

DP マッチングによるステレオ計測に対する信頼性指標の一提案 A Proposal of Reliability Indicator for Stereo Measurement Using DP Matching

宇都木 修一†
Shuichi UTSUGI

鈴木 寿‡
Hisashi SUZUKI

1 はじめに

複数の画像間の視差から対象物体の距離を得るステレオ計測の性能は、キャリブレーションとマッチングの精度に大きく依存する。本研究ではマッチングに注目し、精度および速度の点でその性能を向上させることを目的としている。

画像間のマッチングには様々な方法がある。マッチングの探索範囲に注目すれば、局所的な類似度を重視する方法と大局的な類似度を重視する方法に分けられる。また、マッチングの対象に注目すれば、特徴点のある部分のみを利用する方法 [1] と、全ての画素を等しく利用する方法に分けられる。本研究では大局的な類似度を全ての画素を利用して算出する方法に着目し、画像全体にわたって DP マッチングをおこなう方法を採用している [2]。この方法のメリットは全ての画素を等しく見るために、ある部分で誤対応を引き起こしても、その他の部分には大きな影響を与えないという点と、探索範囲に関する設定をおこなう必要が無い点にある。その一方で全ての画素を均一に扱うため、本研究で採用した方法では、画像の特徴の小さい部分におけるマッチングと、特徴の大きい部分におけるマッチングの区別をつけることができない。

特徴のない領域、すなわち情報の少ない領域では、どのようなマッチングをおこなっても、マッチングの解としての妥当性は高くなる。別の見方をすれば、特徴の少ない領域はノイズの影響を受けやすく、マッチングの結果が大きく変化する領域である。マッチングの結果が変化しやすいということは、得られた解の信頼性が低いことを示す。そのため、特徴の少ない領域を見分ける必要がある。

特徴の有無は、局所における性質である。したがって、局所的な類似度を求める手法ではマッチングと同時に信頼性の評価をおこなうことができる。これに対し、大局的な類似度を求める方法では、マッチングを求めた後、改めて局所における評価をおこなう必要がある。このとき、重要なのはマッチングに直接結び付いた評価方法であるということと、評価に要する計算時間の短さである。

そこで、本稿ではマッチングを求める際に使用した画素間の距離を利用することにより、マッチングの信頼性を評価する指標を提案する。

2 DP によるマッチング

本研究における DP マッチングを用いたステレオ計測について述べる。

†中央大学大学院理工学研究科

‡中央大学理工学部

カメラの数は2つとし、カメラを同じ高さ、同じ向きに平行に設置する。撮影された画像上の左下の点を原点とし、左画像上では横軸を i 、右画像上では横軸を j 、双方の画像とも縦軸を h とする。さらに、左画像の横幅を I 、右画像の横幅を J 、画像の高さを H とする。 $0 \leq i \leq I-1$, $0 \leq j \leq J-1$, $0 \leq h \leq H-1$ である。

同じ高さにある走査線を抜き出し、抜き出した走査線上の各画素を輝度値を利用してマッチングさせる。ただし、対象とする走査線内の画素だけではなく、上下の隣接する複数の走査線の画素の輝度値も利用する。左画像上の点 (i, h) における輝度値を $a_{i,h}$ 、右画像上の点 (j, h) における輝度値を $b_{j,h}$ とする。 $d(i, j)$ を (i, h) と (j, h) の距離とし、

$$a_{i,h} = [a_{i,h+\eta}, \dots, a_{i,h}, \dots, a_{i,h-\eta}]^T \quad (1)$$

$$b_{j,h} = [b_{j,h+\eta}, \dots, b_{j,h}, \dots, b_{j,h-\eta}]^T \quad (2)$$

として、

$$d(i, j) = \| a_{i,h} - b_{j,h} \| \quad (3)$$

とする。ここで、 η は距離算出に使用する上側あるいは下側の走査線の本数である。距離算出に使用する走査線の本数は $2\eta + 1$ となる。以上をもとに、 (i, j) における距離の累積値を $D(i, j)$ として、

$$D(i, j) = \min \{ D(i-1, j) + d(i, j), \\ D(i-1, j-1) + \lambda d(i, j), \\ D(i, j-1) + d(i, j) \} \quad (4)$$

となるように $D(i, j)$ を求める。 $D(0, 0)$ から逐次 $D(i, j)$ を求めていき、 $D(I, J)$ まで求める。こうして求めた $D(I, J)$ は距離の累積値の最小値であり、 $D(I, J)$ を与える i, j の組み合わせがマッチングの解である。 k 番目のマッチングを $(i(k), j(k))$ としたとき、視差 v は

$$v = i(k) - j(k) \quad (5)$$

で与えられる。

3 信頼性指標

輝度の変化の度合は、輝度の分散や自己相関を用いて評価することができる。ただし、輝度値を用いた評価は画像そのものの評価であり、マッチングの評価としては適切ではない。しかし、同様の考え方は導入できる。本研究では、輝度そのものではなく、画素間の距離に着目し、信頼性の指標を次のように定めた。



図1: 実験に使用した画像の例

まず、信頼性の評価をするための領域を規定するパラメタの値 a を定め、画素間の距離 $d(i, j)$ の領域内における最大値 $r_{\max}(i, j)$ を求める。

$$r_{\max}(i, j) = \max \left\{ d(i, j) \mid \begin{array}{l} i-a < i < i, \\ j-a < j < j \end{array} \right\} \quad (6)$$

同様に $r_{\min}(i, j)$ を求め、

$$r(i, j) = r_{\max}(i, j) - r_{\min}(i, j) \quad (7)$$

とし、 $r(i, j)$ を信頼性の指標とする。

$r(i, j)$ の値が大きいほどその領域における画素間の距離の差が大きいと判断し、選択されたパスの妥当性が高く、マッチングの信頼性が高いとみなす。

$d(i, j)$ はマッチングを求める際に既に計算済みであるから、 $r(i, j)$ は僅かな時間で算出できる。

4 実験

提案指標を実際の画像に適用した例を示す。図1は左側のカメラからの画像である。大きさは横 640[pixel]、縦 480[pixel] である。この画像にステレオ法を適用し、床を除く領域において、 $r(i, j)$ と精度の関係を調査した。

$\eta = 20$ として、しきい値を変化させたときの精度の変化を表したグラフが図2である。図2は $a = 10$ および $a = 20$ において、しきい値 t を変化させ、 $r(i, j) > \eta t$ となった点における点に対してのみ相対誤差を求め、その平均値の推移を表している。信頼性の低い画素を排除できれば、誤差を相対的に下降させることができる。実際に、 $t = 12$ 付近で相対誤差が大きく下がり、 $t = 20$ のとき、 $a = 20$ では、相対誤差の平均は約 1[%] 程度となっている。

相対誤差が下がっていても必要な画素まで削減されては、指標としては不適切である。このことを確認するための画像が図3である。 $a = 20$ 、 $t = 15$ のとき、 $r(i, j) > \eta t$ となったピクセルのみを表示させている。背景の白い壁など、輝度の変化が一般的な領域が除外され、さらに、輝度の変化はあるものの、ランダムな模様になっている床部分も除外されていることがわかる。また、輝度の変化の大きい部分は十分に残され、その数も形状を復元するのに十分である。

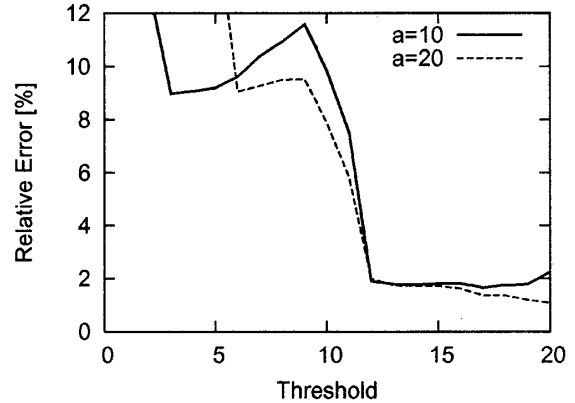


図2: しきい値の変化に伴う相対誤差の変化

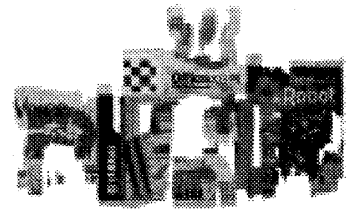


図3: 結果画像

5 まとめ

DP マッチングを用いたステレオ計測においてマッチングに使用する画素間の距離を利用した信頼性の指標を提案し、信頼性の指標として適切であることを実験例により示した。提案指標は計測後に評価をおこなう方法であるため、提案指標を導入しても、DP マッチングを画素単位で適用する際の利点を損なうことは無い。

本稿では実験の一例を示したが、他の画像に対しても同様の結果が得られた。また、 η の値を変化させても、 t の値を変化させることなく同様の結果が得られることを、別の実験により確認している。

参考文献

- [1] 山口証, 白井良明, 中山收文, 浅田稔, “信頼性の高い対応を優先した多段階ステレオ法,” 信学論 (D-II), Vol. J74-D-II, No. 7, pp. 918–925, Jul. 1991.
- [2] 宇都木修一, 鈴木寿, “高速ステレオ計測のための DP マッチングの近似手法,” 信学技報, Vol. 104, No. 290, pp. 165–170, Sep. 2004.