

RC-001

ClearSpeed アクセラレータボードを用いた計算機合成ホログラムの高速化 Speed-up of computer generated hologram using ClearSpeed accelerator board

田邊矩之[†] 増田信之[†] 伊藤智義[†]

Noriyuki Tanabe Nobuyuki Masuda Tomoyoshi Ito

1. まえがき

3次元の映像を再生する技術としてホログラフィがある。ホログラフィでは、まず物体にレーザ光を照射し反射した光(物体光)と、物体に照射したものと同じ光(参照光)とを干渉させ、その干渉縞を写真乾板等の媒体へ記録することでホログラムを作成する。次に実際の物体を除き、ホログラムの作成に用いたものと同じ光(再生照明光)を照射することで、ホログラムを通して元の物体の3次元映像を浮かび上がらせることができる。[1, 2]

近年新たな試みとして、ホログラムを計算で求めることにより作成する電子ホログラフィと呼ばれる技術が研究されている。コンピュータで計算して求めたホログラムをCGH (Computer Generated Hologram) と呼び、計算したCGHは高精細液晶ディスプレイ等の表示デバイスに表示する。CGHの作成には膨大な量の計算を要し、計算の高速化が必須課題となっている。また、表示デバイスもさらに高精細化を進める必要があり、実用化には至っていない。

CGH計算のアルゴリズムは並列処理に向いており、マルチコアプロセッサでの並列計算に適している。本研究ではClearSpeed社製の高速演算ボードを使用して並列計算することにより、CGH計算の高速化を行なった。

2. CGHの計算

ホログラム面上の座標 (x_α, y_α) での光の強度を $I(x_\alpha, y_\alpha)$ 、参照光の波長を λ 、物体を構成する点(物体点)の座標を (x_j, y_j, z_j) 、物体点数を N とし、以下の式(1)、(2)を計算することで、CGHを作成することができる。

$$I(x_\alpha, y_\alpha) = \sum_j^N \cos(2\pi\Theta_j) \quad (1)$$

$$\Theta_j = \frac{1}{\lambda} \sqrt{(x_\alpha - x_j)^2 + (y_\alpha - y_j)^2 + z_j^2} \quad (2)$$

3. ClearSpeed アクセラレータボード

図1に、本研究で使用したClearSpeed AdvanceTMアクセラレータボードの概要を示す。[3-6]

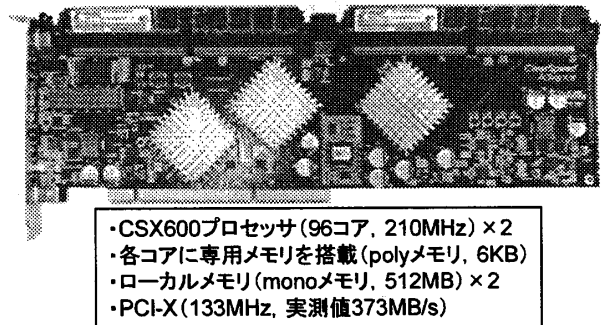


図1. ClearSpeed AdvanceTMアクセラレータボード

本ボードで特徴的な部分は、CSX600と呼ばれる倍精度浮動小数点演算に対応した高並列SIMD (Single Instruction / Multiple Data) 型マルチコアプロセッサを2個搭載していることである。SIMDとは、1命令で複数のデータを処理する高速化技術である。CSX600はClearSpeed社が開発した科学技術計算用のマルチコアプロセッサで、チップ内に制御用のmonoユニットと、96個のPE (Processing Element) を内蔵した並列処理用のpolyユニットを有し、高並列の処理を実現する。さらに各PE内部には6KBずつのSRAM (polyメモリ) を搭載し、高速なメモリアクセスを可能としている。また、専用の開発環境も提供されており、Cn言語と呼ばれるC言語ベースの専用言語でプログラミングが可能である。本研究ではこのボードを2枚使用し、合計4個のCSX600プロセッサを効果的に用いて並列計算することによりCGH計算を高速化した。

4. 結果の比較

4.1 開発環境

本研究で使用したシステム構成を表1に示す。なお、ホスト側開発環境はVisual Studio 2005を、ボードの開発環境はClearSpeed SDK2.51を使用した。また、時間計測もすべてこのシステムを用いて行った。

表1. 開発環境

CPU	Intel Xeon 2.66GHz
メモリ	1GB RAM
OS	WindowsXP Professional SP2
コプロセッサ	ClearSpeed Advance TM アクセラレータボード×2
コンパイラ	CPU側 Visual C++ 2005 ボード側 Cn コンパイラ

[†] 千葉大学大学院工学研究科

4.2 計算時間

表2にホログラムサイズ 1920×1080 (約 200 万画素) の計算時間を示す。単位は秒であり、小数第1位で丸めた。ホスト PC とボード間の通信時間や、データの前処理・後処理時間も全て含めている。また、全ての条件で倍精度浮動小数点演算を行なっている。PC という項目は、Xeon2.66GHz で計算を行なったときの計算時間を表す。

表2. 計算時間の比較

物体点数	PC [sec]	1チップ [sec]	2チップ [sec]	4チップ [sec]
256	51.4	4.8	3.1	2.3
512	103.5	8.9	5.1	3.3
1024	206.5	17	9.1	5.3
16384	3402.6	261	131.1	66.3
131072	31551.8	2082.3	1041.8	521.9
1048576	252414.1	16653.5	8328.3	4165.4

この表より、物体点数が増加するに従って、チップ数に応じて理想的に時間が短縮されることが分かる。例えば物体点数 1048576 点 (約 100 万点) のときは全体の時間に対する通信・データ前処理・データ後処理の時間が微小となり、1チップ使用時を1とした場合、2チップではほぼ 1/2、4チップではほぼ 1/4 まで計算時間が短縮されている。このとき、PC 単体で計算を行なった場合は 70 時間かかり、CSX600 を 4チップ使用した場合は約 1.2 時間で計算が終了する。このとき、約 60 倍の高速化を実現した。

また、通信その他の時間を除くと、物体点数増加に応じてほぼ直線状に計算時間が増加する。

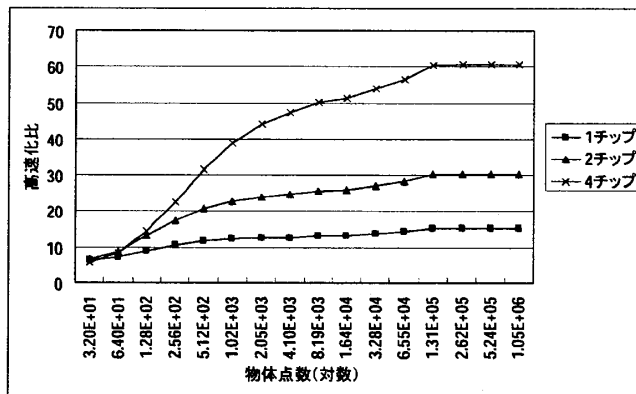


図2. 性能向上比の比較

図2はPC単体での処理時間とCSX600のチップ数に応じた計算時間の比を表している。グラフから読み取ると、物体点数約15万点のときに最大の性能にたどり着く。これは計算に占める時間が増加すると、通信その他にかかる時間が全体に対して微小になるためである。従って、

CSX600の計算性能を最大限に引き出したときの値に近いといえる。

4.3 ホログラムと再生像

PC単体で計算を行なった場合と、ClearSpeedアクセラレータボードを使用して計算を行なった場合で、ホログラムは同じものが得られた。従って、両者の再生像も一致している。図3に、本研究で得られた再生像を示す。

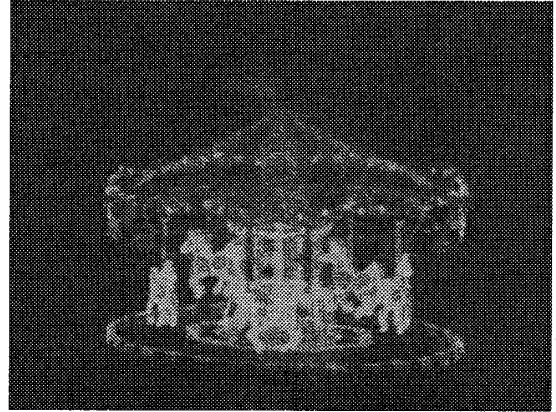


図3. 約10万点で構成されるメリーゴーランド

5. まとめと今後の展望

本研究ではPCにClearSpeedアクセラレータボードを2枚搭載したシステムを使用し、CGH計算を最大60倍高速化することに成功した。また、チップ数に応じた計算時間の変化についても検証を行い、物体点数15万点以上の場合では1チップで約15倍、2チップで約30倍、4チップで約60倍の高速化を実現できることが確認された。これらの結果より、ClearSpeedアクセラレータボード(CSX600)はCGH計算の高速化に適しているといえる。

さらに、本研究の今後の展望として東京工業大学のスーパーコンピュータ「TSUBAME」でのCGH計算が進行中である。TSUBAMEには本研究で使用したClearSpeedアクセラレータボードが600枚搭載されており、ノードあたりの計算能力も高いことから、CGH計算の並列性を活かして更なる高速化が期待できる。

参考文献

- [1] 辻内順平, “ホログラフィー”, 裳華房(1997)
- [2] P.Hariharan, “Basies of Holography”, オプトロニクス社(2003)
- [3] “ClearSpeed CSX Architecture White Paper”, ClearSpeed Technology(2006)
- [4] “CSXL User's Guide” ClearSpeed Technology (2006)
- [5] “Advance PCI-X Accelerator Board User's Guide”, ClearSpeed Technology (2006)
- [6] “Reference Manual”, ClearSpeed Technology (2006)