

低照度映像を対象とした動体認識のための画像補正法の検討

三浦 康之† 藤井 悠太†

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、カメラの価格低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。夜間に撮影された映像などの低照度映像に対する動体検知を行う際、前処理として輝度補正とノイズ除去を行うことによって認識の精度を高めることが可能となり、照度の変化に対して頑強な動体検知を行うことができる。そこで、ガンマ補正とノイズ除去フィルタを組み合わせた前処理において、適切なパラメータを設定する方法を検討する。特に今回は、ガンマ補正のためのガンマ値について、検知の精度を高めるための設定法を提案し、性能を評価する。

2. 提案手法

動体検知に関する研究として、背景差分に基づく方法が多く提案されている^[1]ものの、実時間性を要するアプリケーションの多くはフレーム間差分に基づく方法^[2]が用いられている。本稿では、照度の変化に頑強な後者の方法を仮定する。

2.1 提案手法の流れ

本稿で提案する手法は以下ようになる。

- 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。

2.2 ガンマ補正

ガンマ補正は、一般には入出力機器の特性に応じて画像の明るさを調整するための手段として用いられているが、低照度画像の補正に用いることも可能である。補正前の輝度値を x 、補正後の輝度値を y とすると、ガンマ補正の式は下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。したがって、

$$f(\gamma_r) = y_1 - y_2 = x_1^{\gamma_r} - x_2^{\gamma_r} \quad (2)$$

としたとき、

$$f'(\gamma_r) = \frac{df(\gamma_r)}{d\gamma_r} = 0 \quad (3)$$

となるような γ_r を求めれば良い。

$$f'(\gamma_r) = \ln x_1 \cdot x_1^{\gamma_r} - \ln x_2 \cdot x_2^{\gamma_r} = 0 \quad (4)$$

より

$$\ln x_1 \cdot x_1^{\gamma_r} = \ln x_2 \cdot x_2^{\gamma_r} \quad (5)$$

$$\frac{\ln x_1}{\ln x_2} = \frac{x_2^{\gamma_r}}{x_1^{\gamma_r}} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^{\gamma_r} \quad (6)$$

となる。よって求める γ_r は、

$$\begin{aligned} \gamma_{r\text{MAX}} &= \log_{x_2/x_1} \frac{\ln x_1}{\ln x_2} \\ &= \frac{\ln(-\ln x_1) - \ln(-\ln x_2)}{\ln x_2 - \ln x_1} \end{aligned} \quad (7)$$

となる。

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、

$$\lim_{x_1 \rightarrow x_2} \gamma_{r\text{MAX}} = \lim_{x \rightarrow x_2} \frac{(\ln(\ln x) - \ln(\ln x_2))'}{(\ln x_2 - \ln x)'}$$

$$\begin{aligned}
 &= \lim_{x \rightarrow x_2} \frac{\frac{1}{\ln x} \cdot \frac{1}{x}}{-\frac{1}{x}} = \lim_{x \rightarrow x_2} \left(-\frac{1}{\ln x} \right) \\
 &= -\frac{1}{\ln x_2} \tag{8}
 \end{aligned}$$

として、 γ_{rMAX} を求める。

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た。

今回の手法では、 3×3 ないし 5×5 のガウシアンフィルタを繰り返し通すことにより、ノイズの強度を低減する。繰り返しの回数を目安として、動体付近における 2 画素分を周期とする (1 画素単位で発生する) 細かいノイズの強度を、ガンマ補正前の水準に戻すことを考える。当該周期におけるガウシアンフィルタの周波数特性 F_2 は、 3×3 のフィルタにおいて約 $F_2 = 0.456$ 、 5×5 のフィルタにおいて約 $F_2 = 0.253$ となる。そこで、(7)により γ_{rMAX} を求めた場合は $a = y_1/x_1 = x_1^{\gamma_r-1}$ より、(8)により求めた場合には $a = y_2/x_2 = x_2^{\gamma_r-1}$ より画素値の増幅率 a を求め、 F_2^n と $1/a$ が最も接近する整数 n を、フィルタリングの繰り返し回数としてフィルタリングを実行する。

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、(8)に基づいて γ_{rMAX} を決定し、1)~4)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、(7)に基づいて γ_{rMAX} を決定し、1)~4)の処理を行う。以降同様の処理を繰り返す。

3. 実験結果

3 節の方法に基づいて、2 枚の静止画像を用いて動体候補の検出を行った。実験に用いる画像を図 1 に示す。図 1(a)(b)は、照明のある状態の画像で、図 1(b)左中央にある物体を動体候補として検出する。図 1(c)は、図 1(b)と同じ対象を、証明のない状態で撮影したものである。本実験では、図 1(c)のような画像を対象に実験を行う。

図 1(c)の画像に補正を行った結果を図 2 に示す。図 2(a)は、ガンマ補正後の結果、図 2(b)は、ガンマ補正とノイズ除去を行った結果である。今回

のケースでは、(8)によって求められる γ_{rMAX} は、 $1/5.46 \approx 0.183$ となる。したがって、 $a = 52.67$ (倍)となり、 5×5 のフィルタの場合 F_2^n と $1/a$ が最も接近する整数 n は、 $n = 3$ となる。図 2(a)から分かるように、ガンマ補正後の画像はノイズが激しいため、フレーム間差分に適さないため、図 2(b)のように、ノイズ除去フィルタを通すことにより、フレーム間差分が可能となる。実験の結果、閾値が 25/256 付近のフレーム間差分において、動体候補の検出が可能であると判明した。

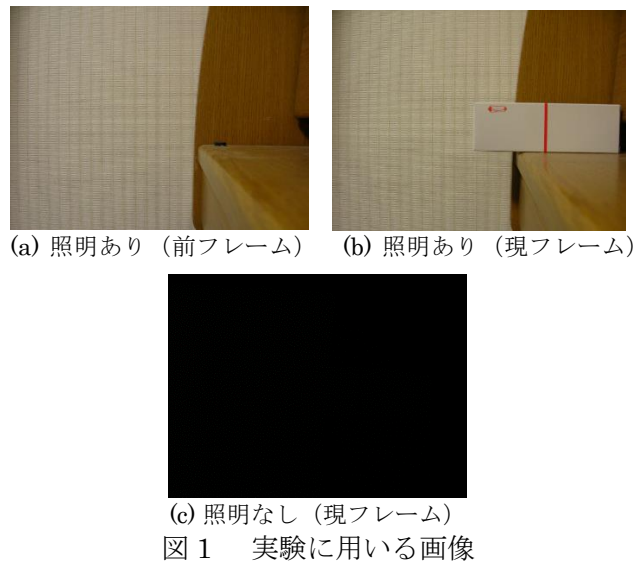


図 1 実験に用いる画像

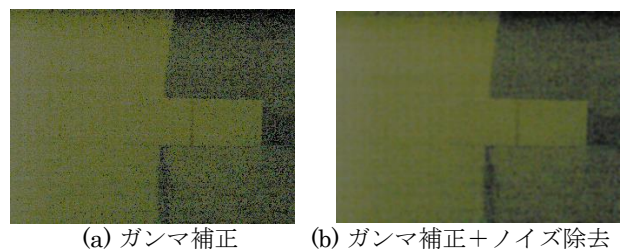


図 2 処理を行った画像

4. まとめ

本稿では、フレーム間差分法による動体検出のための画像補正法として、ガンマ補正とガウシアンフィルタを組み合わせた方法を提案し、検討を行った。実験結果から、提案手法は 1lux 以下の環境における低照度映像において動体候補の検出が可能であることが明らかになった。

参考文献

- [1] 弓場他, 時空間テクスチャを用いた背景モデルによる動体検出法, 電子情報通信学会論文誌(D), J94-D(7), pp.1101-1112, 2011.07.
- [2] 絹川 亨, 石村 理知, 簡便でノイズ耐性の高いフレーム間差分による動体検出法 -抽出画素の時空間でのつながり情報を用いたランダム変動背景の除去-, 電子情報通信学会技術研究報告(CS), 107(379), pp.147-152, 2007.12.