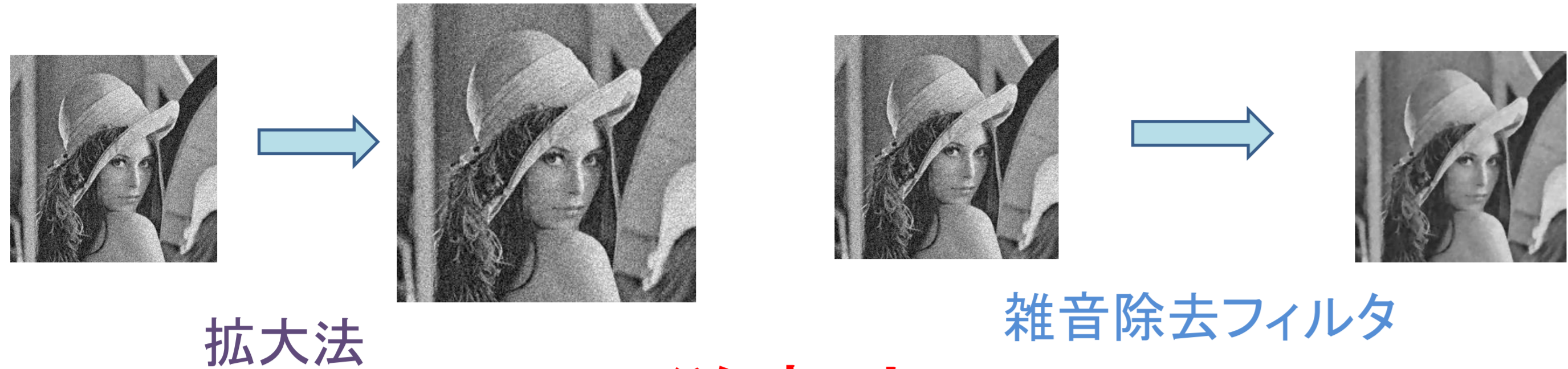


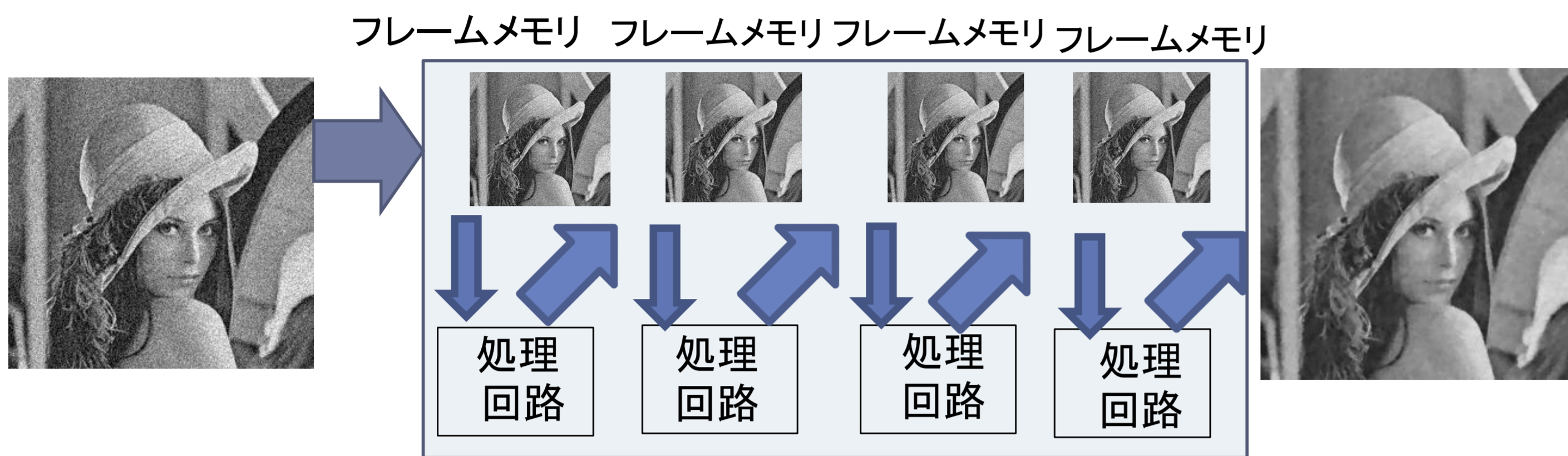
混合雑音除去画像フィルタのFPGA実装

背景・研究目的

2014年現在様々な映像信号に対する反復処理が存在する。

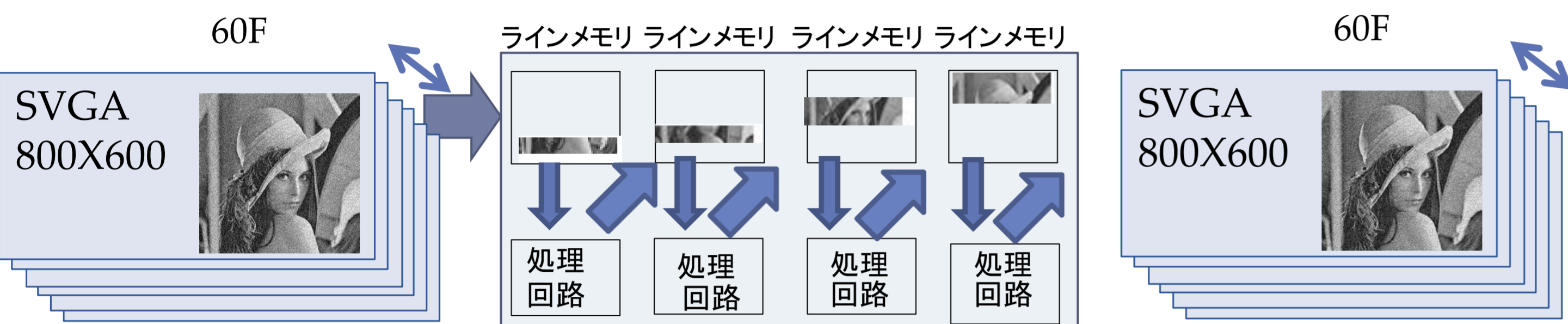


従来法



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、反復処理による雑音除去フィルタである、TVフィルタを映像信号に適用する。

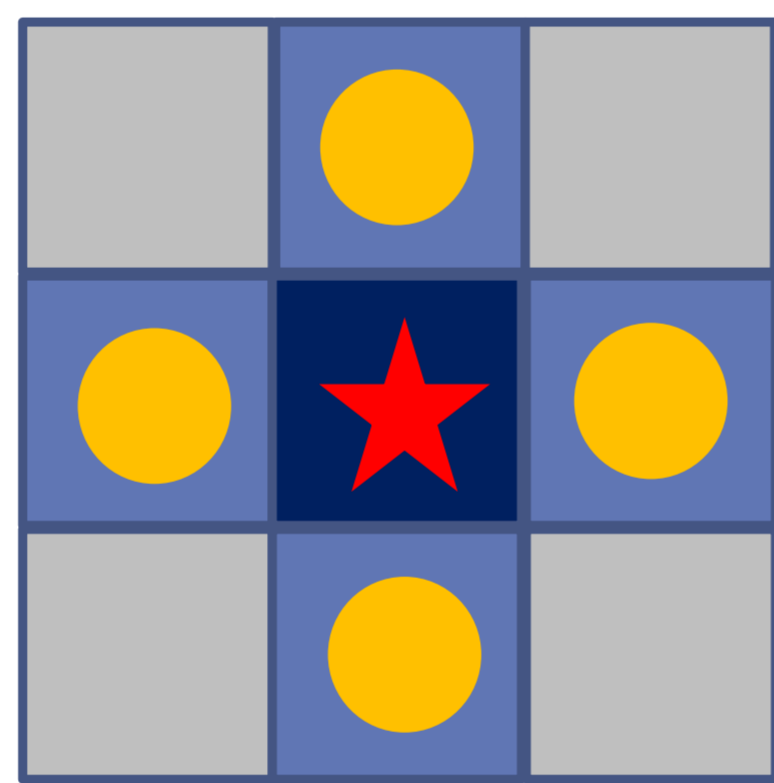
TVフィルタ

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[2]

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

不自然な画像を排除するための正則化項

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
 u^0 : 劣化画像
 λ : ラグランジュ未定乗数
 $|\nabla u|$: エッジの傾き

実際に必要な入力はこの13点[3-4]

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

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。

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

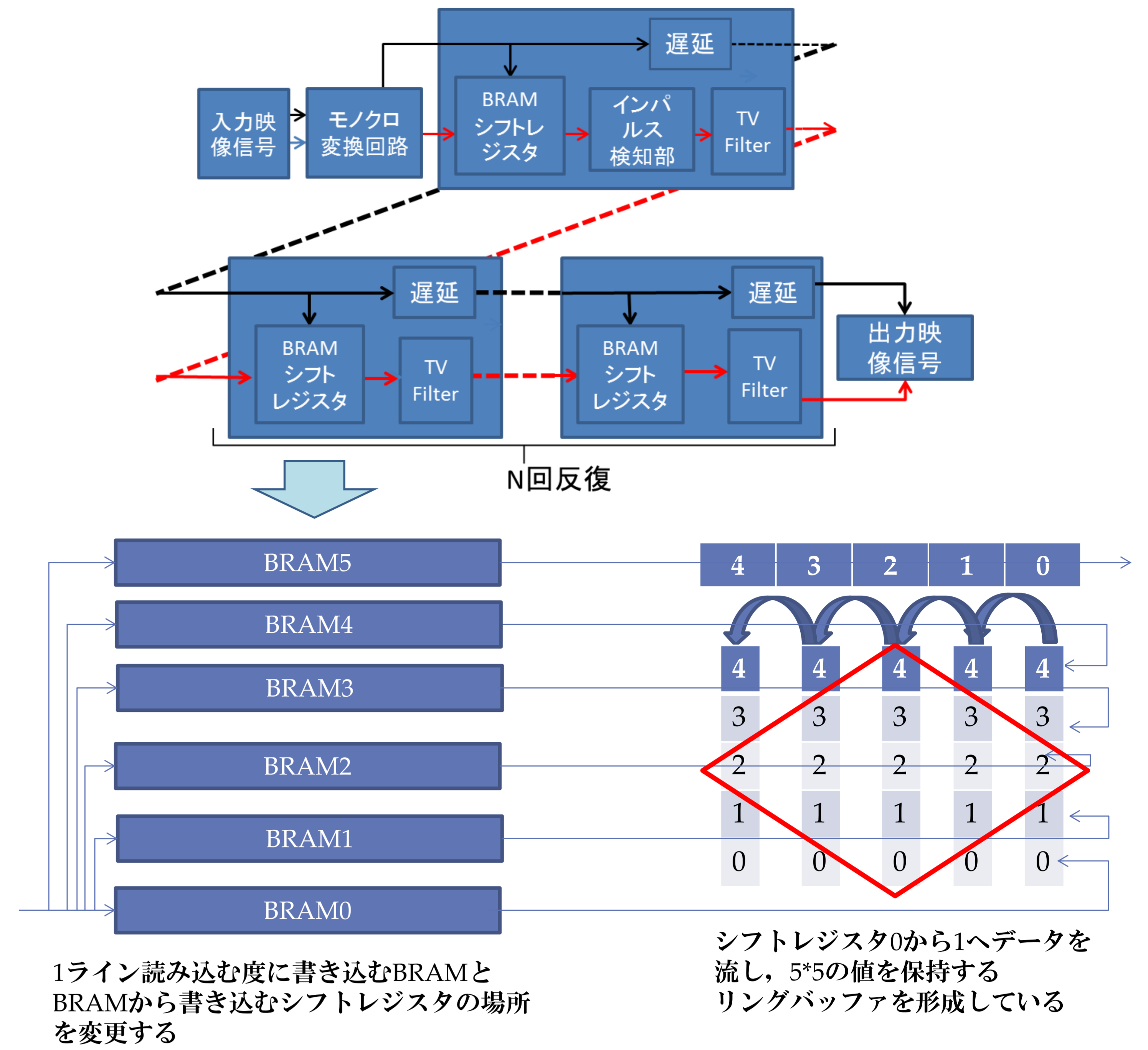
式(2)をデジタル化したDigital TVフィルタを用いる。なお、本稿で扱うパラメータの設定については文献2に添うものとする。

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



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

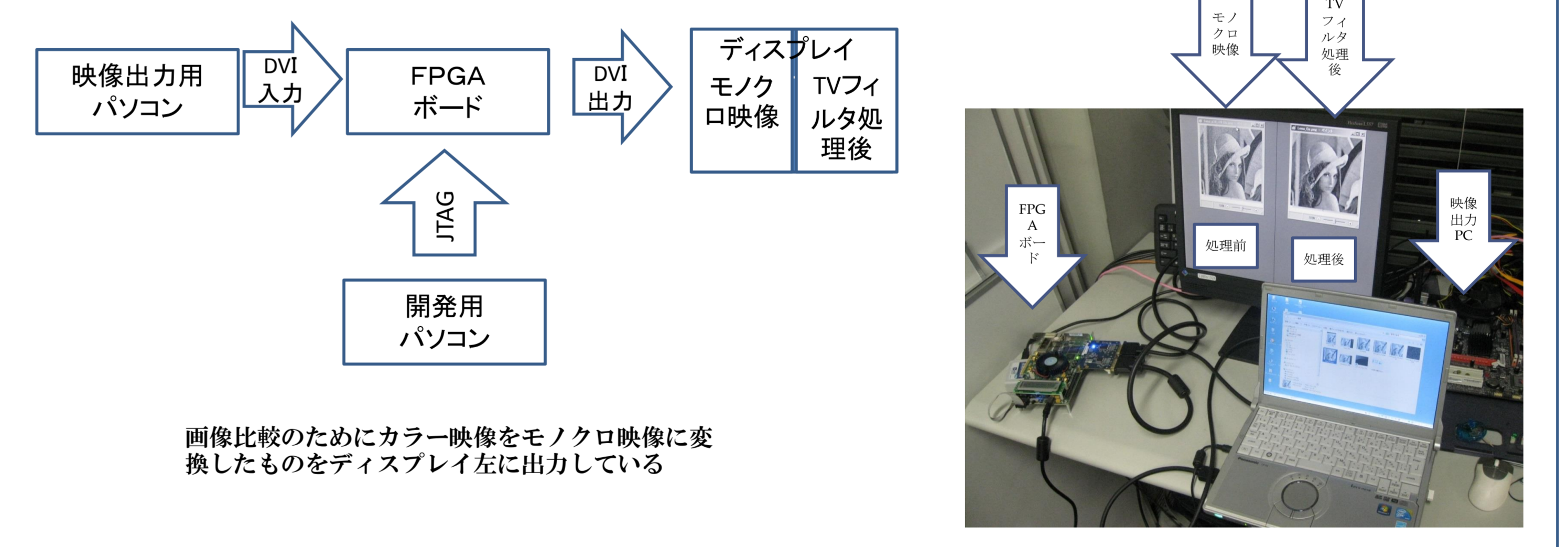
シフトレジスタ0から1へデータを流し、5*5の値を保持するリングバッファを形成している

実装結果

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

FPGA上で流れているデータをチェックした限り、仕様の通りに動作していることを確認した。

実験状況



実験結果

左、フィルタ処理前の画像と、右、フィルタ処理後の画像。FPGA上のメモリからデータを入手し、映像信号の一部をBMPファイルに変換したもの。

画像が平滑化され、雑音が軽減されているのがわかる。

画素値を比較したデータが左右の図。雑音の斑模様部分が平滑化されノイズの部分が周辺値が近づきつつも、エッジが維持され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.