

浅水帯のUAV写真測量のための 水面反射軽減技術

山口大学大学院 助教
社会建設工学科
神野 有生

発表の流れ

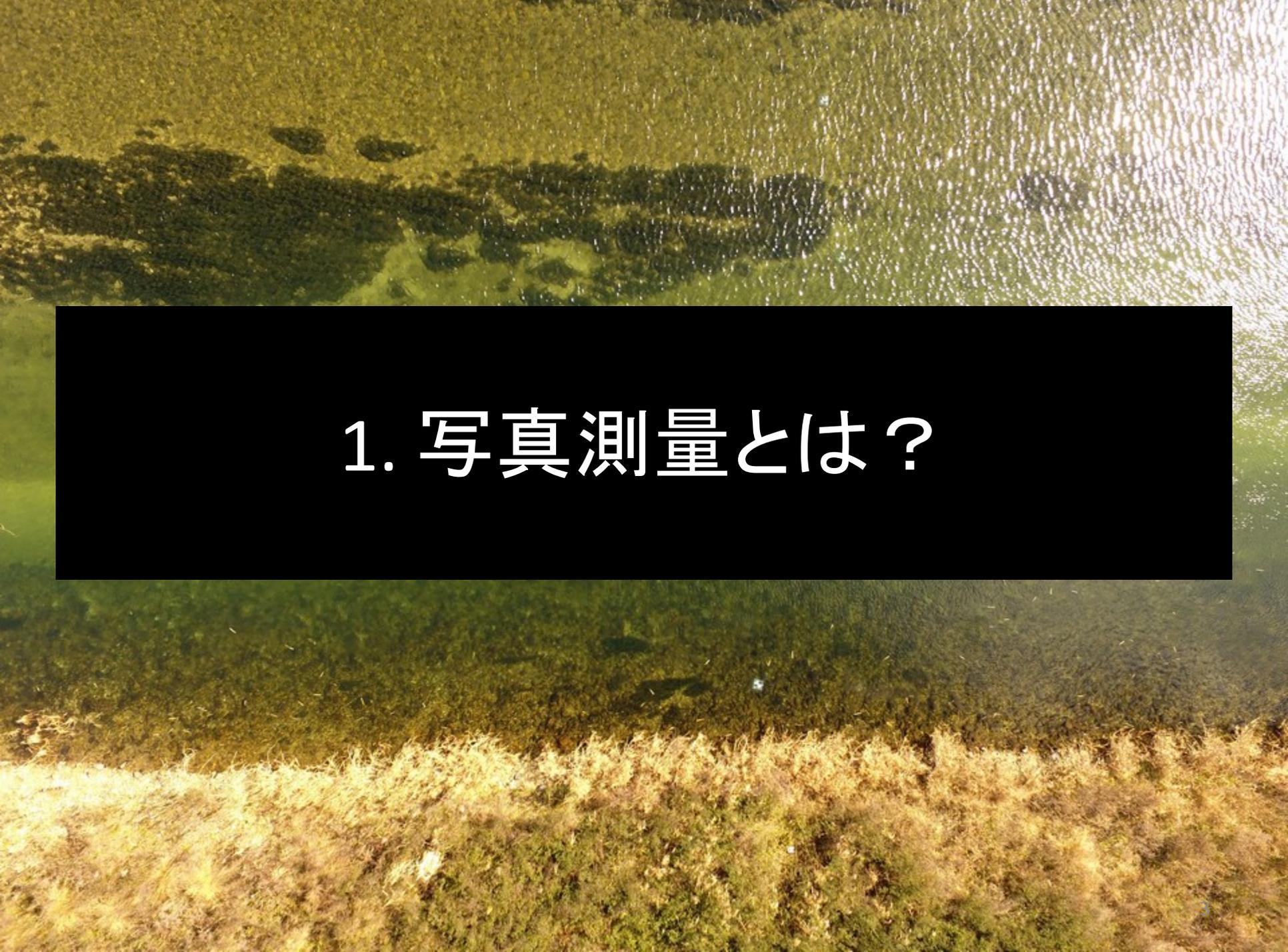
1. 写真測量とは？
2. UAVによる空中写真測量
3. 浅水帯のUAV写真測量と課題

4. 水面反射軽減技術の開発

5. 水面屈折補正技術の開発

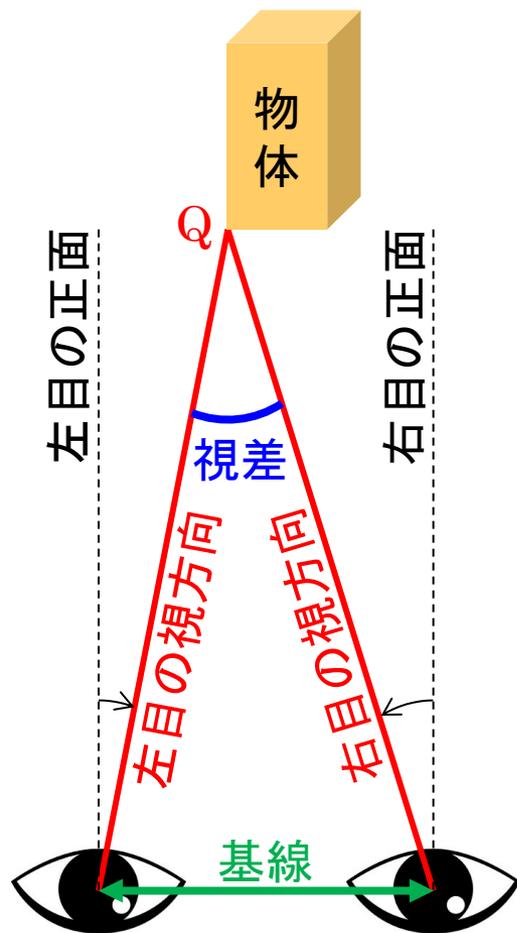


※ 未発表の内容を多く含みますので資料は非公開・非配布とさせていただきます。

An aerial photograph of a river with a black rectangular text box overlaid in the center. The river flows from the top right towards the bottom left. The banks are covered in dense green vegetation, with some areas of dry, yellowish-brown grass in the foreground. The text box contains the title '1. 写真測量とは？' in white Japanese characters.

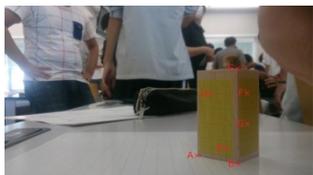
1. 写真測量とは？

人間が視界を立体的に認識できるわけ



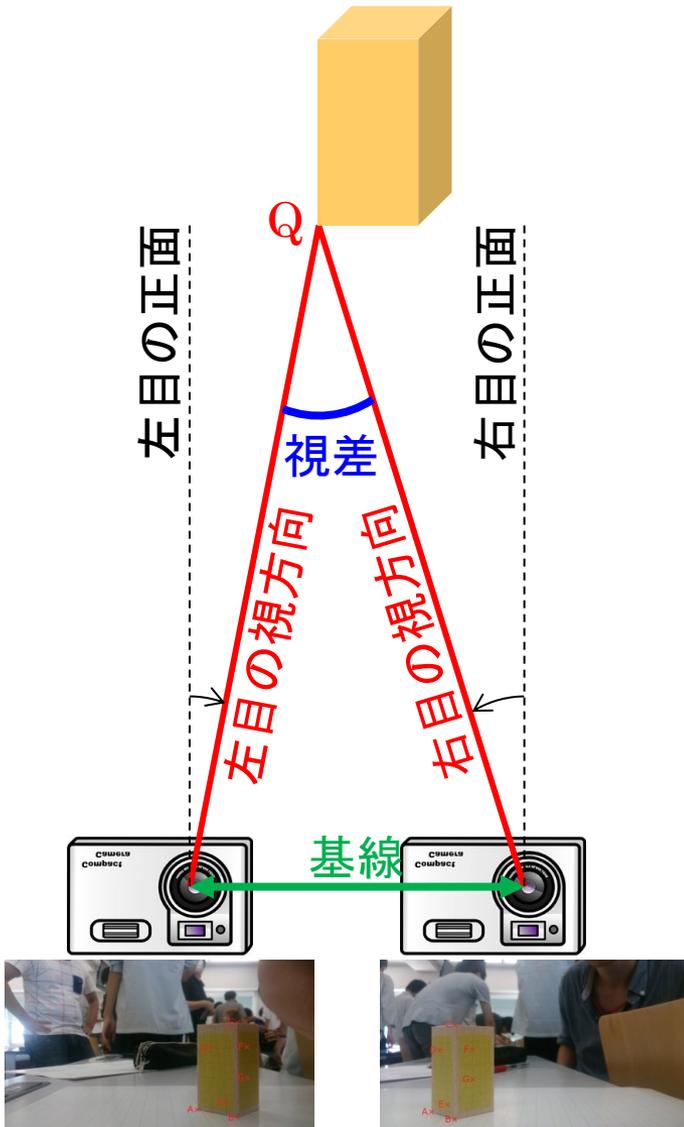
- もし目が1つなら・・・
着目点Qの向きは分かるが
距離はわからない
- 目が2つあると・・・
左右の目で、着目点Qの見える向き
(正面から測ったQの方位角・仰角)
が異なる(視差).

これらの角度と、両目の距離(基線長)
がわかることで、
目を基準とした点Qの位置が求まる!
(三角測量の原理)

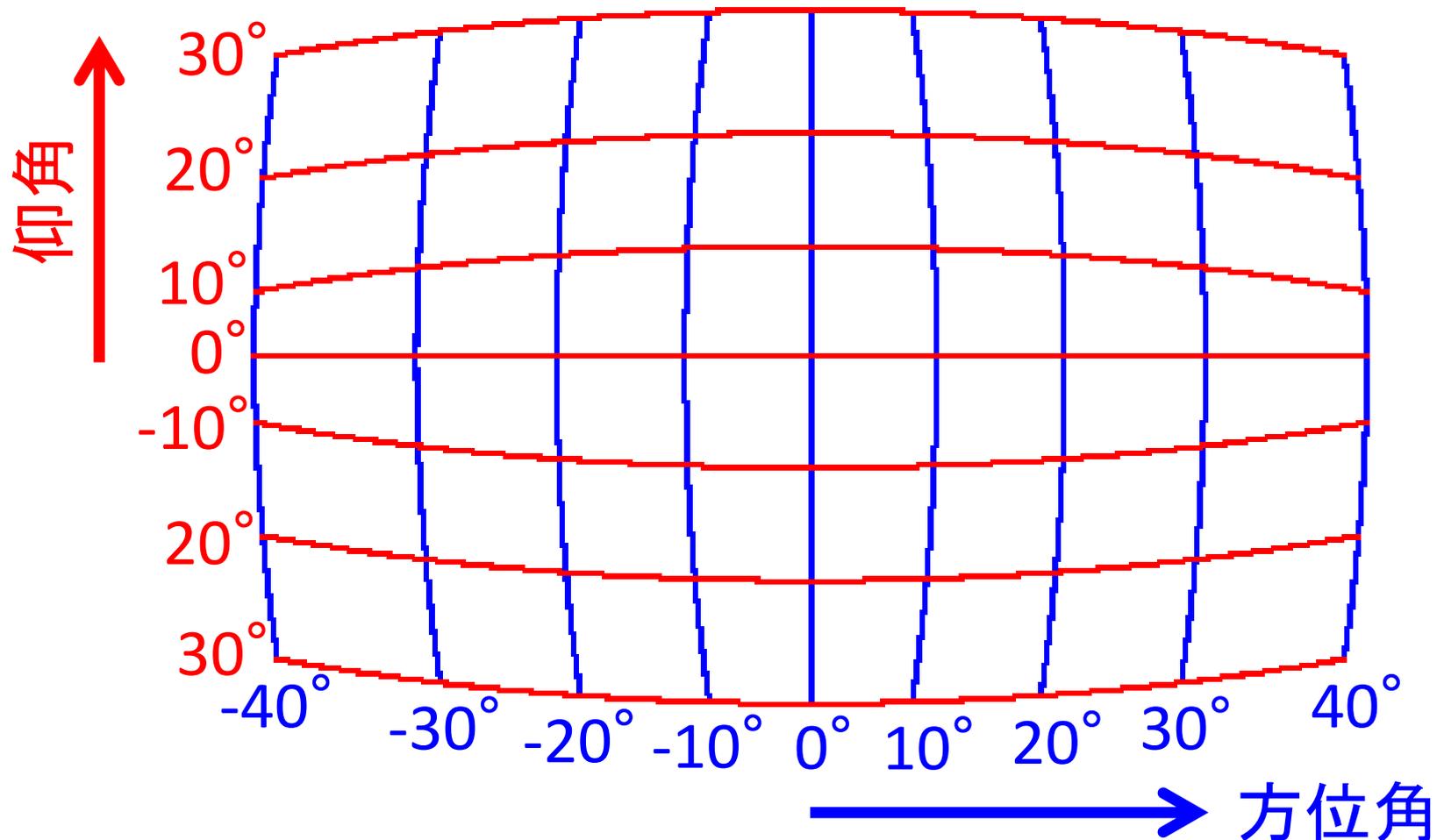


写真測量を一言でいうと

- 人間の目をカメラに置き換え、写真を使って、地物の座標・形・大きさ、地物間の距離などを測ること。
- カメラを**測角器**として使った**三角測量**

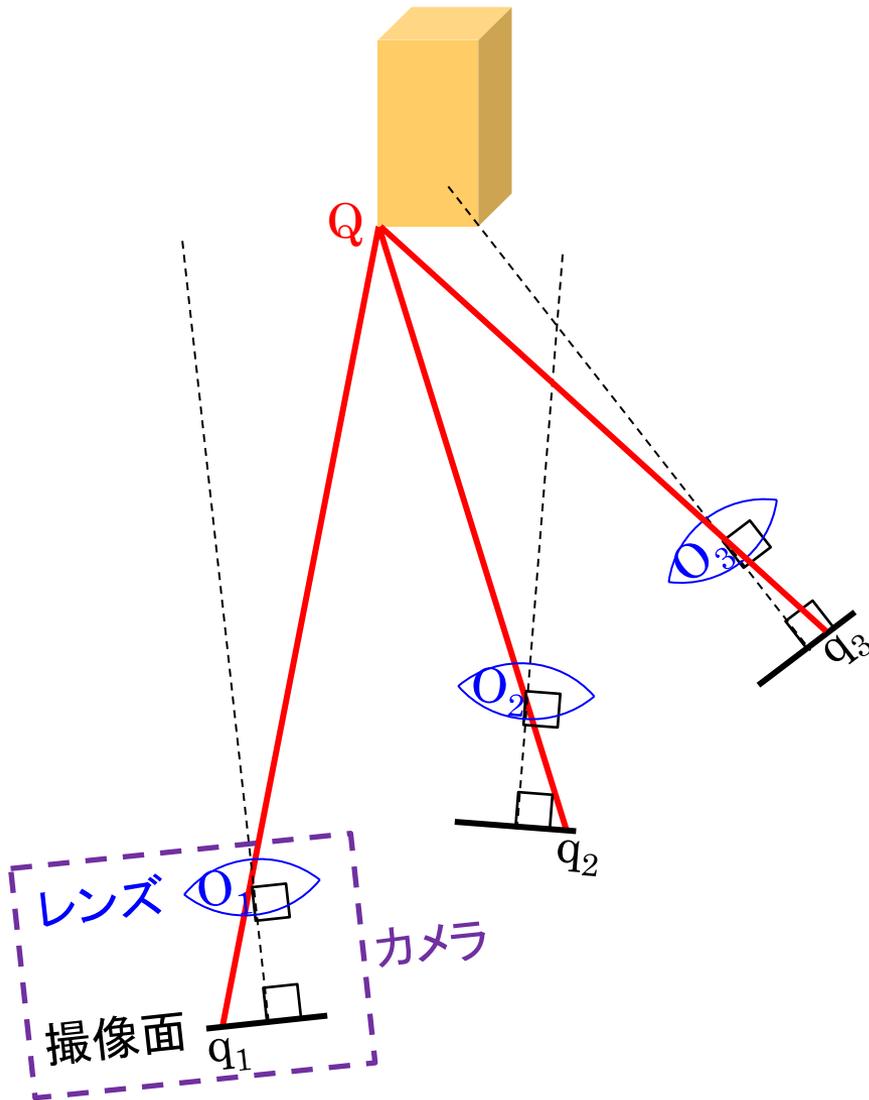


カメラを測角器として使うとは？



- 着目点の画像上の位置から、「正面から測った角度」を得ること.
- カメラキャリブレーション(画像に角度の目盛を引く作業)が必要.

現代的な写真測量（上から見た図）



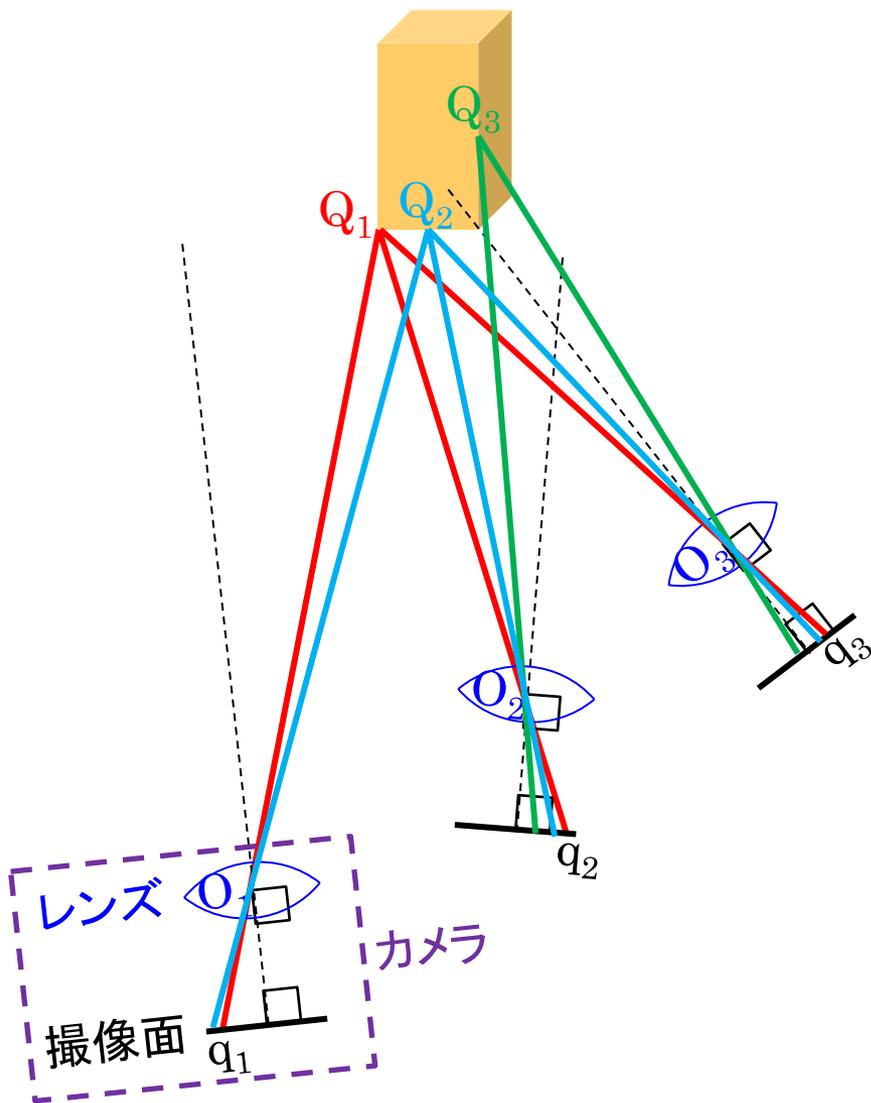
- 向きが**バラバラ**な**多数**の写真
- 撮影した座標・向きが**未知**
- 必ずしもカメラキャリブレーション**されていない**（画素の位置と角度の対応が不明）。

未知数は多すぎて解けない？



複数のカメラに共通して写った点 (Q; 特徴点) を多数見つければ可能

Structure from Motion (SfM)



複数のカメラに共通して写った点
(Q ; 特徴点)を
多数, 自動検出 (マッチング) し,

多数の相似関係を拘束条件に,

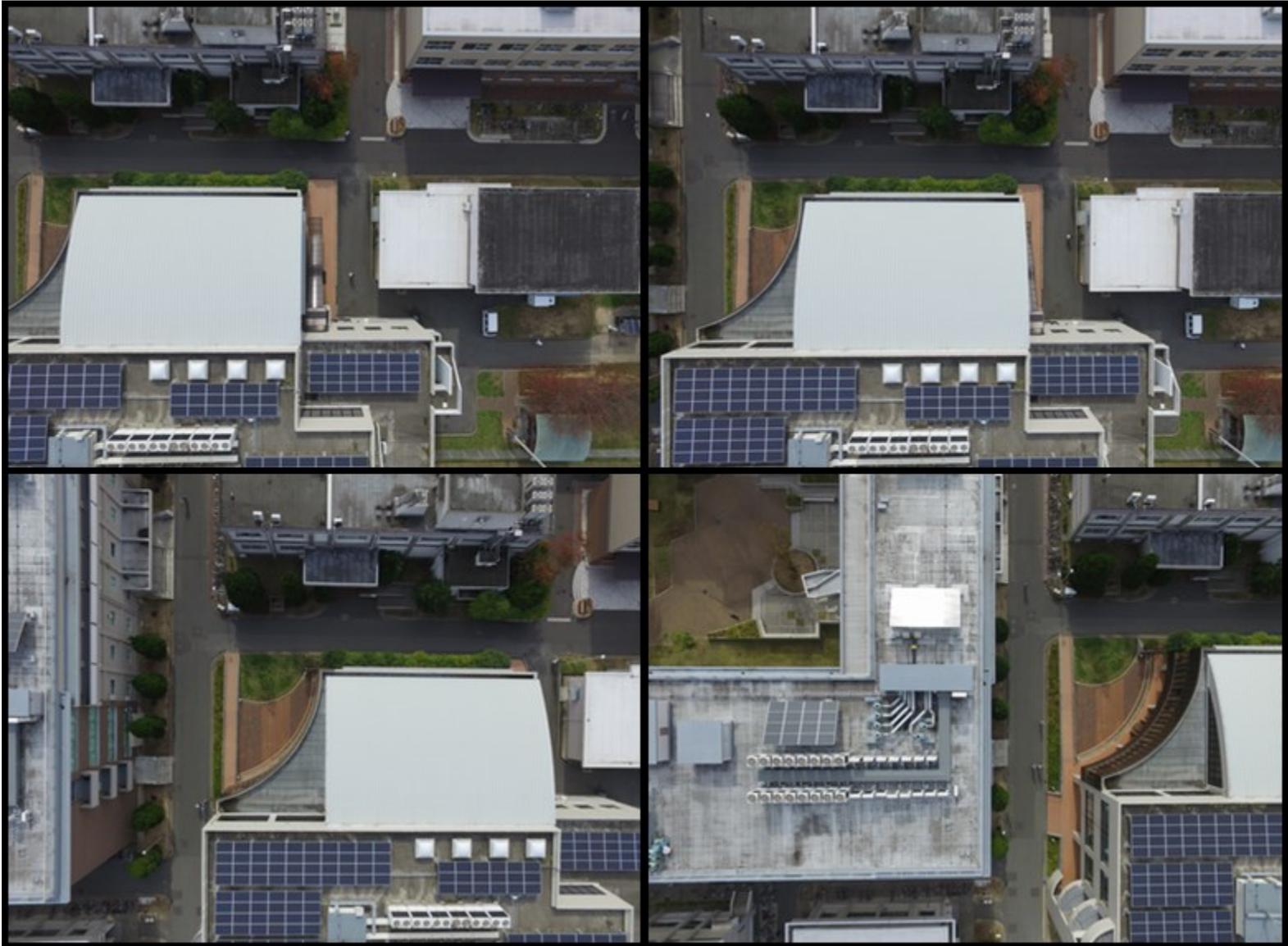
未知パラメータ:

- 各画像を撮影した座標・向き (外部パラメータ)
 - カメラキャリブレーション (内部パラメータ)
 - 特徴点群の座標
- を同時に推定 (最適化) !

An aerial photograph showing a riverbank. The top half of the image shows a dense, green forest or thicket. The bottom half shows a grassy slope leading down to the water. The water is visible on the right side, reflecting light. A black rectangular box is overlaid in the center, containing white text.

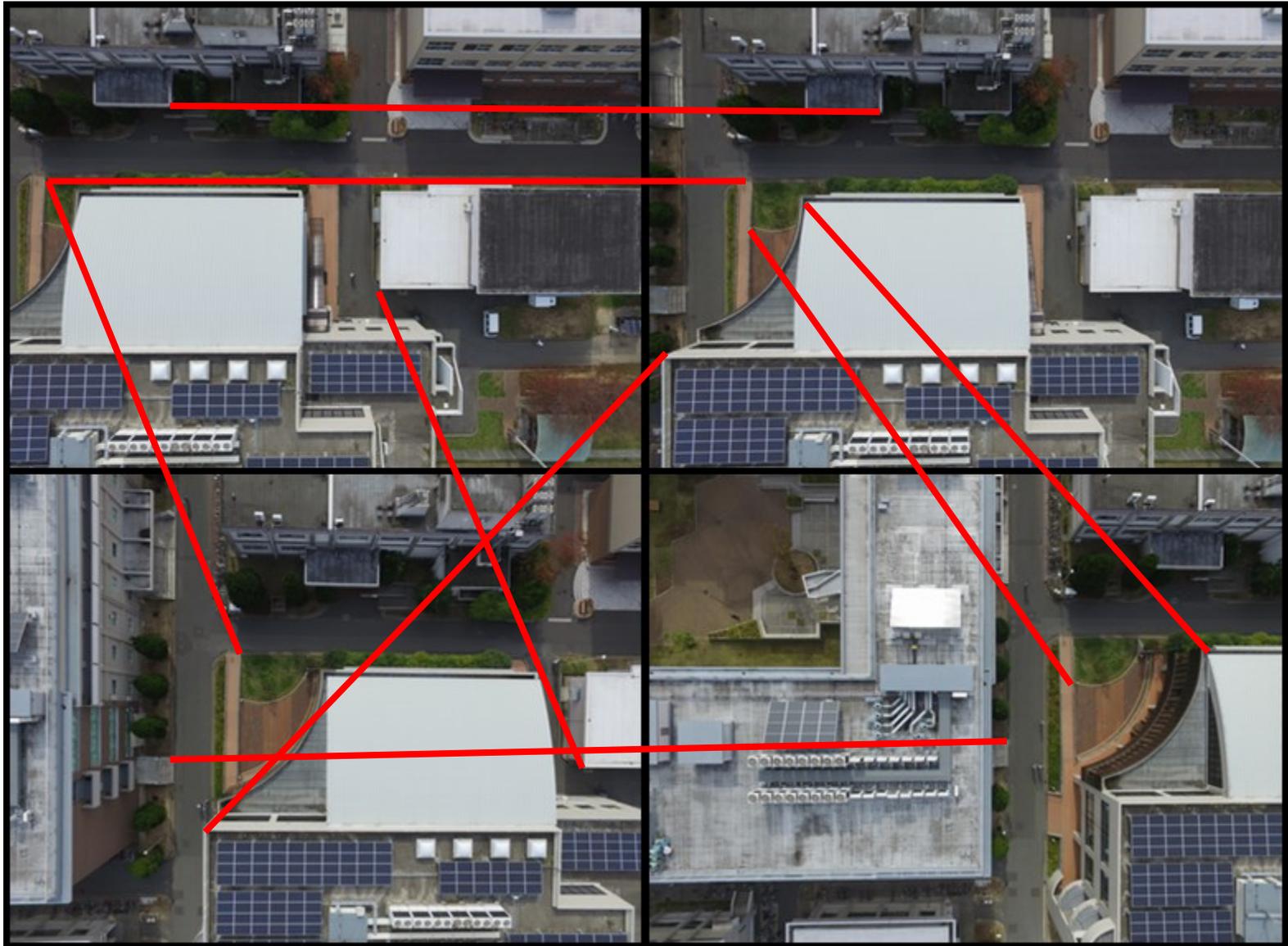
2. UAVによる空中写真測量

STEP 1 : 撮影



十分な重なりのある多数の写真を撮影

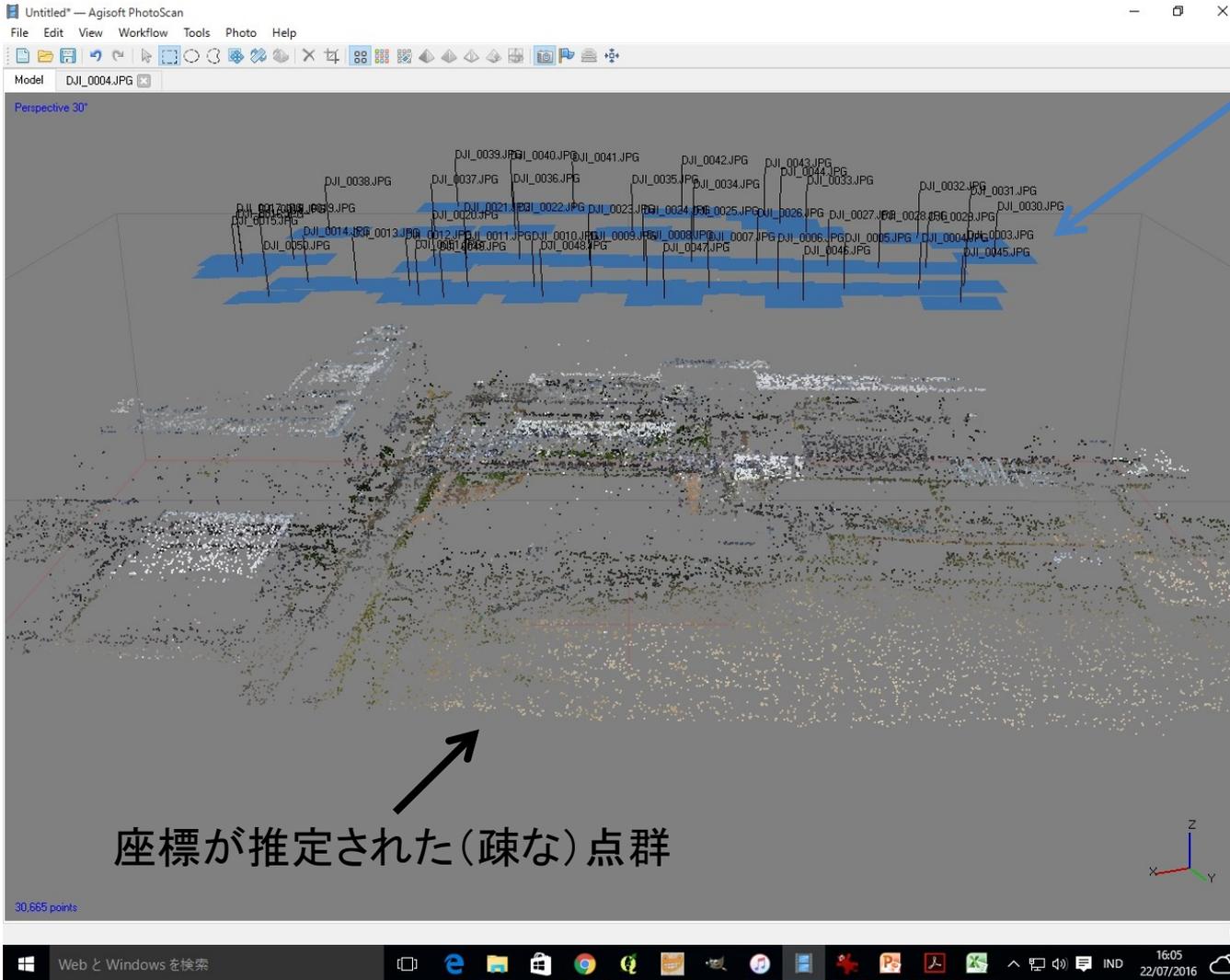
STEP 2 : 粗いマッチング



複数のカメラに共通して写った点(特徴点)を自動検出

STEP 3 : SfM

推定された
カメラの座標・向き
(外部パラメータ)



座標が推定された(疎な)点群

キャリブレーション結果
(内部パラメータ)

粗いマッチングに基づき、拘束条件ができるだけ満たされるように、カメラの座標・向き、キャリブレーション、特徴点の座標を最適化

STEP4: MVS (Multi-View Stereovision)

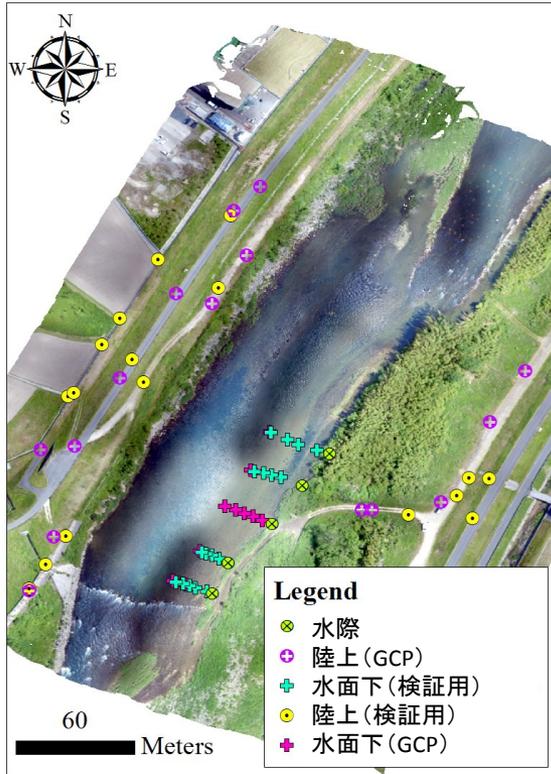


→あとは煮るなり焼くなり

- GCP(対空標識)の座標を使って世界座標を与える
- メッシュ化する
- テクスチャを貼り付ける
- CADに出力する

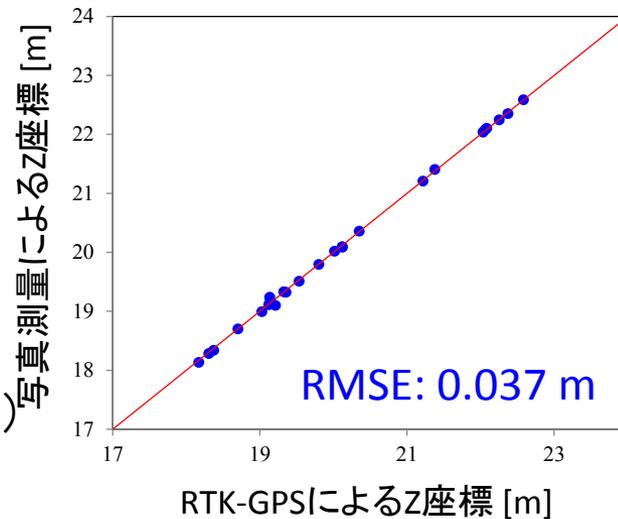
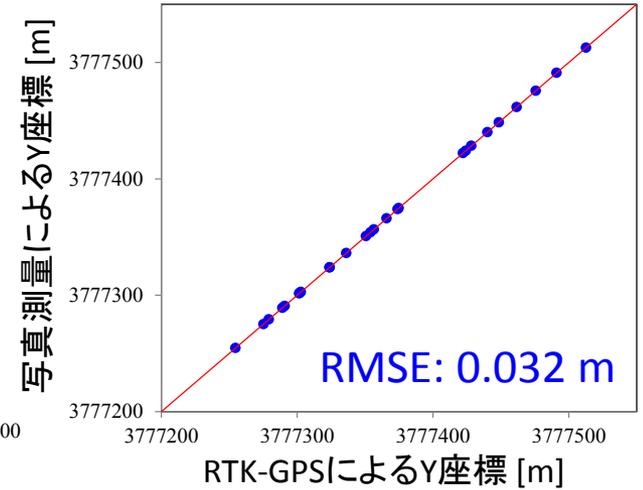
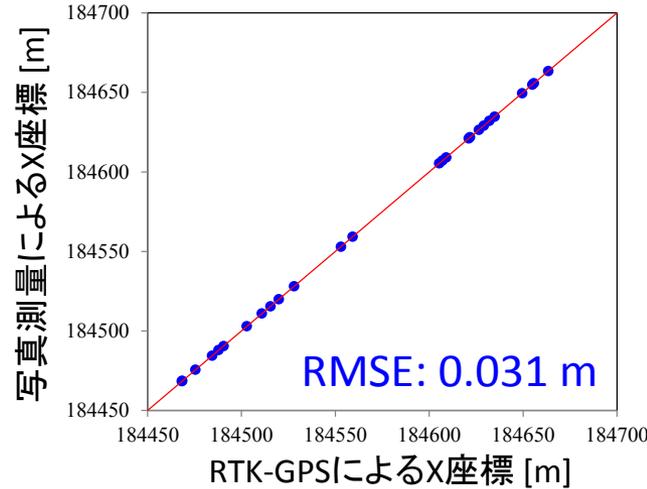
推定されたカメラの外部・内部パラメータに基づき、
密なマッチングによる特徴点群(Dense point cloud)を生成

UAVによる写真測量の精度検証例



【撮影条件】

- 佐波川 金波堰跡付近
- 高度30 m (1画素0.014 m)
- オーバーラップ70%
- 水面反射による障害あり



RMSE: 二乗平均平方根誤差
≡ 平均的な誤差の大きさ

陸上では、(好条件では)RTK-GPSにも匹敵する高精度!

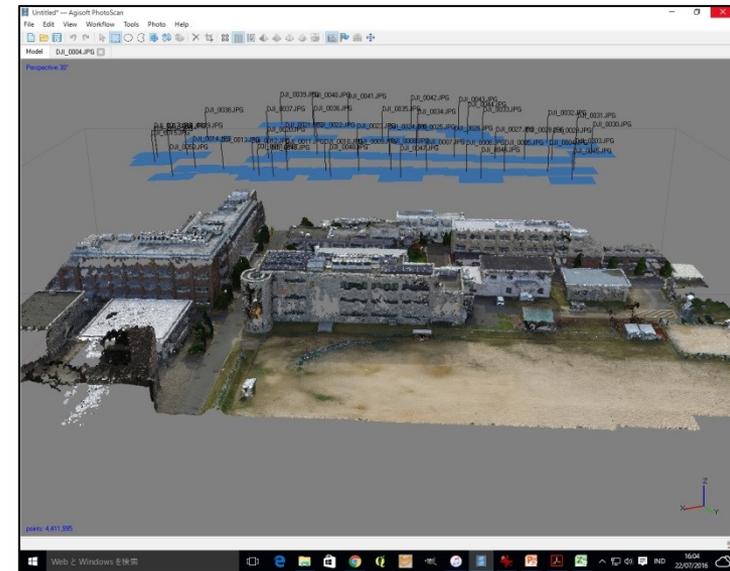
UAVによる写真測量の普及

- UAVに最も一般的に積まれるものは(民生用)カメラ
- UAVの高性能化・低廉化, カメラの高解像度化
- 画像処理技術 (SfM-MVS)の確立とGUIソフトの普及
(写真を取れば後はソフト任せ)



- コンピュータの高性能化
- (陸上の好条件では)高精度

→ 陸上での普及は必至



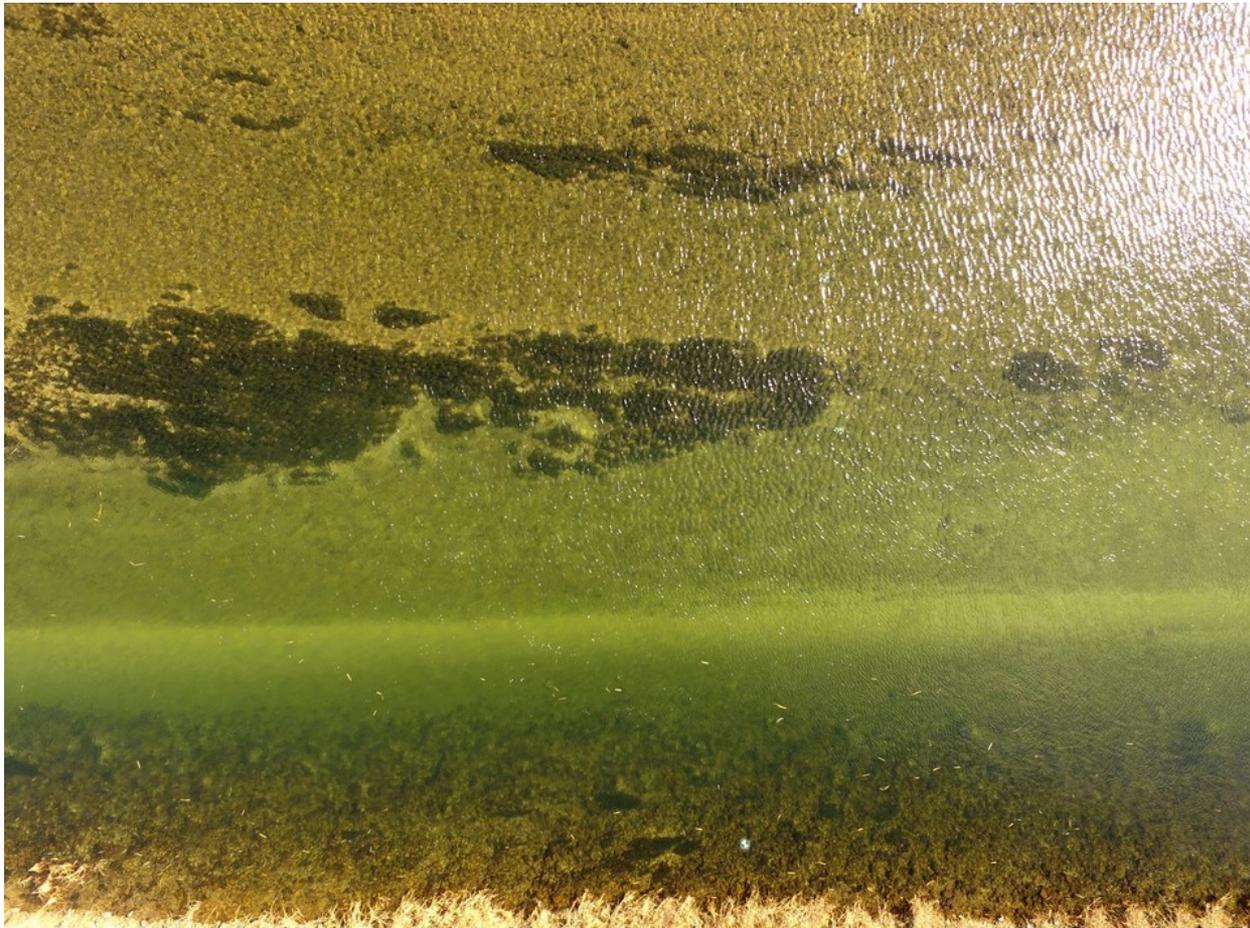
→ 河道などでは, 冠水部の浅い部分にも適用できれば効率的 !

An aerial photograph showing a shallow water area with a grassy bank in the foreground and a body of water in the background. The water is clear, revealing the bottom. The grass is dry and yellowish-brown. A black rectangular box is overlaid on the image, containing white text.

3. 浅水帯のUAV写真測量と課題

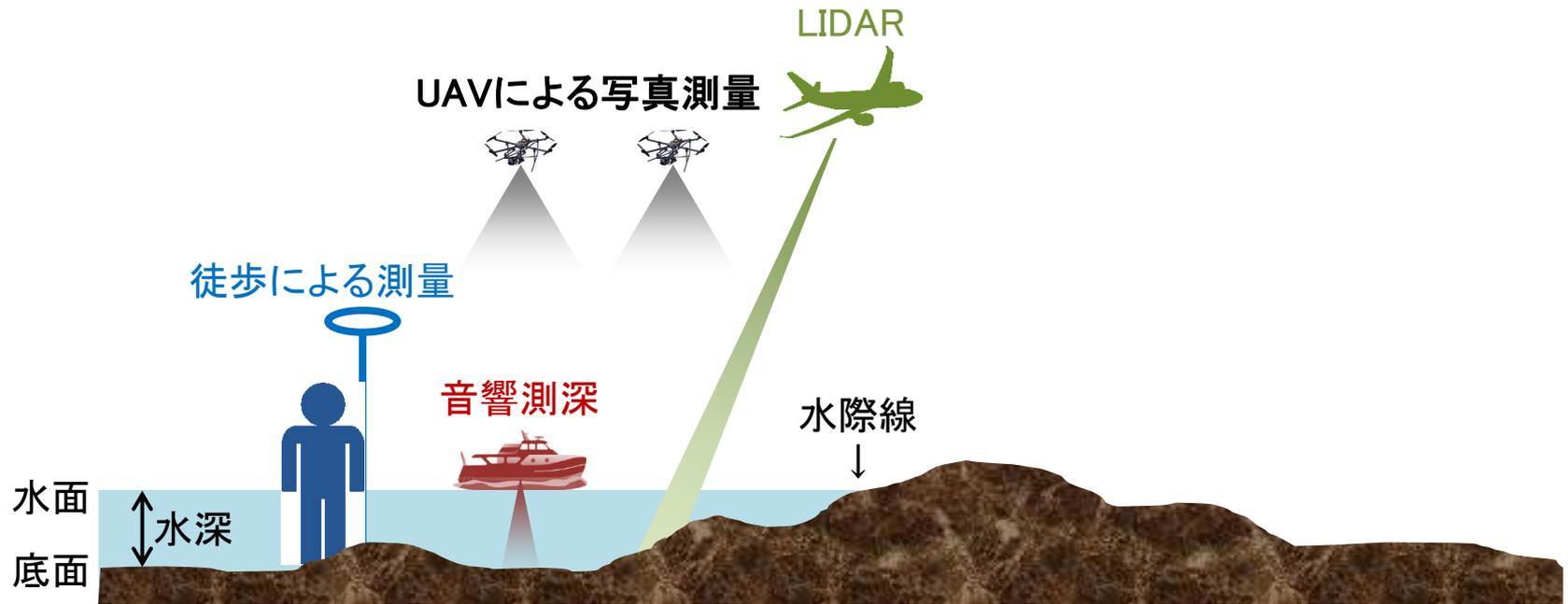
浅水帯のUAV写真測量

- 浅く清澄な水域では、空中写真に水底が明瞭に写ることがある
→ 陸上部だけでなく冠水部も写真測量が可能



佐波川(人丸橋下流)での空中写真例

浅水帯における水面下の地形測量



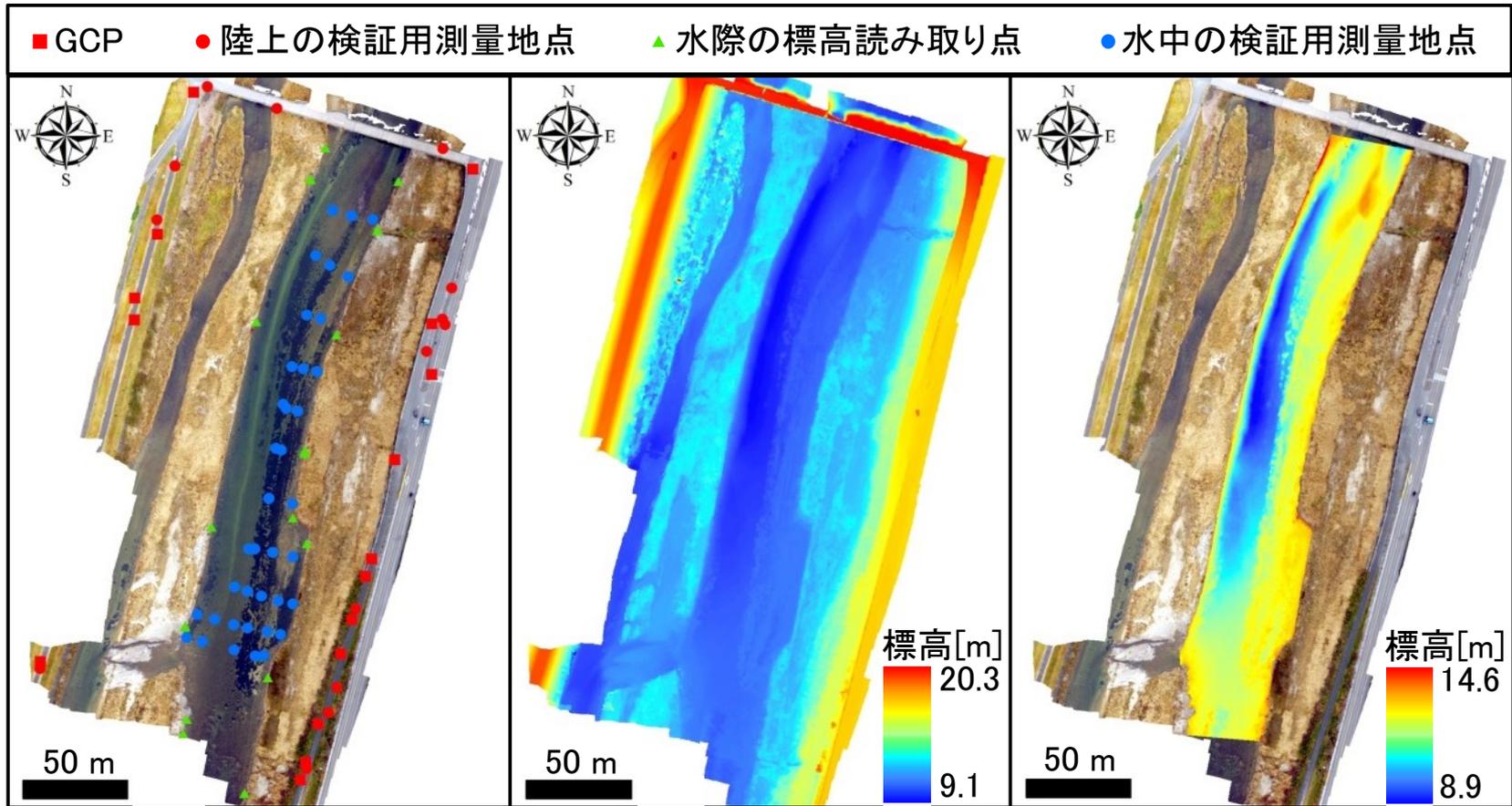
従来の測量方法：**労力・コスト大** → **空間密度・頻度の不足**

例) 河川の定期縦横断測量：5年に1回，約200 m間隔

UAVによる写真測量が実現すれば，従来より**安価・迅速・簡便**に！

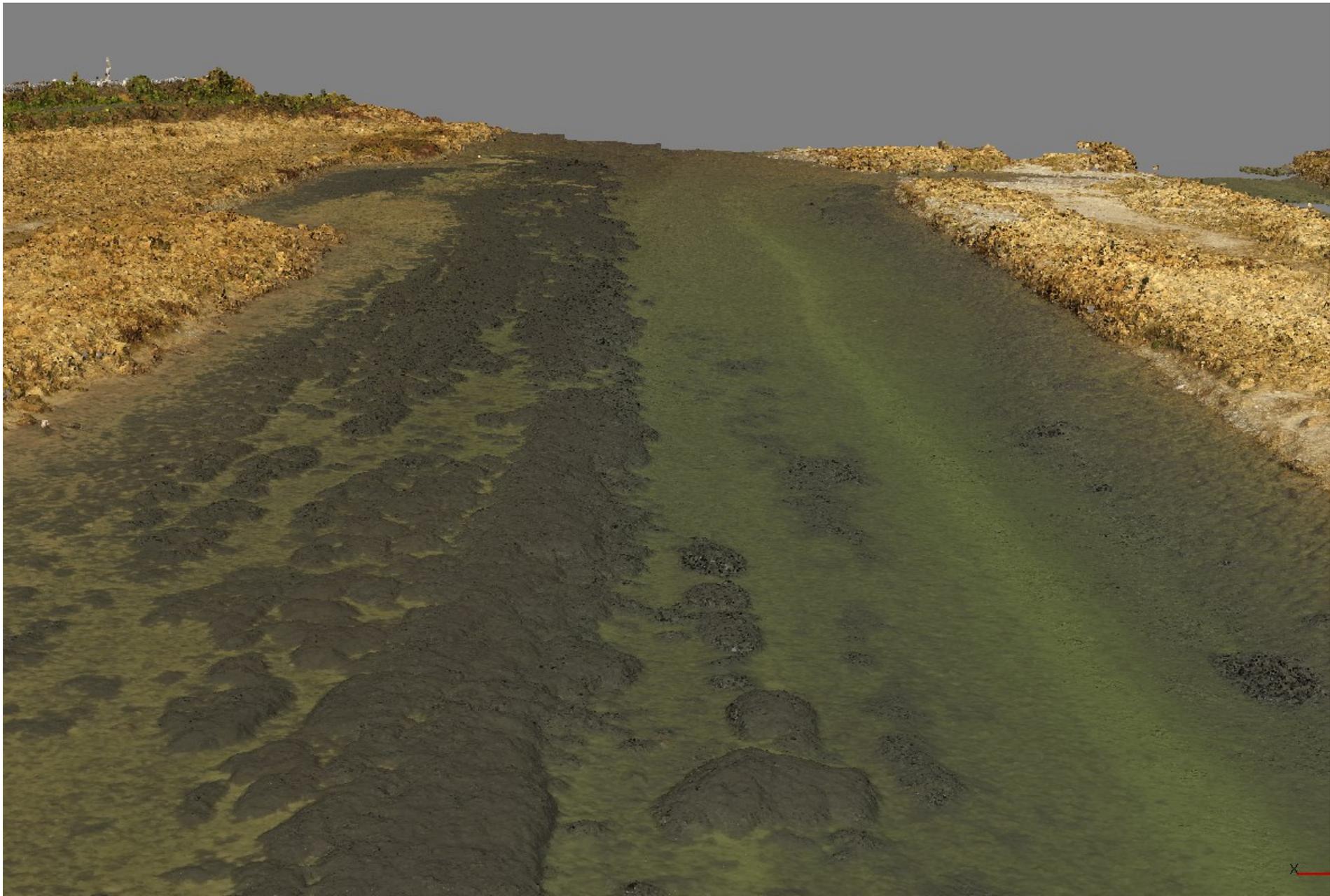
→ 実証研究が国内外でスタート(例：Woodget et al. (2015))

浅水帯のUAV写真測量の例

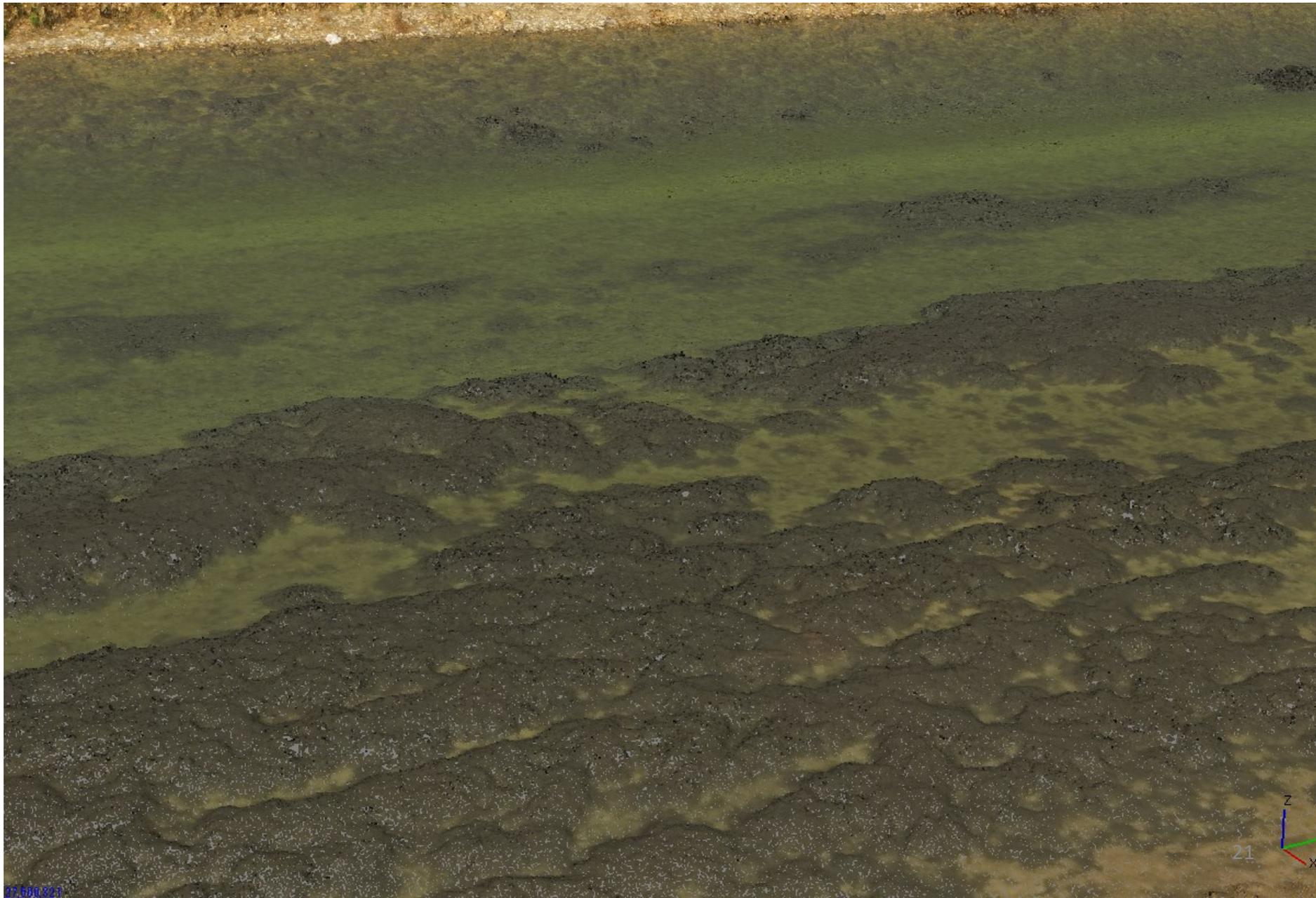


佐波川(人丸橋下流)での適用例

点群の3D表示例

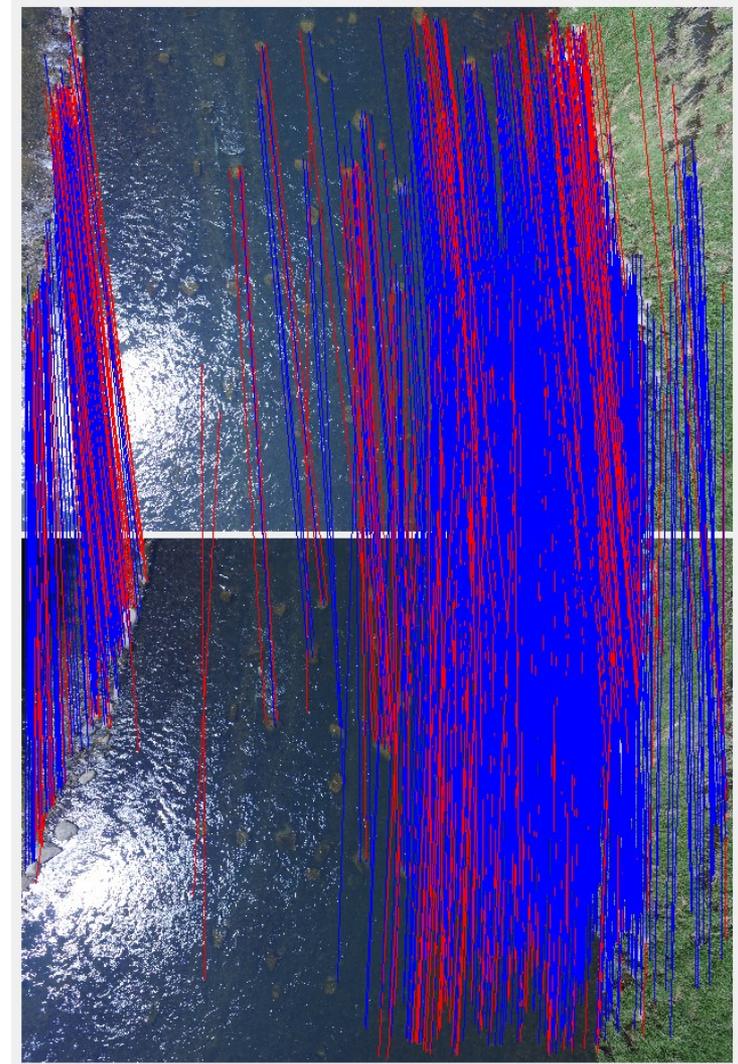
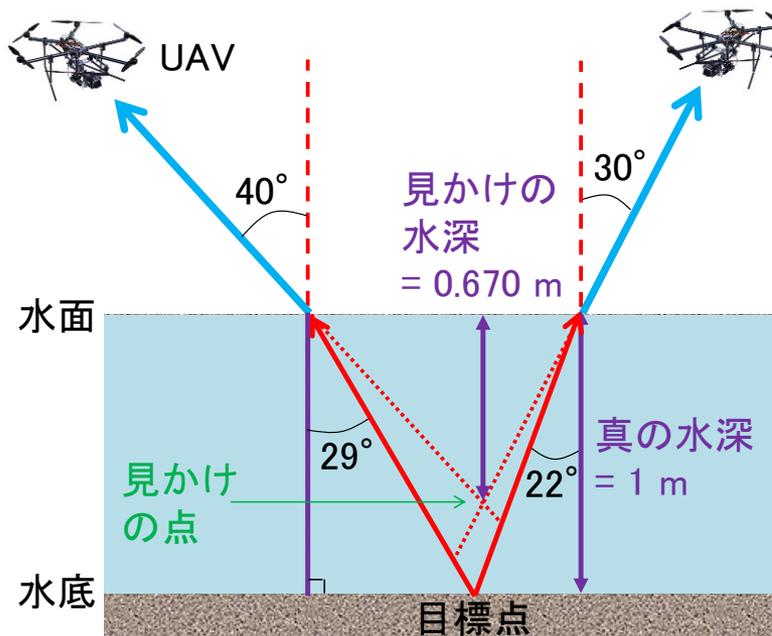


点群の3D表示例



浅水帯のUAV写真測量の問題点

1. 濁った／深い 場所には**適用不可**
2. 光の**水面反射**により、太陽や空が写りこみ、水底が不鮮明に
→ **水面反射除去技術の開発**
3. 光の**水面屈折**によって、浅く見える
→ **水面屈折補正技術の開発**



異なる2地点から撮影した画像間の疎なマッチング²²