

テレビ映像に入るパルスノイズの実時間除去方式
Real time pulse noise reduction in the TV video

橋本 健太郎† 佐々木 敬泰† 大野 和彦† 近藤 利夫†
Kentaro Hashimoto Takahiro Sasaki Kazuhiko Ohno Toshio Kondo

1. まえがき

パルスノイズは TV 映像に入るゴースト障害、スノー、ビート等に並ぶ主要なノイズの一つであり、走査線の一部欠損に起因するノイズである。フレーム間にほとんど相関のない輝度値変化の大きいノイズであり、既存の2次元、3次元フィルタでは、大きなぼやけを許さない限り除去できていない。実際昨年発売されたノイズ除去 LSI でも、パルスノイズはほとんど除去できない[1]。本報告ではブロックマッチングを使用する本格的な動き推定を組み込み、ノイズ除去率向上を達成しながら、ソフトウェアでの実時間処理を実現する手法を提案し、シミュレーションによる評価結果を示す。

2. パルスノイズ除去方式

2.1 提案方式の概要

この種のフレーム間相関のないノイズをぼやけ無しで除去する手法としては、映画フィルム上のブロッチノイズ除去技術が挙げられる。しかし、その中で用いられているブロックマッチングの演算量が膨大で、低コストでの実時間処理の実現は困難である。そこで、本手法では、従来のブロックマッチングベースノイズ除去手法（映像フレームのN×N画素のブロックを単位に、動き探索結果に基づきノイズを検出し、その検出ノイズを前後フレームの正常部分と置換する）に対して、パルスノイズの特性を利用して、ブロックマッチングの使用回数低減と各回の演算量の低減をはかる。また、パルスノイズは、ハイフン状であり、ブロッチなどと違いノイズの形状が小さいので、近傍画素の値のみから修復を行う。前後フレームの対応画素を探し出して用いるのに比べ、演算量の大幅な削減をはかることができる。修復箇所自体が多少ぼやけるものの、それが目立つことはほとんどない。パルスノイズはフレーム当たりの出現頻度が小さく、局所的に集中して現れることがほとんどないからである。次節より図 1, 2 を使いながら本手法のノイズ検出について説明する。

2.2 画素ごとのノイズ検定

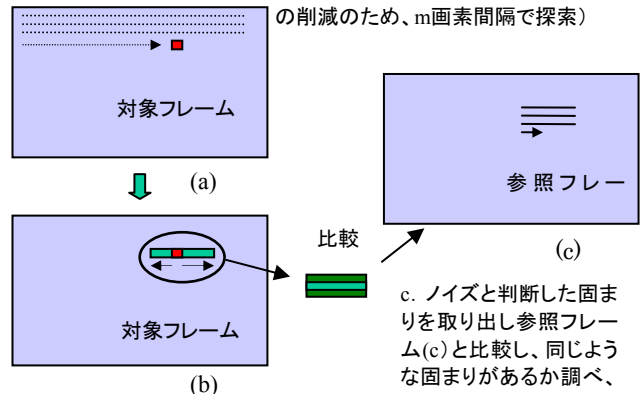
パルスノイズはハイフン状であるということを利用して、m画素ごとに注目画素 $P_t(h, w)$ を移動させ、そこで注目画素 $P_t(h, w)$ がノイズの一部と判断された場合のみ、検定を広げることで、演算量の削減をはかる。検定は、パルスノイズが近傍画素に比べ輝度が極端に違った部分であるという特性に基づき、輝度値の周囲との独立性をみる以下の式(1)で行い、検定結果 $F(h, w)$ を得る。(図 1. a, 図 2. ①)

画素検定

$$F(h, w) = (\text{abs}(Y_t(h, w) - Y_t(h-1, w)) > T_1) \ \& \ (\text{abs}(Y_t(h, w) - Y_t(h+1, w)) > T_1) \ \& \ (\text{abs}(Y_t(h-1, w) - Y_t(h+1, w)) < T_2)$$

(ここで T_1, T_2 は閾値とする) …………… (1)

a. ラスタ走査でノイズの一部と思われる画素を探索する(このとき演算量の削減のため、m画素間隔で探索)



b. ノイズの一部と思われる画素を発見したら、その後左右にも探索を行い、パルスノイズ候補を抽出する

c. ノイズと判断した固まりを取り出し参照フレーム(c)と比較し、同じような固まりがあるか調べ、ノイズかどうかをここで決定する

図 1 : ノイズ検出の流れ

2.3 パルスノイズ候補抽出

結果の $F(h, w)$ が 0 だったならば、注目画素 $P(h, w)$ はノイズの一部ではないと判定し、注目画素を次の $P(h, w+m)$ に移す。 $F(h, w)$ が 1 だったならば図 2. ②の処理に移る。具体的には、式(1)を使い $F(h, w+i) = 0$ になるまで i を 1 ずつ変化させ、2.2 で述べたように左右の画素に検定をひろげる。(パルスノイズは中心ほど輝度が高い特性を持っているので閾値 T_1, T_2 を所定の割合で変更する) $F(h, w+i) = 0$ になったら、その画素はノイズの一部ではないとし、その方向への $P_n(h, w+i)$ の計算を終了する。つまり $F(h, w+i) = 1$ の連なりであるパルスノイズ候補が抽出できる。 $F(h, w+i) = 1$ を満たす $w+i$ の最小値、最大値を a, b とすると式(2)でパルスノイズ候補 G を表すことができる。(図 1. b)

パルスノイズ候補 G 抽出

$$G \ni P_t(y, x) \ (y = h, \ a < x < b) \ \dots\dots\dots (2)$$

2.4 ブロックマッチングによるノイズ検定

抽出が終わったら、そのノイズ候補と似通った物体が参照フレームにないか探索する。もし発見されたならばそれは実在の物体であるとして除去を行わない。まず参照フレーム真裏位置との間で輝度値の差分絶対値和を求め、もしその値が閾値 T_3 よりも小さかったならば実在物体と判断し、次の画素に移る(式(3), 図 2. ③)。

真裏検定

$$\alpha_t(h, k) = \sum_{k=a}^b \text{abs}(Y_t(h, k) - Y_{t-1}(h, k)) \ \dots\dots\dots (3)$$

† 三重大学

式 (3) の評価値 $\alpha_t(h, k)$ が T_3 以上でノイズの可能性がありと判定された場合には、パルスノイズ候補 G のみではなく、パルスノイズ候補 G の周りの画素も用いて、ブロックマッチングによる動き探索を行う。具体的にはブロック B (式 (4)) を使い、周辺の探索範囲内の各点について、輝度値の差分絶対値和 β_t を求める (式 (5), 図 1. c)

$$B \ni P_t(y, x) \quad (h-1 \leq y \leq h+1, a \leq x \leq b) \dots\dots\dots (4)$$

周辺検定

$$\beta_t(h, k, m, n) = \sum_{l=h-1}^{h+1} \sum_{k=a}^b \text{abs}(Y_t(l, k) - Y_{t-1}(l+m, k+n))$$

(m, n は探索範囲内の点とする) $\dots\dots\dots (5)$

すべての β_t が T_3 以下に下がらない場合はノイズと判定し、修復処理に移る (図 2. ④)。このブロックを使った比較は演算量が大いものの、この判定に入るのはそれほど多くなく、全体としてはそれほど負荷にはならない。事前の真裏位置に対する判定処理により、大半がノイズの可能性なしとしてスキップされるからである。

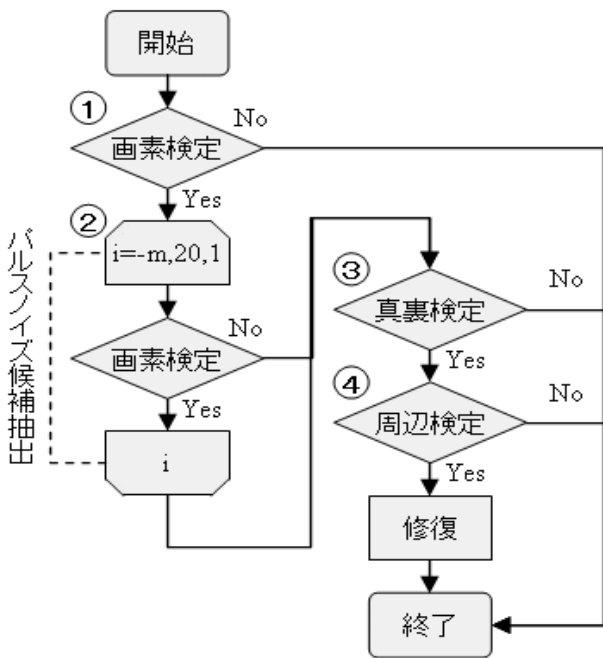


図 2 : 全体の流れ

3. 評価実験

Athlon™ 1700+を搭載した PC でパルスノイズを含む動画サンプル数 30 (総フレーム数 12671) に対し、本手法を適用し、処理速度、検出精度を評価した。1 フレームあたりの処理時間は平均 24msec と実時間可能な 33msec 以下を達成することができた。表 1 に図 2 の各過程②③④時の検出漏れ率および誤検出数を示す。ノイズの検出状況の判定はすべて目視で行い、サンプル画像からランダムに 100 枚選んで測定した。その結果、除去漏れ率は約 1 割、誤って除去した数は平均 30 と、全体的なぼやけなしで視覚的に目立つノイズをほとんど除去することに成功した。本手法を

適用した結果、フレームによっては処理時間が 33msec を大きく越すものもあれば、誤検出の数が平均の 2 倍、3 倍となるものもあった。しかし、ノイズ除去率に大きな変動はなくどのフレームにおいても 80~100%の除去に成功していた。この時のパラメータは $T_1 = 50, T_2 = 30, T_3 =$ (画素数 *30), 探索範囲 $-15 \leq m, n \leq 15$ と設定した。また、表 1 にノイズ検出の過程による検出漏れ数および誤検出数の数を示す。

	検出漏れ率	誤検出数
過程②	1.32%	7186.0
過程③	9.87%	45.6
過程④	10.01%	30.6

表 1 : 各検出過程における値

5. むすび

動きの激しいノイズを含んだ映像 (500 フレーム) に本手法を適用させてフレームごとの処理時間をグラフにした (図 3)。結果として平均 31msec とリアルタイム (1 フレームあたり 33msec 以内) で実現することができた。しかし、シーンチェンジや動きの激しい部分では 1 フレームにその 2 倍以上かかり速度性能に関する改善の余地がある。また動画像によって閾値を変えることによる精度の向上や、本報告では触れなかったが色差を使った手法、ソーティングを使ったノイズ判定などで除去精度が改善されることが確認できているので、今後はこれらの改善方法を演算量低減といかに両立するかについて検討をすすめる。

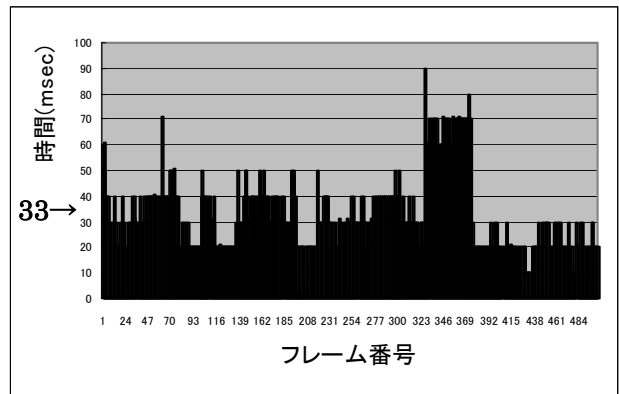


図 3 : 動きの激しい映像での処理時間

[参考文献]

[1] 中野 孝経 “映像ノイズ除去 LSI NR-FIFO シリーズの開発” 沖テクニカルレビュー 2003 年 10 月 / 第 196 号 Vol. 70 No. 4
 [2] 宮田晃次, 田口亮, “ブロッッチによって劣化した動画像信号に対する一復元手法” 電子通信学会論文誌 A Vol. J84-A No. 3 pp. 398-408 (2001. 3)
 [3] 飯高一郎, 小松 隆, 齊藤隆弘, “経年劣化映像の損傷修復アルゴリズムの定量的評価” FIT2003 講演論文集 J-050