

Airpeak S1+ α 7 IIIによる 光軸最適化撮影を用いた UAV写真測量の精度検証実験



山口大学 ○神野有生・近 淳之介・Truc Ho Thanh

株式会社GEOソリューションズ 春名正基・藤井達士・栗田匡平

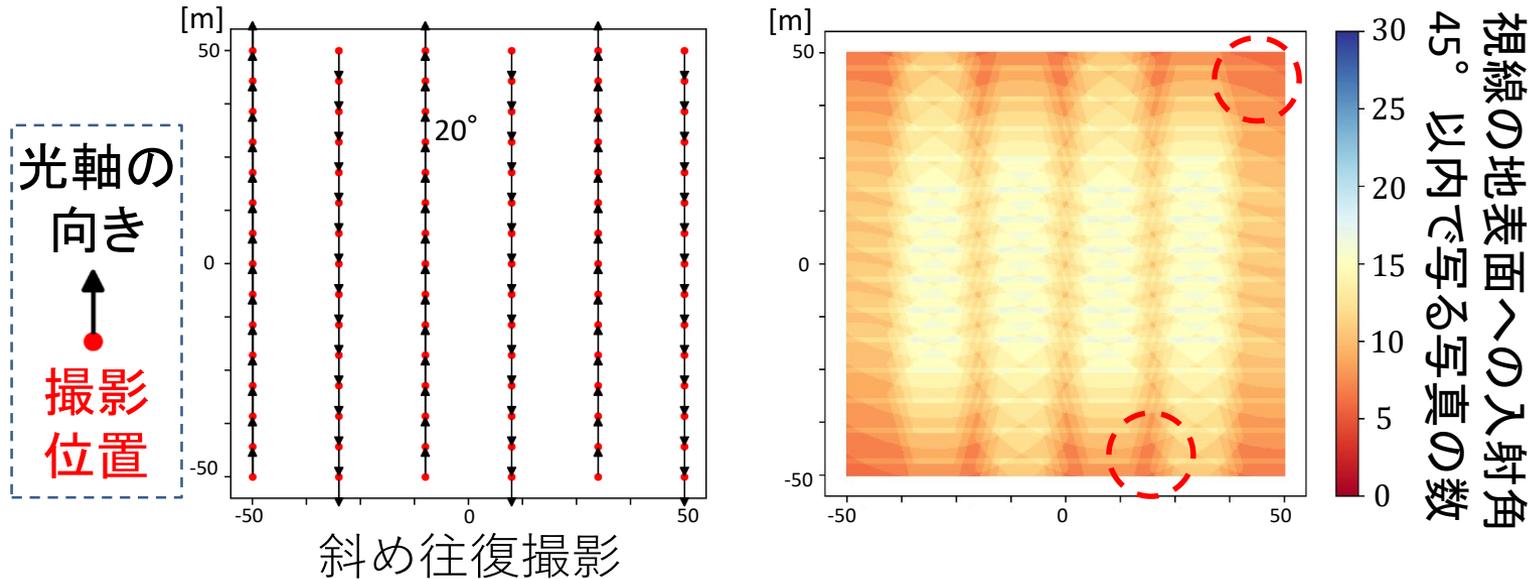
※ 本研究の一部はJSPS科研費(22K04333)の助成を受けました。

UAV写真測量の課題：効率的撮影方法

たくさん撮れば精度は上がるが撮影・解析に時間がかかる.

撮影枚数が多くなくとも精度を確保できる「効率的」な撮影方法(=撮影する位置と向き)は、単純な正方形の平坦地についてすら未確立.

↓よく使われる斜め往復撮影にも欠点有り



(i) 撮影方法の模式図 (ii) 「写る写真の数」の空間的ムラ

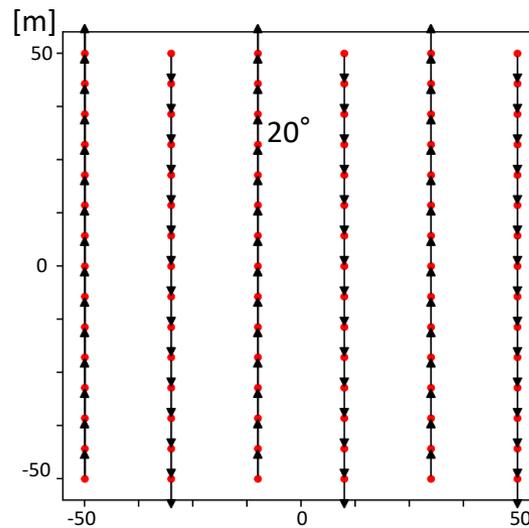
図. 100 m四方の平坦地の斜め往復撮影のシミュレーション例.
(カメラを鉛直下向きから前に20度傾けて往復飛行, 高度73 m,
重複率80%×63%, DJI Phantom 4 RTKを模した24 mmのカメラ)

「光軸最適化撮影」というアプローチ

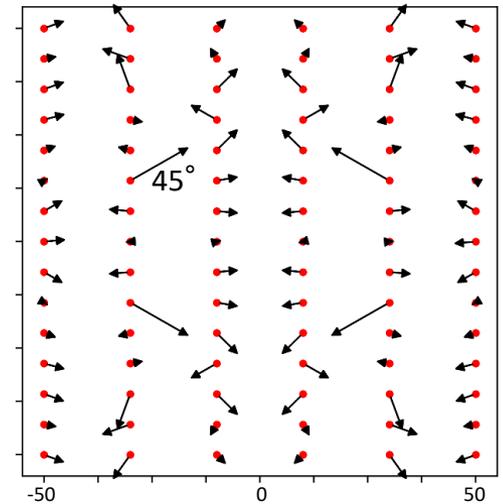
対象領域内を満遍なく撮れるよう、
各撮影位置での
カメラの光軸の向き
(天底角と方位角)を
工夫する方法

※ 撮影位置や光軸まわりの
回転角はいじらない。

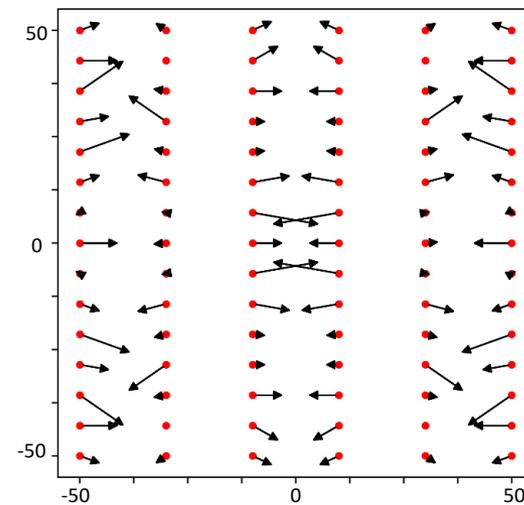
本研究では、
高田(2022)が開発した
3つの光軸最適化撮影
を現地実験で検証した。



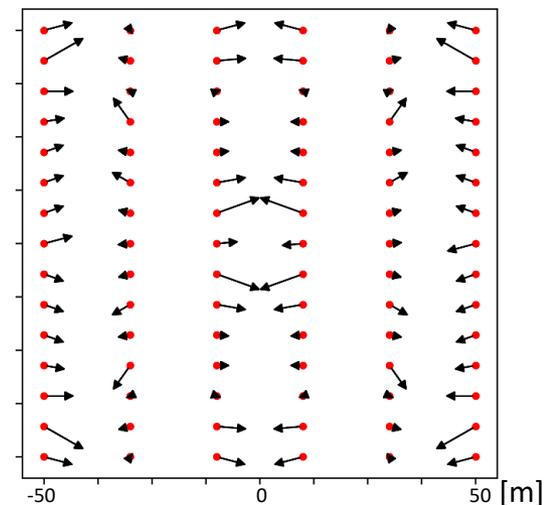
斜め往復撮影



光軸最適化撮影A



光軸最適化撮影B



光軸最適化撮影C

「光軸最適化撮影」というアプローチ

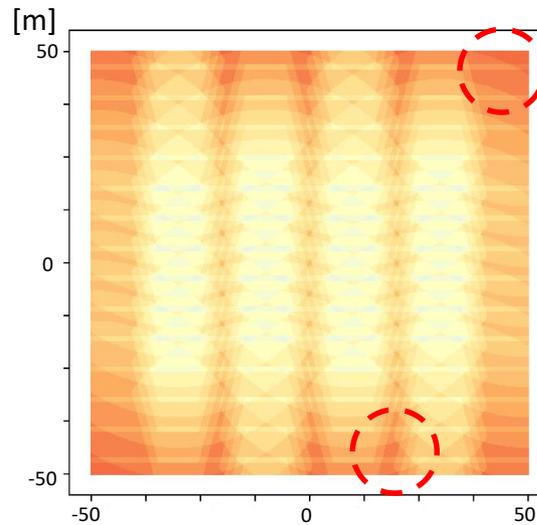
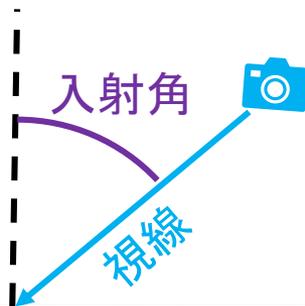
光軸最適化撮影A-C:

各撮影位置での光軸の向き
の様々な組み合わせの中
で、

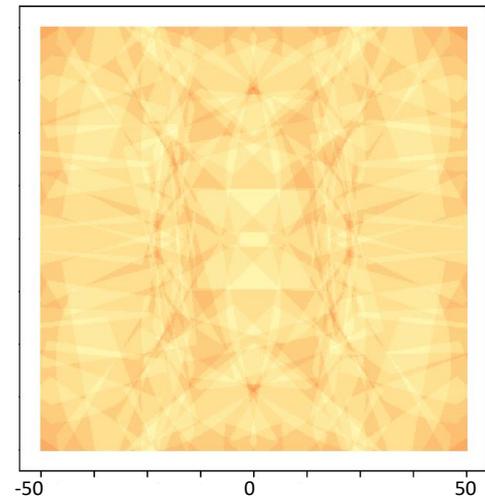
✓ 他画像とのマッチングに
適したアングル(視線の
地表面への入射角 45°
以下)で写る写真数が少
ない領域が小さく、

✓ 事前のCGシミュレーション
でのSfM, MVSの精度が
良かった

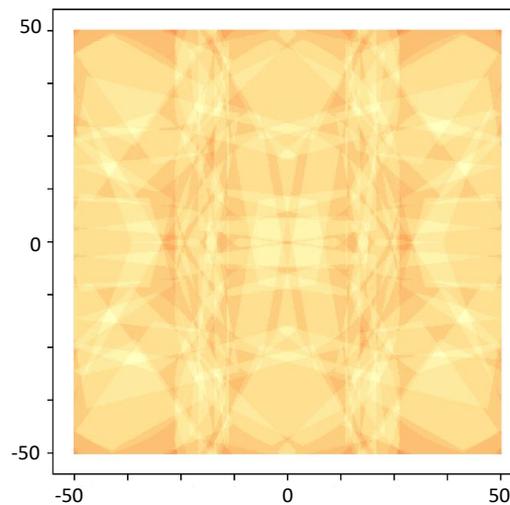
撮影方法



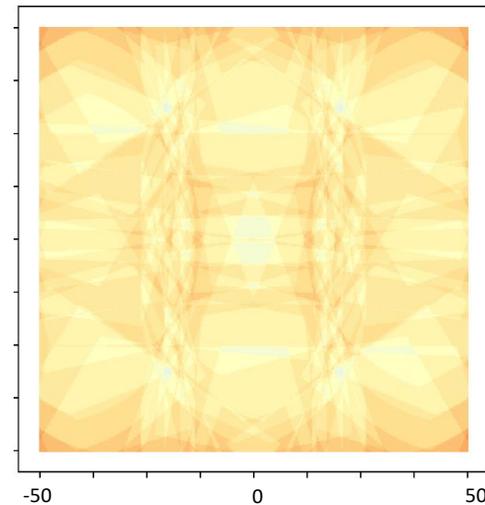
斜め往復撮影



光軸最適化撮影A



光軸最適化撮影B



光軸最適化撮影C

視線の地表面への入射角
 45° 以内で写る写真の数

現地実験方法 その1

撮影位置



【対象領域】

短い天然芝で被覆された
100 m四方の平坦な領域
@貝塚市立ドローン・クリケットフィールド

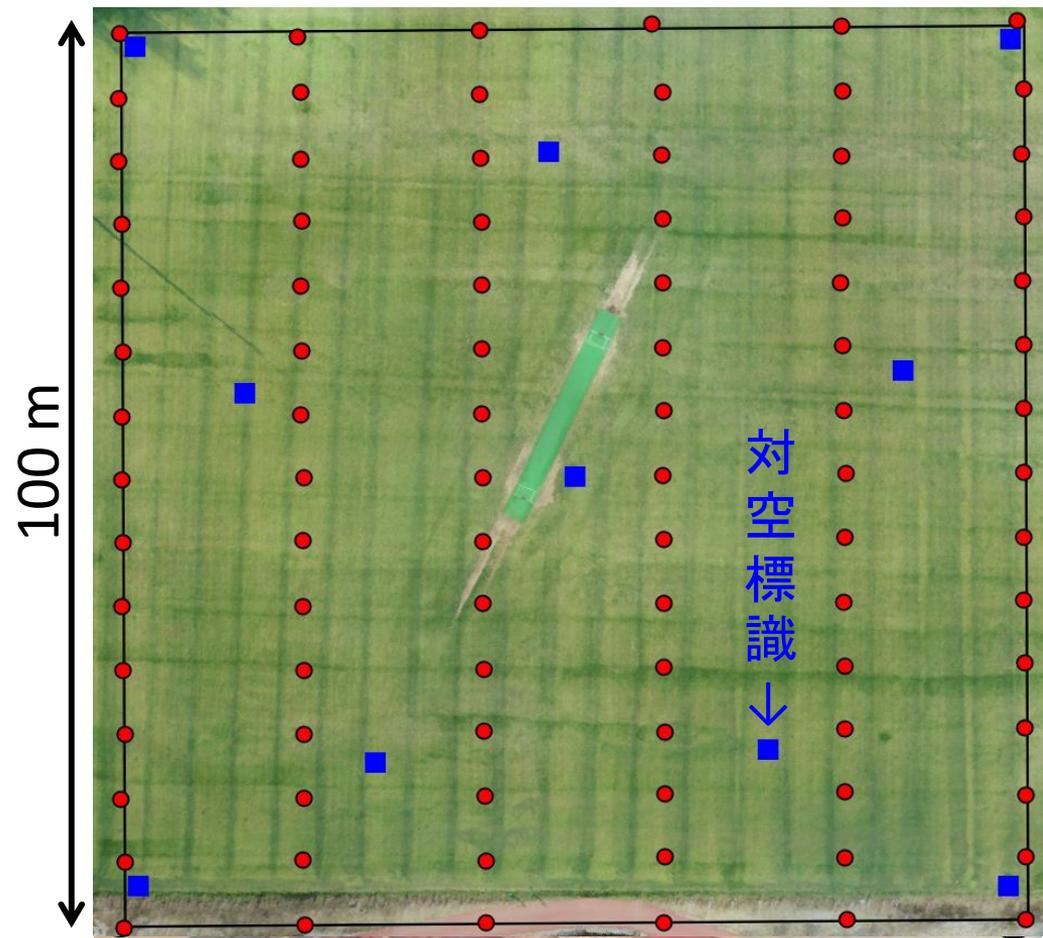
【UAV+カメラ】

- ① DJI Phantom 4 RTK
 - ② SONY Airpeak S1 + α7 III
- の2ケースを設定

【対空標識】

図に■で示す10点

- ✓ ケース①では全て検証点として使用.
- ✓ ケース②では4隅の点をジオリファレンスに, 他の6点は検証点として使用.



現地実験方法 その2

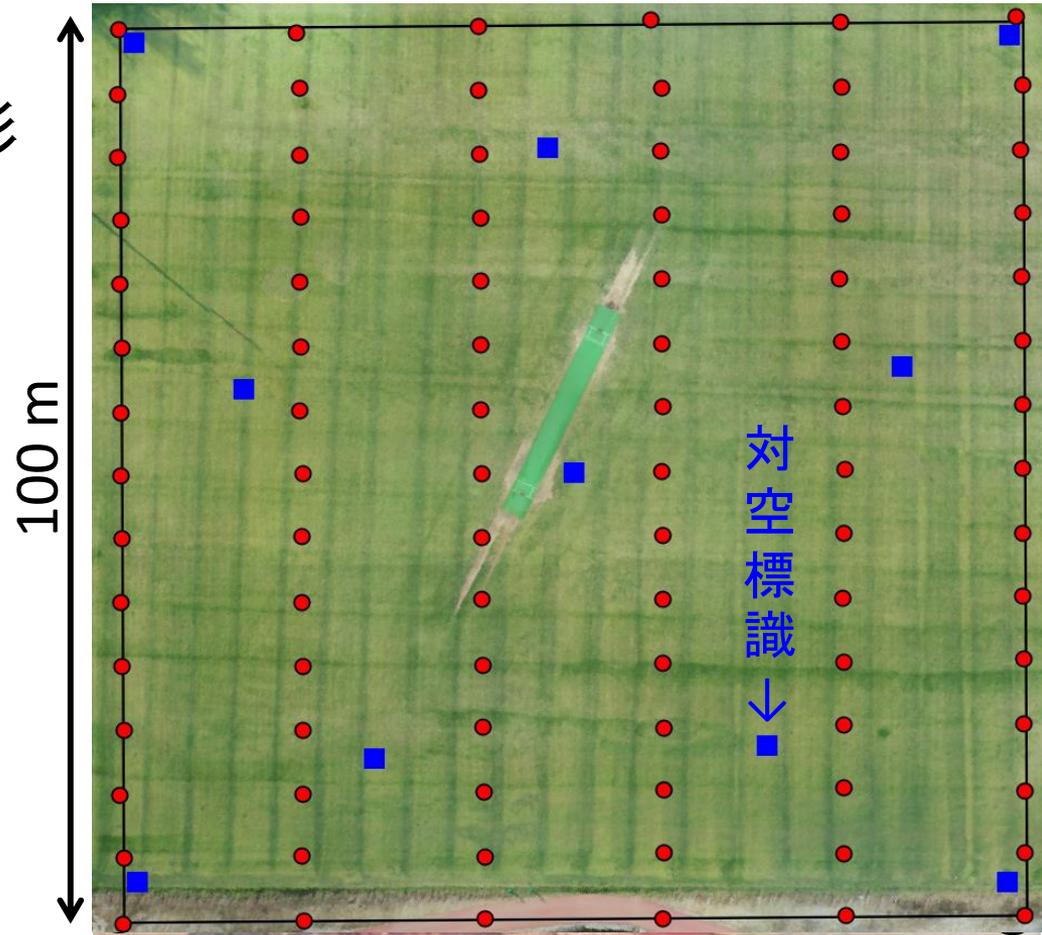
撮影位置



【撮影方法】

- ✓ 天底角 20° 斜め往復撮影
- ✓ 光軸最適化撮影A-C

撮影位置は4方法とも共通：
対地高度約36 mに、
鉛直下向きの平行光軸撮影
の場合の重複率が
 $80\% \times 63\%$ となるように格子
状に配置された計90点(※).



※ ケース②では1点で撮影失敗し89点

現地実験の写真



SONY Airpeak S1 + $\alpha 7$ III



DJI Phantom 4 RTK



対空標識タイプ1



対空標識タイプ2
(GNSS受信機内蔵; AEROBOマーカー)

現地実験方法 その3

【解析方法】

Agisoft Metashape Professional 1.5.5を標準的な設定:

- ✓ 画像の縮小倍率: 1倍 (縮小なし)
- ✓ 画像あたり上限特徴点数: 50000点
- ✓ 考慮した内部パラメータ (Brownのモデル): $f, c_x, c_y, k_1, k_2, k_3, p_1, p_2$

で用い, SfMでカメラパラメータを得た後, 各検証点を三角測量し, 検証点誤差 (TSによる地上測量結果との平面直角座標の差) を評価.

ケース①ではSfMに, 各撮影位置のRTK-GNSS測位結果を動員.

結果 ケース① (DJI Phantom 4 RTK)

光軸最適化撮影A-Cの
検証点誤差RMS < 0.03m

斜め往復撮影の
検証点誤差RMS > 0.1 m

主な原因：
焦点距離fの誤推定による
0.12 mの鉛直バイアス
+ドーム状変形

↓ 検証点誤差の統計量

撮影方法	統計量の種類	南北成分	東西成分	鉛直成分	3軸合成
斜め往復撮影	平均	-0.004	-0.012	-0.124	0.125
	標準偏差	0.040	0.030	0.026	0.056
	RMS	0.040	0.032	0.127	0.137
A	平均	-0.002	-0.009	-0.010	0.014
	標準偏差	0.011	0.008	0.016	0.021
	RMS	0.011	0.012	0.019	0.025
B	平均	0.000	-0.007	-0.019	0.020
	標準偏差	0.007	0.004	0.009	0.012
	RMS	0.007	0.008	0.021	0.023
C	平均	0.000	-0.008	-0.009	0.012
	標準偏差	0.010	0.004	0.009	0.014
	RMS	0.010	0.009	0.013	0.018

結果 ケース② (SONY Airpeak S1 + a 7 III)

ケース①と同様に、

光軸最適化撮影A-Cの
検証点誤差RMS < 0.04m

斜め往復撮影の
検証点誤差RMS > 0.1 m

斜め往復撮影に
大きな鉛直バイアス・ドーム状変形
が生じた理由
(通常疑われるのは隣接コース
間の正しいマッチングの不足)
などの詳細は検討中

↓ 検証点誤差の統計量

撮影方法	統計量の種類	南北成分	東西成分	鉛直成分	3軸合成
斜め往復撮影	平均	-0.004	0.000	0.102	0.102
	標準偏差	0.005	0.006	0.016	0.018
	RMS	0.007	0.006	0.103	0.103
A	平均	-0.010	-0.004	0.033	0.035
	標準偏差	0.009	0.007	0.009	0.015
	RMS	0.014	0.008	0.035	0.038
B	平均	-0.003	-0.002	-0.007	0.007
	標準偏差	0.003	0.005	0.017	0.018
	RMS	0.004	0.005	0.019	0.020
C	平均	-0.003	-0.002	0.023	0.023
	標準偏差	0.003	0.003	0.009	0.009
	RMS	0.004	0.003	0.024	0.025

結論

本実験で試した3種の光軸最適化撮影A - Cが、
枚数の等しい斜め往復撮影より優れた精度を与えたことにより、
各撮影位置での光軸の向きを工夫することで、
撮影枚数を増やさずともSfMの精度を改善する余地がある
ことが確認された。 → 飛行計画ソフトへの実装が望ましい

