

## I have GA, I have a GPU. Uh...~Rにおける並列計算による遺伝的アルゴリズムの高速化~

ガニエ 拓也 (筑波大学 生物学類)

指導教員: 徳永 幸彦 (筑波大学 生命環境系)

## 背景・目的

現存する生物は、多様な生活環境に対してそれぞれ適応する形質を、進化によって獲得してきたと考えられている。進化の原動力として、自然選択・交叉・突然変異がしばしば例に挙げられる。これらの概念は、生物学の分野を超えて工学系の分野でも活用されており、遺伝的アルゴリズム(genetic algorithm, GA)がよく知られている。GAは、与えられた問題に対する妥当な解を発見的手法により求めようとする非決定性アルゴリズム(ヒューリスティクスと呼ばれる)の一つであり、ある種の集団遺伝学的モデルと捉えることができる。GAでは、最初にビット列で表される遺伝情報(解に対応する)をもつ個体を複数用意し、適応度値が高い個体を優先的に選択し交配して世代を重ねることによって良い解を得ることができる。しかし、そのための計算量が多くなりがちであることが問題となっている。解決策として、100~1000個のオーダーのコアを持つ演算装置であるGPU(graphical processing unit)を利用すれば、コアと個体を一対一対応させ並列に計算することでGAを極めて高速に計算することが可能である。

昨今ほとんどのPCは何らかのGPUを搭載しているため、GPUは身近で利用しやすい。これらのGPUの多くは共通の技術的基盤であるOpenCLによって制御することができるが、実際には科学技術計算にはOpenCLよりもNVIDIA社製GPU向けの技術であるCUDAが用いられることが多い。そのため、研究のツールとしてGPUに最適化された既存のGAライブラリを利用したい場合、NVIDIA社製以外のGPUを搭載したPCを活用することは困難である。GPUの制御にOpenCLを利用したGAライブラリを提供すれば、GAの利用の敷居を下げることに繋がるだろう。

生物学などで一般的な科学技術計算のツールであるRに注目してみると、GAを行うパッケージが既にCRANにて複数提供されている。しかし並列計算は未だ十分にサポートされているとは言えないため、本研究では多くの研究者が自然に利用できる高速なGAライブラリの提供を目的として、GPUの制御にOpenCLを用いた汎用的なGAのRパッケージを開発した。

## 研究内容

Rを用いたSimple GA(SGA)の単一コアでの逐次的な計算を行うスクリプトを、オプションの指定によってマルチコアCPU/GPU、またはその両方を利用した高速化が選択出来るように改変した。特に、定型的な処理である選択・交叉・突然変異はGPUで行えるようOpenCLで実装し直した。他方、ユーザによって定義される適応度関数はパッケージにとっては未知の処理であり、入力を受けるまで内容が分からないものである。従って、適応度関数はRまたはOpenCL Cのソースコードを入力とし、OpenCL Cが入力された場合のみGPUで行うようにした。

選択・交叉・突然変異に利用する擬似乱数生成機(pseudo-random number generator, PRNG)にはハッシュ関数

とXorshiftと呼ばれるアルゴリズムを組み合わせたものを採用した。このPRNGおよび線形合同法のみを用いたPRNGの性質を確認し比較した。

さらに、このパッケージ(以下では暫定的にgpugaと呼ぶ)と、既存のパッケージ”GA”との間で、巡回セールスマン問題(travelling salesperson problem, TSP)の計算速度を測定し比較した。

## 結果

ハッシュ関数とXorshiftを組み合わせたPRNGは、線形合同法のみを用いたPRNGに比べ性質が良いことが視覚的に明瞭に確認された。

また、gpugaは多くの問題について”GA”パッケージより高速であることが確認された。この傾向はGAに用いる個体数が多い程・染色体が長い程強く、一例として3500 bitの染色体を持つ個体を512個体用いたナップザック問題では2倍程度の速度で同じ適応度の解を発見できた。

## 考察

OpenCLを用いた処理は個体とスレッドの対応付けで行われるため、同期の必要がある選択の処理をGPUに処理が移る以前に行うことで、大きなコストなくアルゴリズムを簡潔にすることができた。

多くの研究者に手の届きやすいハードウェアを用いて更なる高速化を実現するためには、複数のGPUを備えるマシンや多数の不均質なPCで構成されたクラスタを活用する必要がある。そのような多様な構成のハードウェア環境に適用できるパッケージとするためには柔軟なアルゴリズムと表現力の高いインターフェースが求められ、今後の課題となるだろう。