

# 高品質 DSM 生成のためのステレオマッチング特性評価システム 中條雅裕, 前川友樹, 荒木俊輔, 碓崎賢一

## Evaluation of Stereo Matching System for the Generation of High-Quality DSM Masahiro NAKAJO, Yuki MAEKAWA, Shunsuke ARAKI and Ken'ichi KAKIZAKI

**Abstract:** We have been developing a stereo matching system generating a DSM from aerial photos. To generate the high-quality DSM, states and characteristics of the stereo matching process should be examined in a variety of conditions. We want to probe into influences of variant parameters such as template sizes and shape for the stereo matching. In this paper, we create a characteristic evaluation system of the stereo matching which visualize some parameters, and we show the effectiveness of this system.

**Keywords:** ステレオマッチング (stereo matching), DSM (digital surface model), 空中写真 (Aerial photo), 特性評価 (Characteristic evaluation)

### 1. はじめに

我々は地形や地物の数値地表モデル(Digital Surface Model: DSM)を自動生成するシステムの研究と開発を行っている。広範囲の地形・地物の DSM を取得する方法の一つとして空中写真を用いたステレオマッチングがある。一般的にステレオマッチングでは、同一地物間でのマッチングが必ずしも取れない誤マッチングが発生する事がある。誤マッチングを起こす問題を解消し、ステレオマッチングにより高品質な DSM を生成するためには、テンプレートの形状、大きさ等を変化させるといった、様々な条件におけるステレオマッチングの状況、特性を多面的に調査することが必要になる。また、ステレオマッチングの評価のために、計算結果のマッチング強度などのデータだけでなく、処理の過程のデータも可視化することが望ましい。

そこで本稿ではテンプレートの形状、大きさなどの条件の変化に伴うマッチング強度を効果的に可視化するステレオマッチング特性評価システムを作成したので報告する。

### 2. ステレオマッチング

ステレオマッチングとは、異なる位置から撮影したオーバーラップした領域が含まれる 2 枚のステレオペア写真から同一地物を画像相関で抽出し、それらの間の視差からその地物の標高を求める手法である。

2 枚の写真から同一地物を見つけるために、SSD(Sum of Squared Difference)を用いる。SSD は 2 枚の写真から切り出された領域の対応を評価する演算で、地物領域の各画素値の差の 2 乗の合計値であり、その値が小さいほどテンプレート領域と探索領域の類似性が高いことを示す。テンプレート領域の座標と、SSD の値が最小となった探索領域の座標の差を視差とし、三角測量の要領でテンプレート領域の基準面からの高さを算出する。

---

中條雅裕 〒820-8502 福岡県飯塚市川津 680-4

九州工業大学大学院情報工学府情報創成工学専攻

Phone: 0948-29-7654

E-mail: nakajo@macross.cse.kyutech.ac.jp

ステレオマッチングの画像相関を求める手法[1]は複数あるが、我々は、輪郭線に囲まれた建物の領域をテンプレート領域としてステレオマッチングを行い、その高さを求めるフィーチャーベース手法を基本としたシステムの開発を進めている。フィーチャーベース手法はエリアベース手法と異なり、テンプレートが大きくなるがマッチングの回数を大幅に減らせるため、処理時間が短くなる。都市部で輪郭線に囲まれた領域は建築物の屋根や屋上である場合が多く、フィーチャーベース手法は都市部の空中写真で有効[2]である。

### 3. ステレオマッチングの問題と分析

ステレオマッチングにおける誤マッチングの原因等を調べ、対策を行うためには、様々な条件でステレオマッチングの評価を行う必要がある。しかし、ステレオマッチング処理の過程が見えない場合特性の評価は難しい。具体的な問題点として以下の点が考えられる。

- 指定したテンプレート領域で走査したときの SSD 値の変化がわからない
- テンプレートの条件の変化に対応する SSD 値の変化の比較ができない

上記の問題点をわかりやすく示すことができる特性評価システムが求められる。

### 4. 特性評価の要求と機能

前章で述べた問題点を解決するためには以下の要求が挙げられる。

- フィーチャーベース手法の基礎的な調査
- テンプレート領域の形状・大きさの設定
- 任意のテンプレート領域に対する探索領域での SSD 値の変化の可視化
- テンプレート領域の境界付近のみを用いた SSD 値の調査
- ステレオペア写真間の色補正を用いた SSD 値の調査

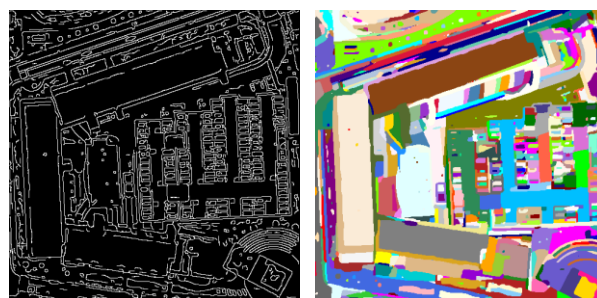
以上の要求を満たすステレオマッチング性能評価システムのフィーチャーベースの評価部に注目し、機能実現手法を以下に示す。

#### 4.1. フィーチャーとしてのテンプレート領域の選択

フィーチャーベース法では、航空写真から地物の輪郭線を求め、それらによって地物を構成する領域を抽出し、テンプレート領域として用いる。このテンプレート領域を選択してステレオマッチングの評価を行えるように、文献[2]の手法を用いて図 1(a)のように空中写真のエッジを抽出した画像、エッジで閉じた領域の画像を図 1(b)のように色分けして表示を行うようにした。評価を行う際には、対象領域をマウスで選択することで、選択した領域をテンプレート領域としてステレオマッチングの評価ができる。

本評価では、フィーチャーを定めるエッジ抽出手法の評価が重要となる。このため、エッジ抽出方式の以下のような設定を変えて評価を行えるようにしている。

- ・エッジ抽出手法のアルゴリズム
- ・エッジ抽出手法のパラメータ
- ・ノイズ除去方式



(a)エッジ画像

(b)特徴抽出画像

図 1：フィーチャーの取得画像

#### 4.2. テンプレートの形状・大きさの選択

自動化されたテンプレート領域の取得法の評価を行うために、評価者が目視でテンプレート領域の形状・大きさを指定できるように、写真をマ

ウスでクリックすることで、図 2 のように選択した点を頂点とする多角形のテンプレート領域を作成できるようにした。



図 2：任意の点を頂点としたテンプレート領域

#### 4.3. SSD 値の可視化

ステレオマッチング処理では、テンプレート領域に対して、探索領域をずらしながら SSD 値を計算し、最も SSD 値が小さい領域とテンプレート領域のずれを視差とするため、SSD 値の変化を可視化する。図 3 に示すように探索領域のテンプレート領域とのずれに対する SSD 値の変化をグラフで表示する。またグラフ中に最小の SSD 値を算出したときの領域の場所を示すようにした。このグラフは、前節までに説明したテンプレート領域の選択により、表示される。

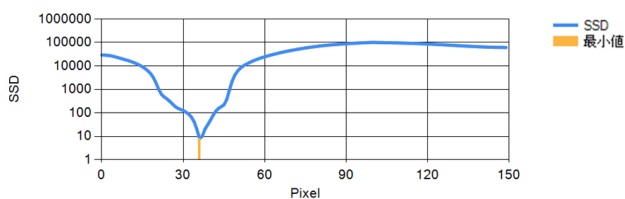


図 3：ピクセル位置に対する SSD 値

##### 4.3.1. マッチング領域の表示

グラフ上の任意の点をマウスで選択することにより、選択した SSD 値に対応した走査領域を図 4 のように黄枠で表す。また、黄枠の領域とテンプレート領域との領域内における SSD 値の分布を調査するために、選択した領域の 1 ピクセルごとの SSD 値の分布を表示できるようにした。

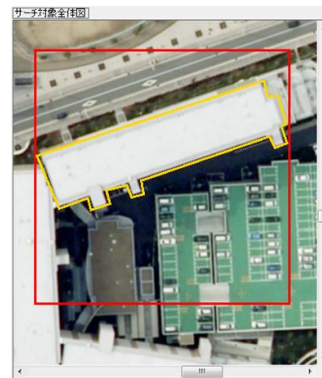


図 4：選択したデータに対する領域の表示

##### 4.3.2. パラメータに対する SSD 値の変化の可視化

テンプレートの形状・大きさなどのパラメータがステレオマッチングに与える影響を確認するために、これらのパラメータを変化させたときの SSD 値の変化を図 5 のように同一のグラフに複数表示できるようにし、容易にデータの比較を行えるようにした。

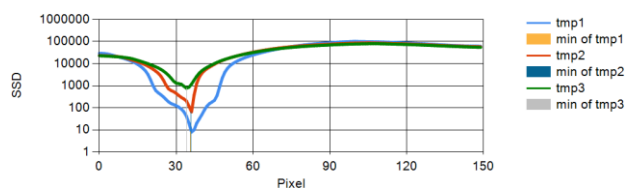


図 5：SSD 値の比較

#### 4.4. テンプレート領域の境界付近での調査

マッチング処理ではテンプレート領域内の全てのピクセルを用いて SSD 値を算出する。フィーチャーベース手法でのテンプレート領域は画素値の変化の少ない一様な色を示すため、マッチング処理の際テンプレート領域の中心付近での SSD 値の変化が少なく、境界付近での SSD 値の変化が大きいという特徴がある。このため、テンプレート領域が大きい場合には、境界周辺で算出した SSD 値が変化の少ない領域中心の値によって希薄化され、領域全体での SSD 値の変化が少なくなり、特性をとらえにくくなるという問題がある。そこで、境界周辺の SSD 値への影響を調査するために、選択したテンプレート領域の境界

周辺のピクセルのみで SSD 値を算出できるようにした。

#### 4.5. 色情報の補正

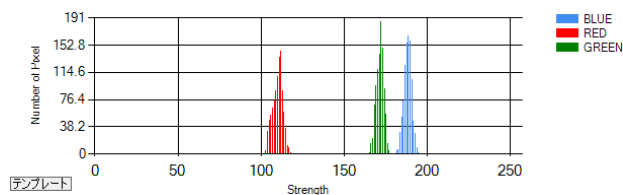
空中写真は連続して撮影した写真であっても写真間の色合いが微妙に異なる。そこで、画像間の色合いの違いによるステレオマッチングの特性の調査をするためにステレオペア間の色情報を補正できるようにした。

色情報の確認と補正には RGB 各色の色情報を表したヒストグラムを用いる。2 枚の画像のヒストグラムを取得し、基準となる画像のヒストグラムにもう一方を合わせる。具体的には、基準となる画像の RGB 各色のヒストグラムのピークの位置と色の濃淡の分散に、もう一方の RGB 各色のヒストグラムのピークの位置と色の濃淡の分散を合わせることで色情報の補正ができる。以下の 2 種類から色情報の補正方法を選択できる。

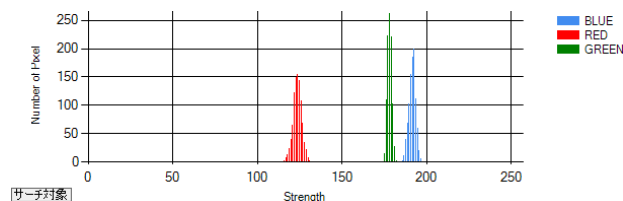
1. ステレオペア写真それぞれのオーバーラップ領域のヒストグラムを取得し、ヒストグラムの差分から色情報を補正する。
2. 選択したテンプレート領域と本来マッチングすべき領域を選択し、ヒストグラムの差分から色情報を補正する。

以下は 2 番目の方法により色の補正を行った例である。図 6 (a)はテンプレート領域のヒストグラムを、図 6 (b)はテンプレート領域と本来マッチングすべき領域のヒストグラムを同一のグラフで表したものである。色情報の補正として、RGB 各色のピークの位置を合わせるように補正した。図 7 は色情報を補正する前と後での SSD 値の変化を表したグラフである。青線は色情報を補正する前の SSD 値の変化を示しており、本来は X で示す場所で SSD 値は最小を示すべきであるが、実際には Y で示す場所で SSD 値は最小を示しており、誤マッチングが起きている。赤線は色情報を補正した後の SSD 値の変化を示しており、こちらは X で示す場所で SSD 値が最小を示

しており、色情報の補正により正しくマッチングしていることがわかる。



(a)テンプレート領域のヒストグラム



(b)選択した領域のヒストグラム

図 6 : ヒストグラム

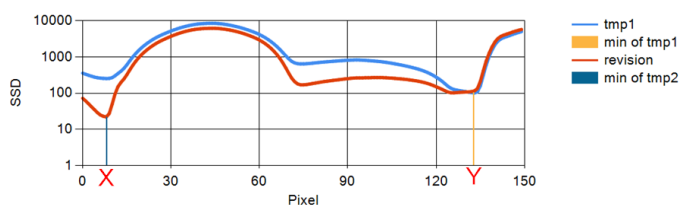


図 7 : 色情報の補正による SSD 値

#### 5. まとめ

本稿では、高品質 DSM 作成のためのステレオマッチング特性評価システムに対する要求を示し、特にフィーチャーベースの評価機能に重点を置いて報告した。また、ステレオマッチング処理の過程を可視化することで様々なパラメータに対するステレオマッチングの特性の調査ができることを示した。

#### 参考文献

- [1] H.Hirschmuller and D.Scharstein, "Evaluation of Cost Functions for Stereo Matching", Computer Vision and Pattern Recognition, 2007.
- [2] 前川友樹, 荒木俊輔, 碓崎賢一, "ステレオ空中写真による高速 DSM 抽出システムの構築に向けて", 地理情報システム学会講演論文集, Vol20, F-5 : データ取得(2), 2011.