

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を活用した不感地帯解消と ICTツール活用による林業の就業環境改善 成果報告書

2025年3月14日

株式会社大垣共立銀行

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	…P12
b.	設置場所・基地局等	…P13
c.	設備・機器等の概要	…P14
d.	許認可等の状況	…P15
3.	ソリューション等の採用理由	
a.	地域課題への有効性	…P16
b.	ソリューションの先進性・新規性、	…P17
c.	実装横展開のしやすさ	…P18
d.	無線通信技術の優位性	…P19
4.	費用対効果	
a.	ソリューションの費用対効果	…P20
b.	導入・運用コスト引き下げの工夫	…P23

IV.	実施計画	
1.	計画概要	…P24
2.	検証項目・方法	
a.	効果検証	…P25
b.	技術検証	…P26
c.	運用検証	…P27
3.	スケジュール	…P28
4.	リスクと対応策	…P29
5.	PDCAの実施方法	…P30
6.	実施体制	…P31
V.	結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)	…P32
1.	スケジュール (実績)	…P32
2.	検証項目ごとの結果	
a.	効果検証	…P34
b.	技術検証	…P45
c.	運用検証	…P69
3.	実装・横展開に向けた準備状況	…P73
4.	実装・横展開に向けた課題及び対応策	…P75
5.	(参考) 実証視察会・実証発表会	…P76
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	…P81
b.	実装の体制	…P82
c.	ネットワーク・システム構成 (変更点)	…P84
2.	横展開の計画	
a.	横展開に向けた具体的計画	…P85
b.	横展開の体制	…P86
c.	ビジネスモデル	…P87
d.	投資の妥当性	…P88
3.	資金計画	…P90
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	…P92
2.	書面審査での指摘事項に対する反映状況	…P93

1 地域の現状

岐阜県
揖斐川町



特徴

岐阜県西北部に位置し町の中心を揖斐川が流れる。緑に溢れ産業別従業者では農林漁業の従業者が全国比で多い地域。

人口

総数

19,529人 (2020年10月国勢調査)

構成

0～14歳： 7,527人
15～64歳： 10,009人
65歳～： 1,993人

主要産業

建設業、窯業、酒造、農林業(木材・木製品製造)、鉱業

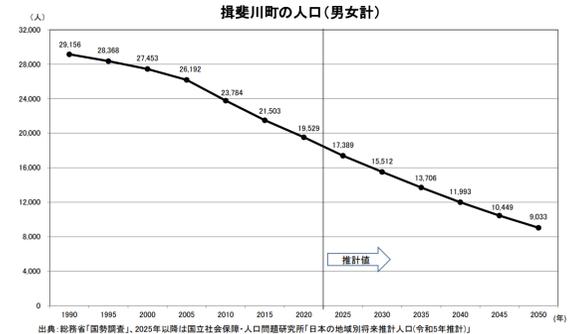
地域の現状の詳細

内容

地域状況をイメージできるグラフ・図・表

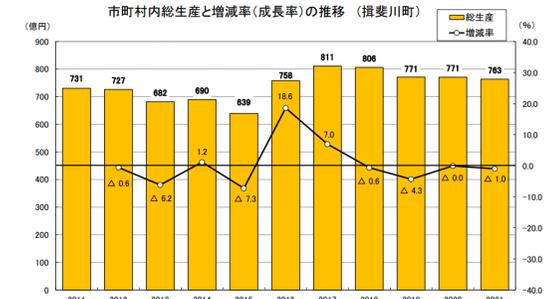
A 人口減少

- 人口減少率が2015年から2020年にかけて1974人の減少。2050年にかけて更に10,000人の減少が見込まれている。
- 移動理由に見ていくと職業上、結婚を理由とした転出超過が目立つ。



B 町内総生産は763億で岐阜県内27位

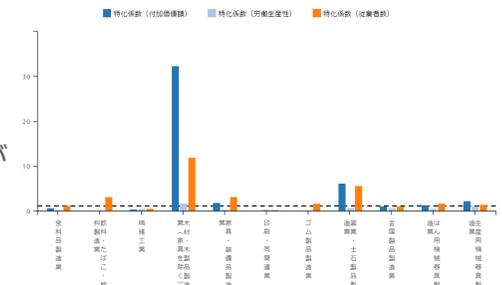
- 2016以降は5年連続の増減率マイナスとなり、厳しい状況が続いている。



C 木材・木製品製造が町内で主力産業一方で労働生産性は低い

町内の産業の中で木材・木製品製造業における付加価値額、従業者数が群を抜いて高い、一方で労働生産性が低い。

付加価値額：32.33、労働生産性：1.7
従業者数：11.98



I 地域の現状と課題認識

2 地域の抱えている課題

課題

対象者

a 林業経営体

①技能育成制度等を活用し採用を強化しているが、いわゆる3Kと呼ばれる環境であり、特に危険性という観点から採用時に敬遠されることが多い。②生産性が上がらないことから、給与水準を上げることが難しい。

- 林道等ハード面の整備不足に加え、ICT化が進んでおらず、生産管理の効率化が進んでいない。
- 複数エリア化のコストメリットが見えない。
- 森林所有者の経営意欲の低さから所有者からの情報提供が少なく、伐採地の確保に時間を要し、低生産の要因となっている。

b 林業従事者

- 死傷年千人率が他業種に比べ高い業界(全産業2.4に対し”林業22.8”...林野庁2023年度資料)。その要因として現場が不感地帯にあることから、遭難や事故等が発生した際の早期発見、早期対処が難しく、極めて危険な環境下での作業が必要となる。
- 本部と連絡が取れない環境にあり、作業現場にいる作業者が判断を迷った際には、本部の指示や指導を仰ぐため通信が取れる場所まで片道30分程度移動する必要があり、生産性が著しく低下する。

c 森林所有者

- 林業の「低採算＝儲からない」という課題より、経営意欲・所有意思のない森林所有者が増え、その結果、放置森林、所有者不明森林が生じ、地域課題となっている(R2年度に国土交通省調査 登記簿上所有者不明土地割合...林地26%)。
- 森林面積の約6割は私有林であり、特に人工林にあっては、その約2/3の経営管理が不十分となっているおそれがある(林野庁R2年資料)。

イメージ

林業イメージ

3K: きつい, 汚い, 危険

効率性: 生産性が上がらず 給与水準も上がらない

→ 新規就業者から敬遠

年	林業従事者数 (万人)	林業の高齢化率 (%)
10	51.9	4%
11	43.9	4%
12	26.4	14%
13	20.6	14%
14	12.4	14%
15	10.8	14%
16	8.2	14%
17	6.8	23%
18	5.2	27%
19	5.1	21%
20	4.5	25%
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		

資料：総務省「国勢調査」、林野庁「森林・林業白書」

労働生産性の低下

緊急事態/本部連絡時 片道30分

通信不感地帯 → NWがあるエリア

林業課題

低採算, 儲からない

→ 経営意欲・森林所有意識のない森林所有者増加

→ 所有不明森林の増加 / 経営管理の不十分さが露呈

地籍調査での登記簿上の所有者不明土地割合 (林地)

所有者不明	割合 (%)
登記簿の上で所在確認可能	74%
登記簿のみでは所有者不明	26%

平成28年度地籍調査における土地所有者等に関する調査

3 これまでの取組状況

2017～2022年度上期

2022年度下期

取組概要

LPWAを活用した不感地帯の改善

岐阜、愛知、奈良において、岐阜大学と連携し、LPWAを双方向通信のフィールドテストを実施。

トランシーバーを活用した不感地帯の改善

トランシーバーと既存会話アプリを活用し、作業現場内の音声チャット、位置情報等のフィールドテストを実施。

ICTハーベスタを活用した作業効率化

高性能林業機械と呼ばれるICTハーベスタを活用し、現場での採材時に、最も高く売れる採材プランの提示、材の直径・材長等の自動計測に基づく色分けを行い、同時に生産した丸太のデータベース化(在庫管理)を実施。

成果

広域距離の通信は可能

LPWA Private LoRaが見通し最大約160kmの双方向通信が可能であること、一定の距離内通信ができ、中継機を設置することで広域・不感地帯をカバーできることを立証。

現場内の音声通話、位置情報は可能

固定局から大きく離れていない場所では、見通しがなくても十分な受信強度が取れることを確認（約5kmまで）。

自動計測等の高い精度を実証

採材プランの提示機能は経験の浅い作業員に有効であり、また現場によっては、自動計測の精度も十分なレベルにあることが確認された。

見えてきた課題

低速度で利便性が低い

現場では音声通話が求められる中、LPWAは**データ量が少なく、テキストメッセージ程度**の送受信しかできないため、現場での利便性は低い。

現場外への通信不可

通信は現場内に留まり、管理者や外部機関等への**緊急時の連絡は不可**（通信可能な場所に移動する必要がある）。

多様な現場への対応・高い導入コスト

材木の仕分種類が多い現場では判断基準が複雑で対応できないケースがあり、最終的には人の目で検知が必要となる。また、1台3,000万円超の高額な導入コストが必要となる。

事業名

—

—

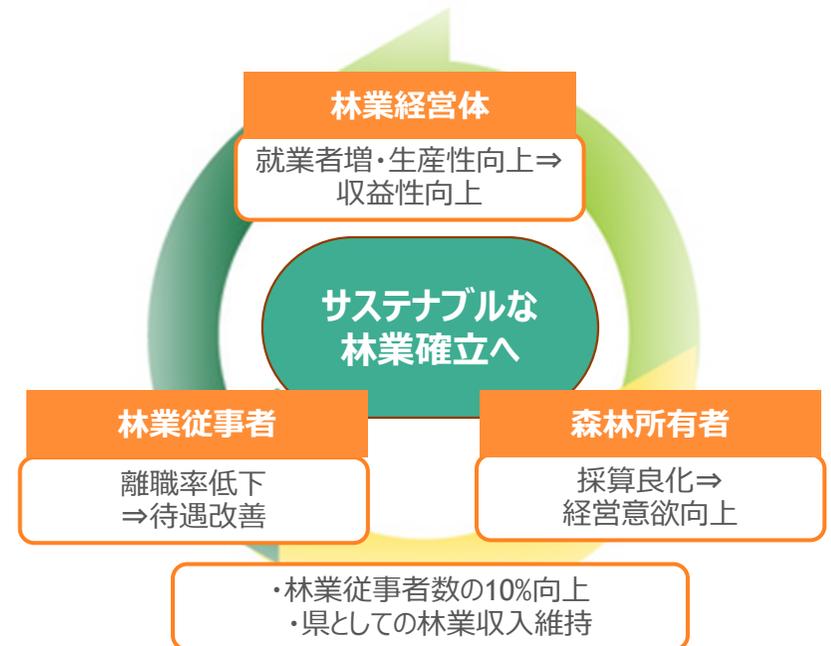
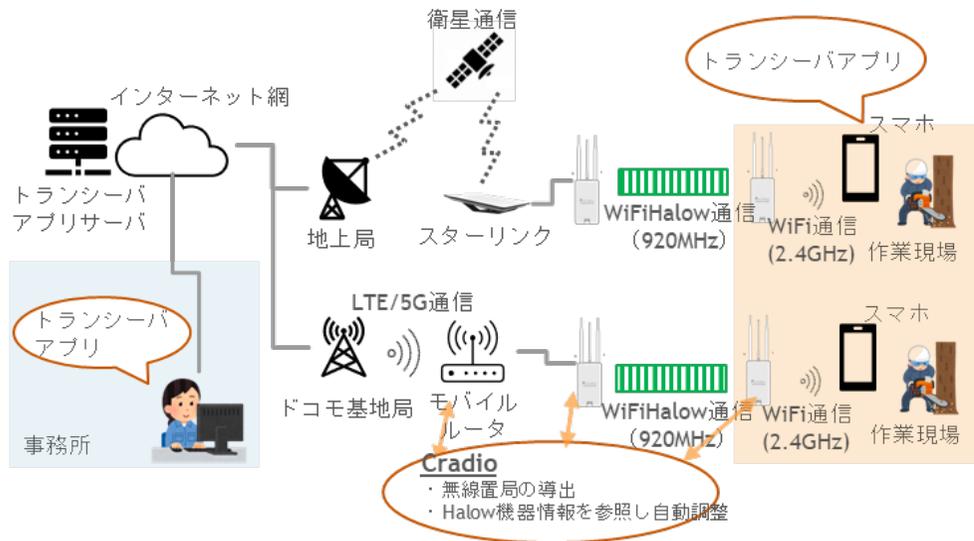
「経営モデル実証事業」(林野庁)

II 目指す姿

① 将来的に目指す姿

不感地帯解消とICTツール活用による林業の就業環境改善・生産性改善と、それに伴う人手不足の解消

- 不感地帯にWi-Fi HaLow環境を構築し、音声通話やICTツール活用を可能にする。
- トランシーバアプリを活用し、作業現場にいながらいつでも現場外とのコミュニケーションを円滑に行えるようにする（作業現場の安全性確保、業務効率化）。
- 作業実施の都度、簡易設置可能なWi-Fi HaLow環境を構築し、作業現場ごとでの不感地帯解消が可能にする（低コストでの不感地帯解消を検証）。
- Cradio®を用いることで、現地の無線通信機器の最適な設置場所を自動で導出し効率的に最適な無線通信ネットワーク環境を構築する。

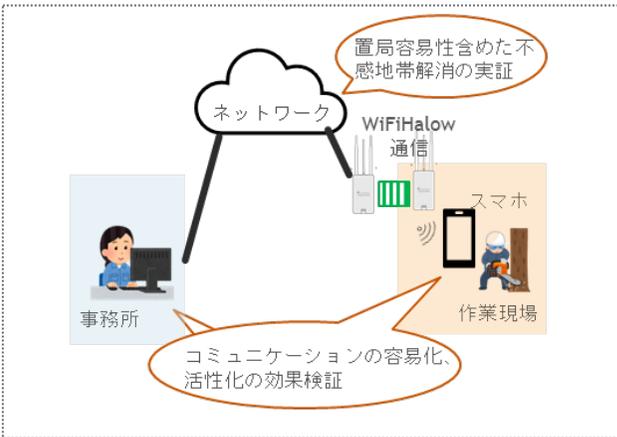


II 目指す姿

② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ

2024

実証



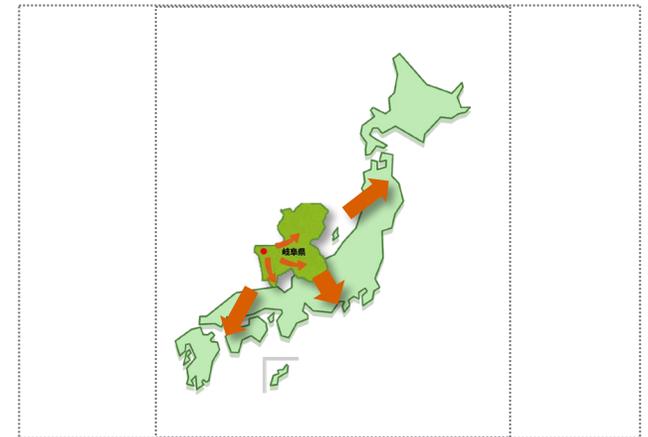
2025

実装



2026

横展開



町内林業地での実証

- モバイル電波**不感地帯解消**の実証
- 揖斐川町の林業作業地ー遠隔地間及び作業者間での**音声コミュニケーションの実証**
- NW機器**構築における容易性**の検証

町内での実装

- 揖斐郡森林組合によるソリューション実装
- 運用面における**課題の抽出**
- ソリューションの**導入しやすさ向上**（パッケージ化やコストダウン等）

全国林業地への展開

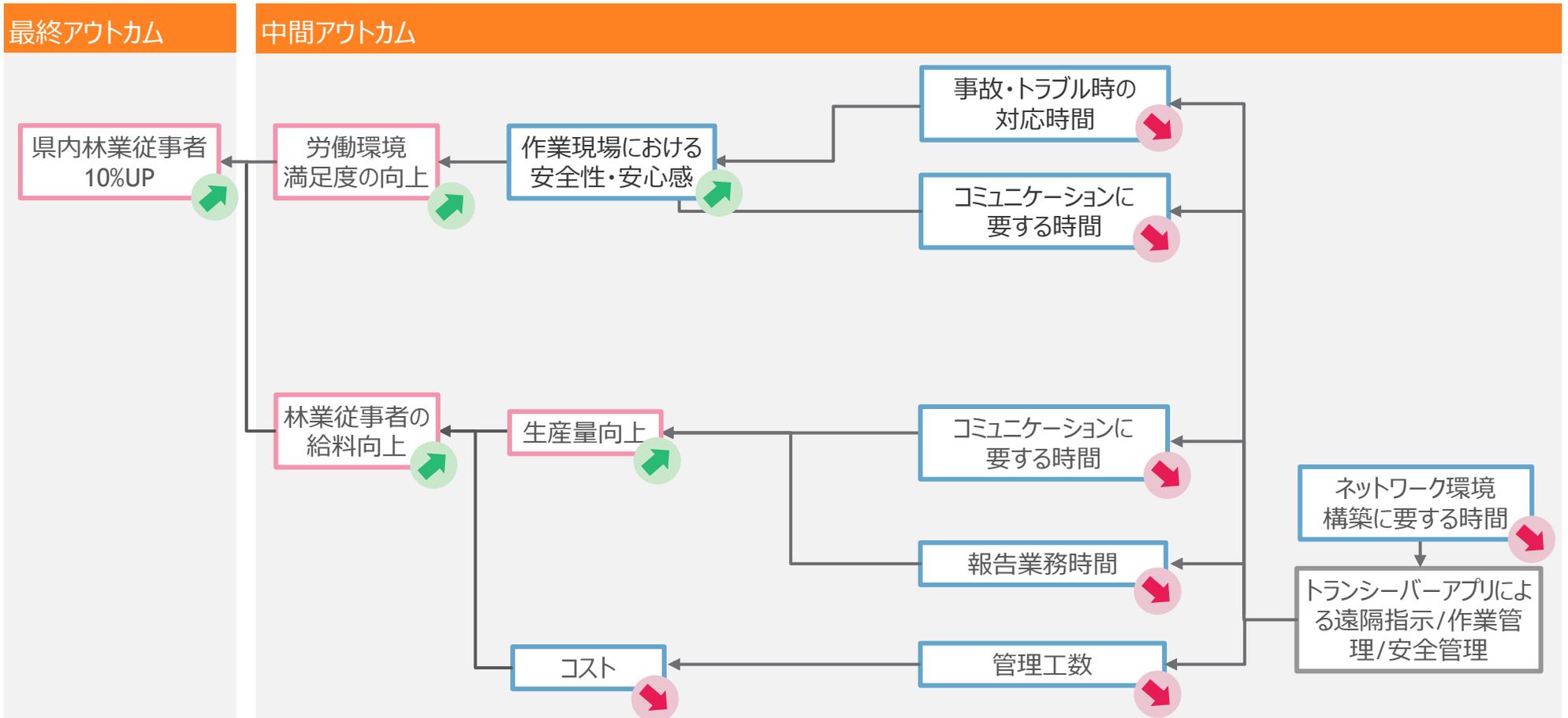
- 横展開を担う実証団体が主体となり、**全国へ実装モデル及びソリューションを横展開し**、林業における**担い手不足解消**を推進

II 目指す姿

3 成果 (アウトカム) 指標

a. ロジックツリー

■ : 実装・横展開の成果指標
■ : 実証の成果指標



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
労働環境満足度の向上	なし (測定前) (現状値の測定)	「改善効果有」が 30%以上を目指す (森林組合へのヒ アリングベース)	“通信環境”、つまり緊急時に即時連絡が可能、 という林業作業者にとって、当たり前ではない環境 を創り出し、安心感の醸成、労働環境満足度の 向上を目指す。 ※労働環境改善による離職率低下、辞めさせな いことが作業員のスキル向上、生産性向上にもつ ながるため、重要指標として設定	利用者アンケートの実施
林業従事者の給料向上	平均支払賃金 15,296円 (2022年度) <u>2022年度 平均支払 賃金及び賃金支払形 態別林業事業体数</u>	平均支払賃金 15,754円 (2029年度)	稼働や管理の効率化を行うことで、生産性を向 上させて、売り上げ向上とコスト削減を行い、給 料向上を目指す。 ※今年度実証、2025年度以降の実装期間を 経て、黒字転換する2029年度より3%増を目指 す。	売上とコストの費用対効果 に基づいて人件費を測定
県内林業従事者10%UP	928人 (2022年度) <u>2022年度 市町村別・ 林業事業体数及び森 林技術者数</u>	「就職希望」の 10%向上を目指す (森林組合へのヒ アリングベース)	いわゆる3Kと呼ばれる環境であり、特に危険性 という観点から採用時に敬遠されることが多いため、 従事者は減っていく一方となっていることから、労 働環境の改善や給料向上により従事者を増やす ことを目指す。	利用者アンケートを実施 (実証前と後の違いに基 づいた就職希望の違いを 数値化)
木材生産量の向上	木材生産量約 5,201m ³ /年 (3期平均)	5%向上	作業員の報告業務 1日25分削減 →25分/450分/日...約5%削減 (作業時間 7.5h/日)	木材生産量の実測

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
ネットワーク環境構築に要する時間の削減	計測不可 ※簡易的なエリア設置方法がないため	1時間 (1km半径)	電波調査等事前設定の完了したネットワーク構築パッケージを活用した場合の、ネットワーク構築までの時間を検証。	機器設置、通信テスト完了までの時間の実測値
事故・トラブル発生時の対応時間の削減	作業員-緊急連絡先間(救急等) 30分程度	10秒程度	林業現場の大半は不感地帯にあり、人に関わる事故、重機等のトラブル発生時、通信可能なエリアまで移動する必要がある(片道平均30分程度)。現場の通信エリア化により、外部との連絡を即時可能とし、その効果を検証。	連絡を取るまでの時間の実測値 アンケート
コミュニケーションに要する時間の削減	作業員-管理者間 30分程度	10秒程度	現場が不感地帯にあることから、作業員は作業時に発生する相談事項がその場で解決できない、管理者側からは進捗管理ができないという課題がある。通信エリア化することで、即時にコミュニケーションが取れるようになる。	コミュニケーションを取るまでの時間の実測値
作業現場における安全性・安心感	なし (測定前) (現状値の測定)	「改善効果有」が 30%以上を目指す	作業員が感じた生の声を確認し、作業員にとって安全性、満足感の得られる職場とすることで担い手不足解消に資する実証であるかを確認。	利用者アンケートの実施
報告業務時間の削減(作業員視点)	報告に要する時間 30分/1日	報告に要する時間 5分/日	現在手書きで行っている日報の作成を、トランシーバーアプリの自動文字おこし機能により簡略化し、業務効率化を検証。	報告及び確認時間の実測
管理工数の削減(管理者視点)	確認に要する時間 30分/1日	確認に要する時間 5分/1日	現状、紙ベースの日報を目視で確認し、データ入力を行っているが、トランシーバーアプリで作られたデータベース日報の確認による、管理者側の業務効率化を検証。	報告及び確認時間の実測

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
コスト削減	確認に要する稼働分のコスト (1日あたり) 2,000円/日 (30分)	確認に要する稼働分のコスト (1日あたり) 340円/日 (5分) (83%削減)	業務報告を確認するのにかかる時間に基づく稼働費用を削減 (数値根拠は「管理工数の削減」のアウトカムより)。	コストの比較

Ⅲソリューション

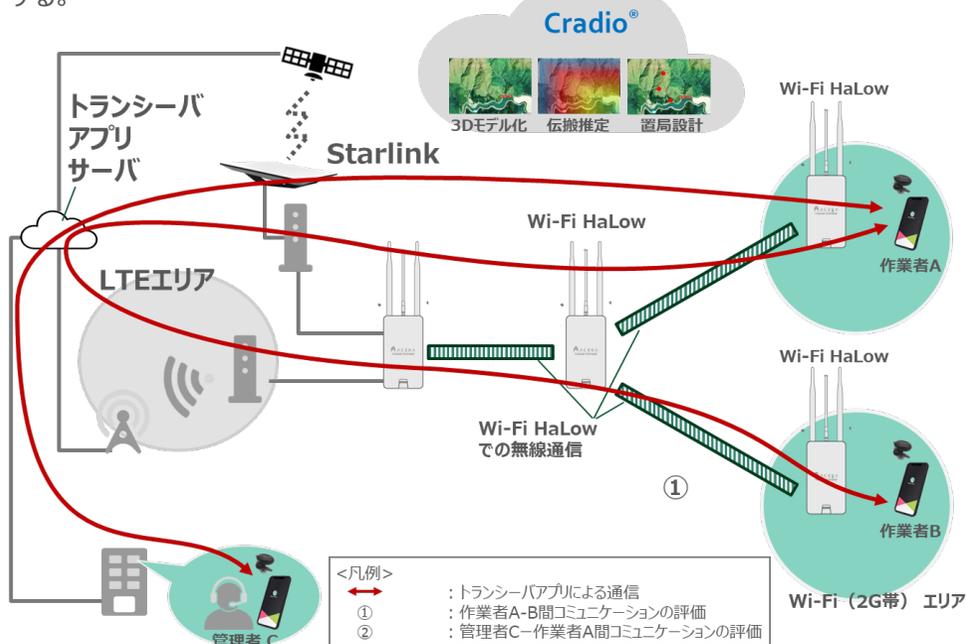
①ソリューションの概要(1/1)

ソリューションの概要

○トランシーバアプリ

携帯電話の使えない場所では、スマートフォンを利用したトランシーバアプリが利用できない。**Starlink**（樹木等に遮られない周囲の開けた場所への設置を想定）、**LTE/5G**、**Wi-Fi HaLowの無線通信ネットワーク機器を連携**することで、携帯電話の使えない地域においてもスマートフォンで利用可能なトランシーバアプリが利用できる環境を構築。現場作業員間の会話及び遠隔管理者との会話を可能としコミュニケーションの円滑化に行えるようにする。また、音声会話をテキスト化して記録、位置情報の管理にも活用する。

さらに、Cradio®を用いることで、**3Dモデル化から無線強度の伝搬推定を行い**現地の**無線通信機器の設置場所を導出し最適な無線通信ネットワーク環境を設計**する。



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- NW構築にかかる稼働の削減 目標 1時間
- 作業員 – 緊急連絡先間で連絡を取るのに必要な時間
現状：30分程度 目標：10秒程度
- 管理者 – 作業員間でコミュニケーションをとるのに必要な時間
現状：30分程度 目標：10秒程度
- 報告業務、管理工数の削減
現状：報告 30分 管理30分 目標：報告 5分 管理5分
- コスト削減(業務報告確認に要する稼働コスト)
現状：2,000円/日 (30分) 目標：340円/日 (5分)

定性アウトカム

- 作業員の安全性・安心感の向上

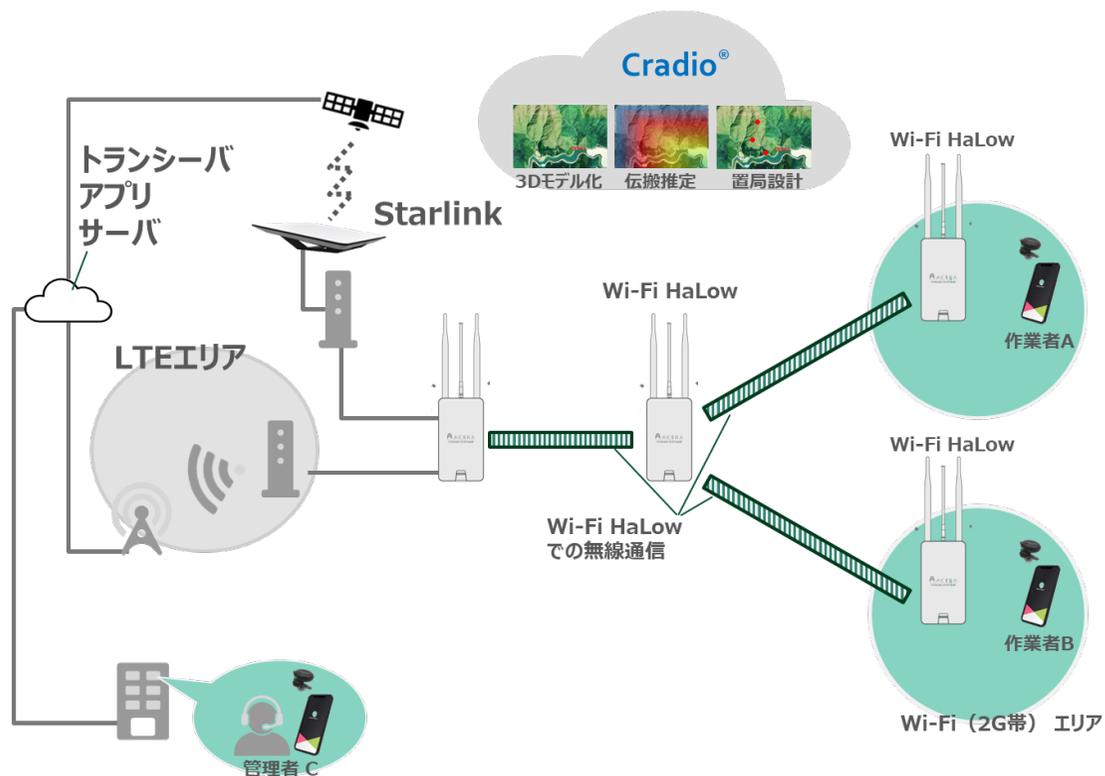
中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 林業者のコミュニケーション環境改善
 - 携帯電話の通信エリア外である現場の通信環境が改善され音声通話が可能になることで、現場から離れた遠隔管理者と現場作業員とのコミュニケーションが可能になる。また、数百m離れた作業員同士のコミュニケーションも即時に行えるようになる。
 - 音声通話がどこでも可能になることで、従来まではモバイル通信エリア外からエリア内への移動、会話したい作業員の近くまで行く、といった作業現場からの移動時間が大幅に省略できる。業務効率化によって就業環境が改善する。
 - いつでも連絡が取れることで、緊急時（熱中症、負傷、など）の連絡も安心して行え、作業員の安心感を与え、満足度も向上する。
 - 無線ネットワーク環境の伝搬推定から置局設計を行い、コミュニケーション環境の安定提供を行う。

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

インターネットと接続できるStarlink、LTE/5Gエリアのモバイル端末とWi-Fi HaLowを接続し、Wi-Fi HaLowによって携帯電話の使えないエリアで通信ができるように無線エリア化を行う。Wi-Fi HaLowの末端では、Wi-Fi通信が行えるため、通信端末でのデータ通信が可能となる。これにより、トランシーバアプリが使えるようになり、インターネット上のトランシーバアプリサーバを経由して、遠隔地にいる管理者との通話が可能となる。

Wi-Fi HaLowの通信環境の最適な配置は、Cradio®を用いることで設計し、効率的な環境構築の検討を行う。

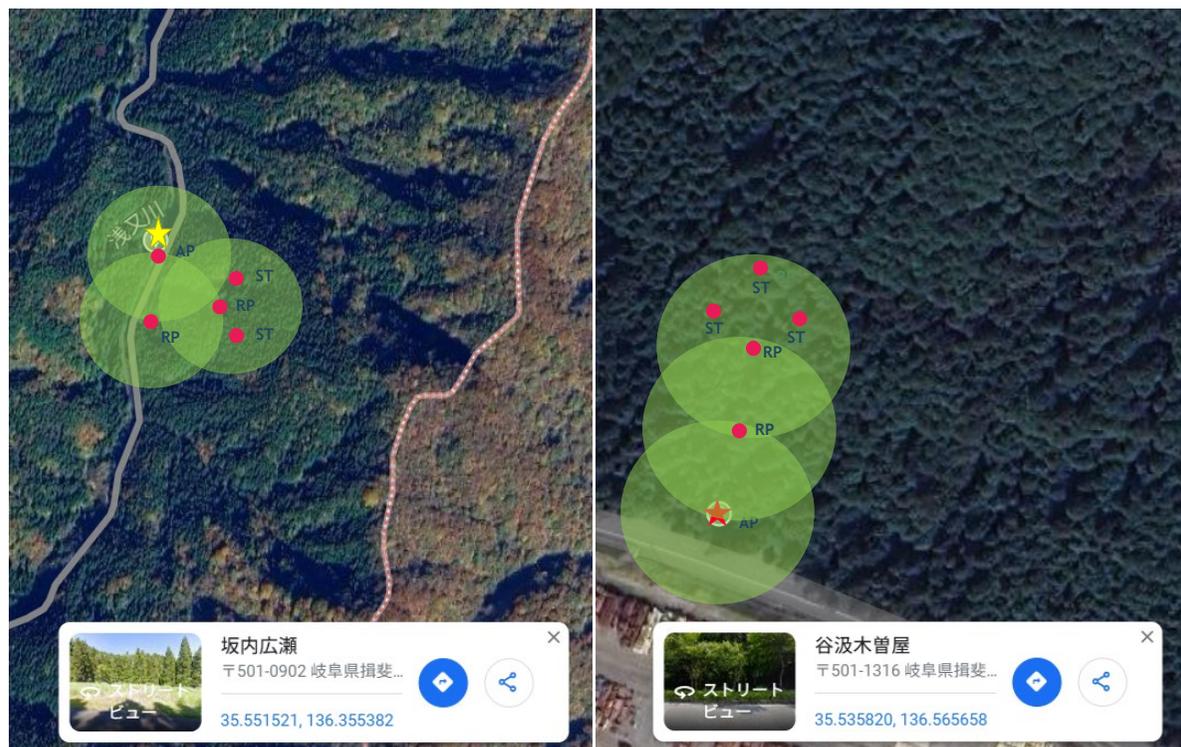
Ⅲソリューション

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

エリア構築イメージ（左：LTEモバイルルータの場合、右：Starlinkの場合）



- 凡例
- ★ LTEモバイルルータ
 - ★ Starlink
 - Wi-Fi HaLow設置場所・エリア (IEEE802.11n/b/g)
 - Wi-Fi HaLowエリア (IEEE 802.11ah)

説明

Starlink（樹木等に遮られない周囲の開けた場所への設置を想定）、Wi-Fi HaLowの無線通信ネットワーク機器を連携することでエリア構築するパターン。LTE/5Gエリアから、Wi-Fi HaLowの無線通信ネットワーク機器を連携することでエリア構築をするパターン。

以上の2パターンの実証を行う。

※候補地：揖斐川町坂内広瀬(Starlink)、谷汲木曾屋(LTE)周辺

Starlinkのパターンでのエリア構築は、Cradio®を用いることで、3Dモデル化から無線強度の伝搬推定を行い現地の無線通信機器の設置場所を導出する。

Wi-Fi HaLowの機能略称について

AP：アクセスポイントモード

RP：リピータモード

ST：ステーションモード

Ⅲソリューション

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
<ul style="list-style-type: none">Wi-Fi HaLow	<ul style="list-style-type: none">Wi-Fi HaLowのため免許不要	<ul style="list-style-type: none">Wi-Fi HaLowのため免許不要
<ul style="list-style-type: none">Starlink	<ul style="list-style-type: none">接続するアクセスポイントやモバイルWi-Fiルーターの無線規格に準ずる	<ul style="list-style-type: none">Wi-Fi HaLowもしくはモバイルWi-Fi ルーターを接続し、免許不要な電波を利用するため、免許不要
<ul style="list-style-type: none">ドコモキャリアLTE/5G	<ul style="list-style-type: none">一般公衆網であり、2.4GHz帯のキャリア通信を利用するため免許不要	<ul style="list-style-type: none">免許不要

③ ソリューション等の採用理由(1/1)

a. 地域課題への有効性

対象の課題

不感地帯において、外部、他者への連絡が取れないことによる**危険性**

作業現場はモバイル通信ができない不感地帯にあることから、**遭難や事故等**が発生した際の早期発見、早期対処が難しく、極めて危険な環境下での作業が必要となる。

不感地帯において、外部、他者への連絡が取れないことによる**非効率性**

作業現場は、本部など外部と連絡が取れない環境にあり、作業現場にいる作業者が判断を迷った際には、本部の指示や指導を仰ぐため通信が取れる場所まで**片道30分程度移動**する必要があり、生産性が著しく低下する。

課題解決への有効性

- 従来のコミュニケーションツールとして使用されていたインカムやトランシーバでは**現場作業員と遠隔管理者間の会話が不可能**である。また、携帯電話の使えない場所では、スマートフォンを利用したトランシーバアプリが利用できない。そこで、**Starlink、LTE/5G、Wi-Fi HaLowのネットワーク機器を連携**することで、携帯電話の使えない地域においてもスマートフォンで利用可能なトランシーバアプリが利用できる環境を構築。**非常時の連絡体制を含む安全な環境を整える**ことが可能となる。
- 携帯電話が使えない現地を**Starlink、Wi-Fi HaLowのネットワーク機器連携で新たに無線エリア化**し、スマートフォンで利用可能なトランシーバアプリを使用することで、**遠隔管理者ー現場作業員間及び作業同士相互の相互会話が可能**となり、**現場状況の把握や現地での判断迅速化**へ寄与できる。
- アプリケーション側で**位置情報の確認や音声の自動テキスト化、エリアを絞った会話等が可能**なため、相互会話における付加価値づけも可能。
- Cradio®を利用することで**不感地帯のエリア化作業を効率よく決定**することが可能となり、作業時間の省力化が可能。

ソリューション トランシーバアプリ

他ソリューションに対する優位性

名称	比較
<ul style="list-style-type: none"> ● インカム、トランシーバ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 従来のコミュニケーションツールとして使用されていたインカムやトランシーバでは現場作業員と遠隔管理者間の会話が不可能であった。
<ul style="list-style-type: none"> ● LTE/5G 	<ul style="list-style-type: none"> ● 不感地帯ではスマートフォンを利用しようとした場合、モバイル電波が届かず利用できない。また、簡単には、基地局を増やすことが不可能である。衛星通信を使うことで場所に制限されず通信が可能となる。
<ul style="list-style-type: none"> ● LPWA (LoRaWAN) 	<ul style="list-style-type: none"> ● LPWAよりもスループットが多いWi-Fi HaLowを活用することで音声のやり取りができるようになるため、スマートフォンを活用したトランシーバアプリを利用し、現場状況把握に寄与できる。その結果、作業者の安全性確保による新規作業員獲得率向上や現場判断の迅速化による作業効率向上などへとつながる。

Ⅲソリューション

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

先進性・新規性の概要

新規性：衛星通信（Starlink）との組み合わせ、森林率全国2位（81.2% ※令和4年3月 林野庁調べ）のフィールドを活用、Cradio®の活用
全国でも有数の森林率を誇る岐阜県にてWi-Fi HaLowを構築した山間部の不感地帯解消の実証を行うということは、中山間地帯の多い日本全国へ横展開していけるモデルを作りやすいことが想定され、新規性があると考えます。
また、単なるWi-Fi HaLow NWの構築ではなく回線としての**衛星通信（Starlink）と組み合わせる**点は新規性と先進性があると考えます。
さらには、NTTアクセスサービスシステム研究所の技術であるCradio®を活用することで、無線強度の伝搬推定を行い、無線通信機器の**最適な設置場所を自動で導出**する。これにより、Wi-Fi HaLowの複数アクセスポイントとLTE/5G端末の設置位置を**最適化し**、かつ**容易に構築**できるようにし、総合的な無線通信ネットワーク構築の**効率化**を行う。Wi-Fi HaLowの**アクセスポイントからの情報を参照し自動調整**することもできるため、構築する場所を変化させても、Wi-Fi HaLowから事前に参照しておいた情報をもとに、今後**新たに構築する場所でも最適な設置場所を自動で導出**し、NW構築の効率化を行うことも可能。

基本情報

先進性項目

比較軸① 実証フィールド

比較軸② NW構築方法

比較軸③ NW構築の難易度

	今回の応募事業	比較事例A	比較事例B	比較事例C
実証・製品名 (実施主体)	山間部での不感地帯解消実証 主体：大垣共立銀行	Wi-Fi HaLowとカメラ画像を活用した獣害被害削減の実現 主体：アイテック阪急阪神株式会社	揖斐川町 過去事例（LPWA） 主体：	次世代長距離通信技術を使った山岳・中山間エリアにおける課題解決サービス創出 主体：信州大学
概要	携帯が使用できない不感地帯において、Wi-Fi HaLow構築によってエリア化を行い、不感地帯の解消の実施	不感地帯においてWi-Fi HaLowを構築し、獣害対策の負荷軽減を図れるソリューションの導入を実証	本実証フィールドである揖斐川町にてLPWA環境を構築し不感地帯の解消を実施。テキストや音声でのオンラインコミュニケーションを実証	中山間地域の不感地帯を解消し物流システムの構築や登山口の安全管理、災害対応の高度化等を実施
領域	林業、不感地帯	農業、不感地帯	林業、不感地帯	中山間地帯、不感地帯
通信技術	Wi-Fi HaLow	Wi-Fi HaLow	LPWA	Wi-Fi HaLow, Starlink, LPWA
参考リンク等		https://www.soumu.go.jp/main_content/000917709.pdf		https://www.soumu.go.jp/main_content/000917709.pdf
比較軸① 実証フィールド	本実証フィールドである岐阜県は、 森林率が全国2位 で不感地帯も多いことから、実証で得られる知見が多く、 横展開しやすいモデル となりうる	獣害が多い中山間地帯であり、獣害対策という点においてはモデルを作りやすい地域である。また、高齢化が深刻な地域でもあるので、業務効率化による負担軽減、産業維持につながる。	岐阜県は、森林率が全国2位で不感地帯も多いことから、実証で得られる知見が多く、横展開しやすいモデルとなりうる	山岳・中山間地帯という、モバイル電波が不感地帯となりやすいフィールドでは、複数NW環境の効果検証に向いている。
比較軸② NW構築方法	衛星通信であるStarlinkと組み合わせてWi-Fi HaLowを構築することで、Wi-Fi HaLowの大元の通信部分を提供することに新規性があると考えます。	NWという観点では、Wi-Fi HaLowの構築のみにとどまっている。	LPWA NWの構築のみにとどまっている。	Wi-Fi HaLow, Starlink, LPWAと複数のNWを構築し、ソリューションに合わせて利用でき、複数課題の解決に寄与できる
比較軸③ NW構築の難易度	ローカル5G構築と比較して、 安価 かつ構築。難易度も高くないため、運用しやすく 横展開もしやすい 。また、Cradio®を活用することで無線ネットワーク構築のさらなる効率化が図れる。	Wi-Fi HaLow自体の構築難易度が高くないため、運用しやすいが、設置場所選定も含めた簡略化による効率性アップにまでは至っていない。	LPWA NW自体の構築難易度は高くないため、運用しやすい	それぞれのNW単体を見ると構築難易度は高くないが、同時に複数NWを構築する場合は難易度が上がり運用面で課題となる可能性が高い。また、それぞれの電波が干渉しあう可能性があるため、最適な置局及び伝搬推定が必要

③ ソリューション等の採用理由(1/1)

c. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

ソリューション トランシーバーアプリ

対象の課題

不感地帯において、外部、他者への連絡が取れないことによる危険性

作業現場はモバイル通信ができない不感地帯にあることから、**遭難や事故等**が発生した際の早期発見、早期対応が難しく、極めて危険な環境下での作業が必要となる。

不感地帯において、外部、他者への連絡が取れないことによる非効率性

作業現場は、本部など外部と連絡が取れない環境にあり、作業現場にいる作業者が判断を迷った際には、本部の指示や指導を仰ぐため通信が取れる場所まで**片道30分程度移動**する必要があり、生産性が著しく低下する。

実装・横展開のしやすさ

- 日本は山間部が多く、**携帯電波の届かない不感地帯**となるような場所が多く点在し、林業等山間部にて作業を実施される事業者など**ニーズが重なる業者及び地域に横展開**することが可能。
- アプリケーションに関して、**過度なカスタマイズはしておらず、UIも簡易なアプリケーション**を使用予定なので、今回の実証結果を踏まえた横展開は容易と想定。
- NWに関して、今回は衛星通信であるStarlinkを活用したWi-Fi HaLow NWを構築。ローカル5Gなど他NWに比べて**構築難易度が高くなく、コストも安価**なことから、運用面でも横展開はしやすいものであると考える。また、Cradio[®]を活用し、**NW構築の簡略化**を図ることで**運用しやすさをさらに向上**させ、横展開の角度を高める。

③ソリューション等の採用理由

d. 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	
		名称	比較結果
<p>Wi-Fi HaLow</p>	<ul style="list-style-type: none"> IEEE802.11ah規格の特徴である広範囲な無線エリア化に加えて、スループットの多さが特徴。 不感地帯での音声会話をしていくうえで、広範囲かつスループットの多さが必要となるためソリューション実現の要件を満たすものである。 	<ul style="list-style-type: none"> LPWA ローカル5G 	<p>○LPWA 広範囲な無線エリア化を実現できるが、スループットが少なく、音声データの送受信ができない。</p> <p>○L5G 200m程度の広範囲をカバーでき、スループットの多い通信（数Gbps程度）が可能。 ただし、比較的高価であり、音声通話において必要なスループット（数Mbps程度）を考慮するとオーバースペックである。</p>
<p>Starlink</p>	<ul style="list-style-type: none"> IEEE 802.11a/b/g/n/ac規格の通信であり、モバイル通信のエリア化がされていない場所でも衛星電波により通信エリア化が可能。 スループットも多く、上りで約25Mbps、下りで約220Mbpsのスループットとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> キャリアLTE/5G 	<p>○キャリアLTE/5G 山間部など林業の作業現場となりうる場所ではモバイル通信が不可なエリアが多い。</p>

4 費用対効果

a. 費用対効果 (1/3)

導入先 揖斐郡森林組合

項目		スケジュール			
		2024年度	2025年度	2026年度	
効果	定量 (収益)	<ul style="list-style-type: none"> トラブル発生時の復旧速度向上 (作業効率性向上) 音声会話の自動テキスト化による報告業務簡略化 (作業効率性向上) 	<ul style="list-style-type: none"> 0万円 0万円 	<ul style="list-style-type: none"> 43万円 (24日×3h×2,000円×3人) 384万円 (240日×0.5h×2,000円×16人) 	<ul style="list-style-type: none"> 43万円 (24日×3h×2,000円×3人) 384万円 (240日×0.5h×2,000円×16人)
	計 (定量 収益)	0万円	427万円	427万円	
	定量 (収益以外) + 定性	<ul style="list-style-type: none"> 作業現場状況把握率向上 作業者 安全性、労働満足度向上 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者－作業者間のやりとりにかかる平均時間→5分 満足度アンケート結果→3割改善 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者－作業者間のやりとりにかかる平均時間→1分 満足度アンケート結果→3割改善 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者－作業者間のやりとりにかかる平均時間→10秒 満足度アンケート結果→3割改善
費用	イニシャル	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi HaLow 端末購入 Wi-Fi HaLow構築 トランシーバーアプリ環境構築 Starlink購入費 ポータブル電源購入費 ソリューション導入コンサル費 	<ul style="list-style-type: none"> 0万円 500万円 45万円(周辺機器) 45万円 9万円 0万円 	<ul style="list-style-type: none"> 150万円 500万円 45万円 (周辺機器) 45万円 9万円 200万円 	<ul style="list-style-type: none"> 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円
	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi HaLow 機器リース トランシーバーアプリ Starlink利用費用 	<ul style="list-style-type: none"> 150万円 10万円/年 ※二か月 14万円/年 ※二か月 	<ul style="list-style-type: none"> 0万円 48万円/年 84万円/年 	<ul style="list-style-type: none"> 0万円 48万円/年 84万円/年
計		773万円	1,081万円	132万円	

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)	<ul style="list-style-type: none"> トラブル発生時の復旧速度向上 (作業効率性向上) 音声会話の自動テキスト化による報告業務簡略化 (作業効率性向上) 	<ul style="list-style-type: none"> オフシーズンを除いた期間にて10日に1回程度 (24日/240日) は機材等のトラブルにより遠方の管理者と意思疎通が必要になる。その都度、作業員 (3名程度、単価約2,000円/時) はモバイル電波が安定して取れる位置まで移動 (往復1時間程度) する必要があり、削減対象の稼働とみている (更にヒアリングによると復旧には数度のやり取り、現場との往復が必要となるが多いため、削減対象時間は平均3時間程度と設定)。 オフシーズンを除いた期間 (240日程度) で行う作業後には、従業員が作業日報を記載し報告する必要がある。これまでは16名の従業員 (単価約2,000円/時) が毎日30分程度の時間をかけて事務所までの移動と手書きでの報告を行っていた。音声コミュニケーションツールを活用し、音声の自動文字おこし機能を活用することでこちらの稼働を削減可能とみている。
	定量 (収益以外)	<ul style="list-style-type: none"> 作業現場状況把握率向上 作業者 安全性、労働満足度向上 	<ul style="list-style-type: none"> 作業現場が、モバイル電波の不感地帯になることが原因で、これまで作業者同士間及び管理者－作業員間でのやり取りに30分程度時間を要していた。不感地帯解消及びトランシーバーアプリの導入により、この稼働を段階的に削減していくことを目指して設定。
費用	イニシャル	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi HaLow NW構築 トランシーバーアプリ環境構築 	<ul style="list-style-type: none"> 他実証の実績を踏まえて価格の妥当性を確認し、1式を構築する際に発生する費用を積算 導入実績が多数あるトランシーバーアプリを利用するにあたり発生するアプリ初期費用及び付属機器 (イヤホン等) を積算
	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi HaLow 機器リース トランシーバーアプリ 	<ul style="list-style-type: none"> 他実証の実績を踏まえて価格の妥当性を確認し、1式を構築する際に必要となる機器の調達費用を積算 作業員16名分のアカウント利用料を積算

4 費用対効果

a. 費用対効果 (3/3)

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	• 427万円	• 427万円
定性	<ul style="list-style-type: none"> 作業現場状況把握率向上 作業者 安全性、労働満足度向上 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者 – 作業者間のやりとりにかかる平均時間→5分 作業者同士のやり取りにかかる平均時間→1分 満足度アンケート結果→3割改善 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者 – 作業者間のやりとりにかかる平均時間→1分 作業者同士のやり取りにかかる平均時間→10秒 満足度アンケート結果→3割改善 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者 – 作業者間のやりとりにかかる平均時間→10秒 作業者同士のやり取りにかかる平均時間→10秒 満足度アンケート結果→3割改善
費用計	—	• 773万円	• 1,081万円 <収支▲654万円>	• 132万円 <収支+295万円> <累計▲359万円>



合理性・妥当性

- 初年度以降かかる費用と効果を比較したときに、実装後2年目が終わったタイミングで単年収支が黒字に転換し、実装後4年目（2028年度）が終わったタイミングで累計収支が黒字に転換する。継続利用し続けることで費用対効果が十分発揮できる。
- 収支バランスの観点のみならず、作業者の安全性向上につながり、業務における満足度アップにつながる。→林業従事者の増加に寄与。

Ⅲソリューション

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	・Wi-Fi HaLow NW構築	Wi-Fi HaLow NW利用者が自ら現地で機器の 組み立て、設置、撤去を行うことで、委託稼働 分削減可能と推定	200~300万円程度	2026年4月 ※実装後	・ 揖斐郡森林組合
	ランニング	・ -	-	-	-	・ -

1 計画概要

実証実施の前提

目的

モバイル電波の届かない不感地帯である林業作業現場を無線エリア化し、林業作業現場における安全性・生産性の向上を目指す。衛星通信やモバイルWi-Fiルーターと組み合わせてWi-Fi HaLow環境を構築し、Cradio[®]技術を活用してルータとWi-Fi HaLow機器の最適な設置場所の導出を行うことで無線エリアを効率的に設計、スマホでの安定したオンラインコミュニケーションの実証を実施する。

- 実装後も本格的に活用していくために、**NW構築の容易性**の検証を実施
- 課題（林業作業現場における危険性と非効率性）を解決するに資するソリューションであるかを確認するため、作業員間及び作業員-管理者間でのコミュニケーションまでの時間短縮による**業務効率化・安全性向上**の検証。
- 作業員にとっても**納得感のあるソリューション**であるかを確認するため、作業員へのアンケート調査による、労働満足度及び安全性・業務効率性実感度合いの確認。
- トランシーバーアプリに付随する自動文字おこし機能による**報告業務の簡略化**が可能か検証。

アウトカム

- 作業現場においてNWを構築するのに要す時間の検証（定量）
- 作業員－緊急連絡先間、作業員－管理者間及び作業員同士でのコミュニケーションをとるのに必要な時間（定量）
- 音声会話の自動テキスト化による報告業務簡略化（定量）
- サービスを利用した作業員の安心感と満足度の向上（定性）

検証ポイント

効果

- モバイル電波の届かない不感地帯解消及びトランシーバーアプリ活用による作業現場の**安全性向上**及び**作業効率性向上**。

技術

- **Wi-Fi HaLow NW**を活用した音声アプリケーションの性能について、各々のコミュニケーションにおいての満足度を調査し、業務遂行上十分な性能を有しているか調査。また、NW性能については、アプリケーションの利用に十分な要件（スループット等）を満たしているか調査する。
- **Starlink**を活用し、携帯電話の通信エリア外にある現場において、音声通話によるコミュニケーションの満足度を調査し、業務遂行に十分な性能を有しているか調査。
- **Cradio[®]**によるWi-Fi HaLow機器の設置位置の最適化を行いNW構築を効率的に行えるか調査。

運用

- 作業員が作業中にスマホによる会話などが運用上可能かを検証。
- 現場でのNW構築・運用を実施主体で行えるか検証。
- 管理者側で音声通話の管理を現在の人員で体制が組めるのか、今後運用していけるのかを検証。

IV実証計画

2 検証項目・方法

a. 効果検証

ソリューション	検証項目		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 NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化 (Cradio®活用によるAP等最適化含む)	I 不感地帯エリア化による作業員の安心感・安全性の向上	作業員アンケートにおける30%以上の「改善効果有」回答	従来キャリアNWが入らず、遠隔管理者との連絡が取れない作業現場において、NWを構築し、トランシーバーアプリの利用によって、事故が起きた際のリアルタイムな外部とのやり取り、事故の早期発展につながる環境を構築（トラブル減少）し、作業員自身の安心感や安全性が向上したと感じるか利用者アンケートにて検証。	作業員の50%以上が改善効果有と回答	当ソリューションの導入に係る費用対効果の積算にあたり、半数以上の改善効果が必要と史料。
〃	II 事故・遭難時の対応時間の削減	30分から10秒程度に短縮	人に関わる事故、重機等のトラブル発生時、通信可能なエリアまで移動する必要がある（平均30分程度）。外部との連絡を即時可能とすることで、作業員の安心感向上、作業効率の向上につながっているか、実証時の実測、及びアンケートで検証。	緊急対応連絡を取る必要性を感じた時から10秒	事故・遭難発生時の対応時間が短縮されることで、労働環境の安全性が担保され、林業従事者の確保へとつながり、また重機等のトラブル発生時の対応時間の短縮により、生産性の向上につながるものと史料。
トランシーバーアプリ	III 管理者への報告業務の簡略化(自動文字おこし機能) 管理者の報告書確認の簡略化(ペーパーレス)	作業員の報告資料作成に係る時間、管理者の確認に係る時間をそれぞれ現状の30分から5分（1/6）に削減	従来作業員は作業後事務所に戻ったのち報告資料の作成を求められていたが、作業中に自動文字おこし機能を使うことで、報告資料作成にかかる時間(作業工数)が削減可能か利用者アンケートにて検証(同時に管理者にも確認時間の削減を検証)。	報告資料作成に係る時間、管理者の確認に係る時間を30分から5分（1/6)に削減	自動文字おこし機能(ペーパーレス化)はトランシーバーアプリの付帯機能の位置づけであり、付帯機能の評価として十分であると史料。
共通	IV 遠隔管理者とのコミュニケーション及び作業員同士でのコミュニケーション開始までの時間削減	作業員が遠隔管理者との意思疎通を取る必要性を感じた時から10秒	従来NW不感エリアの作業員が遠隔管理者と連絡を取る場合に、30分以上かけてキャリアNWがあるエリアまで移動が必要であった。本検証では意思疎通を取る必要性を感じた時から10秒で意思疎通が出来るか検（意思疎通を取るまでの移動工数削減ができるか）検証。	作業員が遠隔管理者及び現場作業員との連絡を取る必要性を感じた時から10秒	キャリアNWのエリア化状況下で代替連絡手段(LINE等)で連絡を取る際も10秒程度の時間を要するため。

IV実証計画

② 検証項目・方法

b. 技術検証

ソリューション	検証項目		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 NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化 (Cradio®活用によるAP等最適化含む)	I 双方向通信における、音声コミュニケーションの可否	Wi-Fi HaLowNWを介した双方向での音声コミュニケーションの実現 ※実測値としてのスループット速度は算定中	電波遮蔽物の多い林中においてWi-Fi HaLow を活用したNW構築で、アプリケーション（双方向コミュニケーション）が問題なく利用可能な通信を構築可能か検証。	Wi-Fi HaLowNWを介した双方向での音声コミュニケーションの実現 ※実測値としてのスループット速度は算定中	本実証においては、Wi-Fi HaLow NW上で音声コミュニケーションを実現させることを目指しているため、音声コミュニケーションに必要なスループット速度要件をクリアするような目標設定とする。
	II 林の中におけるCradio®活用による無線基地局の最適配置の導出	導出した最適配置にて設置したWi-Fi HaLow NWにて、音声コミュニケーションを実現するスループット速度要件を満たしている ※実測値としてのスループット速度は算定中	電波遮蔽物の多い林中においてCradio®活用によるAP等最適化が可能か検証。	導出した最適配置にて設置したWi-Fi HaLow NWにて、音声コミュニケーションを実現するスループット速度要件を満たしている ※実測値としてのスループット速度は算定中	電波遮蔽物が多い林中においてもAPの最適化が可能であれば、同様モデルの横展開が可能と判断。

IV実証計画

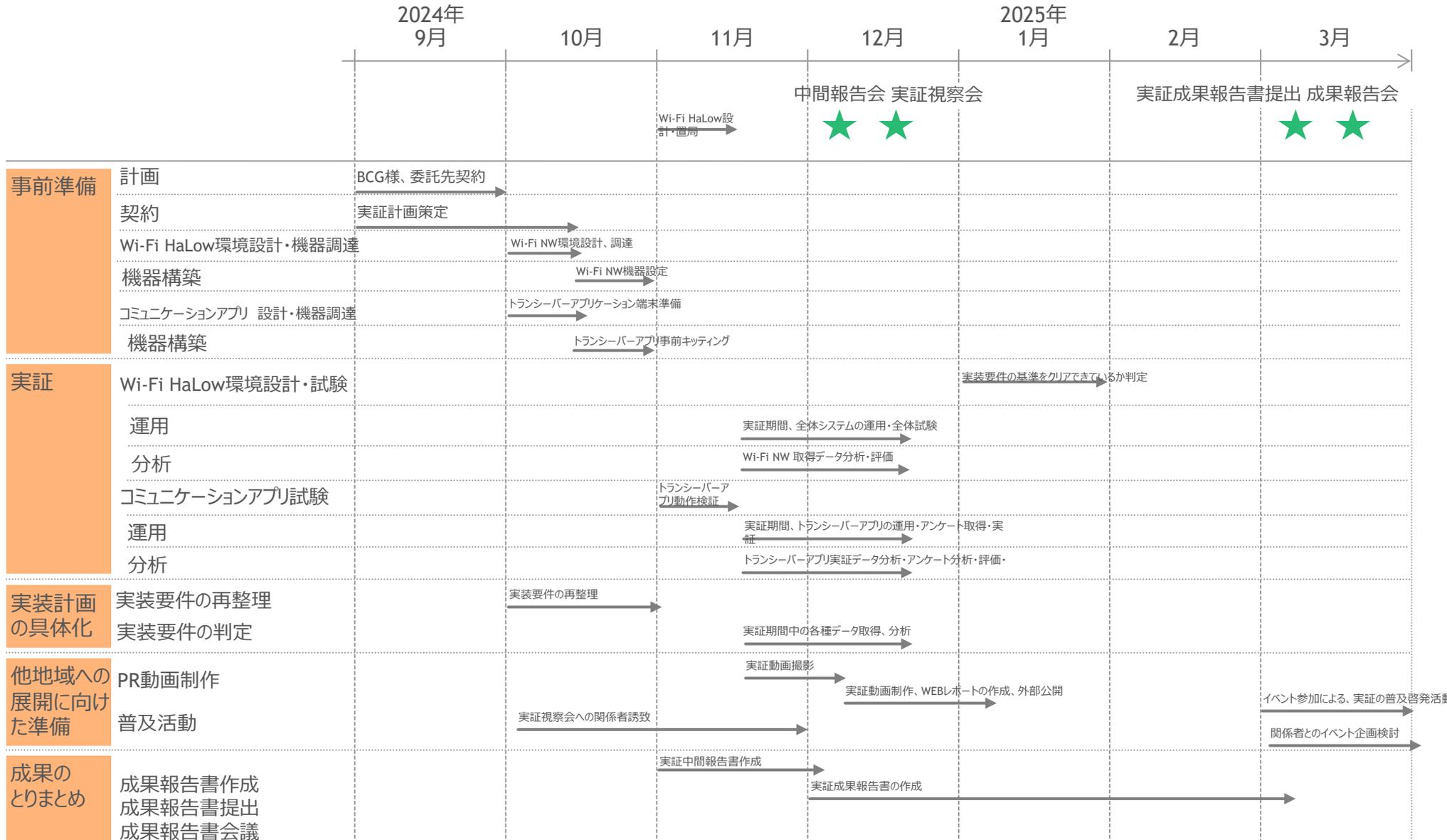
② 検証項目・検証方法

c. 運用検証

ソリューション	検証項目		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 NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化 (Cradio®活用によるAP等最適化含む)	I ネットワーク環境構築の容易性	1時間(1km半径)	電波調査等事前設定の完了したネットワーク構築パッケージを活用した場合の、ネットワーク構築までの現地作業員が要する時間を検証。 機器設置、通信テスト完了までの時間の実測値が検証対象。	1時間(1km半径)	不感地帯のNW化は広範囲のエリアにわたって改善するケースが多いと考えられるため、費用対効果を鑑みた際に、1時間あたり1km半径程度を可能にすることが必要と思料。
トランシーバーアプリ	II 作業中のスマホ利用が運用上可能か検証	作業員アンケートにおける50%以上の「運用上問題ない」回答	従来NWが届かない林業作業エリアにおいて、作業中のスマホを利用する機会がなかった。本実証にて作業中のスマホ利用は運用上問題ないのかを検証する。検証方法としては作業員アンケートを用いる。	作業員アンケートにおける80%以上の「運用上問題ない」回答	利用者アンケートにおいて80%が運用上問題ないと回答であれば実装化可能と思料。 森林組合へのヒアリングを行い、班編成を行う際には5人前後での班編成になるので、1人が使用に難ありの場合も他のメンバーでカバー可能と判断。

IV実証計画

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	<ul style="list-style-type: none"> 現地に電源取得が不可 	<p>実証を行う現地は、林業の作業現場であるため山間地帯の屋外で、電源取得が困難なエリアになる。</p> <p>消耗品のポータブル電源を調達し、電源を確保する。</p>
実証	<ul style="list-style-type: none"> 積雪による実証日程のリスク スケジュールの発生 土砂災害で道が封鎖される 冬季閉鎖 実証場所が未確定 	<p>実証時期が11月～1月にかけて調整を行うため、積雪量が多いと実証実施が困難になる。</p> <p>大雨や積雪による土砂崩れが発生し、現地まで向かう道中が封鎖されてしまう可能性がある</p> <p>実証場所が未確定であり、想定している場所が何らかの理由により使用不可となった場合、実証フィールドがない。</p> <p>候補となる場所を選定 <u>揖斐川町春日川合押又東平4100-30</u></p> <p>なるべく早い時期（11月中旬～12月中旬にかけて）で実証ができるよう調整を行い、また、積雪を考慮した余裕のある実証スケジュールの調整を行う。</p> <p>実証時期を早める調整と、降雨を見越した余裕のある実証スケジュールの組み立てを実施。</p>
他地域への展開に向けた準備	<ul style="list-style-type: none"> 実証フィールドへ、各有識者、関係者等の招待について 	<p>実証の横展開に向けて、実証フィールドへ関係者各位を招待し、実際に実証の様子を大勢の方に見ていただく必要がある。</p> <p>県内各地域に対してつながりのある実証機関から県内地域へお声がけを行い集客を実施。また、全国各地域とつながりのあるNTTコミュニケーションズ社よりお客様や関係者各位へお声がけを行い、集客を実施する。来ていただいた方への見せ方は今後検討する。</p>
成果のとりまとめ	<ul style="list-style-type: none"> 実証期間中に取得したデータに不備や抜け漏れがあり、再取得不可となるリスク 	<p>事前にデータ取得項目の洗い出し、精査を行い、事前準備段階から抜け漏れがないようにしておく。また、リハーサル段階でもある程度のデータ取得は実施し、余裕を持ったスケジュールでデータ取得を行う。</p> <p>実証成果報告に向けて必要なデータ取得は実証期間中に行う必要がある、実証が終了すると再取得は不可能。</p>

5 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

週次進捗報告

- 開催時期: 週次
- 方法: WEBもしくは対面会議
- 体制: 株式会社大垣共立銀行、揖斐川町、一般社団法人よだか総合研究所、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、株式会社GOCCO.、揖斐郡森林組合、国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学、岐阜県立森林文化アカデミー
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 課題の共有
 - 実装・横展開に向けた課題の炙り出し

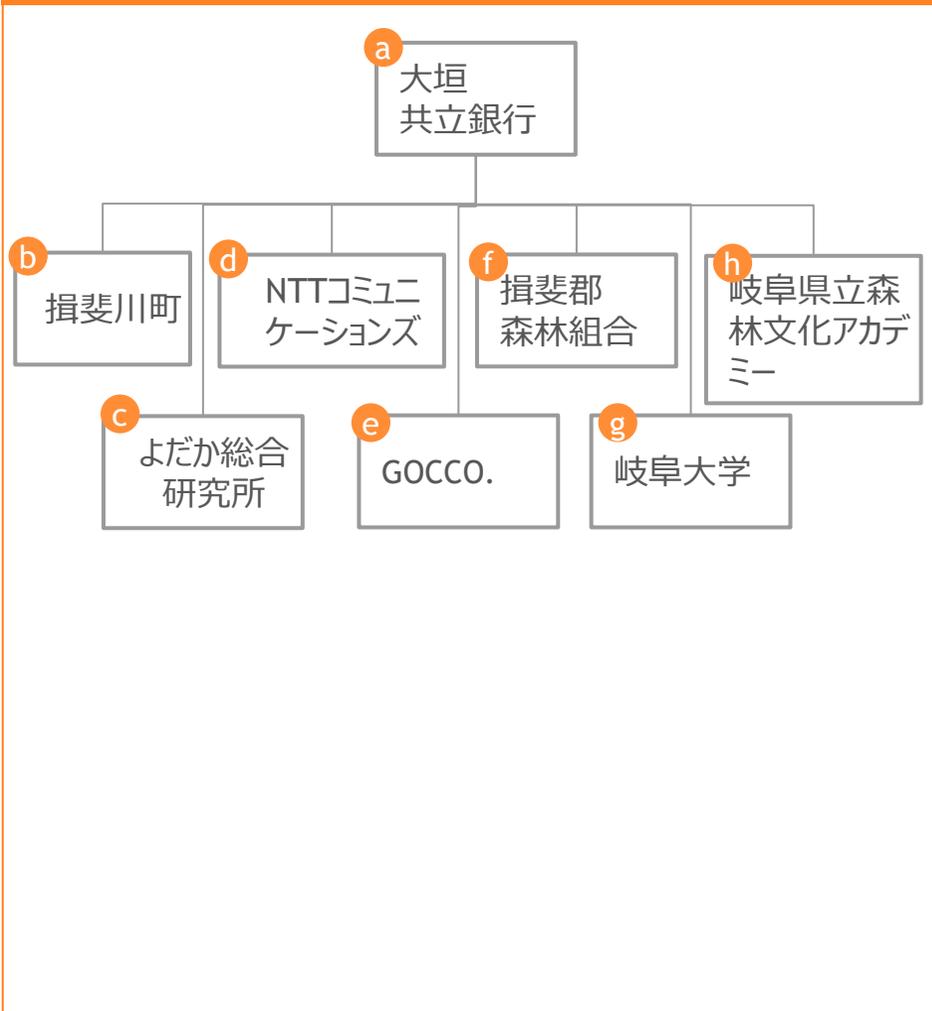
対策を立案・実行する体制

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)
- 方法: WEBもしくは対面会議
- メンバー: 株式会社大垣共立銀行、揖斐川町、一般社団法人よだか総合研究所、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、株式会社GOCCO.、揖斐郡森林組合、国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学、岐阜県立森林文化アカデミー

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 株式会社 大垣共立銀行	・プロジェクトの全体管理	2名×640時間+ 1名×104時間	広報部/山内裕治、 森正憲、長谷川智之
b 揖斐川町	・アドバイザー	1名×10時間	森林経営管理室/ 三輪 哲司
c 一般社団法人 よだか総合研究所	・実装場所の提供 ・地域住民との合意形成	1名 x 80時間	小池 達也
d エヌ・ティ・ティ・コミュニ ケーションズ株式会社	・通信インフラ担当 ・ソリューション提供	248.5時間 (7名 x 240時間+ 1名 x 8.5時間)	田村英之他
e 株式会社GOCCO.	・実証サポート ・PR活動	2名 x 200時間	萩原 大輔他
f 揖斐郡森林組合	・林業従事者提供	1名 x 80時間	寺田 啓起
g 国立大学法人東 海国立大学機構 岐阜大学	・山間部NW構築に 関するアドバイザー ・農業、林業に関する アドバイザー	1名 x 200時間	森部 絢嗣
h 岐阜県立森林 文化アカデミー	・県内各市町との連携 ・アドバイザー	2名×5時間	古川 邦明他

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



遅延が生じた理由

動画の撮影期間、撮影範囲の拡大によるものであり、問題なし(2/21の発表会を撮影するため)

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		
Wi-Fi HaLow NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化 (Cradio®活用によるAP等最適化含む)	不感地帯エリア化による作業者の安心感・安全性の向上	作業員アンケートによる「改善効果有」が30%以上	<ul style="list-style-type: none"> 作業員アンケートにおいて、5段階中4以上（「非常にそう思う」「ややそう思う」）の割合は下記となった。 ①緊急時に、迅速に対応できる環境になったと感じますか？▷100% ②外部（管理者等）との連絡がスムーズになりましたか？▷100% ③現場の安心感が増しましたか？▷83% ④何か困った事があった時、すぐに相談できるようになりましたか？▷83% <ul style="list-style-type: none"> 安心感の改善効果は、改善分が+34%となった(平均)。 NW接続状況が悪く、切断と再接続を繰り返すことが多いことが、使用頻度の低下につながっていた。 	<p>不感地帯解消及びトランシーバーアプリ導入によって外部とスムーズに連絡が取れるようになることで、目標としていた安心感・安全性面での改善効果を得られた。</p> <p>ただ、Wi-Fi HaLowを用いたNWでは電波接続が安定しないこと（p56 ③検証項目ごとの結果にて説明）、イヤフォンの装着性に関する懸念など具体的な改善余地（詳細はp44アンケート結果にて）が見えてきたため、改善していくことで更なる安心感・安全性向上、実装につながると推測できる。</p> <p>改善策としては落下防止用のイヤーフックの装着や、トランシーバー型のスピーカーマイクの使用を検討(実装時に様々なツールを検証予定)。</p>
トランシーバーアプリ	事故・遭難時の対応時間の削減 (管理者を通じた緊急連絡)	30分から10秒程度に短縮	<p>最終日に測定した、連絡を取るまでの時間の実測値はそれぞれのエリアで以下の時間がかかった</p> <ul style="list-style-type: none"> ●坂内広瀬（Starlink）：28秒 ●谷汲木曽屋（LTE）：53秒 <p>目標数値は数十秒オーバーしているものの、30分程度かかる時間からの削減は大幅にできている。</p>	<p>当初目標値として設定した10秒に対して、各エリアにおいて数十秒程度超えてしまった。これは、伝える要件の分量にもよるところである。ただ、緊急時に要件を外部へ伝えるまでには従来だと（移動も含めて）約30分程度かかってしまうことを考慮すると大幅に時間削減を行っており、その水準でも問題ない旨を森林組合から聴取済み。</p> <p>アンケート評価においても、「緊急時に迅速に対応できる環境になったと感じますか？」の問いに、100%「ややそう思う」と回答をもらっている。</p> <p>また、トランシーバーアプリを活用することで現地状況を伝える際にリアルタイムに画像を共有することで状況を詳細に伝えることができるという付加価値も生まれた。</p>

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		
共通	遠隔管理者とのコミュニケーション及び作業 者同士でのコミュニケーション開始までの時間 削減	作業員が遠隔管理者 との意思疎通を取る必 要性を感じた時から10 秒	最終日に測定した、連絡を取るまでの時間の実測値 はそれぞれのエリアで以下の時間がかかった。 ●坂内広瀬 (Starlink) : 9秒 ●谷汲木曽屋 (LTE) : 11秒	実際に実証期間中も機材トラブルが発生した が、即座に事務所と連絡が取れたことで、即 座に機材の復旧ができ、作業に戻ることができ た(別紙)。 NW構築、ソリューション導入における価値を 十分見出すことができていると考える。
トランシーバアプリ	管理者への報告業務 の簡略化(自動文字お こし機能)	報告資料作成に係る 時間を現状の30分から 5分(1/6)に削減	最終日に測定した、報告書を作成するまでの時間 の実測値はそれぞれのエリアで以下の時間がかかった。 ●坂内広瀬 (Starlink) : 23秒 ●谷汲木曽屋 (LTE) : 30秒	目標数値として設定した時間以内で報告書 として作成することができた。しかし、自動文 字起こしによる報告書の作成に加え、従来 通りの報告書作成も行っていたため工数削 減には至らなかった。その理由として、作業員 は報告すべき項目を十分に理解しておらず、 従来の紙を見ながら(時には数値をメモしなが ら)でなければ報告ができなかったこと、また作 業員によっては報告の精度にもレベル差があ る等、報告業務の運用自体に問題があるこ とが判明。
トランシーバアプリ	管理者が報告書を取 りまとめるのにかかる 時間の削減	報告資料確認・集 計に係る時間を現 状の30分から5分 (1/6)に削減	最終日に測定した、報告書を確認するまでの時間の 実測値はそれぞれのエリアで以下の時間がかかった。 ●坂内広瀬 (Starlink) : 84秒 ●谷汲木曽屋 (LTE) : 75秒	また、文字起こしの精度について、林業は専 門用語が多いため、誤変換が度々発生し、 文字データをそのまま管理表に転記するこ とはできず、最終的な管理者側の手間も大き くは削減できなかった。 ⇒それらの要因から、改めて報告業務におけ る問題点の整理を行い、作業員にとって、完 全に紙の代替になること、入力が容易である ことを重視し、管理者にとって、真に必要な報 告内容を洗い出しつつ、そのまま活用可能な データ形式であることを要件に、オンラインツ ールを活用した作業日報作成、進捗確認の仕 組みを導入(別紙)。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(別紙) 作業日報のオンライン化、並びに作業進捗確認ツールの導入

a. 効果検証

【従来の報告書】

・紙ベースで各作業員の毎日の作業内容を報告。

【問題点】

(作業員目線)

・作業エリアの目標値、進捗、スケジュールが把握できていない。

(事務所目線)

・本数等、実績ベースのみの報告で進捗が把握しづらい。

・紙ベースから管理表への転記が必要。

(両者)

・両者が接点を持てるのは、朝と夕方のみでコミュニケーションが取りづらい(報連相不足)。

作業日報

現場名	栗ヶ谷 整備センター		面積/集材区域		度役率	30%
記入者名	カシハラ		成立本数		度役率	
日付	令和 6年 11月 5日 (火 曜日)		度役率		度役率	
	目標値	5pt/日/人	度役率		度役率	
	目標人工		度役率		度役率	

氏名	作業内容						使用機械及び作業時間				
	伐倒 (本)	集材 (本)	造材 (本)	小運搬 (車)	運搬 (車)	その他	柴割 (チェーンソー)	集材 (SY)	造材 (P/H)	小運搬 (車)	その他
1 梶山 遼		40									
2 藤原 海斗			40								
3 下村 健司		10									
4											
5											
6											
7											
合計											
累計											

【導入ICTツール】

・NW化された作業現場にタブレットを導入。

・作業日報(重機)はオンラインフォームの機能を活用し、オンライン化。

・また「作業進捗確認ツール(暫定版)」を作成し、クラウドで共有化。

・連絡欄も作成し、作業中でも確認できるように変更。

【期待効果】

・日報ペーパーレス化による管理者側の工数削減

・進捗状況の共有化による作業員の意識向上

・確実な報連相実施による工数の無駄削減 ⇒ **生産性向上を目指す**

● 今後の方針

・現場によって、作業内容、確認事項が異なるため、テスト運用をはじめ、作業員、事務所の声を踏まえ、内容をブラッシュアップしていく。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

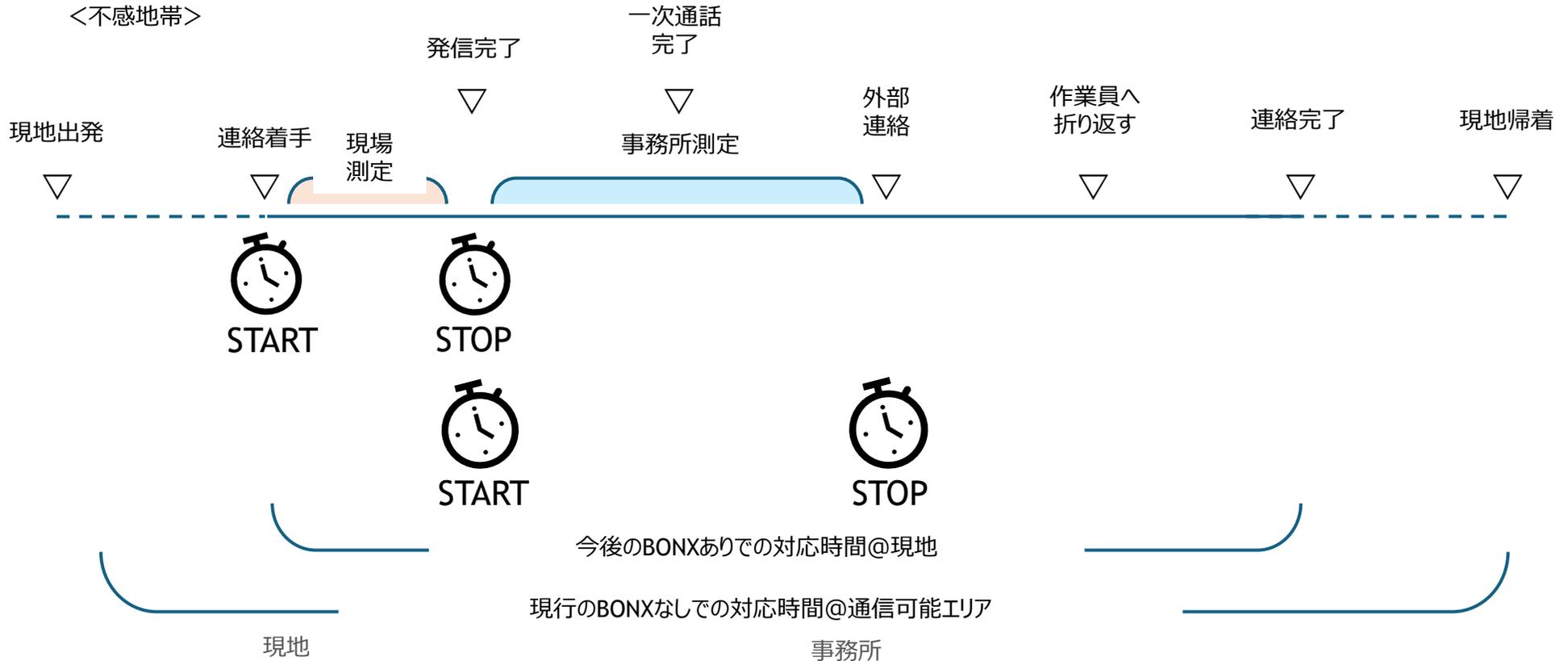
(参考) 時間測定手法、範囲

a. 効果検証

事故・トラブル発生時の対応時間の削減

——— : 対応時間

- - - - - : 短縮可能な時間

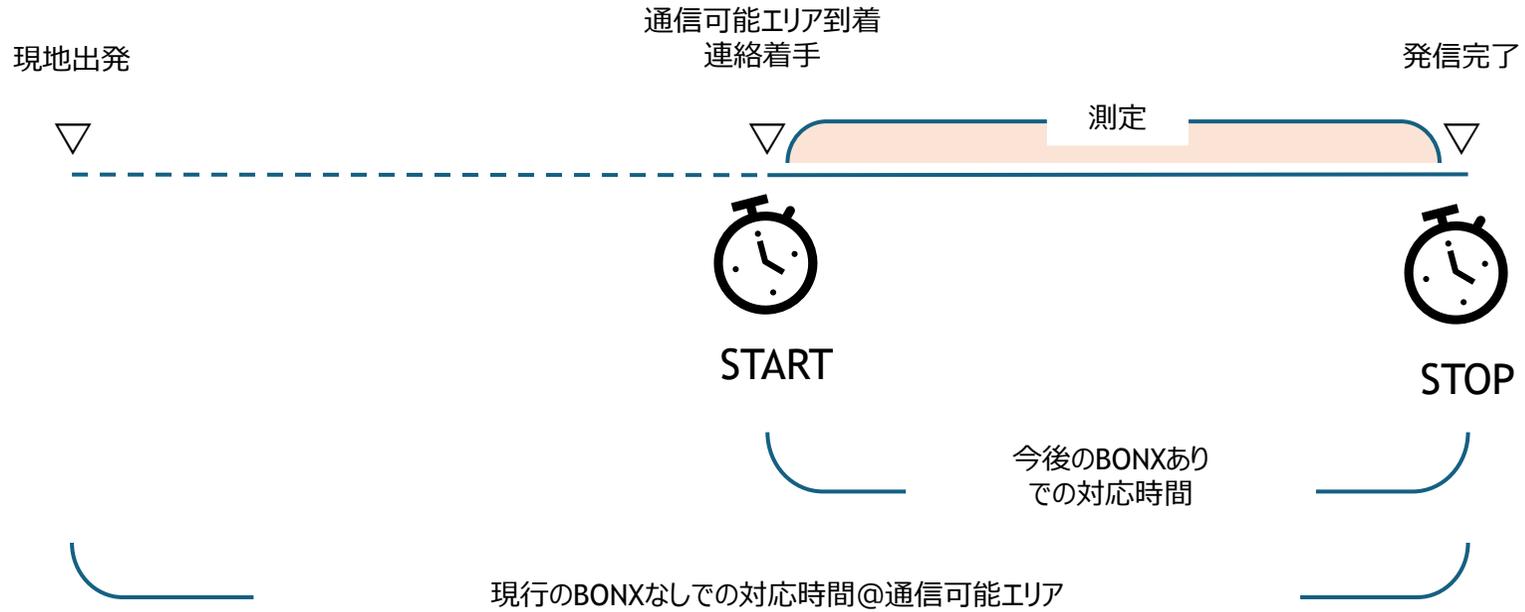


V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 時間測定手法、範囲

a. 効果検証

————— : 対応時間
- - - - - : 短縮可能な時間



現地



事務所

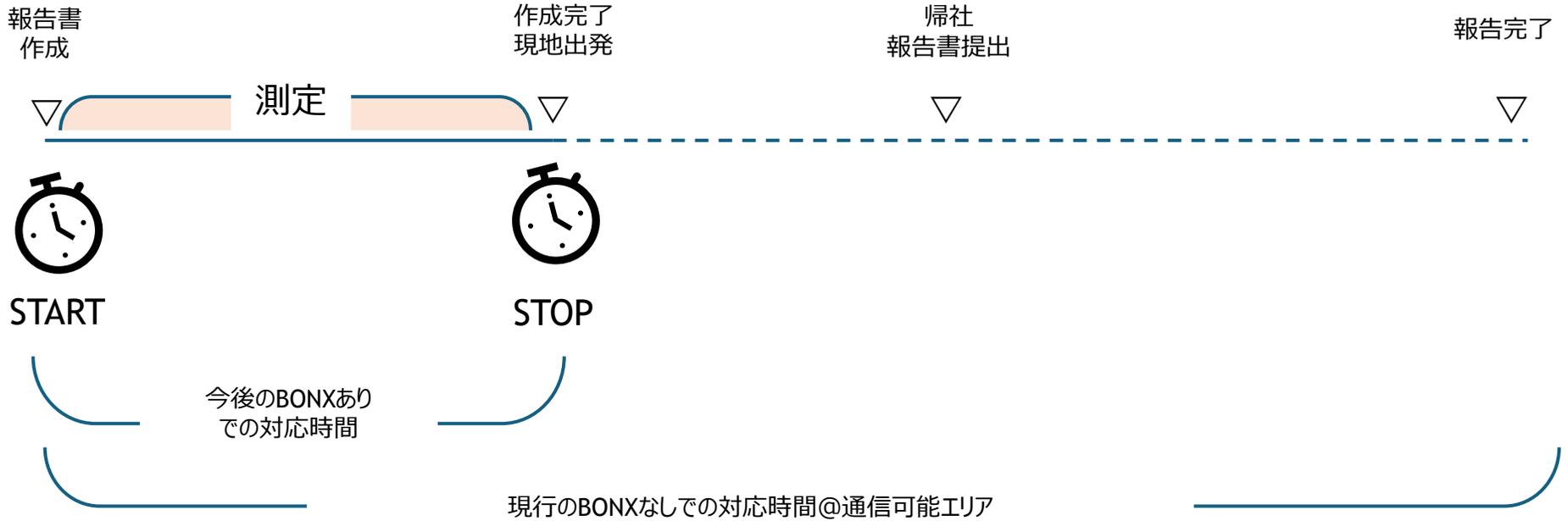


V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 時間測定手法、範囲

a. 効果検証

————— : 対応時間
- - - - - : 短縮可能な時間



現地



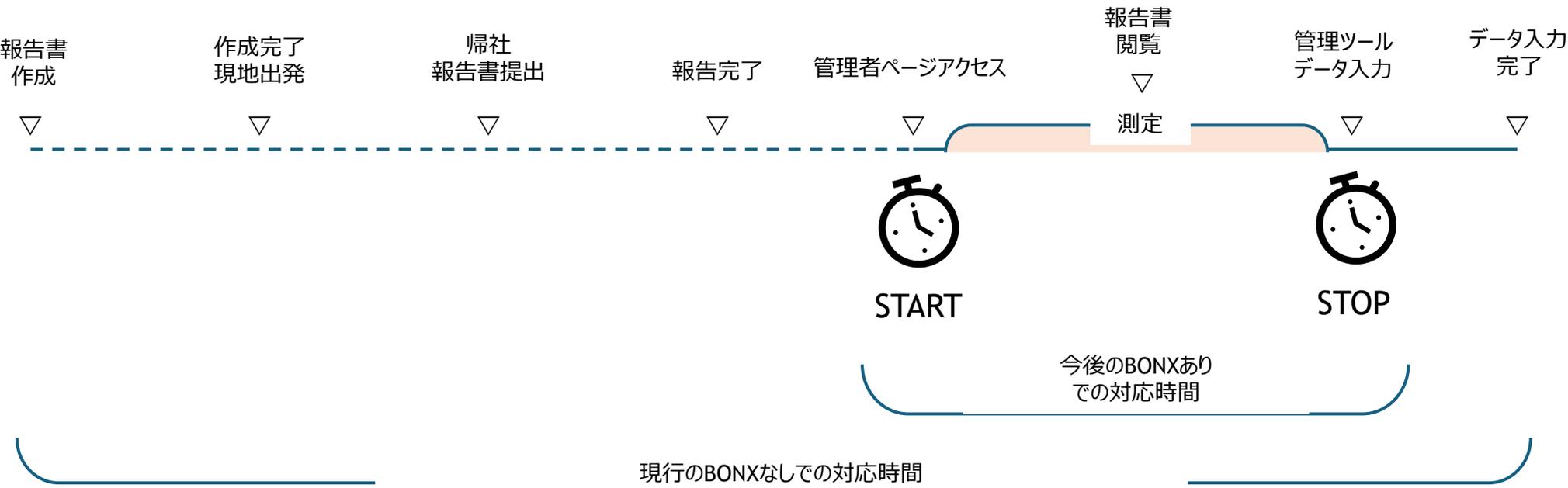
V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 時間測定手法、範囲

a. 効果検証

——— : 対応時間

- - - - - : 短縮可能な時間



事務所



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) アンケート及びインタビュー結果

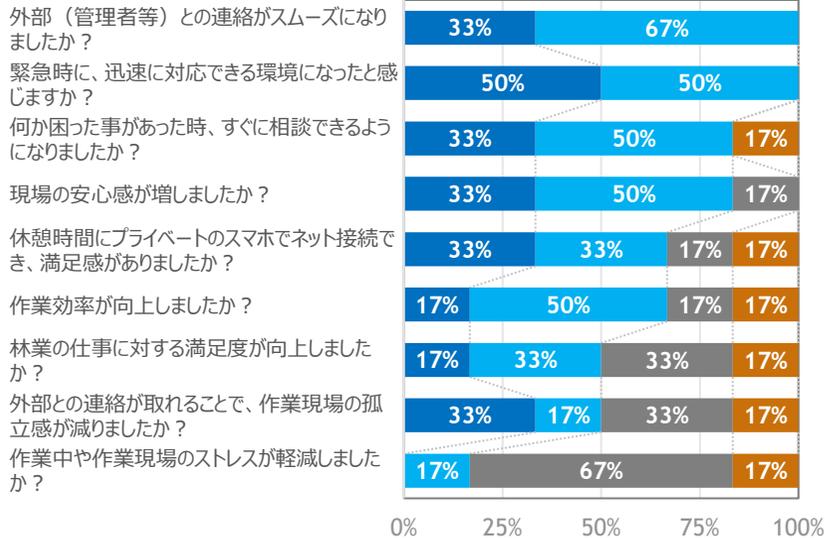
a. 効果検証 (現場作業者を対象)

●実施概要

形式：質問紙調査 (選択式・自由記述式)
 実施日：2024年12月6日(金)、12月20日(金)
 対象者：揖斐郡森林組合の従業員の内、坂内広瀬・谷汲木曽屋の両調査地域での作業に従事した者 6名
 回収率：100%
 設問：基礎事項(4問)、作業現場の変化について(10問)、トランシーバーアプリについて(6問)、今後の期待について(3問)
 備考：調査紙への回答後、全調査対象者及び管理者(1名)に対し非構造化インタビューを実施し、補足情報を得た。

●作業現場の変化について

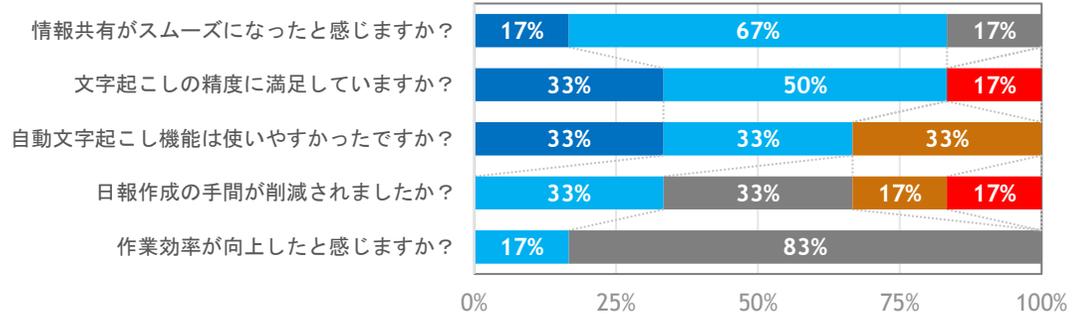
作業員アンケートにおいて、5段階評価の回答割合は下記となった。



▷ 通常時の相談や連絡のスムーズさを実感し、緊急時に対する安心感が改善した。
 ▷ 通信状況やイヤホン等がストレス要因となった。

●トランシーバーアプリについて

作業員アンケートにおいて、5段階評価の回答割合は下記となった。



▷ 複数人が参加できる同時通話機能や、記録が残る文字起こし機能等により、情報共有のスムーズさを実感することができた。
 ▷ 従来見えていなかった「現場スタッフ同士の声かけ」等のコミュニケーションを管理者側が把握でき、人材育成の面談等に活用できた。
 ▷ 従来型の日報も同時に作成していたため、工数は削減されなかった。

●今後の期待について

アンケート及びインタビューから、主に下記の要望や期待が挙げられた。

- 1：接続状況の改善 (システムの安定性、林内環境への対応)**
 - ・電波のつながり等機械の安定性は重要であると思う。・林内でも連絡できるといいと思います。
 - ・もう少し電波状況が良くなると嬉しいです！・電波が良くなり事務所といつでもすぐつながる。
 - ・アプリの接続がたまに切れる。・アンテナを離れても常に繋がるようになるといいです！
- 2：イヤホン及びマイクの装着感の改善、確実な落下防止**
 - ・イヤホンが落ちることがある。・落としてはいけないというストレスが。落としたらどうしようって。
 - ・機能に関しては満足なので装着感などが改良されるといいと思いました。
- 3：アンテナ設置の簡便性向上**
 - ・設置が簡単になってほしい。・アンテナの設置の時間が。やはり僕ら、どうしても生産性とかそういう話をしちゃうんで。現場の方がやはり面倒、時間がちよっともったいなくなって思っちゃう。
- 4：作業現場における進行状況の可視化**
 - ・通話を文字化して、データ化っていうか整理されて、今の進捗率がなんとなくわかるっていうのができるよになると、嬉しいですね。・現場の仕事が全部終わった時に、初めて各工程に何人工がかかったか分かるので...それがリアルタイムとか日ごとで把握できると、もうちょっと良いと思いますね。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) アンケート及びインタビュー結果

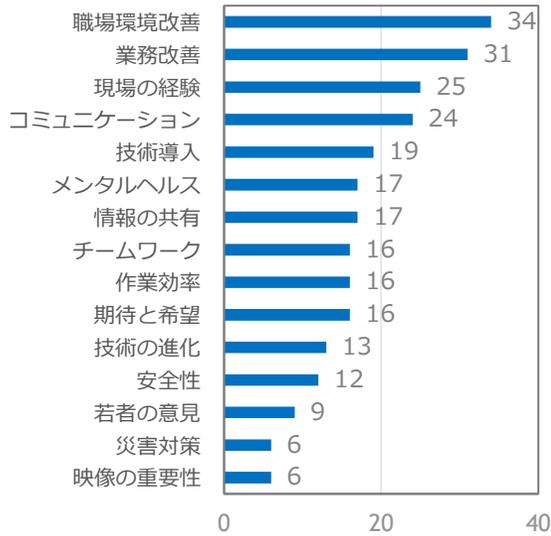
a. 効果検証 (管理者を対象)

● 実施概要

形式：非構造化インタビュー調査
 実施日：2024年12月20日(金) 16:15~17:15
 対象者：揖斐郡森林組合の管理者 1名
 主な設問：本ソリューション導入の背景と目的、本ソリューション導入後の変化、
 本ソリューションの利便性と課題、今後の期待

● 定量的な評価：インタビュー結果のコード化

インタビューの文字起こしデータを整理し、発言ごとの意味や趣旨に対してコードを付与することで、テーマやパターンを抽出し、分析可能な状態にした。コードは計15種類が抽出され、合計で261個を付与した。コード種毎の出現回数を右図に示す。また、具体的なコード化の例を下表に示す。



【例】

内容 (黄色部分が管理者の発言内容)	付与したコード
<p>今、1人1人の職員と面談してるんですよ。その時に、すごく役に立ちましたね。(林業はOJTで現場と一緒に入って、一緒に振り返りをしながら、スキルを上の人が下の人に教えていくのが、基本だと思うんです。現場の経験はあるけど、もう管理者側で現場の全部に行けないっていう方が、事務所で声を聞くことで、それぞれの作業員の方々の現場での動きがちょっと具体的に想像できるっていうのは、結構意味のあることなのかもしれないですね。) そうですね。意外と寡黙で喋らない人が、やっぱり結構色々考えとるなとか。色々ありますね。「それ、伝えとる?」「いや、伝えてません」「いや、伝えましょうよ」みたいなね、そういう話だったりとか。結構、いいです。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現場の経験 ・コミュニケーション ・職場環境改善 ・業務改善 ・チームワーク

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)

● 定性的な評価：

コード毎の関係性に着目し、調査対象者のナラティブ(語り)の構造を分析した。コードに集約される内容は太字で表した。

・事故対応、安全性の向上

林業の現場で事故が発生すると、現場から管理者に対して**情報の共有**がされるが、多くの場合で情報が不足しており、判断が困難である。現場にいる複数の作業者と、音声・**画像・映像**を使ってリアルタイムな**コミュニケーション**ができれば、迅速で正確な対応が可能になり、**事故対策・災害対策**として有用である。**安全性**が向上することは、日々の現場スタッフや管理者の**メンタルヘルス**にも良い影響を与える。複数の作業者に一括で指示が出せることで、より迅速な対応が可能になり、**チームワーク**も向上する。

・現場と事務所の情報共有による価値創出

本ソリューションの導入によって、現場スタッフ同士だけでなく、管理事務所との**情報の共有**が促進された。このことで、**現場の経験**が豊富な管理者が、新人の現場スタッフの振る舞いを観察することができ、1on1の面談で役立てることができ、**業務改善**効果が生じた。

・今後の課題

本ソリューションは災害時に加えて、上記のように平時においても総合的な**職場環境改善**の効果を発生させることが期待できる。一方で、**作業効率**の向上に結びつけるには、林業の現場へ最適化された機材の形状や、設置の簡便化・電波状況の安定化、進捗状況の見える化など、より一層の**進化**が必要である。

・将来への期待

さらに将来的には、作業現場の映像をリアルタイムで管理事務所へ共有するといった、よりダイナミックな**技術の進化**が林業の発展に寄与すると考えている。林業が今よりも安全で、今よりも稼げる仕事になり、かつ「カッコいい仕事」であれば、これからも**若者**に選ばれるだろう。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 実証期間中に起きたトラブル対応

a. 効果検証

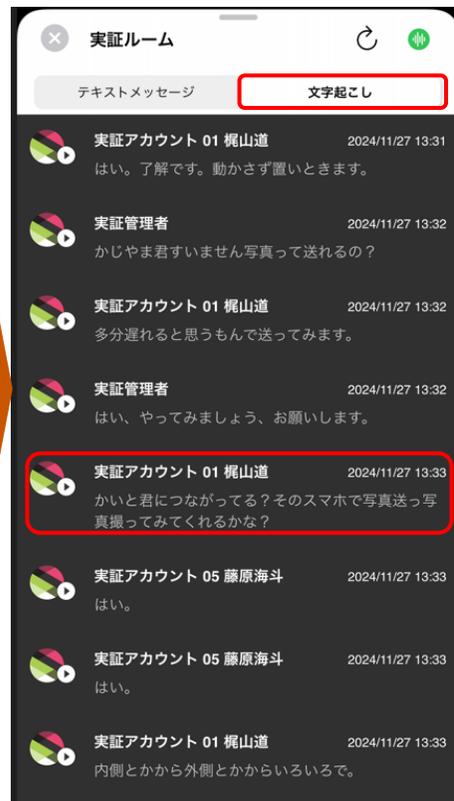
実証期間中(11月27日)に不感地帯の作業現場においてトラブルが発生

13:29 現場よりトラブル発生報告(重機の窓ガラスが破損)

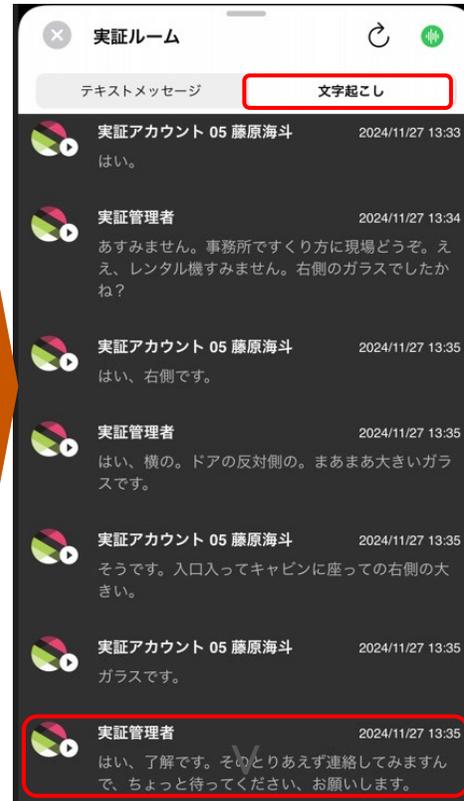
13:30 事務所応答



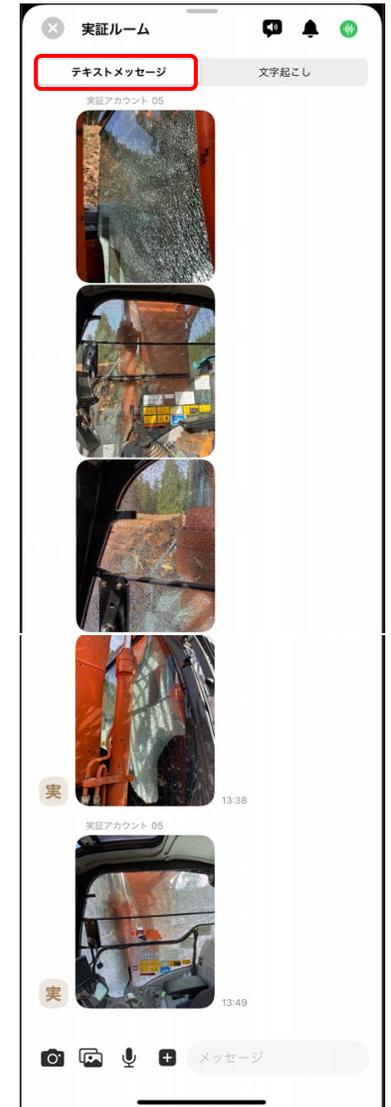
13:33 事務所より写真の送信を依頼



13:35 事務所よりメーカーへ連絡



13:38 現場よりメッセージ機能で写真を送信



1分以内に応答

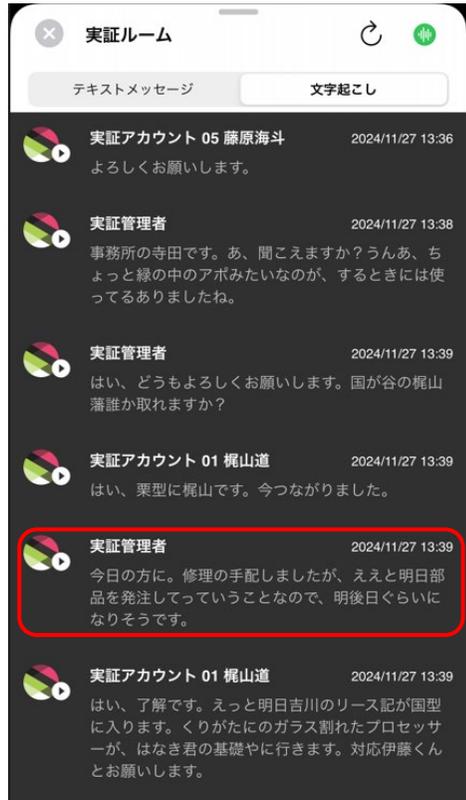
V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 実証期間中に起きたトラブル対応

a. 効果検証

13:39 事務所より対応方針を
作業現場へ連絡

今後の対応を相談し終了



手配完了
発生報告から10分以内



● 考察

- ・当実証現場は通信エリアから車で片道30分程度の場所にあり、ネットワーク環境がなければ、通信エリアと現場を行き来しながら、管理者の指示を仰ぎ対応する必要があった。
- ・つまり、最低1作業員が1時間以上現場から離脱する必要があったものが、本実証のソリューションの活用により、10分以内で対応が完了(更には移動用車両の故障時には更なる時間が必要)。
- ・このような設備関連のトラブルは大小合わせ、毎月2~3件は発生しており、本ソリューションが作業ロスの低減、一定の生産性向上に寄与することが実証された事例となった。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

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		
Wi-Fi HaLow NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化 (Cradio [®] 活用によるAP等最適化含む)	双方向通信における、音声コミュニケーションの可否	Wi-Fi HaLowNWを介した双方向での音声コミュニケーションの実現 ※実測値としてのスループット速度は算定中	<ul style="list-style-type: none"> ・BONXでの音声コミュニケーションに必要なスループットを250kbpsと設定し、坂内広瀬及び谷汲木曾屋でWi-Fi技術に精通した技術者による手動での置局設計を実施 ・置局設計時点では全てのah区間の上下方向にて所要スループットを達成。 ・坂内広瀬では3台のBONX端末で双方向通信での音声コミュニケーションの実現を達成。 ・谷汲木曾屋では置局設計時とフィールドの見通しが変わったことにより所要スループットを下回る区間が発生し、当該区間経由で接続するBONX端末での音声途切れの場面が見られた。 ・BONX端末で音声コミュニケーションを実施中に新規のログインを行うと、音声途切れの場面が見られた。 ・BONXとの比較実験で他コミュニケーションアプリを試用したところ、以下の結果となった。 「LINE」...動作が不安定 「Messenger」...テキスト、音声通話共に可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・坂内広瀬のように、電波遮蔽物が少ない環境を維持できるフィールドでは、一度の置局設計で安定したNWを運用できる。 ・谷汲木曾屋のように、電波遮蔽物が多く存在し、木々の伐採や積み上げにより見通しが変わるフィールドでは電波強度が不足し、置局設計時に想定していたスループットを実現できないことがある。 ・BONX端末のログイン時にインターネットへのトラフィックが瞬間的に発生し、Wi-Fi HaLow端末に負荷が掛かることでNW全体が一時的にダウンしてしまう事象が発生。Wi-Fi HaLowの規格自体の問題と推察。LTEの弱電界エリアで検証した時は、2～5Mbps程度で動作に問題がなかった。その事から、同じ程度のトラフィックを確保できるように10%Dutyの制限が解除されれば、実証で400～500kbpsで行ったトラフィックも動作に問題がないレベルまで改善が図られ、解決するとともに、より広いエリア化も検討が可能と考える。
	林の中におけるCradio [®] 活用による無線基地局の最適配置の導出	導出した最適配置にて設置したWi-Fi HaLow NWにて、音声コミュニケーションを実現するスループット速度要件を満たしている ※実測値としてのスループット速度は算定中	<ul style="list-style-type: none"> ・坂内広瀬にて、手動での置局によるカバレッジと同等のカバレッジを確保できるようにCradio[®]で置局設計を実施 ・実証開始直前に置局予定位置が一部利用できなかったため、再度フィールドの地形を元にCradio[®]で置局設計を実施し、実証開始時に反映完了。 ・手動置局と同様に3台のBONX端末で双方向通信での音声コミュニケーションの実現を達成。 ・手動での置局設計に比較して10人日から3人日まで短縮に成功（詳細後述）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Cradio[®]での置局設計はコンピュータでの電界強度シミュレーションによって必要な置局位置と置局台数を机上で算出できるため、手動での置局設計に比較して掛かる工数を大幅に削減可能。 ・但し、更なるコスト削減のためには“現地調査を行わず”とも導出できるスキームを構築する必要がある。 ・その課題解決の方法として、岐阜県の「ぎふ森林情報WebMAP」のデータを活用すれば、現地調査を行う必要なく、導出が可能となる可能性があり、引き続き検証を進めていく方針。

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

坂内広瀬のフィールドの様子



● 実施結果

・電波遮蔽物が少ないフィールドでは置局設計が比較的容易で、Cradio[®]による置局位置の再設計も短時間で実施可能。

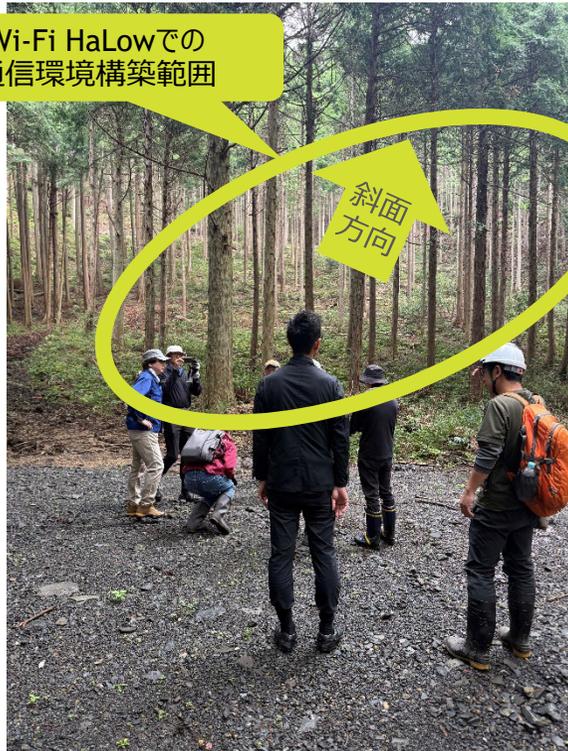
V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

谷汲木曽屋のフィールドの様子

Wi-Fi HaLowでの
通信環境構築範囲



● 実施結果

- ・電波遮蔽物が多く存在し、木々の伐採や積み上げにより見通しが変化するフィールドでは電波強度が不足し、置局設計時に想定していたスループットを実現できないことがあった。

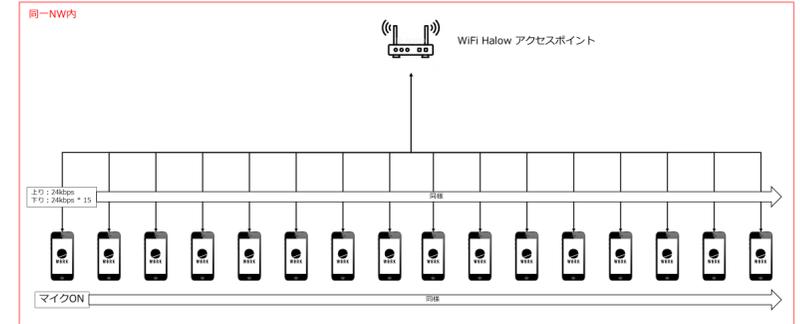
② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

BONXでの音声コミュニケーションに必要なスループット

● BONX

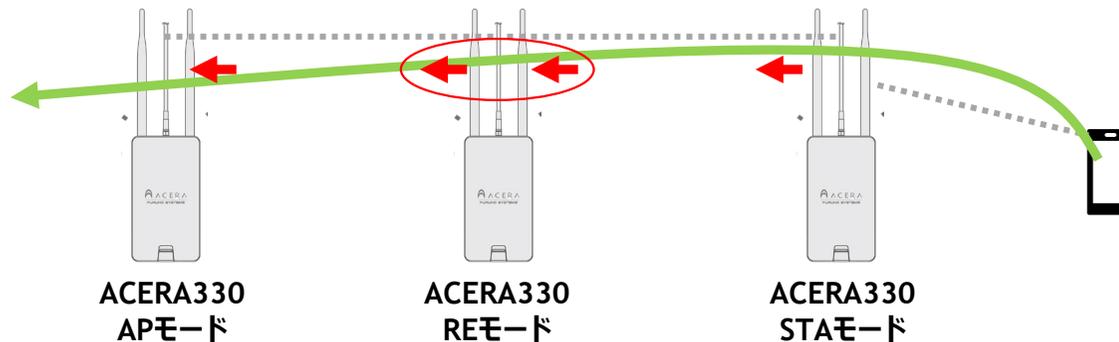
- ・音声スループット（上り、下り同じ） 24kbps
※右図の16台（発信1台、着信15台）とした場合、384kbps
- ・実証としての条件設定
 - ・現地で最低限 2 台は運用できること ⇒ 100kbps
※ $24\text{kbps} \times 2\text{台} \times 2\text{ (UL/DL)} = 96\text{kbps} \approx 100\text{kbps}$
 - ・現地運用が5台で運用できることが望ましい ⇒ 240kbps
※ $24\text{kbps} \times 5\text{台} \times 2\text{ (UL/DL)} = 240\text{kbps} \approx 250\text{kbps}$



© NTT Communications Corporation All Rights Reserved.

● Wi-Fi HaLowのスループット負荷について

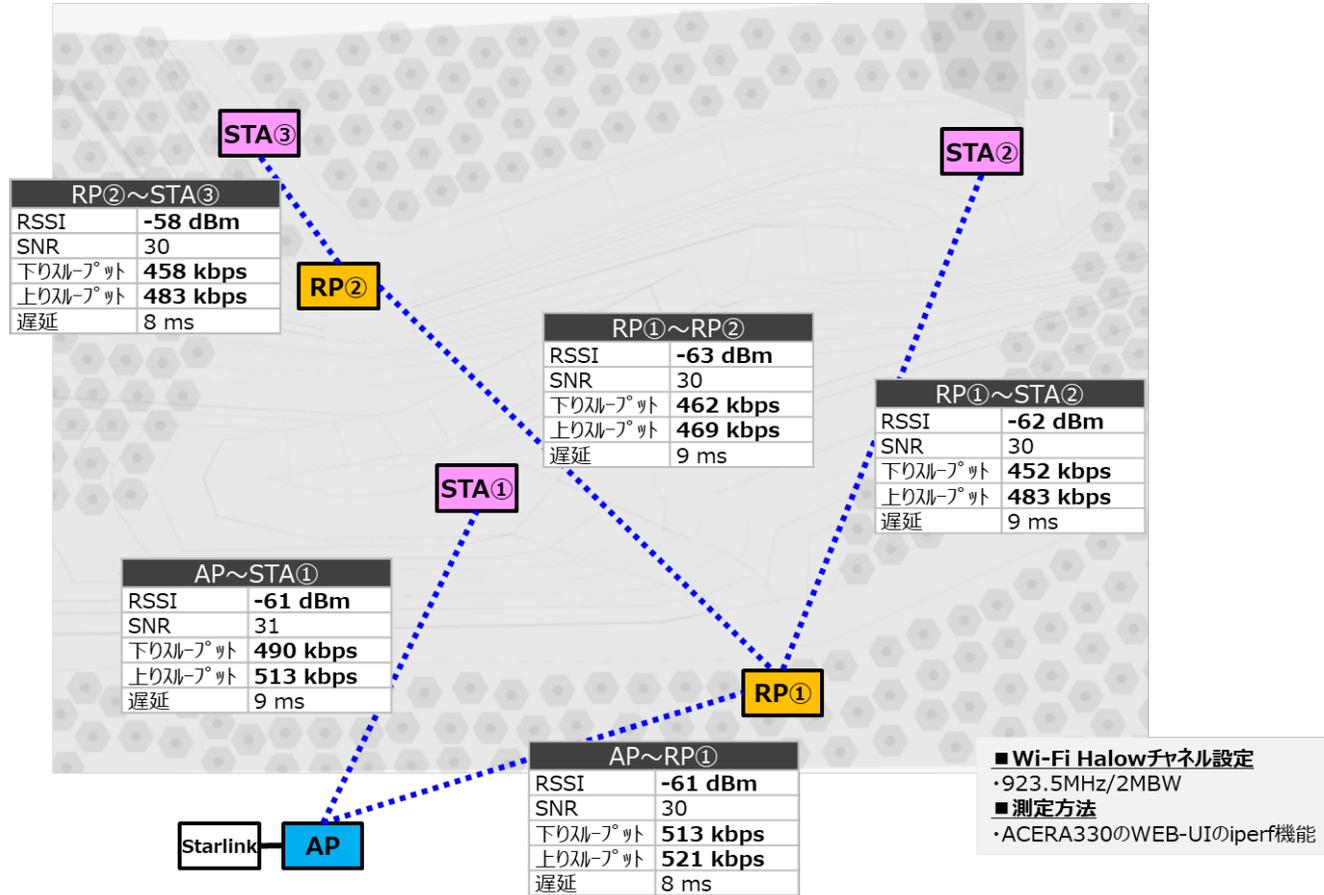
本機器は、APモード、STAモードについては、920MHz帯の送受信が一方の方向だけになるが、REモードの場合、双方向に送受信される。そのため必要なスループットは、REモードの端末が最も負荷が高い。



② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

坂内広瀬でのNW測定結果（手動での置局設計）



● 実施結果

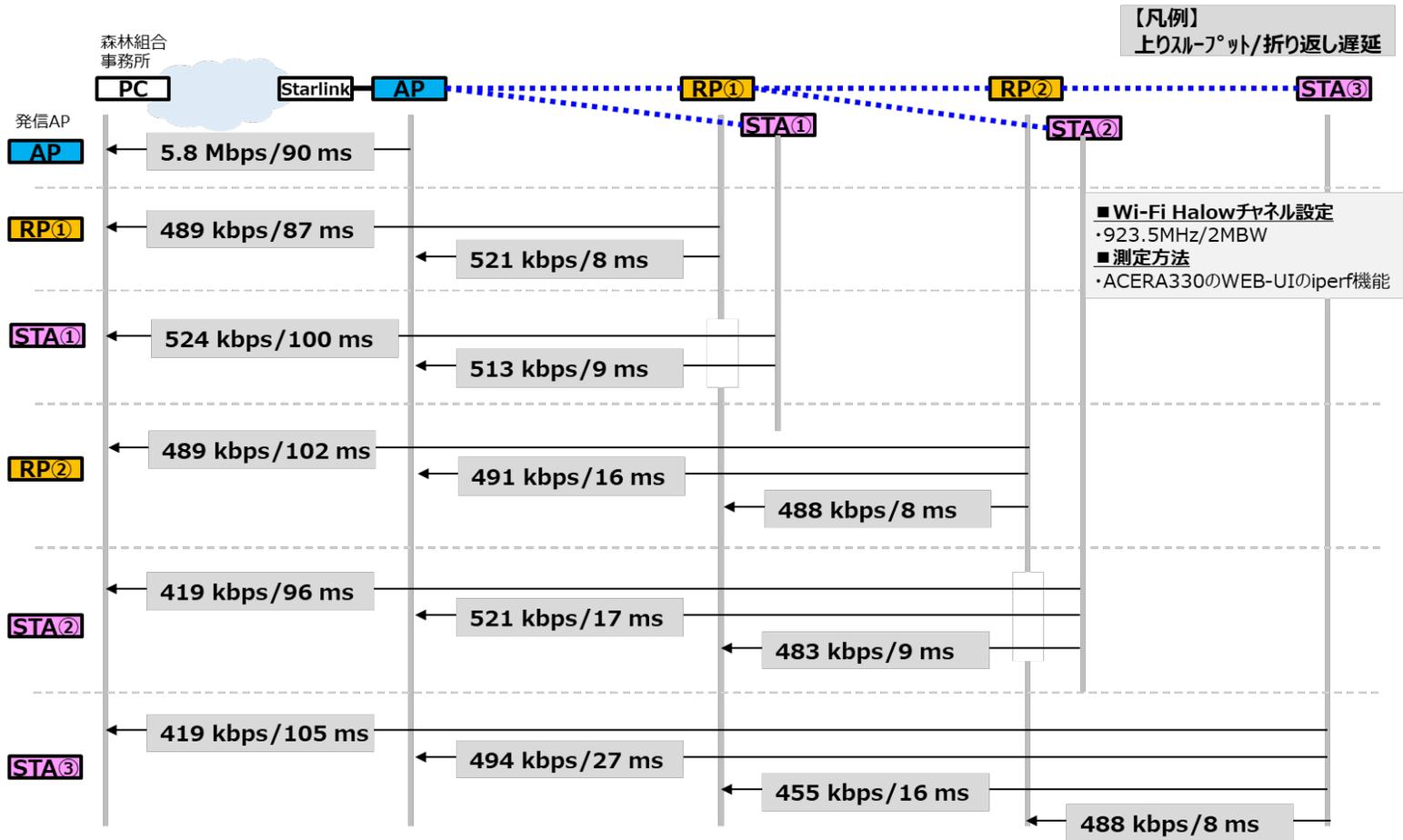
・いずれの区間もRSSIは約-60dBm程度、スループットは約500kbps程度

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

坂内広瀬でのNW測定結果 (手動での置局設計)



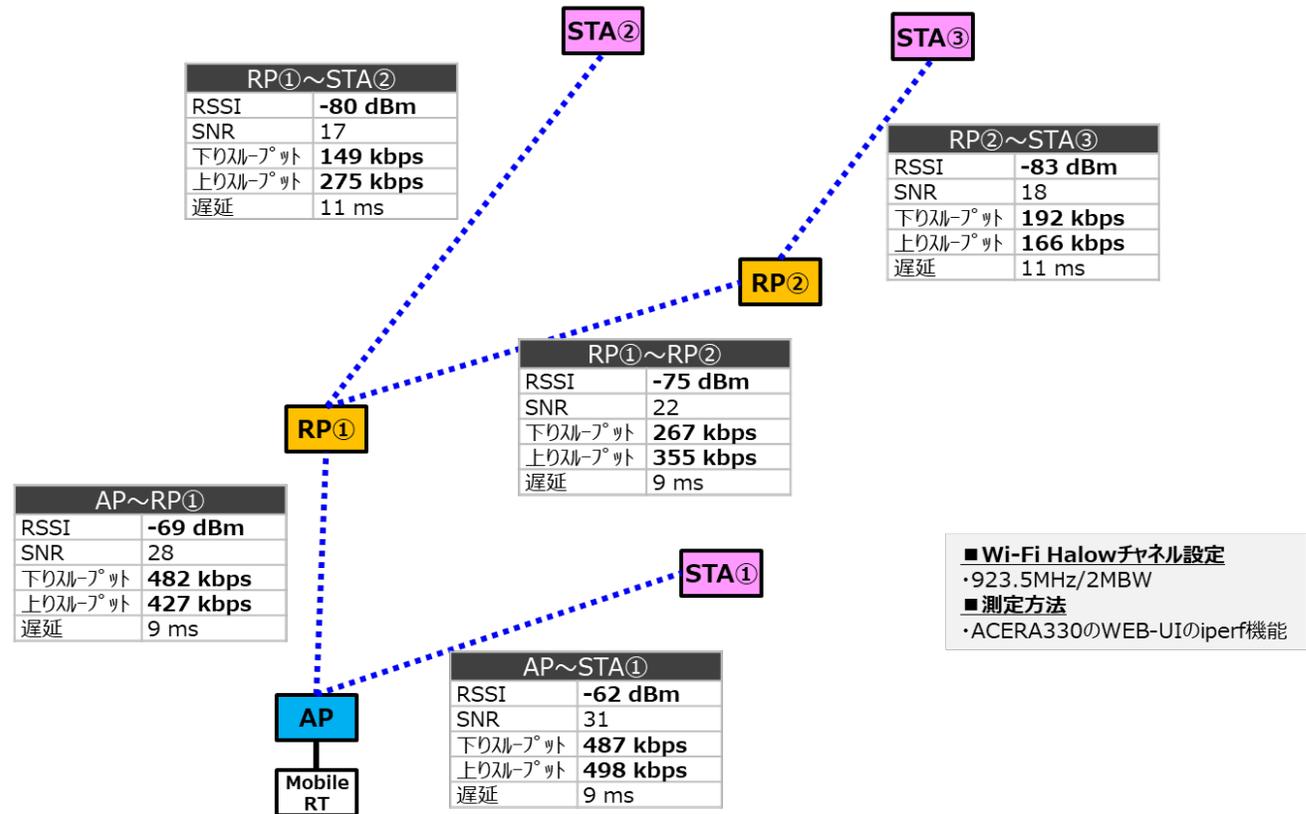
● 実施結果

・Wi-Fi Halow区間を経由する通信では、森林組合事務所のiperfサーバまでは概ね400kbps以上を記録

② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

谷汲木曽屋でのNW測定結果（手動での置局設計）



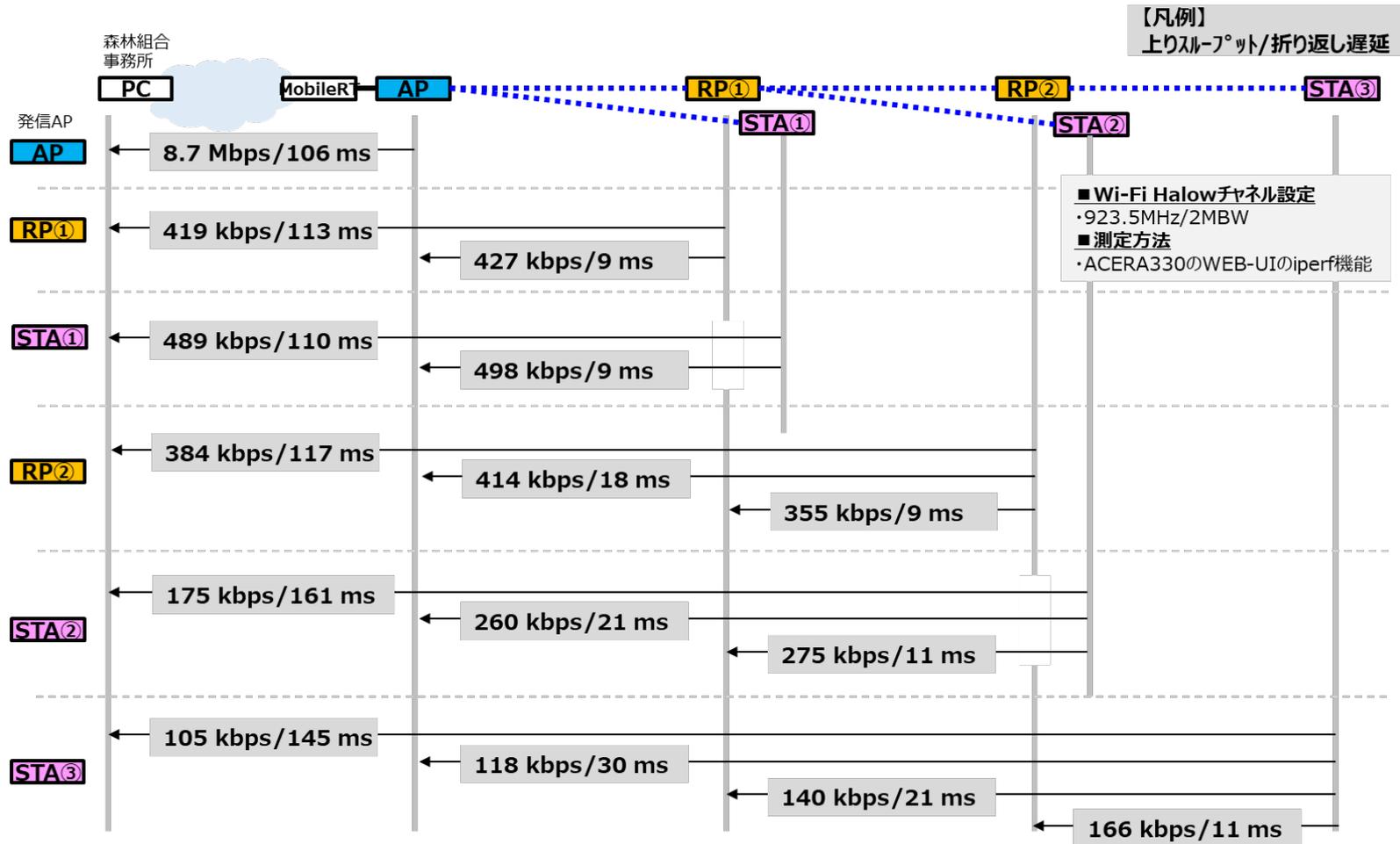
● 実施結果

- ・RP①、STA①では概ね500kbpsのスループットを確認
- ・RP②、STA②、STA③では電波強度が-80dBm近辺となるため、スループットが低下
- ・置局設計時とフィールドの見通しが変化したことにより所要スループット250kbpsを下回る区間が発生。

② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

谷汲木曽屋でのNW測定結果 (手動での置局設計)



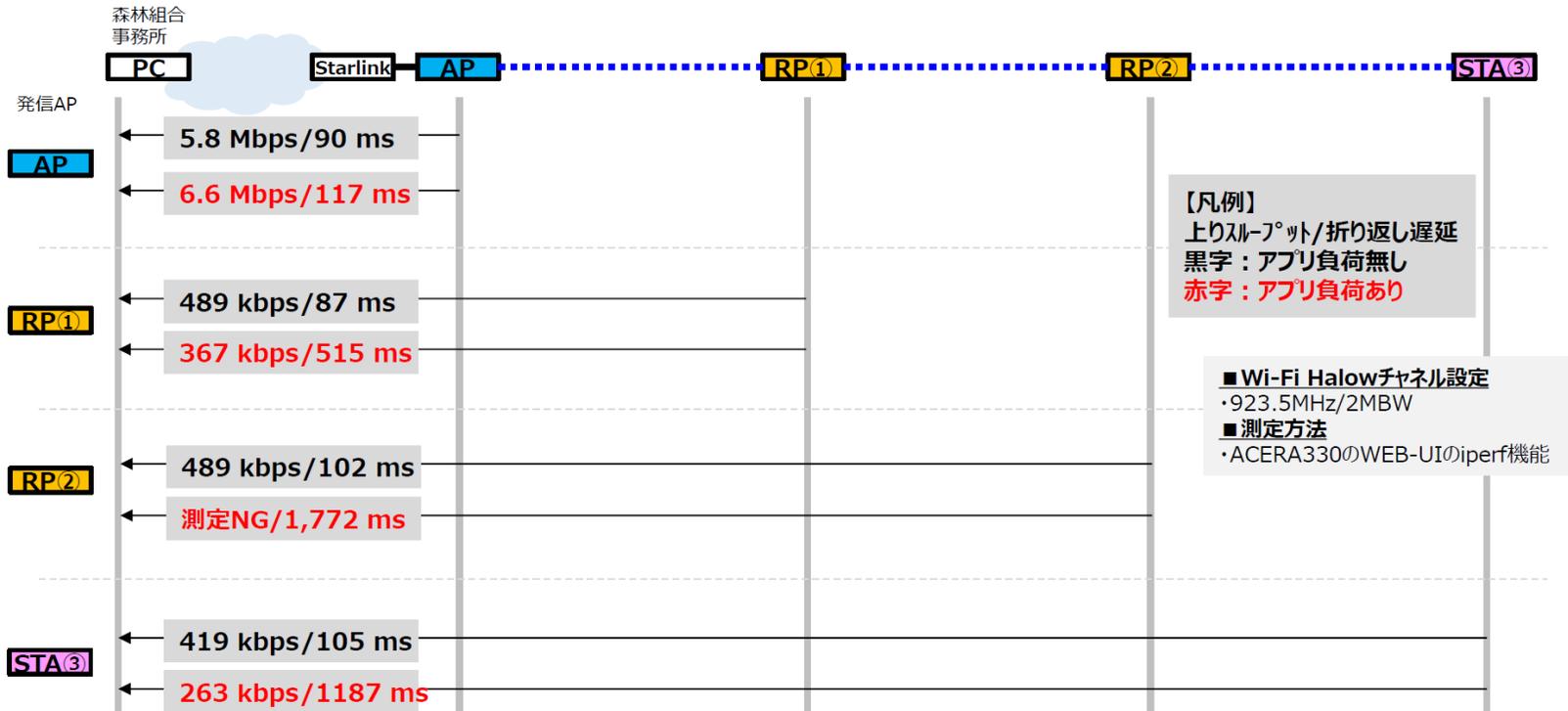
● 実施結果

・RP①、STA①、RP②までは所要スループット250kbpsを下回る区間が発生。

② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

BONXアプリ起動時のNW環境への影響について



● 実施結果

- ・Wi-Fi Halow区間を経由する通信では、BONXアプリ起動時には通信遅延が大きくなる。
- ・特にホップ数が多くなると、通信状態が極めて不安定となる。

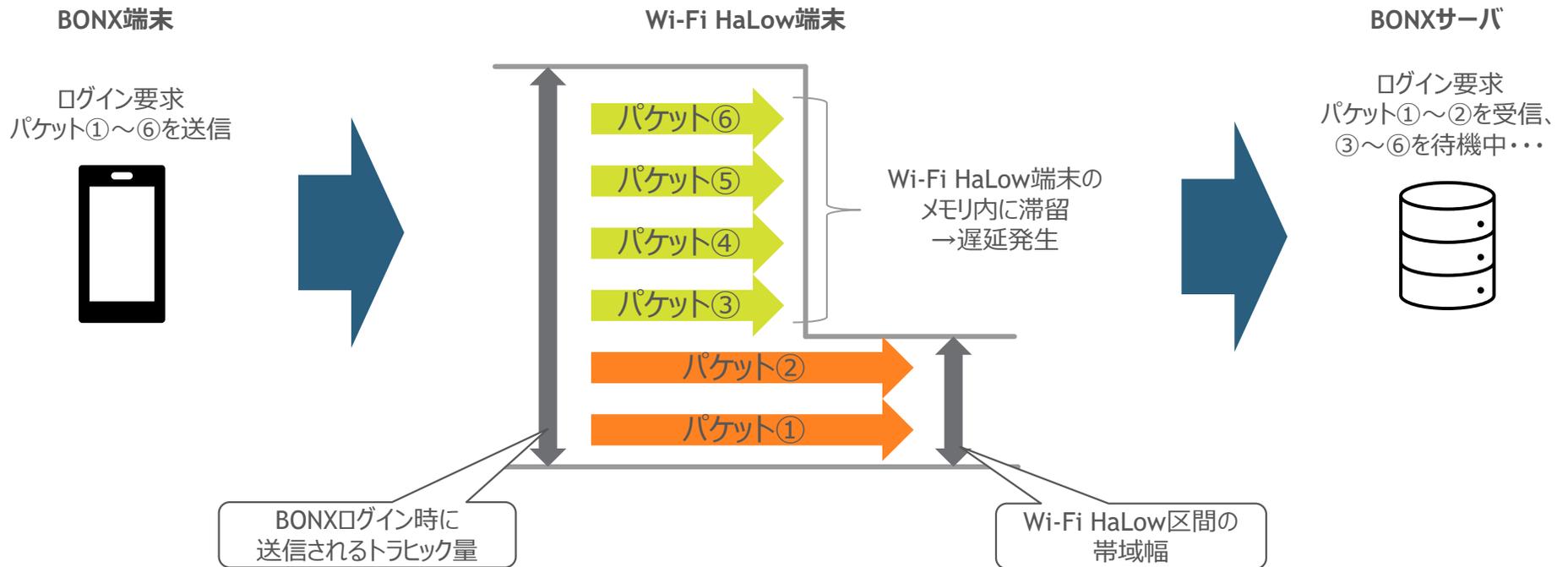
② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

BONXアプリ起動時のNW環境への影響について

●発生事象の分析①

- ・BONXアプリ起動時に、スマートフォンからBONXサーバに対して複数のログイン要求パケットが送信される。
- ・Wi-Fi HaLow区間の帯域幅がログイン要求のトラフィック量より小さい場合、帯域幅を超えたパケットはWi-Fi HaLow端末のバッファに滞留する。
- ・滞留したパケットは、前のパケットが送信完了した時点で順次送信されるため、BONXサーバへの到着時間に遅延が発生する。



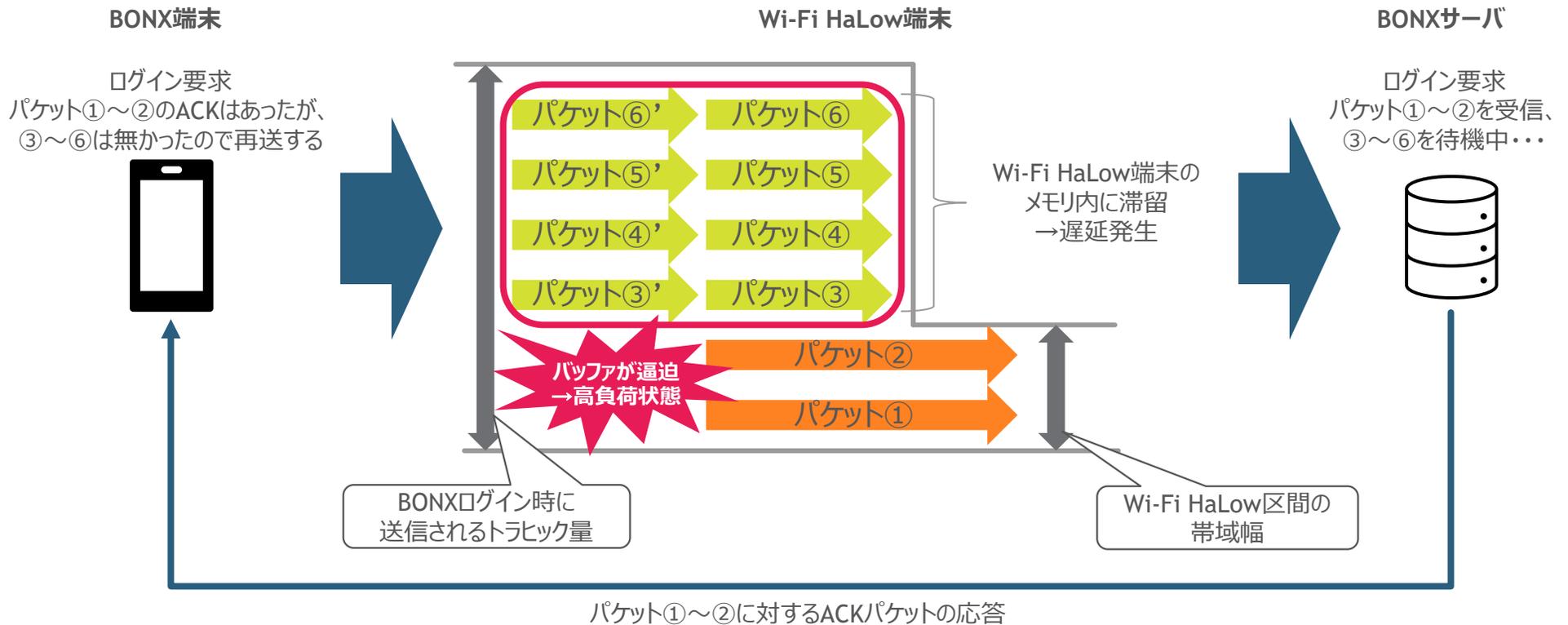
② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

BONXアプリ起動時のNW環境への影響について

●発生事象の分析②

- ・BONXアプリはTCP通信を行うため、一定時間以内にBONXサーバからのACKパケットの応答がない場合にパケットの再送制御を行うと考えられる。
- ・再送制御により追加のパケットがWi-Fi HaLow端末に到達すると、バッファ内に滞留するパケットが増加し、BONXサーバへの到着時間の遅延もさらに増大する。
- ・バッファが逼迫した場合はパケットは破棄されてしまうため、BONXアプリによるパケットの再送制御が再度行われWi-Fi HaLow端末が高負荷状態に陥ると推察。



② 検証項目ごとの結果

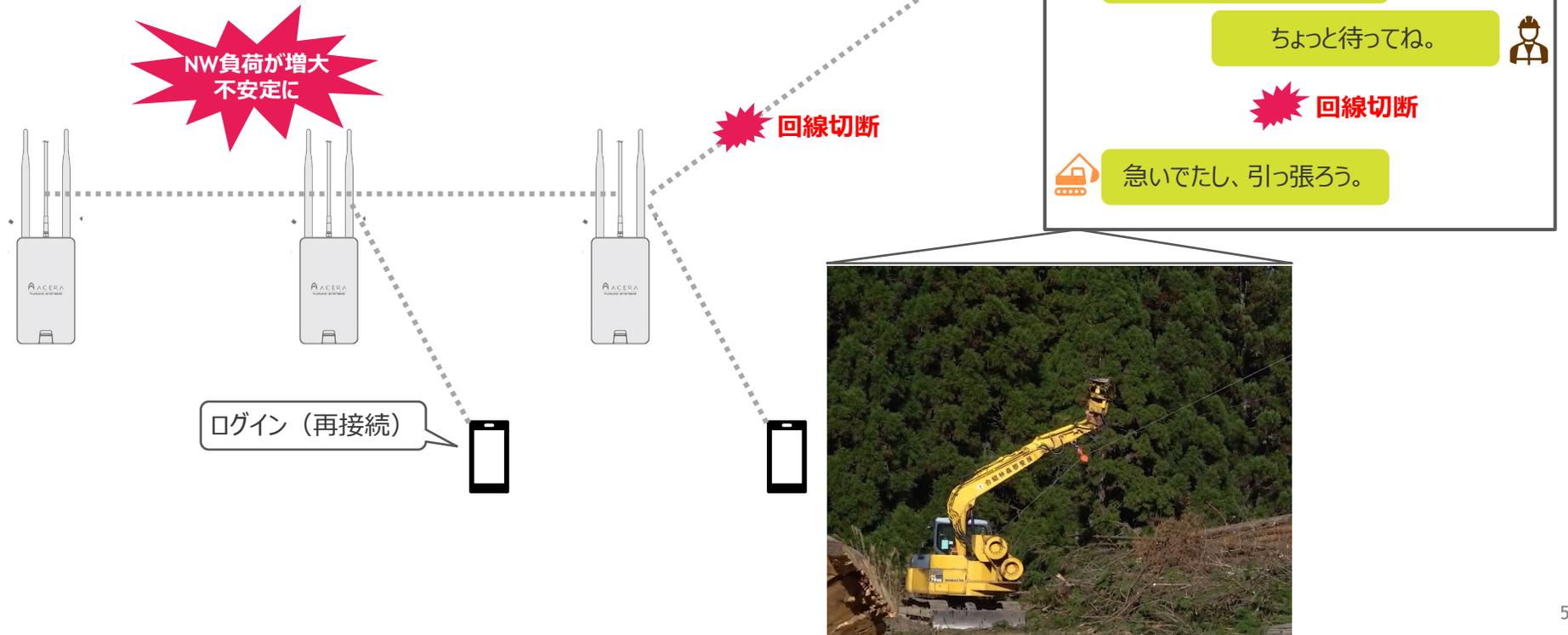
b. 技術検証

BONXアプリ起動時のNW環境への影響について

● 影響考察

BONXアプリのログイン負荷（再接続含む）は、NW環境を不安定にさせる要因になります。それにより、NWに繋がっている端末が、自他ともに端末がNWから切断される可能性があります。タイミングによっては、連絡取れないだけでなく、重大な事故につながる恐れも考えられる。

よって、安定したNWを構築するためにもトラフィックを適切に確保する必要がある。

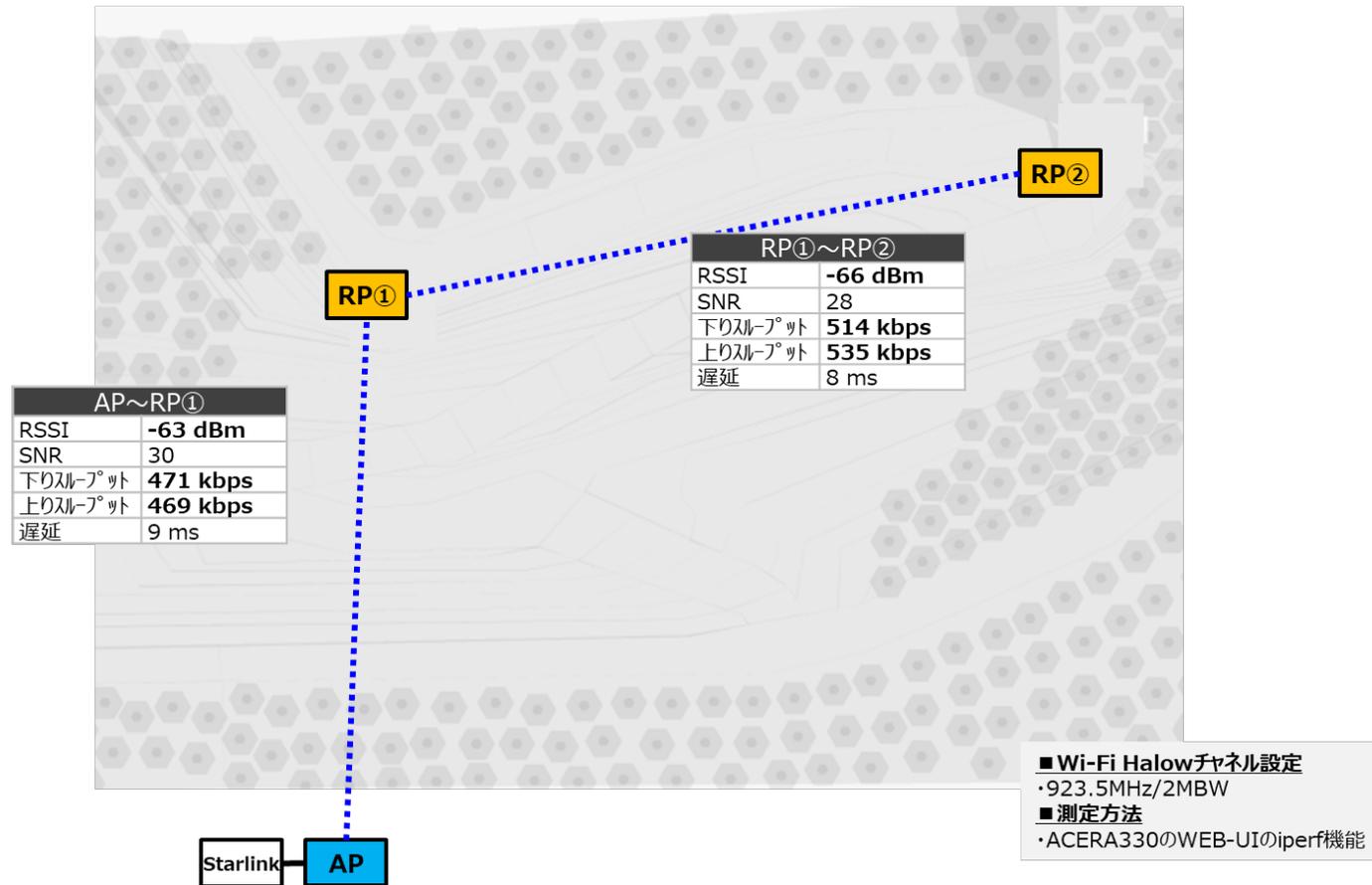


V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

b. 技術検証

坂内広瀬 (Cradio[®]での置局設計)



● 実施結果

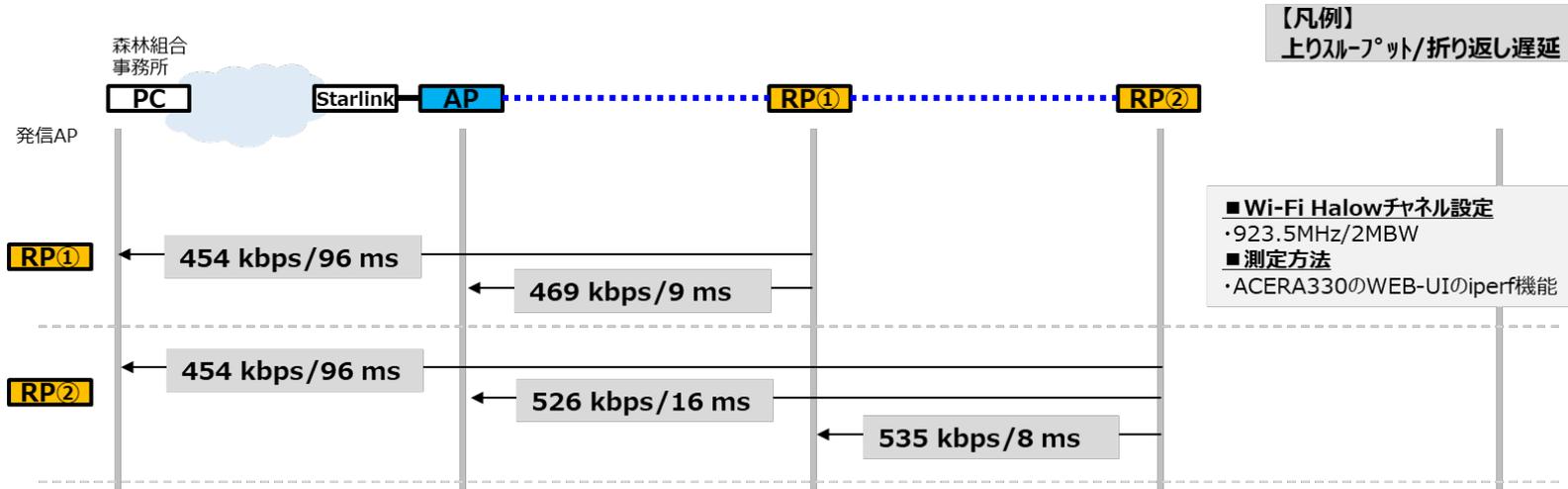
- ・全てのah区間の上下方向にて所要スループット250kbpsを達成。

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

坂内広瀬 (Cradio[®]での置局設計)



● 実施結果

・Wi-Fi HaLow区間を経由する通信では、森林組合事務所のiperfサーバまでは所要スループット250kbpsを達成

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		
Wi-Fi HaLow NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化 (Cradio [®] 活用によるAP等最適化含む)	Cradio [®] 活用してNW構築に関する置局設計を効率化	現状の稼働と比較して50%に削減する。	<ul style="list-style-type: none"> ・坂内広瀬の置局設計を通常通りの手法で実施した場合、10人日の稼働を要する。対してCradio[®]では、現地の3D CADデータは、現地調査から3D CAD生成、Cradioによるシミュレーションで3人日へと削減。(66%の削減効果) ・再検討は、3D CADのデータがあることで1人日で対応可能。(90%の削減効果) ・NW設備の設置数をシミュレーションすることで最適化。NW設備台数を削減し、作業時間の削減した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・林業現場では作業進捗等により現地の設置環境が大きく変化することが想定され、置局設計をやり直す必要が生じた場合には、本効率化による効果がより大きくなると想定 ・Cradio[®]によりNW設備の設置状況をシミュレーションすることで、初期設計、再設計両方の作業で稼働・対応日数削減が可能になると考えられる。
	音声品質の評価 (Starlink、モバイルルーターそれぞれをバックボーンとしたNWで、BONXの通話を評価)	POLQA値による評価で通常運用と同等であることの確認	<ul style="list-style-type: none"> ・POLQA値で3以上の評価であり、一般のモバイル通話と同程度の品質を確認。 ・録音音声の一部において、音声途切れを確認している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・無線品質の一時的な劣化（ゆらぎ）が影響し音声途切れの要因の一つになったと思われる。そのため、環境が変わる現場の無線品質をどのように確保するかが重要となる。

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

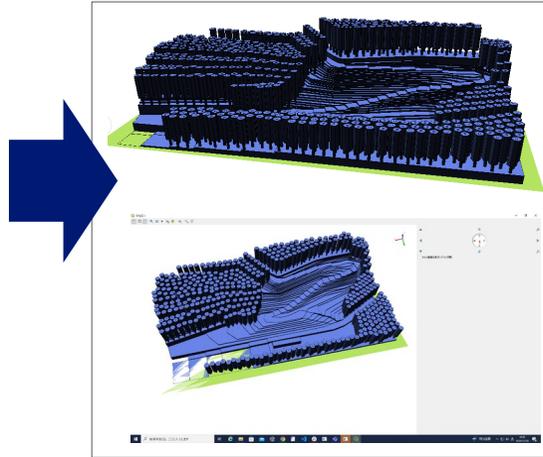
(参考) Cradio[®]による置局導出手法 (全体フロー)

b. 技術検証

- Cradio[®]による置局導出手法の全体概要は以下の通り。
- 点群データの撮影、点群データから3D CADの生成、事前準備した評価条件と合わせてCradio[®]システムに入力し、Cradio[®]シミュレーション (電波伝搬推定、置局設計) を実施した。



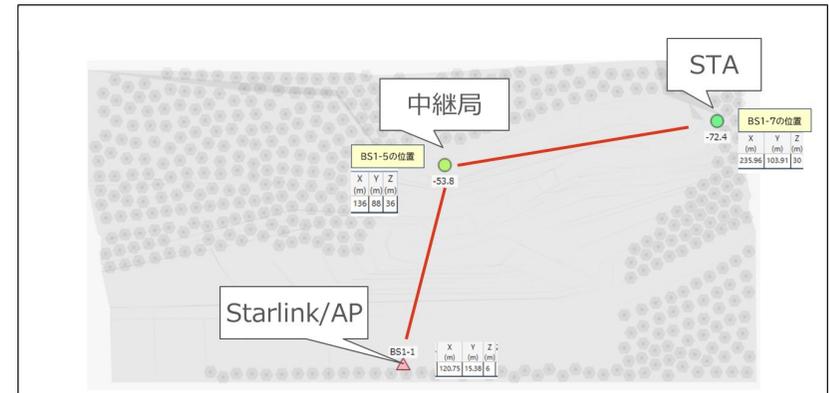
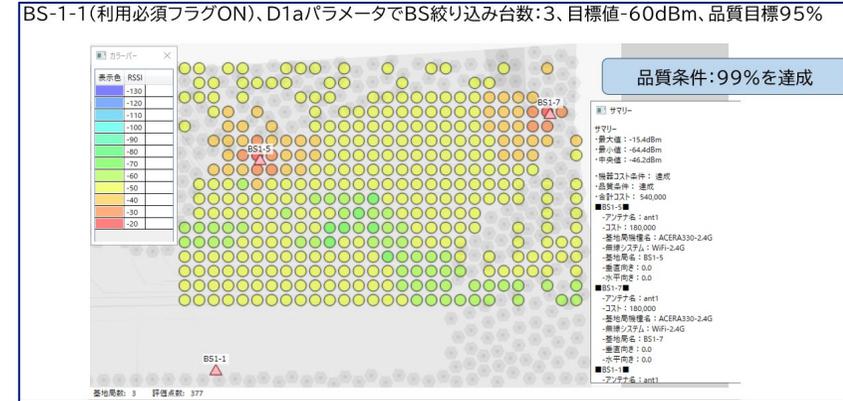
点群データ



3D CAD

設計条件

- ・装置アンテナ情報
- ・基地局設置候補場所
- ・対象エリア情報
- ・目標品質 etradio



Cradioシミュレーション結果
(電波伝搬推定、置局設計)

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

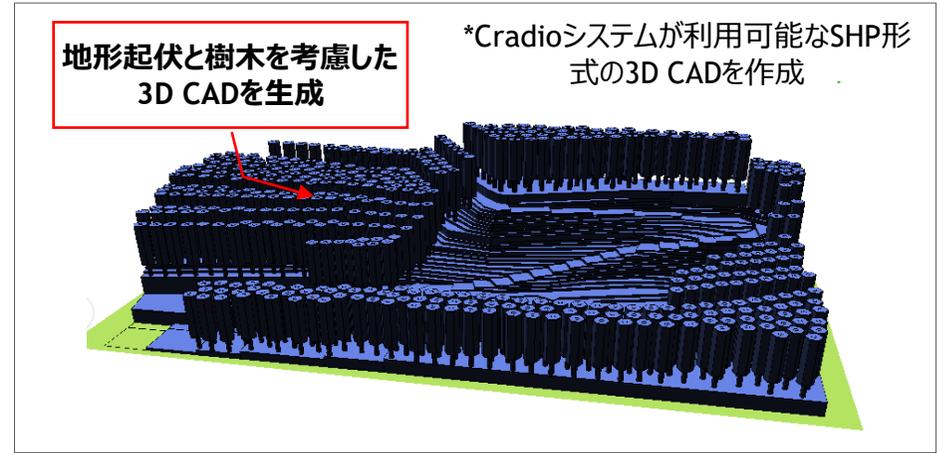
(参考) Cradio[®]による置局導出手法 (マップ作製手順)

b. 技術検証

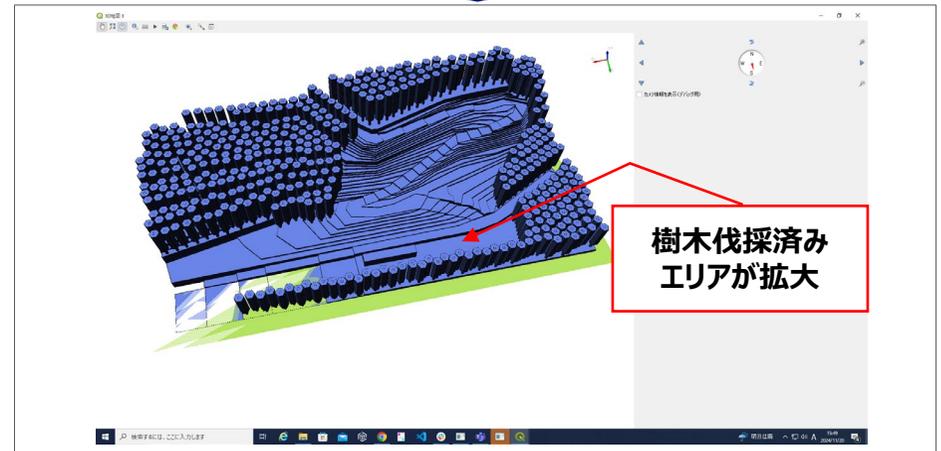
- 2024/10/17に現地調査時に撮影した点群データを元に3D CAD* [A]を作成
- 2024/11/19に樹木伐採等によって現地環境の変化が発生したため、最終的に修正作業を行い3D CAD* [B]を生成



現地点群データ (2024/10/17時点)



3D CAD[A] (2024/10/17時点)



3D CAD[B] (2024/11/19時点)

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

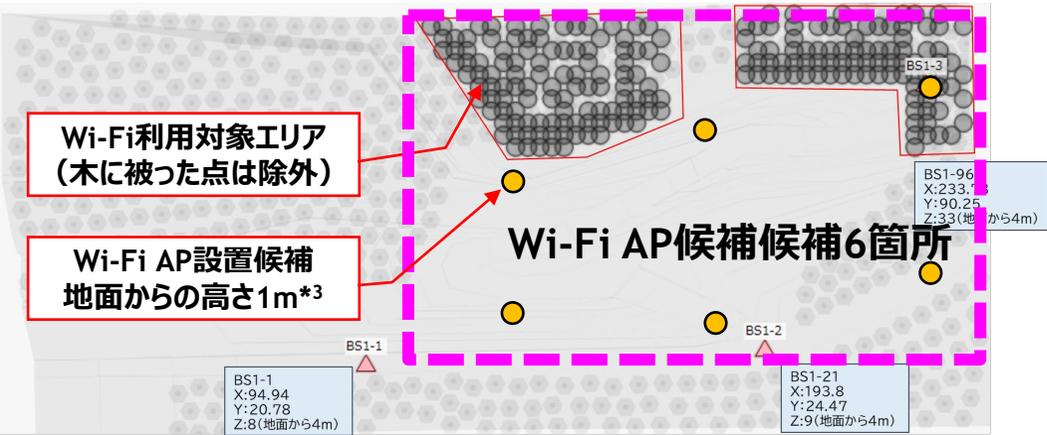
(参考) Cradio®による置局導出手法 (端末個数、設置場所の導出)

b. 技術検証

■ Cradio®を用いて以下に示す手順で置局導出を行った

- ① Wi-Fi AP設置により対象エリアに対して目標電力*1が提供可能なAP設置場所を導出
- ② ①で導出した場所に設置した11ah局をStarlink設置場所から目標電力*2で接続可能な11ah中継を導出

Cradio設計条件

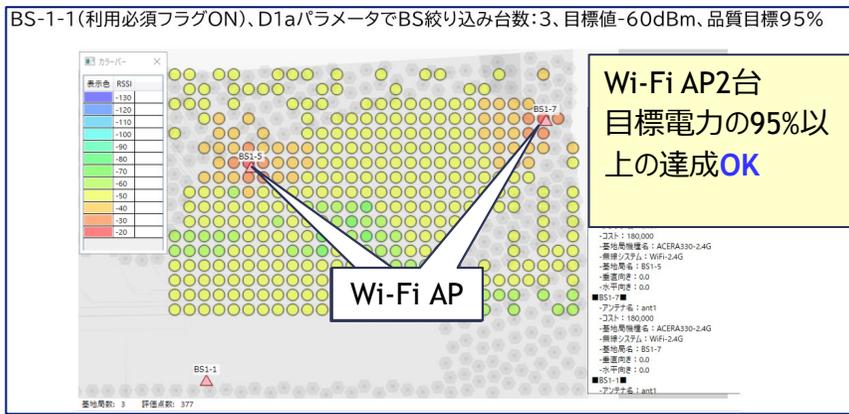
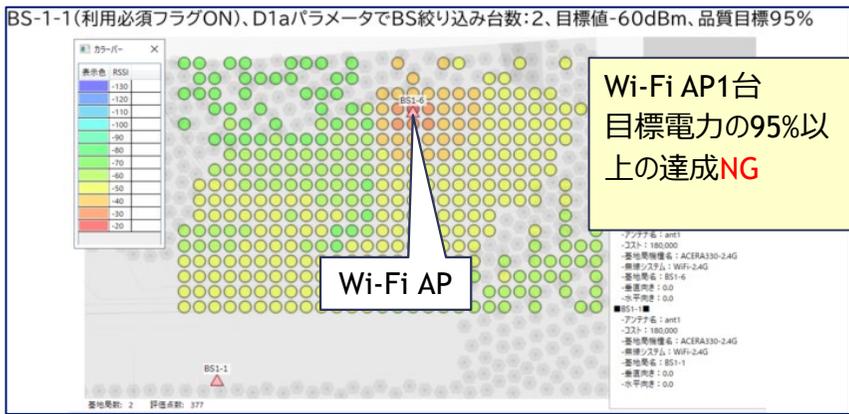


*1 Wi-Fiの目標電力は、Wi-Fi (2.4GHz帯) で一般的に良質な無線品質が得られるとされている受信電力値-65dBmに、マージン5dBを加えて**-60dBmに設定**

*2 11ah(HaLow) の目標電力は、無線方式の仕様上最大の無線リンクレートが得られる受信電力(-71dBm)にマージン6dBを加えて**-65dBmに設定**

*3 Wi-Fi、11ahの無線機は同一筐体に格納されているが、Wi-Fiは筐体に直接アンテナが接続されるため筐体の高さと同じ**アンテナ高(1m)となる一方、11ahは同軸ケーブルを介してアンテナ高を高く設置(4m)。**

Cradio設計結果① (Wi-Fi設置)



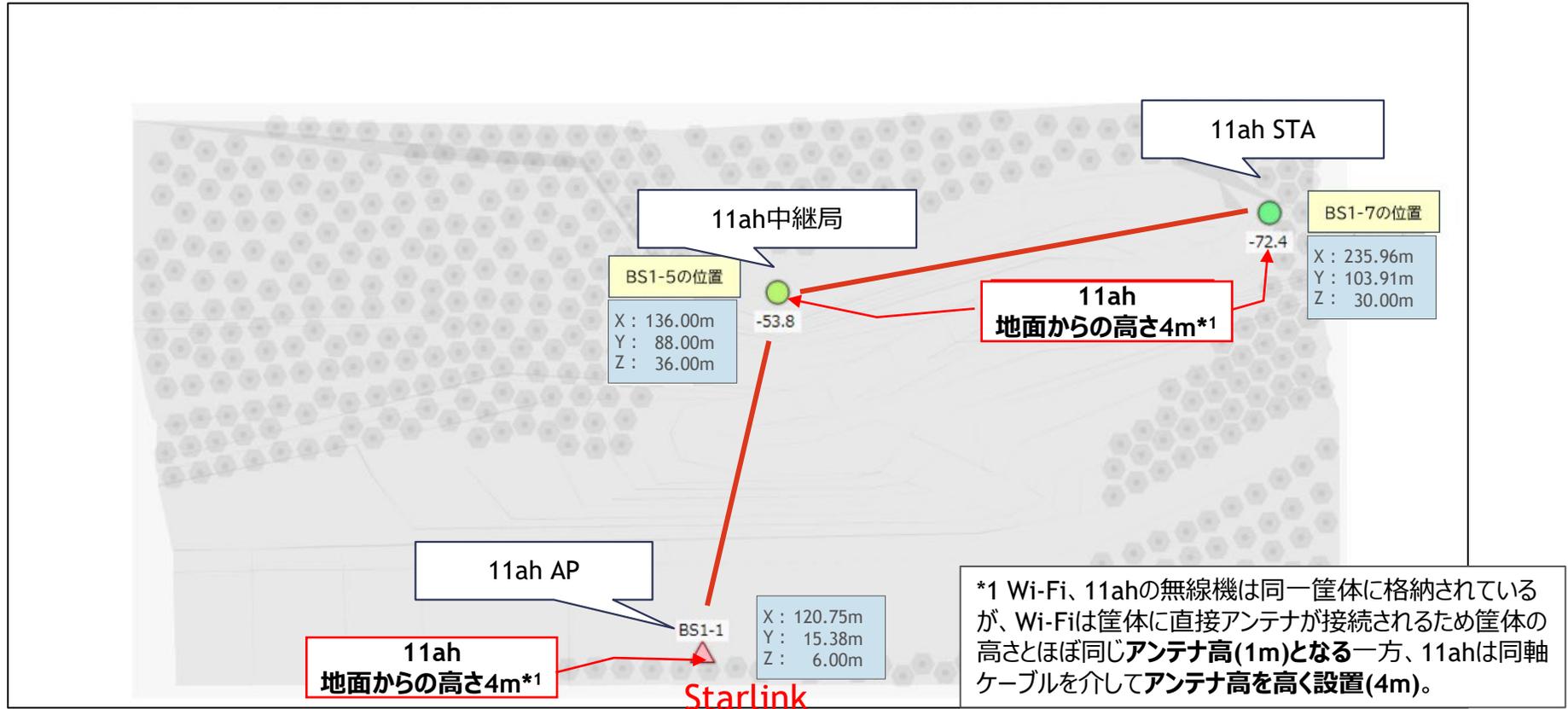
V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) Cradio[®]による置局導出手法 (起点の端末からの最適ルート導出)

b. 技術検証

- Cradio[®]により導出した11ah中継結果を以下に示す
- Starlink設置場所の11ah AP (BS1-1) から、11ah中継局 (BS1-5) を介した中継を行い、11ah STA (BS1-7) を接続する形が導出され、目標電力以上が得られることを確認

Cradio設計結果② (11ah中継)



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) Cradioによる置局導出手法 (設計稼働の比較)

b. 技術検証

- Cradio®により初期設計、再設計両方の作業で稼働・対応日数削減が可能であることを確認
- 林業現場では、作業進捗等により現地環境が大きく変化することが想定される。置局設計をやり直す必要が生じた場合は、本効率化による効果がより大きくなると想定

測定調査に基づく設計に要する想定稼働(人日)

項目	作業内訳	初期設計作業	再設計作業
現地確認	現地における下見作業	0.5人日 (0.5日×1名)	-
事前検討	置局案の検討	0.5人日 (0.5日×1名)	0.5人日 (0.5日×1名)
測定調査	現地での電波調査・測定	9人日 (3日×3名)	9人日 (3日×3名)
		10人日	9.5人日

Cradioを用いた設計に要する想定稼働(人日)

項目	作業内訳	初期設計作業	再設計作業
現地確認	現地における下見作業	0.5人日 (0.5日×1名)	-
データ生成・修正	Cradio導出に必要な3D CAD作成	2人日 (2日×1名)	0.5人日 (0.5日×1名)
シミュレーション	Cradioによる置局導出	0.5人日 (0.5日×1名)	0.5人日 (0.5日×1名)
		3人日	1人日

稼働・対応日数の削減

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

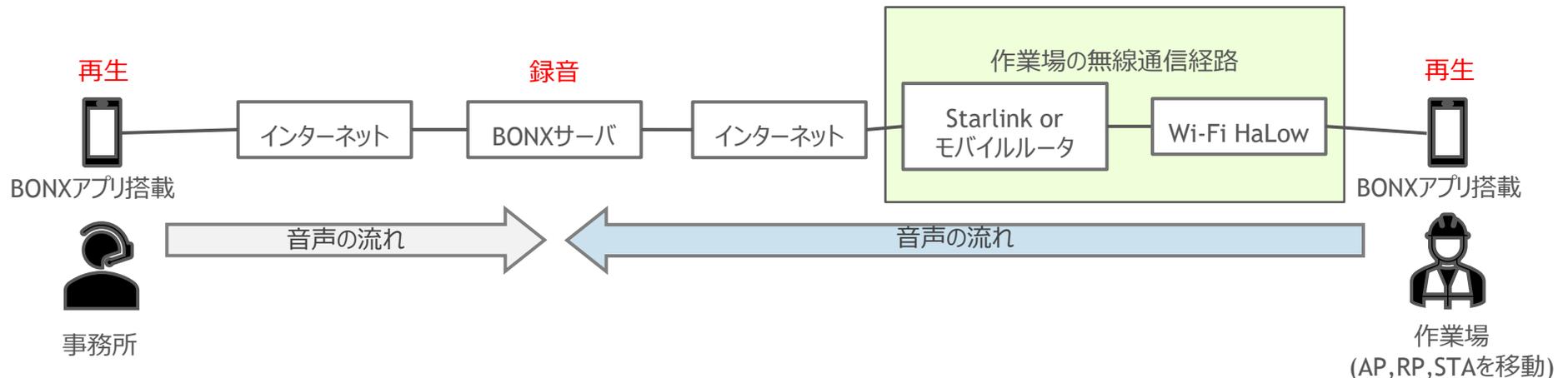
(参考) 音声品質評価手法・結果

b. 技術検証

1. 右記のITU-T勧告で規定されるReference音声 (male 2種、female 2種) を用意する
2. Wi-Fi HaLowで構築された各エリア毎に事務所、作業場からそれぞれBONXアプリ上で音声を再生する
3. BONXの機能で、BONXサーバに届いた音声を録音する
※スマホの機能上、受信音声を録音できないため
4. Reference音声と録音音声を比較し、POLQA値を算出する
値は下表の1～5で表される

POLQA (Perceptual Objective Listening Quality Analysis :受聴品質の知覚的客観的分析)
ITU-T 勧告 P.863に基づく音声品質試験標準

Range	Quality	Description
5	Excellent	とてもクリアで、ノイズがほとんどない
4	Good	適度なノイズがあるが、主要な内容ははっきり聞き取れる (静止状態でのモバイル通話相当)
3	Fair	音声がややこもっているが、内容は遜色なく理解できる (移動時のモバイル通話相当)
2	Poor	途切れ途切れな発話や、音声が歪んでいるために会話内容を把握しづらい
1	Bad	発話のほとんどが聞こえず、会話が成立しない

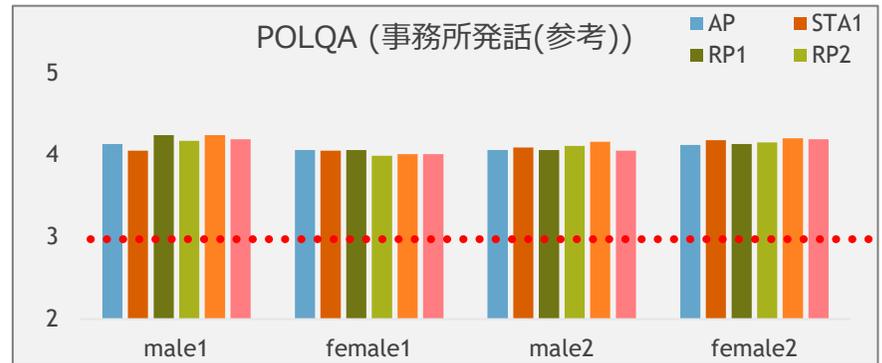
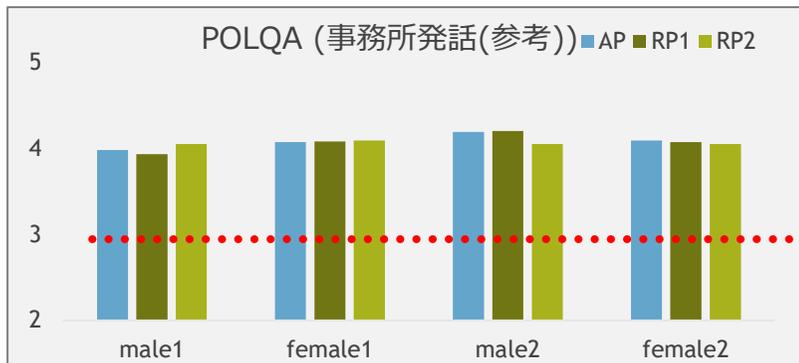
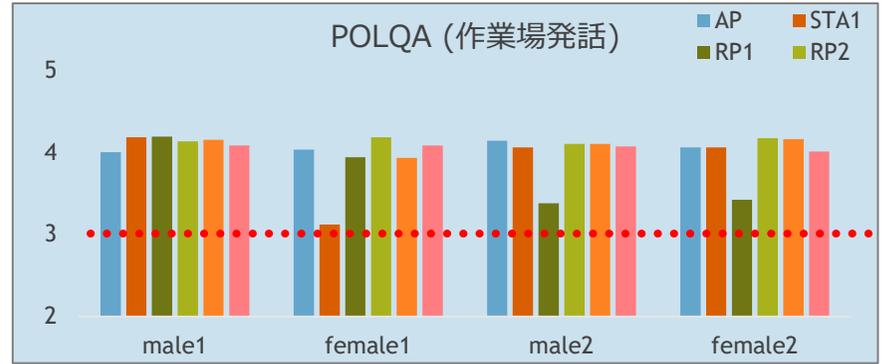
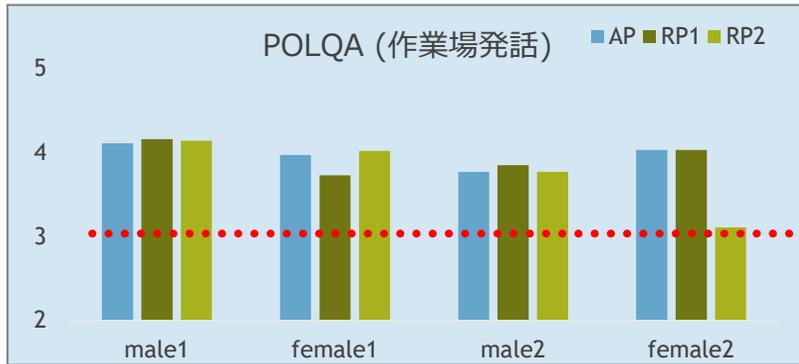
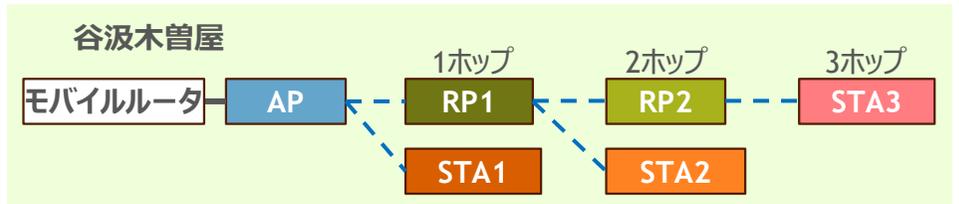
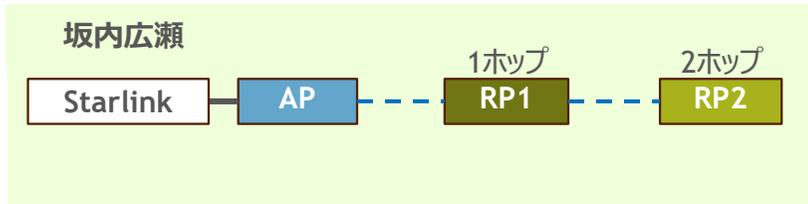


V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 音声品質評価手法・結果

b. 技術検証

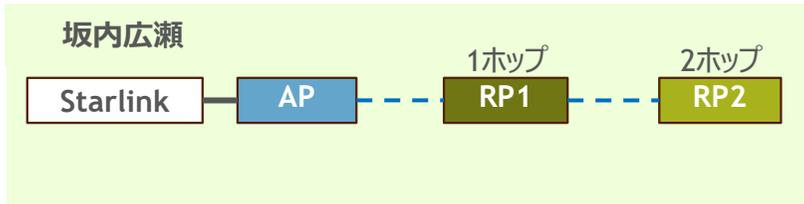
- POLQA値が3以上であるため、通話を行う上で音声品質的な問題はないといえる。
- 音声品質測定の結果、複数の録音音声から、音声途切れを確認している。
 要因については複数考えられるが、インターネット回線のみ影響を受ける事務所発話では目立った劣化が見られなかったため、現場側の無線品質の一時的な劣化(ゆらぎ)が支配的な要因と考えられる。



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 音声品質評価手法・結果

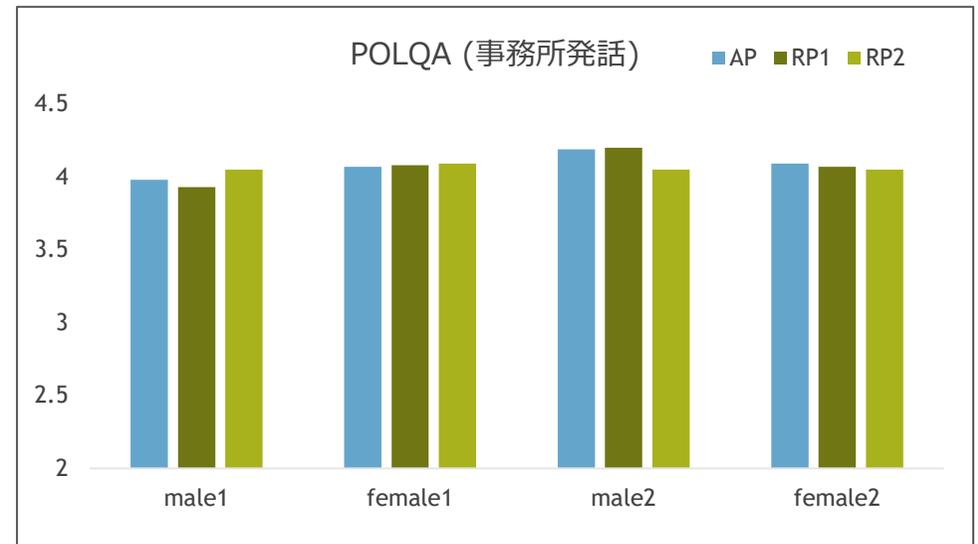
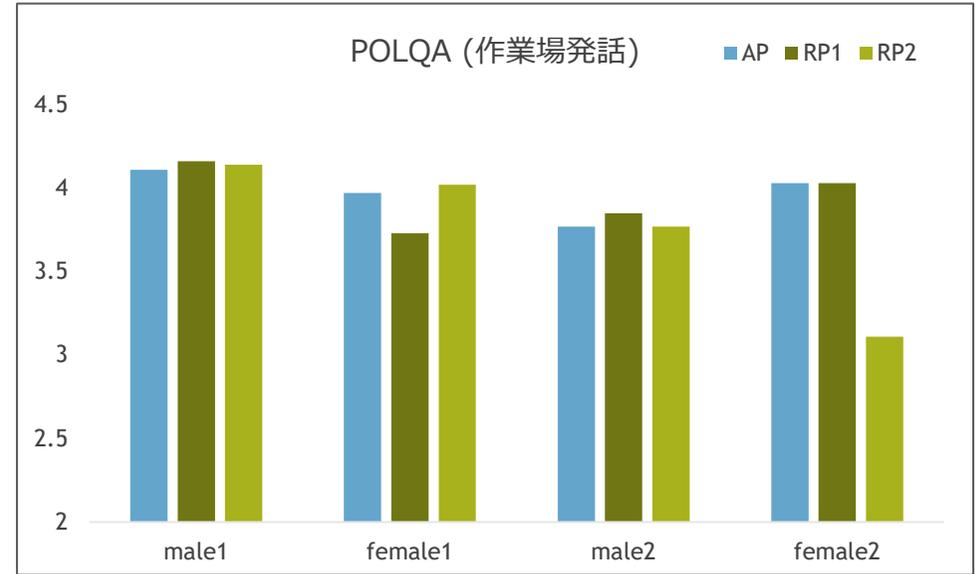
b. 技術検証



作業場発話				
	male1	female1	male2	female2
AP	4.11	3.97	3.77	4.03
RP1	4.16	3.73	3.85	4.03
RP2	4.14	4.02	3.77	3.11

事務所発話				
	male1	female1	male2	female2
AP	3.98	4.07	4.19	4.09
RP1	3.93	4.08	4.2	4.07
RP2	4.05	4.09	4.05	4.05

	平均RTT[ms]
AP	71
RP1	106
RP2	203



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) 音声品質評価手法・結果

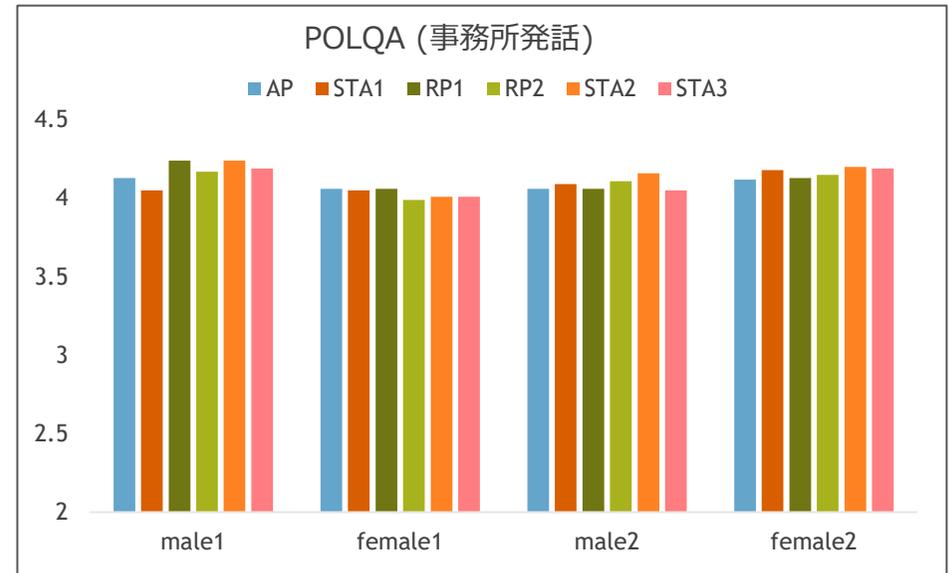
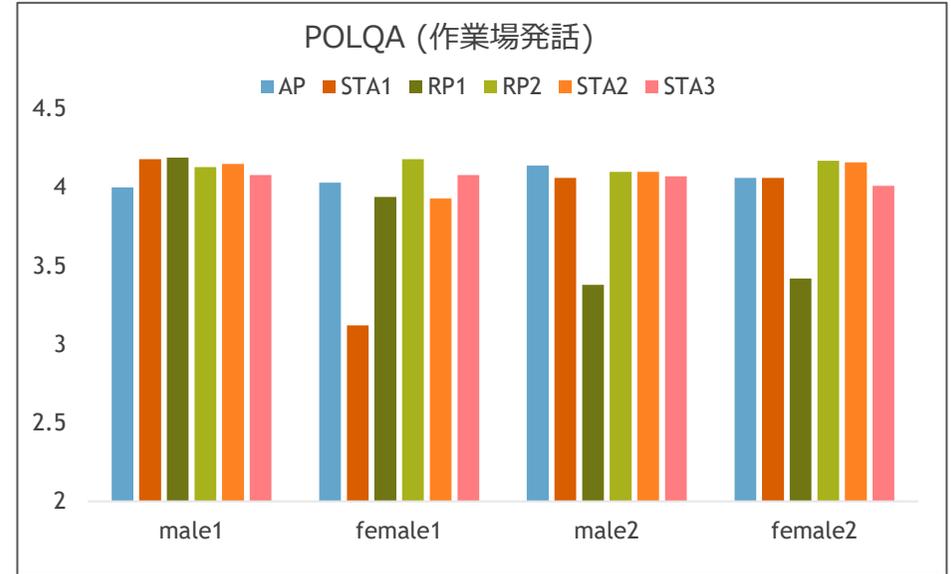
b. 技術検証



作業場発話				
	male1	female1	male2	female2
AP	4	4.03	4.14	4.06
STA1	4.18	3.12	4.06	4.06
RP1	4.19	3.94	3.38	3.42
RP2	4.13	4.18	4.1	4.17
STA2	4.15	3.93	4.1	4.16
STA3	4.08	4.08	4.07	4.01

事務所発話				
	male1	female1	male2	female2
AP	4.13	4.06	4.06	4.12
STA1	4.05	4.05	4.09	4.18
RP1	4.24	4.06	4.06	4.13
RP2	4.17	3.99	4.11	4.15
STA2	4.24	4.01	4.16	4.2
STA3	4.19	4.01	4.05	4.19

	平均RTT[ms]
AP	81
STA1	143
RP1	147
RP2	249
STA2	133
STA3	477



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)

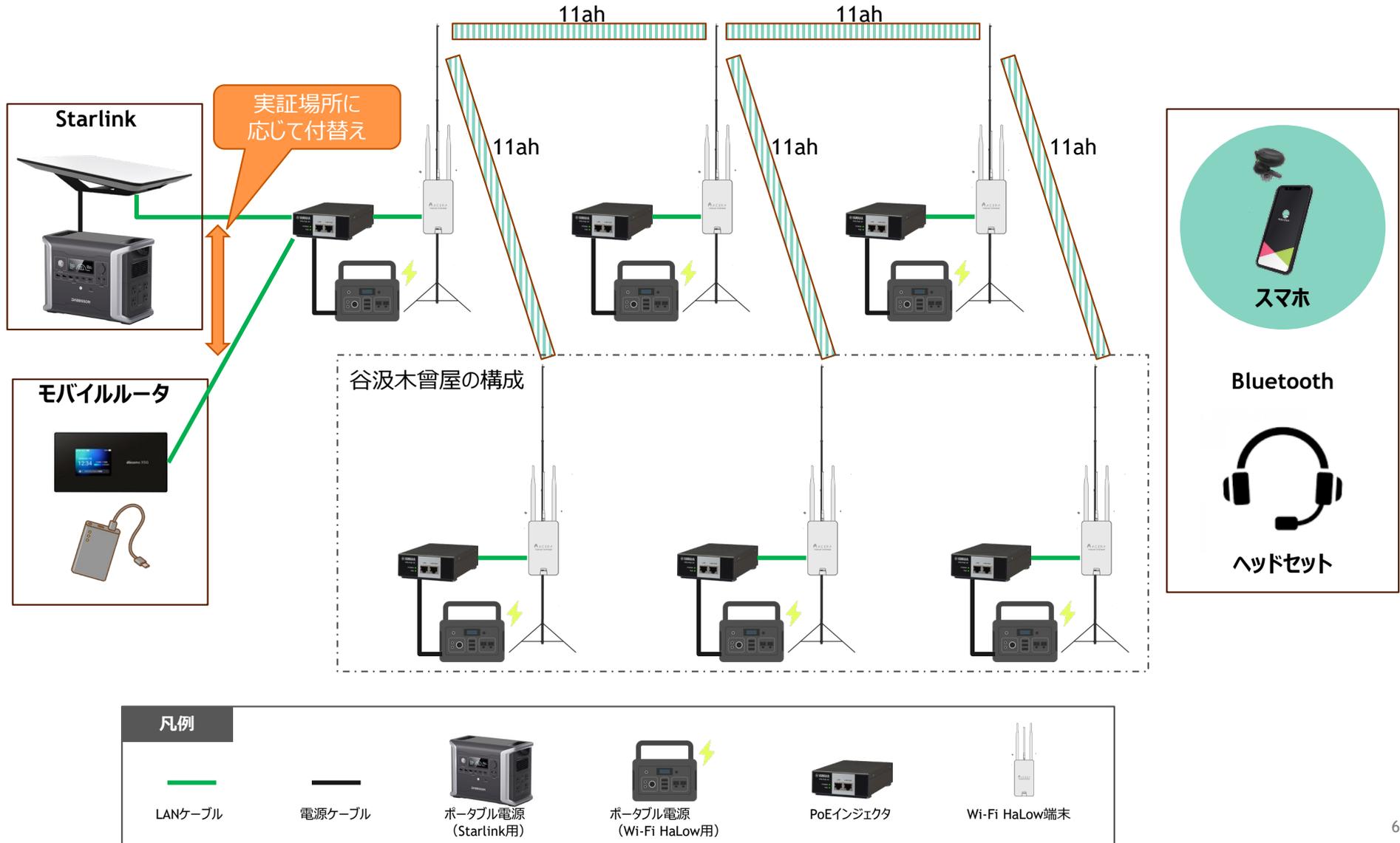
クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察		
	項目	目標				
Wi-Fi HaLow NW、Starlink、キャリアNWによる不感地帯のNWエリア化(Cradio®活用によるAP等最適化含む)	ネットワーク環境構築の容易性	1時間(1km半径)	<ul style="list-style-type: none"> 各場所で最終日に構築にかかった時間を記載 NW構築を行うまでに1時間以内という時間目標は達成。 参考値として初日と最終日の時間を記載し、比較 	<ul style="list-style-type: none"> 坂内と谷汲で時間が異なるのは、環境（上りの勾配が大きい、道が険しい、長い）及び機材を設置する数が異なることが大きな要因であると考える。 1時間以内の作業であれば、1日の作業時間を考慮して許容範囲内といえる。 坂内では、Cradio®により置局設計をシミュレーションすることで、設置台数の削減、NW構築時間の削減に繋がった。 		
					初日	最終日
			坂内広瀬（Starlink）		79分 →	20分
	谷汲木曽屋（LTE）	99分 →	36分			
トランシーバーアプリ	作業中のスマホ利用が運用上可能か検証	作業員アンケートにおける50%以上の「運用上問題ない」回答	<p>作業員アンケートにおいて、5段階中4以上（「非常にそう思う」「ややそう思う」）の割合は下記となり、目標値を達成した。</p> <p>情報共有がスムーズになったと感じますか？ ▷83%</p> <p>文字起こしの精度に満足していますか？▷83%</p> <p>自動文字起こし機能は使いやすかったですか？ ▷67%</p>	<ul style="list-style-type: none"> 複数人で同時通話できる、重機のノイズを抑制できる、文字情報による記録が残る、という点で、簡易無線よりもメリットを感じている。 ヘルメットやイヤマフ等の他機材との親和性向上や、紛失防止のための携帯方法の変更など、デザイン面での要望があった。 イヤホンを落としたらどうしようというストレスを感じる等、装着感の改良に関する要望があった。 		

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) NW環境構築

c. 運用検証



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) NW環境構築

c. 運用検証

Starlink



モバイルルーター (SH-52A)



ACERA330 (Wi-Fi HaLow端末)



アンテナ用三脚



BOX



ポータブル電源 (ACERA330用)



PoEインジェクタ



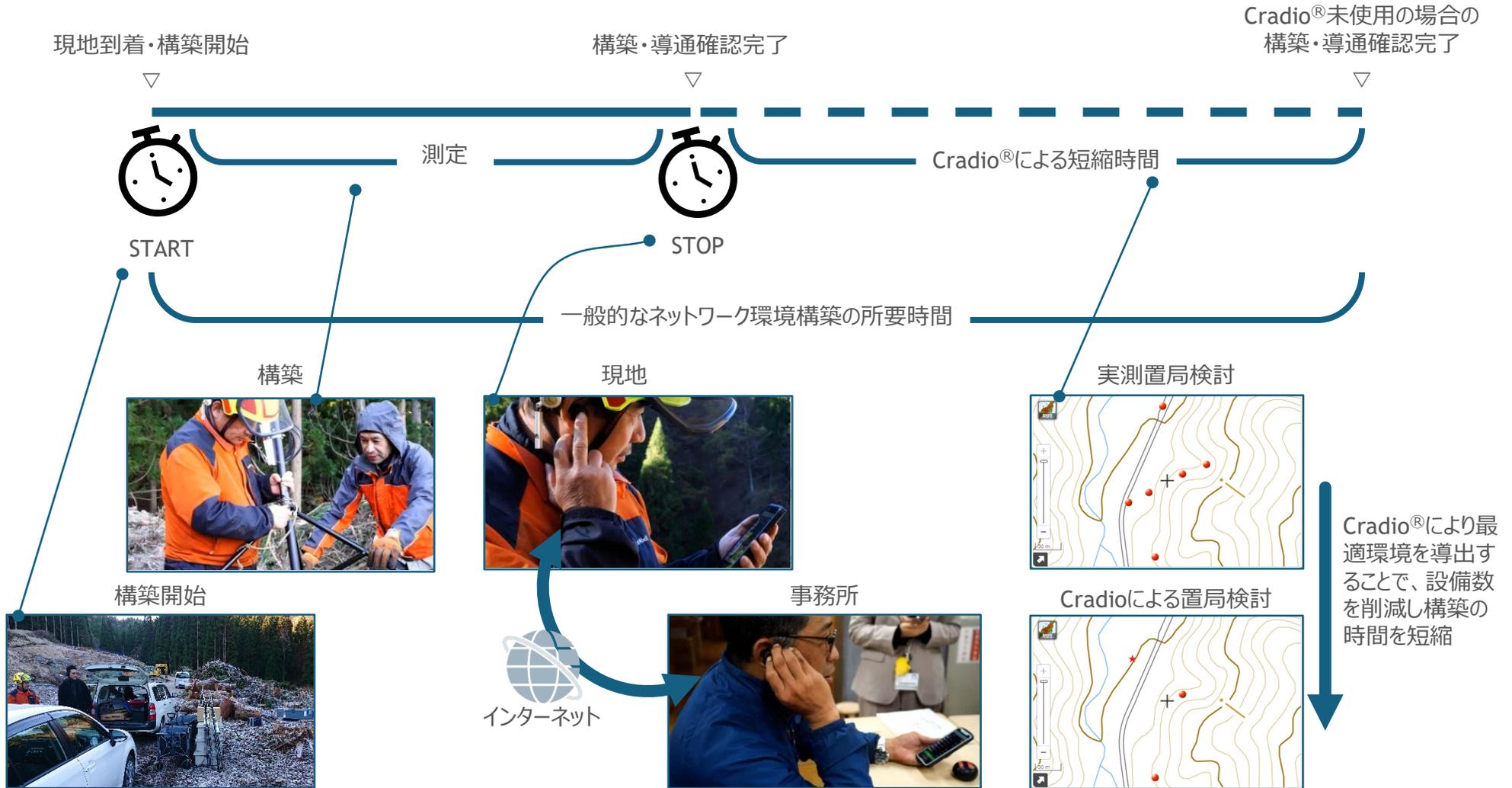
ポータブル電源 (Starlink用)



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

(参考) NW環境構築

c. 運用検証



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	Starlink & WiFi HaLowによるNW構築	Starlinkにより不感地帯は解消できたが、Wi-Fi HaLowの規格自体の問題(速度等)などにより、環境によっては必要帯域が足りなくなることによる接続途切れが発生し、コミュニケーションツール(BONX)を問題なく使えるNW水準までは構築できなかった。	StarlinkでNW化したものを十分な速度で、どう広範囲に広げるか、他の通信技術、Wi-Fi HaLowの規格見直しも含めた検討が必要。
	ICTツールの導入	BONXについては、作業現場と事務所をシームレスに繋ぐツールとして有効性が確認できた。しかしながら、上述の通り、現状のWi-Fi HaLowの規格では環境によっては安定使用が難しいケースがあった。 その他、日報、作業進捗確認表については、NW化により問題なく使えることが確認できた。	Wi-Fi HaLow NWでも使える機器の開発、研究、もしくは、低速度でも安定的に利用可能なアプリケーションやソリューションの精査が必要。
	コスト低減の検討	Starlink、Wi-Fi HaLow等の機器費用、ランニング費用の高止まりにより、低減が進まず。	市場環境、利用者ニーズ等を踏まえ、使用機器、プランの見直しを検討。また、利用者に直接購入いただくのではなく、取りまとめ団体が一括で所有することで、予算を多く持っていない団体でも使いやすい導入方法を検討。

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
横展開に向けて	成果発表会、林業者研修会参加	2/21に東海エリアの林業関係向け、3/5に県内林業者向け研修会にて本実証の成果を発表。これまで課題であったNW化の大きな一歩として前向きに捉えて頂けた。	作業現場のNW化という林業界の大きな課題解決のソリューションとして、導入を検討する関係者が多くおり、ニーズがあることが分かったため、次の一歩として、生産性向上に繋がるようなソリューションの確立が必要。
	動画制作、WEBレポート	見学会や勉強会、またオンライン上でも普及できるような、ソリューションの解説動画コンテンツの制作やWEBレポート制作し、WEB上で公開済み。	ICTツールの検証については随時ブラッシュアップを行っているため、適宜内容をアップデートし、最新の情報を伝えられるようにする。
	他エリアでの普及方法の検討	北海道、本州等、エリアによって、諸条件も異なるため、実装の結果を基に、エリア特性に応じた普及方法を検討開始。	その他実証、研究機関等との連携を模索。

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及び対応策

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	作業現場“広域”の安定的、かつ高速度のNW化	新たな通信技術の活用・検証、開発 (Wi-Fi HaLowの規格変更含む)	—	国、研究機関等	2-3年
	林業現場に最適なICTツールの開発	導入済みツールの実用を進めながら、ニーズ、課題を踏まえ、ブラッシュアップ(コミュニケーションアプリ、イヤホン等)	—	大垣共立銀行、NTTコミュニケーションズ	1年
	コスト低減	市場環境、利用者ニーズ等を踏まえ、使用機器、プランの見直しを検討。取りまとめ団体が包括して所有することで、活用の促進を行う	—	NTTコミュニケーションズ等、ソリューション提供企業	2-3年
横展開に向けて	他エリアでの普及方法の検討	大垣共立銀行のエリア外で、コンサルティングを担うエリアパートナーと連携 (但し、いずれも上記2点の解決が前提)	—	大垣共立銀行、NTTコミュニケーションズ	2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

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

a. テーマ：不感地帯解消とICTツール活用による林業の就業環境改善・生産性向上

開催場所：揖斐郡森林組合事務所（管理者側） / 坂内広瀬（作業現場）（集合：揖斐郡森林組合事務所）

開催日時：12/6 (金) 13:00～16:00

デモ項目	内容	備考
作業現場と管理事務所間のスムーズなコミュニケーションの実証	現場でのWi-Fi HaLowネットワークとトランシーバーアプリを通じて即時に連絡を取り合えることを実演しました。	
トランシーバーアプリの文字起こし機能による作業報告の効率化の実証	作業中の音声会話を自動でテキスト化し、報告書作成の負担を軽減する機能をデモンストレーションしました。	



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
Wi-fi HaLowと2.4GHz帯の使い分けは？	Wi-Fi HaLowは、無線電波の中継・伝送としての利用、2.4GHz帯は、端末（スマホ）からインターネットへアクセスするために使用	不要	
エリア構築の1時間を設定した理由は？ また、時間の計測の範囲は？	1日1時間であればかろうじて負担にならないであろうと想定した時間。一般的には、（エリアの広さや構築するNWにもよるが）NW構築には半日程度かかり運用上使用不可であるため、構築を行う作業者にとって時間的・作業内容的に負荷の少ない方法で構築ができるようにした。また、時間の測定範囲は作業者が作業現場についたタイミングを開始、事務所への1コールそをもって完了とする慣れてくれば実際にはもっと時間短縮できる可能性はある。	不要	
Cradio [®] での無線置局設計・導出は、実証の事前に誰がやっておくものか？	事前にNTTもしくはNTTグループ企業でCradio [®] の操作を習熟している企業が、事前に実施する。	不要	
Cradio [®] の事前計測では何をするのか？	現地で、Cradio [®] がシミュレーションを行う対象の電波（今回であればWi-Fi HaLow, Wi-Fi 2.4GHz帯）の挙動（障害物による電波減衰等）を確認。	不要	
事前にNW設計を行った後は誰がNW機器を設置するのか？	作業が発生する事業者になるので、今回の場合は林業従事者の方にて設置	不要	
Cradio [®] を一般の方が使用するとなった場合、どのような販売スキーム、使い方になるのか？	NTTグループが実際に作業を行って設計・シミュレーションによる導出を行うことを、委託するようなスキームになる。	不要	

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
地方銀行が代表機関を担っている理由は？	地方銀行は日々地域課題に向き合っており、幅広い情報網とネットワークを有している。その強みを活かし、近時はコンサルティング業務の一環として地域課題解決に向けた事業を多くやっており、本実証ではプロジェクトマネージャー・全体統括の役割を担っている。	不要	
事業を応募するきっかけは？	NW技術やソリューションなどのアセットを持っているNTTコムと、地域密着型で岐阜県内の課題解決プロジェクトを担う大垣共立銀行にて、新たに解決できる地域課題を検討していた際に、岐阜県でも盛んな林業という分野にて不感地帯解消の検証を、補助金を活用して実施できないかというところに行きついた。	不要	
トランシーバーアプリによって会話を自動で文字起こしたものを、改めて別途報告書にまとめる必要はないのか？	今回の実証では、会話の自動文字お越しによって出力されるCSVファイルがそのまま保管できる業務日報にできるか検証しているため、改めてまとめることを今回の実証では想定していない。	別紙の作業進捗管理ツールの導入によってクリア	対応済み

5 (参考) 実証発表会 1

a. テーマ：不感地帯解消とICTツール活用による林業の就業環境改善・生産性向上

対象：森林文化アカデミーコンソーシアムメンバー、マスコミ

開催場所：岐阜県立森林文化アカデミー

開催日時：2/21 (金) 13:00～16:00

発表項目	内容	備考
作業現場と管理者間のスムーズなコミュニケーションソリューションを実演	現場でのWi-Fi HaLowネットワークとトランシーバーアプリを通じて即時に連絡を取り合えることを実演しました。	
トランシーバーアプリ等のICTツールを実演	作業中の音声会話を自動でテキスト化する機能やそのたICTツールをデモンストレーションしました。	
作業現場のNW化を契機としたICTツールの活用方法を発表	・NW化された作業現場にタブレットを導入し、作業日報(重機)はオンライン化、また「作業進捗確認ツール(暫定版)」を作成し、クラウドで共有化する方法をデモンストレーションしました。	



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) 実証発表会 2

a. テーマ：不感地帯解消とICTツール活用による林業の就業環境改善・生産性向上

対象：岐阜県内森林組合（管理職向け研修会）

開催場所：岐阜県森林組合

開催日時：3/5 (水) 13:00～16:00

発表項目	内容	備考
実証を行った目的、事業概要を説明	実証を行った経緯等を説明しました。	
ネットワークソリューション、コミュニケーションツールの説明	Starlink、Wi-Fi HaLow、BONXを実機を見せながら、利用方法等を説明しました。	
作業現場のNW化を契機としたICTツールの活用方法を発表	・NW化された作業現場にタブレットを導入し、作業日報(重機)はオンライン化、また「作業進捗確認ツール(暫定版)」を作成し、クラウドで共有化する方法をデモンストレーションしました。	

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



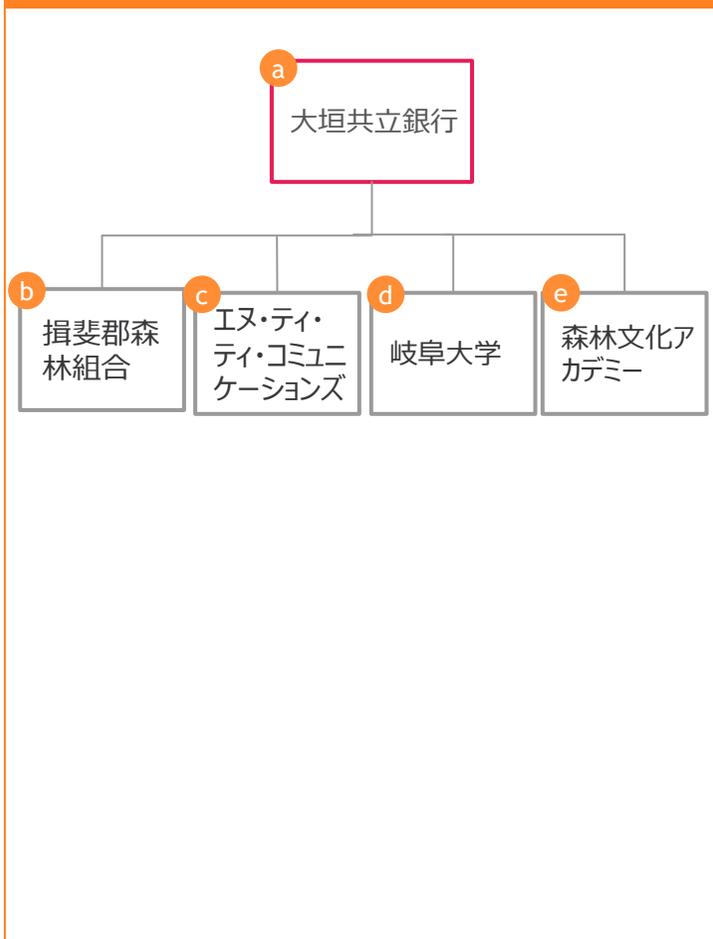
VI 実装・横展開の計画

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



団体名	役割	リソース
a 株式会社 大垣共立銀行	プロジェクトの全体管理	2名
b 揖斐郡森林組合	実装場所の提供、ソリューションの実用、検証	18名
c エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社	通信インフラ、ソリューション開発担当	3名
d 国立大学法人 東海国立大学機構 岐阜大学	・アドバイザー	1名
e 岐阜県立森林文化アカデミー	・アドバイザー	2名

VI 実装・横展開の計画

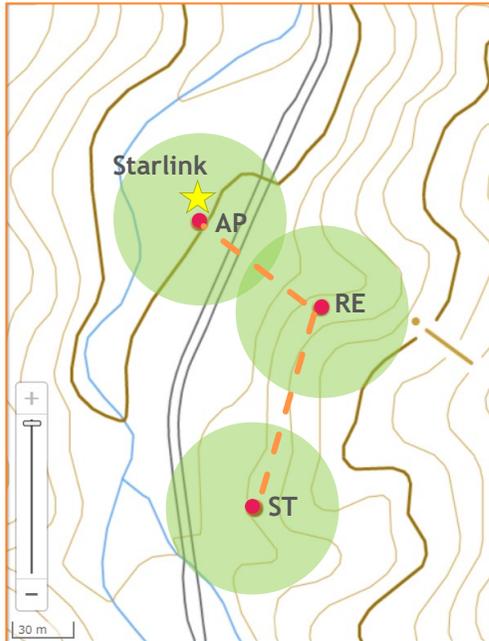
1 実装の計画

c. ネットワーク・システム構成（変更点） 設置場所・基地局等

イメージ

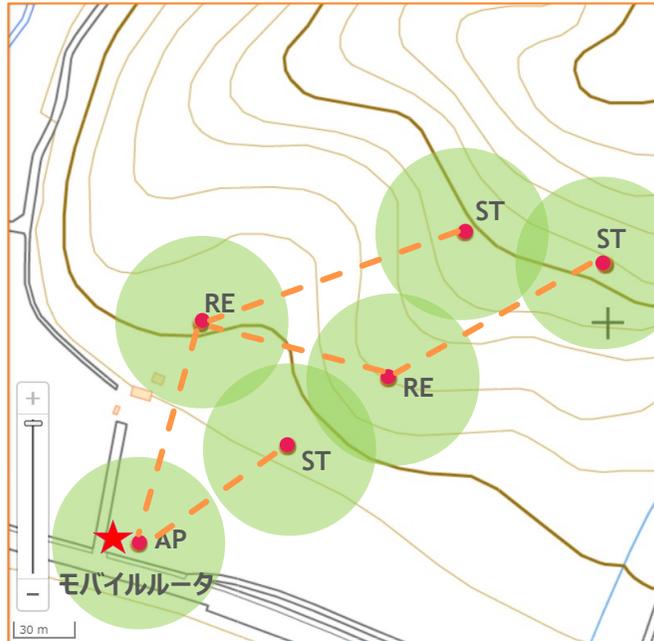
エリア構築イメージ（左：Starlinkの場合、右：LTEモバイルルータの場合）

坂内広瀬エリア



〒501-0902
岐阜県揖斐郡揖斐川町坂内広瀬

谷汲木曾屋エリア



〒501-1316
岐阜県揖斐郡揖斐川町谷汲木曾屋

凡例

- ★ LTEモバイルルータ
- ★ Starlink
- Wi-Fi HaLow設置場所
- Wi-Fi (2GHz) エリア (IEEE802.11n/b/g)
- Wi-Fi HaLow (920MHz)

説明

● 坂内広瀬エリア

キャリア電波を利用することが困難な山間部奥地における不感地帯での実証を想定。Starlink、Wi-Fi HaLowの両方を活用して作業場所における無線通信ネットワーク構築を行う。エリア構築には、Cradio[®]を用いることで、3Dモデル化から無線強度の伝搬推定を行い現地の無線通信機器の設置場所を導出。効果的なエリア設計実証を行う。

● 谷汲木曾屋エリア

キャリア電波（LTE/5G）からWi-Fi HaLowの無線通信機器を活用することで、不感地帯、弱電界エリアにおけるエリア構築を行う。

Wi-Fi HaLowの機能略称について

- AP：アクセスポイントモード
- RE：リピータモード
- ST：ステーションモード

地図データは、国土地理院より

VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

c. ネットワーク・システム構成（変更点） 設置場所・基地局等



Starlink



LTEモバイルルータ



ACERA330
(Wi-Fi HaLow)



通信端末

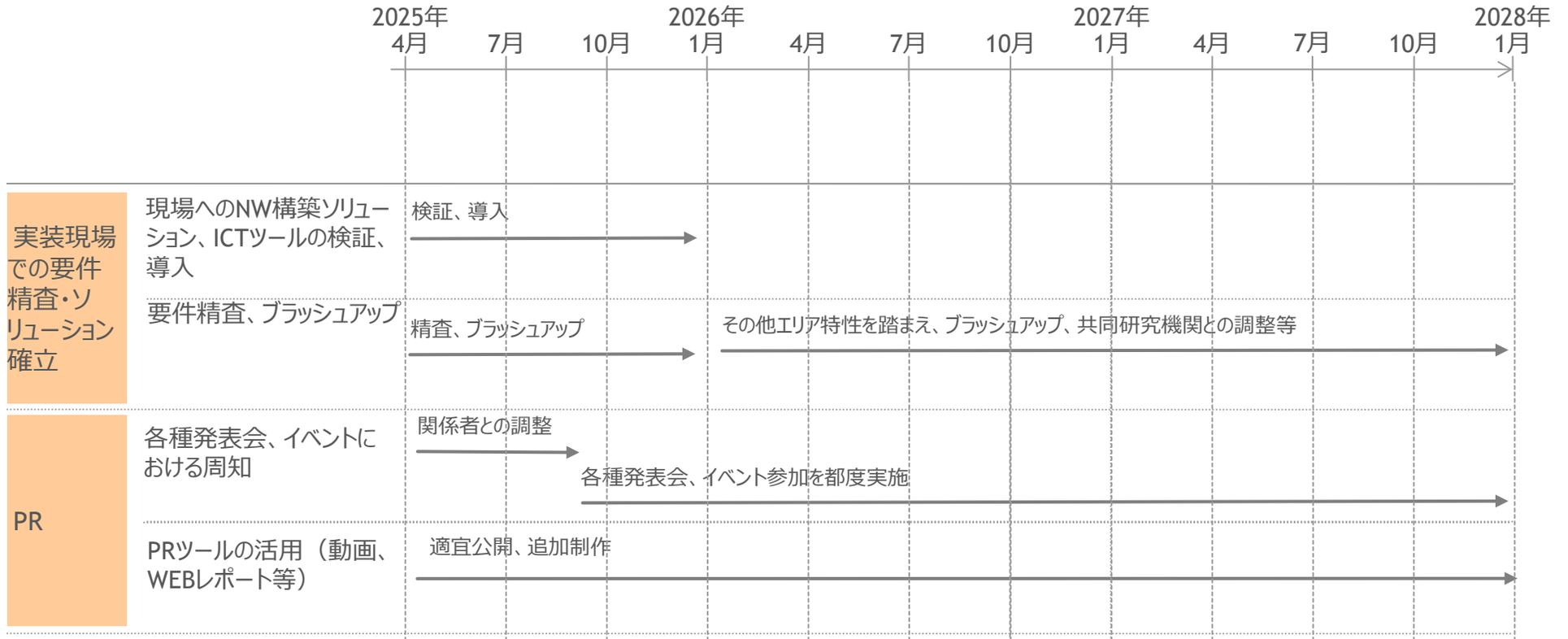


電源BOX

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



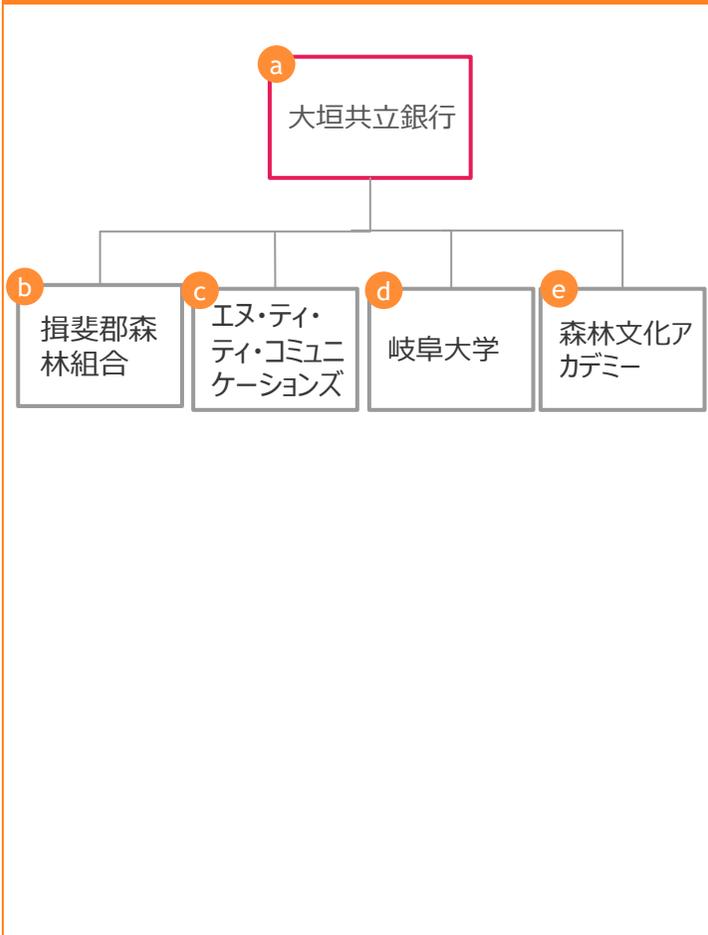
VI 実装・横展開の計画

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

実施体制図

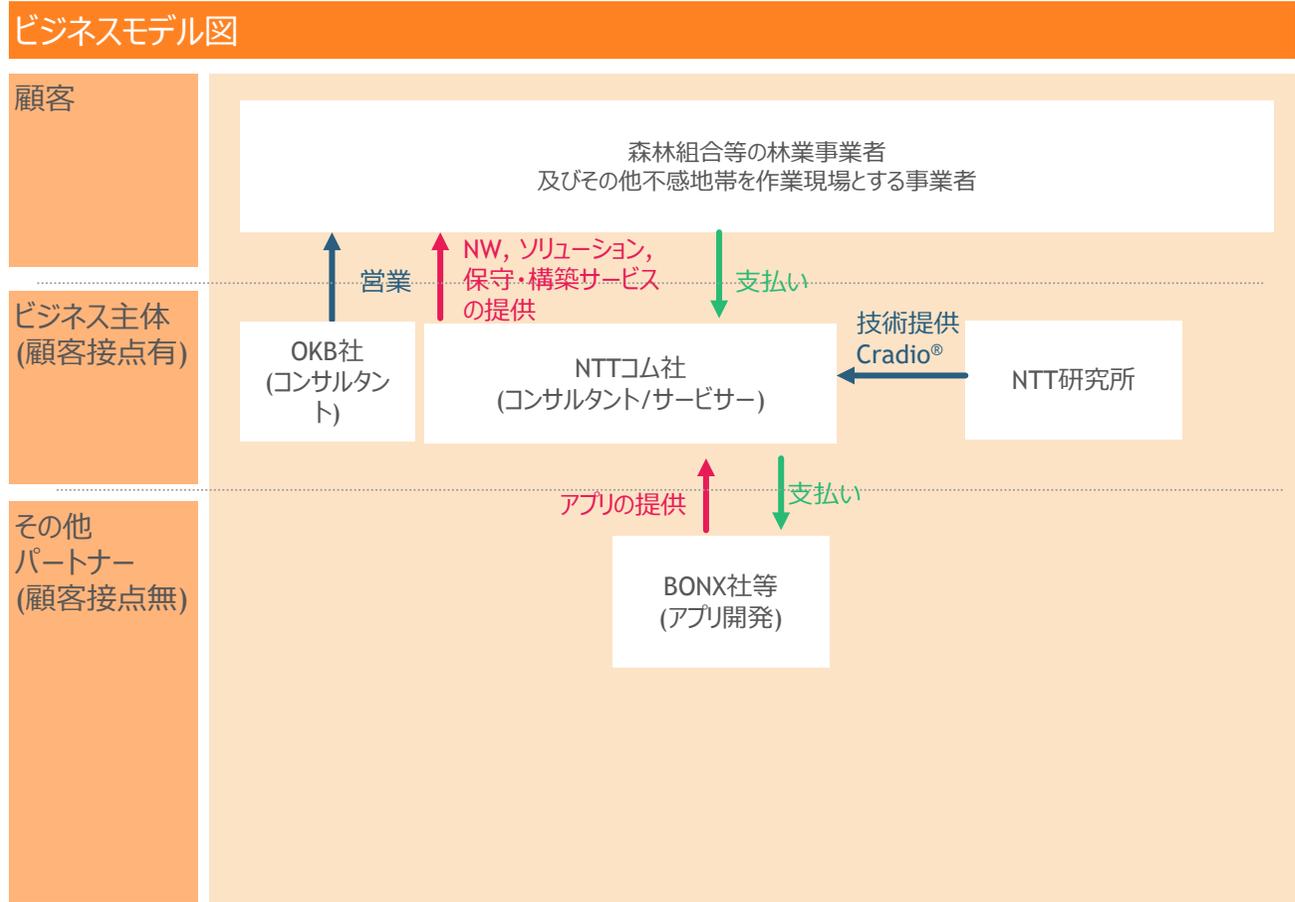
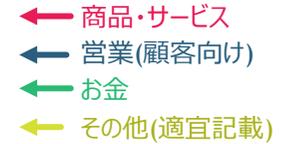


団体名	役割	リソース
a 株式会社 大垣共立銀行	プロジェクトの全体管理	2名
b 揖斐郡森林組合	実装場所の提供、ソリューションの実用、検証	18名
c エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社	通信インフラ、ソリューション開発担当	3名
d 国立大学法人 東海国立大学機構 岐阜大学	・アドバイザー	1名
e 岐阜県立森林文化アカデミー	・県内各市町、団体との連携 ・アドバイザー	2名

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

c. ビジネスモデル



ビジネスモデル図

概要	Starlink、WiFi HaLowを活用したNW構築ソリューション及びICTツールの提供
ポイント(工夫)	【売り切り/サブスクリプション】 モデルズ <ul style="list-style-type: none"> ①ソリューションセット販売のみ ①セット販売+②構築・保守 ①販売+②構築・保守+③導入コンサルサービス
	ターゲット顧客 <ul style="list-style-type: none"> 林業事業者 農業事業者 水産業事業者
	その他 <ul style="list-style-type: none"> 既存ソリューションの組み合わせでコストを低減 保守やその他サービスの提供により収益確保を目指す

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 揖斐郡森林組合

	項目	金額	数量	計(金額)	
効果	定量	外注費・人件費の削減	35.6万円/月	12か月	427万円
	定性	安心感の向上 事故発生時の対応 スピードの向上	— —	— —	— —
費用	イニシャル	①現場オンラインツール(Starlink、電源、タブレット等)	80万円/1セット	5台	400万円
		②導入コンサル	10,000円/1h	24時間	24万円
		③Wi-Fi HaLow/電源等セット	25万円/1セット	10台	250万円
		④スマホ・BONXセット	10万/1セット	16台	160万円
ランニング	⑤Starlink利用料 ⑥保守サポート費(Cradio®導出費含む) ⑦BONX利用費	7万円/月	12か月×5現場	420万円(最大)	
		5万円/月	12か月	60万円	
		1,250円/台	12か月×16名	24万円	
実装経費 計			1,338万円 (①⑤のみ820万円)		

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

5つある作業班全てに導入するとランニング含め、大きなコストとなるため、1台ずつ、導入し効果を見ながら検証していく方針。
ただし、安心感の向上という大きな付加価値があり(次頁にて補足)、①の一部導入については決定済み。

妥当性を高めるための目標

目標

自前で構築、運用できる体制を作り、コスト低減を図る(①⑤のみで進める...(1セットのみの導入であれば、イニシャル80万円・ランニング最大84万円/年))。

アクション

作業の繁忙時期、現場のNW環境によって、Starlinkの利用台数を増減させる(例えば、比較的、積雪が少なく、非山間部での作業が多い冬場は契約をストップ)。
また、Wi-Fi HaLow、Cradio®、BONXの利用は、ニーズ、状況を見て判断。

2 横展開の計画

d. 投資の妥当性(顧客視点)

顧客

揖斐郡森林組合

「安心感の向上」に関する補足説明

人命事故発生時

林業において、人に関わる事故が起きた際、救助率を高めるためには速やかな救急への連絡、指示を仰ぐことが重要である。以下の当組合で起きた事故の事例からも、本ソリューションは“事故を防ぐ”効果は大きくはないが、救助率(安全性)、そして安心感の向上には大きく資するものであると思料。

①作業員が一人で現場確認を行っていた際、誤って滑落し骨折。動くことも出来ず、不感地帯のため連絡も取ることができなかったが、たまたま通りがかった別の作業員に発見され、救助。結果、数日程度の入院で済んだ。

②不感地帯で2人で作業中に1人が負傷。もう一人が応急処置を行っていたため、救急車や応援を即時呼びに行くことができず、応急処置の後、往復1時間程度かかる通信環境まで移動し、救急車を呼び、救助(その間負傷された作業員は現場に残された状態)。

いずれも負傷者は意識があったため、通信環境があれば、即時救急車を呼ぶ等の対応が取れた事例である。

不感地帯を理由とした離職事例

過去の作業員の離職理由として、危険な現場且つ緊急時対応が困難、という安全性の要因に加え、ライフステージの変化時(子どもが生まれた際、両親の介護が必要となった際等)、保育園や介護施設等からの緊急連絡に対応できない、という要因で、退職となったケースがある。

●補足説明

・現在の林業に求められているのは、“即時”に生産性を向上させるような高機能重機ではなく、他業種では当たり前の環境(通信環境、安心感)を構築することである(特に管理監督者、若年層作業員からその要望が強い)。

・中長期的には労働環境改善による離職率低下、辞めさせないことが作業員のスキル向上、生産性向上にも繋がるという観点もあり、管理監督者や業者からは、まずは安心感の向上 = 作業環境の整備を求めるといった声が大い。

・上記事由、今回の実証経験から、「現場オンラインツール」が簡易的に通信環境が構築できる、という点を評価し、導入を進めることとなった。

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 大垣共立銀行 NTTコミュニケーションズ

	項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	顧客視点①～⑦		1,338万円
	定性	・地域におけるプレゼンス向上 ・新たな顧客層の獲得(1次産業のICT化)	— —	— —
費用	イニシャル	①現場オンラインツール(Starlink、電源、タブレット等)	70万円/1セット 5台	350万円
		③Wi-Fi HaLow/電源等セット	20万円/1セット 10台	200万円
		④スマホ・BONXセット	8万/1セット 16台	128万円
ランニング	⑤Starlink利用料	3.5万円/月	12か月×5現場	210万円(最大)
	⑦BONX利用費	1,000円/台	12か月×16名	192万円
実装経費 計			1,080万円	

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先(支払元)
イニシャルにおける利幅は小さいが、Starlink回線料、保守費等で利益を確保。

妥当性を高めるための目標

目標
導入先の声を踏まえると、初期導入費用を抑えることが必須となるため。

アクション
①等のツールのみの販売で、導入先にとってのイニシャルコストを抑え、まずは間口を広げることが重視。
NTTコムにとっては、⑤の利用料收受、保守メンテナンスサービスによって、大垣共立銀行にとっては接点強化による金融サービスの深耕(融資、リテール等)によって中長期的なストックによる収益確保を目指す。

VI 実装・横展開の計画

3 資金計画

		2025年度	2026年度
費用	イニシャル	前項参照 678万円	2,034万円（3団体に拡大）
	ランニング	前項参照 402万円	1,206万円
	小計	1,080万円	3,240万円
資金調達方法	自己資金	全額自己資金にて対応	全額自己資金にて対応

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

イニシャル1,081万円＋ランニング132万円/年のコストを、「日報業務:240日×0.5h×16人」及び「突発的なトラブル対応業務:24日×3h×3人」だけで回収する計画になっており、実現性にやや懸念がある。投資対効果/費用対効果の高さの実現可能性が十分にあるか(それだけの行う削減効果があるのか)を再度検討いただきたい。

イニシャルコストが高いビジネスモデルであるため、導入にあたってハードルが高い可能性。イニシャルコストを抑え、その分ランニングコストで採算を合わせるモデルの方が導入ハードルが低いと想定されるため、導入元からのマネタイズ方法を再度検討いただきたい。

今回わざわざStarlinkと組み合わせてWi-Fi HaLowを構築するにも関わらず、ソリューションがトランシーバーアプリ+文字起こしだけになっている。より実装の蓋然性を高めるため、画像解析を用いた採材プラン提示アプリ等、データ通信を他にも活かす余地がないか検討頂きたい。

反映状況

内容

ご指摘の通り、コスト面のみでは費用対効果として、弱いと考えています。しかし、林業事業者が何より重視しているのは「安心感の向上」であり、数値化し難い点を重視し、実際に揖斐郡森林組合はスターリンク等、一部設備の導入に向けた準備を進めています。また、投資対効果についても、ツールの買い切りとすれば、イニシャルが押さえられるため、生産性が順調に高まれば、3年程度で回収できる可能性があり、十分投資対象として検討可能と考えます。

イニシャルコストを抑える方法は実証結果を基に設計しました（既製品を組み合わせ、低コストのパッケージ化を図り、ランニングで収益を確保する等）。

・現状の林業界においては、作業現場が不感地帯であることが主因となり、ICT化が全く進んでいませんでしたが、今回の実証により、ネットワーク化、ICTツール導入の実現性が高まってきました。
・実証を通じたソリューションの検証、林業従事者へのヒアリングの結果、現時点で次のニーズが確認できています。
①管理者、作業者とのコミュニケーション活性化（伝達不足等のミスコミュニケーションが発生）
②作業現場の進捗、スケジュール、タスクの共有（管理者目線では、作業者からの報告内容にレベル差があり、作業現場の進捗が把握できていない。作業目線では、いつまでどの程度作業すべきなのか、管理者の共有不足という点もあり、タスク、スケジュールが理解できていない）
⇒解決策として、作業現場に作業進捗管理アプリ、ツール等を搭載したタブレットを設置し（クラウドで管理者と共有）、作業開始時、休憩時、終了時等、都度状況が相互に確認できるようICTツールの導入を検討していきます。
（例：スプレッドシート、現場管理アプリ等）

反映 ページ

P88,89

P90

P39

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

	内容	反映 ページ
Wi-fi HaLowの制限についてはどのような要件があればこういうサービスに使えるのかを明記いただきたい。	・BONX端末のログイン時にインターネットへのトラヒックが瞬間的に発生し、Wi-Fi HaLow端末に負荷が掛かることでNW全体が一時的にダウンしてしまう事象が発生。これはBONXアプリのログイン時の送信されるトラヒック量に対してWi-Fi HaLow区間の帯域幅が小さく、帯域幅を超えたパケットがWi-Fi HaLow端末のバッファに滞留したためと考える。滞留したパケットは前のパケットが送信完了した時点で順次送信されるため、BONXサーバへの到着時間に遅延が発生する。BONXアプリはTCP通信を行うため一定時間以内にBONXサーバからACKパケットの応答が無い場合にパケットの再送制御を行うと考える。そのため、Wi-Fi HaLow端末のバッファが逼迫し高負荷状態に陥った。本事象はWi-Fi HaLowの規格自体の問題と推察する。LTEの弱電界エリアで検証した時は、2～5Mbps程度で動作に問題がなかった。そのことから、同じ程度のトラヒックを確保できるように10%Dutyの制限が解除されれば、実証で400～500kbpsで行ったトラヒックも動作に問題がないレベルまで改善が図られ、解決するとともに、より広いエリア化も検討が可能と考える。	P48、57、58、59
安心感の向上に役立つが、作業効率化には役立たないように感じたが、作業効率化への効果はどうだったか。横展開も何が足りていないのか分析結果をご教示願う。	生産性向上について、作業現場のNW化によりICT化が進んでいなかった林業組合で文字起こし機能の他、タブレット導入などのスタートは切ることができました。4月以降、揖斐郡森林組合において、一部実装をはじめ、検証、ブラッシュアップを行い、表れてきたコスト削減等の数値を明示し、横展開に繋げていきます。	P38,39
実証を行う中で得られた知見などを含め、実装・横展開につながる取り組みとして今後考えられる点を報告書に記載を願う。	同上	同上
現状の林業での通信手段は何か。今回でどれくらい使いやすくなったか。Wifiが今までつながらなかったネットワークにつながることへの効果は何か。	現状の作業現場では無線のトランシーバーを使用しており、現場内では安定して通話が可能。一方、外部との連絡は不可であり、今回の実証におけるソリューションについて、それが可能となった点が林業従事者からは高く評価されました。若い世代からは家族の方々など外部と連絡を取りたいとの声をもらった、就業環境の改善などにつながっていくと考えています。	P89