

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月1日現在

機関番号：12501
研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2009～2011
課題番号：21500094
研究課題名（和文） マルチコア・プロセッサによるリアルタイム電子ホログラフィの研究
研究課題名（英文） Real-Time Electro-Holography with Multi-Core Processors
研究代表者
伊藤 智義（ITO TOMOYOSHI）
千葉大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：20241862

研究成果の概要（和文）：計算回路を複数内包しているマルチコア・プロセッサが、膨大な情報処理を必要とする電子ホログラフィの計算に有効であるかを検証した。用いたマルチコア・プロセッサは、GPU、Cell、ClearSpeed アクセラレータ、GRAPE-DR チップである。単精度の場合は、GPU が突出した高速化を示し、GeForce GTX 280（GPU）が Intel Core 2 Duo（CPU）よりも100倍を超える速さを記録した。倍精度の場合は、GRAPE-DR が Intel Core i7（CPU）と比べて7倍の高速化となり、良好な結果を示した。

研究成果の概要（英文）：Effectiveness of multi-core processors for electro-holography was showed. A multi-core processor has plural calculation circuits. Electro-holography requires enormous information processing. The multi-core processors I used were GPU, Cell, ClearSpeed accelerator and GRAPE-DR chip. In the calculation with single precision, GPU was the best. GeForce GTX 280 (GPU) recorded the speed of beyond 100 times than Intel Core 2 Duo (CPU). In the calculation with double precision, GRAPE-DR showed good result. It was 7 times faster than Intel Core i7 (CPU).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，メディア情報学・データベース

キーワード：計算機システム，ハイパフォーマンス・コンピューティング，ディスプレイ，ホログラフィ

1. 研究開始当初の背景

ホログラフィは3次元波面を忠実に記録・再生できる技術であり、電子ホログラフィは究極の立体テレビになり得るものと考えられているが、膨大な情報量を処理しなければならず、実用化を困難にしている。電子ホログラフィによる次世代3次元映像技術

においては、ホログラム計算の高速化が大きな課題になっている。

ホログラム計算の高速化については、いくつかの研究グループで、ソフトウェアの改良が進められている。これに対して、当該研究者の特徴は、計算機ハードウェアを含めた高速化を進めていることであり、これまでも、

ホログラフィ専用計算機の開発を行い、大幅な高速化に成功している。しかしながら、専用計算機システムは、ハードウェア開発のノウハウを必要とし、コストもかかるなどの難点がある。そこで、一般に市販されるようになった計算リソースであるマルチコア・プロセッサに着目した。マルチコア・プロセッサの特徴は内部に複数（多数）の演算素子を持っていることである。したがって、並列処理アルゴリズムの善し悪しが計算高速化に大きく関わってくる。この点については専用計算機の開発に通ずるところがあり、当該研究者のアドバンテージになっている。

近年、マルチコア・プロセッサが急速に普及し始めている。例えば、ビデオカードに搭載されているグラフィックス・プロセッサ GPU やゲーム機のプレイステーション3に使われている Cell などがある。これらは安価で取り扱いも容易であり、これらを用いて電子ホログラフィの情報処理を加速できることを示すことができれば、次世代3次元映像技術の研究を活性化することにつながるものと期待される。

2. 研究の目的

計算回路を複数内包するマルチコア・プロセッサは、並列処理に向いているホログラム計算を高速化する可能性を持っている。そのことをさまざまなマルチコア・プロセッサにおいて検証することが、本研究課題の目的である。

3. 研究の方法

研究に用いたマルチコア・プロセッサは、パソコンのビデオカードに搭載されている GPU、ゲーム機に使用されている Cell の他に、ハイパフォーマンス・コンピューティング用に作られた ClearSpeed アクセラレータと GRAPE-DR を加えた。それぞれでソフトウェアを開発し、高速化を検証した。また、図1の光学系で実際に3次元映像を再生して、画質の検証も行った。

システムの開発にあたっては、それぞれ、以下のような環境で行った。

(1)GPU に関しては、NVIDIA 社製の GTX シリーズが搭載された GeForce シリーズのビデオカードを用いた。ソフトウェアの開発には、NVIDIA 社からリリースされている統合開発環境 CUDA を使用した。

(2)Cell については、ソニー製プレイステーション3を用いた。OSとしてLinuxをインストールして、ソフトウェアの開発を行った。

(3)ClearSpeed については、CSX600 マルチコア・プロセッサを2個搭載した ClearSpeed

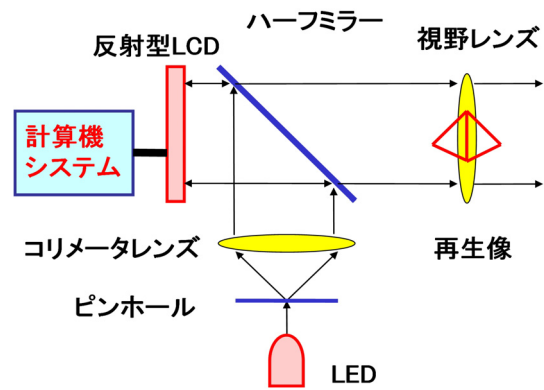


図1. 電子ホログラフィ・システム
Technology 社製アクセラレータボードを用いた。ソフトウェアの開発環境には、同社が提供している ClearSpeed 専用のソフトウェア開発キットを使用した。

(4)GRAPE-DR では、チップが4個搭載された K&F Computing Research 社製 GRAPE-DR アクセラレータボード model 2000 を用いた。ソフトウェアの開発には、同社が提供している専用の開発環境である Goose を使用した。Goose はもともと天文学計算用に作られていたので、関数形などをホログラム計算用に組み直して利用した。

4. 研究成果

それぞれのマルチコア・プロセッサの性能評価は以下の通りであった。

(1)単精度についての評価

まず、計算精度が単精度で十分な数値計算における比較を行った。その結果を図2に示す。コア数はプロセッサに内包されている利用可能な計算回路の数である。また、製品が出荷された時期をカッコ内で示した。

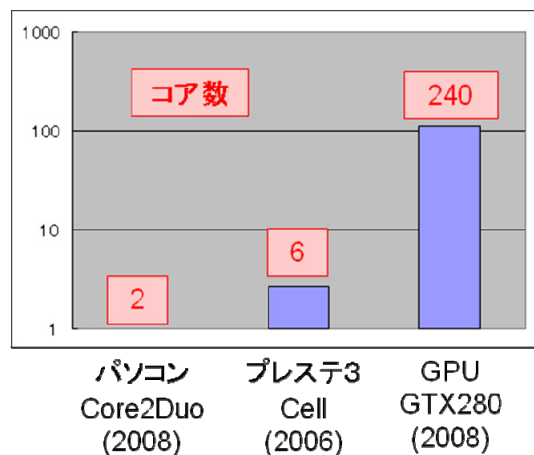


図2. パソコンを1としたときの高速化比

同時期にリリースされた CPU と GPU の比較において、GPU はホログラフィ計算において

は、100 倍以上の高速化を記録している。価格が5万円程度であったことから、コストパフォーマンスはきわめて高く、当該研究分野においての有用性が検証された。

(2)GPU を用いたリアルタイムカラー電子ホログラフィシステム

GPU の高速性を利用して、リアルタイムで再生可能な電子ホログラフィシステムを試作した。図3に示すように、3個のGPUに、それぞれ赤、緑、青の3原色の色成分に分解した映像を分担させ、光学系で重ねてカラー化した。

1,000点程度の画素で作成された映像であれば、秒間30フレームのビデオレートで再生可能であることを示した。図4はその一例で、カラーの魚が泳いでいる映像のスナップショットである。

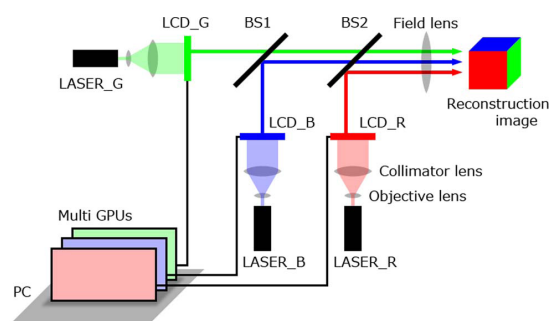


図3. マルチGPUによるカラー電子ホログラフィシステム



図4. カラー電子ホログラフィ映像の例

(3)倍精度についての評価

グラフィックス処理は、多くの場合、それほど高い計算精度は求められない。そのため、本来はグラフィックス専用プロセッサであるGPUは、精度の低い単精度では有効であるが、精度の高い倍精度ではそれほどの高速化は期待できない状況にある。

申請時においては、倍精度の代表的なマルチコア・プロセッサはClearSpeedであった。ところが、その後生産及びサポートが中止されたため、研究期間の途中からは、GRAPE-DRチップを用いて研究を行った。

①ClearSpeed の評価

ClearSpeedのチップであるCSX600には92個の倍精度演算回路が内包されている。アクセラレータボードにはCSX600チップが2個搭載されているので、ボード上の演算回路は192個である。このボードを2枚、PCに装着して、384並列の計算に成功し、Intel Xeon Prestonia 2.66 GHz (single-core)のCPUに比べて、約50倍の高速化に成功した。

②GRAPE-DRによる倍精度計算の評価

倍精度の電子ホログラフィ計算におけるCPU (Intel Core i7 950), GPU (GTX590), GRAPE-DRの計算速度を表1に示す。数値はCPUを1としたときの高速化率であり、大きいほど高速である。製品が出荷された時期をカッコ内で示した。

表1. 倍精度の高速化率

	コア数	高速化比
CPU Intel Core i7 950 (2009)	4	1
GPU NVIDIA GTX590 (2011)	1024 (2 chips)	3.2
GRAPE-DR (2008) アクセラレータ ボード model2000	2048 (4 chips)	6.7

CPUのマルチコア化も進んでおり、Core i7の物理的なコア数は4であるが、論理的には8並列の演算が可能であり(8スレッド)、本検証では、すべてのコア(スレッド)を計算に用いている。

GPUは最新のGTX590を使った。単精度の評価で使用したGTX280よりもコア数は多く、チップ当たり512である。使用したボードには2チップ搭載されているので、総コア数は1024である。単精度では大幅な速度の向上がみられたが、倍精度ではそれほどの高速化はみられなかった。

GRAPE-DRのコア数はチップ当たり512であり、ボードに4チップ搭載されているので、総コア数は2048である。CPUの7倍の速度を記録した。GRAPE-DRボードも、GPUのように、そのままパソコンに接続して使用できるので、電子ホログラフィにおける倍精度計算には有効であることが示された。

また、GRAPE-DRのソフトウェア開発ツールであるGooseは、天文用に整備されており、他の数値計算で使うためには、目的に合わせたチューニングが必要である。今回の研究では、最適化できる余地がいくつか見つかり、改善することで、さらに数倍、高速化する可能性があることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ①佐竹新一, 反町学, 増田信之, 伊藤智義, “Special-purpose computer for Particle Image Velocimetry”, Computer Physics Communications, 査読あり, Vol.182, pp.1178-1182 (2011)
- ②上原寛樹, 平井大智, 加賀城宏毅, 市橋保之, 中山弘敬, 下馬場朋禄, 増田信之, 伊藤智義, “位相変調型液晶ディスプレイを用いた電子ホログラフィ”, 映像情報メディア学会誌, 査読あり, 65巻, pp.403-406 (2011)
- ③中山弘敬, 境野雅規, 白木厚司, 下馬場朋禄, 増田信之, 伊藤智義, “多光源を利用した能動的なホログラムプレートの提案”, 映像情報メディア学会誌, 査読あり, 64巻, pp.1956-1959 (2010)
- ④中山弘敬, 高田直樹, 市橋保之, 栗津真, 下馬場朋禄, 増田信之, 伊藤智義, “Real-time color electroholography using multi graphics processing units and multi high-definition liquid-crystal display panels”, Applied Optics, 査読あり, Vol.49, pp.5993-5996 (2010)
- ⑤市橋保之, 増田信之, 柘植宗範, 中山弘敬, 白木厚司, 下馬場朋禄, 伊藤智義, “One-unit system to reconstruct a 3-D movie at a video-rate via electroholography”, Optics Express, 査読あり, Vol.17, pp.13895-13903 (2009)
- ⑥田邊矩之, 市橋保之, 中山弘敬, 増田信之, 伊藤智義, “Speed-up of hologram generation using ClearSpeed Accelerator board”, Computer Physics Communications, 査読あり, Vol.180, pp.1870-1873 (2009)
- ⑦白木厚司, 高田直樹, 丹羽雅志, 市橋保之, 下馬場朋禄, 増田信之, 伊藤智義, “Simplified electroholographic color reconstruction system using graphics processing unit and liquid crystal display projector”, Optics Express, 査読あり, Vol.17, pp.16038-16045 (2009)

[学会発表] (計4件)

- ①市橋保之, 岡田直久, 平井大智, 上原寛樹, 中山弘敬, 下馬場朋禄, 増田信之, 伊藤智義, “Cluster System Using a Special-Purpose Computer for Electronic Holography and Application of Phase Hologram”, International Universal Communication Symposium (IUCS) 2011, Korea (2011.10.12-14)

- ②高田直樹, 下馬場朋禄, 中山弘敬, 老川稔, 市橋保之, 増田信之, 伊藤智義, “Fast Computation of Computer-Generated-Hologram Using Multi-GPU Cluster System”, The 3rd international conference on 3D Systems and Applications (3DSA2011), Korea (2011.6.22)
- ③(招待)市橋保之, 中山弘敬, 栗津真, 下馬場朋禄, 増田信之, 伊藤智義, “Real-Time Reconstruction System Using High-Performance Computer for Electroholography”, 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS2010), Yamagata, Japan (2010.8.18-20)
- ④(招待) 伊藤智義, 下馬場朋禄, “Real-time computation for electroholography”, the OSA Topical Meeting of Digital Holography and Three-Dimensional Imaging (DH2009), Canada (2009.4.26-30)

[その他]

ホームページ等

<http://brains.te.chiba-u.jp/~itot/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 智義 (ITO TOMOYOSHI)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：20241862

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：