C109

超高速ビデオカメラ用画像トリガーの開発

初木 勇哉[○](近畿大学大学院), 江藤 剛治(近畿大学)
竹原 幸生(近畿大学), 森 理至(近畿大学大学院)

Development of a video trigger for ultra high-speed video camera

Yuya HATSUKI, T. Goji ETOH,
Kohsei TAKEHARA and Tadayuki MORI

ABSTRACT

An ultra high-speed video camera whose frame rate is 1 million frames/second was developed by a cooperative R and D project of Kinki University and Shimadzu Corporation in September, 2001. In this ultra high-speed video camera, the continuous overwriting system is used. Number of recorded frame is 103. In case of high-speed image capturing, a method of sending a trigger signal for stopping continuous overwriting becomes important. Currently available trigger systems are mainly a trigger by sound and a trigger by laser. In the case of image capturing of a bursting balloon, we can use the sound and/or laser trigger. However, it is difficult to capture images at an ultra-high frame rate under a microscope. A video trigger system, which can be applied to microscopic ultra high-speed image capturing, is under development. In this paper, an algorithm for detection of a sudden change of brightness in an image is presented.

Key words: High speed photographing, Ultra high-speed video camera, Video trigger, ISIS

1. はじめに

2001年9月に、撮影速度が100万枚/秒の超高速ビデオカメラが近畿大学水工学研究室と島津製作所の共同で開発された。

この超高速ビデオカメラの解像度は81,120画素(312 pixel × 260 pixel)となっている。また、連続上書き方式が用いられ、記録枚数は103枚となっている。例えば、1秒間に1万枚の撮影速度で撮影した場合、撮影時間は10.3msとなり、1秒間に100万枚の撮影速度で撮影した場合の撮影時間は103μsとなる。連続上書き操作を続け、撮影対象現象が生起すると、この非常に短い時間の間に、連続上書きを止めるためのトリガー信号を送る方法が重要となる。

現在、信号を送る主な方法として、音によるトリガーと、レーザーによるトリガーがある。これらのトリガーは、風船が破裂する現象のような場合においては、問題なく撮影を行うことが可能である。しかし、顕微鏡下におけるような現象を撮影することは困難である。このため、現象が変化した時に見られる輝度の変化をモニタリングして、現象の変化を画像上で自動的に検出し、トリガー信号を出力する画像トリガーの開発を行った。今回はこの画像トリガーで用いたアルゴリズムについて述べる。

2. 平均輝度値算出方法

この画像トリガーは輝度の変化をモニタリングし、現象の変化を検出する。このため、撮影で得られた画像の平均輝度値を

一枚ごとに算出する必要がある。また、輝度の変化をモニタリングする際、画像を上下左右と中央の5つの部分に分割して行う。このため、画像全体の平均輝度値と、5分割された各部分の平均輝度値をそれぞれ算出し、比較を行った。今回行った画像の分割をFig.1に示す。

撮影で得られる画像(bmpファイル)をrawファイルに変換し、プログラムを用いて平均輝度値の算出を行った。

このプログラムでは、一枚の画像に含まれる画素の輝度を足し合わせたものを、画像に含まれる画素数の合計で割って平均輝度値を求める。この計算によって得られた輝度値の時間変化をFig.2に示す。なお、今回は最も輝度の変化がわかりやすい風船の破裂現象を例として示し

Fig. 1 Partition of image

Fig. 2 Change of average brightness at a bursting balloon

た。

3. 周期的ノイズの除去

Fig.2 には、12 枚ごとに輝度値の乱れがみられる。風船のような輝度値の変化が比較的大きい現象ならばたいした問題にならない。しかし、輝度値の変化が小さい現象では、ノイズによってトリガー信号が出力される問題が考えられる。このため、ノイズを除去する必要がある。

そこで、分割された各部分の平均輝度値を画像全体の平均輝度値で割り、部分ごとの相対値を算出することでこのノイズの除去を行った。

風船の破裂現象で最も平均輝度値の変化が大きかった中央部の平均輝度値を Fig.3 に、この中央部の平均輝度値と画像全体の平均輝度値の相対値を Fig.4 にそれぞれ示す。

これらを比較した結果、Fig.4 では 12 枚ごとのノイズの除去が行われ、得られた画像の平均輝度値の変化を正しく抽出することができた。

Fig. 3 Average brightness at central area

Fig. 4 Ratio of average brightness of the central area Fig.3 to the whole area (Fig.2)

4. アルゴリズム

Fig.4 で示した相対値を用いて画像トリガーのアルゴリズムを考えた。アルゴリズムの例を Fig.5 に示す。

Fig.5 をふまえてトリガー信号を検出するまでの手順を以下に示す。

- ① n 個の平均輝度値における移動平均 (pdf ファイルでは図中の赤色実線で示す) をとる。
- ② ①で得られた移動平均の値から標準偏差 (図中の青色実線で

示す) を算出する。

- ③ ①で求めた移動平均と、そこからさらに m 個進んだサンプルとの (図中赤色破線に示す) の差を求める。
- ④ この差と標準偏差の比をもとめる。これを異状度 k と呼ぶことにする。
- ⑤ $k \geq 5$ のとき、画像上で大きな変化があったとする。

この異状度の具体的な例として風船の破裂現象に適用した例を Fig.6 に示す。このときの n, m もともに 10 と設定した。

風船が割れ始めた瞬間から k の値は大きくなる。 $k=4 \sim 5$ のとき割れ目がはっきり見えるようになる。このため、風船の破裂現象においては、異状度 $k=5$ と設定することでトリガー信号が出力される。

Fig. 5 Algorithm of video trigger

Fig. 6 Abnormality k : Ratio of a deviation from moving average to moving standard deviation

5. まとめ

この解析をプログラムとして素子に組み込むことで、画像上における輝度値の変化に反応する画像トリガーを作成できると考えられる。

この画像トリガーを用いることで、撮影速度が 100 万枚/秒の場合においても、撮影時間内に撮影したい現象を収めることが可能となる。