



建設ICTマスター養成講座  
応用編 個別演習(選択)



# UAV + VR活用による 測量・計測・維持管理

2020.12.10

株式会社 フォーラムエイト



# 体験会場ご案内

午後のUAV屋外体験は以下の場所になります。

## 日時

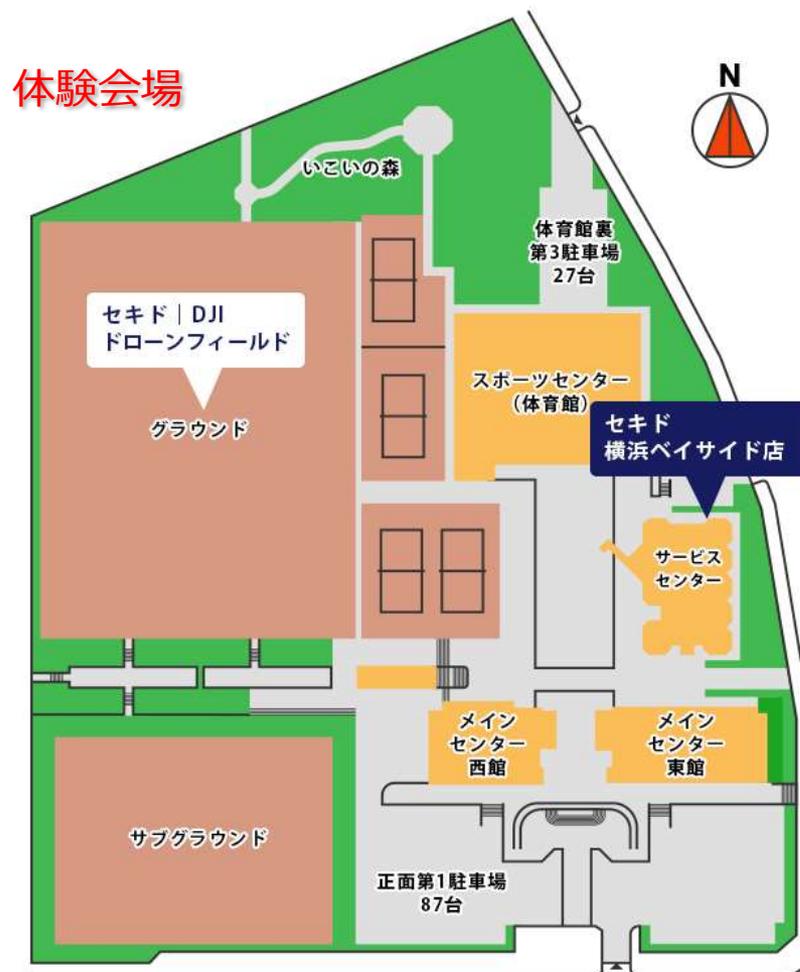
2020年12月10日 13:50集合

## 場所

SEKIDO DJI  
ドローンフィールド

## 解散場所

・ JR横浜駅 — 品川駅





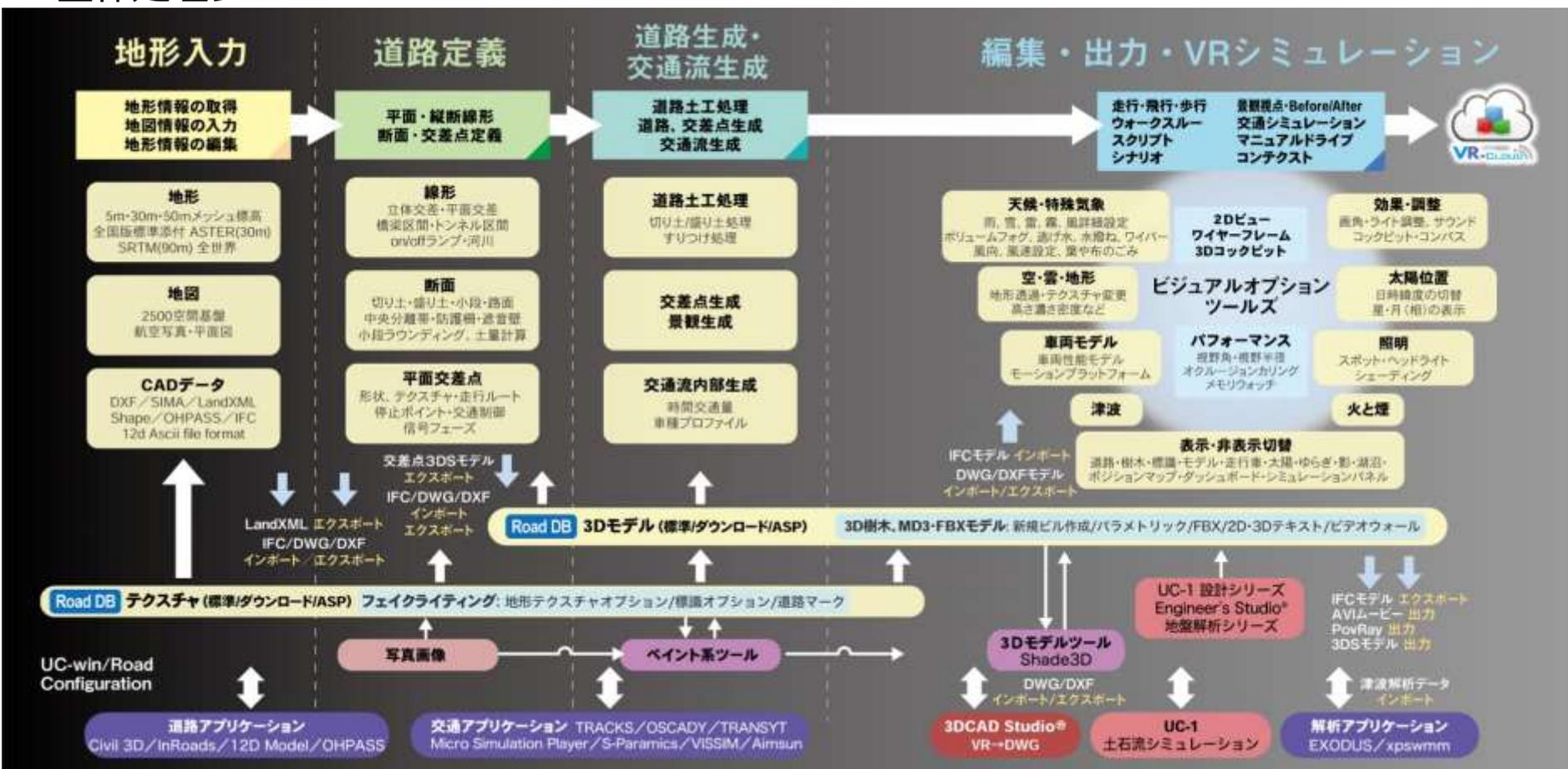
# UC-win/Road

## 機能概要

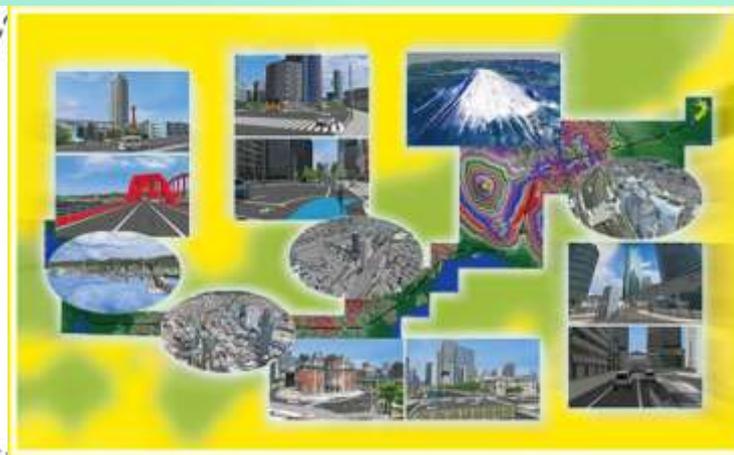
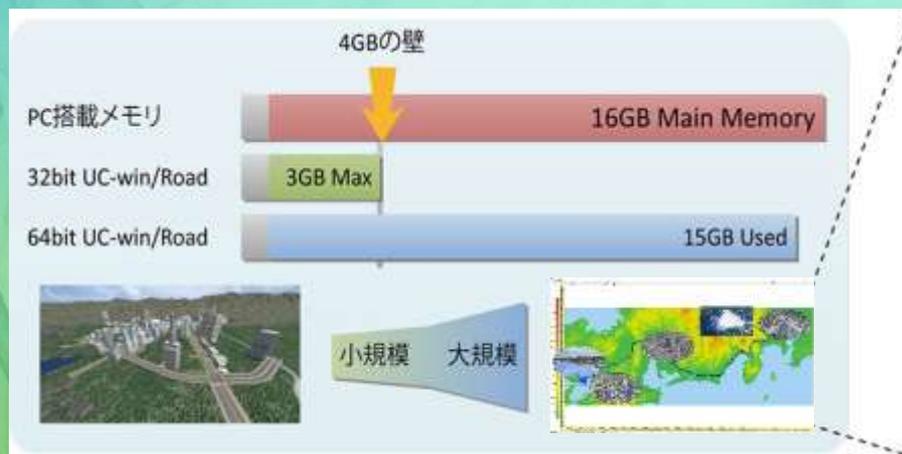
# VR-Design Studio UC-win/Road製品概要

座標系を持つ3次元VR空間をBIM/CIMモデル等の各種データと連携し、高速に生成可能。  
UAV遠隔飛行ルートが作成が可能。

## 全体処理フロー



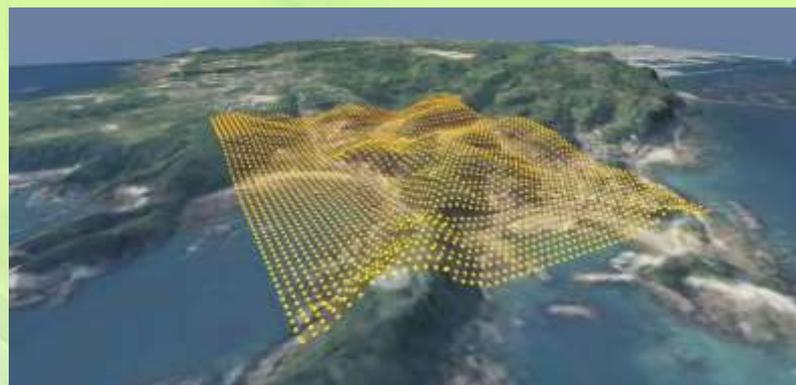
## ➤ UC-win/Road 64bit対応



- 地形空間の拡大と分解能向上
- 配置モデル数の拡大
- 点群の読み込み可能な点数を拡大
- 高品質のテクスチャの使用はより楽に出来る
- 解析結果で可視化可能なデータサイズを拡大
- 今後の対応：
  - 空間数値精度改善：広域でもミリ以下の計算精度を確保
  - 点群：表示詳細度の自動調整 (LOD)

## 電子国土地図（地理院タイル）読み込み機能

- 地理院タイルで公開されている測量データ、地図画像をUC-win/Roadに取り込む機能を実装。



※本機能を用いて作成したプロジェクトを使用する際には、国土地理院コンテンツ利用規約に従う必要があります。

※本機能は緯度経度を基準としているため、作成したデータに平面直角座標系で作成されたデータを読み込むとずれが発生する場合があります。

# データ作成機能強化

## 地理院地図読み込み

- タイル画像読み込み時のプロジェクト座標系への再投影による歪み補正
  - 画像位置の精度向上
  - 地理院タイル画像の統合処理、ズームレベルの設定を追加



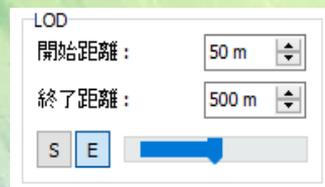
- 細かいメッシュによる、なめらかな地表面を実現

標高の補間方法として、1次補間を行うバイリニア、2次補間を行うバイキュービックを実装。細かいメッシュによる、なめらかな地表面を実現。



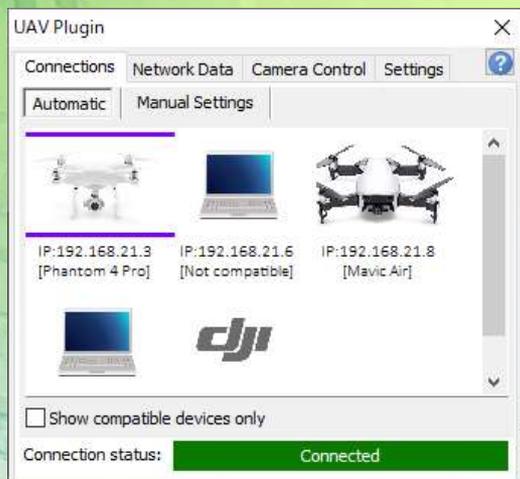
## 点群プラグイン

- 点群表示のLOD機能、カーリング機能  
数億点の読み込みを行っても、表示性能が維持される
- 視点に近い点群→データ通りの密な点群、視点から遠い点群→間引き表示
- レンダリング負荷を下げて、高いFPSを実現
- ビデオカードのメモリ容量次第では7億点を高速表示
- LASファイル形式への対応



## UAVプラグイン Ver.5

- 最新のDJI SDK (Mobile SDK 4.0.8)ベースのアプリケーションの更新
- 使用可能なDJI社のUAVが増えた  
Phantom 4 Pro, Mavic Pro, Inspire 2, Matrice 200/210, Matrice 600, DJI Spark
- Androidアプリの更新
  - UI表示の向上
  - UAVのメディアファイルの閲覧
  - クラウドへのデータバックアップ機能の追加



接続時の表示方法の向上



Androidアプリインターフェース



# 第8回ものづくり日本大賞 経済産業大臣賞を受賞 (2019年12月27日発表) ～UC-win/Roadのオープンデータ連携による多様な技術・分野間でのコネクタ加速

## コネクティッドインダストリを推進するソフトウェアとして高く評価

内閣総理大臣表彰「ものづくり日本大賞」はものづくりの第一線で活躍し、特に優秀と認められる方々を顕彰する制度です。経産省、国交省、厚労省、文科省が連携して隔年開催しています。フォーラムエイトは「産業・社会を支えるものづくり」分野の「Connected Industries -優れた連携」部門で経済産業大臣賞を受賞。協調領域におけるデータ共有等を通じて機械、技術、人など様々なものをつなげることで、新たな付加価値の創出や課題解決を進めたことが認められました。



- VRプラットフォームで  
インフラ計画の合意形成を効率化
- 土木・自動車・防災・環境・  
教育・医療など幅広い分野に適用可能
- 様々なオープンデータと  
連携するカスタマイズ開発が容易
- サイバー空間と現実世界をつなげ  
社会課題を解決するSociety5.0の具現化



UC-win/Road活用事例 (3D・VRシミュレーションコンテスト受賞作品) 第17回 グランプリ「北海道新幹線札幌駅計画VRシミュレーション」北海道旅客鉄道株式会社 (左) / 第8回 グランプリ「首都高速道路大橋JCT」首都高速道路株式会社 (右)

◆第8回ものづくり日本大賞 受賞者一覧 : <https://www.monodzukuri.meti.go.jp/prizewinner/08/index.html>



**HONORABLE JUDGE AWARD** 審査員特別賞 地域づくり賞  
NPO 地域づくり工房 代表 傘木 宏夫 氏

## 大規模地震における緊急災害対応VRの提案

京都市立伏見工業高等学校(京都市立京都工学院高等学校)



近い将来に想定される様々な大規模地震において、想定外の被害が発生する可能性がある。その発生直後の被災状況をマルチコプターによって撮影し、sfm解析によって点群データ化することで、災害時の避難や支援物資の供給に役立つ緊急災害対応VRを提案した。

<a3s://124.33.193.34:50060/>

[作品介绍AVI](#)



# GRAND PRIX グランプリ

[第15回コンテストまとめAVI](#)

## 境港市水木しげるロード

### 境港市



境港市水木しげるロードではリニューアル計画が進む。設計案の合意形成とPRのためにVRを作成した。水木ロードの顔である153体のブロンズ像は複雑な形状であり、写真群から3Dモデルを生成した。9月に開かれた怪フォーラム2016では、VR鬼太郎が一反木綿に乗ってナビゲート。関係者や市民に具体像を披露した。



[03 夜の妖怪の世界.mp4](#)

<a3s://114.160.221.169:5864/>

[作品介绍AVI](#)

# EXCELLENCE AWARD 準グランプリ 優秀賞

## 点群データを用いた まちなみ修景計画シミュレーション

九州オリエント測量設計(株)



当該データは、長崎市の寺町通りにおける修景計画の中で当社が、点群データを基にサンプルイメージとして作成したものである。具体的な整備内容は、速度抑制の為の車道幅の縮小、歩道の拡幅、歩車道の舗装の変更(石畳または、石畳風)、歩車道境界柱の設置、電柱の色の変更(茶色)、石垣のライトアップ等である。

<a3s://114.160.221.169:5790/>

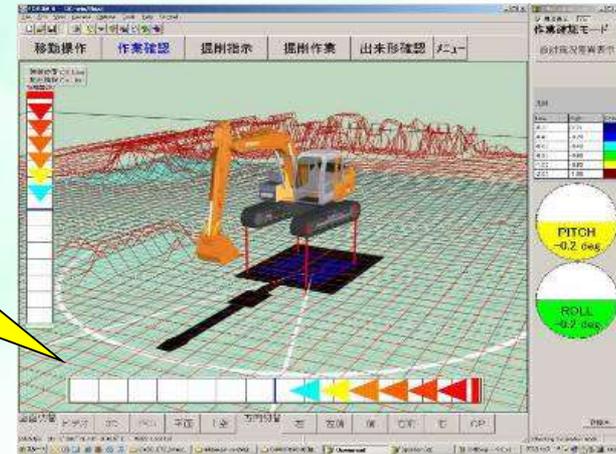
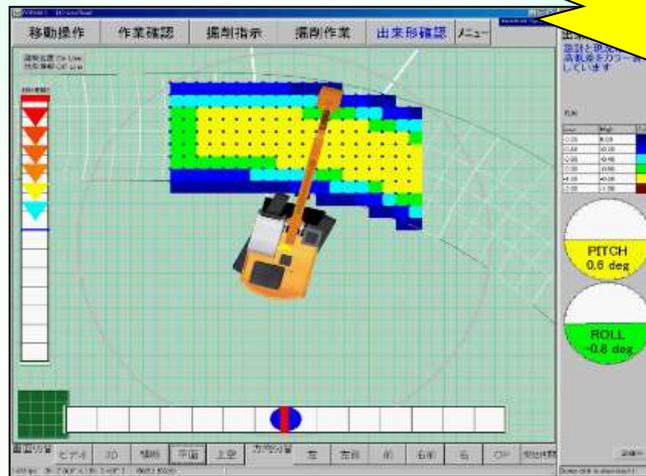
[作品介绍AVI](#)

# 遠隔操作におけるマンマシンインターフェースの開発



オペレータの無線操作に対し、建設機械に搭載したGPS、地形レーザスキャン等の情報を無線LANにて受信し、UC-win/Roadの3D可動モデルにその動きを定義して、遠隔状態でのリアルタイムで作業状況を確認できるマンマシンインターフェースの開発

無線LAN



- GPS建機位置座標
- ブーム/アーム/バケットの動作角度
- 現状地形メッシュ（10cmメッシュ）
- 設計形状の重ね合わせ
- 設計・現況の差異表示機能



UC-win/Road  
UAVフラグインの概要

# UAVシステムの概要

## UAVとは

Unmanned Aerial Vehicle 人が搭乗しない航空機で、自動で飛行が可能なもの

## 現在のドローン活用の期待分野

- ・空撮
- ・農業
- ・土木／建築
- ・物流
- ・防犯
- ・保険／災害
- ・スクール
- ・販売・レンタル

## 2020年、新たな活用

- ・ウイルス対策 . . . ソーシャルディスタンス呼びかけ、健康状態チェック
- ・輸送 . . . 医療物資の配送

## 日本政府の国産ドローン計画が2020年始動！！

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が推進する「安心安全なドローン基盤技術開発」プロジェクト開始。

- ・政府調達向けを想定した高い飛行性能・操縦性、セキュリティを実現するドローン開発
- ・2021年内の市場投入目標
- ・インフラ点検や災害対策など政府調達が加速、新サービス育成拡大

# ドローン飛行にあたって

## 航空法による規制対象

無人航空機として、遠隔操作または自動操縦により飛行させることができるもの。

ただし以下の場合には規制対象外となる。

- ・電池を含む重量が200g未満の機体 ※令和2年6月24日に法律改正。重要施設、空港周辺地域は禁止！
- ・屋内・6面が囲われた空間での飛行

## 空域による規制

特定空域では事前申請で地方航空局の許可が必要。高度150m以上、空港施設等の制限表面、人口集中区域([国土地理院「地理院地図」](#)で確認可能)が対象。私有地であっても特定空域の場合は申請が必要。また、原発や国の重要施設等の周辺は飛行禁止に指定されているほか、各自治体による条例もあるので都度確認が必要。

2018年4月2日から飛行許可・承認手続きがオンラインサービスで開始(<https://www.dips.mlit.go.jp/>)。

## 飛行方法による規制

以下の飛行方法は場所によらず地方航空局の許可が必要。

夜間飛行、目視外飛行、人や物から30m以内の飛行、イベント上空の飛行、危険物の輸送、物体の投下。

※航空法改正案が2月28日に閣議決定。ドローン登録制度2022年をめどに開始。

→今後はドローンを飛ばすには所有者の氏名や住所、使用するドローンの種類や型式などをネットで事前登録することが義務付け

# ドローン飛行にあたって

## 資格

一般的なトイドローンは周波数が「2.4GHz帯」に設定されており、この周波数の飛行には資格は必須ではないが、事業として行うには民間の検定や技能証明を取得しておく都合が良い。「5.7GHz帯」が使用される産業用ドローン、「5.8GHz帯」が使用されるレース用ドローンなどは、国家資格である無線免許が必要。

## 保険

他人の生命、身体や財産に損害を与えた場合には操縦者に対して損害賠償責任が生じるため、メーカーや各保険会社の保険へ加入することをお勧めする。購入特典として第三者への賠償責任保険が1年間無償付帯もある。

### 参考資料：

無人航空機の飛行ルール（国土交通省） [http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

UAVによる公共測量について(国土交通省国土地理院) <http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/>

UAVを用いた公共測量マニュアル（案）【平成29年3月31日改正】

公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準（案）【平成28年3月30日制定】

UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）【平成30年3月30日】 他、多数掲載

# ドローンを使う場面

## 飛行計画に関するもの

人が入れない、もしくは危険な場所のデータ（画像、ビデオ）の収集に利用する。

例えば福島原発、地震・津波災害時における状況確認などが考えられる。

無人搜索、山や森林など広範囲を飛行して人や物を探す。

工事行程管理、土量算出など定期的に同じ計画ルート飛行する場合に利用する。

## 撮影した画像の活用

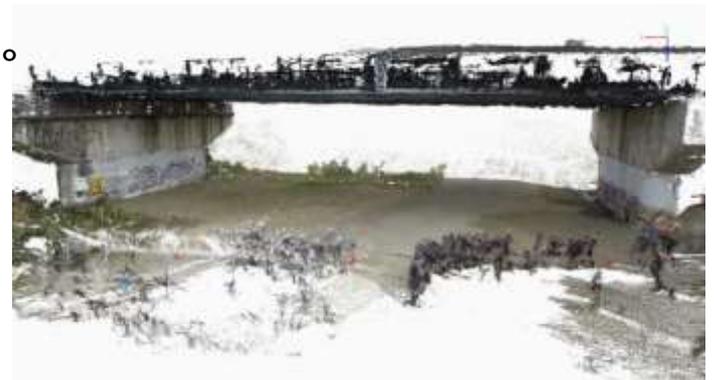
複数枚の画像を用いてSfM等のポストプロセスを行う。

→ 点群から詳細な3D地形モデルを作成可能。

対応ソフトウェアの例

UC-win/Road SfM (Structure from Motion) プラグイン・オプション  
ContextCapture

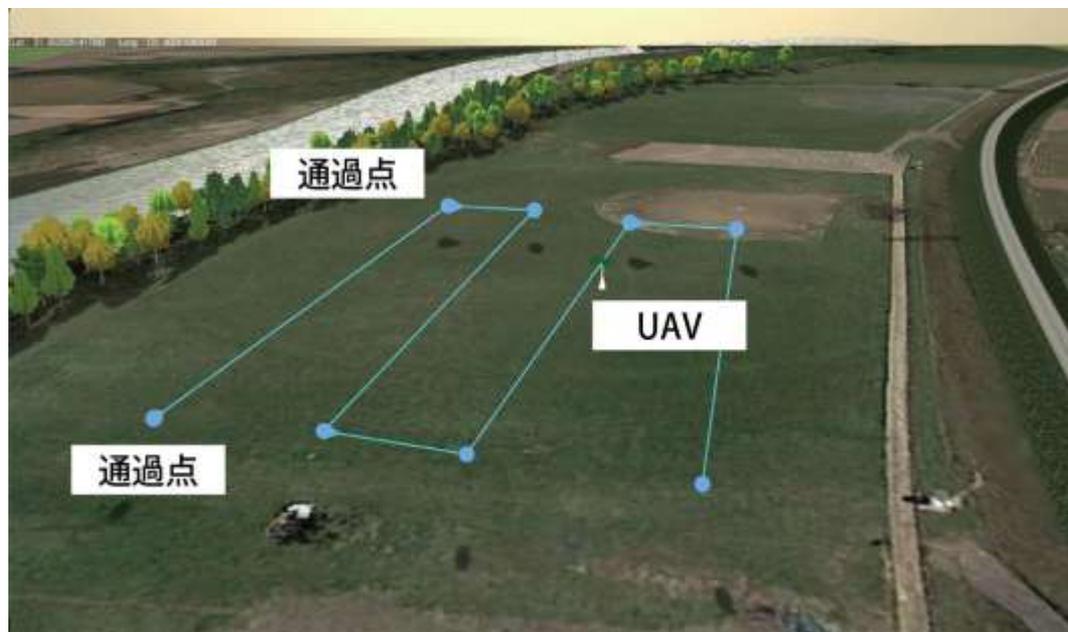
※フォーラムエイト 3D・VRエンジニアリングサービスにおいても対応可能。



# UAVプラグイン概要

## 機能

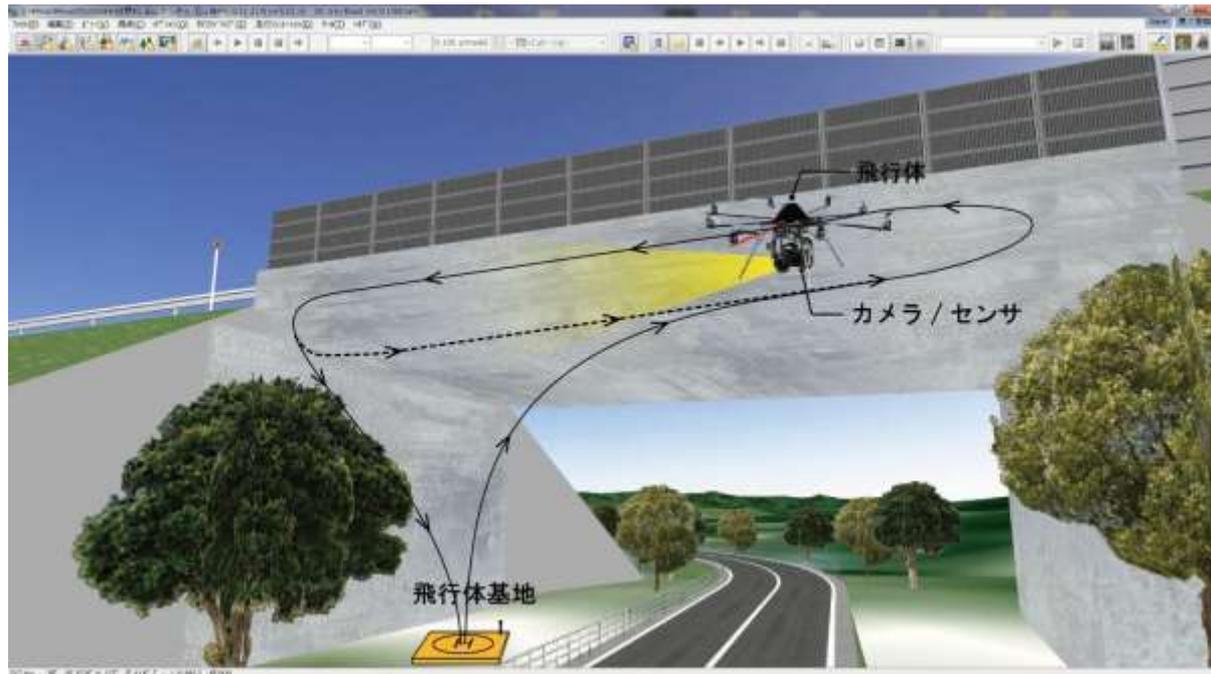
- UC-win/RoadのUAVプラグインのVR機能を用いて、自然な操作で簡単にUAVを完全自動操縦する。
- 3D-VR環境でリアルタイムに状態を確認する。



# UAVプラグイン概要

## 機能

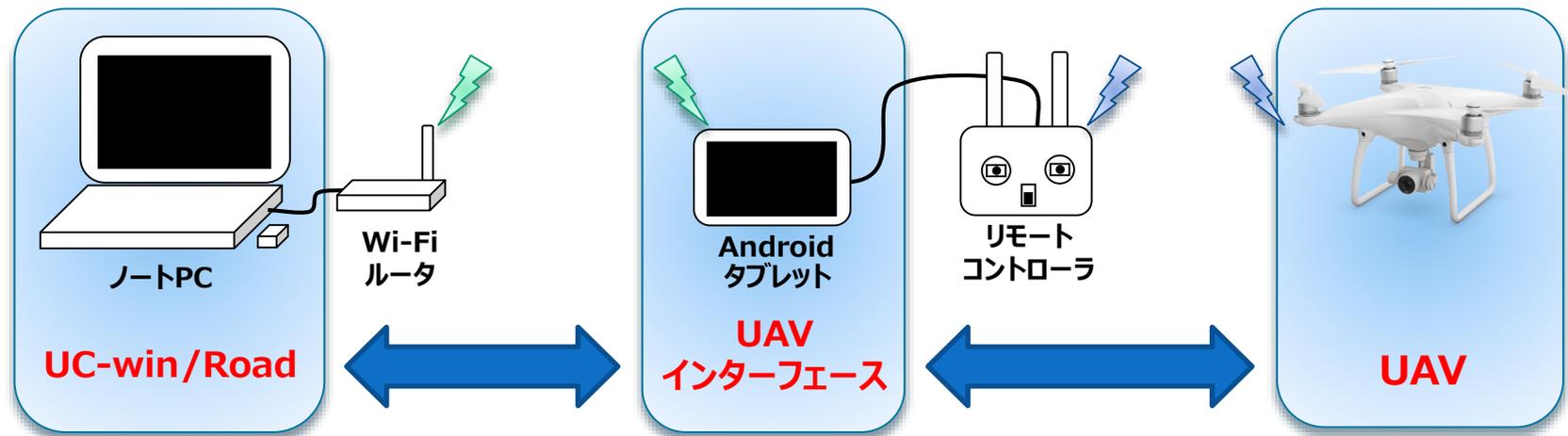
- 3D環境で、位置を選択・飛行計画を作成し、UAVに情報をアップロード、飛行計画の実行が可能。



※ 一般的なUAVではカメラは下方向を向いています。橋梁などの下部を撮影するには上向き撮影が可能なUAVをご使用ください。  
また、構造物の影になりGPS不可視になる間はUAVが正常に飛行できない場合があります。

# UAVシステムの概要

## 制御システム（DJIの場合）



現場で使用する機材

## 対応UAVモデル



Phantom 3  
Advanced

[確認済]



Phantom 3  
Professional

[確認済]



Mavic Pro

[確認済]



Phantom 4 Pro

[確認済]

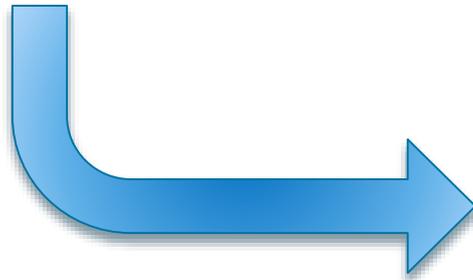
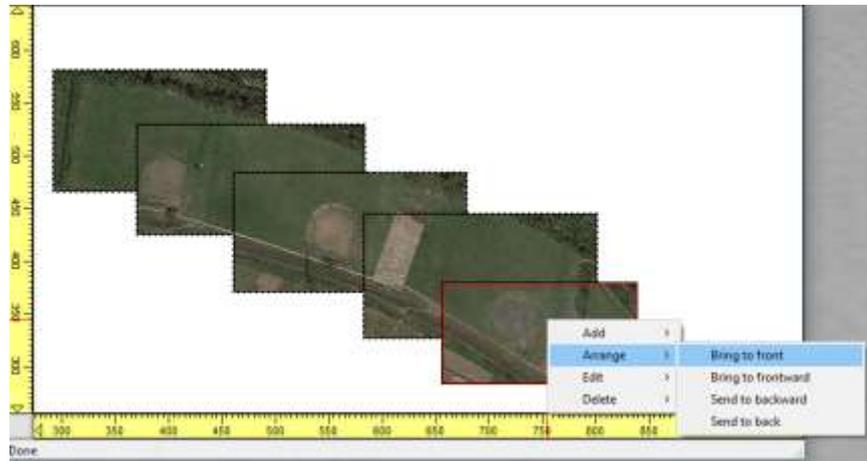
# DJI Phantom 4 Professional



# UAVプラグイン

## マップ作成

電子国土などを使ってテキスチャ付き地形を作成する。



# UAVプラグイン

## UC-win/Road メイン画面

情報表示：

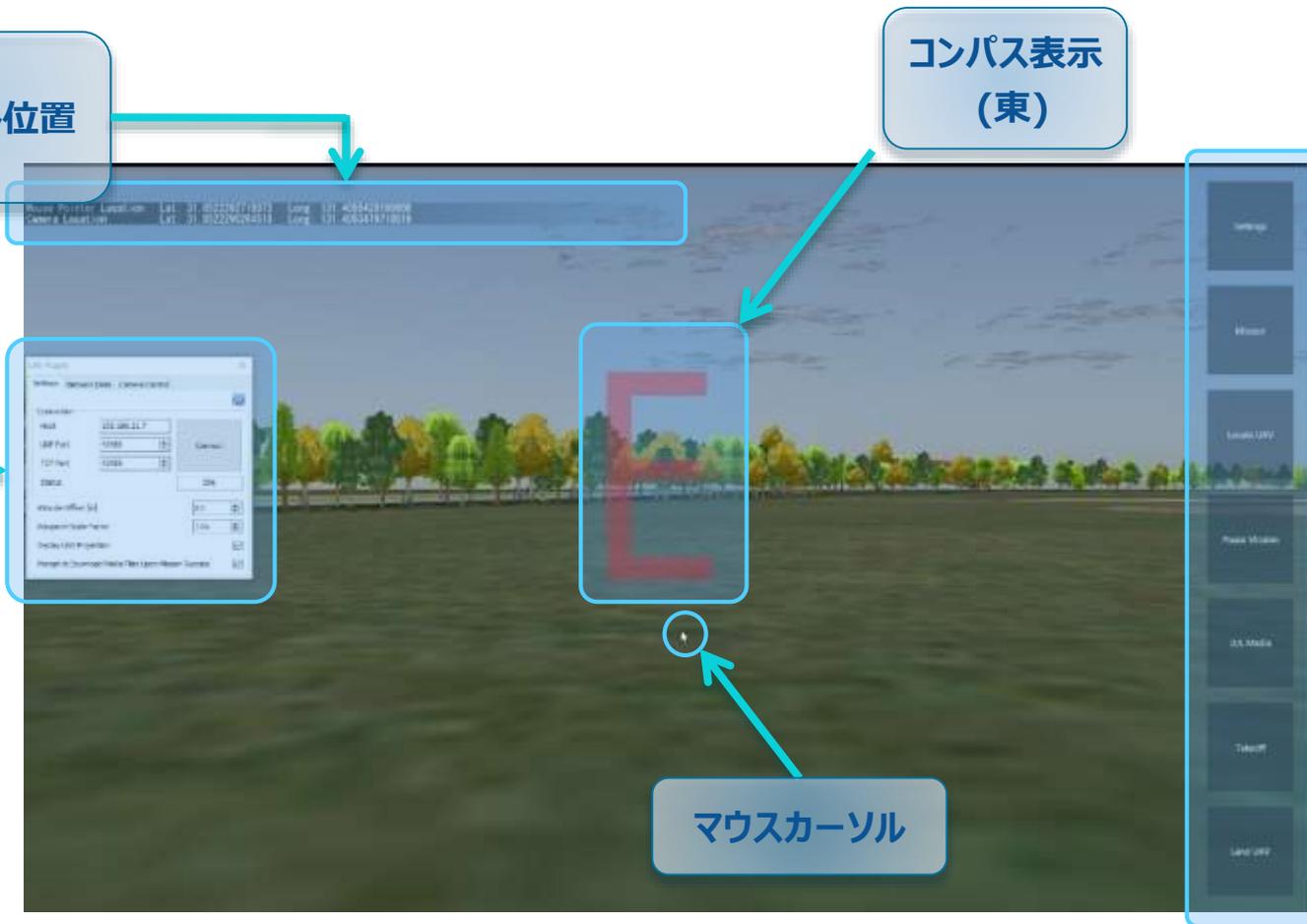
- ・マウскарソル位置
- ・カメラ位置

コンパス表示  
(東)

UAV  
プラグイン  
画面

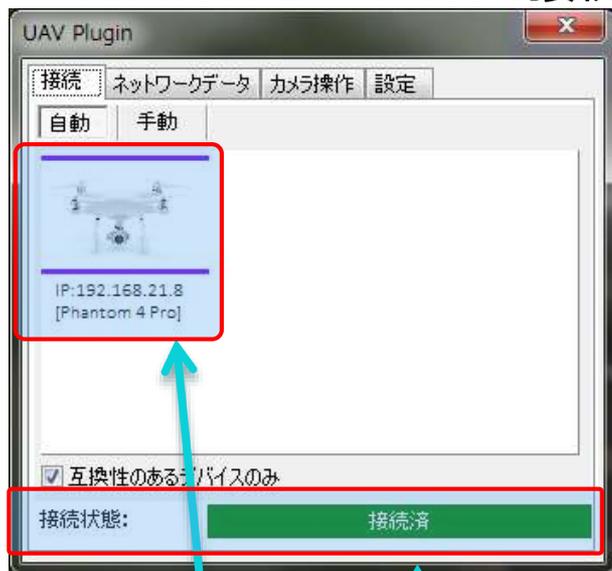
サイドバー  
ボタン

マウскарソル



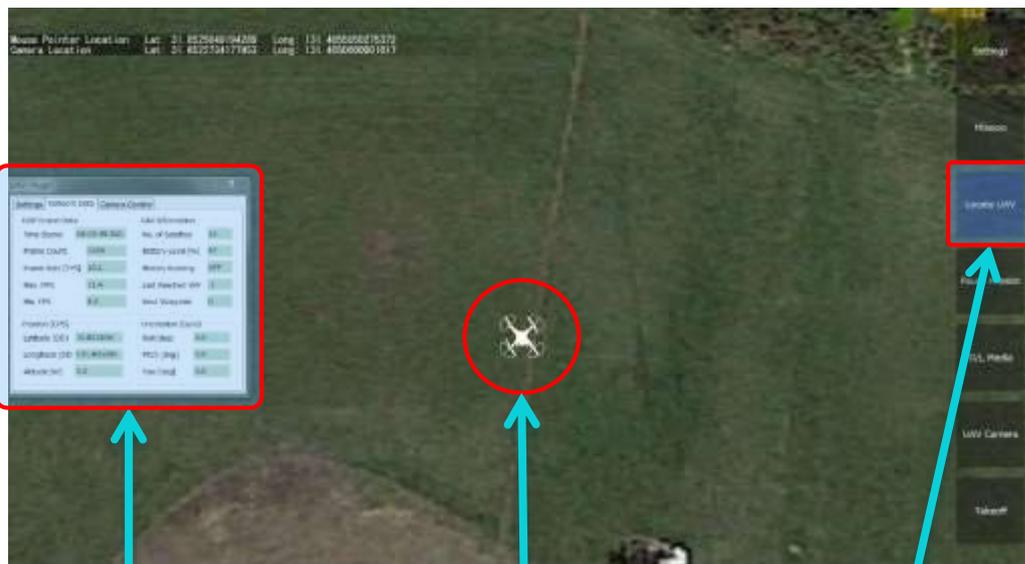
## UAV実機位置の確認

Android Interfaceに接続すると、UAV モデルの位置がわかる。



認識されたUAV

接続状況  
"接続済"

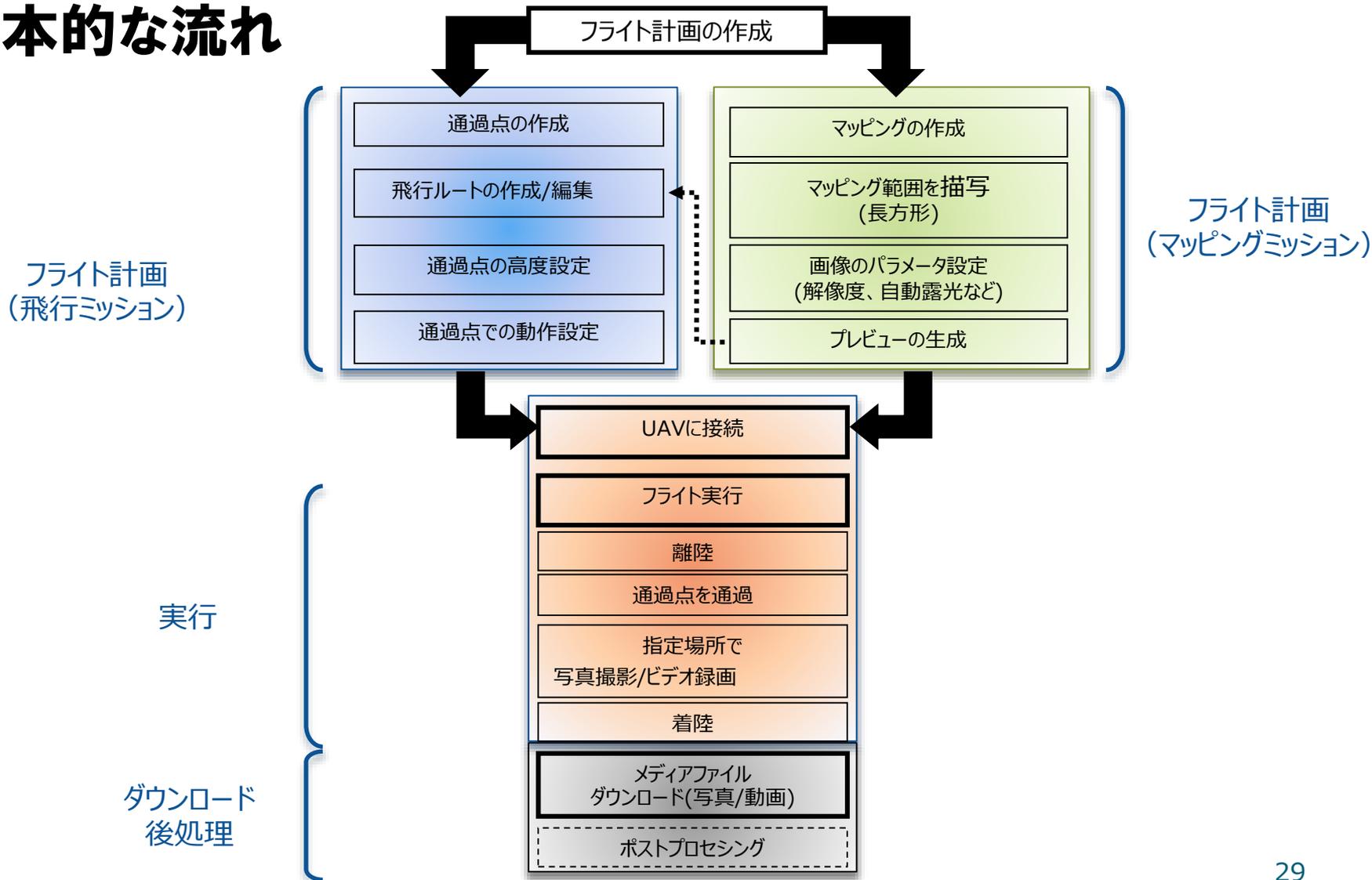


UAVの情報

UAV実機  
モデル

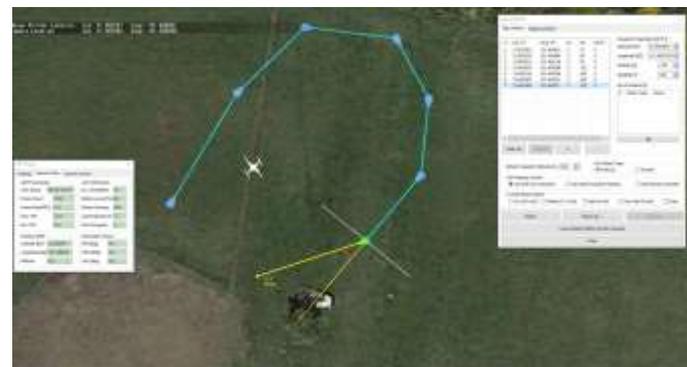
UAV位置

## 基本的な流れ



## 飛行ミッション

空域に通過点を追加していき、各通過点での挙動（Action）を定義して写真または動画を撮影するモード。



## マッピングミッション

任意の地表面を指定の高度と解像度で撮影するモード。矩形領域といくつかのパラメータを設定すると、自動で通過点を生成する。



# 飛行ミッション

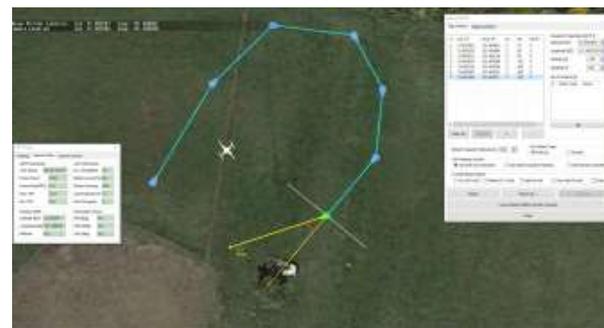
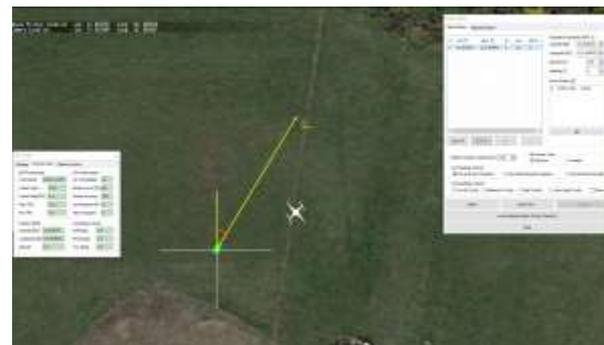
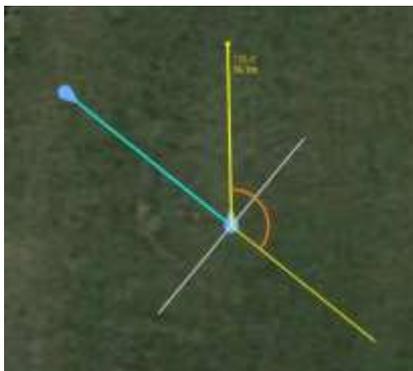
## 通過点入力（編集モード）

1. マウスクリックで通過点を指定
2. 動作を選択
3. 繰り返す ↻

## リアルタイム更新情報

距離、角度、ガイドライン

座標（マウスとカメラの位置情報）



# 飛行ミッション

## 通過点編集画面

距離、角通過点を追加して、動作を設定する。

通過点#3

Mission Editor

Waypoint Mission Mapping Mission

| #  | Lat. [°]  | Long. [°]  | Al... | He... | Nb of... |
|----|-----------|------------|-------|-------|----------|
| 1  | 31.852394 | 131.404861 | 3     | 41    | 0        |
| 2  | 31.852573 | 131.405058 | 3     | 92    | 0        |
| 3  | 31.852563 | 131.405406 | 3     | 171   | 1        |
| 4  | 31.852228 | 131.405477 | 3     | 239   | 0        |
| 5  | 31.852042 | 131.405091 | 3     | 284   | 0        |
| 6  | 31.85213  | 131.404641 | 3     | 355   | 0        |
| 7  | 31.852348 | 131.404615 | 3     | 42    | 0        |
| 8  | 31.852581 | 131.404882 | 3     | 77    | 0        |
| 9  | 31.852624 | 131.405113 | 3     | 102   | 0        |
| 10 | 31.852567 | 131.405453 | 3     | 175   | 0        |

Waypoint Properties [WP# 3]

Latitude [DD] 31.8525633

Longitude [DD] 131.4054062

Altitude [m] 3.00

Heading [°] 171

List of Actions [1]

| # | Action Type   | Param |
|---|---------------|-------|
| 1 | Hold Position | 1     |

Start Video

Clear All

Default Waypoint Altitude [m] 3.00

UAV Motion Type  PolyLine  Smooth

UAV Heading Control  Towards next Waypoint  Use Initial Waypoint Heading  Use Remote Controller

Overall Mission Speed  Low (0.5 m/s)  Medium (1.5 m/s)  High (3 m/s)  Very High (5 m/s)  Auto

Import Export As... Execute

Leave Mission Edition (Unlock Camera)

Close

通過点#3での動作数

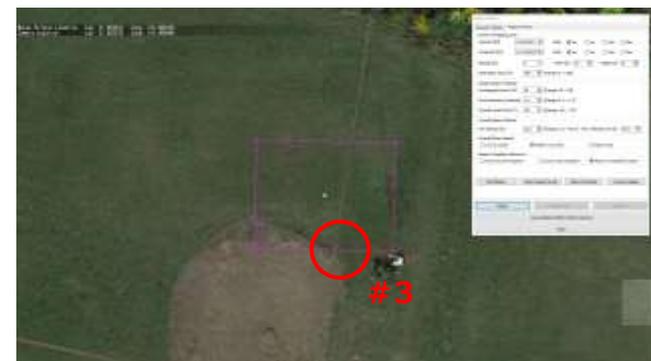
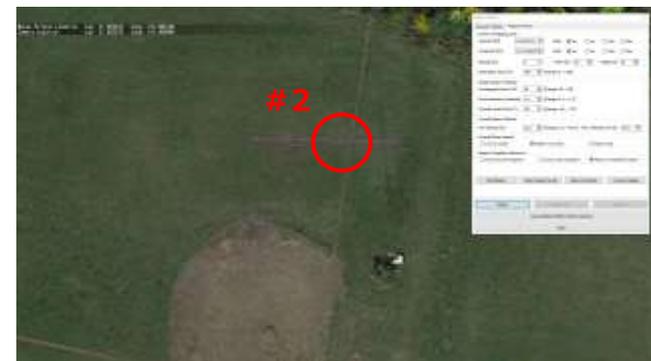
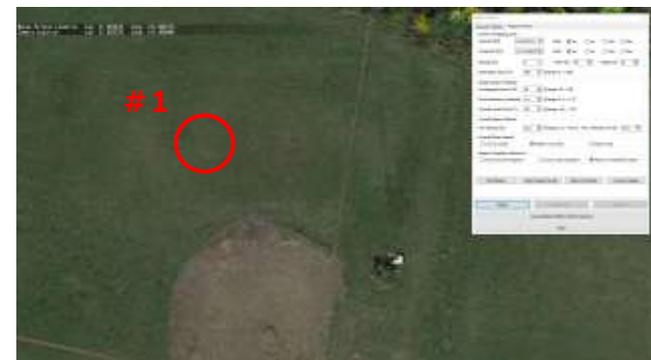
動作 “ビデオ録画開始”

# マッピングミッション

## マッピング領域の入力

1. 最初の基準点を設定
2. 長さと方向を決定する頂点を設定
3. 幅を決定する頂点を設定

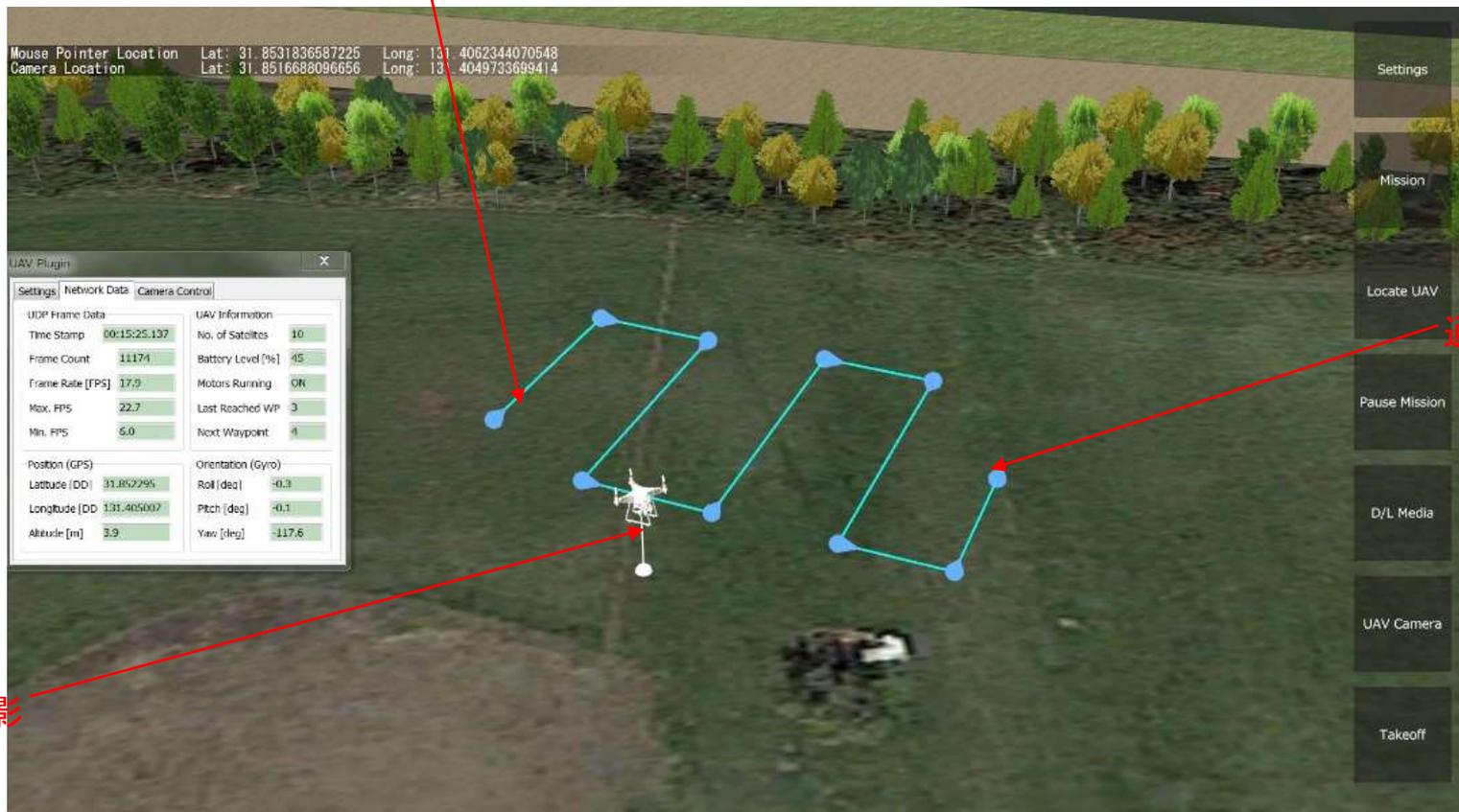
## プレビュー表示



# マッピングミッション

## フライトの実行

通過点#1

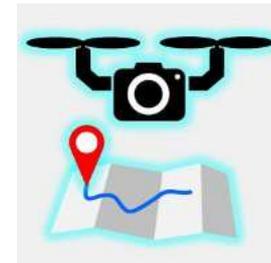


通過点#10

UAV投影

# Androidインターフェース

## Forum8 UAV Controller アプリケーション



対応デバイス: スマートフォン、タブレット

対応言語: 日本語、英語

### 機能

主要データの表示

主要コマンドの実行

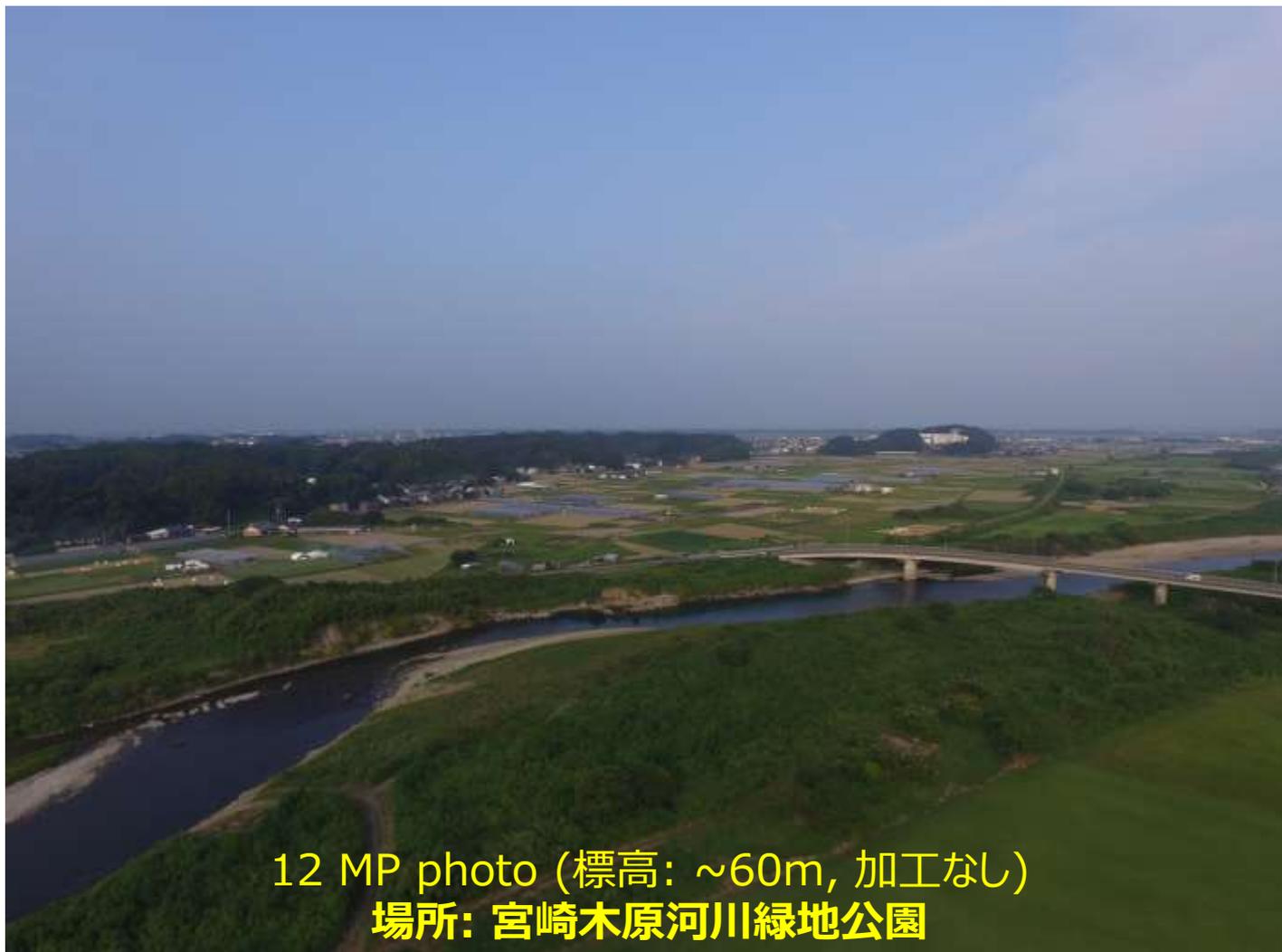
景色をリアルタイムに更新

→ Google mapを活用

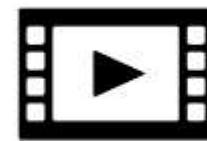
音声による警告メッセージ



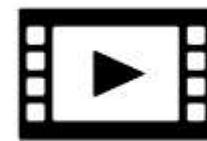
# 事例



12 MP photo (標高: ~60m, 加工なし)  
場所: 宮崎木原河川緑地公園



Video1.MOV



Video2.MOV

# 事例

擁壁の保全のためUAV計測を行った。目的は積み重ねたコンクリートブロックの隙間が狭くなっていないか確認すること。点群レベルで隙間が確認でき、VRで寸法を計測した。

UC-win/Road  
+  
UAVプラグイン



UAV

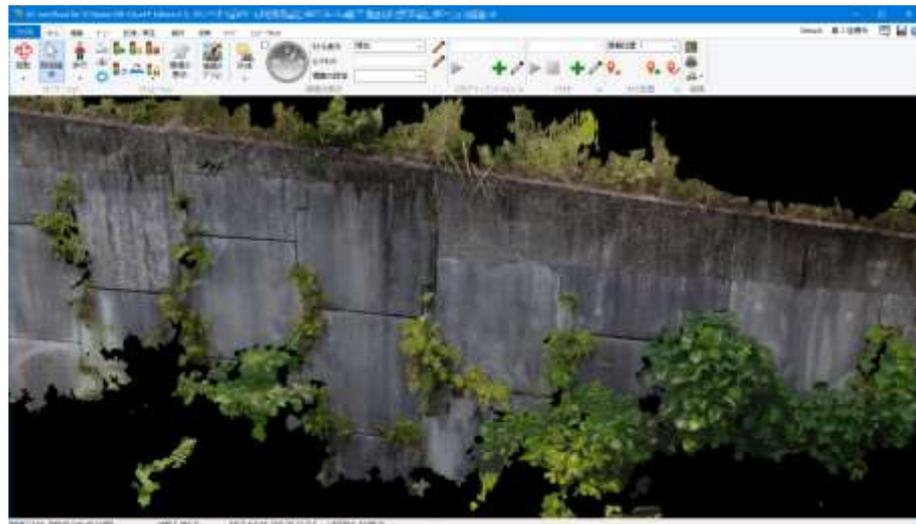
写真



約140枚



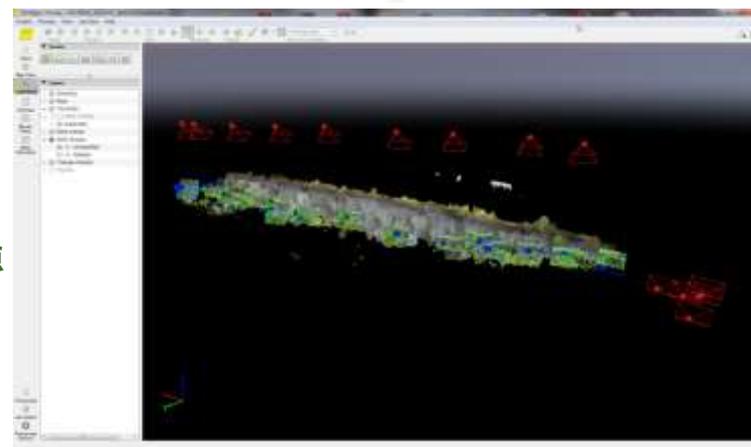
解析



点群



約8万点



→ [点群動画リンク](#)

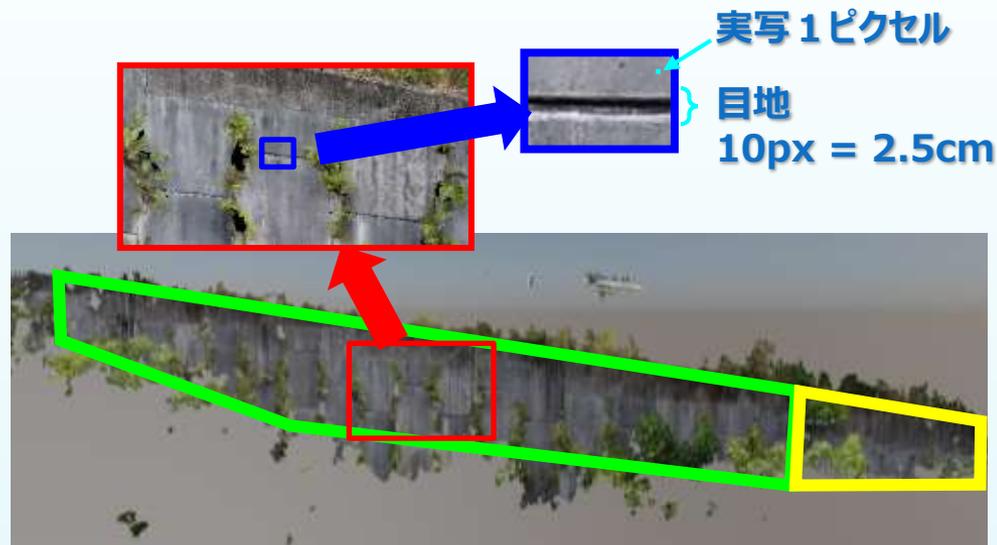
# テールアルメ壁 試験計測 (ヒロセ株式会社共同研究)

## 出力データ

- ✓ 高解像度写真
- ✓ 3D計測データ (亀裂、変形等)
- ✓ 写真からの3D点群生成



テールアルメ壁計測、3Dモデル



写真測量による点群 UC-win/Roadで可視化)

## 結論

前面測量困難条件を想定してドローンの適用性を測る目的で試験計測を行った。以下の事が確認できた。

- ✓ レーザ測量とドローン写真測量の誤差 5mm
- ✓ 手動飛行と自動飛行の誤差 5mm

|        | 写真測量<br>(ドローン) | レーザ測量<br>(製品仕様)   | 誤差    |
|--------|----------------|-------------------|-------|
| 緑枠     | 7.5mm          | 2mm+2ppm<br>/1.5秒 | 5mm以下 |
| 右端(黄枠) | 32.5mm         | 2mm+2ppm<br>/1.5秒 | 30mm  |

精度比較表 (ノイズを除く)



# まとめと今後の展望

# まとめ、今後の展望

## UAV プラグイン

### 実装済み機能一覧

- ▶ フライト操作ミッションと自動マッピング機能
- ▶ Androidインターフェース “FORUM8 UAV Controller” がGoogle Play が入手可能

## 次期開発

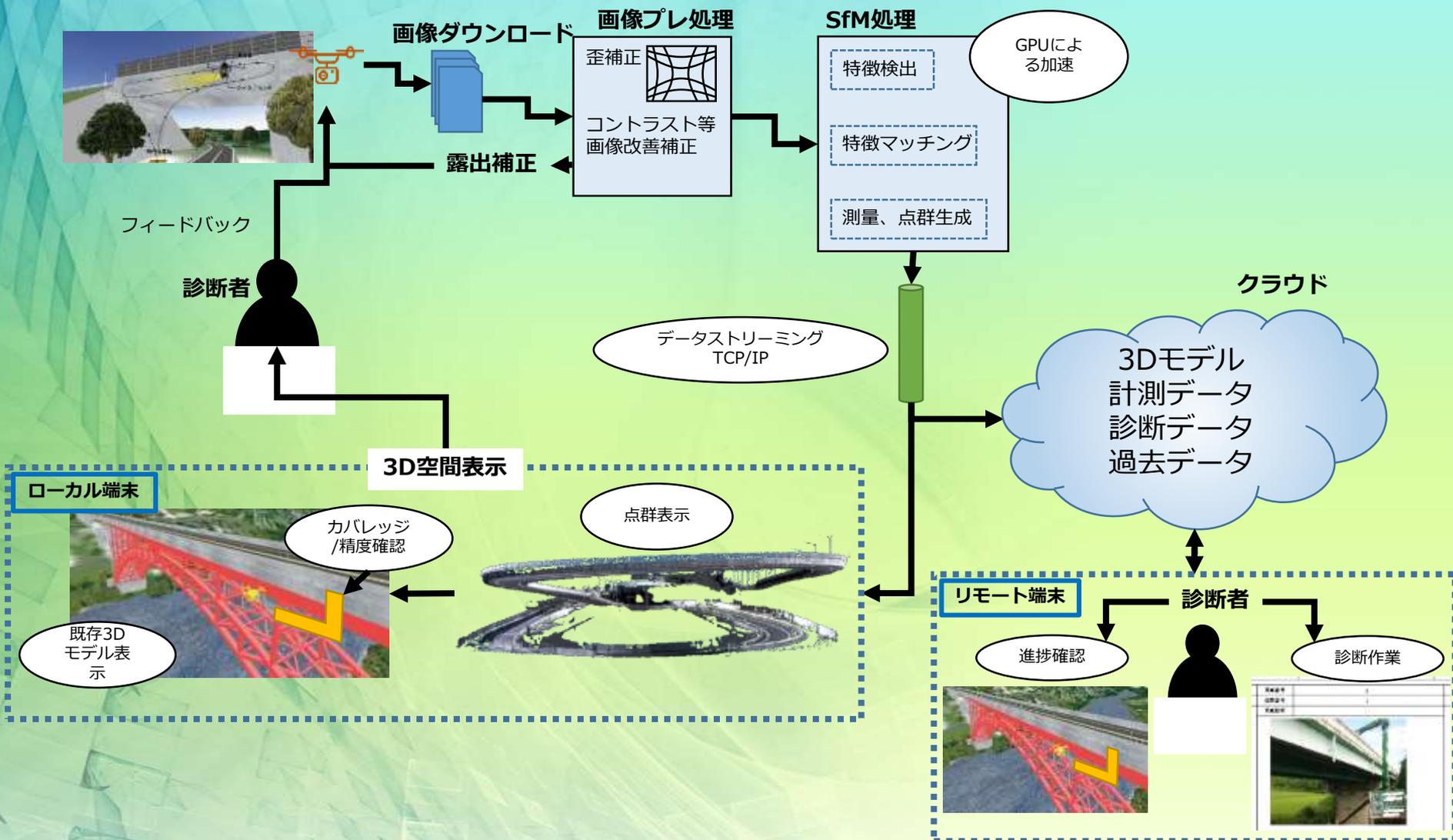
### 対応UAVモデルを拡張

- ▶ 工業用UAVを調査する
- ▶ センサーを用いた3D点群リアルタイム構築機能

### UC-win/Roadの3次元機能

- ▶ 通過点一括編集
- ▶ 自動接続、カメラ姿勢情報表示改良、建物上からのフライト開始対応を予定

# UC-win/Road UAVプラグイン 橋梁点検への適用プラン



SIGGRAPH2018 ASIA 関連技術

# UAV体験内容（午後）

- 簡易ドローンの操縦体験
- DJI Phantom 4Pro / MAVIC Air操縦体験
- 自動飛行体験1（飛行ミッション）
- 自動飛行体験2（マッピングミッション）
- 質疑応答、ディスカッション

最後にアンケートの記入にご協力ください。

# 価格情報

## システム構成

### ■ UC-win/Road

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| UC-win/Road Ver.14 Ultimate | ¥1,920,000 (税別) |
| UC-win/Road Ver.14 Advanced | ¥970,000 (税別)   |
| UC-win/Road Ver.14 Standard | ¥630,000 (税別)   |
| UAVプラグイン・オプション              | ¥300,000 (税別)   |

### ■ UAV DJIの場合

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| PHANTOM 4 PRO Ver.2.0 | ¥204,000 (税込) |
| MAVIC 2 PRO           | ¥194,000 (税込) |
| MAVIC Air             | ¥104,000 (税込) |

UC-win/Road Ver.14 Standard  
 UAVプラグイン・オプション  
 MAVIC Air

**システム合計 ¥1,034,200 (税込)**