

4C-7 結像位置を変化させて得た多重画像からの パンフォーカス画像の自動合成法

塩 昭 夫

(NTTヒューマンインタフェース研究所)

1. まえがき

奥行きのある物体を画像化すると、一般に物体の一部にのみピントのあった不鮮明なものになる。そこで筆者は、結像位置を変化させて撮った複数の画像からボケのない鮮明な画像 (pan-focused image : 以下ではPF画像と呼ぶ) を合成する方法を検討した。本研究は、物体に近接した位置で画像を入力する場合や顕微鏡画像の入力など焦点ボケを伴う種々の対象に適用可能であり、画像処理の要である入力画像の品質向上に寄与するものである。

これに関連する研究としては、近年注目されている画像のボケを利用した奥行き検出法^{[1]-[6]}や、家庭用を含めた各種カメラに搭載されている焦点の自動調節機能^{[7]-[9]}などがあるが、PF画像の合成に関する研究は見られない。本報告では、PF画像を合成するアルゴリズムを提案すると共に、実験結果からその有効性を示す。

2. アルゴリズム

本方法は、焦点深度を大きく越えるような奥行きのある物体を対象として、全ての部分に焦点の合った鮮明な画像を合成することを目的としている。まず、結像位置 n を変えながら N 枚の原画像 I_n ($n = 1, N$) を撮影する。次に、各画像を格子状に分割して部分領域 r を考え、 N 枚の部分画像 i_{rn} ($n = 1, N$) のうち最もフォーカスの合っている部分画像 i_{rn} を以下で述べるフォーカス度を基準に選択する。この様にして得られた部分画像をつなぎあわせ、1枚のPF画像を合成する。

この方法は、フォーカス度を利用する点で「ボケを利用した奥行き検出法」^{[1]-[6]} およびオートフォーカス技術^{[7]-[9]} に類似している。しかし、前者は距離情報を求めることを目的としていること、後者に関しては、一点または平均的な合焦点位置を求めることを目的とする点で本手法のアプローチと異なっている。

a. 原画像入力系の構成

図1は、原画像入力系の構成を示している。物体を

横切る平面 d_n とセンサがレンズを介して結像関係にあるとすれば、レンズから平面 d_n およびセンサまでの距離をそれぞれ a , b , レンズの焦点距離を f として、 $1/a + 1/b = 1/f$

が成り立つ。結像位置を変化させる方法としては、

- (1) レンズ位置を変える (物体とセンサは固定)
- (2) 距離 a , b を固定し、レンズと物体の相対距離を変える、

の2つの方法が考えられるが、今回は処理の簡単さの点で(2)の方法を採用する。

b. フォーカス度

フォーカス度としては、Gaussian 点像分布関数^[11] ^{[4][5]} やエッジ強度^{[2][6]} の利用などが考えられるが、ここでは物体の照明条件に依存しないコントラスト評価値 C_{rn} (濃淡値の正規化標準偏差)^[10]

$$C_{rn} = \sigma_{rn} / (\mu_{rn} - \beta)$$

をフォーカス度と定義する。ただし、 σ_{rn} と μ_{rn} は、それぞれ $p \times q$ 画素の部分画像 i_{rn} の濃淡値の標準偏差および平均、 β はカメラ系で決定されるパラメータである。なお、この評価値は、オートフォーカスの為の尺度としても良好な結果が報告されている^[7]。

c. PF画像の合成

上述の方法(2)で原画像を入力する場合、焦点の合っている部分に関しては、レンズ系から等距離になるため、結像位置の異なる N 枚の原画像が、同じ倍率になる(方法(1)では変化する)。しかし、焦点のボケた部分では画像の倍率が変わるため、異なる結像位置に対応するフォーカス度が必ずしも物体上の同一部分領域に対応しないという問題がある。また、濃度の一樣な領域では、フォーカス度が不安定になる。そこで、

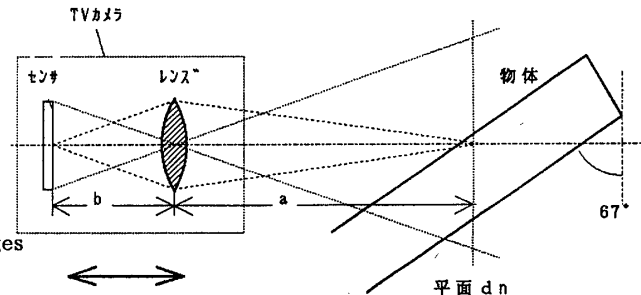


図1. 画像入力系の構成

Pan-Focused Image Synthesis using multiple view images

Akio SHIO

NTT Human Interface Laboratories,

NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION.

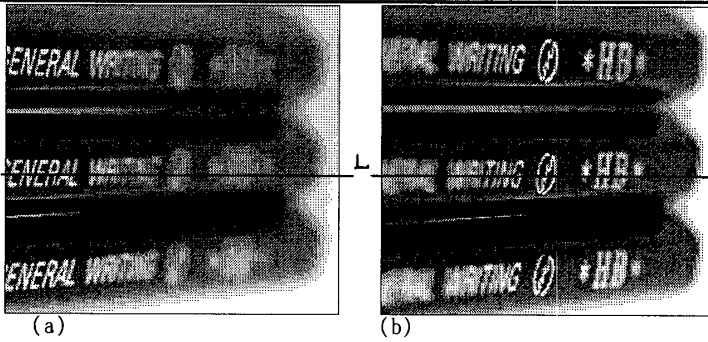
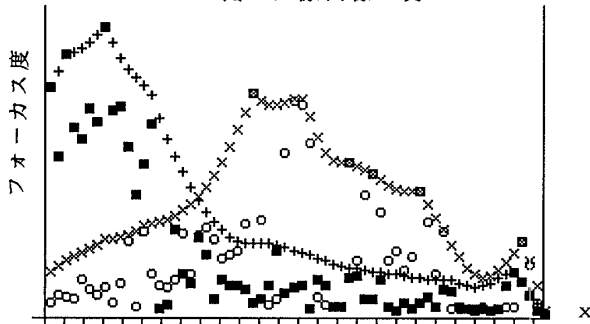


図2. 原画像の例



■:図2(a)に対するフォーカス度, +:■の平滑化結果
○:図2(b)に対するフォーカス度, ×:○の平滑化結果

図3. フォーカス度の観測値

物体の奥行き変化が滑らかであると仮定し、得られたフォーカス度を平滑化した後に、最大フォーカス度をもつ結像位置を部分領域ごとに決定することにした。

3. 実験

a. データ: 図1に示した画像入力系を用いて、物体(斜めに置いた鉛筆)上の結像位置を奥行き方向に3mm間隔で変えながら17枚の原画像を撮影した。その一例を図2(a)(b)に示す。パラメータは、以下の通り。

$$a = 260.3\text{mm}, b = 69.7\text{mm}, D(\text{開口径}) = 9.8\text{mm}$$

$$f = 55\text{mm}, F(\text{絞り}) = 5.6, p = q = 8$$

b. 結果: 図3は、図2(a)(b)の直線Lにそったフォーカス度の値を示し、「■」「○」は平滑化する前、「+」「×」はそれぞれを平滑化した結果である。これから、平滑化によりフォーカス度が安定化しているのが判る。図4は、フォーカス度から得られた直線L上の距離測定結果であり、ほぼ良好な結像位置が選択されていることが判る。図5は、PF画像の合成結果を示す。

4. むすび

本PF画像合成法は、結像位置を変えて撮影した複数の画像の輝度情報のみを用いている。撮像光学系を固定(a, b固定)にすることによって、原画像の倍

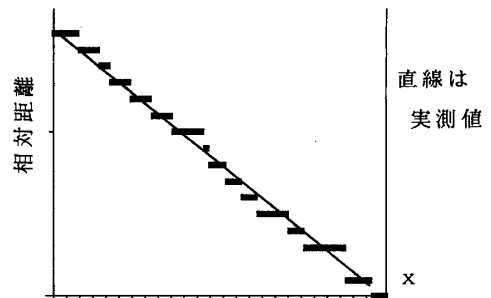


図4. 距離測定結果

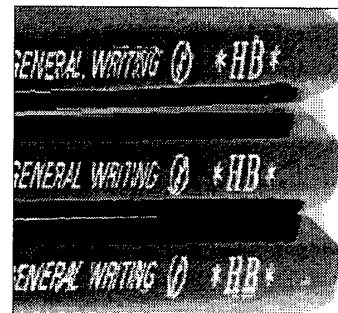


図5. 合成されたPF画像

率変化の問題を解消したため、距離情報を知る必要が無い。また、フォーカス度として、正規化標準偏差を使用することによって、自然照明下の対象にも適用可能とした。今後の課題としては、物体の奥行き変化量と原画像の入力間隔の関係を明らかにすると共に、種々の物体を対象に本手法を評価することなどである。

[謝辞] 本研究の機会を与えて戴いた小森和昭視覚情報研究部長、同部酒井高志グループリーダー、石井健一朗主幹研究員、日頃ディスカッション戴く奥平雅士主幹研究員はじめグループ各位に感謝致します。

[参考文献]

- [1] A.P.Pentland, IEEE IJCAI pp.988-994,1985
- [2] E.Krotkov and J.Martin, IEEE ICRA'86, pp.1093-1098, 1986
- [3] P.Grossmann, Pat. Recog. Let.5, pp.63-69,1987
- [4] T.Darrell, K.Wohn, IEEE CVPR'88, pp.504-509,1988
- [5] M.Subbarao and N.Gurumoorthy, IEEE CVPR'88, pp.498-503, 1988
- [6] 安野ほか, 情処第36全大5W-8, pp.1875-1876,1988
- [7] G.Lighthart and C.A.Groen, IEEE ICPR'82, pp.597-600, 1982.
- [8] 山本ほか, 信学技報PRU86-129, pp.49-59, 1996
- [9] 坂野, 光学, vol.12, no.5, pp.351-358, 1983
- [10] 塩, 信学論D, vol.J71-D, no.5, pp.863-873,1988