

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：52501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23700134

研究課題名（和文）電子ホログラフィによる 3D ゲームシステムの構築及び評価

研究課題名（英文）Construction and evaluation of the 3D game system using the electro-holography

研究代表者

白木 厚司（SHIRAKI ATSUSHI）

木更津工業高等専門学校・情報工学科・講師

研究者番号：10516462

研究成果の概要（和文）：3次元表示技術の一つである電子ホログラフィにおいて、ホログラムの計算にGPUを用い、ホログラムの表示にOpenCVを用いることで、入力から表示までをリアルタイムで行えるシステムを構築した。このシステムを利用して、立体的に配置された物体の並び順を当てるゲームを作成し、被験者にプレイしてもらうことで立体感の評価を行った。その結果、表示する物体の形状によって立体感に有意差が得られることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：One of the three-dimensional indication technologies has electro-holography. I used GPU for a calculation of CGH and used OpenCV for indication of CGH. As a result, I succeeded in the construction of the system which could realize indication from input in real time. Using this system, I made a game that to let three-dimensional placement answer, and I evaluated the three-dimensional impression letting an examinee play a game. As a result, a three-dimensional impression was able to confirm that significant difference was provided by the shape of the object to display.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,500,000	750,000	3,250,000

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：可視化、三次元表示

1. 研究開始当初の背景

人間の得る情報の 8～9 割は“視覚”による情報が占めていると言われており、近年では特に質の高い情報が求められている。ここで言う“視覚”における質の高い情報とは 3次元の情報であり、このような状況の中、近年では様々な分野で 3次元表示技術が世間を賑わせている。

3次元表示技術の一つに電子ホログラフィがある。電子ホログラフィでは特殊な眼鏡などを必要とせず、光の干渉・回折という現象を利用することで物体からの光の波面をそのまま再現することができる。このような理

由から、電子ホログラフィは究極の 3次元表示技術と呼ばれている。この電子ホログラフィにおいて、3次元の情報を記録する計算機合成ホログラム(CGH：Computer Generated Hologram)を作成する際の計算量が膨大になり、多くの計算時間を要するという問題点が挙げられている。

また、電子ホログラフィを用いての立体的な 3次元像を得ることに成功しているが、その見え方については「立体的に見える」という程度の報告しかなく、具体的に、何がどの程度立体的に見えるという指標が明確にされていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的としては、電子ホログラフィを用いて実用的に動作するシステムを作成し、それを被験者に試行してもらうことで、得られる3次元像の立体感を評価することである。これを実現するためにはCGH計算の高速化が必要となり、また、被験者に長時間試行してもらうためには、それなりのゲーム性が求められる。そこで、インベーダーゲーム程度の簡単なゲームを作成し、作成したゲームを電子ホログラフィ技術に適用し、リアルタイムにプレイできるシステムを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究を遂行するに当たり、まずCGHを高速に計算できる環境を作る必要がある。そこで、CGHの計算にGPU(Graphics Processing Unit)を用いることとする。NVIDIA社の演算用GPUであるTesla C2070を4枚搭載したSUPERMICRO社製のMAS-XW56Sに、既存のCGH計算アルゴリズムを実装することで計算の高速化を行う。また、CGHをLCD(Liquid Crystal Display)に表示する際に時間がかかってしまうため、OpenCVを用いてCGHの計算結果を直接LCDに表示することとする。

次に、電子ホログラフィを用いた3次元像の見え方の違いを評価するに当たり、インベーダーゲームのような単純なゲームを作成する。このゲームを被験者にプレイしてもらうことで、見え方の違いを評価する。作成する3Dゲームシステムのイメージ図を図1に示す。

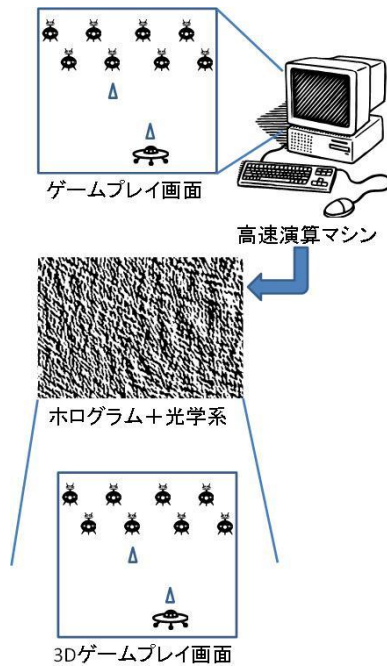


図1 3Dゲームシステムのイメージ

図1は、インベーダーゲームのような単純なゲームのプレイ画面の情報から高速演算マシンを用いてCGHを作成し、作成したCGHをLCDに表示するまでの手順を表わしている。このようなシステムを構築することでリアルタイムに動作する3Dゲームを実現し、被験者に評価してもらう。

4. 研究成果

(1)3Dゲームを作成するにあたり、キーボードからの入力に応じて、または一定時間ごとに表示する像を更新する必要がある。本システムにおける再生像を得るまでの流れを図2に示す。

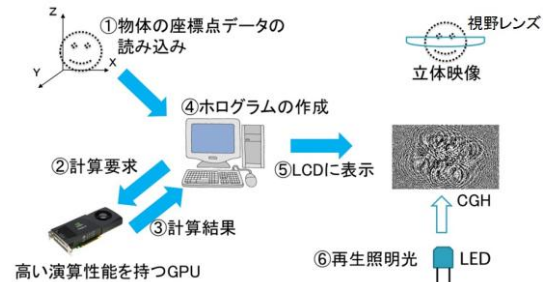


図2 電子ホログラフィ再生システム

まずCPU(Central Processing Unit)はCGH作成のためにキーボードからの入力、または一定時間ごとにGPUに計算要求を行う。次にGPUからの計算結果からCGHを作成しLCDに表示する。最後に表示されたCGHに再生照明光をあてることによって、立体像を得ることができる。

以下、本システムを用いて行った研究の成果について報告する。

(2)CGH計算の高速化について、NVIDIA社の演算用GPUであるTesla C2070を4枚搭載したSUPERMICRO社製のMAS-XW56Sに、既存のCGH計算アルゴリズムを実装することで高速にCGHを計算できるシステムを構築した。また、計算結果から1920×1080画素のCGHを作成する際、CPU上でfwrite関数を用いた場合、CGH作成時間だけで約400[ms]かかってしまう。そこでC/C++で記述されたオープンソースの画像処理ライブラリであるOpenCVのcvCreateImage関数を用いた。cvCreateImage関数は画像ヘッダーを作成してデータ領域を確保する関数で、プログラム実行中に画像データ領域を確保し、プログラム終了後にそのデータ領域が解放されるため、CGHの計算結果を画像データとしてハードディスクに書き込む必要がなくなり、大幅に時間を短縮できる。その結果、CGHをLCDに表示するまでにかかる時間は10[ms]となった。

図3に物体点数と計算時間の関係を示す。このグラフより、物体点数1,000点程度であ

れば入力から表示までをビデオレートである秒間 30fps(frames per second)で実現できることが確認できる。このように GPU を用いて CGH 計算を高速化することで、ビデオレートで動作する 3D ゲームを作成できる環境を構築した。

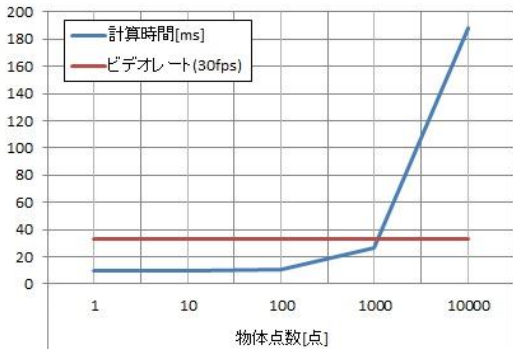


図3 物体点数と計算時間の関係

(3) 電子ホログラフィの大きな課題として、CGH の計算に関する課題と立体像の表示に関する課題が挙げられる。しかし、CGH の計算に関する問題点があるため、新たにこの分野を研究しようと考えている研究者にとっては困難であり、また、立体像の表示に関する問題に取り組むのはさらに困難である。そこで、GPU を搭載した高速計算機をサーバ化し、CGH 計算のための Web アプリケーションを作成・実装することで、インターネットに接続できる環境があれば誰でも高速に CGH を作成できるシステムの構築を試みた。構築したシステムの概要を図4に示す。

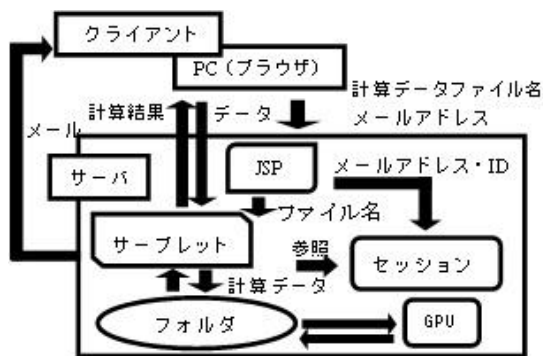


図4 CGH 計算サーバの概要

本システムの流れを以下に示す。

まず、作成した CGH 計算用の Web アプリケーション (サーバ) にクライアントがブラウザを介してアクセスする。すると、図5に示すメニュー画面が表示されるので、返信用のメールアドレスと CGH に変換するための物体点の座標データを登録する。登録したメールアドレスは図4のセッションに保存され、物体点の座標データはフォルダに保存される。



図5 Web アプリケーションのメニュー画面

このとき、サーバ上で動作しているフォルダ監視プログラムがアップロードされたファイルを発見し、GPU 側の CGH 計算プログラムに計算対象のファイルパスを引数として与えて計算を実行する。計算が終了するとセッションに保存されていたメールアドレスに計算結果の CGH と ID、ダウンロードキーを記してメールを送信する。メールを受信したクライアントは、記載されている ID とダウンロードキーを用いて作成された CGH をダウンロードするという流れである。実際に本システムを用いて得られた CGH を図6に示す。

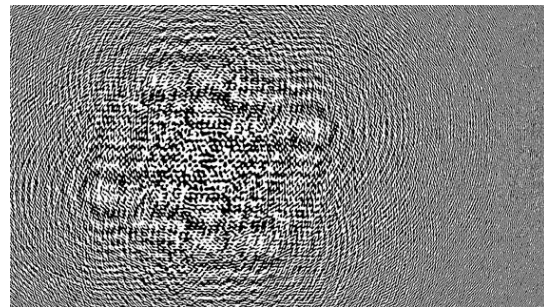


図6 本システムで作成した CGH

本システムの目的が新たにこの分野の研究に取り組む研究者に向けてのものであるため、本システムを用いて計算した場合と汎用 PC(Personal Computer)で計算した場合の計算時間を比較した。本システムに使用した高速計算機と汎用 PC の性能を表1に、計算時間の比較を表2に示す。なお、計算には約 10,000 点の物体点データを用いた。

表1 高速計算機と汎用 PC の性能の比較

	高速計算機	汎用 PC
OS	Windows 7	Windows 7
CPU	Xeon E5606	i7 860
動作周波数	2.13GHz	2.80GHz
メモリ	48G	12G
搭載 GPU	tesla c2070 4 枚	-
コア周波数	1.15GHz	-

表2 高速計算機と汎用PCの計算時間の比較

	計算時間
高速計算機	237.8 [msec]
汎用PC	1260.8 [sec]

表2より、汎用PCでは20分以上かかる計算が本システムを用いれば1秒以下で計算できることが確認できる。ここでの計算時間はネットワークの回線速度に影響を受けない純粋な計算時間である。10,000点の物体点データのファイルサイズが約250Kbyte、出力されるCGHの画像が5.93Mbyteであるため、上下40Kbps以上の回線速度であれば本システムを利用した方が高速にCGHを作成することができることが確認できた。なお、物体点データはテキストファイルであるため、物体点数の増加はファイルサイズには著しく影響を与えるものではなく、また、出力されるCGHは1920×1080画素のBMPファイルとしているため、5.93Mbyteで固定されている。つまり、物体点数の増加に伴い本システムの有用性が増加する。

(4)図2に示した構成により、図1のような簡単なシミュレーションゲームを作成した。図1のようなゲームを被験者にプレイしてもらうことで、立体像の鮮明さや立体感、眼精疲労などの主観的な評価を得ることはできる。しかし、この結果から得られる評価は従来の「立体的に見える」という評価と変わらないと判断したため、プレイしてもらうゲームを再考した。その結果、立体的に配置した再生像の並び順を当てるゲームを作成した。このゲームは奥行き方向にずらして配置された複数の物体を表示し、その並び順を回答し、正答率を競うというものである。作成したゲーム画面のイメージ図を図7に示す。

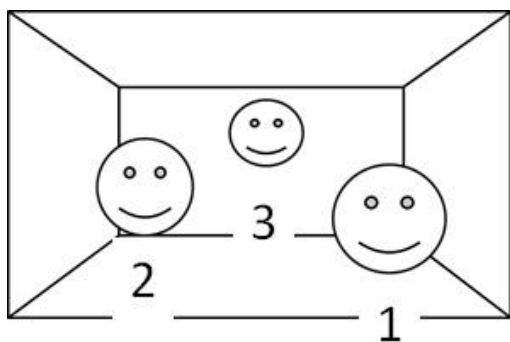


図7 作成したゲームのイメージ

図7は右、左、中という順で手前から奥にずらして配置している様子を表わしている。この図を見ると、表示される像の大きさから順番を判断できる。それを防止するために、表示される位置によらず像の大きさを統一

する、またはランダムに変化させて検証を行った。本研究では以下の点に着目し実験を行った。ただし、観察者から表示する立体までの距離は30cmとした。

- ・横並びの場合と縦並びの場合
- ・表示する立体の形状（複雑さ）
- ・表示する立体の大きさ

横並びの場合と縦並びの場合について検証を行ったところ、横並びの方が少し正答率が高くなったが有意差が得られるほどではなく、また、回答までの時間にもほとんど差はなかった。

表示する立体の形状を変化させて検証を行ったところ、単純な像と複雑な像では正答率に大きな差が得られた。特に、それ自体が奥行きを持つ立体的な像と平面の像で評価したときに有意差が得られた。さらに、立体的な像を表示した場合の方が回答までの時間が長くなった。これは立体的な像は認識することが困難であることを表わしている。また、少数ではあるが、立体的な像の評価を行った際に、奥行き感が完全に逆転するという被験者もいた。この原因については調査中である。

表示する立体の大きさをそろえた場合とランダムに変化させた場合で検証を行ったところ、正答率にはほとんど差がないが、回答までの時間は大きさをランダムに変化させた場合の方が長くなった。このことから、手前にあるものが大きく見えるということを感じ取っているが、視認するにはほとんど影響がないと推測される。

最後に表示する立体の奥行き方向の間隔を狭めていき、どの程度離れていれば奥行き感を認識できるのか、分解能の検証を行った。被験者によりばらつきはあるものの、8cm離れていれば全ての被験者の正答率が9割を超えており、7cmに狭めた場合に正答率が大幅に減少したため、観察距離30cmのときの分解能は8cm程度であることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

- ①江澤有生, 白木厚司, “電子ホログラフィによる3Dゲームシステムの構築”, 第74回情報処理学会全国大会, (名古屋工業大学).
- ②高宮広行, 白木厚司, “高速計算機を用いたCGH計算Webアプリケーションの構築”, 第75回情報処理学会全国大会, (東北大学).
- ③原和基, 白木厚司, “電子ホログラフィによる3Dゲームシステムの構築と評価”, 第75回情報処理学会全国大会, (東北大学).

[その他]
ホームページ等
<http://researchmap.jp/ashiraki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白木 厚司 (SHIRAKI ATSUSHI)
木更津工業高等専門学校・情報工学科・講師
研究者番号：10516462