

令和6年度 地域デジタル基盤活用推進事業 (実証事業)

帯広市川西地区におけるスマート農業推進プロジェクト 成果報告書

2025年3月14日

帯広市川西農業協同組合

成果報告書 目次

I. 地域の現状と課題認識			
1. 地域の現状	…P2		
2. 地域の抱えている課題	…P3		
3. これまでの取組状況	…P4		
II. 目指す姿			
1. 将来的な目指す姿	…P5		
2. 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ	…P6		
3. 成果 (アウトカム) 指標			
a. ロジックツリー	…P7		
b. 成果 (アウトカム) 指標の設定	…P8		
III. ソリューション			
1. ソリューションの概要	…P13		
2. ネットワーク・システム構成			
a. ネットワーク・システム構成図	…P16		
b. 設置場所・基地局等	…P17		
c. 設備・機器等の概要	…P18		
d. 許認可等の状況	…P19		
3. ソリューション等の採用理由			
a. 地域課題への有効性	…P20		
b. ソリューションの先進性・新規性、 実装横展開のしやすさ	…P25		
c. 無線通信技術の優位性	…P27		
4. 費用対効果			
a. ソリューションの費用対効果	…P28		
b. 導入・運用コスト引き下げの工夫	…P34		
IV. 実施計画			
1. 計画概要	…P36		
2. 検証項目・方法		実証	
a. 効果検証	…P38		
b. 技術検証	…P40		
c. 運用検証	…P42		
3. スケジュール	…P44		
4. リスクと対応策	…P45	実証・実装・ 横展開	
5. PDCAの実施方法	…P47		
6. 実施体制	…P49		
V. 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)			
1. スケジュール (実績)	…P52		
2. 検証項目ごとの結果	…P53		
3. 実装・横展開に向けた準備状況	…P65		
4. 実装・横展開に向けた課題および対応策	…P66		
5. (参考) 実証視察会			
a. 概要	…P67		
b. 質問事項と対応方針	…P68		
VI. 実装・横展開の計画			
1. 実装の計画			
a. 実装に向けた具体的計画	…P69		
b. 実装の体制	…P70		
2. 横展開の計画			
a. 横展開に向けた具体的計画	…P72		
b. 横展開の体制	…P73		
c. ビジネスモデル	…P75		
d. 投資の妥当性	…P77		
3. 資金計画	…P81		
VII. 指摘事項に対する反映状況			
1. 実証過程での指摘事項に対する反映状況	…P83		
2. 書面審査での指摘事項に対する反映状況	…P84		

1 地域の現状

北海道帯広市



特徴

十勝の中心都市であり、農業が基幹産業である。専業農家が多く、大型機械を導入した、生産性の高い大規模経営を展開。
商業やサービス業などの第3次産業も盛んで、東北道の商業機能の集積地にもなっている。

人口

総数

160,310人 (2024年4月)

構成

0～14歳: 17,361人
15～64歳: 93,288人
65歳～: 49,661人

主要産業

農業・商業・サービス業

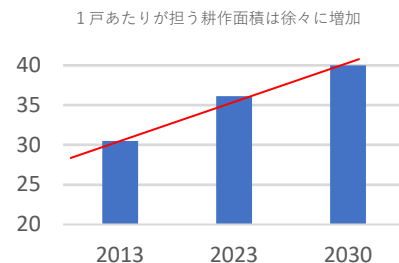
地域の現状の詳細

内容

地域状況をイメージできるグラフ・図・表

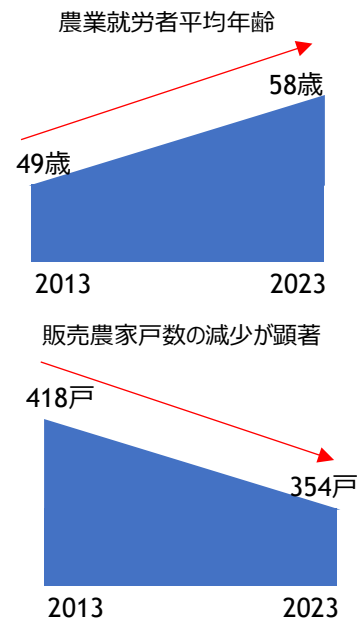
A 経営規模の拡大

- 販売農家 1 戸あたりの耕作面積は、10年前の2013年から2023年にかけて30.35haから36.11haに増加、2030年には40haまでの増加が見込まれる。



B 農業就労者の高齢化

- 2023年の農業就労者は、平均年齢58歳で高齢化が進んでいる。それに伴う離農により、2013年には418戸であった販売農家が2023年には354戸まで減少している。



2 地域の抱えている課題

課題	
対象者	内容
a 農業就労者	- 播種や収穫といった農繁期には、人手不足が深刻化して規模拡大のボトルネックになっている。 - 経営実態調査では、重要な作物ではあるものの、比較的人手がかからない大豆などの作物が増えている。 - 長いもや小麦、加工用馬鈴薯においては規模拡大したい - 農家所得向上のため当該作物の面積を増やしたい現状にある。莫大な機械投資が必要な点や人手不足が影響し作付面積が年々減少傾向である。
b 新規就農者	- 農業には豊富な経験や知識、熟練の技術を要する場面が多い。農業就労者の高齢化に伴う離農により、熟練技術が少しずつ失われている。 - 農村部における少子化も顕著であり、地域の担い手候補の青年数も過去から比べ大きく減少している。

イメージ

主要作物作付面積減少推移表(単位:ha)

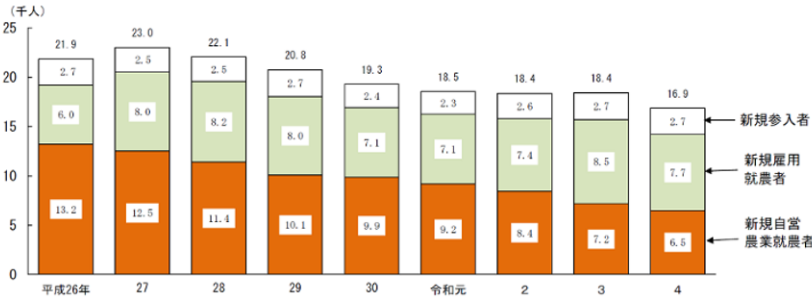
	①R3	②R4	③R5	③-①	③-②
長いも	330	312	300	▲ 30	▲ 12
小麦	3,657	3,656	3,645	▲ 12	▲ 11
馬鈴薯	1,139	1,177	1,133	▲ 6	▲ 44

(参考) 大豆面積推移

	①R3	②R4	③R5	③-①	③-②
大豆	1133	1167	1219	86	52

令和 4 年新規就農者調査結果（農水省）より

図 1 49 歳以下の新規就農者数の推移（就農形態別）



注：10 人単位又は千人単位で表記し、表示単位未満を四捨五入しているため、合計値と内訳の計は一致しない場合がある（以下、4 まで同じ。）。

3 これまでの取組状況

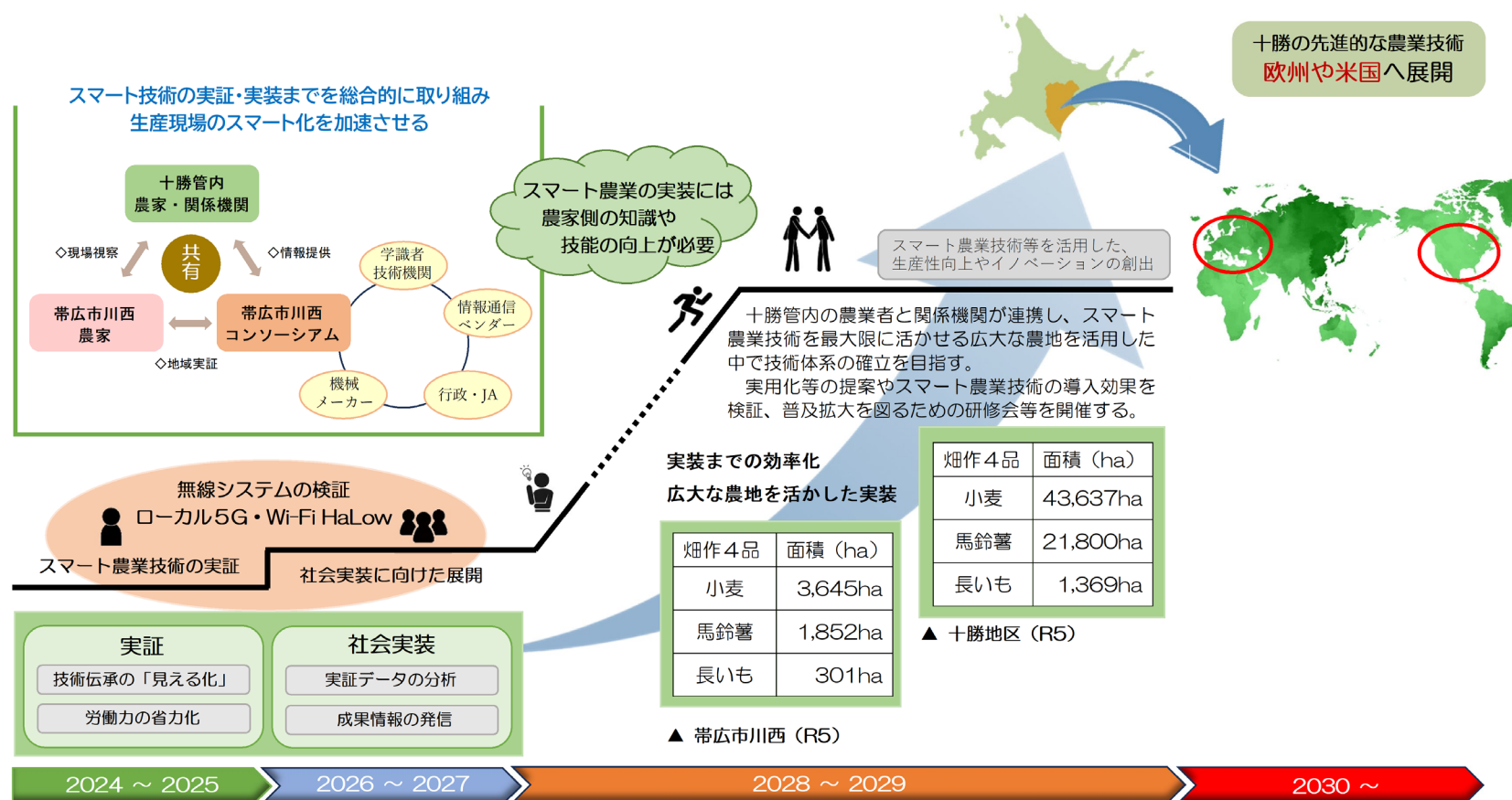
	2014～2023年度	2016～2023年度
取組概要	【農地集積と基盤整備】 生産性の向上を図るためには農地集積が課題となり、2022年では、北海道の集積率は91.6%と概ね実施されている。帯広市の農地は区画が大きな畑が多くあり、バラツキも大きいことから、暗きょや除礫などの基盤整備を積極的に実施している。	【トラクタの自動運転システムの導入】 人工衛星から得る位置情報のずれを基地局からの情報で補正し、トラクタの高精度な自動運転を可能にするシステムの普及を推進する。
成果	直近10年間で全耕作面積の20%に相当する2,570haの基盤整備を実施。2023年の十勝23JAの農業取扱高が前年比2%増加したのに対し、帯広市川西では7%増加した。	2023年8月末時点のID数は300件（187戸）となり、十勝JA平均の2倍を超えて、北海道の中でも普及率が高い地域となっている。
見えてきた課題	合筆した農地にはバラツキがあり、作物の生育に大きく影響する。基盤整備は継続しつつ、その後のメンテナンス対策が必要である。スマート農業の「センシング技術」等を活用して農地整備を強化する必要がある。	農水省はトラクタレベルを3段階に分けており、上記システムはレベル1に留まり、トラクタ搭乗者の負担軽減は図れるものの、有人が前提であることから抜本的な省力化には繋がっていない。
事業名	農業基盤整備促進事業（農水省） 農地耕作条件改善事業（農水省）	GPS基地局設置事業（帯広市）

II 目指す姿

① 将来的に目指す姿

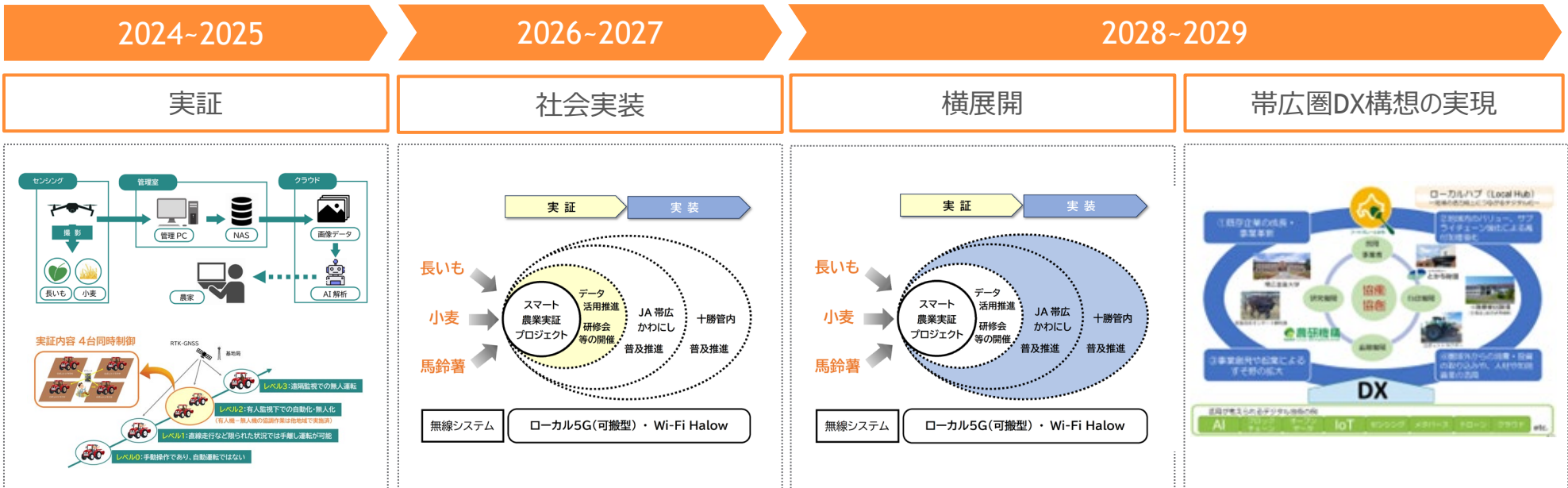
生産性の向上に資するスマート農業の実用化

- スマート技術の実証・実装までを総合的に取り組み、生産現場のスマート化を加速させる



Ⅱ 目指す姿

② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ



スマート農業技術の帯広市での実証

2024

- ドローン映像解析 (長いも・小麦)
- ロボットトラクタの複数作業 (馬鈴薯)

課題整理

2025

- 2024年実証で顕在化した課題対策の内容について実証

スマート農業技術の実証研究

- スマート農業技術 (ドローン映像解析、ロボットトラクタ複数作業) の実証データの情報、分析
- 実用化等の提案や導入効果の検証、普及拡大を図るための研修会を開催

スマート農業技術の普及拡大

- スマート農業技術 (ドローン映像解析、ロボットトラクタ複数作業) の地域内の導入拡大
- 今回の対象作物の普及、促進を進め、十勝管内の導入拡大を目指す

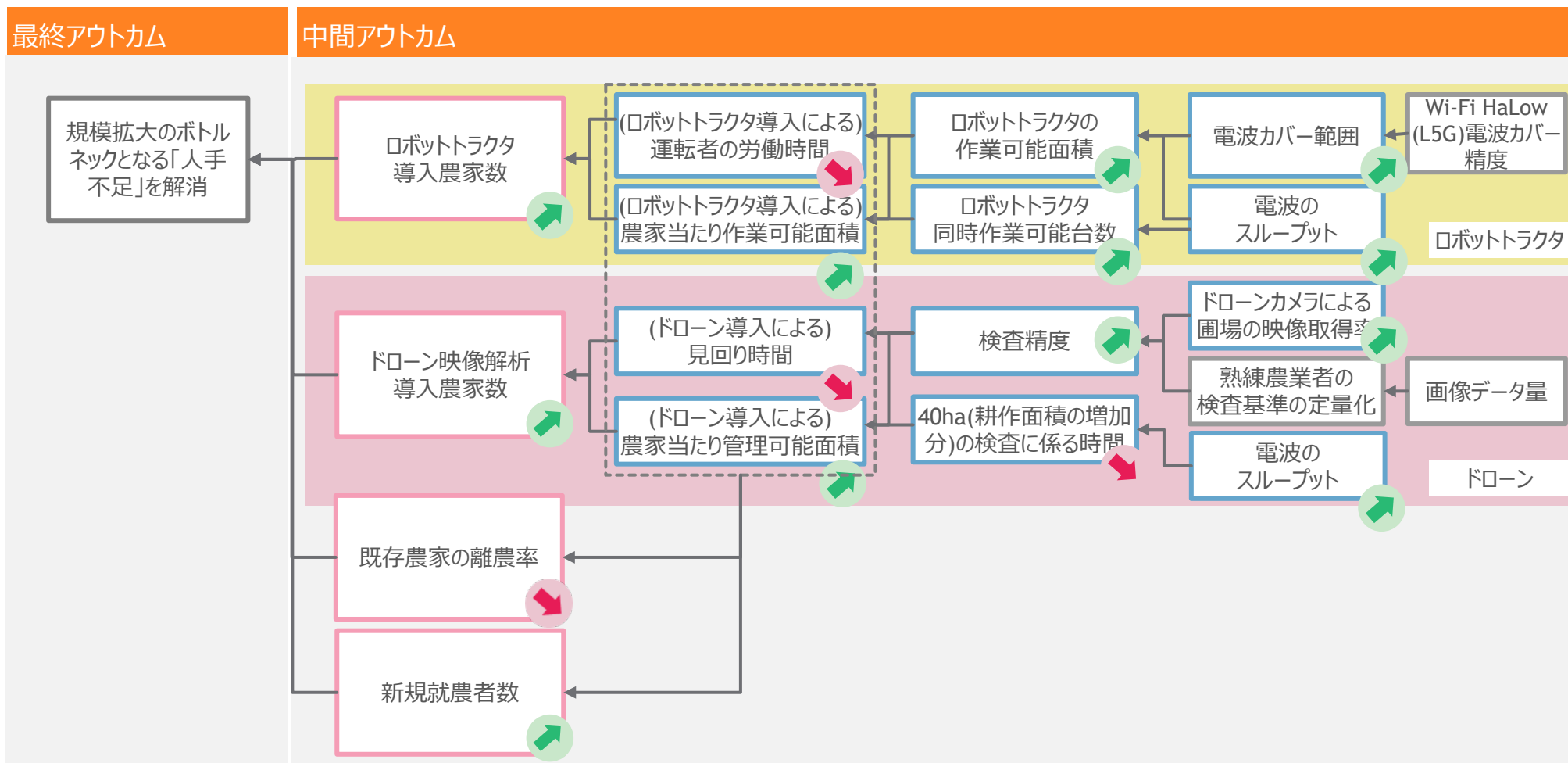
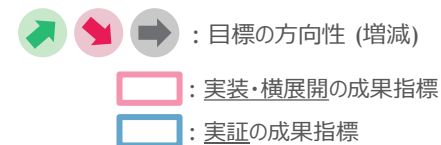
DX化による十勝の地域農業の活性化

- 帯広市の先行好事例の情報共有化
- 産業分野でのデジタル活用による成長・事業革新

Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

a. ロジックツリー



Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
ロボットトラクタ導入農家数	1農家	50農家 (2028年)	馬鈴薯生産者215戸×導入率25% 各戸の機械更新時期や費用を考慮し、約1/4農家が導入と想定	導入農家数の計測
ドローン映像解析導入農家数	長いも罹病株判定 0農家 小麦登熟度・倒伏率判定 0組織	長いも罹病株判定 50農家 小麦登熟度・倒伏率判定 5組織 (2028年)	長いも罹病株判定の対象となる農家数(109農家)×導入率(45%) 小麦登熟度・倒伏率判定の対象となる組織数(10組織)×導入率(50%)	導入農家、組織数の計測
既存農家の離農率	3.5%/年 直近5か年の離農率(367戸→354戸)より	1.7%/年	ソリューションの導入により、離農率が従来の年代-5歳の離農率と同一になると仮定 その場合、現状の離農率と導入率から算出	農家数の調査
新規就農者数	5.3名/年 直近3か年の就農者数より	6名/年	ソリューションの導入により、新規就農率は直近5か年の中庸3カ年平均となると仮定	農家数の調査

Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
(ロボットトラクタ導入による) 運転者の労働時間	114hr/ha	46hr/ha	馬鈴薯作業時間114hr/haのうち、無人作業の対象を耕起、砕土・整地、施肥、播種、培土、収穫とした場合のロボットトラクタ代替時間は68hr/ha（北海道農業生産技術体系第5版引用） 前提として、有人トラクタ14工程のうち6工程をロボットトラクタに代替する想定	ロボットトラクタの対象とする面積と作業時間・内容の確認
(ロボットトラクタ導入による) 農家当たり作業可能面積	0ha/農家	6.8ha/農家	農家一戸当たりの馬鈴薯栽培面積は6.8haである。ロボットトラクタを導入したからと言って現行の経営面積では輪作体系によって各作物の作付面積が配分されるため、農家当たりの馬鈴薯の作付面積は必ずしも拡大しない。ただし、ロボットトラクタが作業可能な馬鈴薯の面積は拡大する。	馬鈴薯栽培におけるロボットトラクタ作業への代替面積を計測し判断
ロボットトラクタ 作業可能面積	100m	1,000m	現行のロボットトラクタはコントローラとの間で通常のWi-Fiを使用しており、その通信距離は100m以内に制限される。本実証ではWi-Fi HaLowを利用することからその通信距離を1,000mに拡大でき、作業面積も拡大できる。	ロボットトラクタとコントローラの間 にWi-Fi HaLowのモジュールを 仲介させ、その通信速度と品質 を計測し判断
ロボットトラクタ 同時作業可能台数	1台	4台	ロボットトラクタは安全作業を担保するため監視者が必要であり、ロボットトラクタ単体では労働力の削減には繋がらない。複数台のロボットトラクタを1人のオペレータが遠隔操作で同時作業を行うことによって労働生産性が向上する。	ロボットトラクタを隣接する圃 場で複数台（最大4台）で 同時作業を行い、作業の確 実性、安全性を計測し判定。 なお、台数がさらに増すと作 業準備が多大になることが予 想される。

Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
電波カバー範囲	半径100m以内	半径1000m	十勝地方の圃場区画は1辺540mである。これらの隣接圃場で複数台のロボットトラクタを遠隔監視制御で同時作業を行う場合の通信距離は500～1000mに達する。	実際の現場において、Wi-Fi HaLow(L5G)でどの程度の範囲を電波カバーできたか計測
電波のスループット	1K30フレームの動画×2画面	1K30フレームの動画×2画面	最大4台のロボットトラクタを同時監視制御するために、必要な電波を類似実証より参照	実際の現場において、Wi-Fi HaLow(L5G)でどの程度のスループットが出たか計測

Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
(ドローン導入による) 見回り時間 (小麦登熟度・倒伏判定+長いも罹 病株判定)	320時間 (小麦80時間+ 長いも240時間) 240時間 (農家5戸の合計)	152.5時間 (小麦108時間+ 長いも44.5時間) ドローンを準備、操 縦する労働時間 (2024年) ※実証時はドローン の手動運転を想定	①長いも罹病株判定 ドローンを導入することで、歩きでの見回りがドローンの 手動運転に置き換わる。 ドローンの撮影に要する時間：2.7haあたり1時間(飛 行時間 20分、飛行準備20分) 実施期間：7月～8月の8.9週間 実施頻度：週 1 回 ドローンへの代替時間 2.7haあたり2.7時間→1時間 ②小麦登熟度・倒伏 ドローンによる撮影に要する時間：269haあたり10.8 時間 実施期間：10日 ドローンへの代替時間：269haあたり16時間→10.8 時間	ドローン検査の対象とする面 積と作業時間・内容の確認
(ドローン導入による) 農家当たり管理可能面積	0ha/農家(長いも) 0ha/組織(小麦)	2.7ha/農家(長いも) 269ha/組織(小麦)	①長いも罹病株判定 1農家あたり2.7haの罹病株判定をドローンへ置き換 え ②小麦登熟度・倒伏 1組織あたり269haの小麦登熟度・倒伏判定をドロー ンへ置き換え	罹病株判定、小麦登熟度・ 倒伏の作業可能面積を計測 し判断
検査精度	— (現状は人が実施)	70% (2024年)	罹病株判定などの検査精度を100%にする必要があ るが、葉に出る症状の学習データが複数必要となるた め、2024年度の検証時から判定に必要な学習データ を2年かけ収集し、判定率の向上を目指す	農家に対して自身の判定結 果と画像解析による判定結 果の差分をヒアリング

Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
40ha(耕作面積の増加分)の検査に係る時間	0時間	20時間	ドローンの撮影に要する時間：40haあたり20時間(飛行時間 20分、飛行準備20分)	ドローンでの撮像時間の確認
ドローンカメラによる圃場の映像取得率	－ (現状は人が実施)	70% (2024年)	圃場の映像取得率（人による目視確認からドローン映像に置き換わる割合）を100%にする必要があるが、2024年度の検証時から使用カメラ、撮影方法を検証し、2年かけて映像取得率の向上を目指す	実際の農場と取得した映像との比較を実施
電波のスループット	FHD30フレームの動画	4K30フレームの動画	L5Gの計算上の理論値より算出	実際の現場において、L5Gでどの程度のスループットが出たか計測

①ソリューションの概要

ソリューションの概要

「長いもの罹病株判定」、「小麦の登熟判定、倒伏判定」、「馬鈴薯の耕うんから収穫の自動化」などを映像解析、ローカル5GやWi-Fi HaLowを用いた複合的なソリューションを実用化し、労働力不足を解消しつつ、若手が働きたくなるような魅力的な農場づくりを目指し地域課題解決を図る。

<ソリューション内容>

- 高精細映像転送
ローカル5Gによりリアルタイム映像転送を実施する。
- リアルタイム判定
リアルタイム映像の映像解析を実施する。
- リアルタイム通知
映像解析の結果を生産者へリアルタイム通知を実施する。
- 複数同時の遠隔操作
無人のロボットトラクタを活用することで、隣接圃場での複数台同時制御を実施する。
- 共同利用
複数の農家や異なる農場物の土地でローカル5Gの「共同利用」を実施する。

本内容は農家および各農作物の生産組合へヒアリングした結果を元に、ニーズの高い実証を実施し、受益者への実装結果の報告及び、実装に対する取組みを実現するソリューションである。

中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- ドローン導入による
見回り時間：152.2時間
管理可能面積：2.7ha/農家(長いも)、269ha/組織(小麦)
- 検査精度：70%
- 40ha(耕作面積の増加分)の検査に係る時間：20時間
- ドローンカメラの画像解像度、熟練農業者の検査基準の定量化：70%
- 電波のスループット：4K30フレームの動画
- ロボトラ導入による
運転者の労働時間：46hr/ha
農家当たり作業可能面積：6.8ha
- ロボトラ作業可能面積：1,000m
- ロボトラ同時作業可能台数：4台
- 電波カバー範囲：1,000m
- 電波のスループット：1K30フレームの動画×2画面

定性アウトカム

- 農業の熟練性向上
AIによる罹病株判定を実施することによる熟練農業者が暗黙知として有しているノウハウを継承する。
- 農作物への迅速な対応
リアルタイム監視することで、病斑、罹病の早期対応を行う。
- ロボットトラクタを馬鈴薯栽培に活用した場合の投下労働量、コスト、作業性の評価を行う。

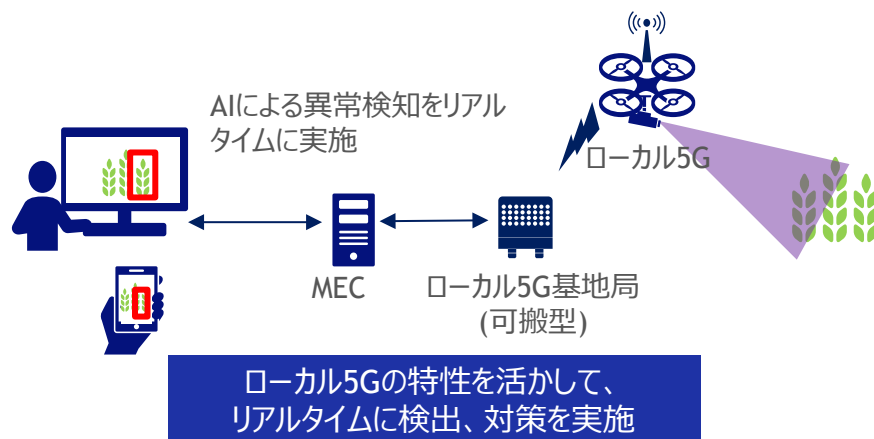
中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 人手不足や農業就労者の高齢化、技術伝承、農作業の負担軽減
AIにより熟練農業者が暗黙知として有しているノウハウを形式知化することで、経験の浅い人でも熟練農業者のような作業が可能になる。また、ドローンで撮影した映像を活用することにより、農場での作業負荷が軽減される。
- Wi-Fi HaLowによる長距離監視制御による効果の検証
当実証では比較的安価に利用できる次世代規格のWi-Fi HaLowを新規にロボットトラクタに導入し、その実装を目指す。

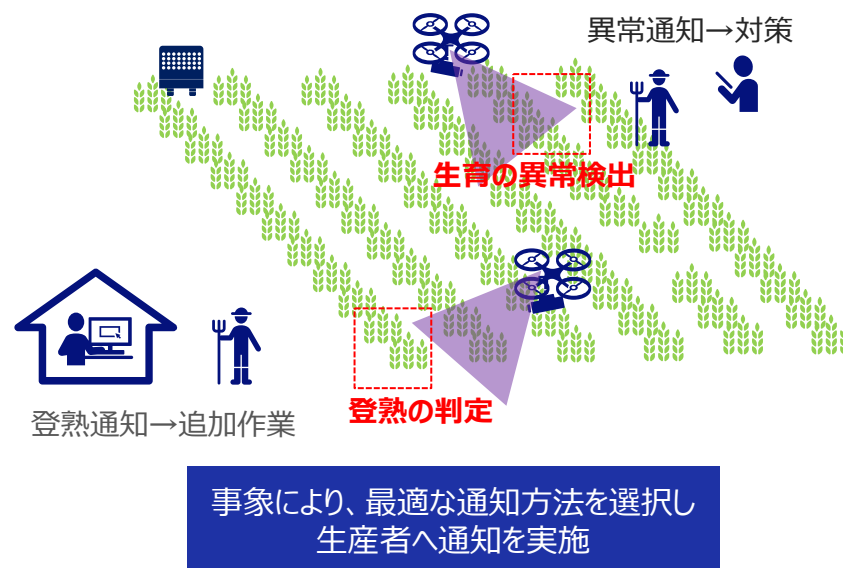
①ソリューションの概要（ソリューションイメージ図）

ソリューションの概要

- **ドローン映像解析（長いも・小麦）：高精細映像転送**
ローカル5Gの高速大容量の通信環境を活用し、ドローンに搭載している4Kカメラの高精細映像を遅延なく転送する。
- **ドローン映像解析（長いも・小麦）：映像によるリアルタイム判定**
ローカル5Gの低遅延の特性を生かすため、画像認識、画像処理をクラウドではなくMEC（Multi-access Edge Computing）による処理を実施する。
※ リアルタイム判定は農家が農作物への迅速な対応が必要なため、今回はMEC処理を実施する。また、リアルタイム監視することで、病斑、罹病の早期対応が可能となる。



- **ドローン映像解析（長いも・小麦）：リアルタイム通知**
映像解析を実施した結果、登録されている事象を検出した場合、生産者へリアルタイム通知を実施する。
※ 長いもの判定では畝間での撮影を実施する。



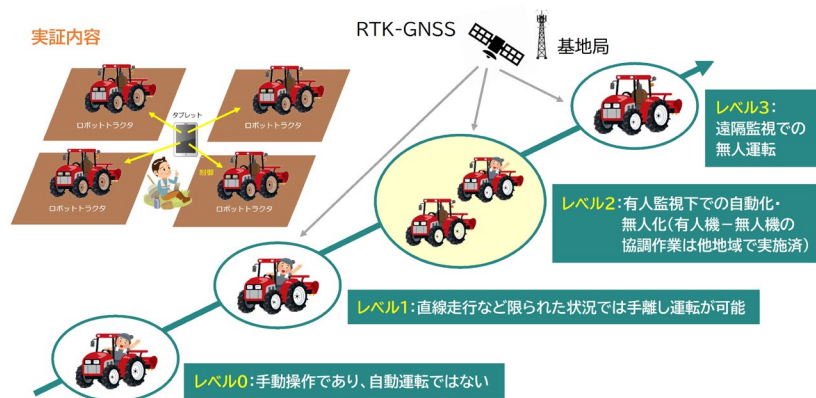
①ソリューションの概要（ソリューションイメージ図）

ソリューションの概要

・ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

プラウ耕起から整地、播種、早期培土、収穫の一連作業に対して無人のロボットトラクタを活用。隣接圃場にて複数台同時制御を実施する。

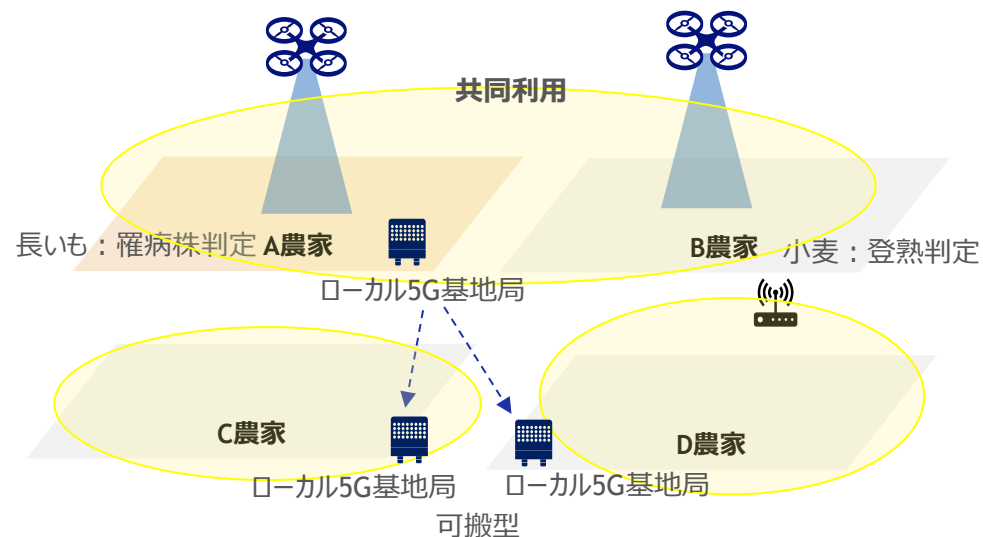
また、ロボットトラクタを制御するコントローラについては、水田地帯を想定してWi-Fi用に開発され、その制限距離は100m程度であり、長距離通信が可能な次世代規格のWi-Fi HaLow（IEEE802.11ah）を活用する。



・共同利用

ローカル5Gサービスの利用農家の回線を可搬型かつ複数農家で共同利用し、ドローン、ロボットトラクタなどのインフラとして共有する。

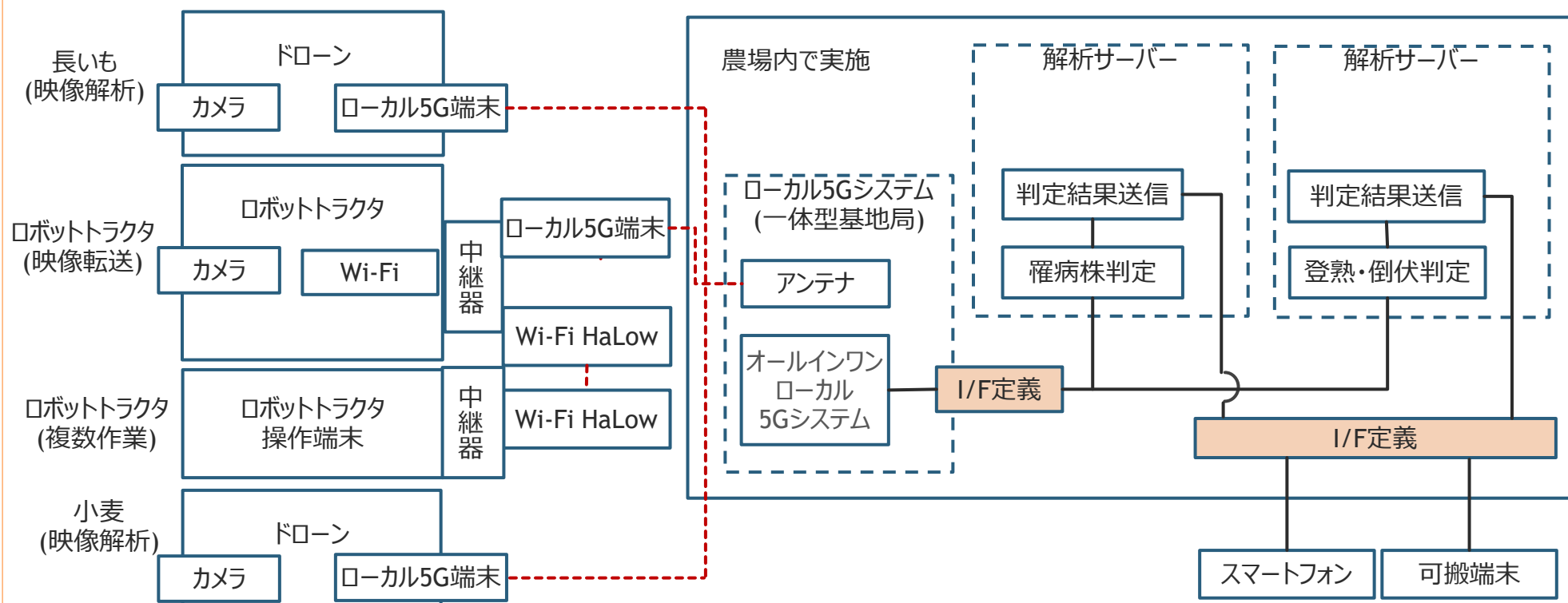
また、ローカル5G基地局の免許主体における「共同利用」の実現に向け、ネットワークスライシングの機能を検証する。



② ネットワーク・システム構成

a. ネットワーク・システム構成図

イメージ

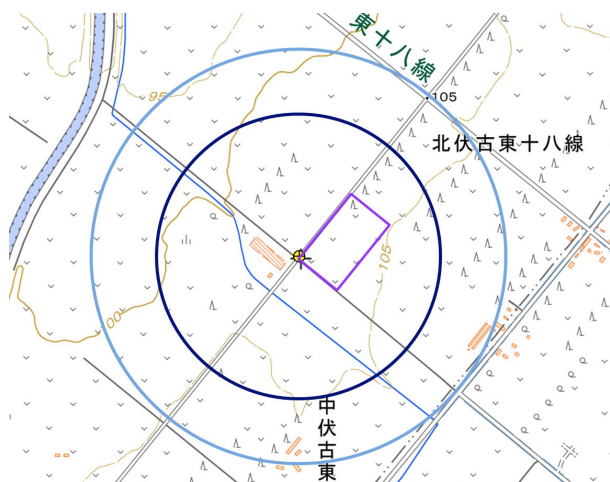


② ネットワーク・システム構成

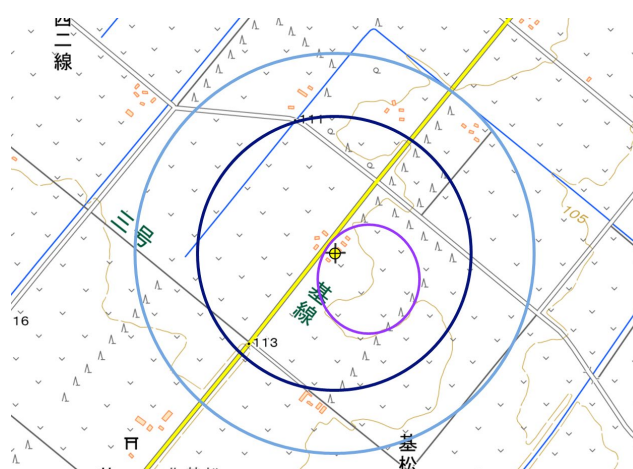
b. 設置場所・基地局等

イメージ

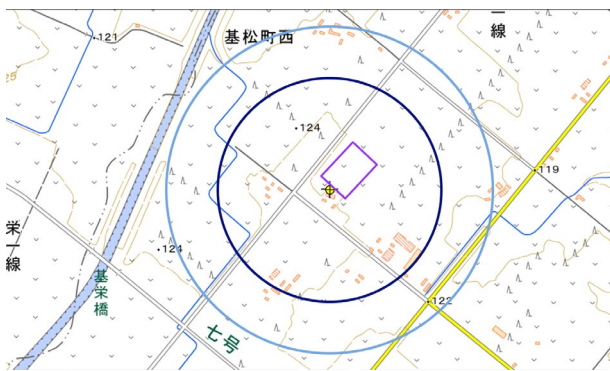
北海道河西郡芽室町中伏古東2線



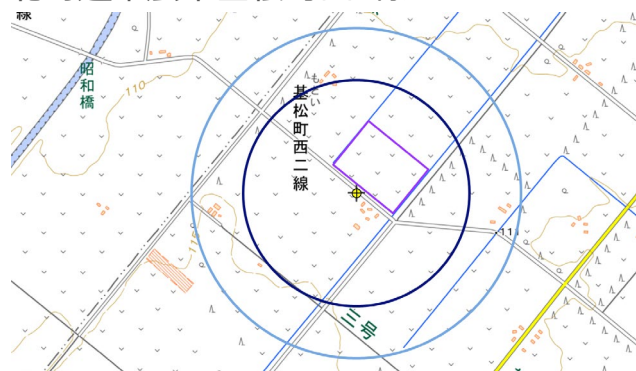
北海道帯広市基松町基線15-20



北海道帯広市基松町西1線35



北海道帯広市基松町西1線16



- ローカル5G
基地局設置場所
- カバーエリア
- 調整対象区域
- 移動局の範囲

引用：国土地理院地図

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

機器リスト

別添資料 調達機器リストを参照

② ネットワーク・システム構成

d. 許認可等の状況

許認可の種類	現在の状況	今後の計画/スケジュール
ローカル5G無線局	ローカル5G 免許取得準備中	- 申請するエリアは、土地管理者と帯広市川西農業協同組合との協議の上確定。 - 日本電気株式会社がローカル5Gの無線局免許人として、総務省関東総合通信局と調整のもと、実験試験局免許の申請準備中。 - 無線局設置予定周囲の携帯事業者等との干渉調整は完了し、関東総合通信局、総務省に報告済み。 6月中旬に申請予定。

3ソリューション等の採用理由

a. 地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
a：農業就労者 人手不足や農業就労者の高齢化	- ドローンを活用することにより短時間で広範囲の監視が可能となり、農場での作業負荷の軽減が可能となる。圃場面積が大きい場合固定カメラでは設置数が多くなってしまうところ、ドローンであれば移動しながら広範囲の監視が可能。 - 輪作農業のため、毎年同じ場所に同じ農作物を植えないため、上空から広範囲な映像を取得できることが有効と考えられる。 - ローカル5Gの高速大容量の通信環境を活用し、リアルタイムに高精細な映像転送し、映像解析することで、生産者の作業効率化に貢献できる。 - 他ソリューションでは4G LTEを使用するが、本ソリューションではローカル5Gを使用することにより、高精細の映像伝送がリアルタイムで実施可能である。また、本ソリューションではローカル5Gを上空利用する。

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦） 高精細映像転送	
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
- スマートドローン (KDDI) - キャリア通信 (LTE/4G/5G) を利用した映像伝送ソリューション	- 他ソリューションでは4G LTEを使用するが、本ソリューションではローカル5Gを使用することにより、高精細の映像伝送がリアルタイムで実施可能 - 本ソリューションではローカル5Gを上空利用する。 - 他の一般ユーザーの利用による通信トラフィックの影響を受けることなく、一定の伝送品質での映像伝送が可能 - 帯域幅が広帯域であるため、大容量のデータ伝送が可能となり、高精細な映像伝送が可能

③ソリューション等の採用理由

a. 地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
b：新規就農者 農業就労者の高齢化に伴う離農による熟練技術の喪失	AIを活用し罹病株判定の自動化を実施することで継承熟練農業者が暗黙知として有しているノウハウを形式知化することで、経験の浅い人でも熟練農業者のような作業が可能になる。

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）リアルタイム判定	
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
スマートドローン (KDDI)	他ソリューションではクラウド上で画像解析を実施するが、本ソリューションではMECで画像解析を実施することにより、高速で判断可能
衛星画像による NDVI判定	衛星画像は雲により大きな影響を受けるため、衛星の周期に雲がかかると正確な判断ができなかったが、ドローンによる空撮画像からAIによる収穫時期判定を行うことで、天候の影響なく最適な収穫予測を行うことが可能

3 ソリューション等の採用理由

a. 地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
a：農業就労者 人手不足や農業就労者の高齢化	- リアルタイムに農作物の生育状況、病斑、罹病の識別が行え早期対応が可能となる。 - 自動化により他の作業中でもリアルタイムに通知を受けることで迅速な対応が可能となる。 - ドローンでの空撮とAIによる映像解析により、確認場所の絞り込みが可能となり、作業の効率化を実現する。 - 農作物の登熟状態、倒伏状態の識別が行え収穫時期の効率化が可能となる。

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）リアルタイム通知	
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
SMS等	- 本ソリューションでは、高精細映像転送、映像によるリアルタイム判定と組み合わせ高速に処理を実施することで、迅速な通知が可能 - 映像や位置情報を付加することによる通知を受信した場合、素早く場所の特定が可能

3ソリューション等の採用理由

a. 地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
a：農業就労者 人手不足や農業就労者の高齢化	- 大規模農業地帯では労働力不足が深刻な課題になっている。10年ほど前からGNSS自動操舵（自動運転）トラクタが普及しているが、オペレータの乗車が必須であるため、労働力の削減には至っていない。一方、オペレータの乗車が不要で新開発の無人作業が可能なロボットトラクタへの関心が高まっている。しかし、それを監視制御するための通信環境が100m以内に制限され、一辺500m以上の大区画ほ場では導入の障害になっている。そこで、本実証は長距離通信が可能なWi-Fi HaLowを新規にロボットトラクタに導入し、その実装を目指すものである。また、畑作では小麦、馬鈴薯、豆類、甜菜などが栽培されているが、いずれも耕うんから播種、除草、収穫といったトラクタ作業が多く、稲作とは比べものにならないほど作業回数が多い。特に、馬鈴薯は春季に作業が競合し、オペレータは12時間以上の長時間労働が強いられている。 - 本実証はWi-Fi HaLow（ローカル5G）を利用した遠隔制御による複数台のロボットトラクタで同時作業を行い、馬鈴薯栽培の無人作業の社会実装を目指すものである。さらに、JA帯広かわにし地域では馬鈴薯以外にも長いも、小麦、豆類、甜菜、野菜等の生産が多岐にわたり、今後これらの作物についてもロボットトラクタの利用を拡大させることは持続的な農業の発展に対しても有効である。

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）	
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
慣行のトラクタの作業（馬鈴薯）	- 十勝地方の農業では10年ほど前からGNSS自動操舵トラクタが広く普及し、農業生産の省力化に貢献してきた。しかし、このシステムはハンドル操作のみを自動化するものであり、オペレータの乗車は必須である。そのため、農業での労働力が極めて不足している中で、持続的農業生産が困難になっており、オペレータが乗車しなくても無人作業が可能なロボットトラクタの導入は喫緊の課題となっている。 - 本実証では大規模区画圃場でも利用可能な長距離通信のWi-Fi HaLowを新規に複数台のロボットトラクタに導入し、実際の馬鈴薯生産現場での通信品質、作業の確実性や作業能率、作業の質などを現行のトラクタ作業と対比し、実装に向けた課題等を評価して改善を行うことを目的としており、省力化と労働生産性を大幅に向上できる。

3 ソリューション等の採用理由

a. 地域課題への有効性

ソリューション 共同利用	
対象の課題	課題解決への有効性
a：農業就労者 人手不足や農業就労者の高齢化	実証の対象地域である帯広市川西では広大な面積があるものの人口が極めて少なく通信機器の設置エリアが限定されることに対し、ポータブル型のローカル5Gを採用することで複数農家での共同利用、農業以外の複数ユースケースを可能とすることで初期費用、利用料金の低廉化に貢献する。
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
キャリア5G (NTTドコモ)	光回線の接続が不要でポータブル型機器で完結するため、設置場所を選ばず運用が可能

③ソリューション等の採用理由

b. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

対象の課題	先進性・新規性	実装・横展開のしやすさ
b：新規就農者 農業就労者の高齢化に伴う離農による熟練技術の喪失	これまでは生産者が圃場を巡回して長いもの病斑/罹病、および小麦の登熟度を判定していたが、ドローンでの空撮とAIによる映像解析により、生産者の省力化および熟練農業者のノウハウの形式知化に貢献できる。また、他の農作業を実施中でも病斑、罹病の早期対応が可能となる。	ドローンを活用することで複数の圃場で対応が可能。食料安全保障の観点から国内の食料自給率向上が求められるものの、人手不足、技術伝承等の課題は日本全体の課題として存在しており、ニーズが重なる他地域、他食物への横展開が可能
a：農業就労者 人手不足や農業就労者の高齢化	ローカル5Gサービスの回線を可搬型で提供することで複数の農家での共同利用が可能となり、イニシャル、ランニングの低廉化に貢献できる点で新規性がある。	ローカル5Gサービスの回線を可搬型による提供で複数農家での共同利用が可能となり、単独での導入と比べ利用料金を抑制可能

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）

③ソリューション等の採用理由

b. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

対象の課題	先進性・新規性	実装・横展開のしやすさ
a：農業就労者 人手不足や農業就労者の高齢化	- これまで、ロボットトラクタを利用した実証事業は北海道の稲作地帯である岩見沢地区で行われている。その事業では小区画の水田が点在するため、農道走行を含めたレベル3を実現するためにローカル5Gを利用した実証が行われている。しかし、農道の無人走行や通信インフラの構築費用の面から課題も多い。 - 一方、十勝農業は一辺500m以上にも達する大区画圃場であり、現行のロボットトラクタに搭載されているWi-Fiではその通信距離が100m以内に制限され、普及のボトルネックとなっている。本実証では、近年導入が始まっているWi-Fi HaLowを活用し、新規に畑作用ロボットトラクタに導入し、その実装に向けた課題の抽出と問題解決を行うものであり、新規性が高い。 - 畑作は稲作に比べてトラクタ作業の種類が極めて多く、特に春季では耕起、砕土、整地、施肥播種など多くの作物で作業が競合し、繁忙期にはオペレータは12時間以上の長時間労働が強いられ、肉体的精神的負担が大きい。本実証では、特に作業が複雑で労力を要する馬鈴薯栽培で複数台のロボットトラクタを利用した無人作業の実現と省力化、低コスト化を目指すものであり、他の地域への展開も比較的容易であり、先進性が高い。	ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯） - 十勝地方では圃場内でトラクタのハンドル操作を自動で行うGNSS自動操舵トラクタが広く普及しており、農家の方々は高度なスマート機器の操作に熟知している。これらのトラクタを導入する際、近年の海外製トラクタの高騰により、1台120～150馬力のトラクタが2,000～3,000万円と極めて高額になっており、農業経営を圧迫している。しかし、これらのトラクタはオペレータの乗車が必須であり、労働力の削減には繋がっていない。 - 本実証で想定しているロボットトラクタは114馬力で価格が1,770万円である。しかも、自動操舵トラクタと全く異なり、トラクタの操作は全て自動化されているためオペレータが乗車する必要が無く、完全無人作業が可能である。しかし、現行のロボットトラクタはそれを監視制御する機器間の通信距離が100m以内に制限されるため導入の障害になっている。 - その問題を解決する次世代通信規格のWi-Fi HaLowを搭載したロボットトラクタが商品化されると、十勝やオホーツク地域は、JA帯広かわにし地域と同様に大規模畑作が展開されており、Wi-Fi HaLowを利用したロボットトラクタは機能的にもコスト的にも有益性が高く、横展開は容易である。さらに、この地域と同様の欧米や中南米などへの展開も将来的に期待される。

③ソリューション等の採用理由

c. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	他無線通信技術との比較	
ローカル5G	- ローカル5Gの特性である高速通信による大容量・低遅延性 - ポータブル型のローカル5Gを使用する為、小型化、高出力、低消費電力、低価格化を実現しローカル5Gの導入障壁を解決	名称	比較結果 - キャリア通信 (LTE/4G/5G) - ドローンのリモートセンシングに遅滞なく制御信号を実行する必要があること、また、高精細な監視映像送信のため、通信端末側からのアップロード帯域が広帯域である必要。上記実現のため、広帯域、低遅延に優れるローカル5Gが適している。 - ローカル5Gはドローン利用を想定し上空向けにネットワーク設計が可能 - 閉域での利用となるため、他の一般ユーザーの利用による通信トラフィックの影響を受けないため、安定した通信を実現
LPWA (Wi-Fi HaLow)	- Wi-Fi HaLowは長距離通信が可能なWi-Fiの次世代規格 - 伝送距離、スループットの利点を活用し、移動体の操作、センサーデータの収集に活用	- LPWA (LoRa) - Wi-Fi4 (無線LAN) - ローカル5G - キャリア通信 (LTE/4G/5G)	- 大規模圃場でのロボットトラクタの同時無人作業の制御には長距離通信と高スループットの通信が必要。上記を実現するため、伝送距離が長く、スループットが高いWi-Fi HaLowが適している。 - 整備コスト安価、免許取得不要で導入が容易閉域での利用となるため、他の一般ユーザーの利用による通信トラフィックの影響を受けないため、安定した通信を実現。通信費用不要

4 費用対効果

a. 費用対効果 (1/3)

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

項目		スケジュール				
		2024年度	2025年度	2026年度	合計	
効果	定量 (収益)	受益者	－	－	回線利用料：1,000円～/月 (1回線当たり)（回線を貸出す農家）	12,000円
	計 (定量 収益)	－ (実証期間のため)	－ (実証期間のため)	12,000円（最小）	12,000円（最小）	
	定量 (収益以外) + 定性	- 長いも農家の労働時間短縮 - 小麦農家の労働時間短縮 - 熟練者のノウハウの形式知化 - データ管理	－	－	2,326時間/年 削減(農家50戸) 733時間/年 削減(10名) →3,059時間×1,425円 = 4,359,075円 削減効果 - スキル向上 - 高度なデータ管理 - 品質問題の削減	左記と同様
費用	イニシャル	2026年度以降の項目 - 通信インフラ費 - ドローン購入費 - 運用費用	－	－	1,424,000円（基地局1基・端末含む） 420,000円（ドローン1機）	左記と同様
	ランニング	- 保守料（年間） - サービス利用料	－	－	1,000,000円 200,000円	左記と同様
	計	－ (実証期間のため)	－ (実証期間のため)	3,044,000円	3,044,000円	

④ 費用対効果

a. 費用対効果 (2/3)

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

		項目	算定の根拠
効果	定量 (収益)	受益者	利用料金を1,000円と設定し、利用者数を乗算することで算出 (利用者1名が1年間使用する想定)
	定量 (収益以外)	- 長いも農家の労働時間短縮 - 小麦農家の労働時間短縮	2024年度：現状値 240時間－目標値 44.5時間＝195.5時間 現状値：実施戸数5戸×2.7haあたり確認時間 5.4時間×実施回数 8.9回≒240時間 目標値：実施戸数5戸×2.7haあたり確認時間 1時間×実施回数 8.9回≒44.5時間 2025年度：現状値 1,200時間－目標値 40時間＝1,160時間 現状値：実施戸数 25戸×2.7haあたり確認時間 5.4時間×実施回数 8.9回≒1,200時間 目標値：実施戸数 25戸×2.7haあたり確認時間 0.166時間×実施回数 8.9回≒40時間 2026年度： 現状値 2,400時間－目標値 74時間＝2,326時間 現状値：実施戸数50戸×2.7haあたり確認時間 5.4時間×実施回数 8.9回≒2,400時間 目標値：実施戸数50戸×2.7haあたり確認時間 0.166時間×実施回数 8.9回≒74時間 2024年度：現状値：160時間－目標値：108時間＝52時間 現状値：実施サブ 1組織×1日の作業時間 8時間×実施期間 10日間×実施人数 2人＝160時間 目標値：実施サブ 1組織×1日の作業時間 10.8時間×実施期間 10日間×実施人数 1人≒108時間 2025年度：現状値：400時間－168時間＝232時間 現状値：実施サブ 2.5組織×1日の作業時間 8時間×実施期間 10日間×実施人数 2人＝400時間 目標値：実施サブ 2.5組織×1日の作業時間 16.8時間×実施期間 10日間×実施人数 1人≒168時間 2026年度：現状値：800時間－67時間＝733時間 現状値：実施サブ 5組織×1日の作業時間 8時間×実施期間 10日間×実施人数 2人＝800時間 目標値：実施サブ 5組織×1日の作業時間 6.725時間×実施期間 10日間×実施人数 1人≒67時間
費用	イニシャル	2026年度以降の項目 - 通信インフラ費 - ドローン購入費 - 運用費用	- 基地局の価格とドローンの各メーカーからの見積価格より算出 - 減価償却期間は7年間で設定
	ランニング	運営経費	通信インフラ保守料100万円/年（機器設置含む）、サービス利用料20万円（4ユーザ程度）

4 費用対効果

a. 費用対効果 (3/3)

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

項目		スケジュール		
		2024年度	2025年度	2026年度
効果 計 (定量)	—	• 238,688円 削減効果	• 1,983,600円 削減効果	• 12,000円 • 4,359,075円 削減効果
	定性	• 熟練者のノウハウの形式知化 • データ管理	• スキル向上 • 高度なデータ管理 • 品質問題の削減	• スキル向上 • 高度なデータ管理 • 品質問題の削減
費用計		• 81,314,595円 (内、自己投資5,145,000円)	• 80,000,000円 (内、自己投資30,000,000円)	• 3,044,000円



合理性・妥当性

- 導入先の要望として、異常状態が検証できるのであれば、導入費用が高くても導入したい要望あり。確認作業における労働力不足の解消、ノウハウの形式知化に対する課題感は深刻であり、導入先である複数農家からは本ソリューションへの期待感のコメントあり。導入先として検討が進められる範囲で検討した結果、上記費用感として整理。
- 人手の作業を短期ですべて置き換えるのは厳しいため、公的資金の活用や、導入先の意見を聞きながら、実証を繰り返し改良を行う必要があり、継続した投資が必要となる。

4 費用対効果

a. 費用対効果 (1/3)

		ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）			
項目		スケジュール			
		2024年度	2025年度	2026年度	合計
効果	定量 (収益)	- 導入による農家の直接的な収益はなし - 受益者	・ －	0万円 - Wi-Fi HaLow対応ロボトラ 17,700,000円×5農家 = 88,500,000円	・ 0円
	計 (定量 収益)	－ (実証期間のため)	－ (実証期間のため)	88,500,000円	0円
	定量 (収益以外) + 定性	- トラクタオペレータの労働時間短縮 - 新規農業参入者への啓発効果 - トラクタ作業の軽労化	・ －	29,240時間/年（50台）→29,240時間×1,425円 = 41,667,000円 削減効果 - ICTを利用するため若者の新規就農への期待 - トラクタ乗車に伴う健康被害の減少	同左
費用	イニシャル	2026年度以降の項目 - Wi-Fi HaLow 機器購入 - 更新時のロボットトラクタへのアップグレード差額 - RTK-GNSS補正受信機器	・ －	110,000円/4台 2,150,000円/4台 90,000円/4台	同左
	ランニング	2026年度以降の項目 - 油脂代・整備費 - RTK-GNSS補正信号利用費	・ －	- 別途 80,000円/4台	同左
	計	－ (実証期間のため)	－ (実証期間のため)	2,430,000円	同左

4 費用対効果

a. 費用対効果 (2/3)

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

		項目	算定の根拠
効果	定量 (収益)	導入による農家の直接的な収益はなし	- トラクタや農業機械類は農業生産に必要不可欠なものであり、機器を導入したからと言って直接的に収益が増加するものではない。 - 農業機械の利用によって圃場環境の改善による増収などは期待できるが数値化が困難である。 - 農業機械を利用することによって人件費を大幅に削減可能であり、労働生産性が増加する。
	定量 (収益以外)	- トラクタオペレータの労働時間短縮 - 新規農業参入者への啓発効果 - トラクタ作業の軽労化	- ロボットトラクタを利用することで6工程、労働時間で68hr/ha削減され、今まで必要だったオペレータが他の作業を行えるようになり、でそのため雇用労働者が低減され、労働時間で29,240時間/年（50戸×68hr（トラクタ作業時間）/ha×8.6ha（馬鈴薯栽培面積）/戸）、41,667,000円（29,240時間×1,425円）削減が見込まれる。 - ICTを利用するため農業経験者以外の若者の新規就農への期待が膨らむ。 - トラクタオペレーターは農作業中にエンジン振動や座席振動にさらされる。しかし、ロボットトラクタの場合はトラクタに乗車しないことから種々の健康被害の減少に繋がる。
費用	イニシャル	2026年度以降の項目 - Wi-Fi HaLow 機器購入 - 更新時のロボットトラクタへのアップグレード差額 - RTK-GNSS補正受信機器	2026年度以降は商品化による利用者負担 110,000円/4台（通信機器） 2,150,000円/4台（ロボットトラクタへの更新需要の差額） 90,000円/4台（RTK-GNSS補正受信機は慣行のものを流用可能）
	ランニング	2026年度以降の項目 - 油脂代・整備費 - RTK-GNSS補正信号利用費	2026年度以降は利用者負担 - 別途（ロボットトラクタへの更新の場合は差額なし） 80,000円/4台（RTK-GNSS補正受信機は慣行のものを流用可能、その場合は差額なし）

4 費用対効果

a. 費用対効果 (3/3)

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

項目		スケジュール		
		2024年度	2025年度	2026年度
効果 計 (定量)		● -	● -	● 0万円
		● 導入による農家の直接的な収益はなし		● 41,667,000円 削減効果
定性		● -	● -	● ICTを利用するため若者の新規就農への期待
		● 新規農業参入者への啓発効果		● 健康被害の減少
費用計		● -	● -	● 2,430,000円



合理性・妥当性

- ロボットトラクタの導入経費と労働経費の削減
- 生産者はトラクタや農業機械を導入する場合その耐用年数を7年として経費を見積もっている。今回提案するロボットトラクタはこれまで利用してきたトラクタを更新する際に導入するものであり、その差額は1台3,500,000円程度であり、新規にGNSS自動操舵装置を慣行のトラクタに後付けする金額よりも若干高額であるが、トラクタ作業を無人化できる大きなメリットがあることから利用の拡大が見込まれる。
- 当地域も他の地域と同様に農業生産における労働力不足が深刻である。ロボットトラクタの導入により、オペレータが省力化され、その労働経費はロボットトラクタ導入の差額を大きく上回ると試算され、経済的にも十分な合理性がうかがえる。
- 労働力不足の解消に対する課題感は深刻であり、導入先である複数農家からは本ソリューションへの期待感のコメントあり。

4 費用対効果

b. 導入・運用コスト引き下げの工夫

		ソリューション				
		ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用				
		項目	引下げの工夫内容	コスト削減効果 (見込み額)	実行タイミング	実行主体/担当者
費用	イニシャル	・ 通信インフラ費	ローカル5Gシステム、Wi-Fi HaLow送受信機が普及し、インフラの需要が増加すること量産コストが低減可能となる。	142.4万/1基 (10～20%削減)	2026年以降	日本電気 田摩
		・ ドローン購入費	ドローンが普及することにより、量産コストが低減可能となる。	42万/1機 (10～20%削減)	2026年以降	プロドローン
	ランニング	・ 保守料（年間）	同一地域にローカル5Gシステム多数普及することにより保守の効率化、保守業務を委託することにより、保守コストの低減可能となる。	100万/年 (10～20%削減)	2026年以降	日本電気 田摩

④ 費用対効果

b. 導入・運用コスト引き下げの工夫

		ソリューション				
		ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）				
		項目	引下げの工夫内容	コスト削減効果 (見込み額)	実行タイミング	実行主体/担当者
費用	イニシャル	Wi-Fi HaLow 機器購入	Wi-Fi HaLowに関してはまだ認可されていないため国産化や普及が遅れている。有効性が確認されれば国産化が進み、コスト引き下げが見込まれる。	Wi-Fi HaLow 5万円/台	Wi-Fi HaLow 2026年	Wi-Fi HaLow NEC/田摩
		ロボットトラクタの導入経費	ロボットトラクタに関しては別途新規導入するのではなく慣行トラクタを更新時に入替で導入することによりその差額でコストの増加を低く抑えられる。	ロボットトラクタ 350万円/台 増	ロボットトラクタ 2026年	ロボットトラクタ ヤンマー
	ランニング	油脂代・整備費 労働費	従来のトラクタを更新してロボットトラクタに切り替えるため新たな増額はない。 また、オペレータの雇用労働力が無くなるため労働コストの低減が見込まれる。	—	—	—
		RTK-GNSS補正 信号利用費	利用費は2万円/年台であるが、RTK-GNSS補正受信機は慣行のものを流用可能であり、その場合の増額はなく、しかも年々コストが低下している。	—	—	—

① 計画概要

実証実施の前提

- 目的**
- 圃場内に本ソリューションの環境を構築し、「長いもの罹病株判定」、「小麦の登熟判定、倒伏判定」の実装可否を検証する。
- 実装に向けて、農作業の作業工数の削減割合を検証
 - リアルタイム映像による映像解析の結果が、罹病株判定、収穫判断・条件の基準となり得るかの検証
 - 複数農家でのポータブル型ローカル5Gの共同利用可否を検証

- アウトカム**
- ドローンを活用した映像解析を行うことにより、作業工数の削減が可能かの検証を行う。
- 長いもの罹病株巡回のドローン代替時間 2,400時間
 - 小麦の登熟度・倒伏率確認のドローン代替時間 800時間

ソリューション ドローン映像解析（長いもの・小麦）、共同利用

検証ポイント

- 効果**
- 目視で確認していた罹病株判定を映像解析で実施することにより、農作業の軽減が可能であることを検証
 - ドローンの空撮映像を活用した映像解析結果が、農業者の判定結果とどの程度同水準の判定が行えるかを検証

- 技術**
- ドローンを圃場上空、畝内の2パターンで飛行し、長いもの葉などを高画質なカメラで撮影する映像品質の検証
 - 撮影した映像からの罹病株判定の有効性検証
 - 小麦の圃場を高画質なカメラで撮影し登熟度、倒伏の状態を判定

- 運用**
- 罹病株判定、登熟判定、倒伏判定について農業者に対するサービス満足度、導入意向を調査

① 計画概要

実証実施の前提

目的

一辺500m以上の大規模圃場において長距離通信が可能なWi-Fi HaLowを利用し、ロボットトラクタの遠隔監視制御を行うコントローラとの通信距離を100mから1000m以上に拡大し、複数台のロボットトラクタによる馬鈴薯栽培の無人作業について実装の可否を検証する。

- Wi-Fi HaLow の通信可能距離や通信速度、品質についての検証
- 複数台のロボットトラクタの同時監視制御と作業の安全性の検証
- 耕起から収穫に至る馬鈴薯栽培期間中にロボットトラクタの作業性能、費用対効果等について実装に向けた検証

アウトカム

作業員 1 名で複数台のロボットトラクタを同時に運用できることから、大幅な労働生産性の向上と労働費の削減が期待できる。

加工用馬鈴薯生産組合

目標とする馬鈴薯のロボットトラクタ代替時間

50台×68hr/ha×8.6ha/戸=29,240時間

有人トラクタ14工程のうち6工程をロボットトラクタに代替

有人作業114hr/haのうち68hr/haをロボットトラクタに代替

R5作付実績

馬鈴薯生産者：215戸 馬鈴薯面積：1,851.3ha

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

検証ポイント

効果

Wi-Fi HaLowおよびローカル5Gの通信性能の評価

- コントローラからロボットトラクタの各機能を遠隔制御するが、その通信性能について検証
- ロボットトラクタの安全性確保のために運転席の前後にビデオカメラが取り付けられている。カメラ画像をコントローラのウインドウで監視するが、その画像の品質等の性能を検証

技術

複数台のロボットトラクタを同時に制御するためのトラクタと作業機の連携技術の開発

- 長距離通信によりロボットトラクタの遠隔制御が可能になれば、1人の作業員で複数台のロボットトラクタの操作が可能になる。その際の作業機との連携について、作業精度や品質に関する検証

運用

実際の馬鈴薯栽培圃場での運用についての実証

- 馬鈴薯栽培は耕起、碎土、整地、施肥播種、培土、除草、収穫作業と多岐にわたり、ロボットトラクタを利用することで人員の削減効果、作業能率、作業精度等を測定してJAや生産者とも協議して実装に向けた課題検証を行い、導入・普及による省力化の実現

② 検証項目・方法

a. 効果検証

a. 効果検証				ソリューション	ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用	
ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件		
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠	
ドローン映像解析	I	目視で確認していた罹病株判定を映像解析で実施することにより、農作業の軽減が可能であることを検証	2024年 農家5戸の罹病株確認労働時間短縮 240時間/年 削減	映像解析の結果を踏まえ、実際に該当罹病株を農家に確認してもらい、従来目線での判定と同一の結果を検証する。	農家50戸の罹病株確認労働時間短縮 2,400時間/年 削減	長いも生産者50戸の自動判定が可能であること。 50戸×8.9回×2hr/ha×2.7ha/戸 ※2.7ha/戸 長いも生産者：109戸 長いも面積：301.9ha
	II	ドローンの空撮映像を活用した映像解析結果が、農業者の判定結果とどの程度同水準の判定が行えるかを検証	2024年 1名分の登熟度・倒伏率確認労働時間短縮 80時間/年 削減	映像解析の結果を踏まえ、実際に該当罹病株を農家に確認してもらい、農家に確認してもらい、従来目線での判定と同一の結果を検証する。	10名分の登熟度・倒伏率確認労働時間短縮 800時間/年 削減	小麦農家の5組織が自動判定が可能であること。 小麦の登熟度・倒伏率確認のドローン代替時間 5組織×8hr/日×10日×2人

② 検証項目・方法

a. 効果検証

ソリューション		検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
ソリューション		項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
Wi-Fi HaLow（ローカル5G） 通信距離と通信品質	I	通信距離 大区画圃場では一辺が500mを超える。隣接圃場で複数のロボットトラクタを遠隔監視制御可能かを検証	2024年 通信距離 隣接圃場を複数台のロボットトラクタで同時作業を行う場合の通信距離は500～1000m	通信距離 Wi-Fi 機器の間にWi-Fi HaLow（ローカル5G）の機器を仲介させ100～2000m範囲で通信距離を変化させて通信速度を測定し、目標とする距離での安定した通信が可能であるかを検証する。	通信距離 少なくとも500～1000mの通信距離が確保できること。	通信距離 1000mの通信距離が確保できれば、半径1000m以内の作業可能になり、隣接の大規模圃場での利用が可能と判断できる。
	II	通信品質 Wi-Fi HaLowは通信距離が長くなると通信速度が低下すると言われているため、圃場環境や通信距離の関係を検証	2024年 通信品質 ロボットトラクタの遠隔監視制御を安全に行える通信品質の確認	通信品質 実際の大規模圃場で複数のロボットトラクタを動作させ、通信距離100～2000mの範囲および樹木、建物、圃場の起伏などの条件でロボットトラクタを安定的に遠隔監視制御が可能かを検証する。	通信品質 少なくとも500～1000mの通信距離で複数のロボットトラクタを遠隔監視制御できること。	通信品質 通信距離1000mを確保できれば、半径1000m以内に存在するロボットトラクタを複数台遠隔制御が可能となり、社会実装に繋がると判断できる。
ロボットトラクタ 遠隔監視制御による複数のロボットトラクタを利用した馬鈴薯栽培	I	遠隔監視制御 Wi-Fi HaLowを搭載して、500mを超える大規模圃場で複数台のロボットトラクタの遠隔監視制御を検証	2024年 遠隔監視制御 通信距離500～1000mの状態複数台のロボットトラクタを安定的に動作させる。	遠隔監視制御 実際の馬鈴薯栽培または収穫後の圃場を利用して、複数のロボットトラクタの遠隔監視制御の状態を検証する。	遠隔監視制御 少なくとも500～1000mの通信距離で3台以上の同時作業が可能であること。	遠隔監視制御 少なくとも500～1000mの通信距離で3台以上の同時作業が可能であれば目標とした長距離通信の遠隔監視制御が可能になると判断できる。
	II	馬鈴薯栽培における複数のロボットトラクタによる同時作業 耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業におけるロボットトラクタの同時作業を検証	2024年 複数台ロボットトラクタによる同時制御 隣接する圃場で3台以上の同時作業を実証	複数台ロボットトラクタによる同時制御 春季作業を想定した実験では、耕起、砕土、整地、播種作業について同時作業を検証する。秋季作業では収穫作業と耕うん作業の同時作業を検証する。	複数台ロボットトラクタによる同時制御 少なくとも500～1000mの通信距離で春季や秋季の同時作業が安定的に行えること。	複数台ロボットトラクタによる同時制御 少なくとも500～1000mの通信距離で馬鈴薯栽培に必要な耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業においてロボットトラクタによる複数同時作業が可能になり、社会実装に繋がると判断できる。

ソリューション

ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

② 検証項目・方法

b. 技術検証

ソリューション

ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
ドローン映像解析	I ドローンを圃場上空、畝内の2パターンで飛行し、長いもの葉などを高画質なカメラで撮影する映像品質の検証	2024年 圃場の映像取得率が70%以上 目標根拠 実装時には、圃場の映像取得率を100%にする必要があるが、2024年度の検証時から使用カメラ、撮影方法を検証し、2年かけて映像取得率の向上を目指す。	ドローンの映像と徒歩での映像を比較し、画像取得率の検証を行う。	圃場の映像取得率が100% ※実装期間の2年間で実証時から更なる精度向上を目指す	取得率が100%であればドローンへの置き換え、実装を判断
	II 撮影した映像からの罹病株判定の有効性検証	2024年 罹病株判定が70%以上 目標根拠 実装時には、罹病株判定率を100%にする必要があるが、葉に出る症状の学習データが複数必要となるため、2024年度の検証時から判定に必要な学習データを2年かけ収集し、判定率の向上を目指す。	映像解析の結果を農家に確認してもらい、従来目線での判定と同一の結果が検証する。	罹病株判定が100% ※実装期間の2年間で実証時から更なる精度向上を目指す	判定結果が100%であれば映像解析への置き換え、実装を判断
	III 小麦の圃場を高画質なカメラで撮影し登熟度、倒伏の状態を判定	2024年 登熟度、倒伏の状態を判定が70%以上 目標根拠 実装時には、登熟度、倒伏判定率を100%にする必要があるが、小麦の登熟状態の学習データが複数必要となるため、2024年度の検証時から判定に必要な学習データを2年かけ収集し、判定率の向上を目指す。	映像解析の結果を農家に確認してもらい、従来目線での判定と同一の結果が検証する。	登熟度、倒伏の状態を判定が100% ※実装期間の2年間で実証時から更なる精度向上を目指す	判定結果が100%であれば映像解析への置き換え、実装を判断

IV実施計画

2 検証項目・方法

b. 技術検証

ソリューション		検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
		項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
ソリューション	Wi-Fi HaLow（ローカル5G） 通信距離と通信品質	I 通信性能の評価 送信機と受信機の距離を100～3000mの範囲で変化させWi-Fi HaLowとローカル5Gで通信可能距離と通信品質、伝送速度等を評価	2024年 通信性能の評価 ロボットトラクタの前後に取り付けられているビデオカメラ映像の品質低下や制御信号の遅延については、実証内容に影響がないこと。	通信性能の評価 Wi-Fi HaLow（ローカル5G）を搭載したコントローラとロボットトラクタを利用し、実際の大区画圃場で安定的に遠隔監視制御の動作状態を検証する。	通信距離 少なくとも500～1000mの通信距離で許容される遅延、映像の劣化以内で遠隔監視制御ができること。	通信性能の評価 500～1000mの通信距離が確保できれば、半径1000m以内の通信が可能になり、大規模圃場での利用が可能と判断できる。
	ロボットトラクタ 遠隔監視制御による複数のロボットトラクタを利用した馬鈴薯栽培	I 遠隔監視制御 500mを超える隣接の大規模圃場で複数台のロボットトラクタの遠隔監視制御状態での作業性能の検証	2024年 遠隔監視制御 通信距離 500～1000mの状態複数台のロボットトラクタを安定的に動作させる。	遠隔監視制御 実際の馬鈴薯栽培または収穫後の圃場を利用して、複数のロボットトラクタの遠隔監視制御による同時作業の状態を検証する。また、機器の設置時間や操作性等を検証	遠隔監視制御 少なくとも500～1000mの通信距離で3台以上の同時作業が確実に動作可能であること。	遠隔監視制御 少なくとも500～1000mの通信距離で3台以上の同時作業が簡便に利用可能であれば目標とした長距離通信の遠隔監視制御が可能になると判断できる。
	馬鈴薯栽培における複数のロボットトラクタによる同時作業 耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業における複数台ロボットトラクタの同時作業を検証	II 馬鈴薯栽培における複数のロボットトラクタによる同時作業 耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業における複数台ロボットトラクタの同時作業を検証	2024年 複数台ロボットトラクタによる同時制御 ロボットトラクタは監視者が必要であり、労働コストを低くするため3台以上の同時作業について検証	複数台ロボットトラクタによる同時制御 春季作業を想定した実験では、耕起、砕土、整地、播種作業について実際に同時作業を行い検証する。また、秋季作業では実際に収穫作業と耕うん作業の同時作業を行い、作業時間等を記録して検証する。	複数台ロボットトラクタを遠隔監視制御状態で同時作業を行い、春季や秋季の作業が安定的に行えること。	複数台ロボットトラクタによる同時制御 少なくとも500～1000mの通信距離で馬鈴薯栽培に必要な耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業においてロボットトラクタによる複数同時作業が可能になれば、他の地域や他作物への横展開が可能になると判断できる。

ソリューション

ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

② 検証項目・方法

c. 運用検証

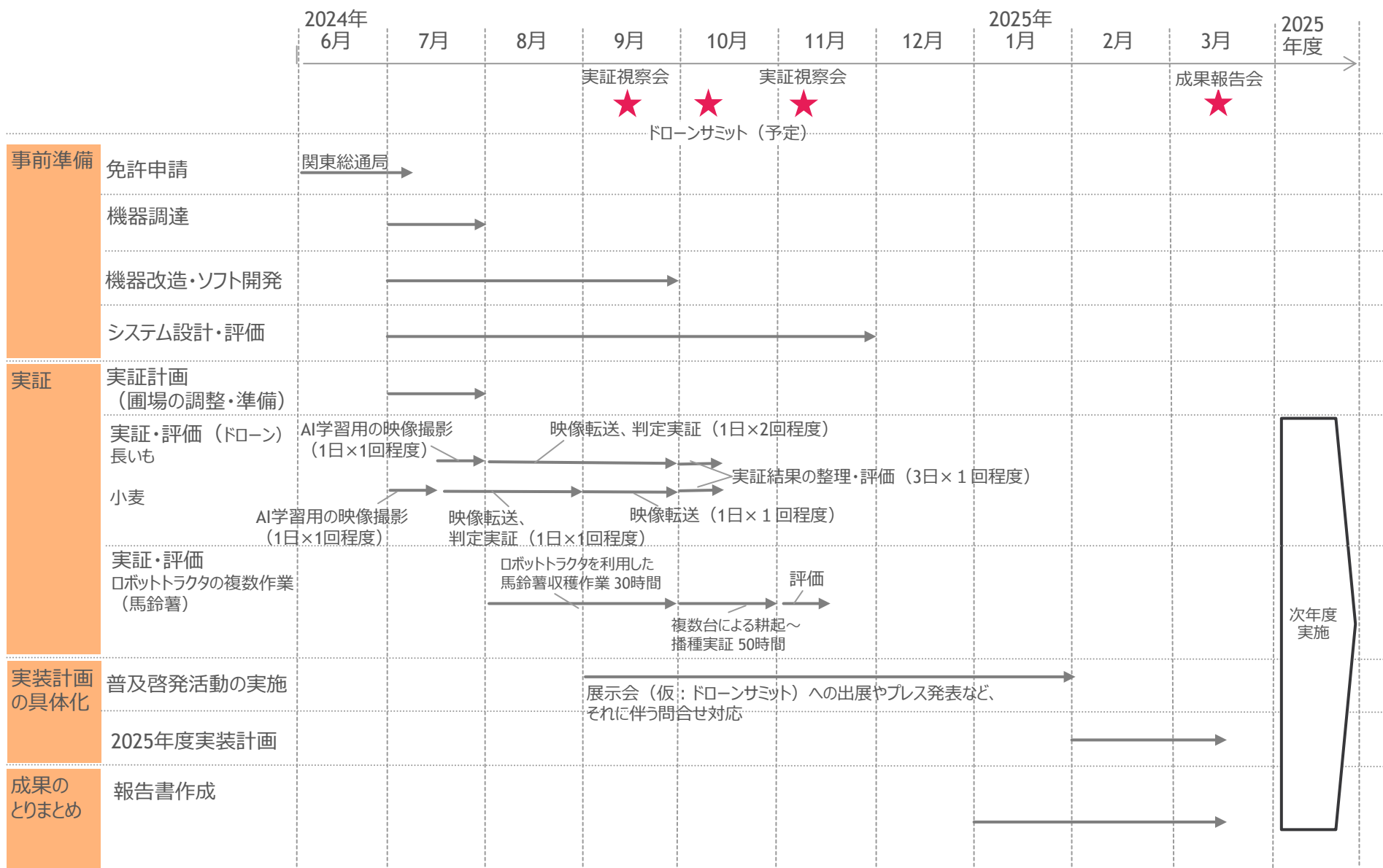
ソリューション		ソリューション	
ソリューション		ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用	
ソリューション	検証ポイント		実装化の要件
	項目	目標	要件
ドローン映像解析	① 罹病株判定、登熟判定、倒伏判定について農作業者に対するサービス満足度、導入意向を調査	2024年 サービス満足度80%以上・導入意向50%以上	サービス満足度90%以上・導入意向90%以上 ※実装期間の2年間で実証時から更なる向上を目指す
		サービス満足度、導入意向とも農家にアンケート調査	農家の90%以上が本ソリューションが導入されることに本ソリューションのビジネスモデルが成立するため。

② 検証項目・方法

c. 運用検証

ソリューション		ソリューション		ソリューション	
検証ポイント		検証方法		実装化の要件	
項目	目標			要件	要件の妥当性の根拠
Wi-Fi HaLow（ローカル5G） 通信距離と通信品質	① 通信機器の設置運用 実証予定の通信機器はロボットトラクタ用にカスタマイズされたものではないため、機器形状、設置の容易性、動作時の利用等の運用に関する機能の検証	通信機器の設置運用 実証予定の通信機器は小型省電力で、取り扱いが容易で運用コストが安価であること。また、2時間以上の連続稼働が可能であること。	通信機器の設置運用 Wi-Fi HaLow（ローカル5G）を搭載したコントローラとロボットトラクタを利用し、実際の大区画圃場でその操作を行い、使用環境、可搬性、操作性等の検証を行う。	通信機器の設置運用 小型軽量で連続使用時間が8時間以上であること。操作性が簡易であること。	通信機器の設置運用 小型軽量で屋外の使用環境に適合し、安定的に長時間利用可能で低コストであれば、過酷な大規模圃場での利用に適合すると判断できる。
ロボットトラクタ 遠隔監視制御による複数のロボットトラクタを利用した馬鈴薯栽培での作業性の評価	① ロボットトラクタの運用 ロボットトラクタの起動から運用開始までの時間、操作性、安定性、作業の確実性、作業手順、労働時間等、運用面全体の検証	ロボットトラクタの運用 馬鈴薯生産の耕起から播種、収穫に至る作業において複数台ロボットトラクタによる同時作業が安全にかつ確実に行えることを検証する。また、ロボットトラクタへの代替として、労働時間45%の削減を目指す。	複数台ロボットトラクタによる同時制御 実際の馬鈴薯栽培圃場で複数台のロボットトラクタによる耕起、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業を実施し、その作業状態を観察し、作業時間や確実性、操作の容易性等を検証する。	複数台ロボットトラクタを遠隔監視制御状態で同時作業を行い、春季や秋季の作業が安定的かつ容易に行え、労働時間の削減に繋がること。	複数台ロボットトラクタによる同時制御 隣接する大区画圃場において、遠隔監視制御状態の複数のロボットトラクタが無入状態で同時作業が安全にかつ確実に行うことが可能であり、しかもその操作が簡便であれば、労働力不足の中で馬鈴薯生産の低コストが期待できる。また、このシステムがさらに成熟することによって、他の地域や他作物への横展開が可能になると判断できる。

3 スケジュール



④ リスクと対応策

			ソリューション
リスク			ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用
	項目	概要	対応策
事前準備	ローカル5G無線免許の取得遅れ	免許申請に2ヵ月程度かかる可能性があるため、7月中旬からの実証開始に間に合わない可能性がある。	契約後、速やかに免許申請を実施するとともに、関連箇所へ迅速な対応の依頼を行う。
実証	実証の時期	農作物の育成状況に応じて実証を行う必要があるため、育成状況により実証時期が変更される可能性がある。	気象などのリスクを考慮した実証期間の確保、および実証期間の変更調整の実施を行う。
実装計画の具体化	実証を通した課題の顕在化	気象などの影響による十分なデータの取得等ができないことによる課題の洗出しが不十分となる可能性がある。	気象などのリスクを考慮した実証期間の確保、および実証期間の変更調整の実施を行う。
他地域への展開に向けた準備	展開先となる生産組合の抽出	展開先となる生産組合の整備計画が想定よりも後ろ倒しとなる可能性がある。	帯広市川西農業協同組合のネットワークを通じて早期から本実証に関する普及活動を行うことで、導入メリットの訴求、生産組合としての整備計画の早期立案につなげる。
成果のとりまとめ	上記リスクによる計画見直し	気象リスク等による実証内容不十分、実装および展開先抽出の遅れにより、当初計画見直しとなる可能性がある。	上記対応策を講じることで想定外の事象を最小限にとどめる。

4 リスクと対応策

リユージョン ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

リスク		対応策
項目	概要	
事前準備	ロボットトラクタおよびWi-Fi HaLow等の導入・改造の遅れ 生産者が導入を予定しているロボットトラクタは8月ごろには納品予定であり、その後に改造等を予定していることから、納品が遅れると馬鈴薯収穫作業に影響を及ぼす。	本年度の馬鈴薯生産ではすでに春季の耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土作業が終了している。そのため、これらの作業は秋季の馬鈴薯収穫後の圃場で模擬的に実施する。なお、収穫作業については最長10月中旬ごろまでは可能であり、天候も安定することから計画通りに実施予定である。
実証	Wi-Fi Halowの遠隔監視制御による複数のロボットトラクタによる馬鈴薯栽培の同時作業 農作業事故への対応 本事業の開始が6月以降に行われることを想定し、作業時期をそれに合わせて計画を立案 予期しない農作業事故の発生	本事業の実証内容は長距離遠隔監視制御と複数のロボットトラクタの同時作業であり。事業の開始時期を考慮して、春季の耕うん作業を秋季に実施し、収穫作業は予定通り実施予定である。 農作業事故に関しては最大限の注意喚起を行う。
実装計画の具体化	Wi-Fi Halowの遠隔監視制御による複数のロボットトラクタによる馬鈴薯栽培での同時作業 馬鈴薯生産における耕うんから収穫に至る一連のロボットトラクタ作業については翌年度に実施する。	前年度、実証ができなかった春季の耕起・耕うんから、播種、培土、収穫に至る一連の作業を複数のロボットトラクタで同時作業を行い、実装に向けた課題の整理と具体化について総合的に検討する。
他地域への展開に向けた準備	Wi-Fi Halowの遠隔監視制御による複数のロボットトラクタによる馬鈴薯栽培での同時作業 北海道の道東地域は馬鈴薯生産を含む種々の畑作物が栽培されており、労働力不足が叫ばれている中で本事業の成果に対する期待も大きい。	本事業で得られた成果の啓蒙活動を行い、生産者のみならず、JA、普及員、農業機械関係等と連携して、横展開に向けた準備を行う。
成果のとりまとめ	Wi-Fi Halowの遠隔監視制御による複数のロボットトラクタによる馬鈴薯栽培での同時作業 本実証事業で明らかになった農作業の効率化、省力化、コスト低減などの費用対効果の評価	本事業では、想定した費用対効果を検証するために、作業能率や省力化、労働費等のコストを数値化し、評価検討を行う。

5 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

通常時

週次進捗報告

- 開催時期:週次（曜日、時間を固定で実施）
- 方法: Web会議、重要課題など必要な場合は対面
- 体制: 帯広市川西農業協同組合、日本電気、ズコーシャ、帯広畜産大学、ヤンマーアグリ、ヤンマーアグリジャパン、東洋農機、十勝農業協同組合連合会、とかち財団、NTTコミュニケーションズ、帯広市、北海道十勝総合振興局、他再委託先関係者
- アジェンダ
 - 作業進捗状況（実証準備・実証の状況確認）
 - 課題の共有
 - 実装・横展開に向けた計画、課題の共有
 - 普及啓発活動の検討（ドローンサミット北海道、学会等）

対策を立案・実行する体制

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 進捗が予定よりも遅れた場合
- 頻度: 1月に1回（緊急性が高い場合、発生から1週間以内）
- メンバー: 帯広市川西農業協同組合、日本電気、ズコーシャ、帯広畜産大学、ヤンマーアグリ、ヤンマーアグリジャパン、東洋農機、十勝農業協同組合連合会、とかち財団、NTTコミュニケーションズ、帯広市、北海道十勝総合振興局、他再委託先関係者

緊急時

緊急課題発生時の共有・対策検討

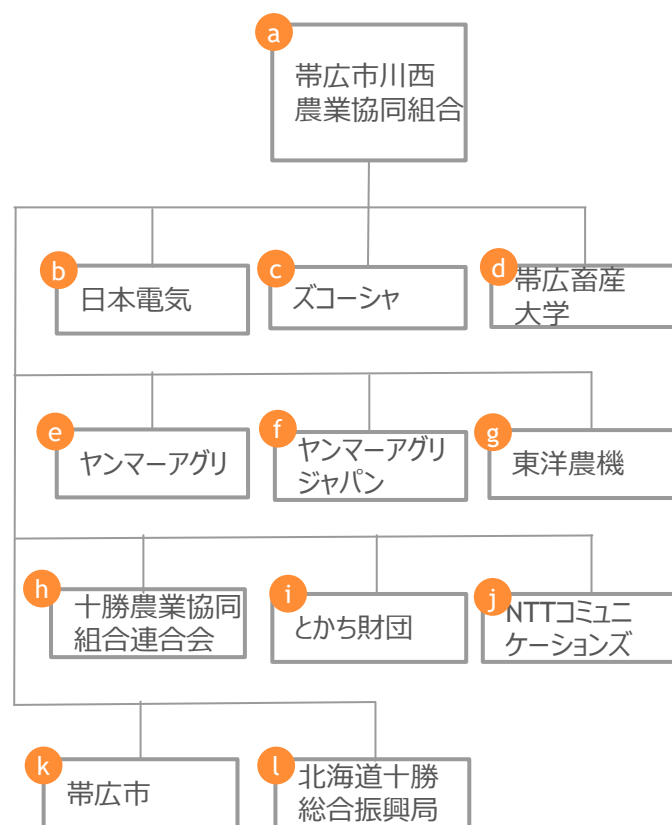
- 実施条件: 全体スケジュールに影響のある課題発生時・事故などを含む障害発生時・週次進捗までに情報共有が必要な課題発生時
- 頻度: 問題発生当日中
- 方法: 報告: メールまたは電話、その後必要に応じてWeb会議の開催
- 体制: 帯広市川西農業協同組合、日本電気、ズコーシャ、帯広畜産大学、ヤンマーアグリ、ヤンマーアグリジャパン、東洋農機、十勝農業協同組合連合会、とかち財団、NTTコミュニケーションズ、帯広市、北海道十勝総合振興局、他再委託先関係者

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 課題発生時・事故などを含む障害発生時
- 頻度: 問題発生当日中
- メンバー: 帯広市川西農業協同組合、日本電気、ズコーシャ、帯広畜産大学、ヤンマーアグリ、ヤンマーアグリジャパン、東洋農機、十勝農業協同組合連合会、とかち財団、NTTコミュニケーションズ、帯広市、北海道十勝総合振興局、他再委託先関係者

6 実施体制

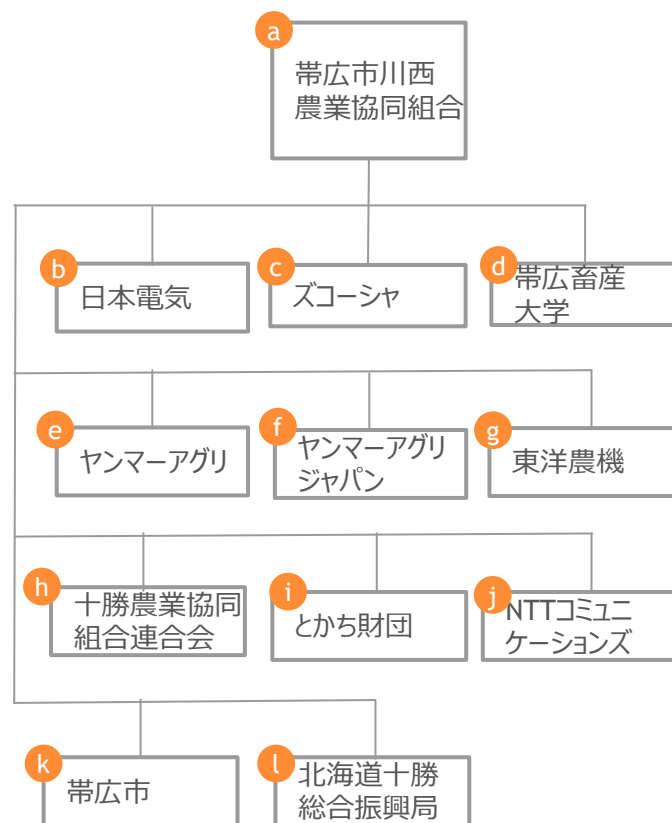
実施体制図



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a 帯広市川西農業協同組合	- 事業計画の立案 - 事業全般の管理・統括業務 - 全体とりまとめ - 農家との連携	自己投資：3名 x 300時間	営農振興部/吉田速男 幸村大輔 黒田紘平
b 日本電気	- 実証事業の全体とりまとめ - 通信インフラ構築 - 高精細映像転送実証の実施 - 映像によるリアルタイム判定実証の実施 - リアルタイム通知の実施 - 共同利用実証の実施	2名 x 270時間 + (自己投資：1名 x 100時間)	クロスインダストリー事業開発部門/ 田靡哲也
c ズコーシャ	- PMO - 成果報告書作成支援 - 実証支援	6名 x 80時間 5名 x 80時間 2名 x 50時間	総合科学研究所/ 横堀潤
d 帯広畜産大学	複数同時遠隔操作実証の計画、実施及び統括	1名 x 450時間	環境農学研究部門/ 佐藤禎稔

6 実施体制

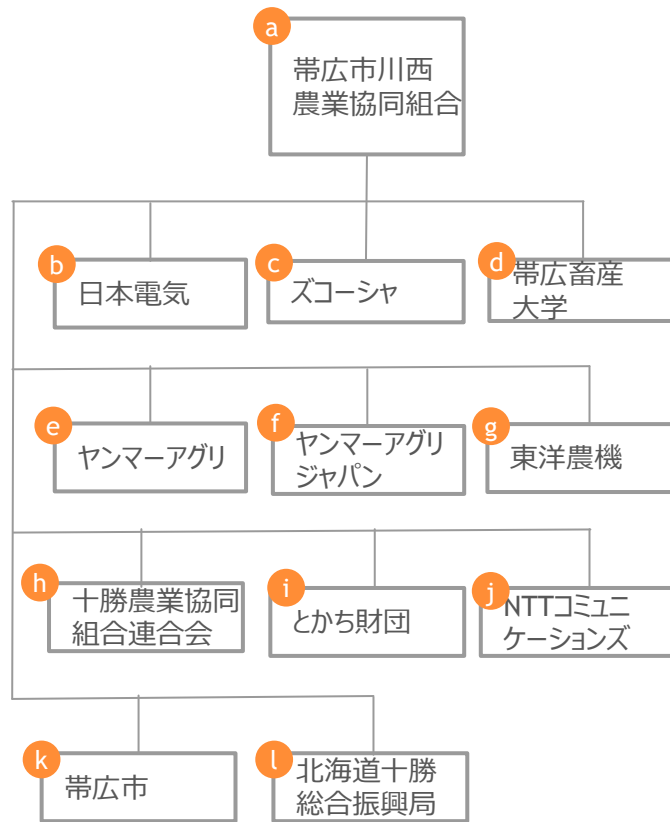
実施体制図



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
e ヤンマーアグリ	- 畑作無人作業の実施 - 複数同時遠隔操作実証の支援	自己投資：3名×300時間	開発統括部/村山昌章
f ヤンマーアグリジャパン	複数同時遠隔操作実証の支援	自己投資：2名×80時間	北海道支社 アグリスポート部/江岸正利
g 東洋農機	複数同時遠隔操作実証の支援	3名×46時間	開発本部/船引邦弘
h 十勝農業協同組合連合会	- 実証事業支援 - 圃場のデータや情報提供	自己投資：1名×50時間	農産部 農産課/前塚研二
i とかち財団	複数同時遠隔操作実証の支援	自己投資：1名×50時間	ものづくり支援部 情報技術グループ/菅原崇
j NTTコミュニケーションズ	- 映像によるリアルタイム判定実証の実施 - リアルタイム通知の実施	4名×140時間	北海道支社 ソリューション営業部門/松原正幸

6 実施体制

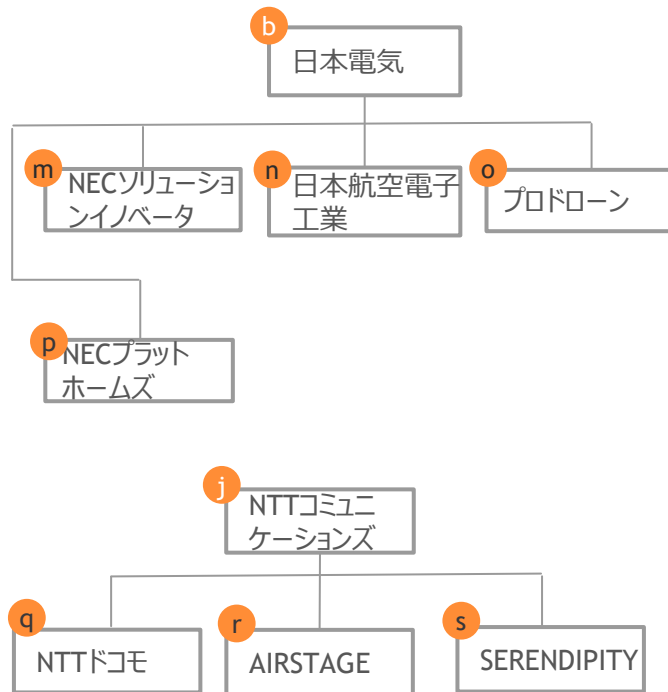
実施体制図



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
k 帯広市	実証支援	自己投資：3名×24時間	農政部 農政室 農政課/ 郡谷亮他
l 北海道十勝総合振興局	- 実証場所調整 - 実証支援	自己投資：2名×50時間	産業振興部 農務課/ 齊藤希媛

6 実施体制

実施体制図

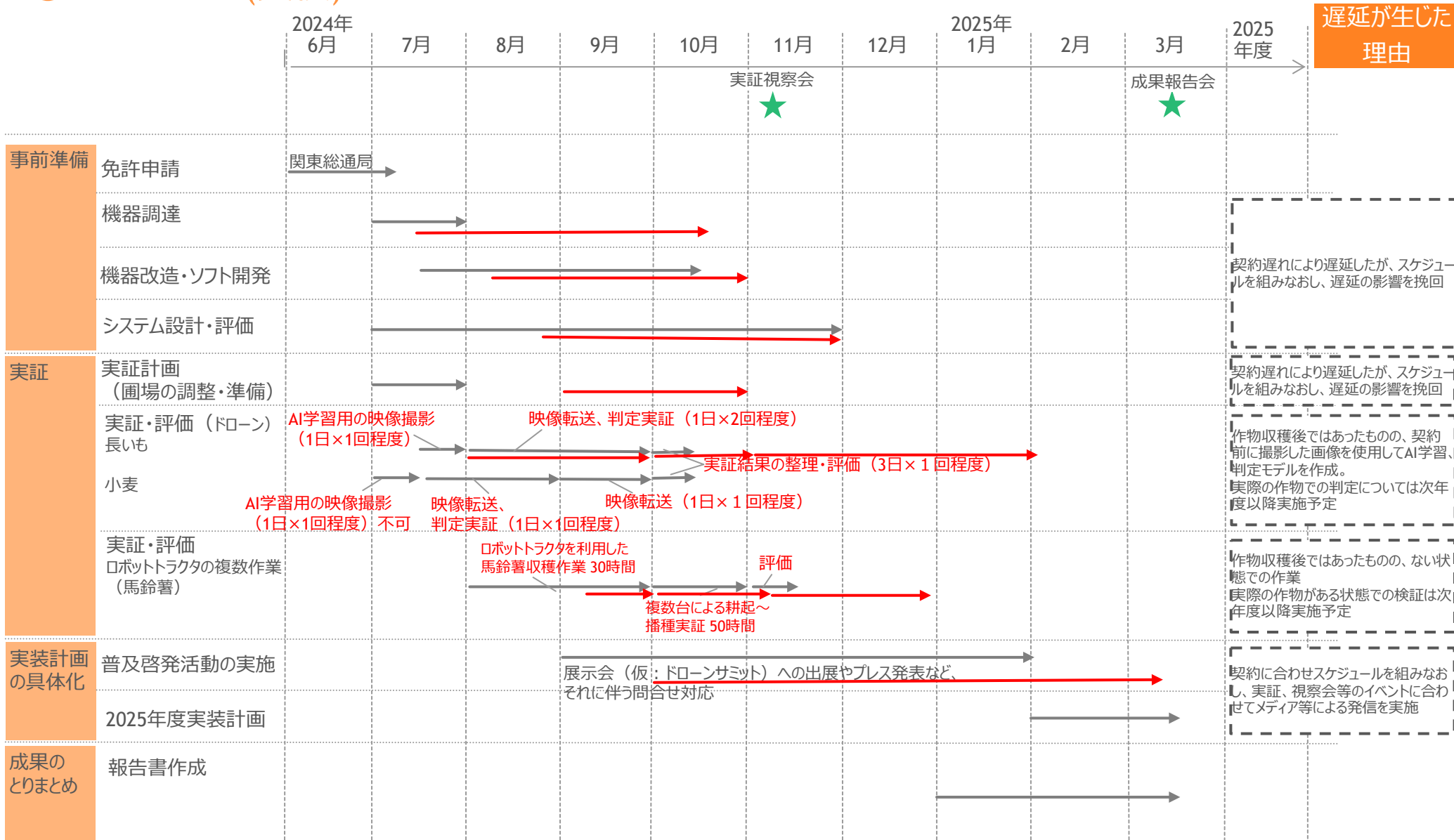


団体名	役割	リソース	リソース
m NECソリューションイノベータ	・ ソリューションのソフトウェア製造	外注	6名
n 日本航空電子工業	・ ソリューションのハードウェア製造	外注	11名
o プロドローン	・ ドローン飛行	外注	4名
p NECプラットフォームズ	・ ハードウェア設置、電波調整	外注	13名
q NTTドコモ	・ AI画像認識モデル作成	外注	4名
r AIRSTAGE	・ AI画像学習データ取得	外注	3名
s SERENDIPITY	・ AI画像学習データ取得	外注	2名

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

① スケジュール(実績)

赤字: 当初の計画から変更になった箇所



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

a. 効果検証

凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ドローン映像解析	I 目視で確認していた罹病株判定を映像解析で実施することにより、農作業の軽減が可能であることを検証	2024年 農家5戸の罹病株確認労働時間短縮 195.5時間/年 削減	ドローンによる1農家あたり2.7haの管理が可能であることを確認し、長いも罹病株判定は7割以上の判定率を得ることができた。 また、ドローンの空撮映像を活用した映像解析を実施することにより、労働時間を205.3時間削減。 ＜計算方法＞ 検証結果：34.7時間＝実施戸数5戸× 2.7haあたり確認時間 47分×実施回数 8.9回 現状値：240時間－34.7時間＝205.3時間 耕作面積の増加分(40ha)についても11.6時間で実施可能であることを確認。 ＜計算方法＞ 1haあたり確認時間＝17.4分 40haあたり確認時間÷696分÷11.6時間	ドローンの空撮映像から目標値である検査精度の70%を確保することが確認でき、農作業の省力化に貢献可能であることの検証ができた。 今後、さらに判定率を高めることと、農業者に実際に使用して頂くことにより、利用拡大が期待される。
	II ドローンの空撮映像を活用した映像解析結果が、農業者の判定結果とどの程度同水準の判定が行えるかを検証	2024年 1名分の登熟度・倒伏率確認労働時間短縮 52時間/年 削減	ドローンによる1組織あたり269haの管理が可能であることを確認し、小麦の登熟度、倒伏判定ともに8割以上の判定率を得ることが確認できた。 また、ドローンの空撮映像を活用した映像解析を実施することで、労働時間を80時間削減することが確認できた。 ＜計算方法＞ 検証結果：80時間＝実施サブ 1組織×1日の作業時間 8時間×実施期間 10日間×実施人数 1人 現状値：160時間－80時間＝80時間 耕作面積の増加分(40ha)についても11.9時間で実施可能であることを確認。 ＜計算方法＞ 1haあたり確認時間＝17.8分 40haあたり確認時間÷713分÷11.9時間	ドローンの空撮映像から農業者の判定結果と同水準であることが確認できた。 今後、さらに判定率を高めることと、農業者に実際に使用して頂くことにより、利用拡大が期待される。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

2 検証項目ごとの結果

a. 効果検証

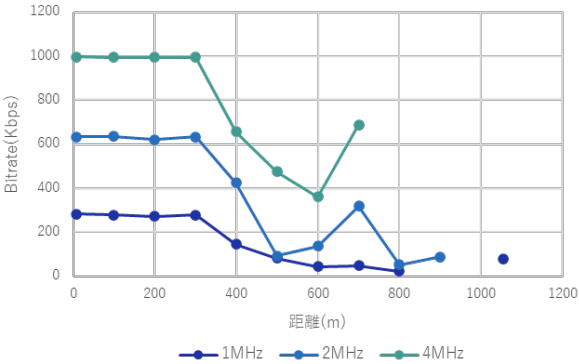
ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬铃薯）

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
Wi-Fi HaLow通信距離と通信品質	I 通信距離	2024年 通信距離 隣接圃場を複数台のロボットトラクタで同時作業を行う場合の通信距離は500～1000m	通信距離としては、800m以上の通信が可能であることの確認が取れた。 400m以降からビットレートの下落が始まり、500m以降ではジッタが大きく発生したが、位置情報等を含めた制御信号であれば最大1kmまで通信可能であることを確認。	・約700m地点でビットレートがよくなる結果も得られたため、映像の伝送も可能である可能性あり。 ・帯域拡大によるduty比10%制限の撤廃により、送信可能なデータ量が増加し、通信品質の向上が見込めると考えられる。

	II 通信品質	2024年 通信品質 ロボットトラクタの遠隔監視制御を安全に行える通信品質の確認	通信距離約500m以上になるとジッタが大きく発生することを確認。 また、Wi-Fi HaLow端末同士の距離によってノイズの影響があることがわかり、15m以上離れた環境であれば遠隔監視制御可能であることを確認した。	・通信品質には見通しの影響が大きい。 ・将来的な帯域拡大によるduty比10%制限の撤廃により、送信可能なデータ量が増加するため通信品質の向上が見込めると考えられる。 ・802.11ah推進協議会が検討している周波数再編の動向を注視する。並行して現時点での仕様における対策として、距離ごとのビットレートに応じたコーデック（H.264、H.265）を選定して映像圧縮を行う等の通信負荷軽減策の技術検証を次年度以降進める。
--	---------	--	--	---



測定環境



帯域幅別の測定結果

距離 (m)	RSSI (dBm)	Bitrate (Kbps)	Jitter (ms)	Loss (%)
6.8	-41	633	23.487	0
100	-65	636	16.684	0
200	-71	621	18.305	0.34
300	-73	633	27.678	0
400	-84	425	40.388	1.9
500	-92	92.6	168.41	8.2
600	-88	138	228.892	4.8
700	-83	319	52.01	5.6
800	-92	53.1	377.385	0
900	-94	88.2	214.582	12
1000	ND	ND	ND	ND

測定結果(帯域幅 2Mhz)

2 検証項目ごとの結果

a. 効果検証

ソリューション		検証ポイント		検証結果	考察
ソリューション		項目	目標		
ロボットトラクタ 遠隔監視制御による複数のロボットトラクタを利用した馬鈴薯栽培	I	遠隔監視制御 Wi-Fi HaLowを搭載して、500mを超える大規模圃場で複数台のロボットトラクタの遠隔監視制御を検証	2024年 遠隔監視制御 通 信 距 離 500 ～ 1000m の状態で複数のロボットトラクタを安定的に動作させる。	馬鈴薯栽培において春作業を想定した耕起、砕土、整地、播種を4台のロボットトラクタによる同時無人作業および秋作業を想定した収穫機、耕うん、砕土機の3台同時無人作業を行った結果、Wi-Fi HaLowによる遠隔監視制御が可能であることが確認できた。	約500m以内の隣接圃場においてWi-Fi HaLowを利用して4台のロボットトラクタを遠隔監視し、異なる作業を同時に無人で行えることが確認でき、複雑な畑作業への利用拡大が期待される。
		馬鈴薯栽培における複数のロボットトラクタによる同時作業 耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業におけるロボットトラクタの同時作業を検証	2024年 複数台ロボットトラクタによる同時制御 隣接する圃場で3台以上の同時作業を実証	春作業を想定した耕起（リバーシブルプラウ）、砕土（ディスクハロー）、整地（ロータリハロー）、播種（ポテトプランタ）の一連の作業では4台のロボットトラクタを利用して同時無人作業を実施した。収穫作業ではポテトハーベスタのけん引および収穫後の圃場での整地作業の計3台のロボットトラクタで同時無人作業を実施し、連続作業が可能なることを確認した。	Wi-Fi HaLowを利用することによって複数のロボットトラクタの遠隔監視制御が可能であり、大規模畑作での実装と利用拡大の可能性が高いことを確認できた。

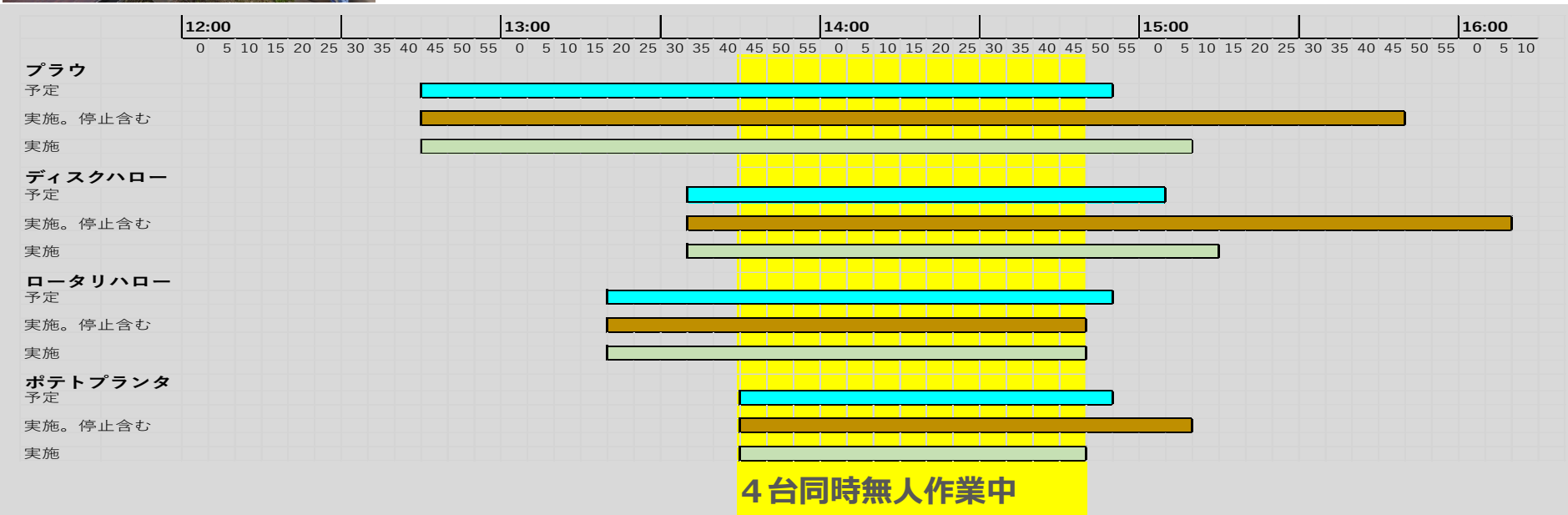
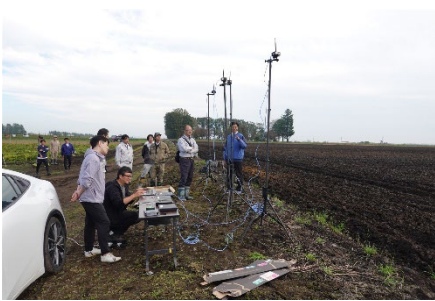
2 検証項目ごとの結果

a. 効果検証

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

Wi-Fi HaLowを利用した複数台ロボットトラクタによる馬鈴薯栽培の無人同時作業(模擬作業)

- ・春作業を想定したリバーシブルプラウ，ディスクハロー，ロータリハロー，ポテトプランタの4台同時作業
- ・秋作業を想定した収穫のポテトハーベスタ，収穫後圃場のディスクハロー，ロータリハローの3台同時作業



2 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)
クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ドローン映像解析	I ドローンを圃場上空、畝内の2パターンで飛行し、長いもの葉などを高画質なカメラで撮影する映像品質の検証	2024年 圃場の映像取得率が70%以上	圃場においてローカル5Gのカバーエリア(20Mbps以上をエリア内と設定)は60%であり、ローカル5Gのカバーエリア内では、問題なく映像を取得することが可能であることを確認できた。 また、電波スループットの目標値である4K30フレーム動画(15.8MB)の送信が可能であることを確認 ＜考え方＞ 4K 非圧縮：3840x2160x2byte=15.8MB 20Mbpsの1フレーム＝20Mbps/30枚＝83.3KB H.265の圧縮により15.8MBを83.3KB以下で送信 映像品質については当初想定した機材では十分な映像品質が得ることができずに異なる機材の撮影により映像品質を確保することができた。 ＜計算方法＞ 一辺540mの圃場面積＝291,600㎡ カバー外面積＝63,133㎡×2＝126,266㎡ 1-(126,266㎡÷291,600㎡)≒60%	・ローカル5Gのカバー率を向上させるためローカル5Gアンテナ性能の向上や、設置場所の検討が必要である。 ・また、映像品質については、今回動画を元にAIの判定を実施したが、映像品質を向上させるため、静止画での撮影やカメラ自体の性能向上を実施することが必要である。

② 検証項目ごとの結果

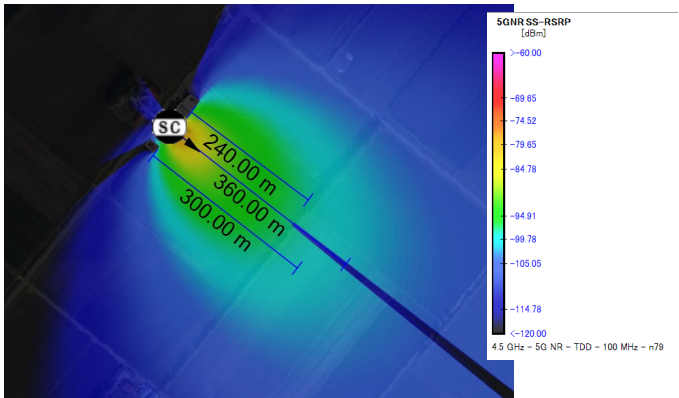
b. 技術検証（補足資料）

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

I ローカル5G試験結果

シミュレーションと圃場での電波強度の測定を実施し、シミュレーションとの差異を評価

引用：地理院地図 / GSI Maps | 国土地理院



シミュレーション図（水平面）



シミュレーション図（垂直面）



- 基地局設置場所
- カバーエリア
- 調整対象区域
- 測定点

*差分（シミュレーション値－実測値）

	測定点	RSRP実測値 [dBm]	RSRPシミュレーション値 [dBm]	差分* [dB]
上空/ 定点測定 高度4m	①	×	-123	—
	②	-118	-121	-3
	③	-115	-123	-8
	④	-109	-120	-11
	⑤	-120	-116.5	3.5
	⑥	-109	-112.1	-3.1
	⑦	×	-120	—

	測定点	RSRP実測値 [dBm]	RSRPシミュレーション値 [dBm]	差分* [dB]
上空/ 定点測定 高度30m	①	×	-120	—
	②	-119	-121	-2
	③	-114	-110.9	3.1
	④	-102	-119	-17
	⑤	-106	-108	-2
	⑥	-104	-103.7	0.3
	⑦	×	-123	—

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

2 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)
クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

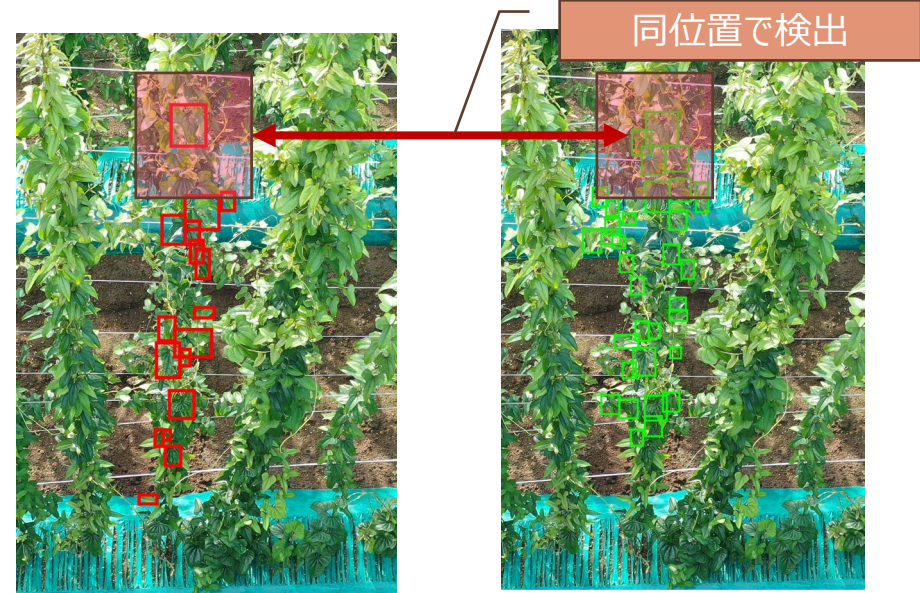
ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ドローン映像解析	II 撮影した映像からの罹病株判定の有効性検証	2024年 罹病株判定が70%以上	ドローン飛行による画像認識で映像内に写る株単位で70%の検出精度が得られることが確認できた。 一方で、白飛びしている状況については、検出割合が70%を下回ってしまった	検出精度70%を得られたが、撮影された全ての映像に対して適応できていない（太陽光による逆光等）ため、モデルの改善、モデルの学習用に有効な画像の生成を行う必要がある。

結果

株の条件		葉の見え方	検出割合(%)
複数の株	密集	白飛びあり	55%
		原色	75%
	散在	白飛びあり	60%
		原色	70%
単一の株	-	白飛びあり	65%
		原色	75%

検出が成功のイメージ



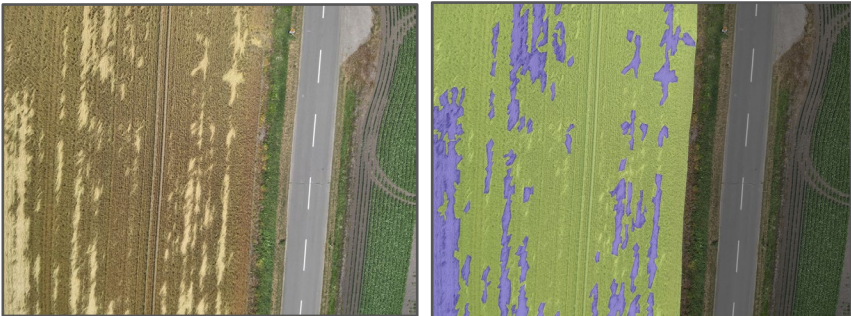
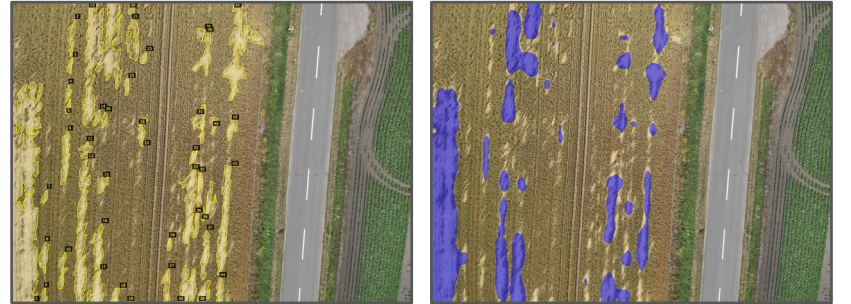
図：人目で病斑の特定の例

図：画像認識で病斑の特定の例

2 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察						
	項目	目標								
ドローン映像解析	Ⅲ 小麦の圃場を高画質なカメラで撮影し登熟度、倒伏の状態を判定	2024年登熟度、倒伏の状態を判定が70%以上	圃場においてドローンにより撮影映像からAIによる小麦の登熟度、倒伏の状態の判定を実施し、以下のような正解率を得ることが確認できた。 ■登熟度：判定率：81% ■倒伏：判定率：88%	登熟度、倒伏判定はいずれも目標を達成することができた。 今後は本技術を農業者に使用してもらうと供に以下の対策を実施するとさらなる判定精度向上が見込まれる。 －教師データの増強 単一年度のみのデータであるため、更なるデータ取得を行い学習のバリエーションを増やす －教師データの詳細化 サンプリングでの水分量測定結果は圃場に対して1つであるため、画像領域ごとの水分量を測定する等詳細化を行う －AIモデルの改良 今年度は高精度が見込める1つのモデルを選定したが、他にも多様なモデル（アルゴリズム）が存在。それぞれの判定結果を比較した上で最適なモデルを選定する －入力画像の細分化 入力画像を分割して学習・推定することで情報量の欠落を抑制する						
登熟度判定結果例			<table><tr><th>水分量 [%] (期待結果)</th><th>水分量 [%] (AI判定結果)</th><th>誤差 [%]</th></tr><tr><td>37.0</td><td>34.6</td><td>-2.4</td></tr></table>	水分量 [%] (期待結果)	水分量 [%] (AI判定結果)	誤差 [%]	37.0	34.6	-2.4	
水分量 [%] (期待結果)	水分量 [%] (AI判定結果)	誤差 [%]								
37.0	34.6	-2.4								
倒伏判定結果例			<table><tr><th>倒伏率 [%] (期待結果)</th><th>倒伏率 [%] (AI判定結果)</th></tr><tr><td>21.2</td><td>17.7</td></tr></table>	倒伏率 [%] (期待結果)	倒伏率 [%] (AI判定結果)	21.2	17.7			
倒伏率 [%] (期待結果)	倒伏率 [%] (AI判定結果)									
21.2	17.7									

※青紫色の部分が倒伏と判定された領域

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

2 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)
クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
Wi-Fi HaLow 通信距離と通信品質	I 通信性能の評価 送信機と受信機の距離を100～3000mの範囲で変化させWi-Fi HaLowとローカル5Gで通信可能距離と通信品質、伝送速度等を評価	2024年 通信性能の評価 ロボットトラクタの前後に取り付けられているビデオカメラ映像の品質低下や制御信号の遅延については、実証内容に影響がないこと。	ロボトラ4台同時制御実施可能。 映像（VGA/5fps）、および制御信号等の通信を確立し、4台同時制御を実現。 電波スループット目標値（1K30フレーム）には至らず	・複数台同時制御の実現に必要な通信品質の確立を実現 ・一方、ロボトラカメラ映像はVGA/5fpsで通常よりも品質を落としたため品質向上が課題も、人間を確認できる水準は確保できることを判断。ただし、通信状況により遅延、途切れが発生する場合があるため通信品質の向上が必要。 ・将来的な帯域拡大によるduty比10%制限の撤廃により、品質の向上が見込めるため、802.11ah推進協議会が検討している周波数再編の動向を注視する。並行して現時点での仕様における対策として、P.61記載の距離ごとのビットレートに応じたコーデック（H.264、H.265）を選定して映像圧縮を行う等の通信負荷軽減策の技術検証を次年度以降進める。
	I 遠隔監視制御 500mを超える隣接の大規模圃場で複数台のロボットトラクタの遠隔監視制御状態での作業性能の検証	2024年 遠隔監視制御 通信距離 500 ～ 1000m の状態で複数台のロボットトラクタを安定的に動作させる。	遠隔監視制御 通信距離100～500mの圃場において遠隔監視制御を実施した。ロボットトラクタの前後に取り付けられているビデオカメラの画質を標準モードで実施した結果、画質の大幅な劣化や切断、遅延が生じた。そこで、画像転送を低く設定した結果、遅延はあるものの利用可能状態となり、ロボットトラクタの連続作業が可能になった。	Wi-Fi HaLowの通信性能は距離が長くなると通信速度や品質が低下する。ロボットトラクタの制御に関しては通信量が少ないため特に問題にはならないが、ロボットトラクタの前後に取り付けられているビデオカメラ映像の転送容量に関しては今後の課題が残されたが、映像圧縮等の技術を検証する。
	II 馬鈴薯栽培における複数台のロボットトラクタによる同時作業 耕起、耕うん、砕土、整地、播種、覆土、収穫作業における複数台ロボットトラクタの同時作業を検証	2024年 複数台ロボットトラクタによる同時制御 ロボットトラクタは監視者が必要であり、労働コストを低くするため3台以上の同時作業について検証	馬鈴薯栽培を想定した耕起、砕土、整地、播種および収穫、整地での複数台のロボットトラクタの遠隔監視制御による同時無人作業を実施した。通信が多少途切れるもののロボットトラクタを制御する信号のデータ量は少ないため、安定した作業が可能であった。なお、作業時間等を試算した結果、慣行の5.0h/haから同時作業では1.5h/haに大幅に短縮されると推察された。	実証圃場は見通しも良く、平坦でしかも良好な天候であったため、Wi-Fi HaLowの安定した通信が行われ、複数台のロボットトラクタの同時無人作業が検証できた。しかし、断続的に通信が途切れ、画像転送の遅延や劣化が生じており、今後の周波数帯域の再編の動向により、通信環境の改善が望まれる。

② 検証項目ごとの結果

c. 運用検証

ソリューション		ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用		
ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ドローン映像解析	I 罹病株判定、登熟判定、倒伏判定について農作業に対するサービス満足度、導入意向を調査	2024年サービス満足度80%以上・導入意向50%以上	生産組合に対する事業説明（12/23）時にヒアリングを実施。今回の事象結果を見て頂き、批判的なコメントはなく今回のソリューションがあれば実際に使用したいという意見が多数あった。実装に向けて継続検証を期待している旨のコメントを頂いた。 ○サービス満足度93.7%（45/48）※欠席者（3名） ＜詳細＞ ・映像解析結果、結果の表示については好反応 ・ロボトラ複数台同時制御は生産性が大幅に向上することが期待できる ・作業の省力化、負担軽減につながるのでぜひ形にしてほしい など ○導入意向62.5%（30/48） ＜詳細＞ ・作業の負担は非常に重い課題。ぜひ導入を検討したい ・判定精度向上、罹病株判定結果の位置情報の精緻化要望 ・ロボトラは機械更新の際にはぜひ検討したい。 ・ロボトラは省力化に資する農機であり、操作性、利便性を見極めながら導入を検討している。 ・サービスの導入イメージがまだ湧いていない など	実際に農作業者に本ソリューションを使用いただき、問題点を抽出などを行い本ソリューションの価値を高めていけるよう、今後も同様な活動が必要と思われる。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

c. 運用検証

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
Wi-Fi HaLow 通信距離と通信品質	I 通信機器の設置運用 実証予定の通信機器はロボットトラクタ用にカスタマイズされたものではないため、機器形状、設置の容易性、動作時の利用等の運用に関する機能の検証	通信機器の設置運用 実証予定の通信機器は小型省電力で、取り扱いが容易で運用コストが安価であること。また、2時間以上の連続稼働が可能であること。	Wi-Fi HaLowの通信モジュールはロボットトラクタのアンテナ部分とアンドロイド端末のコントローラの間に設置する。その設置に当たってはロボットトラクタ側では多少の作業を必要とするもののおおよそ30分程度で完了した。コントローラ側もWi-Fiの接続先を変更する作業のみで簡単に作業が完了する。コントローラによるロボットトラクタの作業設定や制御等も現行のWi-Fiを利用しているアプリをそのまま利用できることから、利用上の問題は無い。しかし、 現段階ではコントローラ側のアンテナの高さや付属機器の形状がやや大きいのが難点である。 通信機器の予定価格は5万円/台程度と安価であり、通信料は不要である。また、連続稼働時間は2時間以上を達成した。	今回の実証試験では既存機器をそのまま利用して実験を行ったが、 通信モジュールの小型化、アンドロイドタブレットへの組み込みなどの小型化が必要である と思われた。通信機器の価格は安価でしかもランニングコストも不要で安価である。稼働時間がさらに必要な場合はバッテリーの容量を拡大するか、別電源の設置によって解決が可能になる。

ロボットトラクタ
遠隔監視制御による複数のロボットトラクタを利用した馬鈴薯栽培での作業性の評価

I ロボットトラクタの運用
ロボットトラクタの起動から運用開始までの時間、操作性、安定性、作業の確実性、作業手順、労働時間等、運用面全体の検証

ロボットトラクタの運用
馬鈴薯生産の耕起から播種、収穫に至る作業において複数台ロボットトラクタによる同時作業が安全にかつ確実にこなせることを検証する。また、ロボットトラクタへの代替として、労働時間45%の削減を目指す。

今回の馬鈴薯栽培での遠隔通信を利用した複数台のロボットトラクタによる春作業の耕起、砕土、整地、播種、覆土および秋作業の収穫、収穫後の整地作業において実際の馬鈴薯を対象とした実証試験を行うことができなかった。しかし、これらの作業を模擬的に複数台のロボットトラクタで安全にかつ確実に同時無人作業を行えることを実証した。ロボットトラクタへの作業機の取り付けや調整等は現行トラクタと同様であるが、春作業では4台が同時に、秋作業では3台が同時に作業できることを確認した。春作業の場合、隣接5ha、4圃場で試算すると、慣行が3日間、同時作業では1日に短縮され、投下労働量は慣行の6.5人時/haから3.0人時/haに54%削減できると推察された。また、農家一戸あたりの作業可能面積は20ha（5ha×4圃場）となった。

社会実装のためには、今後さらなる検証が必要ではあるが、Wi-Fi HaLowの長距離通信を利用して複数台のロボットトラクタを同時無人作業させることは十分可能である。**馬鈴薯栽培以外にも長いも、豆類、甜菜、小麦等への利用拡大、他の地域への横展開等も十分に期待できる。**

② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

4台のロボットトラクタを利用した耕うんから播種作業までの同時無人作業のシミュレーション

隣接の5ha,4圃場を想定

・1台で慣行作業 25.1h(3日) 作業人数5人

投下労働量 6.5人時/ha

・4台ロボットトラクタ同時無人

最長プラウ耕 7.4ha (1日)

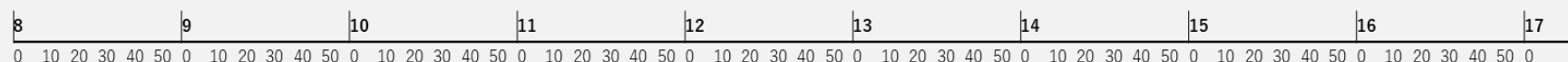
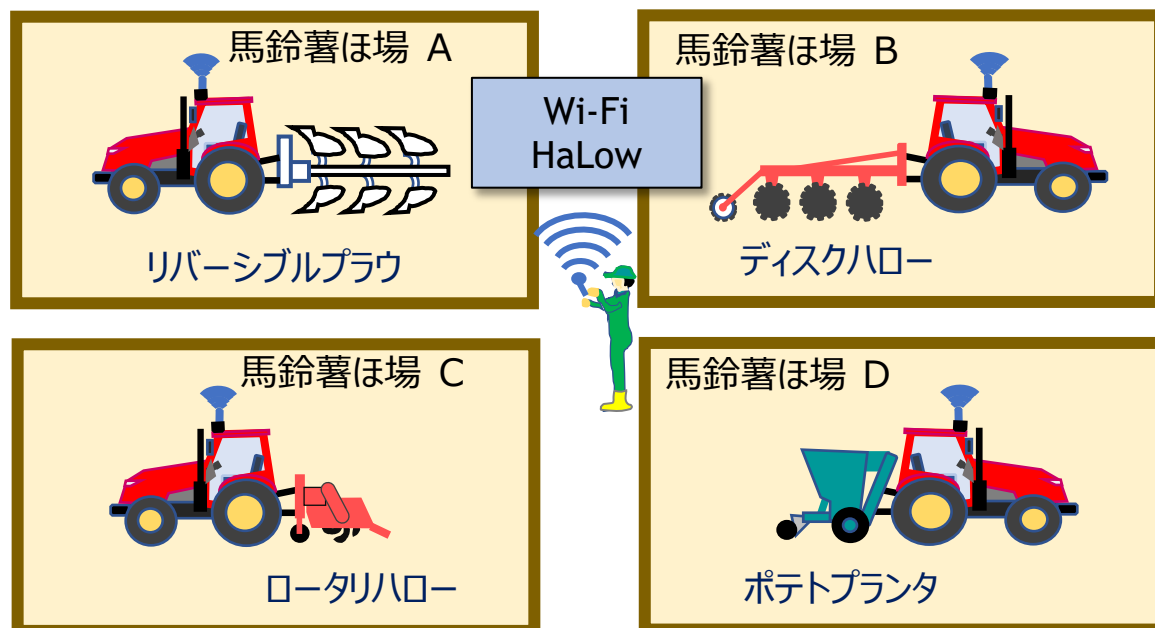
作業人数 2名 (監視と補給各1名)

投下労働量 3.0人時/ha -54%

作業人数 1名 (監視と補給1名)

投下労働量 1.5人時/ha -77%

リリ-ジョン ロボットトラクタの複数作業 (馬鈴薯)



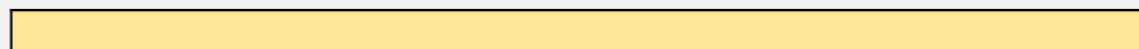
プラウ耕



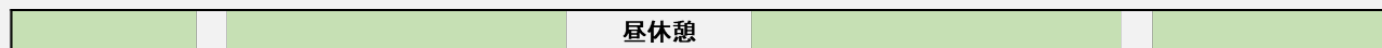
ディスクハロー耕



ロータリハロー耕



ポテトプランタ



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

③ 実装・横展開に向けた準備状況

	アクション	結果	得られた示唆・考察
実装に向けて	普及啓発活動の実施	R6.10.10 測量士会にて、帯広畜産大学が講演 R6.10.16 北海道農政事務所が現地視察し、コンソメンバーが取組みを説明 R6.11.13 現地実証視察会を実施し、コンソメンバーが農業関係者、地元高校生に取組みを説明 R6.12.23 JA帯広かわにしが組合員に対して、取組みや今後の展開について説明 R7. 3. 7 十勝農業機械化懇話会にて、コンソメンバーが十勝管内の農業関係者・生産者に向けて取組みを発表	・農業関係者、組合員、生産者といったエンドユーザーに対し、普及啓発活動を実施することで、本取組み認知度を高めるとともに、今後の実装への発展にスムーズに繋がるものと期待される。 ・学会や行政への普及啓発活動は、研究成果の共有に留まらず、参加者との交流が図られたことから、今後の実装・横展開に寄与するものとする。
	プレス発表、メディア掲載およびそれに伴う問い合わせ対応	現地実証や取組みをメディアに掲載 R6.11.14 日本農業新聞 R6.11.16 NHK北海道 https://www3.nhk.or.jp/sapporonews/20241016/7000070517.html R6.11.16 十勝毎日新聞 R6.12. 1 北海道新聞 R6.12. 2 日本農業新聞 R6.12. 9 総務省 地域社会DXナビ(WEB) https://dx-navi.soumu.go.jp/support_r6/digital_kiban/article/005 R6.12.28 北海道放送 (HBC) 「あぐり王国北海道NEXT」	・プレス発表、メディア掲載によって、幅広い層に本取組が認知された。 ・ただし、現在は実証段階における取組み報告に留まるため、具体的な横展開までには発展していない。 ・今後は、実装の取組み段階で、同様のアクションを起こすことで、確実に横展開へ繋げることが重要と考える。
横展開に向けて			

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

④ 実装・横展開に向けた課題および対応策

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

	課題	対応策	実現可能性	対応する団体名	対応時期
実装に向けて	病斑特定に関して全ての撮影条件には対応しておらず、太陽光による逆光などで検出率の低下が発生する	画像認識のモデルの精度向上のために、利用するアルゴリズムの改善、検出対象の画像を増やす(例: 時間帯を変える、撮影角度を変える等)	中	NTTドコモ、NECなどのメーカー	2025年
	ロボットカメラ映像の品質(遅延・途切れ)向上	・帯域拡大による品質向上に向け周波数再編の動向により改善が見込まれる。 ・現時点での仕様における対策として、映像圧縮等による通信負荷軽減策の検証① ・700m地点でビットレート改善が見られた要因として考えられる見通しを確保するためにアンテナ高の変更等を検討	中	・NEC	2025年以降
	・Wi-Fi HaLow通信モジュールの小型化、端末への組み込み	・屋外での可搬使用のため、IoTメーカーのアン드로이드端末等への組み込み②	—	・NECなどの電気通信メーカー	2028年
	・ロボットトラクタの対応作業の拡大	・畑作の多様な作業に対応する外部油圧の電子化、作業アプリの開発改良、安全確保ガイドラインの緩和③	—	・ヤンマーなどのトラクタメーカー	2028年
	・ロボットトラクタに対応する作業機の開発	・高精度自動作業に対応するIOSBUS等を利用した作業機の開発改良④	—	・東洋農機などの畑作作業機メーカー	2026年
	・ロボットトラクタに対応する圃場の形状や区画	・作業効率化のための変形圃場の改良、圃場周囲の障害物の解消⑤	—	・生産者、農協など	2026年
	・ロボットトラクタ利用に関する講習会の実施	・ロボットトラクタ等のスマート農業に関する実務者研修の実施⑥	—	・大学、普及機関、農協、農業機械メーカー	2025年
横展開に向けて	・生産者へのスマート農業、ロボットトラクタに関する認識が低い	・農業関係者への普及、研修会の開催	—	・大学、普及機関、農協、農業機械メーカー	2028年
	・農業機械の価格高騰	・ロボットトラクタ等の導入に関する費用対効果の実証試験と啓蒙普及活動、他の作物への利用拡大 ・現状の調査した範囲では、安価な海外製を含む自動操舵技術の開発が進んでいるものの作業機の自動昇降や停止には未対応であるため、現段階では無人トラクタの代用としての導入は困難と判断したが、導入コストの低減や費用対効果の向上を目指し、更なる調査を行う	—	・同上	2028年

1. 高: 実現可能性80%以上: ほぼ確実に実現できる状況であり、大きな障害が発生しない限り、現在想定している対応策で問題なく達成可能。
 中: 実現可能性50%程度: 想定外の課題が発生する可能性があり、対応策の有効性も未知数な部分があるため、成功と失敗の確率が拮抗している。
 低: 実現可能性20%程度: 対応策の具体化が進んでおらず、課題も多いため、現時点では実現に向けた道筋が明確でない状態

5 (参考) 実証視察会

a. 概要

開催場所（座学） 帯広市川西農業協同組合 本店 会議室（北海道帯広市川西町西2線6 1-1）
（現地） 帯広市基松町 生産者圃場

開催日時:2024年11月13日(水) 10時00分～11時30分

デモ項目	内容	備考
◆ ドローン映像解析による長いも罹病株判定・小麦登熟度・倒伏判定		
①ドローンによる映像転送デモ	ドローンからの高精細映像(4K)をローカル5G経由で映像受信PCに転送	現地デモ (作物収穫後のため、裸地での撮影)
②ドローンでの撮影、各判定のデモ（録画）	- 作物生育期でのドローン撮影状況 - 長いも罹病株の検出、位置特定および表示 - 小麦の登熟度・倒伏判定表示、収穫時期・水分予測	動画デモ (作物収穫後のため、実証時に撮影した動画を利用)
◆ 無人ロボットトラクタの複数台同時制御による馬鈴薯栽培		
①ロボットトラクタ4台複数制御デモ	ロボットトラクタ4台をWi-Fi HaLow経由で同時制御 Wi-Fi HaLowにより、長距離通信の実現	現地デモ (作物収穫後のため、裸地での模擬作業を含む)

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

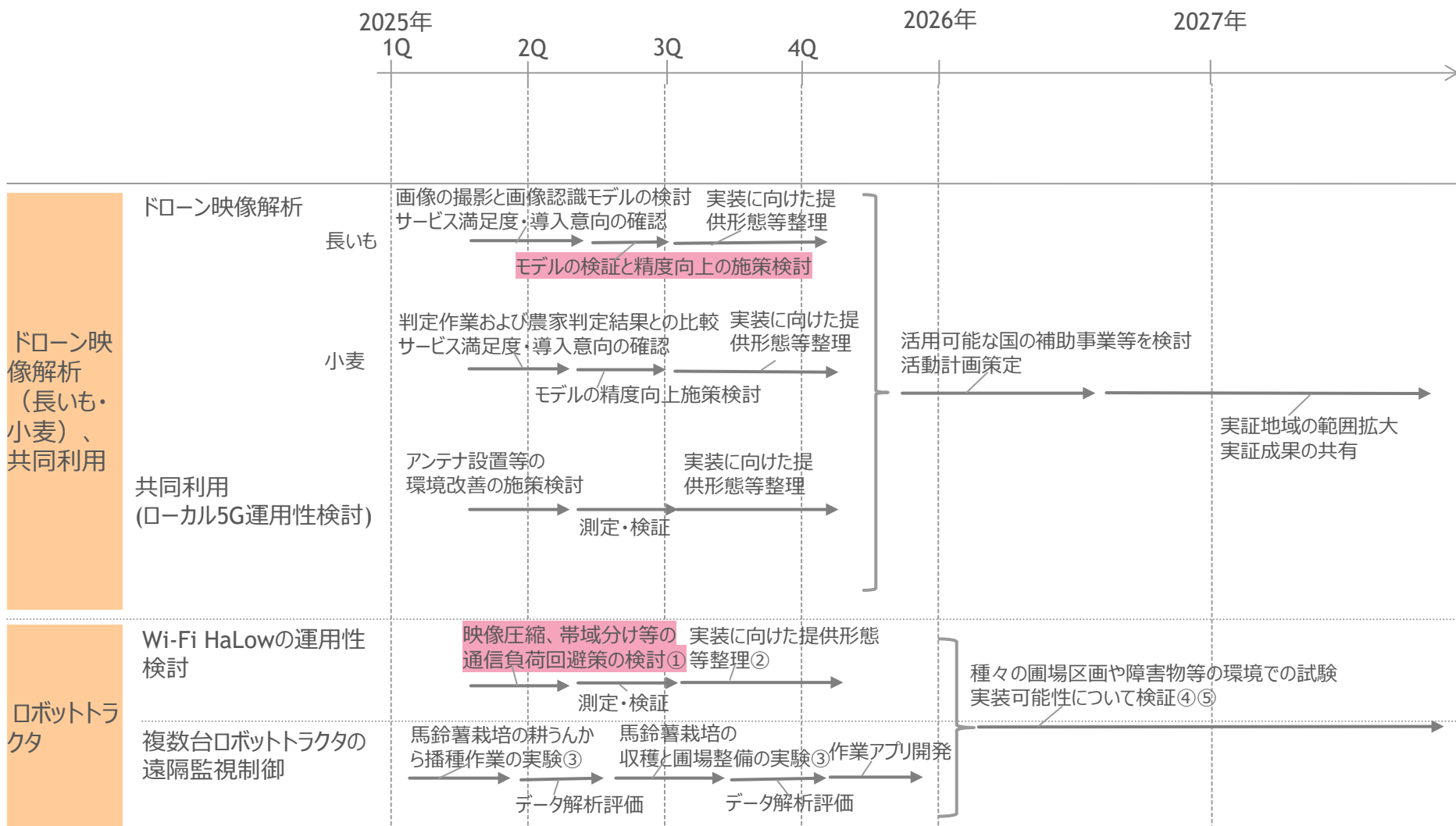
b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
◆ ドローン映像解析による長いも罹病株判定・小麦登熟度・倒伏判定			
ドローンはどの程度の風速まで飛行可能か。	今回使用している機体の公式数値としては、25m/sの風速試験が行われている。 また位置情報の補正にはトラクターにも使用されているGPS(RTK)を用いておりcm単位で制御できる。	—	—
ドローンの最高速度はどの程度か。	本機は10~15m/s(時速36~50km)程度である。	—	—
1回の充電で何分間飛行できるか。	本機は20分~25分の飛行が可能である。予備バッテリーを準備することで、飛行中の充電が可能となり、電池切れのリスクを解消できる。		
1回の飛行の撮影可能面積はどの程度か。	1回の飛行で道内の標準的な圃場区画(540m×540m=約29ha)の撮影が可能である。	—	—
罹病株判定時の飛行速度は。	現在は5m/sで実証試験を実施している。	—	—
◆ 無人ロボットトラクタの複数台同時制御による馬鈴薯栽培			
人や障害物が無人トラクタ付近にあった場合、自動停止するような制御はあるのか。	無人トラクタには、周囲の障害物を検知するセンサが搭載されており、人などが近づくと自動停止する制御システムとなっている。	—	—
無人トラクタの運転には免許取得など必要か。	正式な免許はないが、導入時にメーカーが使用方法や安全に関する使用者講習を行っており、ライセンスという形で提供している。	—	—

VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

a. 実装に向けた具体的計画



VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

b. 実装の体制

□ :実装の取組全体の責任団体

実施体制図



ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

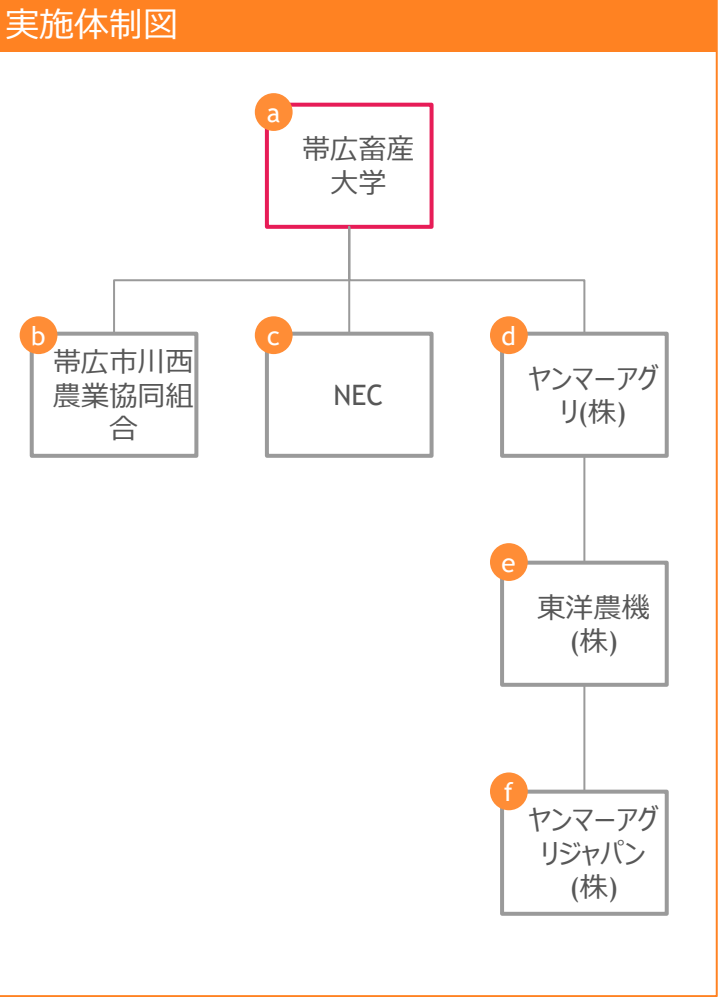
団体名	役割	リソース
a 帯広市川西農業協同組合	- 事業計画の立案 - 事業全般の管理・統括業務 - 全体とりまとめ - 農家との連携	3名
b 日本電気	- 各ソリューションの実装を推進・設計を実施 — 高精細映像転送 — 映像によるリアルタイム判定 — リアルタイム通知 — 共同利用	3名
j NTTコミュニケーションズ	- 映像によるリアルタイム判定ソリューションの開発・サービス提供 - リアルタイム通知ソリューションの開発・サービス提供	3名

VI 実装・横展開の計画

1 実装の計画

b. 実装の体制

□ :実装の取組全体の責任団体



ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

団体名	役割	リソース
a 帯広畜産大学	プロジェクトの全体管理、推進、評価、普及啓発活動	1名
b 帯広市川西農業協同組合	実装場所の提供、地域住民との合意形成	3名
c NEC	通信インフラ担当	3名
d ヤンマーアグリ(株)	ロボットトラクタの開発改良担当	3名
e 東洋農機(株)	作業機の開発改良担当	3名
f ヤンマーアグリジャパン(株)	ロボットトラクタ等の作業支援担当	3名

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

a. 横展開に向けた具体的計画



VI 実装・横展開の計画

2 横展開の計画

b. 横展開の体制

 :横展開の取組全体の責任団体



ソリューション ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

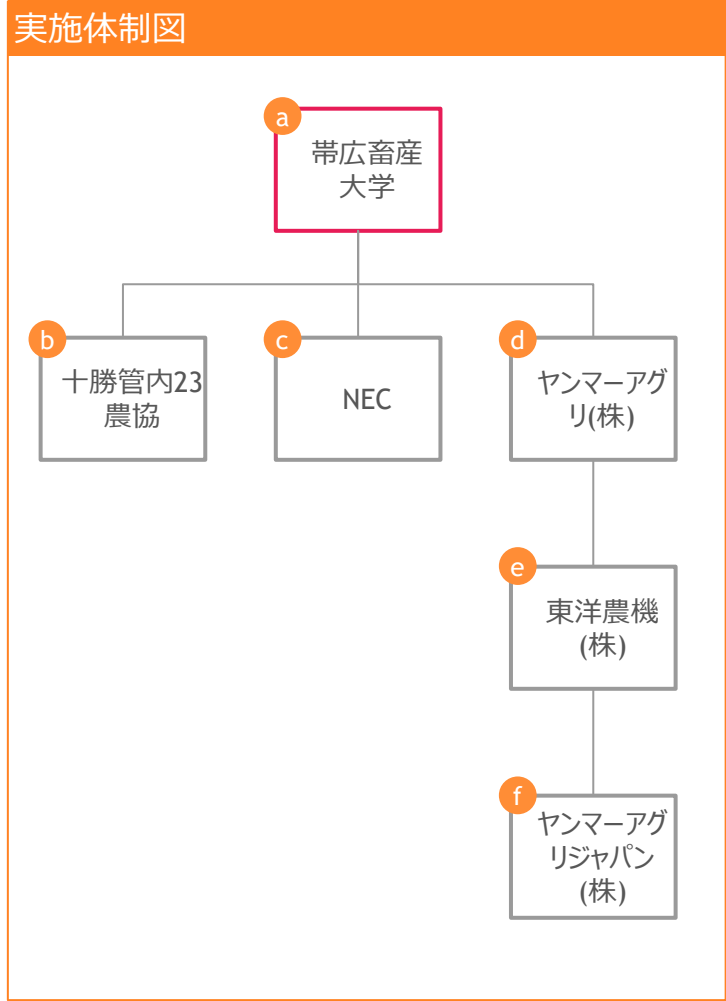
団体名	役割	リソース
a 帯広市川西農業協同組合	各地の生産組合へ、本サービスを勉強会等で紹介、奨励することで全国規模での展開	3名
生産組合	生産組合がサービス提供者となり、ソリューションに必要なローカル5G基地局及び機器の貸し出しとサービス提供を行う	

VI 実装・横展開の計画

2 横展開の計画

b. 横展開の体制

 :横展開の取組全体の責任団体



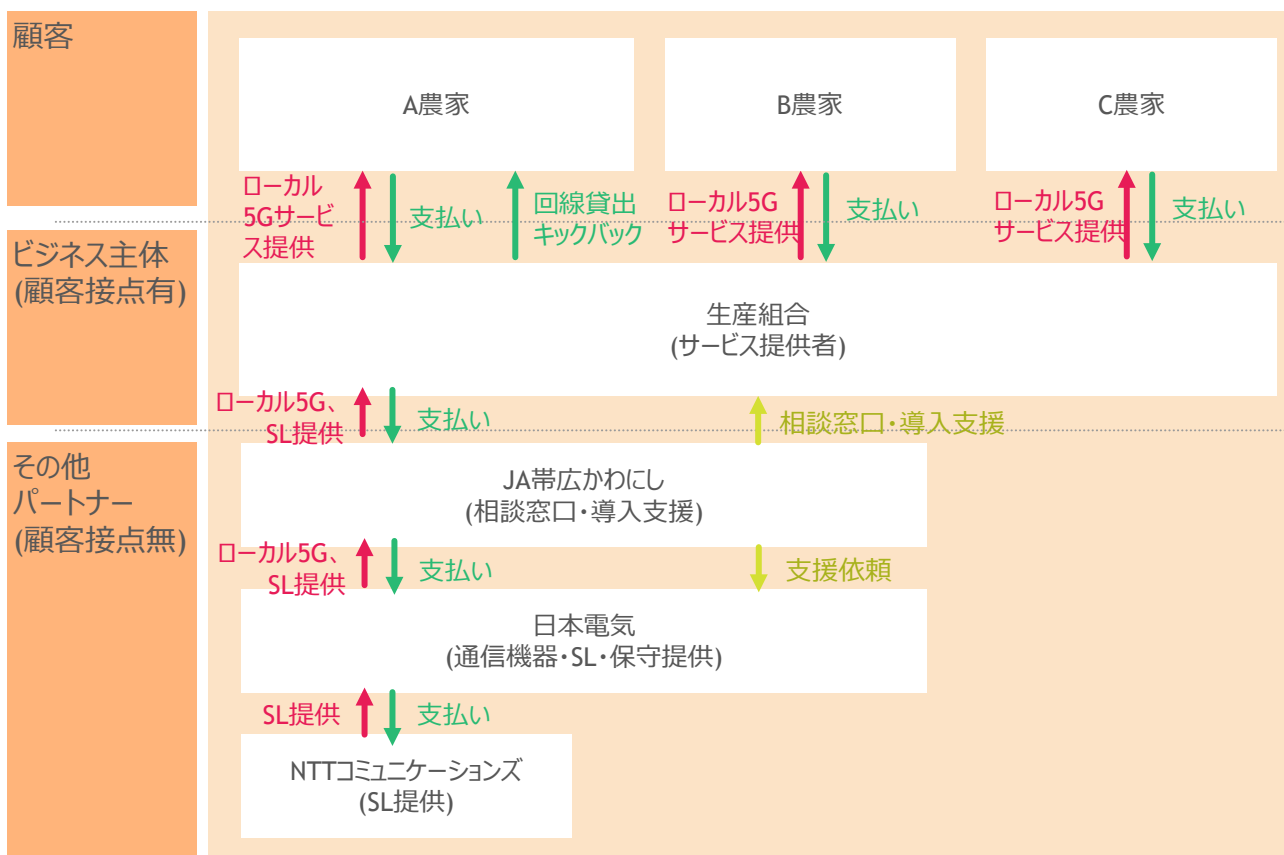
ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

団体名	役割	リソース
a 帯広畜産大学	プロジェクトの全体管理、推進、評価、普及啓発活動	1名
b 十勝管内23農協	実装場所の提供、地域住民との合意形成	
c NEC	通信インフラ担当	3名
d ヤンマーアグリ(株)	ロボットトラクタの開発改良担当	3名
e 東洋農機(株)	作業機の開発改良担当	3名
f ヤンマーアグリジャパン(株)	ロボットトラクタ等の作業支援担当	3名

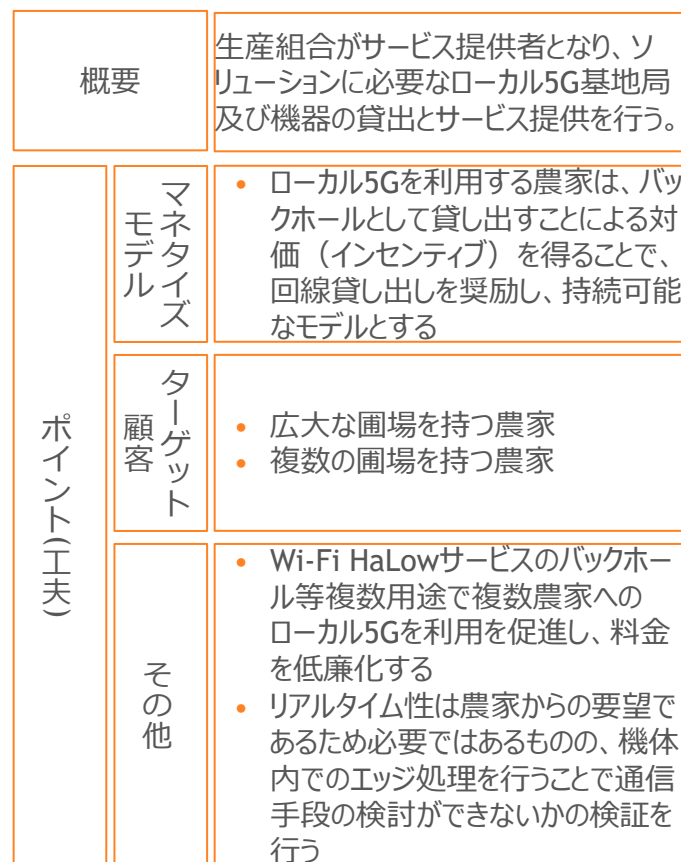
② 横展開の計画

- ← 商品・サービス
- ← お金
- ← その他(適宜記載)

ビジネスモデル図



ビジネスモデル図



VI 実装・横展開の計画

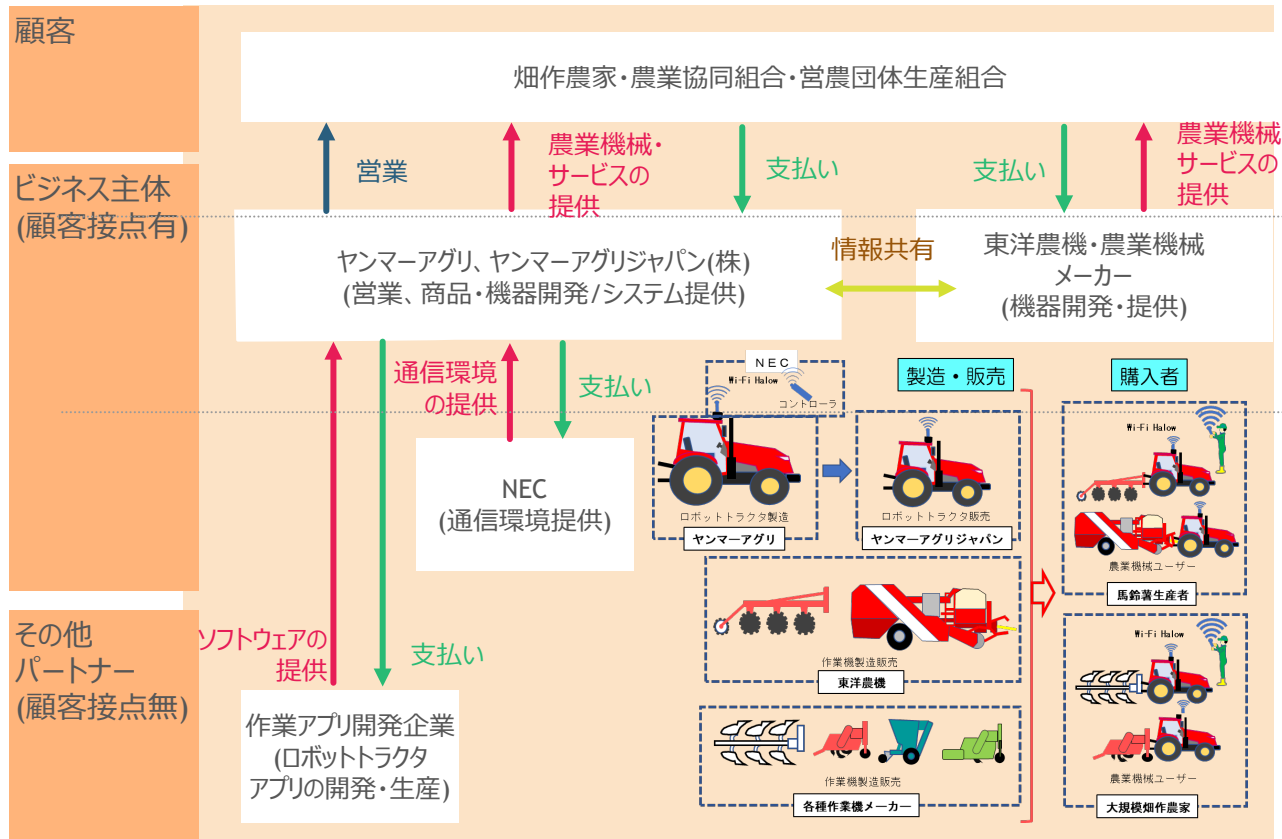
② 横展開の計画

c. ビジネスモデル

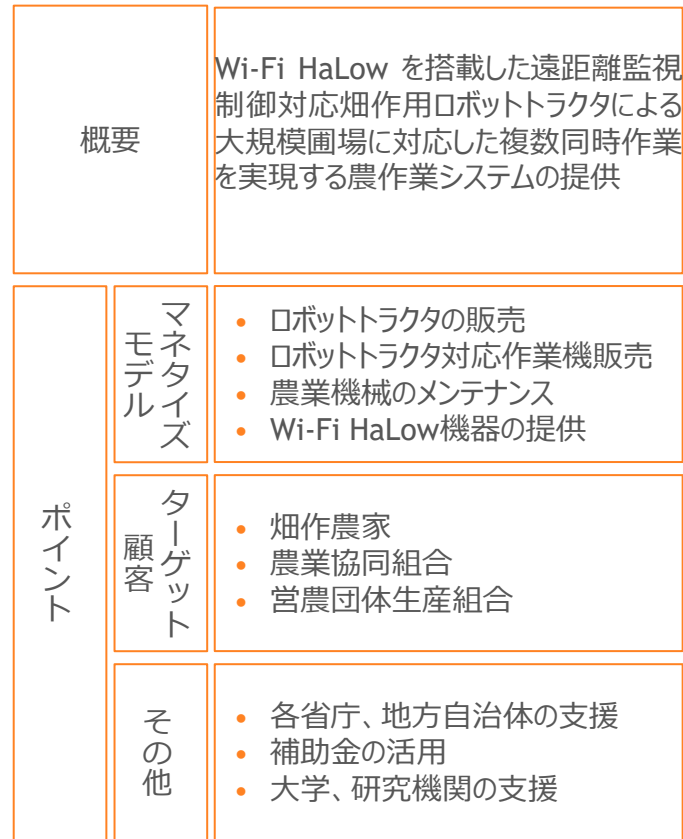
- ← 商品・サービス
- ← 営業(顧客向け)
- ← お金
- ← その他(適宜記載)

リユース ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

ビジネスモデル図



ビジネスモデル図



VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

d.投資の妥当性(顧客視点)

d.投資の妥当性(顧客視点)						顧客	ソリューション導入農家	ソリューション	ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用	
効果	定量	項目	金額	数量	計(金額)	投資の妥当性 (現時点見立て)	導入先 (支払元)	異常状態が検知できるのであれば、導入費用が高くても導入したい要望あり		
	定性	労働時間削減等	4,359,075円	1年	4,359,075円					
	スキル向上 高度なデータ管理 品質問題の削減	—	—	—						
費用	イニシャル	—	—	—	—	妥当性を高めるための目標	目標	導入に向けた農家様ご要望として、長いも罹病株判定について、罹病株位置の明確化、誘導方法の検討依頼あり。 ソリューション導入にあたっては、上記要望の実現が必要。		
	ランニング	回線利用料	12,000円	1年	12,000円					
	実装経費 計									12,000円

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

d. 投資の妥当性(顧客視点)

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	導入による直接的な収益はなし	0円	0	0円
		人件費の削減	1,425円/時	68h/ha 6.8ha/戸	65.9万円減
	定性	労働力不足への対応 労働時間短縮 新規農業参入者への啓発効果	— —	— —	— —
費用	イニシャル	農業機械導入経費 ロボットトラクタ	ロボットトラクタ 1,770万円/台	1台	1,770万円
		Wi-Fi HaLow	5万円	1台	5万円
	ランニング	RTK-GNSS補正信号 利用料	1万円/台	年契約	1万円
実装経費 計					1,776万円

顧客

ロボットトラクタ導入生産者

ソリューション

ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

大規模畑作では労働力不足が深刻であり、食料の安定生産が困難になりつつある。特に熟練したトラクタオペレータが不足しており、これらの作業を無人で行えるロボットトラクタへの期待が高まっている。トラクタ等の農業機械類は農業生産に必要な不可欠なものであり、機器導入による直接的な収益はさほど望めないが、農業機械は消耗品であるため、定期的な更新が必要である。

妥当性を高めるための目標

目標

10年ほど前からトラクタのハンドル操作を支援する自動操舵システムが大規模畑作地帯で普及している。しかし、このシステムはトラクタへの乗車が必須であることから、労働力の削減には繋がらない。近年、複雑な畑作作業を無人で行えるロボットトラクタが開発され、その期待が高まっている。大規模農業での雇用労働力の削減や新規就労者の確保などを考慮すると農業生産でのデジタル化は必須である。

アクション

近年、農業機械が高騰しており、3000万円/台を超える自動操舵トラクタが利用され、農業経営を圧迫している。十勝地方の平均的な生産者の粗収入は約7,000万円/年であり、農業機械の必要経費は10～20%と見積もられ、ロボットトラクタの償却費は1770万円/7年の253万円/年となり、十分に導入可能な経費である。また、ロボットトラクタは他の作物にも利用され、トラクタ更新時に導入を考えることで、さらにコストは分散されて縮小する。

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

d. 投資の妥当性(ビジネス主体視点)

ビジネス主体

生産組合

ソリューション

ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	回線利用料	12,000円	1年	12,000円
	定性	スキル向上 高度なデータ管理 品質問題の削減	— —	— —	— —
費用	イニシャル	ローカル5G基地局	1,424,000円	1台	1,424,000円
		ドローン	420,000円	1機	420,000円
	ランニング	保守料	1,000,000円	1年	1,000,000円
		サービス利用料	200,000円	1年	200,000円
		実装経費 計			

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

異常状態が検知できるのであれば、導入費用が高くても導入したい要望あり
生産組合員＝農家であり、顧客視点での導入効果を受けられる対象でもあるため、投資対効果を得られる（効果：労働時間削減等4,359,075円）

妥当性を高めるための目標

目標

導入に向けた農家様ご要望として、長いも罹病株判定について、罹病株位置の明確化、誘導方法の検討依頼あり。
ソリューション導入にあたっては、上記要望の実現が必要。

アクション

上記農家様要望の実現に向けては、次年度以降の継続した技術検証が必要。
他省庁事業等の活用も視野に更なる実証を実施予定。

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

d. 投資の妥当性(ビジネス主体視点)

ビジネス主体 ヤンマーアグリジャパン

ソリューション ロボットトラクタの複数作業（馬鈴薯）

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	Wi-Fi HaLow対応ロボットトラクタ売上	17,700,000円/台	5	88,500,000円
	定性	ICTを利用するため若者の新規就農への期待	—	—	—
		トラクタ乗車に伴う健康被害の減少	—	—	—
費用	イニシャル	—	—	—	—
	ランニング	—	—	—	—
実装経費 計				—	

投資の妥当性 (現時点見立て)	導入先 (支払元)	現在ロボットトラクタは全国で約300台ほど導入されているが、北海道の大規模畑作地帯では普及が遅れている。近年、畑作用のロボットトラクタとしての研究開発が進み、期待が膨らんでいる。また、海外製のロボットトラクタはほとんど市販化されておらず、わが国のロボットトラクタは世界を先行している。
	目標	北海道の大規模畑作地帯では海外製の大型トラクタが一般的である。しかし、近年の円安や紛争により、価格が急騰しており、1台3000万円から1億円を超えるトラクタが発売されている。しかし、本実証で導入を予定しているトラクタは馬力は114馬力と多少小さいものの価格は1770万円と極めて安価であり、十勝のような大規模農業では導入が容易であると思われる。
妥当性を高めるための目標	アクション	十勝地方では平均数台のトラクタを所有しており、税法上の耐用年数は7年である。そのため、1.5年ごとにトラクタを買い替える計算になるが、更新時に海外製のトラクタから提案のロボットトラクタに買い替えることによって、安価に導入できると言える。

3 資金計画

		ソリューション	
		ドローン映像解析（長いも・小麦）、共同利用	
		2025年度	2026年度
費用	イニシャル	80,000,000円	1,844,000円
	ランニング	—	1,200,000円
	小計	80,000,000円	3,044,000円
資金調達方法	省庁補助金（総務省・国交省・農水省・デジタル庁等）・自治体	50,000,000円	—
	自己投資	製品検討：30,000,000円	自己投資を予定

3 資金計画

顧客 ロボットトラクタ導入生産者

		2025年度	2026年度
費用	イニシャル	30,000,000円	2,350,000円
	ランニング	0円	80,000円
	小計	30,000,000円	2,430,000円
資金調達方法	省庁補助金（総務省・国交省・農水省・デジタル庁等）・自治体	20,000,000円	—
	自己資金	製品検討：10,000,000円	自己投資を予定

VII 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項	反映状況	反映 ページ
生産組合に対しての販売主体がどういう組織になるのか、JAとしてのマネタイズをどう行うのかに関しては、いつまでにどう決めるのか	生産組合に対してJA帯広かわにしが窓口となり、ローカル5G機器およびSLの提供を行うことで収益を得る。	P.82
ドローンの罹病株判定においてL5Gコストが大きい(過半を占める)が即時性を重視する必要がどの程度あるのか、用いる通信手段に関しても改めて検討	リアルタイム性は農家からの要望であるため必要ではあるものの、機体内でのエッジ処理を行うことで通信手段の検討が行えないかの検証を行う（R7年度地域DXパッケージ事業活用を検討中）	P.82
ロボットはかなり大規模な農地を持つ団体にのみニーズが存在するソリューションであるとの認識だが、どのような団体に、どのように展開するのかを詳細に検討	十勝地方は農家一戸当たりの耕地面積は45haであり、本州の小規模水田農業と大きく異なる。また、この地域では馬鈴薯栽培の機械化は広く浸透しており、ロボットトラクタ等の導入は比較的容易である。今回のロボットトラクタを導入して同時無人作業を行う、ソリューションは導入コストよりもメーカー側の市販化が重要な展開に繋がると思われる。	

VII 指摘事項に対する反映状況

② 書面審査での指摘事項に対する反映状況

指摘事項	反映状況	反映 ページ
	内容	
Wi-Fi HaLowにおける課題（duty10%）については、課題の言及にとどまらず、どうすれば改善できるかの観点を記載すること	802.11ah推進協議会が検討している周波数再編の動向を注視する。 並行して現時点での仕様における対策として、P.61記載の距離ごとのビットレートに応じたコーデック（H.264、H.265）を選定して映像圧縮を行う等の通信負荷軽減策の技術検証を次年度以降進める。	P.61 P.68 P.73
自動操舵の後付けによるコスト削減の実現予知も検討すること	現状の調査した範囲では、安価な海外製を含む自動操舵技術の開発が進んでいるものの作業機の自動昇降や停止には未対応であるため、現段階では無人トラクタの代用としての導入は困難と判断したが、導入コストの低減や費用対効果の向上を目指し、更なる調査を行う	P.73

VII 指摘事項に対する反映状況

② 書面審査での指摘事項に対する反映状況

指摘事項	反映状況	反映 ページ
可能ならば、どのような方法で「さらに判定率を高める」のか記述してほしい。白飛びを防止するため時間帯を変えた撮影？	時間帯を変える、撮影角度を変える等が考えられるが、方法については現地にて複数パターンを試行して決定できればと考えており、今後の検討とさせていただきます。	—
Wi-Fi Halowの通信距離が目標未達になっているものと思うが今後の横展開などに向けて改善可能性はあるのか？もしくは別通信システムの利用が必須となるのか？	制御通信といったデータ量が少ないものについては1kmまで通信可能であることを確認したため、現状は他通信方式の活用は考えておりません。 他ページにも記載の狭帯域でも映像伝送を実現する映像圧縮技術等の技術検証を実施するとともに、アンテナ高の変更等による改善も可能かの検証を進めていければと考えております。	—
映像伝送が可能となる可能性について言及しているがその条件はどのようなものかを明確にしてほしい	映像伝送が可能であることを確認できた400m以内のビットレートと近い値が700m地点でも測定できているため、映像伝送が可能である可能性について記載しております。 (実際に700m地点での映像伝送実施可否は今回未実証)	—