

顔認証を目的としたステレオマッチングの高精度高速化

Precise and Fast Stereo Matching for Face Authentication

花泉 崇†

鈴木 輝彦‡

太原 育夫‡

Takashi Hanaizumi

Teruhiko Suzuki

Ikuo Tahara

1. はじめに

個人を識別するための顔認証システムにステレオカメラを用いる研究が行われている[1]. ステレオカメラを用いることで顔の3次元形状を用いた認証が可能になる. 3次元計測を行うには左右画像の基準点と対応点を正しく取ることが必要であり, マッチング手法としては位相限定相関法(POC)や正規化相互相関(ZNCC)が知られている. POCは高精度なマッチングが可能であるが, 計算コストが大きい. 一方, ZNCCは比較的高速であるが, POCほど正確なマッチングができないと言われている.

本研究ではPOCが周波数空間上で行っている処理を実空間上で行うことによりZNCCの高精度化が可能か検証する.

2. ステレオマッチング

ステレオマッチングを行うには

- (1) 左右画像の平行化
 - (2) 基準点とその対応点の探索(マッチング)
 - (3) 3次元データの作成
- という処理が必要である.

平行化とは左右画像の走査線を一致させる前処理である. ステレオ画像の歪みはレンズの収差と左右カメラの位置に依存する. 大抵のカメラにはレンズ収差を補正する機能が付いているが, カメラの位置パラメータは補正できないので左右画像に射影変換を行う.

基準点と対応点の探索はマッチングと呼ばれる. 左画像の基準点に対して正しい右画像の対応点が取れると正確な距離計測が行える. 基準点と対応点の探索には位相限定相関や正規化相互相関が用いられる.

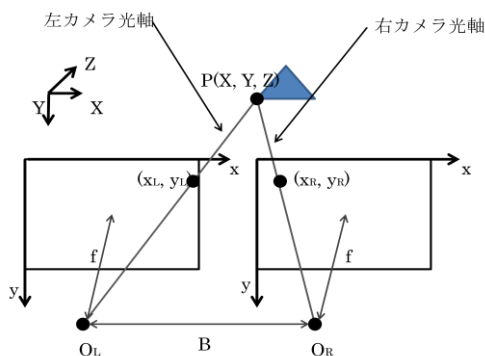


図1 座標系モデル

画素ごとの基準点と対応点の画像上の座標が判明すると3次元データの作成が可能になる. 図1にステレオ画像中の座標系と実際の空間座標系の対応を示す. 点Pのワールド座標は, 左右画像上のそれぞれの座標 x_L, y_L, x_R, y_R を用いて以下の式のように表される.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{B}{2} \cdot \frac{x_L + x_R}{x_L - x_R} \\ y_L \cdot \frac{1}{x_L - x_R} \\ f \cdot \frac{B}{x_L - x_R} \end{pmatrix}$$

ここで, Bはカメラ基線長, fは焦点距離を表す. また $x_L - x_R$ を視差といい, 平行化を行った画像では $y_L = y_R$ となる.

3. ZNCC と POC

正規化相互相関(ZNCC)は以下の式で表される.

$$r = \frac{\sum_{k=1}^n (f(k) - \bar{f}) \cdot (g(k) - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{k=1}^n \{f(k) - \bar{f}\}^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^n \{g(k) - \bar{g}\}^2}}$$

ここで, $f(k), g(k)$ は画像の輝度値を表し, $\bar{f} = \sum_{k=0}^n f(k)$, $\bar{g} = \sum_{k=0}^n g(k)$ である. 2つの信号の類似度が r である.

位相限定相関(POC)はN点の2つの1次元画像信号 $f(n)$ および $g(n)$ が与えられたとき, 正規化相互パワースペクトル $R(k)$ を以下のように定義する.

$$R(k) = \frac{F(k)\overline{G(k)}}{|F(k)G(k)|}$$

ここで $F(k)$ および $G(k)$ はそれぞれ $f(n), g(n)$ の離散フーリエ変換であり, $\overline{G(k)}$ は $G(k)$ の複素共役を表している. 上式の $R(k)$ に逆離散フーリエ変換をかけると2つの信号の類似度と移動量を求めることができる[2, 3]. これらは1次元信号についての式であるが, 2次元信号について考える場合は2方向にこれを適用すれば良い.

4. 実験の目的

本実験では, POCが周波数空間上で行っている処理を実空間上で行うことでZNCCの高精度化が可能か検証する.

POCの $R(k)$ はハイパスフィルタとして作用していると

†東京理科大学大学院理工学研究科情報科学専攻

‡東京理科大学理工学部情報科学科

考えられる．これをフィルタとして定義するために

$$R'(k) = \frac{F(k) \cdot G(k)}{|F(k)| \cdot |G(k)|}$$

とする．この右辺の 2 つの項をそれぞれ伝達関数として，それらに逆離散フーリエ変換をかけることで画像信号 f と g のインパルス応答を調べることができる．今回の実験では伝達関数の逆パワースペクトルをインパルス応答とした．画像全体のインパルス応答を調べ，値を強調するために定数倍し重み付けをした後に，これらの値をオリジナルの画像信号に足し合わせ，その画像信号に対して ZNCC を行うことで POC が行っているのと同等の処理を実空間上で行えると考えた．

図 2 に画像とそのインパルス応答の結果を示す．左側の画像のインパルス応答が右側の画像である．かなり微小な信号なので強調するために画素値を 5000 倍した．



図 2 インパルス応答

5. 実験と実験結果

実験には，富士フィルム社製 FinePix REAL 3D W3 で撮影した画像を用いた．画像サイズは 3648×2736 で，マッチングの処理時間を短くするために 912×684 に圧縮した後，顔画像が写っている範囲 512×512 を切り取ってグレースケール化を行い計算機に処理させた．なお，太陽光の下，顔とカメラが 60cm 以下の距離で撮影を行った．平行化を容易にするために後ろに市松模様の板を立てた．探索ウィンドウ長が 16×16 の 2D・ZNCC を用いてマッチングを行った．実験に用いた左右画像を図 3 に示す．

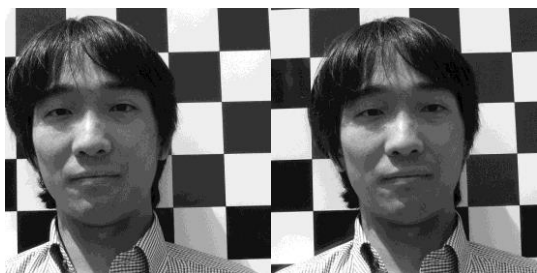


図 3 実験に用いた画像

実験結果の一例として，インパルス応答を 0 倍(左上)，10 倍(右上)，50 倍(左下)，100 倍(右下)した後に ZNCC を行って得られた視差画像を図 4 に示す．ワールド座標を求める式からもわかるように，視差は距離に反比例している．なお，左右の基準点と対応点の差を輝度値にとった視差画像はわかりにくいので，輝度値が 70 から 100 までの

ものだけを 0 から 255 の値になるように線形変換した．

実験結果から目の上や鼻の横など画像のエッジ部で輝度値の変化がなめらかになっていることがわかる．ただし，インパルス応答の重み付けを大きくし過ぎると逆に結果が歪んでしまうことが図 4 の右下画像からわかる．これは，適切な重み付けをする必要があることを示唆している．

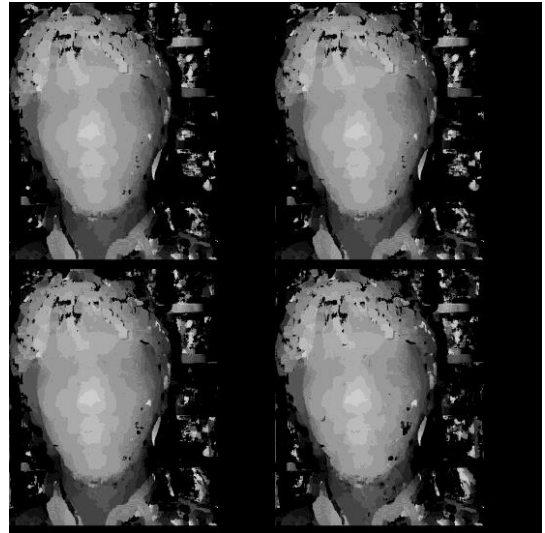


図 4 実験結果

6. おわりに

本研究では，POC が周波数空間上で行っている処理をフィルタとして捉え，画像のインパルス応答で重み付けをすることによってこれと同等な処理が実現できると考えた．実験の結果，画像のエッジ部での相互相関が概ね正しくとれることがわかった．

本実験ではインパルス応答を伝達関数のパワースペクトルとしたが，そのため虚部の値も結果に影響していると考えられる．虚部の影響がどのようなものなのか今後検討したい．また，ZNCC の高速性に注目したため ZNCC ベースのマッチングを行ったが，現時点では十分な高速化はできていない．画像ピラミッドを用いた画素の間引き探索やさらなる探索範囲の削減を行うことで，高速化が期待できる．

参考文献

- [1] 中島寛，長島聖，青木孝文，“2 次元画像と 3 次元立体形状を用いたハイブリッド顔認証技術，” azbil Technical Review, 2012.
- [2] 小林孝次，中島寛，青木孝文，川又政征，樋口龍雄，“位相限定相関法の原理と応用，” テレビジョン学会技術報告，Vol. 20, No. 41, pp. 1-6, 1996.
- [3] 柴原琢磨，沼徳仁，長嶋聖，青木孝文，中島寛，小林孝次，“一次元位相限定相関法に基づくステレオ画像の高精度サブピクセル対応付け手法，” 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J91-D, No. 9, pp. 2343-2356, 2008.