

# GPGPU 応用高速画像検査システム

## Fast Image Inspection System Using GPGPU

### 1. はじめに

対象物をカメラにより撮像し検査を行なう画像検査分野では、撮像の高速・高精細化が進んでいる。一方で、撮像した画像を各種画像処理技術によりデータ処理し検査を行なうソフトウェア技術は、CPU の高速化の停滞がネックとなり、撮像機器の高速・高精細化に対応できていない状態であった。近年、グラフィックス処理チップ (GPU) を活用した数値演算システムが注目を集めており、GPGPU (General Purpose computing on Graphic Processing Units) と総称されている。GPU 能力をフルに発揮させるには、高度なソフトウェア技術が必要とされるが、JFE テクノリサーチではいち早くその開発を行ない、各種画像応用検査装置に実装し効果を上げている。

### 2. GPGPU 技術と画像検査システム

GPU は画像描画に関する情報をシステムから受け取り、座標や色・濃度などの各種画像演算を行ない、ディスプレイに出力する機能を有する。初期の GPU は頂点編集、画像変形、画素単位の変換などの処理ごとに専用の回路を持ったものを統合したものであった。2004 年頃より、一つの回路を用いてプログラムにより処理内容を決めるユニファイドシェーダと呼ばれる構造が普及し始めた。CPU もマルチコア・マルチスレッド化などの並列化技術で高速化を図っているものの、GPU は単体で数千のコアを持つ超並列チップと捉えることができる。ハードの進歩に伴い、GPU の処理のためのプログラミングを効率的に行なうことができる開発環境も提供されるようになった。その代表が NVIDIA<sup>®</sup> 社より公開された GPGPU 用プログラミング言語 CUDA<sup>™</sup> である<sup>1)</sup>。GPU のハード構造の革新とそれを用いるソフトウェア開発環境の充実により、GPU を数値演算に用いる GPGPU 技術が急速に普及しつつある。

一方、画像検査システムにおいては、1 章で述べたように高速・高精細化のニーズに対して CPU 処理では限界があった。JFE テクノリサーチでは GPU の高い演算能力と、それを引き出すプログラミング言語に早くより注目し、画像検査システムへの応用技術を開発してきた<sup>2,3)</sup>。

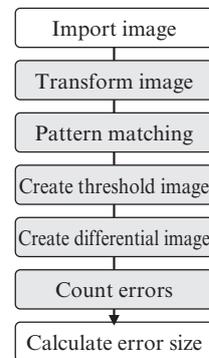


図 1 画像検査処理の概要

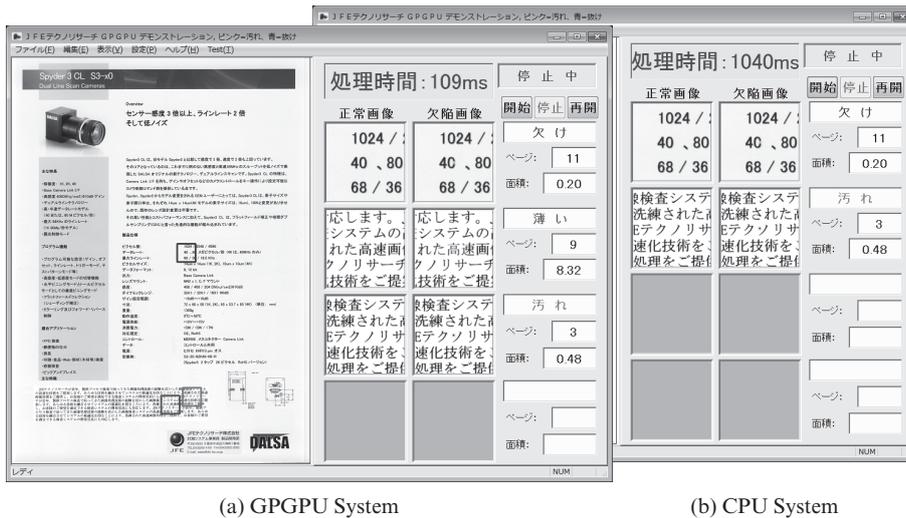
Fig. 1 Schematic flow of image inspection

### 3. 画像検査処理の概要

画像検査処理の一般的な流れを図 1 に示す。本例は正解画像をマスターとし、リアルタイムで撮像される検査画像に回転補正、内挿・外挿処理やシェーディング補正を加え、分割領域ごとに位置合わせを行ない、異常と判定する閾値画像を作成し、正解画像との差分により異常を判定するものである。一連の処理の中で、画像変換から濃度判定までは二次元位置に対応する輝度情報、さらに、カラー画像の場合は RGB 各色の輝度情報を配列として並列処理することができるため、GPU による処理に適している。また、パターンマッチングについては独自に開発した並列アルゴリズムにより高速化を実現している。一方、サイズ判定については逐次処理が必要であり並列化による効果が出にくいために CPU による処理としている。システム全体のパフォーマンスを上げるにはこのように GPU と CPU をともに有効活用することも必要である。

### 4. GPGPU による高速化効果

GPGPU による演算処理の高速化例として、画像処理・画像変換で多く用いられる代表的な 5 種の処理に関して、CPU 処理と GPGPU 処理の演算速度の比較を図 2 に示す。本例は 2048×8000 画素のモノクロ画像 (画像サイズ 16 MB) の画像の差分処理、エッジ強調処理、移動平均処理、Bilinear・Bicubic 回転処理およびパターンマッチング処理を施したものであり、CPU との処理時間比 (数字が大きいほど高速) を示している。処理内容により処理速度比は異なるが、演算量の少ない差分画像作成の 5 倍から、演算量の



(a) GPGPU System

(b) CPU System

図3 画像検査システムへのGPGPU適用効果例

Fig. 3 Example of image inspection system using GPGPU

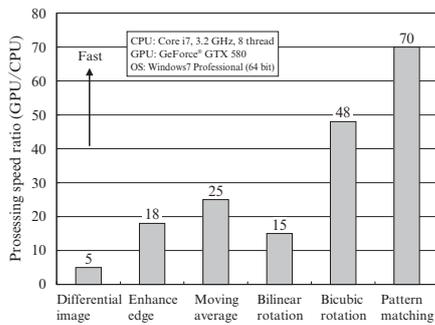


図2 GPGPUによる各種処理の高速化例

Fig. 2 Comparison of processing speed between GPU and CPU

多いパターンマッチングの70倍と大きく高速化効果が得られている。

図3は画像処理システムとしての高速化例を示すものであり、A4サイズの画像を0.1mm/画素の精細度で取り込み、1枚当たりの画素数が2048×2816画素(画像サイズ5.5MB)の画像を正解画像と比較して欠陥検出させたものである。同様の処理をCPUのみで処理するコードと、GPU処理を併用するコードを作成し一連の画像検査システムとしての速度を比較した。CPUのみのシステムでは1枚の検査に1040msを要しているのに対し、GPGPUを併用したシステムでは、検査項目に濃度差(文字が薄い)も加えたにもかかわらず、109msと約10倍の速度で欠陥検出を行なうことが可能となった。本例ではCPUのみの処理の場合のCPU負荷率が約70~80%と高水準にあるのに対し、GPU併用システムのそれは約15~20%程度となっており、システムの安定化やその他のCPU処理の追加余地を生み出すなどの効果も得ている。

なお、GPUを併用したシステムの開発にあたっては、3章に述べたGPUに適した処理を選択することに加えて、チューニングと呼ばれるコードの最適化を実施している。GPUを用いたシステムの高速度チューニングは、(1)シェアードメモリーなどGPUユニットのメモリーの効果的な割付、(2)ランダムアクセスを避けるデータ割付順の設定、(3)CPU-GPU間のデータ転送時間中も処理を中断させないストリーム設定、(4)CPU側のスレッドも活用したGPUとCPUの効率的な連携、などがキーポイントであり、経験とノウハウが必要である。

## 5. おわりに

画像検査システムにGPGPU技術を適用することによりCPU処理速度がネックとなっていた高速・高精細撮像下の画像検査システムを確立した。本システムはお客様の多様な要求を反映したカスタマイズシステムとして市場に投入しており、すでに6システムが稼働している。なお、JFEテクノロジーではお客様が開発した画像処理や一般数値解析のCPUコードを診断し、GPGPUによる高速コードに書き換える受託ソフトウェア開発も行なっている。

### 参考文献

- 1) たとえば、<https://developer.nvidia.com/cuda-zone>.
- 2) 金子鏡一. GTC フォローアップセミナー資料. 2012-10.
- 3) 金子鏡一. 画像処理システム構築技術セミナー資料. 2013-6.

### 〈問い合わせ先〉

JFE テクノロジー 営業本部  
 TEL : 0120-643-777  
 ホームページ : <http://www.jfe-tec.co.jp/>