

# 高速な二周波液晶レンズによる 3次元表示方式

陶山 史朗

将来の高臨場感通信を実現するためには、自然で疲労感の少ない3次元表示技術が必須と考えられる。現在、普及しつつある二眼式立体表示は、簡便に立体視を実現できる表示方式である。しかし、両眼視差と輻輳のみを用いて立体感を得るため、ピント調節との間に矛盾を生じ、長時間使用すると疲労感をもたらすことが報告されている<sup>1,2)</sup>。また、運動視差も表現できないため、観察者が動くとき違和感を感じることも問題となっている。

これを解決するため、3次元空間像を実像あるいは虚像として実際に描画できる可変焦点レンズ方式の研究開発を進めている。本稿では、可変焦点レンズ方式のキーデバイスである、電界のみで高速に焦点距離を変化できる二周波液晶レンズとともに、3次元表示技術に関して報告する。

## 1. 可変焦点レンズ方式の表示原理

図1に、可変焦点レンズ方式の原理図を示す。本方式では、3次元物体を奥行き方向に標本化して多数の2次元画像の集合（奥行き標本化像）とし、これらを再び奥行き方向に配置することにより3次元像を再現する。

可変焦点レンズ方式の特徴は、この再配置を二周波液晶レンズの焦点距離変化を利用して行うことにある。すなわち、2次元表示装置の表示を二周波液晶レンズを通して見ることによって、焦点距離の変化によりその結像位置が移動することを利用する。この結像位置の移動に同期して2次元表示装置に奥行き標本化像を逐次表示することで、奥行き標本化像を再配列でき、空間に3次元像を再現できる。

## 2. 二周波液晶レンズ

二周波液晶レンズには、3次元表示をフリッカーレスにするために高速な応答が必要とされ、かつ広い表示領域を確保するために大きな焦点距離変化が望まれる。

二周波液晶レンズの構造は、図2に示すように、フレネルレンズと二周波液晶の領域とこれらを挟む2枚の透明電極より成る。動作原理は、電界で液晶の向きを変えること

により、フレネルレンズの屈折率  $n_F$  に対して、光の入射方向からみた液晶の実効的屈折率  $n_L$  を変化させ、光の屈折角を変化させることにある。すなわち、 $n_L > n_F \rightarrow n_L = n_F \rightarrow n_L < n_F$  と変化させることにより、二周波液晶レンズを凸レンズ→平板→凹レンズと変化できる。ここで、二周波液晶は、印加電界の周波数によって誘電率異方性の極性

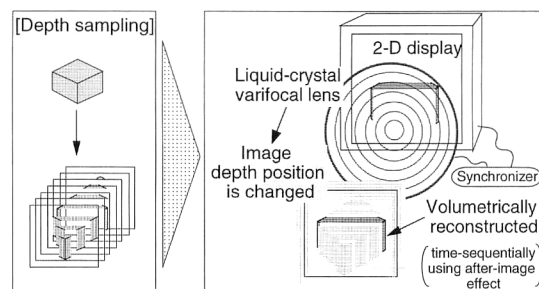


図1 3次元表示方式の概念（3次元空間像を体積型で再構成）。

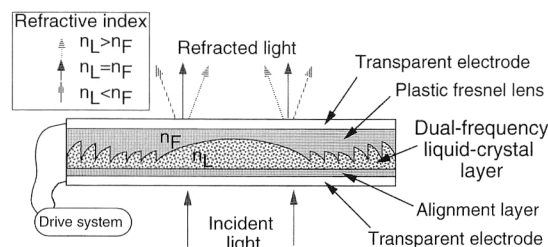


図2 二周波液晶レンズの構造と動作。

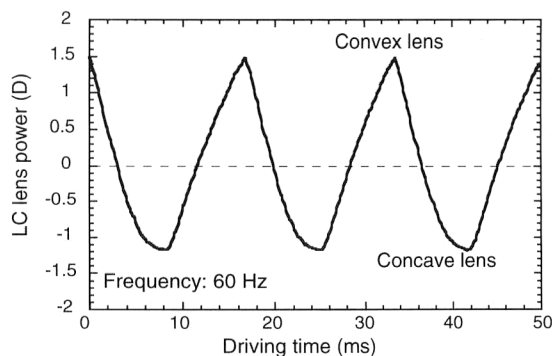


図3 二周波液晶レンズにおける焦点距離の高速変化（二周波の繰り返し周波数：60 Hz）

NTT サイバースペース研究所 (〒180-8585 武蔵野市緑町3-9-11)  
E-mail: suyama.shiro@lab.ntt.co.jp

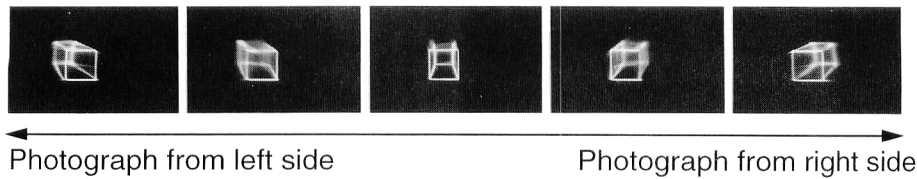


図4 3次元空間像：運動視差と両眼視差への対応例。

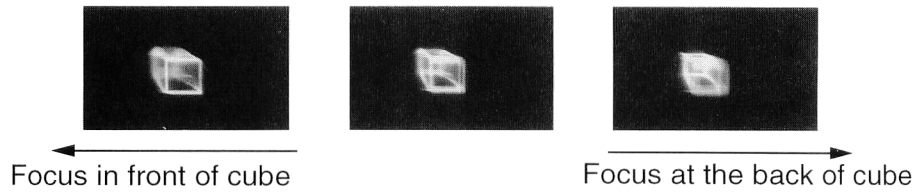


図5 3次元空間像：ピント調節への対応例。

を反転できるため、高周波電界と低周波電界とを交互に印加することにより、液晶の向きを変化できる。したがって、電界を常に印加した状態で、実効的屈折率を変化できる。このため、電界を増加させるのみで、応答速度を高速化できる。

図3に、フリッカーレスに必要なとされる60 Hzの周期で、二周波液晶レンズを動作させた場合の焦点距離の変化を示す。焦点距離は、 $-1.2\text{ D} \sim +1.5\text{ D}$  ( $\text{D}=1/\text{m}$ )の大きな範囲で連続的に変化している。従来は、液晶の戻りを配向膜の配向規制力で制御していたため、応答が数秒以上<sup>3)</sup>といちじるしく遅かった。これに対して、二周波液晶レンズでは十分な応答速度で、大きな焦点距離の変化を得られることが明らかとなった。さらに、二周波液晶の誘電率異方性の極性反転から懸念される二値的な変化ではなく、十分に連続的な変化を得られることがわかった。

### 3. 視差、ピント調節への対応例

図4、5に本方式により再現した3次元像の視差、ピント調節への対応例を示す。視差像は、3次元像の前でカメラを左右に移動して撮影した。ピント調節の像は、カメラのフォーカス位置を変えて撮影した。

図4に示すように、カメラの移動に対応して、立方体のカメラ映像が実物体と同様に変化することから、視差（両眼視差、動的視差）を再現できていることがわかる。また、図5に示すようにフォーカス位置の変化に対応して、フォーカス位置以外の部分にボケが生じることから、ピント変化を再現できていることがわかる。

このように、本方式により立体視の生理的要因（視差、輻輳、ピント調節など）をほぼ満足できる3次元像が得られることが明らかとなった。

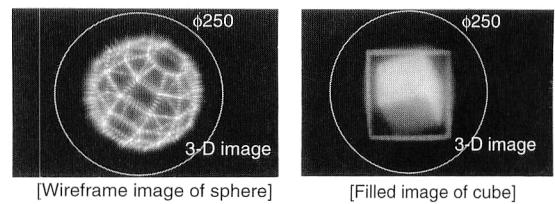


図6 3次元空間像の再現例（ワイヤーフレーム像と塗りつぶし像）。

### 4. 3次元像の拡大再現例

図6に、3次元像の拡大再現例をワイヤーフレーム像と塗りつぶし像により示す。3次元像を表示できる空間領域は、約 $250\text{ mm} \times 250\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ で、3次元像を観察可能な視域角は、約 $\pm 10$ 度である。

これから、3次元像を上下左右方向だけでなく奥行き方向にも拡大でき、かつ比較的広い視域を確保できることがわかった。また、ワイヤーフレーム像だけでなく、塗りつぶし像も十分に再現できることも明らかにした。

以上、新たなキーデバイスとして高速な二周波液晶レンズを用いた可変焦点レンズ方式により、立体視の生理的要因をほぼ満足でき、疲労感の少ない、広い表示領域と視域を有する3次元表示が期待できる。

### 文 献

- 1) 畑田豊彦：“疲れのない立体ディスプレイを探る”，日経エレクトロニクス，444（1988）205-223.
- 2) 井上哲理，野呂影勇，岩崎常人，大頭 仁：“視覚機能から見た立体映像の呈示条件”，テレビジョン学会誌，48（1994）1301-1305.
- 3) 佐藤 進：“焦点距離可変液晶レンズの実用化”，昭和59年度科研費補助金研究成果報告書，No. 59850048.

（2000年9月27日受理）