

空撮画像のリアルタイム結合と効率的な画像結合のための 画像選別アルゴリズムの提案

Proposal of Algorithm for Efficient Image Stitching of Aerial Images

田桑 基晴† 増田 祐至† 小枝正直†
Motoharu Taguwa Yuji Masuda Masanao Koeda

1 はじめに

災害時における被災地の状況を迅速に把握することで被害の軽減が期待できる。状況を把握する手段の一つとしてドローンによる空撮画像が挙げられる。空撮画像を貼り合わせて1枚の大きな結合画像を生成することで災害情報の全体を把握することが可能である。

増田らは、結合画像の画質の劣化を抑えつつ、高速に処理するため、ダウンサンプリングした空撮画像に対して特徴点検出を行い、画像結合処理には元の空撮画像を利用する手法を提案した[1]。また、撮影地点の位置座標を利用して、複数枚の空撮画像から撮影地点周囲の近傍画像を高速に検索する手法を提案した[2]。これらの先行研究では、2画像間の重なり（オーバーラップ率）が少ない場合でも結合処理が行われ、場合によっては結合画像の歪みが生じる問題点が存在する。

本研究では、空撮画像の撮影位置、撮影時のドローンの姿勢、カメラの画角などの情報から2画像間のオーバーラップ率を結合処理前に算出し、オーバーラップ率に応じて画像を選別するアルゴリズムを提案する。

2 オーバーラップ率の算出

2.1 ドローン下方向ベクトルの算出

オーバーラップ率を求めるために、2枚の空撮画像 A, B が撮影した地表の面積を求める。まず空撮画像 A を求める。ワールド座標系は地表に xy 軸、鉛直上向きに z 軸とする。ドローンが水平状態の場合、ドローンの原点から伸びる下方向単位ベクトル \mathbf{n} は、

$$\mathbf{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

である。ドローン本体の姿勢が α, β, γ となったときの下方ベクトル \mathbf{n}' は、

$$\mathbf{n}' = \mathbf{R}_z(\gamma) \cdot \mathbf{R}_y(\beta) \cdot \mathbf{R}_x(\alpha) \cdot \mathbf{n}$$

である。ここで \mathbf{R} は回転行列であり、それぞれ

$$\mathbf{R}_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{R}_y(\beta) = \begin{pmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{R}_z(\gamma) = \begin{pmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

である (図 1)。

2.2 ドローン視野ベクトルの算出

ドローンに搭載されたカメラの視錐台を考える。視錐台の頂点から伸びる4辺の単位ベクトルを $\mathbf{t}_{Ai}, i = 1, 2, 3, 4$ とすると、搭載カメラの横・縦画角 θ_x, θ_y 、および \mathbf{n}', \mathbf{R} から

$$\mathbf{t}_{A1} = \mathbf{R}_y(\theta_y) \cdot -\mathbf{R}_x(\theta_x) \cdot \mathbf{n}'$$

$$\mathbf{t}_{A2} = -\mathbf{R}_y(\theta_y) \cdot -\mathbf{R}_x(\theta_x) \cdot \mathbf{n}'$$

$$\mathbf{t}_{A3} = -\mathbf{R}_y(\theta_y) \cdot \mathbf{R}_x(\theta_x) \cdot \mathbf{n}'$$

$$\mathbf{t}_{A4} = \mathbf{R}_y(\theta_y) \cdot \mathbf{R}_x(\theta_x) \cdot \mathbf{n}'$$

となる (図 2)。

2.3 空撮画像の地表投影面の4頂点座標の算出

ここでは地表面を $z = 0$ の水平かつ滑らかな平面と仮定する。またドローンの位置を

$$\mathbf{p}_d = \begin{pmatrix} x_d \\ y_d \\ z_d \end{pmatrix}$$

とする。空撮画像の地表投影面の4頂点の座標を $\mathbf{p}_{Ai}, i = 1, 2, 3, 4$ とすると、

$$\mathbf{p}_{Ai} = \begin{pmatrix} x_d - \frac{x_{Ai}}{z_{Ai}} \cdot z_d \\ y_d - \frac{y_{Ai}}{z_{Ai}} \cdot z_d \\ 0 \end{pmatrix}, i = 1, 2, 3, 4$$

となる (図 3)。

2.4 空撮画像が撮影した地表面積の算出

空撮画像 A の地表投影面の4頂点の座標 \mathbf{p}_{Ai} から、2点間を結ぶベクトル $\mathbf{p}_{A1 \rightarrow A2}, \mathbf{p}_{A1 \rightarrow A4}, \mathbf{p}_{A3 \rightarrow A2}, \mathbf{p}_{A3 \rightarrow A4}$ を求める。空撮画像の地表投影面の面積 S_A は、

$$S_A = \frac{1}{2} (\mathbf{p}_{A1 \rightarrow A2} \cdot \mathbf{p}_{A1 \rightarrow A4} + \mathbf{p}_{A3 \rightarrow A2} \cdot \mathbf{p}_{A3 \rightarrow A4})$$

となる。同様に、2枚目の空撮画像 B にも行い、面積 S_B を求めると、

$$S_B = \frac{1}{2} (\mathbf{p}_{B1 \rightarrow B2} \cdot \mathbf{p}_{B1 \rightarrow B4} + \mathbf{p}_{B3 \rightarrow B2} \cdot \mathbf{p}_{B3 \rightarrow B4})$$

となる。

2.5 2画像のオーバーラップ部分の面積の算出

$\mathbf{p}_{A3 \rightarrow A2}$ と $\mathbf{p}_{B1 \rightarrow B2}$ の交点を \mathbf{p}_{C1} 、 $\mathbf{p}_{A3 \rightarrow A4}$ と $\mathbf{p}_{B1 \rightarrow B4}$ の交点を \mathbf{p}_{C2} とする。

2枚の空撮画像 A, B のオーバーラップ部分の面積 S_{AB} は、 $p_{B1 \rightarrow C1}$ と $p_{B1 \rightarrow C2}$ の面積と $p_{A3 \rightarrow C1}$ と $p_{A3 \rightarrow C2}$ の面積の和から、

$$S_{AB} = \frac{1}{2} (p_{B1 \rightarrow C1} \cdot p_{B1 \rightarrow C2} + p_{A3 \rightarrow C1} \cdot p_{A3 \rightarrow C2})$$

となる (図4) .

2.6 2画像のオーバーラップ率の定義

2画像 A, B のオーバーラップ率 $r_{overlap}$ を

$$r_{overlap} = \frac{S_{AB}}{MAX(S_A, S_B)}$$

と定義する.

3 オーバーラップ率をもとにした結合画像選別アルゴリズム

オーバーラップ率 $r_{overlap}$ が

$$r_{overlap} \geq thresh$$

を満たす場合は、特徴点検出処理を行い、2画像間に適当な特徴点の対応が存在する場合には、画像結合処理を行う。 $thresh = 0.7$ 程度に設定すると滑らかな結合画像が得られることが実験的に分かっている。

4 まとめ

ドローンの様々な情報から2画像間のオーバーラップ率を結合処理前に算出し、画像を選別するアルゴリズムを提案する。

ラップ率を求めるには、フライトログから情報を取り出し、地表投影面の4頂点座標から、画像の地表面積を求める。

2画像のオーバーラップ部分の面積の算出し、ラップ部分の面積から、地表面積の大きい画像で割ることで求めることができる。オーバーラップ率が一定値を超えるかどうかで、結合処理を行うかどうかを決める。これを効率的な画像結合のための画像選別アルゴリズムの提案とする。

参考文献

- [1] 増田 祐至, 米川 雅士: "空撮画像の結合を高速化するアルゴリズムの提案", パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会講演論文集 10, 2015.
- [2] 増田 祐至, 米川 雅士: "GPS による位置情報を用いた空撮画像の結合アルゴリズム", パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会講演論文集 11, 2016.

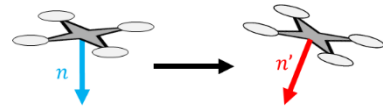


図1 法線ベクトル n'

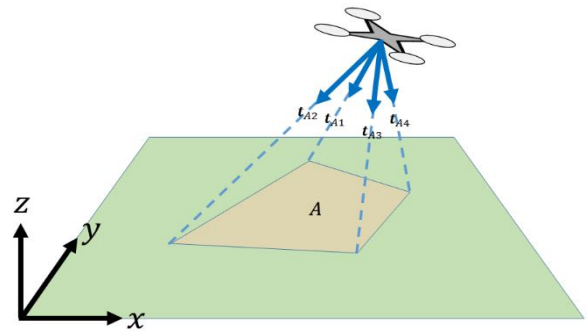


図2 方向ベクトル $t_{A1 \sim 4}$

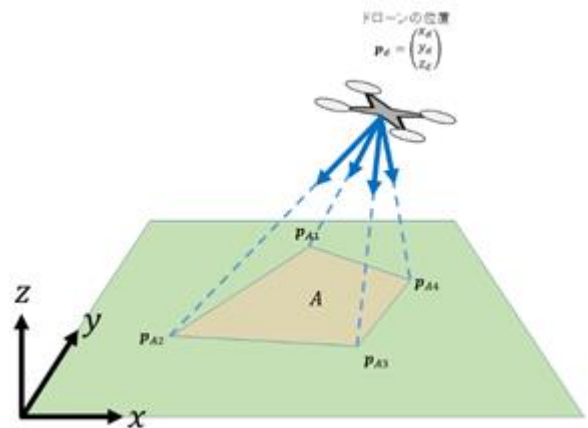


図3 空撮画像の4点 $P_{A1 \sim 4}$

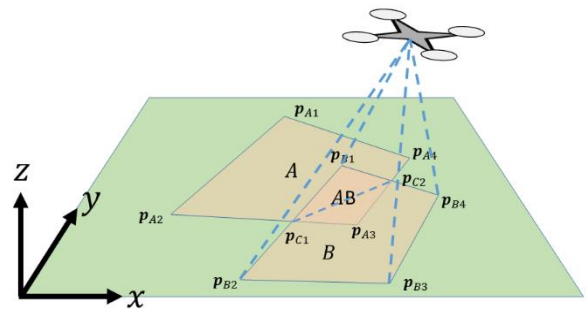


図4 オーバーラップ部分 S_{AB}