

■原著論文 (ノート)

飯舘村におけるフィールド Wi-Fi 拡張実験

Field Wi-Fi Extension Experiment in Iitate Village

溝口 勝¹, 板倉 康裕²Masaru MIZOGUCHI¹, Yasuhiro ITAKURA²

要旨: 福島県飯舘村深谷地区にある「あいの沢オートキャンプ場」は村外からの利用者も多い人気スポットである。しかし、周囲が山林に囲まれているために携帯電話の電波が入らず、利用客から Wi-Fi を使えるようにしてほしいとの要望が絶えない。本論文では、市販の Wi-Fi 中継器を適切に設定配置する方法により「宿泊体験館きこり」の Wi-Fi をキャンプ場とイベント広場に拡張する実験について紹介する。そして、中山間地の多い日本の農業農村地域における通信インフラ整備について考察する。

キーワード: フィールド Wi-Fi, 中山間地域, 中継器, 通信インフラ, キャンプ場

Abstract: The Ainosawa Auto Camping Site in the Fukaya area of Iitate Village, Fukushima Prefecture, is a popular spot with many visitors from outside the village. However, because it is surrounded by mountains and forests, there is no mobile phone signal, and there are constant requests from visitors for Wi-Fi access. This paper introduces an experiment to extend the Wi-Fi of the Lodging Experience Centre Kikori to the campsite and event plaza by using a commercially available Wi-Fi repeater with appropriate settings. The paper then discusses the development of communication infrastructure in Japan's agricultural and rural areas, which are often located in mountainous regions.

Key words: Field Wi-Fi, mountainous area, repeater, communication infrastructure, campsite

I. はじめに

福島県飯舘村深谷地区にある「あいの沢オートキャンプ場」と「イベント広場」は村外からの利用者も多い人気スポットである (図 1)。しかし、周囲が山林に囲まれているために携帯電話の電波が入らず、利用客から Wi-Fi を使えるようにしてほしいとの要望が絶えない。溝口ら (溝口 2022, 川澄ら 2023, 溝口ら 2023, 溝口ら 2024) は複数の Wi-Fi 中継器を適切に配置することにより、飯舘村佐須地区や松塚地区で農家の個人宅の Wi-Fi をフィールドに拡張し、屋外用防犯 Wi-Fi カメラを使って作物の生育状況や動物の出没パターンをモニタリングする方法を研究してきた。本論文では、こうしたフィールドに拡張された Wi-Fi を「フィールド Wi-Fi」と定義し、同様の方法で「宿泊体験館きこり」の Wi-Fi をキャンプ場とイベント広場に拡張する実験について紹介する。そして、中山間地の多い日本の農業農村地域における通信インフラ整備について考察する。

II. 実験の方法

飯舘村深谷地区には一般財団法人飯舘村振興公社が運営する宿泊体験館きこりや農業体験館きりがある。宿泊客はこの施設館内に設置された Wi-Fi を使ってインターネットにアクセスできる。きこり本館 2 階の多目的ルームには Wi-Fi 電波強度を改善するために LAN ケーブル経由の AP (アクセスポイント) が設置されている。

本実験では個別に用意したルータをこの LAN ケーブルに接続し、Wi-Fi の利用周波数帯を屋外利用が認められている (総務省, 2024) 2.4GHz 帯と 5.6 GHz 帯に限定し、コントローラー (OC200, TP-Link 社) と屋外用 AP (EAP225-Outdoor, TP-Link 社) を接続した。この屋外 AP には PoE 対応の LAN ケーブルにより電源が供給され、カスケード方式で親 AP を含めて最大で 4 台まで AP を展開できる。

1 キャンプ場ルート

親 AP (K0) を多目的ルームのベランダの手すりに固定し (図 2), K0 から見通せるキャンプ場につながる道

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科 ² (有) ミサオネットワーク

¹ Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo ² MisaoNetwork Ltd.

Corresponding Author*: mizo@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

2024 年 7 月 17 日受理

飯舘村におけるフィールド Wi-Fi 拡張実験

路脇の位置に子 AP (K1) を設置した (図3)。ただし、この位置では 100V の一般電源が使えないので 100W の太陽光パネルで充電した電源 BOX から K1 に給電した。さらに、キャンプ場から 100V 電源を確保し、PoE 対応の LAN ケーブルを子 AP (K2) と子 AP (K3) に繋ぎ、多目的ルームからキャンプ場まで K0→K1→K2→K3 という経路 (図1) で Wi-Fi を拡張した。また、K2→K2-1 経由でこれまで Wi-Fi が使えなかったあいの沢管理事務所にも Wi-Fi を拡張した。そして、キャンプ場炊事場と管理事務所玄関に防犯用屋外 Wi-Fi カメラ (E1 Outdoor, Reolink 社) を設置した。

2 イベント広場ルート

K0 から見通せる農業体験館きらりの建物の端に別ルートの子 AP (P1: 建物から 100V 電源を確保) を設置し (図4)、そこからため池越しのイベント広場に子 AP (P2: 広場のトイレから 100V 電源を確保) を設置し、K0→P1→P2 という経路 (図1) で Wi-Fi を拡張した。そして、広場の駐車場に防犯用屋外 Wi-Fi カメラ (Argus ECO, Reolink 社) を設置した。

AP の接続状況と AP 間の Wi-Fi 信号強度(dBm)は Omada クラウドコントローラー (TP-LINK OC200, TP-Link 社) 用のスマホアプリで簡単に確認できる (図5)。また、Omada の PC 用ソフトを使うと各 AP がどのルートでどのくらいの速度でインターネットに繋がっているかを一覧できるトポロジーマップや AP に繋がっているスマホの台数の時間変化などの統計データも表示できる。

III. 結果と考察

1 Wi-Fi カメラによる通信の確認

フィールド Wi-Fi の通信は現場に設置した屋外用 Wi-Fi カメラによって確認できる。図6は Wi-Fi カメラがとらえたキャンプ場の炊事場 (左) とイベント広場の駐車場 (右) のリアルタイム画像の一例である。これらの画像は PC やスマホアプリからいつでも見ることができる。カメラに micro-SD を入れておけば PIR 検知機能により動画が記録され、それを手元で再生したり、ダウンロードしたりできる。カメラの感度を適度に調節すれば人物・動物・車を特定できるので防犯対策になる。

2 Wi-Fi の接続と信号強度の確認

表1は AP 間の信号強度、図7はあいの沢 Wi-Fi のトポロジーマップである。信号強度は距離が遠かったり、途中で枝葉があったり、雨が降っていたりすると低下する。現地に AP を設置する際には見通しを確認して AP のアンテナの高さや向きに注意しながら最適な場所を選ぶことが重要である。また、屋外用 AP のアンテナは任意に角度を変えることができるが、長期間設置しているうちに風雨で角度が変化してしまい信号強度が低下することがある。こうした信号強度の低下を避けるためには、アンテナの角度が変化しないように2本のアンテナをガムテープなどで予め固定して設置すると良い。その他に、Wi-Fi カメラの通信状態が悪い場合には延長ケーブルを使ってカメラのアンテナを高くするだけで通信状態を改善できる。

3 キャンプ場の Wi-Fi ユーザー数

図8は7月1日から7月25日の間にキャンプ場の AP (K3) から Wi-Fi を使った利用者数の統計である。キャンプサイトは15区画あるが、Wi-Fi 利用者は7日 (6名)、14日 (15名)、21日 (6名) の日曜日に多い。

4 使用した主な機器・機材と概算費用

本実験で使用した機材と概算費用を表2に示す。これらの物品はどれもネット購入できるもので、2024年7月現在の参考価格である。ただし、K1 に設置した電源 BOX は現在開発中の試作品なので表2に記載していない。この電源 BOX は太陽光パネル (100W) とリチウムイオン電池 (LiFePO₄, 50A) で構成され、PoE を実現するための昇圧回路とインジェクターを搭載している。重量は 10kg 程度で簡単に持ち運びができるので、AP の設置場所を探索する際にも大変便利である。

IV. 農業農村地域における通信インフラ整備

日本には中山間地域が多く、山林に囲まれた農業農村地域の通信インフラ整備を阻んでいる。本実験では、典型的な中山間地域である飯舘村において数百メートルスケールで AP を複数台繋ぐことで既設のインターネット Wi-Fi を拡張できることを実証した。

本実験と同様に AP (EAP225-Outdoor, TP-Link 社) を利用した屋外 Wi-Fi 拡張実証実験については、東京型スマート農業プロジェクトがあり、「最新 Wi-Fi 技術による圃場・ハウスの見える化」という資料が公開されている。

(公益財団法人東京都農林水産振興財団/groxi 株式会社 2024) この資料には AP や Wi-Fi カメラの設置方法や導入コスト等についても丁寧に説明されている。しかし、この研究は東京都内の農家の母屋と農業ハウス (40m 程度および 200m 程度) を Wi-Fi で繋ぐ実証事例であり、本実験のように数百メートルを複数の AP で繋いで Wi-Fi を拡張する方法については紹介されていない。

農林水産省は 2020 年度から「農業農村インフラの管理の省力化・高度やスマート農業の実装を図るとともに、地域活性化を促進するため、情報通信環境の整備を支援する事業」(農林水産省, 2024) を実施しているが、残念ながら中山間地域の情報通信環境整備については具体的な対応策を示していない。また、今年の前日に発生した能登半島地震では、通信障害などで被害の把握に困難があったとの認識も示されている。(林官房長官会見, 朝日新聞デジタル 2024)

こうした状況の中、本論文で紹介した複数の AP を繋ぐ方法は、既存のインターネットを導入できる地区であれば、設置の簡便さや導入コストの面から中山間地域の農地でスマート農業を展開するための有望なインフラとなり得る。また、能登半島のような人里離れた山奥にあるため池を管理したい場合には、本論文で紹介した電源 BOX から給電する K1 方式で、空への視界が開けた場所にスターリンク衛星インターネットアンテナを設置し、その基地局から複数の AP を展開して Wi-Fi を拡張すれば、監視カメラや気象を含む各種 IoT センサーを使ってため池を総合的にモニタリングできるようになる。同様に、今後の人口減少・高齢化の進展によって予見される中山間地域における農村集落の機能維持や地域資源保全(北陸農政局, 2024) にもこの方法が使えるだろう。

V. おわりに

本実験では導入済みのインターネットを複数の屋外用 AP を適度な間隔で繋ぐことによってキャンプ場やイベント広場に Wi-Fi を拡張できることを実証した。これまでインターネット導入が難しかった僻地(人里離れた山奥や離島など)であってもスターリンク衛星インターネットと AP を電源 BOX とをセットで使うことで Wi-Fi の拡張が可能である。中山間地域における今後のフィールド Wi-Fi のさらなる展開と活用が楽しみである。

謝辞:

本実験は福島イノベーション・コースト構想推進機構が実施している「大学等の「復興知」を活用した人材育成基盤構築事業」の一環で実施した。また、本実験を実施するにあたり飯舘村役場や一般財団法人飯舘村振興公社の方々にも多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

【専門用語解説】

カスケード方式: 複数のスイッチやハブを連結してネットワークを拡張する方法

スターリンク衛星インターネット: スペース X 社の衛星ネットワークによるインターネットサービス

フィールド Wi-Fi: 自宅からフィールドに拡張された Wi-Fi (本論文で定義した)

ルータ: ネットワーク間でデータを転送し、インターネット接続を管理する装置

信号強度(dBm): デシベルミリワット、電波信号の強さを表す単位

AP (アクセスポイント): 無線 LAN の接続拠点となる装置 (本実験で採用した AP を初期設定のまま屋外で使うと違法になるので設置前に総務省が認めている 2.4GHz と 5.6GHz に設定した)

LAN ケーブル: 有線でネットワークデバイスを接続するためのケーブル

micro-SD: 小型のフラッシュメモリーカード、データの保存に使用

PIR 検知機能: 赤外線を使って人や動物の動きを検知する技術

PoE (Power over Ethernet): LAN ケーブルを通じて電力を供給する技術

参考文献

朝日新聞デジタル 2024. 「人命救助のめど」目前、政府も被害の全容わからず自衛隊員を倍増.
<https://www.asahi.com/articles/ASS1376J6S13UTFK00F.html> (最終閲覧日: 2024 年 7 月 16 日)

川澄大樹・張テイ・杉野弘明・溝口勝 2023. PIR カメラを用いた中山間地域における動物モニタリング手法の開発. 復興農学会誌. 3 (2). 46.

公益財団法人東京都農林水産振興財団/groxi 株式会社 2023. 最新 Wi-Fi 技術を活用した圃場モニタリング～屋外 Wi-Fi 導入ガイド～. <https://www.tokyo-aff.or.jp/uploaded/attachment/11182.pdf> (最終閲覧日: 2024 年 7 月 16 日)

総務省 2024. 電波利用ホームページ, https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/ (最終閲覧日: 2024 年 7 月 16 日)

農林水産省 2024. 農業農村における情報通信環境整備の推進について.

飯舘村におけるフィールド Wi-Fi 拡張実験

https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/jouhoutsuushin/jouhou_tsuushin.html (最終閲覧日: 2024年7月16日)
 北陸農政局 2024. 集落のミライズを描いてみよう! ~人×ICT ではじめる農村地域づくり~.
https://www.maff.go.jp/hokuriku/nouson/syurakuict_miraizu.html (最終閲覧日: 2024年7月16日)
 溝口勝 2022. 第3のインフラ整備をリードする農業農村情報研究部会. 水土の知, 90(11), 873-876.
 溝口勝・板倉康裕・小林知史 2023. 中山間地域における WiFi-LoRa メッシュネットワーク中継システムの試作. 農業農村工学会全国大会講演要旨集, 29-530.
 溝口勝・板倉康裕 2024. 飯舘村における長距離 WiFi メッシュネットワーク農場の実証実験. 農業農村工学会全国大会講演要旨集, <https://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/public/nd24-2.pdf> (最終閲覧日: 2024年7月16日)



図1 あいの沢における Wi-Fi 拡張経路 (AP の配置図)
 Google Earth 上に AP の設置場所をプロット



図2 きこり 2 階の多目的ルームのベランダの手すりに固定された AP (K0)



図3 キャンプ場につながる道路脇のAP (K1) と電源BOX



図4 農業体験館きりりの建物脇のAP (P1)



図5 スマホによる通信確認



図6 防犯用 Wi-Fi カメラによってリアルタイムに撮影されたキャンプ場の炊事場 (左: EI Outdoor) とイベント広場の駐車場 (右: Argus ECO) の画像

表1 AP間の距離 (m)と信号強度 (dBm)

| | | | | | | | |
|-----------|----|-------|----|-------|----|------|------|
| キャンプ場経路 | K0 | <100> | K1 | <205> | K2 | <42> | K3 |
| 信号強度(dBm) | | -60 | | -74 | | -67 | |
| 管理事務所経路 | | | | | K2 | <70> | K2-1 |
| 信号強度(dBm) | | | | | | -72 | |
| 公園広場経路 | K0 | <105> | P1 | <290> | P2 | | |
| 信号強度(dBm) | | -60 | | -64 | | | |

<数字>はAP間の距離 (m) 信号強度(dBm)は天候によって±2程度変動する
P1-P2間のため池越しに290m離れているが、間に木がないために-64dBmと信号強度が強い。

飯舘村におけるフィールド Wi-Fi 拡張実験

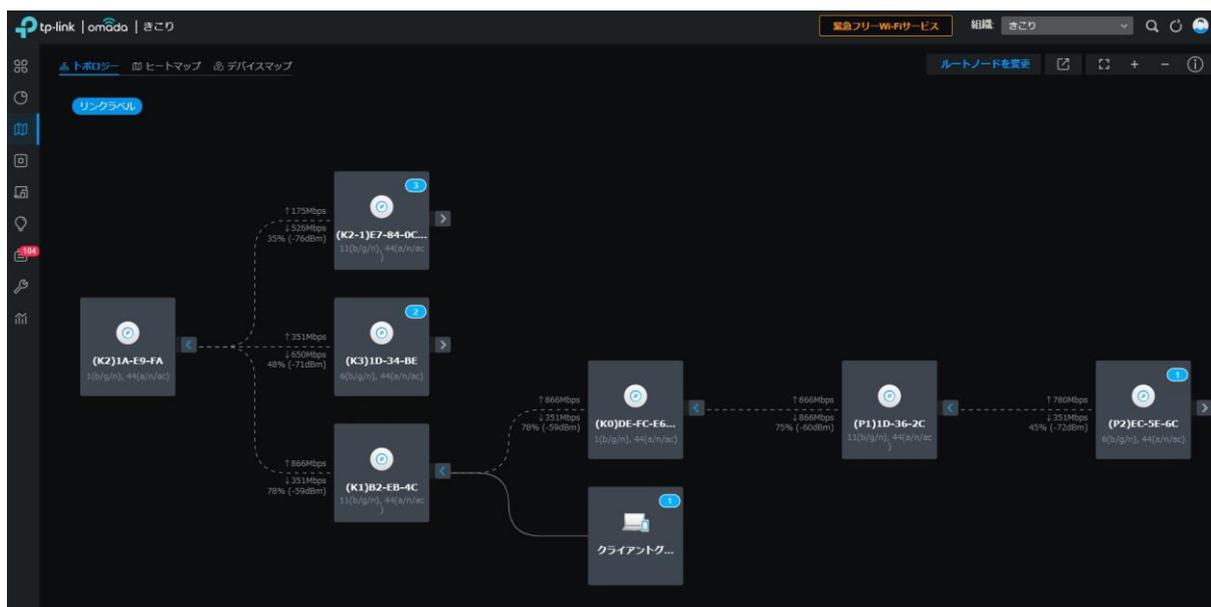


図7 あいの沢 Wi-Fi のトポロジーマップ (Omada の PC 用ソフト画面)

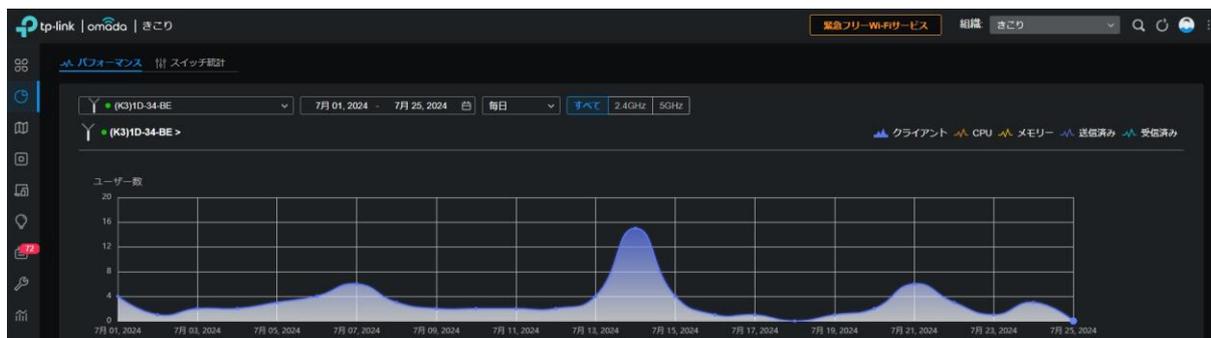
図8 キャンプ場における Wi-Fi 利用者数 (Omada の PC 用ソフトによる7月の統計結果)
7月7日 (6名), 14日 (15名), 21日 (6名) の日曜日に利用者数が多い。

表2 本実験で使用した主な機器・機材と概算費用

| | 種別 | 機種 | 数量 | 単価(参考) | 合計 |
|---|------------------|----------------|----|---------|----------|
| 1 | 無線アクセスポイント (屋外用) | EAP225-Outdoor | 7 | ¥22,300 | ¥156,100 |
| 2 | コントローラー | OC200 | 1 | ¥17,980 | ¥17,980 |
| 3 | WiFi無線LANルーター | WSR-1166DHPL2 | 1 | ¥3,980 | ¥3,980 |
| 4 | 防犯カメラ | Argus ECO+SP | 2 | ¥9,000 | ¥18,000 |
| 5 | 防犯カメラ | E1 Outdoor | 3 | ¥13,000 | ¥39,000 |
| 6 | LANケーブル(20m) | CAT6A | 2 | ¥1,710 | ¥3,420 |
| 7 | LANケーブル(10m) | CAT6A | 4 | ¥1,370 | ¥5,480 |
| 8 | 単管パイプ | φ48.6mm, 1.5m | 4 | ¥900 | ¥3,600 |
| 9 | 単管支柱台 | コンクリート製 | 1 | ¥1,590 | ¥1,590 |
| | 合計 | | | | ¥249,150 |
| | 注：記載した機器や部材は参考価格 | | | | |