

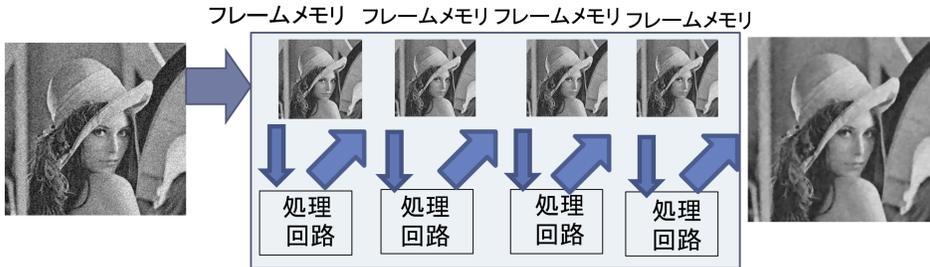
# 混合雑音除去画像フィルタのFPGA実装

## 背景・研究目的

様々な映像信号に対する反復処理が存在する

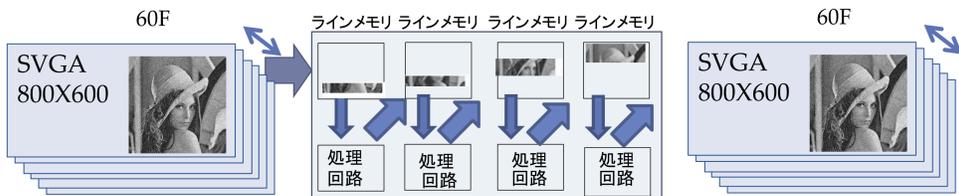


## 従来法



フレームメモリを利用した反復処理  
フレームメモリのためシステム構築が容易、必要メモリ量が大きい[1]

## 提案法



必要最低限のラインメモリによる反復処理  
1ライン量×nで良いため必要メモリ量が少ないが、制御が複雑

この提案法を用いた反復処理によるTVフィルタを映像信号に適用する。

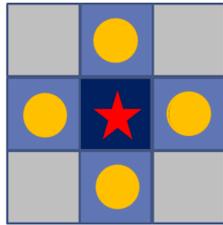
## TVフィルタ

ガウス雑音を効果的に除去可能[2]  
高周波成分の保存性がある[2]  
TVフィルタは反復処理が必要な非線形フィルタ

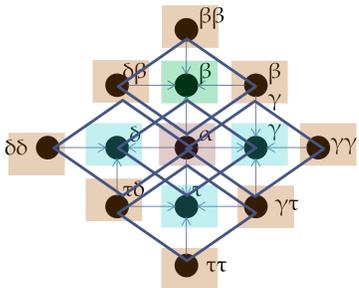
$$J[u] = \int_{\Omega} |\nabla u| dx dy + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega} (u - u^0)^2 dx dy \quad (1)$$

不自然画像を排除するための正規化項

最適解が元の劣化画像から離れすぎないようにするための制約項



u:最適解    λ:ラグランジュ未定乗数  
u<sup>0</sup>:劣化画像    |∇u|:エッジの傾き



実際に必要な入力はこの13点[3-4]

$$F(u)|_{\alpha} = \sum_{\beta \sim \alpha} (h_{\alpha\beta} u_{\beta}) + h_{\alpha\alpha} (u^0)_{\alpha} \\ = h_{\alpha\beta} u_{\beta} + h_{\alpha\gamma} u_{\gamma} + h_{\alpha\delta} u_{\delta} + h_{\alpha\epsilon} u_{\epsilon} + h_{\alpha\alpha} (u^0)_{\alpha}$$

反復処理1回あたり6ライン分のメモリが必要

インパルス雑音を画像の欠損と考え、欠損部には式(1)の制約項が作用しないように改良することで、インパルス雑音を周辺画素の値から適切に修復することができる。式(1)を修正し、以下のようにTVインペインティング法を定式化する。

$$J[u] = \int_D |\nabla u| dx dy + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega \setminus D} |\nabla u| dx dy + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega \setminus D} (u - u_{in})^2 dx dy \quad \dots (2)$$

正規化項

制約項

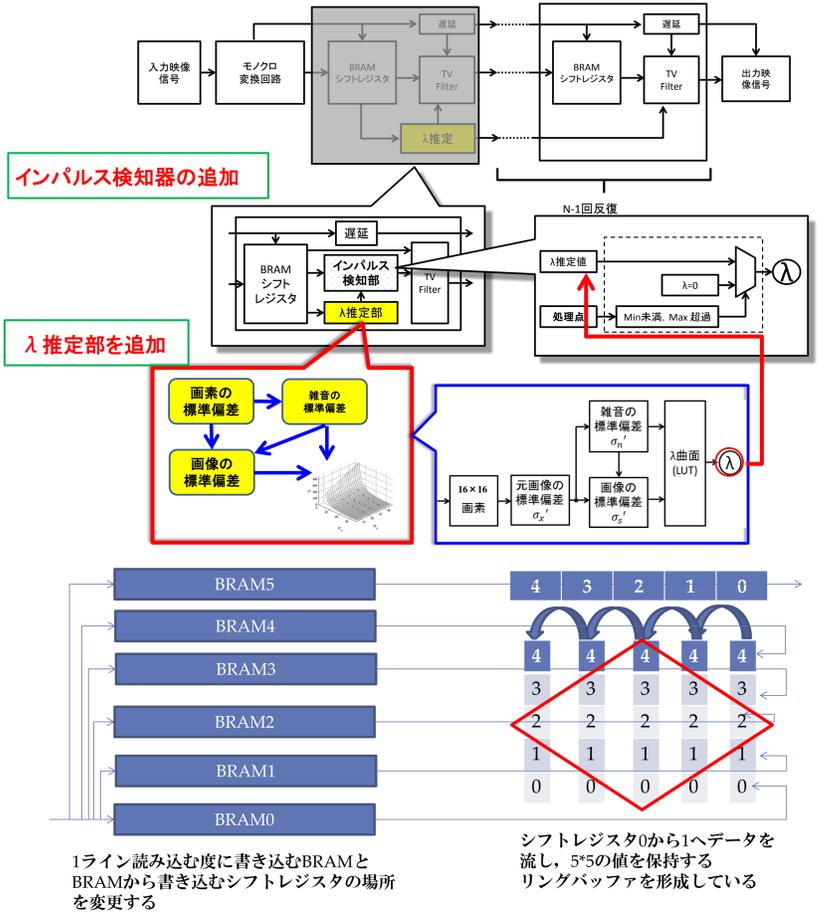
式(2)をデジタル化したDigital TVフィルタを用いる。なお、本稿で扱うパラメータの設定については文献2に添うものとする。

## 使用機器

- 開発機器: Stratix V Development Kit
- 開発ツール: Quartus II subscription Edition v.13.0
- 開発言語: VHDL

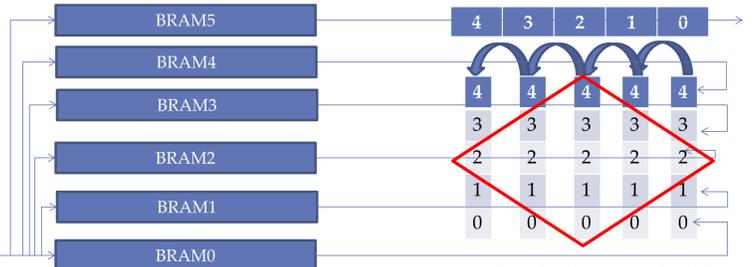


## 実装内容



インパルス検知器の追加

λ推定部を追加



1ライン読み込み度で書き込むBRAMとBRAMから書き込むシフトレジスタの場所を変更する

シフトレジスタ0から1へデータを渡し、5\*5の値を保持するリンクバッファを形成している

## 実装結果

Family	Stratix V
Device	5SGSMD5K2F40C2
Timing Models	Final
Logic utilization (in ALMs)	169,687 / 172,600 (98%)
Total registers	399871
Total pins	78 / 864 (9%)
Total virtual pins	0
Total block memory bits	4,700,112 / 41,246,720 (11%)
Total DSP Blocks	650 / 1,590 (41%)

回路規模

メモリ容量

Stratix Vで実装を行った結果、論理及び演算器のハードウェア容量に問題が無く、複数回の反復処理を実装する事ができた

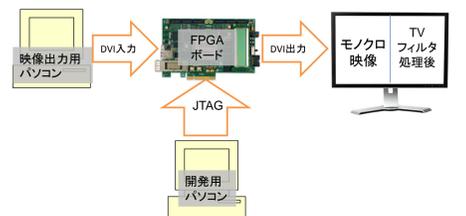
Clocks Summary					
Clock Name	Type	Period	Frequency	Rise	Fall
1  _SL_CLK	Base	10.000	100.0 MHz	0.000	5.000

動作周波数

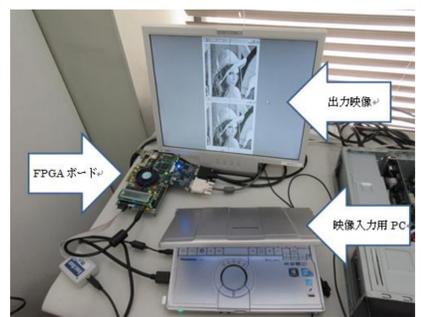
動作周波数100.0MHz

SXGA(1280×1024)までの動作が可能

## 実験状況



画像比較のためのカラー映像をモノクロ映像に変換したものをディスプレイ左に出力している



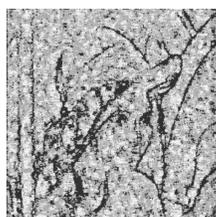
## 実験結果



左:入力画像, 右:出力画像    文字・画像・自然画像の混合画像

入力画像にくらべ出力画像は、平滑化され雑音が軽減されている事がわかる  
文字や画像の混合画像でも同様の結果を得る事ができた

平滑化パラメータλの推定結果の可視化



- 白に近づくほど平滑化が大きくなる (ポジネガ反転)
- エッジや細部信号の平滑化は小さい
- 平坦部の平滑化は大きい

平滑化パラメータλは画像の状況によって時变的に変化していることがわかる

[1]八木伸行, 井上誠喜, 林正樹, 奥井誠人, 合志清一, C言語で学ぶ実践デジタル映像処理, オーム社, 1996.  
[2]三浦翔, 辻裕之, 木村誠聡, 徳増真司, "TVインペインティング法のパラメータ調整に基づく混合雑音除去", 電気学会論文誌C, Vol.31, No.3, pp.69-74, Mar. 2011.  
[3]成沢良太郎, 三浦翔, 辻裕之, 木村誠聡, "TVフィルタのFPGA実装についての検討", 電子情報通信学会技術研究報告書 スマートインフォメディアシステム, Vol.112, No.348 pp.69-74, Dec.2012.

[4]成沢良太郎, 三浦翔, 辻裕之, 木村誠聡 "TVフィルタのFPGA実装についての検討", 電子情報通信学会技術研究報告書 スマートインフォメディアシステム, Vol.112, No.348 pp.69-74, 14-12-2012.