

焦点変動画像系列からの領域分割

7J-4

服部 寛 小野口一則 渡辺 睦

(株)東芝 関西研究所

1 はじめに

画像から奥行きを抽出する手法が多数提案されているが、その代表的なものとして、ステレオ法が知られている。しかし、これには左右画像間の対応付けが難しく、混み入った領域の奥行きを計測するのは容易ではない。これに対し、レンズの焦点位置と奥行きを対応させる Depth from Focus 法(以下 DFF 法)は、ステレオ法のような対応付けが不要であり、混み入った画像中の領域に対しても比較的容易に奥行きが計測できるという利点がある。従来の DFF 法は、画像をあらかじめ定められたサイズのウィンドウに分割し、このウィンドウ内での鮮明度の焦点位置に対する変化から奥行きを計測していたが、奥行きの分解能を高く、かつ、ウィンドウ内に複数の奥行きが含まれないようにするためには、ウィンドウのサイズを小さくする必要がある。しかし、ウィンドウのサイズが小さいと鮮明度を求める際にノイズの影響を受けやすくなり、奥行きの計測精度が悪くなるという問題があり、奥行きが一樣である領域は、大きく切り出すことが望ましい。このため、奥行き算出を行なう前にその領域内の奥行きが一樣であるかどうかを判断し、画像分割を動的に行い、ウィンドウのサイズを段階的に下げていくことによって奥行きが一樣である領域をより大きなウィンドウで切り出し、従来よりも精度良く奥行きを算出する方法を提案する。以下に本手法の詳細及び簡単な実験結果を示す。

2 奥行き検出手法

図1に本方式の処理の流れを示し、以下にその詳細を述べる。

2.1 各ウィンドウの焦点位置検出

焦点位置を変えて  $N$  枚(焦点:  $f=f_1, f_2, \dots, f_N$ ) の同じシーンの画像を入力し、その  $N$  枚の各画像を細かく分割して、各ウィンドウの鮮明度を算出し、焦点  $f_m$  の画像中のウィンドウ  $(i, j)$  の鮮明度を  $A_{ij}(f_m)$  とする。ここで、 $i, j$  ( $1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq k$ ) は画像中での各ウィンドウの位置のパラメータであり、 $f_m$  は  $m$  枚目の画像の焦点で、 $1 \leq m \leq N$  である(図2参照)。鮮明度  $A_{ij}(f_m)$  の尺度としては各種提案されているが[1]、本手法では Sobel オペレータで各画素の濃度勾配を求め、各ウィンドウ  $(i, j)$  内での総和を鮮明度の尺度として用いた。

2.2 奥行き一様性測定方法

対象領域の奥行きが一樣であるかどうかを判定する方法について説明する。鮮明度  $A_{ij}(f_m)$  の  $f_m$  についての変化(各ウィンドウの画像間変化)を調べ、鮮明度の最大値

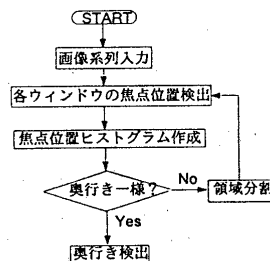


図1: 本方式の処理の流れ

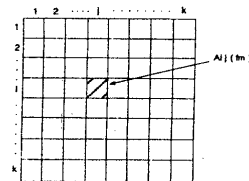
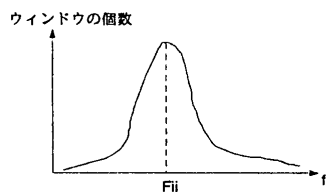


図2: 鮮明度  $A_{ij}(f_m)$

$$M_{ij} = \text{Max}_{1 \leq m \leq N} A_{ij}(f_m)$$

とそのときの焦点位置  $f_{ij}=F_{ij}$  ( $M_{ij}=A_{ij}(F_{ij})$ ) を求める。

ここで、 $M_{ij}$  が小さければ、そのウィンドウ内は濃度勾配が小さく、鮮明度のピーク位置の信頼性は低いとして、奥行き情報測定不能とし、以後の処理には用いない。奥行き測定可能であるウィンドウ  $(i, j)$  のみの  $F_{ij}$  よりヒストグラムを作成する(図3)。計測領域の奥行きが一樣であるならば、このヒストグラムは1つの鋭いピークを持ち、複数の奥行きを含むならば、複数のピークを持ったり、あるいは、平坦な分布を持つ。このため、ヒストグラムの最大値を  $h_{max}$  とし、領域全体の奥行き測定可能なウィンドウの個数を  $W$  とすると、 $h_{max}/W$  が大きい時、対象領域の奥行きが一樣であると判断できる。つまり、対象領域中で同時にピントが合うウィンドウの数が多ければ奥行きが一樣である判断し、その対象領域全体で鮮明度を評価してそのピーク位置を検出し、奥行きを算出する。奥行きが一樣でない場合は画像を分割し、分割されたそれぞれの領域で同様の処理を行なって、その領域の奥行きが一樣であると判断すれば分割をそこで止めて奥行きを算出する。奥行きが一樣でないと判断すれば、さらに分割する。この一連の操作を繰り返して、画像全体の奥行きを検出する。

図3: 焦点位置ヒストグラムと  $F_{ij}$ 

### 2.3 奥行き算出

奥行きが一樣であると判定された後、その対象領域の鮮明度の変化を調べ、ピーク位置を検出するが、その際、その変化にガウス関数(次式参照)をあてはめることによって、より詳細なピーク位置を検出する[4]。

$$f(x) = Ae^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

### 3 実験

実験に用いたシーンを図4に示す。この図で、左側にある空き缶までの距離は、130cm、右側の積み上げた本までの距離は、165cmである。このシーンに対し、焦点を変えながら15枚の画像を入力し、得られた距離マップを図5、6に示す。図5はあらかじめウィンドウのサイズを設定して奥行きを検出した結果であり、図6は本手法を適用した結果である。本手法では奥行きを算出する前にその一様性を考慮することによって、可能な限り大きい領域で鮮明度を評価することで、ノイズによる奥行き算出の誤差が低く抑えられることが図6よりわかる。画像のサイズは512\*512画素で、最小のウィンドウのサイズを8\*8画素とした。

### 4 まとめ

DFP法によって一般画像の奥行きを検出する際に必要となる画像分割のサイズを段階的に下げていき、奥行きが一樣な領域をできるだけ大きなウィンドウで切り出すことにより、従来より精度よく奥行きを検出する手法を提案し、実験によりその有効性を示した。今後は、より効率的な分割手法、及び、評価実験を行なっていく。

### 参考文献

- [1] E.Krotkov: "Focusing", International Journal of Computer Vision, vol.1, pp.223-37, 1987.
- [2] A.Pentland: "A New Sense for Depth of Field", IEEE, Transactions on PAMI, vol.PAMI-9, No.4, pp.523-31, July 1987.
- [3] C.V.Stewart, H.Nair: "New Results in Automatic Focusing and a New Method for Combining Focus and Stereo", SPIE, vol.1198, pp.102-13, 1989.
- [4] Shree K.Nayar, Yasuo Nakagawa: "Shape from Focus: An Effective Approach for Rough Surfaces", Proc. IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, vol.2, pp.218-25, 1990.

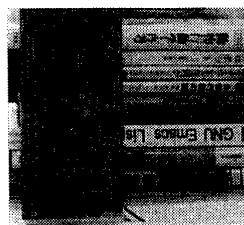


図4: 実験で用いたシーン

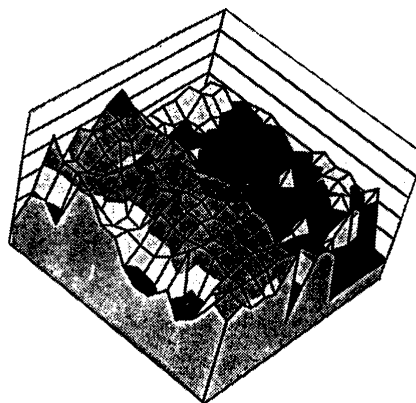


図5: 従来手法による奥行き検出結果

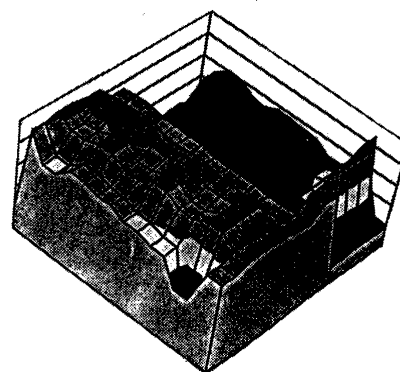


図6: 本手法による奥行き検出結果