(46) UAV 撮影の特性を用いたピンボケ画像の抽出に関する研究

北川　悦司[1]・加藤　諒[2]・安彦　智史[3]・津村　拓実[4]・中谷　優介[4]

[1]正会員　阪南大学教授　経営情報学部（〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33）
E-mail:kitagawa@hannan-u.ac.jp

[2]非会員　京都橘大学助教　現代ビジネス学部（〒607-8175 京都市山科区大宅山田町 34）
[3]非会員　仁愛大学講師　人間学部（〒915-0015 福井県越前市大手町 3-1-1）
[4]非会員　阪南大学大学院　企業情報研究科（〒580-8502 大阪府松原市天美東5-4-33）

UAV（Unmanned Aerial Vehicle）は，災害時の状況把握や地図作成，構造物の維持管理など多様な分野に活用できる機器として注目されている．一般的に UAV で撮影した空中写真を用いて測量を行う際には，SfM/MVS（Structure from Motion/Multi View Stereo）ソフトウェアにより 3 次元モデルデータを作成する．この際，入力データには，高解像度でラップ率の高い画像が必要である．しかし，UAV で撮影した画像には，機器の揺れなどの影響により，ピンボケ画像が多く含まれている．そのため，現状では，膨大な量の連続写真からノイズとなるピンボケ画像を人手で削除し，SfM/MVS ソフトウェアに入力しており，非常に効率が悪い．そこで，本研究では，UAV 空撮画像の多くがラップ率の高い連続写真であることに着目し，前後の画像とのエッジ率の違いを用いた汎用的なピンボケ画像の抽出手法を提案する．

Key Words: *UAV（Unmanned Aerial Vehicle）, SfM/MVS（Structure from Motion/Multi View Stereo）, image processing, out of focus*

1. はじめに

測量業界では，災害時の状況把握や地図作成，構造物の維持管理などに UAV（Unmanned Aerial Vehicle）を活用することが増えてきている [1)2)]．この理由として，トータルステーションや GNSS を用いた地上測量では計測できない場所のデータを取得できること，有人航空機による航空レーザ測量より手軽に安価で測量できることなどが挙げられる．また，国土交通省では，建設生産システム全体の生産性向上を図り，魅力ある建設現場を目指す取組みである i-Construction [3)]を取り進めている．そのため，UAV を用いた測量は，公共測量以外の i-Construction に係る測量作業においても適用することが期待されている．

UAV で撮影した空中写真を用いて測量を行う際には，地上分解能が高い複数の連続写真から 3 次元モデルデータを作成する SfM/MVS（Structure from Motion/Multi View Stereo）ソフトウェア [4)5)]が用いられる．SfM/MVS ソフトウェアで 3 次元モデルデータを作成するには，高解像度でオーバーラップさせて連続撮影する必要がある．しかし，UAV で撮影した画像には，機器の揺れなどの影響により，ピンボケ画像が多く含まれている．そのため，現状では，膨大な量の連続写真からノイズとなるピンボケ画像を人手で削除し，ソフトウェアに入力している状況であり，非常に効率が悪い．

ピンボケ画像に関する既存研究では，手振れ補正によりピンボケ自体を防止する研究 [6)7)]とノイズとなるピンボケを抽出する研究 [8)]が行われている．手振れ補正に関する研究 [6)7)]では，一般的にセンサを用いて 3 軸回転を測定し，撮影時の手振れを防止する手法が提案されている．しかし，本研究で対象となる UAV 撮影は，一般的な撮影の手振れより揺れが大きく，すべての写真のピンボケを防止することはできない．ピンボケ画像を抽出する研究 [8)]では，画像内のエッジを検出し，エッジが少ない場合にピンボケ画像として判定している．しかし，この手法は，人の肌など撮影対象のエッジ数を把握していなければ実現できず，対象が限定される．UAV を用いた測量の際には，様々な場所で計測した画像が対象となるため，この手法を適用することはできない．

そこで，本研究では，UAV 空撮画像の多くがラップ率の高い連続写真であることに着目し，前後の画像とのエッジ率の違いを用いた汎用的なピンボケ画像の抽出手法を提案する．

2. ピンボケ画像の種類

UAV 空撮画像のピンボケは，機器の揺れなどが原因で全体的にピンボケしている画像と，ピントが合っている箇所が異なり部分的にピンボケしている画像の 2 種類に大別できる．全体的にピンボケしている画像は，ノイズデータとして判断し，その画像を検出することができる．しかし，ピントが合っている箇所が異なる場合は，判断が難しい．例えば，橋梁を下から撮影した**図-1** の画像に示すように，ピントが合っている部分に高さが近い箇所はピンボケしないが，高さが異なる部分はピンボケしてしまう．この場合，ユーザが計測を優先したい部位によって，ピンボケ画像の判断が異なる．そのため，本研究では，全体的にピンボケしている画像と，ピントが合っている箇所が異なる画像を区別して出力することを目的とする．

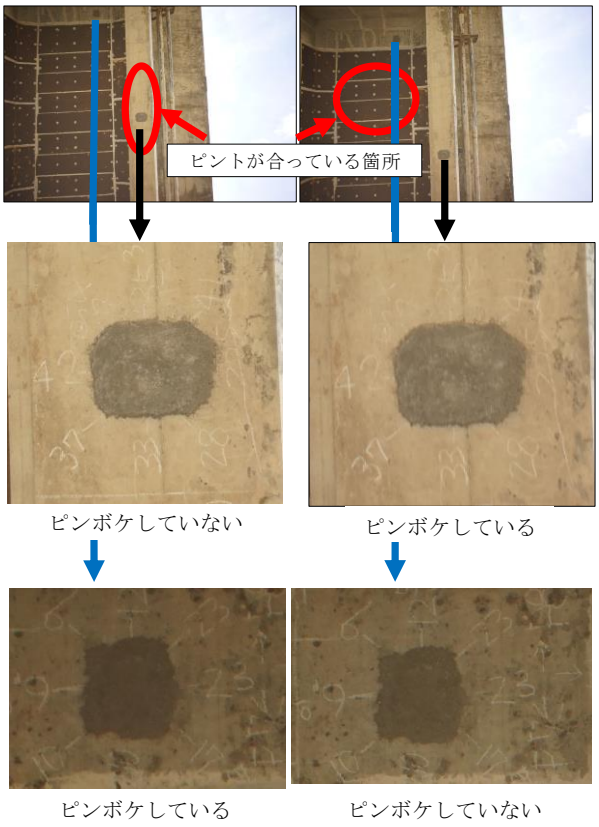

図-1 ピンボケ画像の例

3. システムの詳細

本システムの処理フローを**図-2** に示す．本システムでは，UAV 空撮画像群を入力し，位置合わせ機能とピンボケ画像抽出機能を適用することにより，ピンボケ画像を出力する．

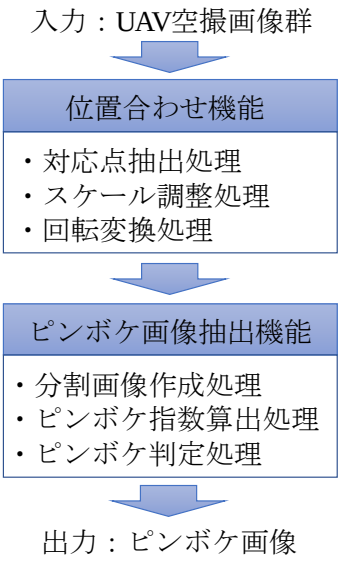

図-2 処理フロー

(1) 位置合わせ機能

UAV 空撮画像は，連続撮影されているため，前後の画像の大半は平行になるという特性がある．しかし，実際には，風の影響による機器の揺れなどにより，スケールや回転が異なっている場合が多い．そのため，本機能では，前後の画像において，スケール変換と回転変換を行い，比較する 2 つの画像の位置合わせを行う．

a) 対応点抽出処理

対応点抽出処理では，2 つの画像における同一の場所である対応点を 2 点抽出する．対応点抽出には，AKAZE 特徴量[9]を利用した．その理由は，Gaussian filter を用いた SIFT や SURF がオブジェクトのエッジもぼかしてしまい，局所的な特徴を取得できないことがあるためである．ただし，本処理では，対応点が 2 点しか必要ないため，特徴量を用いた他の対応点抽出処理でも問題ないと考える．

b) スケール調整処理

スケール調整処理では，抽出した 2 点の対応点の 2 点間距離を用いて，比較する 2 つの画像のスケールを同一にする．

c) 回転変換処理

回転変換処理では，抽出した 2 つの対応点の中間点を原点として 2 枚の画像を重ね合わせする．そして，その対応点を結んだ直線の角度を用いて回転変換を行い，角度を同一にする．

(2) ピンボケ画像抽出機能

本機能では，位置合わせを行った前後の UAV 画像を比較してピンボケ画像を抽出する．

a) 分割画像作成処理

ピンボケは，画像全体に発生している場合もあるが，

表-1　判定基準の詳細

判定方法	判定基準（上から優先）	判定結果
50%以下	前後の件数が共に0	前後ともピンボケしていない
	前後の件数が共に5以上	前後でピントが合っている箇所が異なる
	前後どちらかの件数が10以上	その画像は大きくピンボケしている
	前後どちらかの件数が5以上10未満	その画像はピンボケしている
	上記以外	80%以下の判定処理を行う
80%以下	前後の件数が共に5未満	前後ともピンボケしていない
	前後の件数が共に5以上	前後でピントが合っている箇所が異なる
	前後どちらかの件数が5以上	その画像はピンボケしている

比較画像名	一致件数	ピンボケ件数（前）	ピンボケ件数（後）
0&1	19	5	0
1&2	16	5	3
2&3	20	2	2
3&4	22	0	2
4&5	19	3	2
5&6	21	2	1
6&7	20	3	1
7&8	17	6	1
8&9	18	3	3
9&10	22	1	1

図-3　画像の比較結果の例（抜粋）

局所的に発生する場合も多い．そのため，分割画像作成処理では，画像の共通部分を抜き出し，その共通部分を分割（縦4×横8か，縦4×横6かを画像サイズによって選択）して分割画像を作成する．

b)　ピンボケ指数算出処理

ピンボケしている画像は，ピンボケしていない画像よりエッジの量が確実に少なくなる．そのため，ピンボケ指数算出処理では，分割画像ごとにエッジ量を表すラプラシアン値を計算し，その分散の値をピンボケ指数として算出する．

c)　ピンボケ判定処理

ピンボケ判定処理では，前後の UAV 空撮画像において，各 32 枚か 24 枚の分割画像のピンボケ指数を比較する．比較方法としては，前後のピンボケ指数が大きい方を分母，小さい方を分子として割合を算出し，そのパーセンテージで比較する．これにより，エッジの多い少ないの影響を受けにくくなるため，被写体となるオブジェクトを限定しない汎用的な手法を実現できる．

判定処理のフローとしては，まず，確実にピンボケしている画像を抽出するために，比較割合が 50%以下となる分割画像の件数を算出する．算出する際には，前後どちらの画像がピンボケしているかを判定するために，前後のピンボケ指数の大小を区別して件数をカウントする．画像の比較結果の例を**図-3** に示す．また，50%以下で判定できなかった画像に関しては，80%以下の判定を再度行い，ピンボケ画像かどうかを判定する．判定基準の詳細を**表-1** に示す．

表-2　本システムを適用した結果

判定方法	判定結果	件数	正答率
50%以下	前後ともピンボケしていない	154	
	前後でピントが合っている箇所が異なる	0	
	その画像は大きくピンボケしている	19	100%
	その画像はピンボケしている	10	100%
80%以下	前後ともピンボケしていない	3	
	前後でピントが合っている箇所が異なる	5	100%
	その画像はピンボケしている	27	81%

図-4　全体的にピンボケしている画像

4.　実証実験

本実証実験では，実際の UAV 空撮画像を用いて，本システムの有用性を確認する．具体的には，ピンボケ画像抽出の精度検証と，実業務による人手でのピンボケ画像抽出との比較実験の 2 つを行う．

(1)　ピンボケ画像抽出の精度検証

ピンボケ画像抽出の精度検証の実験では，実業務で撮影された UAV 空撮画像 6 シーン（44 枚，39 枚，72 枚，21 枚，21 枚，21 枚）の計 218 枚に対し，本システムを適用してピンボケ画像を抽出した．本システムを適用した結果を**表-2** に示す．**表-2** の「その画像は大きくピンボケしている」の 19 件について，目視で確認した結果，拡大すればすべての画像が目視で容易に確認できるぐらい画像全体的がピンボケしていた．その一例を**図-4** に示す．

表-3 人手と本システムの比較結果

		人手	
		ピンボケしている	ピンボケしていない
本システム	ピンボケしていない	0	37
	その画像は大きくピンボケしている	2	9
	その画像はピンボケしている（50%以下）	0	5
	その画像はピンボケしている（80%以下）	0	8
	前後でピントが合っている箇所が異なる	1	1
	合計	3	60

また，判定方法 50%以下の「その画像はピンボケしている」の 10 件について，目視で確認した結果，すべての画像がピンボケ画像であった．その中のピンボケ画像には，画像を拡大すれば確認できるものや，一部分だけがピンボケしている画像が大半であった．しかし，中には上記の「大きくピンボケしている」と同等のピンボケ画像も含まれていた．この原因は，前後の UAV 空撮画像を比較しているが，その両方ともがピンボケしている場合であることがわかった．この課題は，前後 2 枚だけの比較ではなく，時系列的な比較結果を判定基準に追加することで解決できると考える．

そして，「前後でピントが合っている箇所が異なる」の 5 件について，目視での確認を行った．その結果，**図-1** のようなピントが合っている箇所が異なる画像であった．この結果により，本システムでは，「ピンボケ画像」と「ピントが合っている箇所が異なる画像」を区別して出力できていることが確認できた．

さらに，判定方法 80%以下の「その画像はピンボケしている」の 27 件について，目視で確認した結果，22 件はピンボケ画像であったが，5 件はピンボケ画像ではなかった．この誤抽出に関する原因は，日照条件によって画像全体の色が異なっている場合と，前後で平行に撮影されておらず位置合わせの精度が低い場合の 2 つが原因であった．これらについては，今後の研究課題とする．

⑵ 人手でのピンボケ画像抽出との比較実験

人手でのピンボケ画像抽出との比較実験では，実業務でピンボケ画像を人手で抽出している第 3 者に協力してもらい，その抽出結果と本システムの結果を比較する．実験データとしては，ピンボケ画像抽出の精度検証でも利用した 3 シーン（21 枚，21 枚，21 枚）を用いた．この実験データは，実業務において人手で抽出されたピンボケ画像とその前後 10 枚の画像の合計 21 枚を 3 シーン分用意したものである．その比較結果を**表-3** に示す．**表-2** と**表-3** に示すように，人手で抽出したピンボケ画像を本システムでは，より詳細に抽出できていることがわかる．また，人手では抽出できなかったピンボケ画像に関しても抽出できていることがわかる．

5. おわりに

本研究では，UAV 空撮画像がラップ率の高い連続写真であることに着目し，前後の画像とのエッジ率の違いを用いたピンボケ画像の抽出手法を提案した．実証実験の結果，人手で抽出したピンボケ画像を本システムでは，より詳細に抽出できていることがわかった．また，人手では抽出できなかったピンボケ画像に関しても抽出できていることがわかった．これにより，従来より汎用的なピンボケ画像の抽出が可能であることがわかった．しかし，日照条件によって画像全体の色が異なっている場合の対応と，前後で平行に撮影されておらず位置合わせが上手くいっていない場合の対応は今後の課題である．

謝辞：データに関して，「知の集積と活用の場による研究開発モデル事業」の「農業水利施設ストックマネジメントの高度化に関する技術開発」の「ストックマネジメント効率化コンソーシアム」と，ルーチェサーチ株式会社からご提供して頂いたことをお礼申し上げます．

参考文献

1) 国土地理院：UAV を用いた公共測量マニュアル（案），2017.
2) 国土地理院：公共測量における UAV の使用に関する安全基準（案），2016.
3) 国土交通省：i-Construction，< http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html >，（入手 2019-6-10）．
4) Pix4D：Pix4D，< https://www.pix4d.com/ >，（入手 2019-6-10）．
5) Agisoft：Metashape，< https://oakcorp.net/agisoft/ >，（入手 2019-6-10）．
6) 芝崎清茂：ディジタル一眼レフカメラの手振れ防止技術，映像情報メディア学会誌，映像情報メディア学会，Vol.61，No.3，pp.279-283，2007.
7) 西一樹：光学式手ブレ補正はどこまで可能か？手ブレ計測と撮影画像の高解像度化，映像情報メディア学会誌，映像情報メディア学会，Vol.62，No.14，pp.500-506，2008.
8) 手塚耕一，鈴木祥治，清水雅芳：スマートフォンを用いた肌状態測定技術，Fujitsu，Vol.64，No.1，pp.59-65，2013.
9) Pablo, F.A., Jesus, N. and Adrien, B.: Fast Explicit Diffusion for AcceleratedFeatures in Nonlinear Scale Spaces, BMVC2013, pp.1-11, 2013.