

低照度映像の動体認識のためのノイズ除去手法の最適化に関する研究

三浦 康之[†] 末吉 太志[†] 森 敬史[†]

湘南工科大学工学部情報工学科[†]

1. はじめに

侵入者や不審者の監視・記録を行う監視カメラは、施設内だけではなく市街地などに設置されて監視業務を行っている。近年、カメラの価格降下により個人でも監視カメラを所有し自宅などに設置することも可能になっている。そのような監視カメラの中には、動いている物体を認識する動体検知機能を備えたものも存在する。動体検知の機能により、監視作業を円滑に実施することが可能となる。

個人が所有しているカメラは、性能によっては夜間を撮影するのに適していないものがある。そのようなものでは、対象を捉えることが困難な場合があるため、動体検知は非常に困難になる。そこで本研究では、通常のビデオカメラで撮影された 1lux 以下の低照度映像を対象とし、フレーム間差分法による動体検知のための画像補正に関する検討を行う。

これまで我々は、ガンマ補正とノイズ除去を組み合わせた提案手法[1]に対し、ノイズ除去を行う回数を、理論的[1]に推定した理論推定値を求め、目視による推定値（目視推定値）との比較を行った[2]。しかしながら、理論推定値の妥当性を評価するためには、目視によらない客観的な基準による推定が必要となる。そこで本稿では、客観的な評価尺度として、F 値を導入し、k-means 法によるクラスタ分割により、ノイズ除去回数の推定を行う。

2. 低照度映像に対する動体検知

2.1 提案手法の流れ

本稿で提案する手法は以下のようなになる。

- 1) 対象となる低照度映像をガンマ補正により補正し、輝度を上げる。
- 2) ガンマ補正後の画像に対してフィルタリングを行い、ノイズを除去する。
- 3) フレーム間差分処理を行う。
- 4) 閾値処理により動体候補を抽出する。
- 5) メディアンフィルタによりノイズを除去する。

2.2 ガンマ補正

Optimization Scheme of Denoising Method for the Moving-Object Recognition for Low-Illuminance Video-Image

[†]Yasuyuki Miura, [†]Taishi Sueyoshi, [†]Takafumi Mori, [†]Shonan Institute of Technology

補正前の輝度値を x 、補正後の輝度値を y とすると、ガンマ補正の式は次式に示される通りになる。

$$y = x^{\gamma_r} \quad (1)$$

ただし、 $\gamma_r = 1/\gamma$ であり、 γ はガンマ補正のガンマ値である。

動体部分の輝度の中央値を x_1 、非動体部分の輝度の中央値を x_2 とする。また、ガンマ補正後のそれぞれの輝度値を、それぞれ $y_1 = x_1^{\gamma_r}$ 、 $y_2 = x_2^{\gamma_r}$ とする。本稿の手法では、それぞれの中央値の差が最大になるようにガンマ値を設定する。

この場合、求める γ_r は、

$$\begin{aligned} \gamma_{r\text{MAX}} &= \log_{x_2/x_1} \frac{\ln x_1}{\ln x_2} \\ &= \frac{\ln(-\ln x_1) - \ln(-\ln x_2)}{\ln x_2 - \ln x_1} \end{aligned} \quad (2)$$

となる[1]。

対象画像の動体と非動体の領域が明確でない場合、両者の輝度値の中央値が同一であると見做して γ_r を求めることも可能である。その場合、

$$\begin{aligned} \lim_{x_1 \rightarrow x_2} \gamma_{r\text{MAX}} &= \lim_{x \rightarrow x_2} \frac{(\ln(\ln x) - \ln(\ln x_2))'}{(\ln x_2 - \ln x)'} \\ &= -\frac{1}{\ln x_2} \end{aligned} \quad (3)$$

として、 $\gamma_{r\text{MAX}}$ を求める[1]。

2.3 ノイズ除去

ノイズ除去のためのフィルタとしては、メディアンフィルタ、ガウシアンフィルタ、移動平均フィルタなどが考えられるが、メディアンフィルタでは 1lux 以下の低照度画像に対するガンマ補正に伴って強調されるノイズには対応できないことや、移動平均フィルタに比べて周波数特性の見通しが立てやすいことから、今回はガウシアンフィルタを用いてノイズの除去を行っている。

2.4 動体候補の決定

最初の 2 枚のフレームにおけるフレーム間差分においては、(3)式に基づいて $\gamma_{r\text{MAX}}$ を決定し、1)~5)の処理に基づいて動体候補を決定する。このときに決定した動体候補領域に基づき、以降のフレームの差分処理を行う。動体候補領域と非動体候補領域における画素の中央値をそれぞれ x_1 、

x_2 とし、(2)式に基づいて γ_{rMAX} を決定し、1)~5)の処理を行う。以降同様の処理を繰り返す。

3. クラスタ分割によるノイズ除去回数の推定

本手法は、通常の照度下で撮影した正解画像が存在することを前提とする。

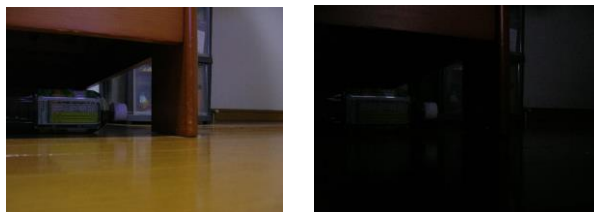
I_T を正解画像による動体検知結果、 $I_i (i \geq 0)$ を、 γ 補正後にガウシアンフィルタを i 回通した画像に対する動体検知結果とする。 $F(i)$ を、 I_T と I_i に対して求められるF値とする。さらに、 i を横軸、 $F(i)$ を縦軸としたグラフをプロットする。

このような $F(i) (0 \leq i \leq m)$ に対し、下記の手順でk-means法によるクラスタ分割を行う。

- (1) 分割数 n の初期値を $n = 2$ とする。
- (2) 分割数 n によるk-means法を実施する。分割後のクラスタを、所属する $F(i)$ のうち i の値の低い順に $cl(j)$ とし、 $cl(j)$ に属するクラスタの数を $n_c(cl(j)) (0 \leq j \leq n - 1)$ とする。
- (3) $n_c(cl(n - 1)) = m - n - 1$ 、 $n_c(cl(j)) = 1 (0 \leq j \leq n - 2)$ となった場合、 n に1を加え、(2)に戻る。それ以外の場合、(4)へ進む。
- (4) $n > 2$ の場合、 $n - 1$ をノイズ除去回数の推定値とする。 $n = 2$ の場合、 $n_c(cl(0)) + 1$ をノイズ除去回数の推定値とする。

4. 実験結果

2節で示された手法に基づいて動体検知を行い、3節で示された方法により適切と思われるノイズ除去の回数を推定する。実験に用いた画像の例(表1の画像7にあたる)を図1に示す。実験には、図1(a)のように通常の照度下における正解画像を撮影し、同じ条件で照明のみを消した条件で図1(b)のような低照度画像を撮影する。それぞれ、動体に見立てたオブジェクトの存在する画像と存在しない画像の2枚を撮影し、2節で示される動体検知を実行する。その際、 5×5 のガウシアンフィルタを0~10回実行し、F値を求めて3節の手法に基づいて適切な回数を推定する。



(a) 照明あり (b) 照明なし

図1 実験に用いる画像の例

実験結果のグラフの例を図2に示す。図2の横軸がガウシアンフィルタの回数、縦軸がF値である。ほとんどの場合、フィルタの回数を重ねるに従って、F値が上昇する。

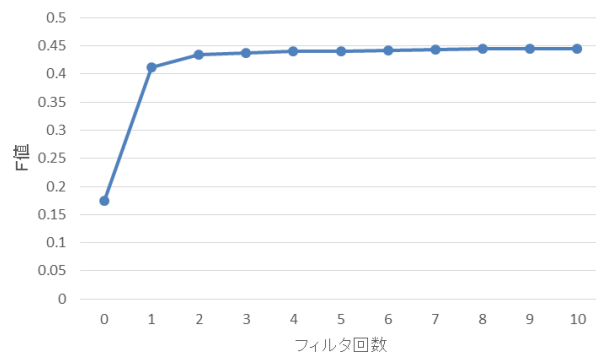


図2 実験結果のグラフの例

表1に、目視による推定値と本手法による推定値の比較を示す。表1に示すように、大体的場合において両者は類似した値となるが、画像1や画像2のように、目視による推定値に比べて本手法の推定値が低くなる場合がある。これは、フィルタの回数に対するF値の変化が緩やかな場合である。このような場合に対して正確な推定値を得るのが今後の目標となる。

表1 目視推定値と本手法による推定値の比較

画像	γ	目視	本稿の手法
1	4.52	1~4	1
2	3.49	1~2	1
3	5.56	3~	2
4	2.07	0	0
5	3.45	1	1
6	3.39	1	1
7	4.23	2	2
8	5.52	2	2

4. まとめ

本稿では、客観的な評価尺度として、F値を導入し、ノイズ除去回数の推定を行った。結果、F値による推定を行うこと自体は妥当なものとの感触を得ることができたが、k-means法による推定は、一部の画像で直感的な結果と異なる場合があるため改善の余地があることが判明した。今後は、推定の方法の改善、およびF値に代わる評価尺度の導入が課題となる。

参考文献

- [1] Yasuyuki Miura, Yuta Fujii, "The Examination of the Image Correction of the Moving-Object Detection for Low Illumination Video Image, IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE 2015 ICCE-TW), pp.33-34, 2015.06.
- [2] 三浦康之他, 低照度映像向け高速動体検知アルゴリズムのためのGPUベース実験システムの開発, 情報処理学会研究報告(HPC), Vol.2015-HPC-151, No.11, pp.1-7, 2015.09.