

No.5 遭難者捜索における捜索隊の効率的かつ安全な捜索活動支援 成果報告書

2024年3月15日

コンソーシアム代表 シャープ株式会社

目次

I. 地域の現状と課題認識	
1. 地域の現状	・・・2
2. 地域の抱えている課題	・・・3
3. これまでの取組状況	・・・4
II. 目指す姿	
1. 将来的な目指す姿	・・・5
2. 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ	・・・6
3. 成果(アウトカム)指標	
a. ロジックツリー	・・・7
b. 成果(アウトカム)指標の設定	・・・8
III. ソリューション	
1. ソリューションの概要	・・・16
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	・・・18
b. 設置場所・基地局等	・・・19
c. 設備・機器等の概要	・・・20
d. 許認可等の状況	・・・22
3. ソリューション等の採用理由	
a. 地域課題への有効性	・・・23
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	・・・25
c. 無線通信技術の優位性	・・・27
4.費用対効果	
a. ソリューションの費用対効果	・・・28
b. 導入・運用コスト引き下げの工夫	・・・31
IV. 実証	
1. 実証概要	・・・32
2. 実証結果	
a. 効果検証	・・・33
b. 技術検証	・・・37
c. 運用検証	・・・79
■ 本実証における検証ポイントと結果	・・・86
■ ソリューションの実装・展開に向けた課題と 対応策	・・・88
3. 実証に要した経費	・・・89
■ 実証における費用対効果の実績と普及に に向けた見立て	・・・91
4. 実証スケジュール	・・・92
5. リスクと対応策	・・・93
6. PDCAの実施方法	・・・94
7. 実証の実施体制	・・・95
V. 実装・横展開の計画	
1. 実装・横展開のスケジュール	
a. 実装に向けた具体的計画	・・・96
b. 実装の体制	・・・97
c. ビジネスモデル	・・・98
2. 資金計画	・・・99
3. 他地域への横展開の方策	・・・100
4. 普及啓発活動	・・・101
■ 実証や普及啓発活動を通して、導入側か ら得られた声	・・・109

1 地域の現状

奈良県天川村



出典：天川村森林組合HP

特徴

村の面積の1/4が吉野熊野国立公園に指定されており、多くの修験者が修行に訪れる。

人口

総数	1,150 (2020年10月)
構成	0～14歳: 99人 15～64歳: 464人 65歳～: 587人

主要産業

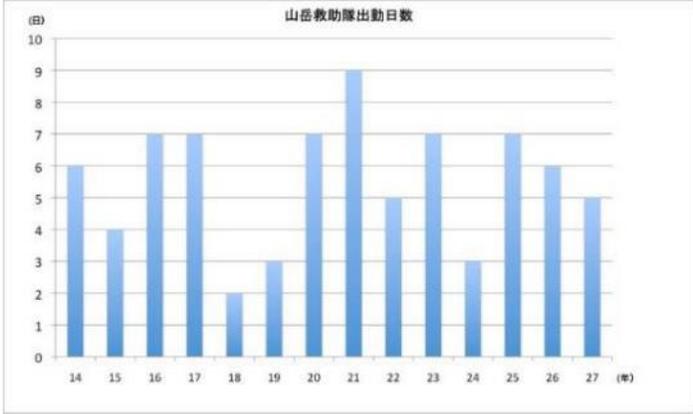
林業、観光業

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 山岳遭難事故の発生

- 初心者向けから上級者向けまで多数の登山コースがある
- コースの難易度に関わらず、毎年数回の山岳遭難事故が発生
- 地元消防団で山岳救助隊を結成し、警察署からの依頼に基づき遭難者の捜索活動に協力
- 登山コースの殆どが携帯電話キャリアの通信圏外で情報共有が困難



山岳救助隊出動日数(H27) (出典 天川村HP)

2 地域の抱えている課題

課題

対象者

内容

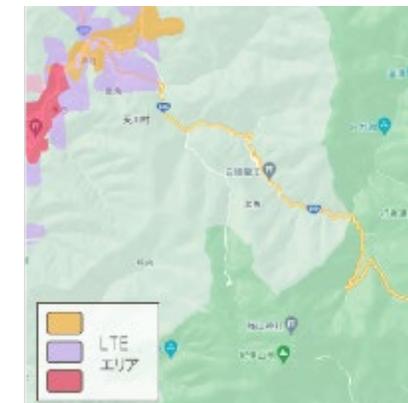
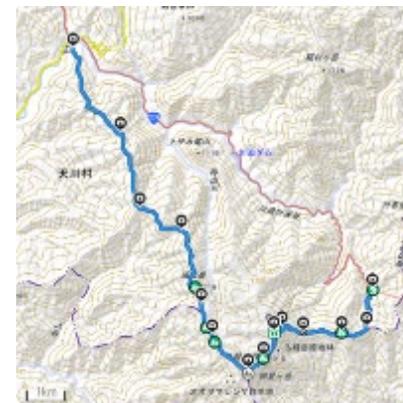
a 自治体担当者

- 登山コースの殆どが携帯電話キャリアの通信圏外
- 登山者全員に遭難対策の事前準備を行ってもらうことが困難
- 登山コース全域に通信インフラを整備するにはコストがかかる
- ヘリコプターでの捜索では発見できなかったケースが存在

b 山岳救助隊

- 山岳遭難事故発生時、情報共有の手段がアナログトランシーバーを用いた音声のみ
- 捜索班間や災害対策本部への位置情報や遺留品発見時の詳細情報共有が困難
 - 遭難者家族への進捗状況共有が困難
 - 地理的情報や現在位置の把握が困難なため、二次災害の危険性がある

イメージ



天川村周辺登山コースの例（弥山・八経ヶ岳コース）とLTEカバーエリア（NTT DoCoMo）



遭難者捜索（訓練）の様子

③ これまでの取組状況

現在まで

取組概要

- 150MHzアナログトランシーバーを用いて、各捜索班と本部との情報共有を実施してきた。
- ヘリコプターを用いて、上空から遭難者の捜索を実施してきた。

成果

- 音声のみで地図上の大まかな位置情報を本部と共有可能。
- 遭難者の遺留品や遭難者自身の発見の有無を共有。
- 広域を短時間で捜索するには有効。

見えてきた課題

- 音声のみでは現在位置や遺留品の特徴を詳細に伝えることが困難。
- 本部で待機している遭難者家族への情報共有が困難。
- 遭難者は谷にすることが多く、上空から発見に至るケースが少ない。

事業名

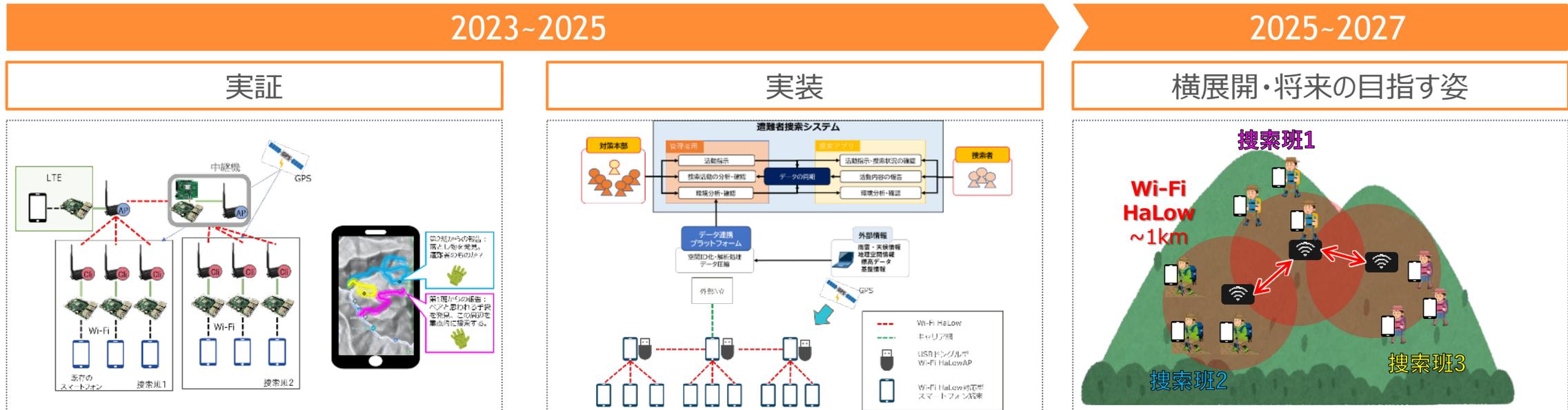
- 事業としての取り組みなし

1 将来的な目指す姿

- 電波不感山岳地域において、**可搬型Wi-Fi HaLow中継システム**により捜索隊自身が**柔軟・迅速に動的カバーエリアを構築**
- 分散型アプリケーションと空間IDを用いた**高度遭難者捜索システム**により、捜索班間・捜索本部間で音声・テキスト・画像・位置情報などのデータ共有を行うことによる**遭難者捜索活動の高度化**及び捜索隊の**二次災害抑制**



② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ



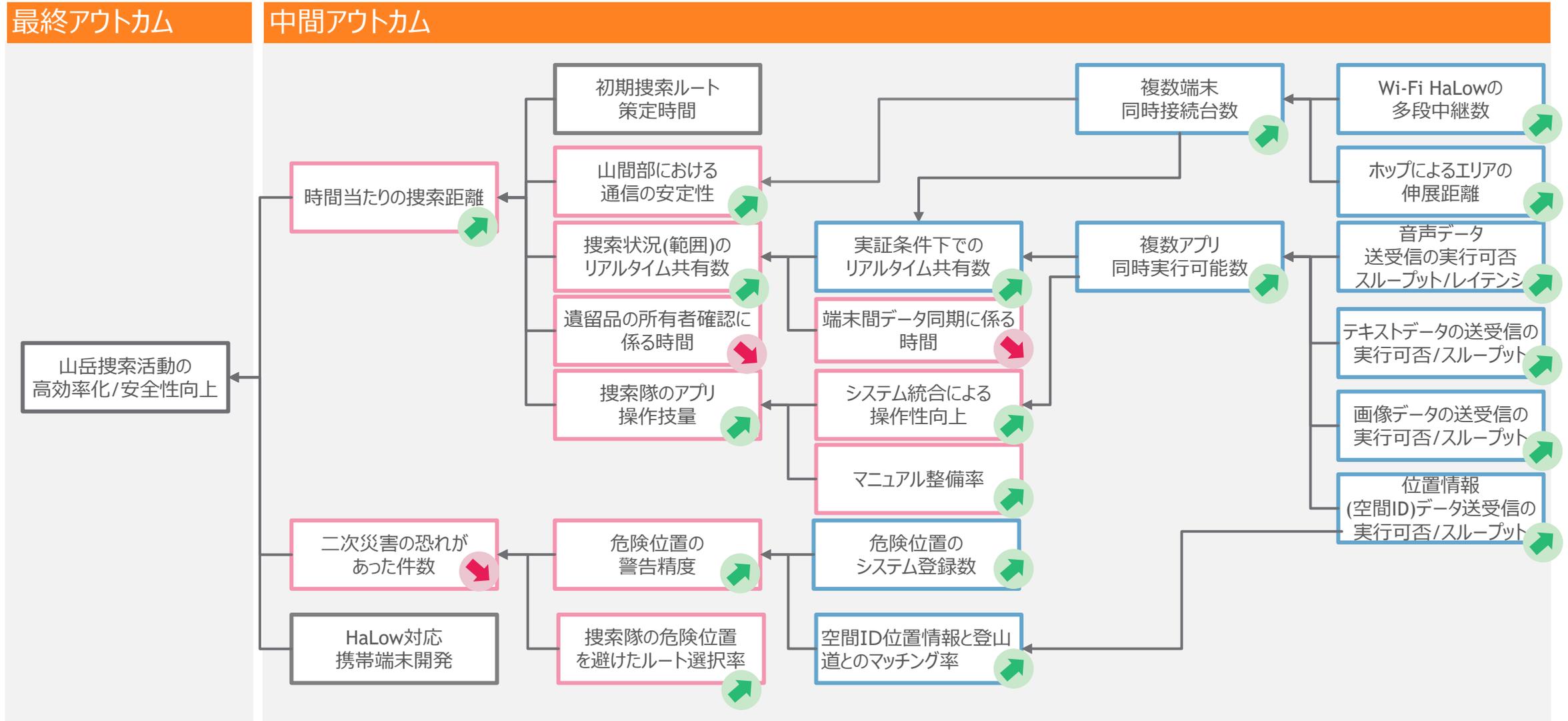
- **可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの構築**
 - 多段ホップによる広域エリア構築検証
 - 複数端末同時接続可能なネットワーク構築
- **高度遭難者検索システムの構築**
 - 分散型アプリケーションを用いたデータ送受信検証
 - 空間IDを活用した現在位置把握実証

- 奈良県天川村での実証実験（2024年度）
- 奈良県天川村での実装（2025年度）
- Wi-Fi HaLow対応端末の小型化
- 高度遭難者検索システムの実用化
 - 分散型アプリケーションの機能統合
 - 関係団体, 消防庁, 警察庁と意見交換
 - 災害時行方不明者捜索への応用模索
 - 既存登山サービスと連携交渉
 - 山岳遭難保険との連携模索

- 県内近隣自治体への横展開
- 全国自治体への横展開
- 高度遭難者検索システムの一般化
 - 既存登山サービスと連携
 - 山岳遭難保険と連携
 - 消防庁、警察庁との連携
 - 災害時行方不明者捜索への横展開

③ 成果 (アウトカム) 指標

a. □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
時間当たりの検索距離	1km/h	1.3km/h	検索活動の高度化により、従来手法による検索活動時間あたりの検索距離を増大させることを目標とする。 ※目標値の妥当性：天川村山岳救助隊へのヒアリングの結果、約1.2~1.3倍となれば十分であり、体力面を考えても1.5倍は厳しいとのご意見を頂き、1.5→1.3km/hに修正	山岳救助隊の移動履歴等から移動距離を確認。移動履歴は開発するアプリから収集し、所要時間で割ることにより時間当たりの検索距離を算出する。
二次災害の恐れがあった件数	なし	なし	検索活動時においてアプリケーションによる位置情報の把握等、検索活動の高度化により捜索者の安全性向上を目標とする。 二次災害は捜索隊による厳重なリスク管理のもと防がれているが、新人隊員の加入などにより経験の浅い隊員が増えた場合においても、将来における発生リスクを含め二次災害の恐れを0とすることを目標とする。	滑落・遭難等の危険を感じたことを二次災害の恐れとして定義し、山岳救助隊(3人以上)等、関係者へのヒアリングにより二次災害の恐れがあった件数を計測する。

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: 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
検索隊のアプリ操作技量	なし	各種データ(4種)共有の操作に係る時間(1分以内)	検索活動中に取得する各種データを他隊員や本部へと伝送する際に、操作等に係る時間を軽減することで検索に係る時間を低減し、検索距離を延ばすことが可能と考えたため。各種データの操作に係る時間を軽減することを目標とする。	テキストの送信や音声通話等の所定動作を天川村職員/山岳救助隊(3人以上)等、関係者に行ってもらい、その動作に係った平均時間を計測する。
検索可能範囲における危険位置の警告精度	なし	100%	危険位置への侵入は二次災害を回避するためにはならないことである。危険位置のマッピングデータと現在地を比較し、危険位置に侵入の可能性があった場合、検索隊員へ警告を発し危険位置を回避できることを目標とする。	登山道上等の安全なエリアに模擬危険位置を複数箇所設定し、そのエリアを通過する。その際に警告を発し、正しく発した回数を精度とし測定する。

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
<p>検索隊の危険位置を避けたルート選択率</p>	なし	100%	<p>二次災害の恐れがあるルートを予め省いた探索ルートを策定しておき、誤ったルート選択によって検索隊員を危険に晒すことがないようにすることを目標とする。</p>	<p>危険位置にいるとしたデータ(座標等)をシステムに入力し、その座標から安全なルートを指示実行が可能であるか複数データ・回数実行し測定。その後現場での動作検証を実施する。</p>
<p>山間部における通信の安定性</p>	なし	<p>パケット受信率 90%以上</p>	<p>山間部における通信では通信の途絶が発生することが考えられる。それら途絶を分散型アプリケーション技術等によりロバスト性を持たせ障害の緩和を図る。 一般的に10%を超えるパケットロスが発生すると、音節や単語レベルで途切れが発生すると言われており、本目標では90%以上の受信率とした。</p>	<p>パケット送信を実施し、そのロス率を算出・測定する。ロス率は、測定時の地形・空間状態や通信距離など様々な環境条件で測定記録し、適用範囲と性能の関係を検証する。</p>
<p>検索状況(範囲)のリアルタイム共有数</p>	<p>データ種別1種類(音声データ)</p>	<p>天川村での複数データ種別(4種類)による情報共有</p>	<p>検索状況の共有において、音声通話のみでは、必要な情報を伝えにくい。複数種類のデータ種別による情報共有を行うことにより、安全確認や搜索の高度化に役立てることが可能であると考え、本実証にて送受信をする4種のデータ種別のリアルタイム共有を可能とすることを目標とする。</p>	<p>[音声/位置情報/テキスト/画像]の4種類のデータ送受信をし、リアルタイム(5分以内)に情報共有が可能であるか検証する。</p>

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
遺留品の所有者確認に係る時間	4時間以上	5分以内	遺留品発見時において、現状音声通信または、下山をした後、遺留品を直接見せる事でしか本人の物であるか確認が出来ていない。現状値として、総距離約8km程度の登山道の間接点から下山を行うことを想定した。(1km/h) ※目標値の妥当性：天川村山岳救助隊へのヒアリングの結果、5分以内であれば許容できるとのことであった。	遺留品を想定した物品を撮影し、画像データを送信し役場等の遠隔地にて確認が可能であるか検証。
システム統合による操作性向上	なし	2つ以上のアプリケーションを統合することによるユーザ評価向上 (2024年)	別々のアプリケーションとして実行していたものを一つの遭難者捜索システムとして統合し、操作性の向上を図る。	天川村職員/山岳救助隊によってアプリケーションを操作してもらい、従来(本実証時の結果)と比較して操作性が向上しているか、ロバスト性についてどのように感じるかをヒアリングしユーザ評価を測定。

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
マニュアル整備数	なし	音声及び位置情報に係るアプリケーションのマニュアル整備2件 (2024年内)	現在の検索活動でも用いられている、音声データと安全な検索活動に必要な位置情報データを取り扱うことは他データ種別を取り扱うことより優先度が高いと考えた。そこで2024年内に音声・位置情報に係る2件のアプリケーションのマニュアル整備を完了させることを目標とし内容について検索隊員へのヒアリングを実施し、修正や改良を行う。	作成したマニュアルを基に天川村職員/山岳救助隊員がアプリケーションの実行を可能であるか確認。
端末間データ同期に係る時間	なし	5分以内	「5分以内」とは悪天候などにより検索活動を中止する場合の緊急連絡として5分以内に伝われば十分であると、山岳救助隊からの回答があったため、目標値として設定した。	データ送信・通話等のデータ送受信を実施中に通信を途絶させる。途絶後、通信を復帰させ、通信が再開した時から測定を開始、マスターデータとの同期までにかかる時間を計測する。

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
危険位置のシステム登録数	なし	登山道一つ以上	空間IDを利用した位置情報データについて、予め危険が予測される位置についてヒアリング等を実施しながら、マッピング用データを作成する。またそれら危険位置をシステムへ登録し、天川村の登山道の一つをカバーすることを目標とする。	システムへ危険位置の登録を行い、アプリケーション上で危険位置が確認できることを検証。
空間ID位置情報と登山道とのマッチング率	把握不可	90%以上	空間IDは端末のGPS等を元に生成されるが、GPSは衛星電波状況等により最大10m程度ズレることが想定され、その場合は実際の登山道からズレた位置の空間IDが記録される。地図上で記録された空間IDの位置情報と実際に歩いた登山道を比較し、マッチング率90%を指標としてズレを人が考慮しつつ二次災害の発生の有無等を認識可能かどうか検証する。	登山道を歩き、送受信される空間IDを記録し、地図上の登山道から外れたと認識される空間IDの個数を全ルート上の空間ID個数で割った値をマッチング率とする。
実証条件下でのリアルタイム共有数	データ種別1種類(音声データ)	複数データ種別(4種類)による情報共有	搜索状況の共有において、音声通話のみでは、必要な情報を伝えにくい。複数種類のデータ種別による情報共有を行うことにより、安全確認や搜索の高度化に役立てることが可能であると考え、本実証にて送受信をする4種のデータ種別のリアルタイム共有を可能とすることを目標とする。	[音声/位置情報/テキスト/画像]の4種類のデータ送受信をし、リアルタイム(5分以内)に情報共有が可能であるか検証する。

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
ホップによるエリアの伸展距離	なし	1.5~2.0km以上 HaLowによるカ バーエリア構築 256kbps以上	従来の検索範囲やトランシーバによる音声通 信では広域での利用が考えられる。 そのためWi-Fi HaLowによる通信環境におい ても同様のエリアをカバーする必要があると考え たため。	3ホップ時にアクセスポイン ト間の距離を最大700m 程度離し、Iperfによるス ループット測定を実施し 通信接続性を確認する。
複数端末同時接続台数	なし	1アクセスポイント に対して4台以 上 64kbps以上	IPベースの通信を可能とした後に、捜索隊員 同士のやり取りを想定し、複数端末が1アクセ スポイントに対して接続されると仮定し、4台以 上問題なく接続できることを目標とする。	1アクセスポイントに対して 複数台の端末を接続 その後Iperfによるスルー プット値を計測。
複数アプリ 同時実行可能数	なし	2つ以上	遭難者捜索活動の高度化として、隊員/捜 索隊間の音声通話に加えて、現在位置情報 の共有等、異なるデータ種別の送受信が可能 となることを目標とする。	音声アプリケーションと他デー タ種別のアプリケーションを同 時実行し、複数アプリケーショ ンによるデータ共有の実行可 否を測定する
Wi-Fi HaLowの多段中継数	なし	最大3ホップ 256kbps以上	1.5km~2.0kmの広域カバーエリアを構築する にあたり、3ホップ以上のネットワーク構成にて動 作が可能となれば要件をクリアできると考えるた め。	HaLowアクセスポイントか ら中継機を利用し、ホッ プさせる。その際Iperfによ る通信接続性の確認を 行う。

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
音声データ送受信の 実行可否/スループット/ レイテンシ	トランシーバによる データ受信	256kbps 効率化に有用で あるとの評価 (80%以上)	従来手法であるトランシーバによる音声通信 の代用として、IPベースの音声データ通信が可 能となることを目標とする。	Iperfによる測定 音声アプリケーション実行 可否 捜索隊へのヒアリング
テキストデータ送受信の 実行可否/スループット	-	1kbps 効率化に有用で あるとの評価 (80%以上)	テキストによるデータ送受信を可能とすることで時系列情報 等を捜索班間でいつでも確認可能となる。 また、音声通話が実施出来ない場合においても最小限の 情報伝達手段有用となる。 そこで、遭難者捜索活動の高度化として、隊員/捜索隊 間のテキストデータの送受信が可能となることを目標とする。	Iperfによる測定 テキストデータ共有アプリ ケーションの実行可否 捜索隊へのヒアリング
画像データ送受信の 実行可否/スループット	-	256kbps 効率化に有用で あるとの評価 (80%以上)	画像によるデータ送受信を可能とすることで、遺留品 などの本人確認に必要な詳細情報を確認可能となる。 そこで、遭難者捜索活動の高度化として、隊員/捜索 隊間の画像情報の共有が可能となることを目標とする。	Iperfによる測定 画像共有アプリケーション の実行可否 捜索隊へのヒアリング
位置情報(空間ID)データ 送受信の実行可否/ スループット	-	256kbps 効率化に有用で あるとの評価 (80%以上)	位置情報データ送受信を可能とすることで、捜索ルー トの共有や、危険個所などの確認を実施することが可 能となる。 そこで、遭難者捜索活動の高度化として、隊員/捜索 隊間の位置情報データの送受信が可能となることを目 標とする。	Iperfによる測定 位置情報共有アプリケー ションの実行可否 捜索隊へのヒアリング

1 ソリューションの概要

ソリューションの概要

●可搬型Wi-Fi HaLow中継システム●

広域カバーエリアの構築ソリューションの概要図を以下に示す。
本ソリューションでは、可搬型Wi-Fi HaLow対応機材を活用し、通信インフラの無い山岳部に迅速かつ柔軟にネットワーク環境を構築する。

また多段ホップによる、1.5~2.0kmの広範囲に渡る通信可能エリアの構築を目指す。



- Wi-Fi HaLowによって中継する距離は最大700mを目標とし、最大3ホップを目指す。
- 1.5~2.0kmの広域カバーエリアの構築を実施する。

中間アウトカム (実証)

定量アウトカム	定性アウトカム
<ul style="list-style-type: none">• ホップによるエリアの伸展距離• Wi-Fi HaLowの多段中継数• 複数端末同時接続台数• 音声データ送受信の実行可否/スループット値/レイテンシ• 実証条件下でのリアルタイム共有数	

中間アウトカムを改善するソリューションの価値

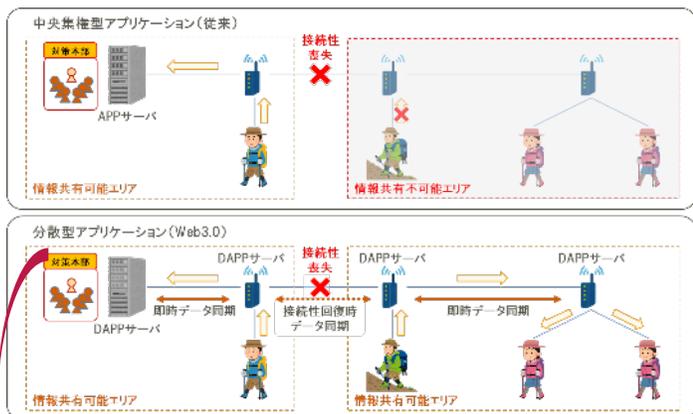
- IP通信可能なカバーエリアを構築することにより、従来トランシーバによる音声通信や地図による位置情報の確認等を高度化するための基盤を確保することが出来る。
- また多段ホップによるエリアの広域化を実施することにより、1.5~2.0kmの捜索範囲にて活動することが可能となる。

1 ソリューションの概要

ソリューションの概要

● 高度遭難者検索システム ●

本ソリューションにおける分散型アプリケーション技術に基づくロバストな情報共有と、空間ID技術を活用した安全かつ効率的な捜索活動の支援について概要図を以下に示す



- テキストデータ
 - 音声データ
 - 画像データ
 - 位置情報データ
- 上記の様な様々なデータを分散型アプリケーションによりWi-Fi HaLow通信環境下にて伝送



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム	定性アウトカム
---------	---------

- 複数アプリ同時実行可能数
- テキストデータの送受信の実行可否/スループット値
- 画像データの送受信の実行可否/スループット値
- 位置情報(空間ID)データ送受信の実行可否/スループット値
- 危険位置のシステム登録数
- 空間ID位置情報と登山道とのマッチング

中間アウトカムを改善するソリューションの価値

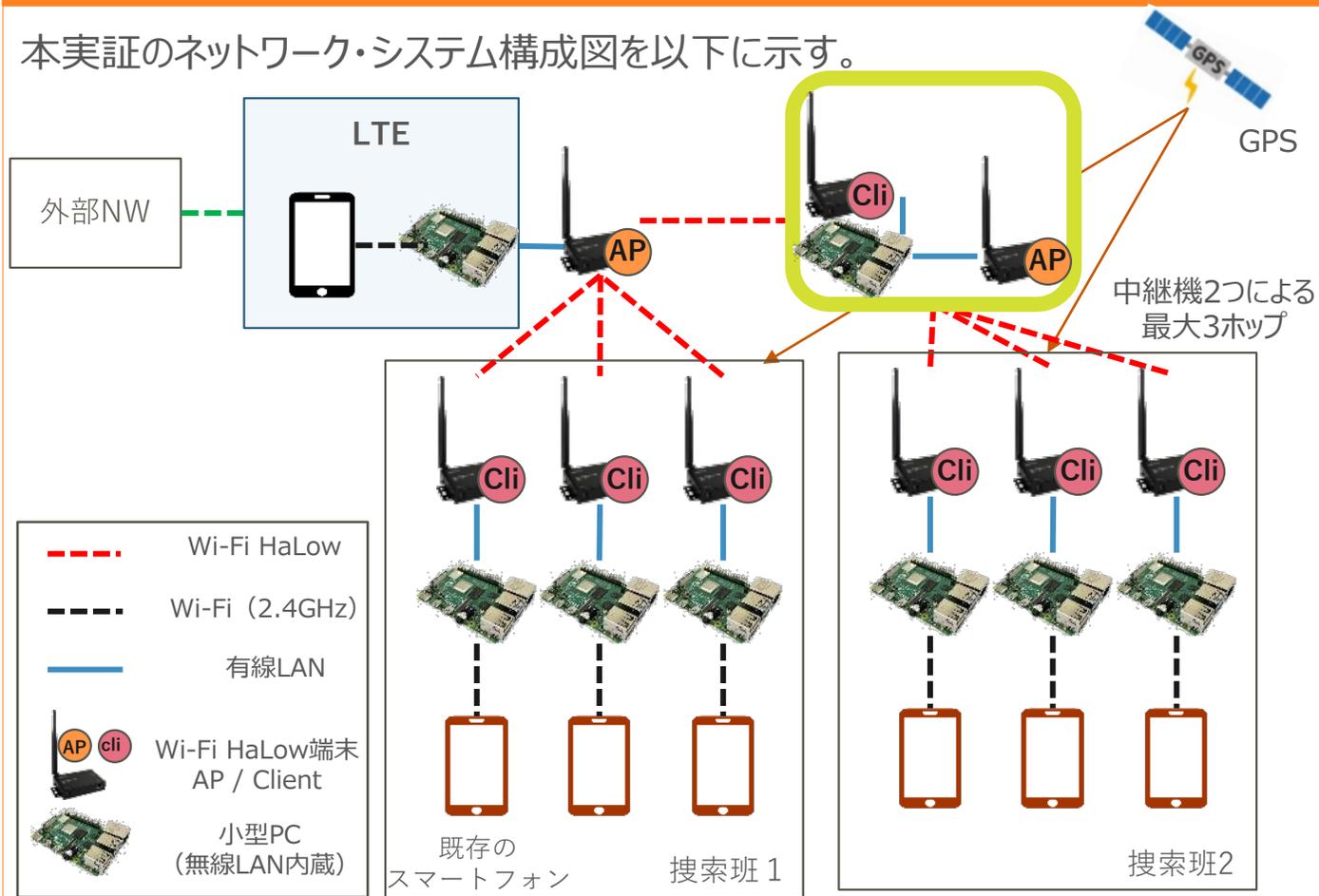
- 従来トランシーバによる音声通信や地図を活用した捜索活動をデジタル技術により高度化することにより、捜索活動の効率化及び、捜索隊の二次災害を抑制することが可能となる。
- また従来平面上の位置情報のみであった部分を、空間IDによる位置情報共有とすることにより、標高などの3次元にて位置情報を確認することが可能となる。

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

本実証のネットワーク・システム構成図を以下に示す。



説明

本実証では、Wi-Fi HaLowを中継することにより、広域カバーエリアを構築する。

中継を行うにあたって、Wi-Fi HaLowアクセスポイントWi-Fi HaLowクライアントを組み合わせることにより中継機を構成する。構成した中継機と各端末に接続した小型PCへデータ伝送を実施する。

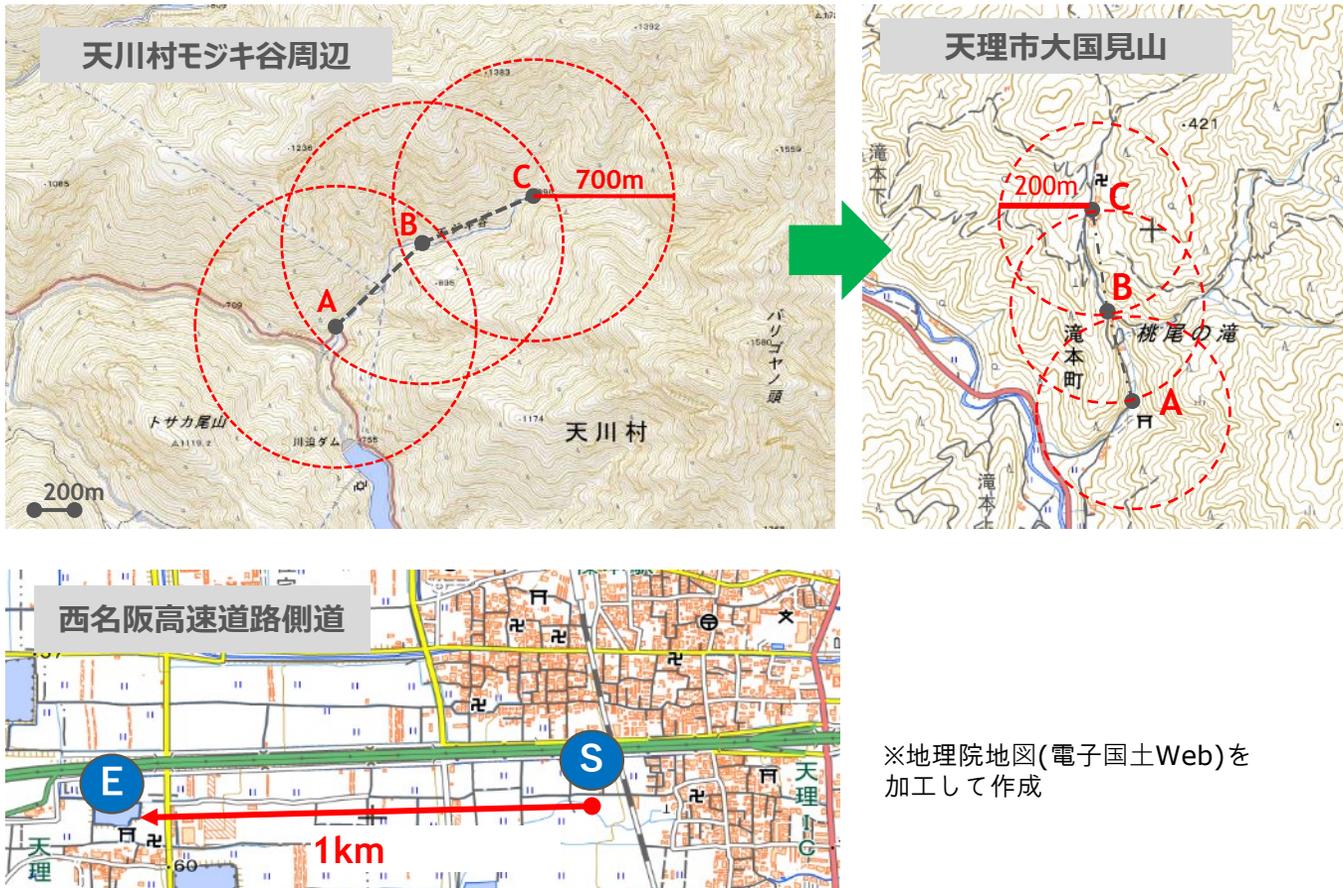
また、今回はWi-Fi HaLow対応スマートフォン端末の代用として、既存スマートフォン端末を使用し、小型PC及び端末間をWi-Fi 2.4GHz帯域によって接続する。

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

本実証のWi-Fi HaLowアクセスポイントの設置例について以下に示す。



※地理院地図(電子国土Web)を加工して作成

説明

当初山林地帯の実証において、天川村モジキ谷周辺にて、A,B,CそれぞれにWi-Fi HaLowアクセスポイントを設置する計画であったが、本二次実証時期は冬季であったため、天川村周辺の主要道路が通行止めとなり、予定地点での実証が不可能となった。そのため、同県の天理市内において山林地帯で見通し外環境である程度離してA,B,Cポイントの設置が可能な大国見山を選定した。

また、通信機器間の見通しがあり電波伝搬における障害物が少ない理想的な環境における実証実験場所として、同県天理市内の高速道路側道にアクセスポイントを設置して測定することとした。直線距離としては、1km程度まで測定可能で、Wi-Fi HaLowの基礎データ測定用として選定した。

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

■ 主な機材の仕様と概要



① Wi-Fi HaLow AP

型番 : AP-100AH (JP)
メーカー : Silex
有線LAN : 10/100Base-TX
無線LAN : IEEE802.11ah(920MHz)
動作環境 : 0~40℃
最大消費電力 : 2W(DC5V)
サイズ : W126xD75xH24mm
重量 : 約230g

② Wi-Fi HaLow Client

型番 : BR-100AH (JP)
メーカー : Silex
有線LAN : 10/100Base-TX
無線LAN : IEEE802.11ah(920MHz)
動作環境 : 0~40℃
最大消費電力 : 2W(DC5V)
サイズ : W126xD75xH24mm
重量 : 約230g



③ 小型PC

型番 : Raspberry Pi 4 Model B
メーカー : Raspberry Pi Foundation
OS : Ubuntu 22.04LTS
CPU : Broadcom BCM2711(1.5GHz)
メモリ : 8GB、USB:3.0x2/2.0x2 typeA
有線LAN : 10/100/1000Base-TX
無線LAN : IEEE802.11b/g/n/ac
動作環境 : 0~50℃
最大消費電力 : 8.5W(DC5V)
サイズ : W85xD56xH17mm
重量 : 約47g

Wi-Fi HaLow対策機能搭載 :

- ・ナローバンド対策 (通信帯域制限機能)
- ・QoS制御 (音声データ優先伝送)
- ・ロバスト性対策 (分散型アプリケーション対応)



④ スマートフォン端末

型番 : AQUOS sense7 SH-M24
メーカー : SHARP
OS : Android 12
CPU : Snapdragon 695 5G(2.2GHz+1.8GHz)
メモリ : 6GB、USB:3.0 typeC
ディスプレイ : 約6.1インチ、フルHD+(1080x2432)
メインカメラ : 5030万画素+800万画素 (広角)
サブカメラ : 800万画素
対応バンド : 5G, 4GLTE, 3G, 2G
無線LAN : IEEE802.11a/b/g/n/ac
動作環境 : 5~35℃
バッテリー容量 : 4,570mAh
サイズ : W152xD70xH8.0mm
重量 : 約158g

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

■ 実証に利用した機材一覧

番号	名称	メーカー	型番	備考
①	Wi-Fi HaLow AP	Silex	AP-100AH (JP)	
②	Wi-Fi HaLow Client	Silex	BR-100AH (JP)	
③	小型PC	Raspberry Pi Foundation	Raspberry Pi 4 Model B	
④	スマートフォン端末	SHARP	AQUOS sense7 SH-M24	
⑤	モバイル電源	サンワサプライ	700-BTL035	
⑥	HaLow取り付けポール	第一電波工業	DAP600 (ポール)	
⑦		第一電波工業	AS603 (スタンド)	
⑧	Wi-Fi HaLow 開発キット	Silex	SX-NEWAH-EVK	
⑨	USBメモリ	東芝	THN-U202W0640A4	
⑩	USB A-Cケーブル	エレコム	U2C-AC05NBK	
⑪	USB-A-Ether変換アダプタ	エレコム	EDC-FUA2-B	
⑫	DCジャック-USB-A 変換アダプタ	aceyoon	ACY-USB2DC5521-3PC-BK-JP	
⑬	有線LANケーブル	エレコム	LD-GPT/BU70	
⑭	有線LANケーブル	エレコム	LD-GPT/BU05	

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
なし	なし	Wi-Fi HaLowにて実証を行うため、許認可不要。

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
<p>課題a：通信インフラが存在しない</p>	<p>登山コースの殆どが携帯電話キャリアの通信圏外であるが、すべての登山者が遭難対策の事前準備を行っているとは限らず、捜索隊が山間部での捜索活動を行う実態がある。また、通信インフラを整備するにはコストがかかる。</p> <p>Wi-Fi HaLowは比較的安価かつ、装置も比較的小型であることから、導入コストが抑えられるほか可搬性を実現可能である。そのため、近隣自治体との共有も可能である。また、必要に応じて通信エリアを迅速・動的に構築できるため、遭難災害発生時などの緊急対応に最適である。</p>

ソリューション 可搬型Wi-Fi HaLow中継システム

他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
<p>携帯式ビーコン・登山者アプリ端末</p>	<p>登山者の事前準備（アプリケーションのインストールなど）が必要であるが、すべての登山者が遭難対策を行っているとは限らない。本ソリューションでは遭難災害発生時に即座に通信環境をフレキシブルに構築できることから、捜索隊の捜索活動を高度化・効率化することができる。</p>
<p>ドローン・ヘリコプターによる捜索</p>	<p>遭難者は谷にいたることが多く、上空からの発見が困難であり、実際に見逃すケースが発生している。また、導入・維持コストが大きくなるうえに、専門の操縦士が必要となる。</p> <p>本ソリューションは専門技術を要しないシステムであり、比較的low価格かつ可搬性のあるシステムであるため、導入障壁が低く横展開にも効果的である。</p>

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
<p>課題b：共有できる情報量が少ない</p>	<p>トランシーバーの音声のみで共有していた情報に加え、GPSによる現在位置および移動履歴、遺留品などの画像データを送受信可能にする。搜索者のリアルタイム情報や、国土地理院のデータ等から作成した「空間ID」（特定の場所や領域を一意に識別する識別子）を活用したデータ分析・提供を行うことで遭難者搜索活動の効率化・高度化が見込まれ、二次災害の抑制にもつながる。</p> <p>山間部では見通しが悪く通信が不安定になることが予測されるが、web3.0の分散型アプリケーション技術を用いたロバストな情報共有方式にすることで、上記情報を安定して共有可能となる。</p>

ソリューション 高度遭難者搜索システム

他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
<p>従来の中央集権型アプリケーション</p>	<p>全てのトラフィックがアプリケーションサーバー（APPサーバー）を経由するため、あるノードがAPPサーバーとの接続性を喪失した場合、それを境として以降全てのノード間の情報共有が不可能となる。分散型アプリケーションサーバー（DAPPサーバー）で動作する仕組みを取り入れることで、特定のノード間の接続性が失われた場合でも接続性のある範囲での情報共有を可能とする。さらに接続性が回復した際には最新の情報への同期処理を実施することで接続性喪失の影響を低減することができる。</p>

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

課題a：通信インフラが存在しない

先進性・新規性

広域な通信エリアを構築する方法として、現在ではLTE/5Gなどを用いるのが一般的であるが、通信事業者の事業計画に依存する。Local 5Gを用いて自治体が通信エリアを構築する方法もあるが、設置・運用にはコストと専門性が必要となる。
本ソリューションは免許が不要なWi-Fi HaLowを用いた可搬型のシステムであり、山岳遭難事故が発生した際、捜索隊自身が「その時」「その場所で」「自由に」通信エリアを構築できるシステムであるという点で先進性・新規性がある。

ソリューション 可搬型Wi-Fi HaLow中継システム

実装・横展開のしやすさ

- 山岳遭難事故は増加傾向にあり、多くの都道府県で同様の課題がある
- 本ソリューションは比較的安価かつ軽量であり、必要な時に必要なところに持ち運ぶことができるため各自治体や消防、警察などとの共有化が可能
- 免許が不要で専門知識を要しないシステムであることから、横展開は容易

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

ソリューション 高度遭難者検索システム

対象の課題

課題b：共有できる情報量が少ない

先進性・新規性

多数端末間で様々な形態のデータ（音声・位置情報・画像・テキスト情報）を分散型アプリケーションを用いて共有するシステムであることに加え、空間IDを用いて遭難者検索活動を支援するソリューションは先行事例がなく、新規性がある。

実装・横展開のしやすさ

- ユーザー自身が特別な操作や設定を行う必要がなく、普段使用しているスマートフォン端末で動作するアプリケーションであることは横展開に有効的である
- 自治体用に過度なカスタマイズはしておらず、今回の実証結果を踏まえた横展開は容易である

③ ソリューション等の採用理由

c. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	他無線通信技術との比較	
Wi-Fi HaLow	<ul style="list-style-type: none">• 比較的安価かつ可搬性がある• 長距離伝送が可能• 画像データの伝送が可能	名称	比較結果
Wi-Fi HaLow	<ul style="list-style-type: none">• 横方向の通信エリア拡大に有効• 可搬性がある	<ul style="list-style-type: none">• LPWA• Local 5G • スターリンク• 衛星電話	<p>本ソリューションでは画像と遅延のない音声通話の長距離伝送が必須であり、目標スループットを256kpbs、目標伝送距離を1.5~2.0kmとしている。</p> <p>また、遭難事故発生時の迅速かつフレキシブルな通信網構築のためには、可搬性が必要不可欠となる。これらの条件を満たすにはLPWAやLocal5Gは適合せず、Wi-Fi HaLowが最も適した技術となる。</p> <p>スターリンクは現状、設置方法が据え置き型であり、本ソリューションで必須となるフレキシブルな通信環境構築には不向きである。また衛星電話に関しても、木々の生い茂る環境下での通信には不向きである。本ソリューションでは山中で活動する捜索隊の横(水平)方向の通信性を確保することが目的であり、Wi-Fi HaLowが最も適した技術である。</p> <p>ただし、これらの通信技術はインターネット網(垂直)を組み合わせた広域の通信網を構築する上では有用であるため、今後本ソリューションとの併用により、通信可能範囲を更に伸展させていくことも視野に入れる。</p>

1 実証概要

目的

可搬型Wi-Fi HaLow中継システムを用いた広域カバーエリアの構築

- 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの実現が可能であるか検証

高度遭難者捜索システムの構築

- 分散型アプリケーションによるロバストな情報共有が可能であるか検証
- 空間ID技術を活用した安全かつ効率的な捜索活動のアシストが可能となるか検証

アウトカム

Wi-Fi HaLowの多段中継数、ホップによるエリアの伸展距離

複数端末同時接続台数

音声データ送受信の実行可否/スループット値/レイテンシ

テキストデータ送受信の実行可否/スループット値

画像データ送受信の実行可否/スループット値

位置情報(空間ID)データ送受信の実行可否/スループット値

複数アプリ同時実行可能数

空間ID位置情報と登山道とのマッチング率、危険位置のシステム登録数、実証条件下でのリアルタイム共有数



検証の概要

効果検証

- 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムによる通信可能範囲が有効であるかの検証
- 高度遭難者捜索システムが捜索活動の効率化および二次災害の抑制に有効であるかの検証

技術検証

- 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムによる通信品質が要求スループット値を得ることが可能であるか検証
- 中継機による多段ホップ構成による通信が可能であるか、要求スループット値に基づき検証
- 複数端末が接続可能であるかを検証
- トランシーバによる音声データの送受信と比して、音声、テキスト、画像、位置情報データがWi-Fi HaLow環境下にて送受信することが可能か検証
- 複数アプリケーションが同時実施可能であるか検証
- 音声アプリケーション品質をレイテンシ計測等で検証

運用検証

- 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの構築に当たり、展開の容易さ等について山岳救助隊員からのヒアリングを実施
- 高度遭難者捜索システムにおけるアプリケーションのサービス品質・操作性等について、天川村職員/山岳救助隊員からの品質に関する評価により検証
- 高度遭難者捜索システムにおける危険位置のシステム登録によるユーザビリティに関して、天川村職員/山岳救助隊員からの評価により検証

② 実証結果

a. 効果検証の概要

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		
可搬型Wi-Fi HaLow中継システム	I 通信可能範囲の評価	通信可能範囲が情報共有を行うのに有効であるとの評価率80%以上	本実証で通信が可能となった範囲※が情報共有を行うにあたり有効と判断できるかについて、天川村職員/山岳救助隊員へのアンケートとヒアリングの評価により検証	通信可能範囲が情報共有を行うのに有効であるとの天川村職員/山岳救助隊員からの評価率80%以上
			※3ホップで約550m	
高度遭難者検索システム	I アプリケーションの有効性評価	遭難者検索活動の効率化と二次災害抑制に有効であるとの評価率80%以上	天川村役場等の屋内施設にて、天川村職員/山岳救助隊員にアプリケーションの操作・実行を行ってもらい、検索活動の効率化と二次災害抑制に有効利用できそうかについて、担当者へのアンケートとヒアリングの評価により検証	遭難者検索活動の効率化と二次災害抑制に有効であるとの天川村職員/山岳救助隊員からの評価率80%以上

② 実証結果

a. 効果検証の内容

ソリューション	検証方法	検証の様子
可搬型Wi-Fi HaLow中継システム	<ul style="list-style-type: none">実施日：2024年2月22日（木）実施場所：天川村役場実施時間：9:00～12:00参加者：天川村役場職員1名、天川村山岳救助隊4名 <p>本実証で通信が可能となった範囲が情報共有を行うにあたり有効と判断できるかについて、天川村職員/山岳救助隊員へのアンケートとヒアリングの評価により検証</p> <p>※ヒアリングに用いたアンケート用紙および評価率の算出方法など詳細については、補足資料「A.ヒアリング評価 評価項目（4）」を参照</p>	
高度遭難者検索システム	<p>天川村役場等の屋内施設にて、天川村職員/山岳救助隊員にアプリケーションの操作・実行を行ってもらい、捜索活動の効率化と二次災害抑制に有効利用できそうかについて、担当者へのアンケートとヒアリングの評価により検証</p> <p>※ヒアリングに用いたアンケート用紙および評価率の算出方法など詳細については、補足資料「A.ヒアリング評価 評価項目（5）」を参照</p>	

② 実証結果

a. 効果検証の結果

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目

通信可能範囲の評価

目標 :通信可能範囲
が情報共有を行うのに
有効であるとの評価率
80%以上

検証結果

Q. 今回実証実験で測定した通信可能範囲（3ホップで約550m）が、情報共有を行うにあたり有効と判断できますか？

	とてもそう 思う	ややそう思 う	どちらとも いえない	あまりそう 思わない	まったくそ う思わない
計（人）	0	1	3	1	0

20%

コメント

- 通信可能距離をもっと長くしてほしい。
- 400~700mの範囲で通信可能であれば、捜索班間で使用するには使える。しかし、役場（対策本部）まで繋げるには2km以上必要。
- 対策本部まで通信可能にするにはさらに強い電波が必要になると思うし、課題は多いと思う。
- 免許不要である点で導入がしやすい。
- イニシャルコスト・ランニングコストをできるだけ下げてほしい。

Q. 山岳救助隊グループ同士が情報共有を行うにあたり有効と思われる最低限の通信可能範囲を教えてください。

	400m～ 700m	700m～ 1.0km	1.0km～ 1.5km	1.5km～ 2.0km	2.0km 以上
計（人）	2	0	0	0	3

結果と考察

- 通信可能範囲が有効であるとの評価率は20%という結果となり、目標(80%以上)は未達であった。
- 捜索班間で情報交換を行う際は、今回実証実験で測定した通信可能範囲が有効であるとの回答であった。
- しかし、役場に設置された災害対策本部にもリアルタイムで情報を届けたいというニーズも強くあり、2km以上の通信可能距離を求める声があった。通信可能距離を伸ばすための検証がさらに必要であり、機材の性能比較などを行っていく必要があると考える。
- Wi-Fi HaLowが免許不要である点で導入障壁が低いメリットがあるが、実装に向けてはコストの削減が課題となる。

2 実証結果

a. 効果検証の結果

ソリューション

高度遭難者検索システム

検証ポイント

項目

アプリケーションの有効性評価

目標：遭難者検索活動の効率化と二次災害抑制に有効であるとの評価率80%以上

検証結果

Q. 将来的に「高度遭難者検索システム」は、検索活動の効率化に有効であると思いますか？

	とても 思う	やや 思う	どちら もない	あまり 思わ ない	まった く思 わな い
計	4	1	0	0	0

100%

コメント

- 非常に良いものだと感じた。
- 現在地を確認できるのは良い。
- 現状、通信手段がトランシーバーしかないので、このようなシステムがあればかなり変わる。
- 今は位置情報を覚えておいて本部に帰ってから報告しているため、逐一正確な情報が残せるのは嬉しい。
- 現場の情報がリアルタイムに分かるので、事後の報告や今後の予定作成にかかる時間(経費)を削減できる。
- 他サービスなどとも連携してほしい。
- 広域消防や警察とも連携し、広く使用していただけるものにしてほしい。

Q. 将来的に「高度遭難者検索システム」は、検索活動の二次災害抑制に有効であると思いますか？

	とても 思う	やや 思う	どちら もない	あまり 思わ ない	まった く思 わな い
計	3	1	1	0	0

80%

結果と考察

- アプリケーションの有効性（効率化、二次災害抑制）の平均評価率は90%という結果となり、目標を達成した。
- 山岳救助隊の方々からは、トランシーバーのみの現状から革新的に変わるとの高評価をいただいた。
- また、役場職員からは検索活動時の経費削減にも繋がるとの意見を頂いた。
- 今後は広域消防や警察と連携し、実証試験を重ねていく。更に他サービスとの連携を行い、情報の統合や整理を行っていく必要がある。

2 実証結果

b. 技術検証の概要

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		
可搬型Wi-Fi HaLow中継システム	I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア	距離 700m	Wi-Fi HaLowアクセスポイント設置場所[見通し,見通し外]から、アンテナ高[1m,1.5m,5.0m]の高さから電波を発射し、帯域幅[1MHz,2MHz,4MHz]を変化させ、アクセスポイントからの距離[100m,400m,700m]を確保した地点にてPingによる通信接続性の確認	距離700mにおいて、Pingによる通信接続試験が実施可能
	II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア	距離 1.5km以上	Wi-Fi HaLowカバーエリアを中継機により、[1ホップ,2ホップ]進展させ、IperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。ホップ時においてPingによる通信接続性の確認。ホップ距離は[100m,400m,700m]とする。	距離1.5km以上において、Pingによる通信接続試験が実施可能
	III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値	256kbps以上のスループット値	Wi-Fi HaLowアクセスポイント設置場所[見通し,見通し外]から、アンテナ高[1m,1.5m,5.0m]の高さから電波を発射し、帯域幅[1MHz,2MHz,4MHz]を変化させ、アクセスポイントからの距離[100m,400m,700m]を確保した地点にてIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。目標スループット値256kbps以上であるか確認	256kbps以上のスループット値を確認
	IV ホップ毎のスループット値	256kbps以上のスループット値	Wi-Fi HaLowカバーエリアを中継機により、[1ホップ,2ホップ]進展させ、目標スループット値を計測可能であるかをIperfによる計測[TCP,UDP]により測定。	ホップ時において、256kbps以上のスループット値を確認
	V 複数端末接続	接続4台以上で64(=256/4)kbps以上のスループット値	可搬型Wi-Fi HaLow中継システムで、1アクセスポイントに対し複数端末を同時に接続する。複数端末からアクセスポイントに対してPingを実行。またIperfによる計測[TCP/UDP]を実施し、スループット値を確認。	1アクセスポイントに対して4台以上の複数端末同時接続複数端末接続下にてスループット値を確認

IV実証

② 実証結果

b. 技術検証の内容

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

項目

- I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア
- II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア
- III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値

測定ポイント

① 見通し環境



IV実証

2 実証結果

b.技術検証の内容

ソリューション

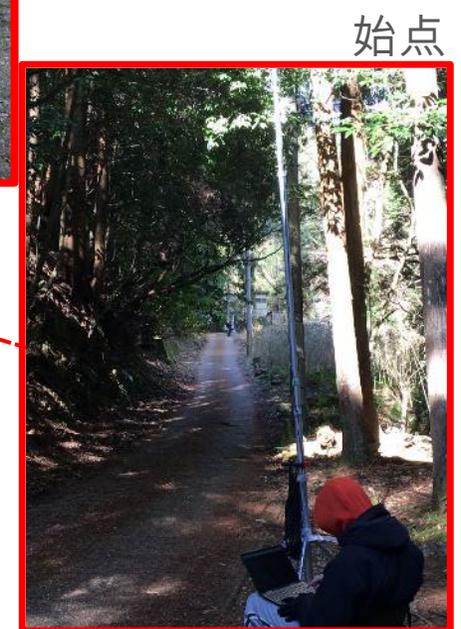
可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

項目

- I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア
- II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア
- III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値

測定ポイント

②見通し外環境(麓)



※地理院地図(電子国土Web)を加工して作成

IV実証

② 実証結果

b.技術検証の内容

ソリューション

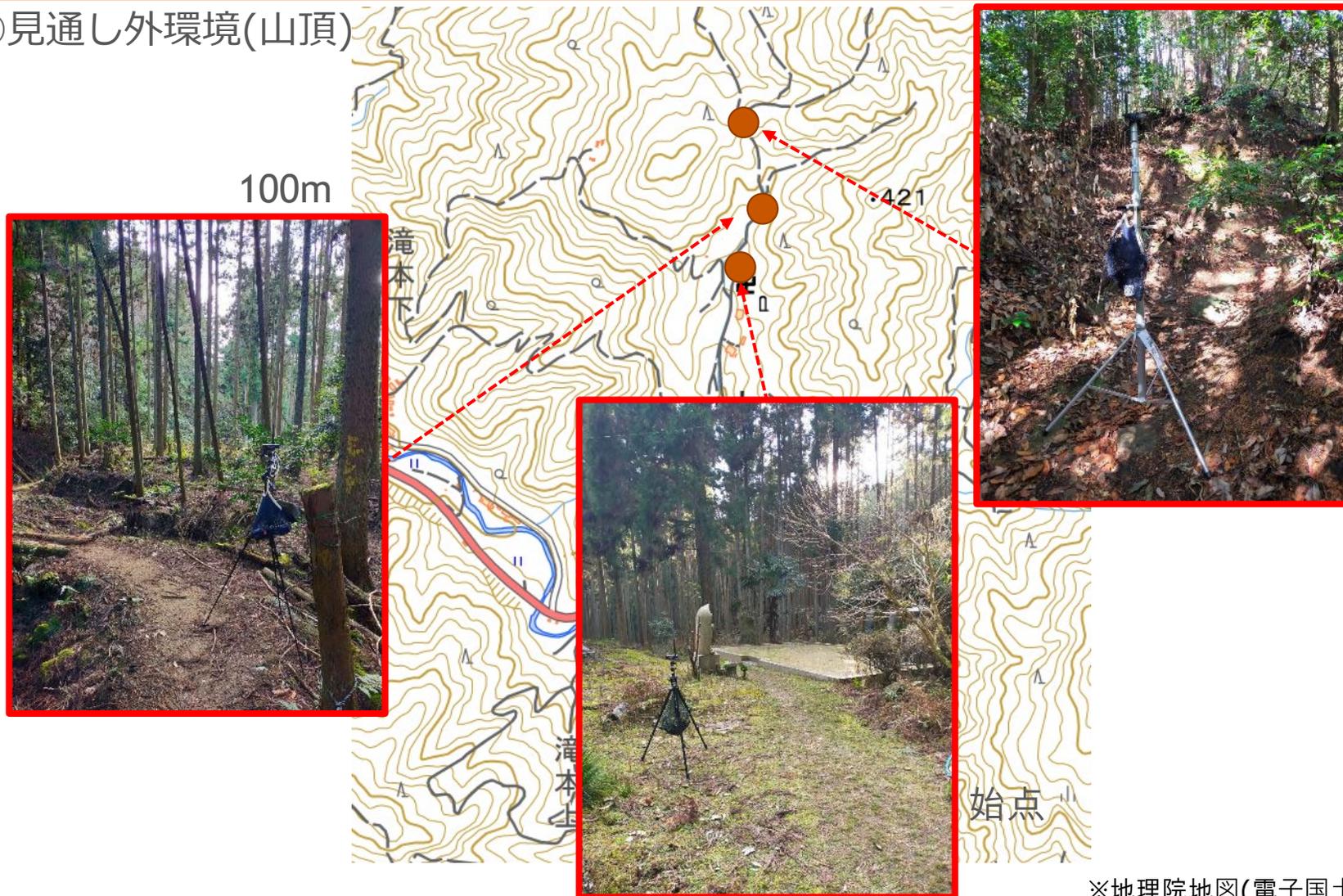
可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

項目

- I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア
- II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア
- III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値

測定ポイント

②見通し外環境(山頂)



2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

項目

- I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア
- II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア
- III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値

検証の様子

①見通し環境



機材準備



方向調整



測定中

IV実証

② 実証結果

b.技術検証

ソリューション

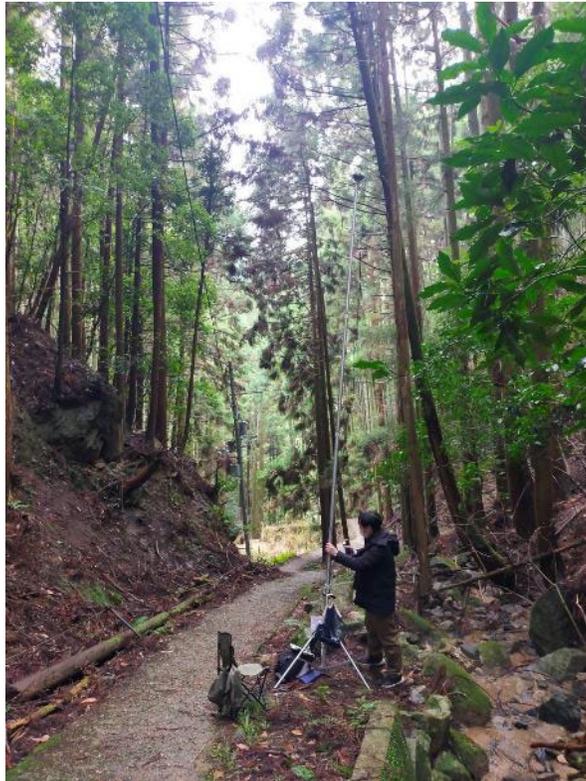
可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

項目

- I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア
- II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア
- III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値

測定ポイント

②見通し外環境(麓)



機材設置の様子



機材設置の様子

IV実証

② 実証結果

b.技術検証

ソリューション

検証の様子

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

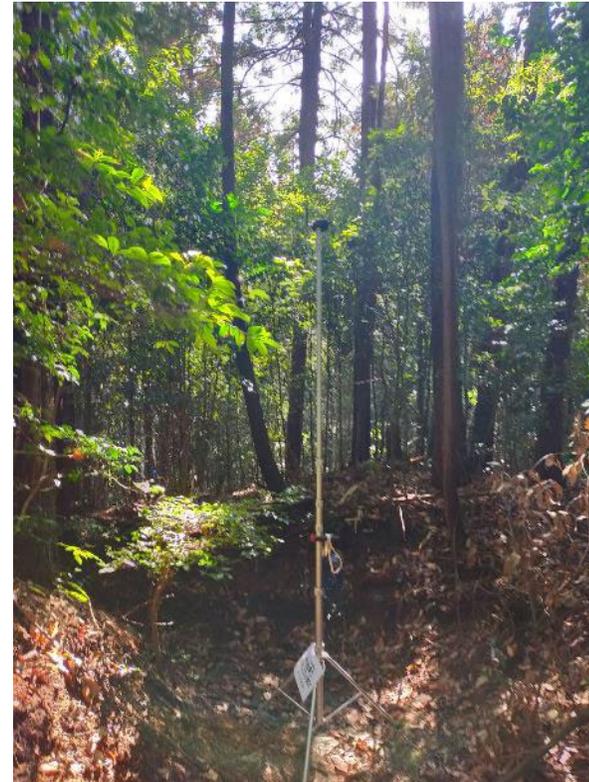
項目

- I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア
- II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア
- III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値

②見通し外環境(山頂)



機材設置の様子



機材設置の様子

2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア

目標：700m

検証方法

見通し環境において、以下の
条件を変化させたときのPingに
よる通信接続性の確認

- ・設置高[1m,1.5m,5.0m]
- ・帯域幅[1MHz,2MHz,4MHz]
- ・距離[100m,400m,700m]

検証結果 -Pingによる通信接続性-

見通し環境

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	○

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	○

1ホップ
帯域幅：4MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	○

※黄色セルは目標達成

② 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア

目標：700m

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのPingによる通信接続性の確認

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz, 2MHz, 4MHz]
- ・距離[100m, 400m, 700m]

検証結果 –Pingによる通信接続性–

見通し外環境（麓）

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

1ホップ
帯域幅：4MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

※黄色セルは目標達成

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア

目標：700m

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのPingによる通信接続性の確認

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz, 2MHz, 4MHz]
- ・距離[100m, 400m, 700m]

検証結果 -Pingによる通信接続性-

見通し外環境（山頂）

※黄色セルは目標達成

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

1ホップ
帯域幅：4MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目II

Wi-Fi HaLow中継時の
カバーエリア

目標：1.5km以上

検証方法

見通し環境における2ホップ、
3ホップ時のPingによる通信接
続性の確認。
ホップ距離は
[100m,400m,700m]とする。

検証結果 -Pingによる通信接続性-

見通し環境

※黄色セルは目標達成

2ホップ
帯域幅：1 MHz

設置高 \ 通信距離	100m-100m (総距離200m)	400m-400m (総距離800m)	400m-700m [※] (総距離1.1km)
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	○

3ホップ
帯域幅：1 MHz

設置高 \ 通信距離	100m-100m-100m (総距離300m)	400m-400m-300m [※] (総距離1.1km)
1m	○	○
1.5m	○	○
5m	○	○

※見通し環境における試験可能距離は1.1kmまでのため、
通信距離が等間隔になっていない

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目Ⅱ

Wi-Fi HaLow中継時
のカバーエリア

目標：1.5km以上

検証方法

見通し環境における2ホップ、
3ホップ時のPingによる通信接
続性の確認。
ホップ距離は
[100m,400m,700m]とする。

検証結果 -Pingによる通信接続性-

見通し外環境（麓）

※黄色セルは目標達成

2ホップ
帯域幅：1 MHz

通信距離 設置高	100m-100m (総距離200m)	400m-400m (総距離800m)	700m-700m (総距離1.4m)
5m	○	×	×

3ホップ
帯域幅：1 MHz

通信距離 設置高	100m-100m-100m (総距離300m)	400m-400m-400m (総距離1.2km)	700m-700m-700m (総距離2.1m)
5m	○	×	×

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

目標：256kbps以上

検証方法

見通し環境において、以下の条件を変化させたときのIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz, 2MHz, 4MHz]
- ・距離[100m, 400m, 700m]

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し環境

1ホップ
帯域幅：1MHz

通信距離 設置高	100m	400m	700m
1m	TCP : 468.8Kbps UDP : 296.1Kbps	TCP : 487.4Kbps UDP : 247.1Kbps	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 464.0Kbps UDP : 280.2Kbps	TCP : 419.9Kbps UDP : 324.7Kbps	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 442.3Kbps UDP : 265.6Kbps	TCP : 490.4Kbps UDP : 328.5Kbps	TCP : 489.7Kbps UDP : 331.6Kbps

1ホップ
帯域幅：2MHz

通信距離 設置高	100m	400m	700m
1m	TCP : 354.7Kbps UDP : 383.8Kbps	TCP : 337.5Kbps UDP : 301.1Kbps	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 318.1Kbps UDP : 333.5Kbps	TCP : 349.6Kbps UDP : 365.0Kbps	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 356.2Kbps UDP : 370.2Kbps	TCP : 369.5Kbps UDP : 367.6Kbps	TCP : 343.4Kbps UDP : 358.7Kbps

1ホップ
帯域幅：4MHz

通信距離 設置高	100m	400m	700m
1m	TCP : 737.0Kbps UDP : 753.1Kbps	TCP : 598.2Kbps UDP : 486.1Kbps	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 717.5Kbps UDP : 684.4Kbps	TCP : 658.7Kbps UDP : 678.0Kbps	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 624.0Kbps UDP : 689.8Kbps	TCP : 794.4Kbps UDP : 733.3Kbps	TCP : 495.2Kbps UDP : 524.7Kbps

※測定結果は10秒を3回計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz, 2MHz, 4MHz]
- ・距離[100m, 400m, 700m]

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し外環境（麓）

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	TCP : 416.9Kbps UDP : 230.5Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 458.2Kbps UDP : 319.7Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 446.2Kbps UDP : 311.2Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	TCP : 315.8Kbps UDP : 298.8Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 351.9Kbps UDP : 356.0Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 344.9Kbps UDP : 366.4Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

1ホップ
帯域幅：4MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	TCP : 747.1Kbps UDP : 762.2Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 715.5Kbps UDP : 672.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 739.6Kbps UDP : 756.8Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

※測定結果は10秒を3回計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

② 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz, 2MHz, 4MHz]
- ・距離[100m, 400m, 700m]

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し外環境（山頂）

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	TCP : 404.5Kbps UDP : 315.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 428.2Kbps UDP : 298.8Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 462.1Kbps UDP : 305.4Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	TCP : 320.0Kbps UDP : 345.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 304.4Kbps UDP : 320.2Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 674.7Kbps UDP : 354.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

1ホップ
帯域幅：4MHz

設置高 \ 通信距離	100m	400m	700m
1m	TCP : 462.1Kbps UDP : 739.7Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 337.8Kbps UDP : 577.4Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 775.1Kbps UDP : 792.5Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

※測定結果は10秒を3回計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

IV実証

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目Ⅰ

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア
目標：距離 700m

項目Ⅱ

Wi-Fi HaLow中継時
のカバーエリア
目標：1.5km以上

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスルー
プット値
目標：256kbps以上

結果と考察

- 項目Ⅰの見通し環境において、設定した目標値を達成することが出来た。
- 項目Ⅰの見通し環境 距離700mにおいては、設置高1m/1.5m時にはpingによる疎通は確認できなかった。これは、フレネルゾーンの確保が十分でなかったことが原因と考えられる。一般的に距離700m時における60%のフレネルゾーンを確保するには4.5mの設置高を必要とする。上記を満たす、5mの設置高では疎通確認が可能であったが、4.5m以下である1m及び1.5m時は疎通確認が不可能であったと考えられる。
- 項目Ⅰの見通し外環境においては、設置高の他に木々等の障害物により、通信距離の確保へ影響を与えたと考えられる。
- 項目Ⅱの見通し環境において、設置高1.5m 1ホップにおいては400mが最長距離であったが、2ホップ,3ホップと中継をすることにより800m 1.1kmと通信距離を延長することは可能であった。
- 試験可能距離が1.1kmまでであったため、それ以上の距離を離れた試験を行うことができなかった。
- 項目Ⅱの見通し外環境において、100m間隔の2, 3ホップにおいてはpingによる疎通確認が可能であったが、400m間隔以降は不可能であった。
- 項目Ⅲの見通し環境において、設定した目標値を達成することが出来た。
- 項目Ⅲの見通し外環境において、距離100mの時、256kbps以上のスループット値を得ることが可能であったが、その他の項目においては設定した目標値を達成することが出来なかった。

【追加試験】

- 見通し外環境においてより詳細に測定を実施する必要があると考え、項目Ⅰ,Ⅲについて距離を100m刻みとする追加測定を実施した。
- また、アンテナ角度やポールの高さ等の設置状況の変化が通信への影響がどの程度であるかを確認するため、アンテナ角度を垂直/22°、設置高を1mずつ変化させた測定を実施した。

② 実証結果

b. 技術検証

追加試験：100m刻み

ソリューション

検証結果 -Pingによる通信接続性-

見通し外環境（麓）

※追加試験項目ハイライト

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	200m	300m
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	×

検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	200m	300m
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	×

目標：700m

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのPingによる通信接続性の確認

1ホップ
帯域幅：4MHz

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz]
- ・距離[100m, 200m, 300m]

設置高 \ 通信距離	100m	200m	300m
1m	○	○	×
1.5m	○	○	×
5m	○	○	×

② 実証結果

b. 技術検証

追加試験：100m刻み

ソリューション

検証結果 -Pingによる通信接続性-

見通し外環境（山頂）

※追加試験項目ハイライト

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

1ホップ
帯域幅：1MHz

設置高 \ 通信距離	100m	200m	300m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア

1ホップ
帯域幅：2MHz

設置高 \ 通信距離	100m	200m	300m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

目標：700m

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのPingによる通信接続性の確認

1ホップ
帯域幅：4MHz

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz]
- ・距離[100m, 200m, 300m]

設置高 \ 通信距離	100m	200m	300m
1m	○	×	×
1.5m	○	×	×
5m	○	×	×

2 実証結果

b. 技術検証

追加試験：100m刻み

ソリューション

検証結果 - IperfによるTCP/UDPのスループット値 -

見通し外環境（麓）

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

1ホップ
帯域幅：1MHz

検証ポイント

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

1ホップ
帯域幅：2MHz

目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。

1ホップ
帯域幅：4MHz

- ・設置高[1m, 1.5m, 5.0m]
- ・帯域幅[1MHz]
- ・距離[100m, 200m, 300m]

通信距離 設置高	100m	200m	300m
1m	TCP : 416.9Kbps UDP : 230.5Kbps	TCP : 354.6Kbps UDP : 329.0Kbps	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 458.2Kbps UDP : 319.7Kbps	TCP : 466.0Kbps UDP : 331.3Kbps	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 446.2Kbps UDP : 311.2Kbps	TCP : 409.5Kbps UDP : 317.8Kbps	TCP : × UDP : ×

通信距離 設置高	100m	200m	300m
1m	TCP : 315.8Kbps UDP : 298.8Kbps	TCP : 248.8Kbps UDP : 333.3Kbps	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 351.9Kbps UDP : 356.0Kbps	TCP : 311.5Kbps UDP : 336.6Kbps	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 344.9Kbps UDP : 366.4Kbps	TCP : 304.1Kbps UDP : 325.5Kbps	TCP : × UDP : ×

通信距離 設置高	100m	200m	300m
1m	TCP : 747.1Kbps UDP : 762.2Kbps	TCP : 195.9Kbps UDP : 293.8Kbps	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 715.5Kbps UDP : 672.9Kbps	TCP : 543.5Kbps UDP : 503.5Kbps	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 739.6Kbps UDP : 756.8Kbps	TCP : 770.5Kbps UDP : 790.2Kbps	TCP : × UDP : ×

※測定結果は10秒を3回計測した平均値とした。
※追加試験項目ハイライト

2 実証結果

b. 技術検証

追加試験：100m刻み

ソリューション

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し外環境（山頂）

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

1ホップ
帯域幅：1MHz

検証ポイント

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

1ホップ
帯域幅：2MHz

目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境において、以下の条件を変化させたときのIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。

1ホップ
帯域幅：4MHz

- ・設置高[1m,1.5m,5.0m]
- ・帯域幅[1MHz]
- ・距離[100m,200m,300m]

通信距離 設置高	100m	200m	300m
1m	TCP : 404.5Kbps UDP : 315.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 428.2Kbps UDP : 298.8Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 462.1Kbps UDP : 305.4Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

通信距離 設置高	100m	200m	300m
1m	TCP : 320.0Kbps UDP : 345.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 304.4Kbps UDP : 320.2Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 674.7Kbps UDP : 354.9Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

通信距離 設置高	100m	200m	300m
1m	TCP : 462.1Kbps UDP : 739.7Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
1.5m	TCP : 337.8Kbps UDP : 577.4Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
5m	TCP : 775.1Kbps UDP : 792.5Kbps	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×

※測定結果は10秒を3回計測した平均値とした。
※追加試験項目ハイライト

② 実証結果

b. 技術検証

追加試験：アンテナ角度・設置高変更

ソリューション

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し外環境（山頂）

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

1ホップ
帯域幅：1MHz
距離：200m

検証ポイント

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境において、
以下の条件を変化させた
ときのIperfによる
TCP/UDPのスループット
値を測定。

- ・設置高[2m,3m,4m]
- ・帯域幅[1MHz]
- ・距離[200m]
- ・アンテナ角度[垂直,22°]

設置高 \ 角度	垂直	22°
2m	TCP : × UDP : ×	TCP : × UDP : ×
3m	TCP : 310.6Kbps UDP : 246.0Kbps	TCP : 302.5Kbps UDP : 251.0Kbps
4m	TCP : × UDP : 152.4Kbps *1	TCP : × UDP : 177.2Kbps *2

※測定結果は10秒を3回
計測した平均値とした。

*1 2回計測平均値

*2 1回計測値

※追加試験項目ハイライト

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目Ⅰ

可搬型Wi-Fi HaLow
システムのカバーエリア

目標：700m

項目Ⅲ

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスルー
プット値

目標：256kbps以上

結果と考察

- 追加測定結果として、見通し外環境（麓）においては距離200m、山頂においては100mの時に目標スループット値の256kbpsを超える結果となった。
- 山頂において、アンテナ角度と設置高を変化させた結果、従来測定不可能であった距離200mにおいて256Kbpsを超えるスループットを得ることが出来、距離を延ばすことが可能であった。
- 上記結果からアンテナの角度及び設置高は固定化するのではなく、設置環境によって最適な構成を探す必要があると考えられる。
（ただし、今回の検証においてはアンテナ角度：垂直、設置高：1m,1.5m,5mのいずれかに固定し、どの程度の通信距離とスループットが出るのかを検証した。これらの最適な構成を確認する方法については、今後の課題とする。）

【追加試験】

- 見通し外環境における通信可能最長距離がどの程度であるのか、より細かく調査する必要がある。
- 1ホップ毎に通信可能最長距離を測定し、2ホップ,3ホップと多段中継を行うことを想定した場合、どの程度距離が出るのかを検証した。その結果を次頁に示す。

2 実証結果

b. 技術検証

追加試験：1ホップ毎における通信可能距離

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

1ホップ
帯域幅：1MHz
設置高：5m

項目Ⅱ

Wi-Fi HaLow中継時
のカバーエリア

目標：1.5km以上

検証方法

見通し外環境において、
1ホップごとの通信可能距離
を測定。

①②間、②③間、③④
間にてPingによる疎通を
確認した。

検証結果 -1ホップ毎における通信可能距離-

見通し外環境

※地理院地図(電子国土Web)を加工して作成



② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目II

Wi-Fi HaLow中継時
のカバーエリア

目標：1.5km以上

結果と考察

- 各ポイント間232m 200m 195mの距離においてPingによる疎通確認が可能であった。
- この結果から見通し外環境では約200m間隔の距離において疎通確認が可能であると考えられる。
- 上記結果から、多段ホップ時の中継機設置ポイントを先に示した図の通りに設定し、多段ホップを行った場合のスループット値を確認した。
- 結果を次項から、見通し環境の結果と併せて示す。

IV実証

2 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

項目

IV ホップ毎のスループット
値

検証の様子

見通し環境



見通し外環境



② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目IV

ホップ毎のスループット
値

目標：256kbps以上

検証方法

見通し環境における2
ホップ、3ホップ時のIperf
によるTCP/UDPのスルー
プット値を測定。

1ホップの試験結果から、
設置高1.5mでは距離
400m、設置高5mでは
距離700mで通信可能
であることがわかっている。

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し環境

2ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全1.5m

周波数	距離
921MHz - 927MHz	400m-400m 総距離：800m TCP：137.0Kbps UDP：117.4Kbps

2ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全5m

周波数	距離
921MHz - 927MHz	400m-700m* 総距離：1.1km TCP：144.0Kbps UDP：117.5Kbps

3ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全1.5m

周波数	距離
921MHz - 927MHz - 921MHz	400m-400m-300m* 総距離：1.1km TCP：128.1Kbps UDP：106.6Kbps

※測定結果は10秒を3回
計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

※見通し環境における試験可能距離は1.1kmまでのため、
通信距離が等間隔になっていない

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目IV

ホップ毎のスループット
値

目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境における2
ホップ、
3ホップ時のIperfによる
TCP/UDPのスループット
値を測定。
追加試験(1ホップ毎にお
ける通信可能距離)の
結果から、1ホップでは距
離232m-200m-195mの
距離においてPingによる
疎通確認が可能である
ことが分かっている。

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し外環境

2ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全5m

周波数	距離
	232.5m-200.1m 総距離：432.6m
921MHz - 927MHz	TCP：× UDP：×

3ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全5m

周波数	距離
	232.5m-200.1m-195.7m 総距離：628.3m
921MHz - 927MHz - 921MHz	TCP：× UDP：×

※測定結果は10秒を3回
計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目IV

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムのスループット値

目標：256kbps以上

結果と考察

- 見通し環境における距離400m-400m、設置高1.5m 2ホップの試験結果から、中継を行うことにより通信距離を2倍に延ばすことが可能であった。
- 同様に3ホップにおいても総距離1.1kmの通信にて測定を行うことが可能であった。
- しかし見通し環境における多段ホップ試験の結果から、1ホップ時の結果と比べてスループット値が200kbps以上低下していることが分かった。
- ホップを行うための中継機は親機と子機を背中合わせに設置している。機器同士が近すぎるにより、干渉が起きスループットの低下を招いていると考えた。

【追加試験】

- ①中継器内のアンテナの距離を離す
- ②中継器内の干渉を抑えるための遮蔽シートを使用する
- ③帯域制限をかける(上限32kbps)
ことにより干渉の影響を抑えることが出来るか検証を行った。
- 帯域制限を32kbpsする理由として、本実証の測定ではmcs0固定としている。
MCS0の最大リンク速度は333kbpsであり、その1/10である33kbps を超えない32kbpsとした。
また帯域制限をかけることにより60秒間常に通信することが可能となり、アプリケーションを動作させた際に音声を送受信できるメリットがあると考えた。
- 見通し外環境についても干渉によって通信距離が低減している可能性が考えられるため、干渉対策を実施して再度測定を行った。
しかし見通し外環境では、中継器内のアンテナ距離を離すことは地形の関係上厳しく、また遮蔽シートの中継器内に入れることは高さの関係から難しいことから、③帯域制限をかける(上限32kbps)対策のみを行った。

IV実証

2 実証結果

b. 技術検証

追加試験：多段ホップ時の干渉対策

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証結果 - IperfによるTCP/UDPのスループット値 -

見通し環境

2ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全1.5m
距離 400 - 400m (総距離：800m)

※測定結果は10秒を3回
計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

検証ポイント

項目IV

ホップ毎のスループット
値

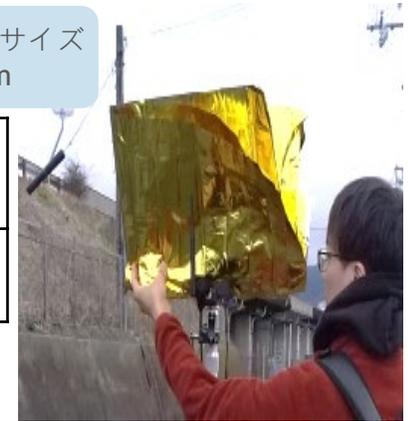
目標：256kbps以上

検証方法

見通し環境にて**干渉対策①、②を行った場合**における2ホップ、3ホップ時のIperfによるTCP/UDPのスループット値を測定。

干渉対策	なし	干渉対策①： アンテナ距離を 2m離す	干渉対策①： アンテナ距離を 4m離す	干渉対策①： アンテナ距離を 6m離す	干渉対策②： 遮蔽シートを使用
周波数					
921MHz - 927MHz	TCP : 137.0Kbps UDP : 117.4Kbps	TCP : 174.9Kbps UDP : 158.4Kbps	TCP : 226.6Kbps UDP : 300.8Kbps	TCP : 455.4Kbps UDP : 317.4Kbps	TCP : 158.5Kbps UDP : 127.5Kbps

遮蔽シートのサイズ
38x55cm



3ホップ
帯域幅：1 MHz
設置高 全1.5m
距離 400 - 400 - 300m (総距離：1.1km)

干渉対策	なし	干渉対策①： アンテナ距離を 6m離す
周波数		
921MHz - 927MHz - 921MHz	TCP : 128.1Kbps UDP : 106.6Kbps	TCP : 187.8Kbps UDP : 215.5Kbps



2 実証結果

b. 技術検証

追加試験：多段ホップ時の干渉対策

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目II

Wi-Fi HaLow中継時の
カバーエリア
目標：1.5km以上

項目IV

ホップ毎のスループット
値
目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境にて**干渉対策③**を行った場合における2ホップ、3ホップ時のIperfによるTCP/UDPのスループット値および通信可能最長距離を測定。

検証結果 -IperfによるTCP/UDPのスループット値-

見通し環境

2ホップ

帯域幅：1 MHz

設置高 全5m

距離 232.5m-160.9m (総距離：393.4m)

周波数	干渉対策	干渉対策③： 帯域制限をかける (上限32kbps)
921MHz - 927MHz		TCP：21.1Kbps UDP：25.0Kbps

2ホップ

帯域幅：1 MHz

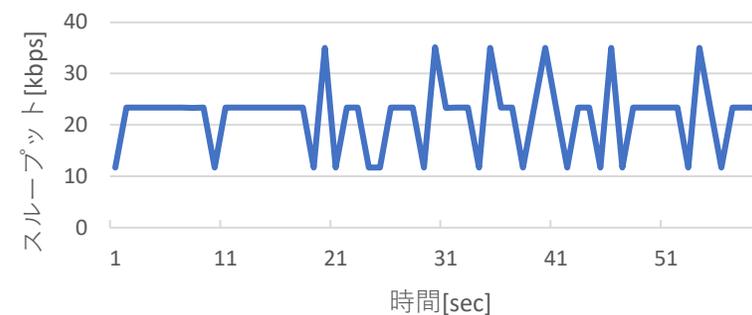
設置高 全5m

距離 232.5m-160.9m-156.7m (総距離：550.1m)

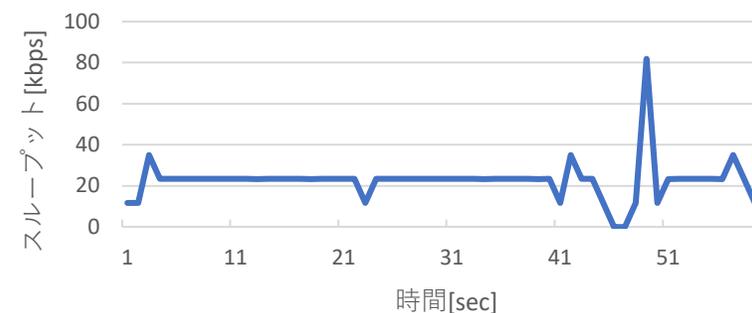
周波数	干渉対策	干渉対策③： 帯域制限をかける (上限32kbps)
921MHz - 927MHz - 921MHz		TCP：21.8Kbps UDP：23.8Kbps

※測定結果は10秒を3回
計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

総通信距離393m TCP



総通信距離550m TCP



IV実証

2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目II

Wi-Fi HaLow中継時の
カバーエリア
目標：1.5km以上

項目IV

ホップ毎のスループット
値
目標：256kbps以上

検証方法

見通し外環境にて**干渉対策③**を行った場合における2ホップ、3ホップ時のIperfによるTCP/UDPのスループット値および通信可能最長距離を測定。

検証結果 ー見通し外環境ホップ通信可能な距離の内訳ー



※地理院地図(電子国土Web)を加工して作成

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目II

Wi-Fi HaLow中継時
のカバーエリア
目標：1.5km以上

項目IV

ホップ毎のスループット
値
目標：256kbps以上

結果と考察

- 見通し環境での2ホップにおいて、干渉対策を施した検証結果から、中継する機材同士を6m離すことによって干渉の影響を限りなく抑えることが出来、1ホップ時と同様のスループット値を得ることが出来た。
- しかしながら、3ホップの際には中継器内のアンテナ距離を6m離しても干渉の影響は抑えることは出来ず、1ホップのスループット値から比べて200~300kbps程度低下した値となってしまうことを確認した。
- 今回、見通し環境として最長1.1kmの実証環境しか準備できなかったため、同一チャネル(921MHz)の周波数帯の影響によりスループットが低下している可能性がある。十分に通信距離を離れた測定を行えば、干渉の影響を更に抑えられる可能性が考えられる。
- 見通し外環境において、干渉対策として帯域制限を設けスループット値測定を行った結果、2ホップで総距離約313m、3ホップで総距離550mの地点にて20kbps程度のスループット値を得ることが可能であった。またMCS0の最大リンク速度(333kbps)の1/10以下の帯域制限を実施したため、TCP・UDPどちらの場合でも60秒間常に通信することが可能であった。
- しかしながら当初考えていた距離である2ホップで総距離432m、3ホップで総距離628mには届かなかった。これは中継器内のアンテナ距離が近く、干渉の影響があるためであると考えられる。
- 通信可能距離を伸ばすためには干渉対策が課題の一つであり、今後検討を重ねていく。

IV実証

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

検証の様子

見通し外環境

項目

⑤ 複数端末接続



機材準備（子機）



設置後（子機）

2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目V

複数端末接続

目標：接続4台以上
で64kbps以上

検証方法

1アクセスポイントに対し
複数端末を同時に接続
し、複数端末からアクセ
スポイントに対してPingを
実行。

またIperfによる計測
[TCP/UDP]を実施し、ス
ループット値を確認。

検証結果 –Pingによる通信接続性と IperfによるTCP/UDPのスループット値–

見通し外環境（麓）

1ホップ

距離：約230m

帯域幅：1MHz

設置高：5m

干渉対策：帯域制限をかける(上限32kbps)

※測定結果は10秒を3回
計測した平均値とした。
※黄色セルは目標達成

接続端末 総接続台数	1台目	2台目	3台目	4台目
1台	Ping : ○ TCP : 21.1Kbps UDP : 25.2Kbps			
2台	Ping : ○ TCP : 21.1Kbps UDP : 25.4Kbps	Ping : ○ TCP : 21.0Kbps UDP : 25.4Kbps		
3台	Ping : ○ TCP : 21.0Kbps UDP : 25.4Kbps	Ping : ○ TCP : 21.4Kbps UDP : 25.4Kbps	Ping : ○ TCP : 17.5Kbps UDP : 24.1Kbps	
4台	Ping : ○ TCP : 20.3Kbps UDP : 25.0Kbps	Ping : ○ TCP : 19.1Kbps UDP : 25.0Kbps	Ping : ○ TCP : 0.4Kbps UDP : 22.1Kbps	Ping : ○ TCP : 2.7Kbps UDP : 22.8Kbps

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目V

複数端末接続

目標：接続4台以上
で64kbps以上

結果と考察

- 複数端末接続試験の結果から4台接続した状態でPingを行うことが可能であった。
- UDPが4台同時接続を行ってもスループットが低下しなかったのに対し、TCPは3台以上の接続をした際にいずれかの端末のスループットが低下する現象を確認した。
- これはデータの送信タイミングの衝突が考えられる。
TCPの場合ではクライアントからアクセスポイント側への伝送だけでなく、アクセスポイント側からクライアント側の伝送も増加する。
上記理由からUDPでは伝送出来ていたデータがTCPでは速度が低下したと考えられる。
- 今回は複数端末接続時の干渉の影響を抑える目的で32kbpsの帯域制限を行ったため、目標スループットの64kbpsを達成することは出来なかった。

2 実証結果

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		
高度遭難者検索システム	I 音声/位置情報/テキスト/画像データの送受信	4種類(音声/位置情報/テキスト/画像)のデータ送受信が可能 送信から受信までの目標5分以内	中央集権型アプリケーション及び分散型アプリケーションによる各種アプリケーションの実行が可能であるか確認する。 <ul style="list-style-type: none"> 音声アプリケーションの実行[可/不] 位置情報共有アプリケーションの実行[可/不] テキスト共有アプリケーションの実行[可/不] 画像情報共有アプリケーションの実行[可/不] 各種アプリケーションのデータ送信から受信までの時間が5分以内であることを確認する。	音声アプリケーション実行が可能 位置情報共有アプリケーション実行が可能 テキスト共有アプリケーションの実行が可能 画像共有アプリケーションの実行が可能 送信から受信までが5分以内であること
	II 複数アプリケーションの同時実行	複数種類のアプリケーション通信(音声+他データタイプ等 2種類)の実施が可能	各種アプリケーションを同時に実行可能であることを確認する。 [音声アプリケーション +位置情報共有アプリケーション/ +テキスト共有アプリケーション/ +画像情報共有アプリケーション]	音声アプリケーションの実行、 +[位置情報共有アプリケーション実行] +[テキスト共有アプリケーションの実行] +[画像情報共有アプリケーションの実行]
	III 音声アプリケーション実行時のサービス品質/レイテンシ測定	3回のテストケースにおいて障害なくシステムが実行できること ヒアリングによる結果で高評価であること	[音声,位置情報共有,テキスト共有,画像共有]のアプリケーションに対して[中央集権型,分散型]の方式の両者場合におけるサービス品質の評価として複数回アプリケーションを実行し、障害の発生頻度をカウントする。 また、音声アプリケーションに関してはレイテンシ測定を実施する。 測定方法として音声通話を確立させた状態で、パルス波を一方の携帯端末から送信し、もう一方の携帯端末側で折り返すことにより生じたズレからレイテンシを測定する。 またWiresharkによるパケットキャプチャにて前キャプチャされたパケットからの秒数を確認することも併せて実施する。	3回のテスト検証において、アプリケーション実行が可能 天川村職員/捜索隊員へのヒアリングによる評価を実施 レイテンシが1sec以内であること

② 実証結果

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		
高度遭難者捜索システム	④ 空間ID位置情報と登山道とのマッチング率	マッチング率 90%以上	登山道を歩き、送受信される空間IDを記録し、地図上の登山道から外れたと認識される空間IDの個数を全ルート上の空間ID個数で割った値をマッチング率とする。	マッチング率90%以上 二次災害発生の有無等を認識可能であること

2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

高度遭難者捜索システム

検証ポイント

項目Ⅰ

音声/位置情報/テキスト/画像データの送受信

目標：4種類(音声/位置情報/テキスト/画像)のデータ送受信が可能
送信から受信までの目標5分以内

項目Ⅲ

音声アプリケーション実行時のサービス品質/レイテンシ測定

目標：3回のテストケースにおいて障害なくシステムが実行できること

検証結果Ⅰ,Ⅲ

3ホップ 帯域幅：1MHz 32Kbps帯域制限の条件下でアプリケーションの動作検証を行った

1回目

サーバー型 アプリの種類	中央集権型	分散型
音声通話	実行可否：○ レイテンシ：3.10sec サービスクオリティ：○	実行可否：○ レイテンシ：0.51sec サービスクオリティ：○
位置情報	実行可否：○ レイテンシ：2分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内
テキスト	実行可否：○ レイテンシ：1分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内
画像	実行可否：○ レイテンシ：2分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内

3回目

サーバー型 アプリの種類	中央集権型	分散型
音声通話	実行可否：○ レイテンシ：5.01sec サービスクオリティ：○	実行可否：○ レイテンシ：0.20sec サービスクオリティ：○
位置情報	実行可否：○ レイテンシ：2分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内
テキスト	実行可否：○ レイテンシ：1分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内
画像	実行可否：○ レイテンシ：1分以内	実行可否：○ レイテンシ：3分以内

2回目

サーバー型 アプリの種類	中央集権型	分散型
音声通話	実行可否：○ レイテンシ：2.59sec サービスクオリティ：○	実行可否：○ レイテンシ：0.21sec サービスクオリティ：○
位置情報	実行可否：○ レイテンシ：1分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内
テキスト	実行可否：○ レイテンシ：1分以内	実行可否：○ レイテンシ：1分以内
画像	実行可否：○ レイテンシ：1分以内	実行可否：○ レイテンシ：4分以内

実行可否
○：遅延なく送信可能
△：通信状態が不安定
×：通信できない

サービスクオリティ
○：一般的な通話と同じ
△：音声途切れる
×：使用不可

② 実証結果

b.技術検証

ソリューション

高度遭難者検索システム

検証ポイント

項目Ⅰ

音声/位置情報/テキスト/画像データの送受信

目標：4種類(音声/位置情報/テキスト/画像)のデータ送受信が可能
送信から受信までの目標5分以内

項目Ⅲ

音声アプリケーション実行時のサービス品質/レイテンシ測定

目標：3回のテストケースにおいて障害なくシステムが実行できること

結果と考察Ⅰ,Ⅲ

- 32kbpsの帯域制限をかけた状態における3ホップ環境下において、[音声/位置情報/テキスト/画像]データの送受信が可能であることを確認した。
またいずれの場合においても5分以内でのデータ伝送が可能であることを確認した。
- 中央集権型の音声アプリケーションにおいてはレイテンシが約3秒程度であり、インターネットへの外回線へ抜ける必要があることがレイテンシが大きくなった原因と考えられる。
- 一方、分散型の音声アプリケーションにおいてはレイテンシが約0.5sec程度であり、中継機に接続された小型PC上のサーバでのやり取りのみで済むためレイテンシが低いものと考えられる。
- これにより、分散型アプリケーションの優位性が示された。

2 実証結果

b.技術検証

ソリューション

高度遭難者捜索システム

検証ポイント

項目Ⅱ

複数アプリケーションの同時実行

目標：複数種類のアプリケーション通信(音声+他データタイプ等 2種類)の実施が可能

項目Ⅲ

音声アプリケーション実行時のサービス品質/レイテンシ測定

目標：3回のテストケースにおいて障害なくシステムが実行できること

検証結果

3ホップ 帯域幅：1MHz 32Kbps帯域制限の条件下で複数のアプリケーション同時実行の検証を行った

1回目

サーバー型 アプリの種類	中央集権型	分散型
音声通話+位置情報	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：○
音声通話+テキスト	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：○
音声通話+画像	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：○

2回目

サーバー型 アプリの種類	中央集権型	分散型
音声通話+位置情報	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：○
音声通話+テキスト	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：△
音声通話+画像	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：△

3回目

サーバー型 アプリの種類	中央集権型	分散型
音声通話+位置情報	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：○
音声通話+テキスト	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：△
音声通話+画像	実行可否：△ サービスクオリティ：×	実行可否：○ サービスクオリティ：△

実行可否
○：遅延なく送信可能
△：通信状態が不安定
×：通信できない

サービスクオリティ
○：一般的な通話と同じ
△：音声途切れる
×：使用不可

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

高度遭難者検索システム

検証ポイント

項目Ⅱ

複数アプリケーションの同時実行

目標：複数種類のアプリケーション通信(音声+他データタイプ等 2種類)の実施が可能

項目Ⅲ

音声アプリケーション実行時のサービス品質/レイテンシ測定

目標：3回のテストケースにおいて障害なくシステムが実行できること

結果と考察

- 中央集権型では音声データに加えて複数種類のデータ伝送を実施した結果、音声途切れてしまうことが多発し通話が成り立たなかった。
帯域制限を設けた関係上、中央集権型のアプリケーションでは十分にデータ伝送が出来ず音声通話が途切れてしまったと考えられる。
- 分散型では何度か音声途切れることがあったものの聞き取れるレベルで、音声通話を行いながら複数種類のデータ伝送が可能であった。
これは小型PC内にQoS制御機能を実装し、音声データを優先的に送信するようにしたためである。
- Wi-Fi HaLowの通信環境下ではこのように帯域制限及びQoS制御等によりデータ量やデータ種別ごとに最適な設定を行うことが重要であると考えられる。

② 実証結果

b. 技術検証

ソリューション

高度遭難者捜索システム

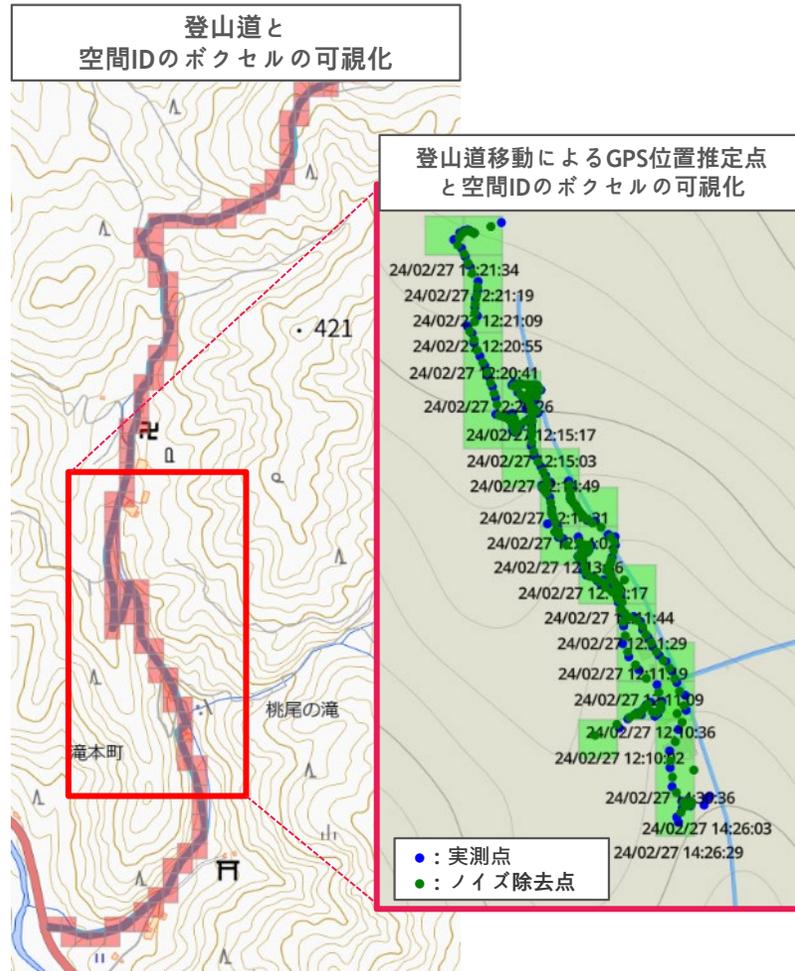
検証ポイント

項目IV

空間ID位置情報と登山道とのマッチング率

目標：90%以上

検証結果と考察



マッチング率算出方法

- ① 登山道の線情報を空間ID化
- ② スマートフォンを持ち、登山道を歩行（歩行時のGPSデータをストレージ）
- ③ GPSによる位置推定にカルマンフィルタを使用して、ノイズを除去
- ④ ノイズ除去後の位置の空間IDと登山道の空間IDのマッチングを行い、マッチング率を算出する。

※空間IDの1辺は20mで設定、徒歩で15-20秒移動できる距離として想定

マッチング率算出結果

行動ログの空間IDとマッチング集計の一部 集計結果

行動ログ空間ID	観測点数	登山道IDとのマッチング
Ag/oJAC0CBIGMADYAU	1	○
Ag/pjAC0CBIEgADYAU	1	×
Ag/pjAC0CBIFWADYAU	8	○
Ag/pjAC0CBIGMADYAU	1	×
Ag/q9AC0CBIEgADYAU	3	×
Ag/qQAC0CBIEgADYAU	2	×
Ag/qQAC0CBIFWADYAU	9	○
Ag/qQAC0CBIGMADYAU	3	×
Ag/rqAC0CBIFWADYAU	1	○
⋮	⋮	⋮

登山道とのマッチ数/測定数= マッチング率
219/243= 0.901

マッチング率90.1%

考察

結果は目標の90%以上のマッチング率を達成できた。マッチング率の低下はGPSの精度誤差によるものと考えられ、山や木々などでGPS電波が遮蔽、反射することが原因であると推測。対応方法としては移動速度、GPS精度情報からの統計的な修正や登山道データに対する幾何学的な補正などが考えられる。

2 実証結果

c.運用検証の概要

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		
可搬型Wi-Fi HaLow中継システム	I 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの展開の容易さ	実運用を想定して山岳救助隊員2名以上が本システムを10分以内で展開・運用	天川村役場等、通常施設にて山岳救助隊員に実際に可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの構築を行ってもらい、時間を計測する。展開の容易さ等について山岳救助隊員からのヒアリングを実施する。	設置運用マニュアルを作成。運用マニュアルに従って目標の達成が可能であること。
高度遭難者検索システム	I アプリケーションの操作性の容易さ	実運用を想定して担当者が端末アプリケーションを3回以上やり直しなく操作できること	【音声通話/位置情報共有/画像共有/テキスト共有】アプリケーションを用いて、情報共有操作を実施しサービス品質・操作性等について、天川村職員/山岳救助隊員からの品質に関する評価により検証。端末のアプリケーション等の運用に際して、検索時に活用することを想定し課題点を確認する。	アプリケーション操作マニュアルを作成。アプリケーション操作マニュアルに従って操作し、目標の達成が可能であること。
	II 危険位置のシステム登録によるユーザビリティ	登山道1つ以上をシステムへ登録し3名以上の担当者から運用上の改善項目を抽出	危険位置について天川村職員/山岳救助隊員へのヒアリングにより取得し、それに基づきながら地図データに対してマッピングを行う。 天川村職員/山岳救助隊員に操作してもらい、アプリケーション上で危険位置が確認できることを検証。漏れがないか、分かりやすいか等の運用に係る項目についてヒアリングを実施する。	登録した危険位置が正しくアプリケーションに表示出来ること。担当者が危険位置を把握できること。

IV実証

② 実証結果

c. 運用検証の内容

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証方法

- 実施日：2024年2月22日（木）
- 実施場所：天川村役場
- 実施時間：9:00 ～ 12:00
- 参加者：天川村役場職員 1 名、天川村山岳救助隊 4 名

検証の様子



検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムの展開
の容易さ

天川村役場等、通常施設にて山岳救助隊員に実際に可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの構築を行ってもらい、時間を計測する。展開の容易さ等について山岳救助隊員からのヒアリングを実施する。

※Wi-Fi HaLow中継システムの構築の手順については、補足資料「B.可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの展開手順書」を参照

※ヒアリングに用いたアンケート用紙など詳細については、補足資料「A.ヒアリング評価評価項目（1）」を参照

2 実証結果

c.運用検証の結果

ソリューション

可搬型Wi-Fi
HaLow中継システム

検証ポイント

項目 I

可搬型Wi-Fi HaLow
中継システムの展開
の容易さ

目標 :実運用を想定
して山岳救助隊員 2
名以上が本システムを
10分以内で展開・運
用

検証結果

2人1組(親機担当1名と子機担当1名)で作業を行い、作業開始から両者が作業完了するまでの時間を計測した。

作業完了までにかかった時間	
1組目	3分14秒
2組目	3分26秒

コメント

- 機材が大きすぎて実用的でない。小型化されれば使えると思う。
- 作業手順が多い。
- 防水・防風などの対策が必要。
- 山にポールを持って行くのはハードルが高い。あらかじめどこかに設置して置く形が良い。
- 山の麓からキャリア電波が入る場所まではポールを使用することは可能だと思う。川の上を飛ばせばある程度見通しも確保できる。

Q. 「可搬型Wi-Fi HaLow中継システム」で今回実証実験に用いた構成の展開・運用作業は容易であったと思いますか？

	とても 思う	やや 思う	どちら も いえ ない	あまり 思 わ な い	ま っ た く 思 わ な い
計	0	0	1	1	3

0%

結果と考察

- 展開・運用に要する時間は約3分20秒という結果となり、目標を達成した。
- 現在の機材のサイズと個数(Wi-Fi HaLow親機/子機 + 小型PC + モバイルバッテリー)は捜索活動時に携帯するには不便であるとの声が多く、機材の小型化が必要な課題である。
- 通信可能距離を伸ばすためにはアンテナを高く設置する必要があるが、ヒアリングの結果から、救助活動時にポールのような大型の機材を持って山に入ることは困難であるとの意見であった。
- 中継器の設置方法に課題があり、バルーンを使用する、木の枝に引っかける、あらかじめ設置しておくなど、今後対応策を検討していく必要がある。

IV実証

② 実証結果

c.運用検証の内容

ソリューション	検証方法	検証の様子
高度遭難者捜索システム	<ul style="list-style-type: none">実施日：2024年2月22日（木）実施場所：天川村役場実施時間：9:00～12:00参加者：天川村役場職員1名、天川村山岳救助隊4名	
検証ポイント	[音声通話/位置情報共有/画像共有/テキスト共有]アプリケーションを用いて、情報共有操作を実施しサービス品質・操作性等について、天川村職員/山岳救助隊員からの品質に関する評価により検証する。	
項目 I	端末のアプリケーション等の運用に際して、検索時に活用することを想定し課題点を確認する。	
アプリケーションの操作性の容易さ	※アプリケーションの操作手順については、補足資料「C.遭難者捜索支援システムの操作手順書」を参照 ※ヒアリングに用いたアンケート用紙など詳細については、補足資料「A.ヒアリング評価 評価項目（2）」を参照	



2 実証結果

c.運用検証の結果

ソリューション

高度遭難者捜索システム

検証ポイント

項目 I

アプリケーションの操作性の容易さ

目標：実運用を想定して担当者が端末アプリケーションを3回以上やり直さなく操作できること

検証結果

評価者の誤操作回数と追加質問数

→誤操作することなく、操作説明書だけでは分からない部分は適宜追加質問していただいたため、質問された回数を記載する

	誤操作回数	追加質問数
評価者 1	0回	0回
評価者 2	0回	0回
評価者 3	0回	3回以上
評価者 4	0回	2回
評価者 5	0回	0回

コメント

- ボタンが小さいので大きくしてほしい。
- このシステムが実現化すると本当に良いと思うが、操作などまだまだ複雑なので、より少ない動作で操作できるようにしてほしい。
- アプリ上でカメラを起動できるようにしてほしい。操作が分からなかった時のために画面共有機能が欲しい。

Q. 「高度遭難者捜索システム」アプリケーションの操作は容易であったと思いますか？

対策本部における作業	とてもそう思う	ややそう思う	どちらともいえない	あまりそう思わない	まったくそう思わない
計	1	2	1	1	0

60%

捜索班における作業	とてもそう思う	ややそう思う	どちらともいえない	あまりそう思わない	まったくそう思わない
計	0	2	2	1	0

40%

結果と考察

- 端末アプリケーションの誤操作は0回、追加質問は平均約1回/人という結果となり、目標を達成した。
- 捜索活動時には眼鏡を持って行かなかったり手袋をしていたりと、通常よりも操作が行いづらい状況にあるため、ボタンを大きくしたり操作手順を少なくしたり、ユーザビリティの改善が必要である。
- また、デジタル機器の操作に不慣れな隊員もいるため、操作の訓練や現地でのサポート機能追加などを行っていく必要がある。

IV実証

② 実証結果

c.運用検証の内容

ソリューション

高度遭難者捜索システム

検証方法

- 実施日：2024年2月22日（木）
- 実施場所：天川村役場
- 実施時間：9:00～12:00
- 参加者：天川村役場職員1名、天川村山岳救助隊4名

検証の様子

検証ポイント

項目Ⅱ

危険位置のシステム登録によるユーザビリティ

危険位置について天川村職員/山岳救助隊員へのヒアリングにより取得し、それに基づきながら地図データに対してマッピングを行う。

天川村職員/山岳救助隊員に操作してもらい、アプリケーション上で危険位置が確認できることを検証。漏れがないか、分かりやすいか等の運用に係る項目についてヒアリングを実施する。

※アプリケーションの操作手順については、補足資料「C.遭難者捜索支援システムの操作手順書」を参照

※ヒアリングに用いたアンケート用紙など詳細については、補足資料「A.ヒアリング評価 評価項目（3）」を参照



2 実証結果

c.運用検証の結果

ソリューション

高度遭難者捜索システム

検証ポイント

項目II

危険位置のシステム登録によるユーザビリティ

目標 : 登山道1つ以上をシステムへ登録し3名以上の担当者から運用上の改善項目を抽出

検証結果

Q. 「高度遭難者捜索システム」における二次災害抑制のための危険位置の機能について使いやすかったと思いますか？

危険位置登録作業	とてもそう思う	ややそう思う	どちらともいえない	あまりそう思わない	まったくそう思わない
計	0	2	1	2	0

40%

危険位置確認作業	とてもそう思う	ややそう思う	どちらともいえない	あまりそう思わない	まったくそう思わない
計	0	2	1	2	0

40%

コメント

- ボタンが小さいので大きくしてほしい。
- 現在位置と一緒に確認できるのは嬉しい。
- 操作をもっと簡単にしてほしい。
- 操作取り消し（削除）ボタンが分かりにくい。
- 危険位置を登録したあとに、コメントを入力できるようにしてほしい。（急ぎの場合いったん登録だけしておき、あとからコメントを入れたい）
- 他隊員が登録した情報が見れるのは嬉しい。
- 他サービスとも連携すれば、登山者への注意喚起情報としても利用できるのでは。

結果と考察

- 危険位置登録および確認が容易であるとの平均評価率は40%という結果となり、項目Iと同様、操作の簡易化を求める声が多かった。
- 複数の改善点を抽出できたため、改善を行っていく。
- 情報の蓄積を行うことで二次災害抑制に効果が期待でき、他サービスとの連携を行うことで登山者の遭難事故抑制にも繋がっていくことが期待できる。
- 次年度以降の実証において提供できる情報の充実化を図る。

■ 本実証における検証ポイントと結果

可搬型Wi-Fi HaLow中継システムにより、多段ホップを行うことで通信可能範囲を拡張できるという成果を得られた。

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察	
	項目	目標			
可搬型Wi-Fi HaLow中継システム	効果	I 通信可能範囲の評価	情報共有を行うのに有効であるとの評価率80%以上	<ul style="list-style-type: none"> × 実験結果の通信可能範囲は有効であるとの評価は20% 	<ul style="list-style-type: none"> 実用化に向けて2km以上の通信可能距離を求める声を頂き、さらなるソリューション改善検討が必要
	技術	I 可搬型Wi-Fi HaLowシステムのカバーエリア	距離 700m	<ul style="list-style-type: none"> ○ 見通し環境にて距離700mの接続確認 × 見通し外環境にて最大で距離200mまで達成 	<ul style="list-style-type: none"> 見通し環境では人の高さでも400mの接続可能 見通し外環境では障害物により通信距離は変化 障害物回避の中継の必要性を確認
		II Wi-Fi HaLow中継時のカバーエリア	距離 1.5km以上	<ul style="list-style-type: none"> △ 見通し環境は測定可能距離を1.1kmまでしか確保できず計測不能 × 見通し外環境では2中継で最大約550mまで達成 	<ul style="list-style-type: none"> 見通し環境で700m区間2中継すれば2km以上可能 見通し外環境では中継を多段化及び設置環境の最適化により長距離化可能
		III 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムのスループット値	スループット256kbps以上	<ul style="list-style-type: none"> ○ 見通し環境にてTCPスループット300~800kbps台確認 ○ 見通し外環境では距離100m条件で300~800kbps台確認 	<ul style="list-style-type: none"> 見通し環境では十分な通信速度を確保可能 見通し外環境では障害物により通信速度は変化 障害物回避の中継の必要性を確認
		IV ホップ毎のスループット値	スループット256kbps以上	<ul style="list-style-type: none"> ○ 見通し環境にて2ホップで300~450kbps、3ホップで150~180kbps台確認 × 見通し外環境では距離を優先させて帯域制限を行ったため、20kbps台確認 	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi HaLow機材同士の周波数干渉が発生し、ホップする毎にスループットは落ちていく傾向にある 干渉対策を行う必要性を確認
		V 複数端末接続	接続4台以上でスループット64kbps以上	<ul style="list-style-type: none"> △ 4台接続することは可能。帯域制限を行ったため、20kbps台確認。 	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi HaLow機材同士で同時送信時に衝突が発生。接続する毎にスループットは落ちていく傾向にある。干渉対策を行う必要性を確認
運用	I 可搬型Wi-Fi HaLow中継システムの展開の容易さ	山岳救助隊員2名以上が10分以内で展開・運用	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 展開・運用に要する時間は平均約3分20秒 	<ul style="list-style-type: none"> 実際に山林で展開する際は持ち運ぶため、機材の小型軽量化を求める声が多く、実装にて対策予定 	

■ 本実証における検証ポイントと結果

高度遭難者捜索システムにより、捜索活動の効率化と二次災害抑制が期待できるとの成果を得られた。

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察	
	項目	目標			
高度 遭難者捜索 システム	効果	I アプリケーションの有効性評価	活動効率化と二次災害抑制に有効評価率80%以上	<ul style="list-style-type: none"> ◎ アプリケーションの有効性の平均評価率は90% 山岳救助隊へのヒアリングでは、救助作業が変わり改善するので今すぐ欲しいと高評価であった 	
	技術	I 音声/位置情報/テキスト/画像データの送受信	4種類データ送受信が可能 送信から受信まで5分以内	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 帯域制限を行った場合でも約5分以内での送受信を確認。サービスクオリティに問題なし。 	<ul style="list-style-type: none"> 帯域制限、QoS制御、データ同期機能の対策稼働することでWi-Fi HaLow多段中継にて送受信可能
		II 複数アプリケーションの同時実行	複数アプリケーション通信の実施が可能	<ul style="list-style-type: none"> △ 分散型アプリケーションにおいて音声途切れることがあったが、複数アプリケーション実施可能 	<ul style="list-style-type: none"> 分散型アプリケーションでは音声途切れることがあったが、QoS制御により、音声と他データ種別の同時送信が可能。
		III 音声アプリケーションのサービス品質/レイテンシ測定	3回のテストケースにおいて障害なく実行できること	<ul style="list-style-type: none"> ○ 分散型アプリケーションにおいてレイテンシ0.5sec程度 テスト3回中、障害なく実行可能 	<ul style="list-style-type: none"> 分散型アプリケーションとQoS制御により、低レイテンシの通話が可能であり、Wi-Fi HaLow環境下における分散型の有効性を確認
IV 空間ID位置情報と登山道とのマッチング率		マッチング率 90%以上	<ul style="list-style-type: none"> ○ 行動ログと登山道のマッチング率は90.1% 	<ul style="list-style-type: none"> 結果はGPS精度に依存。 行動ログにノイズフィルタリングをかけることでマッチング率を向上させることが可能 	
運用	I アプリケーションの操作性の容易さ	端末アプリケーションを3回以上やり直しなく操作	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 端末アプリケーションの誤操作は0回、追加質問は平均約1回/人という結果となり、目標を達成 	<ul style="list-style-type: none"> より少ない動作で操作できるようにして欲しいとのことで実用化が望まれる状況 	
	II 危険位置のシステム登録によるユーザビリティ	登山道1つ以上登録、3名以上から改善点抽出	<ul style="list-style-type: none"> ○ 天川村遭難多発の行者還岳を登山道として1つ登録 ○ 天川村役場職員1名、山岳救助隊4名にてヒアリング ○ 改善点を複数抽出 	<ul style="list-style-type: none"> 危険位置登録および確認の平均評価率は50%という結果、操作の簡易化の要望が多く対応していく予定 	

■ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

実際の搜索活動での効率化安全性向上が特に課題であり、今後は本格的な活用導入に重点的に取り組んでいく

	残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
実装に 向けて	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可搬型Wi-Fi HaLow中継システム ● 実際の遭難多発地域での実証実験 	<ul style="list-style-type: none"> ● 積雪の無い時期にて奈良県天川村での実証実験を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2025年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● 中継器の最適な設置位置の迅速な把握 	<ul style="list-style-type: none"> ● 事前調査でWi-Fi HaLow通信可能エリアを空間IDにて記録し、最適配置位置決定を支援する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ、CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2025年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● ネットワークの迅速な展開の促進 	<ul style="list-style-type: none"> ● Wi-Fi HaLow対応端末の小型化により機材軽量化を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2025年度
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高度遭難者搜索システム ● ユーザビリティの向上 	<ul style="list-style-type: none"> ● UIの改良、操作手順の削減を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ● CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2025年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● 汎用性の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ● 遭難者搜索用に関係するオープンデータ、外部サービスを組み込むための汎用性を確保させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2025年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● 収益性と追加機能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 他の地域、遭難者搜索関係者・機関のヒアリングによる収益性の可能性の確認、必要機能の追加。 	<ul style="list-style-type: none"> ● CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2025～2026年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● ノウハウの蓄積と見える化 	<ul style="list-style-type: none"> ● データの蓄積による遭難者搜索のノウハウの蓄積と見える化を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2025年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● アプリケーションの通信方法の多様化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信方法の多重化や安定した運営環境の確保のノウハウの確立させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ、CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024～2026年度
	<ul style="list-style-type: none"> ● マーケティング、収益モデルの確立 	<ul style="list-style-type: none"> ● 全国展開を模索し、搜索時間の短縮や遭難者自体を減らすことなどで自治体収益を改善させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ、CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2025～2026年度
	横展開に 向けて	<ul style="list-style-type: none"> ● 奈良県内への横展開 	<ul style="list-style-type: none"> ● 本年度の展示会および会合でのプレゼンテーションデモを基盤にさらに普及活動を展開していく。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ、CubeEarth
<ul style="list-style-type: none"> ● 他地域および他目的への横展開 		<ul style="list-style-type: none"> ● 2027年度以降はこれまでの実績を元に、全国自治体および他目的への横展開を検討していく。 	<ul style="list-style-type: none"> ● シャープ、CubeEarth 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2027～2028年度

4 実証スケジュール

赤：計画から追加・変更のあったもの



5 リスクと対応策

	リスク		対応策
	項目	概要	
実証	機材の故障による実験機材不足	機材納入は予定通り入手できたが、移動しながらの測定確認中に機材が起動しない、電波出力が低下するなどの故障が発生し、実験で使用する機材数が不足となる問題が発生した。	機材数が足りなくても進めていける実験項目を優先するようにスケジュール調整を実施し、機材の修理が完了しだい機材数を必要とするホップ試験を実施する方法で対応した。また、故障原因についてもメーカーに特定（電源ICの破壊、アンテナ内部配線の断線）してもらい、機材の取り扱いにて予防策を講じた。
実証	積雪による実証場所の通行止め	実証試験先である天川村周辺の登山コースは本実証の実施時期において、例年積雪による通行止めの可能性があったため、別の実証場所を検討する必要があった。	天川村と同様、木々によって見通しのない環境での検証が可能な奈良県天理市を実証地域として選定し、雪の影響がない龍王山と大国見山の2山を事前調査検討した結果、遭難環境の観点から登山道が険しい大国見山を選定し実証実験を実施した。
実装計画の具体化	想定以上の通信不良によるサービスクオリティの低下	想定ではWi-Fi HaLow中継器を最大3ホップすることで1.5~2.0kmの通信を可能としているが、木々などの障害物により想定よりも各1ホップの通信可能領域が小さくなったため、実装計画の再検討が必要となった。	実環境では通信可能領域拡大が難しい環境があると予想される結果となったため、さらにホップ数を増やすことで対応することや、麓からではなく中間地点から上空通信接続を確保し上空通信が難しい環境でWi-Fi HaLow中継器を利用するなどの柔軟な活用方法の検討を実施することを実装計画に追加した。
成果のとりまとめ	報告書作成の遅延	悪天候や機材の故障および最新通信技術における試行錯誤のための再試験が発生し、想定より通信実験に日程を要したため全体に遅れが発生した。そのため、実験データ不足に陥り報告書の作成遅延が発生した。	通信実験チームを道路測定および山測定の2班に分けて、平行して実験の遅れを挽回する策をとった。実証試験中には逐次データを確認・評価することで、優先的に取得するデータを決めて対応し、順次データを埋めていく対応で報告書の作成を進めた。

6 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

通常時

週次進捗報告

- 開催方法：週次
- 方法：メール
- 体制：全構成員
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 緊急時でない課題の共有
 - 実装・横展開に向けた課題の炙り出し
 - 次週の予定共有

月次進捗報告

- 開催方法：月次
- 方法：メール、必要に応じてWeb会議
- 体制：全構成員
- アジェンダ
 - 同上

緊急時

課題発生時の情報共有

- 実施条件：全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度：問題発生当日中
- 方法：メール、必要に応じてweb会議開催
- 体制：課題に関わる構成員全員

対策を立案・実行する体制

対策方針の議論・決定

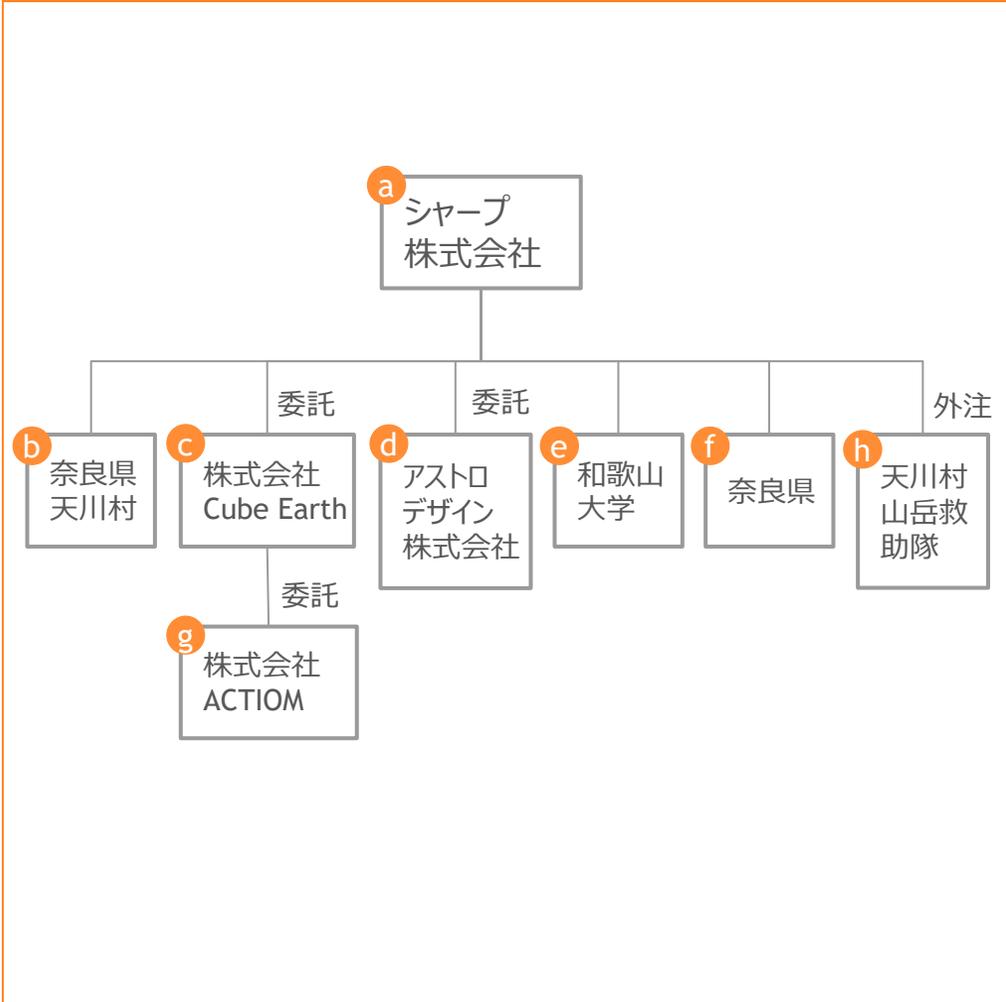
- 実施条件：進捗が予定よりも遅れた場合
- 頻度：1月に1回 (緊急性が高い場合、発生から1週間以内)
- 方法：Web会議
- メンバー：関係する全構成員

対策方針の議論・決定

- 実施条件：全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度：問題発生から1週間以内
- 方法：Web会議
- メンバー：関係する全構成員

7 実証の実施体制

実施体制図



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a シャープ株式会社	プロジェクトの全体管理 ネットワークシステム開発・構築 横展開検討	8名×390時間	研究開発本部 リサイ ティイノベーション研究所 第二研究室/新本
b 奈良県天川村	実証場所の提供 検証協力	-	総務課/中窪
h 奈良県天川村 山岳救助隊	登山ルートでの山岳救 助レクチャー 検証作業協力	4名×5日間程度	山岳救助隊/東
c 株式会社 Cube Earth	アプリケーションの仕様 作成・開発	4名×430時間	代表取締役/武田
d アストロデザイン株 式会社	通信システム環境構築 映像作成	3名×60時間	モバイル事業部/兒玉
e 和歌山大学	次世代無線技術にお けるオブザーバー	-	システム工学部/宮本
f 奈良県	オブザーバー	-	デジタル戦略課/津田
g 株式会社 ACTIONM	アプリケーションの開発 実装	2名×140時間	代表取締役/大内

① 実装・横展開のスケジュール

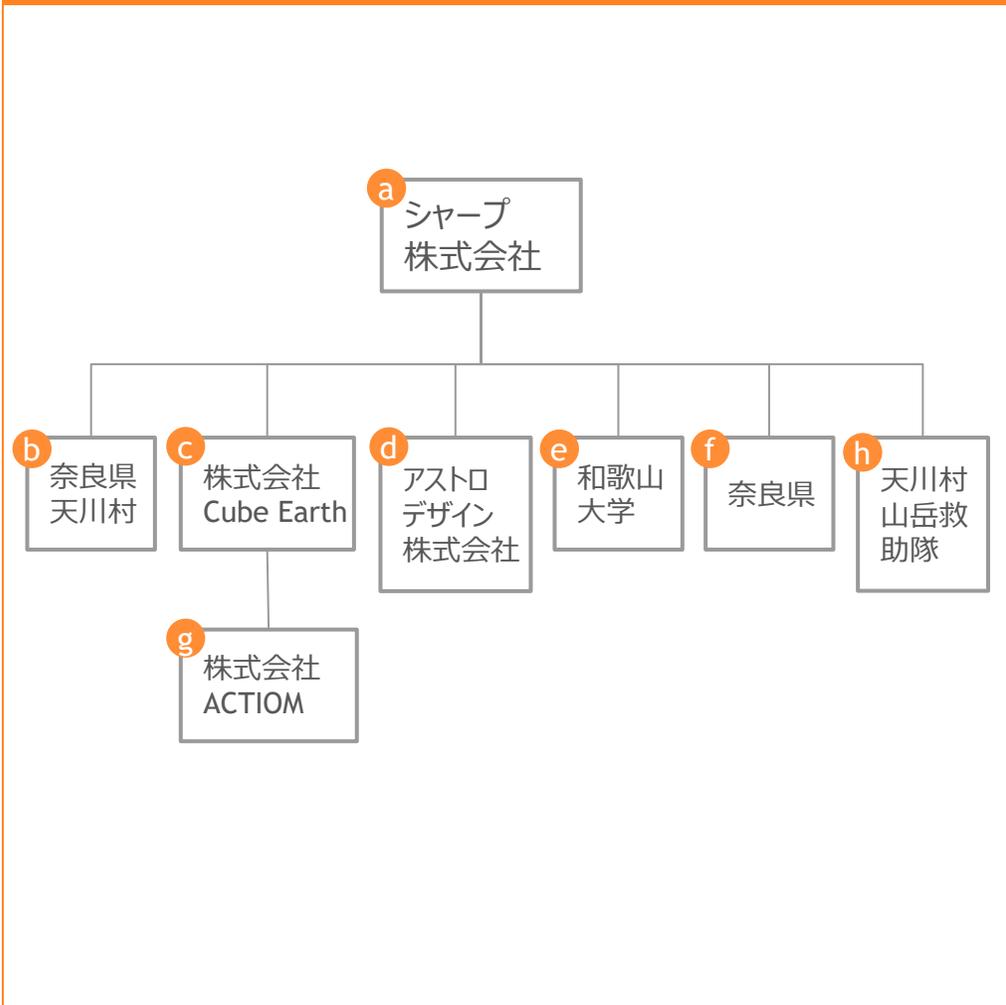
a.実装化に向けて来年度以降、高度遭難者捜索システムの実用化を行う

2024~2025	2025~
実装	横展開
<ul style="list-style-type: none">○実際の登山道での実装、動作検証 2023年度においては、本実証の時期が天川村の入山禁止期間となってしまったため、2024年以降の登山シーズン初旬にテスト運用を行う。○高度遭難者捜索システムの操作性向上 効果検証において有効性に高評価を頂いたが、ユーザビリティに課題が残っている。UIや操作手順の削減を行い、操作性を向上していく。○Wi-Fi HaLow対応端末の小型化 山岳救助隊からの要望もあり、機材の小型軽量化を実施する。また、アンテナポールや電源バッテリーなどの重量物は実態にあった大きさおよび形状のものに変更し、運用を確認する。○通信可能距離の伸長検討 中継機の通信システムおよび機材の再検討を行い、通信可能距離のさらなる拡大を可能とする。○高度遭難者捜索システムの実用化 横展開に向けた各種実用化の準備を行う。<ul style="list-style-type: none">・ 関係団体,消防庁,警察庁と意見交換・ 他用途への応用模索・ 既存登山サービスと連携交渉・ 山岳遭難保険との連携模索	<ul style="list-style-type: none">○県内近隣自治体への横展開 専門会合や前年度の実装を通じ、県内の近隣自治体にも実際に触れていただく機会を設け、2025年度～2026年度には近隣自治体への横展開も図っていく。○全国自治体への横展開 2027年度以降はこれまでの実績を元に、全国自治体への横展開も積極的に実施。人命救助への大きな貢献を図っていく。○高度遭難者捜索システムの一般化 様々なサービスと連携し、有益かつ利用しやすいシステムにする。<ul style="list-style-type: none">・ 既存登山サービスと連携・ 山岳遭難保険と連携・ 消防庁、警察庁との連携・ 他用途への横展開○導入運用コスト削減 初期コストおよびランニングコストの削減効果を上げていく。<ul style="list-style-type: none">・ セット販売やシェアリングによる初期コスト削減・ 機材小型化やUI改善による保守費用削減など

1 実装・横展開のスケジュール

b.実装の体制

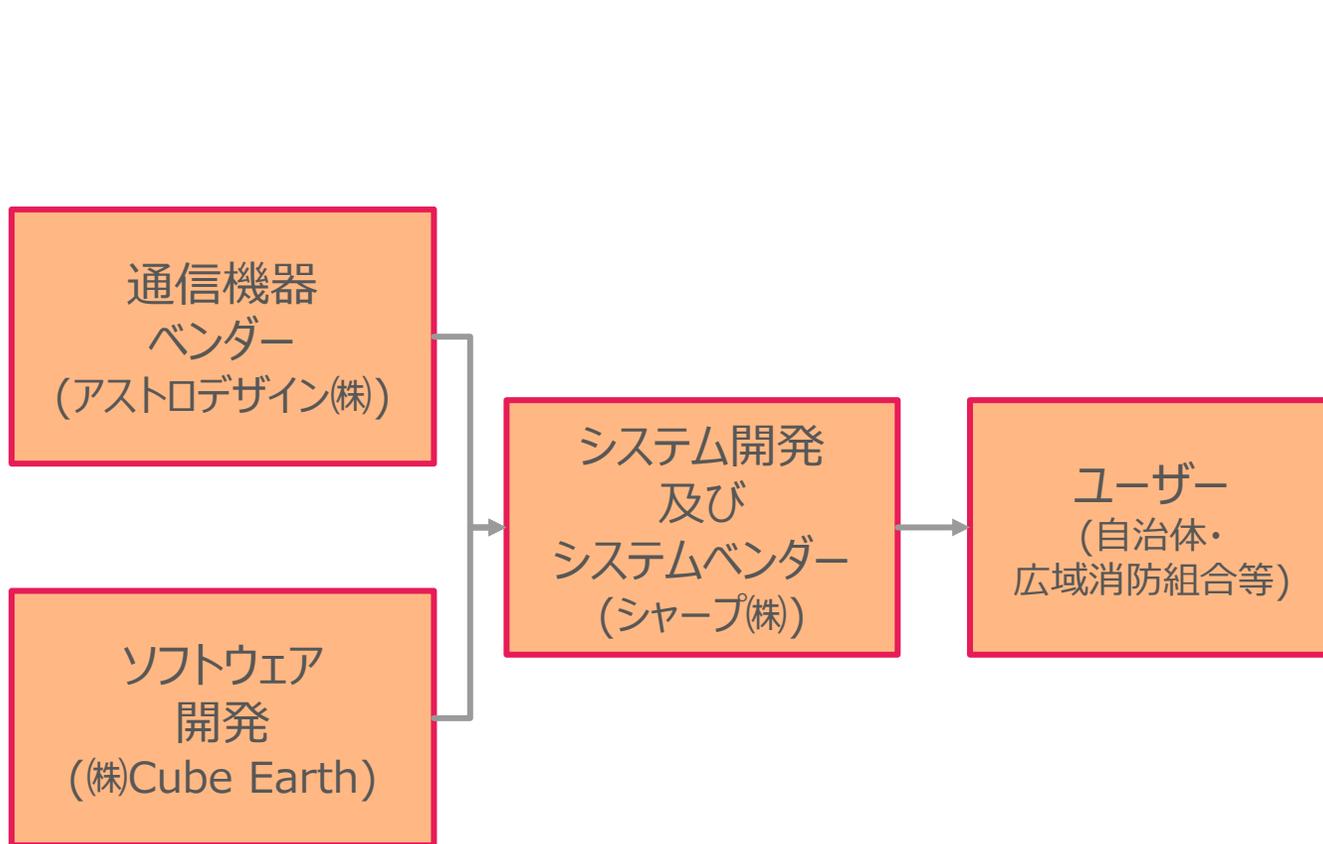
実施体制図



団体名	役割	リソース
a シャープ株式会社	本事業全般の管理、統括業務 システムネットワークの開発・構築 実装通信エリアの構築検証 本ソリューションの横展開推進	15名
b 奈良県天川村	実装試験場所の提供 本システムの実装協力	2名
h 奈良県天川村山岳救助隊	システムの実用性評価・フィードバック 実装用アプリケーションの実用性・フィードバック	2名
c 株式会社 Cube Earth	アプリケーションの開発 実装用アプリケーションのフィードバック改善	6名
g 株式会社 ACTIONM		
d アストロデザイン株式会社	通信システム環境構築	3名
e 和歌山大学	次世代無線技術におけるオブザーバー 実装・横展開におけるアドバイザー	1名
f 奈良県	横展開におけるアドバイザー	5名

1 実装・横展開のスケジュール

c.ビジネスモデル



概要

システム開発およびシステムベンダーを担うシャープが中心となり、通信機器ベンダーのアストロデザイン、およびソフトウェア開発のCube Earthと連携し、本システムのセット化を図り、ユーザーである自治体や広域消防組合などへ販売する。

収益化モデル

システムセット単価は約275万円程度で、2025年以降の量産化を予定している。25年度に1団体、以降年毎に倍のセットを販売する想定で、2028年までに15団体以上での利用を想定している。

費用負担

24年度までは地域デジタル基盤活用推進事業費および自治体からの災害対策費などを通じての開発を見込み、25年度以降は量産化とし、各自治体が本システムを購入し、運用することを想定している。

3 他地域への横展開の方策

対象 (地域・業界団体等)	現在の検討状況	今後の取組予定	効果の見立て
奈良県の自治体	奈良県デジタル戦略課と連携し、令和6年2月に2件（デジタルメッセ奈良、市町村参加勉強会）の本実証プレゼンを実施。アンケートを実施した結果をまとめる。（V④ 普及啓発活動 参照）	実証の結果を元に、自治体および捜索隊等の横連携を活用して、実装が完了する予定の2025年度より具体的なシステム導入の協議を開始する	ソリューションを奈良県で共同利用することで、機材コスト2%削減可能となり、年間利用料を2～5%削減することが可能
遭難リスクが高い登山コースを有する全国自治体や消防庁、警察庁	令和4年度夏季の山岳遭難の都道府県別統計データでは、奈良県は20位であり、1位の長野県をはじめ近隣の和歌山県など非常に多くの都道府県で同様の課題がある	奈良県下での実装が目星がついた段階で県外への具体的な導入の協議を開始し、該当する全国自治体への取り組みの紹介やヒアリング調査等を実施する	ソリューションを全国で共同利用することで、機材コスト6%削減可能となり、年間利用料を6～15%削減することが可能
山岳地帯を商業エリアとして有する地域団体や企業	山岳地帯にあるインフラシステムへの交通経路などの災害時における緊急点検において、本実証同様に一時的通信エリア構築ソリューションにて連携し検討している段階	山岳地帯を有する地域団体や企業へ、実証により構築したシステムの別用途への応用展開の働きかけを2025年度より進め、2026-27年度に実証を行う	システムを別用途に全国展開することで、機材およびサービスの共同利用効果で機材コストおよび年間利用料合わせて30%削減することが可能
山岳遭難保険サービス提供企業 山岳遭難対策サービス提供企業 登山情報提供サービス提供企業	サービス提供内容の確認と事業連携の可能性を継続評価	本ソリューションの営業・広報活動、各種サービス連携とデータ連携により、山岳遭難捜索支援用の汎用指揮システムとしての全国的な導入について協議を開始する	山岳遭難保険の加入率増加、遭難事案発生時の死亡率の低下、発見時間の短縮(72時間の壁内の発見率の増加)、捜索者のべ投入時間の削減

4 普及啓発活動

本年度の取り組み概要

A.「専門会合」（2023年12月15日実施）にて技術勉強会をコンソーシアムメンバーを中心に実施した。

奈良県内の展示会および勉強会に2件参加し、デモ並びにプレゼンテーションを実施した。

B.「デジタルメッセ奈良」（2024年2月8日実施）

C.「令和5年度デジタル社会推進研究会第3回第3分科会」（2024年2月16日実施）

D.「実証視察会」（2024年2月19日実施）にて、デモ並びにプレゼンテーションを実施した。

（本来であれば天川村で実施すべきであるが、登山エリアは積雪により入山禁止のため、同県天理市のシャープ事業所で実施）

E.「本実証のデモ映像」を制作。

山間での実証中の通信実験や課題解決手法などを多数撮影し、コンソーシアムメンバーのアストロデザインにおいて5分程度に映像編集を実施した。

今後の取組予定

得られたコメントは今年度だけでなく、次年度以降の実装へフィードバックしていく。

県外の同種のDX展示会などにも積極的に出展を試み、多くの自治体に本システムの魅力をアピールする。

今回の実施に際しては電波利用免許申請が不要なので、他自治体でのデモも実施していく。

2024年度以降に発生する各イベントなどにて公開することで、積極的に本案件の横展開を図る。

効果

知見を共有することにより、次年度以降の実用化に向けて、より良いシステムへのアプローチを考えるきっかけとなった。

実際に捜索隊の業務効率や人命救助に直接的に貢献できる事例をアピールすることで、より多くの自治体に採用していただけると考える。

システムの手軽さなどもアピールできると考えており、他自治体での運用もイメージして頂きやすい。

映像動画によるプレゼンテーションは非常にわかりやすく、難しい技術情報を伝えやすく、利用しやすい。

4 普及啓発活動

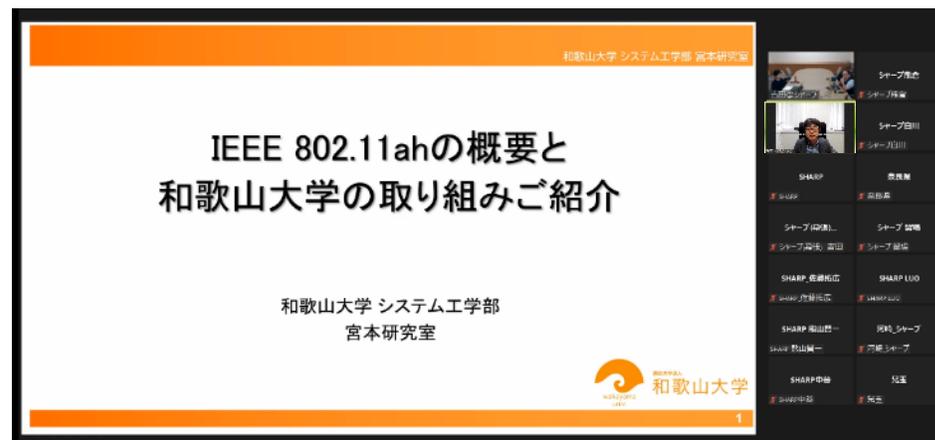
A. 専門会合

- 実施日：2023年12月15日（金）
- 場所：オンライン（Zoom）
- 主催：シャープ
- 出席団体、企業：
和歌山大学、奈良県デジタル戦略課、
Cube Earth、シャープ

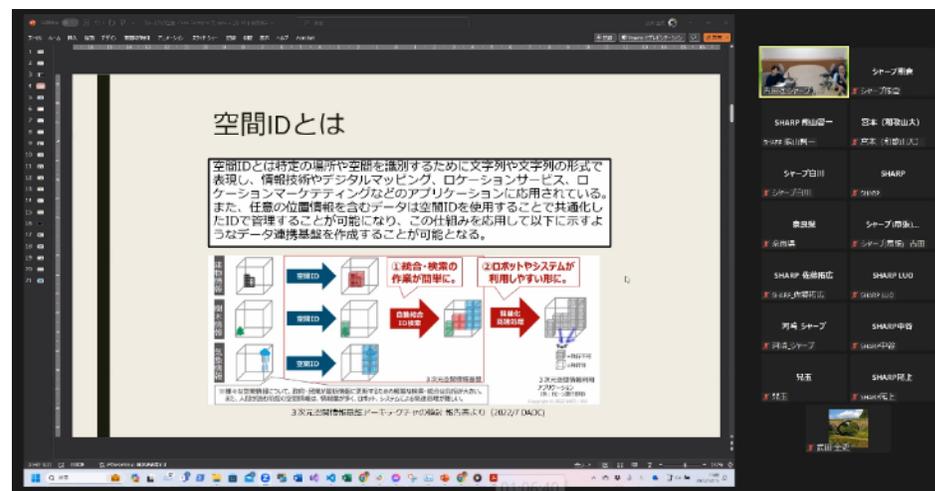
➤ 内容

本実証の中心技術であるWi-Fi HaLow(IEEE802.11ah)と空間IDについて、コンソーシアムメンバーを中心に知見共有と専門性を高めるため、勉強会を開催し活発な意見交換が行われた。

- 「IEEE 802.11ahの概要と和歌山大学の取り組みご紹介」
和歌山大学 宮本教授より、Wi-Fi HaLowの詳細と取り組み状況、活用ノウハウについてのご説明頂いた。
- 「スタートアップ企業CUBE EARTHについて」
CubeEarth 武田社長より、空間ID技術の技術詳細と有効性およびこれまでの活用事例についてご紹介頂き、本実証に向けて作成中のアプリケーションのプロトタイプをデモ頂いた。
- 「実証進捗報告」
実証実験の進捗報告と天川村山岳救助隊との視察、Wi-Fi HaLowの課題と今後の対応について議論した。



和歌山大学のWi-Fi HaLowの取り組みをオンラインで紹介する様子



CubeEarthの空間IDの取り組みをオンラインで紹介する様子

4 普及啓発活動

B. デジタルメッセ奈良

- 実施日：2024年2月8日（木）
- 場所：奈良県コンベンションセンター
- 主催：奈良県
- 出席団体、企業：主に県内外の自治体
- <https://digitalmesse.pref.nara.jp/nara>

➤ 内容

自治体、奈良県内の事業者向けソリューションの展示会にて、本実証の取り組みについてプレゼンテーションを実施した。ブースにて説明用のポスターなどを展示し、本実証の個別説明および現在の最新のローカル5G機材の状況を提供した。



各種ポスターなどの展示
本実証および過去の実証事例
についても展示。



本実証取り組みをプレゼンテーションする様子



ブースには多数の方が来場し実証内容を説明



インスタント5Gネット
ワーク災害監視システム
の展示
ローカル5G機材の最新
状況も提供。

4 普及啓発活動

B. デジタルメッセ奈良

➤ アンケート結果

Q1. 今回出展しております「遭難者捜索における捜索隊の効率的かつ安全な捜索活動支援」の取組み内容について、どのように思われましたか？

	非常に意義があると思う	ある程度意義があると思う	あまり意義がないと思う	よくわからない	無回答
計	36	5	0	0	0

Q2. 今回出展しております「遭難者捜索における捜索隊の効率的かつ安全な捜索活動支援」について、どのようなご興味を持たれましたか？

	詳しい話が聞きたい	少し興味がある	あまり興味がない	よくわからない	無回答
計	11	28	0	0	1

Q3. 2で「詳しい話が聞きたい」「少し興味がある」に○を付けて頂いた方にお伺いします。

特にどの技術にご興味がありますか？ ※複数回答可

	山岳遭難者捜索活動支援システム全般	Wi-Fi HaLow活用	捜索支援アプリ
計	15	27	12

コメント

- 災害時に即座にネットワークを構築できることが魅力に感じた。
- Wi-Fi HaLowなど、次世代無線通信技術について知ることができた。
- 災害や遭難以外の利用用途についても提案してほしい。
- 大規模イベント時など、輻輳が懸念される場面で主催者側の必要とする情報（警備員やボランティアの配置など）の通信手段として使用したい。
- マラソン開催時、何台かの自転車にAEDを乗せて走者と並走している。このアプリケーションをAEDと救護班の位置を把握するのに使いたい。
- 放置林や畑の管理に使用したい。
- 災害や遭難などの支援が求められる現場に有効な技術活用ができていて感動しました。

4 普及啓発活動

C. 令和5年度デジタル社会推進研究会第3回第3分科会

- 実施日：2024年2月16日（金）
- 場所：オンライン（Zoom）
- 主催：奈良県地域デジタル化推進協議会
- 出席団体、企業：奈良県市町村

➤ 内容

奈良県市町村で構成される第3分科会にて招待されプレゼンテーションを実施、本実証の取り組みについてご意見を頂いた。
講演内容は右の2件である。

- 「次世代無線通信技術を活用した山岳遭難者捜索活動支援の取り組みについて」

本実証の取り組みについて紹介。

- 「ドローンを活用した遭難者捜索支援の実証について」

ソフトバンク様より、ドローンを活用したLTE照射装置にて特定地域をエリア化するソリューションについて、観音峰山（天川村）にて実施した実証実験の取り組みについて紹介。

4 普及啓発活動

D. 実証視察会

- 実施日：2024年2月19日（月） 13:00～15:00
- 場所：シャープ総合開発センター天理事業所
（Zoomによるハイブリッド開催も実施）
- 出席団体、企業：
総務省 地域通信振興課デジタル経済推進室
近畿総合通信局、天川村、天理市、奈良県、
和歌山大学、Cube Earth、シャープ、BCG
早稲田大学（オンライン）

➤ 内容

- 本実証内容の説明
 - 本実証主旨説明（シャープ 新本）
 - 通信技術説明（シャープ 中谷）
 - アプリ技術説明（Cube Earth 武田）
- デモの実施
 - 可搬型Wi-Fi HaLow中継システム展開のデモ
 - 機材セッティング方法のご説明
 - Wi-Fi HaLow疎通確認など
 - 高度遭難者捜索システム操作のデモ
 - 現在位置の確認
 - 撮影した画像の送信など



実証視察会の会合の様子



実証視察会の技術説明の様子



デモの様子



オンライン配信の様子

4 普及啓発活動

D. 実証視察会

➤ 質疑応答の内容

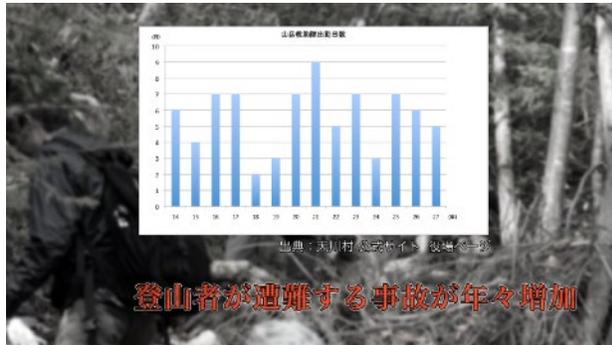
- 本部と捜索班の情報連携についてWi-Fi HaLowの対策本部と繋がらないといけないのか？
→ 直接Wi-Fi HaLowと繋がる必要はなく、キャリアの電波があるところまで繋がっていればよい。そこからは対策本部にLTE経由で飛ばす。
- 見通しの悪いところは200mのところでは中継機を配置しなければならないのは基地局配置は現実的か？中継機をどこにおけばいいのか簡単に判るものか？
→ 実証では電波強度を見ながら設置場所を決めたが、実際に山岳救助隊員が行うのは難しいと考えている。
どこまで電波が飛ぶのかを事前調査でマッピングし、設置場所をあらかじめ決めておくのが現実的と考えている。
- 事前調査をしてからだと導入のハードルが高い。ぱっと使えるようになるためにどうすればよいか考えているか？
→ 事前調査が無くてもノウハウ蓄積によって中継機の設置場所を推定できるようなシステムが必要になってくると考えている。
今後の対策案：来年度に予定している天川村での実証試験において事前調査を行い、中継器の設置場所を決定する。
その結果を元に、中継器設置場所を推定できるシステムの構築について計画を策定していく。
- 山岳救助隊の方が中継機を持って捜索を行うことへの負担はどうなのか？
→ ポールが最も負担になる可能性がある。中継器をバルーンに取り付ける、木の枝にひっかける等の工夫が必要と考えている。
今後の対策案：次年度以降、機材の小型化について検討を進める。
- 256kbps程度の速度で画像伝送はできるのか？
→ アプリケーションの内部で画像をリサイズしているので送れる。
- コスト面が心配。民間企業の取り組みとして実装できるよう、コスト面の話はしっかりしてほしい。
→ 調査を行いながら検討していく。デジタルメッセ奈良で許容金額調査したので、そちらも検討材料にしていく。
今後の対策案：横展開先をさらに広げ、コストを下げる仕組みを模索していく。
- 遭難者に関して年間10件程度しかないのか？アプリケーションの利用頻度がどの程度あるのか？
→ 年に2回ほど訓練を実施するので、遭難事故が発生しなかったとしても利用機会は最低2回程度ある。
- 他地域への展開予定は？(組織体へのアプローチ予定は?)
→ 他組織としては広域消防や警察等にアプローチを行う予定。
今後の対策案：次年度以降、広域消防および警察へのアプローチを行い、連携体制を整える。

4 普及啓発活動

E. 本実証のデモ映像

➤ 概要

本実証の技術情報および効果をわかりやすく伝えるため、説明用のデモ映像を制作した。
2024年度以降に発生する各イベントなどにて公開することで、積極的に本案件の横展開に活用していく。



課題の説明



山岳救助活動の様子



ソリューションシステムの説明



ソリューションの説明



遭難者捜索スマートフォン画面



高度遭難者捜索システムの説明

■ 実証や普及啓発活動を通して、導入側から得られた声

青字：効果的とのコメント
赤字：不足があるとのコメント

発言者 (自治体・企業・団体等)

内容

奈良県天川村

- 免許不要である点で導入がしやすい。
- 現場の情報がリアルタイムに分かるので、事後の報告や今後の予定作成にかかる時間(経費)を削減できる。
- **イニシャルコスト・ランニングコストをできるだけ下げてほしい。**
- **広域消防や警察とも連携し、広く使用していただけるものにしてほしい。**

天川村山岳救助隊

- このシステムがあれば、情報伝達手段がトランシーバーのみの現状から大きく変わる。
- 正確な報告ができるようになり有難い。
- **機材が大きいため小型化が必要。**
- **通信可能範囲が狭い。**
- **アプリケーションの操作性を向上してほしい。**

奈良県

- 免許不要な点、フレキシブルに通信環境を構築できる点、他の省電力通信方式と比べて伝送速度が大きく用途が広い点でメリットがある。
- **見通しとアンテナ高が求められる点や通信可能範囲に関してはまだ改善が必要と思われる。**
- **天候不良時などに通信範囲が変わるのかについても、今後検証を行ってほしい。**
- 検索範囲や危険個所を位置情報とともに共有できるアプリケーションになっており、良いと思う。
- **動作速度や、操作回数については改善が必要。**

デジタルメッセ奈良来場者

- 災害時に即座にネットワークを構築できることが魅力に感じた。
- **災害や遭難以外の利用用途についても提案してほしい。**
- 大規模イベント時など、輻輳が懸念される場面で主催者側の必要とする情報（警備員やボランティアの配置など）の通信手段として使用したい。
- マラソン開催時、何台かの自転車にAEDを乗せて走者と並走している。このアプリケーションをAEDと救護班の位置を把握するのに使いたい。