

令和6年度 地域デジタル基盤活用推進事業 (実証事業)

“Wi-Fi HaLow、Starlinkを活用した林業機械 の遠隔操作化および現場モニタリングの実証” 成果報告書

2025年3月14日
古野電気株式会社

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	…P11		
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	…P13		
b.	設置場所・基地局等	…P14		
c.	設備・機器等の概要	…P15		
d.	許認可等の状況	…P16		
3.	ソリューション等の採用理由			
a.	地域課題への有効性	…P17		
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	…P19		
c.	無線通信技術の優位性	…P21		
4.	費用対効果			
a.	ソリューションの費用対効果	…P22		
b.	導入・運用コスト引き下げの工夫	…P25		
IV.	実施計画			
1.	計画概要	…P26		
2.	検証項目・方法		実証	
a.	効果検証	…P27		
b.	技術検証	…P29		
c.	運用検証	…P30		
3.	スケジュール	…P31		
4.	リスクと対応策	…P32		
5.	PDCAの実施方法	…P33	実証・実装・ 横展開	
6.	実施体制	…P34		
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)	…P35		
2.	検証項目ごとの結果	…P36		
3.	実装・横展開に向けた準備状況	…P40		
4.	実装・横展開に向けた課題および対応策	…P41		
5.	(参考) 実証視察会			
a.	概要	…P43		
b.	質問事項と対応方針	…P44		
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	…P45		
b.	実装の体制	…P46		
c.	ソリューション(変更点)	…P47		
2.	横展開の計画			
a.	横展開に向けた具体的計画	…P51		
b.	横展開の体制	…P52		
c.	ビジネスモデル	…P53		
d.	投資の妥当性	…P54		
3.	資金計画	…P56		
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	…P57		
2.	書面審査での指摘事項に対する反映状況	…P58		

1 地域の現状

徳島県那賀町



特徴

那賀町は徳島県の南部に位置し、北西部には四国山地、南部には海部山脈などを配しており、標高1,000メートル以上の山々に囲まれ、地域の9割以上が森林の中山間地域です。

人口

総数

7,367人 (2020年10月)

構成

0～14歳: 559人
15～64歳: 2,981人
65歳～: 3,808人

主要産業

【農業】
相生晩茶、木頭ゆず、わじきイチゴ
【林業】
木頭杉

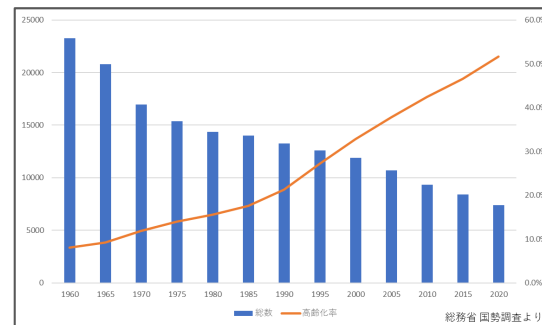
地域の現状の詳細

内容

A 高齢化の進行

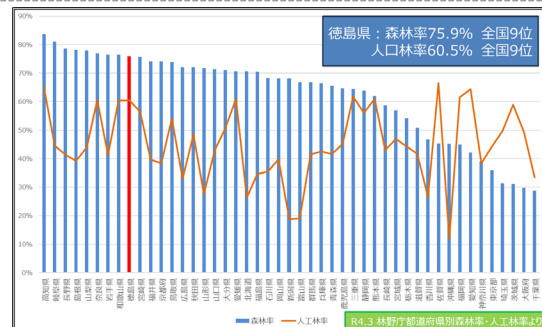
- 2020年国勢調査によると、人口は7,367人であり、2015年と比較すると12.3%減少している。
- 特に高齢者人口の増加が著しく、人口の51.7%が65歳以上となっており、生産年齢人口の減少が深刻である。(2015年は46.6%)

地域状況をイメージできるグラフ・図・表



B 基幹産業は林業

- 徳島県は全国9位の森林率であり、全国的に見ても森林の多い県である。中でも那賀町は全面積の95%が森林であり、森林資源に恵まれている。伐採時期に達した木材を如何に生産し、活用するかが課題である。



C 降雨量が多い

- 太平洋気候帯に属し、山間地であるため、沿岸部に比べると気温の変動が大きく、剣山山脈の南側に位置するため、平均降水量は徳島県内で最も多く、2013～2022年の平均降水量は3,438mmであり、日本の平均降水量の倍程度の降水量である。また、森林の成長、特に杉人工林に適した地域である。

年	2013	2014	2015	2016	2017
降水量 (mm)	2,566	3,597	3,240	3,082	3,032

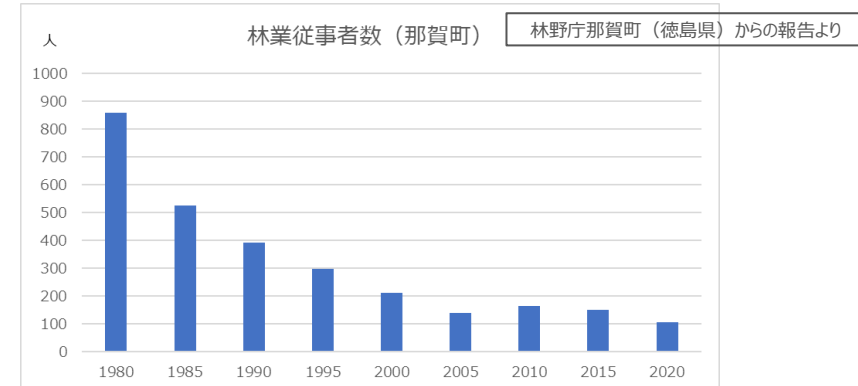
年	2018	2019	2020	2021	2022	平均
降水量 (mm)	5,016	4,186	3,837	3,357	2517	3,438

徳島地方気象台資料より

2 地域の抱えている課題

課題	
対象者	内容
a 林業従事者	林業従事者の減少 少子高齢化とともに林業従事者数は2020年では106人まで減少し、それに伴い、木材生産量も減少し、深刻な問題となっている。町が主体となり、新規移住者の斡旋・補助を進めているものの、「きつい・危険・高コスト」の3K産業と呼ばれる林業では、そのイメージから担い手の確保が困難を極めている。
b 林業従事者	ICT機器配備の遅れ - 他地域と比較し、急峻な地形を呈する那賀町はICTの活用により、作業の効率化、省人化が求められているが、モバイル環境がない現場が多いという地域特性上、配備が進まない課題がある。 - 次頁に記載通り、作業効率化、省人化に向け、ICT機器を活用した実証に取り組んできたが、いずれも成功には至っておらず、継続課題となっている。
c 林業従事者 山間部に住む住民	災害リスク - 雨天時の林業現場は足場が悪く滑って重大事故につながる危険があり、作業が出来ない。徳島県内で最も降水量が多く、雨天が多いため、通常の急峻な地形による作業リスクに加えて、雨に起因する災害リスクも多く存在する。加えて、近年多発している線状降水帯やゲリラ豪雨に起因する土砂災害・山地災害のリスクも高い。 - 災害リスクを回避すべく、ICT機器を活用した取り組みを進めたいが、前項の課題があり、進んでいない。

イメージ



3 これまでの取組状況

	2017～2018年度	2019～2021年度	2022年度
取組概要	- 架線集材方法の改革に向けた検討会を立上げ。 - 既存の架線式グラップルを使い、グラップルの操作性や映像伝送などの課題解決に向けた実証を開始。	- 前年の課題解決に向け、那賀町独自の架線式グラップル開発に着手。 - 重量やリモコン操作自動切り替えなど課題解決を進めた。	- 映像伝送機能の確立に向け、Wi-Fiおよびその他通信手段の検討を開始。 - 強度アップ、旋回機能の追加に取り組んだ。
成果	実証により、課題を明確化する事ができ、その結果、那賀地域素材生産量拡大に向けた協議会の設置へ繋がり、独自の架線式グラップルの開発へと取り組みを前進させることができた。	ウインチ内蔵型的那賀町独自の架線式グラップル実証機を制作することができた。また、独自のグラップルはリモコンによる切り替えが可能となった。	独自の架線式グラップルの改良に着手し、集材効率の向上、大径木の運搬が可能となった。また、旋回機能の追加も着実に進んだ。
見えてきた課題	- 映像伝送では追尾ドローンやアクションカメラで実証したが、映像が見づらく、遠隔操作できるレベルには至らなかったため、映像伝送機能の確立が継続課題となった。 - グラップルの軽量化、リモコン操作の自動切り替え一体化が必要などグラップル改良の課題が見えてきた。	- グラップルの改良に注力し、映像伝送の実証ができなかったため、機能の確立が継続課題となった。 - 更なる軽量化、グラップル本体の強度の改良が課題となった。また、木材を掴む際の旋回機能を新たに追加する必要があるという課題も新たに見えてきた。	- 送受信距離や電波環境の問題から一般的なWi-Fiやトランスミッターでは映像伝送機能の構築が難しく、別手段での確立が課題となった。 - グラップル本体の更なる強度改良の課題が見えてきた。
事業名	林業・木材産業成長産業化促進対策交付金 (林野庁 2018～2022)		

II 目指す姿

① 将来的に目指す姿

“集材作業における労働環境の整備・収益向上” “林業の3Kイメージからの脱却” “林業従事者希望者の増加、定着率向上”がこれからの林業現場の目指す姿である。しかし、現状の地域課題として、「従事者不足」「モバイル通信圏外を要因としたICT機器配備の遅れ」「災害リスク」がある。当ソリューションの導入により、通信圏外でのICT機器配備。遠隔操作による伐採場の省人化と現場モニタリングシステムによる各種災害リスク逡減を実現させる。また、これらによる安全性の向上および省人化により、新規林業従事者の増加、定着率向上、女性でも働ける環境の構築を行うことで、慢性的な課題である従事者不足の解消を図る。

現状の課題

モバイルが圏外



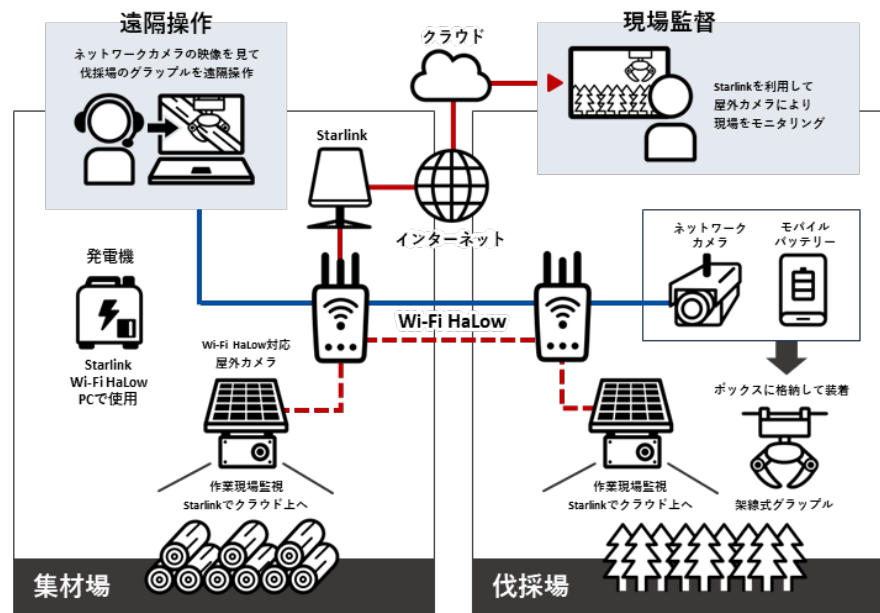
現場の人員不足



危険な林業現場



実証により実現

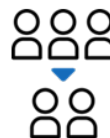


達成・期待される効果

通信環境を整え
カメラ映像で
現場をモニタリング



作業の効率化や
遠隔操作で
現場を省力化



遠隔操作による
現場の安全性の確保
負担軽減



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

2024

実証

遠隔操作

ネットワークカメラの映像を見て
伐採場のグラブを遠隔操作



現場監督



Starlinkを利用して
屋外カメラにより
現場をモニタリング

2025

実装・横展開

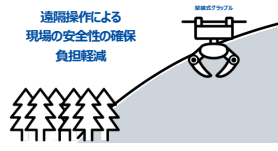
通信環境を整え
カメラ映像で
現場をモニタリング



作業の効率化や
遠隔操作で
現場を省人化



遠隔操作による
現場の安全性の確保
負担軽減

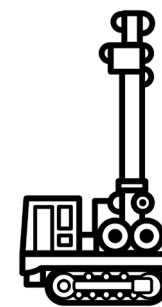


2026~2027

横展開・他林業機械への応用



架線式グラブ



タワーヤーダー

架線式グラブの遠隔操作化の実証

- 遠隔操作化の検証
- 現場およびバックオフィス監視の運用体制の確認

架線式グラブへの実装・横展開

- 実証現場への実装
- 徳島県下の架線式グラブ導入現場（3ヶ所）への遠隔操作システム、現場モニタリングシステムの実装

岐阜県等への横展開

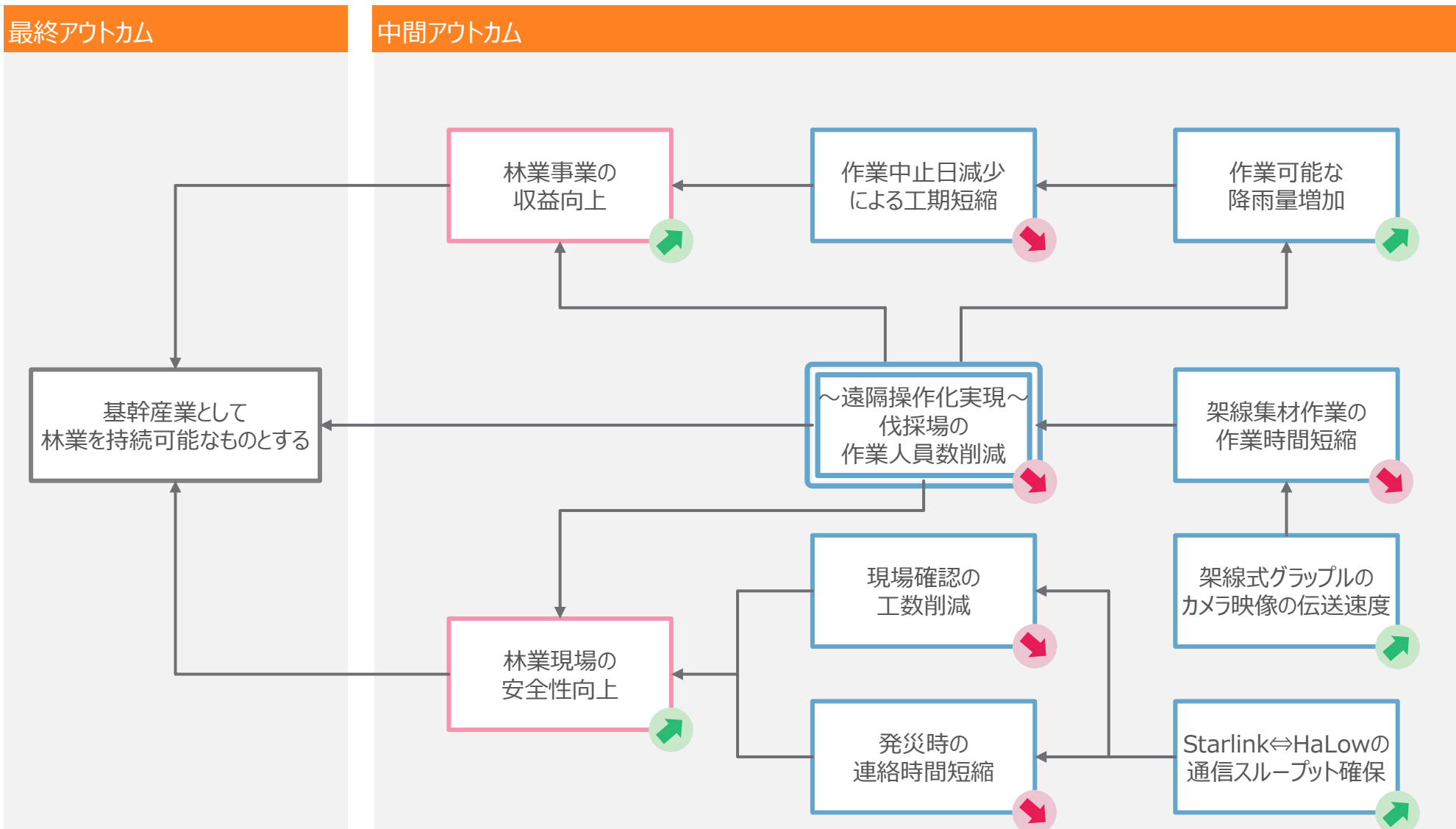
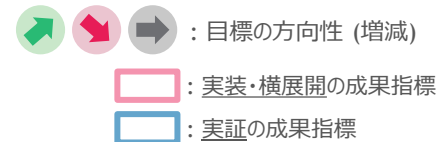
- 岐阜県など、他県へ遠隔操作システム、現場モニタリングシステムを横展開、実装を図る。

タワーヤーダーへの横展開

- タワーヤーダーの荷掛け作業にもグラブを利用し、遠隔操作化を実現する。

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
林業事業の 収益向上	・従事者人件費なし ・雨天中止による損失133万円	・従事者人件費400万円削減 ・雨天時実施による収益増加133万円	・伐採場の作業員1名の削減が達成できた場合、人件費削減による収益向上が見込まれるため、目標に設定。 ・16日間工期を短縮した場合の収益効果を算出（一現場83千円/日の費用がかかる）	・導入前と導入後の人件費含む現場費用/年を比較し、目標値に達しているかを検証。
林業現場の 安全性向上	・ヒヤリハット件数10件/年 ・なし	・ヒヤリハット件数0件 ・心理的安全性の向上	・現状の架線集材作業におけるヒヤリハット件数を遠隔操作化することにより省人化することで、0件とすることを目標にする。 ・定性目標ではあるが、危険な作業が省人化されるため、心理的安全性が向上する。	・従事者からヒアリングを行い、毎月のヒヤリハット件数を測定。ヒヤリハットの判断は現場従事者の判断 ・作業員にアンケートを実施し、導入前と導入後を比較する。

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
～遠隔操作化実現～ 伐採場の 作業人員数削減	1名	0名	現状伐採場には1名がグラップルで木材を掴む工程の作業を実施しているが、集材場にいる作業員の遠隔操作化により、この1名を省人化するため。	次項の伝送速度および次々項の作業時間短縮が達成できれば、本アウトカムも達成となる。
架線式グラップルの カメラ映像の伝送速度	なし	映像時差 2秒以内	グラップルは動作速度が遅く、遠隔操作でのリアルタイム性が厳しく求められるものではないため、現場作業員からヒアリングした結果から、映像時差は2秒以内とする。	モニター投影映像と作業の時差を時計等を使用し、計測する。
架線集材作業の 作業時間短縮	荷掛け作業 8分	荷掛け作業 8分以内	現状2名体制で実施している架線集材作業にかかる時間はおおよそ8分であるが、1名に省人化したとしても、作業時間が伸びるのは非効率であるため、同等以下を目標値とする。	木材の荷掛け1回あたりの作業時間を新工法と旧工法で比較計測する。
作業可能な 降雨量増加	1mm/h以下	5mm/h以下	現状架線集材においてはグラップルで掴んだ木が滑り落ちる、伐採場の作業員がぬかるんだ地面に足を取られる可能性のため、1mm/hの雨でも作業を中止している。伐採場の作業員の省人化により、上記危険が人に及ばないため、グラップルが木を掴める基準の5mm/h程度の雨まで作業が実施可能だろうとして設定。	作業中止した日の雨量を天気予報の数値を基に計測する。

Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

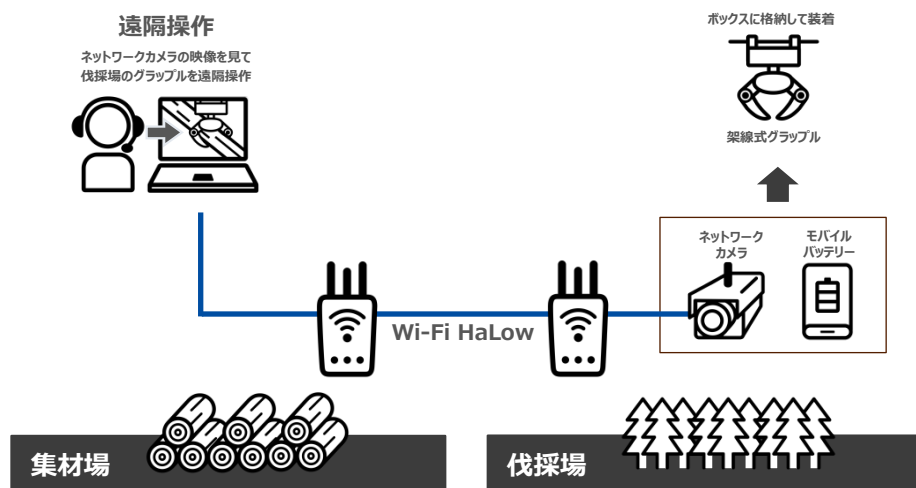
b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

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
作業中止日減少 による工期短縮	中止日24日	中止日8日以下 16日間以上の 工期短縮	前項の作業可能な降雨量増加により、作業中止は減少するため、16日間工期を短縮できると設定。台風や豪雨なども考えられるため、8日間は中止日が存在すると仮定している。	作業中止日を計測し、工期予定から何日間短縮できたかを計測。
Starlink⇔Wi-Fi HaLowの 通信スループット確保	なし	250kbps	小型ワイヤレスカメラによる撮影画像をクラウド上にアップロードするために最低限必要なスループットを設定。本目標値は使用するカメラの仕様上必要な基準であり、実際の作業現場と同じ通信距離(800m)での平野での通信は実証済。現場作業中の実証を行う。	画像伝送が可能なスループットを実作業中に計測する。
現場確認の 工数削減	現場監視工数 16時間/月 (2日/月)	現場監視工数 10時間/月 (20日/月)	現状月2回程度現場に赴いて目視で確認しており、確認作業を事務所からクラウド上で毎日0.5時間(月20日)確認したとして算出。現場確認時間は現状でも1現場あたり0.5時間程度と検査には十分な時間。現状値は現場へ赴く移動時間等も含めている。	事務所からクラウド上で確認する時間を1ヶ月毎に計測。運用に問題がないかも検証。 (運用面の確認項目：画像確認の操作のしやすさ、操作時間、確認項目をカメラで確認可能か)
発災時の 連絡時間短縮	40分	10分以内	発災確認(労働災害・気象災害どちらも)から、消防救急・現場事務所等への連絡時間を実証構成から想定。モバイル通信圏外を前提とする。	実証内で、連絡実験を実施。時間を比較計測する。

①ソリューションの概要

ソリューションの概要

- Wi-Fi HaLowによる架線式グラップルの遠隔操作化
本ソリューションでは架線集材現場で使用される架線式グラップルにWi-Fi HaLowのアクセスポイントおよびIPカメラを取り付け、集材場にあるアクセスポイントを通してモニターに投影する。アクセスポイント同士はローカルネットワークで接続するため、モバイル通信環境は不問である。（下記図）



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- 伐採場の作業人員数削減
- 架線式グラップルのカメラ映像の伝送速度
- 架線集材作業の作業時間短縮
- 作業可能な降雨量増加
- 作業中止日減少による工期短縮

定性アウトカム

- 現場作業員の心理的安全性の向上

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 架線式グラップルの遠隔操作化
- これまでの架線式グラップルの荷掛け作業（木材を掴む）は急勾配な斜面に作業員を配備し、木材とできるだけ近い距離でグラップルをリモコン操作し、行っていた。本実証の遠隔操作化では集材場のプロセッサやテント内から伐採場のグラップルを遠隔操作できるため、荷掛け作業の省人化、安全性の確保を実現することができる。
- 徳島県那賀町の林業従事者は減少を続けており、従事者の省人化、安全性の確保に寄与できるソリューションであり、持続可能な産業とする上で、なくてはならない技術である。

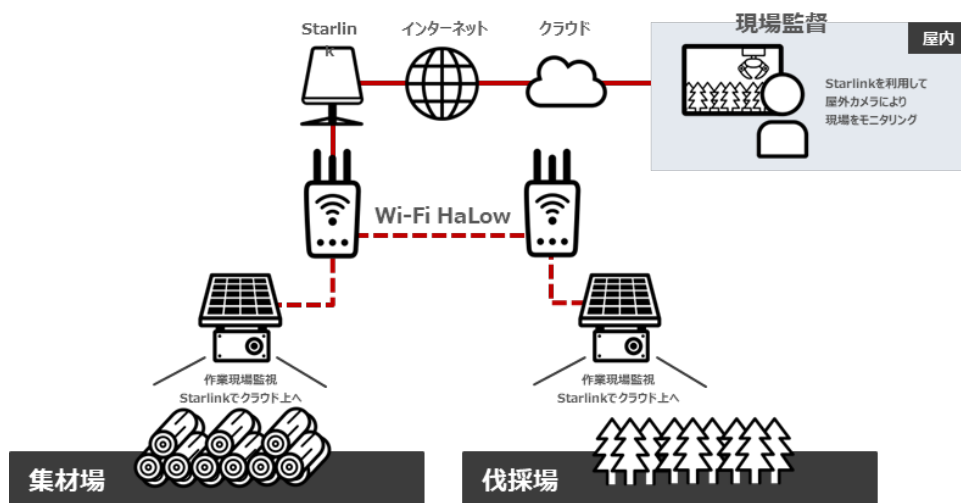
Ⅲソリューション

①ソリューションの概要

ソリューションの概要

- Starlinkによる現場モニタリングシステムの構築

Starlinkには平常時は作業監視、土砂崩れや大規模豪雨発生等の緊急時には災害監視ができる小型ワイヤレスカメラ（クラウドへ画像をアップロード）をWi-Fi HaLowを通して接続することで、バックオフィスからフェーズフリーで活用できる現場モニタリングシステムを構築する。またStarlinkは作業員のスマホ等の通信手段としても活用できる。



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- Starlink⇔Wi-Fi HaLowの通信スループット確保
- 現場確認の工数削減
- 発災時の連絡時間短縮

定性アウトカム

- 林業現場における作業員の通信手段確保
- 木材の盗難抑止

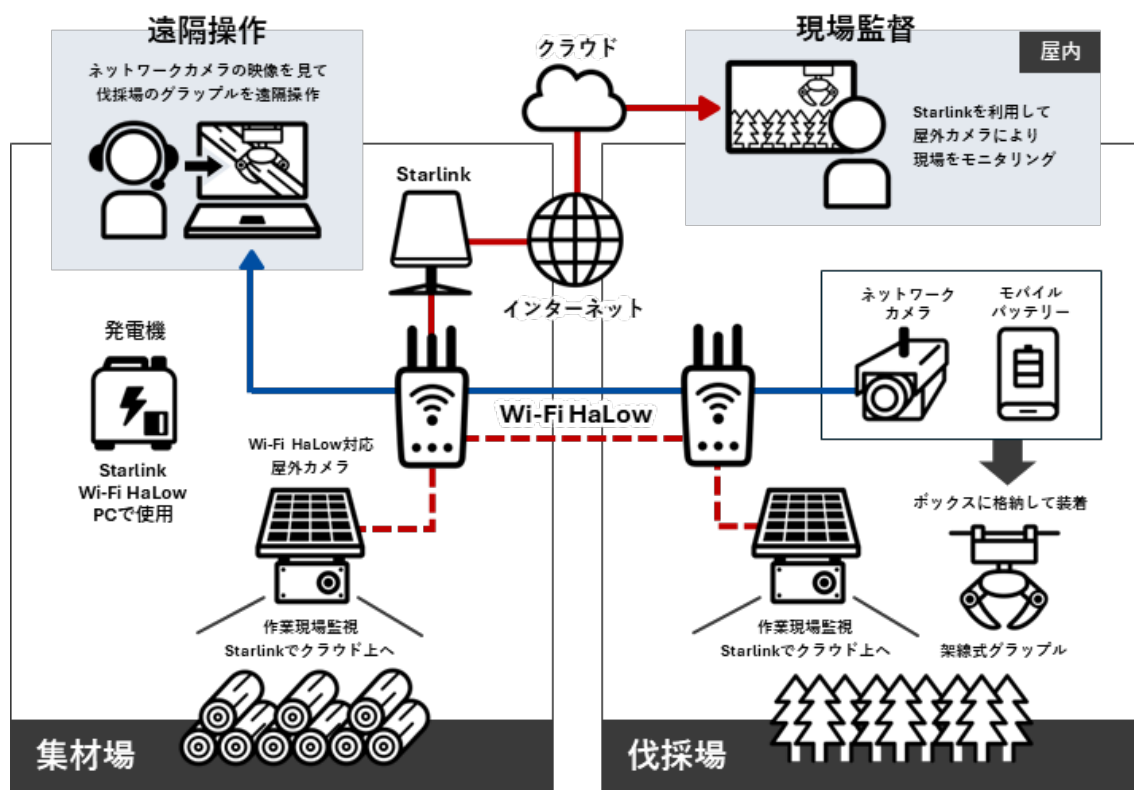
中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 現場監視モニタリングシステム
- モバイル通信環境のない現場が多い林業において、Starlinkによる通信手段の確保により、クラウドへ画像をアップロードする小型ワイヤレスカメラの設置が可能となる。また作業者の通信手段としても活用することができることにより、労働災害、気象災害の早期発見、作業者の通信手段確保が可能となる。
- 通信環境がない現場が多い林業において、事務所など外部に連絡する時間がかかるという課題があり、本システムによって、発災時（労災、気象災害問わず）の連絡時間短縮に寄与できる。また、集材場に集積している木材の盗難被害もあるため、その監視・抑止目的としても使用する。

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



説明

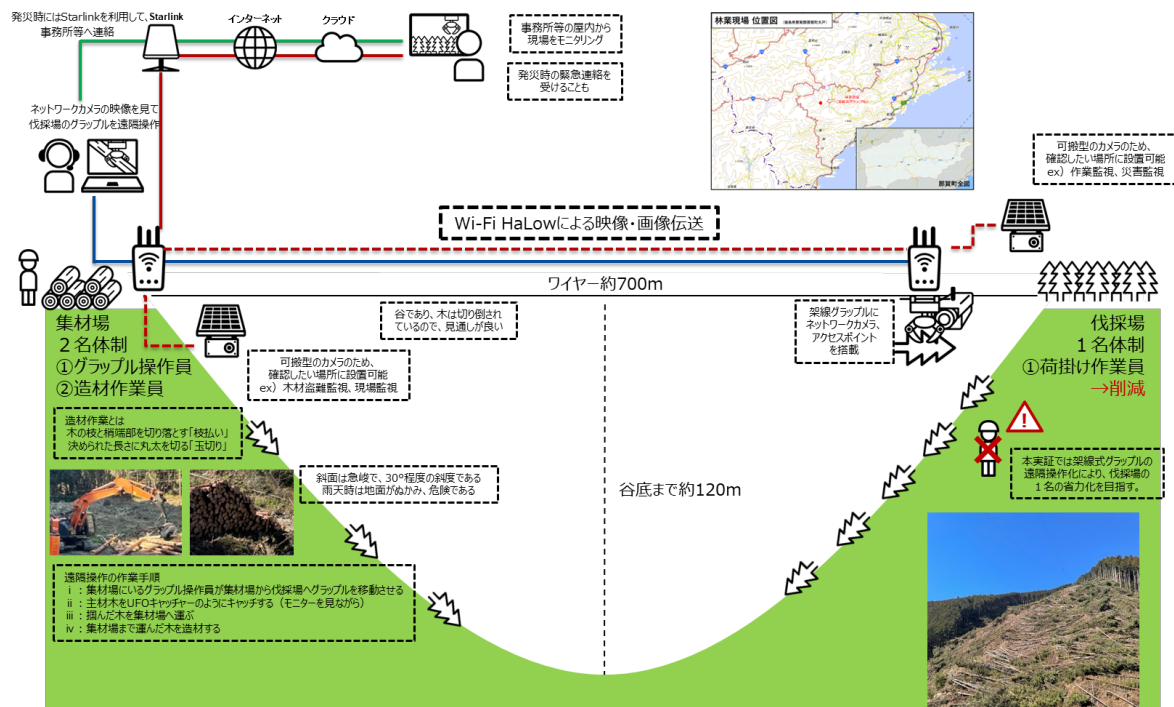
林業の架線集材現場において、架線式グラップルにアクセスポイントおよびネットワークカメラを装着し、集材場にあるアクセスポイントを通して、モニターにカメラ映像を投影する。モニターに投影されたカメラ映像を用いて、架線式グラップルを遠隔操作化することで、省人化を図る。

現場にはネットワークカメラの他に現場監視用カメラを集材場、伐採場それぞれに配置する。それらの撮影画像はWi-Fi HaLowを通して、Starlinkへと繋がり、クラウド上へアップロードされ、バックオフィスから現場監督が確認することで、現場モニタリングシステムを構築する。

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



說明

前提として本実証現場@徳島県那賀町は山間部の谷間にある林業現場となる。谷間にワイヤーが張られており、そこに架線式グラップルを吊らせてUFOキャッチャーの要領で主伐した木材を掴み、集材場へ移動させる。

Wi-Fi HaLowのアクセスポイントの設置場所は伐採場は架線式グラップル本体に、集材場はプロセッサ内などの林業機械内やテント内に設置する。集材場にはStarlinkも設置する。

現場監視カメラはWi-Fi HaLowに対応しており、ソーラーバッテリー一体型の電源不要であるため、設置場所を問わず設置することができ、その現場で重点的に確認したい場所へ設置する。可搬性にも優れているため、日によって設置する場所を変更することも可能である。林業現場は見通しが比較的良く、集材場、伐採場それぞれを見渡せる場所に1台ずつ（計2台）設置すれば現場監視には十分である。

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
Wi-Fi HaLowおよびStarlinkを使用するため、許認可は不要。		

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
課題a: 林業従事者の減少	架線式グラップルの林業現場は現状、集材場に2名、伐採場に1名の計3名で作業を行っている。Wi-Fi HaLowによる架線式グラップルの遠隔操作化により、伐採場で作業する人員1名の省人化を実現。集材場2名のみでの架線集材作業が可能となり、林業従事者の減少に対応できるようになる。 また、モバイル通信環境がない現場が多く、ICT機器の配備が進んでいないが、本ソリューションでのWi-Fi HaLowはローカルネットワークで使用するため、モバイル通信環境が不要なく、通信圏外であっても遠隔操作化を実現できる。 さらには、林業現場は急峻な現場が多く、作業に危険が伴い、特に架線式グラップルでは荷掛け作業の際に転落の危険があり、労働者への負荷が大きい。この遠隔操作化による省人化は作業者の安全性の確保、負担軽減にも貢献でき、働きやすい環境の整備に寄与できる。 本ソリューションにより、省人化、労働環境の整備が実現すると、林業イメージの向上、働きやすさ（女性でも）に繋がり、林業従事者数の増加・定着率向上に繋がる可能性も秘めている。
課題b: ICT機器配備の遅れ	
課題c: 災害リスク	

ソリューション Wi-Fi HaLowによる架線式グラップルの遠隔操作化

他ソリューションに対する優位性

名称	比較
遠隔操作可能な架線式グラップル	既存製品ではカメラ映像の伝送距離が300m程度であり、導入できる現場が限られている。また、これまでカメラ映像伝送の実証実験なども行われてきたが、安定した映像伝送ができず、断念したケースが多かった。本ソリューションではWi-Fi HaLowによる1km程度の映像伝送が可能で、対応できる現場が多くなる。特に林業の架線集材現場は見通しが良く、遮蔽物が少ないため、長距離伝送の強みが活かせる。 また、既存製品は1機あたり数千万円と高価格であり、加えて導入するには機器を入れ替える必要がある。本ソリューションでは安価で数百万/機で収まり、かつ大規模改修不要することなく、既設のグラップルに対して、後付けでの取付が可能のため、これまで導入コストの問題から遠隔操作化が困難であった林業事業者への展開も容易である。

③ソリューション等の採用理由

a. 地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
課題b: ICT機器配備の遅れ	林業現場はモバイル通信環境がない現場が多く、通信圏外の場合、非常時の連絡手段やバックオフィスからの現場監視の手段がない状況にある。
課題c: 災害リスク	本ソリューションではStarlinkを使用し、作業現場にネットワーク環境を構築するため、非常時の作業員からの連絡や小型ワイヤレスカメラの画像をWi-Fi HaLowおよびStarlinkを通してクラウド上へアップロードし、バックオフィスからの現場モニタリングが可能となる。 さらにはリアルタイムの市況に合わせた造材作業をするための情報収集通信手段としても活用でき、林業のトータルソリューションが実現できる。 また、小型ワイヤレスカメラによるバックオフィスからの現場モニタリングが可能となるため、平常時は作業監視、土砂崩れや大規模豪雨等の緊急時には災害監視、さらには木材の盗難被害に対する監視ができるようになり、現場作業員の安全性の確保および労働災害発生の早期発見、早期救助、木材の盗難監視に貢献できる。

ソリューション Starlinkによる現場モニタリングシステムの構築	
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
モバイル通信もしくはインターネット回線を利用した現場カメラ	本ソリューションはブロードバンド環境が未整備な地域におけるIoT等のデジタル技術の利活用に強みを持つ。無線通信技術を活用し、映像等のデータをやり取りするには、地域の拠点的地点からの光ファイバ等のブロードバンド環境の整備が必要だが、その整備には総務省の財政的な支援メニューがあるものの、数億円の費用を要する。また、Starlink単体を使用する場合においては公表されているカタログスペックではカバーできる範囲が半径約50mと限られているため、カメラの設置箇所毎にStarlinkを配備する必要がある。本ソリューションはカメラ映像をWi-Fi HaLowを経由してStarlinkからクラウド上へアップロードするため、Starlink1台＋Wi-Fi HaLowで広い範囲をカバーができ、コストメリットがある。

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
課題a: 林業従事者の減少 課題b: ICT機器配備の遅れ	長距離伝送が可能 - 既存製品やこれまでの実証実験ではカメラ映像の伝送距離が最大でも300m程度であり、一般的に500～700m程の伝送距離が必要な林業現場では導入できる現場が限られている。一方でWi-Fi HaLowは中継器なしでも最長1km程度の映像伝送が可能であり、加えてローカルネットワークを構築できるため、これまで伝送距離や通信環境の問題で導入が困難であった林業現場でも導入が可能である。Wi-Fi HaLowは障害物があると通信距離が短くなるが、林業の架線集材現場は立木を切り倒しているため見通しが良く、Wi-Fi HaLowを使用するには適した場所である。 - これまで林業での映像伝送の事例は一般的なWi-Fiやトランスミッターなどではあるものの、Wi-Fi HaLowを活用した取り組みは初めてである。伝送距離や、モバイル通信環境、費用面の問題から遠隔監視の導入が進んでいなかったが、Wi-Fi HaLowを活用することにより、それぞれ解決できると考えており、本ソリューションは先進性のある取り組みであると考えている。	免許・基地局が不要 - 本ソリューションにおいてはWi-Fi HaLowを使用するため、免許および基地局が不要であり、ネットワーク環境を構築する上でのハードルが一つなくなる。またローカルネットワークを構築するため、ネットワーク回線の心配も不要であり、場所を問わず、展開することが可能である。 後付けが可能 - 本ソリューションは既存の架線式グラップルへ後付けすることが可能であり、既存機器の大幅改修や、入れ替えの必要がなく、装備することが可能であるため、横展開は非常に容易である。 コストメリットがある - 既存の遠隔操作が可能な架線式グラップルについては価格が数千万円である一方、本ソリューションはWi-Fi HaLowや小型ワイヤレスカメラ、IPカメラ等を組み合わせても数百万円で収まることから、予算の限られた林業事業体においても実装・横展開しやすいコストメリットがある。

ソリューション Wi-Fi HaLowによる架線式グラップルの遠隔操作化

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
課題b: ICT機器配備の遅れ 課題c: 災害リスク	林業のトータルソリューション - 架線式グラブの遠隔操作通信にWi-Fi HaLowを用いるが、その通信に相乗りする形で小型ワイヤレスカメラからStarlinkへの画像伝送も行う。現場モニタリングをカメラで行う際には別途インターネット回線を敷設する、もしくはモバイル通信回線を利用するなどの方法が考えられるが、林業現場の環境ではいずれもない場合が多いため、現場監視のシステムが構築が進んでいない。本ソリューションではStarlinkを用いて通信環境を構築する他、Wi-Fi HaLowを用いてStarlinkのネットワークエリアを拡大する。またカメラも国内唯一のWi-Fi HaLow対応の可搬型電源不要の小型ワイヤレスカメラを用いるため、場所を問わず設置することが可能であり、これまでモニタリングできなかった場所や死角となっている場所にも設置することができ、遠隔操作化を実現しながら、現場監視もできるというトータルソリューションの提供が可能となる。 - 従来の林業現場であれば、“遠隔操作システムだけ”、“現場監視カメラだけ”と切り分け、電源のある場所、通信回線のある場所など場所ありきのカメラ設置だったが、現場監視で見たい場所、木材盗難監視などニーズ起点のカメラ設置ができる点、それらをWi-Fi HaLowに一括集約出来る点に新規性があると考ええる。	ネットワーク網構築が安易 - 林業現場のようなモバイル通信環境がない現場であれば、インターネット回線を新規で敷設やローカル5Gを構築することが考えられるが、いずれも費用が莫大なため、安易に導入はできない。一方で本ソリューションは誰でも使用できるStarlinkを用いており、オープンスカイの環境であれば、ネットワーク網を構築できるため、実装・横展開のしやすさは格段に上である。林業現場はオープンスカイの環境が多く、Starlinkを使用するには適した場所である。 - Starlink単体であれば、カバーエリアは半径50mと限られているが、本ソリューションはWi-Fi HaLowを繋ぎ、カバーエリアを拡大するため、Starlink1台だけで広い範囲にネットワーク網を構築でき、費用を抑えることができる。

ソリューション Starlinkによる現場モニタリングシステムの構築

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
Wi-Fi HaLow	Wi-Fi HaLowの特徴である長距離伝送、高速・大容量通信
Starlink	モバイル通信圏外でもネットワークが構築可能 これらの組み合わせによって、ネットワーク網を広域に構築することが可能となる

他無線通信技術との比較	
名称	比較結果
- LPWA - ローカル5G	- vs LPWA 本ソリューションでは架線式グラッフルに取り付けたカメラの映像をリアルタイムにモニターへ投影し、グラッフルを操作する。映像伝送には250kbps以上のスループットが必要であるが、LPWAは適していない。 - vs ローカル5G ローカル5Gは高速・大容量通信が可能であるが、カタログスペックでのベストエフォートとして通信距離が200m程度となるため、現場での映像伝送ができない。また、電波の特性として直進性が強く、本実証におけるカメラが移動するような利用には不向きである。加えて利用するための免許取得や初期費用、運用コストが高いこともあり、横展開を見据えた際にローカル5Gは適していない。 長距離映像伝送ができ、免許不要で初期費用・運用コストが安価、さらには林業の架線集材現場は見通しが良く、遮蔽物がない環境であることから、Wi-Fi HaLowが本ソリューションでは最適である。

4 費用対効果

a. 費用対効果 (1/3)

2025年度に3現場への横展開（実装）を想定

※発電機は実装時には購入予定。

※横展開時にかかる人件費は実証時の1/3と想定。

		項目	スケジュール			
		2025年度	2026年度	2027年度	合計	
効果	定量 (収益)	- 省人化に伴う人件費削減 - 雨天時作業実施による工期短縮 - 現場監視工数削減	1,200万円 399万円 97.2万円	1,200万円 399万円 97.2万円	1,200万円 399万円 97.2万円	3,600万円 1,197万円 291.6万円
	計 (定量 収益)		1,696.2万円	1,696.2万円	1,696.2万円	5,088.6万円
	定量 (収益以外) + 定性	- 労働者の安全性の確保 - 労働者の負担軽減 - 発災の早期発見、救助 - 木材盗難被害の抑制 - 林業のイメージ向上	- 架線集材作業の遠隔操作化の実現 (3名→2名) - 現場監視モニタリングシステムの構築	- 架線集材作業での労災発生0件 - 現場作業の省人化 (3名→2名) - 木材盗難被害0件	- 架線集材作業での労災発生0件 - 現場作業の省人化 (3名→2名) - 木材盗難被害0件 - 労働環境整備による林業イメージの向上	
費用	イニシャル	- 小型ワイヤレスカメラ購入費 - 遠隔操作セット購入・設置費 - Starlink購入費 - 発電機購入費 - 人件費、旅費	300万円 499.2万円 135万円 90万円 2,250万円			300万円 499.2万円 135万円 90万円
	ランニング	- Starlink利用料 - クラウド利用料 - メンテナンス費	252万円 36万円 150万円	252万円 36万円 150万円	252万円 36万円 150万円	756万円 108万円 450万円 2,250万円
	計		3,712.2万円	438万円	438万円	4,588.2万円

④ 費用対効果

a. 費用対効果 (2/3)

		項目	算定の根拠
効果	定量 (収益)	- 省人化に伴う人件費削減 - 雨天時作業実施による工期短縮 - 現場監視工数削減	1名にかかる人件費を400万円/年と想定。その1名を省人化するため、3現場への横展開では400万円×3名で1,200万円の削減と算出。 1現場にかかる償却費や燃料費などの費用を2,000万円/年と想定。雨天でも作業可能となった日数を16日と想定し、年間費用を日割り計算した上で算出。 1ヶ月に2回現場巡回を実施すると想定し、3現場にかかる人件費を算出。そこから遠隔モニタリングでかかる人件費（1日0.5時間）を引くことで削減工数を算出。
	定量 (収益以外)	- 労働者の安全性の確保 - 木材盗難被害の抑制	- 労働災害発生件数を従前との比較により算定することを想定。 - 木材盗難件数を従前との比較により算定することを想定。
費用	イニシャル	- 小型ワイヤレスカメラ購入費 - 遠隔操作セット購入・設置費 - Starlink購入費 - 発電機購入費	- Wi-Fi HaLow対応の小型ワイヤレスカメラの市場価格から算出。 - 工事費・設計費は徳工社の見積もりから算出。機器・部品購入費はフルノシステムズ社の見積もりから算出。 - 市場流通価格から算出。 - 市場流通価格から算出。
	ランニング	- Starlink利用料 - クラウド利用料 - メンテナンス費 - 人件費、旅費	- 市場流通価格から算出。 - 小型ワイヤレスカメラにかかる通信費、クラウド利用料から算出。 - メンテナンス費は概算。振動、衝撃等、電子機器には厳しい環境のため、多めに算出。 11名分の勤務地から実証場所までの交通費および稼働日数から算出。

④ 費用対効果

a. 費用対効果 (3/3)

		項目	スケジュール		
			2025年度	2026年度	2027年度
効果 計 (定量)		—	• 1,696.2万円	• 1,696.2万円	• 1,696.2万円
	定性	• 林業のイメージ向上 • 労働者の負担軽減 • 発災の早期発見、救助	• 労働者の負担軽減 • 発災の早期発見、救助	• 林業のイメージ向上 • 労働者の負担軽減 • 発災の早期発見、救助	• 林業のイメージ向上 • 労働者の負担軽減 • 発災の早期発見、救助
費用計		—	• 3,712.2万円	• 438万円	• 438万円

合理性・妥当性

- 初期導入費用は定量効果（人件費削減等）により3年で回収できる見込みであるため、導入にあたり、費用対効果が十分にあると説明が可能。
- 金銭面の他に本ソリューションは林業従事者の安全・安心を確保するものであり、人命は金銭面には代えられないものであるため、導入するには十分な理由が存在する。

4 費用対効果

b. 導入・運用コスト引き下げの工夫

		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					
	ランニング	人件費	実証により技術検証等が完了しているため、導入時にかかる費用を逡減できる。	1,500万円程度 (実証との比較)	2025年に実装時	古野電気 木谷、内形

① 計画概要

実証実施の前提

目的

Wi-Fi HaLowによる遠隔操作化

林業現場の架線式グラップルにアクセスポイントおよびカメラを取り付け、集材場にあるアクセスポイントを通して、モニターに投影し、遠隔で架線式グラップルを操作することが可能か、実証を行う。

- Wi-Fi HaLowを用いた映像伝送の精度を検証。リアルタイム性を確保できているか、確認する。
- 遠隔操作化により荷掛け作業に時間がかかっているか、作業時間を検証する。
- 従来は作業中止となっていた雨天時での作業が可能となるか、実際の雨天時に検証する。

アウトカム

- グラップルへ取り付けたカメラ映像の伝送精度
映像時差 現状：なし → 目標：2秒以内
- カメラ映像による遠隔操作精度
荷掛け時間 現状：8分 → 目標：8分以内
- 雨天による作業中止日数
雨天中止日数 現状：24日 → 目標：8日以内

検証ポイント

効果

遠隔操作精度

- 遠隔操作化により、従来の作業から効率が悪くないか、木材の荷掛け1回あたりの作業時間から比較検証する。

技術

カメラ映像の伝送精度

- 架線式グラップルに取り付けたカメラによる映像伝送で作業に支障が出るほどの遅延がないか、実作業員および有識者の評価により検証する。

運用

雨天時での作業実施

- 架線式グラップルを操作する作業員が集材場に設置されているtent内やプロセッサ内でも運用・操作可能か、また雨天時でもカメラ映像が雨粒等の影響なく、クリアに確認できるかを検証する。

Ⅳ実施計画

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	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
伐採場の作業人員数削減	Ⅰ 架線集材作業における伐採場の作業員を省人化（削減）	現状伐採場には1名がグラブで木材を掴む工程の作業を実施しているが、集材場にいる作業員の遠隔操作化により、この1名を省人化する	カメラ映像の伝送速度が達成しているという前提で、「グラブ操作員」による遠隔操作で「荷掛け作業員」の作業を現状と変わらないパフォーマンスで業務遂行ができる事を検証	実作業者が今後も同方式で運用可能と判断した場合	遠隔操作システムを構築したとしても、実際に使用するのはユーザーである実作業であるため、その方々が運用可能と判断した場合にのみ実装化とする。
架線集材作業の作業時間短縮	Ⅱ 現在の荷掛け作業時間8分と同等以上の作業効率実現	荷掛け作業8分以内	木材の荷掛け1回あたりの作業時間を現状と実証で比較計測する。	左記目標の達成	作業者の安全性を確保しつつ、作業効率アップも目指すため、現在の作業時間の短縮を目標値とし、同等以上の作業効率を実現する事
現場確認の工数削減	Ⅰ 現状月2回の現場での監視作業を遠隔監視に切り替え、監視頻度と効率を向上	現状の現場監視工数16時間/月（2日/月）を10時間/月（20日/月）とする 頻度：2日⇒20日 効率：8h⇒0.5h	事務所からクラウド上で確認する時間を1ヶ月毎に計測。現状の現場監視内容と比較し、本実証での現場監視における運用面で問題がないかも検証	左記目標の達成	現状月2回程度現場に赴いて目視で確認している。本確認作業を現場に赴くことなく、事務所からクラウド上で毎日0.5時間（月20日）の確認で問題が無い事を根拠とする。

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	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
作業可能な 降雨量増加	I これまで作業困難であった降雨量での作業実施	5mm/hでの作業実施	実作業者の視点から、作業実施可否を判断。その日の雨量を天気予報の数値を基に計測。	左記目標を達成した上で、安全性に問題がないか、運用可能かを実作業者からヒアリングし、確認できた場合。	実際に使用するのはユーザーである実作業者であるため、その方々が安全性に問題がなく、運用可能と判断した場合にのみ実装化とする。
作業中止日減少 による工期短縮	II 現場作業中止日数の減少、それに伴う工期短縮日数	作業中止日数8日以下にし、16日以上 of 工期短縮。	上記 I の達成が前提であるが、達成した上で作業中止日数を、その日の雨量（天気予報の数値）とともに計測する。そして、工期が短縮できたのか、工程と照らし合わせて検証する。	N/A	作業中止日数の減少が期待できなくとも実装は可能なため、実装化の要件ではない。当ソリューションの経済性を高めるための項目として当実証で検証を行う。

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
架線式グラブルのカメラ映像の伝送速度	① スムーズな遠隔操作実現にあたり、映像伝送における伝送時差を極力短くする事	映像時差2秒以内	モニター投影映像と作業の時差を時計等で計測し、実作業に問題が無いか検証する	遠隔操作での作業を実作業者が運用可能と判断した場合	グラブリングは動作速度が遅く、遠隔操作でのリアルタイム性が厳しく求められるものではなく、2秒以内の時差で実作業者が運用可能と判断できた場合には実装化とする。

Ⅳ実施計画

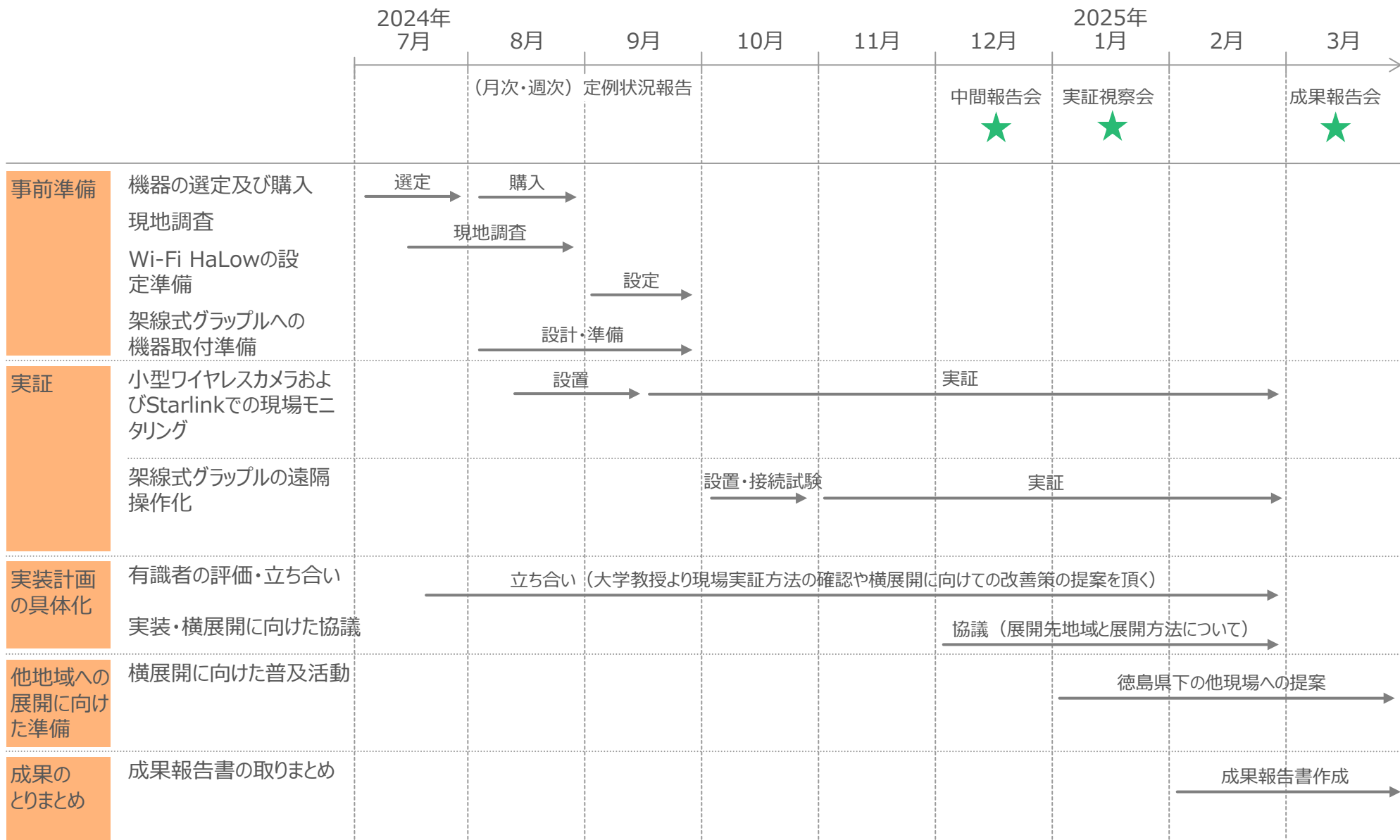
② 検証項目・方法

c. 運用検証

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
Starlink⇔Wi-Fi HaLowの通信スループット確保 映像伝送と現場監視画像を滞りなく通信させる	I Starlink⇔Wi-Fi HaLow通信スループットの確保	250kbps以上	グラブルの映像伝送と現場監視画像伝送が可能なスループットを実作業中に計測し、且つ操作モニター及びクラウド経由の画像伝送を確認 目標に達成しない場合、APの設置個所の変更を都度実施する	左記目標の達成	・映像伝送 遠隔操作に問題が無い事を根拠とする ・現場監視 現場監視画像をクラウド上で確認できることを根拠とする
発災時の連絡時間短縮	I Starlinkで通信させた端末でインターネット電話等による連絡を行う	現状値40分⇒10分 30分の連絡時間短縮	携帯通信が繋がらない不感地帯において、実証を通して連絡実験を実施。連絡に要した時間を比較計測する。	左記目標の達成	発災確認（労働災害・気象災害どちらも）から、消防救急・現場事務所等への連絡時間を実証構成から想定。モバイル通信圏外で30分時間短縮を実現する事を根拠とする

Ⅳ実施計画

③ スケジュール



4 リスクと対応策

	リスク		対応策
	項目	概要	
事前準備	グラップルのウィンチ部に取り付ける機器の設置個所妥当性	AP/カメラ/バッテリーをウィンチに取り付けた際、重心の変化がもたらす落木等の安全考慮	事前に検証を重ね、問題が無い事を確認した上で実証工程に進む
実証	グラップルの挙動による通信への影響	理論上、通信は可能だが、作業時におけるグラップルの回転や振動が通信に及ぼす影響	ウィンチへの取付箇所に防振対策を施す、又は複数個所に中継器を設置し、実証の目的を達成する事で工程を遅らせない対応を実施
実装計画の具体化	投資対効果	選定機器の回収や変更を余儀なくされる等、想定外の事象が発生し、3年目での投資回収が困難になった場合	実施体制内で可能な限り初期費用が高額にならないよう協議を実施。
他地域への展開に向けた準備	ニーズはあるが、対象の地方公共団体・業界団体において、対応する人的リソースが不足	交付金活用による実装において、対応する地方公共団体・業界団体の人的リソースは必須。リソース不足でその対応ができない	パッケージ化を進め、職員の対応工数を削減する。
成果のとりまとめ	上記リスクが発生した場合	左記のとおり	上述の通り

5 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

通常時

隔週進捗報告

- 開催時期: 隔週
- 方法: メール
- 体制: 古野電気、那賀町、徳島森林づくり推進機構、徳工、フルノシステムズ、森林ヒューマン・ファクター研究所、中部大学
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認

月次進捗報告

- 開催時期: 毎月
- 方法: 対面会議およびWEBの併用
- 体制: 古野電気、那賀町、徳島森林づくり推進機構、徳工、フルノシステムズ、森林ヒューマン・ファクター研究所、中部大学
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 現地運用状況視察
 - 緊急でない課題の共有
 - 実装・横展開に向けた課題の炙り出し

緊急時

緊急課題発生時の情報共有

- 実施条件: 実証事業の全体進捗に影響を及ぼす課題が発生した場合
- 頻度: 問題発生から2日以内
- 方法: メール、必要に応じてWEB会議を実施
- メンバー: 古野電気、那賀町、徳島森林づくり推進機構、徳工、フルノシステムズ、森林ヒューマン・ファクター研究所、中部大学

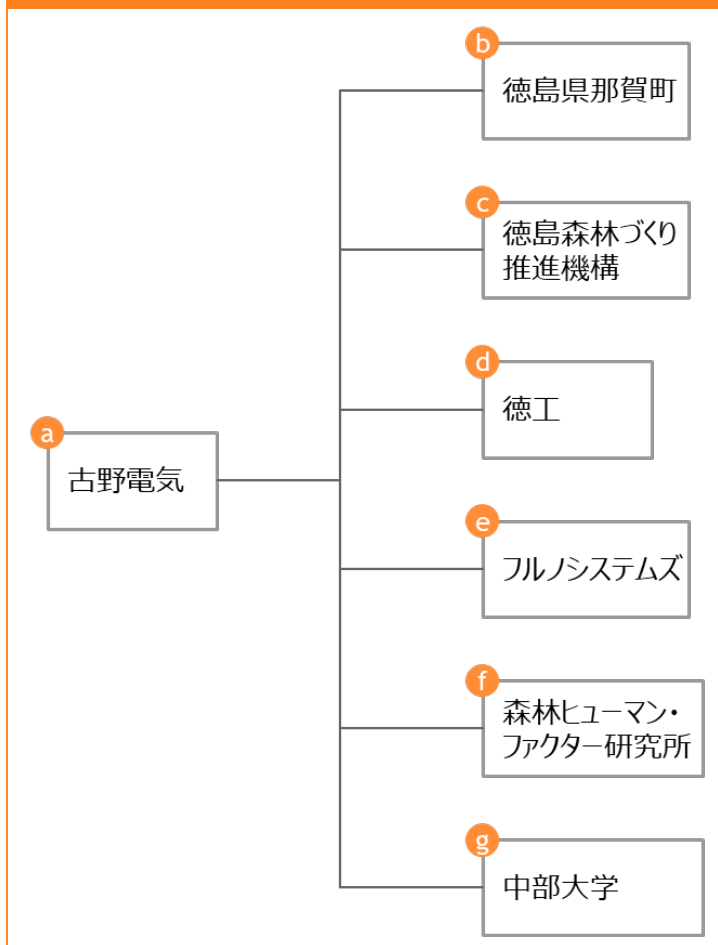
対策を立案・実行する体制

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2週間以内）
- 方法: 対面会議およびWEBの併用
- 体制: 古野電気、那賀町、徳島森林づくり推進機構、徳工、フルノシステムズ、森林ヒューマン・ファクター研究所、中部大学

6 実施体制

実施体制図

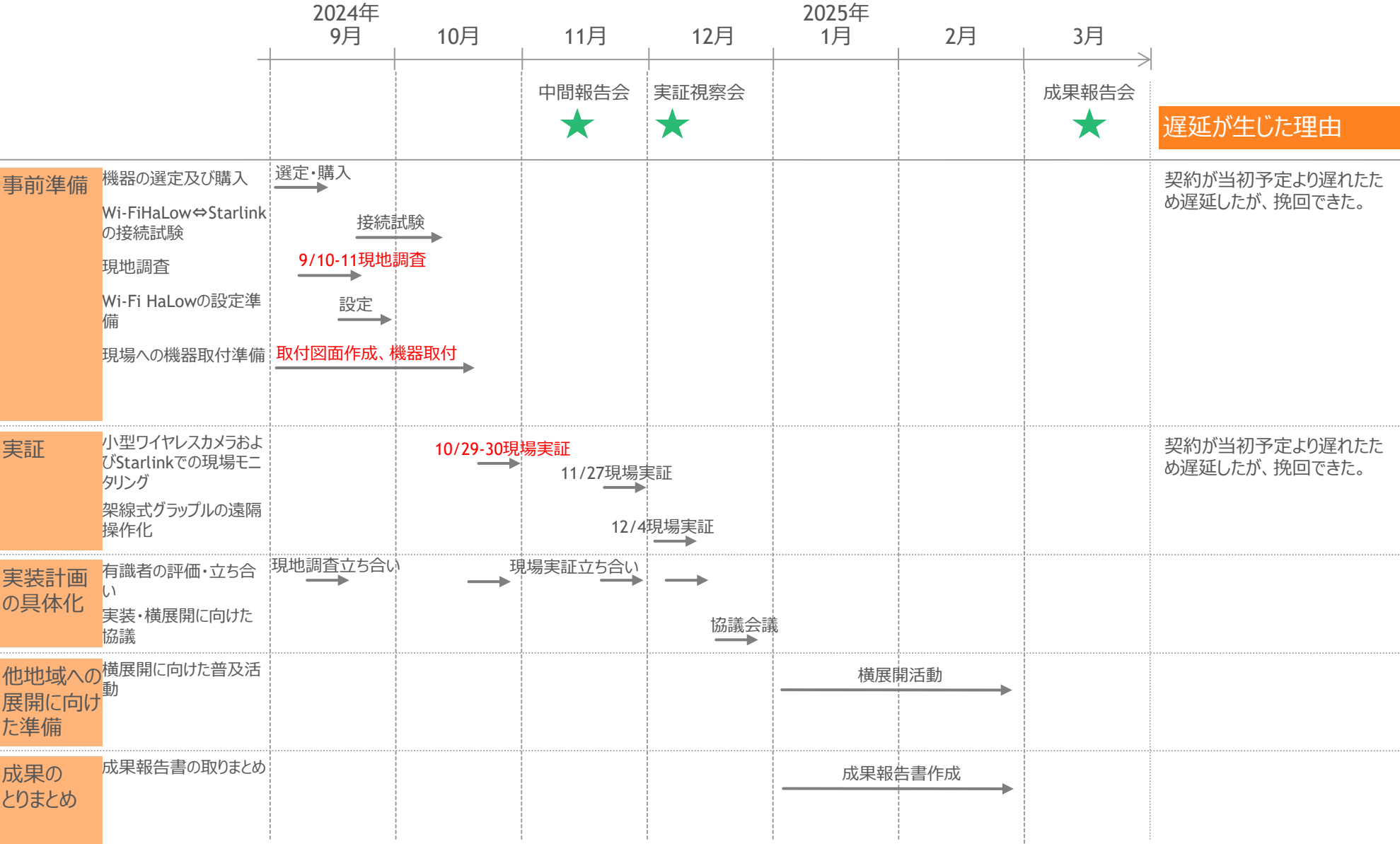


団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a 古野電気株式会社	・プロジェクト全体管理	2名 x 450時間	システム機器事業部 事業企画課 木谷 吉伸 内形 勇太郎
b 徳島県那賀町	・実証場所の提供 ・林業事業体との合意形成	2名 x 110時間	林業振興課 高岡 栄作 関口 真生
c 徳島森林づくり推進機構	・林業実務アドバイス ・徳島県内の林業事業体への横展開	1名 x 110時間	事務局長 田中 英士
d 株式会社徳工	・機器設計、取付工事	1名 x 100時間	専務取締役 楠本 健次
e 株式会社フルノシステムズ	・Wi-Fi HaLowネットワークの構築	2名 x 280時間	IoT事業推進室 川地 耕二 小泉 智
f 森林ヒューマン・ファクター研究所	・実証の評価 ・他地域への実装に向けてのアドバイス	1名 x 100時間	所長 山田 容三
g 中部大学	・実証の評価 ・他地域への実装に向けてのアドバイス	1名 x 100時間	国際GISセンター 竹島 喜芳

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	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
伐採場の作業人員数削減	架線集材作業における伐採場の作業員を省人化（削減）	現状伐採場には1名がグラップルで木材を掴む工程の作業を実施しているが、集材場にいる作業員の遠隔操作化により、この1名を省人化する	1名の省人化に成功。遠隔操作により、最も危険な作業を省人化し、安全性の高い作業を行うことが出来た。	省人化には成功したが、一方で実業者からヒアリングし、実装のレベルまでは至っていないと判断。「P45:実装・横展開に向けた課題および対応策」に記載の課題があり、それらをクリアしない限りは実装は難しいと判断。
架線集材作業の作業時間短縮	現在の荷掛け作業時間8分と同等以上の作業効率実現	荷掛け作業8分以内	目標の8分以内は達成できず、平均12分かかった。	慣れの問題もあるが、高低差が分かりづらい、木材がどこにあるか分かりづらい、画質が鮮明でない等の課題があるため、時間がかかってしまった。R7年度実証に再申請し、これらの課題に対する対策案を実証し、目標時間に近づける。一方で、荷掛け時間よりも作業員の安全安心の確保が最優先であるため、多少時間がかかっても問題ないことは実業者からヒアリングの上、確認した。
現場確認の工数削減	現状月2回の現場での監視作業を遠隔監視に切り替え、監視頻度と効率を向上	現状の現場監視工数16時間/月（2日/月）を10時間/月（20日/月）とする 頻度:2日⇒20日 効率:8h⇒0.5h	現場モニタリングシステムにより、現場の作業進捗を確認することができ、目標頻度、効率を達成することができた。	現場モニタリングシステムは実装可能であると判断。

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
	項目	目標		
作業可能な 降雨量増加	これまで作業困難であつた降雨量での作業実施	5mm/hでの作業実施	5mm/hでの作業実施は出来なかった。 1mm/hでも霧が発生すれば、カメラ映像が見えづらくなるため、作業実施が困難に。	地形的な要因であるが、林業現場のような山間部では霧が発生する可能性が高く、対策も難しく、降雨時の作業は現時点では難しいと判断。
作業中止日減少 による工期短縮	現場作業中止日数の減少、それに伴う工期短縮日数	作業中止日数8日以下にし、16日以上 の工期短縮。	降水時での作業実施が困難だったため、工期短縮には繋がらなかった。	降雨量が少ない場合でも霧が発生する可能性が高く、現時点で工期短縮まで実現するのは困難である。

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

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	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
架線式グラブルのカメラ映像の伝送速度	スムーズな遠隔操作実現にあたり、映像伝送における伝送時差を極力短くする事	映像時差2秒以内	映像時差2秒以内を達成。実際にはほぼ時差なしで、映像伝送ができ、遠隔操作が可能となった。	当初は架線式グラブリングが揺れることにより映像時差が発生すると想定していたが、実際に実証すると揺れたとしても時差なく伝送ができ、本実証でのWi-Fi HaLowによる映像伝送は有効と判断。
架線式グラブリングと地面間の高低感確認 (追加検証項目)	ステンレスチェーンのたわみにより高低感が分かるようになるのか	地面から1m地点の確認	4mのステンレスチェーンに1mごとにカラーテープを巻き、地面から1m地点の高さを確認でき、遠隔操作の補助となった。チェーン3m分が地面につき、たわむのをカメラで確認。集材時間も短縮できた。	あくまでも補助的な役割となるが、ある程度高低感を掴むことはできると判断。風などの影響により爪部分にチェーンが巻き付く可能性があることは懸念点。
	高低差確認用カメラにより高低感が分かるのか	高低差確認用カメラを同時使用することにより集材が可能か	集材はできず。高低差確認用カメラから架線式グラブリングの距離が遠く、どこにグラブリングがあるのか把握できない。また逆光で見えづらいタイミングもあることや、中継器を経由すると映像伝送遅延が発生するという問題もあった。	今回高低差確認用カメラを斜面に設置したが、効果が出なかったこと、運用の難しさなどから不適と判断。上記ステンレスチェーンと距離センサ（新規開発要）が現実的であると考え。

実証中に課題として浮かび上がったため、検証項目に追加

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

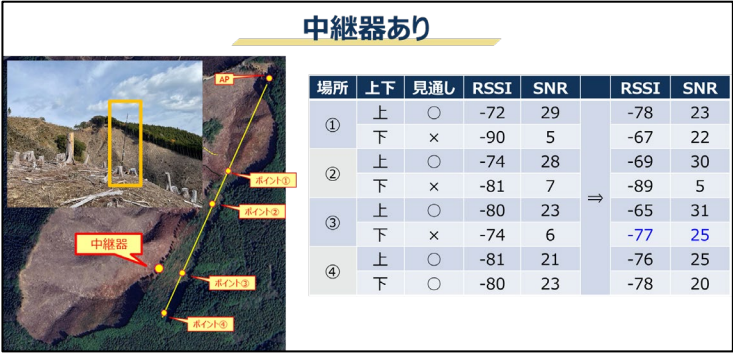
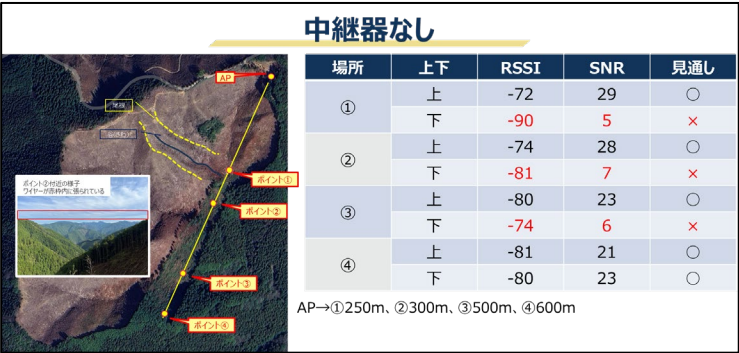
2 検証項目ごとの結果

c. 運用検証

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	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
Starlink⇔Wi-Fi HaLowの通信スループット確保	Starlink⇔Wi-Fi Halow通信スループットの確保	RSSI-85dBm SNR10dB以上	機器設定の都合上、スループットは計測できず、通信強度に目標値を変更。8地点で計測を行い、5地点で目標達成し、問題なく映像伝送ができたが、3地点では目標未達で、映像伝送もできなかった。（下記表）	映像伝送できなかった3地点はAPとカメラ間の見通しがなかったことが要因と考える。
映像伝送と現場監視 画像を滞りなく通信させる	中継器設置による 通信強度安定	RSSI-80dBm SNR15dB以上	上記と同じ8地点で計測を実施。目標未達の1地点は映像伝送できなかったが、他7地点では目標達成し、映像伝送ができた。（下記表）	映像伝送できなかった1地点は上記同様見通しがなかったため、APとの見通し確保が必要と分かった。
	現場モニタリングカメラの画像アップロード遅延	遅延なし (5分毎の撮影)	60分間連続稼働させ、遅延なく、12枚の撮影画像がクラウド上にアップロードされるのを確認。	5分に1回の静止画送信は可能と判断。
発災時の連絡時間短縮	Starlinkで通信させた端末でインターネット電話等による連絡を行う	現状値40分⇒10分30分の連絡時間短縮	機器設定の都合上、Starlinkに直接通信させるのではなく、APの2.4GHz通信の機能を利用。（Starlink→AP→スマホの順に接続）インターネット電話の利用が可能となり、連絡時間40分→10分への短縮に成功。	APからの2.4GHz通信でも問題なく通信できると判断。2.4GHz帯は11ah通信と同時に使用しても問題ないことが分かった。



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

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)

	アクション	結果	得られた示唆・考察
実装に向けて	Wi-Fi HaLowを活用した林業機械（架線式グラップル）の遠隔操作化の実証を実施。	以下のような課題が実証で明らかとなった。 ・高低感が掴みづらい ・谷部分での通信が難しい ・どのあたりに木材があるか見つけづらい	左記のような課題が出たため、R7年度の実証関連交付金を活用して再度実証を行い、R8年度に実装を目指す。
	小型ワイヤレスカメラおよびStarlinkでの現場モニタリングの実証を実施。	実証構成にて現場モニタリングが出来た。画角なども問題なし。	実装に足る結果であったため、実装に向けて進めることに。「那賀地域林業素材生産量拡大協議会」にて実装・自走を目指す。
横展開に向けて	「森林・林業・環境機械展示実演会」に本実証内容の出展を検討	R6年度の出展には間に合わず。（24/4/E締切）R7年度の出展に向け、調整中。	—
	岐阜県下の林業事業者への普及活動	コンソーシアムに参画している中部大学 竹島先生の講演会で実証紹介の時間を調整中。（3月初旬予定）	—
	他地域への展開方策	高知、静岡での実証講演会を実施予定。 ※都道府県別の地形から見ても、高知・静岡は急峻な地形を多く有しており、架線集材のニーズがあり、集材機の保有台数も全国平均を多く上回っている。コンソーシアムメンバーとの繋がりのある林業事業者もあるため、ターゲット地域としている。	—
	林業DXへの関心の低さへの懸念	横展開に向け、林業事業者と協議する中で、林業DXに対する関心にばらつきがある。	DXへの関心は薄くとも、安全の確保に関してはどの事業者も関心が高い。

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

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 ¹	対応する団体名	対応時期
実装に 向けて	架線式グラッブルと地面との 高低感が掴みづらい ー 高低差が分からず、グラッ ブルが地面に着いたのか分か らない	・架線式グラッブルにステンレス チェーンを垂らし、たわみで距離を 計測。(実施済み) ・距離センサをグラッブルに設置	高	・古野電気 ・徳島森林づくり推進 機構 ・徳工	・2025/7～
	どのあたりに木材があるか見づ けづらい ー 全体俯瞰でどのあたりに木 材があるかが見つけづらい ー 狭い範囲の木材しか見つけ られない	全体俯瞰カメラを搬器上に設置す る。 中継器もセットで設置することで谷 部分の通信も可能となる。	—	・古野電気 ・フルノシステムズ ・徳島森林づくり推進 機構 ・徳工	・2025/7～
	谷部分での通信が難しい ー 谷や斜面の裏など見通しが なくなると通信が途切れる	中継器を搬器上に設置する。搬 器上は集材場側からも、谷部分で も見通しが確保できるため、通信の 安定化が期待できる。	高	・古野電気 ・フルノシステムズ ・徳島森林づくり推進 機構 ・徳工	・2025/7～
	(搬器上設置の課題) 中継器・俯瞰カメラの常時電 源がない	回生電源を搬器上に取り付ける。 (新規開発が必要なため、ハード ルは高い)	高		

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

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

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 ¹	対応する団体名	対応時期
実装に向けて	Starlink、APの電源供給が難しい ー特にStarlinkは消費電力が多く、モバイルバッテリーでは不足する ー現場には商用電源がない	ソーラー発電システムを構築する。 ソーラーパネルとポータブル電源がセットになっているものがあり、簡易的に構築できる。	高	・古野電気	・2025/7～
	現場モニタリングシステムは課題なし	ー	ー	ー	ー
横展開に向けて	架線式グラッブルが導入されている現場が少ない	有識者のコネクションを使い、勉強会など、架線式グラッブルの紹介から始める。	中	・古野電気 ・森林ヒューマン・ファクター研究所 ・中部大学	・2025/1～
	林業DXへの関心の低さ ー啓発活動が必要	・有識者のコネクションを使い、勉強会など、林業DXに関する取り組みを紹介 ・デジタル地方創生サービスカタログへの掲載、関係省庁へのロビー活動	中	・古野電気 ・森林ヒューマン・ファクター研究所 ・中部大学	・2025/1～
	横展開するには課題を解決しなければならない	前述「実装に向けて」の全て解決する。	高	・古野電気 ・フルノシステムズ ・那賀町 ・徳工 ・徳島森林づくり推進機構 ・森林ヒューマン・ファクター研究所 ・中部大学	・2025/7～

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:徳島県那賀町大戸地区
開催日時: 2024年12月5日（木）14:00~15:00

デモ項目	内容	備考
架線式グラップルの遠隔操作の実演	Wi-Fi HaLowを用いて、架線式グラップルに取り付けたカメラ映像を集材場へ伝送し、その映像を基に遠隔操作を実施。実際にカメラ映像を用いて、木材をグラップルで挟み、集材場まで運ぶ様子を実演。	
現場モニタリングシステムの構築の環境説明	現場監視用カメラの設置場所のご紹介、およびそのカメラを用いて撮影した画像の紹介。	
林業現場のご説明	架線集材がどのような場所で、どのような方法で実施されているかを説明。	

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

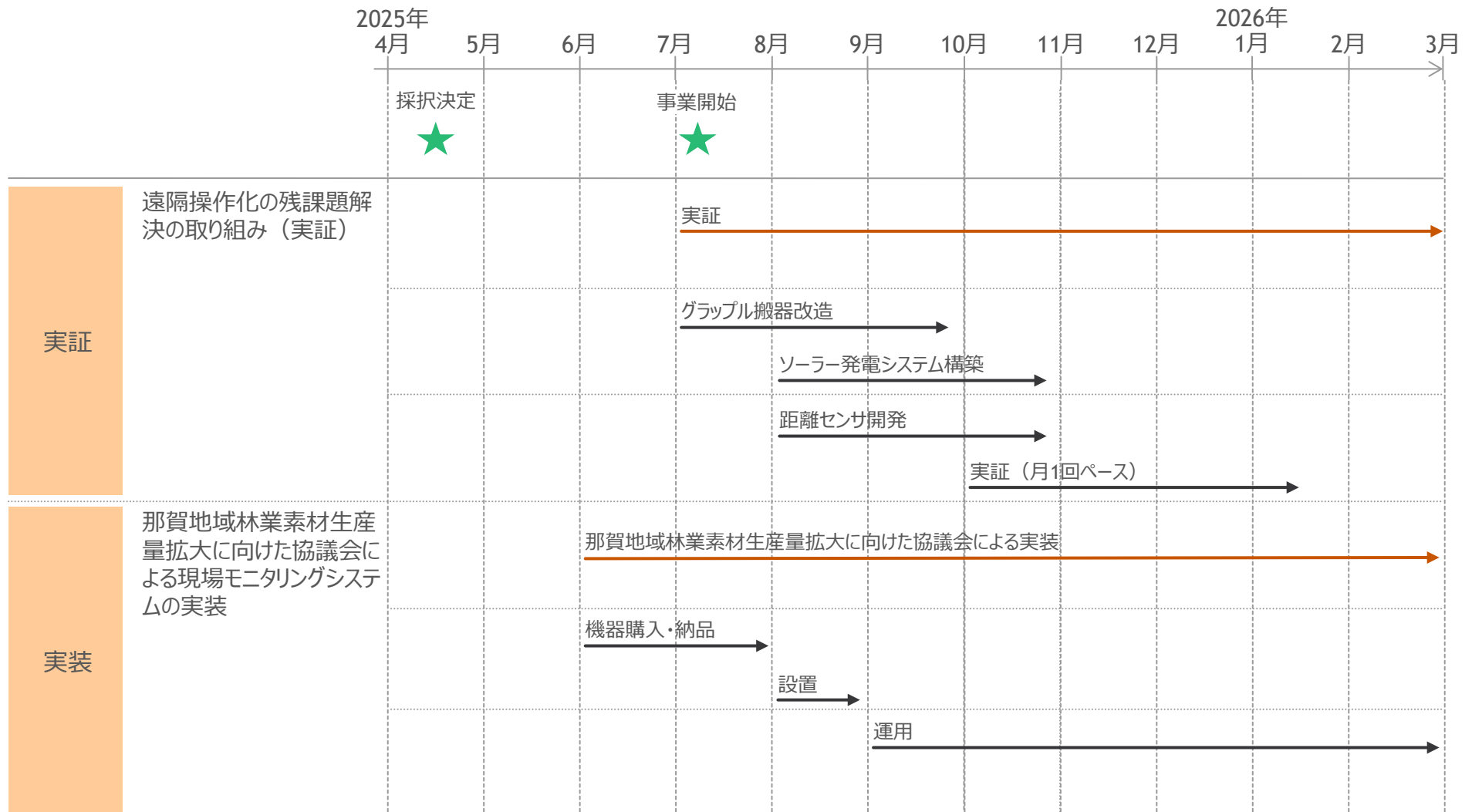
b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
架線集材現場の期間はどのくらい？2ヶ月程度か？	一現場あたり2~3年ほどかかる。	—	—
現場に張られているワイヤーの距離は？	一番遠いところで700m弱。	—	—
Wi-Fi HaLowのAP1台に何台のデバイスを接続させているのか？	11ahでは架線式グラップル取付カメラ1台、現場モニタリングカメラ2台の計3台。ただし架線式グラップル取付カメラは中継器を介している。加えて2.4GHz帯でタブレットを接続させているため、11ah、2.4GHz全て合わせると4台。	—	—
架線の真下以外の木材はどうやって取るのか？	メインとなる架線の横にもワイヤー（ホールライン）が張られており、それを用いると架線真下以外の木材も集材できる。	—	—
2.4GHzはどのくらい距離が届くのか？	10~20m程度	—	—

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



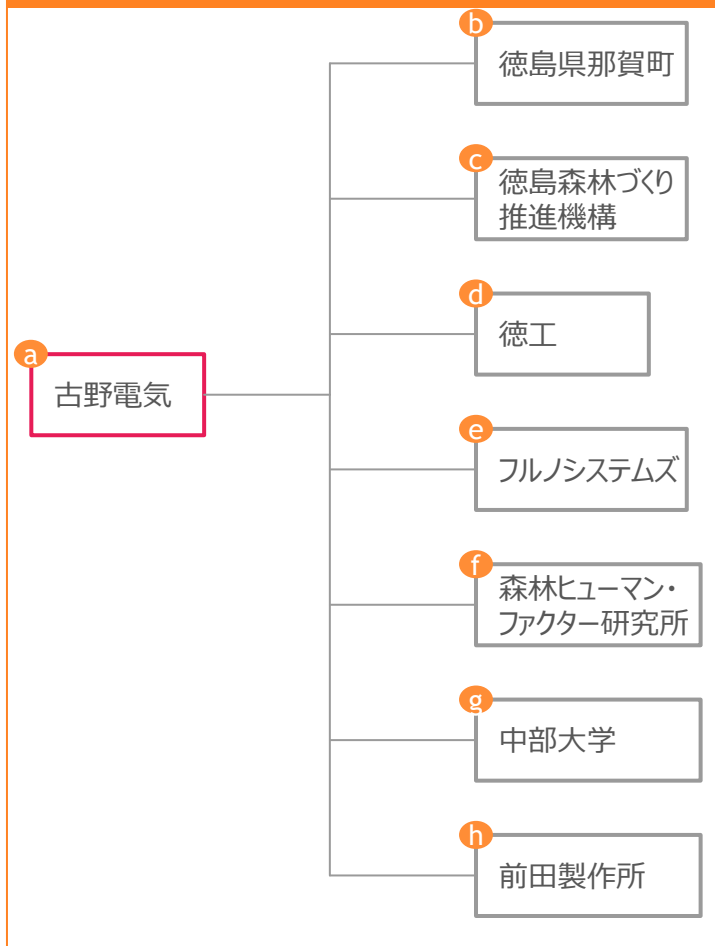
VI 実装・横展開の計画

1 実装の計画

b. 実装の体制

a :実装の取組全体の責任団体

実施体制図



団体名	役割	リソース
a 古野電気	・プロジェクトの全体管理	2名
b 徳島県那賀町	・実装場所の提供、林業事業体との合意形成	2名
c 徳島森林づくり推進機構	・林業実務およびアドバイス	4名
d 徳工	・機器設計、取付工事	2名
e フルノシステムズ	・Wi-Fi HaLowネットワーク環境構築	3名
f 森林ヒューマン・ファクター研究所	・実装に関するアドバイス	1名
g 中部大学	・実装に関するアドバイス	1名
h 前田製作所	・油圧式集材機に関するアドバイス	3名

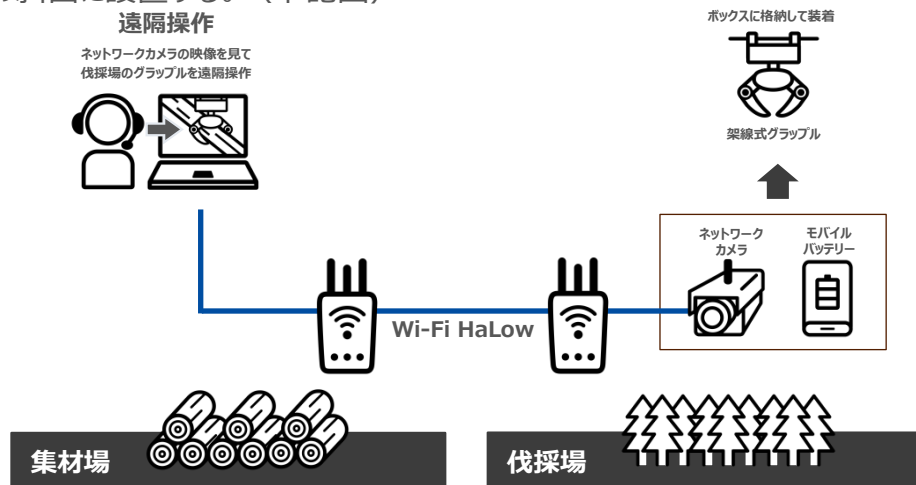
1 実装の計画

c. ソリューションの概要

ソリューションの概要

- Wi-Fi HaLowによる架線式グラップルの遠隔操作化

本ソリューションでは架線集材現場で使用される架線式グラップルにWi-Fi HaLowのアクセスポイントおよびIPカメラを取り付け、集材場にあるアクセスポイントを通してモニターに投影する。アクセスポイント同士はローカルネットワークで接続するため、モバイル通信環境は不問である。アクセスポイントは伐採場の斜面に設置する。（下記図）



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- 伐採場の作業人員数削減
- 架線式グラップルのカメラ映像の伝送速度
- 架線集材作業の作業時間短縮
- 作業可能な降雨量増加
- 作業中止日減少による工期短縮

定性アウトカム

- 現場作業員の心理的安全性の向上

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 架線式グラップルの遠隔操作化
- これまでの架線式グラップルの荷掛け作業（木材を掴む）は急勾配な斜面に作業員を配備し、木材とできるだけ近い距離でグラップルをリモコン操作し、行っていた。本実証の遠隔操作化では集材場のプロセッサやテント内から伐採場のグラップルを遠隔操作できるため、荷掛け作業の省人化、安全性の確保を実現することができる。
- 徳島県那賀町の林業従事者は減少を続けており、従事者の省人化、安全性の確保に寄与できるソリューションであり、持続可能な産業とする上で、なくてはならない技術である。
- 既存の架線式グラップルに後付けが可能なソリューションであり、実証地域だけでなく、他地域（岐阜等急傾斜地な地域や集材機が導入されている地域）で使用されている同様の架線式グラップルにも展開が可能である。

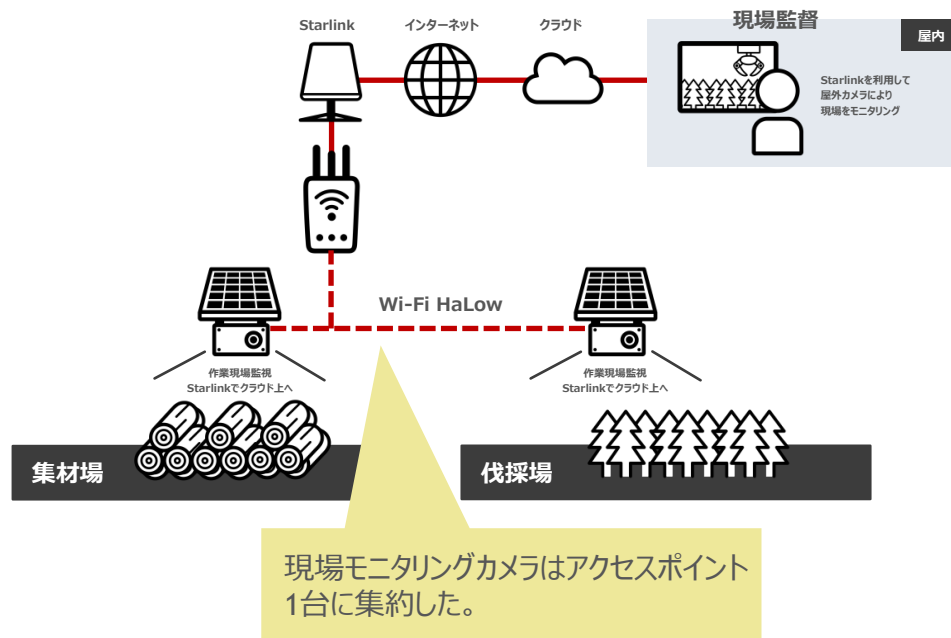
① 実装の計画

c. ソリューションの概要

ソリューションの概要

Starlinkによる現場モニタリングシステムの構築

Starlinkには平常時は作業監視、土砂崩れや大規模豪雨発生等の緊急時には災害監視ができる小型ワイヤレスカメラ（クラウドへ画像をアップロード）をWi-Fi HaLowを通して接続することで、バックオフィスからフェーズフリーで活用できる現場モニタリングシステムを構築する。またStarlinkは作業員のスマホ等の通信手段としても活用できる。



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- Starlink⇔Wi-Fi HaLowの通信スループット確保
- 現場確認の工数削減
- 発災時の連絡時間短縮

定性アウトカム

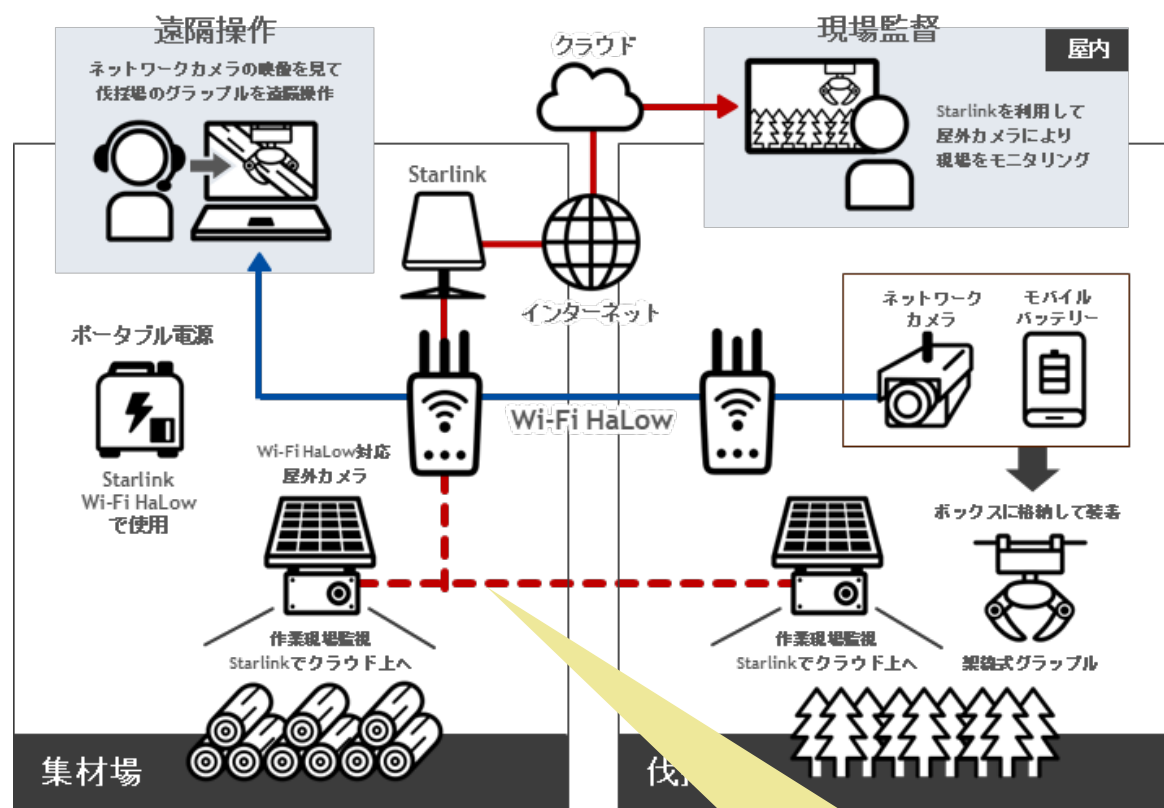
- 林業現場における作業員の通信手段確保
- 木材の盗難抑止

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 現場監視モニタリングシステム
- モバイル通信環境のない現場が多い林業において、Starlinkによる通信手段の確保により、クラウドへ画像をアップロードする小型ワイヤレスカメラの設置が可能となる。また作業者の通信手段としても活用することができることにより、労働災害、気象災害の早期発見、作業者の通信手段確保が可能となる。
- 通信環境がない現場が多い林業において、事務所など外部に連絡する時間がかかるという課題があり、本システムによって、発災時（労災、気象災害問わず）の連絡時間短縮に寄与できる。また、集材場に集積している木材の盗難被害もあるため、その監視・抑止目的としても使用する。

c. ネットワーク・システム構成図

イメージ



現場モニタリングカメラはアクセスポイント1台に集約した。

說明

林業の架線集材現場において、架線式グラブプルにアクセスポイントおよびネットワークカメラを装着し、伐採場の斜面に設置したアクセスポイント、集材場にあるアクセスポイントを通して、モニターにカメラ映像を投影する。モニターに投影されたカメラ映像を用いて、架線式グラブプルを遠隔操作化することで、省人化を図る。

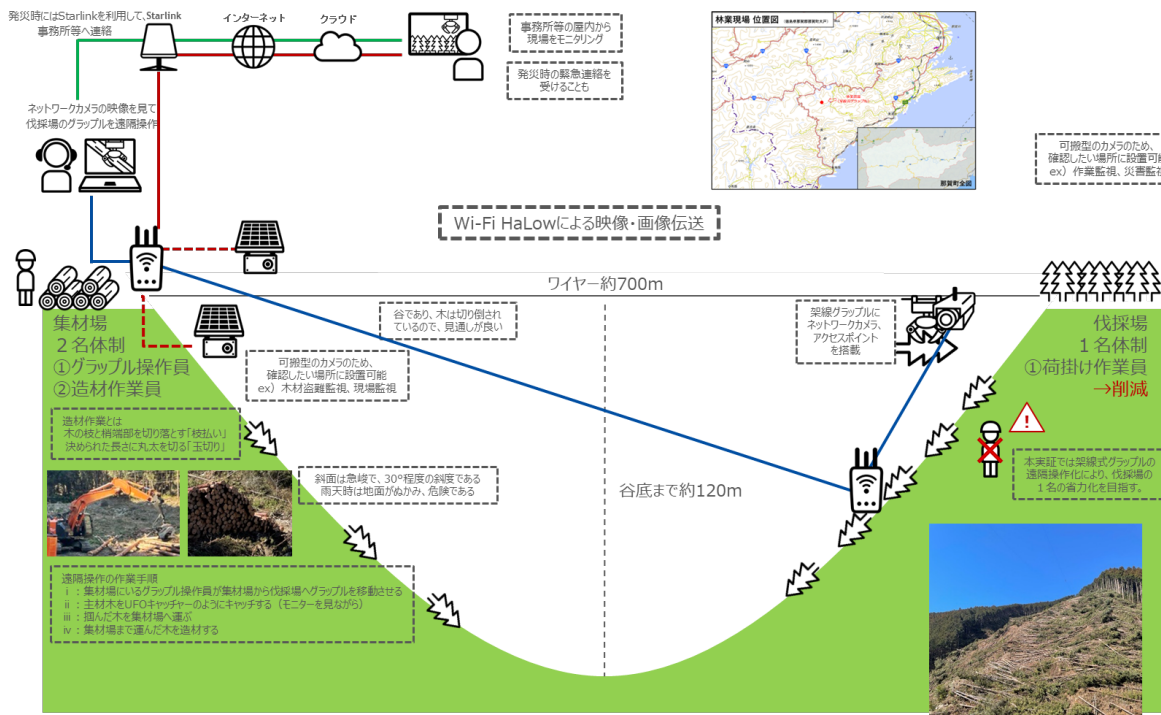
現場にはネットワークカメラの他に現場監視用カメラを集材場、伐採場それぞれに2台配置し、集材場から全体俯瞰で監視する。それらの撮影画像はWi-Fi HaLowを通して、Starlinkへと繋がり、クラウド上へアップロードされ、バックオフィスから現場監督が確認することで、現場モニタリングシステムを構築する。

VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

c. 設置場所・基地局等

イメージ



説明

前提として本実証現場@徳島県那賀町は山間部の谷間にある林業現場となる。谷間にワイヤーが張られており、そこに架線式グラブを吊らせてUFOキャッチャーの要領で主伐した木材を掴み、集材場へ移動させる。

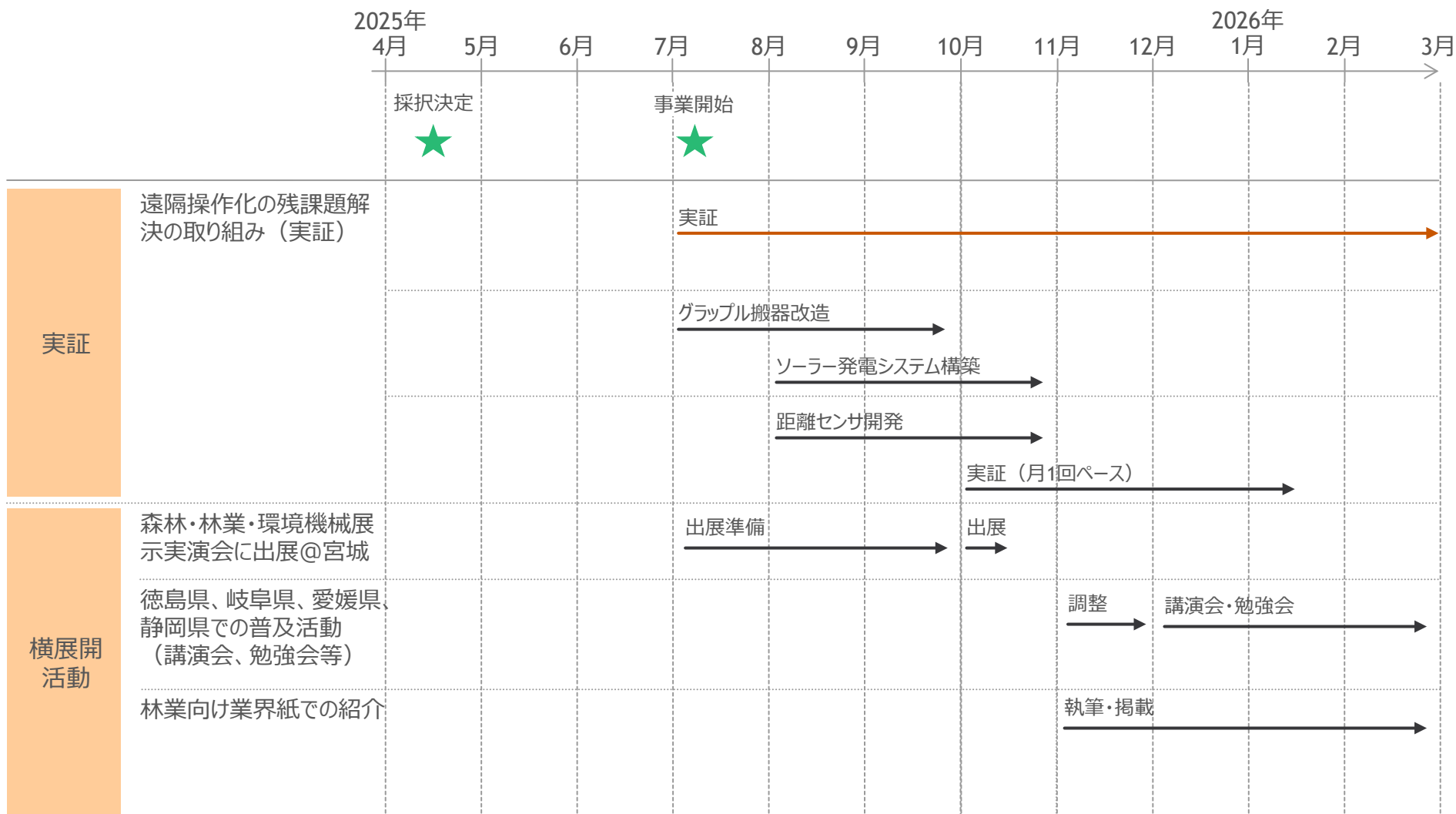
Wi-Fi HaLowのアクセスポイントの設置場所は伐採場は架線式グラブ本体斜面上に、集材場はプロセッサ内などの林業機械内やテント内に設置するネットワークカメラまで見通しのある場所に設置する。集材場にはStarlinkも設置する。

現場監視カメラはWi-Fi HaLowに対応しており、ソーラーバッテリー一体型の電源不要であるため、設置場所を問わず設置することができ、その現場で重点的に確認したい場所へ設置する。可搬性にも優れているため、日によって設置する場所を変更することも可能である。林業現場は見通しが比較的良好、集材場、伐採場それぞれを見渡せる場所に1台ずつ（計2台）設置すれば現場監視には十分である。

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



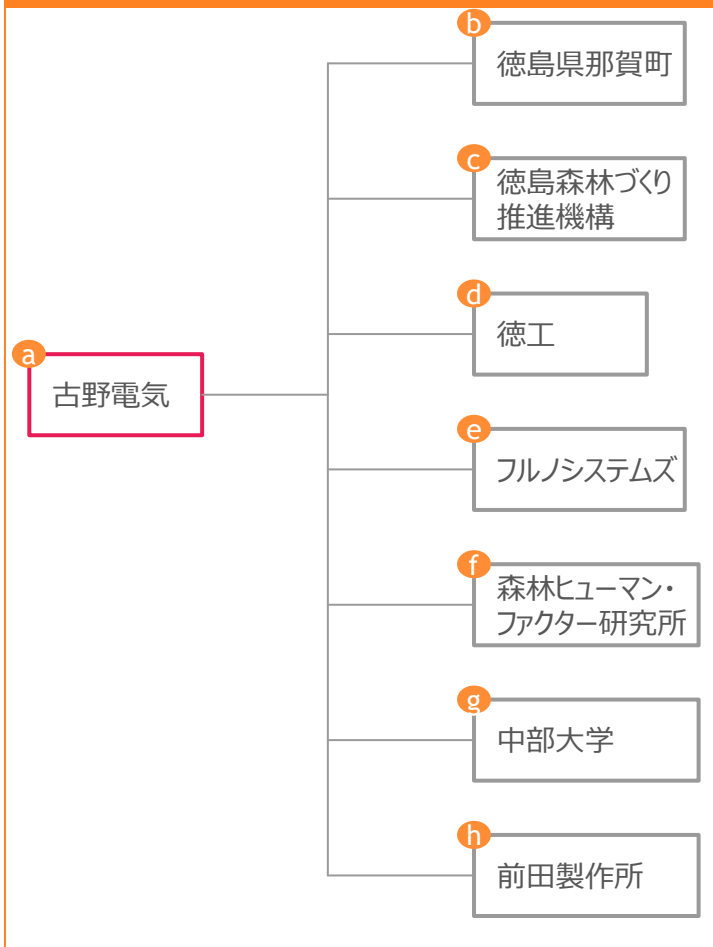
VI 実装・横展開の計画

2 横展開の計画

b. 横展開の体制

a :横展開の取組全体の責任団体

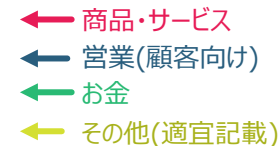
実施体制図



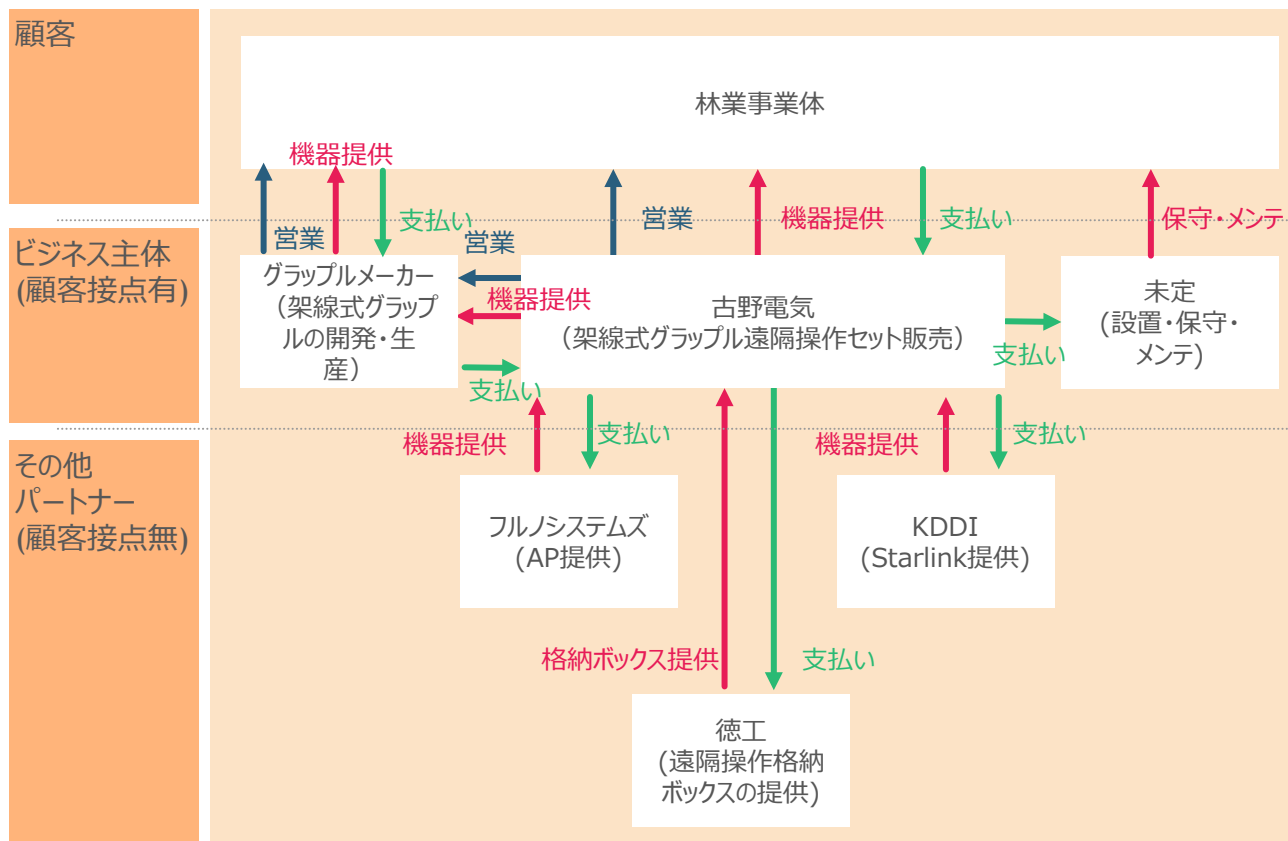
団体名	役割	リソース
a 古野電気	・プロジェクトの全体管理	2名
b 徳島県那賀町	・実証場所の提供、林業事業者との合意形成	2名
c 徳島森林づくり推進機構	・林業実務およびアドバイス ・徳島県下の林業事業者への横展開支援	4名
d 徳工	・機器設計、取付工事	2名
e フルノシステムズ	・Wi-Fi HaLowネットワーク環境構築	3名
f 森林ヒューマン・ファクター研究所	・実証に関するアドバイス ・全国林業事業者への横展開支援	1名
g 中部大学	・実装に関するアドバイス ・岐阜県下の林業事業者への横展開支援	1名
h 前田製作所	・油圧式集材機に関するアドバイス ・全国林業事業者への横展開支援	3名

② 横展開の計画

c. ビジネスモデル



ビジネスモデル図



ビジネスモデル図

概要		顧客である林業事業体には2パターンでの販売を想定 ・古野電気から直販 ・グappleメーカーへセットを販売し、そこからグappleと共に販売
ポイント(工夫)	マネタイズモデル	【売り切り】 - 林業事業体 (ユーザー) へ直販 - 架線式グappleメーカーへセット提供、グappleと併せてユーザーへ販売
	ターゲット顧客	林業事業体
	その他	保守・メンテの企業は未定

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)

顧客

架線式グラップルを利用する林業事業体

計画段階では人件費削減効果を「400万円」で試算していたが、現場の作業員により給与体系は異なるため、多めに見積った金額に修正。

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	人件費の削減	500万円/年	1年	500万円
	定性	安全・安心の向上	—	—	—
		労災発生の防止	—	—	—
		労働者の負担軽減	—	—	—
費用	イニシャル	遠隔操作キット	460万円	1式	460万円
		設計・設置工事	100万円	1式	100万円
		小計:560万円			
	ランニング	Starlink通信費	7万円/月	12ヶ月	84万円
		監視カメラ利用料	2万円/月	12か月	24万円
		保守費用	50万円	1式	50万円
		小計:158万円			
	実装経費 計				
	718万円				

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

2年で費用回収できるのであれば、導入する可能性は高い。何よりも作業員の安全・安心、負担軽減、労災発生の防止は代えがたいものであるため、費用対効果に見合っている。導入先候補からも安全性が向上するのであれば、すぐにでも導入したい意向をいただいている。

妥当性を高めるための目標

目標

「きつい・危険・高コスト」の3K産業と呼ばれる林業現場は人手不足が深刻であり、担い手の確保が困難である。林業従事者の安全安心を遠隔操作など新規技術によって確保し、働きやすい環境を作る必要がある。

アクション

林業現場において危険である作業をDX化（Wi-Fi HaLowなどの通信ネットワーク活用）することにより、省人化する。

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 古野電気

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	遠隔操作キット購入 設計・設置費用 利用料・保守費用	460万円 100万円 158万円	1式 1式 1年	460万円 100万円 158万円 小計718万円
	定性	—	—	—	—
費用	イニシャル	遠隔操作キット 設計・設置工事	330万円 90万円	1式 1式	330万円 90万円 小計:420万円
	ランニング	Starlink通信費 監視カメラ利用料 保守費用	7万円/月 1.5万円/月 45万円	12ヶ月 12か月 1式	84万円 18万円 45万円 小計:147万円
実装経費 計				567万円	

投資の妥当性
(現時点見立て)

販売主体

機器代は初期費用で回収できる。継続利用による通信、保守費用でさらなる利益を生み出すスキームとなる。

妥当性を高めるための目標

目標

遠隔操作キットをR7年度実証によって設計することで、初期設計費用の削減を図る。

アクション

実証で終わることなく、現場を問わず、どこでも使用できるような実装を見据えた設計にする。
(約1,000万円程度の削減)

3 資金計画

		2025年度	2026年度	2027年度
費用	イニシャル	210万円	560万円	1,680万円
	ランニング	158万円	158万円	474万円
	小計	368万円	718万円	2,154万円
資金 調達 方法	関連交付金・ 自治体予算等	368万円 (那賀地域林業素材生産量拡大に向けた 協議会)	718万円 (徳島森林づくり推進機構・那賀町)	2,154万円 (徳島森林づくり推進機構・那賀町)

- 25年度は現場モニタリングシステムのみ実装
- 26年度に1現場に実装、27年度に3現場へ実装を想定。
25年度は課題解決のため、実証予定。
→25年度実証で設計を行い、実装費用の削減を図る。

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
	内容	
➤ 横展開にあたり、最適な現場対象の検討・交渉 • ご想定の通り、今後の展開においては、最適な現場単位で対象を絞り、順次交渉していく方がひろがりやすい可能性があるためご検討いただきたい	• 現場単位で絞るため、架線集材の顕在県、準顕在県、潜在県をそれぞれの都道府県の地形、架線集材機械の導入有無を基にリストアップ。その中でもコネクションが既にある地域から講演会など横展開活動を実施する。	P44, P55
➤ 林業従事者にかかる費用という側面で最適なビジネスモデルの検討を実施すること • 架線グラップル業者も現場に常駐するわけではないため、設置・保守という観点でグラップル業者を優先する必要は特にはない • 一方で横展開の可能性という観点では費用面の方が重要である可能性が高い	• ビジネスモデルを2パターンで作成。グラップルの設置・保守はグラップル業者とは別の業者を設定し、弊社から依頼する形とする。	P57

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
実証後の課題提起だけでなく解決策の仮説は？	架線式グラップルにはワイヤーが張られており、そこに搬器と呼ばれるものがぶら下がっている。搬器に中継器を設置することで、真上からの見通しを常時確保でき、課題である見通しのない谷部分での通信が安定すると考えている。 (既にP45に記載済みのため修正なし) また、本ソリューションで使用する架線式グラップルは他地域でもほぼ同じものを使用しているため、実証地域だけでなく、他地域でも対応可能なソリューションである。 (P51中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値に追記)	P51
各地域によってDXなど新しい取り組みに関する関心度が違うのではないかな？	本実証の徳島県那賀町では林業DXによる安全の確保は非常に関心が高く、前向きであるが、地域によってDXに対する関心にはばらつきがある。そのため、横展開にあたっての課題、横展開の準備状況にその旨を記載し、それに対する対応策も記載した。	P44,46
何か国への要望はあるのかな？	林業事業体はどれも予算が限られているので、DXに向けた取り組みとして、補助などをお願いしたい旨、回答。ただ資料反映は不要と判断。	—
WiFi HaLowで映像伝送の目標未達になった原因はRSSIとSNRで検証可能だったのかな？ 距離や環境との関係も含めてもう少し分析が欲しい。	RSSIとSNRで検証可能だったため、修正なし。距離や環境要因は分析済みであり、以下の通り。 見通しがない地点は映像伝送ができず、RSSI、SNRは低くなった。一方で中継器を設置することにより、映像伝送ができ、RSSI、SNRが大幅に改善したことから、見通しとRSSI・SNRに関係性があると判断している。(勿論近距離であればあるほどRSSI・SNRは高くなるため、距離の関係性もある)	P43