

# 富士フィルム・富士ゼロックス 画像処理共通フレームワークの開発

板垣 和幸\*, 五十嵐 貴\*, 森田 恵一\*, 生田 繭子\*, 浜渦 紳\*,  
千葉 勇輝\*, 杉本 裕介\*, 長尾 隆\*\*, 熊澤 幸夫\*\*

## Development of New Image Processing Framework by the Collaboration of FUJIFILM and Fuji Xerox

Kazuyuki ITAGAKI\*, Takashi IGARASHI\*, Keiichi MORITA\*, Mayuko IKUTA\*,  
Shin HAMAUZU\*, Yuuki CHIBA\*, Yusuke SUGIMOTO\*,  
Takashi NAGAO\*\*, and Yukio KUMAZAWA\*\*

### Abstract

We developed a new image processing framework for different kinds of commercial products to reduce the development time and cost. Many of those products were independently designed for efficiency but without satisfying consumability and reusability, which have become increasingly important these days. To satisfy these requirements which have not been well considered, we have designed a new software framework based on the Pipes and Filters architectural pattern to orchestrate various combination of image processing modules. The framework provides a unified interface to easily develop modules to be orchestrated and flexibly customize the combination of modules in response to the various user requirements without significant performance degradation. It has been adopted by more than 20 products in the first two years and significantly reduced their development time and cost.

### 1. はじめに

当社（以下、FF）にとって画像処理技術は、写真・印刷・医療などのさまざまな分野における商品差別化の源泉であり他社との競争優位性を得るための基盤技術およびコア技術である<sup>1)</sup>。特にその成果を結集したデジタル画像処理ソフトウェア群を「Image Intelligence」と称し、当社製品に付加価値をもたらしてきた<sup>2)</sup>。また、富士ゼロックス（以下、FX）においても、デジタル画像処理技術は長年培ってきたコアとなる技術であり、一般オフィス市場をメインとしてさまざまな付加価値を創出してきた<sup>3)</sup>。

われわれはこのような状況を受け、両社の画像処理技

術を相互活用することで競争力強化および開発効率化を行なうことを目指し協業活動を推進した。しかしながら、仕様や構造が異なる両社の画像処理技術を、それぞれ正當に評価し円滑に相互活用するためには、両社間で取り決めた統一規格となるソフトウェア共通基盤が不可欠である。

このソフトウェア共通基盤に対する最上位の要求として汎用性が挙げられる。ここでの汎用性とは、FF・FX両社におけるさまざまな事業領域において適用可能、という意味である。しかしながらFF・FX各社の既存技術では、汎用性の追求に際して以下に示す問題（課題およびトレードオフ）が支障となり、十分な汎用性を実現するに至らなかった。

本誌投稿論文（受理2009年12月24日）

\*富士フィルム（株）R&D統括本部  
ソフトウェア開発センター  
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-10-23  
野村不動産新横浜ビル7階

\*Software Research & Development Center  
Research & Development Management Headquarters  
FUJIFILM Corporation  
Shin-yokohama, Kouhoku-ku, Yokohama, Kanagawa  
222-0033, Japan

\*\*富士ゼロックス（株）

研究技術開発本部 システム要素技術研究所  
〒259-0157 神奈川県足柄上郡中井町境430  
グリーンテクなかい

\*\*System Technology Laboratory

Research & Technology Group  
Fuji Xerox Co., Ltd.  
Sakai, Nakai-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa  
259-0157, Japan.

### (1) ソフトウェア共通基盤の拡張性

動作環境や利用形態に合わせて柔軟に拡張することがむずかしく、変更が広範囲に渡ってしまう。

### (2) 画像処理機能の実装容易性

構造が複雑で習得し難く、開発者に対する画像処理機能の実装負荷が大きい。

### (3) 効率性・高速性

汎用性を考慮した結果オーバーヘッドが発生し、速度劣化が許容範囲を超えてしまう。

そこでわれわれは、上記問題を克服した汎用性を実現するため、新しいソフトウェア共通基盤「FF・FX画像処理共通フレームワーク」を協同開発した<sup>4)</sup>。フレームワークとは一般的に、ソフトウェアの再利用性を実現するための方法であり、統一的な枠組みを開発者へ提供する仕組みである<sup>5)</sup>。

本報告では、2.においてFF・FX各社における従来技術のソフトウェア構造を、3.においてわれわれが開発した「FF・FX画像処理共通フレームワーク」の構造をそれぞれ述べる。そして、4.にて上記問題に対する本フレームワークの評価を行ない、5.にて汎用性の達成レベルとして本フレームワークの導入状況を示す。

## 2. 従来のソフトウェア構造

FF・FX各社における既存の画像処理ソフトウェア（フレームワーク）の多くは、「パイプ&フィルタ」アーキテクチャパターン<sup>6)</sup>に従った構造である。社外の一般的な既存技術においてもその多くは同様のパターンが使われているが、本報告ではFF・FX各社の既存技術について着目しその改良を目指す。

このパターンを使用した従来技術の多くは、1.で述べた問題(3)を回避するため、汎用性のある程度犠牲にした性能重視の設計となっており、問題(1)および(2)については十分考慮されていなかった。特に問題(2)は顕著であり、効率性・高速化を追求した結果、構造の複雑化を招き、開発者に対する負荷が増加していた。

このように従来技術の多くは、ある特定用途向けに個別最適化された構造といえ、われわれが目指す汎用性とは調和しないところがあった。

## 3. 「FF・FX画像処理共通フレームワーク」の構造

### 3.1 設計方針

2.で述べたとおり、多くの従来技術において「パイプ&フィルタ」アーキテクチャパターンが採用されている。このアーキテクチャパターンは、データをストリームと

して扱う系に対して有効であることが知られ、画像処理には適切な構造と考えられる。その一方でデータがストリームであるため、処理の途中でエラーが発生した場合の再開処理（エラー復帰）がむずかしいといった欠点もある。しかしながらこのアーキテクチャパターンは、FF・FX各社において現在までに多くの使用実績があり成果も挙げていることから、この欠点が重大な問題となる場面は少ないと考えられる。

このようなことから、本フレームワークにおいても「パイプ&フィルタ」アーキテクチャパターンを採用する。ただし、1.および2.において述べた問題を解決するように設計し、われわれが目指す汎用性を実現させる。

### 3.2 全体構造

Fig. 1に開発したフレームワークの構造を示す。Fig. 1において「パイプ&フィルタ」アーキテクチャパターンの、パイプに相当するのがバッファモジュール、フィルタに相当するのが画像処理モジュールである。これらを組み合わせることによって、所望の処理を行なう画像処理パイプラインが構築される。次節では、Fig. 1において示したフレームワークの主要な構成要素について詳細を述べる。

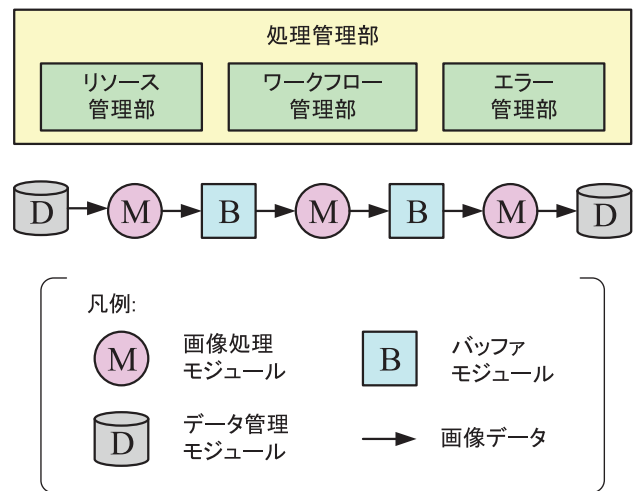


Fig. 1 Structure of developed framework.

### 3.3 構成要素

#### 3.3.1 画像処理モジュール

最終的に実現したい画像処理のタスク自体を、1つのモジュールでカプセル化してしまうと、われわれが目指している汎用性は達成できない。そこで「パイプ&フィルタ」アーキテクチャパターンに従って、所望のタスクを複数の単機能レベルの処理ステップに分割し、それら処理ステップを組み合わせることで一連の画像処理を実現する。これら処理ステップを「画像処理モジュール」

とする。画像処理モジュールの例を Table 1 に示す。

Table 1 Example of image processing module.

分類	機能例
FF・FX 共通機能	画像フォーマットの読み書き (JPEG, TIFF, BMP, PNG, ...) 幾何変換, 色変換, 階調変換, 合成, フィルタ, 圧縮, 伸張, ...
FF 独自機能	写真自動補正, 美肌処理, ...

これらの画像処理モジュール群を用途に応じて複数組み合わせることによって、さまざまな画像処理を実現できる。

各画像処理モジュールは、自身が実行する画像処理の内容や種類に応じて、処理しやすい単位のデータ量（例えば、画像の1画素分、1ライン分、複数ライン分、全面分など）を自由に設定でき、そのデータ量について処理を行なう。以降このデータ量のことをブロックと呼ぶ。個々の画像処理モジュールがブロック単位で処理を行なえることによって、処理内容に応じた最適化（高速化やメモリ使用量削減など）を実現できる。また、このことは内部構造の複雑化を抑えるとともに、開発者に対する実装負荷を減らすことができる。最終的に画像処理モジュールは、ブロック単位で順次処理を行ない画像全面分の処理を達成する。

### 3.3.2 バッファモジュール

「バッファモジュール」は、隣接した画像処理モジュール間のデータの受け渡しを制御し、画像処理モジュールから要求されたブロックだけを供給または蓄積する。上述したように、各画像処理モジュールでは処理するブロックがそれぞれ異なるが、バッファモジュールが存在することによって、処理量が異なる画像処理モジュールでも画像処理パイプライン上で混在させることができる。バッファモジュールが複雑なデータ制御をカプセル化することによって、開発者の負荷を軽減し、柔軟で再利用性のある画像処理モジュールを実現できる。

### 3.3.3 処理管理部

「処理管理部」は、各モジュールにおけるメモリ確保および解放処理などを管理する「リソース管理部」、処理中に発生したエラー情報やそのエラーに対する対処方法などを管理する「エラー管理部」、画像処理モジュールの処理の進め方を管理する「ワークフロー管理部」の3つから構成されている。これらの処理管理部は、画像処理パイプライン全体に渡って適用される。

ここでの各管理部における管理および制御方式は固定的ではなく、利用者の意向や動作環境に応じて“画像処理モジュールのプログラム変更なしに”拡張することができる。拡張例としては、ワークフロー管理部が顕著である。以下にワークフロー管理方式の例を示す。

#### ① ブロック単位処理型ワークフロー

画像処理モジュールが処理するブロックを単位として、後段の画像処理モジュールにデータを順次引き渡す方式。

#### ② 面単位処理型ワークフロー

1度に画像全面分の処理を行なって、後段の画像処理モジュールへバケツリレー的にデータを引き渡す方式。

#### ③ 画像処理モジュール単位並列処理型ワークフロー

バッファモジュールに排他制御を導入し、各画像処理モジュールにスレッドを割り付け、画像処理モジュール単位で並列に処理を行なう方式。

## 4. 評価

本フレームワークが、1.および2.で述べた従来技術の問題点を克服しているかを評価する。

### 4.1 ソフトウェア共通基盤（フレームワーク）の拡張性

本フレームワークには、従来技術にはなかった、画像処理パイプライン全体に対して適用できる処理管理部（リソース・エラー・ワークフロー管理部）が備わっている。この処理管理部により、画像処理モジュールのプログラム変更なしに、動作環境や利用形態に合わせたフレームワークの拡張が可能である。

### 4.2 画像処理機能（画像処理モジュール）の実装容易性

従来技術では、画像処理モジュールにおけるブロックは設計の都合によって固定に制限されており、開発者に対して実装負荷が掛かっていた。一方、本フレームワークにおける画像処理モジュールにはそのような制限はなく、開発者が自由にブロックを選択できる。これにより構造はシンプルに保つことができ、開発者は無理のない実装および最適化が可能となつて、画像処理モジュールの実装に掛かる負荷を軽減できる。

### 4.3 効率性・高速性

3.で述べたように本フレームワークでは、画像処理モジュールとバッファモジュールが従来よりも汎用的に設計されている。そのため、それらモジュール間のデータ制御においてオーバーヘッドが生じ、許容範囲を超える速度低下を招いている懸念がある。

ここでは、画像処理モジュールおよびバッファモジュール間のデータ制御に対するオーバーヘッドを確認するため、「何も処理を行なわない（NOP: No Operation）画像処理モジュール」を複数連結し、その処理時間を計測した。Table 2に2つの実験環境、

Table 2 Experimental environment.

項目	構成	
	環境 A	環境 B
CPU	Intel Core2Quad Q6700 2.66 GHz	Intel Pentium 4 Prescott 3.20 GHz
Memory	3.25 GB	2.00 GB
OS	Windows XP Professional SP2	
Compiler	Visual C++ 2005 SP1	

Fig. 2 に実験画像 (a) および (b) を用いた測定結果のグラフをそれぞれ示す。

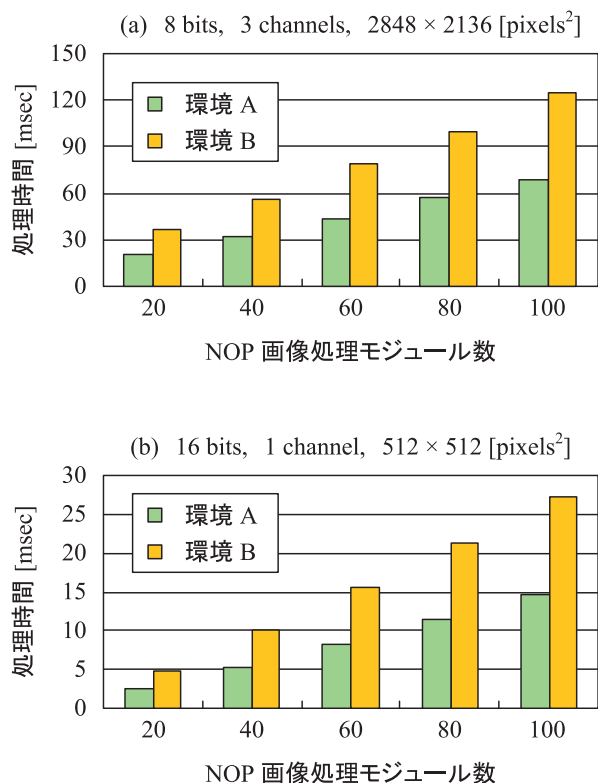


Fig. 2 Measurement results of data control overhead.

本フレームワーク設計時に想定したデータ制御に対するオーバーヘッドの許容値は、Table 2 環境B, Fig. 2 (a) 程度の環境および画像サイズにおいて、画像処理モジュール1つにつき 10 [msec] 未満である。この値は FF・FX 各社の従来技術の性能と、製品開発部門からの要求を総合し設定した。

Fig. 2の測定結果において示されるとおり、データ制御に対するオーバーヘッドは数 [msec] 程度であり、速度低下は想定していた許容範囲内である。

## 5. 導入状況

### 5.1 導入実績

現在までに本フレームワークは、医療診断機器、印刷用色変換ソフトウェア、デジタル複合機、文書管理ソフトウェアなど、FF・FX両社を合わせて数十製品へ導入され、医療、印刷、写真、ドキュメントといった幅広い事業領域で汎用的に活躍している。一方、本フレームワークは製品だけでなく社内の要素研究部門への導入も進んでおり、着実に富士フイルムグループのソフトウェア共通基盤として定着しつつある。

### 5.2 開発工数削減効果

本フレームワークの導入によって、FF・FX両社における画像処理機能（画像処理モジュール）の再利用が進み重複開発がなくなる。これにより製品開発時の画像処理機能に対する開発工数の削減効果が期待できる。

2008年度について、FF・FX双方の製品開発における開発工数削減実績を算出した結果、約120人月分の開発工数削減効果があった。今後もさらなる開発の効率化が期待できる。

## 6. まとめと今後

本報告では、FF・FX両社間の統一規格となる画像処理用ソフトウェア共通基盤「FF・FX画像処理共通フレームワーク」について述べた。

FF・FX各社における従来技術では、われわれが目指す汎用性を追求すると、ソフトウェア共通基盤の拡張性、画像処理機能の実装容易性、効率性・高速性、に関する問題が顕在化する。これらの問題を解決するため、新しいソフトウェア共通基盤として「FF・FX画像処理共通フレームワーク」を開発した。本フレームワークは、従来技術においても実績のある「パイプ&フィルタ」アーキテクチャパターンに従って設計されており、以下の特徴がある。

- ・処理管理部の導入によって、動作環境や利用形態に合わせてフレームワークを拡張できること。
- ・画像処理モジュールにおける処理データ量（ブロック）が自由に設定できるため、開発者に対する実装負荷を軽減できること。
- ・画像処理モジュールとバッファモジュール間のデータ制御に対するオーバーヘッドは想定していた許容範囲内であり、速度劣化が少ないこと。

本フレームワークは、FF・FX双方のさまざまな事業領域の製品に導入されており、われわれが目指した汎用性が実証できた。

本報告では詳細を述べなかったが、3.3.3におけるワークフロー管理方式③を使用することによって、画像処理モジュールを並列に動作させることも可能である。このことは、近年主流になったマルチコアCPU環境に対して、本フレームワークが追従できることを意味し、将来的な拡張が期待できる。今後は本フレームワークをさらに多くの製品およびサービスへと展開していく予定である。

---

## 参考文献

- 1) 富士フイルム(株)ホームページ. “基盤技術とコア技術”.  
<http://www.fujifilm.co.jp/rd/technology/advanced/index.html>.
- 2) 竹本文人, 依田章. 高品質を支える画像処理技術  
“Image Intelligence”. 富士フイルム研究報告. No.49,  
49-54 (2004).
- 3) 齊藤潔. 富士ゼロックスのデジタルイメージング技術.  
富士ゼロックス テクニカルレポート. No.16, 4-10  
(2006).
- 4) 長尾隆, 熊澤幸夫, 関範顕, 金子康彦, 金子順一.  
富士ゼロックス(株), 富士フイルムホールディングス(株).  
画像処理装置. 方法及びプログラム. 特開2006-  
338498, 特開2006-338505. 2006-12-14.
- 5) Ralph E. Johnsonほか. パターンとフレームワーク.  
東京, 共立出版, 1999, 264p.
- 6) F. ブッシュマンほか. ソフトウェアアーキテクチャ  
ソフトウェア開発のためのパターン体系. 東京, 近代科学社,  
2000, 454p.

(本報告中にある“Intel”, “Pentium4”はIntel Corp.の登録商標です。“Windows”, “Visual C++”は, Microsoft Corp.の登録商標です。“Image Intelligence”は富士フイルム(株)の登録商標です。)