

令和 2 年 5 月 17 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01764

研究課題名(和文) 画像処理のデザインパターンによる体系化と専用プログラミング言語の設計

研究課題名(英文) Systematization of image processing by programming design pattern and design of domain specific programming language for image processing

研究代表者

福島 慶繁 (Fukushima, Norishige)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80550508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：計算機環境が複雑化している中、高度に最適化された機械語を得るためには、分野ごとに特化した専用プログラミング言語が必要不可欠である。しかし、最新の画像処理専用プログラミング言語でも、局所的な最適化しかできず、アルゴリズム全体の最適化は未だできない。本研究では、画像処理をデザインパターンとしてまとめ、多くのパターン集として体系化することともに、それをプログラミング言語として試作する。

主に、画像処理は、FIRやIIRといった畳み込み、拡大縮小、点の処理の連続として表現され、これを効率的につなぐことで高速化可能であることを示した。さらにそれらを検証するために様々なアプリケーションで検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、画像処理研究をプログラミングのデザインパターンという新たな観点から体系化することで、この問題にアプローチする。そして、専用プログラミング言語にデザインパターンを指示する機能を与えることで、全体を見通す機能を獲得させ、この問題を解決する。これは、画像処理の高速化、アルゴリズム、計算機アーキテクチャの専門化が協力することで初めて達成される独創的な研究であり、また、プログラミングによる計算処理の学術的な体系化という方法も他の隣接分野にも波及するためこの意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：For generating highly optimized machine languages in an increasingly complex computer environment, it is essential to have a domain-specific programming language. However, even the latest dedicated image processing programming languages can only optimize locally and not yet optimize the entire algorithm. In this research, we summarize image processing as design patterns, systematize them as a collection of patterns, and create a prototype programming language.

We mainly show that image processing can be expressed as a sequence of FIR and IIR convolutions, scaling, and point processing, and that it is possible to speed up image processing by connecting them efficiently. In order to further validate them, we verified them in various applications.

研究分野：画像処理

キーワード：画像処理 ドメイン固有言語 Halide 画像処理コンパイラ 並列処理 ベクトル化 デザインパターン 高能率計算

1. 研究開始当初の背景

ムーアの法則に従い、トランジスタの集積度が指数的に増加する一方で、クロック数増加の時代が終わった。かわりに、マルチコア化やベクトル化、FPGA や GPU との統合など、計算機の複雑化が進んでいる。加えて、ユーザ環境も携帯、PC、クラウドと多様化し、この問題を加速している。その結果、現在では、熟練プログラマがアーキテクチャに応じてプログラムしなければ、理論値の 50%の性能を出すことも難しい。

分野に特化したプログラミング言語であるドメイン固有言語は、多様化する計算機・プラットフォームに対する有効な解決策である。画像処理分野では、研究分担者の津邑の RaVioli が 2006 年、MIT から Hali が 2012 年、Stanford から Darkroom が 2014 年に画像処理固有言語として登場している。これらは、ライブラリではカバーできない細粒度で画像処理を最適化する。例えば Halide では、任意の画像処理において、画像をタイル分割し、局所性、並列性、冗長性のトレードオフを自動で最適化することで高速なプログラムを生成する(右図上部参照)。

しかし、これらの言語はチューリング完全でなく、記述の抽象度に制限があるとともに、処理への介入の余地が少ない。そのため、1)複雑なアルゴリズムの最適化には丸 1 日のコンパイル時間が必要になり、十分な最適化が出来ない場合がある。また画像処理固有言語としての制約を強く使っておらず、2)高速なアルゴリズムの適用による高速化などの機能がなく、3)複雑なアルゴリズム同士を結ぶパイプラインの連結にボトルネックがあるという 3 点に改善余地がある。

本課題は、「画像処理研究をプログラミングのデザインパターンとして新たに体系化し直して、プログラマが意図したパターンを指示できるプログラミング言語が設計できれば、短い記述で処理全体を見通した最適化をすることができるのではないか?」という着想に由来する。代表者は、画像処理の高速化とその精度のトレードオフに関する研究を行ってきた。様々なアプリケーション(超解像、HDR、ノイズ除去、ライトフィールド、自由視点画像、様々なエッジ保存平滑化フィルタ)の高速化、並列化実装を通じてプログラミングに多くの共通パターンがあることに気がついた。そして、本研究課題の原型として、並列化プログラムのパターンが画像処理に適用可能であることを示している。

また、分担者の杉本は、ガウシアンフィルタに複数の高速化パターンがあることを発見し、古典的なアルゴリズムにもかかわらず、その大幅な高速化に成功している。この知見は、バイラテラルフィルタといった他のフィルタにも展開可能であり、任意のフィルタも古典的なフィルタにまで分解できれば高速化可能になることを示している。この研究は研究代表者と共同で行っており、類似した高速化パターンの適用による高速化という点で今回の提案につながっている。

分担者の津邑は、計算機アーキテクチャの研究者であるとともに、Halide の登場以前から画像処理プログラミング言語の研究に従事してきた。この言語は低レイヤ向けの実装であり、抽象化に壁があったが、研究代表者との学内の卒論・修論発表といった交流の場での議論を通じ、ハードからソフトの複数の層にまたがる、新たなプログラミング言語が設計可能なのではないかとこの着想を得た。また、トランザクショナルメモリの研究も行っており、これを、画像処理をたなくパイプライン間に応用することで、大幅に速度を改善可能であると確信していた。

2. 研究の目的

「様々な画像処理研究は、プログラミングの観点からデザインパターンとして体系化出来る」ことを示す。そして、それを「プログラミング言語として実装し、効率的なコード生成が可能であること示す」。具体的には、「画像処理アプリケーションを 3 層に分割して体系化・実装」する。

(1) 【アプリケーション層】

アプリケーション中の全体の処理のつながりのパターンを体系化し、データアクセスの抑制や再利用可能な計算結果の保持などを実現する全体を最適化可能な言語設計を行う。

(2) 【アルゴリズム層】

アルゴリズムによる処理の展開による高速化パターンを体系化し、処理の近似高速化などでプログラム展開のサポートをするヒント、ディレクティブなどの記述方式を検討する。

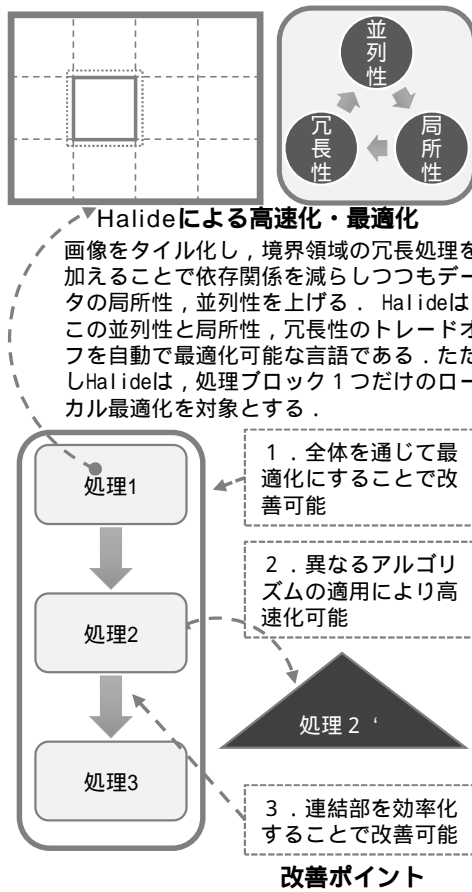


図: Halideとその限界

(3) 【ハードウェア層】

ハードウェアアクセスパターンの体系化を行い、アーキテクチャに依存した具体的な機械語出力やトランザクショナルメモリの活用を実現する。

このプログラミング言語では、ある画像処理がアプリケーション層により画像 1 枚単位の原子的な処理群に分解され、アルゴリズム層でそれらの処理が近似や高速化アルゴリズムにより展開し、ハードウェア層でその処理を最適化し、それらの処理間の連結部も最適化するものを目指す。

3. 研究の方法

画像処理をプログラミングの観点からデザインパターンとして体系化し、プログラミング言語として実装するために、体系化と実装それぞれを3つの層に分割し、3人で分担して実行する。【アプリケーション層(福嶋)】では、アプリケーション全体にわたるもしくは画像処理同士をつなぐパターンの体系化を主に行い、実装は、デザインパターンが記述可能な言語の設計を行う。【アルゴリズム層(杉本)】では、部分的なアルゴリズムの高速化・近似のパターンの体系化を主に行い、実装は、高速化パターンによるプログラムのアルゴリズムによる展開を行う。【ハードウェア層(津邑)】ハードウェアへのアクセスパターンの体系化を行い、実装は、コンパイラ作成によるハードウェアに合わせた機械語出力部の実装を行う。

4. 研究成果

まず、画像処理の基本パターンは主にマップパターン(点の処理)、ステンシルパターン(エリアの処理)、スキャンパターン(再帰処理)、リダクションパターン(統計情報抽出処理)の4つパターンに分けられた。マップパターンは、輝度値変換、閾値処理、色変換、画素同士の四則演算などの1画素だけ参照する処理である。ステンシルパターンは、2次元畳み込みフィルタや、行列積、テンソル積など、注目画素の周囲も用いる処理である。スキャンパターンは、事前の計算結果を使って現在の位置の値を更新する処理であり、IIRフィルタや、sliding変換、高速局所ヒストグラム計算などに用いられる。リダクションパターンは、各画素の情報を、平均値や分散値などの統計情報に変換する処理、言い換えれば1つの画素に落とす処理やダウンサンプル処理が相当する[1]。この発表は、画像工学研究会のIE賞を受賞した。これらの各パターンがどのように連続するか、また、それに応じてどのように効率化するのかについて、各画像処理をアプリケーションとして実装し、より詳細なパターンを検討した。

まず、ステンシルパターンではループ構造が多重ループになり、画像の2重ループ、畳み込みループの2重ループ、カラーのループの5重ループとなり、ベクトル演算をするには様々なループでベクトル化可能である。それを体系化して効率的なベクトル化パターンを明らかにした[2]。この論文では、通常畳み込みに加えて、ダウンサンプリングを伴うパターンまでを考慮した。また、そのループ構造において、近似高速化のために、画素や畳み込みのループを間引くことで高速化を実現し、そのための有効なベクトル化のためのパターンをベクトルアドレッシングにて実現した[3]。これは、上記のダウンサンプルのパターンを、より一般化したものに相当する。これに加えて、畳み込み演算を行うための重みの計算を効率化するためのパターンも検証した[4]。LUTを使うのか、計算処理をするのか、その時非正規化数という浮動小数点の0に近い値が発生するかどうか、LUTを使うならどのパターンで参照するのかを検討することで高速化することを検討した。

次に、スキャンパターンの検証のために定数時間ガウシアンフィルタや移動平均フィルタをO(1)で実装し、その畳み込みのパターンを効率化した。キャッシュ効率を向上させるためにスキャン順序が1度になるように効率化した定数時間移動平均フィルタ、ガウシアンフィルタのパターンを検証した[5]。ガウシアンフィルタに関しては、より詳細な検討を行っている[6,7]。

そして、高速化したエッジ保存平滑化フィルタに対する検証を行った。エッジ保存平滑化フィルタを素朴に実装するとFIRフィルタとなり、これはステンシルパターンである。畳み込み半径が大きくなると計算コストが膨大になるため、さまざまな効率的な計算方法が提案されている。本研究では主に、バイラテラルフィルタ、ガイドットフィルタ、SSIM計算、短時間周波数フィルタについて検討を行った。

まず、バイラテラルフィルタでは、複素IIRフィルタにより定数時間BFを実現することや[8]、線形補間による手法[9]、SVDを用いた最も効率的な方法[10]、三角関数による初期化を含めて効率的な方法[11]を提案している。これらの手法は、定数時間バイラテラルフィルタを複数の定数時間ガウシアンフィルタに分解することで高速化する。つまり、ステンシルパターンをスキャンパターンとマップパターンのカスケードに変換して計算する方法である。そのため、効率的にプログラムを記述するには局所性などを考慮する必要がある[12]。これを踏まえて、畳み込みを定数時間にせずセパラブルフィルタとして実装する方法も提案した[13]。この発表は情報処理学会AVM研究会よりAVM賞優秀賞を受賞した。この考え方は、ステンシルパターンを小さなステンシルパターンのカスケードに分解する方法である。この考え方はGPUに対してもより

効果があり、これらを GPU で動作させるために効率的にする方法の検討も行った [14]。なお、SVD によるバイラテラルフィルタの高速化は、画像処理分野における IEEE のフラッグシップ国際会議である ICIP において Top10% Paper にノミネートされた。バイラテラルフィルタは、カラー画像に適用しようとするとき次元の呪いによりグレイスケールの時の方法で高速化すると逆に遅くなる。その場合はクラスタリング等を併用して、計算回数を削減する必要がある。つまり、リダクションパターンの後に、スキャンパターンとマップパターンのカスケードに変換する必要がある。これらの方法についての検討も行った [15]。この考え方は、デノイジングでよく使われるノンローカルミンでも応用可能である。

次にガイドットフィルタについて検討した。このフィルタは、局所平均、分散、共分散を定数時間移動平均フィルタを用いて計算する方法である。つまりもともとスキャンパターンとマップパターンのカスケードから実現される。まず、この局所平均を重みづけ平均にすることで応用範囲を広げたものを実現した [16]。また、この計算をスキャンパターンとマップパターンの組み合わせによりキャッシュミスが減るように組み合わせる方法を検討した [6]。さらに、カラー画像に対するフィルタにおいて、色変換を事前に行うことで計算を近似高速化可能であることを示した [17]。この考え方は、ガイドットフィルタに限らず、任意の画像処理において応用可能である。

そのほかにも、画質評価指標である SSIM 計算についても検討した。これは、画像が劣化したときにその画像品質を評価する指標であり、人の主観評価と高く相関している。その応用範囲は広く、現在では GAN で画像生成する際に、似ていない画像を検出するためにも用いられている。この計算は、画像の局所統計情報をガウシアンフィルタによって求めるものであり、計算パターンはガイドットフィルタと非常に似ている。ガイドットフィルタの時と同様に、パターンを見極めて効率化し、さらには定数時間ガウシアンフィルタを用いることで高速化することに成功した [18]。この発表は、国際会議 ICIPRoB で Best Paper Award となった。

短時間周波数フィルタリングでは、短時間 DCT 変換を用いた処理について検討した。画像全体への周波数変換は行列演算であるためステンシルパターンとして表現可能であるが、短時間変換の場合は、冗長変換が必要でありオーバーラップした部分で平均化する処理が必要である。つまり、ステンシルパターンの出力結果をスキャンパターンとして総和する必要がある。この処理は非効率であり、そのままでは非常に遅い。画像処理ライブラリである OpenCV では、愚直なパターンで実装しているため非常に遅くあまり有効なフィルタとしては機能していなかった。このパターンを見直し、効率化することで 100 倍以上の高速化に成功した [19]。また、デノイジングに限らず、任意の周波数フィルタとして実現することに成功した [20]。

リダクションパターンの例としては、ダウンサンプル&アップサンプル処理がある。素朴な画像処理の高速化は、ダウンサンプル・画像処理・アップサンプルのカスケードをすることによって実現され、処理量が削減することで簡単に高速化する。この処理は、リダクションパターンと何かの処理のパターンと、ステンシルパターンの連続となる。これを効率的に結びつけることで演算は効率化する。その例として、エッジ保存平滑化フィルタを用いた詳細強調が最適化することで高速かつ高精度に行えることを示した [21]。また、ダウンサンプル・画像処理・アップサンプルのフローにおいて、より高精細に処理を実現するための方法である局所 LUT を考案し、これを用いてより高精細な方法を提案した [22, 23]。この方法は、これまでの方法よりも高速かつ、高精度に実現可能である。特にガイドットフィルタやバイラテラルフィルタをアップサンプルフィルタとして用いるガイドットアップサンプルや、バイラテラルアップサンプルに比べて本手法はより高性能であり、最も高性能とされるバイラテラルガイドットサンプルよりも高性能かつ高速に動作する。

多くのパターンが連続して画像処理が実行されるとき、タイリングは非常に有効な手段である。画像処理のタイリングとは、画像をサブ画像に分割し、小さなサブ画像で画像処理を適用して最後に大きな画像としてマージすることに相当する。小領域に対する処理に変換することでキャッシュ効率が大幅に改善する。一方で、境界部分の処理で冗長な計算が必要になる。プログラミング言語 Halide は、この処理をプログラミング言語としてサポートしており、冗長処理とキャッシュ効率の向上のトレードオフがとれるようになっている。それに対して本研究では、冗長処理部分の画像処理結果への影響が小さいことに着目し、冗長処理範囲を削減する近似計算スケジューリングを提案した。Halide だけでは言語の制約から近似計算は実現できない。そのため、OpenMP を併用することで実現した [24]。

そのほかにも Halide を言語拡張し、FPGA で動作可能な方式を検討し、それを利用してガイドットフィルタを実現した。ガイドットフィルタは、移動平均フィルタが複数回連続して動作するため、高効率なパイプラインが非常に複雑になるが、言語拡張することでその記述が容易となった。また、IIR フィルタも Halide を用いて拡張した。IIR フィルタのベクトル演算は非常に複雑な構造となり、高効率に記述するのはむづかしい。それを Halide の言語拡張により実現した。

参考文献

- [1]. 福嶋慶繁, "計算機アーキテクチャを考慮した高能率画像処理プログラミング," 電子情報通信学会画像工学研究会(IE), Dec. 2017.

- [2]. Y. Maeda, N. Fukushima, and H. Matsuo, "Taxonomy of Vectorization Patterns of Programming for FIR Image Filters Using Kernel Subsampling and New One," *Applied Sciences*, vol. 8, no. 8, 1235, July 2018.
- [3]. N. Fukushima, T. Tsubokawa, and Y. Maeda, "Vector Addressing for Non-Sequential Sampling in FIR Image Filtering," in *Proc. IEEE International on Image Processing (ICIP)*, Sep. 2019.
- [4]. Y. Maeda, N. Fukushima, and H. Matsuo, "Effective Implementation of Edge-Preserving Filtering on CPU Microarchitectures," *Applied Sciences*, vol. 8, no. 10, 1985, Oct. 2018.
- [5]. N. Fukushima, Y. Maeda, Y. Kawasaki, M. Nakamura, T. Tsumura, K. Sugimoto, and S. Kamata, "Efficient Computational Scheduling of Box and Gaussian FIR Filtering for CPU Microarchitecture," in *Proc. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)*, Nov. 2018.
- [6]. T. Yano, K. Sugimoto, Y. Kuroki and S. Kamata, "Acceleration of Gaussian filter with short window length using DCT-1," *APSIPA Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)*, 2018.
- [7]. 大塚友貴, 福嶋慶繁, 杉本憲治郎, 鎌田清一郎, "スライディング DCT による定数時間ガウシアンフィルタの高精度計算," *電子情報通信学会画像工学研究会(IE)*, Dec. 2019.
- [8]. N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata, "Complex Coefficient Representation for IIR Bilateral Filter," in *Proc. International Conference on Image Processing (ICIP)*, Sep. 2017.
- [9]. 杉本憲治郎, 白井啓一郎, 福嶋慶繁, 鎌田清一郎, "レンジカーネルの対称性に基づく効率的な定数時間バイラテラルフィルタ," *信号処理シンポジウム*, 2017.
- [10]. K. Sugimoto, N. Fukushima, and S. Kamata, "200 FPS Constant-Time Bilateral Filter Using SVD and Tiling Strategy," in *Proc. IEEE International on Image Processing (ICIP)*, Sep. 2019.
- [11]. Y. Sumiya, N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata, "Extending Compressive Bilateral Filtering for Arbitrary Range Kernel," *International Conference on Image Processing*, 2020.
- [12]. K. Watanabe, Y. Maeda, and N. Fukushima, "Stability of Recursive Gaussian Filtering for Piecewise Linear Bilateral Filtering," in *Proc. International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV)*, Feb. 2018.
- [13]. 福嶋慶繁, 山下頌太, "多チャンネルバイラテラルフィルタの高速化," *情報処理学会オーディオビジュアル複合情報処理研究会(AVM)*, Jun. 2018.
- [14]. K. Yano, K. Sugimoto and S. Kamata, "GPU-friendly approximate bilateral filter for 3D volume data," in *Proc. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)*, Nov. 2018.
- [15]. T. Miyamura, N. Fukushima, W. Muhammad, K. Sugimoto, and S. Kamata, "Image Tiling for Clustering to Improve Stability of Constant-Time Color Bilateral Filtering," *International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2020.
- [16]. N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata, "Guided Image Filtering with Arbitrary Window Function," in *Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Apr. 2018.
- [17]. Y. Murooka, Y. Maeda, M. Nakamura, T. Sasaki, and N. Fukushima, "Principal Component Analysis for Acceleration of Color Guided Image Filtering," in *Proc. International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV)*, Feb. 2018.
- [18]. T. Sasaki, N. Fukushima, Y. Maeda, K. Sugimoto, and S. Kamata, "Constant-Time Gaussian Filtering for Acceleration of Structure Similarity," in *Proc. International Conference on Image Processing and Robotics (ICIPRoB)*, Mar. 2020.
- [19]. Y. Kawasaki, Y. Maeda, and N. Fukushima, "Parallelized and Vectorized Implementation of DCT denoising with FMA instructions," in *Proc. International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)*, Jan. 2018.
- [20]. N. Fukushima, Y. Kawasaki, and Y. Maeda, "Accelerating Redundant DCT Filtering for Deblurring and Denoising," in *Proc. IEEE International on Image Processing (ICIP)*, 2019.
- [21]. 前田慶博, 佐々木大寛, 中村将大, 福嶋慶繁, 松尾啓志, "エッジ保存平滑化フィルタを用いた方向性キュービック畳み込み補間とエッジ保存型詳細強調の同時処理," *電子情報通信学会論文誌*, vol. J100-D, no. 9, pp. 846-849, Sep. 2017.
- [22]. H. Tajima, T. Tsubokawa, Y. Maeda, and N. Fukushima, "Local LUT Upsampling for Acceleration of Edge-Preserving Filtering," in *Proc. International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)*, Feb. 2019.
- [23]. H. Tajima, T. Tsubokawa, Y. Maeda, and N. Fukushima, "Fast Local LUT Upsampling," in *Proc. International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)*, Feb. 2020.
- [24]. Y. Tsuji and N. Fukushima, "Halide and OpenMP for Generating High-Performance Recursive Filters," in *Proc. International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)*, Jan. 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Maeda Yoshihiro, Fukushima Norishige, Matsuo Hiroshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Effective Implementation of Edge-Preserving Filtering on CPU Microarchitectures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1985 ~ 1985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8101985	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maeda Yoshihiro, Fukushima Norishige, Matsuo Hiroshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Taxonomy of Vectorization Patterns of Programming for FIR Image Filters Using Kernel Subsampling and New One	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1235 ~ 1235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8081235	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Karam Christina, Sugimoto Kenjiro, Hirakawa Keigo	4. 巻 26
2. 論文標題 Fast Convolutional Distance Transform	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Signal Processing Letters	6. 最初と最後の頁 853 ~ 857
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSP.2019.2910466	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 KAWAMURA Shinji, TSUMURA Tomoaki	4. 巻 E101.D
2. 論文標題 Hardware Accelerated Marking for Mark & Sweep Garbage Collection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1107 ~ 1115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2017EDP7163	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 前田慶博, 佐々木大寛, 中村将大, 福嶋慶繁, 松尾啓志	4. 巻 J100-D
2. 論文標題 エッジ保存平滑化フィルタを用いた方向性キュービック畳み込み補間とエッジ保存型詳細強調の同時処理	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌	6. 最初と最後の頁 846-849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.20171EL0006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinji KAWAMURA, Tomoaki TSUMURA	4. 巻 E101.D (4)
2. 論文標題 Hardware Accelerated Marking for Mark & Sweep Garbage Collection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1107-1115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2017EDP7163	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Fujita and N. Fukushima	4. 巻 693
2. 論文標題 Extending Guided Image Filtering for High-Dimensional Signals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Communications in Computer and Information Science book series	6. 最初と最後の頁 439-453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-64870-5_21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計107件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 31件)

1. 発表者名 福嶋慶繁, 前田慶博
2. 発表標題 バイラテラルフィルタの数値計算精度
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Waqas Muhammad, Norishige Fukushima
2. 発表標題 Light-weight-oriented System for Early Diagnosis of Leaf Diseases
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川阿香里, 福島慶繁
2. 発表標題 Halide を用いたステレオマッチングの実装
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田島寛士, 福島慶繁
2. 発表標題 ローカルLUTアップサンプリング
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坪川哲平, 前田慶博, 福島慶繁
2. 発表標題 乱択フィルタにおけるサンプリングカーネルの最適化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚友貴, 福島慶繁
2. 発表標題 スライディング DCT による定数時間ガウシアンフィルタの安定性
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤利樹, 福島慶繁
2. 発表標題 オプティカルフローを用いたベイヤー画像のマルチフレーム補間
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻悠太, 福島慶繁
2. 発表標題 再帰フィルタとタイリングのHalide による記述
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮村拳寿, 福島慶繁
2. 発表標題 定数時間カラーパイラテラルフィルタの精度向上
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚友貴, 福嶋慶繁, 杉本憲治郎, 鎌田清一郎
2. 発表標題 スライディングDCTによる定数時間ガウシアンフィルタの高精度計算
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会(IE)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Muhammad Waqas, 福嶋慶繁
2. 発表標題 SIFT記述子に基づく葉の病気部分類
3. 学会等名 電子情報通信学会通信方式研究会(CS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Ishikawa, N. Fukushima, and H. Tajima
2. 発表標題 Halide Implementation of Weighted Median Filter
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Sato and N. Fukushima
2. 発表標題 Multi-frame interpolation of Bayer images using optical flow
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Tsuji and N. Fukushima
2 . 発表標題 Halide and OpenMP for Generating High-Performance Recursive Filters
3 . 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. Tajima, T. Tsubokawa, Y. Maeda, and N. Fukushima
2 . 発表標題 Fast Local LUT Upsampling
3 . 学会等名 International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Sasaki, N. Fukushima, Y. Maeda, K. Sugimoto, and S. Kamata
2 . 発表標題 Constant-Time Gaussian Filtering for Acceleration of Structure Similarity
3 . 学会等名 International Conference on Image Processing and Robotics (ICIPRoB) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Sumiya, N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata
2 . 発表標題 Extending Compressive Bilateral Filtering For Arbitrary Range Kernel
3 . 学会等名 International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Miyamura, N. Fukushima, W. Muhammad, K. Sugimoto, and S. Kamata,
2. 発表標題 Image Tiling for Clustering to Improve Stability of Constant-Time Color Bilateral Filtering
3. 学会等名 International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉本憲治郎
2. 発表標題 定数時間フィルタによる高速画像処理
3. 学会等名 電子情報通信学会信号処理研究会(SIP) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉本憲治郎, 鎌田清一郎
2. 発表標題 スライディング変換を用いた定数時間ガボールフィルタ
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉本憲治郎, 佐々木大寛, 鎌田清一郎
2. 発表標題 ガウシアン周辺化を用いた非等方ガウシアンフィルタのカーネル分解
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野貴大, 杉本憲治郎, 鎌田清一郎
2. 発表標題 直交多項式展開を用いた高速ガウス変換
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下 淳, 浅井 優太, 小林 龍之介, 二間瀬 悠希, 塩谷 亮太, 五島 正裕, 津邑 公暁
2. 発表標題 グラフ処理を題材とした最適なトランザクショナルメモリプログラミングの検討
3. 学会等名 情報処理学会 システム・アーキテクチャ研究会(ARC)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅井優太, 山下淳, 小林龍之介, 二間瀬悠希, 塩谷亮太, 五島正裕, 津邑公暁
2. 発表標題 ハードウェア機構の活用によるハイブリッドトランザクショナルメモリ高速化の検討
3. 学会等名 情報処理学会 システム・アーキテクチャ研究会(ARC)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高岡昌弘, 津邑公暁
2. 発表標題 記述性と性能を両立する動画像処理環境の検討と実装
3. 学会等名 情報処理学会 システム・アーキテクチャ研究会(ARC)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林龍之介, 二間瀬悠希, 塩谷亮太, 五島正裕, 津邑公暁
2. 発表標題 メモリアクセス解析に基づくトランザクショナルメモリのポリシー動的切り替え手法
3. 学会等名 情報処理学会 システム・アーキテクチャ研究会(ARC)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Inouchi, H. Yamaki, S. Miwa, and T. Tsumura
2. 発表標題 Functionally-Predefined Kernel: a Way to Reduce CNN Computation
3. 学会等名 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PacRim) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Fukushima, Y. Kawasaki, and Y. Maeda
2. 発表標題 Accelerating Redundant DCT Filtering for Deblurring and Denoising
3. 学会等名 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sugimoto, N. Fukushima, and S. Kamata
2. 発表標題 200 FPS Constant-time Bilateral Filter Using SVD and Tiling Strategy
3. 学会等名 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Fukushima, T. Tsubokawa, and Y. Maeda
2. 発表標題 Vector Addressing for Non-Sequential Sampling in FIR Image Filtering
3. 学会等名 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Ishikawa, N. Fukushima, A. Maruoka, and T. Iizuka
2. 発表標題 Halide and GENESIS for Generating Domain-Specific Architecture of Guided Image Filtering
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚友貴, 福嶋慶繁
2. 発表標題 DCTを用いた定数時間ガウシアンフィルタの演算数削減
3. 学会等名 画像センシングシンポジウム (SSI)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤利樹, 川崎雄基, 福嶋慶繁
2. 発表標題 冗長DCTによる高効率な周波数フィルタリング
3. 学会等名 画像センシングシンポジウム (SSI)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮村拳寿, 杉本憲治郎, 福嶋慶繁, 鎌田清一郎
2. 発表標題 領域に応じたレンジカーネル最適化による定数時間バイラテラルフィルタ
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会 (IE)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚友貴, 福嶋慶繁
2. 発表標題 DCTを用いた定数時間ガウシアンフィルタの演算数削減
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻悠太, 福嶋慶繁
2. 発表標題 定数時間バイラテラルフィルタの効率的な計算スケジューリング
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤利樹, 福嶋慶繁
2. 発表標題 オプティカルフローを用いた手振れ画像からのHDR画像生成
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮村拳寿, 福島慶繁
2. 発表標題 タイリングとレンジドメイン削減による定数時間バイラテラルフィルタの性能向上
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tajima, T. Tsubokawa, Y. Maeda, and N. Fukushima
2. 発表標題 Local LUT Upsampling for Acceleration of Edge-Preserving Filtering
3. 学会等名 International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Tsubokawa, M. Nakamura, Y. Maeda, and N. Fukushima
2. 発表標題 Tiling Parallelization of Guided Image Filtering
3. 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田島寛士, 坪川哲平, 前田慶博, 福島慶繁
2. 発表標題 ローカルLUTによるエッジ保存平滑化フィルタの近似高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会 画像工学研究会 (IE)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Tsubokawa, Y. Maeda, and N. Fukushima
2. 発表標題 Vectorization of Kernel and ImageSubsampling in FIR Image Filtering
3. 学会等名 International Symposium on Computing and Networking (CANDAR) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川阿香里, 福嶋慶繁, 丸岡晃, 飯塚拓郎
2. 発表標題 ガイドレットフィルタのHalideとGENESISコンパイラを用いた専用アーキテクチャ生成
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 エッジ保持平滑化フィルタの非正規化数抑制による効率的な実装
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田島寛士, 坪川哲平, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 ローカルLUTを用いたエッジ保存平滑化フィルタの高速化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎雄基, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 ポストスケーリング型DCTを用いた周波数フィルタリングへの冗長処理適用
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坪川哲平, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 FIRフィルタにおける画素とカーネルのサブサンプリングによる高速化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊光一朗, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 単精度浮動小数点における定時間バイラテルフィルタの高効率化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室岡芳樹, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 PCAによる局所線形フィルタの高速化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Fukushima, Y. Maeda, Y. Kawasaki, M. Nakamura, T. Tsumura, K. Sugimoto, and S. Kamata
2. 発表標題 Efficient Computational Scheduling of Box and Gaussian FIR Filtering for CPU Microarchitecture
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊光一朗, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 定数時間バイラテラルフィルタの高効率な単精度浮動小数点実装
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎雄基, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 ポストスケーリング型DCTによる周波数フィルタの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川崎雄基, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 ポストスケーリング型DCTによる冗長周波数フィルタ
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室岡芳樹, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 主成分分析によるガイドットフィルタの近似
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室岡芳樹, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 主成分分析を用いたガイドットフィルタの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 CPUマイクロアーキテクチャに応じたエッジ保持平滑化フィルタの高速化
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福嶋慶繁, 山下頌太
2. 発表標題 多チャンネルバイラテラルフィルタの高速化
3. 学会等名 情報処理学会オーディオビジュアル複合情報処理研究会 (AVM) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川阿香里, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 Halideによるガイドットフィルタの計算スケジューリング最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会 (IE)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川阿香里, 福嶋慶繁
2. 発表標題 Halideによるガイドットフィルタの効率的な計算スケジューリング
3. 学会等名 画像センシングシンポジウム (SSII)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Fukushima
2. 発表標題 ICP with Depth Compensation for Calibration of Multiple ToF Sensors
3. 学会等名 3DTV Conference (3DTV-CON) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata
2. 発表標題 Guided Image Filtering with Arbitrary Window Function
3. 学会等名 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Yano, K. Sugimoto, Y. Kuroki and S. Kamata
2 . 発表標題 Acceleration of Gaussian filter with short window length using DCT-1
3 . 学会等名 APSIPA Annual Summit and Conference (APSIPA ASC2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Yano, K. Sugimoto and S. Kamata
2 . 発表標題 GPU-friendly approximate bilateral filter for 3D volume data
3 . 学会等名 APSIPA Annual Summit and Conference (APSIPA ASC2019) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 C. Karam, K. Sugimoto and K. Hirakawa
2 . 発表標題 Near-constant time bilateral filter for high dimensional images
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 矢野 光一, 杉本 憲治郎, 鎌田 清一郎
2 . 発表標題 GPU処理に適した三次元画像の高速近似バイラテラルフィルタ
3 . 学会等名 画像センシングシンポジウム
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoki TAJIMI, Masaki HAYASHI, Yuki FUTAMASE, Ryota SHIOYA, Masahiro GOSHIMA, Tomoaki TSUMURA
2. 発表標題 Isolation-Safe Speculative Access Control for Hardware Transactional Memory
3. 学会等名 IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki FUTAMASE, Masaki HAYASHI, Tomoki TAJIMI, Ryota SHIOYA, Masahiro GOSHIMA, Tomoaki TSUMURA
2. 発表標題 An Analysis and a Solution of False Conflicts for Hardware Transactional Memory
3. 学会等名 IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoki Tajimi, Yuki Futamase, Masaki Hayashi, Ryota Shioya, Masahiro Goshima, Tomoaki Tsumura
2. 発表標題 Speculatively Granting Conflicting Accesses on Hardware Transactional Memory
3. 学会等名 ACM Student Research Competition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata
2. 発表標題 Guided Image Filtering with Arbitrary Window Function
3. 学会等名 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Watanabe, Y. Maeda and N. Fukushima
2 . 発表標題 Stability of Recursive Gaussian Filtering for Piecewise Linear Bilateral Filtering
3 . 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Murooka, Y. Maeda, M. Nakamura, T. Sasaki and N. Fukushima,
2 . 発表標題 Principal Component Analysis for Acceleration of Color Guided Image Filtering
3 . 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Kawasaki, Y. Maeda, and N. Fukushima
2 . 発表標題 Parallelized and Vectorized Implementation of DCT denoising with FMA instructions
3 . 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 N. Fukushima, K. Sugimoto, and S. Kamata
2 . 発表標題 Complex Coefficient Representation for IIR Bilateral Filter
3 . 学会等名 International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木大寛, 前田慶博, 中村将大, 福島慶繁
2. 発表標題 計算スケジューリング最適化による方向性Cubic補間の高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会信号処理研究会(SIP)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川阿香里, 福島慶繁
2. 発表標題 ガイドレットフィルタの効率的な計算スケジューリング
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木大寛, 福島慶繁
2. 発表標題 キャッシュ効率を考慮した方向性Cubic補間の高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田島寛士, 福島慶繁
2. 発表標題 ローカルLUTフィルタによる画像処理の高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小笠原有輝, 福嶋慶繁
2. 発表標題 FPGAを用いたデータ再配置によるバイラテラルフィルタの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坪川哲平, 福嶋慶繁
2. 発表標題 画素とカーネルの間引きによるバイラテラルフィルタの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下頌太, 福嶋慶繁
2. 発表標題 加重係数の多項式近似によるセパラブルバイラテラルフィルタリングの高精度化
3. 学会等名 情報処理学会オーディオビジュアル複合情報処理研究会 (AVM)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福嶋慶繁
2. 発表標題 計算機アーキテクチャを考慮した高能率画像処理プログラミング
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会 (IE) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 草次良樹, 福嶋慶繁
2. 発表標題 複数台のRGB-Dセンサによる3Dモデリングシステムのためのカメラ校正
3. 学会等名 電子情報通信学会通信方式研究会(CS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福嶋慶繁
2. 発表標題 IIRフィルタによるガイドットフィルタ
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 CPUマイクロアーキテクチャに応じたFIRフィルタの高速化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川崎雄基, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 ポストスケーリング型DCTを用いたDCTデノイズングのFMAによる高速化手法
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 室岡芳樹, 佐々木大寛, 中村将大, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 色差成分の間引き処理による局所線形性フィルタの高速化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊光一朗, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 安定性を考慮したIIRガウシアンフィルタの切り替えによる定数時間バイラテラルフィルタの高精度化
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木大寛, 前田慶博, 中村将大, 福嶋慶繁
2. 発表標題 方向性フィルタを用いた画像アップサンプリングと詳細強調の同時処理
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉本憲治郎, 白井啓一郎, 福嶋慶繁, 鎌田清一郎
2. 発表標題 レンジカーネルの対称性に基づく効率的な定数時間バイラテラルフィルタ
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊光一朗, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 倍精度境界実装による単精度IIRフィルタの安定化
3. 学会等名 情報科学技術フォーラム(FIT)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 室岡芳樹, 佐々木大寛, 中村将大, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 クロマサブサンプリングと共分散計算近似によるガイドットフィルタの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 室岡芳樹, 佐々木大寛, 中村将大, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 色変換によるダウンサンプリングを用いたガイドットフィルタの高速化
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, Sep. 2017.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊光一朗, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 単精度IIRフィルタの倍精度境界実装によるリアルタイム0(1)バイラテラルフィルタの安定化
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, Sep. 2017.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川崎雄基, 前田慶博, 福嶋慶繁
2. 発表標題 ポストスケーリング型DCTによるDCTデノイズングの命令数最小化
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前田慶博, 山下頌太, 中村将大, 福嶋慶繁, 松尾啓志
2. 発表標題 ベクトル演算に適した画像再配置によるFIRフィルタの高速化
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会(IE)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Sugimoto, S. Kyochi and S. Kamata
2. 発表標題 Universal approach for DCT-based constant-time Gaussian filter with moment preservation
3. 学会等名 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本憲治郎, 鎌田清一郎
2. 発表標題 特異値分解を用いた効率的な定数時間バイラテラルフィルタ
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉本憲治郎, 京地清介, 鎌田清一郎
2. 発表標題 離散コサイン変換に基づく定数時間ガウシアンフィルタの包括的性能解析
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会(IE)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoki TAJIMI, Anju HIROTA, Ryota SHIOYA, Masahiro GOSHIMA, Tomoaki TSUMURA
2. 発表標題 Initial Study of a Phase-Aware Scheduling for Hardware Transactional Memory?
3. 学会等名 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松山且樹, 藤井政圭, 津邑公暁, 中島康彦
2. 発表標題 自動メモ化プロセッサにおける復帰アドレス別の再利用率調査とその応用
3. 学会等名 情処研報 (SWoPP2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 早川慎一郎, 河村慎二, 津邑公暁
2. 発表標題 ハードウェア支援型GCの消費エネルギー評価
3. 学会等名 情処研報 (SWoPP2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 多治見知紀, 廣田杏珠, 塩谷亮太, 五島正裕, 津邑 公暁
2. 発表標題 実行フェーズを考慮したトランザクショナルメモリのスケジューリング手法
3. 学会等名 情処研報 (SWoPP2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 進藤智司, 松井優樹, 八巻隼人, 津邑公暁, 三輪忍
2. 発表標題 高電力効率なCNNアクセラレータ実現に向けたカーネルクラスタリングの応用の検討
3. 学会等名 情処研報 (SWoPP2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松井優樹, 三輪忍, 進藤智司, 津邑公暁, 八巻隼人, 本多弘樹
2. 発表標題 CNN計算の省メモリ化のためのカーネル・クラスタリング手法の検討
3. 学会等名 信学技報 (ETNET2018)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林昌樹, 二間瀬悠希, 多治見知紀, 塩谷亮太, 五島正裕, 津邑公暁
2. 発表標題 最適な並行性制御を適用するコード生成手法の検討
3. 学会等名 情処研報 (ETNET2018)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古橋 一輝, 津邑 公暁
2. 発表標題 高抽象度言語とオートチューニング機能を持つ動画像処理環境
3. 学会等名 信学技報 (ETNET2018)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 進藤智司, 松井優樹, 八巻隼人, 津邑公暁, 三輪忍
2. 発表標題 カーネルの類似性に基づく近似計算を行うCNNアクセラレータの検討
3. 学会等名 情処研報 (ETNET2018)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://github.com/yoshihiromaed/FastImplementation-BilateralFilter https://fukushima.web.nitech.ac.jp/research/awgif/ Project page for ICASSP2018 https://fukushima.web.nitech.ac.jp/research/awgif/
--

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	津邑 公暁 (Tsumura Tomoaki) (00335233)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	杉本 憲治郎 (Sugimoto Kenjiro) (00773483)	早稲田大学・理工学術院（情報生産システム研究科・センター）・講師（任期付） (32689)	