

## 最近の技術から

# 液晶 TV を用いた実時間ホログラフィ

橋本 信幸・諸川 滋

シチズン時計(株)技術研究所 〒359 所沢市下富 840

### 1. はじめに

1948年にイギリスの科学者、D. Gabor により考案されたホログラフィ技術は、真の3次元ディスプレイ、超精密形状および変位測定、光情報処理などさまざまな分野で発展をとげてきた。しかしコヒーレント光学系を用いる高度な写真技術であるため、露光現像における複雑なプロセスが実用における一つの妨げとなっていた。一般の写真技術、特に動画を取り扱う技術において、VTR カメラなどの記録再生が即時に可能な電子的な技術に置きかわってきているように、ホログラフィにおいても電子的に記録再生できる技術が望まれていた。ホログラフィにおける電子的な記録、電送実験は1966年にAT&Tベル研で<sup>1)</sup>、また1972年にはCBS Lab. で回転式サーモプラスチックプレートを用いた電子的ホログラフィシステムの実験が行われている<sup>2)</sup>。最近ではMITのBentonらのグループが、AO変調器を用いた計算機合成画像の電子ホログラフィシステムを発表し話題となった<sup>3)</sup>。近年、液晶表示素子(LCD)の進歩は著しいものがあり、特に液晶TVに代表されるマトリクス画素配置型のLCDは映像信号で容易に任意のパターンを書き込める。また偏光板をはずせば位相変調器としても機能する<sup>4)</sup>。われわれは独自に開発した高密度LCDを位相変調型空間光変調器に適用し、実時間で電子的に光波の波面制御を行う電子ホログラフィシステムを試作した<sup>5)</sup>。

### 2. 液晶空間光変調器

液晶空間光変調器には、ヒューズ社のLCLVに代表される感光体と液晶を組み合わせた光アドレス型と、基本的に液晶TVと同じ電気アドレス型(LCTV-SLM)に大別される。本システムに用いたLCTV-SLMの仕様を表1に示す。TN液晶をMIM(metal insulate metal)アクティブ駆動しているが、位相変調器として用いるにはTN型ではなく、平行配向セルを用いた方が本来は良い。

### 3. ホログラフィの記録と再生

図1にLCTV-SLMを用いた電子ホログラフィ装置の構成を示す。記録系においては二光束に分割されたレーザー光が、一つは物体光として直接物体に照射されその反射光がCCD素子上で、もう一方の光である参照光と干渉をおこす。物体光と参照光の成す角度は0.4度から0.7度に設定されており、CCD素子上に形成される干涉稿の基本空間周波数は10~20lp/mmとなり、通常のホログラムの空間周波数が1,000程度であることから比べると著しく低い。一般に空間周波数は、少なくとも再生像が歪み項と分離される条件を満たす必要があるが、液晶とCCD素子の解像力を考慮した。表2にCCDカメラの仕様を示す。結像レンズにより物体の像はCCD素子上に結像されている。これはワンステップイメージ型ホログラムの光学系であり、クレジットカードなどのホログラムと同様、基本的に白色光再生が可能である。

次に像の再生について述べる。CCDカメラで撮像された干涉稿はビデオ信号により即時にかつ連続的に、LCTV-SLMに電送されるが、偏光板がはずされているので干涉稿の濃淡分布に対応した位相分布が形成される。これは写真技術でいうなら位相型ホログラムであるブリーチホログラムに相当する。この液晶ホログラムに再生光としての参照平面波を照射することにより、一般のホログラムと同様、1次回折光としての物体光が発生

表1 LCTV-SLMの仕様

サイズ	0.96 inch (対角)
画素数	648(H)×240(V)
画素ピッチ	30 μm(H)×60 μm(V)
モード	MIM-TN型
セルギャップ	4 μm
開口率	68%
パターンスペース	4 μm×13 μm
入力電圧	7V
信号源	複合ビデオ信号 4V <sub>P-P</sub>

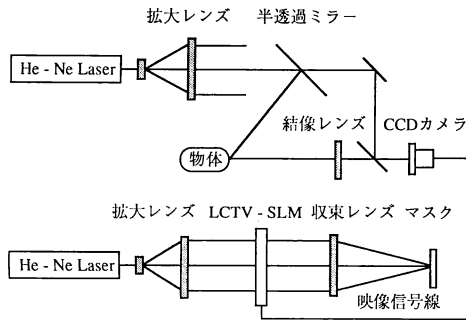


図1 電子ホログラフィ装置の構成

表2 CCDカメラの仕様

撮像領域	0.5 inch (対角)
画素数	768(H)×490(V)
画素ピッチ	11.4 μm×13.3 μm
出力信号	複合ビデオ信号

し物体の3次元像が再生される。しかし記録の際に物体光と参照光の成す角を著しく小さくしているため、1次回折光の出射方向は0次光とほぼ同一方向となり、このままでは再生像に0次光が重なりほとんど像を観測できない。そこでフーリエ変換光学系を用い空間周波数フィルタリングすることでこの問題を解決した。すなわち平面波である0次光は収束レンズによりほぼ理想的に焦点位置に集光するが、一方、1次回折光は光軸に垂直な面内において焦点からずれて結像する。よって焦点位置をマスクングすることで0次光をカットできる。実際のマスクは焦点位置にネガ乾板を置き、LCTV-SLMにホログラム信号を与えずに露光、現像した乾板を用いた。この乾板にはLCTV-SLMのフーリエスペクトルが記録されていることになる。

#### 4. 再生像

図1の装置による再生像の写真を図2に示す。被写体として用いたものは大きさ約1cmの犬の人形である。空間フィルタリングを用いたことにより比較的SNの良い像が再生されているのがわかる。物体が動けばほぼ同時に像も動く。しかし記録における空間周波数が低いため、視差はほとんどなくまた像の質も低い。液晶、撮像素子の高画素数、高密度化は今後の重要な課題の一つ

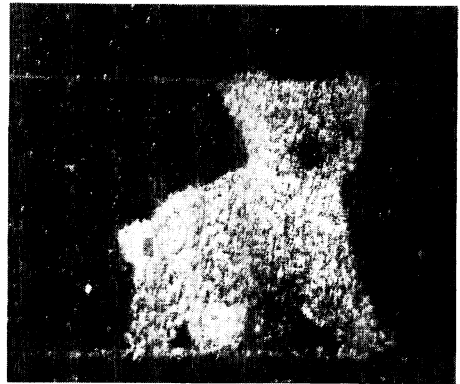


図2 ホログラフィ像再生写真

である。また湘南工科大の佐藤らの方法も興味深い<sup>6)</sup>。

#### 5. おわりに

LCTV-SLMを用いた電子的動画ホログラフィ装置の現状を紹介した。像の質は低い但是这は錯覚を用いない立体TVの基本システムであるともいえる。現在、われわれは装置を発展させるため、画素サイズが5 μm以下の超高解像液晶パネルを試作中であり、ホログラフィ以外の光情報処理の分野にも積極的に適用してゆくつもりである。

#### 文 献

- 1) L. H. Enloe, *et al.*: "Hologram transmission via television," *Bell Syst. Tech. J.*, **45** (1966) 335-339.
- 2) R. J. Doyle and W. E. Glenn: "Remote real-time reconstruction of holograms using the Lumatron," *Appl. Opt.*, **11** (1972) 1261-1264.
- 3) S. A. Benton, P. S. Hilaire, M. Lucente, J. Underkofflar and H. Yoshikawa: "Electronic display system for computational holography," *SPIE Proc. Practical Holography IV* (1990) pp. 1212-1220.
- 4) D. A. Yocky, T. H. Barnes, K. Matsumoto, N. Ooyama and K. Matsuda: "Symple measurement of the phase modulation capability of liquid crystal phase-only light modulators," *Optik*, **84** (1990) 140-144.
- 5) N. Hashimoto, S. Morokawa and K. Kitamura: "Real-time holography using the high-resolution LCTV-SLM," *SPIE Proc. Vol. 1461, Practical Holography V* (1991) pp. 291-302.
- 6) 佐藤甲癸, 樋口和人, 勝間ひでとし: "液晶表示デバイスを用いたホログラフィテレビジョンの基礎実験", *テレビジョン学会誌*, **45** (1991) 873-875.

(1991年10月23日受理)