JANOG58

景観保護のための空間光通信（FSO）活用事例
～松山城周辺の観光を支える次世代インフラ～

2026年7月16日

株式会社愛媛CATV　土居 誉伸（doi@e-catv.ne.jp）
株式会社愛媛CATV　堀内 貴行（ta.horiuchi@e-catv.ne.jp）
NTTアドバンステクノロジ株式会社　畠山　豊（yutaka.hatakeyama@ntt-at.co.jp）
NTTアドバンステクノロジ株式会社　藤原 稔（jin.fujiwara@ntt-at.co.jp）

自己紹介

藤原　稔
NTTアドバンステクノロジ株式会社
光ビジネス部門　光プロダクツ担当

東京生まれの東京育ちで、東京ヤクルトスワローズのファン歴40年。馬券は買わないけど競馬大好き。ラヴズオンリーユーの2026への出資が叶い、一口馬主デビュー。

光ネットワークにおける様々な課題を解決し、光ネットワーク社会の効率化や安全に貢献することが目標。

土居　誉伸
株式会社愛媛CATV 技術局技術部

愛媛県の農家の育ち

電気や無線の分野に興味をもち、大学では電気工学を専攻する。愛媛CATVへ入社後、同軸・FTTH線路設備の運用保守や地域BWA・ローカル5G基地局の設計・構築に携わる。現在は、施工会社の技術指導や安全指導を行っている。JANOGは初登壇

堀内　貴行
株式会社愛媛CATV 技術局技術部

愛媛県松山市出身
2017年～中国地方のISP
2023年～愛媛CATV
担当業務はFTTH、社内LANなど。入社後、いろいろな機器のリプレイス対応中。3SNOG実行委員。JANOGはJANOG52（長崎）で初参加。登壇は初

畠山　豊
NTTアドバンステクノロジ株式会社
光ビジネス部門　光プロダクツ担当

横浜育ち。
学生時代から光通信分野に携わり、現在に至る。クリーンルームで光導波路デバイスを作製したり、SiPhデバイスの光学評価などがルーツ。最近は2人の子の世話に追われて超朝型に移行中（4時半起きが常態化）JANOG54（奈良）で初参加。登壇は初。

目次

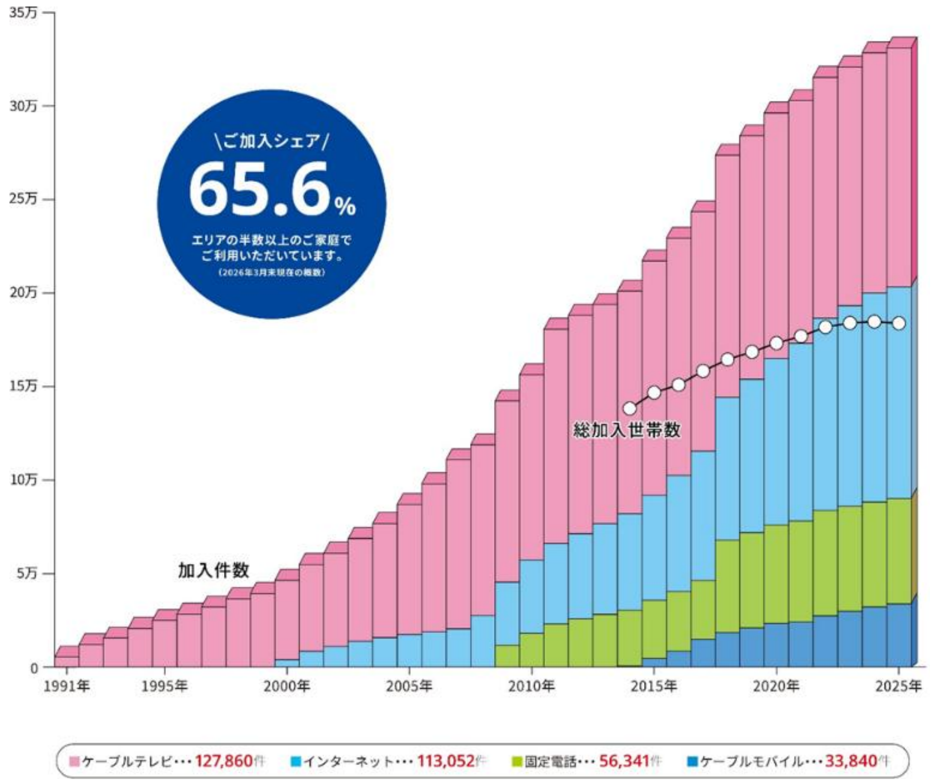
1. 松山城周辺のネットワーク更改検討
2. 光ファイバ代替通信インフラの選定経緯
3. 現場でのFSO設置作業
4. FSO導入後の実運用データ
5. 議論のポイント

1. 松山城周辺のネットワーク更改検討

愛媛CATVについて

社名　株式会社愛媛CATV
所在地　＜本社＞
〒790-8509 愛媛県松山市大手町1丁目11-4
＜愛南局＞
〒798-4131 愛媛県南宇和郡愛南町城辺甲228-1
設立　1989(平成元)年8月22日
開局　1991(平成3)年10月1日

サービスエリア　**愛媛県内３市４町**
（松山市、東温市、伊予市、砥部町、松前町、久万高原町、愛南町）

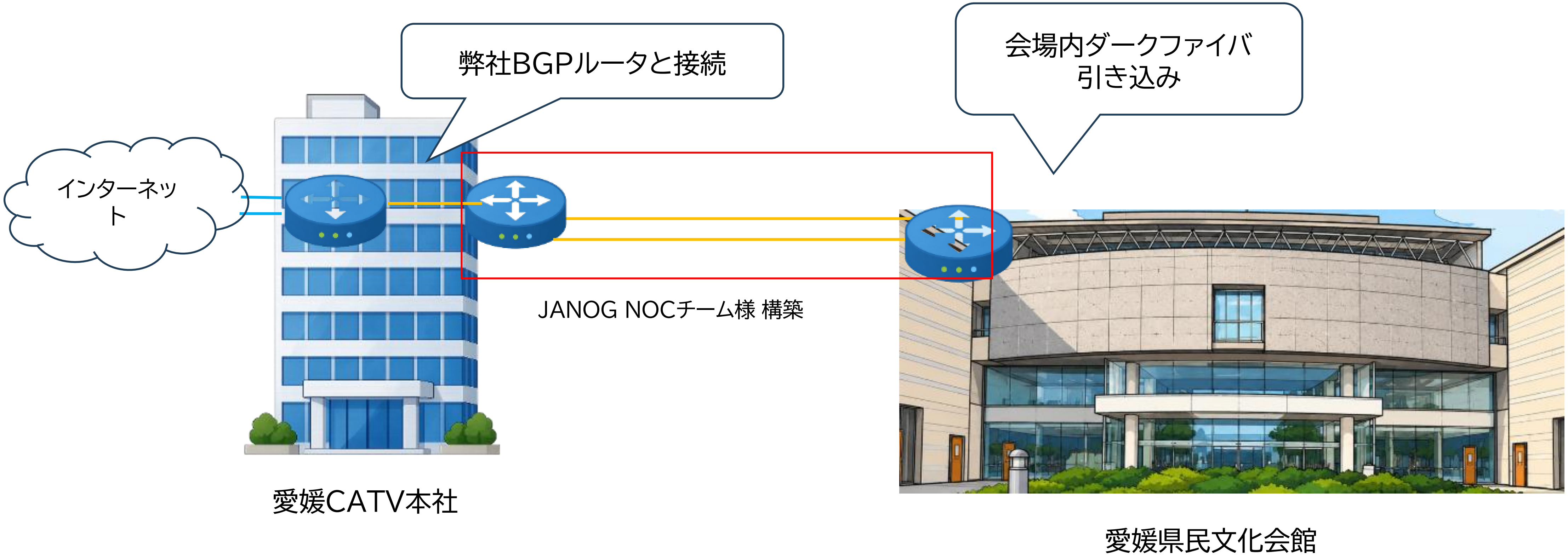


主な提供サービス

- ・ケーブルテレビ
- ・ケーブルインターネット
- ・IP電話（050）
- ・FTTH映像、インターネットサービス
- ・ピカラ愛媛CATV光ねっと、光電話
- ・フレッツ＋愛媛CATV
- ・BroadBand松山（広域イーサネット）
- ・KDDIケーブルプラス電話
- ・スマートテレビ
- ・エリアワンセグ放送
- ・タブレットサービス
- ・ケーブルアクトビラ
- ・Jリーグオンデマンド
- ・えひめFree Wi-Fi
- ・ケーブルモバイル（MVNO）
- ・地域オリジナル4Kチャンネル
- ・ひかりTV with 愛媛CATV
- ・インテリジェントホーム（IOT）
- ・高度化地域BWA
- ・事業所内保育所（松山市認可）
- ・国体全放送
- ・医療・教育ch放送
- ・まつりch放送
- ・4K BS放送
- ・電力事業
- ・PHR提携
- ・VODサービス
- ・5G

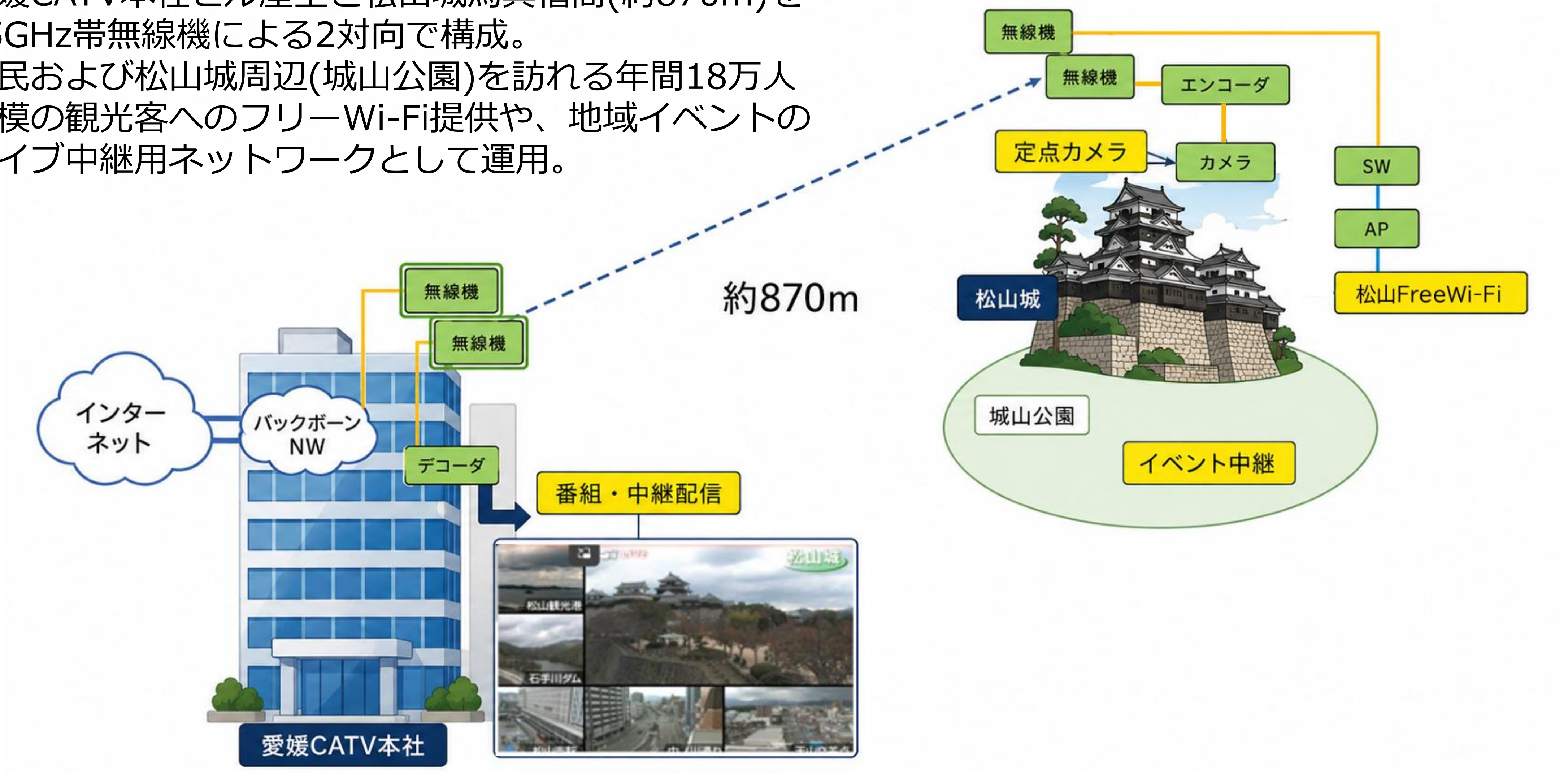
JANOG58 会場NWとの関わり

Network sponsor
愛媛県民文化会館への回線引き込み、NOCチーム様構築の会場NWを
弊社BGPルータと接続してインターネットへ



松山城周辺のネットワーク

愛媛CATV本社ビル屋上と松山城馬具櫓間(約870m)を25GHz帯無線機による2対向で構成。
市民および松山城周辺(城山公園)を訪れる年間18万人規模の観光客へのフリーWi-Fi提供や、地域イベントのライブ中継用ネットワークとして運用。



松山城周辺の課題

これまで使用していた25GHz帯の無線機器がEOSとなったため、更改を検討。
将来的なWi-Fi 7導入を見据えた大容量化と、映像伝送に耐えうる低遅延・高安定な回線の確保が要件となったが・・・

松山城周辺は、歴史的景観保護の観点から**光ファイバーの新規敷設が困難**

光ファイバーの代替となる通信インフラの選定が課題

2. 光ファイバ代替通信インフラの選定経緯

代替通信インフラの検討

施工・運用面の観点から、**”免許不要”**であることが望ましい。

これまでの25GHz帯と同じ感覚で扱え、且つ免許不要である
“60GHzミリ波無線機”の導入を検討。
ミリ波無線機メーカーのシミュレーションによる推定スループット
は約400Mbpsであったが・・・。

60GHz帯 ミリ波無線の特徴	
電波法上の扱い	免許不要（技適のみ）
通信距離	1～2km
最大通信速度	1Gbps ～ 2Gbps

新しい映像伝送規格や、将来的なWi-Fi7
導入を考慮すると、60GHzミリ波の推定
スループットではやや不安が残る・・。

“10年先”を見据えるのであれば、
FSOも検討すべき！？

そもそもFSOって何？

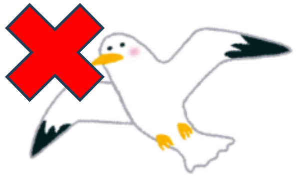
FSOとは

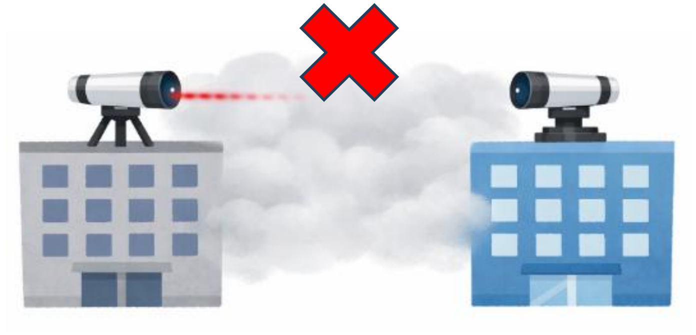
正式名称は、Free-Space Optical communication system(自由空間光通信)で、レーザー光を用いて無線通信を行う技術。
見通しの良い2点間に装置を設置し、1対1で対向させてデータ通信を行う。

FSOの特徴

■メリット
- 電波法の管轄外であるため、無線局免許が不要。
- 物理的に回線を傍受することが困難な高いセキュリティ。
- 電波を使用しないため、他の無線LANや携帯電話、放送波との電波干渉ゼロ。

■デメリット
- 見通しが必須。(送受信機の間を鳥が横切ったり、樹木が成長して遮ったりするだけで通信が遮断)
- 霧に極めて弱い。(霧を構成する微細な水滴によって光が散乱し、急激に伝送損失が増加)
- 軸ズレのリスク。(強風や地震による建物のしなり)
- 設置時の光軸調整が高難度。



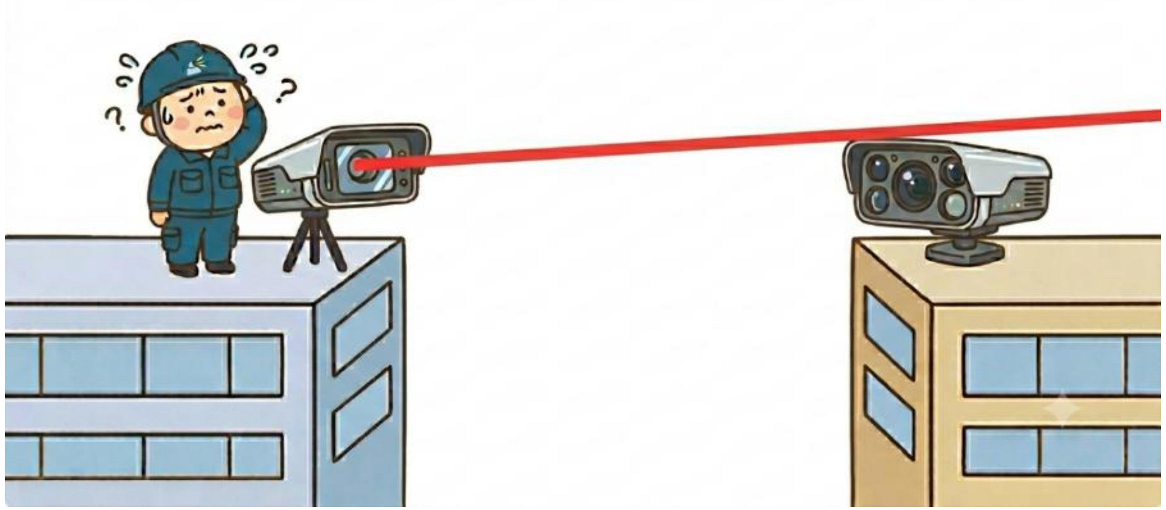


自然影響もさることながら、設置と光軸調整が高難度なことがFSO最大の課題

過去にFSOの導入を検討

約7年前に防災訓練にてFSOの実機検証を実施。
前日までは問題が無かったものの、当日なぜかうまくいかず失敗。

原因究明できていないものの、**光軸ズレの可能性大**



当時検証したFSOの特徴をあらためて確認

FSOの技術変遷

黎明期：1970～1980年代

用途	軍事通信や、研究機関による超短距離の実験。
サイズ	巨大な天体望遠鏡クラス。重厚で専用架台が必要。
技術	基礎的なレーザー伝送。光源として「ヘリウムネオンレーザー管」や初期のLEDが採用。装置が非常に大掛かりで、送信部・受信部・電源部・信号処理部がそれぞれ独立。
課題	大気による減衰を補正する術が無いなど、運用が高難度。

黎明期モデルイメージ

普及期モデルイメージ

前回は、停滞期の"普及機"から大きく進化していないモデル＝光軸調整等の設置性が成熟していなかったのではないかと推測

停滞期：2010年代

光ファイバー網の拡大と、霧に強いミリ波無線の台頭により、用途が限定化し需要激減。
国内外多くのメーカが撤退し、市場は停滞。

普及期：1990～2000年代

用途	商用化の開始。ビル間LAN接続など特殊環境における企業内ネットワーク構築。
サイズ	デスクトップPCサイズで、カメラのような流線型の一体型筐体。金属外装や電源内蔵などにより、10kg前後と重厚。
技術	780～850nmの近赤外線レーザーを採用し、レンズ口径を大きくして受光感度を調整。通信速度は155Mbpsが主流。
課題	霧や朝夕のソーラー干渉など自然要因の弱点が多い。また、約10kgある筐体の高所設置や肉眼ファインダーによる軸合わせは重労働で、**<u>設置面にも課題が多い。</u>**

現在は！？

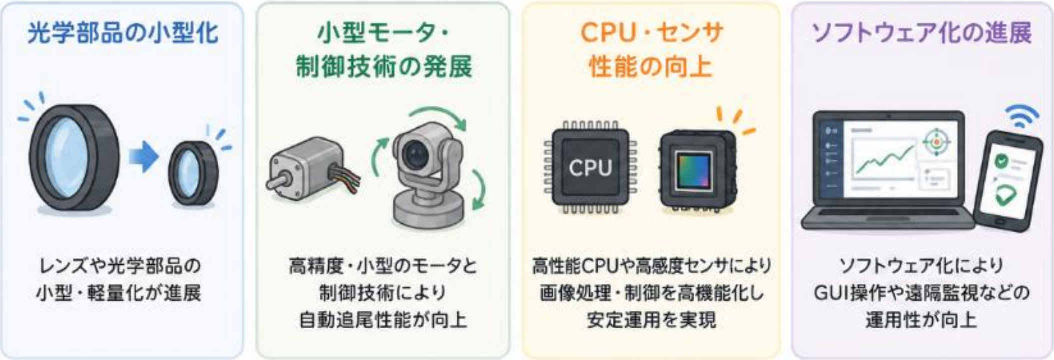
現在のFSO技術

停滞期の間もFSO技術は進化

■ハイエンド領域での展開

✓ 衛星間光通信
✓ 軍用・航空用途
✓ ドローン通信
→ **<u>長距離・高精度追尾技術が発展</u>**

■周辺技術の進歩

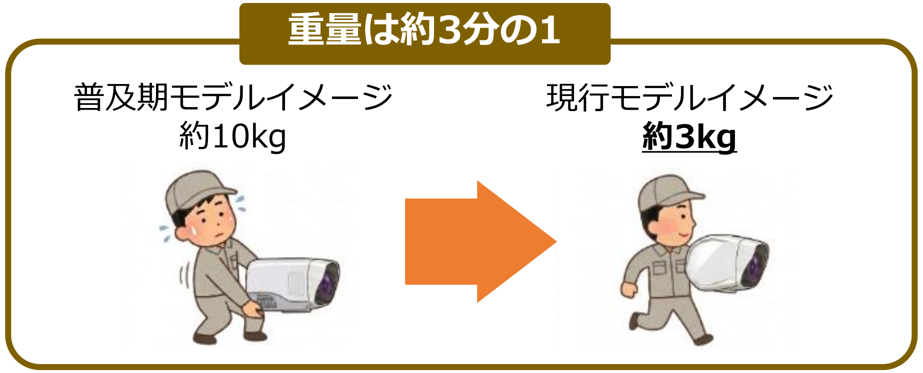


✓ 光学部品の小型化
✓ 小型モータ・制御技術の発展
✓ CPU・センサ性能の向上
✓ ソフトウェア化の進展
→ **<u>装置の小型化・運用性が向上</u>**

現在のFSO技術

■周辺技術の進歩により発展した現行ハイエンドモデルの特徴

サイズ	小型プロジェクターサイズ。 光学系や内部基板の小型軽量化、PoE給電対応、外装素材の進化などにより、**約3kg**と大幅に軽量化。
技術	レーザーは1550nm帯へ移行。(自然光の影響が低減) 自動追尾制御とGUIによる光軸調整の簡易化。 通信速度は**10Gbps～25Gbps**。



✓ 劇的な軽量化によりポールマウントが可能となり、**設置性が大幅に向上。**
✓ 自動追尾制御により、設置時の細かな調整、及び設置後の振動等によるズレも**自動補正。**

設置や光軸調整といったFSO最大の課題が、**周辺技術の進歩により大幅に改善。**

以前失敗した弱点が克服されたため、将来的な10Gbps以上の拡張性も考慮し、
FSOの採用を決定

大きな決め手：設置環境の再利用

文化財保護法および景観維持による制約

- 掘削制限　：　土台工事に掘削作業が必要な場合は文化庁の許可が必要。
- 景観保護　：　機器設置は景観を大きく損ねないことが必須。

FSOの筐体が小型でポールマウントが可能だったため、既設機器の環境をそのまま再利用。

新たな土台構築が不要となり、松山市への設置申請プロセスを円滑化。

3. 現場でのFSO設置作業

FSO設置区間・距離

松山城馬具櫓と愛媛CATV本社ビルの間(約870m)をFSOで接続

画像 ©2026 Airbus, CNES / Airbus, Maxar Technologies / 地図データ ©2026 Google

FSO設置区間・距離

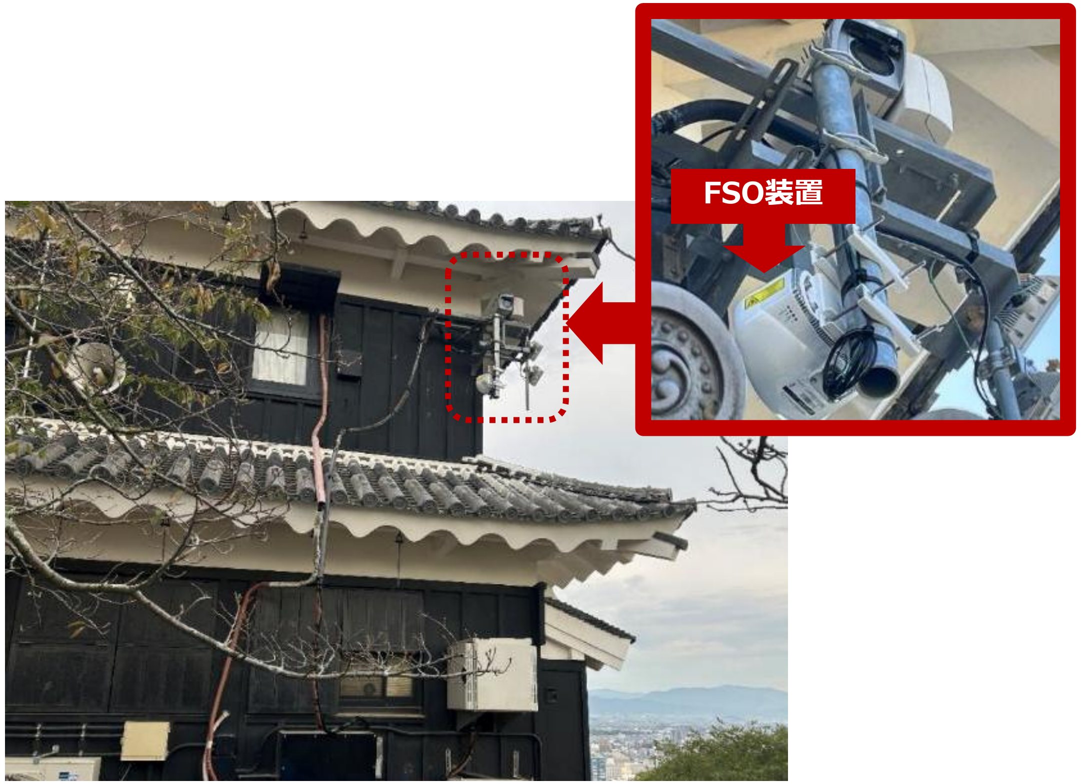
FSO接続区間
JANOG58会場
懇親会会場
ANAクラウンプラザ
ホテル松山
愛媛県
県民文化会館
別館
松山城
松山市民会館
南海放送
愛媛新聞
伊予鉄道高浜線
伊予鉄道横環状線
JR 松山駅
JR 予讃線
平和通り
一番町通り
二番町通り
中の川通り
道後温泉本館
松山市子規記念博物館
湯築城跡
愛媛大学
松山大学

設置状況①：愛媛CATV本社ビル（屋上）側

愛媛CATV本社ビル屋上

FSO装置からターゲット側を目視したようす

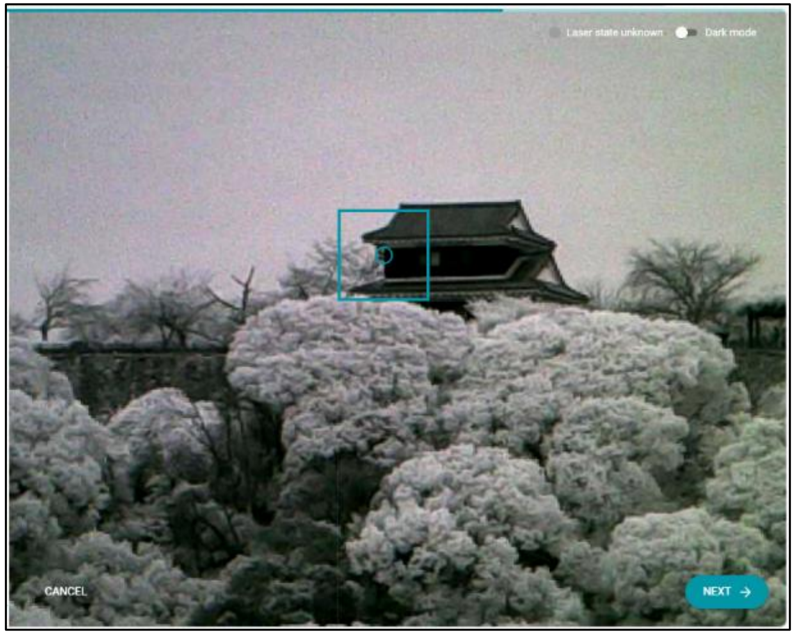
設置状況②：松山城（馬具櫓）側



馬具櫓

FSO装置からターゲット側を目視したようす

今回採用した機種の光軸調整画面



愛媛CATV本社ビル → 松山城

松山城 → 愛媛CATV本社ビル

従来は、スコープと測定機画面の両方を交互に見ながら作業しなくてはいけなかったが、今回のGUIでは1画面で状態確認が完結したので調整作業が楽だった。

設置時に注意したこと

■軸ずれを引き起こさないセンシティブな調整

調整後の増締めやダブルナット等をする際にも軸ずれしないように注意が必要。
札付け、止水処理、アースの増締めなど、後からの作業でわずかにずれる可能性があるため、
一つずつ確実に対応。

■長期運用を見越した位置決め

本社ビル側設置の際には、対向となる城山側の樹木が伸びることを想定し、
目安となる旗をもって目視で樹木との離隔を十分とれる位置に設置。
その際、目視で見通しの取れる最高値に取り付けたところ、**看板の影**が影響してリンクがあがらず。
目視が取れても、**周囲に影ができる場合**は要注意。

■レーザー光への対応

レーザー射出口を覗き込んだり、対向装置を双眼鏡等で目視するのはNGなため、作業者の安全確保に細心の注意をはらう必要がある。 **※作業手順書などで明確に定める必要あり！**

FSOのレーザー光って危険！？

レーザーのクラス分け

クラス	安全性の目安	主な適用事例
クラス 1	完全に安全（顕微鏡等で拡大しても安全）	CD/DVDドライブ、レーザープリンター、自動ドアセンサー
クラス 1M	裸眼なら安全（光学器具での覗き込みはNG）	光ファイバー通信機器、測量機器、FSO
クラス 2	まばたきで目を守れる（可視光のみ・直視はNG）	一般的なレーザーポインター、バーコードリーダー、距離計
クラス 2M	まばたきで守れるが、光学器具での覗き込みはNG	高輝度レーザー墨出し器（建築用）
クラス 3R	直接のビーム内観察を行うと、目に障害が生じる可能性	プレゼン用高出力ポインター、医療用検査機器
クラス 3B	直視は失明の危険（乱反射の光は安全）	舞台・コンサートのレーザー演出、研究用実験装置
クラス 4	最悪・極めて危険（衣服の発火や、皮膚火傷のリスク）	レーザー加工機（切断・溶接）、医療用レーザー（メス・脱毛）

FSOはクラス1Mに該当

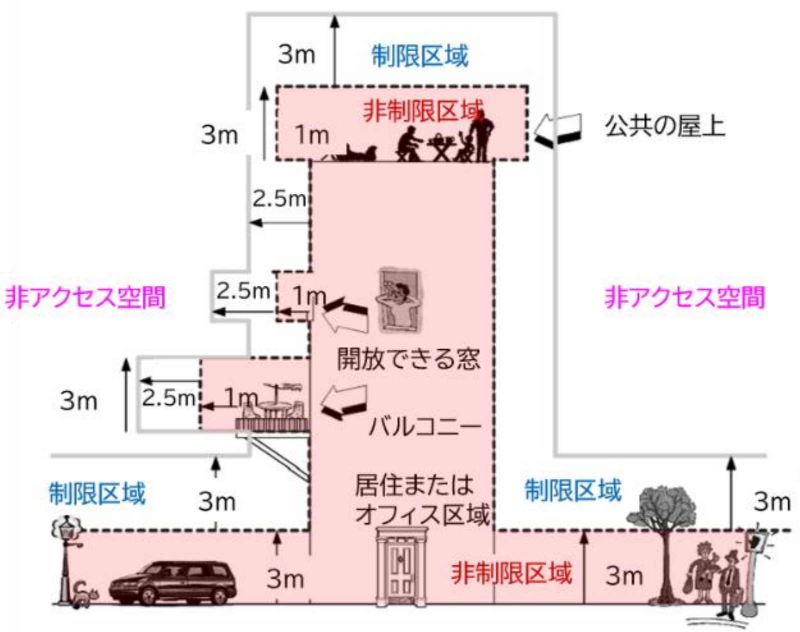
通信中の強度

FSO通信中のレーザー強度はクラス3Bに該当するが、APR機能(※)により暴露レベルの低減が担保されるため、FSO装置としてはクラス1Mの扱い。

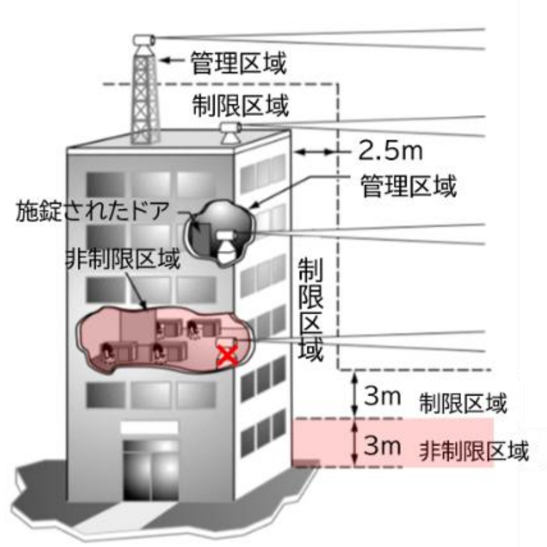
※APR機能(Auto Power Reduction)
光断やリンク異常などを検知した際にレーザー出力を自動的に低減/停止し、人体への有害な暴露を防止するレーザ安全機能。
JIS C 6804(IEC 60825-12)において要求事項が規定される。

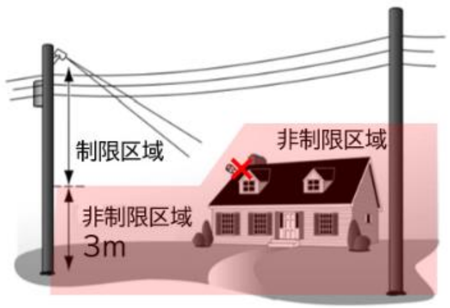
FSO製品を設置可能な場所

区域名	概要	1M	3B
非制限区域	一般の人も立ち入れる区域。公共の屋上(高さ3m、縁から1mまで)、バルコニーや窓から1mまでなど。	×	×
制限区域	一般の人は入れないが、特別に許可を得た人(レーザ安全の知識がなくてもよい)だけが立ち入れる区域。ビル屋上や地上高3m以上など。	○	×
管理区域	適切なレーザー安全訓練を受けた認定要員以外が立ち入れない区域。施錠された部屋やビル屋上の鉄塔など。	○	○
非アクセス空間	通常は人が位置することができない場所。地上高6m以上/ビル屋上の縁から2.5m以上離れた場所など。飛行物体が入ることがある。	○	×



日本産業規格 JIS C 6804:2022より引用





制限区域以上の環境でないと設置不可

今回の設置個所

松山城馬具櫓：**制限区域**
施設の入口は制限、且つ装置は石垣の縁側。

愛媛CATV本社ビル屋上：**制限区域**
屋上への立ち入りは制限。

両拠点とも"制限区域"

設置後の工夫

■防鳥対策

定点カメラの可動部にどんぐりなどの木の実を落とされることがあったため、定点カメラにトゲ付きの鳥避け器具を取り付けていた。その下にFSO装置を設置することで、鳥が近づかないよう対策。

■対人対策

同一の支持金物に城山の定点カメラを設置しているため、メンテナンス時に混同して、FSO装置を覗き込まないようにトラテープや表示を取り付けて対策。

4. FSO導入後の実運用データ

FSOによる10GbpsNW導入後の通信速度

■スマートフォンを松山FreeWi-fi(Wi-Fi 6)に繋いだ実測値

末端からの測定で大幅な速度アップ＆通信品質の向上を確認

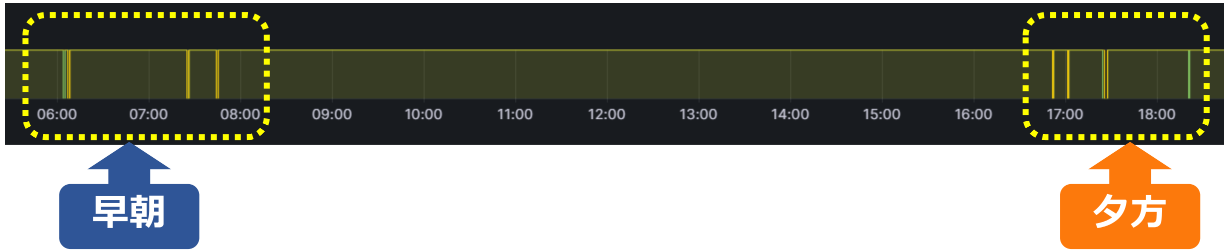
24時間の通信状態

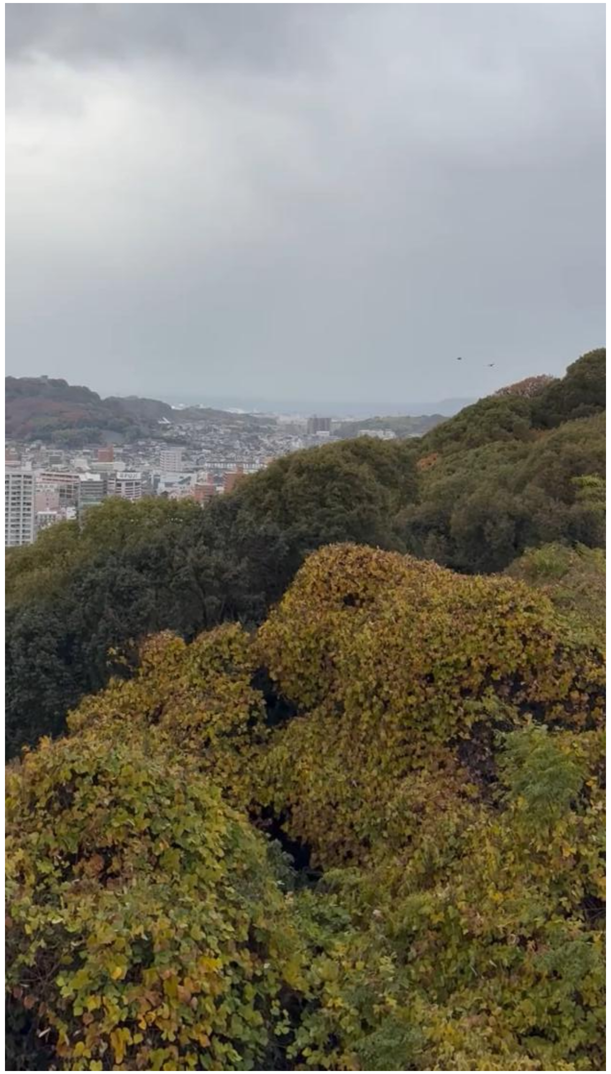
■テレメトリデータ

レーザー受光レベルに多少のブレがあるものの、レーザー出力は低い値で安定し、余裕をもった状態でLinkが確立。ただし、まれに瞬断が発生。

瞬断の発生要因：野鳥の飛来

瞬断が発生した時間帯を見てみると、早朝と夕方に集中。

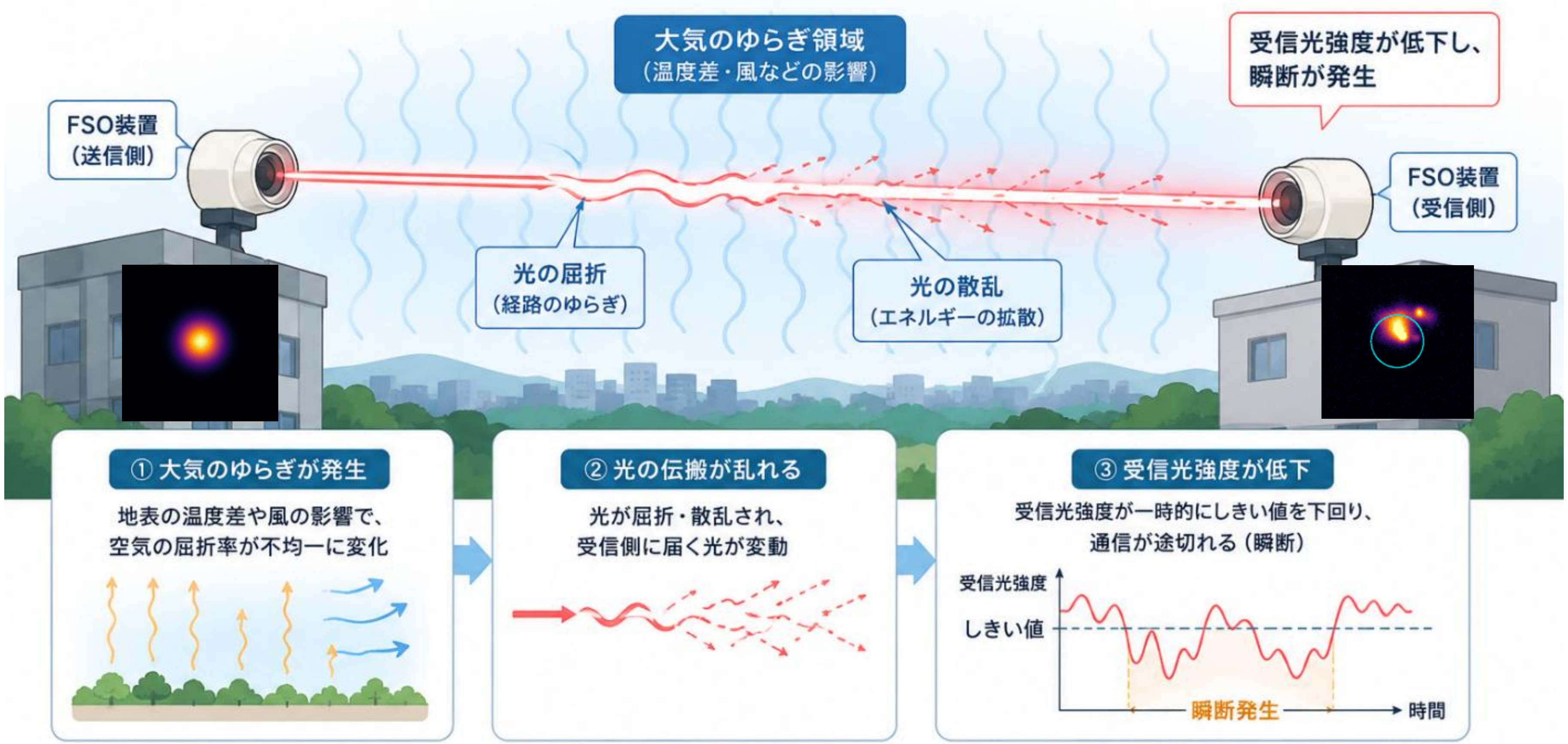




鳥の活動時間と重なる＝野鳥の飛来による影響が大きい！？

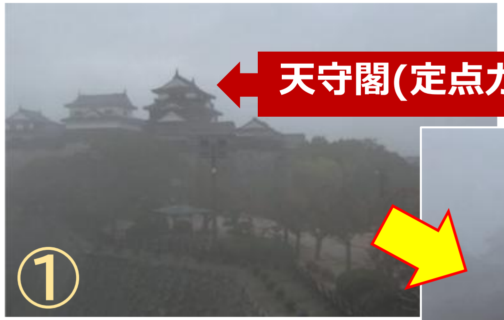
その他の瞬断要因：大気ゆらぎの影響

大気の温度差や風の影響によって空気の屈折率がゆらぎ、レーザー光の散乱が発生。



自動調整機能があっても、様々な外乱要因で到達レーザパワーが変動し、瞬断が発生することは回避不可。Link断判定時間の設定など、経路断を考慮したNW全体としてのケアが必要。

天候(霧)による通信状態の変化



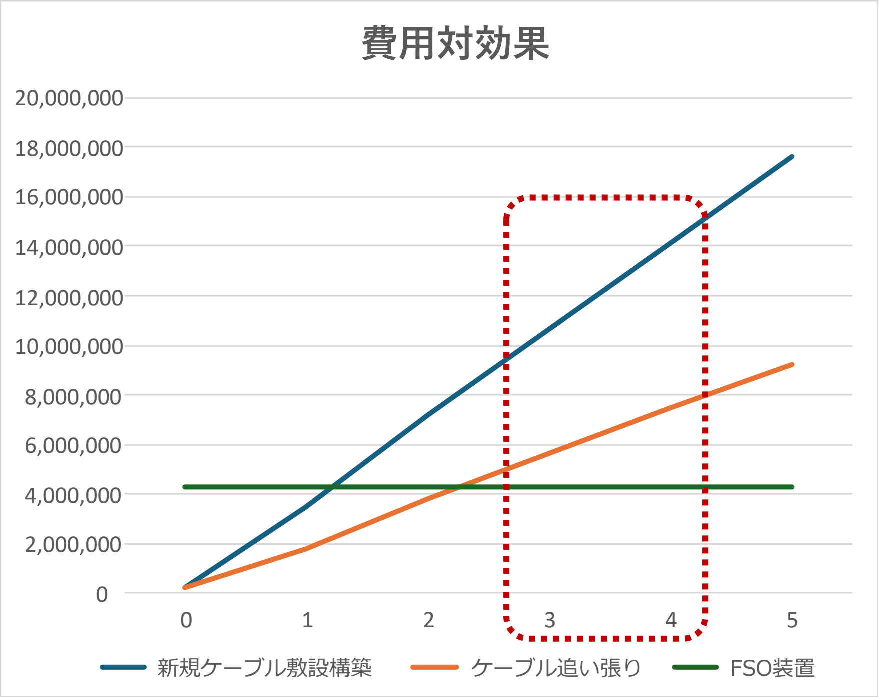
[参考]光ファイバを敷設した場合との費用比較

実際に光ファイバを敷設する場合の距離は3～4kmほど。

■新規ケーブル敷設：1kmあたり約3,600,000円
計10,800,000～14,400,000円

■ケーブル追い張り：1kmあたり約1,600,000円
計4,800,000～6,400,000円

■FSO設置費用：約4,000,000円(設置工事含む)



今回のケースでは、FSO設置費用は新規ケーブル敷設の1/3、ケーブル追い張りの2/3程度。

5. 議論のポイント

議論したいポイント

・離島や河川・幹線道路沿いといった、景観保護に限らず**物理的にファイバ敷設が難しい場所**

・被災地などで、**応急・仮設的に構築するネットワーク**

これらのような特殊ケースにおいて、**“ファイバ敷設の代案”**、もしくは**”ファイバ敷設するための工夫”**など、様々な技術の活用方法について。