

シングル LCD 用マルチ GPU 環境 PC を用いた 計算機合成ホログラムの計算高速化

Fast parallel computation of computer-generated-hologram on a LCD using a multi-GPU environmental PC

高田直樹[†] Naoki Takada
下馬場朋禄^{††} Tomoyoshi Shimobaba
中山弘敬^{†††} Hiroataka Nakayama
白木厚司[‡] Atsushi Shiraki
杉山充^{††} Atsushi Sugiyama
増田信之^{††} Nobuyuki Masuda
岡田直久^{††} Naohisa Okada
伊藤智義^{††} Tomoyoshi Ito

表 1 NVIDIA Geforce GTX 480 の仕様

Processor クロック	1,401 MHz
Streaming Processor 数	480
メモリ容量	1,536 MB GDDR5
メモリバンド幅	17 7.4GByte/sec

1. はじめに

ホログラフィは、三次元物体による物体光を干渉縞として媒体に記録、また、記録された媒体に再生光を照射することで物体光を生成し忠実に三次元物体を再現できる唯一知られた技術である。眼鏡を必要とせず、視覚疲労がないため究極の立体映像技術として期待されている。三次元物体情報を記録した干渉縞をホログラムと呼び、コンピュータによって作られたホログラムを計算機合成ホログラム(CGH: Computer Generated Hologram)という。CGH は、仮想的な三次元物体によるホログラムを作成することができる。CGH を液晶ディスプレイ(LCD: Liquid Crystal Display)などの電子デバイスに表示し、再生光を照射することにより三次元物体を再生することができる(電子ホログラフィ)。しかし、CGH は計算量が膨大であり、未だ実用化されていない。

近年、GPU(Graphics Processing Unit)の浮動小数点演算性能とコストパフォーマンスは著しく向上している。GPU は本来コンピュータグラフィックス用のプロセッサである。CGH 計算は使用するデータ量に比べ演算量が多く並列化に向いており、計算で得られた CGH を、直接、画像表示するため、GPU 向きの計算である。これにより、GPU を用いた電子ホログラフィの研究が盛んとなっている[1-3]。3枚の GPU ボードを搭載したマルチ GPU 環境の PC と 3枚の LCD パネルを用いたカラー電子ホログラフィに関する研究も報告されている[4]。また、マルチ LCD パネル用マルチ GPU クラスタシステムによる CGH 計算の高速化についても研究されている[5,6]。しかし、複数の LCD パネルを用いる場合、LCD パネルが非常に高価であり、また、光学系の位置調整は容易ではないといった問題がある。

本論文では、4枚の GPU ボード(NVIDIA Geforce GTX 480)を搭載したマルチ GPU 環境 PC に LCD を 1枚接続した計算システムを用いる。解像度 1,920×1,024 の CGH 計算を本システムにより高速化する方法について検討する。

2. 計算機合成ホログラム (CGH)

図 1 に CGH 計算の座標系を示す。三次元物体を点で表し、物体を構成する点数を N とする。そのとき、ホログラム面上の点 (x_α, y_α) における光の強度 $I(x_\alpha, y_\alpha)$ は、次式となる[1]。

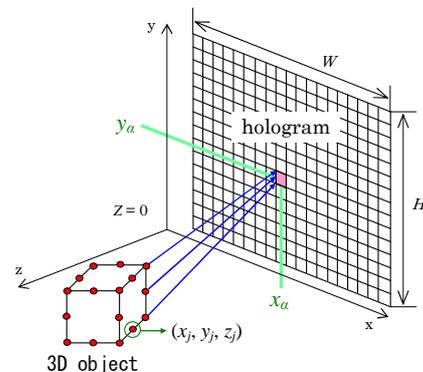


図 1 CGH 計算の座標系

$$I(x_\alpha, y_\alpha) = \sum_{j=1}^N \cos \theta, \quad (1)$$

$$\theta = \frac{\pi}{\lambda z_j} \left\{ (x_\alpha - x_j)^2 + (y_\alpha - y_j)^2 \right\} \quad (2)$$

ここで、変数 α はホログラム点を表す。物体点 j の座標を (x_j, y_j, z_j) とした。 λ は三次元情報の記録に使用される参照光の波長である。

CGH 上の 1 画素の光の強度を求めるには、式(2)を $j=1$ から N まで繰り返し計算する必要がある。よって、1枚の CGH を作成するには、ホログラムの解像度を $W \times H$ とすると、その計算量は $(W \times H) \times N$ に比例することになる。

3. マルチ GPU 環境 PC への実装

3.1 本計算システム

図 2 に本システムの概略図を示す。1台の PC に 4枚の GPU ボード(NVIDIA Geforce GTX 480)を搭載している。そのうちの 1枚の GPU ボードに電子ホログラフィ用の高精細な LCD パネルを接続する。この LCD パネル上に CGH が表示される。なお、NVIDIA Geforce GTX 480 のスペックを表 1 に示す。

3.2 本システムへの実装

図 3 に本システムへの実装の仕方を示す。1枚の LCD 上に表示される CGH (図 3 (a)) の解像度を 1,920×1,024 とする。その CGH を GPU の枚数に分割する。GPU ボードが 4枚のとき図 3 (b)となる。分割された

† 高知大学理学部

†† 千葉大学大学院工学研究科

††† 国立天文台

‡ 木更津工業高等専門学校

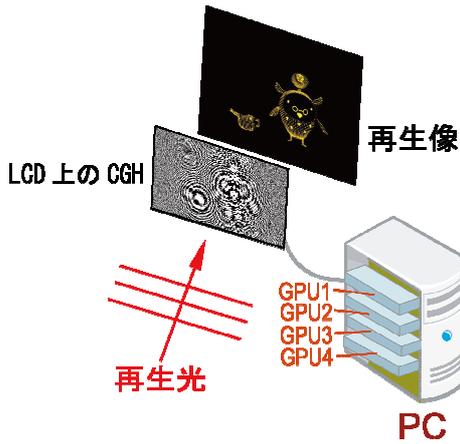


図2 シングルLCD用マルチGPU環境PCシステム

CGHに各GPUボードを割り当てて計算をする。GPUボード間の同期、及び、分割したCGHデータの通信にはMPIを使用する。図3の場合、GPU1~4で計算し、全GPUボードが計算した後、GPU2~4のCGHデータをGPU1へ転送する。GPU1への転送後、GPU1はLCDに1,920×1,024のCGHの画像を描画する。

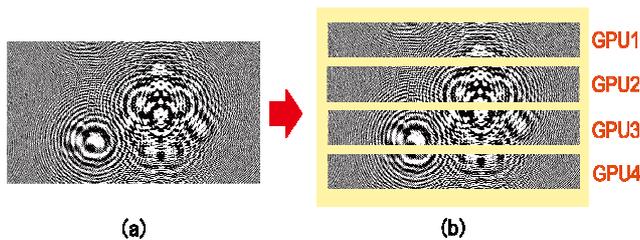


図3 CGHの分散処理

4. 性能評価

マルチGPU環境PCのOSとして、Linux (CentOS5.5)を使用した。GPUプログラム開発環境としてCUDA 3.2を使用した。MPIライブラリとしてMPICH2を、グラフィックスAPIにOpenGLを使用した。表2に、計算に使用するGPUの枚数を変え、本システムのCGH計算時間をCPU(Intel Core i7 930, 8スレッド使用)のみの計算時間と比較した。比較するデータであるCPUのみの計算において、Intel Cコンパイラ Ver.12.0.0を使用した。なお、OpenMP及びSSE命令の使用によりCPUのみの計算を最適化した。

表2にCPUのみと複数のGPUでの計算時間を示す。表3は、CPUのみの計算に対する複数個のGPUを用いたときのCGH計算の高速化を示す。表2および表3の計

表2 複数のGPUによるCGH計算時間

物体点数	CGH 計算時間			
	CPU[s]	1 GPU[ms]	2GPU[ms]	4GPU[ms]
512	6.9	21.0	16.6	14.5
1,024	13.6	34.2	22.8	18.3
2,048	28.3	60.7	36.2	24.1
4,096	54.5	113.8	62.7	37.4
6,144	82.3	167.0	89.4	50.7
8,192	110.8	220.1	115.9	64.1
10,240	148.4	273.0	142.5	77.4

表3 CPUに対する複数のGPUの計算高速化

物体点数	Speed-up (vs. CPU)		
	1 GPU	2GPU	4GPU
512	326	413	472
1,024	397	596	743
2,048	467	782	1,175
4,096	479	869	1,456
6,144	493	920	1,622
8,192	503	956	1,728
10,240	543	1,041	1,917

算時間はCGH計算のみならずCGHの画像表示までの全処理時間を示している。

5. まとめ

1枚のLCDパネルを接続したマルチGPU環境PCを用いて、解像度1,920×1,024のCGH計算を実装し、性能評価した。その結果、4枚のGPUを使用して物体点数10,240点の3次元物体のCGHを計算する場合、77.4msで計算することができ、約13fpsでCGHを表示できることが確認された。このとき、CPU(Intel Core i7 930, 8スレッド使用)に比べて、約1,900倍の計算高速化がなされた。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究(B)(課題番号: 24500071)による。

参考文献

- [1] N. Masuda, T. Ito, T. Tanaka, A. Shiraki, and T. Sugie, "Computer generated holography using a graphics processing unit," Opt. Express 14, pp.603-608, 2006.
- [2] A. Shiraki, N. Takada, M. Niwa, Y. Ichihashi, T. Shimobaba, N. Masuda, and T. Ito, "Simplified electroholographic color reconstruction system using graphics processing unit and liquid crystal display projector," Opt. Express, 17, pp.16038-16045, 2009.
- [3] 白木厚司, 伊藤智義, 増田信之, 下馬場朋禄, "複数の液晶ディスプレイパネルを用いた電子ホログラフィ再生像の拡大", 情報技術レターズ, Vol. 5, pp. 247-248, 2006.
- [4] H. Nakayama, N. Takada, Y. Ichihashi, S. Awazu, T. Shimobaba, Nobuyuki Masuda and Tomoyoshi Ito, "Real-time color electroholography using multi graphics processing units and multi high-definition liquid-crystal display panels," Applied Optics, 49, pp.5993-5996, 2010.
- [5] 高田直樹, 下馬場朋禄, 中山弘敬, 老川稔, 増田信之, 伊藤智義, "マルチLCD用マルチGPUクラスタシステムによる計算機合成ホログラムの計算高速化," 第10回情報科学技術フォーラム(FIT2011)講演論文集 第1分冊 pp. 117-122, 2011.
- [6] (Invited) N. Takada, T. Shimobaba, H. Nakayama, N. Masuda and T. Ito, "Fast Computation of 20 Mega Pixel Computer-Generated Hologram Using Multi-GPU Cluster System," the Collaborative Conference on 3D Research (CC3DR), 2012.