

2020年2月13日

### 1.研究概要

マルチコンポーネント型の多倍長精度浮動小数点数ライブラリ QD は、IEEE754 倍精度では不足する悪条件問題に広く利用されている。しかしながら、倍精度型を複数つなぎ合わせた4倍精度、8倍精度を用いて無誤差変換技法を組み合わせたソフトウェアライブラリは低速であり高速化のためには並列化が欠かせない。本研究では OpenCL 環境に QD ライブラリの機能を移植し、四則演算、初等関数等がどの程度高速化できるか、ベンチマークテストによって効果を確認した。ベンチマークテスト環境は以下に示す通りである。

- ・ハードウェア：Intel Core i5-7500 3.4GHz, Radeon Pro 560
- ・ソフトウェア：QD 2.2.17, Visual Studio Code 1.39.1

### 2.ベンチマークテスト

本研究では行列行列積、sqrt,sin,多項式計算、多項式求解、乱数生成のベンチマークテストを行った。全てにおいて並列化による効果は認められたが、行列行列積以外は OpenCL 利用時のベンチマークテスト結果が不安定であった。したがってここではベンチマークテストの結果が安定していた n 次正方行列同士の行列行列積のベンチマークテスト結果のみを示す。

ベンチマークテストでは通常の CPU でのシングルスレッド実行(CPU)、OpenCL 環境下で CPU を利用してのマルチスレッド実行 (OpenCL:CPU)、OpenCL 環境下で GPU を利用してのマルチスレッド実行 (OpenCL:GPU) の三種類で比較している。

また、OpenCL 環境下では並列実行時に並列化のパラメータとして、ワークアイテムサイズとワークグループサイズを設定する必要がある。デバイス毎に設定したパラメータの数値は次の表 1 に示す。

表 1. パラメータ

	ワークアイテムサイズ		ワークグループサイズ	
	CPU	GPU	CPU	GPU
4倍精度	{4,4}	{64,64}	{4,1}	{8,8}
8倍精度	{4,4}	{64,64}	{1,1}	{8,8}

このパラメータは OpenCL の API によって取得できる計算ユニット数やハードウェアベンダのサイトに記載されているハードウェア情報を基準に試行錯誤しながら決めたものであり、私自身が実行した中では最適のパラメータとなっている。このパラメータを用いてベンチマークテストを行った結果を図 1、図 2 に示す。

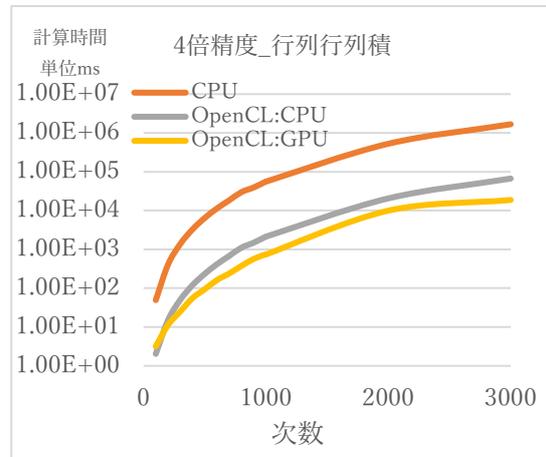


図 1. 4倍精度行列行列積

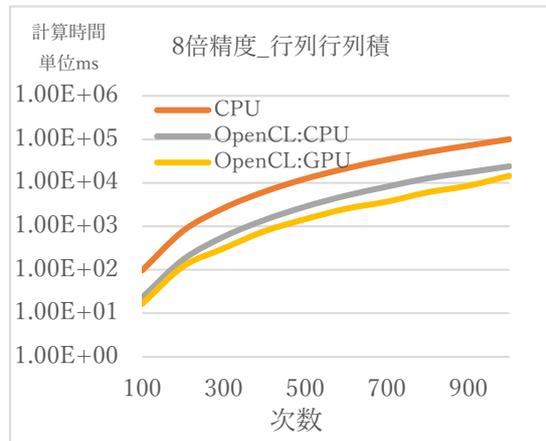


図 2. 8倍精度行列行列積

図 1、図 2 より、共通して言えることは 4 倍精度でも 8 倍精度でも並列化の効果は高く、行列の次元数が高くなるほど GPU 利用での並列効果が高くなる。

4 倍精度では CPU で 24.3 倍~27.5 倍、GPU では 15.6 倍~89.1 倍高速となっている。

8 倍精度では CPU で 3.98 倍~4.56 倍、GPU では 5.88 倍~9.22 倍高速となっている。

上記のように 4 倍精度、8 倍精度ともに GPU 並列のほうが CPU 並列より高速に計算できている。具体的な数値では 4 倍精度で最大 3.56 倍、8 倍精度で最大 2.21 倍高速となっている。そのため、行列行列積においては GPU 利用の効果が非常に高いと言える。

### 3.結論

OpenCL 環境に QD ライブラリを精度的に問題なく移植し、並列化によって速度上昇の効果があることを確かめることができた。しかしながら行列行列積以外では高い倍率での高速化が確認できていない。そのため、関数処理に工夫を施すことで更なる高速化ができたのではないかと考えられる。