

GPUを用いた木構造状画像処理の高速化に関する研究 Fast Tree-structural Image Processing using GPU

安藤 淳† 長尾 智晴†
Jun Ando Tomoharu Nagao

1. はじめに

高度機械知能の実現において画像処理・認識技術は不可欠となっている。そこで、様々な手法が提案されており、例として筆者らが先に開発した木構造状画像変換自動生成システム (ACTIT; Automatic Construction of Tree-structural Image Transformation) [1]がある。この手法では、あらかじめ数種類の画像処理フィルタを用意し、そのフィルタの適用順序および総数を進化計算法の一つである遺伝的プログラミング (Genetic Programming; GP) [2]によって最適化することで目的の処理を近似する。ACTIT はこれまでも多くの画像処理の問題に適用され、その有効性が示されている。

しかし、これらの複雑な画像処理は計算負荷が高く、産業界に適用し実用化するためには処理の高速化が必要となる。高速化手法の一つに処理のハードウェア化があるがその中で、汎用グラフィックスボードに搭載されている GPU (Graphics Processing Unit) を汎用計算に活用する研究が注目を集めている。GPU による実装はコスト、汎用性といった点で FPGA 等よりも優れている。

そこで、ACTIT の計算時間の大半を占める画像変換部分をグラフィックスボードの GPU 上で実現し、処理を高速化することを本研究の目的とする。

2. 本研究に関連する従来研究

2.1 ACTIT システム

木構造状画像変換自動生成システム (ACTIT; Automatic Construction of Tree-structural Image Transformation) [1]は、生物の進化の過程を模倣した最適化手法の1つである遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm; GA) [3][4]をもとに考案された遺伝的プログラミング (Genetic Programming; GP) [2]を画像処理に適用した研究の1つである。この手法では、1つあるいは複数の入力画像から1つの出力画像への変換を、あらかじめ用意した複数の画像処理フィルタを任意の形の木構造に組み合わせることによって実現する。

図1に ACTIT システムの処理過程を示す。まず、処理対象となる原画像、期待する画像処理の結果となる目標画像、必要であるならば、適応度評価の重みをその階調値の大きさに表現した重み画像を教師画像セットとして用意する。次に、GP の最適化で用いる各パラメータを設定し、教師画像セットを ACTIT システムに入力する。すると、GP による木構造状画像変換の最適化が行われ、出力として最適適度をもつ木構造状画像変換が得られる。生成された木構造状画像変換が処理対象となる画像のもつ特徴を利用して目的の処理を的確に行う画像変換であるのなら、

原画像と共通の特徴をもつ未知画像に対しても同様の処理が行えるはずである。

I: 入力画像, O: 出力画像, F_i: 画像処理フィルタ

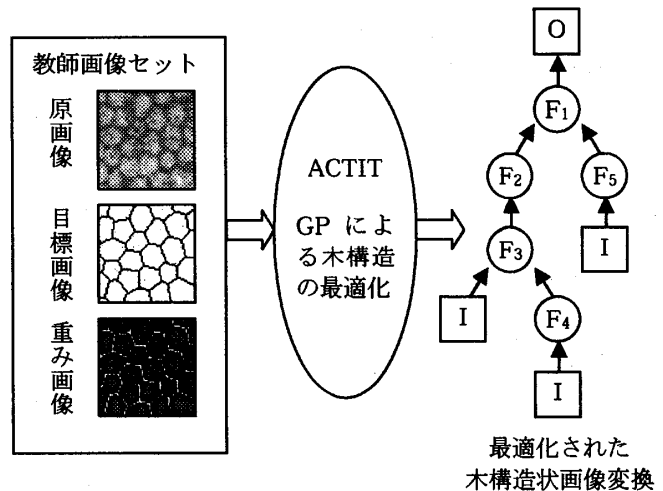


図1 ACTIT システムの処理過程

2.2 GPGPU

GPU (Graphics Processing Unit) の処理能力は近年飛躍的に増大し、単純な演算性能において既に CPU を上回っている。また、従来の GPU は固定されたグラフィックス処理を高速に実行する機能しかもっていなかったが、最近の GPU は、より複雑な CG 処理を行うために、グラフィックスパイプラインの一部を、自由にプログラムしたパイプラインに置き換えることが可能となっている。また、Cg (C for Graphics), HLSL といった高級シェーディング言語の登場によって、GPU プログラミングの環境は整えられてきている。そこで現在、GPU をグラフィックス処理以外の汎用目的に活用する、GPGPU (General Purpose GPU) と呼ばれる研究が注目を集めている。GPGPU の実践例としてはデータのソートやサーチ、ポリゴン同士の当たり判定等がある。また、GPU のプログラミングモデルは CPU とは決定的に異なっており、GPU 向きのアプリケーションとしては、

- ・ 巨大なデータを処理する。
- ・ 各データ間の依存性は最低限である。
- ・ 高い並列性をもって処理できる。

といった3つの要素を満たしているものが適している。これらのことから画像という比較的大きく、かつ分割しやすいデータを扱う画像処理は GPGPU に向いているのではないかと考えられる。

† 横浜国立大学大学院環境情報学府
Graduate School of Environment and Information
Sciences, Yokohama National University

3. GPU を用いた ACTIT

ACTIT システムの計算負荷は高く、大規模な問題を解くには膨大な計算時間を要する。そして ACTIT の計算時間の大半は適応度計算の際に行われる画像変換によって費やされている。そこでこの画像変換部分を GPU 上で実行することで処理全体の高速化を図った。

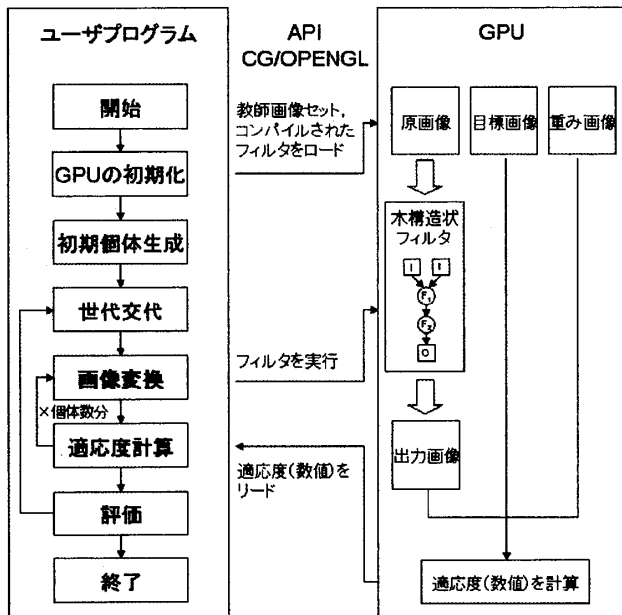


図2 GPUを用いたACTITの処理過程

図2にGPUを用いたACTITの処理過程を示す。まず、GPUの初期化処理として教師画像セットのロード、画像処理フィルタのコンパイル、ロードを行う。初期個体の生成、各世代における世代交代等の操作は従来のACTITと同様にCPU側で行い、画像変換、適応度計算の操作はGPU側で行う。GPUでは、原画像に各個体ごとの木構造状フィルタを適用し、得られた出力画像と目標画像、重み画像から適応度を計算して適応度をCPUに返す。ここで、教師画像セットをあらかじめGPUにロードしておき、また、画像変換から適応度計算まで全てGPUで行い、適応度だけをCPUに返すようにすることによってCPUとGPUの間の画像の受け渡しを少なくし、さらなる処理の高速化を図っている。

4. 実験

従来のACTIT, GPUを用いたACTITで比較実験を行った。画像処理フィルタは1入力フィルタ, 2入力フィルタ合わせて37種類を用いた。教師画像は256×256, 512×512, 1024×1024のサイズの細胞画像4セットを用いた。実験環境として、PCはDell XPS 600, CPUはPentium4 3.80Ghzを用いた。GPUはNVIDIA社製 GeForce7800 GTXを用いた。

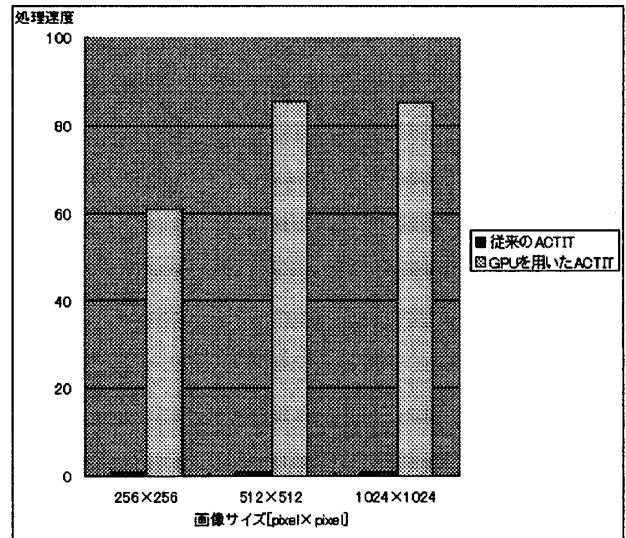


図3 速度測定結果

図3に、上で述べた比較実験の結果を示す。横軸が画像サイズ[pixel × pixel]、縦軸は従来のACTIT、画像サイズ256×256のときを1としたときの単位画像サイズ当たりの処理速度である。実験結果から、GPUを用いたACTITでは、従来のACTITと比べて約60～80倍高速となっている。また、画像サイズが小さい時には処理速度が遅くなっているがこれはGPUではある程度大きいデータを扱う際に効果を発揮するためである。

5. おわりに

ACTITの画像処理フィルタを限られた条件においてグラフィックスボードのGPUで実装した。そして、比較実験を行ったところ、従来のACTITよりも高速となり、GPUを用いた画像処理の有効性が示された。

今回、実験するにあたり、画像処理フィルタとして単一画素あるいはその近傍での演算や平均階調値による2値化等を主に用いたが、それ以外のラベリング等といった複雑な処理を必要とするフィルタへの対応も不可欠である。また、複数枚のグラフィックスボードを使った並列化、ハードウェアに特化したアルゴリズムの提案を行い、さらなる高速化が必要である。

参考文献

- [1] 青木紳也, 長尾智晴: “木構造状画像変換の自動構築法 ACTIT”, 映像情報メディア学会誌, Vol.53, No.6, pp.888-894 (1999)
- [2] J. R. Koza: “Genetic Programming on the Programming of Computers by Means of Natural Selection”, MIT Press (1992)
- [3] J. H. Holland: “Adaptation in Natural and Artificial Systems”, the Univ. Michigan Press (1975), MIT Press (1992)
- [4] D. E. Goldberg: “Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning”, Addison Wesley (1989)