

最近、展示会などで立体ディスプレイの出展は増加しており、次世代映像技術としての関心が高まっています。裸眼の立体視技術が次々と開発される中で、インテグラルフォトグラフィー（IP）に基づくディスプレイは、より自然な見え方が可能な技術として有望視されています。CG 画像、静止画を前提とすれば、IP 方式の立体画像作製に特別な装置は必要なく、個人でも作製することが可能です。ここでは、IP 方式の特徴とその原理を取り入れた立体画像の作製方法について紹介したいと思います。

1. IP の特性

まず IP の特徴と再生像の解像度特性について簡単に説明します。IP の基本となる構成は非常にシンプルで、レンズアレイ（あるいはピンホールアレイ）とその焦点位置に配置された画像だけです。画像は複数の画像群（要素画像）から構成され、各要素画像はそれぞれ1つのレンズに対応した画像となっています。この方式による像の再生は観察者の視点によらないため、固定視点を前提とした二眼式や多眼式と比べて、広い範囲で観察が可能となる、滑らかな運動視差が得られやすい等の特徴があります。

観察者から z の距離にある再生像の解像度特性（観察者からみた空間周波数：cycle/rad.）は、観察者と画像との距離 (L)、画像の画素サイズ (P_g)、レンズと画像間距離 (g) 等のパラメーターによって決まり、その最大値 (α) は、レンズアレイのピッチ (P_a) で決まる周波数 ($L/2P_a$) を上限として次式で表されます¹⁾。

$$\alpha = \min(gz/2P_g |L-z|, L/2P_a) \quad [\text{cpr}]$$

図1は図中の条件における再生像の位置と α の関係を示したものです。画面からある程度の距離までは上限の解像度は保たれますが、それよりも離れると急激に悪化します。さらに、レンズの回折や収差も解像度を悪化させる要因として働きますので、実際にはこの値よりも若干悪くなります。

上式から、解像度を維持できる範囲を拡大するに

は、① レンズと画像間距離を長くする、② 使用する画像（パネル）の高精細化、等の対応が考えられます。しかしながら①では立体視が可能な領域が狭くなりますし、②を実現するには一般的に高コストになります。また、視差情報を増やすために、要素画像の画素数を増やしてレンズピッチを大きくすると、上限の解像度が低下します。立体画像や立体表示装置を作製する上では、これらトレードオフの関係をどうするかが考えどころとなり、重視する特性や使用条件に応じた選定が必要になります。

2. 立体画像の作製

CG を用いた IP の簡易作製方法については、すでにピンホールアレイタイプのものが紹介されています²⁾。以下ではその方法を参考にして、少し簡略化した構成である「一次元 IP」(IP の特性を水平方向に限定) の画像部分の作成手順について、(1)～(4) に沿って説明します。なお、この場合、ピンホールアレイはパララクスバリアかレンチキュラーレンズで代替することになります。前者は文献²⁾ のピンホールアレイと同様な方法で作製できますが、後者を用いる場合は適当な特性を備えた市販品を入手する必要があります。

(1) 作製条件の設定：なるべく滑らかな視差変化を得ることを目的として、視差間隔の狭い画像をつくることとします。60 line per inch, 視野角 30° のレンチキュラーレンズの使用を前提に、作製条件

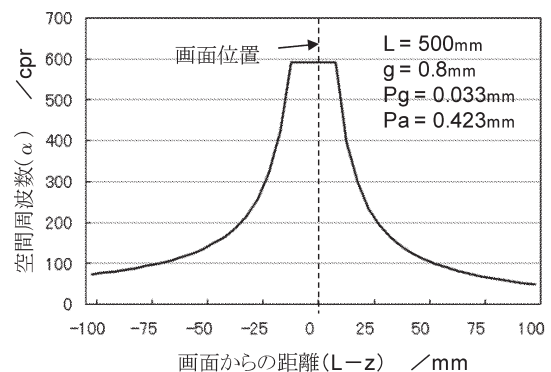


図1 IP の解像度特性。

表1 立体画像の作製条件.

項目	値
観察距離	500 mm
画素数 (観察時)	320×240
画像寸法 (横×縦)	135 mm×102 mm
視差数	13
視差間隔 (観察距離)	20.6 mm

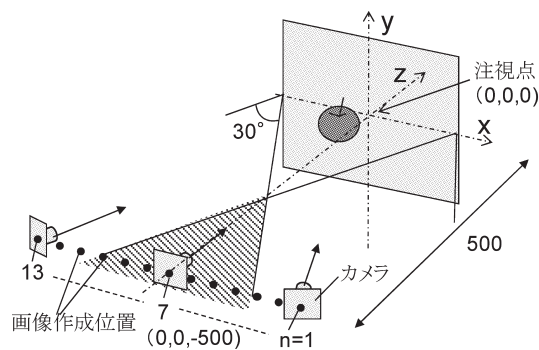


図2 視差画像の作成.

を、例えば表1のように決めます。この条件による解像度特性は図1となります。

(2) 視差画像の作成：対象を異なる視点から見た画像（視差画像）をCGで作成します。この作業では種々のレンダリングソフトを用いることができますが、IPはレンズから射出される光線が特定の点に集中しない方式であるため、平行投影で画像を作成します。文献2)で用いられているフリーソフトのPOV-Ray³⁾の場合、カメラ設定で「平行投影カメラ」か「円筒カメラ」を選択します。ソフト上での対象の位置、画像の範囲を実際に観察する際の寸法に合わせて設定した後、注視点を見ながら、カメラの位置を視差間隔ずつシフトさせて画像を取得していきます（図2）。

(3) 画像の合成：作成した視差画像を1枚の画像として合成します。この例では13×240の画素群を要素画像とし、それを320個水平方向に並べた画像を作成します。i番目の要素画像は、各視差画像のi列の画素値をもとに構成し、レンズを通して見

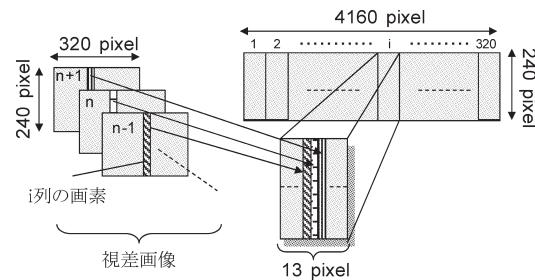


図3 画像の合成.

た視差の変化が実際の視差の変化と合うように図3のように並べます。

(4) 画像の印刷：最後に、合成した画像を作製条件の画像寸法となるように縦と横を異なる比率で変倍して印刷します。

あとは、レンチキュラーレンズの焦点位置に画像を置いて観察するだけです。立体画像の観察領域は、画像の両端部分にあるレンズの視野範囲が重なる領域で決まるので、図2の斜線部の領域となります。今回の条件では、観察距離での横幅は130 mm程度です。図1のような解像度特性のため、対象の位置を画面から大きく離すことはできませんが、うまくつくることができれば、比較的滑らかで視認性のよい立体像を得ることができると思います。

以上、IP画像の特徴とCGによる画像作製方法について紹介しました。CGソフトの使いこなしや画像合成プログラムの自作、レンズの入手（バリアの作製）など少々手間はかかりますが、興味のある方はぜひ試してみてください。

(シャープ(株) 渡邊由紀夫)

文 献

- 1) H. Hoshino, F. Okano, H. Isono and I. Yuyama: "Analysis of resolution limitation of integral photography," J. Opt. Soc. Am. A, **15** (1998) 2059-2065.
- 2) 佐々木晋, 谷中一寿, 春日秀雄, 星野担之: "高解像度プリンタを用いたインテグラルフォトグラフィ方式", 日本画像学会誌, **43** (2004) 4-9.
- 3) <http://www.povray.org/>