

画像の位置合わせのためのキーポイント照合

キーポイント照合は、画像の位置合わせや画像ステッチといったコンピュータビジョンのアプリケーションでは一般的によく使われる技法です。ジオリファレンスでの自動位置合わせや参照画像への自動位置合わせ処理には、キーポイント照合を使用してコントロールポイントを生成し、入力画像をジオリファレンスされた参照画像に重ね合わせるオプションがあります。この処理では、1 点の GPS の位置情報しか持たない方位が不明の航空画像に対してキーポイント照合を使って正確な方位とおおよその位置を見つけます。

画像のキーポイントとは、1) 画像のスケール (解像度)、2) 照度やノイズ、3) 画像の方位や遠近感 (パースペクティブ) が変化しても反復的に検出される画像の特徴点を指します。

画像のキーポイント

キーポイントは画像のコントラストの高い角や境界を検出するために局所近傍における彩度の変化の大きさや方向を分析することで識別されます。キーポイントは解像度が変化しても検出されるので、特定のキーポイント検出アルゴリズムの規則に従い、動的に作られる複数の解像度の画像にわたって解析処理が行われます。

各キーポイントの画像近傍の特性は、デスクリプタ (記述子) という彩度勾配の大きさ、型、卓越する方向に関する情報をコード化したバイナリストリングに記録されます。バイナリコード化することで、画像の位置合わせ時に異なる画像からのキーポイントを高速で比較することができます。

キーポイントは、TNTmips でフル解像度のラスタ画像 (グレースケールまたはカラーコンポジット) や 1 つ以上のピラミッド層を使って特定されます。キーポイントデスクリプタは、ラスタオブジェクトの FeatureLocator サブオブジェクトまたはピラミッドサブオブジェクトに格納されます。

最適なキーポイントの作成法では、過度な計算要件を要求することなく、質の高い十分な数のキーポイントを見つける必要があります。TNTmips では AKAZE と BRISK

TNTmips での画像キーポイントに関連する処理

メイン / ジオリファレンス

画像 / 参照画像への自動位置合わせ

画像 / ユーティリティ / キーポイントを計算

画像 / ユーティリティ / キーポイントをベクタに変換

という 2 つの効率的なキーポイント検出アルゴリズムを提供します。2 つの違いはキーポイントの検索法や評価法の他、キーポイントデスクリプタの情報内容とや構造が違います。

BRISK 法は、FAST コーナー検出法の変形を使用してキーポイント候補の有意性を評価し、キーポイントの周りに等間隔で置かれた同心円上のサンプル位置を使用して、キーポイントデスクリプタを構築します。

S. Leutenegger, M. Chli and R. Y. Siegwart, 2011. BRISK: Binary Robust Invariant Scalable Keypoints, in *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 2548-2555.

<http://www.asl.ethz.ch/people/lestefan/personal/BRISK>

AKAZE 法は、局所適応平滑化を使用してノイズを減らしつつ、画像や構築されたピラミッドレベルで境界線を保ち、複数のスケールでキーポイントを検出します。

P. F. Alcantarilla, A. Bartoli, and A. J. Davison, 2012. KAZE Features, in *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, Firenze, Italy, pages 214-227.

P. F. Alcantarilla, J. Nuevo, and A. Bartoli, 2013. Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces, in *British Machine Vision Conference (BMVC)*, Bristol, UK, pages 13.1-13.11.

<http://www.robosafe.com/personal/pablo.alcantarilla/kaze.html>

キーポイント照合

キーポイント検出法では、典型的な航空画像で数千～数万程度のキーポイントを検出します。異なる年、異なる季節、異なる時刻に取得された画像を照合しようとする、照射方向や植生の状態、人工地物の配置 (車両など) の違いにより、一方の画像にあるキーポイントの多くが別の画像では見つからないことがあります。例えば、樹木や建物の影の境界はコントラストの高い特徴で有力なキーポイントになりますが、影の形状は時間とともに大きく変化するため、通常これらのキーポイントは画像照合に役立ちません。

(次ページに続く)



ナチュラルカラーの航空画像の詳細



画像キーポイントの位置 : AKAZE 法



画像キーポイントの位置 : BRISK 法

自動位置合わせの処理では、修正 RANSAC (RANDOM Sample Consensus) プロシーダを使用し、有効なポイントと一致しないキーポイントを分けて、画像一致を作成します。これは、(モデルのキーポイントが画像の大部分に空間的に十分分散しているという制約のもと) 無作為に選ばれたキーポイントの最小サブセットに基づいて、予想される一致モデルを作成する反復法です。その後、モデルのパラメータを使用して、他のすべてのキーポイントが空間的に適合するかを調べます。一致するキーポイントが十分見つかったら、これらのポイントがキーポイントの合意セットになり、不一致ポイントは外れ値とみなされます。これらの手順が各回繰り返されます。仮に今回使用したモデルが以前のモデルよりも多く一致があった場合、その一致キーポイントが新たな合意セットになります。こうしてさまざまな質的基準を満たすまで反復が続けられます。

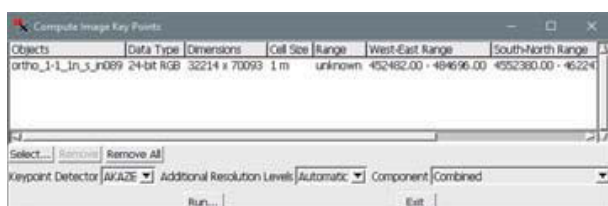
自動位置合わせでの画像キーポイントの使用

自動位置合わせ処理ではキーポイント照合と画像の相互相関法の両方または一方を活用して入力画像を参照画像に重ね合わせます。MicroImages 社の調査では、キーポイント照合は、方位不明の航空画像に対して正確な方位とおおよその位置を与えるのに最も有効であるのに対し、相互相関法は、ほぼ正しく位置合わせされ方位のついた画像に対して高密度で、より均一にコントロールポイントを分布させることができます。自動位置合わせ処理では、キーポイント照合と相互相関法を組み合わせ、一点だけの位置情報がついた航空画像に対し十分分布したコントロールポイントを作成します。詳細はテクニカルガイド「参照画像への自動位置合わせ (Auto-Register to Reference Image)」参照。

画像キーポイントの生成

画像キーポイントは自動位置合わせ処理の中で、必要に応じて入力画像と参照画像の両方に対して自動的に作成、保存されます。しかし「画像キーポイントを計算する」処理 (画像 / ユーティリティ / キーポイントを計算) を使用すると、その画像を自動位置合わせで使用する前にキーポイントを作成することができます。たとえば、画像に対してキーポイントを事前に計算しておいて、それを参照画像として大量の航空カメラ画像をジオリファレンスすることができます。航空カメラ画像のレンズの歪みは、キーポイントの作成前に「レンズ補正」処理 (画像 / リサンプルとリプロジェクト / レンズ補正) で取り除く必要があります。

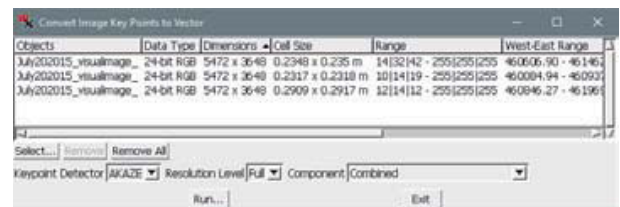
「画像キーポイントを計算」ウィンドウで [選択] ボタンを押して、処理する画像を選択します (下図)。ウィンドウ上部の一覧の列には、ラスターデータタイプ、セルサイズ、セル値の範囲、画像の範囲、座標参照系などの選択した画像に関する情報が表示されます。一覧の行を左クリックするとその行が、Shift キーを押しながら行の範囲をクリックすると行の範囲が強調表示され、Ctrl キーを押しながら



クリックすると行の強調表示のオンオフを切り替えることができます。[消去] ボタンを押すと強調表示された行が一覧から削除され、[すべて消去] ボタンを押すと、すべての行が削除されます。

[キーポイント検出法] メニューを使用すると、目的のキーポイント検出方法を選択できます。AKAZE と BRISK の検出法で作成されたキーポイントは別々に保存や使用がされるため、両方の検出法の同じ画像に対してキーポイントを作成することができます。キーポイントは、各入力画像のフル解像度と [追加解像度レベル] メニューの設定で指定した低解像度ピラミッド層で作成されます。[追加解像度レベル] メニューの [自動] オプションでは、画像の行列サイズによってピラミッド層の選択が決まります。使用するピラミッド層の数を手動で選択することもできます (1 ~ 7)。ピラミッド層は必要に応じて処理中に自動的に作成されます。

カラーコンポジット画像の場合、[色成分 (Component)] メニューで赤、緑、青のどの色成分に対してキーポイントを計算するかが設定できます。[合成カラー (Combined)] を選択すると色成分セルの平均値に基づいたキーポイントを計算します。



画像キーポイントの位置は直接見ることは出来ません。キーポイントを表示させたい場合は、「キーポイントをベクタに変換」処理 (画像 / ユーティリティ / キーポイント) をベクタに変換) を使うと、キーポイントの位置をベクタオブジェクトにすることができます。〈画像キーポイントをベクタに変換〉ウィンドウ (上図) は、〈画像キーポイントを計算〉ウィンドウとほとんど同じです。[キーポイント検出法] メニューを使用して検出法を選択し、[解像度レベル] メニューからフル解像度の画像か番号付きのピラミッド層に対してベクタポイントを作成するかを選択します。キーポイントが存在しない場合は、この処理でも指定した設定でキーポイントを生成します。



レンズ補正された航空カメラ画像に付けられた 125,000 点以上のキーポイント (AKAZE 検出法) の位置がベクタポイント (オレンジ) で表示されています