

(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 社より公開された GPGPU 用プログラミング言語 CUDA™ である¹⁾。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

^{2,3)}。

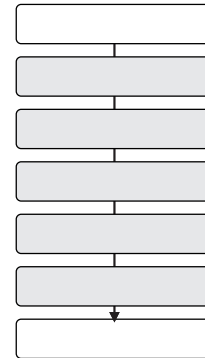


図 1 画像検査処理の概要

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

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（数字が大きいほど合空 1 速

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化チューニングは、(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ご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テクノロジーサーチ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
AKA, MUM