

# 白色 LED を用いたホログラムの光空間伝送と立体像再生 Transmission of hologram data and 3D image reconstruction using white LED light

佐藤甲癸

早稲田大学招聘研究員

satok@elec.shonan-it.ac.jp

## 1. はじめに

本研究では図1に示すように白色 LED を用いて携帯端末にホログラムデータを伝送するとともに携帯端末に表示されたホログラムに照明光を適当な角度で照射して立体像を再生するシステムを実現する<sup>(1-2)</sup>。

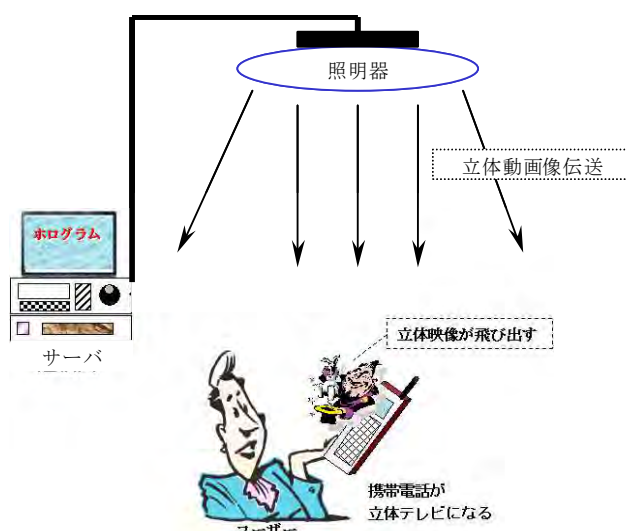


図1 照明光によるホログラム伝送と再生

## 2. 3次元 CGH パターン

ホログラムにはレンズや鏡、乾板などを用いて光学的な手法で作成される方法の他に、波面の振る舞いをすべて計算式に置き換えて計算機上で作られるホログラムが存在する。これはCGHと呼ばれレーザー光を使って記録するホログラムにはない特徴を備えている。最も大きな特徴は、記録のための物体が存在しなくてよい事であり、これは任意の波面を再生できる事を意味している。また乾板に代わるものとして、液晶等の電気的な光変調デバイスが使

われ、計算機を用いてリアルタイムで再生像を出力する事も可能である。図2に示したCGH作成方法に基づいて、ここで3次元ピラミッドのパターンモデルを構成点数からみると、少ない点数で構成したピラミッドパターンの再生像が暗くて、鮮明ではない。点数を増やして、作ったピラミッドパターンの再生像がどんどん明るく鮮明になる。構成した3次元パターンの再生像から見ると、ピラミッドのCGHは700点前後で構成した3次元パターンが一番きれいで、再生像も鮮明である。しかし、構成した3次元ピラミッドの点数が増やすぎると、モデルの頂点のCGHパターンが崩れた。これは一つのエリアでモデルを構成した点数が多すぎると、CGH用ソフトの計算能力を超えて、CGHパターンが崩れたと考えられる。よって本研究では、700点前後で構成した3次元ピラミッドのCGHデータを用いて、これからの伝送実験を検討する。

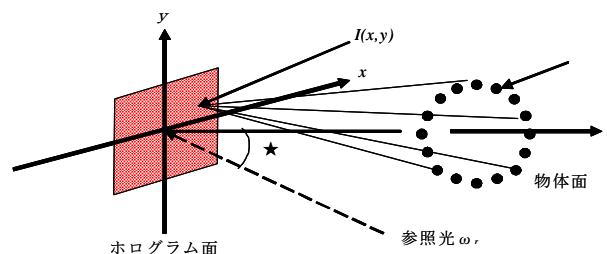


図2、CGH 作成モデル

$$\omega_r = B e^{jkx \sin \theta_r}$$

$$\omega_o = \sum_n \frac{A_n}{r_n} e^{jkr}$$

$$r_n = \sqrt{(x - a_n)^2 + (y - b_n)^2 + z_n^2}$$

$$I_{(x,y)} = B \sum_n \frac{A_n}{r_n} \cos(kr_n - kx \sin \theta)$$

そこで  $\omega_r$  は参照光の波面、 $\omega_o$  は物体光の波面であり  $I(x,y)$  は物体光と参照光との干渉縞すなわちホログラムを表している。また距離  $r$  は物体点からホログラム面までの距離を示している。

図3は700点で構成した3次元ピラミッドの入力データおよびCGHデータ。図4は図3のホログラムに照明光を用いて異なった視点から見た時に得られた再生像である。

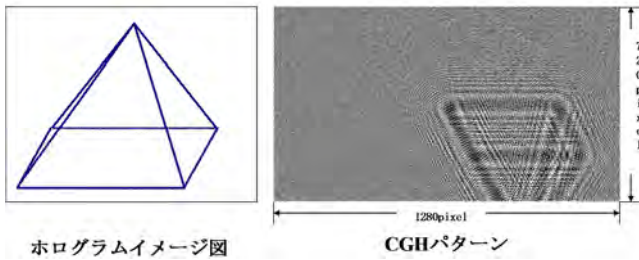


図3 入力パターンとホログラムパターン

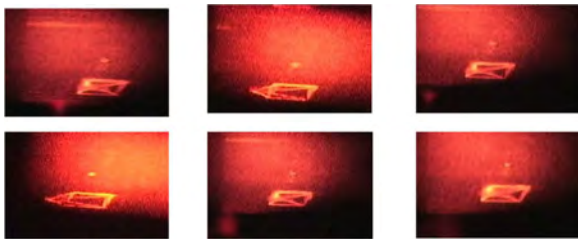


図4 異なった視点での再

### 3. 高速伝送および像再生システム

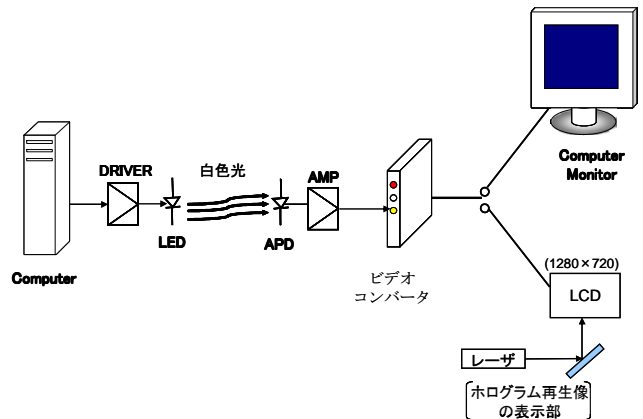


図5 NTSC 伝送方式で CGH パターン送受信システム

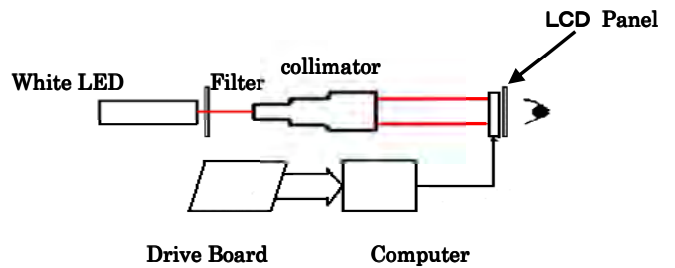


図6 ホログラム像再生光学系

コンピュータに搭載したビデオカードを使って、ビデオ信号を出力させ、可視光空間伝送システムを用いて、ビデオ信号を空間伝送し、伝送したビデオ信号をビデオコンバータに入力して、コンピュータのモニタまたは液晶投影装置に入力する。

図5に作成した NTSC 伝送方式による CGH パターン送受信システムを示す。LED 発光回路を改良した。新たな高輝度の LED (NSPW500GS-K1) と GBW が広い OP アンプ (AD844AN) を用いている。また図6に液晶表示素子を用いたホログラム像再生光学系を示す。白色 LED 光伝送システムの周波数特性を図7に示す。図7に示すように周波数帯域は 4MHz(-3dB)まで広がっている。自作の M 系列発信器(9段)を用いて、光伝送システムの伝送速度を測定

した。また図 8 に光空間伝送前後の信号のアイパターンを示す。そこで下段は LED の入力波形、上段は APD の出力パターンを示す得られたアイパターンから伝送速度は 2 Mbps であることが分かった。また、伝送距離も凸レンズを使わない場合は 37cm になり、凸レンズを使う場合は 3m 以上に離れることができた。

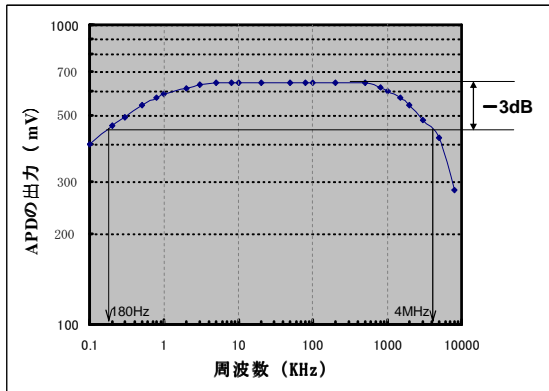


図 7 伝送システムの周波数特性



上段:0.5V/div 下段:20mV/div Time:0.2us/div

図 7 光伝送システムの波形伝送特性

本研究で試作した光空間伝送システムを用いて、NTSC 方式でビデオ信号の伝送実験を行った。伝送後の画像が伝送前の画像よりすこし劣化しているが、伝送後の画像が伝送前の画像よりすこし劣化しているが、ビデオ映像がきれいに伝送できた。

#### 4. ホログラム伝送および立体像再生

図 5 に示したシステムを用いて、701 点のピラミッドの CGH パターンを伝送した。701 点のピラミッドの CGH パターン伝送前後画像は図 8 に示した。また伝送後の 701 点のピラミッドの CGH パターンからの視点を変化させた時の再生像は図 9 に示す。、図 8 に示すように伝送前の CGH パターンと比べると伝送後 CGH パターンの一部が不鮮明でそのため図 9 に示すように再生像が一部不鮮明でぼやけているところがあった。

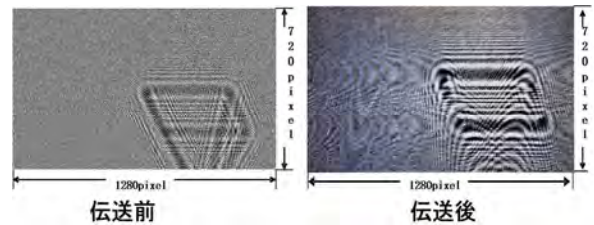


図 8 伝送前後の CGH パターン

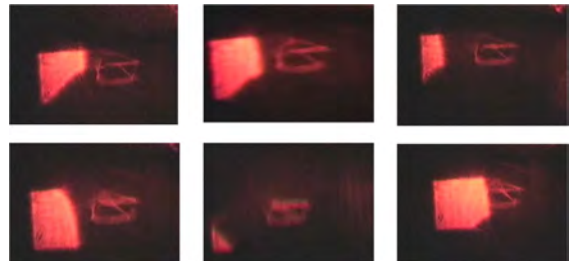


図 9 伝送後の視点を変えた時の再生像

#### 5. 検討

本研究では、LED (NSPW500GS-K1) を実装した発光回路と受光センサ APD モジュールを用いて、構築した光空間伝送システムは 4MHz までの周波数帯域があり、伝送速度は 2 Mbps であることがわかった。これは可視光空間伝送システムの低周波数帯域が完全でなく、また位相特性が良くないためと考えられる。また、ビデオコンバータによる PC 画像伝送方式では、ある程度完全な CGH パターン伝送ができた、伝送後の CGH パターンの再生像を撮影することができた。しかし、伝送前の CGH パターンの再生像と比べると、再生像が不鮮明で、ぼやけ

ているところがあった。これは、ビデオコンバータ出力信号の周波数帯域は規格上 10MHz であるが、可視光空間伝送システムの周波数帯域は約 4MHz しかないので、これが CGH パターン画像劣化の一番の原因だと考えられる。また、CGH データをビデオコンバータによる PC 画像伝送方式で伝送するには、D/A、A/D 変換する必要があるので、これが画像劣化の他の要因だと考えられる。

## 6. 今後の課題

CGH パターンをデジタル伝送方式で伝送するためのコンピュータインタフェース (プロトコル) とデジタル通信専用ソフトウェアを開発する、多値変調による伝送帯域圧縮、ホログラムデータの最適な符号化法、LCD の非線形補正(カラー化対応) などについて検討する。

## 参考文献

- (1) 佐藤甲癸,藍天,高野邦彦,瀧本幸男 “白色 LED を用いた計算機合成ホログラムの光空間伝送に関する検討” 画像電子学会 37 回年次大会,R1-3,2009 年 6 月
- (2) 戸塚真隆,佐藤甲癸,大木真琴,高野邦彦,瀧本幸男,松本充司 “白色 LED を用いたホログラムの光空間伝および立体像再生の特性改善” N.13,pp29-30,WTP2012