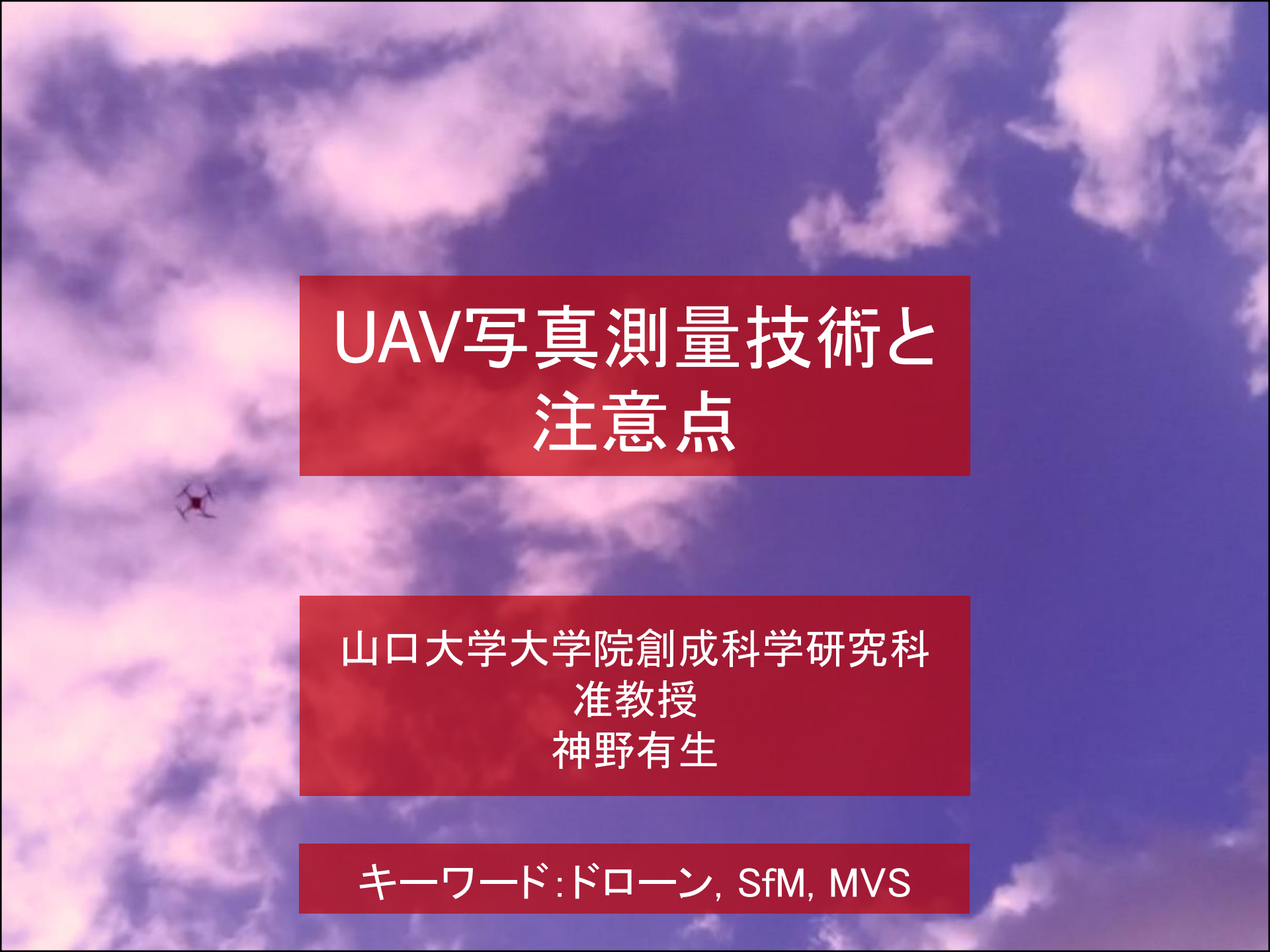


A small black drone is visible in the upper left quadrant of the image, flying against a backdrop of a bright blue sky filled with soft, white, fluffy clouds. The drone is a quadcopter type, with its four rotors clearly visible.

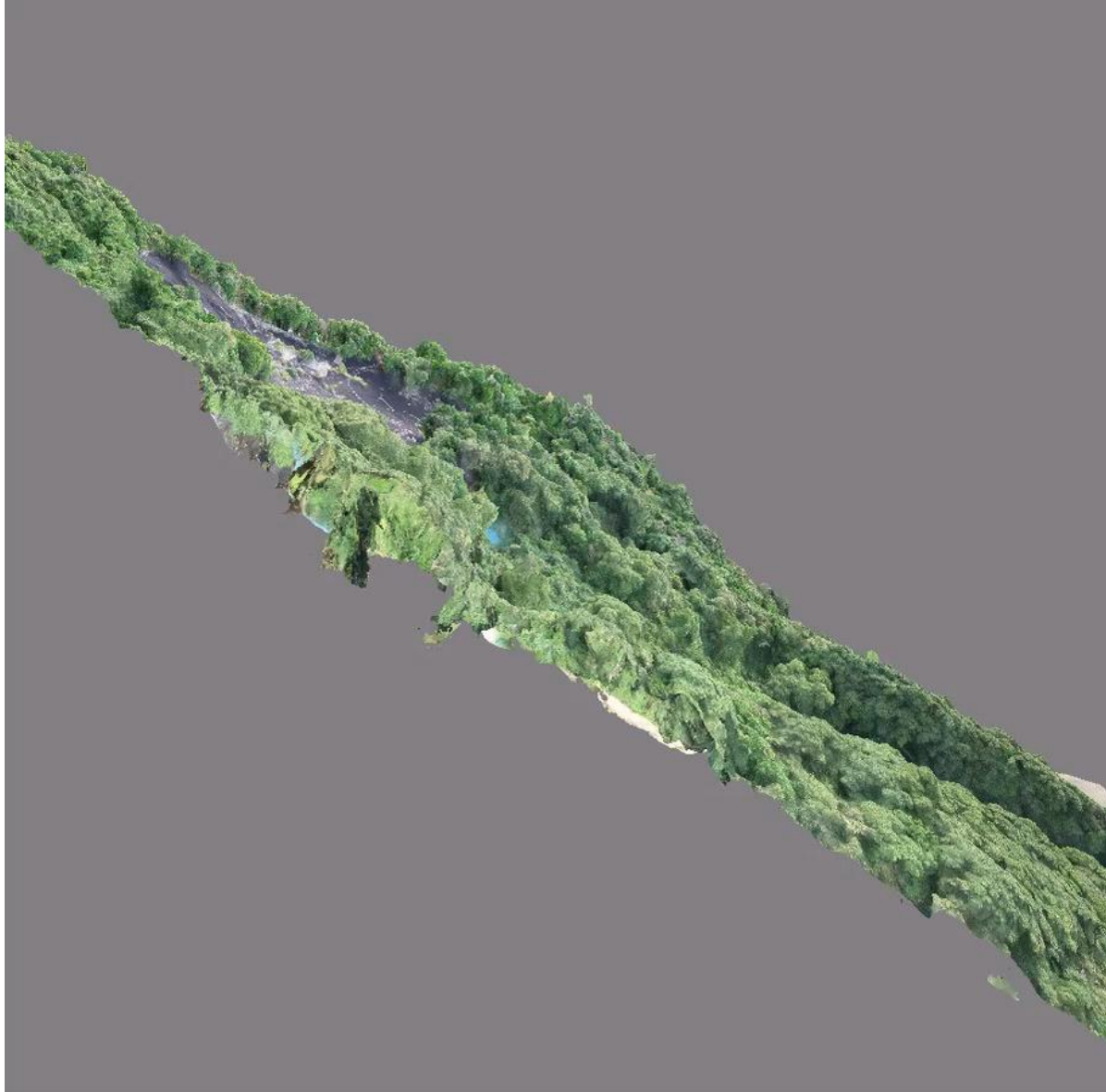
UAV写真測量技術と 注意点

山口大学大学院創成科学研究科
准教授
神野有生

キーワード: ドローン, SfM, MVS

事例1：土砂災害現場の3Dモデル

標定点（地上測量点）なし，画像2120枚 → 2650万点 → メッシュ



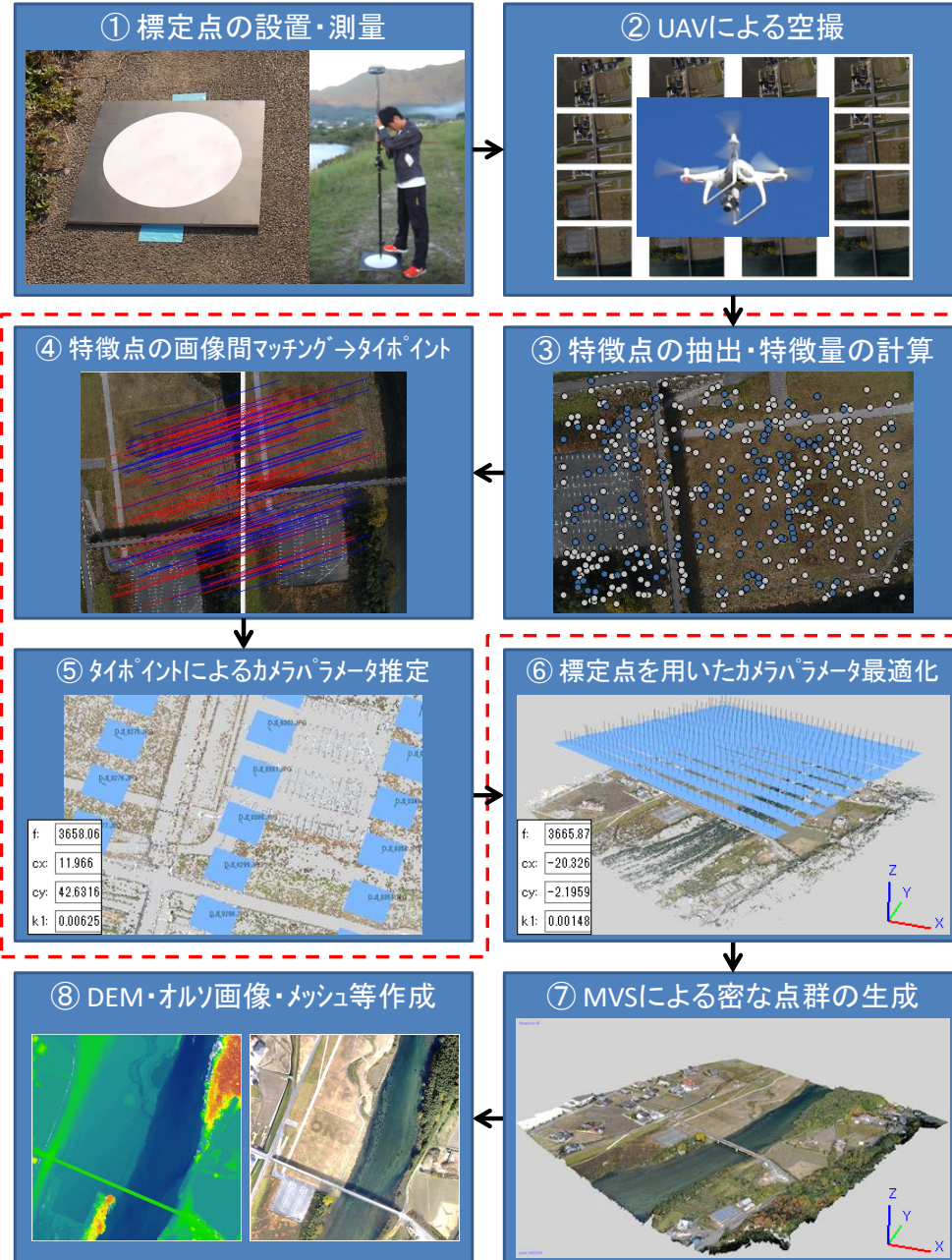
事例2：河道の3D点群と撮影位置

水面化を含めて測量した例；画像400枚 → 1億点



UAV写真測量の一般的なフロー

(「山口大学 空中測量
研究室の技術ノート」より)



前半部 拡大

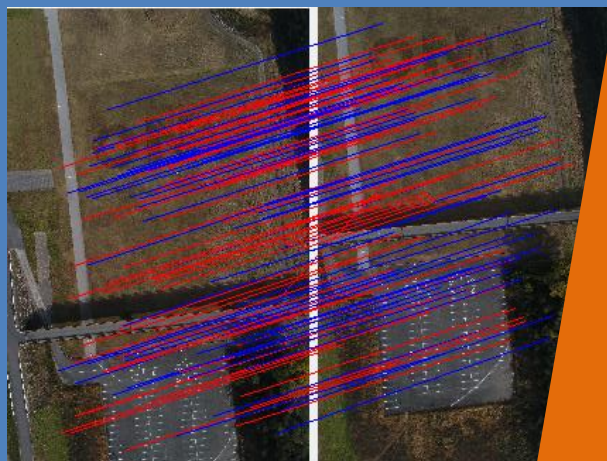
① 標定点の設置・測量



② UAVによる空撮



④ 特徴点の画像間マッチング→タイポイント



③ 特徴点の抽出・特徴量の計算



⑤ タイポイントによるカメラ

画像間に対応づけられた
特徴点

点を用いたカメラパラメータ最適化

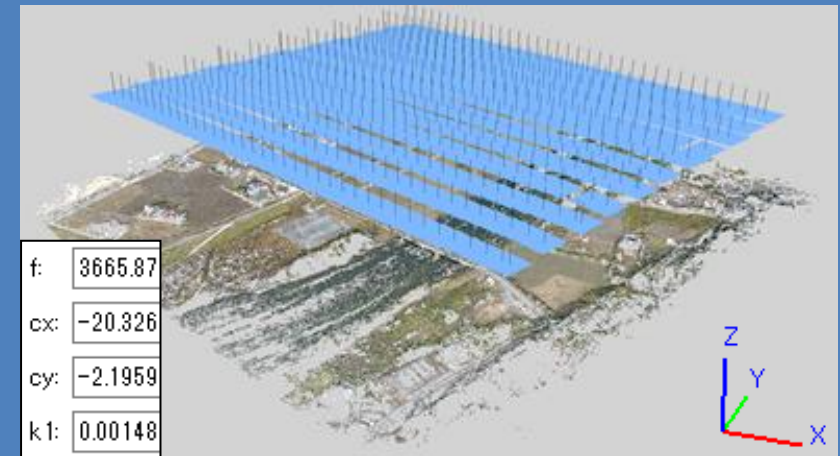
後半部 拡大

撮影位置・向き・
カメラの画角・歪み等
精度の要！

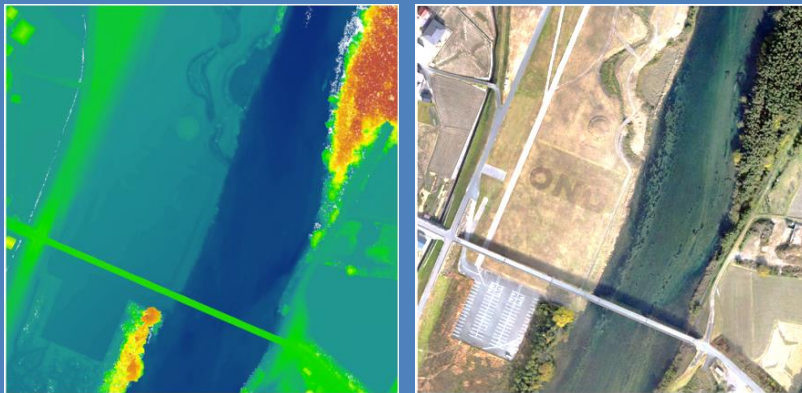
⑤ タイポイントによるカメラパラメータ推定



⑥ 標定点を用いたカメラパラメータ最適化



⑧ DEM・オルソ画像・メッシュ等作成



⑦ MVSによる密な点群の生成

(カメラパラメータに基づく密なマッチングと三角測量)



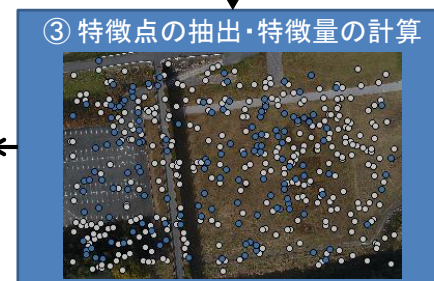
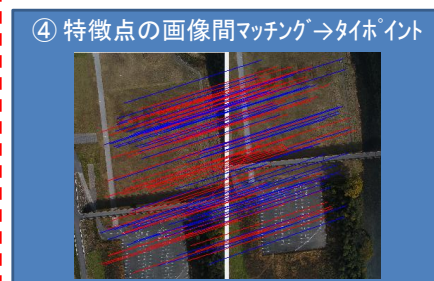
要素技術(SfM, MVS)は確立.

残された課題：精度と効率の両立，水中への応用

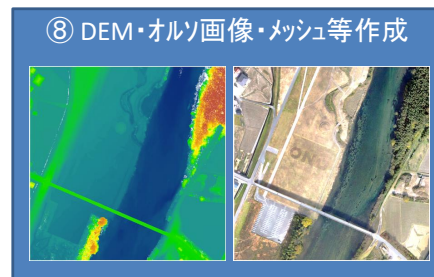
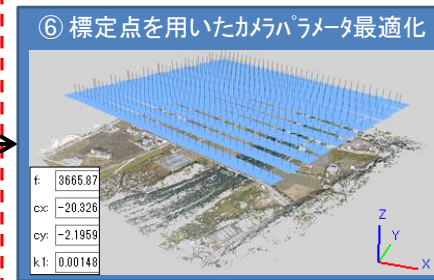
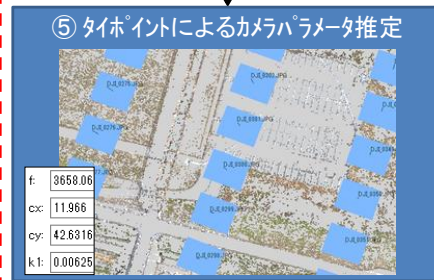
必要最小限の
点数は？
配置は？



必要最小限の
重複率は？
斜め撮影の
枚数・角度は？



SfM

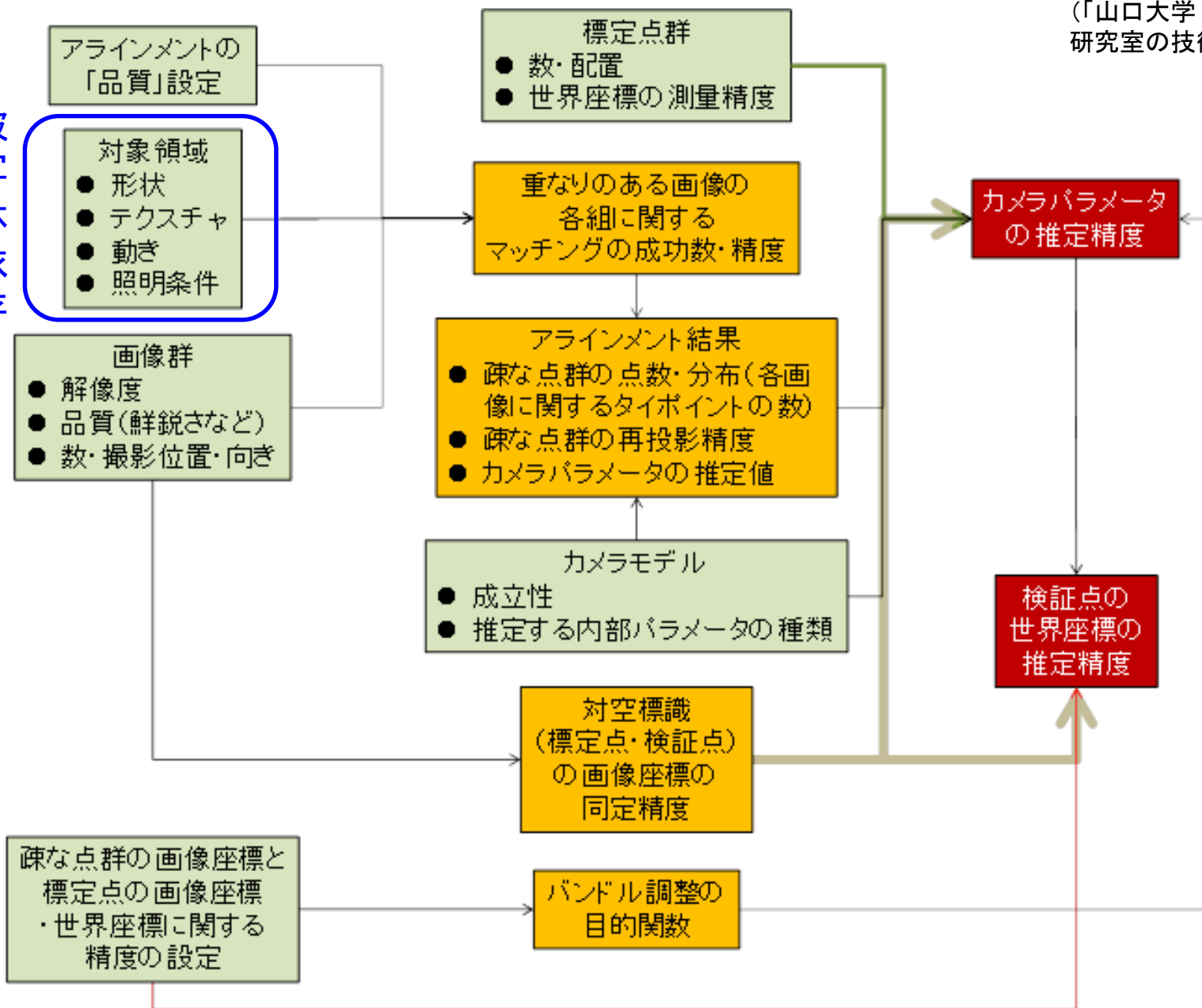


水底への
適用条件は？
上限水深は？
屈折の補正は？

精度の要「カメラパラメータ推定精度」に効く要因

(「山口大学 空中測量
研究室の技術ノート」より)

被
写
体
依
存



UAV写真測量の心得（？）

- UAV写真測量の精度は多くの要因に複雑に依存し、被写体・風など事前の評価や制御が困難な要因もある。
 - 原理的に「賭け要素」がある。
 - 再現性の担保も難しい場合がある。
 - 「どんな場合でも誤差が5 cm以内になる撮影方法」などは存在しない。
 - 個々の精度検証実験の結果を安易に一般化すべきではない。
→ どうしても「結論」を書く必要がある論文でも「可能性が示唆される」程度が適切？
- ただし原理を理解すれば、基本的な間違いを避けて、「勝率」を上げることは出来る。
 - 基本的な間違いを避けつつ、細かい条件別に経験知を積み重ねることで、精度はある程度安定するはず。

よくある基本的な間違い

【標定点・検証点の設置】

(「山口大学 空中測量
研究室の技術ノート」より)

1. 画像から自動検出できないパターンの対空標識を使う。
2. 自動検出の成功率が低い、不十分な大きさの対空標識を使う。
3. 標定点をほぼ同一標高または同一平面上に置く。

【撮影】

1. 風で草木が揺れているときに撮る。
2. すべての写真を鉛直下向きに撮る。
3. フォーカスや絞りを固定しないで撮る。
4. 揺れる植生や水ばかりが写った画像が生じるような低高度から撮る。

【解析】

1. UAVから得られた撮影位置の座標情報に数m以上の誤差があるのに、SfMに使う。
2. SfMが用いる各座標情報(タイポイントの画素座標、標定点の画素座標・世界座標、(用いる場合)撮影位置の世界座標)に関する重みを設定しない。
3. 対空標識が写った大半の画像で自動検出が成功していることを、確認しない。
4. SfMに使った標定点での残差(推定した座標と別途実測した座標の差)を精度とみなす。

【認識】

- 1. UAV写真測量の精度は、UAV・カメラ・レンズ・解析ソフトの性能でほぼ決まる。
- 2. プロが正しい方法で撮影・解析すれば、精度は一定範囲に収まる。
- 3. オーバーラップ率や画像数が大きすぎても、精度に悪影響がある。
- 4. 誤差は原理的に、地上画素寸法(地上高さでの1画素のサイズ)より小さくはない。

原理を理解するための作図演習問題

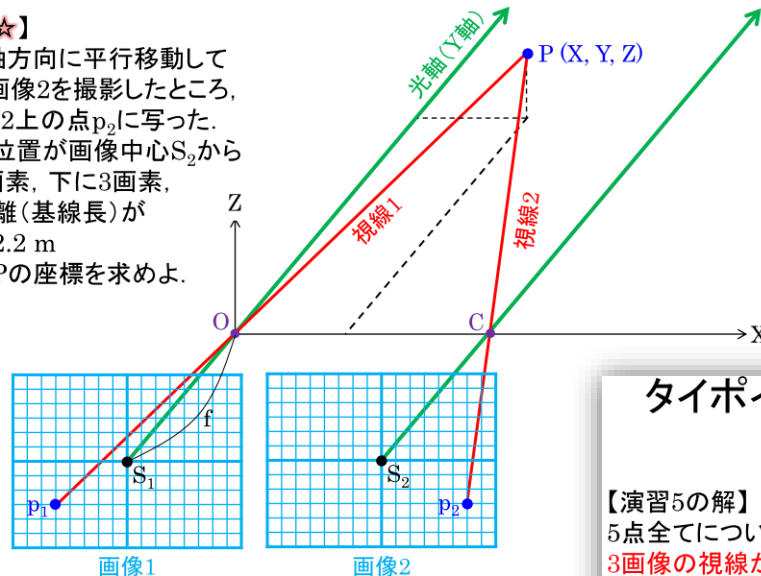
「山口大学 空中測量研究室の技術ノート」に好評掲載中！

<https://ameblo.jp/rs-algorithm-designer/>

共線条件が複数あれば、Pの座標が求まる：
写真測量(写真に基づく三角測量)の原理

【演習2 ☆☆】

カメラをX軸方向に平行移動して
もう1枚の画像2を撮影したところ、
点Pは画像2上の点 p_2 に写った。
✓ 点 p_2 の位置が画像中心 S_2 から
右に6画素、下に3画素、
✓ 移動距離(基線長)が
 $OC = 2.2\text{ m}$
のとき、点Pの座標を求めよ。

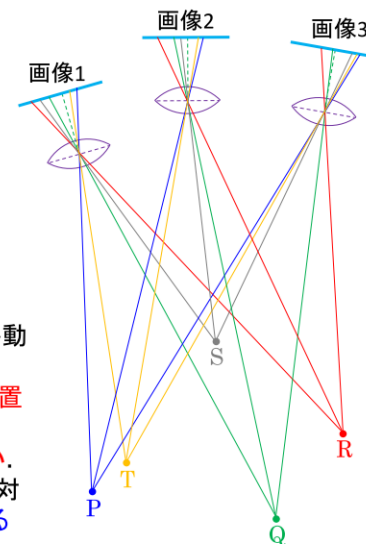


タイポイントに基づく撮影位置・向きなどの推定 (バンドル調整)

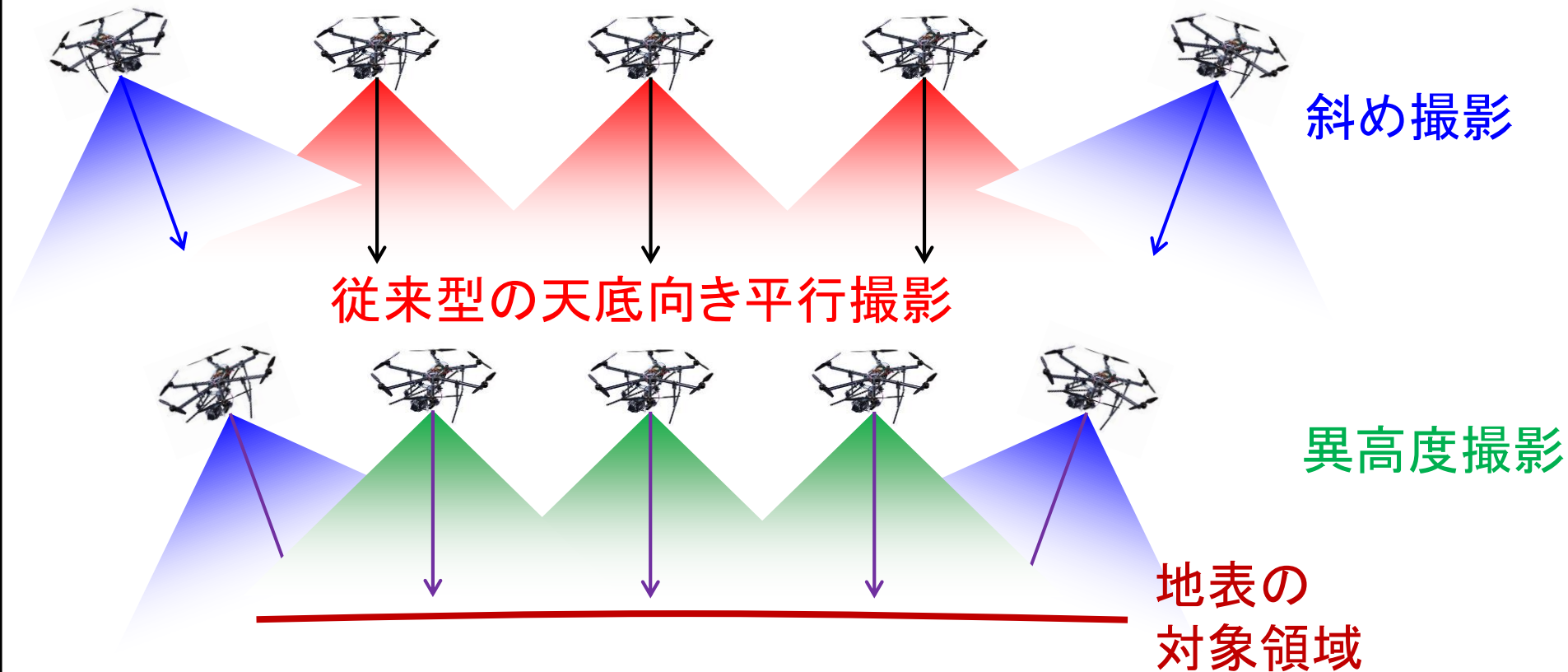
【演習5の解】

5点全てについて、
3画像の視線が1点で交わるように、
各カメラの位置・向きを調整すれば、
右図のように
✓ 3画像の相対的な撮影位置・向き
✓ 5点P, Q, R, S, Tの相対的な位置
が同時に求まる。

ただし、右図は全体を
(縦横比を維持して)拡大縮小・回転・平行移動
しても「成り立つ」ので、
絶対的なスケール、撮影位置・向き、点の位置
は求まっていない。
画像だけでは相対的なものしか求まらない。
→ いくつかの点(標定点) or 撮影位置の絶対
座標を与えることで、絶対座標系に載せる
(ジオリファレンスする)必要あり。



標定点をゼロにするための基本撮影戦略



- 従来型の天底向き平行撮影のみでは、奥行きやレンズ歪みの誤推定により、地形が歪んで推定されやすい
- 斜め撮影 (一部 or 全部) や異高度撮影の追加により、系統誤差を抑制し、精度を安定させることができる