子実用トウモロコシの安定生産を支える局所施肥ロボット

圃場内自己位置推定に基づく自律走行施肥ロボットの可能性



令和4年度 畜産関係学術研究委託調査研究課題

大分工業高等専門学校　森田昌孝
2026年11月18日

高専：技術者を育てる5年一貫教育

全国51校・約51,000名が学ぶ国立高専

中学校卒業後に入学する5年一貫教育。実験・実習と一般科目を学ぶ



大分高専の4学科：機械工学、電気電子工学、情報工学、都市環境工学

ロボコン：令和5年全国準優勝。DCON：令和6年3位。プログラミング等の活動



卒業後は産業界で活躍。大学編入・専攻科への進学、学士取得も可能

東京科学大学・大阪大学・九州大学等への進学実績




高専でなぜ、農業？



ロボットトラクタ
出典：農研機構「供用設備等」

農業従事者の減少 → スマート農業の推進

2020年	2030年	2050年
136万人	83万人	36万人

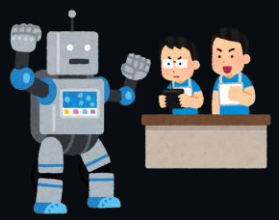
2020～2050年の30年間で、農業従事者は約100万人減少

少ない担い手でより多くの農地を活用し、食料安全保障の基盤である農地を維持する必要がある。

全国の高専に先駆けて、
農業を理解するエンジニアの育成を推進



農工連携を積極的に展開
→ 専攻科でアグリエンジニアリング教育



大分高専が参画するスマート農業研究

高精度なネギ皮むき調製機の開発



キク生産の芽摘み作業を省力化する技術



戦略的スマート農業技術の開発・改良事業
イノベーション創出強化研究推進事業（応用研究ステージ）

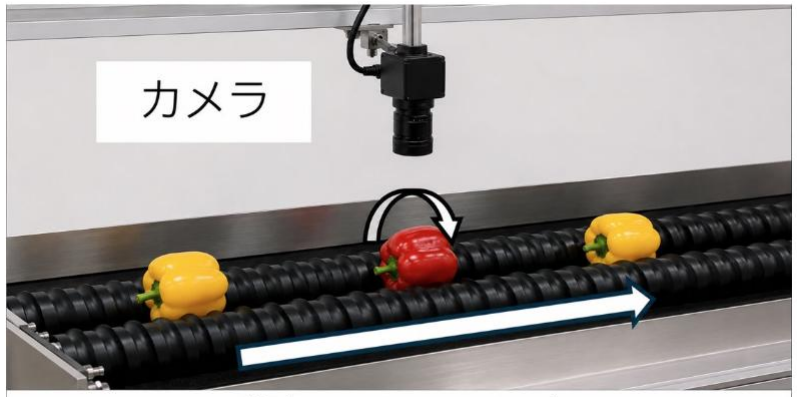
パプリカ出荷調製作業の省力化に向けた回転撮像型AI等級判定支援システムの開発

研究期間（計画）：令和8～9年度
代表：大分高専

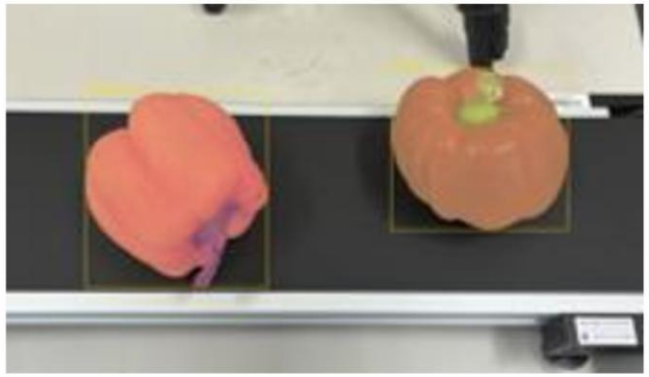
回転撮像で傷・すす・変色・形状異常の候補を提示。
最終確認は作業者が実施

目標：外観確認・等級判定作業を85%削減
45から6.75 人・時間/10 a・年

令和7年度補正予算 スマート農業技術の開発・供給に関する事業
第2回公募採択、4,454万円



提案システムのイメージ

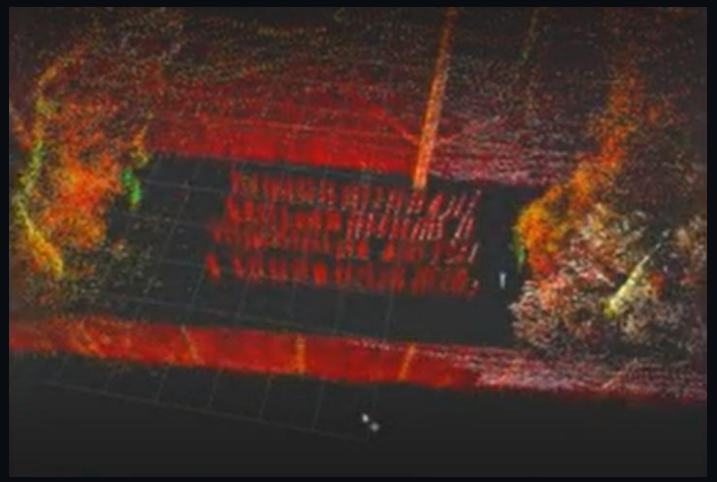

パプリカ認識の例（予備検討）

トウモロコシと工学：関連ロボットの開発



有機農業への展開を目指す
畝間除草ロボットの関連開発





本日のお話：背景・栽培・ロボット・展望

背景：輸入依存と、生育中期の施肥作業の課題

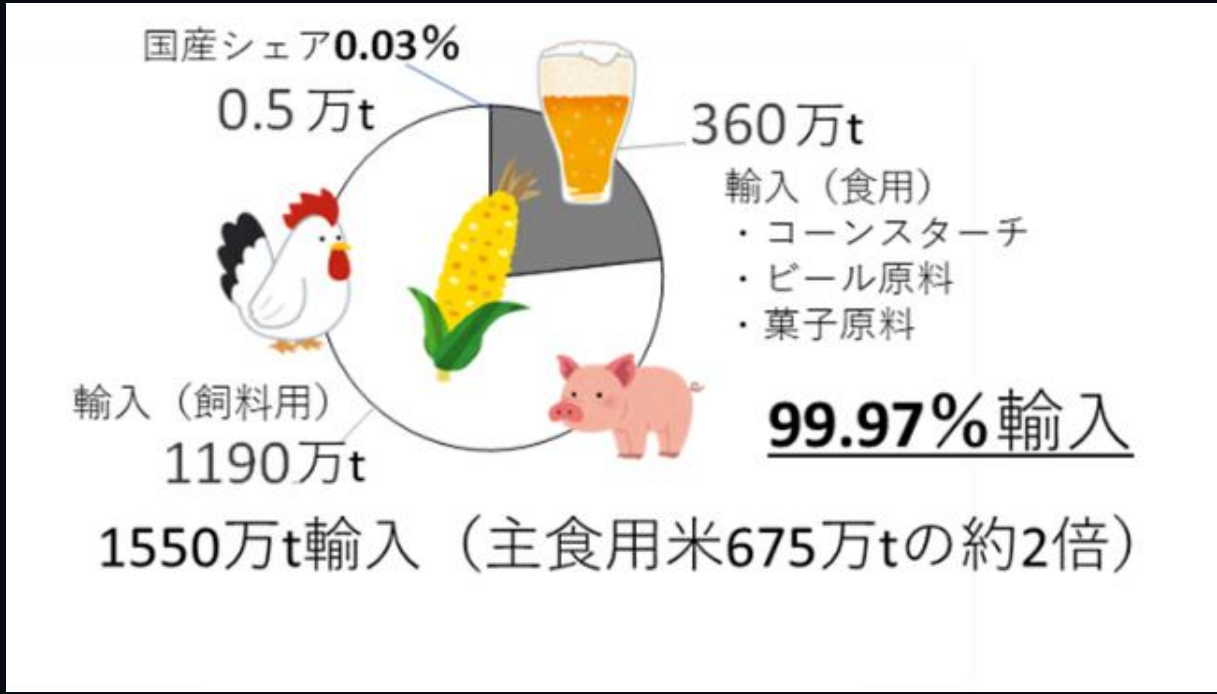
栽培：追肥と少量多回施肥の効果および評価の限界

ロボット：条間走行、LiDAR SLAM、重量物運搬

展望：局所施肥と地域農業の省力化

作物が必要とする時期に、必要な場所へ、必要な量を施肥するための研究

研究背景：国内生産と施肥作業の課題



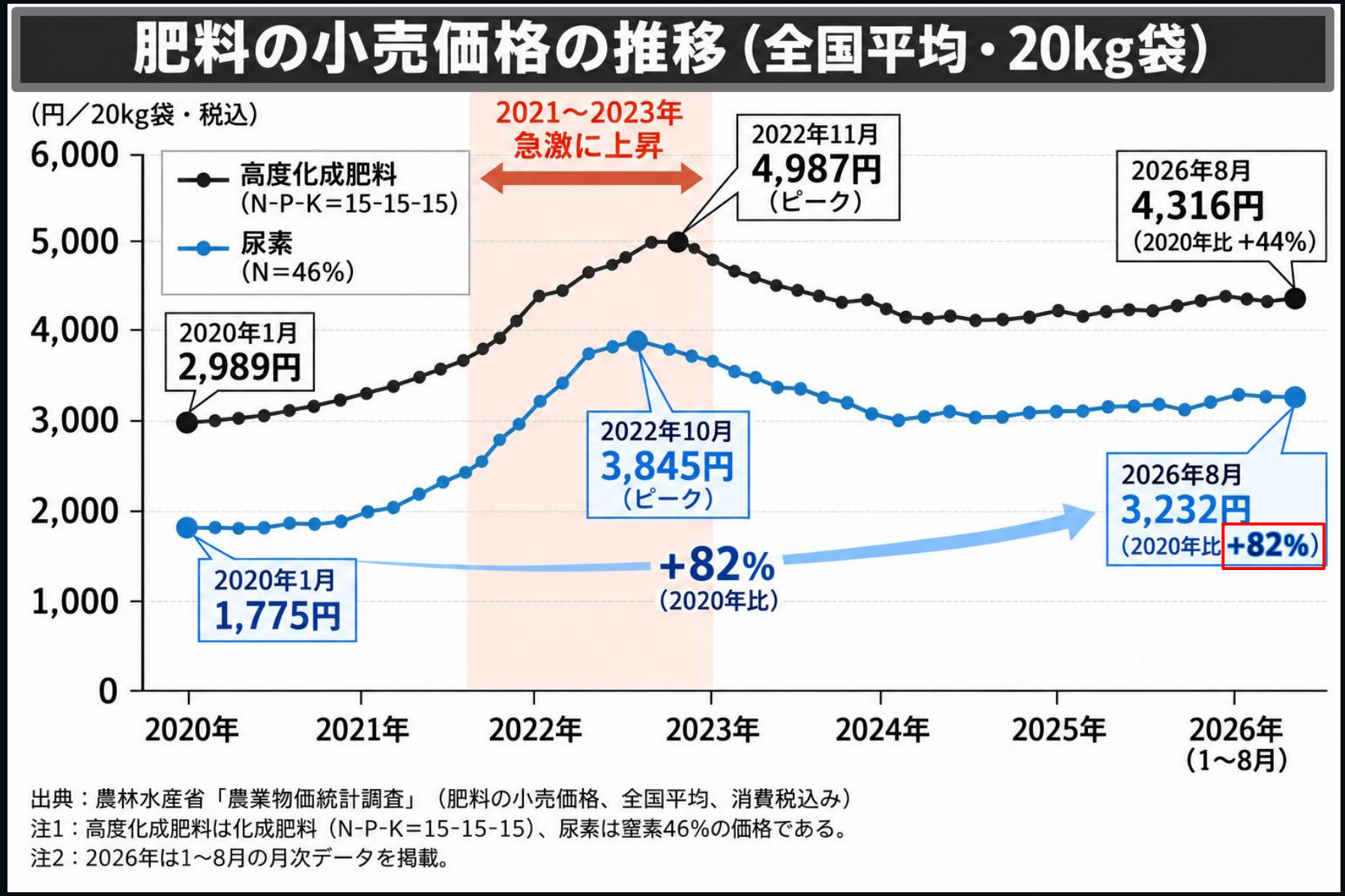
子実用トウモロコシは
国内供給の大部分を輸入に依存

国内生産の拡大には、施肥労力と
機械化体系の改善が必要

併せて、養分要求量に応じた無駄のない施肥体系が必要

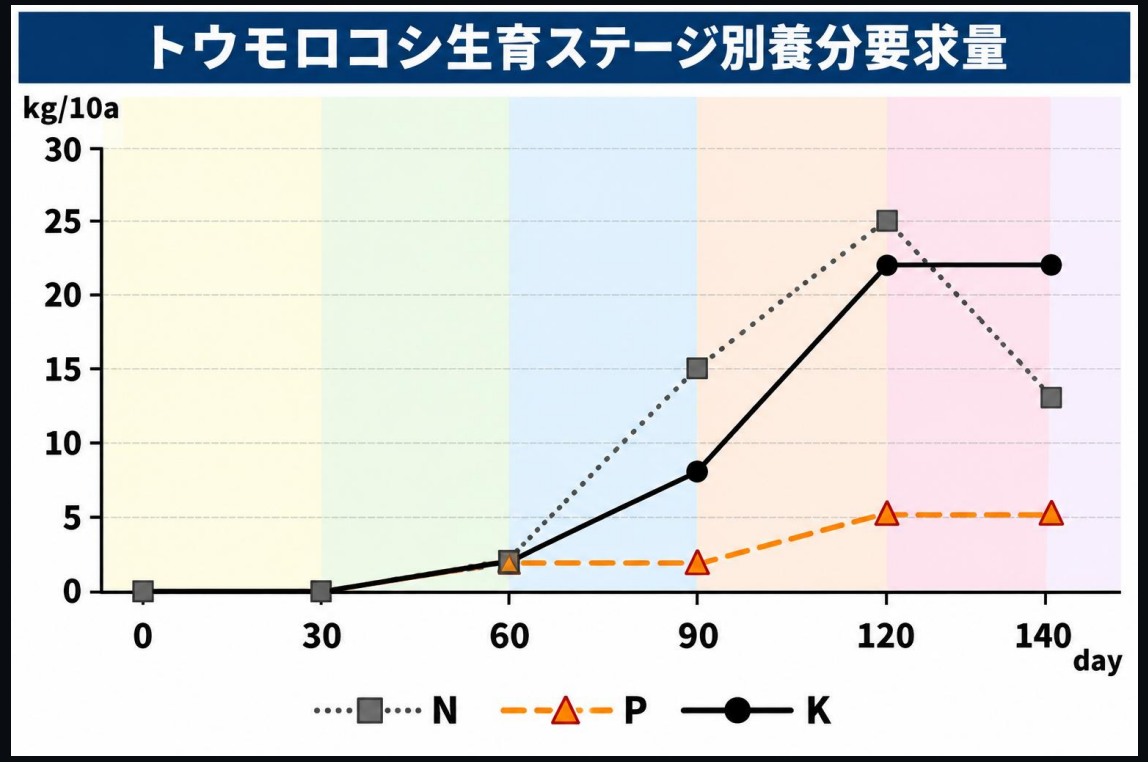
本研究は、生育中期の株元施肥を可能にする
移動ロボット開発を目指した試験を行った

肥料価格の推移：施肥コストの背景



出典：農林水産省「農業物価統計調査」（肥料の小売価格、全国平均、消費税込み）
注1：高度化成肥料は化成肥料（N-P-K=15-15-15）、尿素は窒素46%の価格である。
注2：2026年は1～8月の月次データを掲載。

生育中期における追肥作業の制約



(石塚ら1967)

生育に伴い養分要求量は変化する
　降雨による流亡を考慮すると効率的な
　施肥体系が必要

草丈の増大により、
トラクタの条間進入が制約を受ける

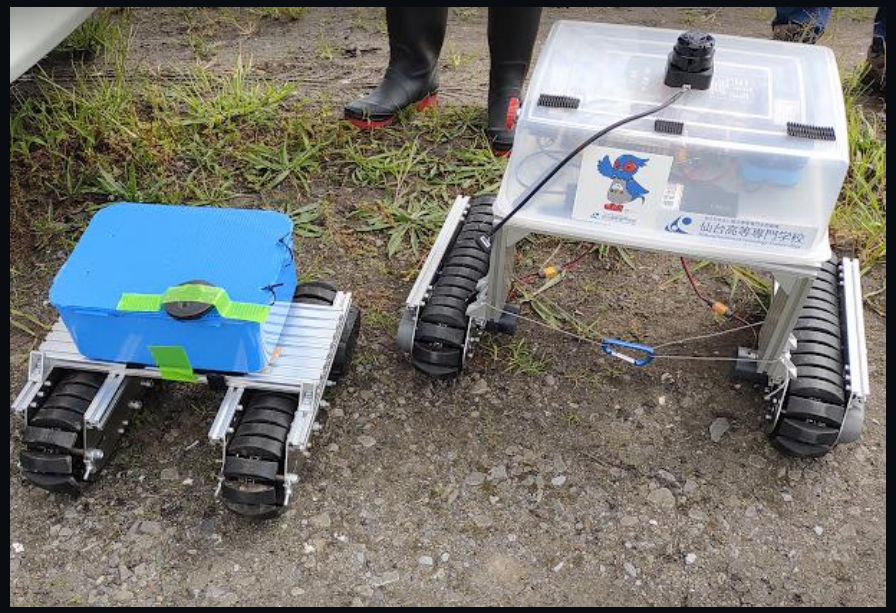
株元への施肥位置と肥料運搬量を両立する
作業方式が必要

検討課題：適期・適量の施肥を株元で実施できるか

研究目的：条間に進入し、株元で施肥する



条間75 cmへの進入と不整地走行



LiDARによる作物列認識と積載運搬

局所施肥を実現するため、栽培側の応答と機体側の基礎性能を検討

大型ドローンでは対応できない施肥への対応（雨天時や夜間連続散布）

試験概要：栽培試験とロボット試験

栽培試験
①雄穂抽出期前の追肥を比較。
②少量多回施肥では慣行の約20%の
　窒素量で生育を観察



ロボット試験
①GNSSとLiDAR SLAMによる条間走行。
②不整地で模擬肥料25 kgの積載走行



①栽培試験　追加追肥の有無を比較

両区とも「基肥 ＋ 5/15の追肥」は共通

	播種時	5/15	6/16
慣行区 追肥 1回	基肥	追肥①	追加なし
追肥区 追肥 2回	基肥	追肥①	追肥②　＋5 kg N

追肥区だけ 6/16 に窒素 5 kg/10a を追加

供試品種：KD641（RM114・4/20播種）／ AX-152（RM108・4/25播種）　|　デントコーン

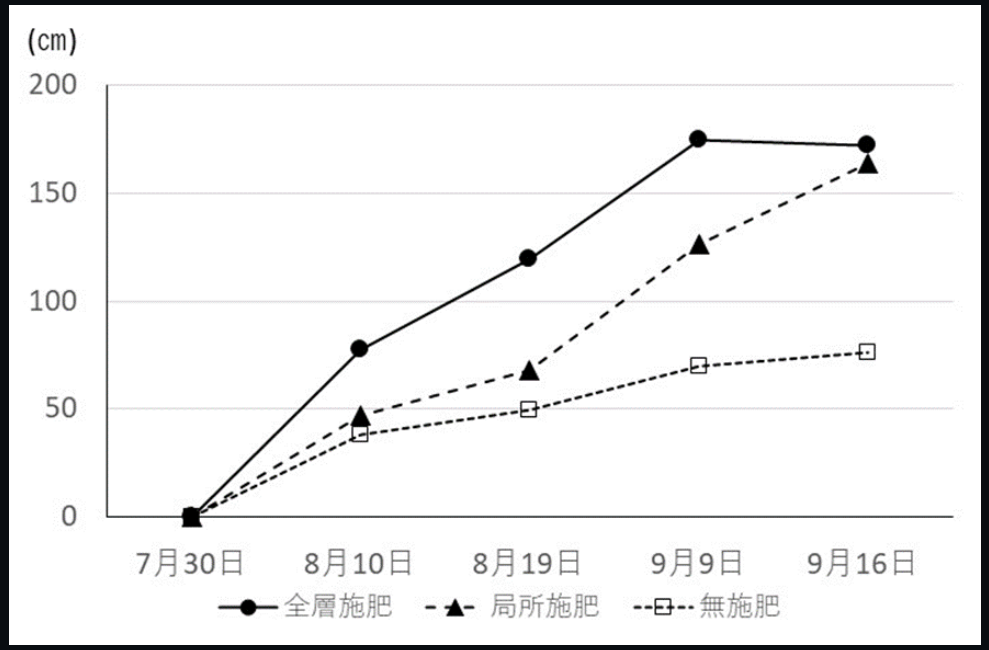
栽培試験　追肥試験結果：品種によって応答が異なる

評価項目	KD641 慣行	KD641 追肥	AX-152 慣行	AX-152 追肥
雌穂長（cm）	17.7	17.2	17.2	17.5
雌穂重（g/本）	220.0	211.3	129.8	136.8
子実重（g/本）	189.3	184.3	107.4	116.6
芯重（g/本）	30.7	27.0	22.4	20.1
芯重/雌穂重（%）	14	13	17	15
子実重/雌穂重（%）	86	87	83	85
単収（kg/10 a）	**1,201.5**	**1,169.3**	**681.6**	**740.2**

単収：AX-152は＋8.6%、KD641は－2.7%。統計的有意差は未確認

施肥時期・成分・量やリン不足等の条件を検討し、費用対効果を含めて評価する必要

②少量多回施肥試験：多回施肥による生育の比較



草丈推移

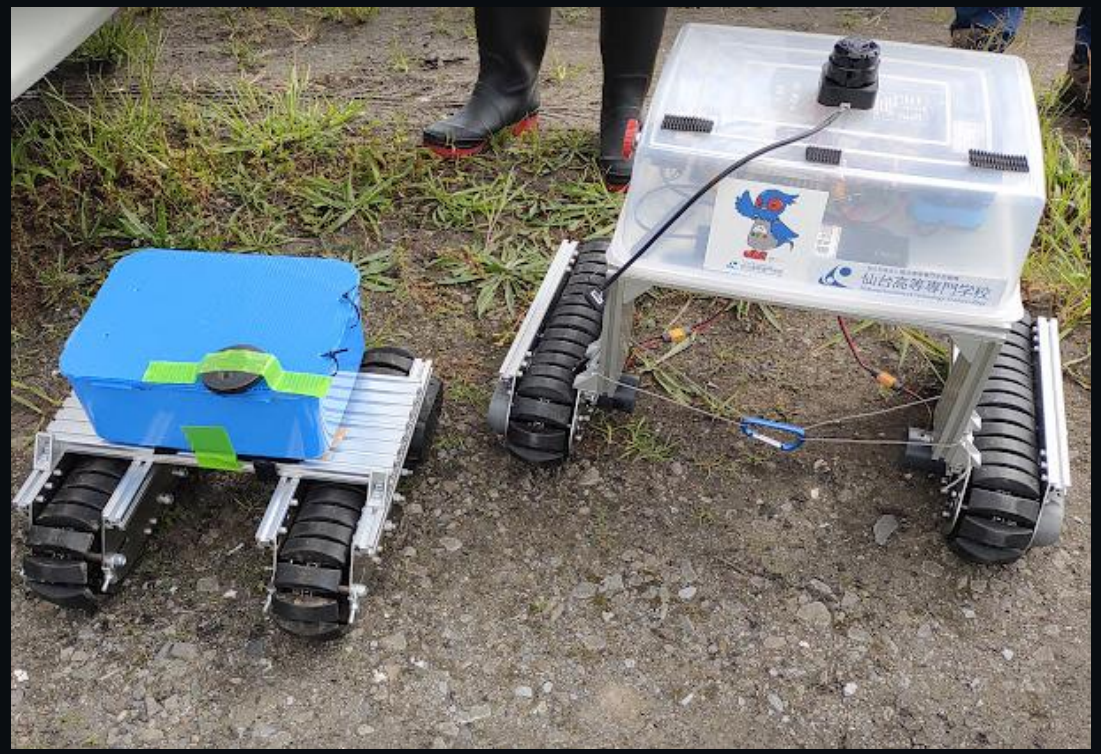


圃場写真

約20%の窒素量で葉色・草姿を観察。慣行区では生育後半に黄化

全層施肥区で雑草の緑色化を観察。台風被害で収量未調査のため、減肥効果は未確定

ロボット機体と設計条件

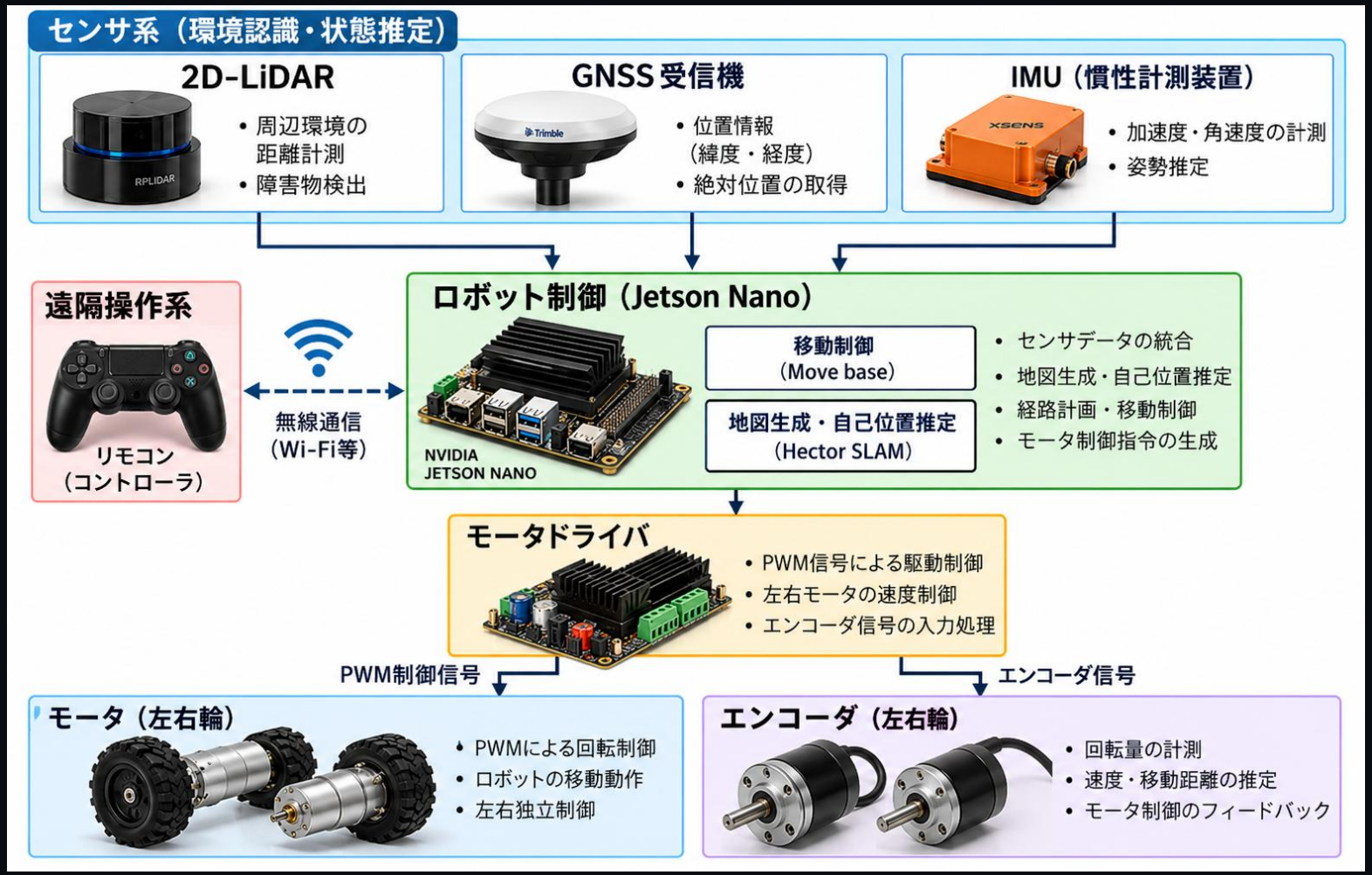


項目	原資料の仕様・条件
走行部	CuGOV3
最小機体幅	33 cm
最大積載量	80 kg（仕様値）
対象条間	75 cm
積載走行試験	25 kg（試験条件）

仕様上の積載量と、圃場で確認した積載量を区別

自己位置推定と条間走行制御

システム構成

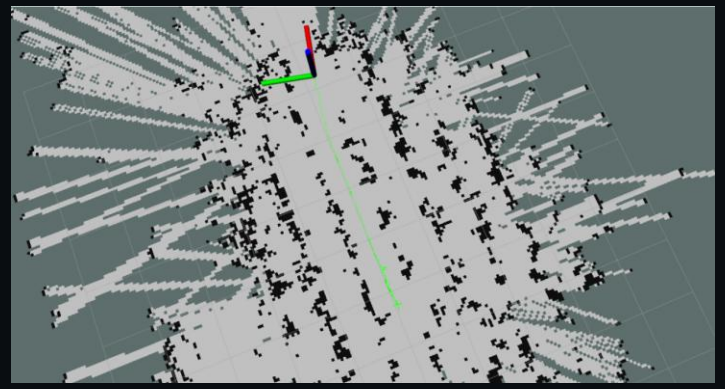


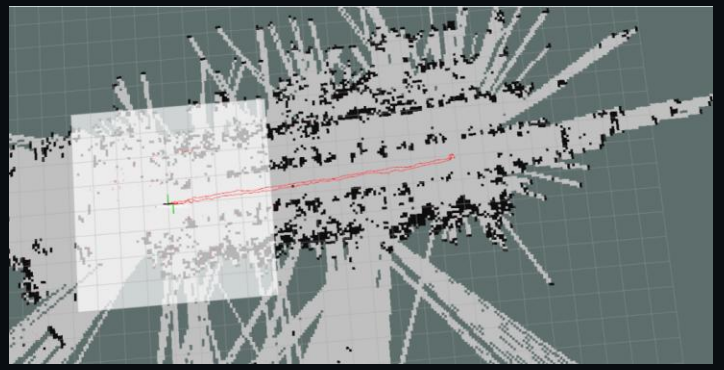
GNSS：QZSS／CLASによる
測位補強を利用

点群処理（LiDAR SLAM）
作物列と自己位置を推定

制御計算機
条間中心からの偏差に応じて旋回制御

自律走行試験結果：作物列認識と条間進入







点群からトウモロコシ列を認識し、条間75 cmでの走行を確認

課題：走行速度、老化葉・虫害葉の障害物認識への対応

今後：前方の障害物除去機構と散布機構の統合

積載走行試験：25 kgの運搬を確認



25 kg

肥料20 kgと散布機構5 kgを想定した
模擬荷重

収穫後の不整地圃場で運搬走行を確認

走行時間・消費電力・安定性の定量評価は
今後の課題

検証結果と未検証事項

評価対象	今回確認した内容	今後の検証
作物応答	追肥応答の品種差、生育の観察	反復試験、収量、窒素吸収
移動機構	条間75 cmでの走行	追従誤差、速度、走行成功率
運搬性能	不整地で25 kgの運搬	稼働時間、電力、走行安定性
局所施肥	走行・積載の基礎条件	散布位置・量、収量、省力効果

基礎機能の成立を確認。散布機構を統合した一連の作業評価が必要

今後の展望：多目的フィールドロボット







施肥：生育段階・肥料成分・気象条件に応じた施肥制御

作業：夜間散布や作業分散、施肥労力の軽減を検討

機体：除草ヘッド、堆肥散布、獣害忌避等への応用を検討

複数作業への共用による機械費低減は、今後の経済性評価の対象

地域農業への展開と社会実装

肥料高騰・担い手不足・環境負荷低減を、生産体系として検討

地域資源の活用：堆肥と化学肥料を地域条件に応じて利用

作業の省力化：繁忙期の施肥作業を分散し、労力を軽減

安定生産：国内子実用トウモロコシの生産上の課題に対応

地域で継続できる生産体系に向けて、収量・作業時間・費用を評価する

本研究のまとめ

子実用トウモロコシの安定生産には、生育に応じた施肥と現場技術が必要

条間75 cmの走行と25 kg積載運搬を確認。栽培側の応答には品種差があった

局所施肥による肥料の有効利用を目指し、
散布機構の統合と収量・作業性能の評価を進める