

GRAPE-DR ボードを用いた計算機合成ホログラム計算の高速化
Speed-up of Computer Generated Hologram Calculation using GRAPE-DR

柳橋 健[†] 熊木 達巳[†] 老川 稔[†] 角江 崇[†]
増田 信之[†] 下馬場 朋禄[†] 伊藤 智義[†] 福重 俊幸[‡]

Ken Yanagibashi Tatsumi Kumaki Minoru Oikawa Takashi Kakue
Nobuyuki Masuda Tomoyoshi Shimobaba Tomoyoshi Ito Toshiyuki Fukushige

1. はじめに

究極の3次元映像技術と呼ばれているのがホログラフィであり、ホログラフィを再生するためのデータを記録したものを計算機合成ホログラム(Computer Generated Hologram: CGH)という。

一般的にCGHを作成するには膨大な計算量が必要であり、多大な計算時間を要するといった問題がある。

本研究では、科学技術計算用として開発されたGRAPE-DR アクセラレータボードを用いたCGH計算の高速化を行い、他の計算機システムとの比較により有効性を検証する。

2. 計算手法

$$I(x_a, y_a) = \sum_j^N \cos(k\sqrt{(x_a - x_j)^2 + (y_a - y_j)^2 + z_j^2}) \quad (1)$$

CGH計算の基本式は(1)式である。ここで、 I はホログラム面の光強度、 x_a 、 y_a はホログラム面の座標、 x_j 、 y_j 、 z_j は物体データの座標、 N は物体データの点数、 k は参照光の波数である。

ここでホログラムの1画素のサイズを p として、(2)式が成り立つとすれば、(1)式は(3)式のように近似することができる。本研究ではフレネル近似式と呼ばれる(3)式を用いてCGH計算を行う。

$$(px_a - px_j)^2 + (py_a - py_j)^2 \ll (pz)^2 \quad (2)$$

$$I(x_a, y_a) = \sum_j^N \cos\left(\frac{p}{2|z_j|} \times \{(x_a - x_j)^2 + (y_a - y_j)^2\}\right) \quad (3)$$

また、一般的なCosine関数は処理負荷が大きいいため、各計算機システムで近似を行っている。その精度は8ビットのテーブル化以上の精度を保つよう調整している。

2. 計算機システム

2.1 GRAPE-DR アクセラレータボード

GRAPE-DR アクセラレータボードは、株式会社K&F Computing Researchが開発したアクセラレータボードである。ボード上に国立天文台が開発した、512個のベクトルプロセッサが集積されたGRAPE-DRプロセッサが搭載されており、並列演算に特化した構造になっている。

本研究で用いるボードの型番はmodel2000であり、ボード上にGRAPE-DRプロセッサが4つ搭載されている。

Cosine関数の近似にはテイラー展開を使用しており、位相範囲を $[-\pi/2, \pi/2]$ と限定することで項数を減らし、高速化を図った。

2.2 CPU (Core i7-950)

CPUをメインプロセッサとした計算機を、1つの計算機システムとして扱う。本研究ではそのCPUとしてIntel社が発表、発売したマイクロプロセッサであるCore i7-950を選定した。ハイパースレッディング機能を利用し4コア8スレッドにて倍精度で計算を行う。

[†] 千葉大学大学院工学研究科

[‡] 株式会社K&F Computing Research

また, Cosine 関数の近似には 8 ビットのテーブルを使用した。

2.3 GPU (Geforce GTX 590)

GPU (Graphics Processing Unit)とは, 汎用グラフィックスカードに搭載されているグラフィックス処理専用の演算装置である。近年その性能を活かした並列計算が盛んになってきている。

本研究では比較に用いる GPU システムとして, NVIDIA Geforce GTX590 を用いたシステムを選定した。GTX590 はボード上に 2 つの GPU を搭載している。本研究では, ボード上の 1 つの GPU を用いて倍精度型で計算を行った。

NVIDIA 社の GPU には CUDA という開発環境が提供されており, CUDA 内には高速な数学関数が用意されているため, Cosine 関数はこの数学関数に置き換えた。

3. 結果

以上の各計算機システムを用いて, CGH 計算を行った時の計算時間を図 1, 図 2 に示す。

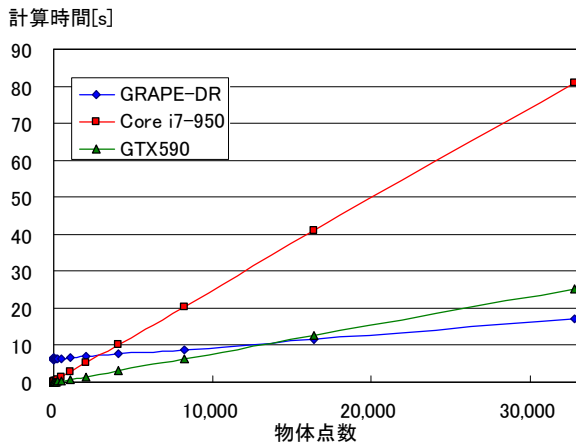


図 1: 各計算機システムの CGH 計算時間
(物体点数 32,768 点まで)

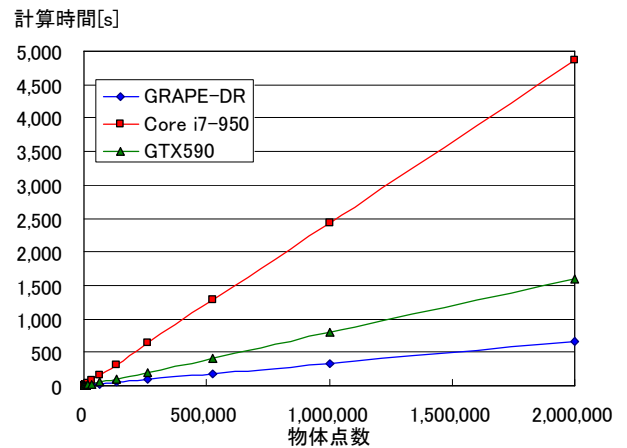


図 2: 各計算機システムの CGH 計算時間
(物体点数 2,000,000 点まで)

4. 考察

Core i7-950 と GTX590 は全体として計算時間が安定しているが, GRAPE-DR は物体点数の小さい場合でも常に 6 秒程度の時間がかかっており, これは計算の前処理のオーバーヘッドが影響しているものと考えられる。

これより, GRAPE-DR による CGH 計算は物体点数が大きくなる場合に適しているといえる。また, CPU に対しては最大約 7.3 倍, GPU に対しては最大約 2.4 倍の高速化を図ることができた。

参考文献

- [1] 株式会社 K&F Computing Research:” Goose ソフトウェアパッケージユーザガイド for Goose version 1.1.0” (2009)
- [2] 株式会社 K&F Computing Research:” GRAPE Software Package Home Page”
<http://www.kfcr.jp/grapepkg.html>
- [3] Intel 社 ホームページ:” Core i7 プロセッサ”
<http://www.intel.com/jp/products/processor/corei7/specifications.htm>
- [4] NVIDIA 社 ホームページ:” Geforce GTX 590”
<http://www.nvidia.co.jp/object/product-geforce-gtx-590-jp.html>