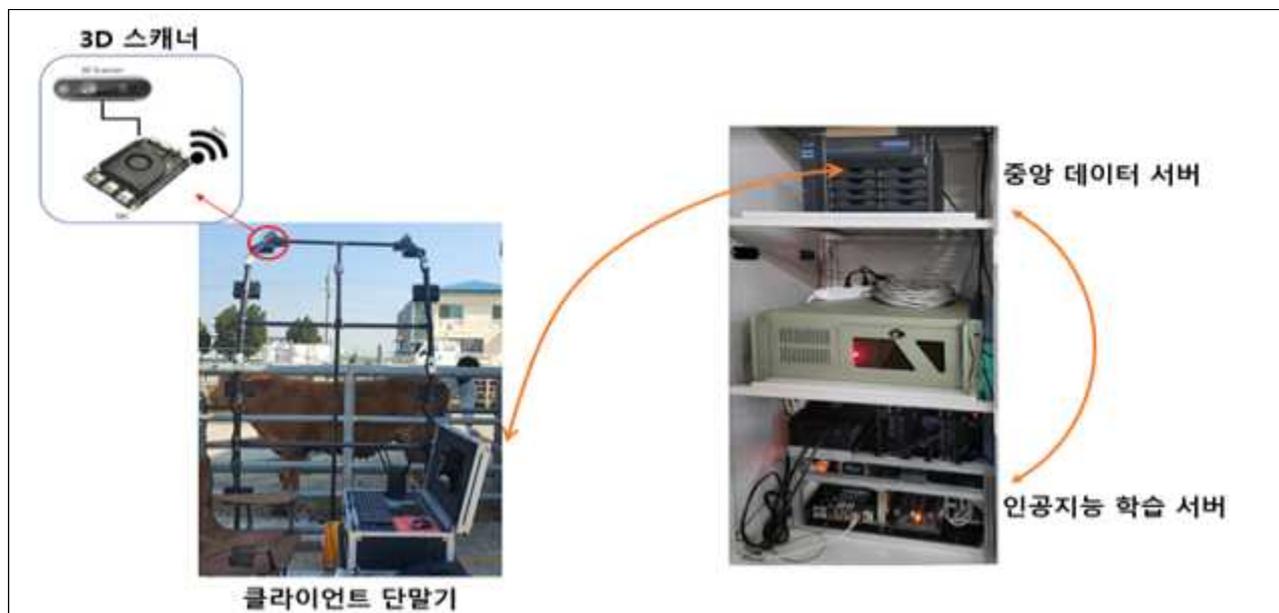


○ 데이터 서버 구축

- 3D Reconstruction을 위한 대용량 스테레오비전 이미지 및 3D 영상 분석을 위한 데이터 서버 구축
- 발열 제어 서버 랙 구축
- 단말기 → 중앙서버 → 학습 → 결과 제공 프로토콜 개발



< 데이터 흐름 다이어그램 >



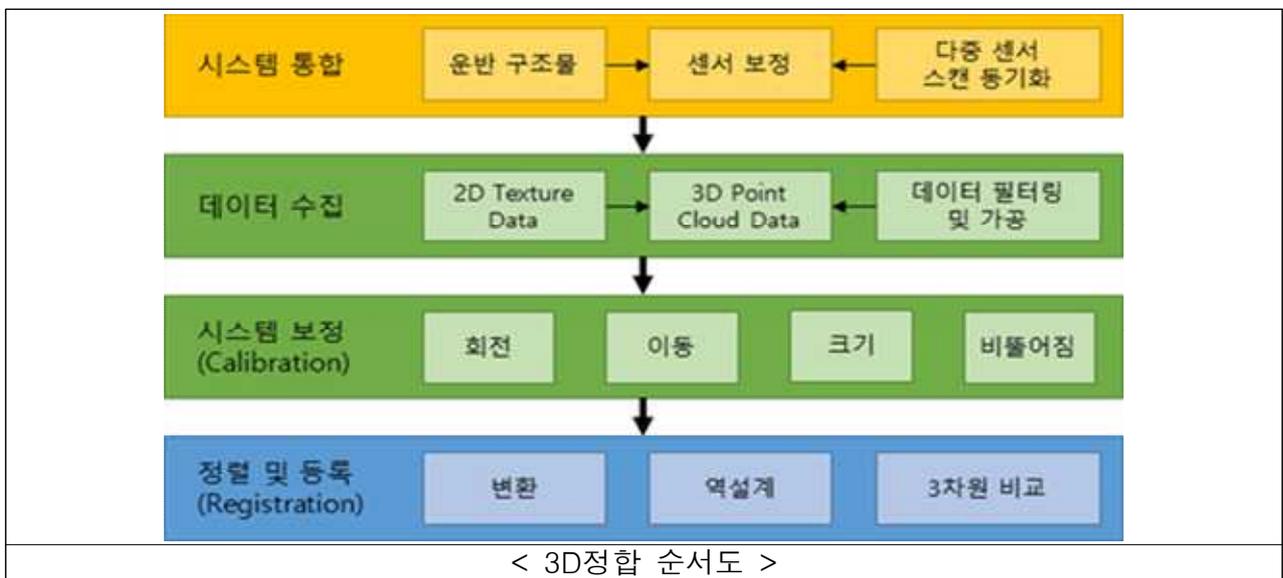
< 온라인 데이터 학습 및 클라이언트 통신 플랫폼 >

## 2) 이미지를 활용한 한우 3D 정합 및 경제형질 예측 알고리즘 개발

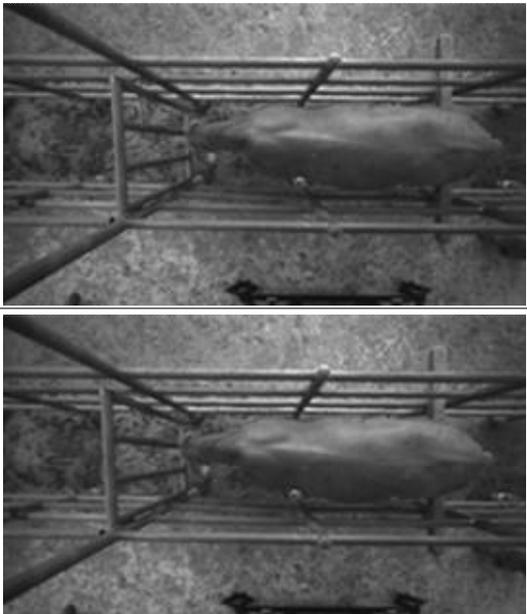
### (1) 개발 스테이션에서 수집된 이미지 자료를 활용한 3D정합 알고리즘 개발

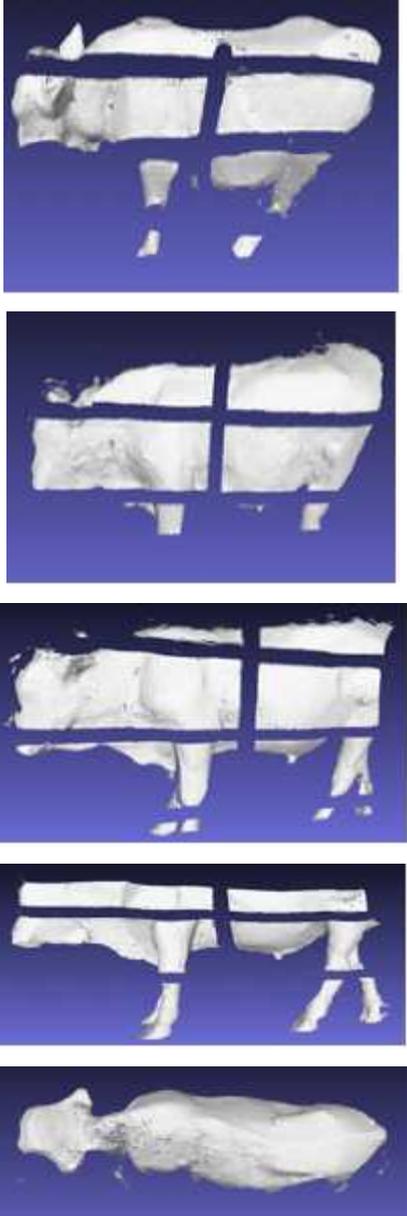
#### □ 한우 이미지 스캔정보를 이용한 3D 정합방법

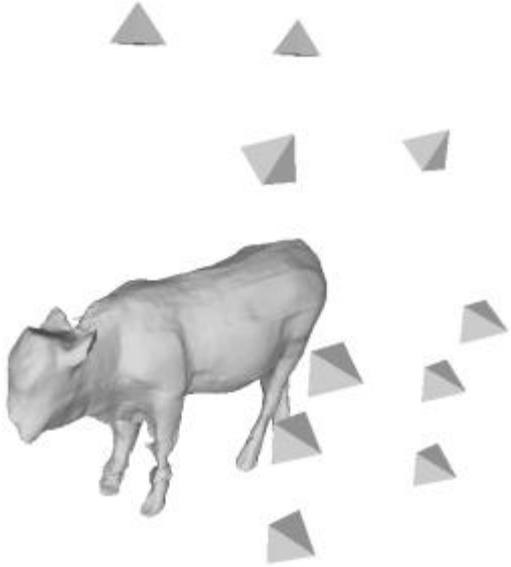
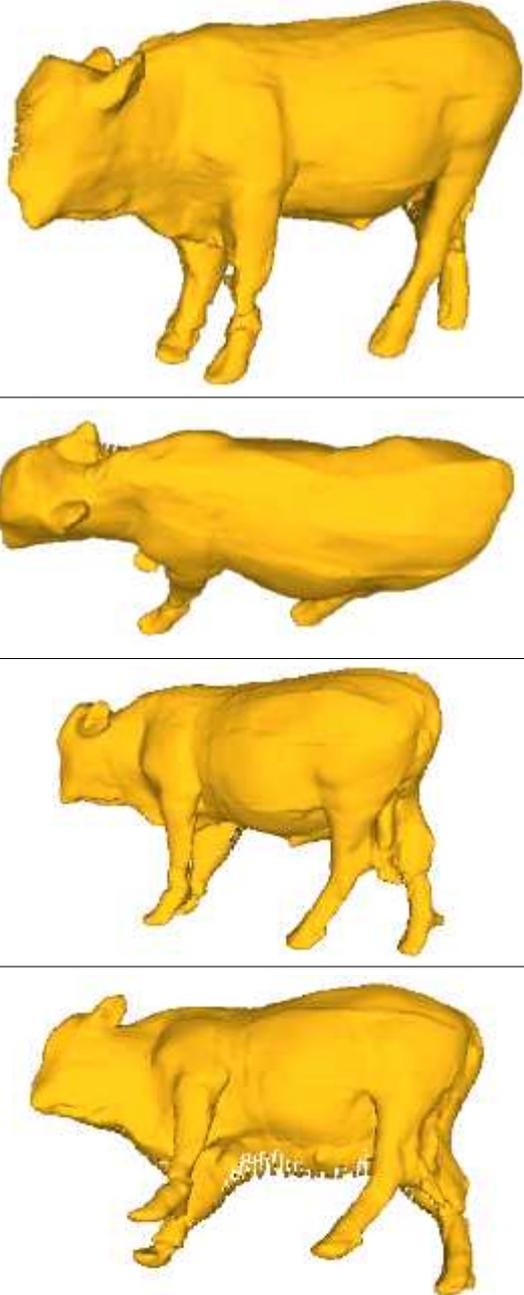
- 10개의 3D 카메라 Global Calibration 수행하여 카메라 Pose를 추정
- 촬영 전 기록된 유도도 정보를 기반으로 획득된 데이터에서 유도도 및 그 외 고정물 정보 제거
- 3D 카메라에서 획득된 3D 데이터를 카메라 Pose 정보에 맞춰 Transform을 수행 후 데이터를 통합
- Point Cloud 정합 시 정밀 보정은 ISS3D Key Point Detection알고리즘을 이용하였으며, Feature Point간의 관계성은 ICP(Iterative Closest Point) Registration방법을 이용하여 정합 품질을 향상시켰음
- Point와 Normal 정보에 가중치를 부과함
- 3차원 공간상에 이중 겹침이나 유도도로 인한 빈 공간을 포아송 표면 재구성(Poisson Surface Reconstruction)을 이용하여 수정 및 복원

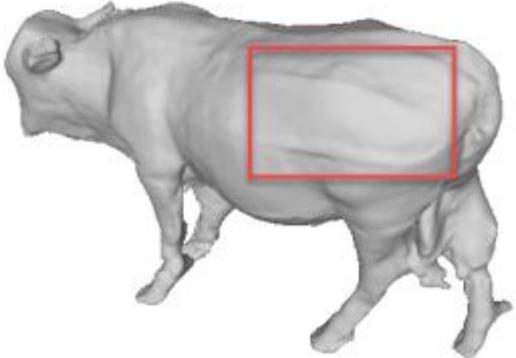
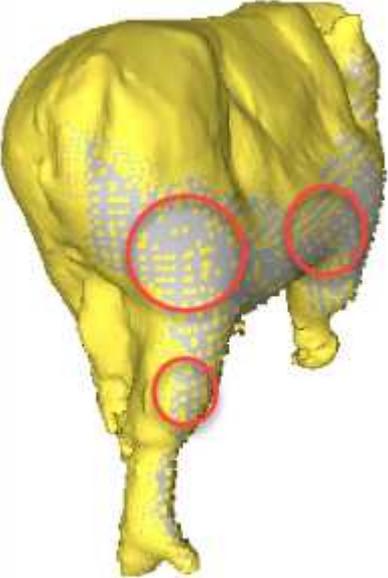


#### ○ 한우 이미지 3D 정합 순서도에 대한 설명

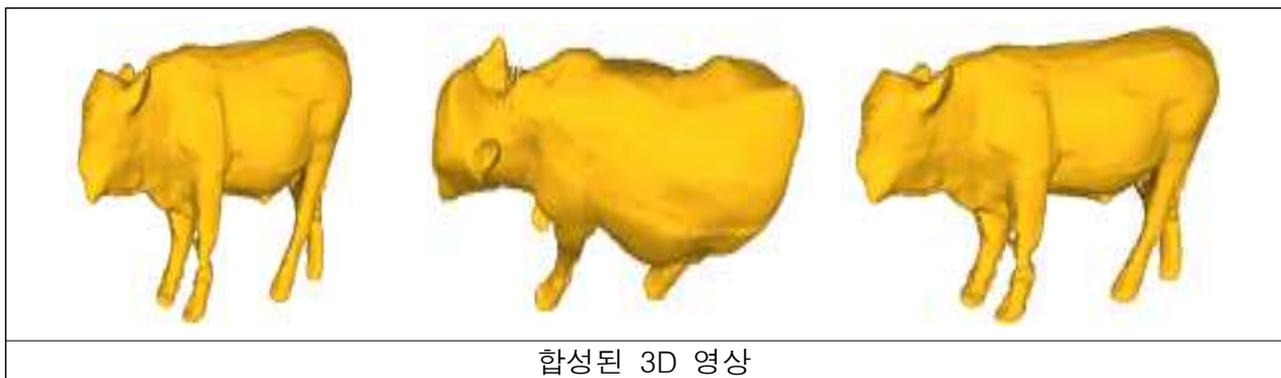
순서도	설명	데이터 정보
1. 이미지 입력	좌,우 적외선 이미지 입력	

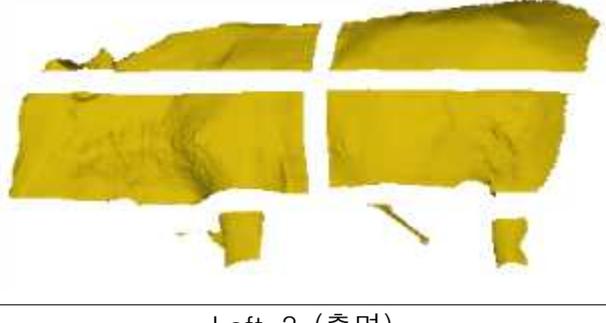
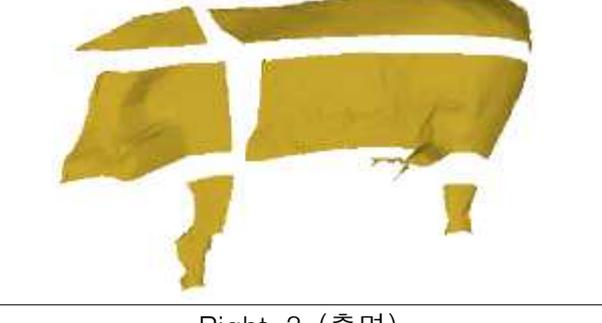
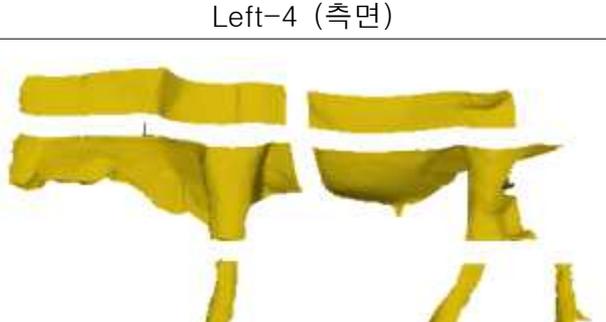
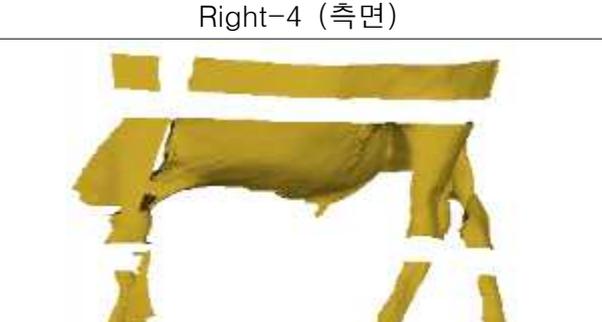
순서도	설명	데이터 정보
		
<p>2. 3D 구성</p>	<p>입력된 좌,우 이미지를 이용하여 단일 3D 구성. 2D 영상에서 소를 제외한 나머지 데이터를 제거함.</p>	

순서도	설명	데이터 정보
3. 전역 좌표계로 변환	카메라의 위치를 고려한 전역 좌표계로 데이터 변환	
4. Local Alignment & Stitching	ICP를 이용한 Registration 및 3D 데이터 정렬	

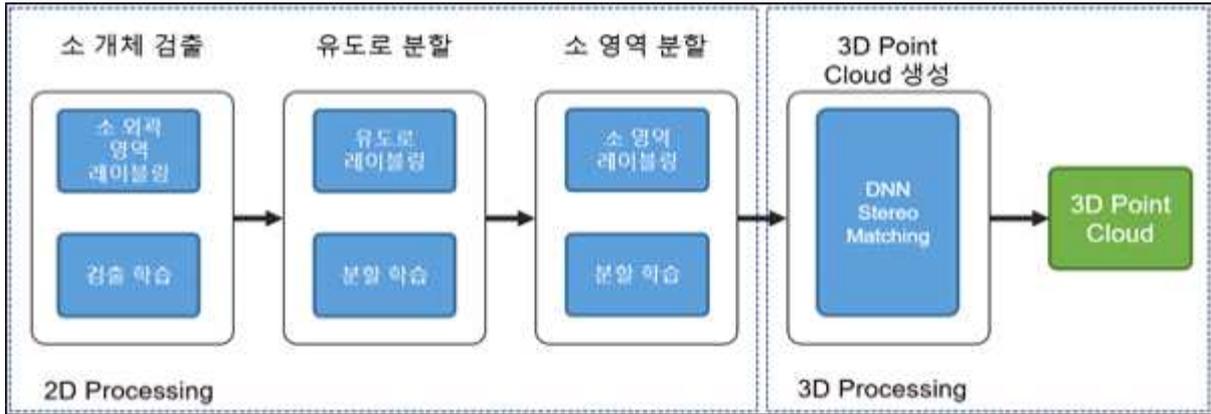
순서도	설명	데이터 정보
5. 3D Post Processing	중첩 데이터 및 비어 있는 영역 보정	 <p data-bbox="1054 562 1262 595">중첩 영역 보정</p>  <p data-bbox="1018 1223 1299 1256">촬영 불가 영역 보정</p>

○ 한우 3D 이미지



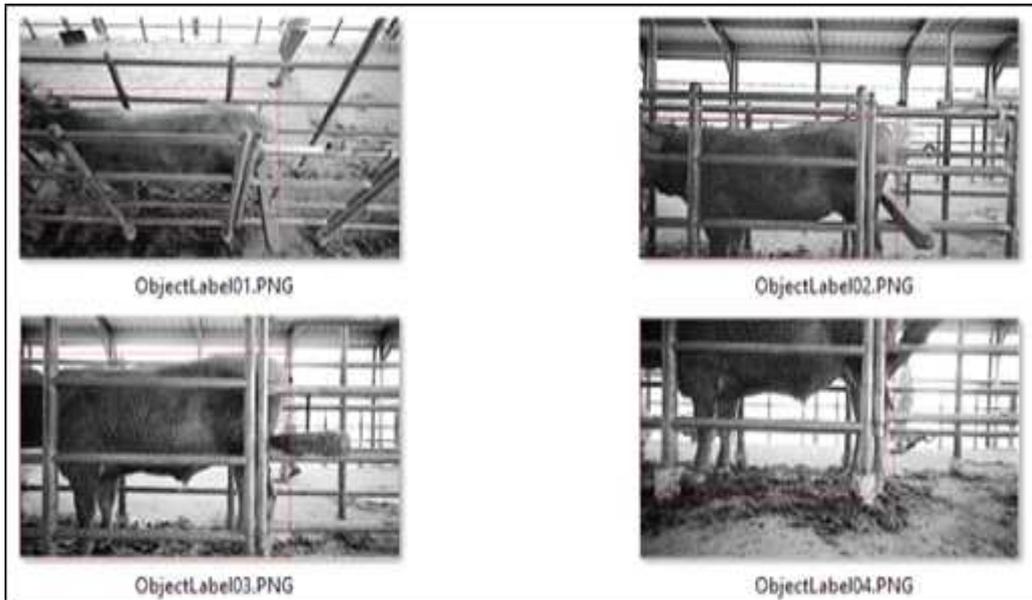
	
Left-1 (상부)	Right-1 (상부)
	
Left-2 (측면)	Right-2 (측면)
	
Left-3 (측면)	Right-3 (측면)
	
Left-4 (측면)	Right-4 (측면)
	
Left-5 (측면 하부)	Right-5 (측면 하부)

- 3D 정합 정확도 향상을 위한 인공지능을 활용한 유도로 제거
  - 촬영 현장에는 소들의 이동 경로를 규제 및 안전을 위해 유도로가 설치되어 있어, 대상 촬영 시 많은 간섭이 발생
  - 18개월 이상의 소는 크기가 매우 커서 유도로와 겹치는 상태로 3D데이터로 구성되어 관심 대상인 소의 형태를 추출할 때 많은 오류를 발생
  - 위와 같은 문제로 2D 영상 레벨에서 DNN을 이용하여 유도로를 제거고, 소 영역만을 분할하여 3D 데이터를 구성하는 방식으로 구현

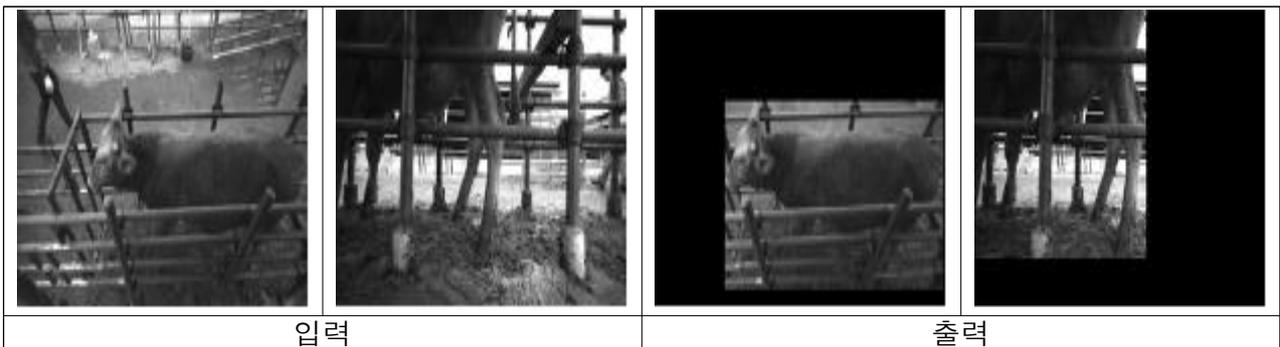


<프로세싱 파이프라인 개요>

- 한우 개체 검출
  - VGG16 Model을 사용하였으며, 모델의 앞부분을 3개의 컨볼루션 레이어로 디자인



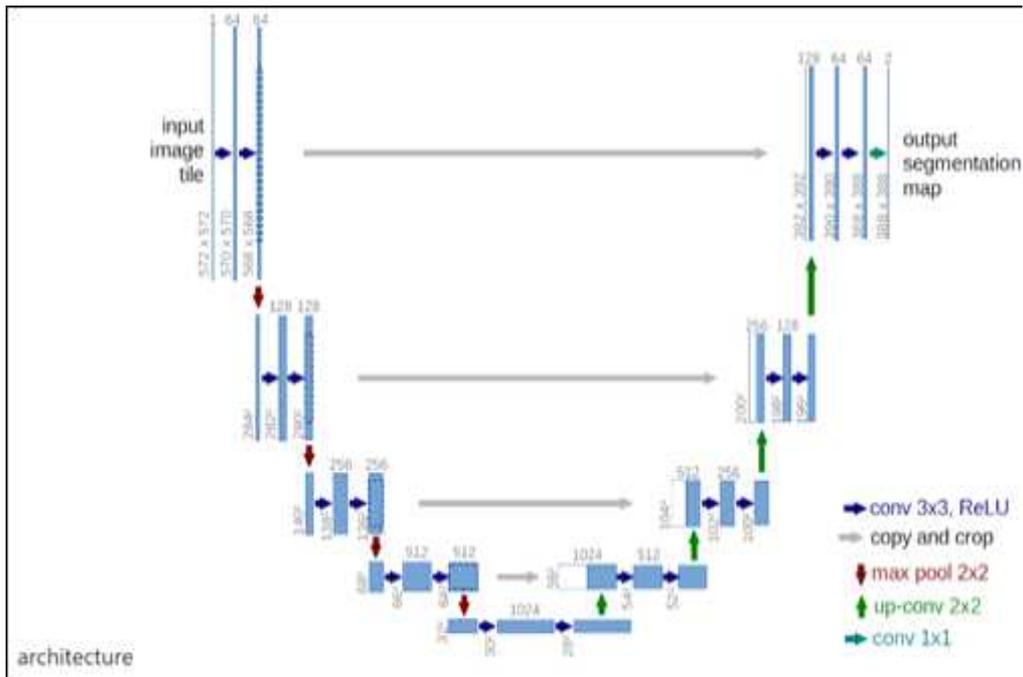
<라벨링 정보>



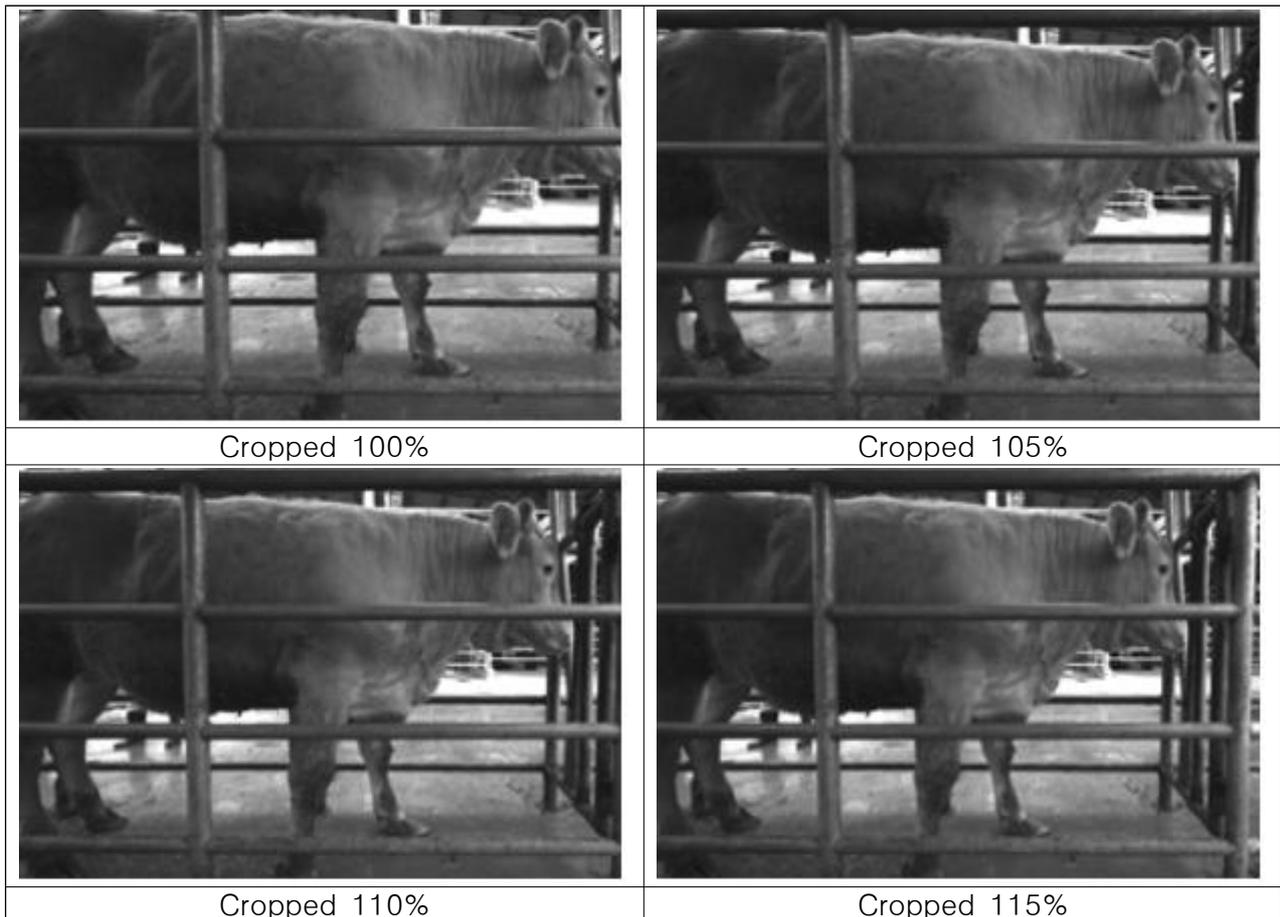
<영역 검출 결과>

○ 유도록 분할 제거

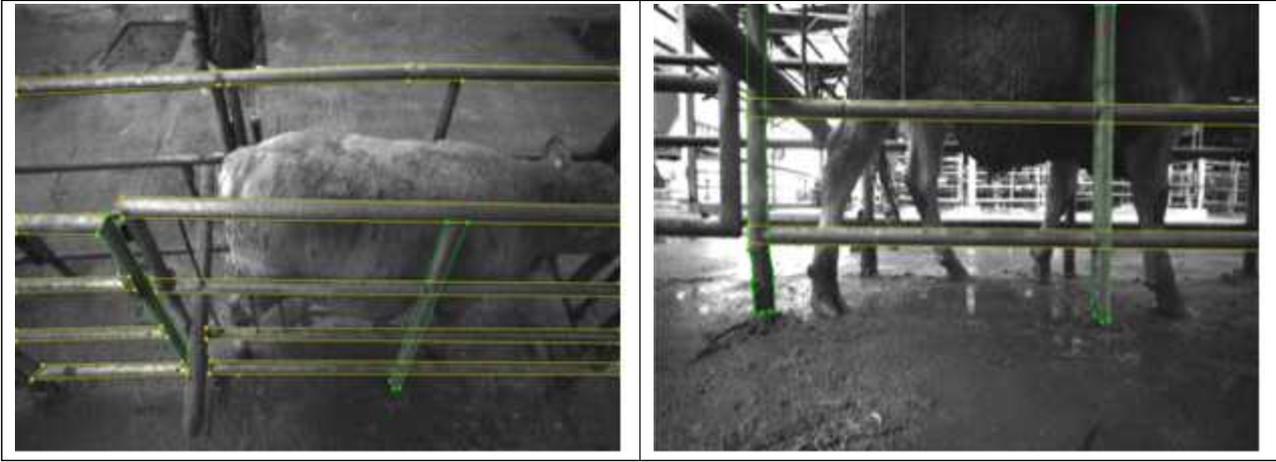
- U-Net Model을 사용하였으며, 분할 정밀도를 향상 시키기 위해 augmentation(증대)을 사용하였으며, Multiple cropped augmentation으로 ration 100%, 105%, 110%, 115%를 적용
- 사용된 이미지 개수 : 400장 (50개체 x 8)



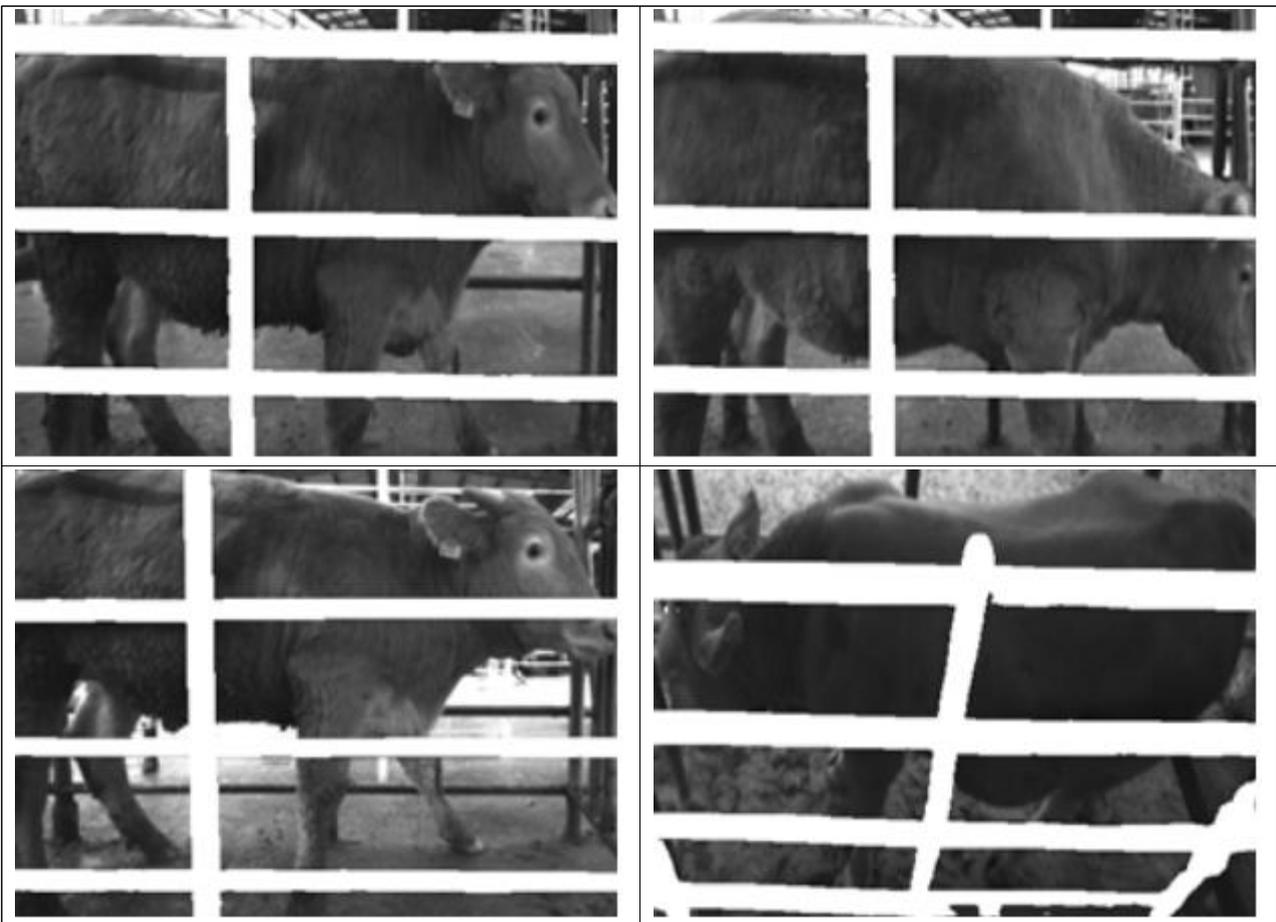
<U-Net Network 구조>



<Augmentation>



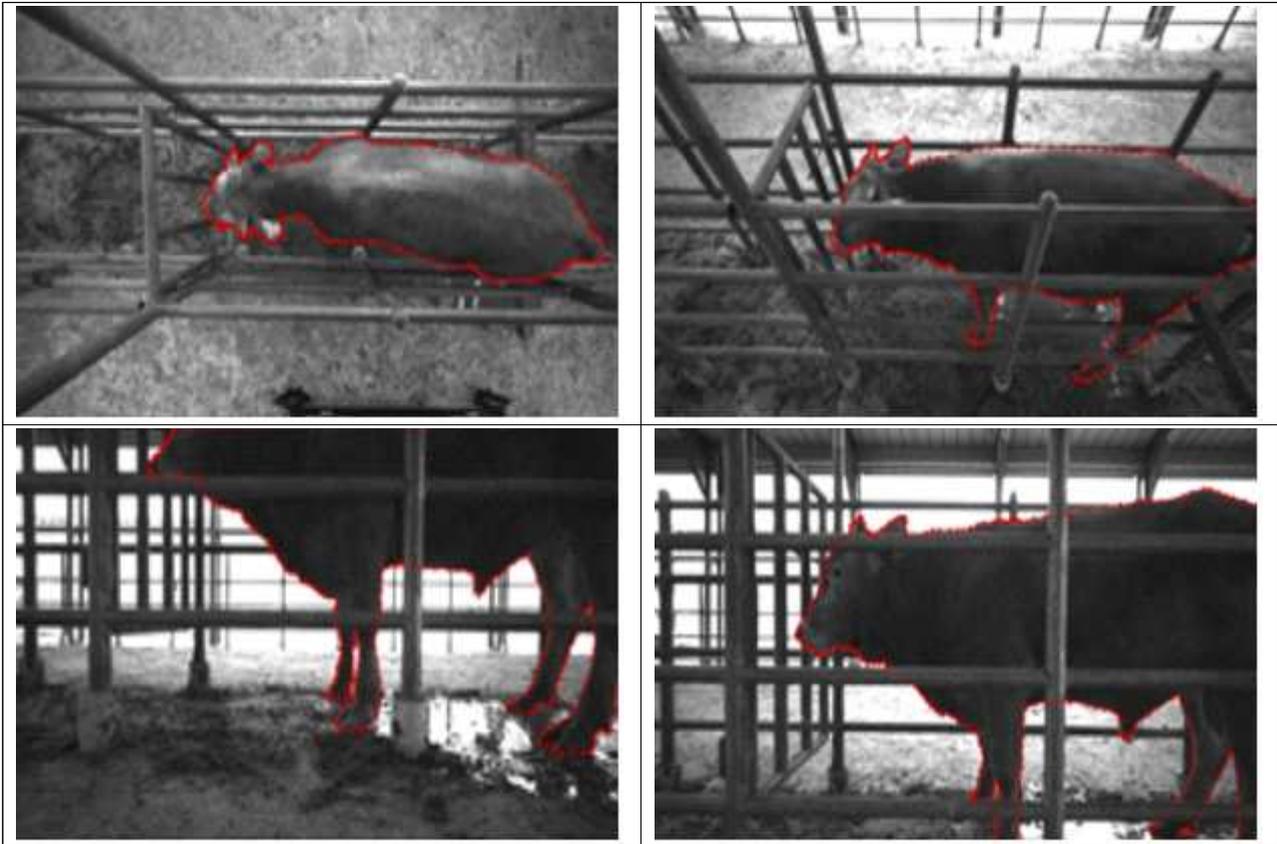
<라벨링 정보>



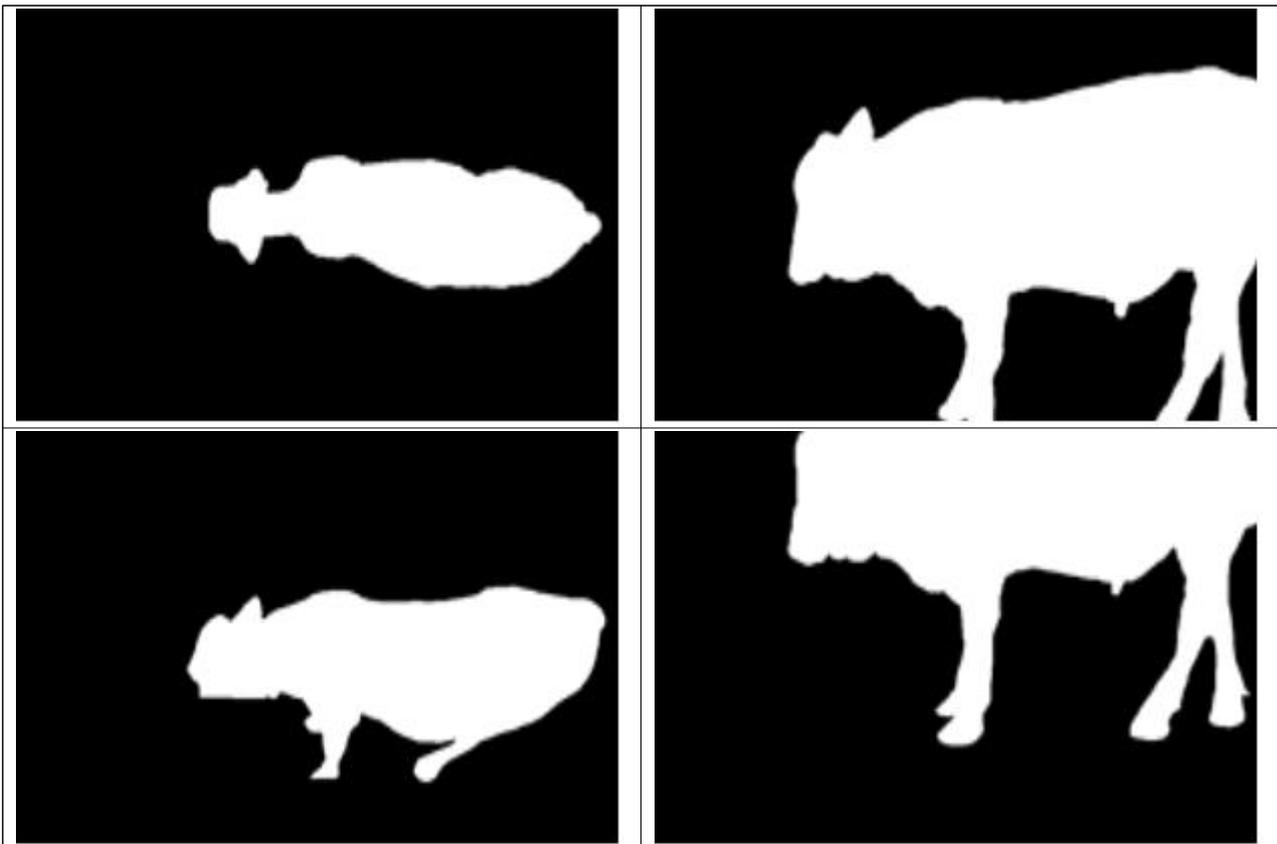
<유도로 영역 마스크 결과>

○ 한우 영역 분할 마스크

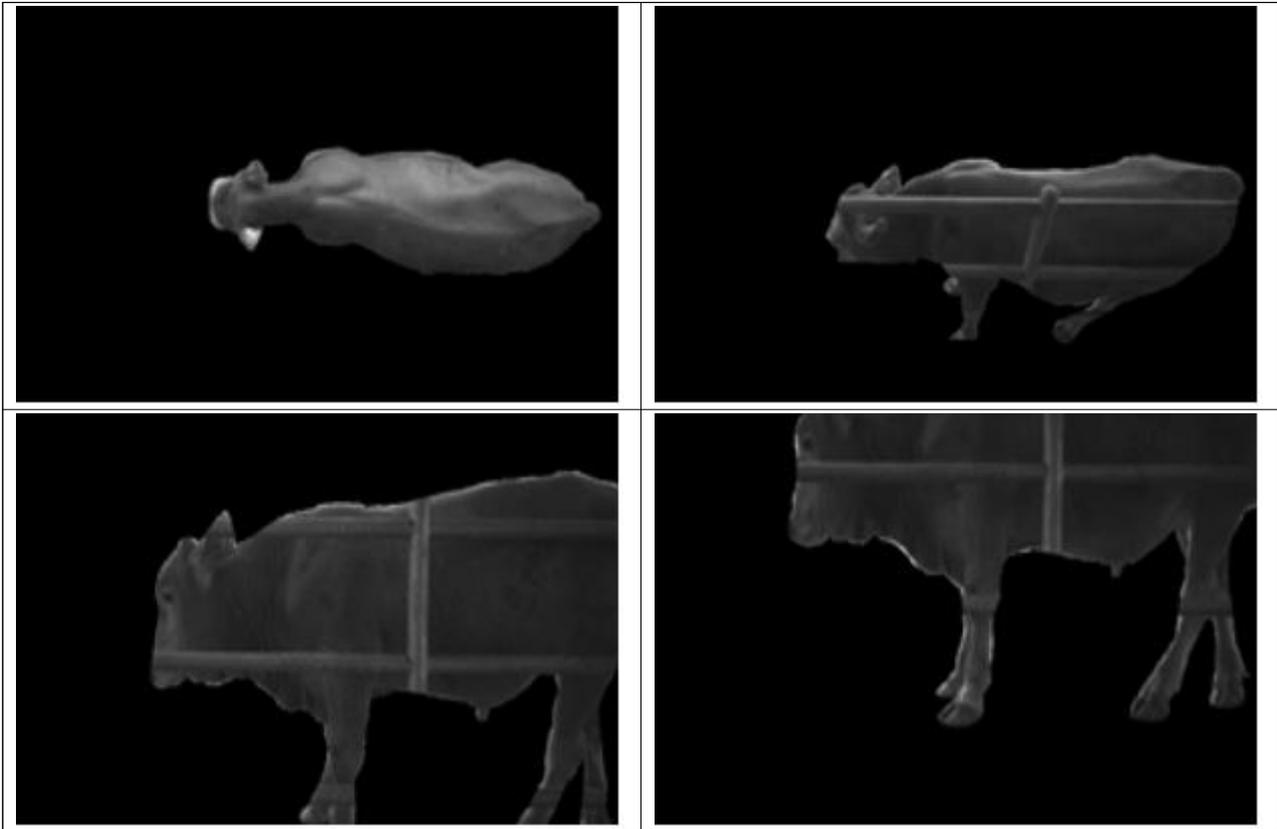
- U-Net Model을 사용하였으며, 분할 정밀도를 향상 시키기 위해 augmentation(증대)을 사용하였으며, Multiple cropped augmentation으로 ration 100%, 105%, 110%, 115%를 적용
- 사용된 이미지 개수 : 400장 (40개체 x 10)



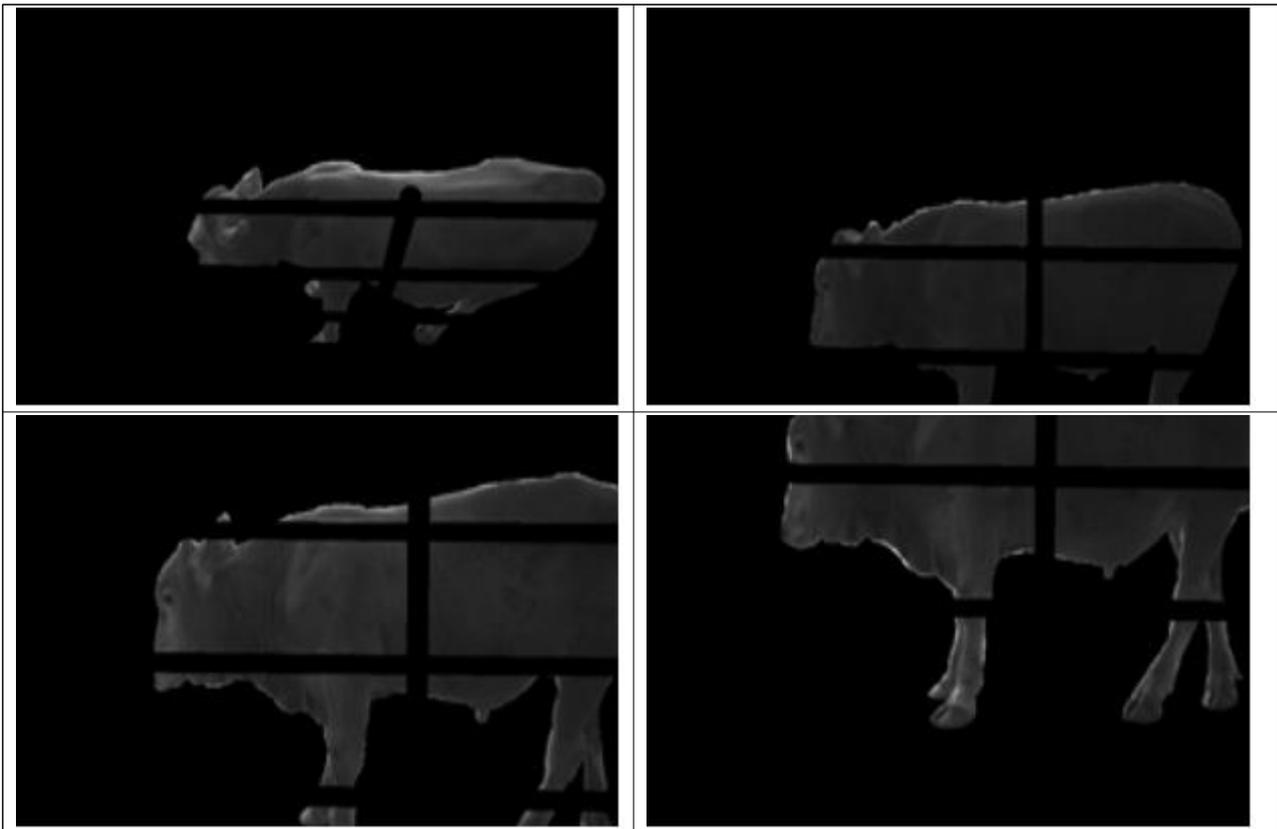
<라벨링 정보>



<소 영역 마스킹 결과 1>

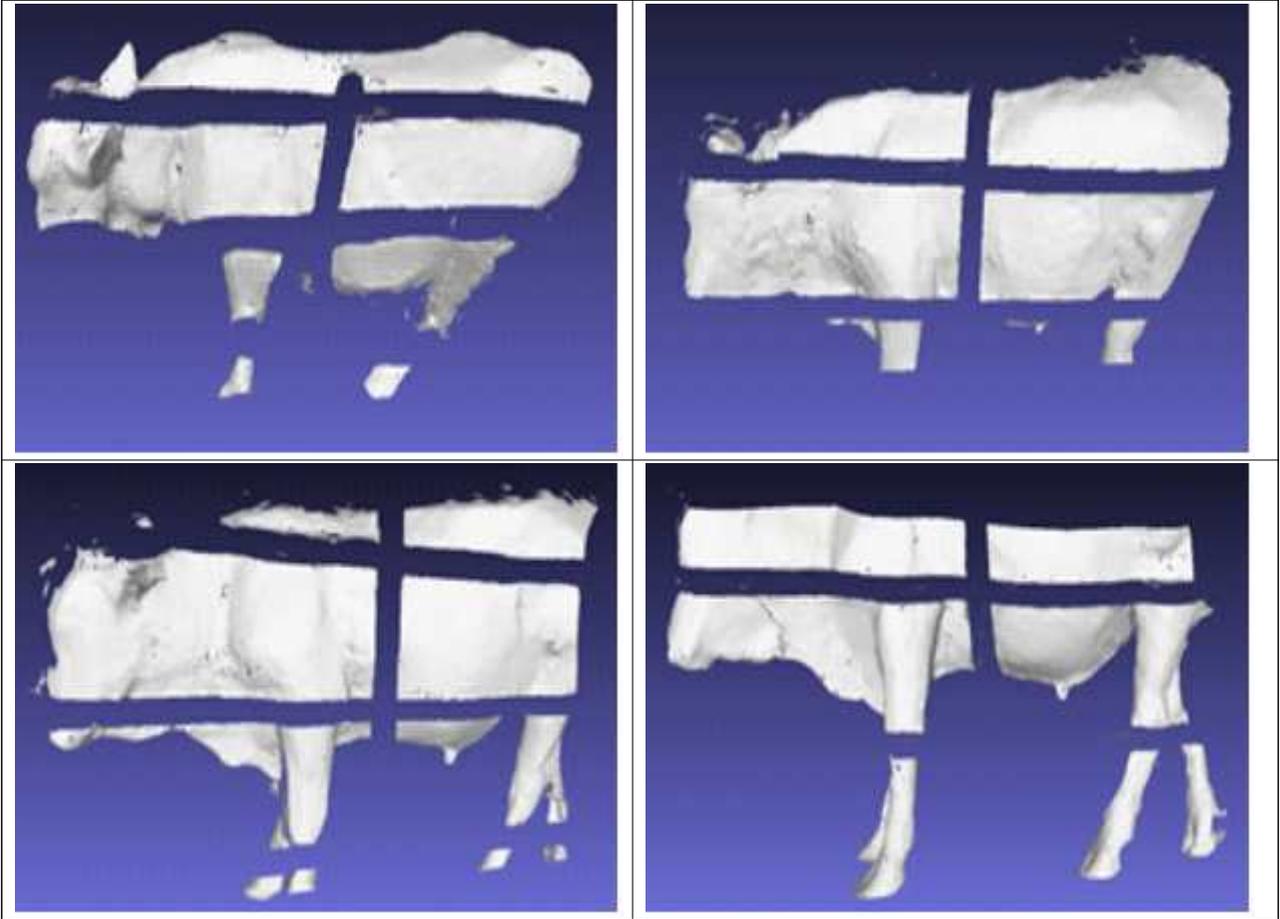


<소 영역 마스크 결과 2>



<소 영역 마스크 결과 3>

- 3D Processing - 3D Point Cloud 생성 결과
  - 2D Processing 최종결과를 이용하여 3D 데이터를 구성



- 10개 3D 데이터 합성을 위한 촬영 반대쪽 부위 미 촬영 부분 생성(Shape Completion)
  - 포아송 표면 재구성(Poisson Surface Reconstruction)을 이용한 복원 결과가 좋지 않아 DNN을 이용하여 복원을 시도하고 있음
  - 사용되는 방법론은 'Transformer-based Shape Completion vis Sparse Representation'과 Multi-View Partial Point Clouds for Completion and Registration을 검증하고 있음
  - 표준 모델 학습을 위해 미촬영 영역이 없도록 카메라 20대를 이용하여 장비를 구성하고, 샘플 데이터를 확보하고 있음

(2) 3D 정합 자료를 활용한 경제형질 예측 알고리즘 개발

□ 체중 예측을 위한 시나리오별 데이터 핸들링 알고리즘 탐색

○ 4가지 시나리오를 이용한 자료 체척자료 핸들링

- (시나리오1) 기존 통계분석과 마찬가지로 평균±3std를 벗어나는 개체 정보를 삭제
- (시나리오2) UMAP(Uniform Manifold Approximatio and Projection)을 이용하여 형질 별 차원을 축소하고 밀도기반 클러스터링 방법인 DBSCAN(Density-based spatial clustering)에 벗어나는 개체 정보를 삭제
- (시나리오3) 체척 형질간 feature value를 산출하고 체중 정보가 다른 개체들에 비하여 높거나 차이가 많이 나는 개체들을 삭제
- (시나리오4) 회귀모형을 이용하여 관측치와 예측치 간의 오차가 큰 정보를 예측치로 자동으로 치환하여 개체정보 보정한 후 체중 예측에 이용

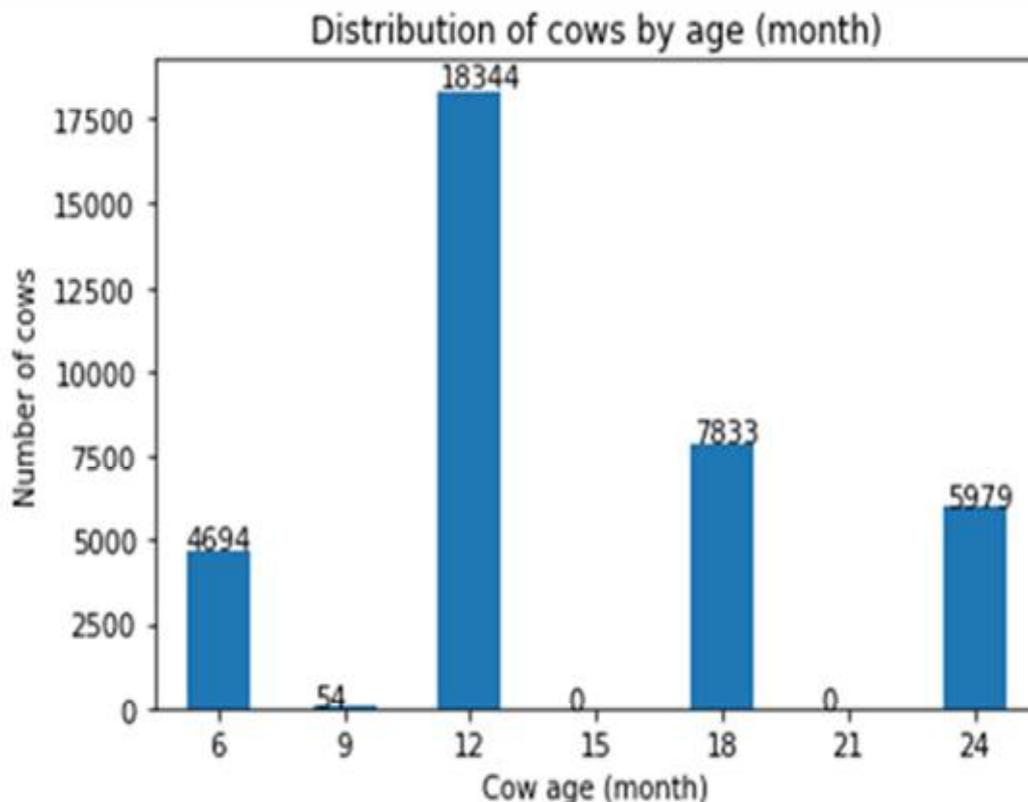
○ 4가지 시나리오를 통한 이상치 제거 정보를 이용하여 머신러닝 알고리즘 적용

- LGBM : Light Gradient Bossted Machine
- ET : Extra Tree Regression
- RF : Random Forest Regressor
- DNN regressor : Deep neural network model (심층 신경망)

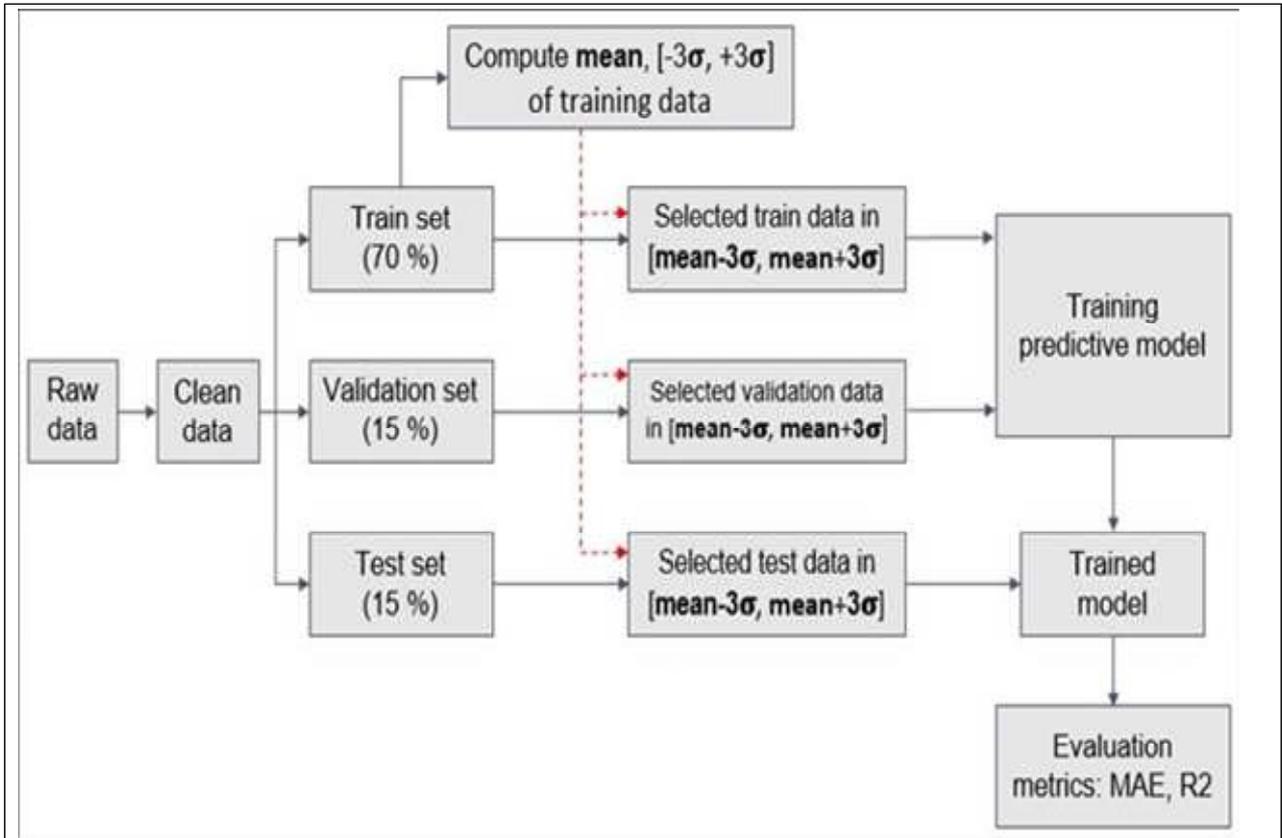
○ 각 시나리오와 머신러닝 알고리즘에 따른 정확도 분석

- 각 체척 정보를 이용한 체중 예측에 대한 정확도 지표로 실측치와 예측치 값의 차이를 절대값으로 변환해 평균한 값인 MAE(Mean Absolute Error)와 실측값 분산과 예측값 분산 비율을 계산한 R<sup>2</sup>를 각각 비교하였음
- 알고리즘에 따른 정확도 비교는 시나리오1~시나리오4 순으로 분석하여 결과를 비교
- 시나리오 별로 70%의 학습 데이터셋을 설정하고 validation셋을 15% 그리고 테스트용 데이터셋을 15%로 각각 설정하여 정확도를 검증하였음

○ 분석에 이용한 개월령별 체척 및 체중 자료는 아래와 같음



- (시나리오1 결과) 기존 통계분석과 마찬가지로 평균±3std를 벗어나는 개체 정보를 삭제
  - 각 개월령별 체척에 대한 체중 상관분석 실시, 형질별로 이상치 제거를 위해 평균±3std 사전 분석

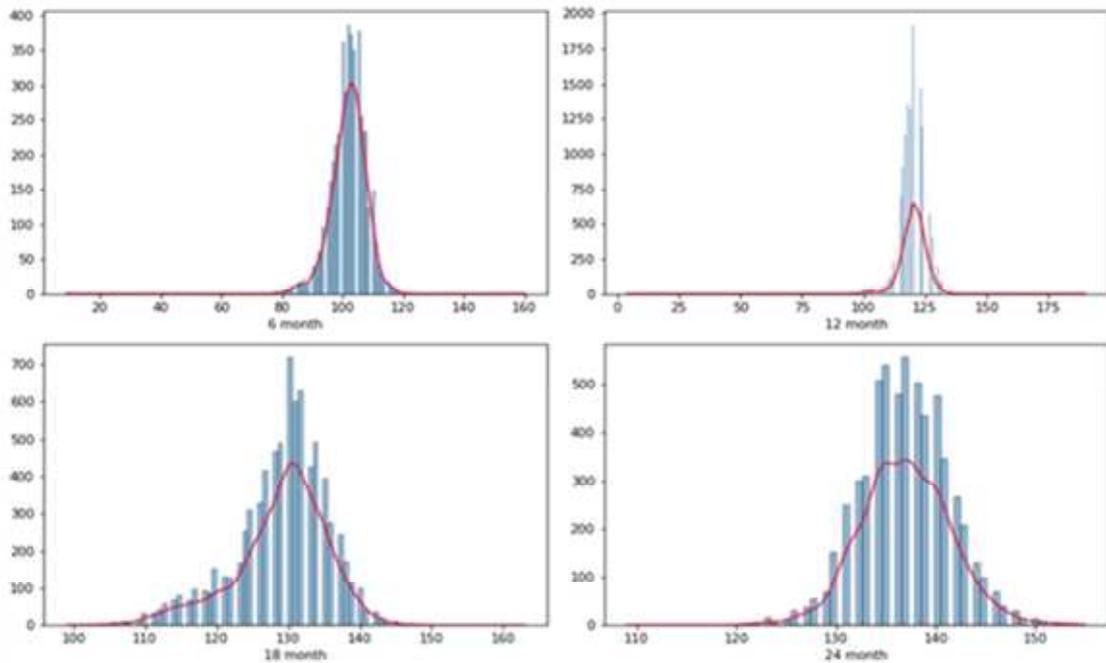


- 체중형질에 대한 체척 형질의 상관 정도

	6 months	9 months	12 months	18 months	24 months
<b>chego</b>	0.64	0.54	0.54	0.64	0.56
<b>sibza</b>	0.51	0.68	0.56	0.64	0.55
<b>chejang</b>	0.66	0.68	0.68	0.71	0.67
<b>hungsim</b>	0.39	0.53	0.27	0.63	0.57
<b>hungpok</b>	0.33	0.05	0.46	0.64	0.56
<b>yogak</b>	0.47	0.67	0.36	0.41	0.61
<b>gojang</b>	0.51	0.3	0.37	0.51	0.49
<b>gonpok</b>	0.47	0.47	0.45	0.63	0.65
<b>jagol</b>	0.27	-0.09	0.52	0.61	0.59
<b>hungwe</b>	0.75	0.68	0.74	0.83	0.86

- 모든 개월령에 있어서 흉위와 체장이 가장 높은 상관정도를 보이고 있고 9개월 좌골 폭의 경우 체중에 대해서 부의 상관을 나타냈음
- 개월령이 증가함에 따라 체중에 대해 상관이 높지 않았던 형질들의 상관이 높아짐

- 평균±3std를 이용한 이상치 제거 (체고의 예)



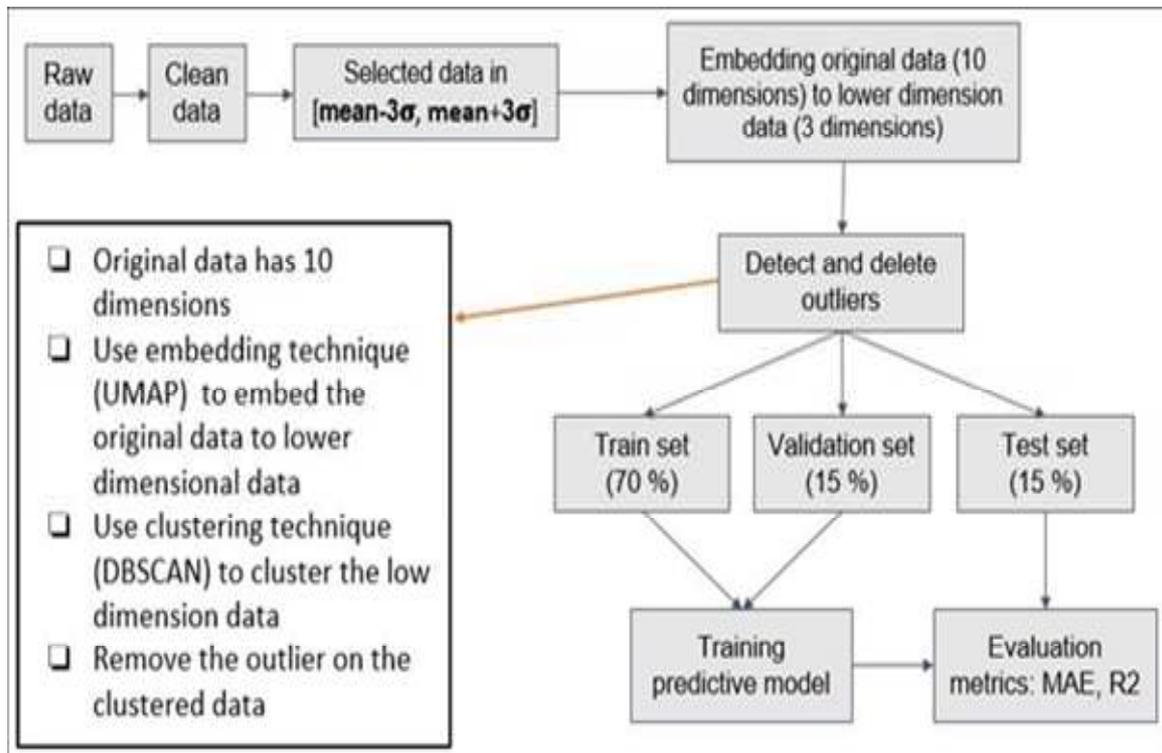
- 체척에 대한 이상치 제거는 체고를 포함해서 10가지 형질에 대해서 모두 실시하였고 이상치가 존재하는 개체들은 한 가지 형질 정보를 missing 처리하는 것이 아니라 모든 정보를 삭제하는 것으로 처리하였음

- 테스트셋의 평가 결과

개월령	6		12		18		24	
	MAE	R <sup>2</sup>						
LGBM 회귀모델(모든 변수)	11.19	0.6952	16.39	0.7925	22.87	0.8180	24.13	0.8001
LGBM 회귀모델 (흉위, 체고, 십자, 체장 변수 이용)	11.70	0.6707	17.58	0.7585	24.40	0.7941	25.30	0.7821
DNN 회귀모델 (모든 변수)	11.18	0.6900	16.41	0.7898	23.15	0.8151	24.01	0.8022
DNN 회귀모델 (흉위, 체고, 십자, 체장 변수 이용)	11.57	0.6787	17.54	0.7610	24.44	0.7939	24.71	0.7910

- 분석결과 다중회귀 분석 결과 보다 낮은 정확도를 나타냈고 6개월령 보다는 24개월령으로 갈수록 체중예측에 대한 정확도가 증가하는 것을 확인하였음
- LGBM과 DNN 모두 비슷한 정확도를 나타내는 것을 확인 하였고, 모든 체척을 이용하는 것에 비하여 상관 정도가 높은 형질들 위주로 독립변수를 구성한 결과가 오히려 낮은 정확도를 나타내 모든 형질을 모형에 포함하는 것이 바람직 할 것으로 판단됨
- 본 방법은 평균을 기준으로 이상치를 제거하는 방법으로 scewed 되어 있는 자료에 대해서 정확한 이상치 제거가 쉽지 않아 다수의 이상치를 보유한 상태로 분석에 이용되기 때문에 생물학적인 이론을 포함한 이상치 제거가 추가적으로 이뤄져야 정확도를 올릴 수 있을 것으로 판단됨

- (시나리오2 결과) UMAP(Uniform Manifold Approximatio and Projection)을 이용하여 형질별 차원을 축소하고 밀도기반 클러스터링 방법인 DBSCAN(Density-based spatial clustering)에 벗어나는 개체 정보를 삭제



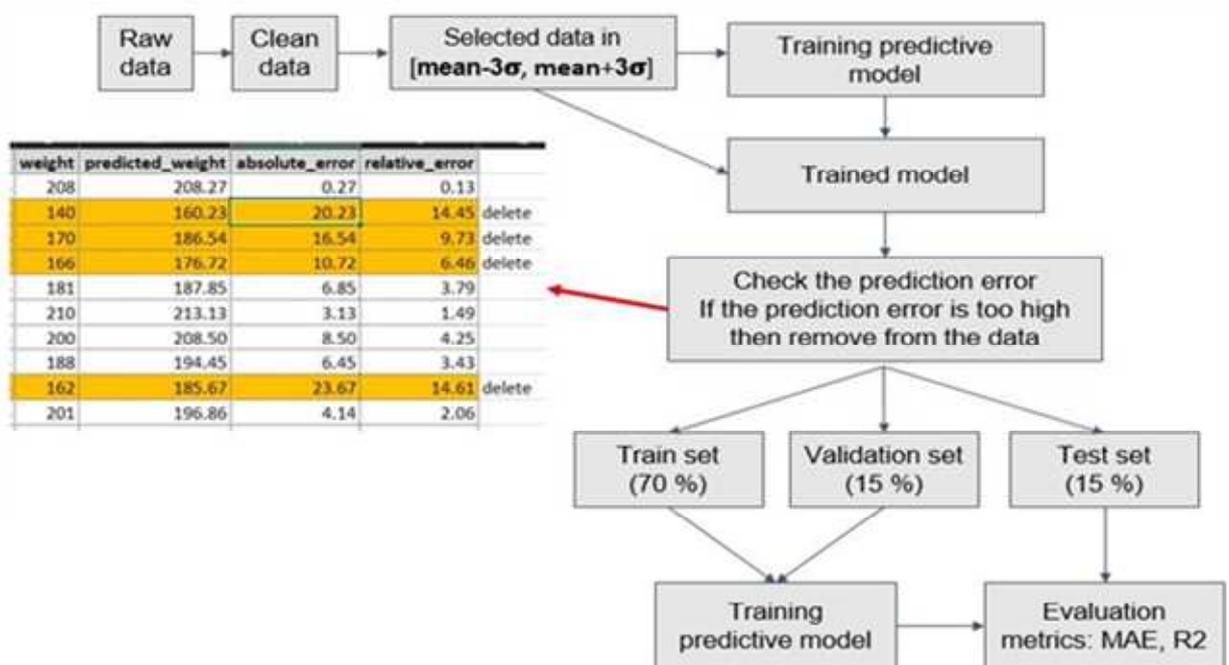
- 개월령별 이상치 탐색

6개월령	12개월령
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안쪽에 큰 클러스터 형성</li> <li>- 바깥쪽에 작은 클러스터(파랑, 노랑) 형성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안쪽에 큰 클러스터 형성</li> <li>- 바깥쪽에 작은 클러스터(파랑) 형성</li> </ul>
18개월령	24개월령
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안쪽에 큰 클러스터 형성</li> <li>- 바깥쪽에 작은 클러스터(분홍) 형성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하나의 클러스터만 형성</li> <li>- 이상치 없음</li> </ul>

- 각 형질별로 자료에 대한 클러스터를 형성하고 클러스터 그룹에서 벗어나는 개체들의 정보를 삭제한 후 머신러닝 알고리즘에 적용
- 형질에 따라서 클러스터링에 벗어나는 개체가 많은 형질도 있고 그렇지 않은 형질도 존재
- 모델에 따른 MAE, R<sup>2</sup> 결과

모델 이름	개월령	파이프라인 2		베이스 라인	
		MAE	R <sup>2</sup>	MAE	R <sup>2</sup>
RF	6	11.16643	0.742551	10.61912	0.754796
ET	6	11.10015	0.74917	10.56117	0.756529
LGBM	6	11.13423	0.748615	10.64576	0.752105
RF	12	16.35954	0.800349	16.50515	0.795886
ET	12	16.44677	0.798354	16.5455	0.794683
LGBM	12	15.95957	0.809544	16.54999	0.79318
RF	18	23.42008	0.807931	21.75961	0.820117
ET	18	23.52449	0.809441	21.71634	0.822543
LGBM	18	22.8471	0.816603	21.73499	0.822805
RF	24	24.30061	0.783684	23.98888	0.794461
ET	24	24.16731	0.792589	24.08129	0.793805
LGBM	24	24.08909	0.78953	23.66637	0.795623

- 시나리오2는 시나리오1의 결과에 비하여 정확도가 높아지지 않거나 떨어지는 모형과 개월령도 있는 것을 확인하였음
  - 머신러닝 알고리즘별로 비교를 하면 특정한 개월령 또는 모형에 따라 정확도가 증가하거나 감소하는 경향을 찾아 볼 수 없었고 대체적으로 LGBM 방법을 이용하는 경우가 정확도가 높은 것을 확인하였음
- (시나리오3 결과) 체척 형질간 feature value를 산출하고 체중 정보가 다른 개체들에 비하여 높거나 차이가 많이 나는 개체들을 삭제



- 파이프라인 3 : 에러 분석

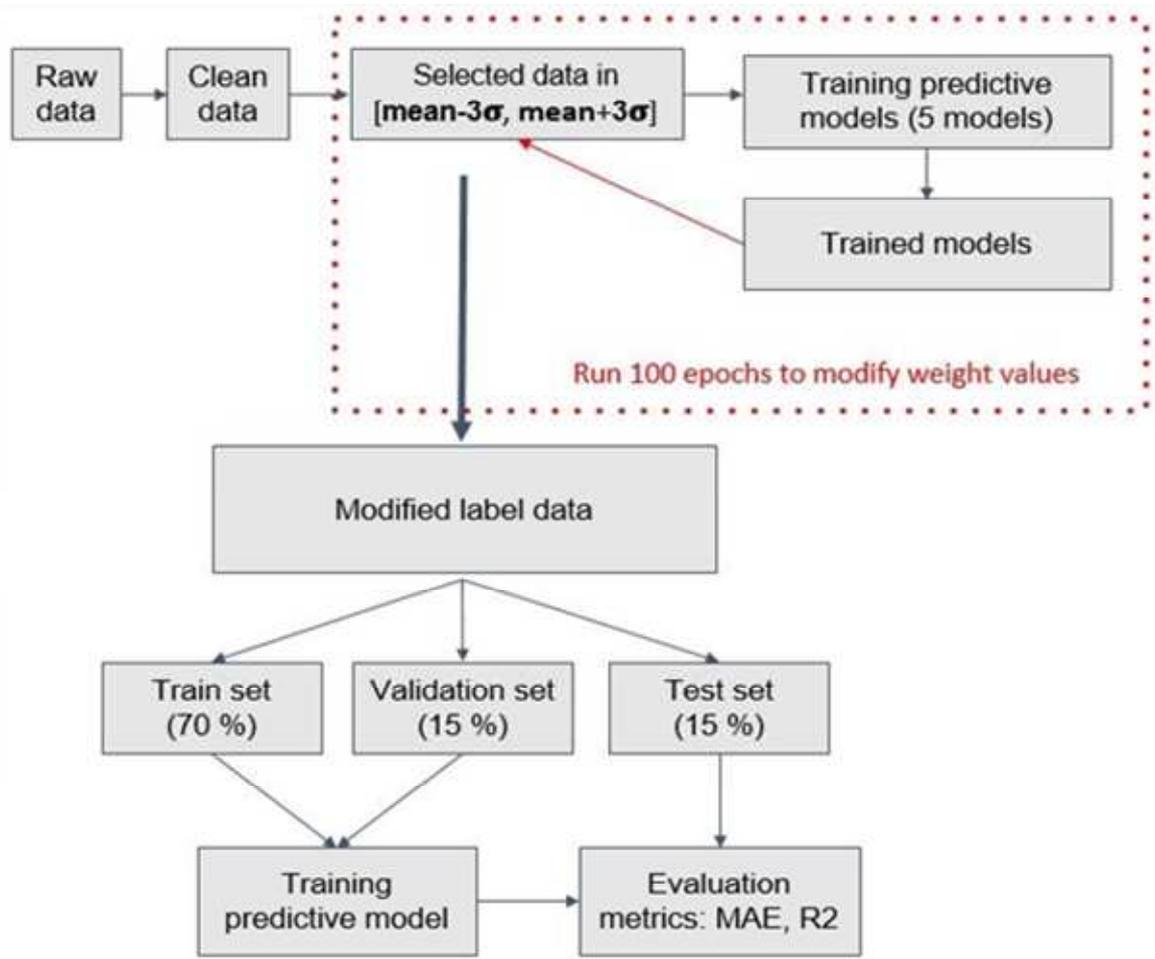
chego	siha	chejang	hungsim	hungpok	yogak	gojang	gonpok	jagol	hungwe	age	weight	predicted_weight	absolute_error	relative_error
103	108	107	50	28	28	39	32	20	126	6	158	170.70	12.70	8.04
102	107	109	48	28	29	38	33	20	125	6	192	172.11	19.89	10.36
105	109	107	51	30	29	40	32	21	127	6	158	169.58	11.58	7.33
97	101	100	48	25	26	32	29	19	126	6	161	160.47	0.53	0.33
97	103	99	48	26	27	34	29	18	126	6	198.5	163.69	34.81	17.54
100	101	97	49	27	26	32	29	19	125	6	161	161.19	0.19	0.12
107	110	114	51	30	28	36	34	18	135	6	198	204.74	6.74	3.40
107	110	112	51	29	28	38	34	18	135	6	227	203.37	23.63	10.41
106	108	113	51	30	26	34	32	19	134	6	198	196.72	1.28	0.65
96	100	99	46	28	24	32	28	16	122	6	164	148.00	16.00	9.76
97	100	98	47	27	26	33	28	15	122	6	137	147.86	10.86	7.93
97	101	96	47	27	26	32	28	15	123	6	164	152.95	11.05	6.74

- 머신러닝 알고리즘별로 비교를 하면 특정한 개월령 또는 모형에 따라 정확도가 증가하거위의 3마리를 보았을 때, 체척형질이 거의 같음에도 불구하고 체중을 매우 다름을 보여주고 있고 회귀 모델에 의한 예측 체중은 비슷함
- 이러한 문제점은 10가지의 체척형질이 체중을 예측하기에 충분하지 않다거나, 실측하는 사람의 측정 실수 등 예측할만한 이유가 있음
- 형질 간 뿐만 아니라 개체들 간 형질들의 경향을 사전에 파악하여 이상치로 판단되는 개체를 사전에 제거하는 알고리즘 적용

- 모델에 따른 MAE, R<sup>2</sup> 결과

모델 이름	개월령	파이프라인 3		베이스 라인	
		MAE	R <sup>2</sup>	MAE	R <sup>2</sup>
RF	6	6.731830903	0.895517481	10.61912	0.754796
ET	6	6.60259375	0.896645246	10.56117	0.756529
LGBM	6	6.458755443	0.903135668	10.64576	0.752105
RF	12	10.4665769	0.921918083	16.50515	0.795886
ET	12	10.54674714	0.920913688	16.5455	0.794683
LGBM	12	10.09325131	0.929100839	16.54999	0.79318
RF	18	15.83389196	0.912080072	21.75961	0.820117
ET	18	15.66334624	0.913820038	21.71634	0.822543
LGBM	18	15.58255522	0.91588228	21.73499	0.822805
RF	24	18.96654278	0.863373905	23.98888	0.794461
ET	24	18.94963985	0.862924471	24.08129	0.793805
LGBM	24	18.6844477	0.868248062	23.66637	0.795623

- 분석결과 기초통계량을 기반으로 하여 이상치를 제거한 방법에 비하여 모든 방법에서 10%p 이상 정확도가 향상하는 것을 보였고 12개월령 체중의 경우 92.9%의 정확도가 확보되는 것을 확인하였음
- 모형별로 비교하면 RF나 ET 방법에 비하여 LGBM 방법을 적용했을 때의 정확도가 가장 높은 것을 확인하여 기존 체척 정보만을 가지고도 체중 예측에 대한 정확도를 충분히 확보 가능
- (시나리오4 결과) 회귀모형을 이용하여 관측치와 예측치 간의 오차가 큰 정보를 예측치로 자동으로 치환하여 개체정보 보정한 후 체중 예측에 이용



- 각각의 데이터에서 체중 값을 보정하는 법
  - 각각의 데이터 샘플에서 6개의 체중 값이 있음

본래 체중	모델 1에 의해 예측된 체중	모델 2에 의해 예측된 체중	모델 3에 의해 예측된 체중	모델 4에 의해 예측된 체중	모델 5에 의해 예측된 체중
w0	w1	w2	w3	w4	w5

- 보정 후의 체중 분포 확인
  - 6개월령 : 보정 샘플 수(885) / 샘플수(4,520) = 19.6%
  - 12개월령 : 보정 샘플 수(1,678) / 샘플수(17,766) = 9.4%
  - 18개월령 : 보정 샘플 수(1,154) / 샘플수(7,598) = 15.2%
  - 24개월령 : 보정 샘플 수(720) / 샘플수(5,782) = 12.5%

	6개월령		12개월령		18개월령		24개월령	
	보정 전	보정 후	보정 전	보정 후	보정 전	보정 후	보정 전	보정 후
평균	181.5913	181.1872	359.1722	359.2027	493.316	493.6018	651.0069	649.6612
최댓값	266	248	507.5	507.5	707	700.5	870	859
최솟값	97	97	210	212.5	280	294	442.5	455
표준편차	27.92157	25.01065	48.0588	46.07971	69.7998	65.82052	68.79855	64.94441
중간값	182	182	357	357.5	491.5	491.5	647	646

- 개체별 체중에 정보에 대한 회귀를 통해 이상치로 판단되는 체중 정보를 치환하여 관측치 학습자료로 이용

- 모델에 따른 MAE, R<sup>2</sup> 결과

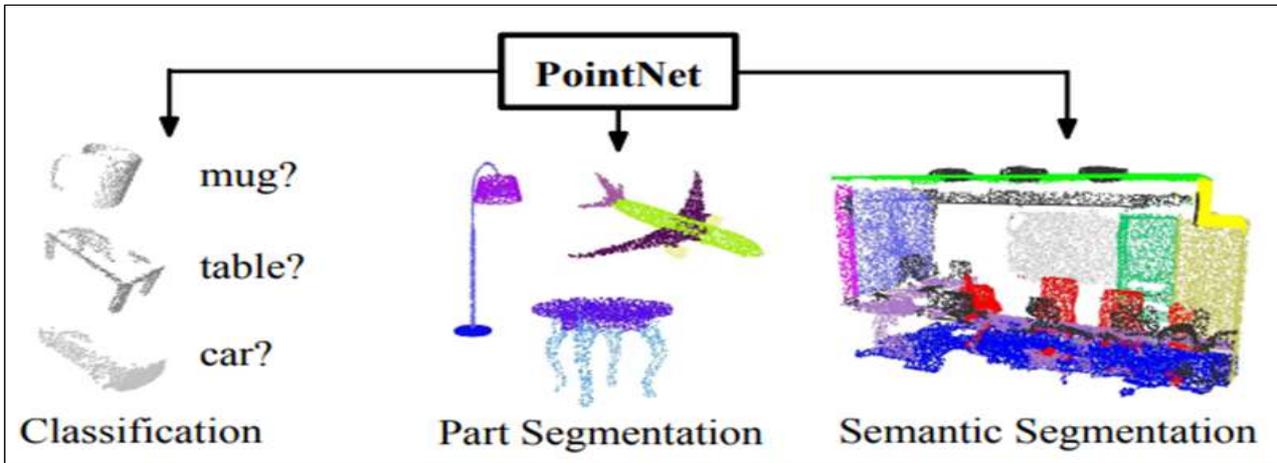
모델 이름	개월령	파이프라인 4		베이스 라인	
		MAE	R <sup>2</sup>	MAE	R <sup>2</sup>
RF	6	6.605493	0.888018592	10.61912	0.754796
ET	6	6.569045	0.889524839	10.56117	0.756529
LGBM	6	6.548556	0.891091699	10.64576	0.752105
RF	12	12.39291	0.893839279	16.50515	0.795886
ET	12	12.40095	0.893542631	16.5455	0.794683
LGBM	12	12.27257	0.895754555	16.54999	0.79318
RF	18	15.19926	0.916191328	21.75961	0.820117
ET	18	15.2158	0.916847341	21.71634	0.822543
LGBM	18	14.98624	0.918688569	21.73499	0.822805
RF	24	16.54258	0.889170423	23.98888	0.794461
ET	24	16.48374	0.890040719	24.08129	0.793805
LGBM	24	16.04885	0.893925001	23.66637	0.795623

- 분석결과 평균을 이용한 분석결과에 비하여 체중 예측에 대한 정확도가 증가하는 것을 확인 하였는데 시나리오3 번의 결과에 비해서는 정확도가 다소 낮은 것으로 나타남
- 모형별로 비교했을 때도 마찬가지로 LGBM을 적용한 결과가 가장 높은 정확도를 보여 주었고 시나리오3번과는 다르게 보정한 관측치가 가장 많았던 18개월령의 체중 예측 정확도가 가장 높게 나타나는 것을 확인하였음
- 장점으로 체중 실측치를 예측치로 변경하여 모형에 이용하기 때문에 개월령 변화에 따른 정확도 변화가 다른 시나리오에 비하여 크지 않은 것을 확인하였음

○ 종합결론

- 머신러닝 알고리즘을 적용할 때 실측치에 대한 이상치 제거하는 방법에 따른 체중 예측 정확도가 크게 달라지는 것을 확인 하였는데 이상치 제거 방법 중 형질간의 경향 또는 체중실측치 치환 방법이 가장 큰 정확도를 나타냈음
- 머신러닝 알고리즘들 중에서는 RF, ET에 비하여 LGBM의 정확도가 가장 높은 것을 확인 하였고 LGBM과 DNN은 비슷한 정확도를 보이는 것을 확인하였음
- 체중과 체적 실측 자료는 현장에서 수집되는 자료이므로 자료수집 시의 오차 및 이상치 정보를 다수 포함할 수 있어 체중 예측 알고리즘 적용 시 실측 또는 이미지 정보에 대한 이상치 제거 파이프라인이 반드시 필요함
- 현재 분석에서는 각 개월령을 구분하여 체중 예측을 하였으나 본 과제를 통해 개발될 하드웨어에서는 개월령 구분 없이 체중을 예측해야 하기 때문에 개월령을 통한 예측 알고리즘 탐색과 측정일령, 성별 등 기타 meta 데이터를 추가한 모형 개발을 추가적으로 개발해 나갈 예정임

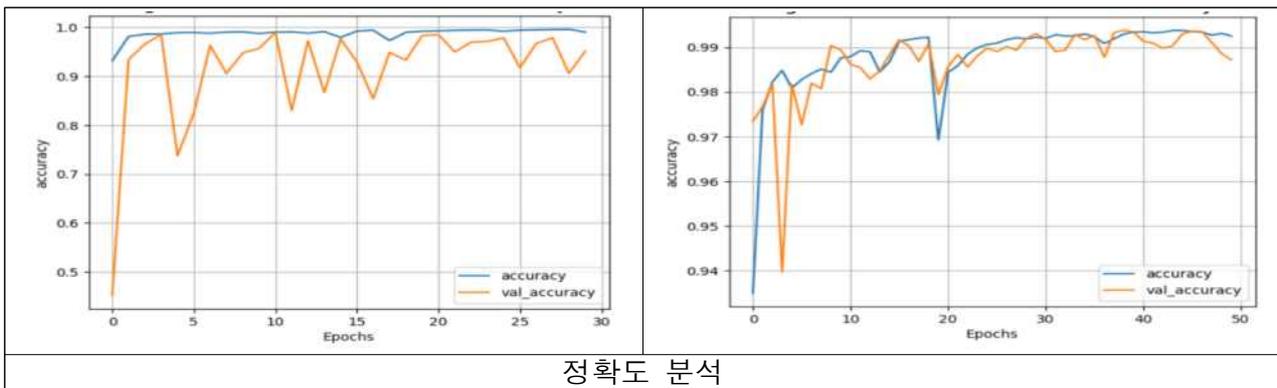
- 3D 정합 자료를 활용한 경제형질 예측 알고리즘 개발
- 3D 포인트 클라우드를 활용한 머신러닝 탐색
  - Part Segmentation 방법을 통한 3D 정합 및 부위 추출



- 파이선을 통한 3D segmentation

<pre> Create Hanwoo 3D Segmentation datasets  def load_data(point_cloud_batch, label_cloud_batch):     point_cloud_batch.set_shape([NMP_SAMPLE_POINTS, 3])     label_cloud_batch.set_shape([NMP_SAMPLE_POINTS, len(LABELS) + 1])     return point_cloud_batch, label_cloud_batch  def augment(point_cloud_batch, label_cloud_batch):     noise = tf.random.uniform(tf.shape(label_cloud_batch), -0.005, 0.005, dtype=tf.float32)     point_cloud_batch += noise[:, :, :]     return point_cloud_batch, label_cloud_batch  def generate_dataset(point_clouds, label_clouds, is_training=True):     dataset = tf.data.Dataset.from_tensor_slices((point_clouds, label_clouds))   </pre>	<pre> # Deep learning PointNet Model for 3D segmentation  def conv_block(x: tf.Tensor, filters: int, name: str) -&gt; tf.Tensor:     x = layers.Conv2D(filters, kernel_size=1, padding='valid', name=f'{name}_conv')(x)     x = layers.BatchNormalization(momentum=0.0, name=f'{name}_batch_norm')(x)     return layers.Activation('relu', name=f'{name}_relu')(x)  def mlp_block(x: tf.Tensor, filters: int, name: str) -&gt; tf.Tensor:     x = layers.Dense(filters, name=f'{name}_dense')(x)     x = layers.BatchNormalization(momentum=0.0, name=f'{name}_batch_norm')(x)     return layers.Activation('relu', name=f'{name}_relu')(x)   </pre>
데이터셋 생성	포인트넷 학습

- 학습에 대한 정확도 분석



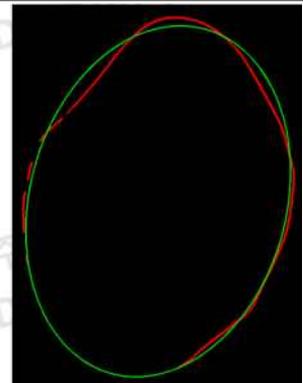
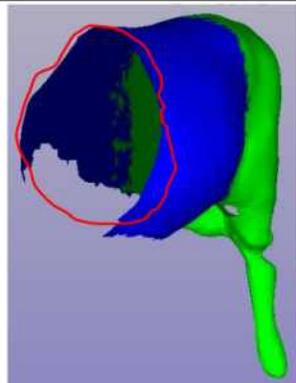
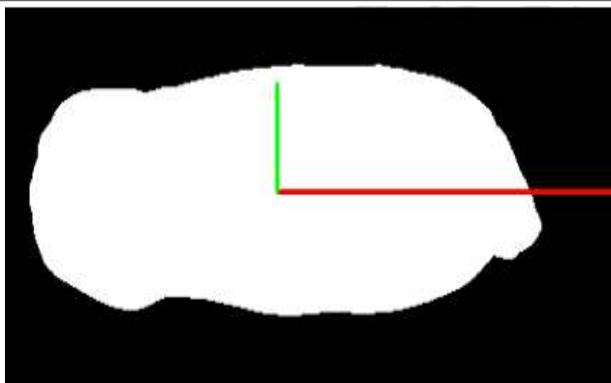
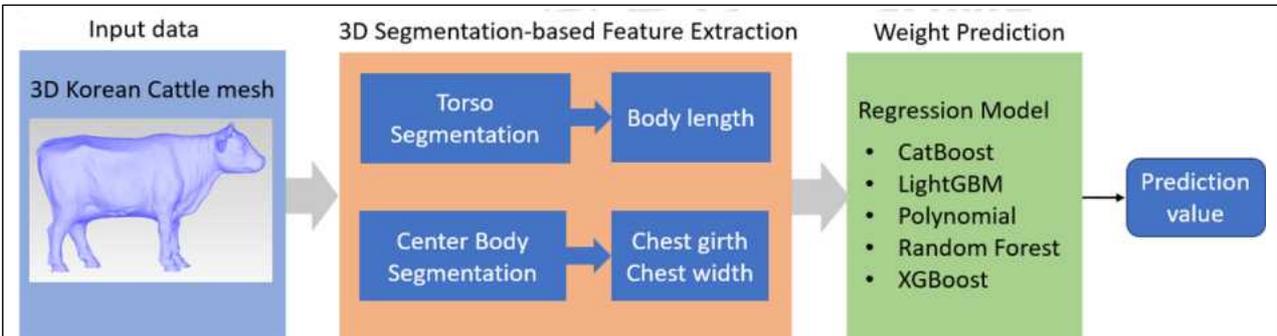
정확도 분석

- 3D 이미지 자료를 활용한 정합

<pre> Review input 3D data  import json import random import numpy as np import pandas as pd from glob import glob import matplotlib.pyplot as plt import os.path as osp import trimesh  folder = r'F:\HARVARD\2021_gro\pc1\3d\art\00021\input\hanwoo_data\hanwoo\11*.ply'  filelist = glob(folder)  for i in range(5, len(filelist)):     head, tail = os.path.splitext(filelist[i])     pcd = osp.join('read_point_cloud', filelist[i])     downpcd = pcd.voxel_down_sample(voxel_size=1)     downpointcount = len(downpcd.points)     pointcount = len(pcd.points)     print(tail, downpointcount, pointcount)     add_visualization_draw_geometries([downpcd])     user_input = input()     if user_input.lower() == 'y':         print('load sample')     else:         print('ignore sample')   </pre>	<p>A 3D visualization of a dog point cloud. A red rectangular region is highlighted on the dog's body, representing a specific part or feature used for segmentation or registration.</p>
실제데이터 활용 3D 정합	3D 정합 및 부위 설정

○ 시나리오 별 체중 예측 알고리즘 개발

- 시나리오 1 : 체중과 가장 밀접한 흉위 부위를 활용한 체중예측
- 시나리오 2 : 몸통 부위를 활용한 체중예측
- 시나리오 3 : 전체 부위를 활용한 체중예측
- 시나리오 4 : 딥 러닝으로 예측한 흉위, 흉폭, 체장을 이용한 부위를 활용한 체중예측
  - CatBoost regression, Light Gradient Boosting Machine, Polynomial Regression, Random Forest Regression, Extreme Gradient Boost Regression



```

Regression Model for Weight prediction

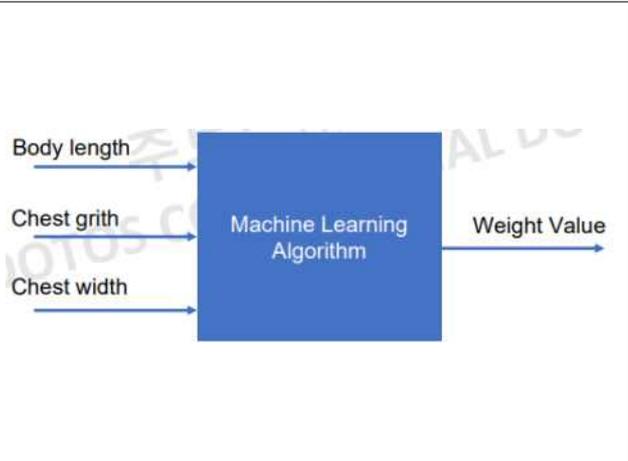
rootFolder = r"C:\Users\jper\Desktop\3D\3D\10\10_01_v3"
finalResults = []
for j, fold in enumerate(allFolds):
    foldResult = []
    trainPath = os.path.join(rootFolder, "Hansoo08270_Thorofeature_{},train.csv".format(fold))
    testPath = os.path.join(rootFolder, "Hansoo08270_Thorofeature_{},test.csv".format(fold))

    dfTrain = read_csv(trainPath, header=None)
    trainset = dfTrain.values

    dfTest = read_csv(testPath, header=None)
    testSet = dfTest.values
    # split into input (x) and output (y) variables
    X_train = trainset[:,1:4]
    y_train = trainset[:,4]

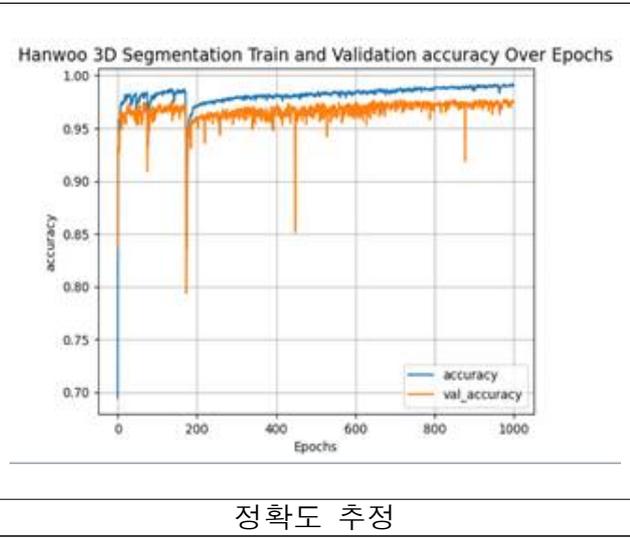
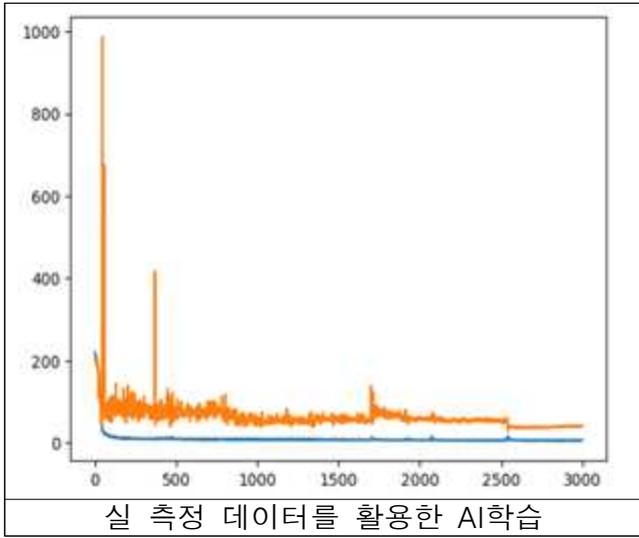
    X_test = testset[:,1:4]
    y_test = testset[:,4]

    for _, modelType in enumerate(modelTypes):
        if modelType == "RandomForest":
            model = RandomForestRegressor()
            model.fit(X_train, y_train)
        elif modelType == "LinearRegression":
            model = Pipeline([
                ('poly', PolynomialFeatures(degree=2)),
                ('lin', LinearRegression())
            ])
            model.fit(X_train, y_train)
    
```



시나리오 4

- 측정 데이터 활용 시나리오별 AI학습을 통한 예측 정확도 추정
  - AI학습 및 정확도 추정 반복을 통한 시나리오별 예측 정확도 추정



- 체중 예측 정확도(%)
  - 시나리오 1 : 85.41
  - 시나리오 2 : 80.84
  - 시나리오 3 : 85.22
  - 시나리오 4 : 94.15
    - Random Forest : 94.148
    - Light Gradient Boost Machine : 94.052
    - Polynomial : 94.034
    - Extreme Gradient Boost : 93.744
    - CatBoost : 93.74

3) 3D 스캔 데이터 활용 한우 경제형질 유전능력평가 가능성 검토

(1) 체중 예측을 위한 실측치(체척, 부분육) 간 상관분석

□ 한우의 12, 18, 24개월령 체척형질을 활용한 체중 상관분석

○ 목적

- 이미지 체척 데이터 사용에 앞서 능력검정하는 개체의 체척 실측 데이터를 이용하여 체중예측의 정확도를 추정하고 어떠한 체척형질이 유의하게 작용하는지 도출하고자 함
- 나아가 이미지 촬영을 통해 체척 데이터를 얻어내고, 3D형상을 만들어 체중을 예측하는 방향으로의 체척 기반의 체중 예측 자동화를 진행코자 함

○ 공시자료

- 농협경제지주 한우개량사업소 검정우 12개월령 수컷(11,414두), 12개월령 거세(6,232두), 18개월령 거세(7,548두), 24개월령 거세(5,775두)의 체중 및 체척형질 자료
- 일령값은 해당 개월 체중 기록일로부터 생년월일의 차로 산출
- 이상치는 형질별 해당 범위(평균 ± 3 표준편차)에 없는 개체들 제거
- 체척 형질과 체중 각각의 상관 (12개월령 수컷)

형질	체중	체고	십자	체장	흉심	흉폭	요각	고장	곤폭	좌골	흉위
체중	1.000	0.635	0.656	0.698	0.639	0.636	0.540	0.534	0.595	0.424	0.798
체고	0.635	1.000	0.936	0.663	0.623	0.428	0.423	0.501	0.465	0.319	0.594
십자	0.656	0.936	1.000	0.670	0.625	0.446	0.429	0.517	0.481	0.320	0.607
체장	0.698	0.663	0.670	1.000	0.616	0.488	0.481	0.570	0.506	0.314	0.622
흉심	0.639	0.623	0.625	0.616	1.000	0.547	0.509	0.549	0.497	0.249	0.676
흉폭	0.636	0.428	0.446	0.488	0.547	1.000	0.514	0.440	0.516	0.299	0.632
요각	0.540	0.423	0.429	0.481	0.509	0.514	1.000	0.566	0.674	0.361	0.510
고장	0.534	0.501	0.517	0.570	0.549	0.440	0.566	1.000	0.550	0.266	0.529
곤폭	0.595	0.465	0.481	0.506	0.497	0.516	0.674	0.550	1.000	0.416	0.559
좌골	0.424	0.319	0.320	0.314	0.249	0.299	0.361	0.266	0.416	1.000	0.298
흉위	0.798	0.594	0.607	0.622	0.676	0.632	0.510	0.529	0.559	0.298	1.000

· 체척 형질과 체중 각각의 상관 (12개월령 거세)

형질	체중	체고	십자	체장	흉심	흉폭	요각	고장	곤폭	좌골	흉위
체중	1.000	0.625	0.616	0.749	0.663	0.561	0.633	0.525	0.726	0.612	0.861
체고	0.625	1.000	0.927	0.660	0.675	0.464	0.506	0.515	0.542	0.513	0.636
십자	0.616	0.927	1.000	0.644	0.686	0.489	0.518	0.544	0.527	0.466	0.616
체장	0.749	0.660	0.644	1.000	0.645	0.506	0.647	0.638	0.681	0.626	0.704
흉심	0.663	0.675	0.686	0.645	1.000	0.579	0.641	0.621	0.623	0.505	0.725
흉폭	0.561	0.464	0.489	0.506	0.579	1.000	0.589	0.566	0.617	0.408	0.567
요각	0.633	0.506	0.518	0.647	0.641	0.589	1.000	0.667	0.719	0.569	0.631
고장	0.525	0.515	0.544	0.638	0.621	0.566	0.667	1.000	0.634	0.487	0.499
곤폭	0.726	0.542	0.527	0.681	0.623	0.617	0.719	0.634	1.000	0.653	0.660
좌골	0.612	0.513	0.466	0.626	0.505	0.408	0.569	0.487	0.653	1.000	0.607
흉위	0.861	0.636	0.616	0.704	0.725	0.567	0.631	0.499	0.660	0.607	1.000

· 체척 형질과 체중 각각의 상관 (18개월령 거세)

형질	체중	체고	십자	체장	흉심	흉폭	요각	고장	곤폭	좌골	흉위
체중	1.000	0.628	0.627	0.703	0.665	0.642	0.652	0.527	0.629	0.602	0.863
체고	0.628	1.000	0.957	0.543	0.574	0.558	0.426	0.500	0.450	0.478	0.607
십자	0.627	0.957	1.000	0.539	0.567	0.575	0.418	0.519	0.420	0.454	0.608
체장	0.703	0.543	0.539	1.000	0.668	0.497	0.656	0.644	0.627	0.608	0.633
흉심	0.665	0.574	0.567	0.668	1.000	0.653	0.696	0.659	0.640	0.559	0.697
흉폭	0.642	0.558	0.575	0.497	0.653	1.000	0.620	0.564	0.594	0.521	0.660
요각	0.652	0.426	0.418	0.656	0.696	0.620	1.000	0.609	0.751	0.616	0.607
고장	0.527	0.500	0.519	0.644	0.659	0.564	0.609	1.000	0.588	0.605	0.510
곤폭	0.629	0.450	0.420	0.627	0.640	0.594	0.751	0.588	1.000	0.700	0.567
좌골	0.602	0.478	0.454	0.608	0.559	0.521	0.616	0.605	0.700	1.000	0.571
흉위	0.863	0.607	0.608	0.633	0.697	0.660	0.607	0.510	0.567	0.571	1.000

· 체척 형질과 체중 각각의 상관 (24개월령 거세)

형질	체중	체고	십자	체장	흉심	흉폭	요각	고장	곤폭	좌골	흉위
체중	1.000	0.528	0.523	0.662	0.626	0.539	0.579	0.456	0.625	0.576	0.853
체고	0.528	1.000	0.915	0.540	0.560	0.363	0.395	0.441	0.383	0.306	0.441
십자	0.523	0.915	1.000	0.527	0.541	0.361	0.377	0.432	0.374	0.302	0.425
체장	0.662	0.540	0.527	1.000	0.588	0.457	0.555	0.600	0.557	0.582	0.548
흉심	0.626	0.560	0.541	0.588	1.000	0.617	0.594	0.596	0.538	0.471	0.658
흉폭	0.539	0.363	0.361	0.457	0.617	1.000	0.590	0.551	0.521	0.415	0.570
요각	0.579	0.395	0.377	0.555	0.594	0.590	1.000	0.672	0.656	0.549	0.528
고장	0.456	0.441	0.432	0.600	0.596	0.551	0.672	1.000	0.537	0.511	0.409
곤폭	0.625	0.383	0.374	0.557	0.538	0.521	0.656	0.537	1.000	0.621	0.560
좌골	0.576	0.306	0.302	0.582	0.471	0.415	0.549	0.511	0.621	1.000	0.554
흉위	0.853	0.441	0.425	0.548	0.658	0.570	0.528	0.409	0.560	0.554	1.000

- 회귀분석 수행: 12개월령 수컷의 경우 체고를 제외하여 진행하였고, 12개월령 거세, 18개월령 거세, 24개월령 거세의 경우 십자부고 제외
- 회귀모형에서 기울기(regression coefficient), 즉 회귀계수가 의미하는 바는 한 독립변수가 종속변수를 예상하는데 상대적인 공헌도를 나타냄
- 본 분석에서는 체장과 수직인 형질 하나와 흉위가 체중에 가장 크게 영향을었다고 볼 수 있음. 체장에 수직인 형질 중 하나가 크게 영향을 이유는 독립변수의 개수가 많기 때문인 것으로 사료됨
- 타 연구의 경우 체장과 흉위를 독립변수로 사용하는 것이 가장 높은 설명력을 얻은 연구

사례가 있음

· 한우의 체척 형질을 이용한 체중 예측 회귀분석 결과 (12개월령 수컷)

Trait	회귀계수	표준오차	t값	P> t (1)	회귀계수의 신뢰구간	
					[0.025	0.975]
절편값	-602.09934	6.52062	-92.338	**	-614.88086864	-589.317809876
십자	1.21878	0.06890	17.690	**	1.08372872	1.353830096
체장	1.45258	0.05014	28.973	**	1.35430265	1.550850186
흉심	0.05244	0.11199	0.468	NS	-0.16707831	0.271948721
흉폭	1.60359	0.08041	19.943	**	1.44597921	1.761201226
요각	0.16025	0.10354	1.548	NS	-0.04271452	0.363206159
고장	-0.17474	0.09358	-1.867	NS	-0.35816460	0.008692577
곤폭	0.99281	0.10212	9.722	**	0.79262761	1.192985582
좌골	2.06856	0.09221	22.433	**	1.88781548	2.249309169
흉위	2.33433	0.04262	54.773	**	2.25078882	2.417866445
일령값	0.21181	0.01142	18.553	**	0.18942819	0.234182666

Multiple R-squared : 0.7573, Adjusted R-squared : 0.7571

(1) \*: P<0.05, \*\*: P<0.01, NS: P≥0.05

· 한우의 체척 형질을 이용한 체중 예측 회귀분석 결과 (12개월령 거세)

Trait	회귀계수	표준오차	t값	P> t (1)	회귀계수의 신뢰구간	
					[0.025	0.975]
절편값	-558.47170	7.81283	-71.481	**	-573.7875468	-543.1558589
체고	0.54766	0.08147	6.722	**	0.3879498	0.7073722
체장	1.31307	0.06147	21.360	**	1.1925567	1.4335794
흉심	-1.19790	0.16271	-7.362	**	-1.5168733	-0.8789232
흉폭	0.30933	0.09684	3.194	**	0.1194889	0.4991776
요각	-0.11825	0.14362	-0.823	NS	-0.3997910	0.1632900
고장	-0.37964	0.12425	-3.055	**	-0.6232150	-0.1360641
곤폭	3.19673	0.14490	22.062	**	2.9126811	3.4807799
좌골	0.02669	0.12862	0.208	NS	-0.2254514	0.2788304
흉위	3.13698	0.05748	54.572	**	3.0242976	3.2496706
일령값	0.25464	0.01382	18.423	**	0.2275400	0.2817309

Multiple R-squared : 0.8139, Adjusted R-squared : 0.8136

· 한우의 체척 형질을 이용한 체중 예측 회귀분석 결과 (18개월령 거세)

Trait	회귀계수	표준오차	t값	P> t  <sup>(1)</sup>	회귀계수의 신뢰구간	
					[0.025	0.975]
절편값	-872.31197	12.06721	-72.288	**	-895.9670534	-848.6568782
체고	1.70044	0.08009	21.232	**	1.5434452	1.8574387
체장	1.61701	0.07097	22.783	**	1.4778800	1.7561351
흉심	-1.57461	0.17536	-8.979	**	-1.9183601	-1.2308601
흉폭	0.90745	0.12238	7.415	**	0.6675452	1.1473529
요각	1.41700	0.16990	8.340	**	1.0839539	1.7500474
고장	-1.13972	0.13888	-8.206	**	-1.4119656	-0.8674751
곤폭	1.45293	0.15211	9.552	**	1.1547593	1.7511020
좌골	0.50253	0.16061	3.129	**	0.1876829	0.8173688
흉위	3.84457	0.05461	70.398	**	3.7375160	3.9516241
일령값	0.27740	0.01525	18.187	**	0.2475047	0.3073028

Multiple R-squared : 0.8159, Adjusted R-squared : 0.8156

· 한우의 체척 형질을 이용한 체중 예측 회귀분석 결과 (24개월령 거세)

Trait	회귀계수	표준오차	t값	P> t  <sup>(1)</sup>	회귀계수의 신뢰구간	
					[0.025	0.975]
절편값	-1058.87655	18.74927	-56.476	**	-1095.63215420	-1022.1209466
체고	1.88450	0.12189	15.461	**	1.64554630	2.1234489
체장	1.98817	0.08568	23.204	**	1.82019987	2.1561409
흉심	-1.16348	0.21464	-5.421	**	-1.58425347	-0.7427127
흉폭	-0.10345	0.14633	-0.707	NS	-0.39030484	0.1834146
요각	1.62566	0.20375	7.979	**	1.22622955	2.0250939
고장	-1.28492	0.17440	-7.368	**	-1.62681528	-0.9430233
곤폭	2.23585	0.16992	13.159	**	1.90275333	2.5689490
좌골	0.25994	0.18864	1.378	NS	-0.10986335	0.6297372
흉위	4.76496	0.06801	70.058	**	4.63162366	4.8982906
일령값	0.08777	0.02159	4.066	**	0.04545622	0.1300877

Multiple R-squared : 0.8058, Adjusted R-squared : 0.8054

- 회귀분석 결과 수컷 12개월령에 대한 회귀분석 R<sup>2</sup>가 0.7571로 가장 낮게 나타났고 거세우의 경우는 12, 18, 24개월령에 따른 R<sup>2</sup> 증가 경향은 나타나지 않았고 거세우는 모든 개월령에서 전체적으로 0.8054~0.8156으로 수컷에 비하여 높은 R<sup>2</sup>을 나타냈음
- 본 분석 결과는 성별과 개월령을 구분하여 체중 예측에 대한 정확도를 분석한 것으로 부피 정보를 이용한 체중 예측 모델 개발이 필요할 것으로 판단됨

○ 고찰

- 본 연구에서는 측정하기 쉬운 체중을 종속변수로 두고, 실측하기 어려운 체척 형질을 독립변수로 둔 점이 있음
- 하지만 이 점은 시간과 노동력이 많이 드는 실측 방식에서 시간과 노동력을 절약할 수 있는 이미지를 이용한 부피 및 밀도 정보 수집 자동화로의 방식이 보편화 된다면 실측하기 어려운 체척 형질을 쉽게 얻을 수 있을 것이므로 충분히 해결 가능함
- 또한 AI 학습을 이용하는 등 지속적인 정확도 검증을 통해 정확한 개체정보를 얻어내고 예측할 수 있다면 유전능력 추정을 통해 체중 및 체척형질의 개량방향 설정이 가능할 것으로 판단됨

□ 한우의 부분육을 활용한 체중과의 상관분석

○ 목적

- 부분육이 체중에 어떻게 유의하게 작용하는지 도출하고자 함

○ 공시자료

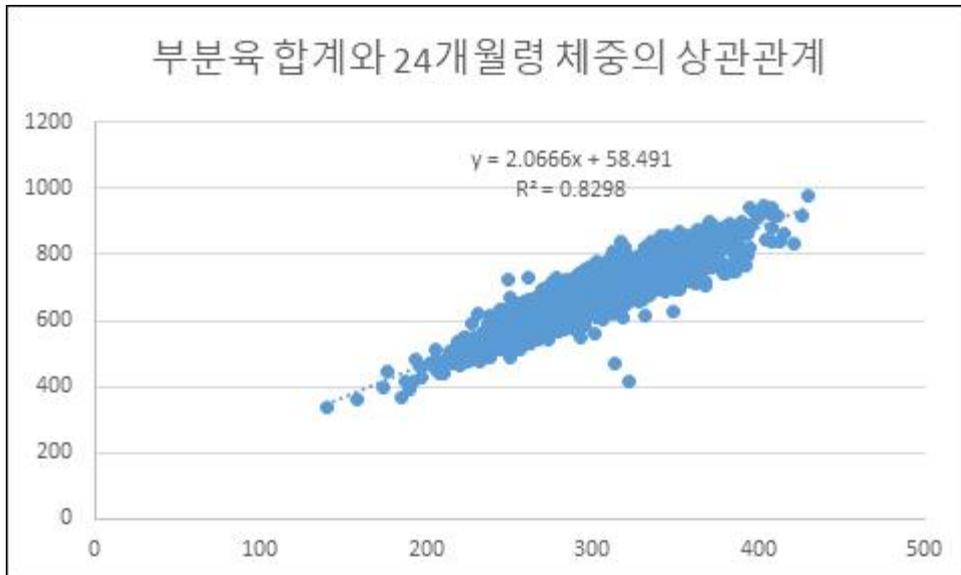
- 농협경제지주 한우개량사업소 후대검정우 4,387두에 대한 24개월령 체중과 부분육자료

○ 24개월령과 10대 분할육간 상관관계 분석

형질	안심	등심	채끝	목심	앞다리	우둔	설도	사태	양지	갈비	기타
상관	0.66	0.65	0.75	0.59	0.81	0.77	0.82	0.80	0.55	0.84	0.78

○ 24개월령과 10대분할육을 합친 총 중량과 상관관계 분석

- 24개월령과 10대분할육을 합친 총 중량과의 단순상관은 0.91이고 회귀분석시 R2은 0.83으로 추정



○ 고찰

- 10대분할육과 24개월령 체중과 단순상관은 0.55(양지)~0.84(갈비)로 나타났고 총 중량과 단순상관은 0.91이고 회귀계수(R2)은 0.83으로 나타났음

- 10대분할육 부위별 중량을 가지고 체중을 예측하기 보다는 총 중량을 통한 체중 예측을 실시하고 3D정합 자료를 이용한 10대분할육 예측 알고리즘 개발은 어려운 것으로 사료됨

(2) 실측치 변경에 따른 유전능력평가 결과 비교분석

□ 실측치 변경(데이터 추가)체척 유전능력평가 결과에 대한 상관분석

- 한우는 우수 보증씨수소 선발을 위해 국가단위 유전능력평가를 수행하고 있고 12개월 체중 및 체척에 대한 유전능력평가를 수행하여 씨수소 선발에 활용되고 있음
- 과제를 통해 수집된 12개월령 체중과 체척 형질에서 예측 알고리즘으로 변환되는 수가 적고 95% 정확도를 가져 데이터 추가에 따른 유전능력평가 결과로 상관분석 수행
- 체척 형질별 유전능력평가 결과 상관분석(전체 99,354 및 보증씨수소 1,169두)
  - 체척형질에 대한 유전능력평가 전체두수 결과 상관분석(자료 추가 전후)

형질	체고	십자부고	체장	흉심	흉폭	요각폭	고장	곤폭	좌골폭	흉위
체고	<b>0.9972</b>	0.9846	0.8739	0.7099	0.4500	0.6591	0.7175	0.8354	0.7111	0.6567
십자부고	0.9860	<b>0.9973</b>	0.8908	0.6595	0.4846	0.6747	0.7436	0.8453	0.7395	0.6582
체장	0.8793	0.8953	<b>0.9967</b>	0.6739	0.6824	0.7876	0.8796	0.9170	0.8546	0.7699
흉심	0.7053	0.6540	0.6631	<b>0.9964</b>	0.4710	0.6158	0.6742	0.7387	0.5933	0.8295
흉폭	0.4562	0.4900	0.6831	0.4828	<b>0.9965</b>	0.8168	0.8095	0.7484	0.8279	0.8208
요각폭	0.6664	0.6810	0.7880	0.6261	0.8116	<b>0.9961</b>	0.8589	0.8311	0.9036	0.8415
고장	0.8402	0.8488	0.9147	0.7482	0.7446	0.8299	<b>0.8975</b>	0.9971	0.8762	0.8465
곤폭	0.7176	0.7452	0.8544	0.6034	0.8251	0.9042	0.9197	<b>0.8788</b>	0.9971	0.8209
좌골폭	0.7240	0.7491	0.8797	0.6859	0.8074	0.8607	0.9967	0.9003	<b>0.9208</b>	0.8494
흉위	0.6588	0.6594	0.7650	0.8372	0.8133	0.8385	0.8445	0.8445	0.8172	<b>0.9970</b>

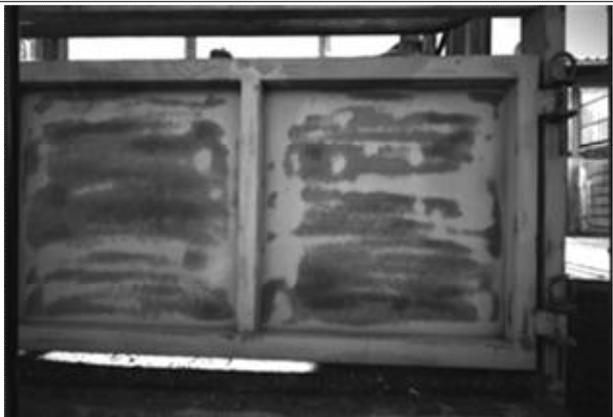
- 체척형질에 대한 유전능력평가 보증씨수소 결과 상관분석(자료 추가 전후)

형질	체고	십자부고	체장	흉심	흉폭	요각폭	고장	곤폭	좌골폭	흉위
체고	<b>0.9986</b>	0.9888	0.9014	0.7541	0.4919	0.6890	0.7649	0.8660	0.7466	0.6944
십자부고	0.9893	<b>0.9986</b>	0.9175	0.7126	0.5305	0.7070	0.7932	0.8775	0.7750	0.7029
체장	0.9004	0.9158	<b>0.9983</b>	0.7241	0.7135	0.8178	0.9062	0.9332	0.8852	0.8045
흉심	0.7511	0.7095	0.7208	<b>0.9977</b>	0.5142	0.6748	0.7152	0.7792	0.6485	0.8485
흉폭	0.4924	0.5305	0.7139	0.5191	<b>0.9979</b>	0.8485	0.8261	0.7687	0.8511	0.8420
요각폭	0.6890	0.7062	0.8164	0.6781	0.8424	<b>0.9976</b>	0.8827	0.8507	0.9149	0.8741
고장	0.8677	0.8778	0.9341	0.7849	0.7665	0.8521	<b>0.9142</b>	0.9980	0.8972	0.8650
곤폭	0.7473	0.7751	0.8853	0.6526	0.8491	0.9172	0.9426	<b>0.8978</b>	0.9983	0.8489
좌골폭	0.7660	0.7933	0.9073	0.7196	0.8252	0.8850	0.9981	0.9149	<b>0.9434</b>	0.8632
흉위	0.6953	0.7033	0.8053	0.8536	0.8396	0.8771	0.8639	0.8660	0.8499	<b>0.9980</b>

- 일부형질을 제외하고 90% 이상의 상관이 나왔고 일부형질도 88%로 높은 상관을 보임
  - 곤폭에 대한 자료 추가 전·후 상관분석 시 전체 88%, 보증씨수소 90%
- 영상으로 수집되는 자료를 통해 유전능력평가를 수행해도 결과는 크게 변동되지 않을 것으로 사료되고 앞으로 검정자료 수집체계가 변동되어도 유전능력평가가 가능할 것으로 사료됨

4) 현장적용을 위한 농가 실증

- 육종농가 보유축 대상 체중, 체척 수집
  - 현장 적용 실증을 위한 강원도 축산기술연구소 자료수집
  - 이미지 촬영 두수 : 암소 77두(6개월령 46두, 12개월령 31두)

현장 사진-1	현장 사진-2
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우형기 주변 구조물이 많음</li> <li>- 촬영 개체에 대한 이미지 손실이 너무 많음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개체의 등 부분을 제외한 측정 불가</li> <li>- 구조물을 소프트웨어에서 삭제함에 한계 발생</li> </ul>
촬영 이미지-1	촬영 이미지-2
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물이 최하부 카메라 촬영 방해</li> <li>- 개체의 다리 및 하복부 촬영 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개체의 등 부분을 가리는 구조로 구성</li> <li>- 구조물에 가려 개체 측정에 어려움 발생</li> </ul>

- 체중·체척 자동 측정 프로그램 적용을 위한 효율성 실증(검정소, 육종농가)

< 현장상태 >

- 개체(한우)를 측정하기 위한 유도로의 일부 개선 작업 필요
- 기존에 주로 사용하는 우형기의 일부 형태는 구조물이 너무 많음
- 구조물에 의한 카메라 이미지의 손실로 3D Data를 추출함에 어려움 발생

< 3D실증 >

- 강원도 축산기술연구소에서 취득한 데이터를 3D로 변환 시 아래의 이미지와 같이 정합에 어려움이 발생
- 하부 부분이 막혀있어 Left-5번 이미지를 전혀 취득할 수 없음
- 파이프라인이 가리고 있는 면적이 너무 많은 관계로 측면 하부의 경우 3D 데이터의 손실이 크게 발생

- 농가에 설치·운영 효율을 높이기 위해 스테이션 설치 장소에 대한 고려가 필요



Left-1 (상부)



Right-1 (상부)



Left-2 (측면)



Right-2 (측면)



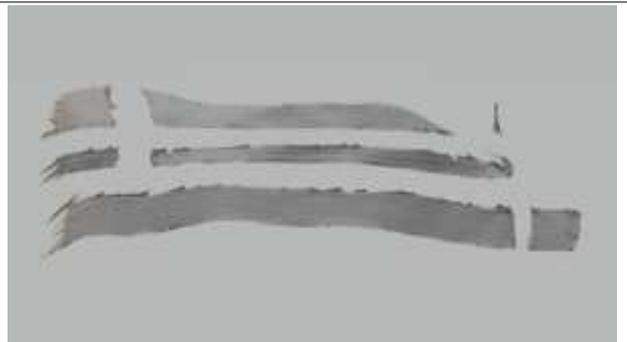
Left-3 (측면)



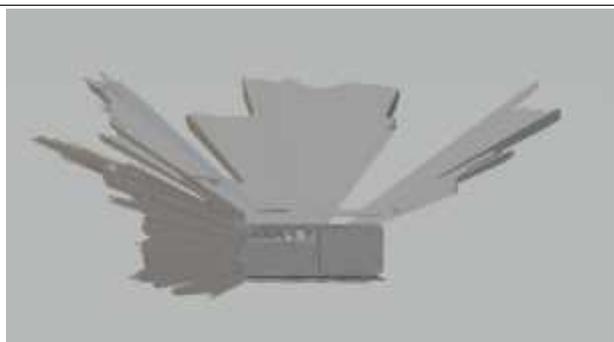
Right-3 (측면)



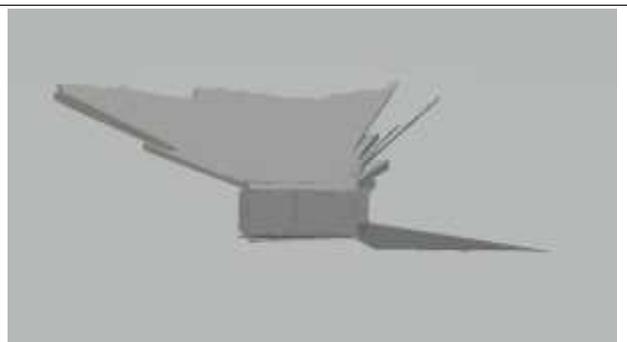
Left-4 (측면)



Right-4 (측면)



Left-5 (측면 하부)



Right-5 (측면 하부)

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

- 경제형질 예측을 위한 실측 및 이미지 데이터 수집체계 구축
  - 3D 스캔 이미지 데이터 수집을 위한 3D 카메라 적용 스테이션 개발
  - 경제형질 예측 알고리즘 학습을 위한 실측치 및 이미지 자료 수집
  - 경제형질 측정에 실제 측정과 스테이션 활용시 소요되는 시간 및 인력 분석
  - 이미지 자료 수집 정확도 제고를 위한 스테이션 개선
  - 온라인 데이터 학습 및 클라이언트 통신 플랫폼 개발
  
- 이미지를 활용한 한우 3D 정합 및 경제형질 예측 알고리즘 개발
  - 개발 스테이션에서 수집된 이미지 자료를 활용한 3D정합 알고리즘 개발
  - 3D 정합 자료를 활용한 경제형질 예측 알고리즘 개발
  
- 3D 스캔 데이터 활용 한우 경제형질 유전능력평가 가능성 검토
  - 체중 예측을 위한 실측치(체척, 부분육) 간 상관분석
  - 실측치 변경에 따른 유전능력평가 결과 비교분석
  
- 현장적용을 위한 농가 실증

##### (2) 정량적 연구개발성과

성과지표명		연도	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	특허출원	목표(단계별)	2	1	3	30
		실적(누적)	2	1	3	
	유상기술이전	목표(단계별)	0	1	1	20
		실적(누적)	0	1	1	
	SW저작권 등록	목표(단계별)	1	1	2	20
		실적(누적)	1	1	2	
	DB구축	목표(단계별)	0	1	1	10
		실적(누적)	0	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	SCI	목표(단계별)	1	2	3	5
		실적(누적)	1	2	3	
	비SCI	목표(단계별)	1	1	2	5
		실적(누적)	1	0	1	
	프로그램개발	목표(단계별)	1	1	2	5
		실적(누적)	1	1	2	
	모형개발	목표(단계별)	0	2	2	5
		실적(누적)	0	2	2	
계		목표(단계별)	6	10	16	100
		실적(누적)	6	9	15	

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고수준 보유국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치		목표 설정 근거
			성능수준	성능수준	1단계(21~22)	2단계(23)	
3D 카메라 정밀도	mm	20	독일/iDS	없음	2.5mm	2	공인시험 성적서 (KTC)
체중 정확도	%	30	없음	없음	90	95	최종보고서
체척 정확도	%	30	이탈리아	없음	90	95	최종보고서
10대 분할육 예측 정확도	%	10	없음	없음	80		실측치와 예측치 상관
체중, 체척 측정 효율	인력, 시간	10	없음	400두 기준 (5인, 3일)		400두 기준 (2인, 1/2일)	검정소 현장검증

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Machine Learning-Based LiveWeight Estimation for Hanwoo Cow	Sustainability	당창권	12661	스위스	MDPI	SCI	2022.10.5.	2071-1050	100
2	한우의 12개월령 체적형질을 이용한 체중예측	한국동물유전육종학회지	이도현	4	대한민국	한국동물유전육종학회	비SCI	2021.12.19.	1226-5543	100
3	A Korean Cattle Weight Prediction Approach Using 3D Segmentation-Based Feature Extraction and Regression Machine Learning from Incomplete 3D Shapes Acquired from Real Farm Environments	Agriculture	당창권	13(12)	스위스	MDPI	SCI	2023.12.12.	2077-0472	100
4	Korean Cattle 3D Reconstruction from Multi-View 3D-Camera System in Real Environment	Sensor	당창권	1	스위스	MDPI	SCI	2023.1.8	1424-8220	100

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	한우의 성장검사 자료 수집 장치 및 그 방법	대한민국	주토스 (주)	2021.11 .15.	10-2021- 015648 7		주토스 (주)	2023.12 .20.	10-2622 655	100	
2	한우의 성장검사 영상정보 카메라 설치용 경량 이동식 프레임 구조	대한민국	주토스 (주)	2022.10 .31.	10-2022- 014199 5		주토스 (주)	2023.02 .13.	10-2500 763	100	
3	한우 성장 검사 촬영장비의 폴대 원터치 연결 블록	대한민국	주토스 (주)	2023.08 .21.	10-2023- 010888 7					100	

□ 저작권 등록(소프트웨어)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	제421050-03 호 국가단위 유전능력평가 모형 적용 및 체중체적 예측 모델	2022.09.25.	주토스 주식회사 외 1인	2022.10.31.	C-2022-041963	한국저작권위원회	100
2	제420811-03 호 이미지데이터 카메라 개발 인공지능 프로그램	2023.5.20.	주토스 주식회사 외 1인	2023.9.14.	C-2023-041366	한국저작권위원회	100

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	직접실시	다중 카메라 트리거 컨설팅	GNT	2023.12.26	1,000,000	

□ 제품화

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	한우 채적 및 무게 추정 장치	2023.4.	(주)주토스	한우개량 사업소	체중예측	2년 9개월	-	-

□ 고용창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2022년		
1	스마트팜 실증· 고도화 연구사업	(주)주토스			3
합계					3

□ 학술발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국동물유전 육종학회	성하승	2023.6.22	대전 기초과학연구원	대한민국

□ 홍보전시

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	품평회 내 부스설치 및 제품전시	한국홀스타인품평회	한우 체중예측 스테이션 홍보전시	2023.10.18.-19.

□ 기타 : 데이터베이스 구축(한우 체중을 위한 데이터베이스 구축)

### 한우 체중 예측을 위한 데이터베이스 구축

**□ 데이터베이스 개요**

- 본 과제는 수집되는 이미지와 실측치를 활용하여 체중을 예측하는 과제로 수집되는 정보를 관리·활용을 위한 데이터베이스가 필요
- 수집자료 : 체중 및 체척자료, 이미지 자료
  - 체중 및 체척 : 한우개량사업소, 한우연구소에서 촬영한 개체에 대한 체중 및 체척 실측치를 엑셀파일(xlsx)로 정리하여 보관
  - 촬영 소 정보 : 한우개량사업소, 한우연구소에서 촬영한 개체에 대한 정보 파일(CameraInformation.info)로 보관
  - 이미지 자료 : 한우개량사업소, 한우연구소에서 촬영한 개체에 대한 10대 카메라 이미지 자료를 촬영 순서 별로 (jpg.dat) 파일로 정리하여 보관

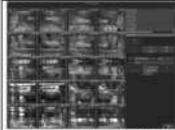
**□ 데이터베이스 구조**

- 시스템 : NAS Server를 활용하여 수집자료 관리·활용·분석
  - 모델 : AS6508T(LOCKERSTOR)
  - 프로세스 : Intel Atom 210 GHz Quad(메모리 8Gb, 용량 114Tb)
- 수집자료 관리
  - 프로그램 : 촬영 및 데이터 수집, 이미지 검토(Data Viewer), 3D정합(MeshLab), AI학습(Label)
  - 구조 : 자료수집 장소, 대상, 개체별 실측치 및 이미지 분류보관

**□ 데이터베이스 활용**

- 체중예측 : 데이터베이스에 수집된 실측치 및 이미지를 활용하여 3D 정합 및 체중예측 알고리즘을 통해 개체별 체중 예측 수행
- 데이터베이스 자료는 빅데이터플랫폼에 업로드

**□ 관련정보**



촬영 및 데이터 수집



이미지 검토



개체별 3D정합



개체별 체중예측



개체 정보



데이터베이스 구조

<소 정보>		<촬영 정보>	
구조	설명	구조	설명
User	촬영자	Code	데이터 분류 코드
Location	촬영 위치	CowID	소 ID
CowID	소 ID	Phase ID	소라 Study ID
List<PartData>	촬영 데이터 정보 리스트	Time(sec)	촬영 시간
<PartData>		Weight	보체 무게
PartName	촬영 부위 이름(구분)	List<CaseStudy>	Case Study 명 데이터
Index	순번	< Case Study>	
DataFilePath	파일 경로	구조	설명
		Index	Case Index
		Predicted	측정 무게
		Accuracy	정확도
		Prediction Time(Sec)	측정 시간

비정형 데이터베이스 관리 구조
정형 데이터베이스 관리 구조

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 실측치 및 이미지 데이터 수집	○ 이미지 데이터 수집 스테이션 개발 ○ 실측치 및 이미지 자료 수집 ○ 스테이션 효율 분석(실측과 스테이션) ○ 스테이션 개선(동기화 등) ○ 데이터 학습용 플랫폼 개발	○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 100
○ 정합 및 예측 알고리즘 개발	○ 이미지 활용 3D정합 알고리즘 개발 ○ 3D정합 활용 경제형질 예측 알고리즘 개발	○ 100 ○ 100
○ 경제형질 유전평가 가능성 검토	○ 체척 및 부분육과 체중과의 상관분석 ○ 유전능력평가 결과 상관분석	○ 100 ○ 100
○ 현장적용을 위한 농가 실증	○ 육종농가 이미지를 활용한 3D 정합분석	○ 80

## 4. 목표 미달 시 원인분석

### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 육종농가(지자체)에 대한 스테이션 설치 및 자료를 통해 실증하였지만 효율이 낮아 더 많은 농가에서 실증이 필요했으나 구제역, 럽피스킨 등 전염병 발생으로 인해 실증농가 탐색이 어려워 실증연구가 목표대비 미흡하였음

### 2) 자체 보완활동

- 실증 및 사업화를 위해 실제 활용될 육종농가 대상 스테이션 적용 과제 수행
  - 국립축산과학원 기관연구과제로 수행될 예정임('24-'26, 한우 육종농가 체중자료 수집을 위한 예측 시스템 개발)

### 3) 연구개발 과정의 성실성

- 국립축산과학원 한우연구소 암소를 통해 자료 수집 및 정확도 개선 연구 수행
  - 성별자료 수집을 위해 한우연구소 암소에 대한 실측치 및 이미지 자료 추가수집

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- (사업개선) 농림축산식품부에서 주관하는 가축개량지원사업 국가단위 검정시스템 개선으로 한우 씨수소 선발·도태에 활용되는 유전능력평가 정확도 향상
- (소득향상) 유전적으로 능력이 우수한 개체 선발과 저능력우 도태에 활용되고 올바른 계획교배를 통해 농가 수익성 향상 및 농가단위 한우개량 목표설정 도움
- (분야확대) 사양, 번식, 질병 등 연구에 필수적으로 필요한 체중을 손쉽게 측정할 수 있어 다양한 분야 스마트팜 기술과 접목하여 종합컨설팅할 수 있는 시스템 개발 가능
- (기술혁신) 체중체척 측정 방식을 자동화함으로써 '디지털 축산'의 실현 및 3D(Dirty, Difficult, Dangerous) 산업 이미지를 탈피로 농업 사회문제(고령 등) 해결 발판 마련

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- (논문) 3D 스테레오 비전 카메라 예측정보 정확도에 대한 학술활동(논문, 학술발표 등)
- (특허) 체중체척 정밀측정 촬영 장비 및 알고리즘 개선 관련 특허출원, 등록
- (인력양성) 개발제품 확대 보급을 위한 연구, 영업사원 채용
- (홍보) 개발제품 농가적용 사례 및 효율성 농가 홍보
- (사업화) 검정소 등 검증을 마친 제품 개발(기술이전, 제품출시), 농가보급에 따른 매출 발생 등

### < 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국내논문	SCIE	
	비SCIE	1
	계	1
특허출원	국내	1
	국외	
	계	1
특허등록	국내	1
	국외	
	계	1
인력양성	학사	4
	석사	1
	박사	1
	계	6
사업화	상품출시	1
	기술이전	90백만원
	공정개발	1
제품개발	시제품개발	1
성과홍보		3건

## 7. 사업화 추진계획

### □ 국내 사업화 계획

○ 주요 수요처 : 검정소(한우개량사업소), 한우육종농가, 암소검정사업 참여농가, 우시장

### ○ 판매전략 및 마케팅

- (정책) 농림축산식품부에서 수행하는 국가단위 한우개량 사업 중 농가단위 한우개량 사업의 검정 지원비 일부를 체중, 체척 자동화 측정장비 구입비 지원으로 전환
- (경쟁력 강화) KSA 한국표준협회의 공신력 있는 품질 인증(AI+)과 공인 시험 성적서를 획득하여 기업과 제품에 대한 신뢰성 강화하여 경쟁력 제고하여 KS인증마크 획득
- (생산계획) 제품의 양산 및 판매는 연구 개발 종료되는 시점부터 시행 예정
  - 초기에는 과제 2~3년차 실증농가 실증 결과를 홍보 자료로 작성 배포
  - 한우 육종농가 및 암소검정사업 참여 농가들을 대상으로 설명회를 추진하여 고객 확보
  - 과제 종료 이후에도 한우 능력검정소에서 생산되는 체중, 체척 실측자료를 학습자료로 활용하여 지속적으로 정확도를 높여 제품의 신뢰도를 높여 나갈 계획

### □ 국외 사업화 계획

○ 주요 수요처 : 육우 사육량이 높은 아시아 및 남미 중 국가 선정

### ○ 판매전략 및 마케팅

- (판매전략) 대한무역투자진흥공사(KOTRA) 연계 해외시장 발굴 및 진출 전략 수립
- (판매시기) 국내시장 진입 성공 및 안전화 후 해외 시장진입 모색
- (경쟁력 강화) 인증 및 특허를 통한 제품의 안정성/신뢰성/우수성 확보
- (제품 다변화) 해외 검정소 및 방목형 사육형태를 반영한 스테이션 형태 변형
- (축산박람회) 세계3대 국제 축산 전시회(독일 하노버 EuroTier, 프랑스 렌느 Space, 네덜란드 위트레흐트 VIV Europe)에 참가하여 제품의 우수성 홍보

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	421050-03		
사업구분	스마트팜 다부처패키지 혁신기술개발사업				
연구분야	스마트팜		과제구분	단위	
사업명	스마트팜 다부처패키지 혁신기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술		과제유형	개발	
연구개발기관	국립축산과학원		연구책임자	당창권	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	21.4.-12.	250,000	73,400	323,400
	2차년도	22.1.-12.	350,000	100,000	450,000
	3차년도	23.1.-12.	350,000	100,000	450,000
	계		950,000	273,400	1,223,400
참여기업	(주)주토스				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

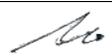
2. 평가일 : 2024.2.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
국립축산과학원	농업연구사	당 창 권

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	
-----	---

# 1. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

국립축산과학원은 가축개량업무를 효율적으로 추진하기 위하여 가축개량총괄기관으로 지정되어 농식품부 가축개량지원사업 관련 연구를 법정업무로 지속적으로 수행(농식품부고시 제2015-108호, 가축개량총괄기관 및 가축개량기관 지정)하고 있음. 국가단위 유전능력평가를 통해 우수 보증씨소를 선발하고 이를 보급하여 한우 개량을 하고 있음. 유전능력평가에 활용되는 검정자료는 평가에 가장 중요한 요소임. 검정자료 수집을 확대하기 위한 연구결과는 필요한 기술이고 디지털 장비를 통한 경제형질 예측은 우수성과 창의성 모두 부합됨(농가주 고령화 등으로 농가단위 검정자료 수집을 위해서는 자동화 등으로 노동력 감소가 필요함)

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

체중에 대한 유전능력평가를 통해 농가에서 원하는 계획교배를 통해 농가 수익성을 향상시킬 수 있음. 도체중에 대한 유전능력평가 결과는 매년 1.53kg이 증대되는 것으로 평가되어 kg에 대한 경제가치와 평균 도축두수를 고려하면 매년 200억의 경제적 가치를 나타냄(2024년 가축개량관련자료,  $1.53\text{kg}/\text{년} \times 17,852\text{원}/\text{kg} \times 785,557\text{두}/\text{년} = 215\text{억원}$ )

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

경제형질(체중과 체척)에 대한 예측 시스템 개발을 통해 농장주의 고령화, 축정의 위험성 등 경제형질에 대한 농가단위 자료수집이 어려움을 해결할 수 있음(현재는 검정소에서만 검정자료를 수집). 농가단위 유전능력평가를 통해 결과를 농가에 제공해 줄 수 있어 농가에서 유전적으로 우수한 개체를 선발 또는 저능력어의 도태에 활용될 수 있음

## 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

경제형질 예측을 위한 실측치와 이미지를 지속적으로 수집할 수 있는 체계(농협경제지주 한우개량사업소 : 이미지를 통한 체중예측 알고리즘 정확도 제고를 위해서는 실측치를 계속해서 수집해야 함)를 구축하였음(과제가 종료되더라도 농협경제지주에서는 지속적으로 수집할 예정임). 또한 이 과제를 통해 개발된 시스템의 사업화를 위해 국립축산과학원 기관 연구과제를 진행할 예정임('24-'26)

## 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

(특허, 제품화, 기술이전) 농가에 보급을 위해 3D 카메라가 적용된 스테이션 개발에 필요한 기술(경량화, 접이식 등)을 개발하였고 3D 카메라를 동시에 활용할 수 있는 트리거 기술을 저작권 및 기술이전 하였으며 이를 적용한 제품을 제품화하였음(특허 출원 3, 등록 2, 제품화 1, 기술이전 1) (논문) 경제형질 예측을 위해 체척자료와 체중과의 연관관계를 분석(국내 1)하였고 3D스캔 이미지를 활용한 한우 체형 3D 정합 알고리즘과 3D 정합자료를 통해 체중예측 알고리즘을 개발함(국외 2)

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
실측치 및 이미지 데이터 수집	30	100	알고리즘 개발에 필요한 실측 및 이미지 데이터 수집이 적정함
정합 및 경제형질 예측 알고리즘 개발	30	100	3D 정합 및 경제형질 예측 알고리즘의 정확도 개선이 적정함
경제형질 유전평가 가능성 검토	20	100	경제형질의 예측 정확도(95%)를 고려할 때 유전평가 가능성 적정함
현장적용을 위한 농가실증	20	80	농가실증이 부족하였지만 후속과제를 통해 실증을 높일 예정이어서 목표달성이 가능할 것으로 사료됨
합계	100점		

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

한우는 고기를 생산하는 품종으로 체중과 체척자로는 성장과 육량을 결정하는 주요한 경제형질이기 때문에 이를 개량하기 위한 많은 노력을 하고 있음. 개량을 위해 우수한 능력을 가진 개체를 선발·보급하고 있는데 국가단위로 검정자료(12개월 체중, 체척 등을 조사) 및 혈통자료(부모정보)를 활용하여 유전능력평가를 수행하여 능력이 우수한 보증씨수소를 선발·보급하고 있음. 유전능력평가의 정확도를 향상하기 위해서는 검정자료 수집 확대가 필요하고 이 과제를 통해 디지털 장비를 통한 검정자료 수집체계가 개선되면 평가의 정확도가 개선될 것으로 기대됨.

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

농가 실증을 통해 실제 농가에 설치 및 활용하여 농가보급용 스테이션을 개발해야 했지만 전염병(구제역, 렘피스킨)으로 인해 농가 실증이 어려웠고 체중 예측 알고리즘 정확도 개선에 노력하여 이미지를 활용한 체중예측 정확도를 확보하였음(95%). 농가 보급용 스테이션 개발(노동력 감소 : 현재는 농장주가 이미지 수집을 위해 직접 설치를 해야 하고 극한의 환경(고온, 다습 등)에서 운영을 통한 개선 필요)이 필요하여 과제종료 후 국립축산과학원 기관연구 과제를 통해 사업화(농가보급)를 진행할 예정임.

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

경제형질 예측 시스템에 대한 농가보급용 스테이션 개발 및 보급을 통해 농가단위 검정자료 수집이 가능해짐. 현재 검정자료는 노동력 등을 고려하여 3~6개월 단위로 수집되지만 수집장비를 개선하여 수집하게 되면 측정단위를 줄일 수 있어 유전능력평가 형질 확대(현재는 12개월령 체척 및 체중 평가, 개월 단위 평가 가능)가 가능할 것으로 보임. 이를 위해서는 국립축산과학원 기관 연구 과제를 통해 스테이션 개선 및 사업화를 진행할 예정이고 농림축산식품부 개량지원사업에 육종농가 검정자료 수집 등 정책제안을 진행할 예정임.

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	스마트팜
연구과제명	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술		
주관연구개발기관	국립축산과학원	주관연구책임자	당창권
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타
	950,000,000원	273,400,000	1,223,400,000원
연구개발기간	2021.4.27. ~ 2023.12.31.		
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타( ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: )		

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 실측치 및 이미지 데이터 수집	3D 이미지 수집을 위한 스테이션 개발 및 수집·학습할 수 있는 플랫폼 개발완료
② 정합 및 예측 알고리즘 개발	이미지를 활용한 3D정합 알고리즘과 3D 정합 자료를 통한 체중 예측 알고리즘 개발완료
③ 경제형질 유전평가 가능성 검토	체중예측을 위한 실측치 상관분석 및 실측치 변경에 따른 유전능력평가 결과 비교분석 완료
④ 현장적용을 위한 농가 실증	현장적용을 위한 농가 실증을 하였지만 실증농가 수 부족

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표										
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					표준 화		학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)	
	특허출원	특허등록	S W 저작권	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치	국 내	국 제	논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
														S C I	비 S C I		논 문 평 균 I F					
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	건	명	건	건	건		
가중치	11	11	11		11		11			11						11					11	11
최종 목표	3	3	2		1		1			2			3	2		1					1	1
1단계 실적	2		1							3			1	1								
2단계 실적	1	2	1		1		1						1			1					1	1
달성률 (%)	100	67	100		100		100			150			67	50		100					100	100

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	3D카메라 적용 스테이션 개발 기술(경량화, 동기화 등)
②	3D이미지를 활용한 경제형질 예측 알고리즘

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		√		√		√	√			
②의 기술		√		√				√	√	

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	농가에 보급되어 경제형질 예측 등 3D카메라 적용 스테이션 개발 시 활용
②의 기술	노동력 및 위험사항 발생 감소 등을 통해 경제형질 검정자료 수집을 농가단위 확대 (한우 육종농가 체중 검정자료 수집체계 구축 정책제안 등에 활용)

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표										
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				표준화		학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)		
	특허출원	특허등록	S W 저작권	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치	국내	국제	논문				학술발표	정책활용		홍보전시	
														S C I	비 S C I	논문평균 I F						
단위	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	건	건	명	건	건	건		
가중치																						
최종목표	4	4	2		1	90	1	1800		11				3	3		3			1	2	1
연구기간내 달성실적	3	2	2		1	1	1			3				2	1		1			1	1	
연구종료후 성과창출 계획	1	1				90		1800		8				1	1		2			1	1	

8. 연구결과의 기술이전조건

핵심기술명	3D카메라 적용 스테이션 개발 기술(경량화, 동기화 등) - 다중 카메라 트리거 컨설팅 -		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	1,000천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(이전업체에 트리거 방식 컨설팅)		
이전소요기간	즉시 가능	실용화예상시기	즉시 가능
기술이전시 선행조건	해당사항 없음		

핵심기술명	3D이미지를 활용한 경제형질 예측 알고리즘		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	100,000천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	즉시 가능	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	즉시 가능
기술이전시 선행조건	해당사항 없음		

## 사업화 계획서

연구개발과제명	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술			과제번호	421050-03			
주관연구개발기관	국립축산과학원			주관연구책임자	당창권			
공동연구개발기관	(주)주토스			공동연구책임자	심상헌			
제품명	경제형질(체중, 체척) 정밀측정 장비			제품 형태	H/W	√	S/W	√
관련 선행기술	종류 (해당 시)	특허명 (등록번호)	한우의 성장검사 자료 수집 장치 및 그 방법(10-2021-0156487), 한우의 성장검사 영상정보 카메라 설치용 경량 이동식 프레임 구조(10-2022-0141995)					
		기술이전명	다중 카메라 트리거 컨설팅					
사업화 종류	구분	수입품 대체		신규시장 창출	√	기존 상품 개선		
	내용	육우의 중요 경제형질인 체중, 체척 정밀측정 장비 판매						
개발 제품 주요 경쟁력	목표 수요처	시장규모	(국내) 한우 사육농가 : 93,000호 (국외) 아시아(454백만두), 남미(382백만두)					
		기술개발 필요성	육우에서 중요한 경제형질인 체중에 대한 예측수요가 높음					
		목표 시장 예상 점유율	(국내) 50, (국외) 10%					
	기술 차별성	구분	비용 절감	√		기술 고도화	√	
이익 증대					기타			
내용								
타사 제품 비교	제품명	-			-			
	단가	-			-			
예상 매출액 (백만원)	구분	2021	2022	2023	2024			
	연구개발계획서				550			
	매출액				550			
	수출액				-			
생산계획	생산능력	스테레오 비전 카메라 자체 개발과 모듈 단순화 작업이 완료되면 국내외 수요에 맞는 생산충족 가능						
	양산 체계 구축 계획	판매단가는 스테레오 비전 카메라 자체개발 및 모듈 단순화를 통화 점차 낮춰 갈 예정이고 양산화 단계에서 상당히 단가가 낮아질 것으로 예상						
판매전략	판로확보 방안	대한무역투자진흥공사(KOTRA), 국제 축산 박람회						
	마케팅 전략	(국내) 농림축산식품부에서 수행하는 국가단위 한우개량 사업 중 농가 단위 한우개량 사업의 검정 지원비 지원 (국외) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)와 연계하여 해외시장 발굴 및 진출 전략 수립하고 국제 축산 박람회를 통해 장비 수출판로 모색						
기타 부가설명								

사업화 계획을 위와 같이 제출합니다.

2024년 2월 29일

주관연구개발기관 :  
주관연구책임자 :

국립축산과학원  
당 창 권

(인)

## 실증 성과보고서

연구개발과제명	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술				과제번호	421050-03				
주관연구개발기관	국립축산과학원				주관연구책임자	당창권				
공동연구개발기관	(주)주토스				공동연구책임자	심상현				
실증개요	실증성과명	예측스테이션 이미지촬영 실증				구분	H/W	√	S/W	√
	실증장소	제3자농장	해당		미해당	√	실증장소유형			
		장소명	강원도 축산기술연구소							
		실증면적(m <sup>2</sup> )	10							
		주소	강원도 횡성군 둔내면 현궁로 101							
						스마트팜혁신밸리				
						일반(법인)농가				
						정부출연·지자체	√			
						기타				
실증현황	실증조건	실증품목(종)	한우							
		필수기자재	경제형질(체중, 체척) 정밀측정 장비							
		기타필수조건								
	실증목적	구분	성과물 성능에 대한 검·인증			트랙레코드·실증데이터 확보				
			목표 환경 신뢰성·재현성 검증			제품서비스 시연(시범농가)	√			
		내용	촬영 이미지를 활용한 3D정합							
	실증방법	활용기술	인공지능	√	빅데이터	√	사물인터넷			
			지능형로봇		신재생에너지		기타			
		수집데이터	환경데이터		생육데이터		제어데이터			
			경영데이터		기타					
	내용	○ (실측 및 이미지) 육종농가 보유축(암소) 자료 수집 - 강원도 축산기술연구소 내 암소(6, 12개월령) 77두 체중, 체척 및 이미지 자료 수집 ○ (실증) 이미지 활용 3D정합 검증 - 경제형질 정밀측정 장치를 이용하여 수집한 이미지를 활용하여 3D정합 프로그램(알고리즘)으로 정합								
	내용	○ 육종농가는 검정소에 비해 우형기 구조물이 너무 많아 3D 데이터를 추출하는데 어려움 발생 - Left 5번 이미지를 취득할 수 없고 파이프라인이 가리고 있는 면적이 너무 많아 3D 정합에 실패함								

결과를 위와 같이 제출합니다.

2024년 2월 29일

주관연구개발기관 : 국립축산과학원  
 주관연구책임자 : 당 창 권 (인)

# 스마트팜 R&D 빅데이터 플랫폼 연계/활용 계획서

연구개발 과제명	한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술			과제번호	421050-03		
주관연구 개발기관	국립축산과학원			주관연구 책임자	당창권		
<b>기본 정보</b>							
데이터 용량(MB)	정형	영상	음향	이미지	3D	분광 데이터	기타
	0.096						
<b>수집</b>							
구분	양식명	유형	부류-품목	용량	수집 시작일	수집 종료 일	등록일시 (예정)
1	한우 3D 이미지	3D	한우	0.096	21.09.	23.12.	23.12.
2	체중 실측 데이터	정형	한우	921,600	21.09.	23.12.	23.12.
<b>분석</b>							
정상 파일 수		타입오류			범위오류		
<b>모델</b>							
구분	양식명	유형	운영체제	개발언어	라벨링도 구	성능지표/ 결과	등록일시 (예정)
1	이미지 활용 한우 경제형질 예측 모델	AI모델 (추정/예측)	윈도우 10	파이선 3.8	-	-	23.12.
<b>활용</b>							
구분	양식명	유형	대분류	사이트 URL	동영상 URL	등록일시 (예정)	
1	한우 3D 스캐너 개발	장치 개발	영농	<a href="http://www.zootos.com/index/bbs/board.php?bo_table=s3_04&amp;wr_id=63">http://www.zootos.com/index/bbs/board.php?bo_table=s3_04&amp;wr_id=63</a>	<a href="https://youtu.be/4tlGhCDpAn8">https://youtu.be/4tlGhCDpAn8</a>	23.12.	
<b>기타 부가설명</b>							

결과를 위와 같이 제출합니다.

2024년 2월 29일

주관연구개발기관 : 국립축산과학원

주관연구책임자 : 당 창 권 (인)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부·과학기술정보통신부·농촌진흥청에서 시행한 “스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발사업”의 “한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술” 연구개발과제 최종보고서입니다.
2. 이 연구개발 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부·과학기술정보통신부·농촌진흥청((재)스마트팜연구개발사업단)에서 시행한 “스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발사업”의 “한우 개체별 경제형질 정밀 측정·관리·예측 모델링 기술” 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.