

6A-5

画像の動的な輝度変化の補正について

窪田 愛<sup>†</sup>

山泉 亘<sup>†</sup>

玉木 徹<sup>†</sup>

山本 正信<sup>†</sup>

<sup>†</sup>新潟大学工学部情報工学科

<sup>†</sup>新潟大学大学院自然科学研究科

1. まえがき

本研究は、半透明な遮へい物によって生じた画像の輝度変化を補正することを目的としている。

以前に提案された手法 [2][3] ではフェンス状や紐状の遮へい物を抽出・除去したが、この場合、遮へい物の向こう側の背景は完全に見えない状態であった。水滴というほぼ透明な遮へい物を除去する手法 [1] も提案されているが、複数のカメラを必要とする。

遮へい物が半透明である場合、背景は不完全だが見ることができるようになっている。半透明な遮へい物によって背景画像がどのように変化するかを調べ、変化が生じた画像を補正して元の背景画像を復元する手法を以下に述べる。

2. 半透明遮へい物のモデル化

半透明遮へい物  $F$  が背景画像  $B$  の全体を覆っている時に撮影した画像を  $I$  とする。このうち  $F, B$  は未知であり、 $I$  は既知である。

$B$  を固定し、 $F$  を移動して撮影すると、輝度が異なる画像  $I_1, I_2, \dots$  が得られる。ここでは、 $F$  の移動量  $T_1, T_2, \dots$  が既知であるとして、 $I_1, I_2, \dots$  から  $F, B$  を推定する。

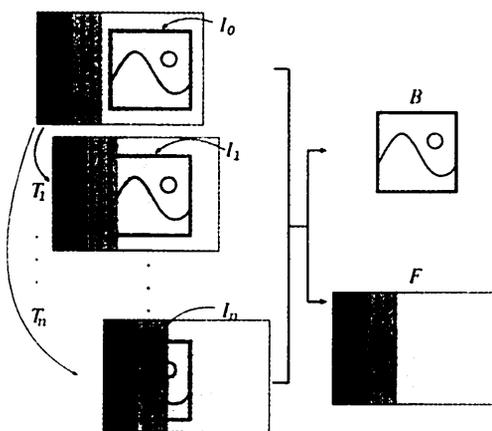


図 1: 背景画像  $B$  と半透明遮へい物  $F$

半透明遮へい物  $F$  を通して撮影された画像の輝度  $I$  は、 $F$  の光透過率に依存すると考えられる。しかし、 $F$  の光透過率そのものを推定することは難しい。そこで、 $F$  を各画素において輝度値を持つ画像として考え、 $I$  の輝度値は  $F, B$  の輝度値とある関数  $g$  によって表わされるとする。

$$I(P) = g(B(P), F(P)) \quad (1)$$

ここで、 $I(P), B(P), F(P)$  はそれぞれ点  $P$  における  $I, B, F$  の輝度値である。

$g$  がどのような関数になるかを観測するために、実際に半透明遮へい物で覆われた画像を撮影した。遮へい物として OHP シートに黒のグラデーションをインクジェットプリンタで印刷した物を使用した。このシートを普通紙に印刷したグラデーションと重ねてスキャナで複数枚取り込み、平均した画像の各画素値を測定した。その結果を図 2 に示す。 $B$  軸は普通紙に印刷したグラデーションの濃度値を示している。 $F$  軸は OHP シートのグラデーションの濃淡値である。 $I$  軸は観測された輝度値を示している。この図を見れば分かるように、 $F$  と  $B$  は緩やかな曲面を形成している。そこで、 $g$  を  $F$  と  $B$  に関する 2 次関数と仮定する。

$$g(B, F) = m_1 + m_2 B + m_3 F + m_4 BF + m_5 B^2 + m_6 F^2 \quad (2)$$

最小二乗法で係数  $m_1, \dots, m_6$  を推定し、図 2 に十分近い曲面を得ることができた。しかし、次節で述べるように計算の簡単化のために 1 次の項までで表わすことにする。

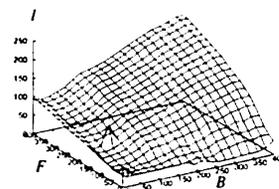


図 2: 半透明遮へい物  $F$  と背景画像  $B$  との関係

3. 半透明遮へい物の推定

推定した係数  $m_1, \dots, m_6$  を用いて遮へい物を推定する手法を以下に述べる。まず、本研究では  $F$  の輝度値が 1 次関数で表わされると仮定する。

$$F(x, y) = ax + by + c \quad (3)$$

3.1 2 枚の画像を使用して 1 点を観測する場合

画像  $I_0$  と、 $F$  が  $I_0$  より  $T = (t_x, t_y)^t$  だけ並進した  $I_1$  がある場合、画像  $I_0$  と  $I_1$  における点  $P(x, y)$  の輝度値はそれぞれ

$$I_0(P) = g(B(P), F(P)) \quad (4)$$

$$I_1(P) = g(B(P), F(P - T)) \quad (5)$$

と表わせる。ここで、関数  $g$  を 1 次関数

$$g(B, F) = m_1 + m_2 B + m_3 F \quad (6)$$

とすると、画像  $I_0$  と  $I_1$  の輝度値と  $F$  の係数  $a, b, c$ 、点  $P$  での背景画像の輝度値  $B(P)$  は次の式で表わせる。

$$\begin{bmatrix} I_0(P) - m_1 - m_3c \\ I_1(P) - m_1 - m_3c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_3x & m_3y & m_2 \\ m_3(x-t_x) & m_3(y-t_y) & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ B(P) \end{bmatrix} \quad (7)$$

ここで、 $F$ の係数  $c$  は遮へい物の全体的な明るさを表わしているため、推定することができない。よって、 $c$  は定数とする。

### 3.2 $n+1$ 枚の画像を使用して1点を観測する場合

画像  $I_0$  と、 $F$  が  $I_0$  より  $T_k = (t_{kx}, t_{ky}) (k = 1, 2, \dots, n)$  だけ並進した画像  $I_1, \dots, I_n$  の計  $n+1$  枚の画像がある場合、以下の式が成り立つ。

$$\begin{bmatrix} I_0(P) - m_1 - m_3c \\ I_1(P) - m_1 - m_3c \\ \vdots \\ I_n(P) - m_1 - m_3c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_3x & m_3y & m_2 \\ m_3(x-t_{1x}) & m_3(y-t_{1y}) & m_2 \\ m_3(x-t_{2x}) & m_3(y-t_{2y}) & m_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ m_3(x-t_{nx}) & m_3(y-t_{ny}) & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ B(P) \end{bmatrix} \quad (8)$$

### 3.3 $n+1$ 枚の画像を使用して $m$ 点を観測する場合

$m$  個の点  $P_1, \dots, P_m$  を観測して推定を行う場合は、

$$\begin{bmatrix} E_0 \\ E_1 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_0 & M \\ A_1 & M \\ \vdots & \vdots \\ A_n & M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ B(P_1) \\ \vdots \\ B(P_m) \end{bmatrix} \quad (9)$$

となる。ここで  $E_0, \dots, E_n, A_0, \dots, A_n, M$  は以下のとおりである。

$$E_n = \begin{bmatrix} I_n(P_1) - m_1 - m_3c \\ I_n(P_2) - m_1 - m_3c \\ \vdots \\ I_n(P_m) - m_1 - m_3c \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$A_n = m_3 \begin{bmatrix} x_1 - t_{kx} & y_1 - t_{ky} \\ x_2 - t_{kx} & y_2 - t_{ky} \\ \vdots & \vdots \\ x_m - t_{kx} & y_m - t_{ky} \end{bmatrix} \quad (11)$$

ただし、 $T_0 = (0, 0)$  とする。

$$M = m_2 I_m \quad (12)$$

ここで  $I_m$  は  $m \times m$  の単位行列。

式 (9) によって  $F$  の係数  $a, b$  を推定するために、ランダムサンプリングを行う。毎回  $P_1, \dots, P_m$  をランダムに決定し、係数  $a, b$  式 (9) より最小二乗法で求める。

算出された  $a, b$  それぞれの中央値をとり、これを推定値とする。推定した  $a, b$  を用いて式 (6) より

$$B(P) = \frac{I_0(P) - (m_1 + m_3F(P))}{m_2} \quad (13)$$

を各画素  $P$  に対して行い、 $B$  を復元する。

## 4. 実験結果

本手法の有効性を検証するためにシミュレーション実験を行った。実験には、人工的に生成した半透明遮へい物  $F(x, y) = 0.3x + 0.3y + 20$  で覆った画像  $I_0, \dots, I_5$  を用いた。定数  $c$  の値は 0、推定に用いる点数は  $m = 10$ 、サンプリングの繰り返しは 150 回とした。

図 3 に 150 回の繰り返しで算出した  $a, b$  を示す。 $x$  軸が  $a$  の値、 $y$  軸が  $b$  の値である。算出値は真の値  $a = 0.3, b = 0.3$  付近に分布し、中央値は  $a = 0.294, b = 0.294$  となった。また  $a$  と  $b$  に負の比例関係が見られた。これは  $F$  の特性 (式 (3)) によるものと考えられる。

この実験により、本手法で正しい推定が可能であることを確認できた。

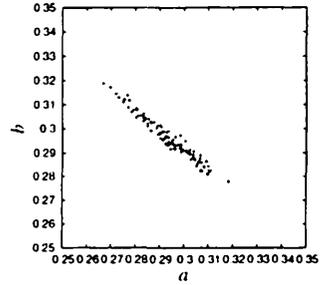


図 3:  $F$  の係数  $a, b$

## 5. むすび

本稿では半透明遮へい物の移動による背景画像に生じた輝度変化を補正する手法を提案した。半透明遮へい物と背景画像の関係のモデルを作成し、人工画像によるシミュレーション実験を行った。その結果、本手法の有効性が確認できた。

今後は、実画像を用いて輝度補正の実験を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 山下 淳, 金子 徹, 蔵本 昌之, 三浦 憲二郎: 「視野妨害となる画像中の水滴ノイズの除去」, 画像ラボ, Vol.13, No.12, pp.1-5, 2002.
- [2] 鈴木 博, 玉木 徹, 山本 正信: 「画像復元のための周期的な遮へい物体の抽出」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-II, No.5, pp.1189-1192, 2004.
- [3] 鈴木博, 玉木徹, 山本正信: 「紐状遮へい領域の除去と画像の復元」, 電子情報通信学会技術報告パターン認識・メディア理解研究会 PRMU2004-192, Vol.104, No.667, pp.79-84