

# ローカル5G等及び8K映像伝送による 自治体各種業務支援に関する調査研究 報告書概要

〈公開用〉

令和3年3月

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

# Iはじめに

---

## (1) ローカル5Gについて

- ローカル5Gとは、通信事業者以外の様々な主体(地域の企業や自治体等)が自ら5Gシステムを構築可能とする制度。
- 4.6-4.9GHz、28.2-28.3GHz及び28.3-29.1GHzが使用周波数帯として制度化。
- 基本コンセプトは以下の3つ。
  - ① 5Gを利用していること
  - ② 地域においてローカルニーズに基づく比較的小規模な通信環境を構築するものであること
  - ③ 無線局免許を自ら取得することも免許取得した他者のシステムを利用することも可能であること

## (2) 8K映像について

- 現在広く普及しているフルハイビジョン(2K)映像の解像度は1920×1080ピクセルに対して、8K映像の解像度は7680×4320ピクセル（ピクセル数16倍）。
- 国内では平成30年12月から8K衛星放送の実用放送が開始。  
8K衛星放送では、H.265(HEVC)による映像符号化により、データレートは平均85Mbpsとなっている。
- 8K映像は、その超高精細性から、放送分野のみならず、セキュリティ、インフラ検査・保守、医療などの様々な領域への活用が期待されている。

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

## II 調査研究の概要

### (1) 背景と目的

- 近年、我が国の自治体において、人手不足や財政悪化という困難な状況にも関わらず、災害対応やインフラ保守、測量等を始めとして自治体に対応すべき業務が増加・複雑化。これらへの対応が喫緊の課題。
- 総務省では、地域のニーズや多様な産業分野の個別ニーズに応じて、様々な主体が柔軟に構築し利用可能な第5世代移動通信システム（ローカル5G）等の導入に向けた取組を推進中。ローカル5Gでは、都道府県庁や市町村役場等の自治体が免許人となり、自ら又は外部委託によってシステムの構築、運用が可能。
- 5Gの特長の1つに8K超高精細映像等の大容量情報の伝送が可能なが、8K超高精細映像技術は、その超高精細性並びに超広視野性から、医療、交通、建築/土木、農業、教育、セキュリティ等の様々な分野での利用が始まりつつあり、自治体の関連する各種業務においてもその利用が期待される。
- したがって、ローカル5G及び携帯事業者による5Gサービス（以下、「ローカル5G等」という。）並びに8K映像の自治体利用により、これら自治体各種業務の効率化・高度化を図り、様々な課題へ対応していくことが期待できる。
- 以上のような背景から、ローカル5G等及び8K映像伝送による自治体各種業務支援に対し、その有効性や経済性並びに運用上の課題等について、自治体関係者やローカル5G等・8K映像伝送技術関連事業者・メーカー等も参画の上、調査研究を行い、もって、今後の総務省における施策に反映することを目的とする。

## II 調査研究の概要

---

### (2) 調査研究会

- 効率的かつ具体的な自治体業務の現状を把握し、最終的な自治体へのシステム導入に向けた具体的な運用方法、運用上の留意点等を整理して提案できるように、具体的な課題検証の場として奈良県を選定。
- ローカル5G等及び8K映像伝送による自治体各種業務支援について、その有効性、経済性並びに運用上の課題等についての議論・検討のため調査研究会を設置。
- 5G等の無線技術や8K映像伝送技術を専門とする学識経験者を座長・副座長に迎え、下記メンバーが参画。
  - 奈良県下の自治体関係者
  - 通信サービスを提供する通信事業者
  - ドローンによるインフラ保守・点検サービスを提供する事業者
  - 自治体からインフラ測量・設計を受託する事業者
  - 5G及び8K関連機器を製造販売する事業者
- 調査研究期間を通じて5回の会合を実施。

## II 調査研究の概要

### (2) 調査研究会：会合実施スケジュール

	日時・開催地	主な議事内容
第1回	2020年11月6日 天理市	<ul style="list-style-type: none"><li>調査研究実施計画説明</li><li>総務省におけるローカル5Gに関する取り組み紹介</li><li>シャープにおける8K+5Gエコシステムに関する取り組み紹介</li><li>NTT西日本におけるローカル5Gに関する取り組み紹介</li></ul>
第2回	2020年12月23日 天川村 +オンライン会議	<ul style="list-style-type: none"><li>ミラテクドローンにおける取り組み紹介</li><li>天川村における取り組みと課題</li><li>災害現場撮影実験報告</li></ul>
第3回	2021年1月19日 オンライン会議 (ホスト：王寺町)	<ul style="list-style-type: none"><li>王寺町における取り組みと課題</li><li>インフラ点検撮影実験報告</li><li>自治体によるローカル5Gの利用に関する調査報告</li></ul>
第4回	2021年2月10日 オンライン会議	<ul style="list-style-type: none"><li>ローカル5G等による自治体業務課題解決の有効性検討</li><li>ローカル5Gによる8K映像伝送実験報告</li><li>公共測量撮影実験報告</li></ul>
第5回	2021年3月4日 シャープ天理事業所 +オンライン会議	<ul style="list-style-type: none"><li>天理市における取り組みと課題</li><li>道路スクリーニング撮影実験報告</li><li>ソーラーパネル点検撮影実験報告</li><li>最終報告案確認</li></ul>



## II 調査研究の概要

### (2) 調査研究会会合の様様



第1回（天理市）



第2回（天川村）



第3回（王寺町）



第5回（シャープ天理事業所）

※第4回は完全オンラインで実施



近畿総合通信局  
高野局長挨拶



天理市  
並河市長挨拶



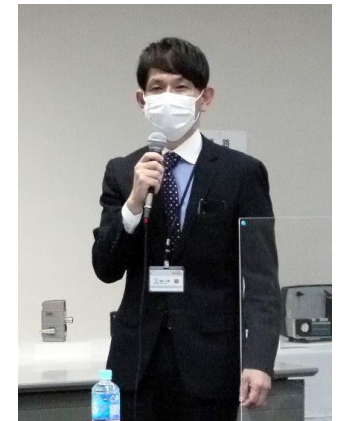
天川村  
車谷村長挨拶



王寺町  
平井町長挨拶



奈良県 鎌仲次長挨拶



シャープ  
種谷常務挨拶

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

# 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

- 山の多い日本の国土強靱化のために、谷合における5G利用ができることは田園都市国家の実現に必要である。
- 本事業において調査した各自治体の課題は以下の通りである。

	天理市	王寺町	天川村
人口（世帯数）	64,422(29,829)	23,778(10,564)	1,157(659)
地域の区分	市街地、ダム、高速道路	市街地	ルーラル、観光地(温泉街)
地域の特徴	東西に西名阪自動車道と名阪国道、南北軸の国道24号線や国道169号線の通じる交通の要地。東部には、天理ダム、白川ダムを擁する。市内には文化財や史跡が点在。農地面積率が高い。	王寺駅周辺の市街地と南西部の山地を擁する。新興住宅地が多く、ベッドタウンとして発達（3割近くが大阪へ通勤）。海拔が低く、水害による甚大な被害を経験。	世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」の主要構成要素である修験の山脈が聳える（近畿最高峰）。「天川村をきれいにする条例」
市町村の課題	防災、インフラ点検、観光、農業、環境	防災、観光	インフラ点検、防災、観光、住民の高齢化
課題の詳細	①インフラ点検 ・インフラ点検業務の効率化 ②防災 ・危険個所の現状把握 ・住民への情報伝達手段の確保 ③観光 ・PR強化による誘客促進 ・市内周遊ルートの整備 ④農業 ・就農人口減少対策 ・病虫害、鳥獣害の状況把握 ⑤環境 ・産業廃棄物の不法投棄対策	①インフラ点検 ・インフラ点検業務の効率化 ②防災 ・危険個所における現状把握 ・減災活動の効率化 ③観光 ・観光資源の活用 ・観光プロモーションの強化	①インフラ点検 ・インフラ点検業務の効率化 ②防災 ・危険個所における現状把握 ・減災活動の効率化 ③観光 混雑期の道路渋滞対応 ④住民の高齢化 ・買い物弱者に対する支援

※人口、世帯数は、「奈良県の推計人口調査（月報）令和2年12月1日現在」より

# 1.1 自治体各種業務の現状と課題 (1) 天理市における想定被害・課題・対応

## 想定される被害

### 地震

強い揺れや液状化による道路・鉄道への被害を受ける可能性が高い  
→帰宅困難が想定

- ・内陸型地震（奈良盆地東縁断層帯）想定：震度7
- ・海溝型地震（南海トラフ巨大地震）想定：震度6弱～強

### 水害

平野部：河川の氾濫 低地：浸水被害 山間部：土砂災害が発生  
台風期には樹木、建物、ビニールハウスの倒壊、森林の風倒被害等の発生も想定される

内水被害 天理市二階堂付近 (H19.7)



<http://www.pref.nara.jp/21765.htm>

## 災害における課題

### 平常時

- 危険個所の現状把握
- 河川監視カメラの適正な配置・管理
- HP掲載等の情報伝達手段
- 住民への連絡体制の確立
- 外国人への情報伝達方法の検討
- 土砂災害警戒区域の調査結果の周知  
⇒区域内にある避難所の取扱いと交通路確保
- 孤立の可能性のある集落に対する通信手段の維持管理
- 国宝、重要文化財などに対する被災対策
- 避難誘導手段の確保
- 非常食、飲料水等の備蓄

### 発災時

- 状況の早期把握（道路、橋梁、河川、傾斜地、市街地火災の有無など）
- 住民の安否確認（道路不通時の現況確認）
- 避難所等への住民の誘導・連絡手段の確保・物資搬送手段の確保
- 避難行動要支援者及び要配慮者への避難支援
- 消防防災ヘリ場外離発着場や災害活動用緊急ヘリポートの適切な把握

### 回復期

- 道路、鉄道など交通手段の把握
- 代替ルート確保・確認
- 食料等の安定的な供給
- 住民への生活物資搬送手段の確保



# 1.1 (1) 天理市における想定被害・課題・対応

## 災害における対応

### インフラ更新

- 長寿命化計画に基づく橋梁の改修（内計画策定37橋）、耐震化
- 市道の舗装修繕
- 上下水道施設の老朽化対策、耐震化（農業集落排水含む）
- 公園施設の更新
- ため池、貯水池の改修・点検



### 日常維持管理

- 計画保全の推進
- 点検作業の効率化



# 1.1 (1) 天理市における想定被害・課題・対応

## 観光における対応

### 課題

- 観光PRの強化による誘客促進
  - 幅広い世代の誘客（特に若年層）
  - デジタル媒体（テレビやSNS等）での情報発信の強化



- ハイシーズンの問合せ対応の負担軽減と発信強化
  - 春 石上神宮外苑、桜並木
  - 秋 いちよう並木の紅葉



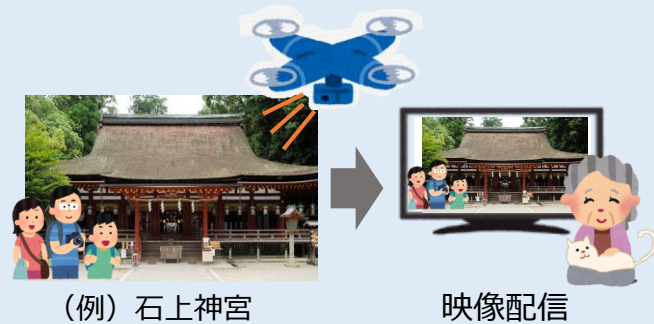
### 取組み

- 天理ブランドの確立「めぐみ めぐる てんり」
  - 天理市の他分野における魅力を、統一的なブランドイメージで確立
  - SNS等により情報発信を行い、国内外の幅広い世代を誘客

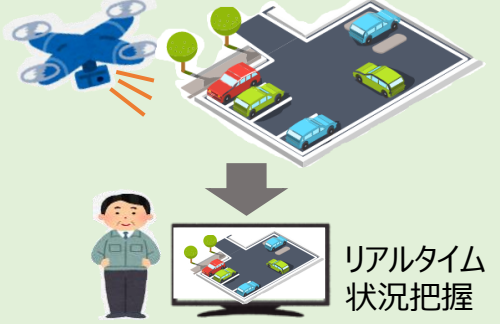
めぐみ  
めぐる  
てんり

- ドローンによる上空からの映像中継
  - 移動困難者への魅力発信
  - 渋滞情報等の把握

<ドローンによる魅力配信>



<渋滞情報等の把握>



## 1.1 (2) 王寺町における想定被害・課題・対応

### 被害

#### 防災

大和川流域にあるため、自然災害（特に内水）の対策が課題である。

#### ●水害

大和川による水害が頻発し、台風や集中豪雨による床上・床下浸水・田畑冠水等の被害が出ている。

1982年「57年水害」：家屋全壊66戸、半壊174戸、床上浸水1,445戸、床下浸水272戸

浸水想定区域：王寺3丁目、久度5丁目から王寺1,2丁目、久度1～4丁目、舟戸1,2丁目、葛下1～3丁目、本町1,2丁目、元町2丁目、藤井1,2丁目

ため池の破損・決壊も想定され、住民の避難誘導やため池の応急工事等の対策も必要。

主なため池：本町6か所、舟戸2か所、葛下1か所、太子1か所、畠田5か所、藤井1か所

道路、橋梁等のインフラの被害点検や補修も必要な場合がある。

大和川の重要水防箇所定められた橋梁：8か所

#### ●土砂災害

自然災害によって生じる地すべりにより、大和川の閉塞及び決壊による浸水等の水害発生、奈良・大阪を結ぶ交通網への影響が発生する。

土砂災害警戒区域：急傾斜地24か所、土石流10か所、地すべり2か所

砂防三法関係指定区域：地すべり防止区域1か所、急傾斜地崩壊危険区域2か所



「57年水害」被災時の写真

## 1.1 (2) 王寺町における想定被害・課題・対応

### 災害における課題

#### 平常時

- 危険個所における現状の把握  
(道路、市街地、下水道など)  
現在、防災情報システムの活用を進めているが、被災時の情報収集に人手を要しており、効率面・安全面の課題がある。  
→情報収集の省力化と防災情報システムとのデータ連携による職員のコスト削減・安全確保



#### 発災時

- 状況の早期把握 (道路、橋梁、河川、傾斜地など)
- 住民の安否確認 (道路不通時の現況確認)
- 避難所等への住民の誘導
- 避難所等への連絡手段・物資搬送手段の確保



#### 回復期

- 道路状況の把握
- 住民への生活物資搬送手段の確保





# 1.1 (2) 王寺町における想定被害・課題・対応

## 災害・観光における対応

王寺町地域防災計画に基づき、安全の確保、長寿命化を実施しているところであるが、日常の点検や緊急対応時の確認等の業務省力化が求められる。観光に関しては、和の精神が息づくおもてなしのまちを目指し、文化財等を観光資源とした広域観光を推進する必要がある。

### インフラ更新

- 長寿命化対策
- 災害に強いインフラ整備
- 市街地の再開発



### 観光

- 達磨寺や明神山等の観光資源の活用
  - 雪丸等を活用した観光プロモーション強化
- 王寺駅を基点とした周遊型広域観光ルートの整備
  - 観光客の動線把握、混雑期の道路渋滞回避
- 交流人口増加に向けた各種イベントの実施・事業者連携



### 日常維持管理

- 計画保全の推進
- 点検作業の効率化
- ライフサイクルコストの削減

インフラ資産に関する原則

- ・ ライフサイクルコスト<sup>12</sup>を縮減する
  - 長寿命化を図り、計画的・効率的な改修・更新を実施する。
- ・ 多様化するニーズに対応する
  - 施設の耐震化やバリアフリー化等、時代とともに多様化するニーズに対応した整備を行う。
- ・ 継続的な管理と定期的な取組の見直しを実施する
  - 計画的な点検を行い、施設の状態を把握し、適切な修繕更新を実施することにより、施設の最適化を図る。

平成29年3月「王寺町公共施設等総合管理計画」より抜粋  
<https://www.town.oji.nara.jp/material/files/group/4/koukyousisetutousougou-kanrikeikau.pdf>

## 1.1 (3) 天川村における想定被害・課題・対応

### 想定される被害

東西20Kmの幅広い範囲に天ノ川に沿って、集落が点在しているための災害発生時における村職員と住民の連絡や、地域間の状況把握が課題

#### 防災

- 危険個所における現状の把握  
(村道、林道、河川、傾斜地など)  
⇒台風・大雨等の事前及び事後確認

#### 林道の災害調査 (台風等で300ミリ以上の雨が降った場合)

職員が4班構成 (各班2~3名) で林道を中心に点検業務に従事

洞川地区、中央地区、西部地区(中央地区より地域)、西部地区 (その他)

森林組合委託林道 森林組合 (1班3名) が従事

⇒調査 概ね1班当たり 半日~1日 報告書作成を含めると深夜、翌日まで対応する必要あり

⇒延長が長い林道の場合 (例 林道殿野坪内線 延長9km) は調査時間を要するとともに脆弱な箇所が多く、いたるところで土砂の洗い出しが発生しており手作業で除去しながら調査をするため、終点到達するには、多大な時間を要する。

#### 防災行政無線等住民への周知連絡手段の課題

防災行政無線のデジタルへの更新が求められているが、村の地勢を考えると狭隘な地形に強いアナログ (60 Mhz 帯) が有効でないか。

災害時や、緊急時を考慮するとデジタル防災無線では電波の届く範囲に不安がある。

⇒災害時に強い防災無線システムを維持できるかが大きな課題である。

デジタル化時には補完手段が必要

天川村 あしのせ谷 (H23.9)

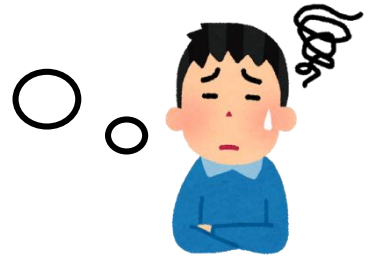


# 1.1 (3) 天川村における想定被害・課題・対応

## 災害における課題

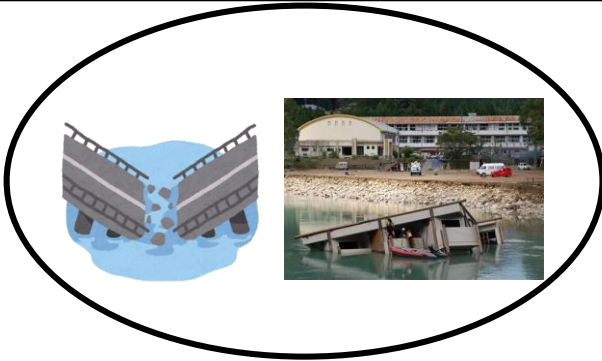
### 防災

- 危険箇所における現状の把握（林道、河川、傾斜地など）  
⇒ 台風・大雨等の事前及び事後確認



### 発災時

- 状況の早期把握（道路、橋梁、河川、傾斜地など）
- 住民の安否確認（道路不通時の現況確認）
- 避難所等への住民の誘導（地区分断時の対応）
- 避難所等への連絡手段・物資搬送手段の確保



### 回復期

- 道路状況の把握
- 住民への生活物資搬送手段の確保（対岸への対応）



# 1.1 (3) 天川村における想定被害・課題・対応

## 災害における対応

### インフラ更新

- 長寿命化対策
- 災害に強いインフラ整備



### 日常維持管理

- 計画保全の推進
- 点検作業の効率化
- ライフサイクルコストの削減



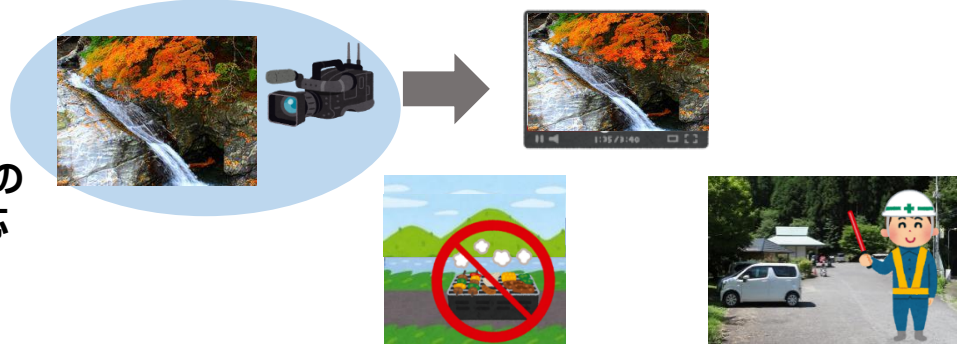
# 1.1 (3) 天川村における想定被害・課題・対応

## 災害以外に関する対応

### 観光

- 河川敷でのバーベキュー対策  
現状： 職員が確認、注意に回っている
- 道路上への駐車対策（駐車場への誘導）
- 紅葉時期の外部発信（みたらい溪谷）

混雑期の職員の  
休日出勤対応

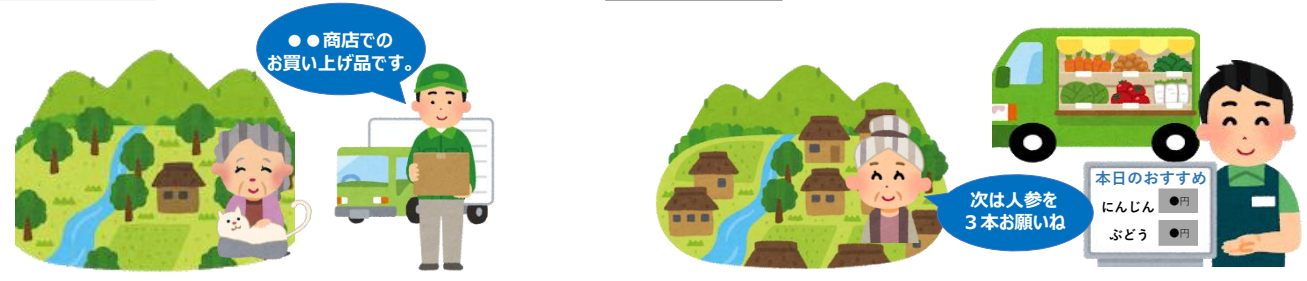


### 買い物支援

- 買い物弱者に対する支援  
⇒ 購買物の配送支援  
**移動販売による購買支援**

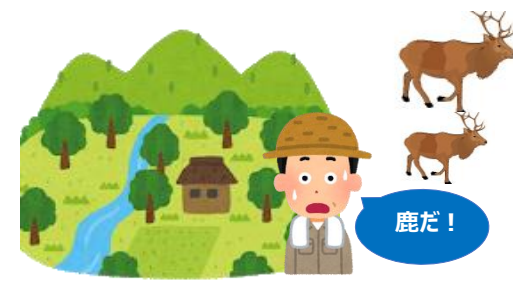
配送支援

移動販売



### 鳥獣害対策

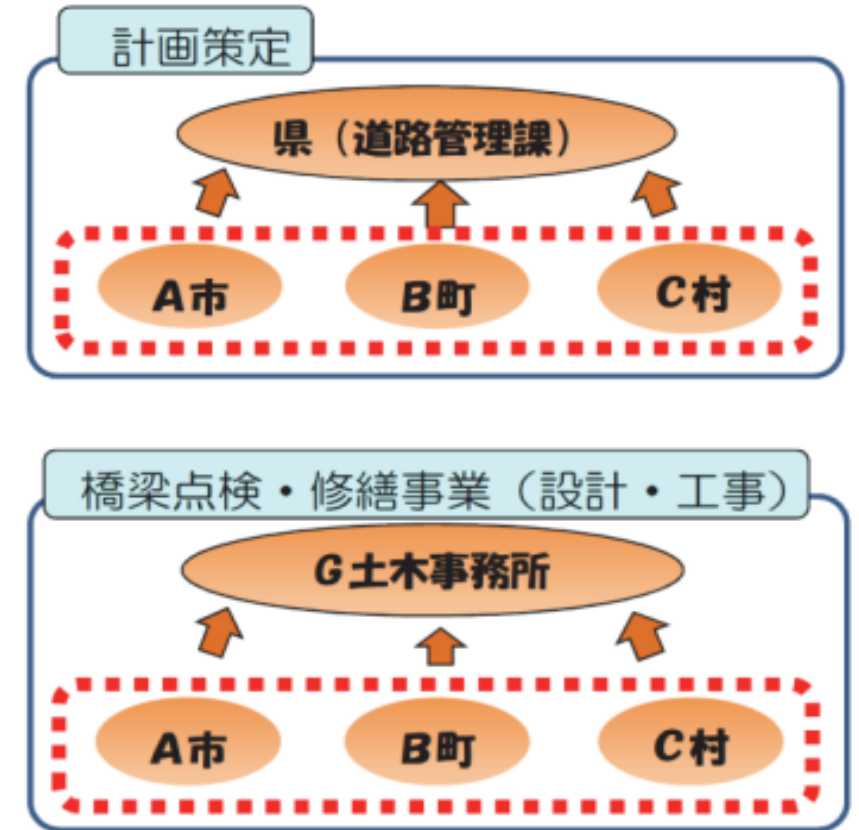
- 檻による捕獲
- 人による追払いの実施



## 1.1 (4) 奈良モデル

「奈良モデル」とは「市町村合併に代わる奈良県という地域にふさわしい行政のしくみ」（平成21年度『「奈良モデル」検討報告書』）

- 人口減少・少子高齢社会を見据えた「地域の活力の維持・向上や持続可能で効率的な行財政運営をめざす、市町村同士または奈良県と市町村の連携・協働のしくみ」と定義（県と市町村の役割分担の方向性を示している。）
- 消防の広域化や南和地域における広域医療提供体制の再構築、道路インフラの長寿命化、連携・協働によるまちづくり等さまざまな取組で成果を挙げている。
- 土木技術職員不足を背景に、橋梁長寿命化修繕計画の策定、橋梁点検や修繕事業等を、平成22年度から県が市町村から受託。既に27市町村で実施実績がある。



上記のように、奈良県では各市町村と土木事務所などの県組織の結びつきが強いため、現場の意見をより広く収集すべく、県内の土木事務所及び王寺町 地域整備部に対して、現状の課題や新技術への期待について、別途ヒアリングを実施。

## (参考) 土木事務所ヒアリング

- 現状の近接目視・打音検査とドローン検査が同じ品質であることが望ましく、発注者としては、ドローンの導入メリット、品質、費用などの情報が必要。先行事例やNETIS（新技術情報提供システム）登録があると実施しやすい。
- 市街地での安全性やドローン飛行許可の取り方など業者がスムーズに導入できるようになるとよい。
- 橋梁点検の評価は視認者の主観に影響される。画像を基にAIで客観的に判定できると評価のバラつきが減る。
- 5年毎の法定点検に対し、補修の人手が不足しており、補修が終わる前に次の点検計画が始まる状況。慢性的な人手不足のため、簡易点検を実施する箇所については、ドローンが活用できれば便利。
- 現場作業は秋（10～12月）に集中することが多いことから、ガードマンの手配や点検車の確保が難しい場合がある。このためドローンが活用できれば便利。
- 点検現場に行けない際に、現場担当から「ここを見て欲しい」という要望を受ける場合がある。遠隔で高精細の映像によって確認できれば便利。
- 8K映像を基に崩落土量などの災害規模の定量化が遠隔で実現できれば、発注時の見積もりの負担が軽減する。現場の図面化までできれば更によい。

## (参考) ローカル5Gの特長について

ローカル5Gは「セキュリティの高さ」「ニーズに応じた構築が可能」「安定した通信」という特長を持ち、自治体での活用に適している。

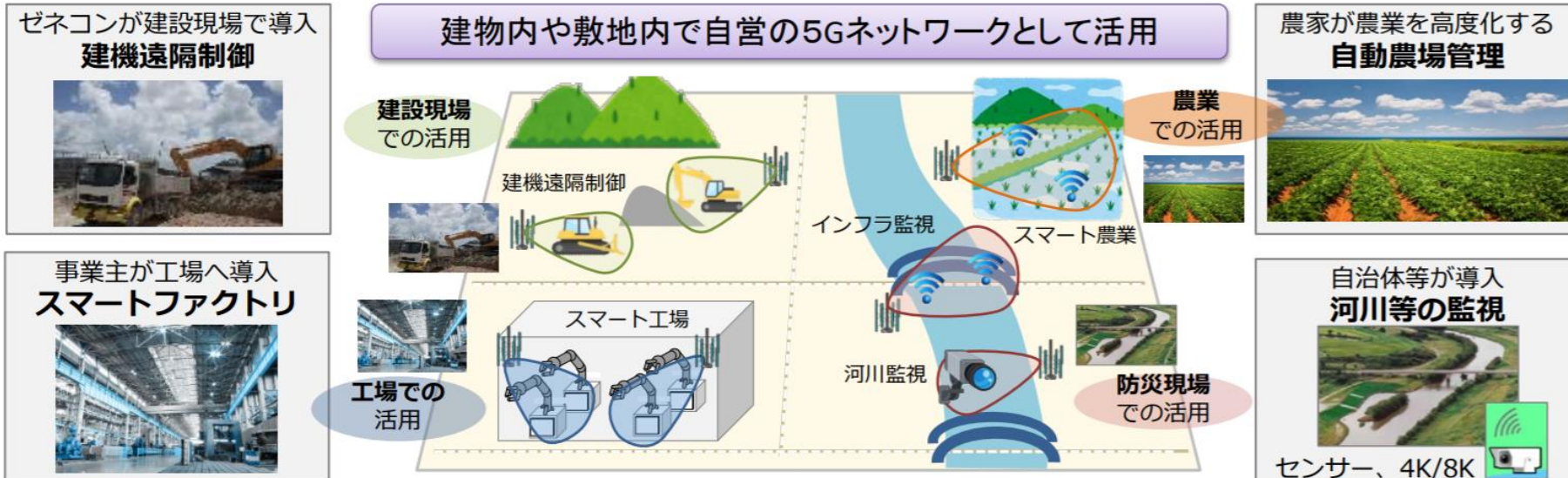
### ローカル5Gの特長

- ローカル5Gは、地域や産業の個別のニーズに応じて**地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築**できる5Gシステム。
- 2019年12月に一部制度化、無線局免許申請受付開始。  
＜他のシステムと比較した特徴＞
- 携帯事業者の5Gサービスと異なり、
  - 携帯事業者によるエリア展開が遅れる地域において5Gシステムを**先行して構築可能**。
  - 使用用途に応じて**必要となる性能を柔軟に設定**することが可能。
  - **他の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくい**。
- Wi-Fiと比較して、**無線局免許に基づく安定的な利用が可能**。

#### ポイント

高いセキュリティ  
ニーズに応じた構築  
安定した通信

### ＜活用イメージ＞





## 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性 (1) 天理市でのユースケース

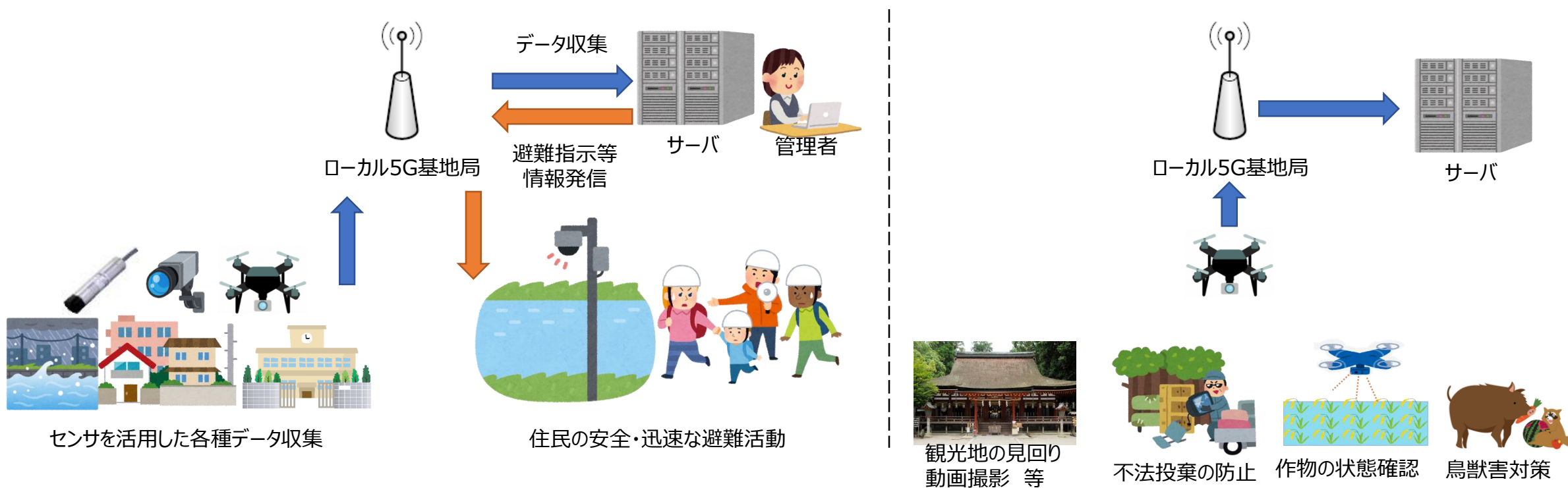
### ● 概要

#### ① ローカル5Gを活用した各種データ収集による災害対策

- ・町内において監視カメラや水位計等の各種デバイスを活用し、効率的な情報収集を行う。
- ・情報伝達システムと組み合わせることで、発災時に迅速な減災活動が可能

#### ② ドローンを活用した市全体の点検

- ・観光、環境保全、農業等の分野で市全体を見回することで、安全なまちづくりに貢献



## 1.2 (1) 天理市でのユースケース

### 有効性の評価

- 技術面
  - ・ローカル5Gを利用することで8K映像等の大容量データを扱うことができる。
  - ・ドローンを運用する電源が現状18分しか持たないため、現状では実運用は難しい。  
→様々なユースケースを実現しえる技術および製品の研究開発を継続して行うことで電源問題の解消に努める必要がある
  - ・ローカル5Gにより、一刻を争う災害現場の現状をリアルタイムに把握することができる。
  - ・市全体でローカル5Gを利用することを想定した場合は、ローカル5Gの利用範囲をより大きくできるような基地局の設計が必要  
→移動基地局などの整備により柔軟な運用を行う
- 運用面
  - ・従来、人の手で行っていた業務を各種デバイスを用いて実施することで、職員の安全を担保した上で稼働削減が見込める。  
**(調査現場への移動時間や経路の安全確保のための時間を約7割削減)**
  - ・ローカル5G利用にあたって、基地局設置時に免許が必要となる。
  - ・自治体が継続してローカル5Gを利用するためのノウハウを取得する必要がある。
  - ・現在の制度では、公道上は他者土地利用となるため固定通信しかできず、現状公道上のドローンと通信できないことから、他者土地利用に関する制度緩和が必須である。
  - ・公道上は他者土地利用となるため固定通信しかできず、現状公道上のドローンと通信できない  
→他者土地利用に関する制度緩和が必要。
- 財政面
  - ・現状の構築費用は億単位となることから、自治体の負担が非常に大きい。
  - ・費用対効果を出すために、複数のユースケースを組み合わせることでローカル5Gを利用することが必要。  
→製品の標準化による価格低減、自治体への財政的支援の実施、民設民営による補助金スキーム、近隣自治体でのローカル5G設備の共同利用による財政負担低減等を行う

## 1.2 (2) 王寺町でのユースケース

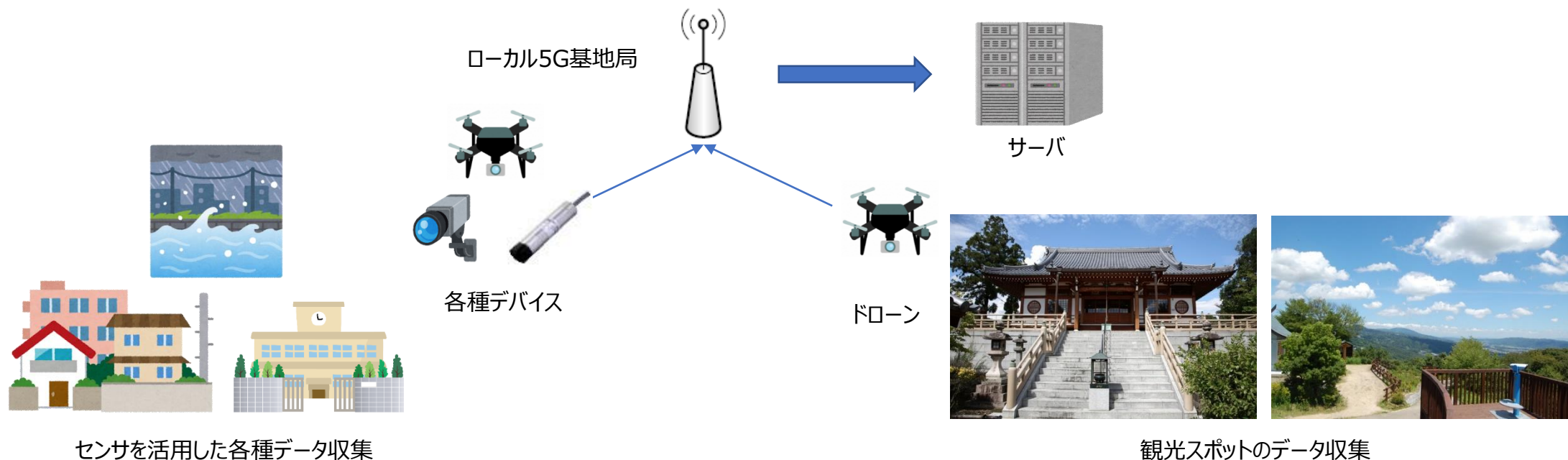
### ● 概要

#### ①ローカル5Gを活用した各種データ収集による災害対策

- ・町内において監視カメラや水位計等の各種デバイスを活用し、効率的な情報収集を行う。
- ・各種データをサーバに蓄積し、平常時・発災時の帳票記録が容易化
- ・災害時、収集した情報を利用して減災活動を迅速に進めることが期待できる。

#### ②観光スポットの映像等を活用したプロモーションの効率化

- ・ドローンで撮影した画像や映像をプロモーションに活用
- ・観光スポットの観光客数の把握、導線の把握



## 1.2 (2) 王寺町でのユースケース

### 有効性の評価

- 技術面
  - ・ローカル5Gを利用することで8K映像等の大容量データを扱うことができる。
  - ・ドローンを運用する電源が現状18分しか持たないため、現状では実運用は難しい。  
→様々なユースケースを実現しえる技術および製品の研究開発を継続して行うことで電源問題の解消に努める必要がある
  - ・ローカル5Gにより、一刻を争う災害現場の現状をリアルタイムに把握することができる。
  - ・市全体でローカル5Gを利用することを想定した場合は、ローカル5Gの利用範囲をより大きくできるような基地局の設計が必要  
→移動基地局などの整備により柔軟な運用を行う
- 運用面
  - ・従来、人の手で行っていた減災活動を各種デバイスを用いて実施することで、稼働削減が見込める。  
(平常時及び発災時の町内の見回り業務における庁舎-現地間の移動時間において、データの収集業務に係る時間を約7割以上削減)
  - ・各種デバイスでの収集データ（被災状況、観光スポットの状況など）をローカル5Gで伝送することにより、人の手よりも正確かつ迅速な情報収集、把握が可能となる。
  - ・水害発生時などの現場確認作業が不要となり、安全に状況把握が可能となる。
  - ・ローカル5G利用にあたって、基地局設置時に免許が必要となる。
  - ・自治体が継続してローカル5Gを利用するためのノウハウを取得する必要がある。
  - ・公道上は他者土地利用となるため固定通信しかできず、現状公道上のドローンと通信できない  
→他者土地利用に関する制度緩和が必要。
- 財政面
  - ・現状の構築費用は億単位となることから、自治体の負担が非常に大きい。  
→製品の標準化による価格低減、自治体への財政的支援の実施、民設民営による補助金スキーム、近隣自治体でのローカル5G設備の共同利用による財政負担低減等を行う
  - ・費用対効果を出すために、ローカル5Gの特長を活かした異なるユースケースについての検討が必要。

## 1.2 (3) 天川村でのユースケース

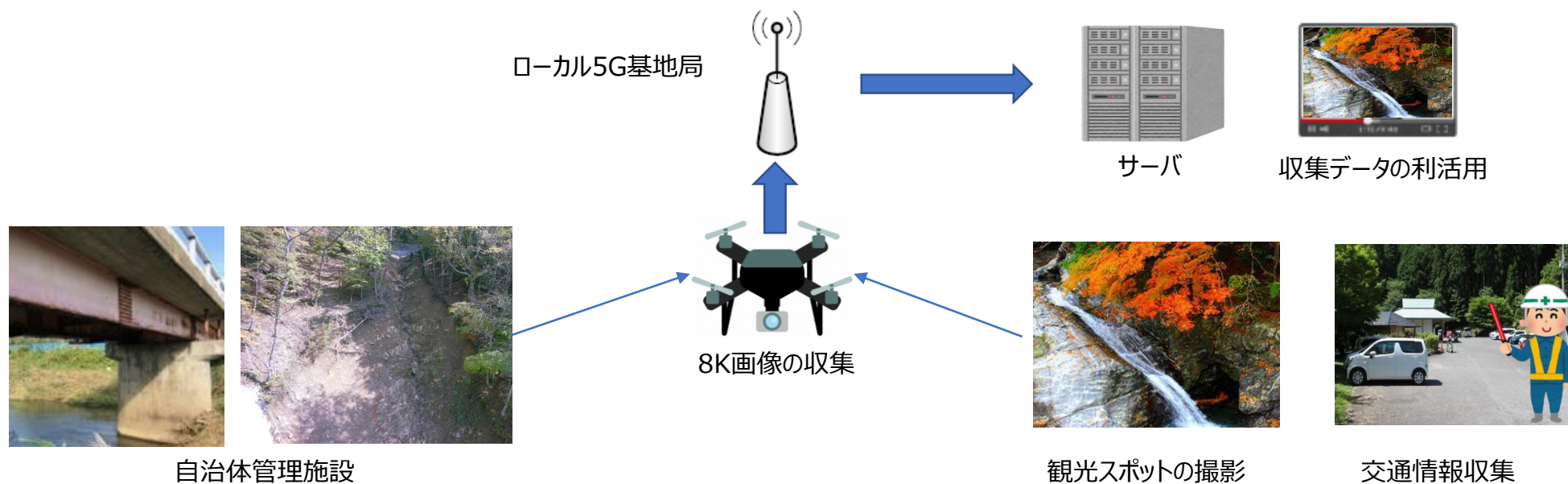
### ● 概要

#### ①自治体管理施設の点検業務

- ・ドローンを活用し自治体が管理する施設（道路、橋梁、擁壁、斜面、法面等）を点検
- ・ドローンで収集したデータをサーバに蓄積し、異常がないか確認・解析
- ・発災時においても、現場状況をいち早く確認するために利用可能

#### ②その他、観光や交通情報等の各種データを収集し、各種業務へ利活用

- ・観光スポットの空撮等のデジタル媒体を活用したプロモーションの強化
- ・道路渋滞情報の収集・データ蓄積、道路整備計画への活用



## 1.2 (3) 天川村でのユースケース

### 有効性の評価

- 技術面
  - ・自治体管理施設の点検において、ドローンを用いて観測することで高所・崖等の危険地域の点検業務を効率的に実現することができる。
  - ・ローカル5Gを利用することで8K映像等の大容量データを扱うことができる。
  - ・GPSロスタが発生する場所においては、撮影距離をとって観測することでGPSデータを取得する必要があり、その点においては4Kよりも高度を上げられる8Kの運用が望ましい。
  - ・ドローンを運用する電源が現状18分しか持たないため、現状では実運用は難しい。  
→様々なユースケースを実現しえる技術および製品の研究開発を継続して行うことで電源問題の解消に努める必要がある
  - ・市全体でローカル5Gを利用することを想定した場合は、ローカル5Gの利用範囲をより大きくできるような基地局の設計が必要  
→移動基地局などの整備により柔軟な運用を行う
- 運用面
  - ・8Kは4Kの倍の撮影距離で同等画質を確保できることから、飛行安全性に優れている。
  - ・従来人の手で行っていた工程をドローンを用いることで大幅な作業時間削減が見込めるため、導入効果は高い。  
**(調査現場への移動時間や経路の安全確保の時間を約7割削減)**
  - ・ローカル5G利用にあたって、基地局設置時に免許が必要となる。
  - ・自治体が継続してローカル5Gを利用するためのノウハウを取得する必要がある。
  - ・公道上は他者土地利用となるため固定通信しかできず、現状公道上のドローンと通信できない  
→他者土地利用に関する制度緩和が必要。
- 財政面
  - ・現状の構築費用は億単位となることから、自治体の負担が非常に大きい  
→製品の標準化による価格低減、自治体への財政的支援の実施、民設民営による補助金スキーム、近隣自治体でのローカル5G設備の共同利用による財政負担低減等を行う
  - ・自治体管理施設の点検業務のみで費用対効果を出すことは難しいため、  
観光・交通・医療等の様々なユースケースでローカル5G基地局を利用することで、費用対効果を出す必要がある。

## 1.2 (4)~(6) 共通課題

### 各自治体でのローカル5G運用・自治体業務課題の解決

#### 技術面

- 移動基地局などの整備
- 様々なユースケースを実現し得る技術及び製品の研究開発の継続

#### 運用面

- 実証実験等を通じた企業及び自治体のローカル5Gに関するノウハウ習得
- ローカル5Gに関するノウハウを持つ民間事業者への業務委託による運用負担の軽減、ノウハウ習得
- 他者土地利用に関する制度緩和

#### 財政面

- 製品の標準化による価格低減
- 安価なユースケースの検討
- 自治体への財政的サポートの実施
- 民設民営による補助金スキーム
- 近隣自治体でのローカル5G設備共同利用による財政の効率化

## 1.2 (6) 財政面における共通課題

- 現状の構築費用は自治体の大きな負担となることから、他の通信方式の場合と同等程度まで構築費用の低減を行う必要がある。
- ローカル5Gを整備し、課題解決するにあたっての費用対効果の検証の実施が必要
  - ① 導入による効果が自治体による投資を上回ること（定量的効果）
  - ② 波及する効果（経済的効果）が示せること（定性的効果）

(参考) 設備費用 (令和3年2月現在)

・ローカル5G設備一式：約1.5億円 (2基地局・屋外設置)

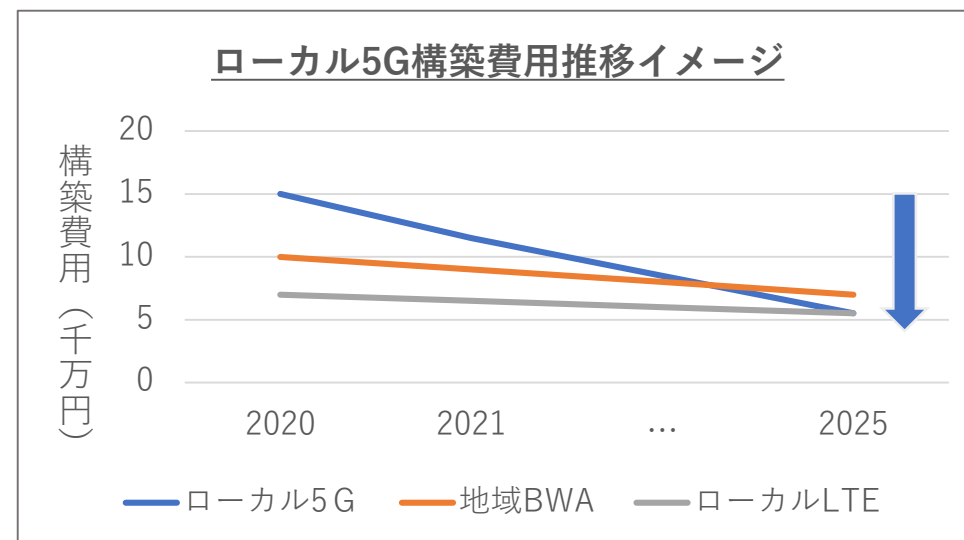
FWA方式：月額利用料68,873円/月・1本 (最大46Mbps) + 初期費用 (数千万円)

BWA方式：構築費用：約1億円

ローカルLTE方式：数千万円程度/1基地局

### ● 課題

- ・他通信サービスと同等以下への価格低減
- ・自治体導入時の費用対効果の実現





# 自治体におけるローカル5Gに運用課題等解決に向けた事例

財政面・運用面の課題に対して民間事業者と連携することで、ローカル5G整備における自治体の負担軽減が期待できる。

## <財政・運用課題に対する取組事例>

### 通信インフラ基盤整備における民間事業者との連携

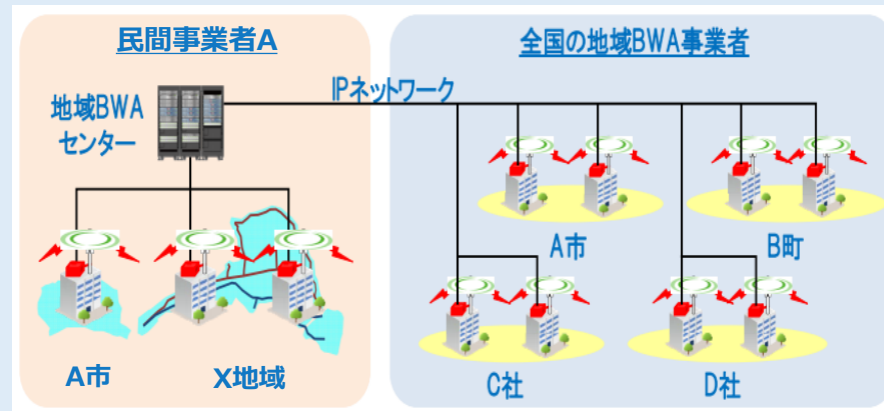
#### (例) 地域BWA整備における民間事業者の取組み

##### ●ポイント

- ・ コア設備（クラウド）を民間事業者より安価に提供
- ・ 自治体は、基地局の整備のみで事業が可能に

##### ●メリット

- ・ **自治体が負担する導入コストが最小限（基地局のみ）**となり、財政負担が軽減
- ・ **インフラ整備後の保守/運用を民間事業者がサポート**することで、自治体の運用負担軽減



「IoT時代の電気通信番号に関する研究会（第2回）」資料より



### ローカル5G整備への展開

(期待される効果)

- ・ 民間事業者との連携による財政・運用負担軽減
- ・ 民間事業者のノウハウを活かした新たなユースケースの発見
- ・ 小規模自治体におけるローカル5G導入へのハードルの低減 等

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

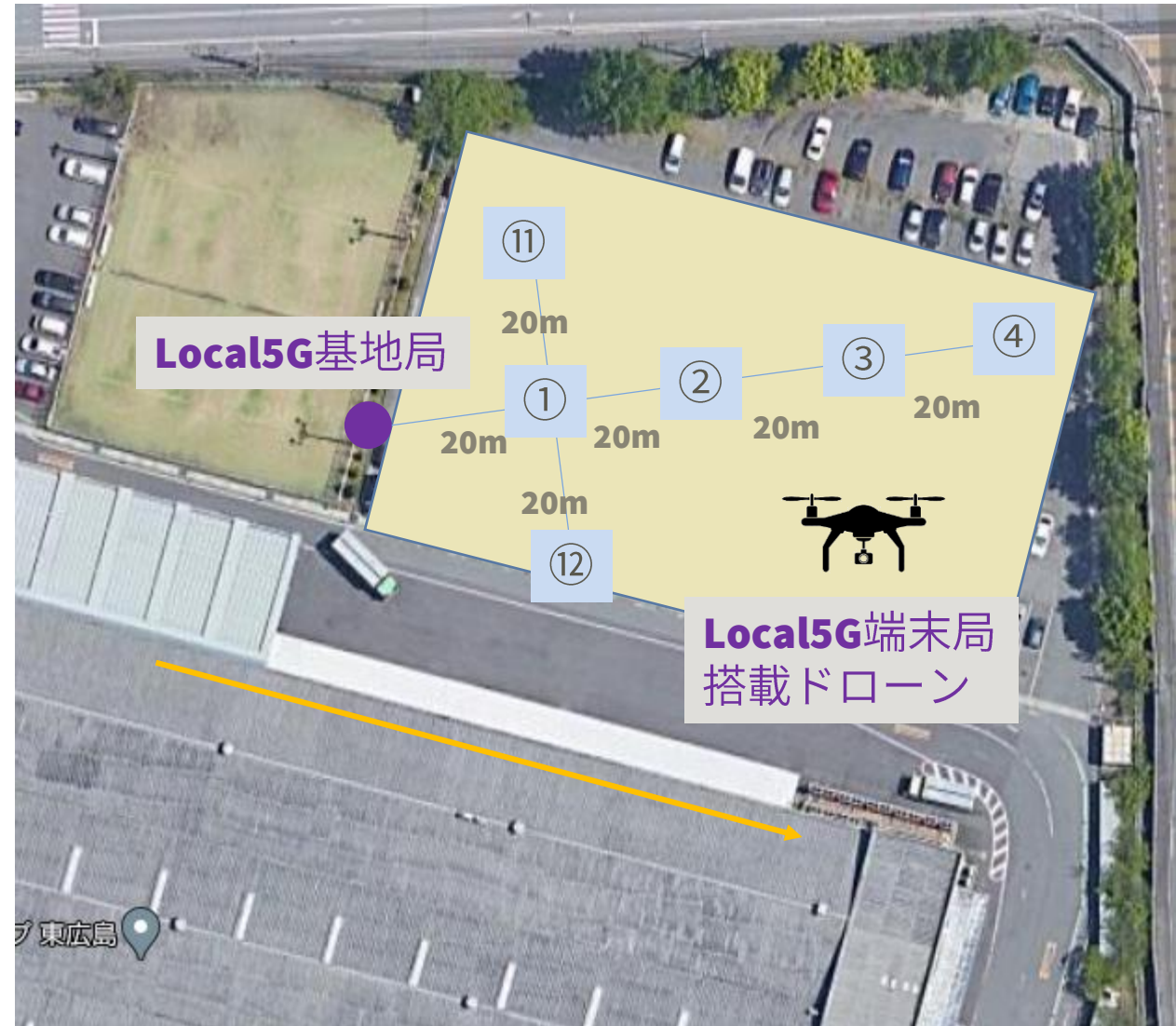
#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

## 2.1.1 8K カメラ搭載ドローンからのローカル 5G による映像伝送実験

- Local5Gエリア構築：測定ポイント



※Google mapから引用

# Local5Gエリア構築： Local5G基地局



- CN (Core Network)
- BBU (BaseBand Unit)

- RRU (Remote Radio Unit)

※アンテナゲインのメインローブ方向



# Local5Gエリア構築：Local5G基地局仕様

項目	仕様
周波数帯	4.8 – 4.9GHz (対応周波数は 4.6 -4.9GHz)
通信方式	TDD ※TDD configuration はLocal5G準同期設定(DDDSUUDSUU)
多重化方式	DFT-S-OFDM/CP-OFDM
変調方式	$\pi/2$ BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
占有周波数帯域幅	100MHz
電波の形式	99M9 X7W
アンテナタイプ	単一アンテナ×4
定格出力（空中線電力）	200 mW (4アンテナ分) 50 mW / 1アンテナ (17dBm)
アンテナ利得	4.6 dBi
EIRP	0.56W (4アンテナ分) 0.14W / 1アンテナ (21.6 dBm)
給電線損失	空中線電力に含む

# Local5Gエリア構築：Local5G 4.7GHz帯 準同期について

## ※総務省ガイドラインからの抜粋

ローカル5Gは、これまで5Gの割当てを受けた全国MNOの無線局との間で、基地局と端末の送信と受信のタイミングを一致させる同期運用が行われているが、5Gの多様なユースケースに対応するため非同期運用を導入する。

非同期運用を行う場合は、原則として、同期運用を行う無線局（以下「同期局」という。）が、非同期運用を行う無線局（以下「非同期局」という。）よりも優先的に保護されることを基本とする。

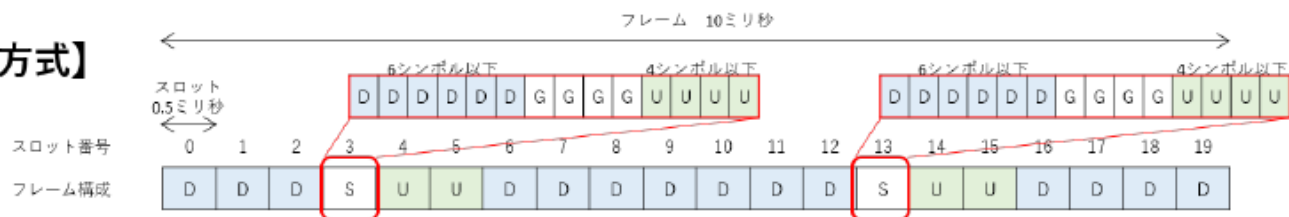
(中略)

ローカル5Gの免許申請に際しては、上述の基本的な考え方にに基づき、同期方式及び非同期方式での免許申請が可能である。

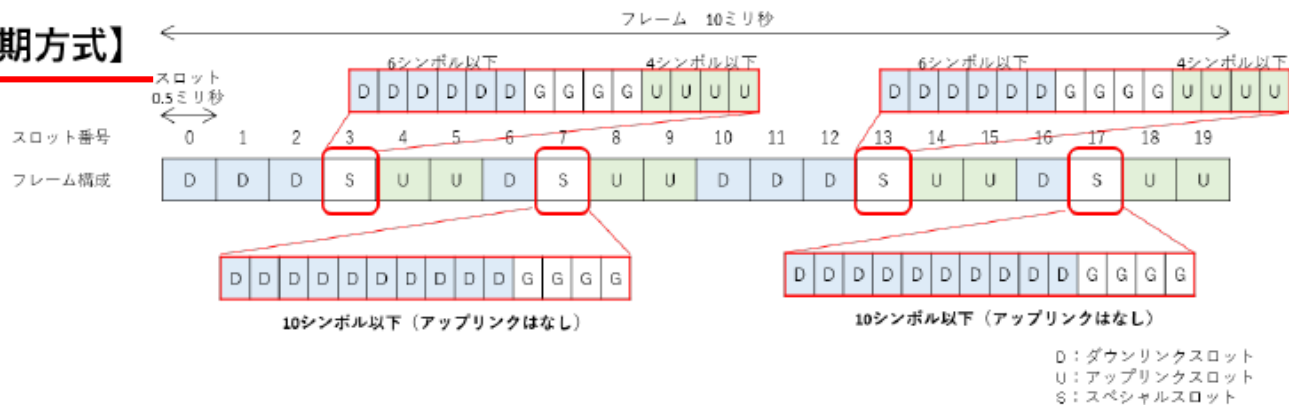
その際、5Gの割当てを受けた全国MNOの無線局との間で同期を行う同期方式及び、ローカル5Gで利用ニーズが多い「上りスロットの比率が高いパターン」を実現しつつ同期局との間で干渉の影響を低減することが可能な非同期運用である準同期方式の免許申請については、事前の干渉調整を省略することが可能となる。具体的な同期方式及び準同期方式のフレーム構成は図1及び図2の通りとなる。また、準同期方式以外の非同期方式の免許申請については、全国MNO及び近隣の他のローカル5Gの免許人との間で混信その他の妨害を与えないことについて合意している場合に可能である。

なお、非同期方式の無線局の運用後に、近隣の同期方式の無線局から干渉調査依頼があった場合は、干渉調査に協力し必要な措置を講ずること。

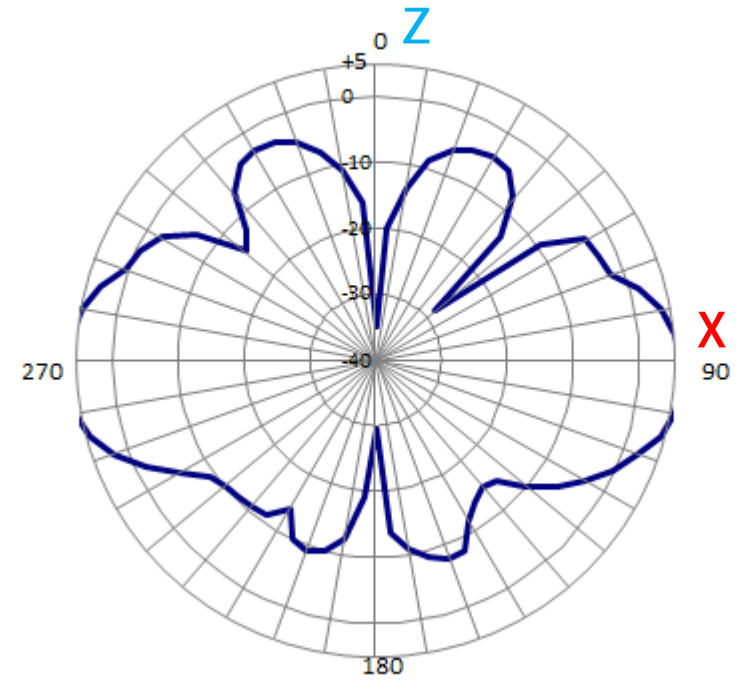
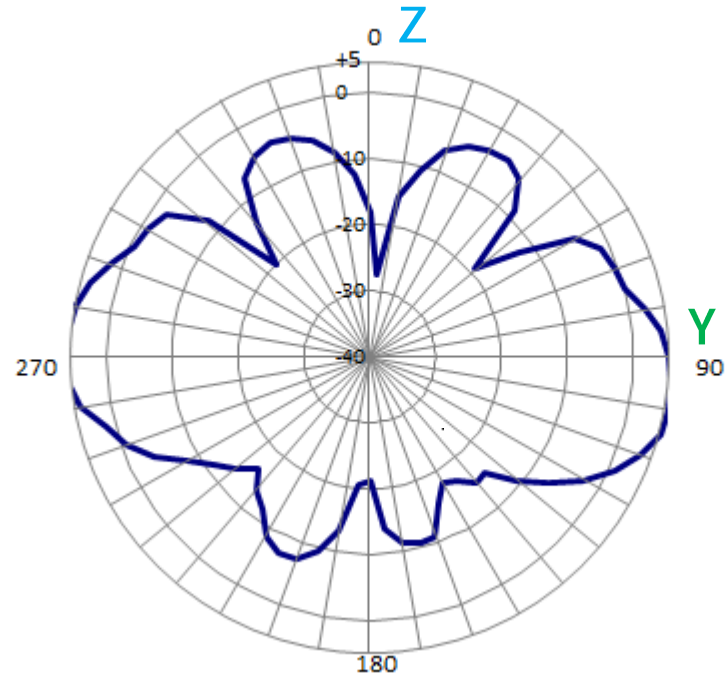
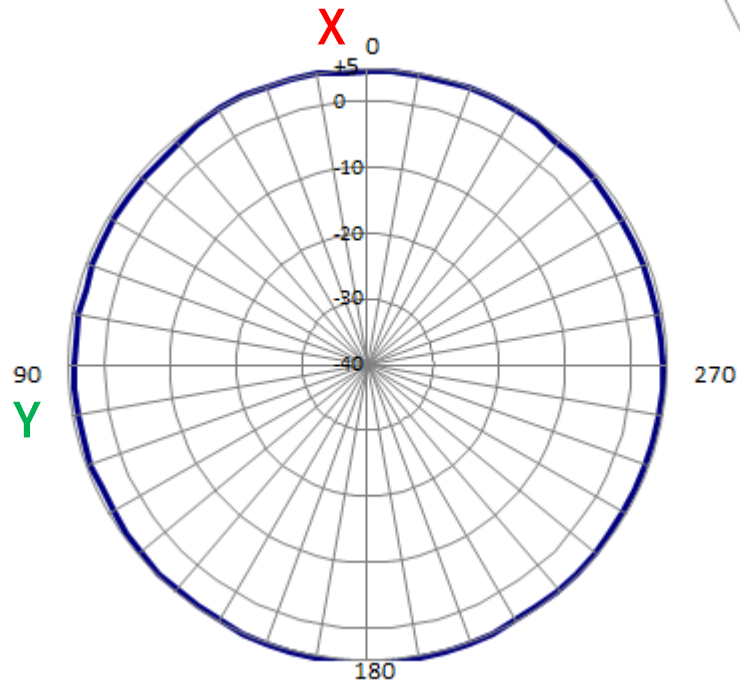
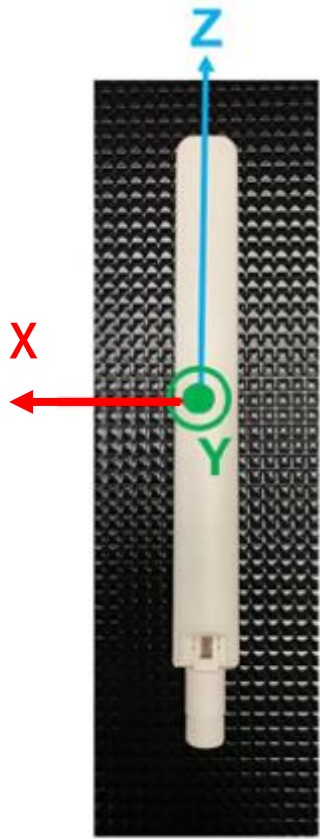
## 【同期方式】



## 【準同期方式】



# Local5Gエリア構築： Local5G基地局アンテナゲインパターン



# Local5Gエリア構築： Local5G端末局とドローン



アンテナ仰角は0度 ※アンテナゲインのメインローブ方向

今回の試験においては、  
地上でLocal5G基地局に接続する手順が必要であり、  
かつ、上空においては地上のLocal5G基地局に向けて  
データ伝送するため、0度の設定とした。

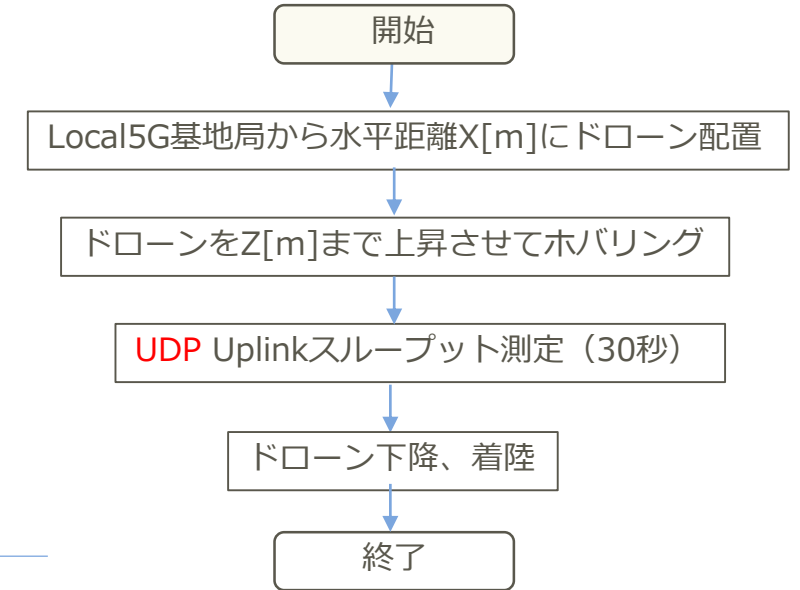
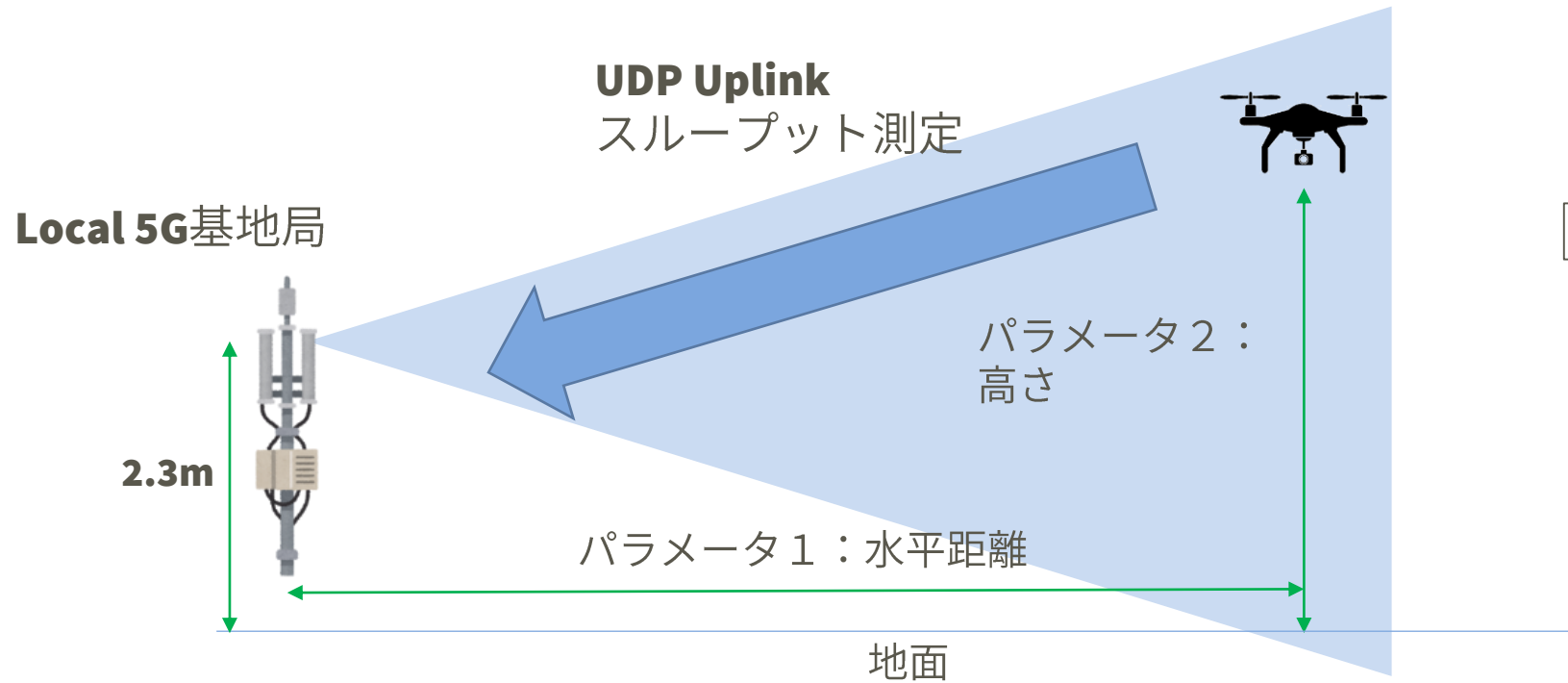
• 端末局 (スマートフォン)



# Local5Gエリア構築： Local5G端末局仕様（スマートフォンタイプ）

項目	仕様
周波数帯	4.8 – 4.9GHz (対応周波数は 4.6 -4.9GHz)
通信方式	TDD
多重化方式	DFT-S-OFDM/CP-OFDM
変調方式	$\pi/2$ BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
占有周波数帯域幅	100MHz
電波の形式	99M9 D1A, D1B, D1C, D1D, D1E, D1F, D1X, D7W G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G1F, G1X, G7W
アンテナタイプ	単一アンテナ
定格出力（空中線電力）	50 mW (17dBm) ※最大23dBm対応可だが、干渉抑えるために17dBmで運用
アンテナ利得	1.0dBi
EIRP	0.06 W (18dBm)
給電線損失	アンテナ利得に含む

# スループット測定：手順



パラメータ	値
水平距離X[m]	20, 40, 60, 80
高度Z[m]	0, 20, 40, 60, 80
方位角 (アンテナ正対方向を0度とする)	-45, 0, +45

# スループット測定：測定の様子

## 1. 準備



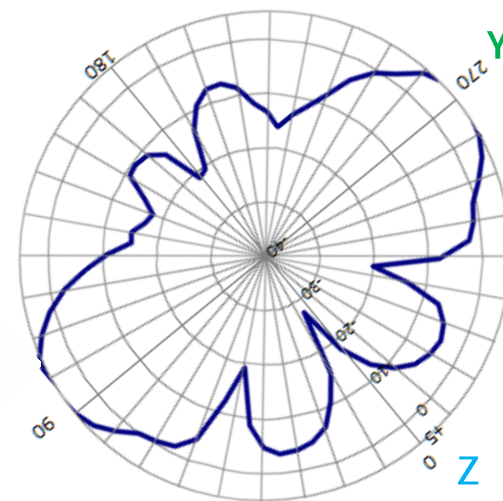
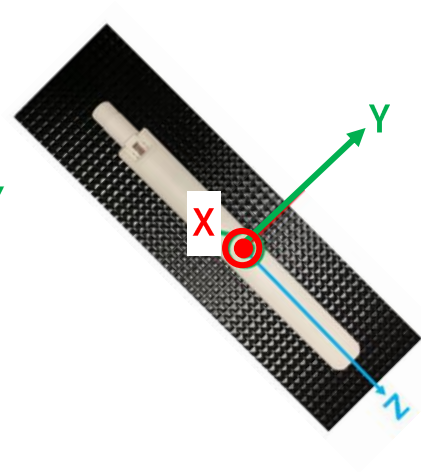
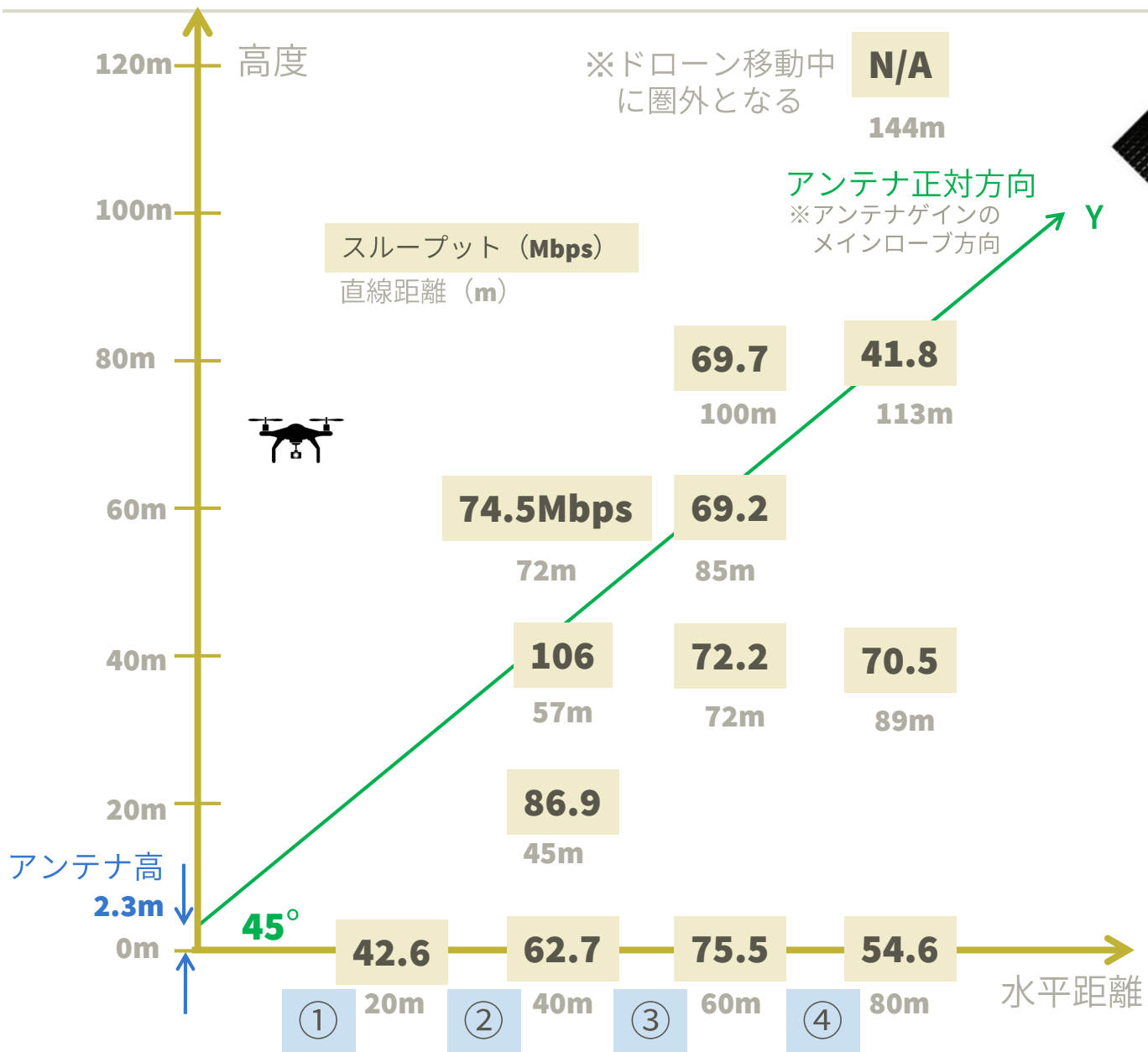
## 2. ドローン上昇



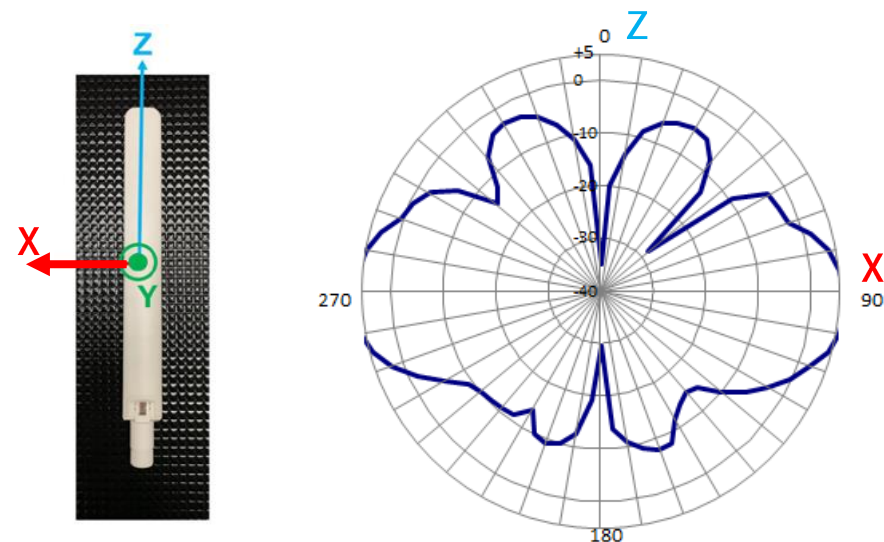
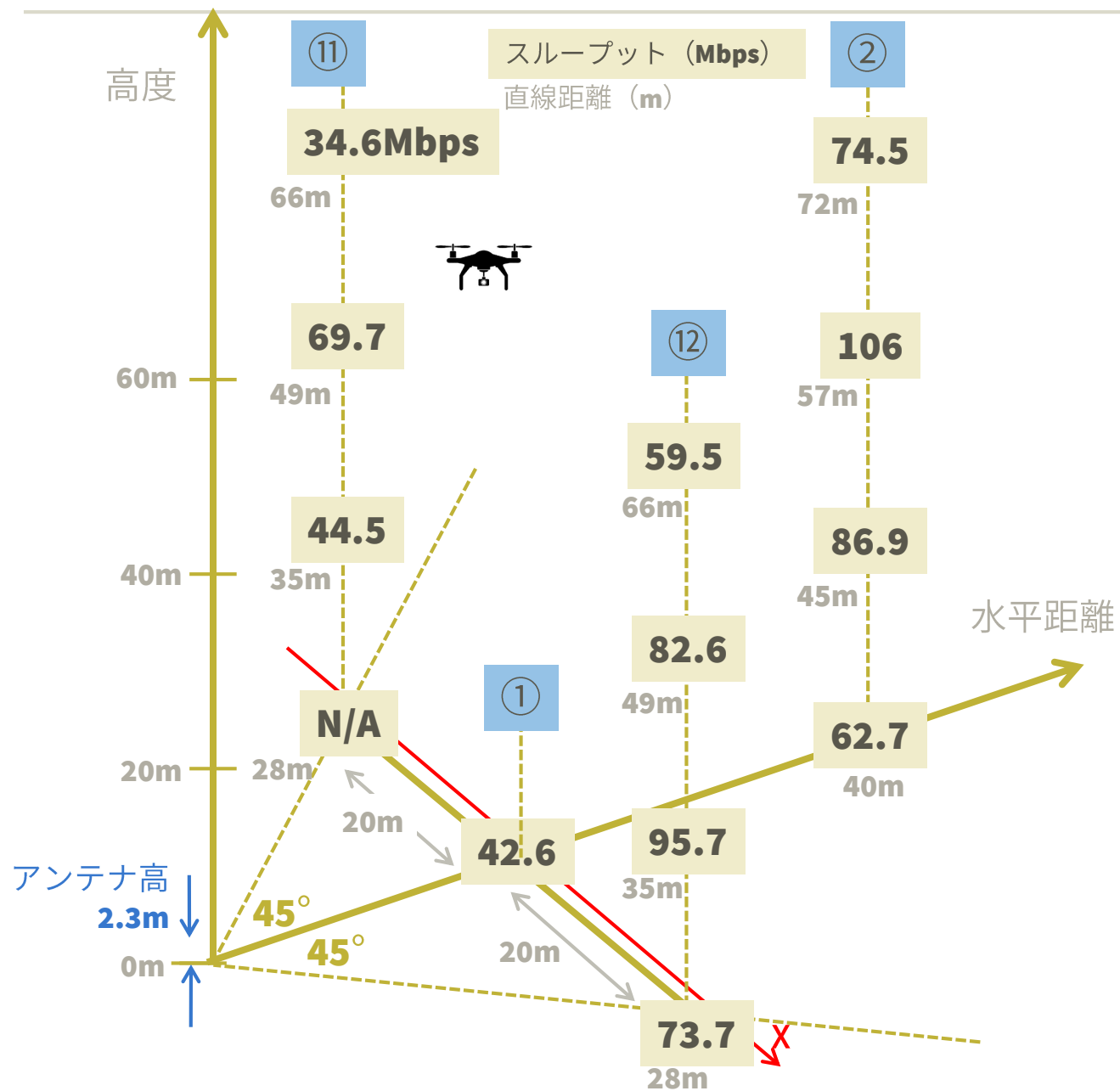
## 3. 測定中



# スループット測定：UDPアップリンク（アンテナ仰角45度）



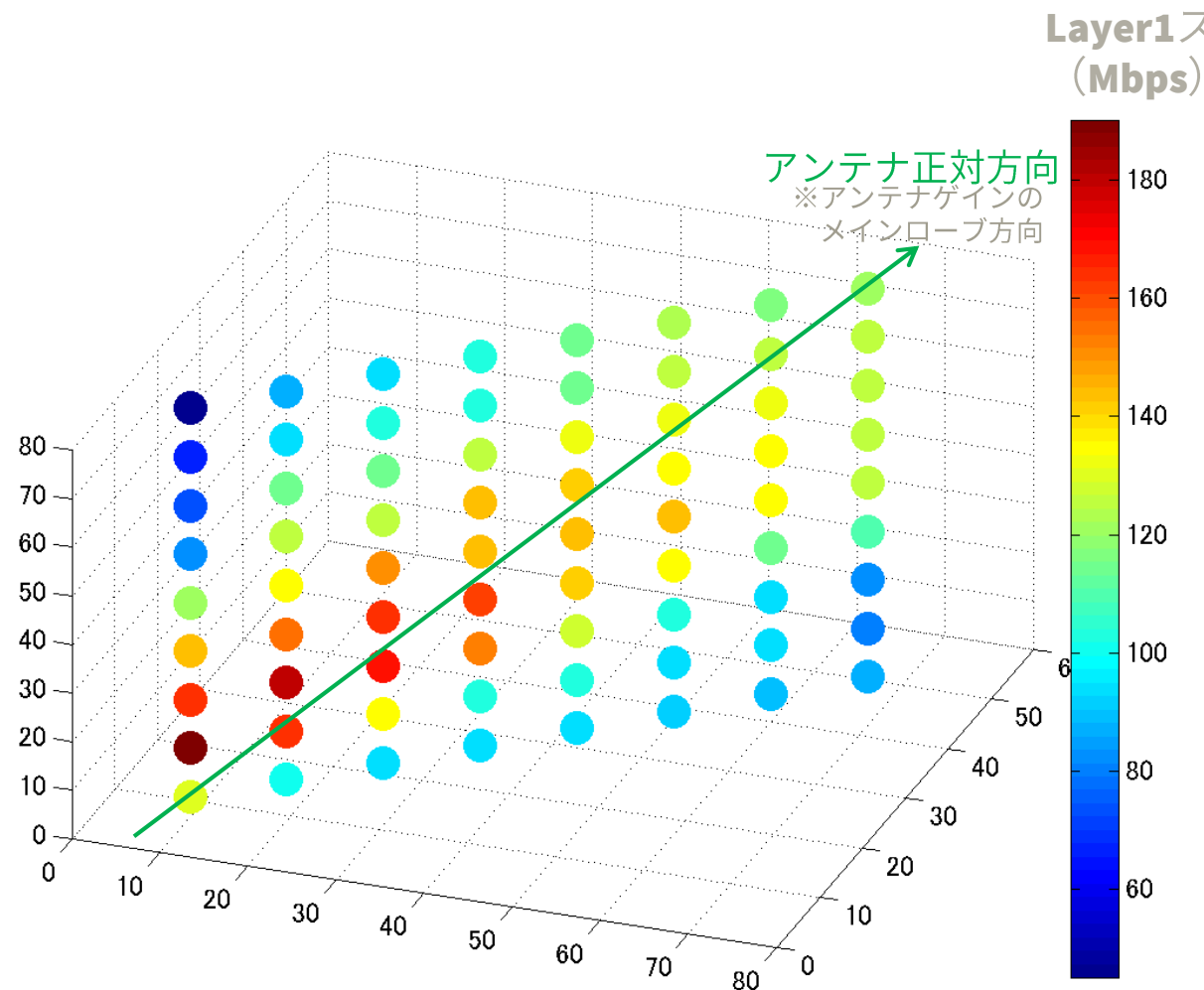
# スループット測定：UDPアップリンク（アンテナ仰角45度）



# スループット測定：シミュレーションとの比較

送信電力：50mW

TDD config：準同期設定 (DDDSUUDSUU)



シミュレーション結果と

フィールドでの測定結果に類似した傾向は見られる。

具体的には、スループットは基本的には、  
仰角**45度**方向に沿って高い。

しかし、水平距離**50m**を超えたあたりからは、  
**45度**を下回る位置の方が若干良い結果となる。  
アンテナゲイン特性に従っていると考えている。

# スループット測定：考察

---

- 伝送速度

- 今回の測定対象ポイントでは、水平距離**40m**、高度**40m**で最もスループットが高く、**106Mbps**という妥当な結果であった。

※**MCS22** (**Layer1**での理論値は約**140Mbps**) が主に選択されていた。

**MCS(Modulation and Coding Scheme)**は無線装置が実際に使用する変調方式と符号化率を示す値であり、本試験で用いた**MCS**セットにおいて**MCS22**は変調方式が**64QAM**、符号化率は約**0.66**である[1]。

- 周波数帯域幅を変更することなく、更に高スループットを得ようとする場合、後述する送信電力増加や**TDD Configuration**の変更に加えて、**MIMO(Multiple-input Multiple output)**送信も有効である。
- 今回使用した**Local5G**端末局は単一アンテナであるが、複数のアンテナを使用する**MIMO**送信に対応すればスループットも増大する。例えば2本のアンテナを具備して2ストリーム送信可能であれば、スループットは2倍となる。

[1] 3GPP TS38.214

## 8K映像伝送：

---

- **8K**映像伝送プロトコルとして、**SRT**を使用する。  
映像データに、最大**20%**のオーバーヘッドが付加される。
- スループット測定結果から、水平距離**40m**、高度**40m**でのスループットが**106Mbps**であり、上記地点において**80Mbps**の**8K**映像を伝送できると推測した。

### ※SRT：**Secure Reliable Transport**

IPネットワークで使用できる映像伝送プロトコル。  
UDPベースであるが、損失パケットを再送して回復する制御を行う。  
また、パケットの暗号化にも対応している。

### ※8K映像のビットレート：

サービスインしているBS4K/8K放送では、  
8K映像の生データを約1/1000圧縮して約85Mbpsで放送している。  
本実験でも同等のビットレートの映像ストリーミングを実施した。



# 8K映像伝送：様子および結果

- 水平距離**30m**、高度**30m**からの**80Mbps 8K映像伝送成功**（直線距離、約**42m**）

※それ以上遠い距離ではスムーズな映像伝送とはならなかった。

無線環境のゆらぎに加え、**VBR**（可変ビットレート）で映像圧縮しているため瞬間的には**100Mbps**を超えるようなビットレートが必要となってくることが影響していると考えている。



ドローンから受信した**8K**映像



上空から**8K**撮影するドローン

# 8K映像伝送：考察

---

- 伝送距離

- 今回の実験では、実験場所の広さを考慮し、かつ他無線システムへの干渉リスク回避のため、端末局の送信電力を**17dBm**に抑えているが、実力としては最大**23dBm**で送信が可能である。その場合、本試験構成における**8K映像(80Mbps)**伝送の観点では直線距離で約**80m**の伝送が可能となる。
- 加えて、**TDD config**の変更で伝送距離を伸ばすことも可能である。今回の実験では**Downlink：Uplink**比が**5:4**であったが、仮に**2:7**のように**Uplink**の割合を増やした場合、所要受信電力を低く抑えられる低**MCS**を使用しても、**80Mbps**の**8K**映像伝送することができる。例えば、**MCS22**から**MCS13**に落とす場合、**10dB**程度所要受信電力を小さくできるから、上記送信電力の増加効果と併せると、**200m**以上の伝送距離が期待できる。

# まとめ

---

- 水平距離**30m**、高度**30m**の位置（直線距離約**42m**）から、**80Mbps8K**映像の伝送に成功した。
- ローカル**5G+**ドローン**+8K**映像を活用する様々なユースケースへの柔軟な対応を考える上で、
  - 端末局の送信電力を上げる、
  - 端末局が**MIMO**送信に対応する、
  - **TDD configuration**で**Uplink**の割合を増やす、  
などの手法を今後適用することで、スループットの改善、伝送距離を伸ばしていくことを考えている。

## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

### 【①災害現場の映像撮影】

評価項目

- a, 作業時間
- b, ドローン操縦容易性
- c, 安全性
- d, 直上からの状況把握
- e, 情報収集範囲
- f, 現場地図作成精度
- g, 非災害時の状況と災害時の状況の重ね合わせ精度
- h, 情報の統合度合

d

f

g

非災害地のデータと災害地のデータを個別に収集し、仮想的に検証を行う

### 【②橋梁、ダム等のインフラ点検】

評価項目

- a, 作業時間
- b, ドローン操縦容易性
- c, 安全性
- l, インフラ補修箇所発見性能

低解像映像

高解像映像

### 【③地形、区画等の公共測量】

評価項目

- a, 作業時間
- b, ドローン操縦容易性
- c, 安全性
- l, 誤差含有度合い

標定点配置⇒現地計測⇒3次元点群作成⇒オルソ画像、DSM作成⇒精度検証

### 【④ドローンを使用した自治体管理の道路インフラのスクリーニング検査】

補修が必要なヒビ

現在人力⇒ドローンを使用した省力化が可能かどうか基礎検討  
(令和4年に予定されている市街地でのドローン目視外飛行解禁を見据えた用途拡大に向けて)

## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

### ・ 評価項目

	項目	協力自治体	検討大項目	評価項目	内容詳細
1	災害現場の映像撮影	天川村	効率性	a 作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
				b ドローン操縦容易性	自立およびマニュアル操作の時間比およびドローンの誘導精度の比較を行う。
				c 安全性	落下安全性確保の為に対象物に十分な離間距離を取った時の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
			確実性	d 直上からの状況把握性能	ドローン直下の状況把握可能な範囲と精度の比較を行う。
				e 情報収集範囲	例えば、瓦礫などがあって立ち入れない地域を想定した場所の上空などからの撮影範囲と精度の比較を行う。さらに、画像処理を用いた救助率向上の可能性検証およびその比較を行う。
				f 現場地図作成精度	災害時を想定した評定点の数が不十分、あるいは存在しない場面における、災害現場地図の作成可否と作成精度の比較を行う。さらに、例えば、流出した土砂の厚さの検出可否や検出精度の比較を行う。
g 非災害時の状況と災害時の状況の重ね合わせ精度	非災害時に状況を撮影していた場合、およびGoogleあるいは国土地理院が無料公開している情報を利用した場合の双方における作成の可否と作成精度の比較を行う。				
h 情報の統合度合	例えば、現場救助隊員に持たせたGPSのトラッキングデータとの重ね合わせや、探索漏れの可視化の可否や精度の比較を行う。				
2	橋梁、ダム等の インフラ点検	天理市 王寺町	効率性	a 作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
				b ドローン操縦容易性	自律およびマニュアル操作の時間比、ドローンの姿勢安定性の比較を行う。特に、風が強く乱気流が発生してドローン操作の難しい場所となる、橋脚検査において評価を行う。
				c 安全性	検査対象物とドローンの衝突安全性確保のために、十分な離隔距離を取った場合の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
			確実性	i インフラ補修箇所発見性能	一定面積内で検出できるひびの長さや幅に対する精度および欠陥の検出限界を、近接目視同等の画像をリファレンスとして比較を行う。
3	地形、区画等の 公共測量	天理市	効率性	a 作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
				b ドローン操縦容易性	自律およびマニュアル操作の時間比およびドローンの誘導精度の比較を行う。
				c 安全性	落下安全性確保の為に対象物に十分な離間距離を取った時の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
			確実性	j 誤差含有度合	計測条件（撮影機材、カメラパラメータ、撮影高度、写真ラップ率、標定点の位置や個数）および解析パラメータ（カメラキャリブレーション、点群生成処理の設定、標定点の入力および補正）と測量の精度に関して比較を行う。
4	ドローンを使用した自治体 管理の道路インフラのスク リーニング検査	天理市	確実性	k	自治体が管理する道路インフラが、補修が必要な状態か否かの判断を行うに当たっての基礎データとして、ドローンの高度と画角に対する解像度と有効範囲の比較実験を行う。

## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

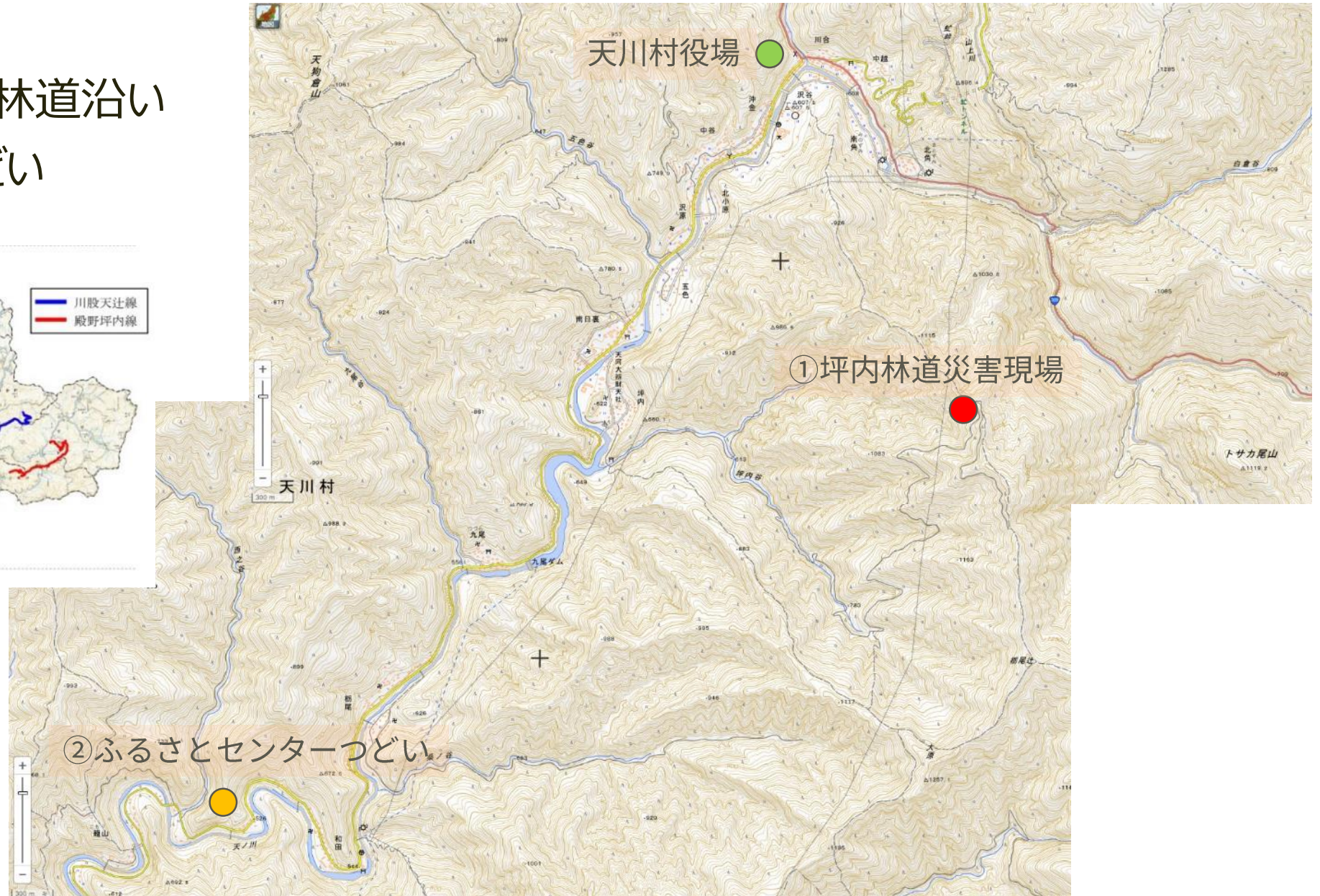
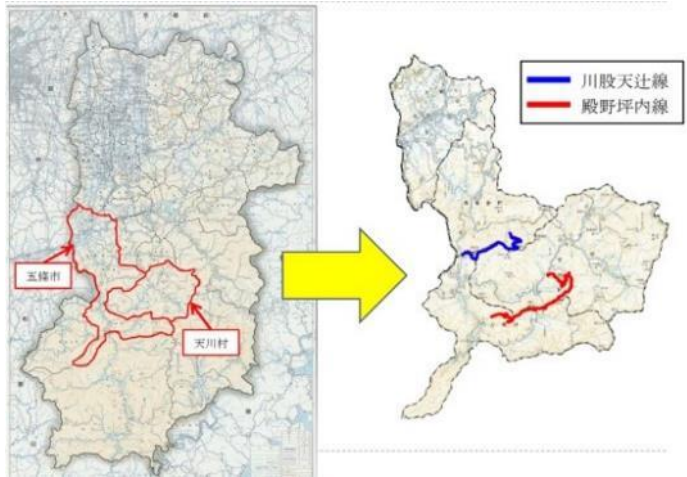
### (1) 災害現場の映像撮影



# 調査現場と実施内容

## 【選定場所】

- ①災害現場：坪内林道沿い
- ②ふるさとセンターつどい



# 調査現場と実施内容

## 【撮影日時】

1日目：2020年10月21日（坪内林道、ふるさとセンター）

2日目：2020年11月9日（坪内林道、みたらい溪谷）





# 調査現場と実施内容

## 【撮影機材（ドローン）】

- ① 8 K撮影用：DJI Matrice 600 Pro（SHARP 8Kカメラ搭載）
- ② 4 K撮影用：DJI Phantom 4 Pro V2.0

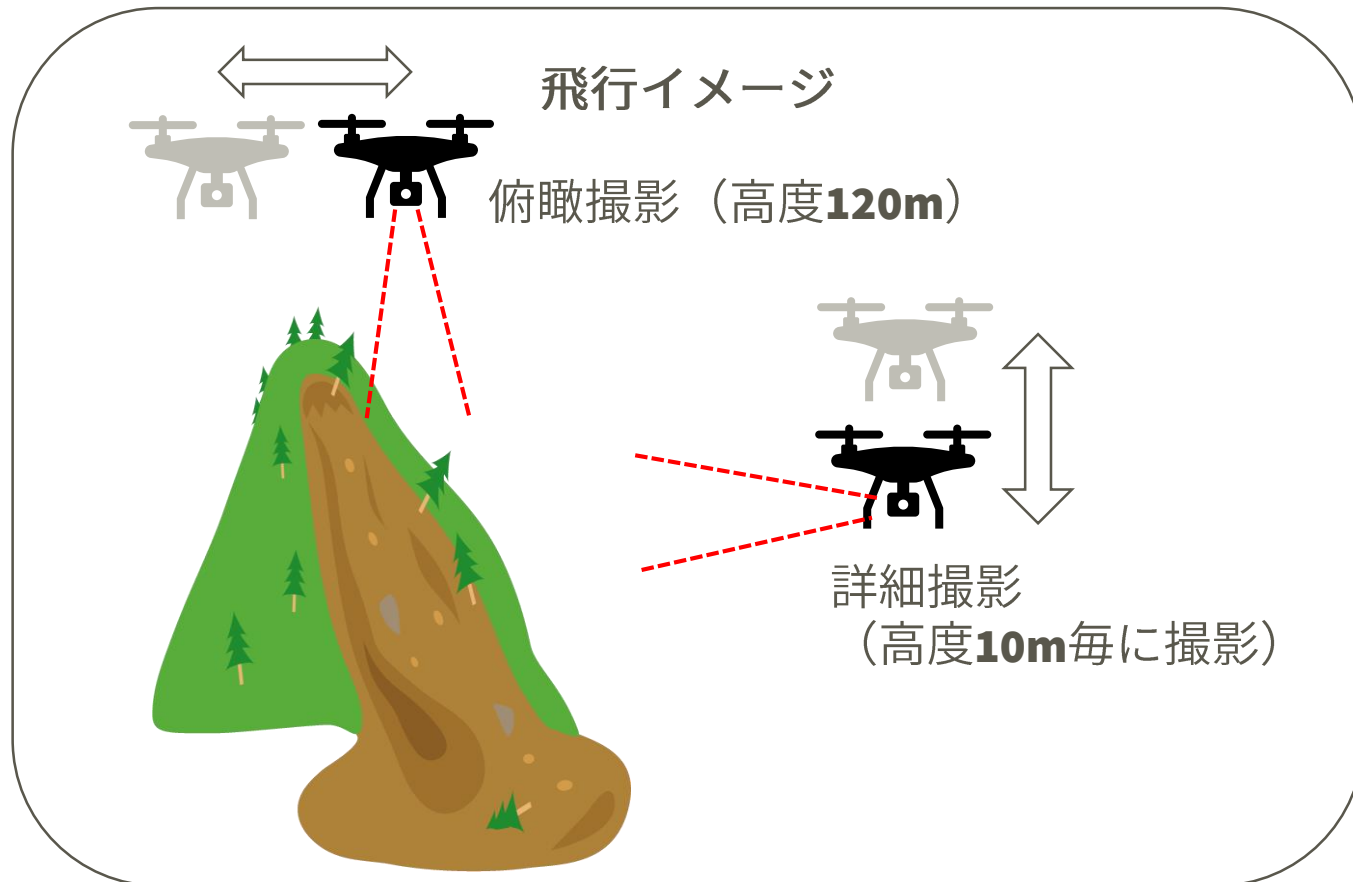


機体名	DJI Matrice 600 Pro	DJI Phantom Pro Ver2
飛行速度・最大飛行時間	40～65km/h・約18分	50～72km/h・約30分
対角寸法・全重量	1133mm・15kg(8Kカメラ含む)	350mm・1.4kg
センサー	18.84mm x 10.6mm (16:9)、4/3inch	13.2mm x 8.8mm (3:2)、1inch
解像度	7680x4320	5472x3648(静止画)、3840x2160(動画)
レンズ焦点・画角	9mm・92°	8.8mm・84°

# 調査現場と実施内容

## 【実施内容】 ①土砂災害現場：坪内林道

想定：土砂などの災害現場を発見、  
さらに詳細な災害状況を撮影データとして取得する

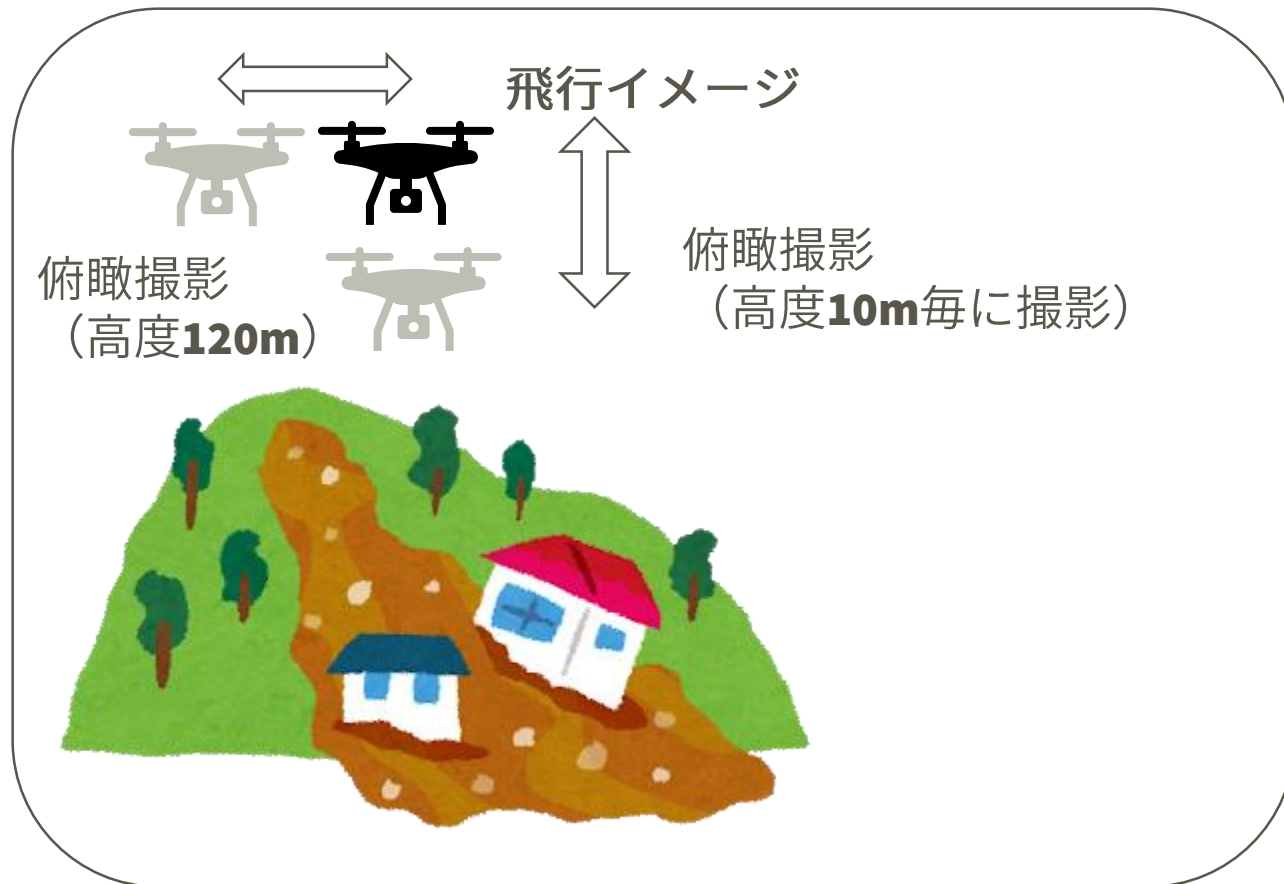


# 調査現場と実施内容

【実施内容】 ②建屋被災現場：ふるさとセンターつどい

想定：建屋を含めた被災現場を発見、

さらに詳細な被災状況を撮影データとして取得する



# 調査項目ごとの検証結果

## 【調査項目一覧】

検討大項目	評価項目	内容詳細
効率性	a 作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
	b ドローン操縦容易性	自立およびマニュアル操作の時間比およびドローンの誘導精度の比較を行う。
	c 安全性	落下安全性確保の為に対象物に十分な離間距離を取った時の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
確実性	d 直上からの状況把握性能	ドローン直下の状況把握可能な範囲と精度の比較を行う。
	e 情報収集範囲	例えば、瓦礫などがあって立ち入れない地域を想定した場所の上空などからの撮影範囲と精度の比較を行う。さらに、画像処理を用いた救助率向上の可能性検証およびその比較を行う。
	f 現場地図作成精度	災害時を想定した評定点の数が不十分、あるいは存在しない場面における、災害現場地図の作成可否と作成精度の比較を行う。さらに、例えば、流出した土砂の厚さの検出可否や検出精度の比較を行う。
	g 非災害時の状況と災害時の状況の重ね合わせ精度	非災害時に状況を撮影していた場合、およびGoogleあるいは国土地理院が無料公開している情報を利用した場合の双方における作成の可否と作成精度の比較を行う。
	h 情報の統合度合	例えば、現場救助隊員に持たせたGPSのトラッキングデータとの重ね合わせや、探索漏れの可視化の可否や精度の比較を行う。

# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 – 作業時間

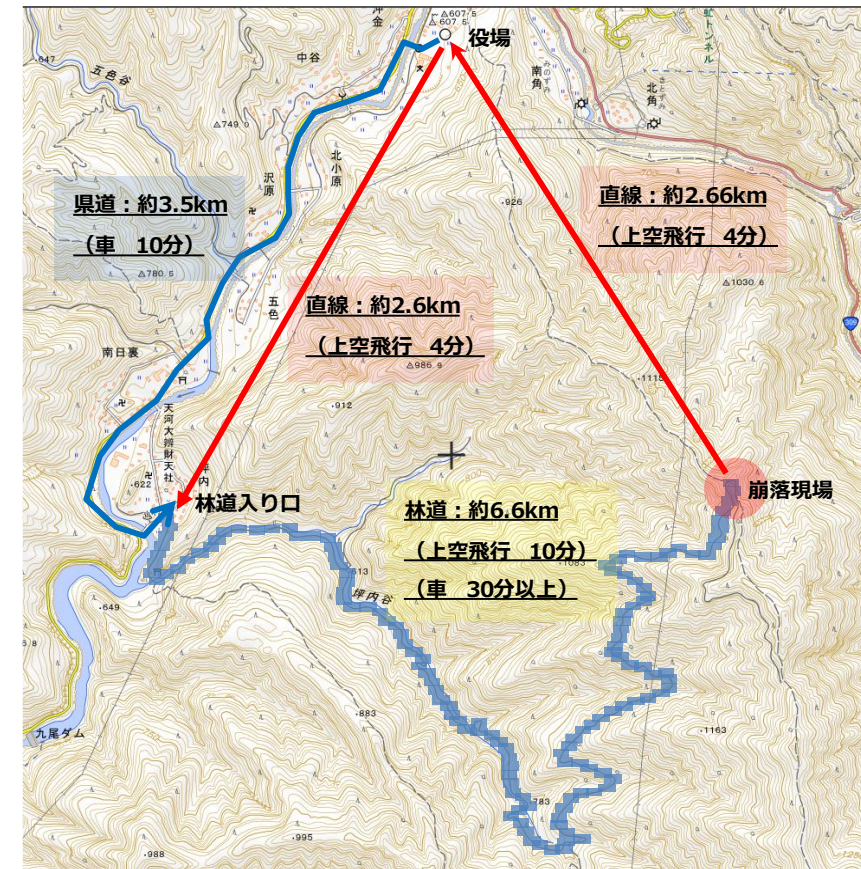
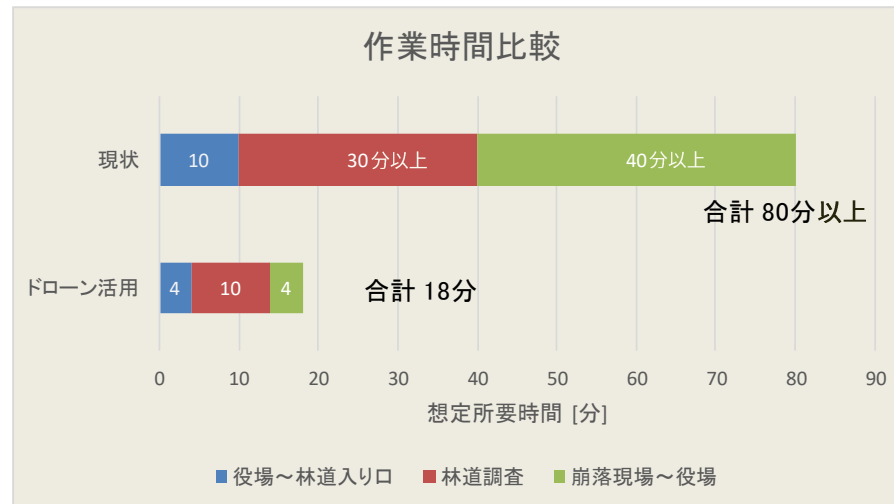
### 【林道沿いの調査の場合】

現状：車で現場まで往復。経路の安全確保にも時間がかかるため、通常時より移動時間を要すると考えられる。

ドローン活用：上空約70mから林道沿いを調査。

調査データを役場で把握できるまでにかかる時間は、  
約7割以上削減可能

映像枚数比較：8K画角：約130枚、4K画角：約217枚  
(@同一解像度)



# 調査項目ごとの検証結果

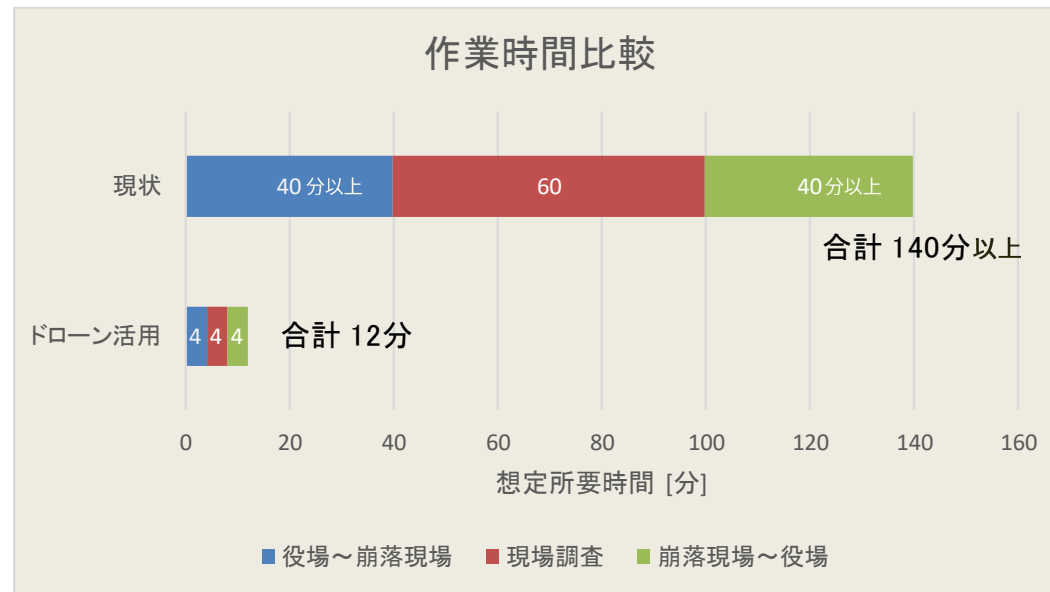
## (a) 効率性 - 作業時間

【役場から災害現場へ直行の場合】

役場→林道崩落現場2600 m 高低差554m 直線距離2658m

車の場合：現地まで往復40分 撮影60分

ドローンの場合：現地まで4分 撮影4分 帰りも4分  
(時速40kmで換算)



災害現場へ直行の場合、約9割以上の削減効果

## 調査項目ごとの検証結果

---

### (a) 効率性 – 作業時間

#### 【年間の試算】

前提条件：村管理林道が延べ約62km・35か所（1か所平均約1.8km）

#### ・現状の人手の場合：

発災1回あたり、10人/4班で調査対応、平均1.5日かかる。

年2回の発災として、30人日/年。（天川村役場の情報）

#### ・ドローン活用の場合：

1か所平均1.8kmあたり、調査時間約10分とする。全箇所約6時間。

村内移動の時間を加味し、ドローン担当2人が2日で3時間ずつ調査を行うとする。

年2回の発災として、 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 人日/年。

年間約7割の作業時間の削減効果

# 調査項目ごとの検証結果

## (b) 効率性 – ドローン操縦容易性

【映像枚数の比較】 林道（入り口～崩落現場）に沿って上空から同一エリアの写真撮影に必要な「画像枚数」を比べると、  
8K画角：約130枚、4K画角：約217枚。

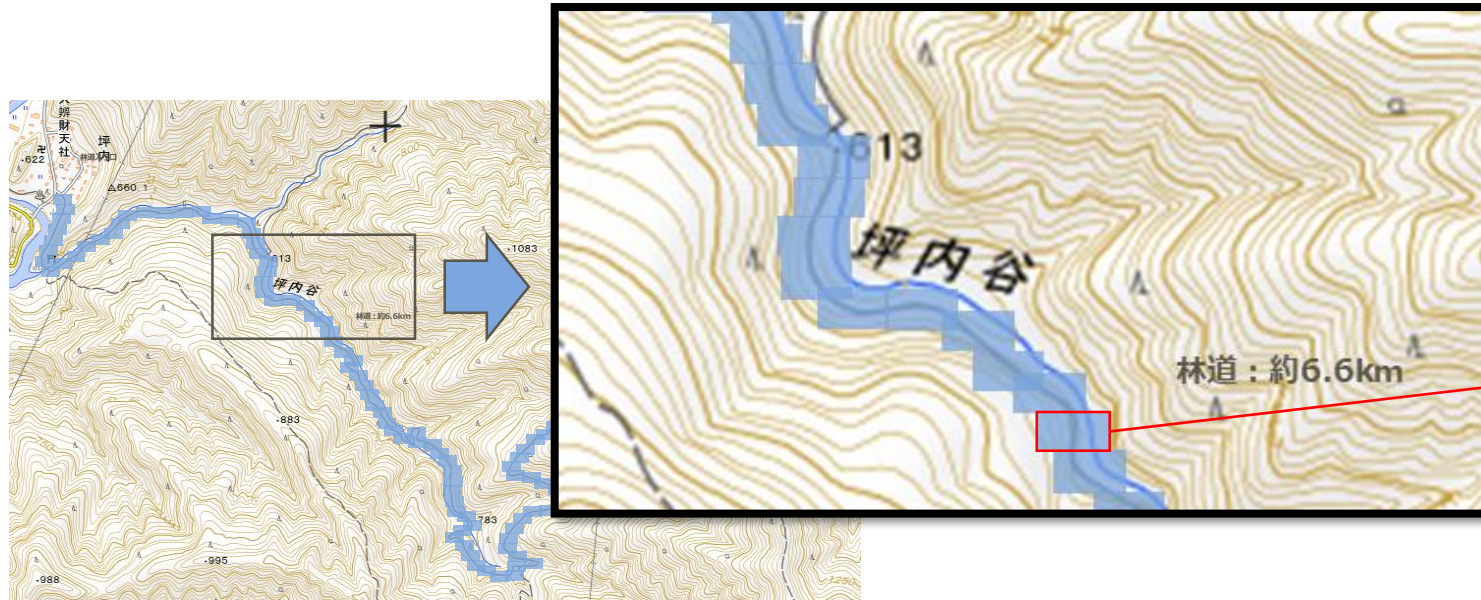


写真1枚あたり	縦 [m]	横 [m]	面積 [m <sup>2</sup> ]	高度 [m]
4K	36	54	1,944	36
8K	43	76	3,268	73

同一解像度での比較では、8Kは4Kの6割の枚数で撮影が可能  
(地上画素寸法 = 1 cm / ピクセルを前提)



# 調査項目ごとの検証結果

## (c) 効率性 – 安全性

### 【障害物回避性の比較】

- ・現場では木々の引っかけりリスクを常に注意する必要があった ⇒ 高度を上げれば防げる
- ・8 Kなら4 Kの倍の高度で同等画質を確保でき、飛行安全性は8Kのほうが優れている



4 K : 高度36m



8K : 高度73m

# 調査項目ごとの検証結果

(d)(e) 確実性 – 直上からの状況把握性能 / 情報収集範囲

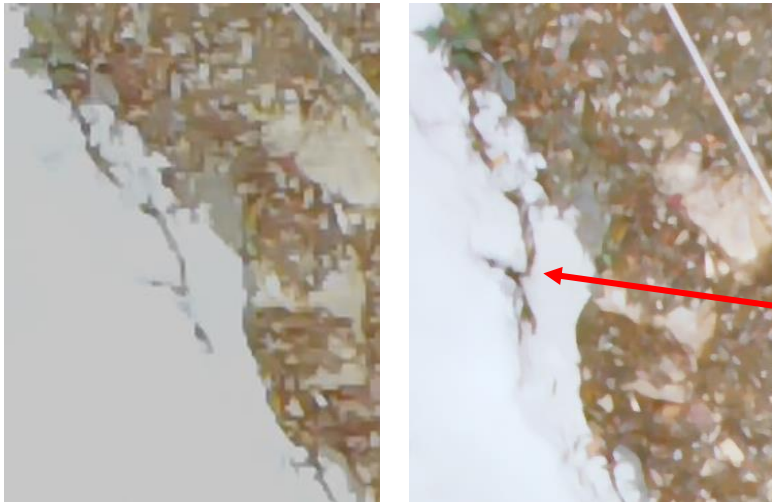
## 【解像度比較】

- 解像度が高ければ、被災状況の状況解析を向上できる
- 4 Kに比べて **8 Kではより詳細状況を取得** できることを確認

補修箇所クラック状況を詳細に把握

4 K

8 K



(同一高度30m上空より撮影)



ガードレール部の破損状況を詳細に把握

4 K



8 K



排水路の破損有無を詳細に把握

4 K

8 K



# 調査項目ごとの検証結果

(d)(e) 確実性 – 直上からの状況把握性能／情報収集範囲

【画角比較】

- ・画角が広ければ、発見率および救助率を向上できる
- ・4Kに比べて8Kのほうが広い画角を確保できる



Phantom 4 Kカメラ  
高度120m



Matrice 8 Kカメラ 高度120m

## 調査項目ごとの検証結果

(d)(e) 確実性 – 直上からの状況把握性能／情報収集範囲

【ダイナミックレンジ比較】

- ・Phantomの4 Kカメラでは画像に**白飛び／黒つぶれ**が発生、ドローンを操作して測光ポイントをずらし、丁度よい明るさになるようにするか、都度手動による露光調整を必要とした
- ・広いダイナミックレンジ（HDR対応）の8 Kカメラでは暗い部分明るい部分の両方を同時に撮影できており、見たい箇所のデータを確実に取得できる効果を確認。

白飛び



Phantom 4 Kカメラ（未編集画像）  
高諧調・低諧調側で情報ロスが発生

黒つぶれ



HDR対応8 Kカメラ（未編集画像）  
明るいところ暗いところの情報取得可能

## 調査項目ごとの検証結果

(f)(g) 確実性 – 地図作成精度 / 非災害時の状況と災害時の状況の重ね合わせ精度

※ 今回の機材およびロケーション・シチュエーションでは比較調査は困難

⇒ 地図作成および精度に関しては「公共測量」のほうで検証する



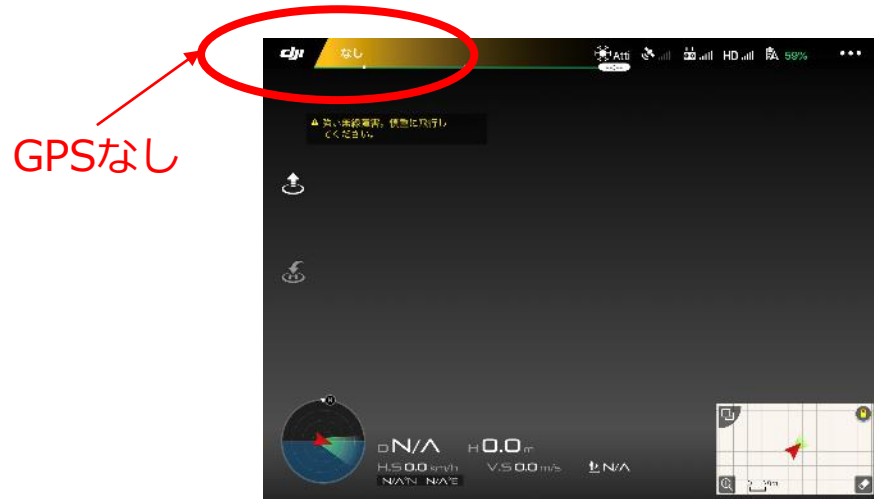
大和高田市総合公園での公共測量（12月4日に実施）

# 調査項目ごとの検証結果

## (h) 確実性 – 情報の統合度合い

### 【GPSロスによる情報損失】

- ・山間部での現場作業中に「GPSが入らない・入りにくい」状況がたびたび発生した
- ・ドローンの安定飛行が困難になり、取得した映像が揺れ所望の画像が得られないケースがあった
- ・将来的に目視外にて飛行させる際にはGPSデータは必要な情報
- ・高く飛ばばGPSを捕捉しやすいため、**高度をとって詳細観測できる8Kは優位**となる



今回の災害現場で度々表示されたGPSキャッチできない時のコントローラ部表示



# まとめ

## 【調査のまとめ】

- 天川村における災害を想定して2か所の現場を選定し、8K/4Kドローン撮影による実証実験および調査検証を実施
- 調査検証における「**効率性**」について
  - 作業時間において、**ドローンを用いることで大幅な時間短縮となることを確認**
  - 操縦容易性について、同一解像度での比較では、**8Kは4Kの6割の枚数で撮影が可能**
  - 安全性の観点から、**8Kは4Kの倍の高度で同等画質を確保でき、飛行安全性に優れる**
- 調査検証における「**確実性**」について
  - 直上からの状況把握性能／情報収集範囲として、「**解像度」「画角」「ダイナミックレンジ**」を比較検証し、**8Kによる状況把握性能／情報収集範囲の優位性**を確認
  - 情報の統合度合として、山間部における**GPSロス**による情報損失を体感し、回避策として**8Kによる高高度観測の優位点**を確認

# まとめ

## 【課題のまとめ】

- ドローンのバッテリーによる最大飛行時間の制限からくる作業時間の制約



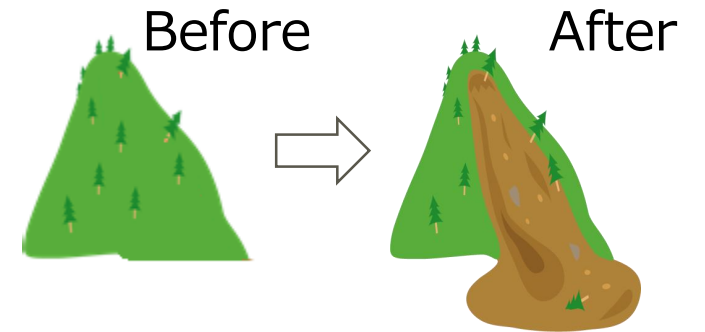
現状18分 → カメラ及び機体の軽量化、バッテリーの高効率化

- 災害現場に適したオートフォーカス、自動露出、自動焦点制御によるカメラ機構



現在開発中

- 災害前の測定データがなく、被害規模の換算が難しい



- 規制緩和（目視外飛行の緩和）に向けた国産ドローンの準備が必要  
→ 安全安心なドローン開発へ



# まとめ

## 【今後の展望】

- ローカル 5G への対応による災害状況のリアルタイム 8K ドローン映像伝送
- 災害・被災現場の早期発見および詳細状況の取得のためのシステム構築
- 定期的なドローン巡視による防災および被災前データの蓄積データベース
- ドローンの目視外自律飛行と広範囲観測のための航続距離性能の向上
- ドローンの災害業務以外への利活用



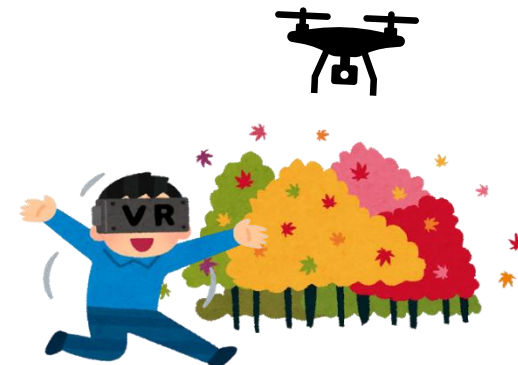
注意喚起



山岳遭難救助



鳥獣対策



観光促進

## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験 (2) 橋梁のインフラ点検



# 調査現場と実施内容

## 【選定場所】

奈良県王寺町 葛下川の候補4橋のうち2橋（①達磨橋、②王寺大橋）

①達磨橋

②王寺大橋

③鎌窪橋

④出合橋



# 調査現場と実施内容

## 【撮影日時】

2020年11月19日（事前口ケ、明神山）

2020年12月9日（達磨橋、王寺大橋 本番撮影）



達磨橋






王寺大橋



明神山からの景観

# 調査現場と実施内容

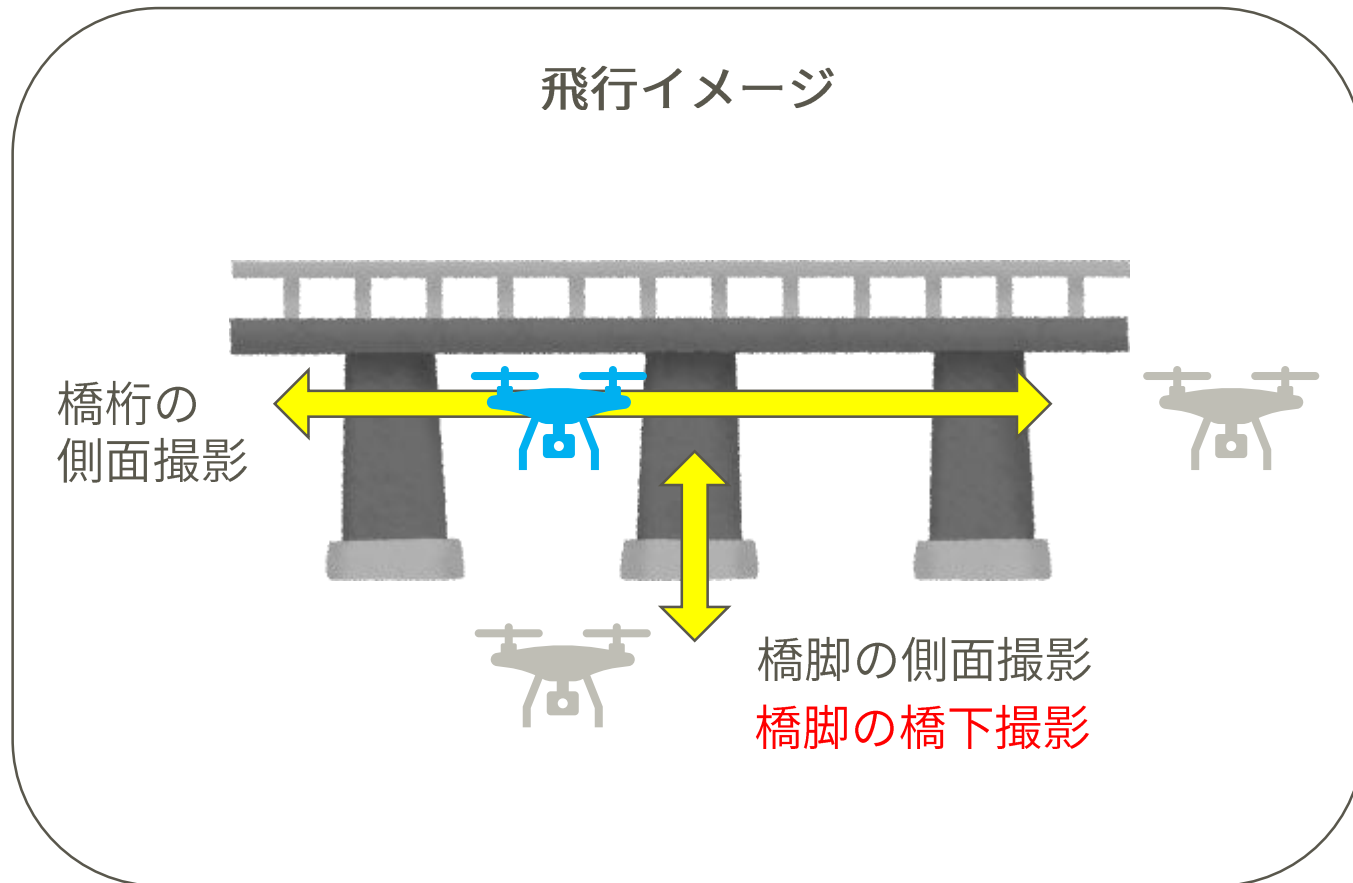
## 【撮影機材（ドローン）】

	8Kカメラ搭載 (シャープ)	赤外線+可視カメラ搭載 (提供：株式会社ミラテクドローン様)	
機体本体名	DJI Matrice 600 Pro	DJI Matrice 210 RTK	
最大飛行速度・時間	40～65km/h・約18分	61～81km/h・約24分	
対角寸法・全重量	1133mm・15kg(8K含)	643mm・4.91kg	
搭載カメラ	8Kカメラ（開発品）	DJI Zenmuse XT2	DJI Zenmuse X5S
センサー	33MP、16:9、4/3inch	12MP、4:3、1/1.7inch	20MP、4:3、4/3inch
解像度	7680x4320	4000x3000(4K) 640x512（赤外線、<50mK）	5280x3956(5K)
レンズ焦点・画角	9mm・92°	8mm・57.12°	15mm・72°
写真			 XT2 Dual Sensor  X5S 5Kcamera

# 調査現場と実施内容

## 【実施内容】

1. 赤外線 撮影点検：目視では確認できないひび割れや破損状況の効率的な発見と検出
2. 可視 撮影点検：低解像度の赤外線では確認できない微細なひび割れや破損状況の発見と検出



①達磨橋



②王寺大橋



# 調査項目

## 【調査項目一覧】

検討大項目		評価項目	内容詳細
効率性	a	作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
	b	ドローン操縦容易性	自律およびマニュアル操作の時間比、ドローンの姿勢安定性の比較を行う。 特に、風が強く乱気流が発生してドローン操作の難しい場所となる、橋脚検査において評価を行う。
	c	安全性	検査対象物とドローンの衝突安全性確保のために、十分な離隔距離を取った場合の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
確実性	i	インフラ補修箇所発見性能	一定面積内で検出できるひびの長さや幅に対する精度および欠陥の検出限界を、近接目視同等の画像をリファレンスとして比較を行う。

# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 - 作業時間

【達磨橋を点検するとした場合の概算】

### <現状>

点検面積 = 約138m<sup>2</sup> (橋桁側面 + 橋脚側面) × 2 (両側)

達磨橋の点検面積 = 約276m<sup>2</sup>

(参考) 橋梁点検車使用による目視点検の場合 点検面積450m<sup>2</sup>/日8h(\*) 橋脚点検車

達磨橋の点検時間 = **約 4 時間** (仮定: 交通封鎖、準備・撤収作業等の前後 1hずつ含まず)



### <ドローン使用の場合>

今回の撮影時間 (橋桁側面 + 橋脚側面) 片側のみ:

[8K] 9分 (静止画 5秒間隔75枚) ※カメラの都合で5秒間隔、もし2秒間隔でできたら撮影時間約4分

[5K] 7分 (静止画 2秒間隔122枚) → 片側最大約10分とすると両側では

達磨橋の点検時間 = **約 20分** (ドローンの前後準備作業含まず)

**ドローン活用で、点検作業時間において約1.2倍の作業効率向上が見込める**

(\*) 参考文献1: 国土交通省 橋梁定期点検業務等積算基準 (平成31年)

参考文献2: 土木学会 土木建設技術発表会 (平成10年)



# 調査項目ごとの検証結果

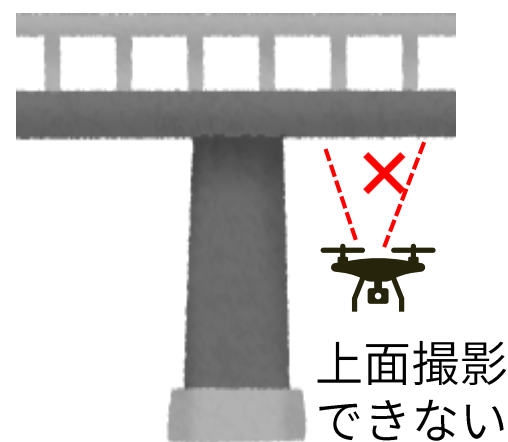
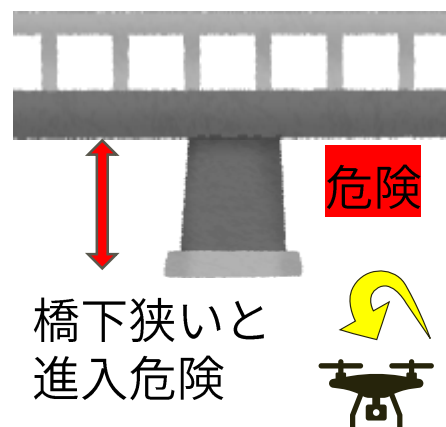
## (b) 効率性 – ドローン操縦容易性

【橋梁側面】 問題なく近づいて撮影ができる

【橋梁上面】 現状規制により、国道および県道上空のドローン撮影不可

【橋梁下面】 いくつか課題を確認

- ・達磨橋など橋下が狭い橋梁は、ドローン飛行進入危険のため今回撮影断念
- ・橋梁の道路真下が撮影できない ⇒ 点検には上面カメラ付きのドローンが必要
- ・GPSロスが発生。操縦が難しい ⇒ GPSなしで飛行できる自律航行が必要
- ・気流によりドローンが壁に吸い付く現象 ⇒ 常に微調整の飛行操作が必要



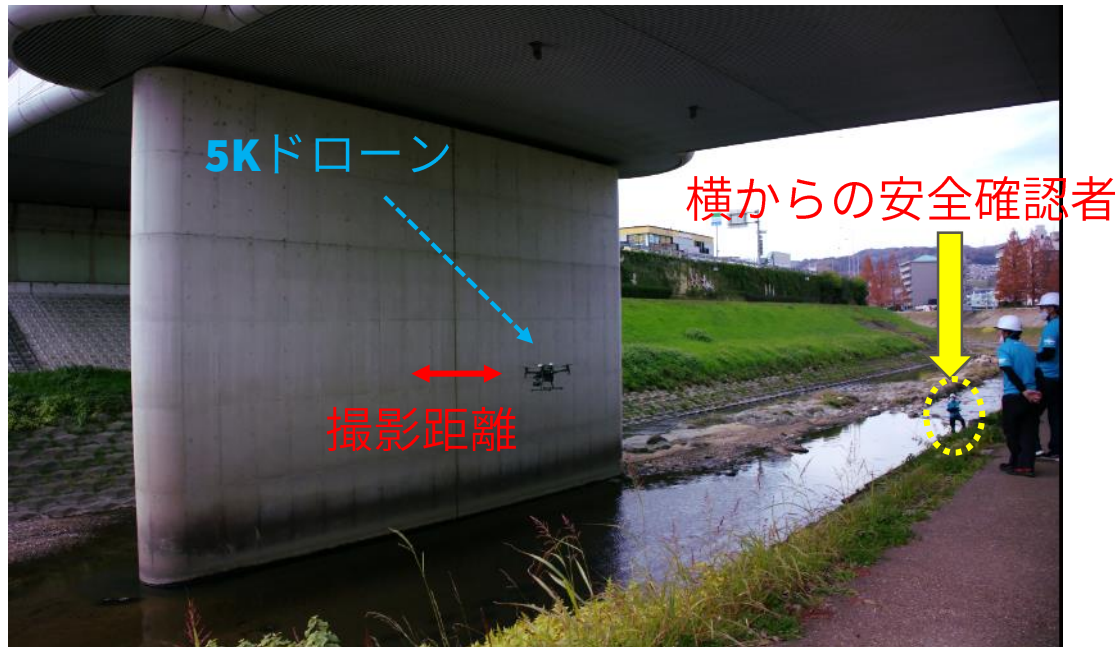
# 調査項目ごとの検証結果

## (c) 効率性 – 安全性

### 【衝突回避性の比較】

- ・GPSロスと吸い込み現象による橋梁への衝突回避のため、常に細心の操縦が必要

→距離をとって詳細観測できる8Kは安全面で優位



GPSロス状態で5Kカメラドローンで撮影。  
正面からの距離感わかりづらいため、  
できる限り横からの安全確認を実施



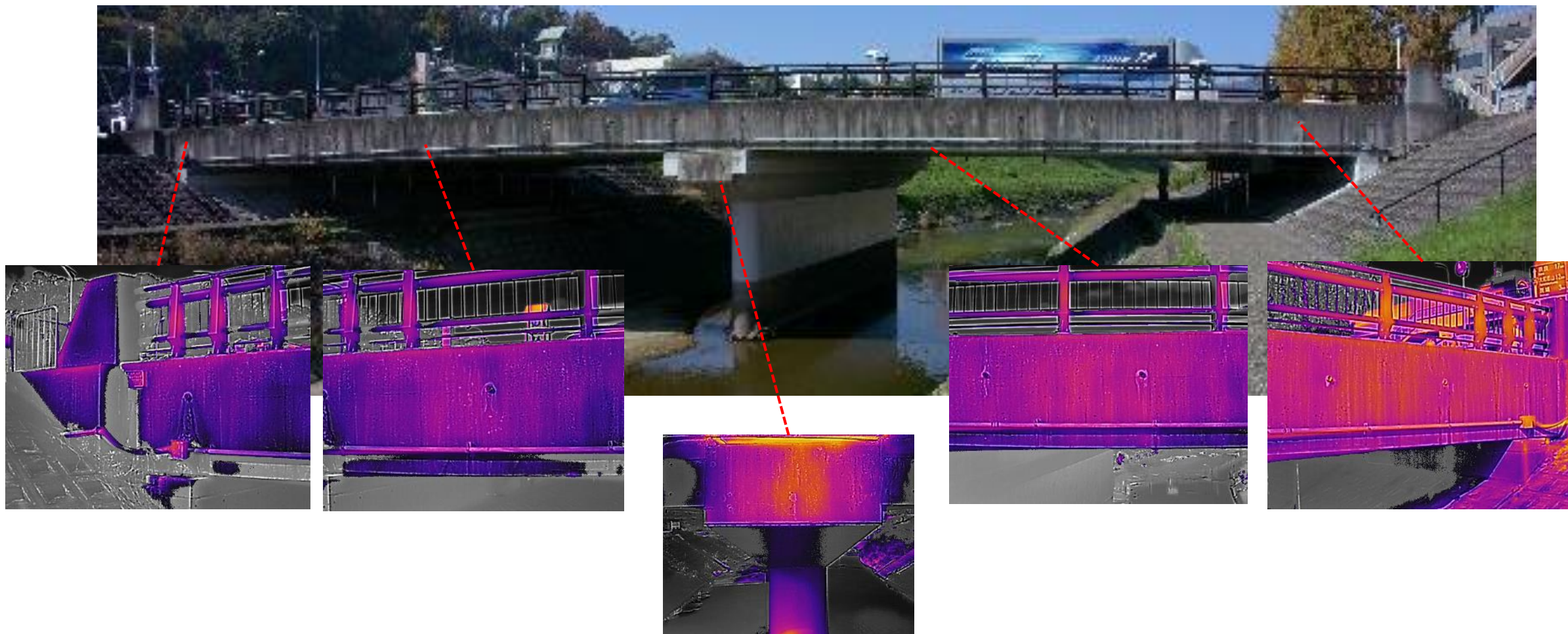
GPSロス状態で8Kカメラドローンで撮影。  
ある程度余裕をもって離れて撮影できるため、  
安全確認も容易

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【赤外線撮影による点検－①達磨橋】

- ・「達磨橋」の橋桁、橋脚の側面を赤外線撮影（静止画33枚）

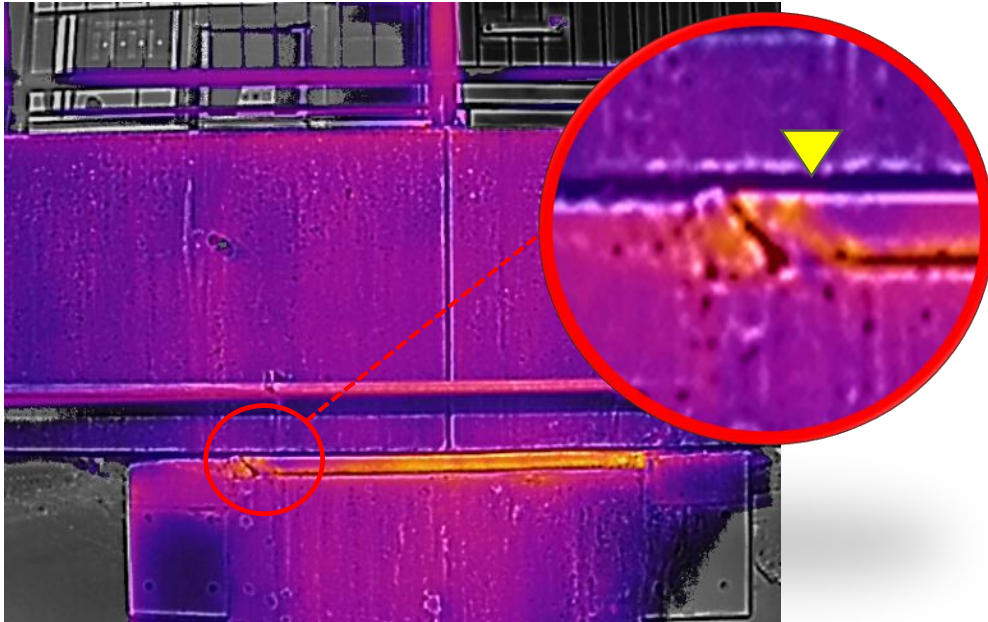


# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【赤外線撮影による点検 － ①達磨橋】

- ・赤外線カメラで補修ポイントをいち早く発見ができる
- ・赤外線カメラの解像度は低いため、同時撮影の高精細 4 K 可視カメラで詳細状況を確認



<赤外線撮影画像>

橋梁の支え部分に急な色変化が見える。  
クラックが発生している兆候を確認



<可視撮影画像>

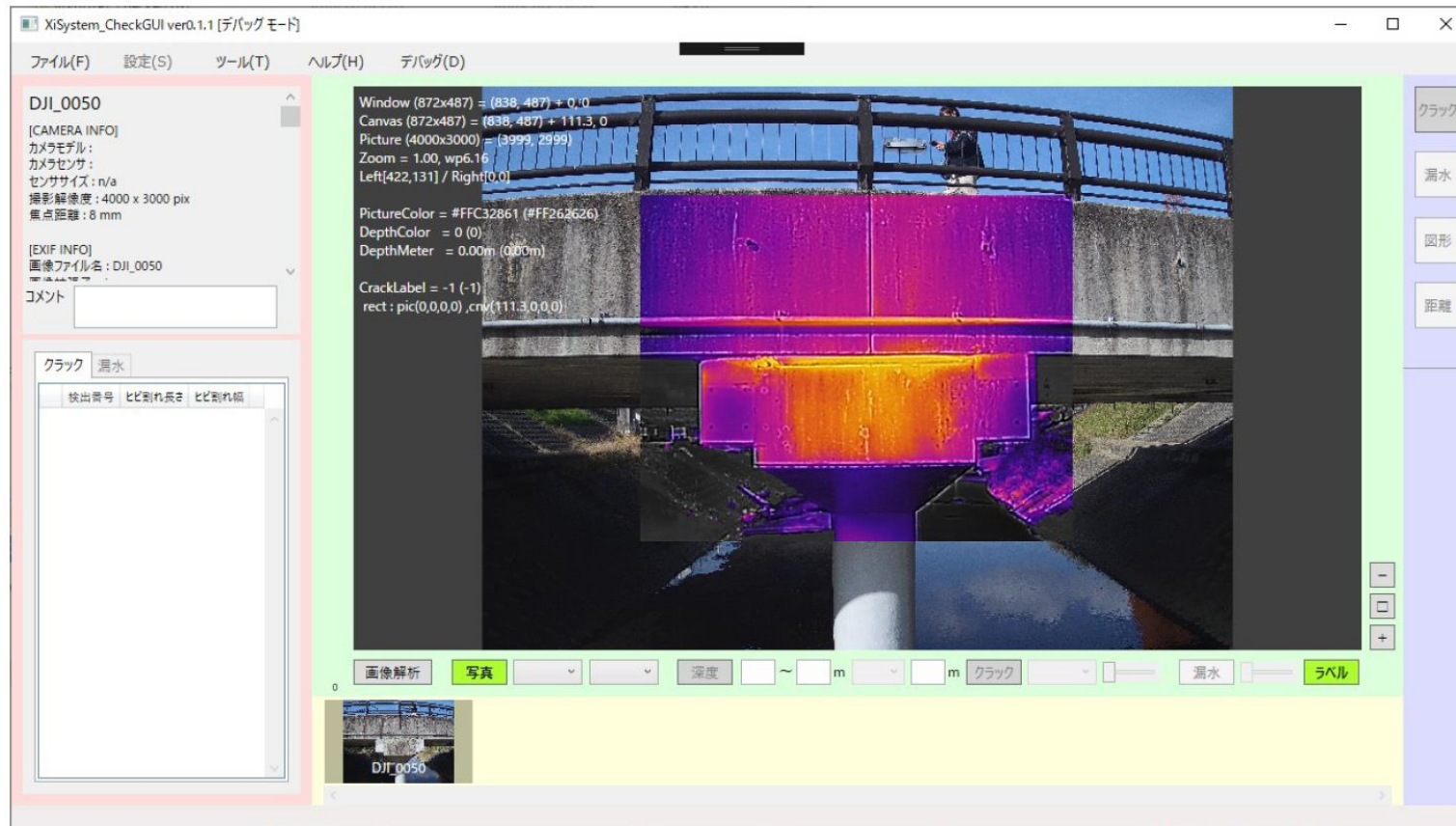
可視で汚れなどではないことを2重に確認。  
※現状早急に補修が必要となる箇所ではない

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性 – インフラ補修箇所発見性能

### 【赤外線撮影による点検 – 参考紹介】

- 赤外線画像と可視画像の合わせ込みによる補修箇所発見の効率化



赤外線画像と可視画像を  
同じ位置に重ね合わせ表  
示させることで補修箇所  
を発見しやすくなるよう  
な提示が可能

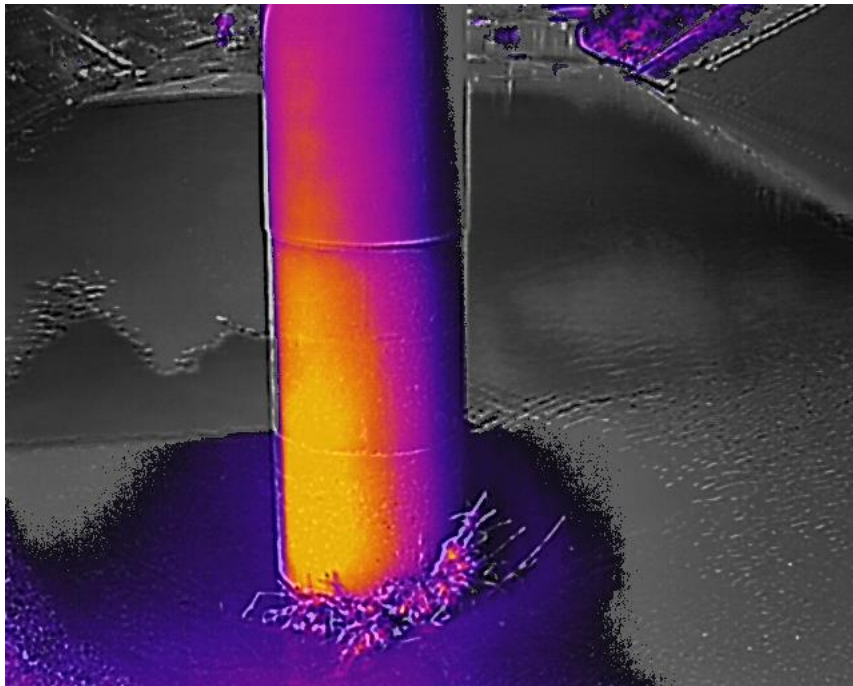
撮影機材：ミラテクドローン提供  
**Dual Sensor**カメラ(XT2)  
撮影画像：赤外線画像(**640x512**)  
可視画像(**4000x3000**)  
撮影距離：約6m  
点検ソフト：シャープオリジナル

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

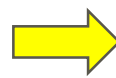
### 【赤外線撮影による点検－課題】

- ・赤外線による異常（破損）個所検出は、その周辺箇所との温度差を利用しているため、冬場の寒い時期では、全体に冷えてその温度差が少なくなるため、検出が難しい。



<赤外線撮影画像>

日照による温かいところは見えているものの、破損個所が検出できるほどの温度差は見えない。



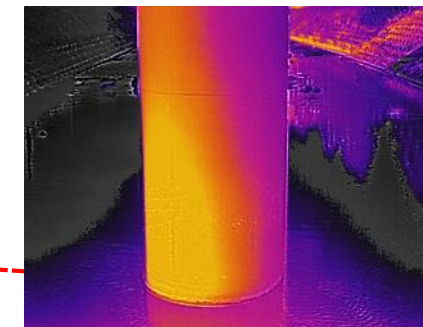
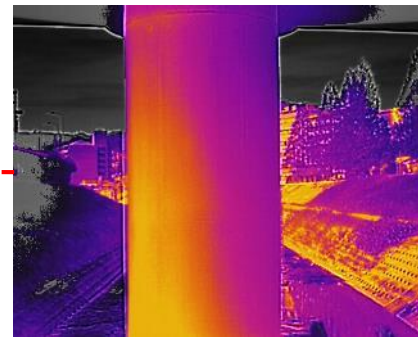
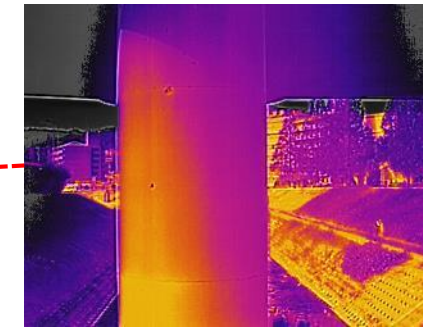
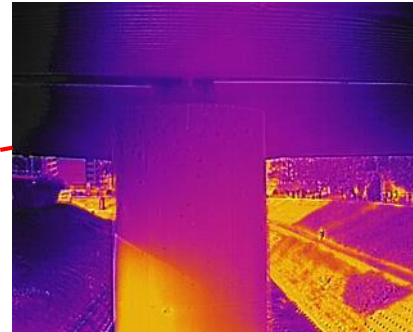
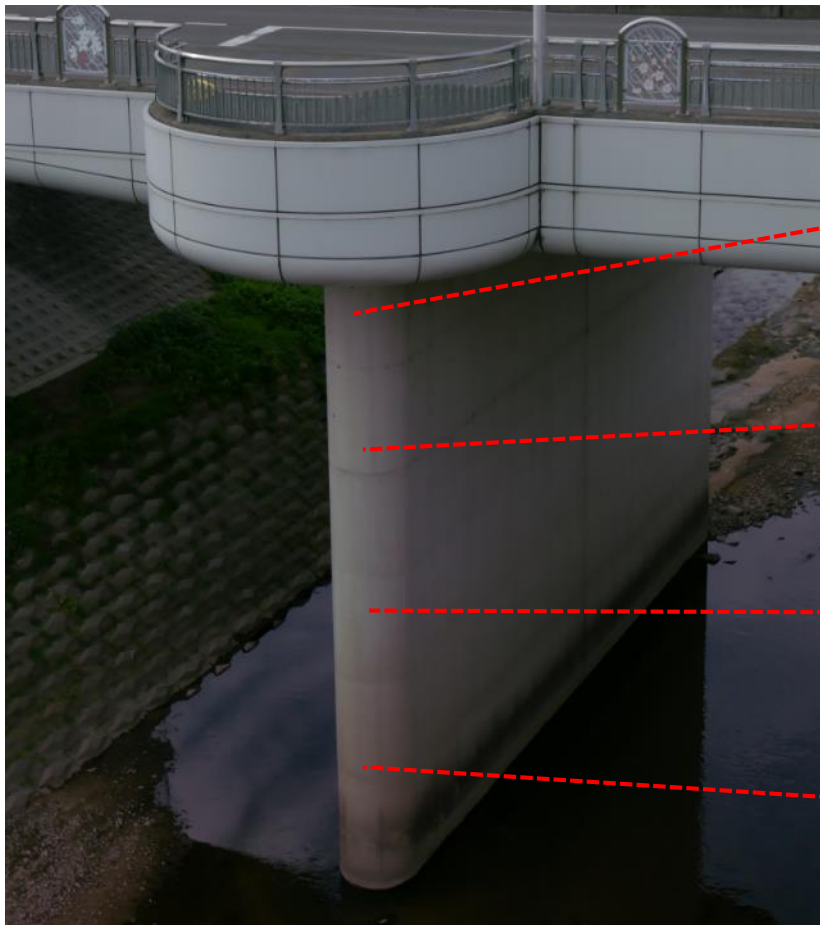
現状：赤外線によるインフラ点検は、温度差異異常個所を検出しやすい春から秋にかけての実施が望ましい

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【赤外線撮影による点検－②王子大橋】

- ・「王寺大橋」の橋脚側面を赤外線撮影（静止画34枚）→特に異常は見られなかった



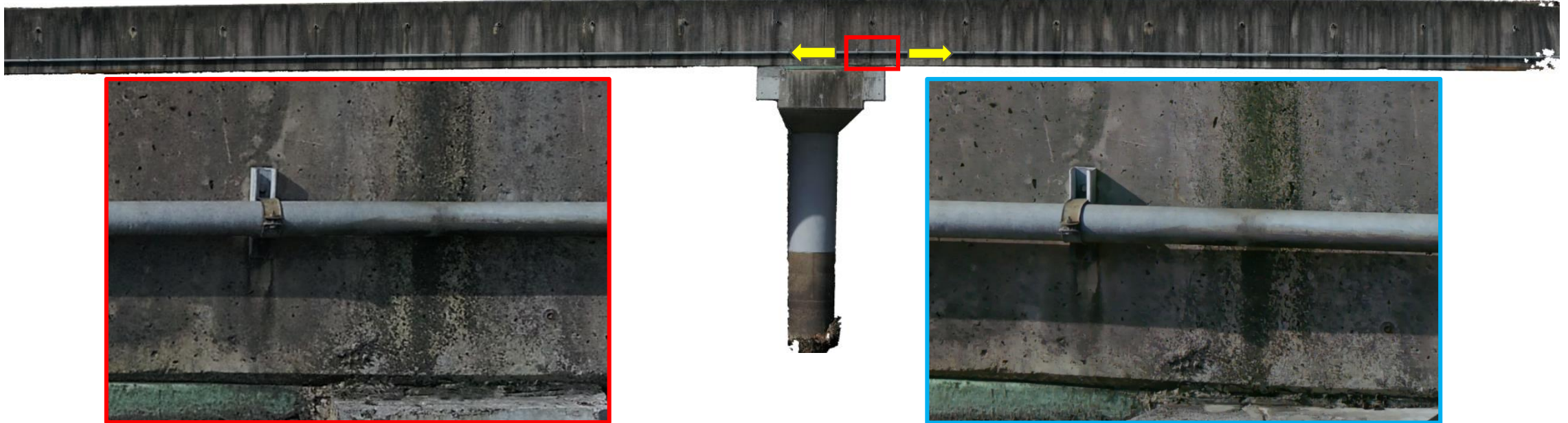
# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【可視撮影による点検 － ①達磨橋：オルソ画像】

- ・達磨橋をドローン撮影した複数枚の静止画により、オルソ画像（パノラマ画像）を生成
- ・配管の状況など観察したい場所を自由に移動拡大して詳細に点検することが可能

達磨橋オルソ画像（5K静止画約120枚、画像生成：ミラテクドローン）



5Kオルソ画像からの移動拡大点検の例  
横に移動しながら配管の詳細状況を確認できる

同様に8Kのオルソ画像も実験的に生成して点検確認  
撮影枚数75枚に削減、さらに詳細点検の可能性を得た



# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

【可視撮影による点検 － ①達磨橋：異物の発見】

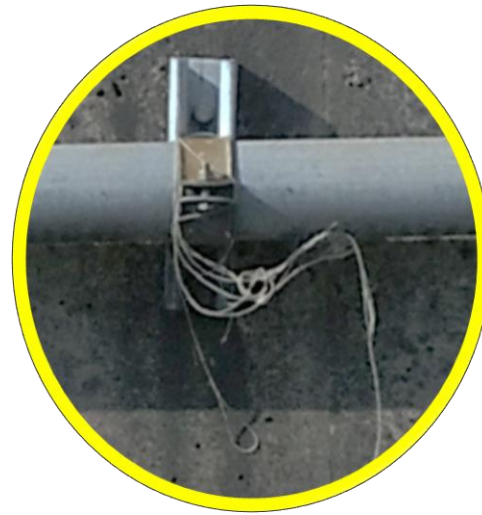
・解像度が大きいほど、異物の詳細な状況を確認できる



何かがひっかかっている  
拡大してみると...



**4K**：針金のような？



**5K**：糸かも？



**8K**：糸目を感じる

解像度向上により異物の材質までみてとれる

# 調査項目ごとの検証結果

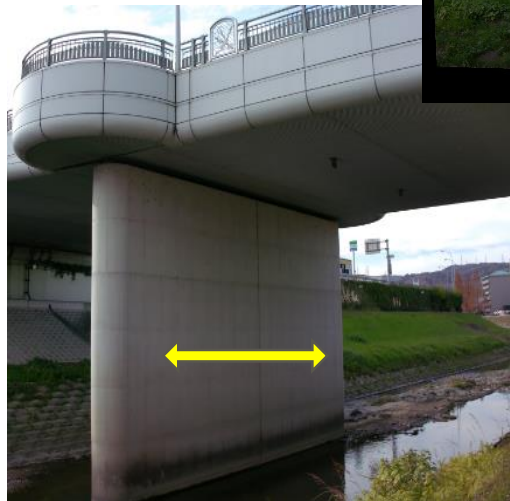
## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【可視撮影による点検 － ②王寺大橋：オルソ画像】

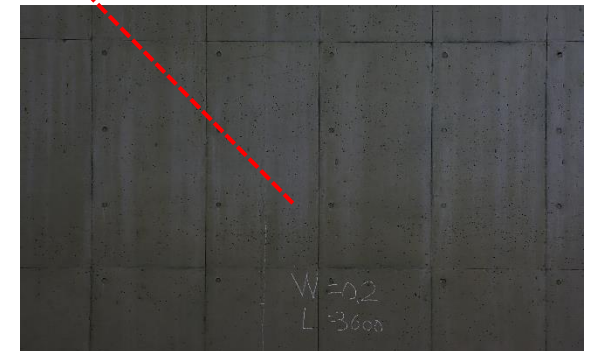
- ・王寺大橋の橋脚を撮影した複数枚の8K静止画により、オルソ画像を生成
- ・ひび割れなど観察したい場所を自由に移動拡大して詳細に点検することができる

王寺大橋の橋脚のオルソ画像（8K静止画約20枚から合成） 使用ソフト：シャープオリジナル

橋脚橋下撮影



ひび割れの  
チョーク点検を  
確認

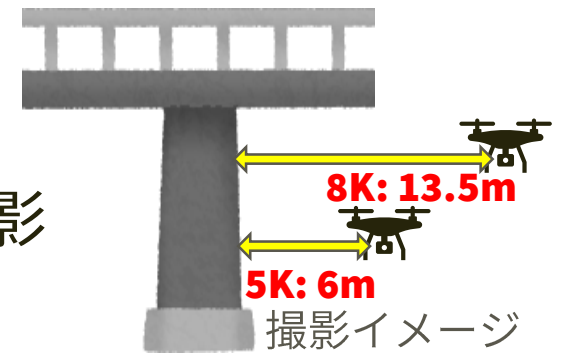


# 調査項目ごとの検証結果

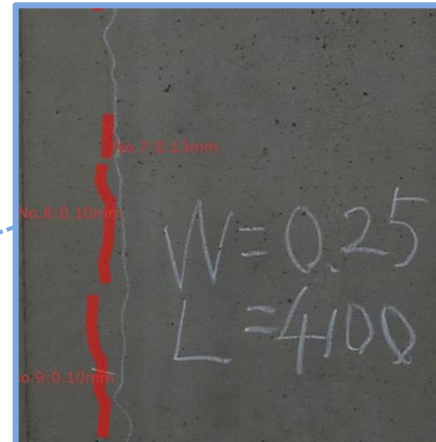
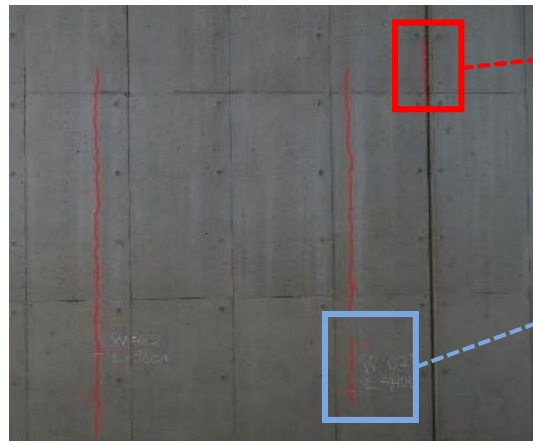
## (i) 確実性 – インフラ補修箇所発見性能

### 【可視撮影による点検 – ②王寺大橋：ひびの自動検出】

- ・王寺大橋の橋脚のひび割れを、5Kおよび8K（5Kの倍の距離）で撮影
- ・自動ひび検出を実施、どちらも0.数ミリを検出、過検出抑制の課題あり

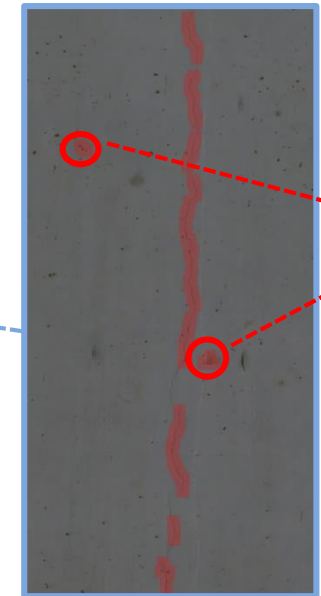
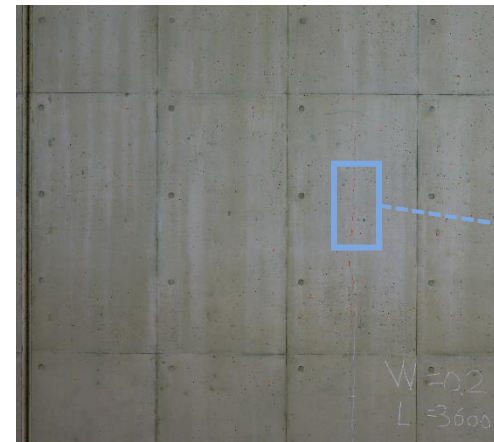
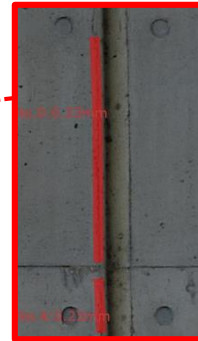


型枠筋を過検出



0.25mmのひびを検出

5K画像の場合：撮影距離約6m  
撮影検出：ミラテクドローン



0.2mmのひびを検出

汚れを  
過検出

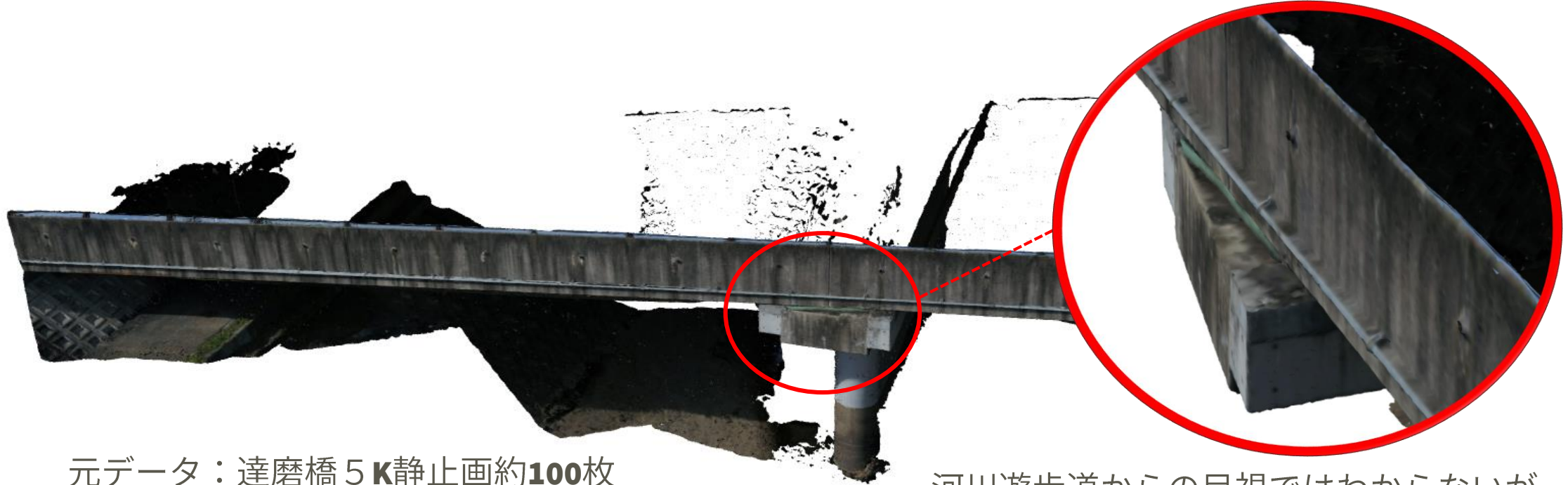
8K画像の場合：撮影距離約13.5m  
撮影検出：シャープ

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

【可視撮影による点検 － その他の解析手法：3Dモデル】

- ・ドローンによる可視撮影の複数枚静止画から3Dモデルを生成
- ・現場では不可能な自由な角度から、観察したい場所を拡大して点検することができる



元データ：達磨橋5K静止画約100枚  
モデル生成：ミラテクドローン

河川遊歩道からの目視ではわからないが、  
違う角度に回転して観察すると、  
実は橋桁はずらして設置されていることがわかる

# まとめ

## 【調査のまとめ】

- 王寺町における橋梁のインフラ点検を想定して2か所の現場を選定し、赤外線および8K/5K/4Kドローン撮影による実証実験および調査検証を実施
- 調査検証における「**効率性**」について
  - 作業時間において、**ドローンを用いることで大幅な時間短縮**となることを確認
  - 操縦容易性について、橋梁側面については問題ないものの、**橋下の撮影に課題**あり
  - 安全性について、**GPSロク**による衝突回避の難しさを体感し、**8Kによる距離を取った測定の優位点**を確認
- 調査検証における「**確実性**」について
  - インフラ補修箇所発見性能として、**赤外線による補修ポイントの早期発見**の優位点を確認
  - 可視カメラによる点検では、ひびの検出において**8Kは4Kに対して2倍の撮影距離による検出可能性**を確認
  - オルソ画像や3Dモデルなど、ドローンならではの解析手法に**さらに8Kを導入することにより確実性を向上**できる

# まとめ

## 【課題のまとめ】

- ドローンのバッテリーによる最大飛行時間の制限からくる作業時間の制約



現状18分 → カメラ及び機体の軽量化、バッテリーの高効率化

- 赤外線点検は冬季は性能が発揮できない。  
→ 気温に加えて悪天候あるいは夜間など、年中常時インフラ点検が望ましい
- 定期的な点検データがなく、補修規模の予測が難しい
- 自律飛行および規制緩和（目視外飛行の緩和）に向けた国産ドローンの準備が必要  
→ 安全安心なドローン開発へ

# まとめ

## 【今後の展望】

- ローカル 5 G への対応による破損状況のリアルタイム 8 K ドローン映像伝送
- 補修インフラの早期発見および予測のための AI 解析システムの構築
- 定期的なドローン巡視による点検データの蓄積データベース
- ドローンの目視外自律飛行と広範囲点検のための航続距離性能の向上
- ドローンおよび 5 G のインフラ点検業務以外への利活用



## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

### (3) 地形、区画等の公共測量





# 調査現場と実施内容

## 【選定場所】

### 大和高田市総合公園内のグラウンド及び周辺



撮影範囲：130mx130m

対空標識（基準点）

を設置し測量



画像 ©2020 Google、画像 ©2020 Digital Earth Technology、Maxar Technologies、地図データ ©2020 20 m

# 調査現場と実施内容

## 【撮影日時】

2020年12月4日（本番撮影） 天候：快晴



大和高田市総合公園  
およびドローン撮影風景



作業風景

# 調査現場と実施内容

## 【撮影機材（ドローン）】

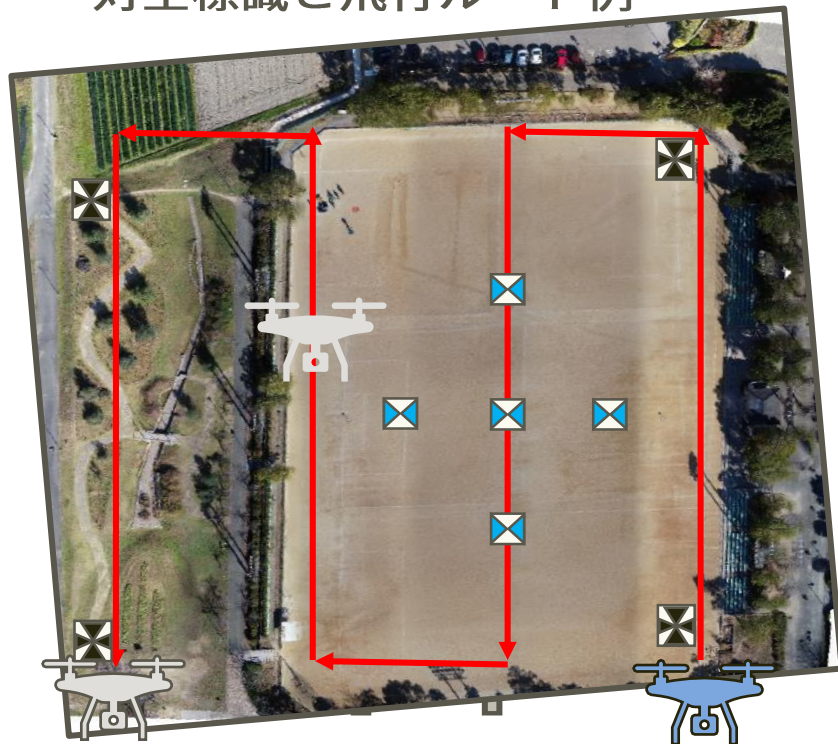
	8Kカメラ搭載 (シャープ)	5K/4Kカメラ搭載 (提供：サンディスト株式会社様)	
機体本体名	DJI Matrice 600 Pro	DJI Phantom4 Pro	DJI Inspire 1
最大飛行速度・時間	40～65km/h・約18分	50～72km/h・約30分	～79km/h・約18分
対角寸法・全重量	1133mm・15kg(8K含)	350mm・1.4kg	581mm・3.1kg
搭載カメラ	8Kカメラ（開発品）	5Kカメラ（標準品）	4Kカメラ（Zenmuse X5）
センサー	33MP、16:9、4/3inch	20MP、3:2、1inch	16MP、4:3、4/3inch
最大解像度	7680x4320(8K)	5472x3648(5K+) 静止画 3840x2160(4K@30P) 動画	4608x3456(4K+) 静止画 3840x2160(4K@30P) 動画
レンズ実焦点距離・画角	18.000mm・92°	8.604mm・84°	15.476mm・72°
写真			

# 調査現場と実施内容

## 【実施内容】

- ・ 測量範囲は、130m x 130m、基準点として対空標識を9か所(標定点GCP 5、検証点CP4)に設置
- ・ 操縦はオートパイロットで撮影時にホバーリング（停止）せず、移動しながら2秒間隔で撮影
- ・ 各撮影写真のオーバーラップ率(90%,60%)を換算し、飛行速度、飛行ルートを自動的に設定

対空標識と飛行ルート例



測量範囲：**130m x 130m**

対空標識：**9点**

(設置誤差約**2cm**)

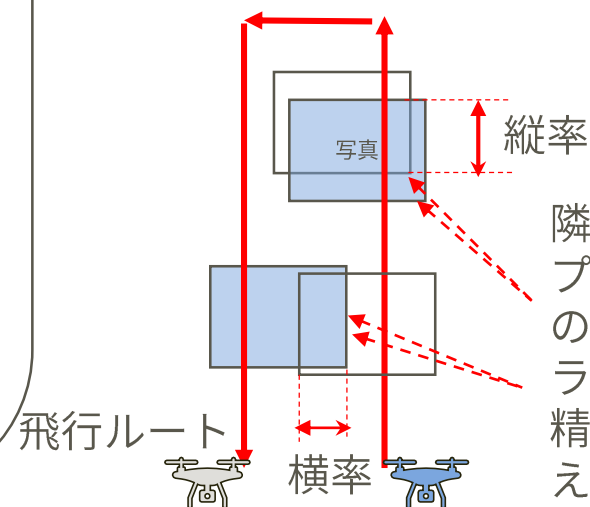
撮影間隔：**2秒**

オーバーラップ率：

縦率**90%**、横率**60%**



対空標識  
(標定点と検証点)



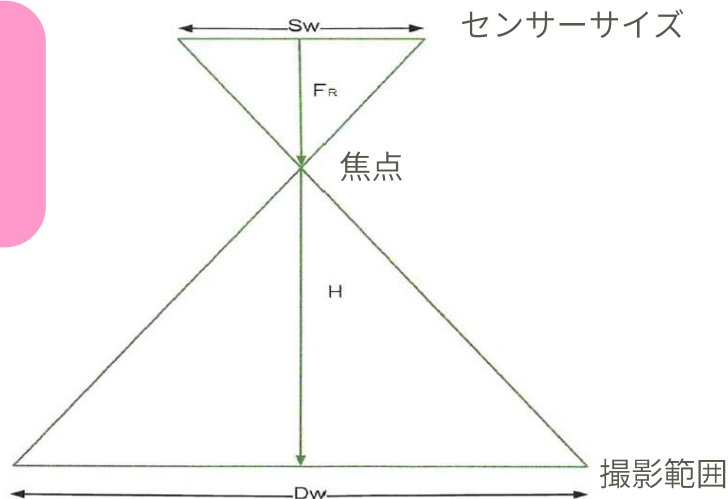
隣接する写真をオーバーラップ（重複）させて測量のための視差画像を作る。オーバーラップ率を高くすることで、精度が増すが、写真枚数が増えて撮影時間が長くなる

# 調査現場と実施内容

## 【各カメラの撮影高度について理論比較 - 同撮影精度】

・撮影すべき高度は、センサーサイズ・実焦点距離・画素数そして**目標とするGSD値**によって決まる

同精度の場合、  
各ドローンのカメラ・レンズ仕様が異なるので、  
写真1枚の撮影高度・範囲が異なる



GSDとは (Ground Sampling Distance)  
地上画素寸法、センサー1ピクセルあたりの測量精度  
単位: cm/pixel

### GSD設定の指標

無人航空機(UAV)を用いた公共測量マニュアル  
<第57条 運用基準>により、三次元点群測量において最も高い精度である位置精度5cm以下を要求する場合、地上画素寸法(GSD)1cm以下を満たす必要がある。

ドローンごとの撮影範囲とGSD比較表

ドローン	カメラ・レンズ	センサーサイズ		実焦点距離	画素数		撮影高度	撮影範囲		GSD (cm/pixel)
		Sw	Sh		imW	imH		Dw	Dh	
Inspire	ZENMUSE X5 + DJI 15mm	17.500mm	13.125mm	15.476mm	4608pixel	3456pixel	40m	45m	34m	0.98
Phantom	Phantom4Pro V2も同じ(3:2)	12.833mm	8.556mm	8.604mm	5472pixel	3648pixel	36m	54m	36m	0.98
Matrice	SHARP 8K	18.840mm	10.600mm	18.000mm	7680pixel	4320pixel	73m	76m	43m	0.99

GSDを  
1cm/pixel  
以下目標で  
撮影高度を  
設定

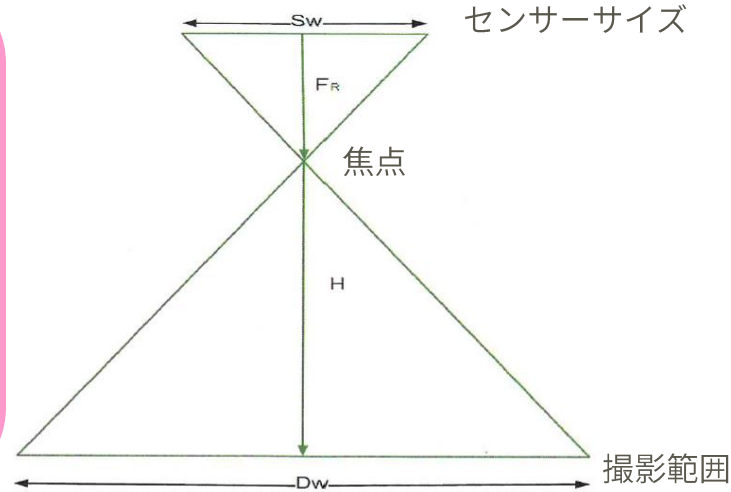
・理論的に、同測量精度(GSD1cm/pixel)において、**8Kは高度73mと高くできる**

# 調査現場と実施内容

## 【各カメラの測量精度について理論比較 - 同撮影高度】

・測量精度(GSD)は、センサーサイズ・実焦点距離・画素数そして**目標とする高度**によって決まる

同高度の場合、  
各ドローンのカメラ・レンズ仕様が異なるので、  
写真1枚の撮影精度・範囲は異なる。  
例：Phantomの焦点距離は短いので  
撮影範囲はかなり広がる代わりに  
精度は落ちる



GSDとは (Ground Sampling Distance)  
地上画素寸法、センサー1ピクセルあたりの測量精度  
単位：cm/pixel




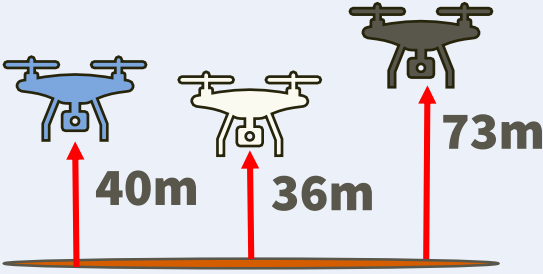
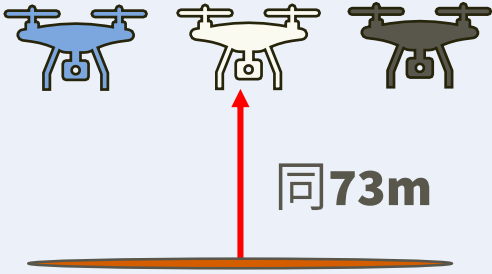
ドローン	カメラ・レンズ	センサーサイズ		実焦点距離	画素数		撮影高度	撮影範囲		GSD (cm/pixel)
		Sw	Sh		imW	imH		Dw	Dh	
Inspire	ZENMUSE X5 + DJI 15mm	17.500mm	13.125mm	15.476mm	4608pixel	3456pixel	73m	83m	62m	1.79
Phantom	Phantom4Pro V2も同じ(3:2)	12.833mm	8.556mm	8.604mm	5472pixel	3648pixel	73m	109m	73m	1.99
Matrice	SHARP 8K	18.840mm	10.600mm	18.000mm	7680pixel	4320pixel	73m	76m	43m	0.99

・理論的に、同高度(73m)では測量精度(GSD)が **8Kでは約1 cm/pixel と細かくできる**

# 調査現場と実施内容

## 【調査で実測した測定高度】

- ・ 実測で理論との差を確かめるため、同精度と同高度パターンに分けて撮影
- ・ データ解析をサンディスト株式会社様で実施

ドローン(カメラ)	同精度(GSD1cm/pixel)	同高度
Inspire (4K) 	40m	73m
Phantom (5K) 	36m	73m
Matrice (8K) 	73m	
測定高度 カメラパラメータなどは各ドローン固定 変化するパラメータは高度のみとした		

※Phantomは5Kカメラではあるがセンサーサイズ・実焦点距離の影響で、同GSDでは撮影高度はInspire(4K)より低くなる

# 調査項目

## 【調査項目一覧】

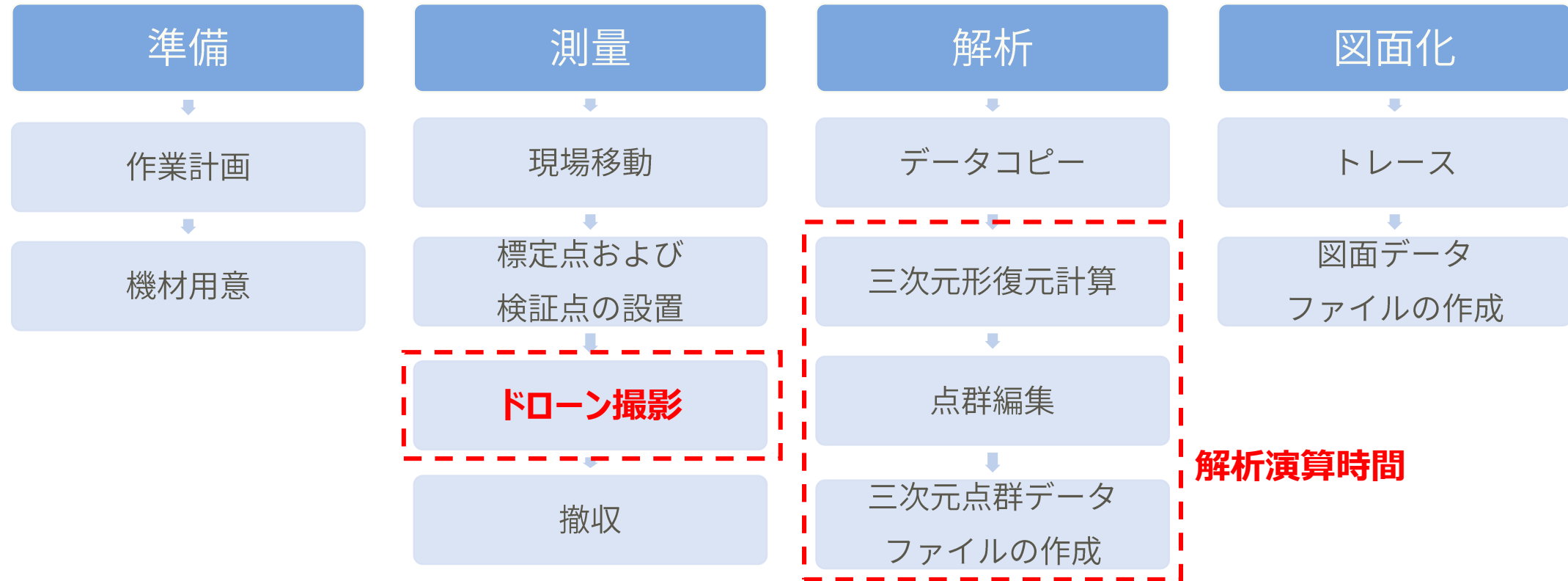
検討大項目	評価項目		内容詳細
効率性	a	作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
	b	ドローン操縦容易性	自律およびマニュアル操作の時間比およびドローンの誘導精度の比較を行う。
	c	安全性	落下安全性確保の為に対象物に十分な離間距離を取った時の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
確実性	j	誤差含有度合	計測条件（撮影機材、カメラパラメータ、撮影高度、写真ラップ率、標定点の位置や個数）および解析パラメータ（カメラキャリブレーション、点群生成処理の設定、標定点の入力および補正）と測量の精度に関して比較を行う。



# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 – 作業時間

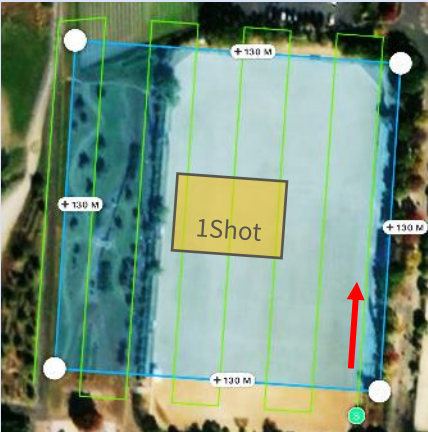


- ドローンによる公共測量の作業工程は以下ようになる
- 4K/8K解像度で作業時間に影響を与える「ドローン撮影作業時間」「解析演算時間」を検証した  
(参考：「無人航空機(UAV)を用いた公共測量マニュアル(案)」平成28年3月制定、平成29年3月改正)



(参考) データ解析後、トレース作業による図面化に3～4時間ほど作業量として見込む必要あり(習熟度により大きく変わる)  
また、すべて人手による測量の場合、今回の同面積の測量作業は丸1～2日を見込む必要があるとのこと。  
ただし、測量しながら図面化作業を行い解析は不要のため、作業工程は異なる。

# 調査項目ごとの検証結果


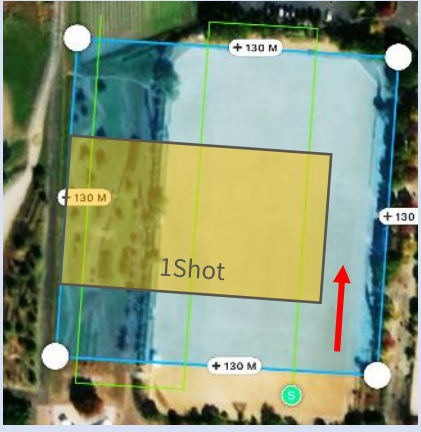

## (a) 効率性 – 撮影作業時間 精度優先：同精度 (GSD約1cm/pixel) における撮影時間

	Inspire (4K)	Phantom (5K)	Matrice (8K)
撮影高度	40m	36m	73m
測量精度 (GSD理論値) 同精度	0.98cm/pixel	0.98cm/pixel	0.99cm/pixel
写真1枚の撮影範囲 1Shot	45m x 34m	54m x 36m	76m x 43m
撮影枚数	359枚	250枚	131枚
撮影時間	15分18秒	11分20秒	6分54秒
飛行速度	1.8m/s	1.9m/s	2.2m/s
飛行ルート  カメラ・レンズ仕様、撮影間隔、高度やバッテリー時間などによって、写真1枚の範囲(1Shot)と撮影枚数、撮影時間、飛行速度、飛行ルートはドローンソフトによって自動設定される			

⇒約1cmの測量精度を維持しつつ高度をとって撮影できる8Kは4Kに比べて撮影作業時間を約半分に短縮できる

# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 - 撮影作業時間 高度優先：同高度 (73m) における撮影時間

	Inspire (4K)	Phantom (5K)	Matrice (8K)
撮影高度	同高度 73m	73m	73m
測量精度 (GSD理論値)	1.79cm/pixel	1.99cm/pixel	0.99cm/pixel
写真1枚の撮影範囲 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1Shot</span>	83m x 62m	109m x 73m	76m x 43m
撮影枚数	106枚	65枚	131枚
撮影時間	4分45秒	3分15秒	6分54秒
飛行時間	3.3m/s	3.8m/s	2.2m/s
飛行ルート  カメラ・レンズ仕様、撮影間隔、高度やバッテリー時間などによって、写真1枚の範囲(1Shot)と撮影枚数、撮影時間、飛行速度、飛行ルートはドローンソフトによって自動設定される			

⇒高度を高くすれば撮影範囲が広がり撮影時間を減らせるが、8Kに比べて、4K/5Kは測量の理論精度が落ちる

※Phantomで飛行ルートが1.5往復と短くなっているのは、測量面積に対して1Shotが非常に大きいため

# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 – 解析演算時間

・ドローンによる測量の場合、撮影した写真データの解析演算時間が必要

今回使用したPCスペック

- CPU: AMD Ryzen 9 3900X12-Core (3.1GHz/4.3GHz)
- RAM: 64GB
- GPU: NVIDIA GeForce RTX2060 (Driver: 26.21.14.4587)
- OS: Windows 10 Pro, 64-bit

	Inspire (4K)		Phantom (5K)		Matrice (8K)
撮影高度	40m	73m	36m	73m	73m
測量精度 (GSD理論値)	0.98cm/pixel	1.79cm/pixel	0.98cm/pixel	1.99cm/pixel	0.99cm/pixel
撮影枚数	359枚	106枚	250枚	65枚	131枚
点群生成時間	11m:52s	3m:25s	9m:39s	2m:23s	9m:43s
地表モデル生成時間	6m:57s	2m:38s	6m:26s	2m:14s	7m:54s
オルソ画像生成時間	12m:33s	5m:03s	10m:37s	3m:04s	8m:48s
解析時間 合計	31m:22s	11m:06s	26m:42s	7m:41s	26m:25s

⇒同程度の枚数の解析時間を見ると、4K/5Kに比べ、8Kでは約2倍の時間を要する（=情報量の違い）

⇒同じの測量精度(1cm/pixel)では、8Kは枚数削減の効果により、解析時間が一番少ない結果となった。

# 調査項目ごとの検証結果

---

## (b) 効率性 – ドローン操縦容易性

### 【フライト作業について】

- 今回の操縦は、オートパイロットで飛行ルートも自動設定のためフライト作業は容易であった
- × 1 バッテリーでの飛行時間が短いとバッテリー交換が多くなり、オートパイロット設定含め作業時間ロスが大きい
  - 今回の公園全域のような**広範囲の全体撮影**となると途中で**バッテリー交換が必須**となる

### 【シャッターコントロールの必要性】

- InspireおよびPhantomはフライトコントローラから飛行中のシャッター・露光調整が可能
- × 実験で使用した8Kカメラは遠隔からのシャッター・露光調整ができない
  - フライト前に**カメラキャリブレーションを地上で事前調整する必要**があり、時間を要する

### 【飛行時間について】

- 今回高度を取ることで撮影枚数、飛行時間が短くできることを実機で確認できた
- × バッテリーが持つ時間内にフライトを完了させるため、飛行速度と飛行ルートが制約された
  - 実験で使用した8Kカメラは、安定した静止画撮影に5秒間隔を要するため、**設定で飛行時間オーバー**となる

# 調査項目ごとの検証結果

---

## (b) 効率性 – ドローン操縦容易性

### 【動画撮影の試行】

- ・ 一般にドローン測量は、静止画撮影だが、今回 8 Kは前述の理由により動画撮影を実施
- ・ 動画のフレームレート：30FPS (frame/sec)、撮影時の圧縮レート：200Mbps (SDカード記録)
- ・ 動画データから 2 秒間隔で写真フレームを抜き出すことで、静止画 2 秒間隔撮影と同等とした

利点：フレームの抜出位置および抜出間隔を調整することで、撮影後でも撮影間隔を自由に設定できる  
進行方向(縦)のオーバーラップ率を撮影前に気にしなくてよい  
直進でなく曲がりくねって操縦していても処理に必要な撮影位置の写真を後から抜き出せる

課題：一般に静止画撮影に比べて画質が悪くなるため、精度がだせるのか？

⇒今回実証してみた (後のスライドの「确实性 – 誤差含有度合」でどの程度の精度か述べる)

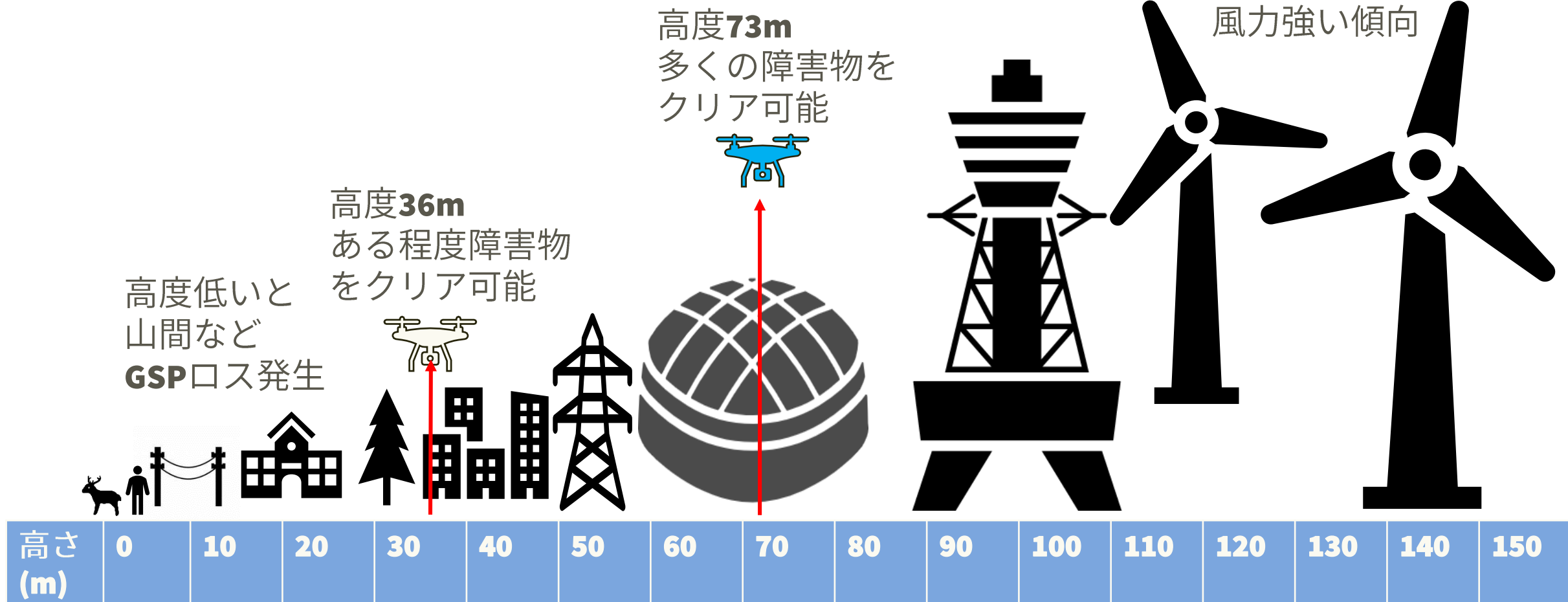
# 調査項目ごとの検証結果

## (c) 効率性 - 安全性

- 今回の測量現場で一番高い建造物の高さ：屋外照明約15m
- 高度73mで、精度よく測定できる8Kは安全面で優位

国内で認められる最高高度  
**150m** 

さらに上空  
風力強い傾向



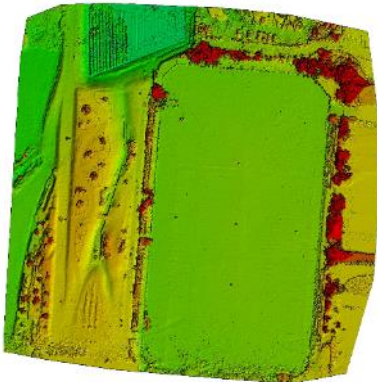
# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性 – 誤差含有度合【オルソ画像】

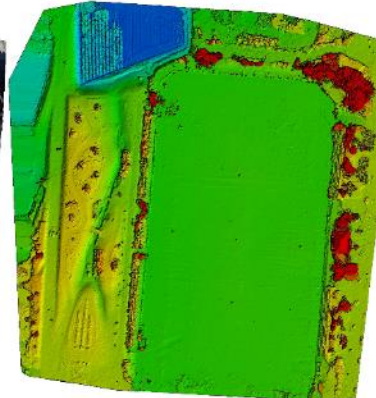
- ドローン撮影した複数枚の静止画により、オルソ画像（パノラマ画像）を生成

合成写真

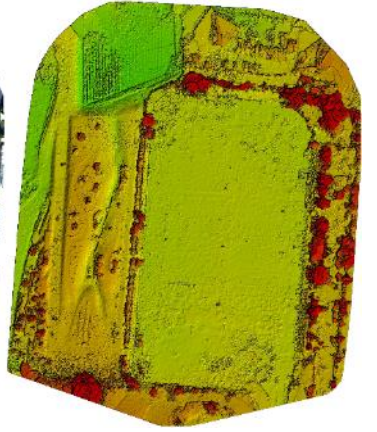
高さ検出



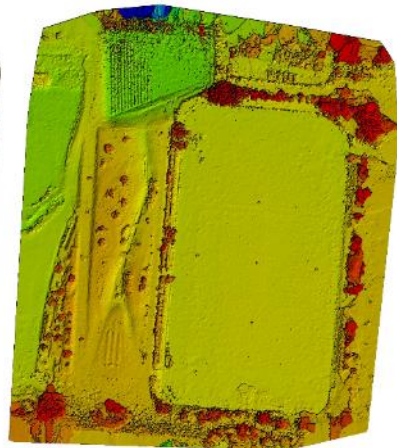
**Inspire(4K) 高度40m**



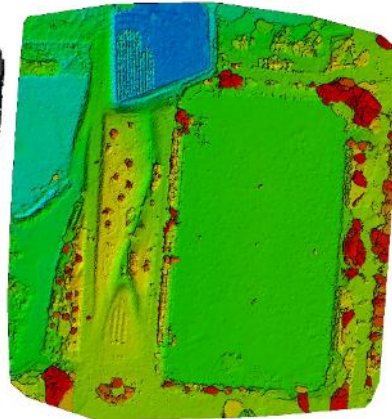
**Phantom(5K) 高度36m**



**Matrice(8K) 高度73m**



**Inspire(4K) 高度73m**



**Phantom(5K) 高度73m**

測量したい範囲より伸びしろを含めて大きめに生成。1枚の写真撮影範囲、飛行ルートにより生成されるオルソ画像の形状は異なる



# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性 – 誤差含有度合【オルソ画像】

- ・オルソ画像をデジタル拡大し、各画質を比較



対空標識(標定点)  
形状：四角

ブロックとマンホール

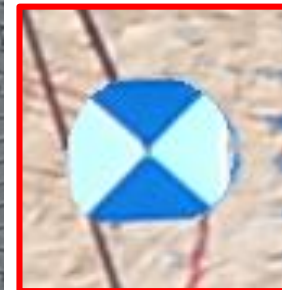
対空標識



Inspire(4K) 高度40m



Phantom(5K) 高度36m



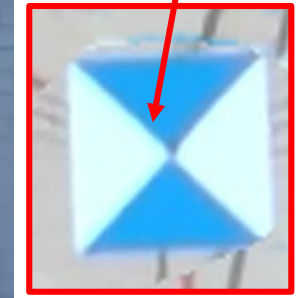
くっきり感あり

網形状わかる

ブロック隙間の消失  
エッジのぼけ



Matrice(8K) 高度73m



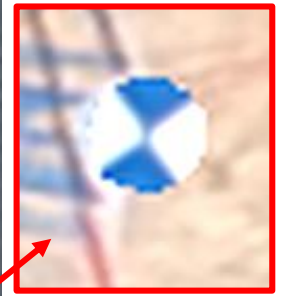
一様なぼけ



Inspire(4K) 高度73m



Phantom(5K) 高度73m



対空標識の歪み

・高度40m/36mの4K/5Kはブロック形状が見てとれ、マンホールの浮きもわかる。  
・高度73mの4K/5Kでは一様にボケている。対空標識の形状は歪み、かろうじて基準点の交差部分が残る程度。  
・高度73mの8Kでは、グレーチングの網形状が判別できる。ただし、ブロックの隙間など細かい所が消えたり、対空標識の形状は残るが、エッジが若干ぼやけている。

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性 – 誤差含有度合

・解析ソフトより対空標識(標定点5点、検証点4点)を設置時にGPS測定した位置と、ドローン撮影により対空標識を検出し演算して得た位置との誤差RMSE(Root Mean Square Error)を表にまとめた

・対空標識のうち、標定点を基準として地表モデルを構築、検証点にてその測量精度の正確性を検証した

・標定点の数量が十分かつ誤差が少なければ、検証点の誤差も減少し、測量精度は向上する傾向にある

(参考文献:「空撮マッピングプロジェクトにおける精度とは?」 <https://www.pix4d.com/jp/blog/accuracy-aerial-mapping>)

	同精度 (理論値)			同高度		
	Inspire(4K)	Phantom(5K)	Matrice(8K)	Inspire(4K)	Phantom(5K)	Matrice(8K)
撮影高度	40m	36m	73m	73m	73m	73m
地上画素寸法 (GSD理論値)	0.98cm /pixel	0.98cm /pixel	0.99cm /pixel	1.79cm /pixel	1.99cm /pixel	左に同じ
標定点RMSE (モデル精度)	4.57cm	0.43cm	2.08cm	7.07cm	0.87cm	
検証点RMSE (測量精度)	3.61cm	1.68cm	2.92cm	4.71cm	2.04cm	

Matrice 8Kでは高度73mでも、目標の位置精度5cm以下で測量できることを確認  
Phantom 5Kの高度73mにおいては、GSD理論値とほぼ同等の測量精度を達成 (WHY?)

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－誤差含有度合 【理論値に対する誤差拡大の原因について】

いくつか考えられる可能性について考察し、今後の技術的な課題としてリストアップしておく。

### ・GPS性能の影響

PhantomはGPS/GLONASS(ロシア衛星) 対応により、GPSより多くの複数の衛星をもとに位置精度を高く測定可能

### ・写真のGPSデータの影響

写真にGPS位置情報がついていないとソフトによる解析性能が悪くなる模様。今回の8Kカメラにはその機能はない

### ・オートフォーカスの影響

8Kカメラは30m固定でマニュアルフォーカスでピントは固定とした。Phantom、Inspireは飛行中にオートフォーカス可能

### ・シャッターの影響

Phantomのカメラはグローバルシャッター(メカニカルシャッター)仕様で移動しながら歪みぼけなく高品位に撮影できる

8Kカメラ、InspireのZenmuseX5はローリングシャッターであるため、高速で移動しながら撮影すると画像が歪みやすい

### ・圧縮の影響

今回の8K撮影では動画圧縮率1/300以下で録画している。8Kカメラ静止画のJPEG圧縮率は約1/7程度。

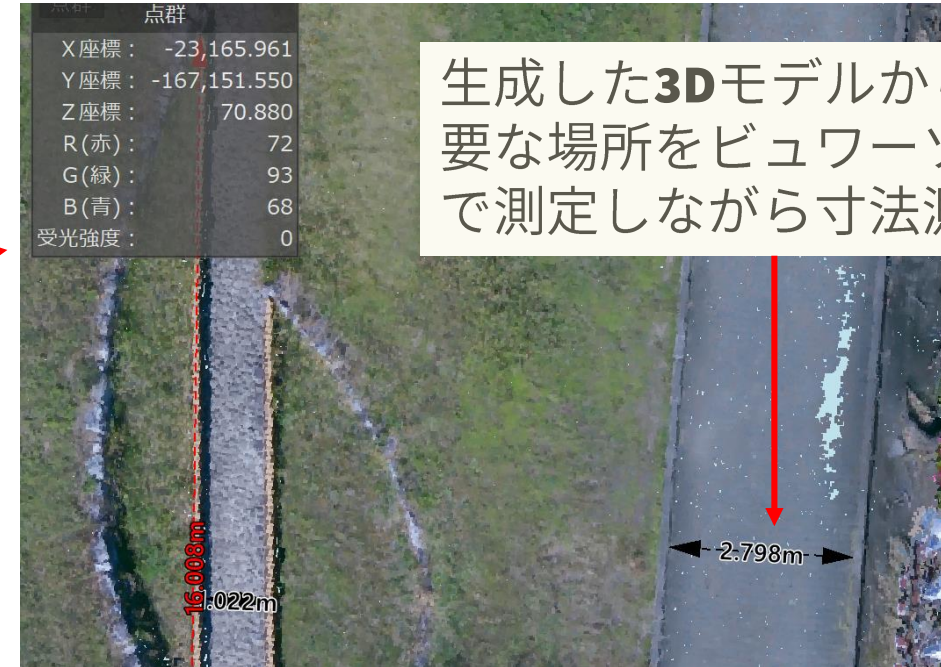
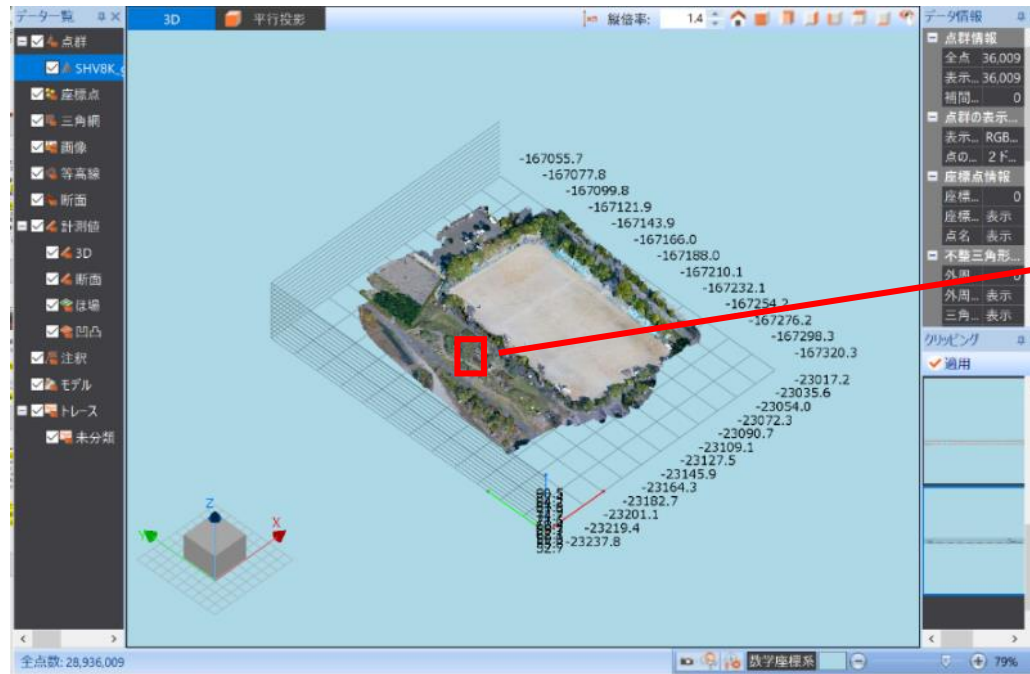
動画の圧縮は人が気にしない細かいところや暗いところをぼかす傾向があり、1枚で見ると静止画より情報量は格段に落ち画質は悪い。

今回8Kカメラは簡易的に測量できるようにしたため、実践での測量用のカメラとしては不十分。しかしながら、上記課題を解決できれば、**将来、さらにGSD理論値に近い測量精度を狙える**感触を得られた。

# 調査項目ごとの検証結果

## 【参考：ドローン写真からの図面化について】

- ・公共測量では、写真解析で三次元点群データを取得後、トレースにより図面データ化することで作業完了となる
- ・オルソや3Dモデルを生成し、寸法をいれて写真付きで分かりやすく図面化していく（熟練者で約4時間の作業）

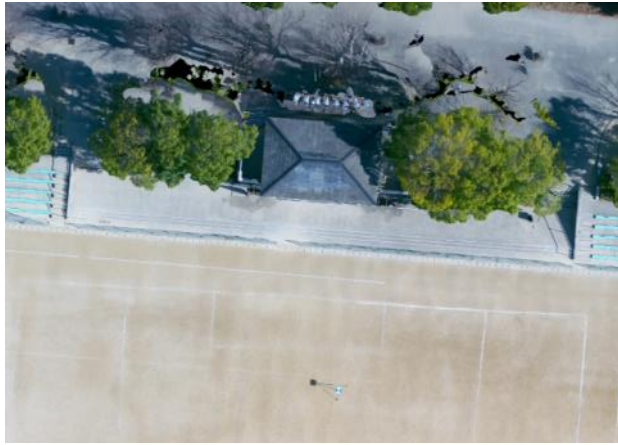


今回の撮影結果から作成した3Dモデル（提供：サンディスト様）

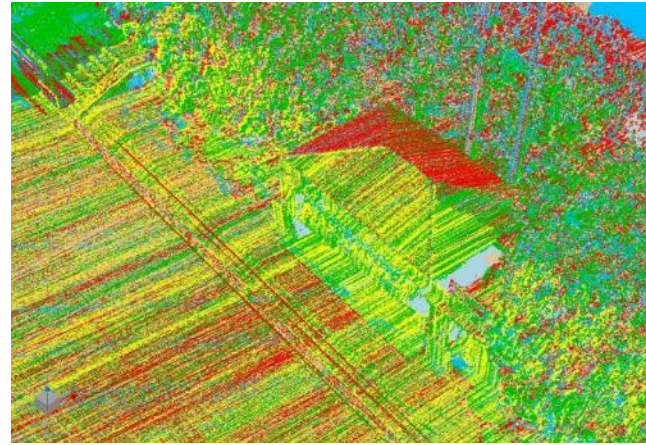
# 調査項目ごとの検証結果

## 【参考：レーザー測量について】

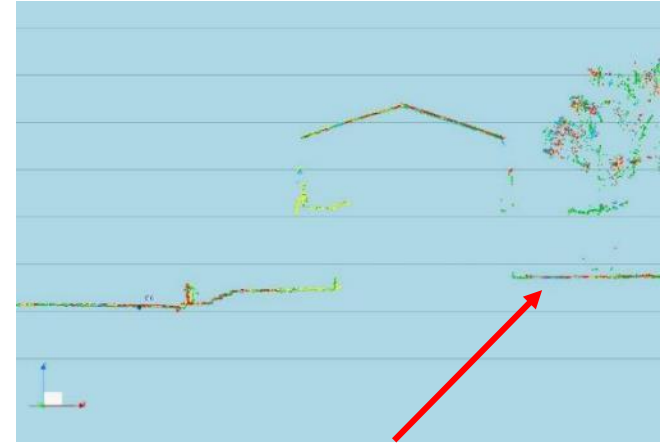
- ・精度は数mm単位だが、航行速度と高度により精度は変わる。
- ・利点として、建物、起伏の激しい箇所、草木、地表面を精度よく測量し、三次元点群データを生成できる



対象とした建屋周辺



機材キャリブレーションで得たデータ



木々の形状と、その下の地表面の形状も見て取れる

なおレーザーによる測量点は色情報はないが、空撮写真と組み合わせることでカラーの**3D**モデルを得られる  
⇒レーザーによる高密度な三次元点群データと、高精細な**8K**カメラ搭載ドローンの映像を組み合わせ、  
極めて精度の高いカラーの**3D**モデルを理論的に形成可能

# まとめ

## 【調査のまとめ】

- 大和高田市総合公園の一面を現場として選定し、8K/5K/4Kドローン撮影による公共測量の実証実験および調査検証を実施
- 調査検証における「**確実性**」について
  - 誤差含有度合として、**8Kドローンでは高度73mで地上画素寸法(GSD)1cm**が理論的に可能
  - 一般的な静止画撮影ではなく動画撮影を用いても**実測で3cm以下の誤差**で測量できることを確認
  - ドローン写真を用いた三次元点群測量において**最も高い精度区分である5cm以内をクリア**
- 調査検証における「**効率性**」について
  - **作業時間において、高度をとることで撮影枚数を減らすことができるが、さらに8Kは4Kに比べて同じ測量精度で撮影作業時間を約半分に短縮できる**ことを確認
  - **安全性において、8Kでは測量精度を維持しつつ4Kより高高度な撮影が可能**なので、建築物などの障害物への衝突リスクを低減できる
  - **操縦容易性において、オートパイロットによる自動撮影の容易さを確認、各種課題を抽出**（次頁）

# まとめ

## 【課題のまとめ】

- **バッテリーの課題**：ドローンのバッテリーによる最大飛行時間の制限から、測量範囲によって高度、飛行速度、飛行ルートが制約され、撮影範囲・撮影精度が影響をうける。
  - カメラ及び機体の軽量化、バッテリーの高効率化
- **カメラの課題**：カメラの仕様により測量精度が落ちる
  - ローリングシャッターよりもグローバルシャッターが望まれる
  - シャッターコントロールの汎用化（アプリなどによる手元コントロールを可能に）
  - 撮影画像にGNSSによる位置情報を付加できれば、精度の確保が容易

GNSS(Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)：  
GPS、GLONASS、Galileo、みちびき（準天頂衛星システム：QZSS）等の衛星測位システムの総称
- **国産ドローン**：あらゆる状況、場所においても測量可能な自律飛行および規制緩和（目視外飛行の緩和）に向けた国産ドローンの準備が必要
  - 安全安心なドローン開発へ

# まとめ

## 【ヒアリングによる今後の展望】

ローカル5G x 8Kドローン x クラウドによる公共測量からの新たな技術展開

ドローンによる写真測量の技術を応用する、例えば…

- ・ **リアルタイム測量**： 8Kドローンの遠隔操作および自律飛行による自動遠隔撮影
  - レーザー測量データをL5Gで送り、リアルタイムで3D化、凹凸などの状況をリアルタイム提供
  - 迷子、鳥獣などを熱による生体感知、位置情報・地表面形状とともにL5Gでデータを送る
- ・ **測量DXシステム**： L5Gによる膨大なデータの短時間伝送、サービスによる作業時間短縮
  - 会社に戻ると解析準備ができている。さらに公共の位置情報にのせ終わっている
  - 現場でその場で図面化することで、後日解析や撮り直しが不要
- ・ **クラウド測量解析DB**： L5Gで測量できる領域を拡大、新たな付加価値を提供
  - 人間が入り難い地域での地面の陥没や建造物の歪みなどの異常を自動検出
  - 定期的なドローン巡視で蓄積したデータによる、Before/Afterの変化量の見積もり



## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

### (4) 道路インフラのスクリーニング検査



# 自治体へのヒアリング

---

## 【実証実験の選定背景】

- ・ 天理市では旧市街道、田園地帯、山間地帯、観光道など多種多様な道路があり保全管理している。
- ・ ひび割れだけでは補修しないが、ひび割れは道路補修の予兆で把握は重要である。
- ・ 道路補修の優先順位は、1. 住民からの連絡、2. 定期点検。
- ・ すべて点検したいが道路予算が減り、定期点検は主要道路や交通量が多い所を優先せざる負えない。
- ・ 災害発生時や天候によって現場にたどり着けないこともあり、人手不足解消も含め課題となっている。
- ・ 道路スクリーニングにより本格的な点検・補修が必要とされる道路かどうかふるいにかける事前の簡易調査が望まれる。

# 事前調査

## 【舗装点検要領】

点検頻度規定：国道もしくは損傷の激しい道路：5年に1回  
 安全性の診断基準：(\*1)

区分		状態
<u>I</u>	<u>健全</u>	<u>損傷レベル小</u> ：管理基準に照らし、劣化の程度が小さく、舗装表面が健全な状態である。
<u>II</u>	<u>表層機能保持段階</u>	<u>損傷レベル中</u> ：管理基準に照らし、劣化の程度が中程度である。
<u>III</u>	<u>修繕段階</u>	<u>損傷レベル大</u> ：管理基準に照らし、それを超過している又は早期の超過が予見される状態である。
	(III-1 表層等修繕)	表層の供用年数が使用目標年数を超える場合(路盤以下の層が健全であると想定される場合)
	(III-2 路盤打換等)	表層の供用年数が使用目標年数未満である場合(路盤以下の層が損傷していると想定される場合)

区分	ひび割れ率	わだち掘れ量	IRI(平坦性)
I 健全	20%未満程度	20mm 未満程度	3mm/m 未満程度
II 表層機能保持段階	20%以上程度	20mm 以上程度	3mm/m 以上程度
III 修繕段階	40%以上程度	40mm 以上程度	8mm/m 以上程度

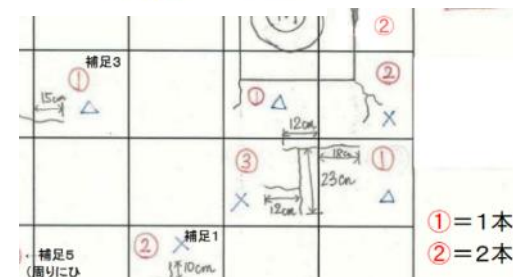
(\*1) 参考文献1：国土交通省 舗装点検要領 (平成29年)

(\*2) 参考文献2：国土交通省 舗装点検技術の評価方法 参考2 (平成30年)

## 点検手順の評価方法(\*2)



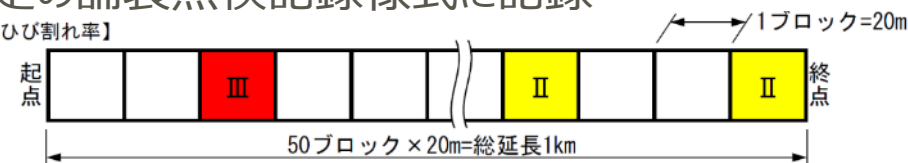
<ひび割れスケッチ図>  
 0.5m升目に区切って  
 ひび長さ・本数・状況スケッチ  
 ひび割れ1本 = 10%などとする



## <ひび割れ点検結果>

起点～終点まで左記3つの測定値を判定、  
 所定の舗装点検記録様式に記録

(例)【ひび割れ率】



自治体管理の全道路で手間のかかる道路点検の実施は難しい。ドローンによりスクリーニングできれば業務改善になる

# 調査現場と実施内容

## 【選定場所】

★令和4年度に法整備される予定の「目視外飛行の許可及びメンテナンス等産業用途での人口密集地での飛行許可」を想定

- 1) 車が入りづらい道路（狭幅、急坂）
- 2) あまり人が通らず状況がわかりづらい道路
- 3) 災害などで通行止めが起こりやすそうな道路

天理市内から上記想定にあたる候補4か所を選出

① 杣之内町（内山永久寺跡前山の辺の道、市道72号）

② 滝本町（天理市浄水場前、市道711号）

③ 長滝町（九頭神社前、市道88号）

④ 柳本町（黒塚古墳横、市道186号）

現場で安全性など事前確認により

① 杣之内町、② 滝本町

の2か所を本番撮影とした



# 調査現場と実施内容

## 【撮影日時】

2020年1月14日（事前確認、候補4か所を視察）

2020年1月28日（本番撮影、2か所） 天候：晴れのち曇り、風速：微風～1m/s



① 杉之内町(内山永久寺跡前山の辺の道)



② 滝本町（天理市浄水場前）

ドローン撮影画像

# 調査現場と実施内容

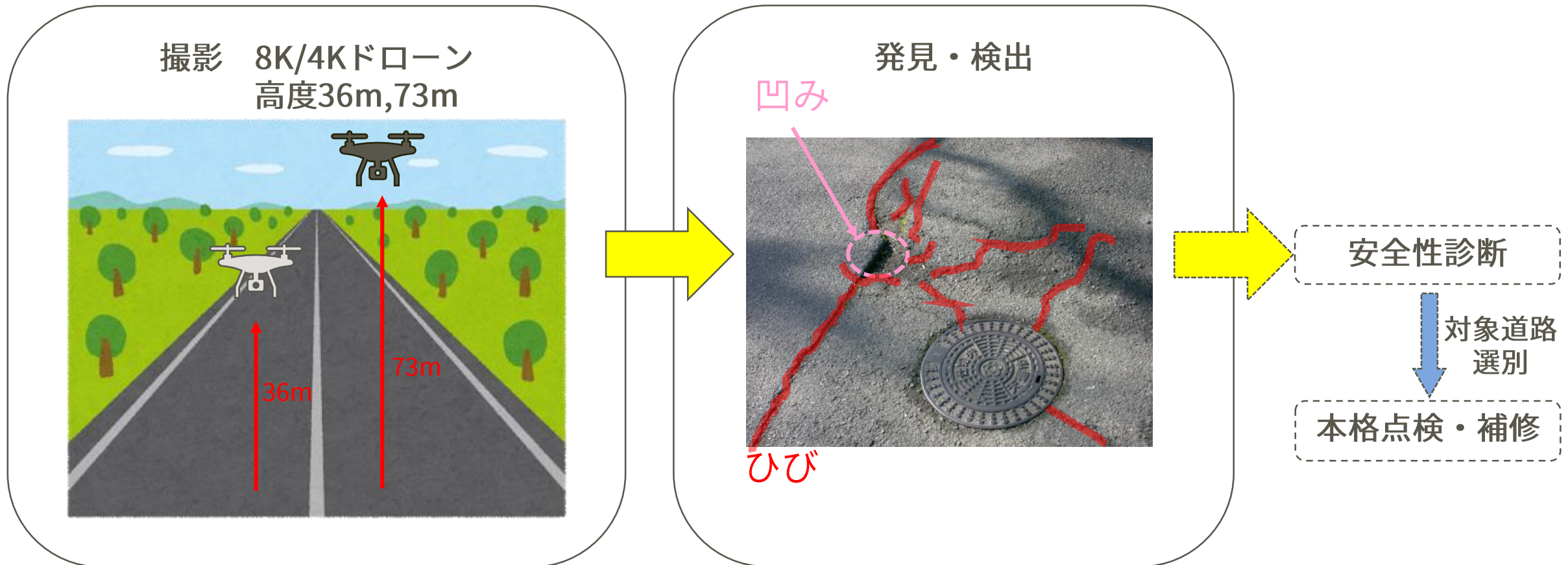
## 【撮影機材（ドローン）】

	8Kカメラ搭載	4Kカメラ搭載
機体本体名	DJI Matrice 600 Pro	DJI Phantom4 Pro
最大飛行速度・時間	40～65km/h・約18分	50～72km/h・約30分
対角寸法・全重量	1133mm・15kg(8K含)	350mm・1.4kg
搭載カメラ	8Kカメラ（開発品）	標準品
センサー	33MP、16:9、4/3inch	20MP、3:2、1inch
最大解像度	7680x4320(8K)	5472x3648(5K+) 静止画 3840x2160(4K@30P) 動画
レンズ焦点・画角	18mm・62°	8mm・84°
写真		

# 調査現場と実施内容

## 【実施内容】

- ・ 8K/4K各ドローンをマニュアル操作、検証道路沿いに高度36mと73mの2条件で動画撮影
- ・ 撮影画像からひび割れなどを発見・検出して道路の安全性診断への適用可能性を調査



# 調査項目

## 【調査項目一覧】

検討大項目		評価項目	内容詳細
効率性	a	作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
	b	ドローン操縦容易性	自律およびマニュアル操作の時間比、ドローンの姿勢安定性の比較を行う。 特に、風が強く乱気流が発生してドローン操作の難しい場所となる、橋脚検査において評価を行う。
	c	安全性	検査対象物とドローンの衝突安全性確保のために、十分な離隔距離を取った場合の撮影精度と撮影範囲の比較を行う。
確実性	k	インフラ補修箇所発見性能	自治体が管理する道路インフラが、補修が必要な状態か否かの判断を行うに当たっての基礎データとして、ドローンの高度と画角に対する解像度と有効範囲の比較実験を行う。



# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 – 作業時間

- **すべて人手** : 166日/300km → **約55日/100km** (参考文献\*3 : 現地調査～報告書作成まで)
- **車両点検システム** :  
光学+レーザー測量による車両点検システムによる自動化 (参考文献\*4 : 最新技術の試験結果から)  
システムによって日数、コストが変わり、点検時間が短いほど診断結果報告に日数がかかる傾向  
点検 : 1～3日/100km (車両点検可能最大速度 : 50～100km) ※**作業時車両通行止め等必要**  
診断 : 20～5日  
→結果報告までトータル : **約6日～21日/100km**
- **ドローン利用** :  
光学測量ドローンによる簡易的な点検の想定作業時間  
点検 : 4Kドローン高度36m(速度1.9m/s) → 14.6時間/100km  
8Kドローン高度73m(速度2.2m/s) → 12.6時間/100km ※速度UP可能  
診断 : 1日 (ひび割れ検出演算および報告書自動作成)  
→結果報告までトータル : **約3～4日/100km**

ドローン利用により**すべて人手に比べ90%以上**、**車両点検に比べ50%以上削減**できる可能性あり

(\*3) 土木学会論文集 Vol.73 No.2-I P.409-415 (平成29年)

(\*4) 国土交通省 報道発表資料 : 『路面性状を簡易に把握可能な技術』の試験結果 (平成30年)

# 調査項目ごとの検証結果

## (b) 効率性 – ドローン操縦容易性

今回の調査を実施して確認したドローン操縦容易性にかかわる事項

- ・ GPS：山間・森林地帯ではGPSを捉えられず、ドローンの飛行は不安定で操縦は困難であった
- ・ 天候：雨風が強い日は撮影作業を延期しなければならない
- ・ 時刻：夕方近くや昼の濃い影により道路状況が判別しにくい状況になることがあった
- ・ 地形：道路は標高が変化し直線ではないため、操縦によって都度飛行経路と高度を調整する必要がある
- ・ 障害：道路側面の高い木々や建築物、道路上空の細い電線など回避して飛行する必要がある
- ・ 通行：車・バイク・人の通行があり、監視者やパイロンを配置し注意喚起もしくは通行止めにするなどの処置が必要
- ・ 発着：ドローンの発着に適した上空が開けた空き地が近くになく目的の現場から遠くなる時がある
- ・ 許可：市道道路わきは私有地であることが多く、飛行範囲に留意して操縦する必要がある
- ・ 電源：道路を往復して詳細に撮影する場合、バッテリーがもたないため交換が必要となる時がある

→ドローンによる道路点検の場合、現場状況は千差万別のため非常に多くの留意点があることがわかった。

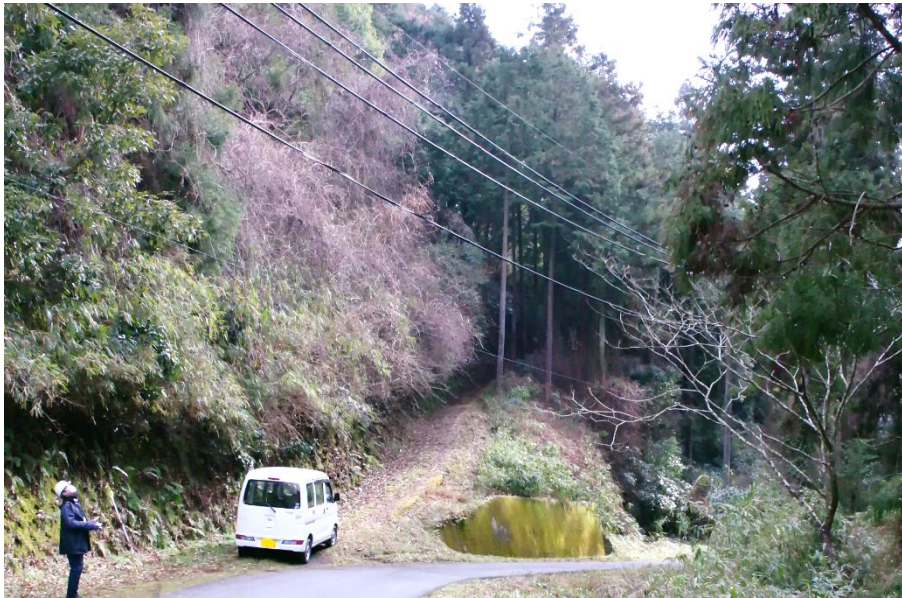
→障害、電源に関して 8Kでは障害をさけて高度を取りつつ撮影・飛行時間を短くできる優位性を確認

# 調査項目ごとの検証結果

## (c) 効率性 – 安全性

今回のドローンによる調査を実施して確認した安全性にかかわる事項

- 道路わきからの木々の枝や電信柱、電線への接触を避けるため、最低でも高度30m以上の飛行が必要
- 高度70m程度をとれば障害物はわずか、しかし道路の標高は変わるのでドローンの高度計の数値を頼れない
- 様々な障害物が道路上にはあり、万が一の接触防止のための障害物センサーを搭載したドローンは必須
- 特に発着時は危険。十分な上空が開けた発着場所の確保と上昇下降時の細心注意での目視確認が必要



道路上には木々の枝、電線



高度70m以上、障害物なし



発着陸時は注意

# 調査項目ごとの検証結果

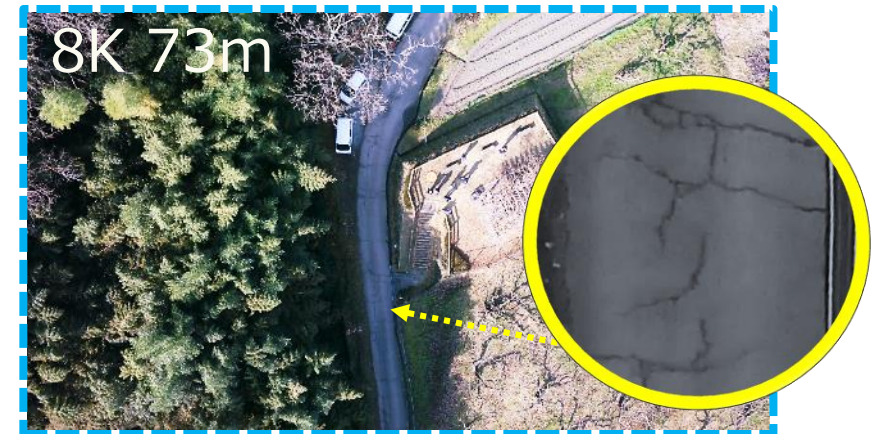
## (k) 確実性－インフラ補修箇所発見性能【オルソ画像】

- 8 K/4Kドローン撮影した複数枚の静止画により、オルソ画像（パノラマ画像）を生成および8 K/4Kを拡大比較

山の辺の道のオルソ画像



73mではひびがぼやけている



- 撮影高度が高くても8 Kドローンは4Kドローンに比べてより詳細に路面状況を確認可能

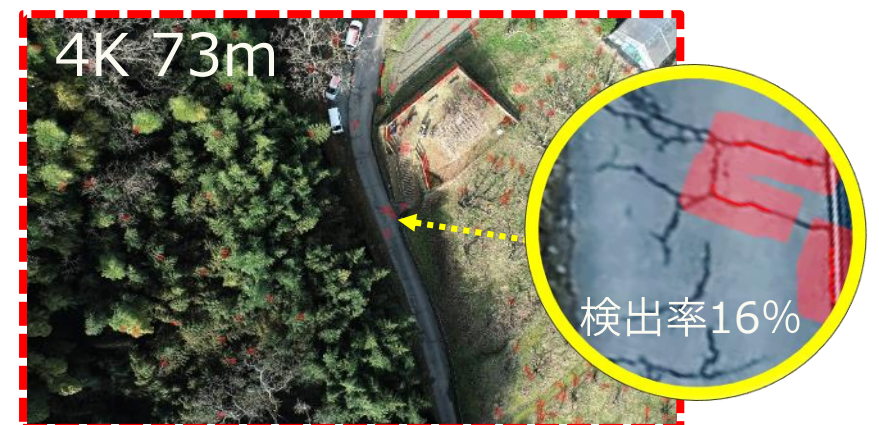
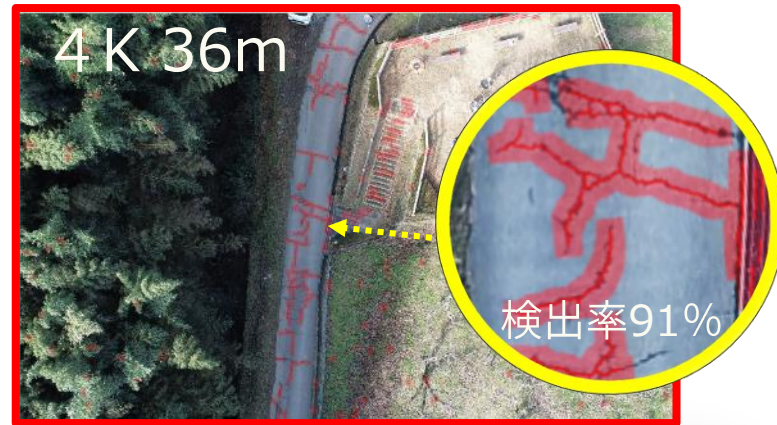
# 調査項目ごとの検証結果

## (k) 確実性 – インフラ補修箇所発見性能【ひび検出1】

写真上道路15mを升目で区切ってひび検出率を簡易算出  
検出率=(ひび検出できた升目数)/(ひびがある升目数)

- 道路専用ではない既存ソフトでひびの自動検出を試みた。ドローン撮影でも道路のひびの自動検出が可能である

山の辺の道のオルソ画像



73mではひびがぼやけるためひび検出率が落ちる



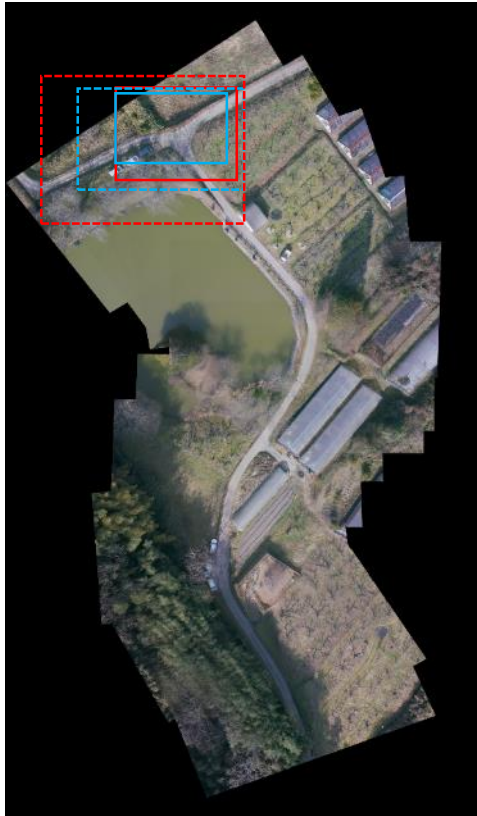
- 高度が高くなると4Kは検出されるひびが少なくなる。一方、8Kは検出率を比較的維持できる。

# 調査項目ごとの検証結果

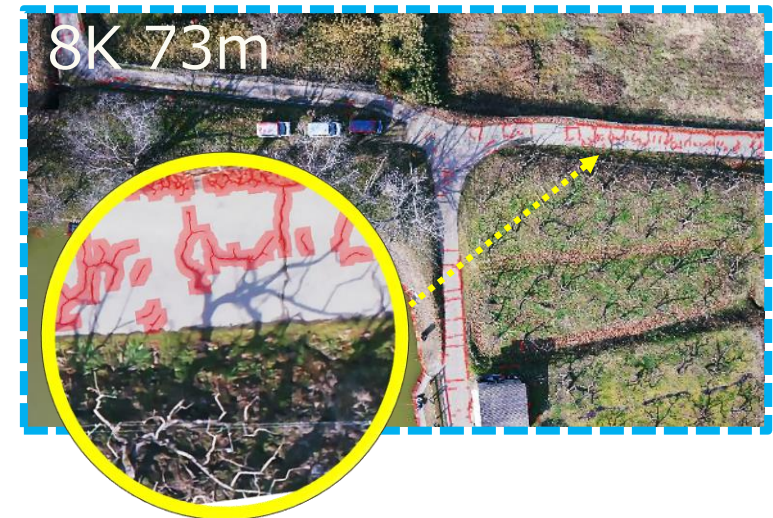
## (k) 確実性ーインフラ補修箇所発見性能【ひび検出2】

- ・ 道路に落ちる木枝の影をひびとして誤検出する課題があることを確認

山の辺の道のオルソ画像



枯れ枝の影が細いとひびに見える



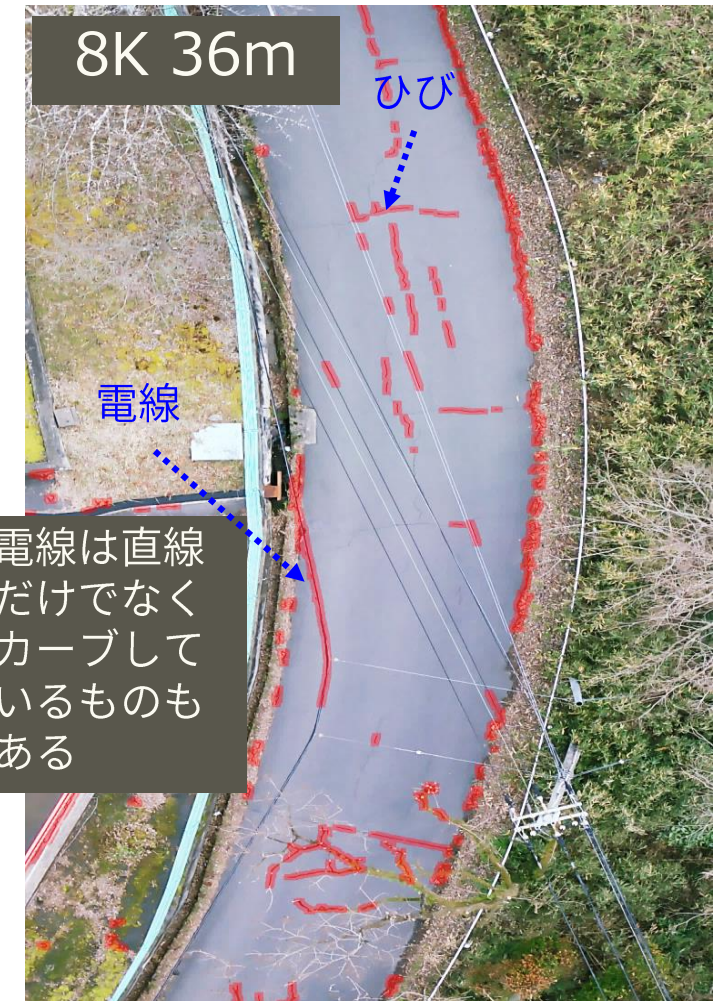
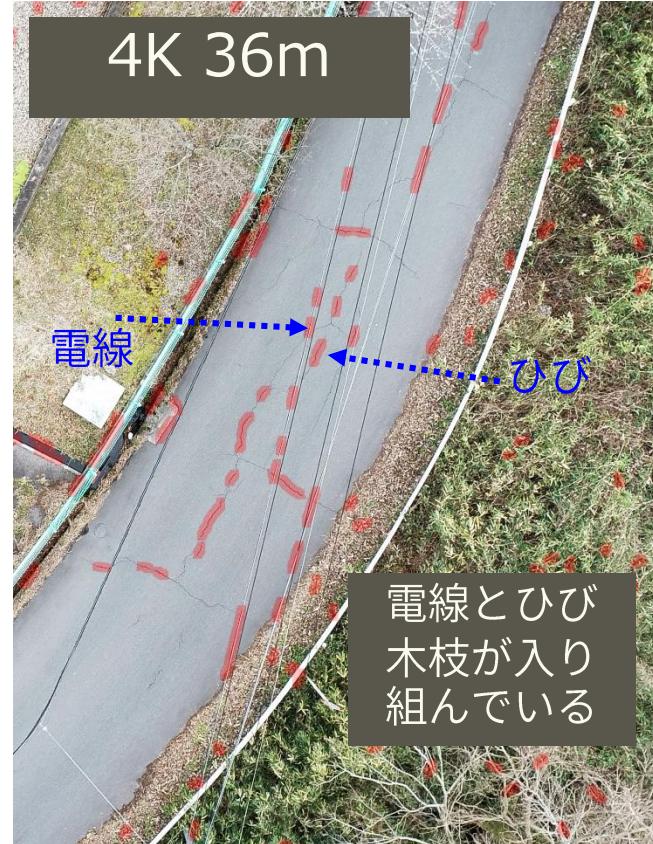
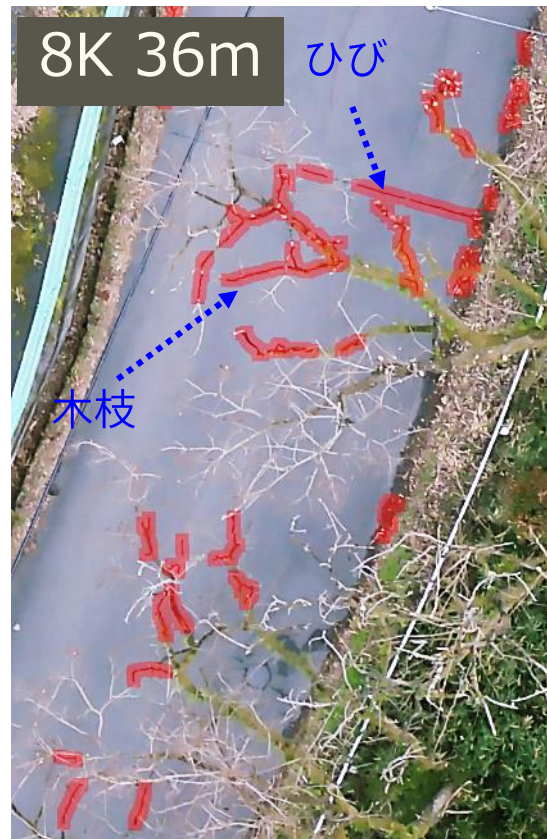
撮影する時間帯によって影の位置は変わるため、検出する位置も変わる

# 調査項目ごとの検証結果

## (k) 確実性 – インフラ補修箇所発見性能【ひび検出3】

- ドローンからの撮影で道路上にある木枝や電線をひびとして誤検出する課題

滝本町天理市浄水場前の市道711号



- いずれも技術的問題で解決できる見込み。誤検出の課題を解決すれば、安全性診断の基準値の「ひび割れ率」についてドローン撮影による自動判定が可能といえる

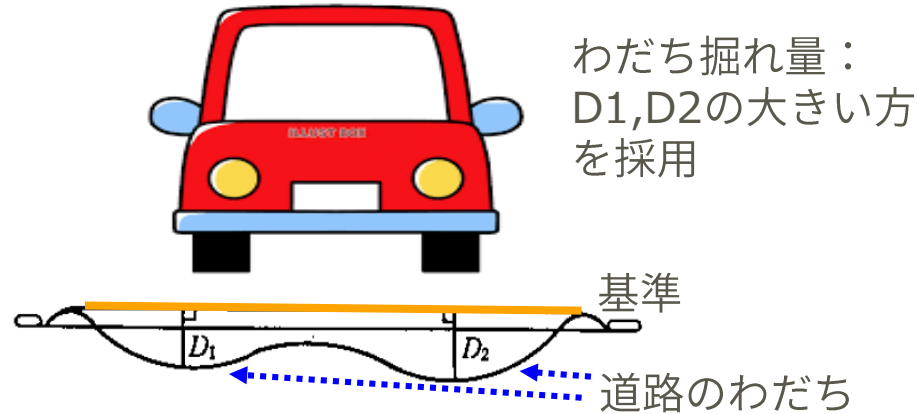
## 調査項目ごとの検証結果

### (k) 確実性－インフラ補修箇所発見性能【わだち掘れ量、IRI】

- ・安全性診断の基準値には「ひび割れ率」以外に「わだち掘れ量」と「IRI（平坦性）」がある

#### わだち掘れ量とは

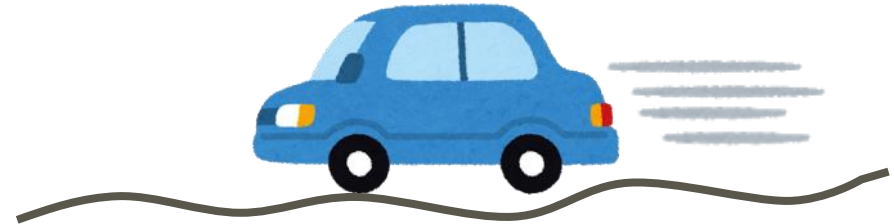
「精度20mmの高さ方向の検出が必要」



#### IRI（平坦性）とは

「精度3mm/mの高さ方向の検出が必要」

一定の速度で路面上を走行させたときの車が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比  
つまり、車の乗りごごち



- ・「わだち掘れ量」「IRI」に関しては、8K/4Kカメラによる単純な撮影では測定精度が足りない
- ・ステレオカメラなどの精度をあげる手法や、レーザー測量搭載のドローンによる別の測定手法が必要となる



# まとめ

## 【調査のまとめ】

天理市管理の市道 2 か所を選定し、8K/4Kドローン撮影による道路スクリーニングの調査検証を実施

### ・「効率性」について

- ・ 作業時間において、ドローンによりすべて人手に比べ90%以上、車両点検に比べ50%以上削減できる可能性があり、また8Kで高度をとることで4Kに比べて撮影作業時間を短縮できる
- ・ 操縦容易性および安全性において、ドローンによる道路点検の場合は非常に多くの留意点があり操縦の容易性を担保するためには安全性確保が最も重要

### ・「確実性」について

- ・ インフラ補修箇所発見性能として、安全性診断基準の「ひび割れ率」算出においては、ドローンで撮影した画像からのひび検出が十分活用できることを確認。特に8Kは4Kに比べて高度が高くてもより詳細に路面のひび割れ状況を確認可能
- ・ 安全性診断基準の「わだち掘れ量」「IRI」算出においては、8Kカメラ撮影だけでは精度が不十分で、レーザー等他のセンサーや手法が必要であることを確認

「今回のドローンによる道路スクリーニングは、本格的な点検・補修が必要とされる道路かどうかふりいにかける事前の簡易調査として有効であり価値があるといえる」

## 2.1.2 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験 (5) 太陽光発電のインフラ点検



# 実証実験の選定背景

- 太陽光発電は、地球温暖化対策に貢献するとともに、災害による停電発生時にも電源として利用できるなどの利点から、自治体自身がメガソーラーを設置・運用したり、各種自治体施設に太陽光パネルを設置する等の取り組みが行われている。
- 例えば、奈良県水道局では、クリーンエネルギーを利用し、環境と共生する水づくりを推進するため御所浄水場に太陽光発電を導入している。

奈良県水道局の太陽光発電システム

設置場所：奈良県御所市戸毛

出典：<http://www.pref.nara.jp/7179.htm>



- これらの点検業務の効率化・確実化のためにも、センサー・ドローン・ロボット活用によるスマート保安の導入が期待されており、経産省のスマート保安官民協議会のアクションプラン案としても採用され、実用化への動きが活発化している。（参考文献：経産省 第2回 電力安全部会 資料1 電気保安分野におけるアクションプラン案）
- 運用としては、メガソーラーの敷地内では、ドローン発着場や基地局を設置できる空き地・電源があり、**L5G導入の親和性は非常に高い**とみている
- 8K活用に関しては**まだ自動化高度化できていない微細なパネル割れやクリップ、架台の点検などが期待**されている

# 事前調査

【ソーラーパネル点検の主な項目】 ※シャープエネルギーソリューションに点検項目をヒアリング抽出  
①～③はドローンによる保安点検ですでに実験されている項目

番号	項目名	内容	対応	検出可能なカメラ	
				赤外線	可視
①	パネルセル異常	パネル内部のセルモジュールが故障すると異常発熱する	パネル交換の判断が必要	○	—
②	パネル損傷	徐々に割れが広がり、セル異常に発展する可能性あり	パネル交換の判断が必要	○	○
③	パネル汚れ	パネル表面の汚れにより影ができるため発電効率が落ちる	パネル表面の清掃	○	○
4	クリップ緩み	パネルを固定するクリップのボルトが緩んでいるとパネルが脱落する可能性	クリップのボルトを締め直し	—	○
5	架台下	パネルを載せる架台下の腐食、発錆、たわみ、破損、地盤に異常がないか確認	架台の補修	—	○
6	架台スペーサ	パネルを載せる架台の高さの微調整用地震や地盤沈下などで徐々にずれる	スペーサの再調整	—	○
7	雑草	夏場に成長して発電や点検などの邪魔になる	雑草の刈り取り、除草剤散布	○ (近赤外線)	○
8	外部配線	外部配線の何らかの原因による損傷	配線の補修・交換	—	—

上記点検項目をもとに各ドローン撮影を実施、作業効率性の評価と異常発見・検出できるかどうか比較評価した

# 調査現場と実施内容

## 【選定現場】

### 発電所概要

- ・ 名称：シャープ桧垣本太陽光発電所
- ・ 場所：奈良県吉野郡大淀町  
※桧垣本自治会所有地を活用

- ・ 敷地面積：約28,908m<sup>2</sup>

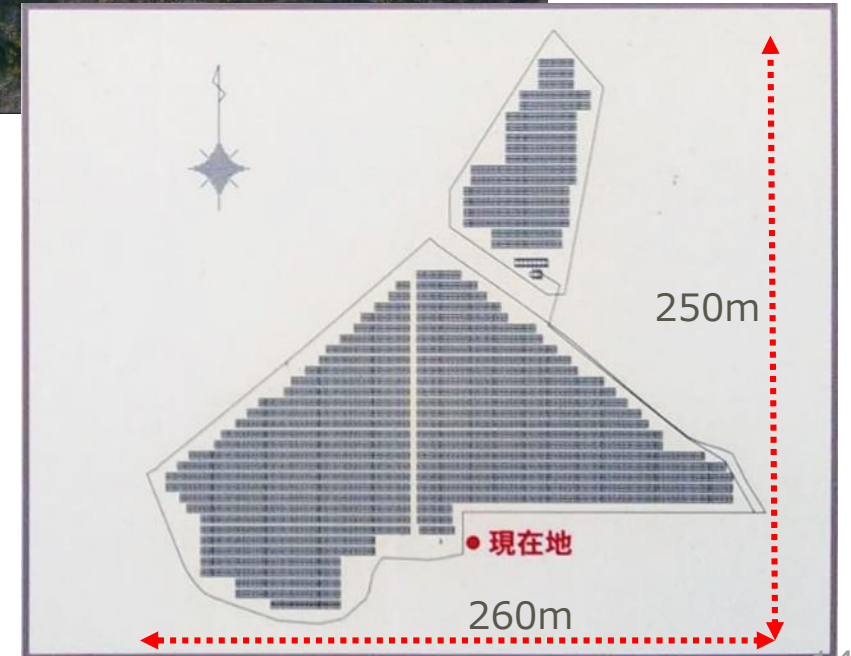
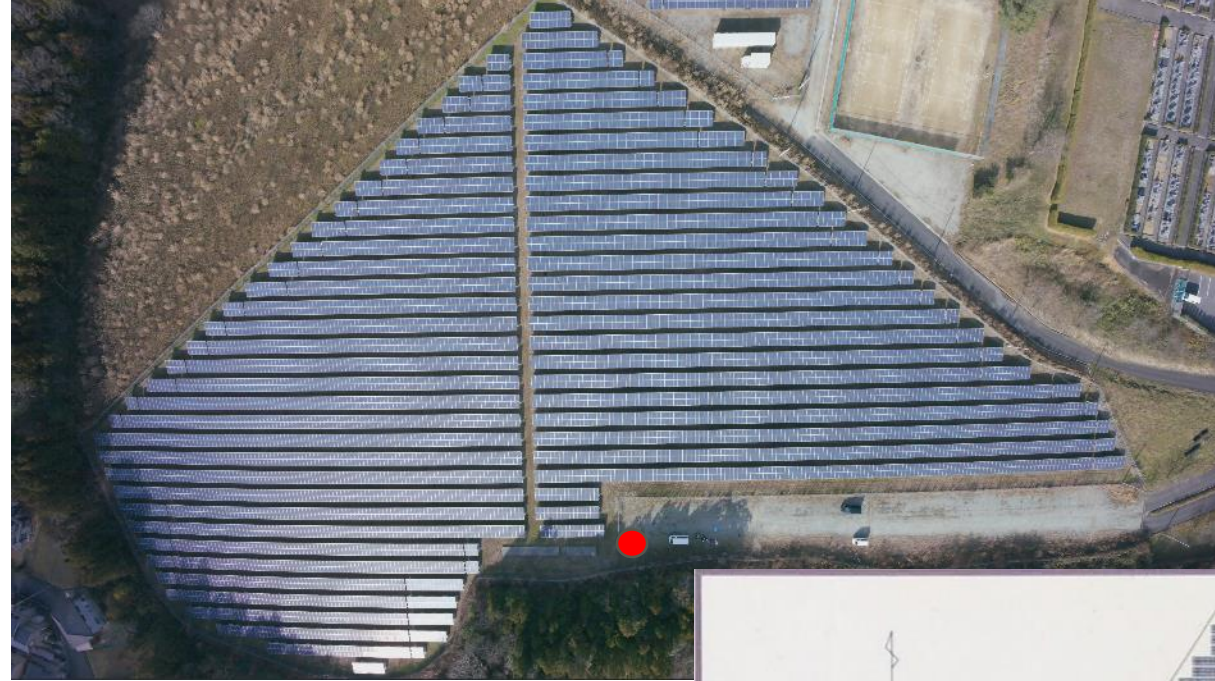
### 太陽電池モジュール

- ・ 設置枚数：8,550枚
- ・ 設置容量：2,052kWdc
- ・ 発電容量：1,750kWac、
- ・ 年間発電量：204万kWh/年（約570世帯分）

### 事業概要

- ・ 運転開始：2013年3月、事業期間：20年

**事業社** 合同会社クリスタル・クリア・ソーラー  
(シャープと芙蓉総合リースで出資)



# 調査現場と実施内容

## 【撮影日時】

2020年12月25日（強風のため撮影中止） 天候：曇り時々雨、 風速：6.0m/s以上

2020年 1月 6日（再撮影本番） 天候：曇りのち晴れ、 風速：～3.0m/s



ドローン撮影風景

# 調査現場と実施内容

## 【撮影機材（ドローン）】

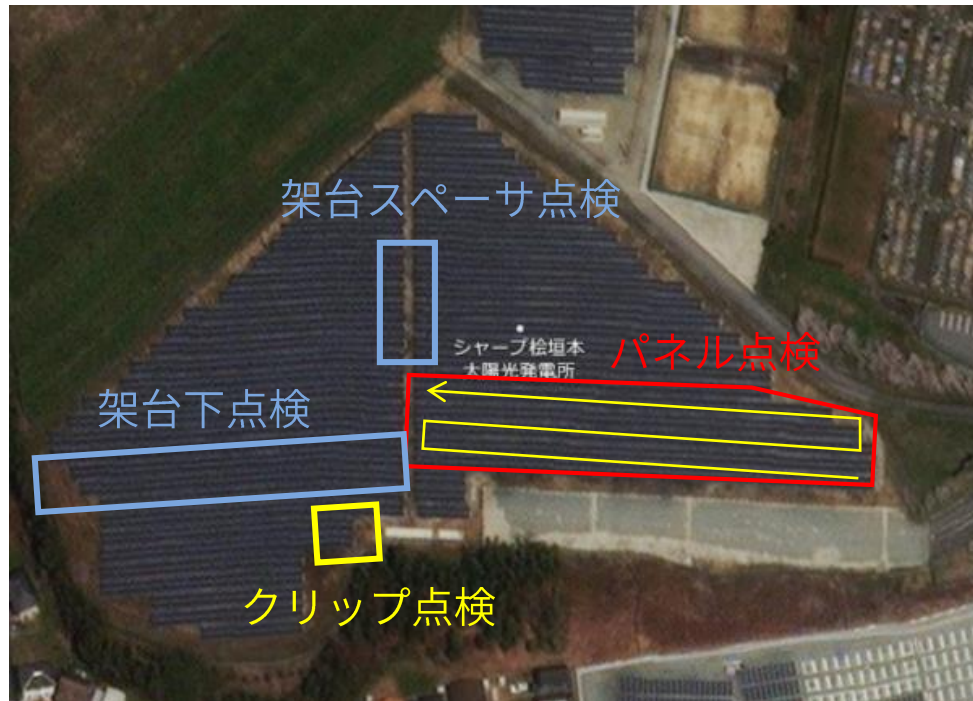
	8Kカメラ搭載 (シャープ)	4Kカメラ搭載 (シャープ)	赤外線+可視4Kカメラ搭載 (提供：ミラテクドローン様)	
機体本体名	DJI Matrice 600 Pro	DJI Phantom4 Pro	DJI Matrice 210 RTK	
最大飛行速度・時間	40～65km/h・約18分	50～72km/h・約30分	61～81km/h・約24分	
対角寸法・全重量	1133mm・15kg	350mm・1.4kg	643mm・4.91kg	
搭載カメラ	8Kカメラ（開発品）	標準品	DJI Zenmuse XT2 (19FR)	
センサー	33MP, 16:9, 4/3inch	20MP, 3:2, 1inch	12MP, 4:3, 1/1.7inch可視	遠赤外線
最大解像度	7680x4320(8K)	5472x3648(5K静止画) 3840x2160(30P 動画)	4000x3000(静止画) 3840x2160(30P動画)	640x512 (感度<50mK)
レンズ焦点・画角	18mm・62°	8mm・84°	8mm・57°	19mm・32°
写真				

# 調査現場と実施内容

## 【検証の実施内容】

- ・ パネル点検 (項目 1 ~ 3) : 赤外線撮影と 8 K/4K可視撮影によるセル異常発熱と割れ・汚れ個所の発見と検出
- ・ クリップ点検 (項目 4) : 8 K/4K可視撮影によるクリップ緩みの発見と検出
- ・ 架台点検 (項目 5、6) : 8 K/4K可視撮影による架台下のゆがみや異常、架台スペーサのずれの発見と検出

## 撮影エリアと点検箇所



## 点検の飛行方法

- ・ ドローン操縦 : マニュアル飛行
- ・ 各点検毎の飛行高度
  - パネル点検
    - 赤外線 : 基本高度30m、飛行速度1.3~1.4m/s  
(※状況により変更しながら撮影)
    - 8K/4K : 高度20~60m
  - クリップ点検
    - 8 K/4K : 高度5m~30m
  - 架台点検
    - 8 K/4K : 高度2m~5m  
(※カメラジンバル角度を状況により変更しながら撮影)



# 調査項目

## 【調査項目一覧】

検討大項目		評価項目	内容詳細
効率性	a	作業時間	単位撮影時間当たりの撮影面積に関して定量的な比較を行う。
	b	ドローン操縦容易性	自律およびマニュアル操作の時間比、ドローンの姿勢安定性などの比較を行う。
	c	安全性	検査対象物とドローンの衝突安全性確保のために、十分な離隔距離を取った場合の撮影精度と撮影範囲などの比較を行う。
確実性	i	インフラ補修箇所発見性能	ソーラーパネル欠陥の検出限界を、赤外線および近接目視同等の画像をリファレンスとして比較を行う。

# 調査項目ごとの検証結果

## (a) 効率性 – 作業時間

- 点検頻度は「月次」点検が基本

点検現場：シャープ桧垣本太陽光発電所

敷地面積：約28,908m<sup>2</sup>、パネル設置枚数：8,550枚

すべて人手の場合：約180分 = 2人で1.5時間ほど（異常がないか巡回して見て回る程度の点検）

ドローン利用の場合：※赤外線パネル点検の実際の撮影時間を基に、画角に入る列数からメガソーラ全体のドローン撮影時間を換算

ドローン搭載カメラ	高度30m		高度60m	
	画角に入る列数	全体撮影時間	画角に入る列数	全体撮影時間
赤外線（画角32°）	 2列	約26分 （ミラテクドローン様操作換算）	 2列	ドローン搭載の小型赤外線センサーでは 高度30mで2列ずつの撮影が適正
8K（画角62°）	 3列	約17分	 6列	約9分
4K（画角82°）	 4列	約13分	 9列	約6分 ※詳細点検に適さない画質

パネル点検の作業時間だけを考えた場合、赤外線ドローンにより約85%削減可能

8Kドローンにより高度30mで約91%削減、高度を2倍とれば約95%削減できる可能性あり

# 調査項目ごとの検証結果

---

## (b) 効率性 – ドローン操縦容易性

今回のドローンによる点検を実施して確認したドローン操縦容易性にかかわる事項を述べる

### 【GPSロスについて】

- ソーラーパネル上空はひらけているのでGPSを捉えやすくドローンの飛行姿勢は常に安定

### 【天候について】

- × 予定日1日目はドローンの安定飛行可能な風速5m/sを超えたため、撮影作業を延期

### 【撮影作業について】

- △ ドローン搭載の小型赤外線は温度分解能の制約で低高度に下げないとセル単位での異常はわかりにくい
- △ パネルの温度異常は冬場は発見しにくい、春・秋時が温度変化が出やすく異常を発見しやすい
- パネル1枚がまるごと異常を発見する簡易的のものであれば80m程度高度をとって自動運転可能とのこと

### 【飛行時間について】

- × バッテリーが持つ時間内にフライトを完了させるため、飛行速度と飛行ルートが制約される
- 8Kでは高度を取ることで様々な点検項目で撮影枚数、飛行時間が短くできることを実機で確認できた

# 調査項目ごとの検証結果

## (c) 効率性 – 安全性

今回のドローンによる点検を実施して確認した安全性にかかわる事項を述べる

- ソーラーパネルの設置最大高さは約1.5m
- 電線やその他周囲の建造物などを考慮し高度30mあれば安全性としては十分担保できる
- さらに近づいてソーラーパネルの架台下の様子など8Kを活かした細かい点検が可能



### その他安全面での注意事項



野鳥がドローンによってくる問題  
撮影を中止してやり過ごす必要あり  
⇒自動点検では課題となる

# 調査項目ごとの検証結果

## 発見ポイント

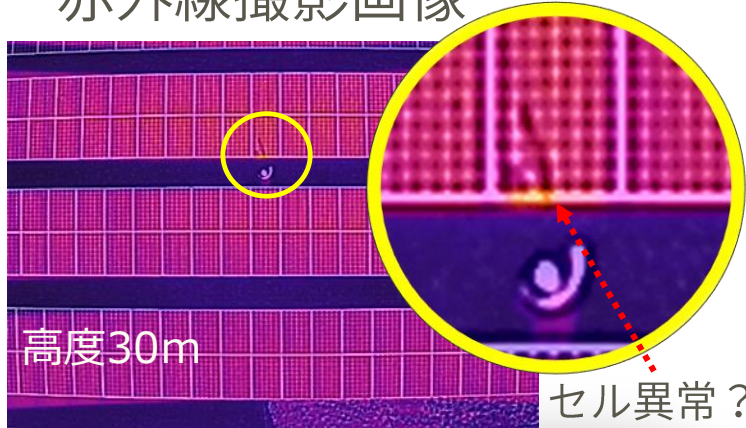
### (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

#### 【パネル点検】 パネルセル異常

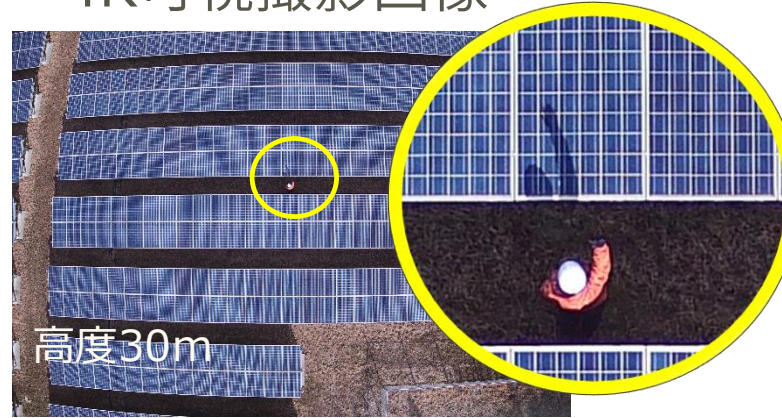
・高度30mで移動しながらパネル点検、赤外線にて異常を発見したため高度を下げてホバリングして撮影



赤外線撮影画像



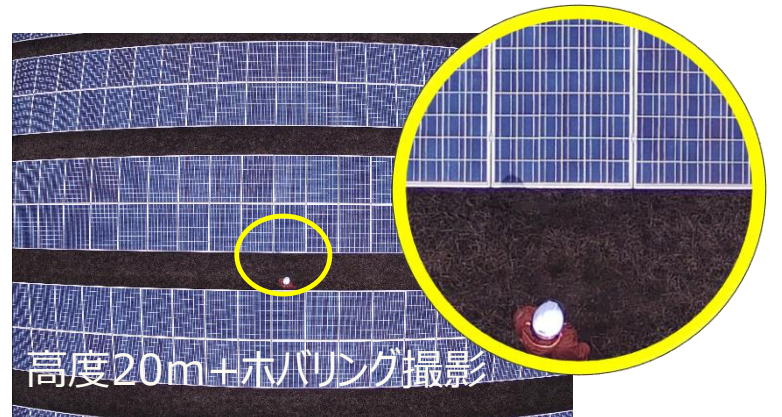
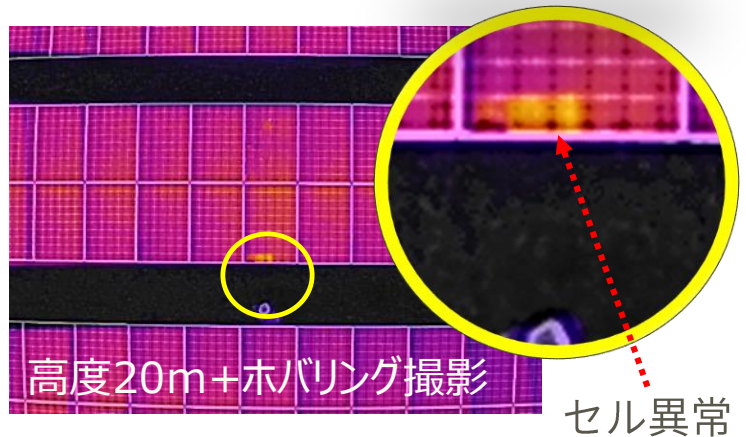
4K可視撮影画像



8K可視撮影画像



セル異常ポイントにはなにもないのでわかる



4K/8K可視撮影画像では正常だが、赤外線撮影画像によりパネルセルの異常発熱の個所を発見検出できた。

なお、異常がある場合は経験的に周囲との温度差が5℃以上となる。

# 調査項目ごとの検証結果

## 発見ポイント

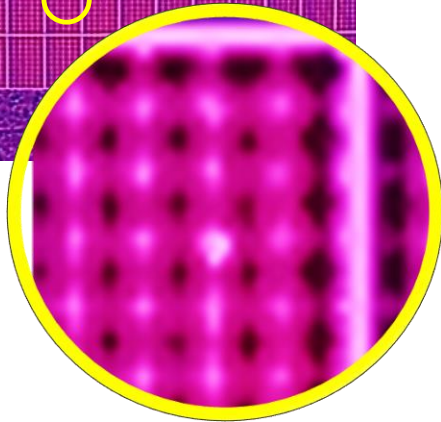
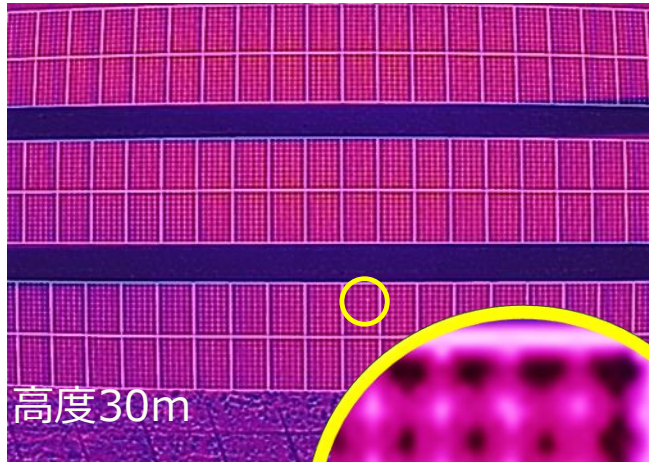
(i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

【パネル点検】 パネル汚れ － 鳥のフン

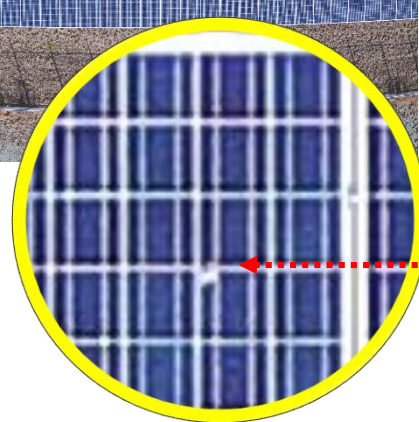
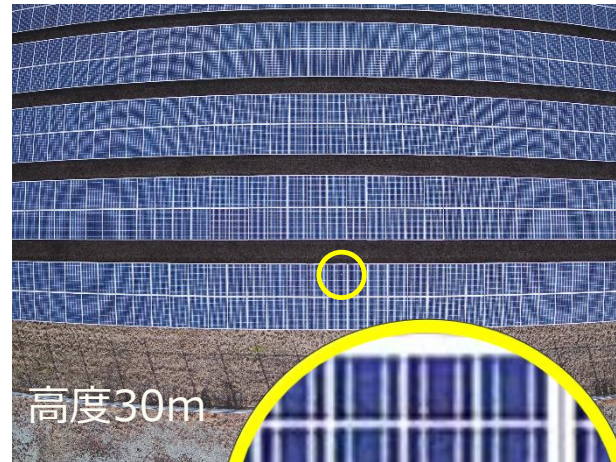


・高度30mで移動しながらパネル点検、赤外線にて異常を発見したためホバリングして撮影

赤外線撮影画像



4K可視撮影画像

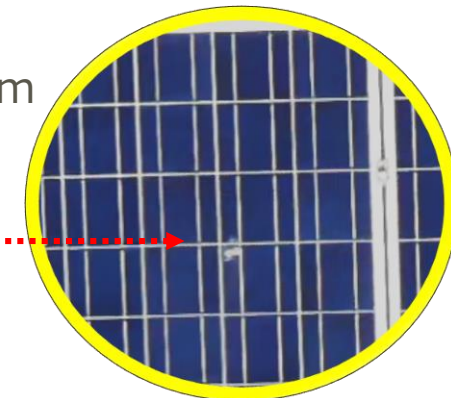


赤外線画像で2℃程度の差、可視撮影画像では異物が見える。

8K可視撮影画像では鳥のフンであろうことがわかる。

8K可視撮影画像

高度30m



※鳥のフンや軽微な汚れはホバリングしながらセンサーの温度レンジを絞ることで確認できる

# 調査項目ごとの検証結果

## 発見ポイント

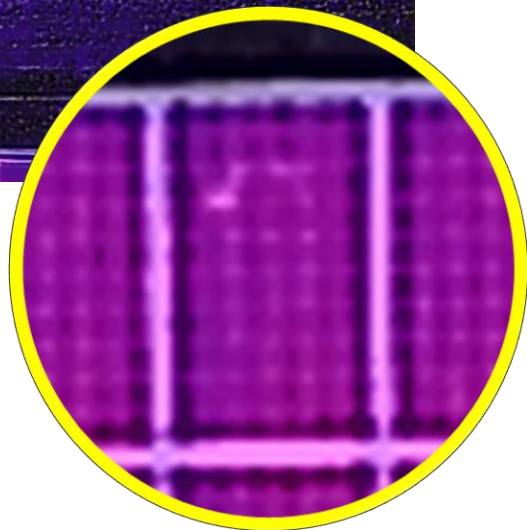
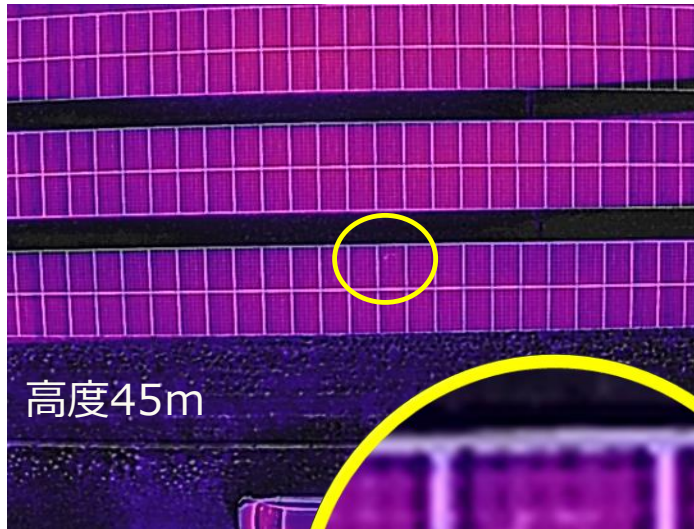
(i) 確実性 – インフラ補修箇所発見性能

【パネル点検】 パネル汚れ – 汚れ

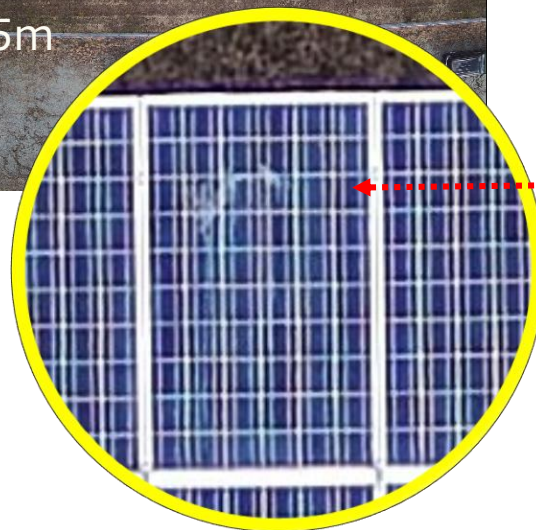
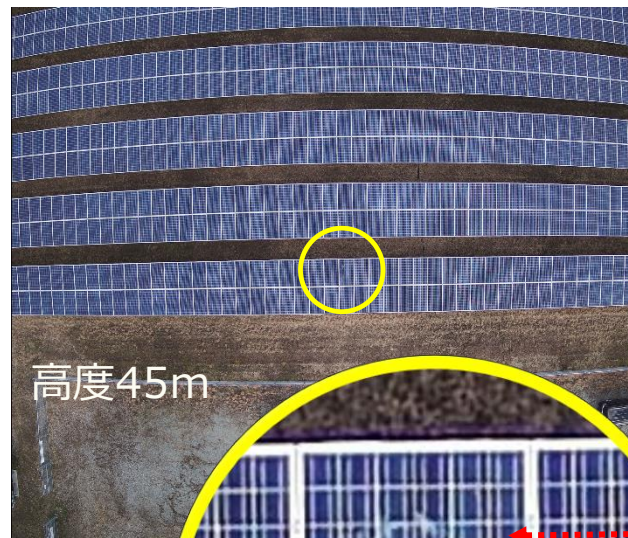
・高度45mを試行、移動しながらパネル点検、赤外線にて異常を発見、ホバリングして撮影



赤外線撮影画像



4K可視撮影画像

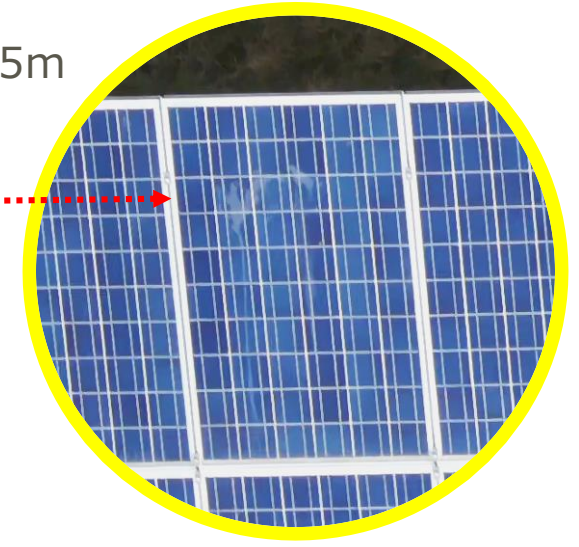


赤外線画像で温度差を確認、可視撮影画像では異物が見える。

8K可視撮影画像ではどのような汚れかどうかと汚れの範囲がはっきりわかる。

8K可視撮影画像

高度45m



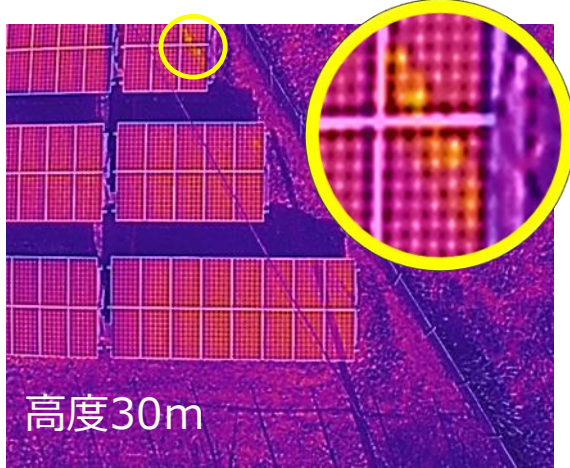
# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【パネル点検】 反射による誤検出について

- ・影や反射などによる温度差異の誤検出は可視画像やドローンを移動したときの反応で判別が可能

赤外線撮影画像

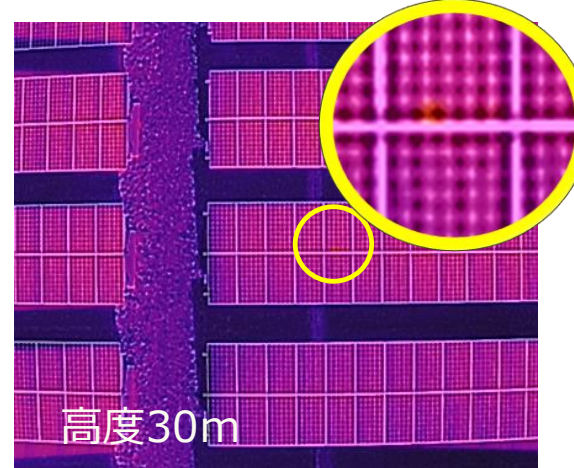


8K可視撮影画像

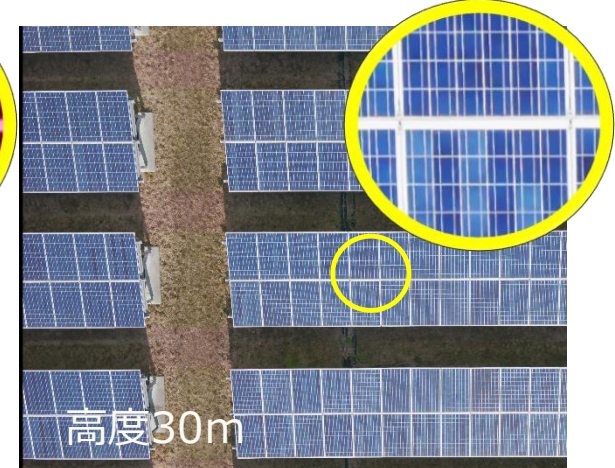


可視画像から上空を通過しているつり線と並行に影があることから、つり線の反射によるものと考えられる

赤外線撮影画像



8K可視撮影画像



セル異常にしては、温度差が小さすぎる。可視画像から、異物がないたため、太陽光が真上にあるなどなんらかの反射によるものと考えられる

⇒赤外線だけではすべて検出ができない。8Kのような高精細画像を同時参照すれば遠隔でも点検が可能となる

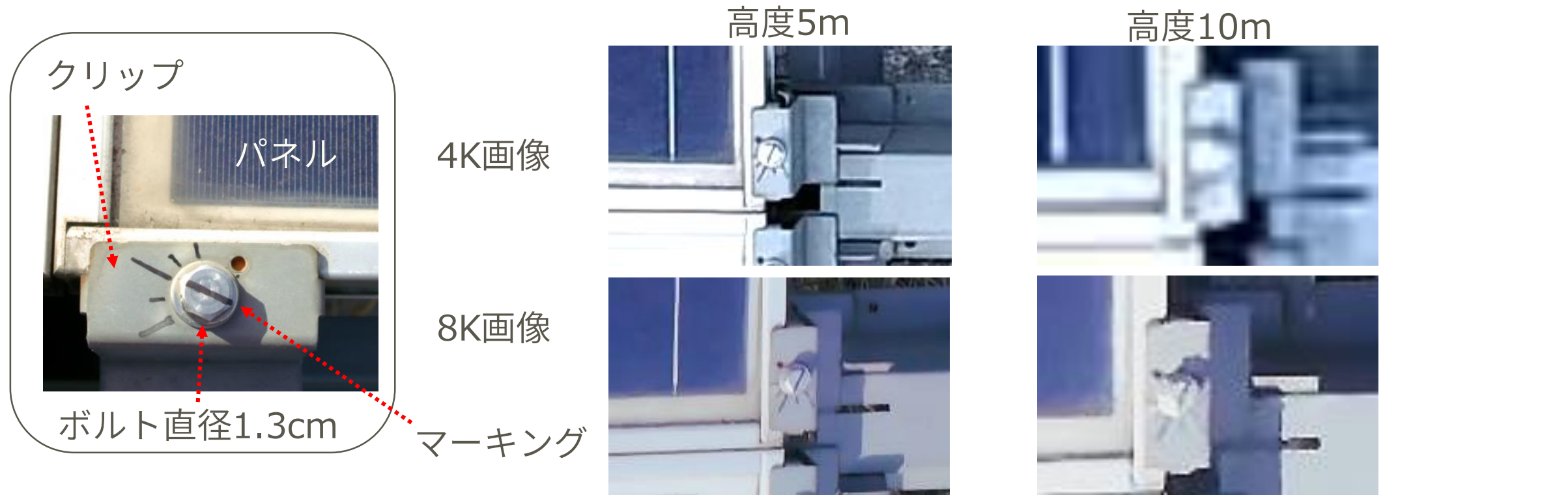


# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【クリップ点検】－ 可視撮影による8K/4K比較

- ・ パネルを架台に固定するクリップのボルトが緩んでいるとパネルが脱落する可能性があり、検出できるか検証
- ・ クリップとボルトにマーキングし、両者のマーキングずれから緩みを検出可能と仮定し、有効な撮影高度を比較



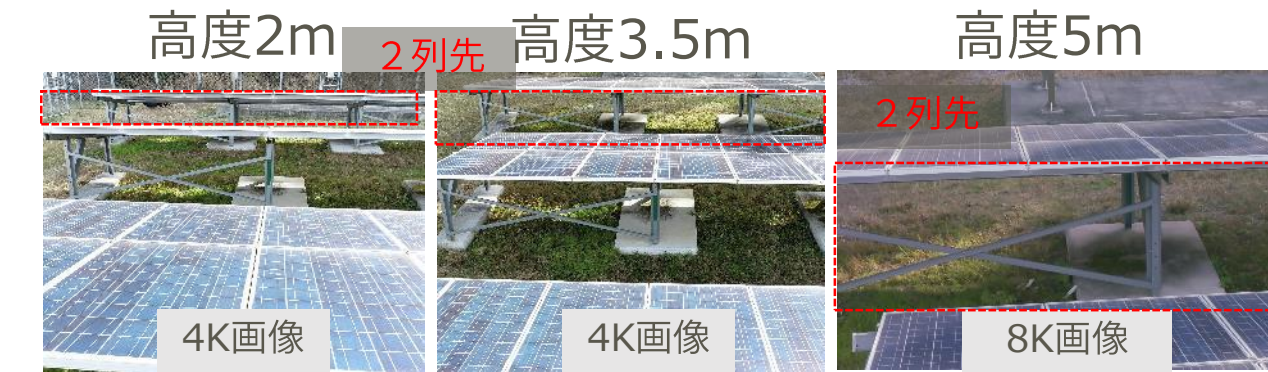
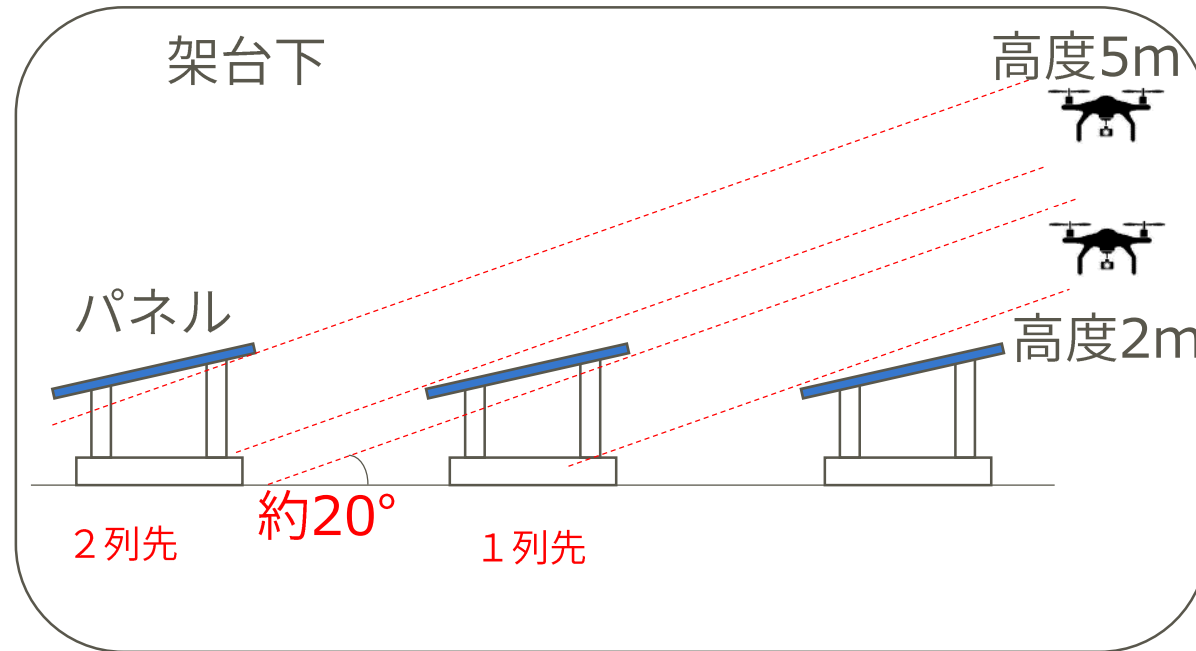
- ・ 高度10mで4Kではクリップやマーキングなどが不鮮明ではあるものの、8Kのほうがマーキングの状況を確認できる

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【架台点検】－ 架台下

- ・パネルを載せる架台下のたわみや破損、地盤沈下が起こるとパネル故障につながる。目視点検並みにできるか検証
- ・パネルの架台下をのぞき込めるかどうか有効な撮影高度の比較とスタビライザをマニュアルで操作しカメラの仰角を確認



隣列の架台下は見えるものの、高度に余裕なく航行に不安



高度を取り2列先の架台下の状況も見やすい

- ・ 高度約5m、カメラ仰角約20度で、2列先の架台下を確認できる（安全のため高く航行させたい）。
- ・ 8Kは距離を取り広範囲かつ高度もとりつつ架台下を細かく観察できるので優位

# 調査項目ごとの検証結果

## (i) 確実性－インフラ補修箇所発見性能

### 【架台点検】－ 架台スペーサ

- 地震や地盤沈下、季節の気温変化により生じる架台の伸縮の影響で、架台高さの微調整用のスペーサがずれる
- 特に連結架台の両端部が先にずれる。大きくずれている場合は架台をジャッキアップして位置補正する必要がある
- 架台下にある足元を撮影できるか有効な撮影高度の比較、カメラ位置を確認し、目視点検並みにできるか検証



高度5m

高度10m

4K画像



8K画像



• 4K/8Kとも高度約10m程度はスペーサのずれを確認できる。

• 8Kはスペーサのずれた状況をより鮮明に観察できるので優位

同色でわかりづらいが、スペーサずれを確認できる

# まとめ

## 【調査のまとめ】

- シャープ桧垣本太陽光発電所を現場として選定し、ソーラーパネルの点検項目に沿って各種ドローン撮影による実証実験および調査検証を実施
- 調査検証における「**効率性**」について
  - **作業時間**において、現状の人手によるパネル点検作業に対して**ドローンを用いることで高度30mで85%以上の作業時間削減**が可能であることを確認した。さらに**8Kでは91%以上の削減**の可能性もある。
  - **操縦容易性**において、ソーラパネル上空は開けているためGPSロスなど発生しにくく**ドローン姿勢安定は容易**。ただし、ドローンに搭載された小型赤外線カメラの温度分解能感度の影響により、パネル内のセル異常を詳細にみるには高度を下げる必要あり。
  - **安全性**において、パネル設置高さや周囲の障害物の様子から**高度30mあれば安全性としては十分担保**でき、さらに近づいてソーラーパネルの架台下の様子など**8Kを活かした細かい点検が可能**であることを確認
- 調査検証における「**確実性**」について
  - インフラ補修箇所発見性能として、**赤外線による補修ポイントの早期発見**の優位点を確認。ただし取得した撮影データによる異常判定は人間による経験的な判断に頼る必要あり。
  - 可視カメラによる点検も合わせることで不良状態を明確にでき、**8Kを用いることでより点検精度を向上**できる
  - クリップや架台下の点検など**現状自動化できてない点検項目も8Kドローンで実用的になる**ことを確認

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

## 2.2.1 自治体の各種業務から見える現状の課題

- 1.1章で取り上げられた自治体の各種業務を整理

- 平常時の防災活動
- 災害発生時の現場確認、減災活動
- 観光スポットのデータ収集
- インフラの点検業務
- 農業関係業務

- これらの自治体業務について、電波利用上の課題との関係をまとめる。

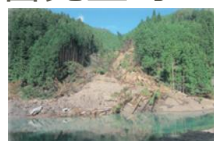
### 平常時の防災活動



※奈良県ウェブサイトより引用

- 河川、道路設備等の監視業務、不法投棄の監視など

### 災害発生時の現場確認、減災活動



※奈良県ウェブサイトより引用

- 災害現場の情報収集、情報網確保
- 災害時のみ運用



### 観光スポットのデータ収集

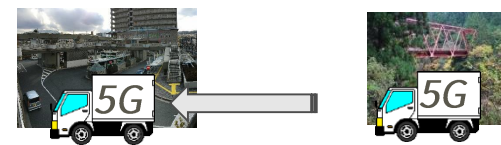


- 施設のPR映像提供
- 周辺情報(駐車場/渋滞情報)提供
- 交通管理へ利用

### インフラの点検業務



- 橋梁のような大型施設の点検効率化
- 定期点検が1回/年～1回/5年程度の施設あり



点検終了後、次の現場に基地局を移動

### 農業関係業務



- 病害虫/鳥獣被害状況確認など

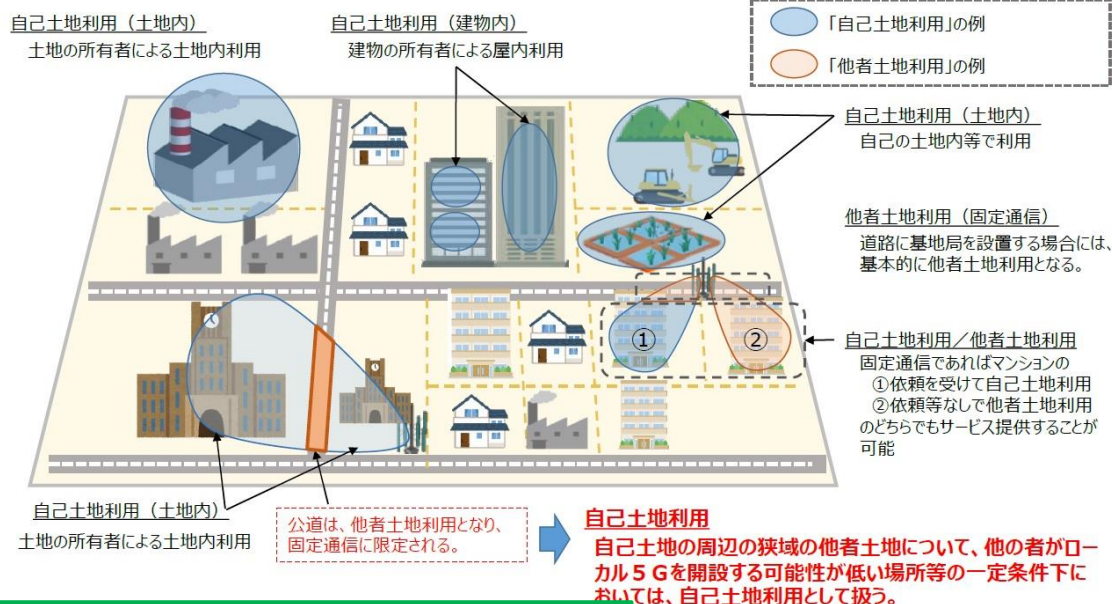
# (1) 自己土地利用と他者土地利用

- ローカル5Gは一定条件の下で利用が認められている。
  - 使用場所に制限が設けられおり、他者土地における移動運用が認められていない。

## 2-3. ローカル5Gの利用イメージ

7

■ ローカル5Gの柔軟な利用を可能とするため、免許主体の範囲の考え方について、一定条件の下においては他者土地利用を自己土地利用として扱う。



	利用土地区分			
	屋内利用	屋外利用	他者土地	他者土地
		自己土地 内利用	固定利用	移動利用
防災	○	○	○	●
災害対応	○	○	○	●
観光(映像提供)	○	○	○	●
観光(交通管理)		○	○	●
インフラ監視		○	○	●
点検業務		○	○	●
農業関係業務		○	○	●

※○:現行制度で運用可能/●:現行制度で運用できないもの

業務の一部に、公道などの他者土地で利用が想定される自治体業務が多い

公道上のドローンと通信が認められていない

※総務省 情報通信審議会 新世代モバイル通信システム委員会

「情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告概要」より抜粋

## (2) 屋外利用の制限がある地域

- 4.7GHz帯のローカル5Gには屋外利用に制限がある地域が存在する。

### 3) 4.7GHz 帯における周波数使用の考え方

4.7GHz 帯において公共業務用無線局との共用を図るため、以下のとおり周波数毎に使用条件が定められている。ローカル5Gの使用周波数帯に応じて、公共業務用無線局との間で混信その他の妨害を与えるおそれがある地域については設置制限や無線局の諸元に制限が設けられていることから、周波数使用に際しては、留意が必要である。

#### ① 4.6～4.8GHz の周波数帯を使用する場合

屋内での設置のみ可能である。その場合であっても、基地局の等価等方輻射電力が-20dBm/MHz 以下であって、別紙1の地域に設置されていないこと。

(中略)

#### ② 4.8～4.9GHz の周波数帯を使用する場合

屋内及び屋外での設置が可能である。その場合であっても、基地局の等価等方輻射電力が48dBm/MHz 以下であって、以下(ア)～(イ)の使用条件を満たす必要がある。

(ア) マクロセル基地局<sup>1</sup>を設置する場合は、別紙2の地域に設置されていないこと。

(イ) スモールセル基地局<sup>2</sup>を設置する場合（屋内に設置するものであって、等価等方輻射電力が-20dBm/MHz 以下の場合を除く。）は、別紙3の地域に設置する場合は4.6～4.8GHz における不要発射の値が-16dBm/MHz 以下となっていること。

(後略)

<sup>1</sup>等価等方輻射電力が25dBm/MHz を超え48dBm/MHz 以下の無線局

<sup>2</sup>等価等方輻射電力が25dBm/MHz 以下の無線局

※総務省「ローカル5G導入に関するガイドライン」令和2年版より抜粋

	利用土地区分			
	屋内利用	屋外利用 自己土地 内利用	他者土地 固定利用	他者土地 移動利用
防災	○	○	○	●
災害対応	○	○	○	●
観光(映像提供)	○	○	○	
観光(交通管理)		○	○	●
インフラ監視		○	○	●
点検業務		○	○	●
農業関係業務		○	○	●

屋外利用が想定される自治体業務が多い

- 28GHz帯のローカル5Gには地域制限が存在しない。

- 一方で、1つの基地局で通信できるエリア範囲が4.7GHz帯よりも狭い。また、機器のコストが増加する傾向にある。



## (2) 屋外利用の制限がある地域(続き)

### ・屋外利用時の制限がある地域(抜粋)

別紙2 4.8～4.9GHzの周波数帯において、マクロセル基地局を設置することが出来ない地域

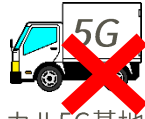
都道府県	市町村
北海道	函館市、釧路市、北見市、網走市、稚内市、紋別市、根室市、北斗市、奥尻郡奥尻町、茅部郡森町、亀田郡七飯町、久遠郡せたな町、厚岸郡浜中町、・・・
青森県	青森市、むつ市、下北郡佐井村、下北郡東通村、下北郡風間浦村、上北郡横浜町、上北郡東北町、・・・
：	：
沖縄県	那覇市、宜野湾市、石垣市、浦添市、名護市、糸満市、沖縄市、豊見城市、うるま市、・・・

別紙3 4.8～4.9GHzの周波数帯において、スモールセル基地局を設置する場合に不要発射の強度の値に制限が設けられている地域

都道府県	市町村
北海道	北見市、網走市、稚内市、紋別市、根室市、北斗市、奥尻郡奥尻町、枝幸郡枝幸町、枝幸郡中頓別町、・・・
青森県	むつ市、下北郡佐井村、西津軽郡深浦町
：	：
沖縄県	那覇市、石垣市、名護市、糸満市、沖縄市、豊見城市、うるま市、宮古島市、南城市、国頭郡恩納村・・・

### (3) 基地局の移動の必要性

- 自治体業務の中には、年間の利用期間が数日から数週間にとどまるものが含まれる。
  - 一つの基地局装置を移動させて複数の施設で運用する事が望まれる業務がある。
- 一方で、ローカル5G基地局の移動運用は認められていない。



ローカル5G基地局(移動局)

- 基地局の設置場所などの免許条件を変更する場合、あらかじめ総務大臣の許可を得る必要がある。
- ローカル5Gでは、自己土地利用の場合に届出のみで設置場所を変更できる場合が規定されている。公道などの他者土地利用の場合は通常の変更手続きが必要となる。
- 非常災害時には無線局の開設、無線設備の設置場所等の変更の許認可を速やかに行うための「臨機の措置」が規定されている。

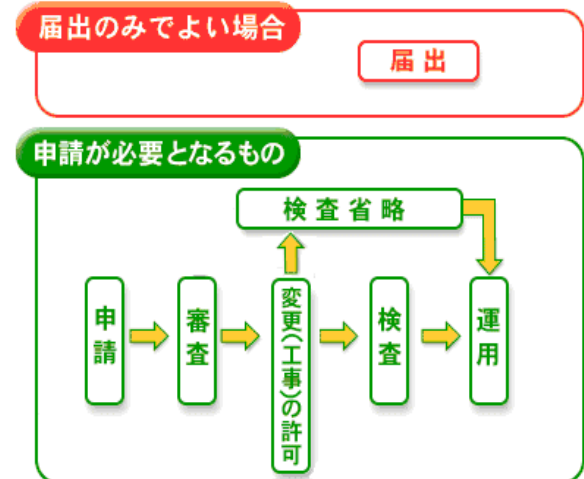
#### 変更申請手続き

- 無線設備の設置場所等を変更する場合や、無線設備の変更の工事をしようとするときは、無線局の変更申請が必要です。
- 技術基準適合証明を受けた無線設備に取り替えた場合など、変更の内容が軽微なものは、届出による変更が可能です。
- ローカル5Gの利用において、屋内に設置された空中線の位置、高さ又は指向方向を変更する場合であって、他者土地における電波の強度が増加しない場合については、空中線の工事設計に係る変更申請を届出とすることが可能です。なお、その場合に給電線の全部又は一部分について同様の考え方によって変更することが可能です。

※5GMF ローカル5G免許申請支援マニュアル2.0版より抜粋

	設備利用期間	
	常設利用	臨時利用
防災	○	○
災害対応		○
観光(映像提供)	○	
観光(交通管理)	○	
インフラ監視	○	○
点検業務		○
農業関係業務	○	○

臨時利用が望まれる治体業務が多い



※総務省ウェブサイトより

## (参考) 無線局の開設、変更等に関する臨機の措置

- 「臨機の措置」は、非常災害時において重要通信の疎通の確保を図るため、無線局の開設、周波数等の指定変更及び無線設備の設置場所等の変更の許認可を、口頭等の迅速な方法により行う特例措置。

### 1 臨機の措置の対象

次の各号に該当する場合は、臨機の措置を行うことができます。

(1) 震災、火災、風水害、暴動その他非常の事態が発生し、又は発生するおそれがある場合（当該非常災害による被害の復旧のための措置を実施する必要がある場合は、その措置が終了するまでの期間を含む。）において、当該期間中に限り使用するものであるとき。

(2) 通信の内容が次の一に該当するものであるとき。

ア 非常通信（新聞社、通信社、放送事業者等の報道機関が非常災害時において有線通信を利用できないか又はこれを利用することが著しく困難な場合に発する非常事態の収拾、人命の救助、災害の救援、交通通信の確保、人心の安定又は秩序の維持等に有効な新聞ニュース又は放送ニュースの通信を含む。）

イ 電波法施行規則第37条第26号から第30号まで若しくは第32号に規定する通信

ウ 非常通信に準ずる重要通信（電気通信業務用及び防災関係機関（災害対策基本法第2条に規定する指定行政機関、指定地方行政機関及び指定公共機関、指定地方公共機関並びに地方公共団体をいう。）の防災関係業務用の通信を含む。）

### 2 臨機の措置を行うことができる範囲

臨機の措置を行うことができる範囲は、すべての無線局について、次に掲げる事項です。

(1) 予備免許及び免許の付与

(2) 無線設備の変更の工事の許可

(3) 無線設備の設置場所（移動するものにあつては、移動範囲）の変更の許可

（中略）

### 3 臨機の措置の手続き

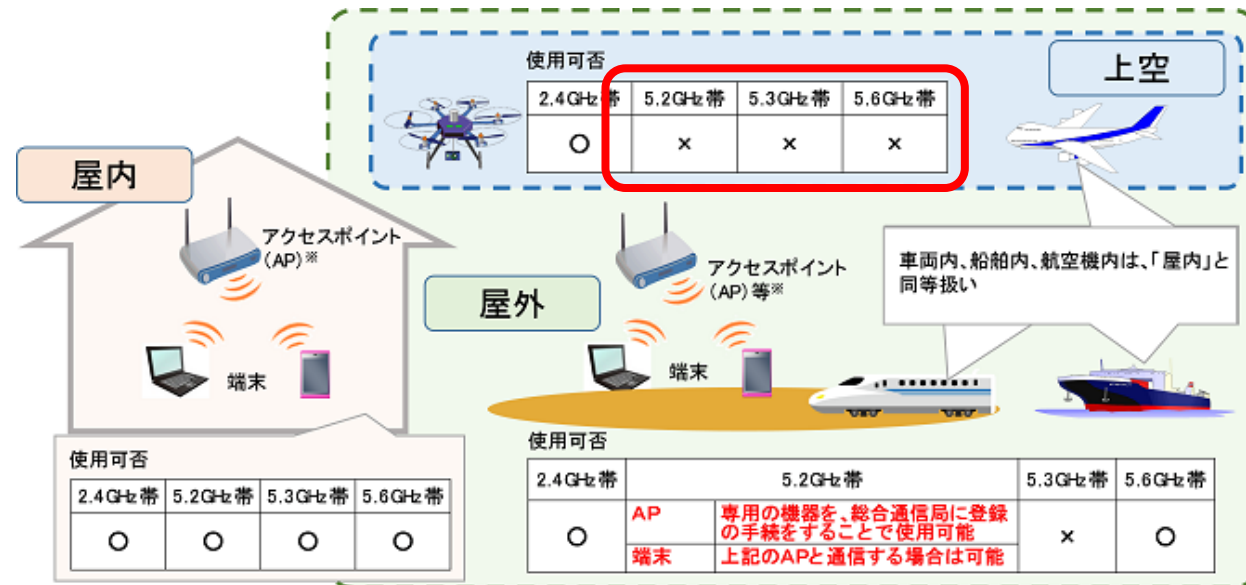
臨機の措置の手続きは、次のとおりです。

(1) 申請は、申請者がまず口頭又は電話等迅速な方法で行い、所定の申請書等は後刻可及的速やかに提出することが必要です。

(2) 処分は、口頭又は電話等迅速な方法で行い、所定の処分通知書の交付は所定の申請書等の提出を待って遡及処理されます。

# (参考) 無線LANの屋外利用について

- 設置が容易な無線通信システムの一つに、無線LANがある。
- 無線LANには屋外で使用できる周波数がある。
  - 2.4GHz帯、5.2GHz帯(登録局のみ)、5.6GHz帯
- 5GHz帯を使用する無線LANは8K映像のような広帯域情報を扱えるが、上空で使用する事が出来ない。
  - 2.4GHz帯を使用する無線LANは、使用できる信号帯域、利用者過多による電波の混雑により、8K映像のような広帯域情報の通信に向かない。
  - 5GHz帯を使用する無線LANも、過密地域では十分な通信速度を期待できない場合がある。



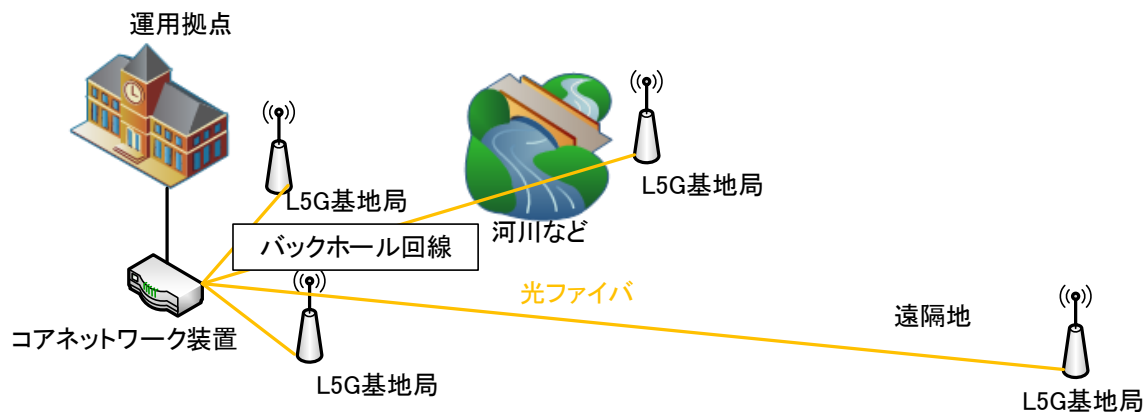
※図は総務省ウェブサイトより抜粋

## (4) 運用拠点と基地局装置の設置場所

### • バックホール回線について

- 現在のローカル5G基地局は、運用拠点到設置されるコアネットワーク装置と、基地局装置の間を光ファイバで結んで運用されている。
  - このコアネットワーク装置と基地局間を結ぶ回線をバックホール回線と呼ぶ。
- 運用拠点と基地局装置の設置場所が異なる敷地の場合、光ファイバの敷設が課題となる場合がある。
  - 地理的要因による敷設・維持コストが増加する。

	基地局設置場所	
	運用拠点直近	運用拠点から離れた場所
防災	○	○
災害対応	○	○
観光(映像提供)	○	○
観光(交通管理)	○	○
インフラ監視	○	○
点検業務	○	○
農業関係業務	○	○

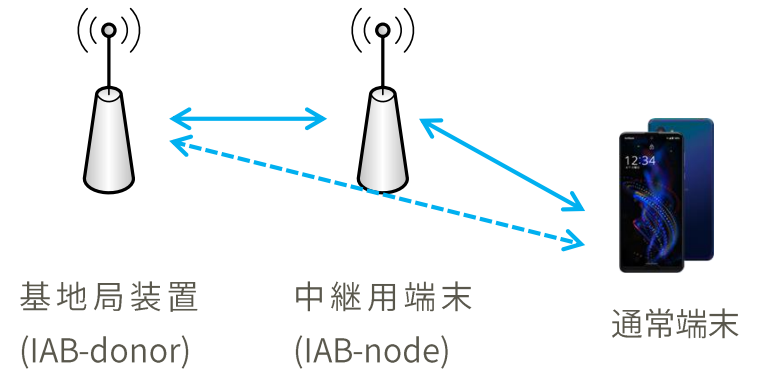


ローカル5Gネットワーク全体のイメージ

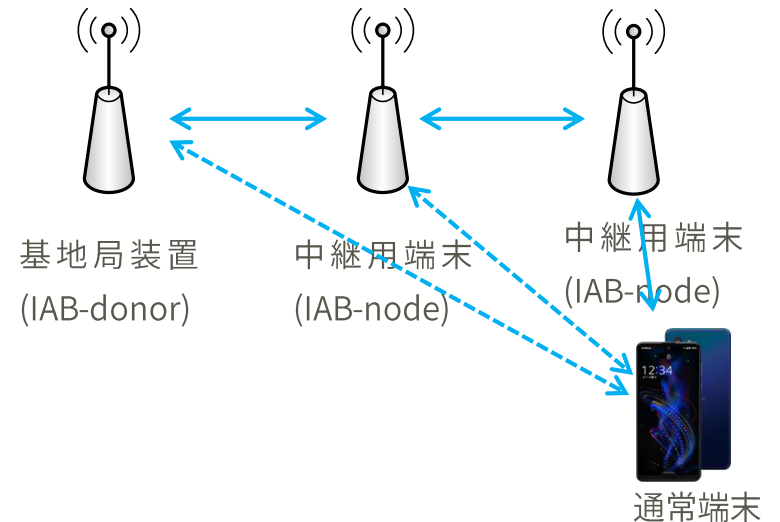
- 上記観点より、バックホール回線の無線化が求められている。
  - 3GPP Release-16で、IAB (Integrated Access and Backhaul)機能が仕様化された。(※未実装:2021/3時点)

# IAB(Integrated Access and Backhaul)

- 3GPPにおいて、5G規格のRelease-16でIABと称される中継機能が仕様化され、バックホール回線の無線化ができるようになった。
- IABはRelease-16で仕様化された機能で、基地局装置と中継機能を持つ特別な端末装置間で特別な中継を行う機能である。(3GPP TS38.300 § 4.7, TS 38.401 § 6.1.3)
  - 大元の基地局装置をIAB-donor、中継用の端末装置をIAB-nodeと呼ぶ
  - 中継用の周波数は、通常の端末装置が使用する周波数を使用しても良く、異なる周波数を使用しても良い
  - 通常の端末装置はIAB-donor、IAB-nodeをどちらにも接続可能
  - シングルホップ(一段中継)、マルチホップ(多段中継)どちらにも対応



(a) IAB (シングルホップ)

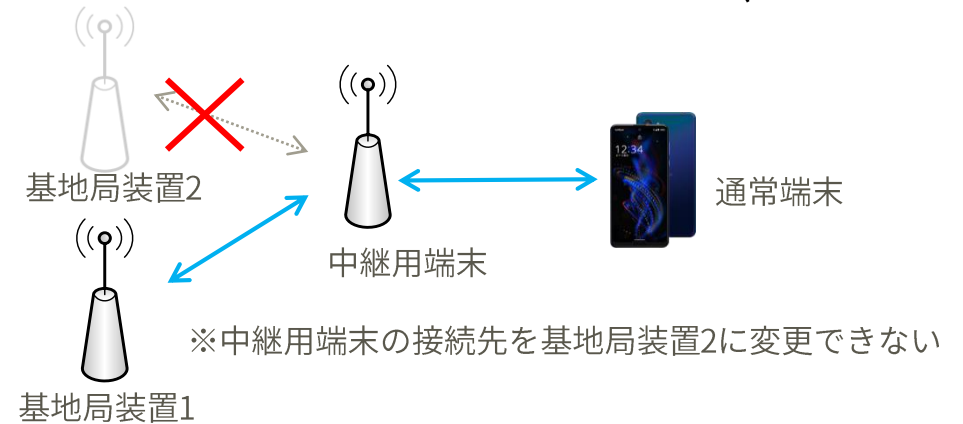


(b) IAB (マルチホップ)

# IABの更なる改善検討

- 3GPPではIABのさらなる改善のため、いくつかの課題が抽出されている。
- 現在のIABの仕様では、IAB-nodeは1つのIAB-donorのみをサポートすることとなっている。(TS38.300 § 4.7)

- 中継用端末の接続先を変更できないことを意味する。
- 中継用端末の移動が制限される可能性がある。



- 現在は中継路の形状(トポロジ)はツリー状のみサポートされている。(3GPP RP-19118)
- 網状の複数経路(メッシュ)を用意し、迂回中継することができないことを意味する。
- 現在の仕様では一部の中継用端末に通信が集中し、ネットワークの性能が低下する可能性がある。



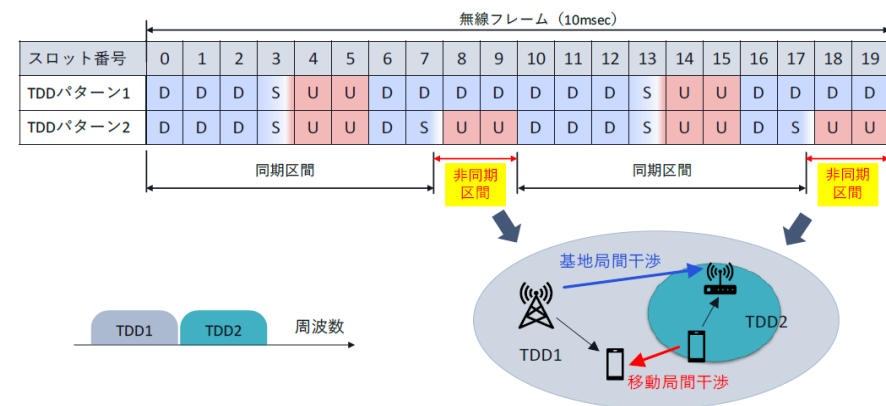
- これらの課題についてはRelease-17以降の仕様化で議論される予定。(3GPP RP-19118 , RP-190971)

## (5) アップリンク通信

- 自治体利用のユースケースではアップリンクで8K映像のような広帯域の信号の伝送が想定される。
- 全国5G事業者は無線フレームの開始タイミング、ダウンリンク・アップリンク切り替えタイミングを同期させた同期運用をしている。
- ローカル5G事業者が、全国5G事業者と無線フレームの開始タイミング、ダウンリンク・アップリンクの切り替えタイミングが異なる運用を行うと、事業者間で基地局間干渉が発生する可能性がある。
- 新世代モバイル通信システム委員会で、ローカル5Gと全国5Gの間の干渉を低減するために、無線フレームの開始タイミングを同期し、ダウンリンク・アップリンクの切り替えタイミングを一部変更する準同期運用が検討された。
- 準同期用のダウンリンク・アップリンクの切り替えタイミングとして全国5G事業者が使用しているTDDパターン1のアップリンクスロットの割り当てを倍にした準同期用TDDパターン2を用いて検討が行われ、結果この2つが総務省告示に示されている。
- 8K映像をアップリンクで使用する場合、このTDDパターン2のアップリンクスロットの割り当てでは足りない可能性があり、更なるアップリンクスロットの割り当てが可能となるTDDパターンの検討、並びに非同期運用を視野に入れた基地局間の干渉低減技術の検討が望まれる。
  - 3GPP仕様のSON機能の拡張など

アップリンク	
	<b>8Kアップリンク利用</b>
防災	<input type="radio"/>
災害対応	<input type="radio"/>
観光(映像提供)	<input type="radio"/>
観光(交通管理)	<input type="radio"/>
インフラ監視	<input type="radio"/>
点検業務	<input type="radio"/>
農業関係業務	<input type="radio"/>

8K映像のアップリンク利用が有効と確認された  
自治体業務が多い



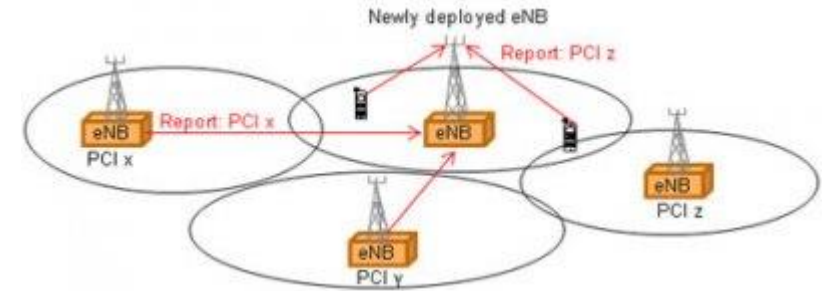
### 4. 7 GHz帯における準同期TDD

※総務省 情報通信審議会 新世代モバイル通信システム委員会  
「情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム  
委員会報告書」より抜粋



# SON (Self-Organizing Network)

- 3GPPではSONと呼ばれる複数の基地局の設定を自動化する機能を仕様化している。
- Rel-17に向けて以下のような拡張が検討されおり(RP-193255)、基地局のカバレッジ調節機能であるCCO (Centralized Coverage and Capacity Optimization)機能を含めて検討が続けられている
  - 検討中の項目(抜粋)
    - SON (Self-Organizing Network) / MDT (Minimization of Drive Tests)のためのNR(5G無線)のデータ収集機能拡張の目的として、CCO機能などを含むSON機能のためのデータ収集のサポート
- 今後、全国5Gとローカル5Gの間でCCO機能を含むSON機能が使えるようになれば、基地局の設置条件が変更された場合の干渉調整に使用できる可能性がある。



SON機能の一例(基地局追加時の自動設定)

※3GPPウェブサイトより

# 電波利用上の課題のまとめ

---

以上をまとめると、ローカル5Gの自治体利用については以下のような課題があげられる。

## 1. 運用面の課題

- 点検業務など、基地局の年間利用時間が著しく少ないユースケースが存在する（次項の制度上の課題における「基地局装置の移動運用」が可能となれば解消される可能性がある）
- バックホールの無線化
- アップリンク帯域の増加
  - 干渉低減技術の導入

## 2. 制度上の課題

- 他者土地における端末装置の移動運用
  - 基地局装置の移動運用
- ローカル5Gを自治体の各種業務に適用することにより業務の効率化・高度化等を図り、自治体におけるDXの推進に寄与していくため、以上で示したような課題について、引き続き検討していくことが期待される。

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

# 実証試験の整理 ①8Kカメラ搭載ドローンからのローカル5Gによる映像伝送実験

- シャープ広島事業所内を試験環境として、ローカル5Gを用いたドローンからの8K映像のライブ伝送試験を実施・成功



ドローンから受信した8K映像

1. 準備



2. ドローン上昇



3. 測定中



## ● 試験結果

- ・ アプリレイヤのスループットとして最大106Mbpsを達成(水平距離40m高度40m)
- ・ 水平距離30m、高度30mからの80Mbps 8K映像伝送成功 (直線距離約42m)

## ● 技術面および運用面における改善の期待

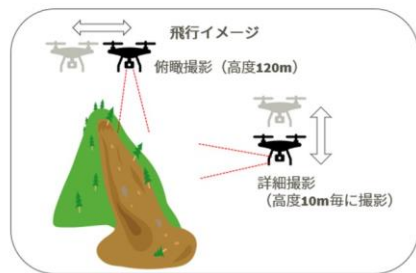
- 上りリンクスループットおよび伝送距離の更なる改善
  - ✓ 本試験結果では8K映像ストリーム×1チャンネルの伝送を高度30mで実現可能
  
- 飛行中ドローンの向き(すなわちアンテナ向き)へのロバスト性の獲得(柔軟なドローン飛行ルート実現への期待)
  - ✓ 本試験結果では基地局アンテナに対して±90°までの回転であれば、映像伝送が実現可能

# 実証試験の整理 ② 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

- 天理市・王寺町・天河村を中心に対象地区・対象として、庁外業務で利用シーンを想定し、実際にドローンから撮影した8K映像と2K(又は4K)映像の比較評価を実施
- 8Kの活用により、解析に必要な取得データ(撮影)数の削減、測量制度の改善により、各種業務における作業効率向上が見込める可能性を示した

## 災害現場の発見と状況把握

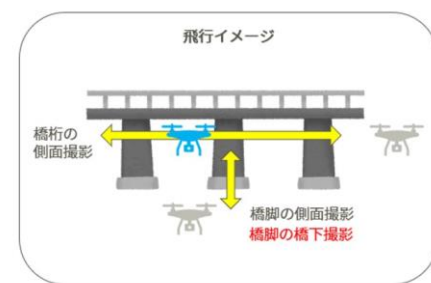
【実施内容】①土砂災害現場：坪内林道  
 想定：土砂などの災害現場を発見、  
 さらに詳細な災害状況を撮影データとして取得する



## インフラ設備の破損状況の発見と検出

【実施内容】

1. 赤外線 撮影点検：目視では確認できないひび割れや破損状況の効率的な発見と検出
2. 可視 撮影点検：低解像度の赤外線では確認できない微細なひび割れや破損状況の発見と検出



2021/1/19



## 公共測量への応用に関するフィージビリティ確認

【実施内容】

- ・ 測量範囲は、130m x 130m、基準点として対空標識を9か所(標定点GCP5、検証点CP4)に設置
- ・ 操縦はオートパイロットで撮影時にホバーリング（停止）せず、移動しながら2秒間隔で撮影
- ・ 各撮影写真のオーバーラップ率(90%,60%)を換算し、飛行速度、飛行ルートを自動的に設定



測量範囲：130m x 130m  
 対空標識：9点  
 （設置誤差約2cm）  
 撮影間隔：2秒  
 オーバーラップ率：  
 縦率90%、横率60%

対空標識  
 （標定点と検証点）

縦率  
 隣接する写真をオーバーラップ（重複）させて測量のための視差画像を作る。オーバーラップ率を高くすることで、精度が増すが、写真枚数が増えて撮影時間が長くなる

飛行ルート  
 横率

## 実証試験の整理 ② 8K映像と2K（又は4K）映像の比較実験

### ● 試験結果(2K/4K映像に対する8K映像の優位性)

- ・ 効率性：必要となる撮影時間(枚数)は広角撮影が可能な8Kは優位。一方で、シーン毎の解析時間については、8K映像は4Kに対して2倍を要するが、同じ精度を得ようとする、現時点でもトータルの所要時間としては8Kが優位
- ・ 安全性：8K映像は高度70mからの測定が可能であり、障害物との距離を確保可能
- ・ 確実性：8Kでは高度70mからでも目標の位置精度を達成可能

### ● 技術面および運用面における改善の期待

- 自治体業務に適した8Kカメラの導入
  - ✓ 本試験で用いた機材ではシャッターコントロール等のカメラパラメータの自動設定および遠隔設定が出来ない
- ドローン飛行に対するロバスト性の獲得
  - ✓ 本試験では最長18分の飛行時間が確保されている状況であり、遠方飛行や繰り返し飛行への対応が困難
  - ✓ 本試験で用いた機材は雨天の飛行は想定されておらず、被災時のリアルタイム飛行が困難

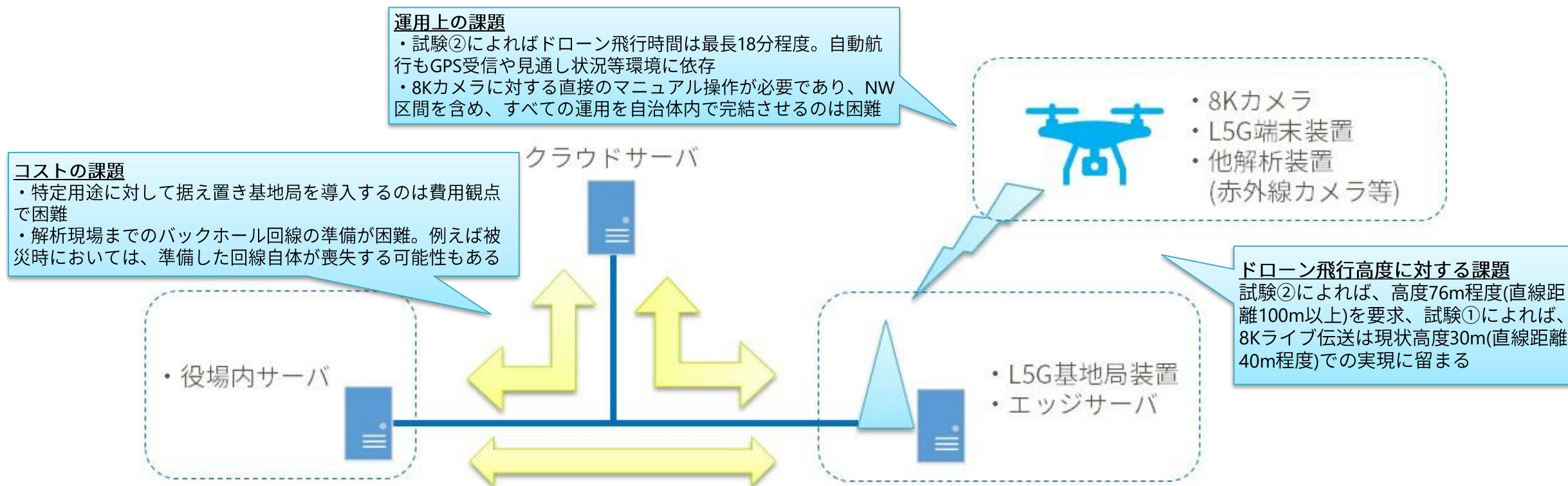
## 2.3.1 業務効率化

- 実証試験から得られたドローン+8K映像活用による改善度合いの見積もり
  - 8Kでは、調査・解析に必要なデータ取得(撮影)時間を6割程度に削減可能
    - ✓ 8Kによれば、高度70mからの撮影でも解析に資するデータが取得可能
  - ドローンによるデータ取得(撮影)が可能となれば、現地に直接ヒトが赴く場合と比較して、条件によっては9割程度の所要時間の短縮が期待できる(第2回調査研究会より)
  - シーン毎の解析時間は当然ながら高解像度(高データ量)の8Kは2K/4Kに劣る。しかし、トータルの所要時間としては、現時点においても8Kに優位性がある。
- 実証試験および調査研究会の議論から見えてきた課題
  - 高度70m以上からの8K映像ライブ伝送が困難
    - ✓ 80Mbps 8K映像のライブ伝送は現状、水平距離30m、高度30mからに留まる
  - 自治体業務に適した8Kカメラの導入
    - ✓ 本試験で用いた機材ではシャッターコントロール等のカメラパラメータの自動設定および遠隔設定が出来ない
  - ドローン飛行に対するロバスト性の獲得
    - ✓ 本試験では最長18分の飛行時間が確保されている状況であり、遠方飛行や繰り返し飛行への対応が困難
    - ✓ 本試験で用いた機材は雨天の飛行は想定されておらず、被災時のリアルタイム飛行が困難



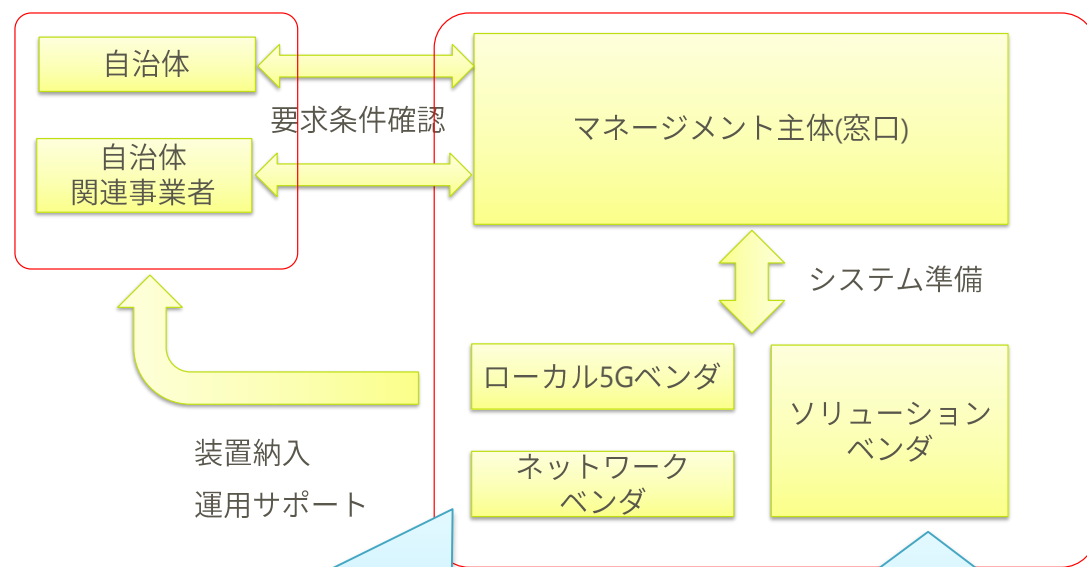
## 2.3.2 業務高度化

- ローカル5Gを活用した8K映像のドローンからのライブストリーミング伝送によって、現地もしくは遠隔地でのリアルタイム映像(画像)解析の実現が可能
  - 他業務と並行してクラウド上での解析処理が可能であり、業務効率の改善が期待できる
  - 実証試験や調査研究会の議論を通じ、フルスペックのシステム導入は現状ハードルが高いことが分かってきたことから、現状の課題を見据えながら、早期導入を実現する考え方について、2.4節内で整理



# 業務標準化に関するまとめ

- ローカル5G、8K映像及びドローンは、業務精度が依存する場面が少ない  
→ 一部の運用で民間企業と連携を想定して、業務標準化を進める必要がある



新しい技術・ソリューションの導入に当たっては、単に運用方法が確立できれば良いわけではなく、実際に業務に従事する分野の関係者の中で、標準的・一般的な技術として認知される必要がある。

ソリューションの有用性を実証する一方で、例えば、国土交通省が管理する新技術情報提供システム（NETIS）のような省庁が管理する技術管理データベースへの登録といった活動も必要

## ローカル5G運用

ローカル5Gの免許申請時点から、実際に装置を納入する装置ベンダ(もしくはネットワークベンダ)と連携して進めることが、通信エリア構築や周辺の他の5Gシステム等との干渉調整を円滑に進めるためにも有効

## ローンおよび8K撮影と映像解析システム運用

自治体が実際に所望するユースケース、そしてそのユースケースに要求する精度に基づいて、自治体自身が運用可能な範囲と、民間委託せざるを得ない範囲を切り分ける必要がある。

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに

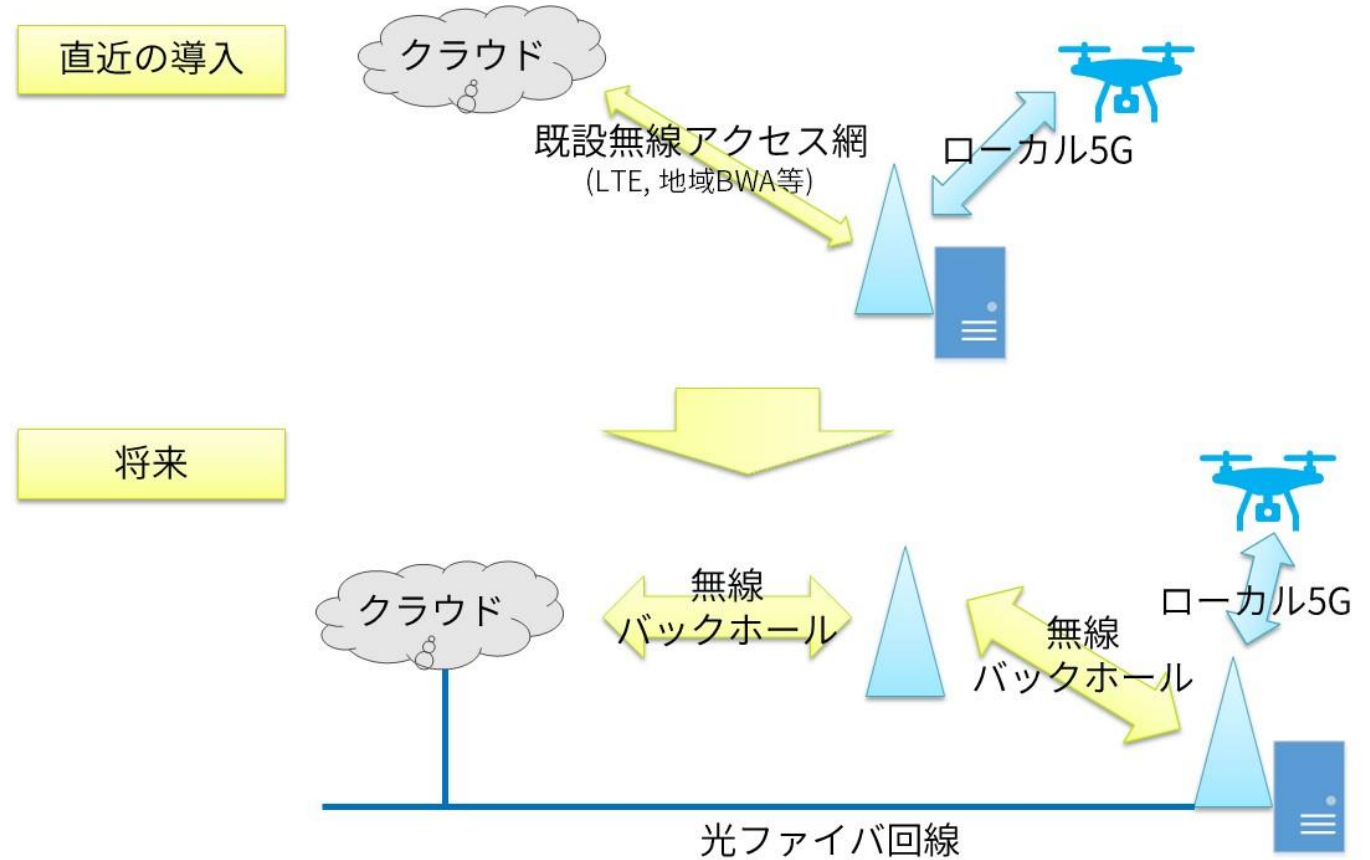
# ローカル5G+8K+ドローン 早期導入に向けて① コスト削減について

- コスト増大の要因の1つ→有線バックホールに係るコスト

- ローカル5Gで伝送された8K映像データの全てを伝送しなくても成立するユースケースもあることに着目

- 例えば、検出対象物近傍の映像データだけで解析可能なユースケース

- 基地局近傍でのローカル5G基地局装置近傍に設置したエッジサーバにおいて、8K映像に対して前処理を行い、解析に必要なデータのみ伝送することを考えれば、既存の無線アクセス技術を見かけ上のバックホールとして活用することが可能



# ローカル5G+8K+ドローン 早期導入に向けて② 飛行高度について

- 高品質な8K映像を常に伝送するのは困難→ドローン飛行高度に限界を与えている。
- 比較的低レートでの8K映像伝送で実現可能なユースケースによれば、要求ビットレートは10~20Mbpsでも十分となり、現在の5Gでも十分な飛行高度が確保可能

## 直近の導入

~70m



Low fps(e.g., 12fps)でも有効なユースケースから導入  
→要求ビットレートが低ければ、70mから通信可能  
具体例  
・ 静止画による現場調査、低速飛行での撮影、etc

~10m



低高度データ取得でも有効なユースケースから導入  
→要求高度が低ければ、高レート8K映像伝送が可能  
具体例  
・ 斜め遠方からの撮影(ソーラーパネル調査等)

## 将来(技術向上)

・ 上りリンクスループットの改善が実現できれば、高スペックの8K映像伝送が70m伝送が可能  
→30~60fps動画の活用

・ 複数8Kチャンネル伝送が実現できれば、空中からの多視点撮影も可能  
→広角かつ死角のない同時データ取得が可能

# ローカル5G+8K+ドローン 実際業務への導入に向けて

## ● 利用シーンの多様化・広域化

- 現時点では屋外ローカル5G NW装置の構築には高額費用が必要であり、経済性を考えると単一目的での導入は困難
  - ✓ 防災、減災、測量、インフラ点検、観光応用、見回り等、複数業務のコストダウンに資する必要がある。
- ローカル5G基地局が対象とするエリアが広がれば、費用対効果が上がる可能性がある
  - ✓ 例えば、発育検査等の農業応用の観点では、1基地局辺りが対象とする農地(対象エリア)に比例して、費用対効果が上がる。広角映像によるデータ取得を強みとする8K映像利用が生きる可能性がある

## ● システム運用における民間企業との連携

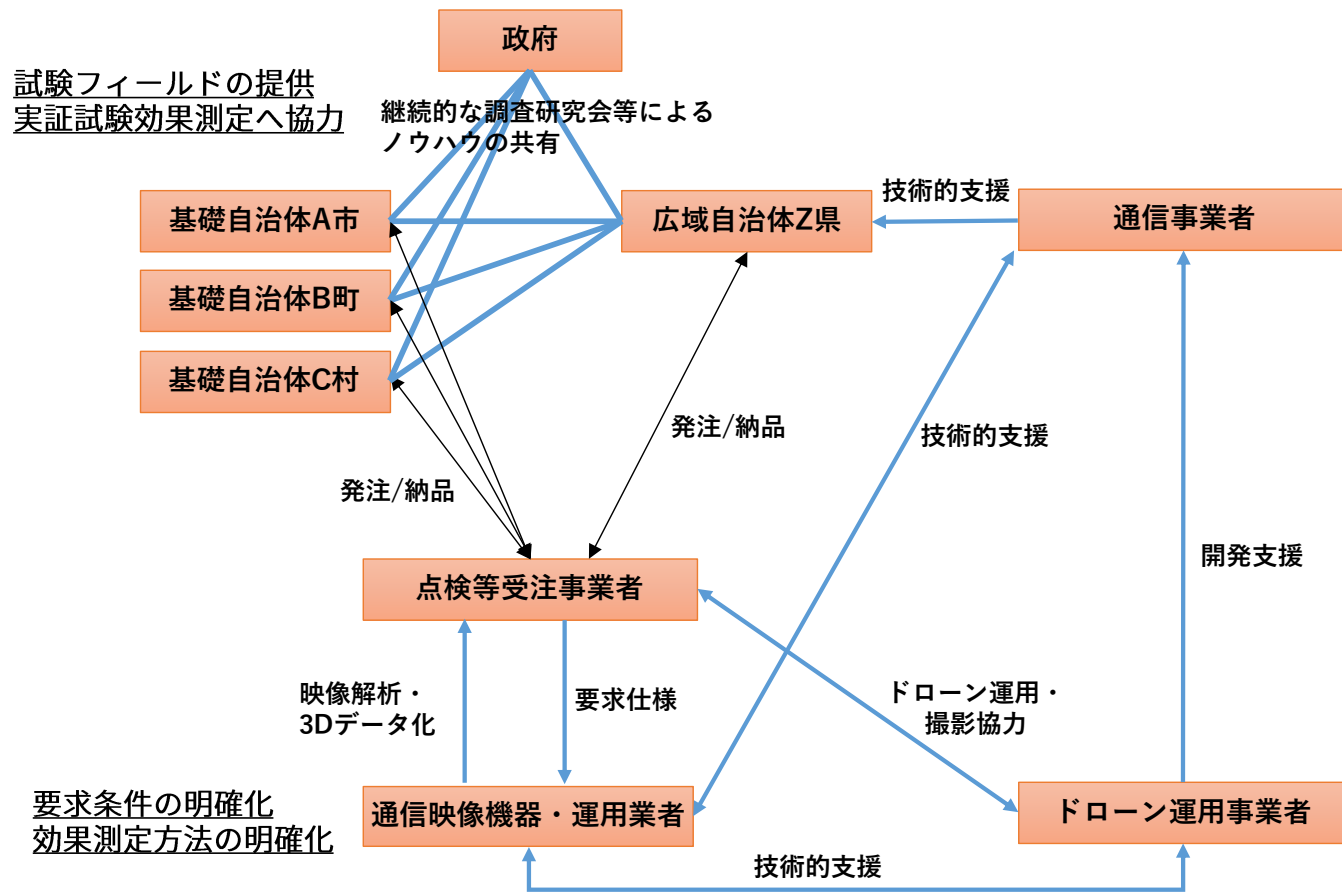
- 5G NW装置の運用を含め、すべての業務を自治体内で完結させるのは困難であり、ローカル5Gの運用に意欲的な民間企業との連携が必要
  - ✓ 例えば、一部業務を委託することが考えられる

## ● 技術のアップデートおよび制度アップデートに資する実証試験の継続実施

- 5G NW/8Kドローン/映像(画像)解析それぞれに関する技術アップデートが必要。併せてシステムとして実際に動作させるとともに、新たな課題の洗い出しと解決が必要
- 利用シーンの多様化に繋がる実証試験の継続実施が必要
  - ✓ 例えば、移動基地局やローカル5G無線中継の導入は、利用シーンの多様化やコスト削減(装置共用の可能性)に資する可能性がある。

# ローカル5G+8K+ドローン 実証試験の進め方

- 一例：ローカル5G+8K+ドローンによるインフラ点検業務に関する実証試験
  - 実運用段階における実際の運用関係者が当初から参画することが望ましい



参画コンソーシアム全体で検討すること

実証したソリューションの横展開（周辺自治体や民間団体等）や垂直展開（他ユースケースへの応用等）

特に事業者が検討すること

試験実施主体の持続可能な連携・サポート体制の構築



常に実証試験完了後の将来のビジョンを関係者で共有しながら実証試験を進め、試験実施だけに終わらず、実証試験結果が様々な応用・活用される取り組みが必要

当該ソリューションの直接のユーザとなる点検等受注事業者および自治体関係者に対して、試験結果を報告するとともに、評価対象やオペレーション内容に関するフィードバックを受けながら、実証試験を実施

# 目次

---

## I. はじめに

## II. 調査研究の概要

## III. 調査研究内容

### 第1章 自治体各種業務の現状と課題、ローカル5G等による課題解決の有効性の調査

#### 1.1 自治体各種業務の現状と課題

#### 1.2 ローカル5G等による課題解決の有効性

### 第2章 ローカル5G、8K映像伝送利用に関する現状と課題の調査

#### 2.1 実証実験の実施

#### 2.2 自治体によるローカル5Gの電波利用上の課題

#### 2.3 ローカル5G等による8K映像伝送の活用の課題等の調査

#### 2.4 今後の自治体業務へのローカル5Gの普及に向けて

## IV. おわりに



## おわりに

---

- ローカル5Gの自治体業務への活用の有効性について、8K等の超高精細映像の利用を軸として、防災、災害時対応、インフラ設備の点検、観光、農業等をユースケースに挙げて調査検討を実施した。
- その結果、特にドローンから撮影した8K等の超高精細映像をローカル5Gの高速・大容量通信を用いて伝送することによって、必要人員や作業時間の大幅な削減、作業安全性の向上、点検精度の向上等が期待できることがわかり、ローカル5G活用の大きな可能性を明らかにできた。
- また、現在の技術や制度においてもすぐに実現可能なソリューションを提示した。これを用いて実際の業務現場における実証を繰り返しながら実績の積み上げと技術向上を図ることが重要である。
- 一方で、ローカル5Gの導入による効果を自治体業務で最大限に活用するためには、現状では技術面、運用面、コスト面及び制度面で多くの課題があることもわかった。これらの課題は、実際の自治体業務での活用ケースに密着した実証を積み重ねていくことで、1つ1つ解決していく必要がある。
- 現在の技術や制度において実現可能なソリューションを用いて、実際の業務現場での実証を繰り返しながら、実績の積み上げと技術向上を図ることが重要であり、合わせて現状の様々な課題が克服することにより、近い将来、ローカル5G+超高精細映像の活用によって様々な自治体業務の効率化・高度化が実現され、自治体のDX推進のエンジンとなることを期待したい。

# 【別添1】 調査研究会

## 調査研究会名簿

- 構成員

座長	岩井 誠人	同志社大学 理工学部 教授
副座長	油谷 暁	奈良先端科学技術大学院大学 総合情報基盤センター 助教
	岡林 功	天理市役所 建設部 部長
	源 英享	王寺町役場 総務部 総務課 課長
	山本 孝行	天川村役場 総務課 課長
	手塚 明宏	公益社団法人奈良県測量設計業協会 会長
	若林 秀樹	西日本電信電話株式会社 関西事業本部 ビジネス営業部 公共営業部門 公共営業本部長
	松村 基正	西日本電信電話株式会社 関西事業本部 ビジネス営業部 公共営業部門 公共SI担当部長
	佐々木 康之	株式会社ミラテクドローン 代表取締役社長

- オブザーバー

	総務省 近畿総合通信局
	小西 國雄 奈良県庁 総務部 ICT推進課 課長補佐
	宇都宮 真一郎 奈良県庁 総務部 ICT推進課 主事

(以上、順不同、敬称略)

- 事務局 (シャープ株式会社)