

グラスレス3Dレグザ (REGZA) の視域最適化技術

Viewing Area Optimization Technology for Glasses-Free 3D REGZA

福島 理恵子 中村 徳裕

■ FUKUSHIMA Rieko ■ NAKAMURA Norihiro

3D (立体視) 映像を視聴できる範囲 (視域) を任意の視聴位置で最大化するための技術が、視域最適化技術である。この技術は、映像情報の変更だけで視域の最大化を実現できることから、ハードウェア設計の自由度を高める。しかし、この技術を適用した場合、視域を外れたときに見え方の違和感が大きくなるという課題があった。

東芝は、違和感の発生原因を踏まえた映像処理技術を新たに開発することでこの課題を克服し、グラスレス3Dレグザの特長の一つである広視域を実現した。

Viewing area optimization technology, which can maximize the viewing area of three-dimensional (3D) images at arbitrary viewing positions by changing only the image information, allows for increased flexibility of hardware design. However, exacerbation of a feeling of discomfort beyond the boundaries of the viewing area is a serious issue accompanying the application of viewing area optimization technology.

As a solution to this issue, Toshiba has developed an image processing technology that can realize a large viewing area, as one of noteworthy characteristics of the glasses-free 3D REGZA, eliminating the origin of the feeling of discomfort.

1 まえがき

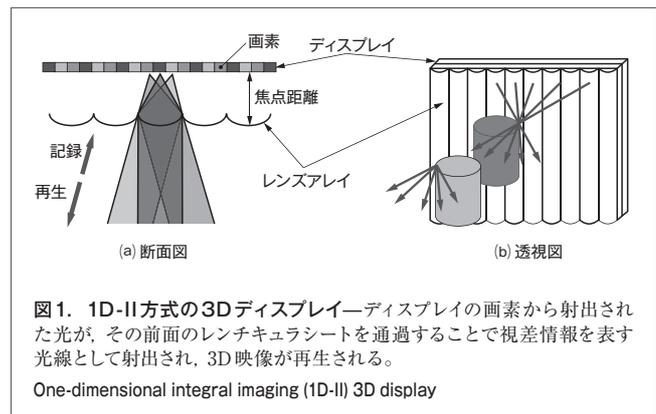
3D 映像がその真価を発揮し、3D テレビをはじめとする3D ディスプレイが市場に普及するためには、視聴者が専用の眼鏡を使わないで視聴できることはもちろん、“自然で見やすい”すなわち、“本物のように回りこんで見える”3D 映像であることが望ましい。

そこで東芝は、これらを実現するため、3D 写真の撮影・再生技術である、インテグラルフォトグラフィ (IP) 方式⁽¹⁾を3D ディスプレイへ適用することを検討してきた。IP 方式は、レンズアレイの焦点距離にフィルムを置いて撮影し、そのフィルム上に撮影に用いたレンズアレイを置いて再生するという方式である。この方式は、レンズ越しに記録した光線情報を進行方向だけ逆転して再生するという原理から、光線再生方式と呼ばれることもある。IP 方式を3D ディスプレイへ適用するにあたり、当社は、フィルムをディスプレイに、レンズアレイをレンチキュラシート^(注1)に置き換え、これを1次元インテグラルイメージング (1D-II) 方式と称した (図1)。しかしこの方式には、特に視聴距離が短い場合に視域が狭いという課題があった。

ここでは、当社が開発した、1D-II 方式の視域を任意の視聴距離で最大化するための視域最適化技術と、その適用に伴い視域の境界付近で発生する映像劣化と対策について述べる。

(注1) かまぼこ型レンズのアレイ。

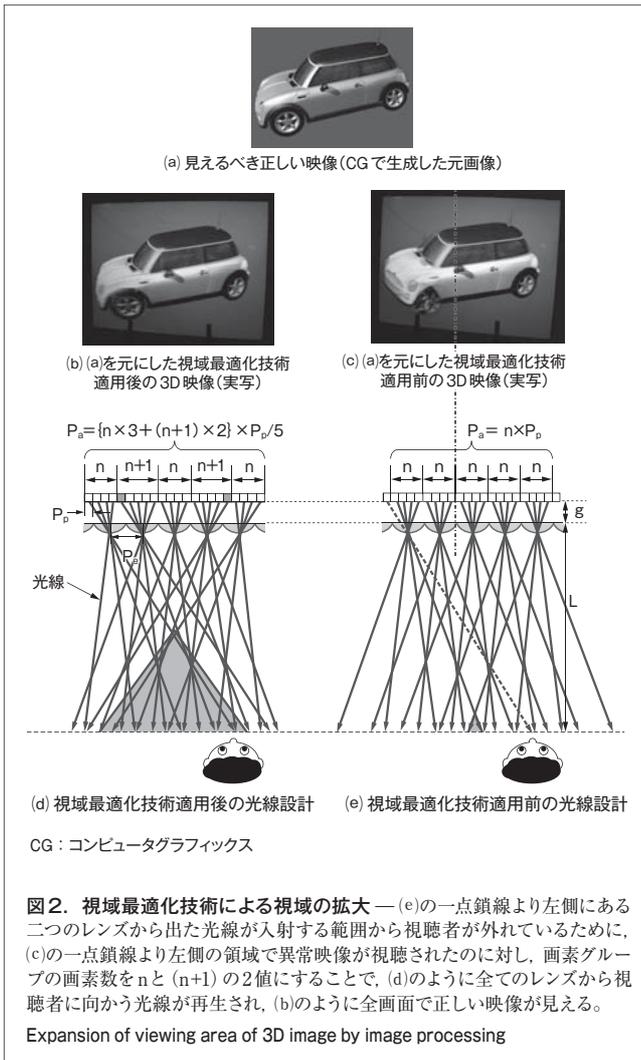
(注2) レンズ一つに割りふられた画素数。



2 視域最適化技術

1D-II 方式の特徴は、物体からの光線を再生する一方、ディスプレイの設計段階で視聴位置を限定しないところにある。視差数^(注2)を無限に増やすことができれば、3D 映像を実物さながらに回り込んで視聴することも可能になるが、実際には視差数が限られていることから、3D 映像が見える範囲 (視域) には制約がある。視域最適化技術とは、このような視域の制約があるなかで、任意の視聴位置での視域を最大にするための技術である。その技術について述べるのに先立ち、まず、視域内と視域外での見え方について説明する。

図2の(a)は本来見えるべき映像、(b)は視域内から視聴した3D 映像、そして(c)は視域を外れた位置から視聴した3D 映像である。(b)と(c)を視聴した位置は同一だが、前者には視域最



適化技術が適用されており、後者には適用されていない。そのため(c)では、一点鎖線で示した領域より左側で(a)とは異なる映像が見えていることがわかる。

図2の(d)と(e)は、(b)と(c)の見え方をそれぞれ説明するための3Dディスプレイの水平断面図である。視域最適化技術が適用された状態を示す(d)では、視聴者は全レンズからの光線が入射する範囲である視域(網掛けした部分)の中にいる。一方、(e)では全てのレンズからの光線がディスプレイの法線方向を中心に射出していることから視域が狭くなり、視聴者は視域の外に位置している。より具体的には、視聴者の位置は、画面に向かって左側のレンズからの光線が入射する範囲から外れている。その結果、視聴者は、左側のレンズ越しに、それより更に左側のレンズを経由することを前提とした視差情報^(注3)を表示している画素からの光線(破線で図示)を見る。そのため、視聴者がディスプレイに向かって右側にいるにも関わらず、ディスプレイに向かって左側から見えるはずの3D映像

(注3) 見る角度によって変わる色や輝度の情報。

(車の正面)を視認してしまう。

以上述べたように、視域を外れたときに見える異常映像は、視聴者が視認する光線の方向と、光線が表す視差情報の不一致が原因で生じる。これを踏まえて、視域最適化技術では、視聴者に向かう光線を効率良く再生するため、レンズに対応した画素グループをレンズよりやや外側になるように選択する。

具体的には、レンズと画素間の距離 (g)、視聴距離 (L)、レンズピッチ (P_e)、及びレンズに対応した画素グループの平均幅 (P_a) が式(1)を満足するようにする。

$$P_a : P_e = (L+g) : L \quad (1)$$

例えば、図2(e)のように、 P_e が画素の水平ピッチ (P_p) の視差数 (n) 倍の関係 (式(2)) にある場合、 P_e を $P_p \times n$ より小さく設計して式(1)の関係を満足させる方法がある。しかし、視域最適化技術では、図2(d)のように、画素グループを構成する基本的な画素数を n 画素とし、 $(n+1)$ 画素から成る画素グループを離散的に配置し、その出現する割合 ($x : 1$ 以下) を調整することで、式(1)を式(3)で満足させる⁽²⁾。表示映像で調整するメリットとして、任意の L に対応できる、すなわち、汎用性が高いことと、実装が容易であることが挙げられる。

$$P_e = n \times P_p \quad (2)$$

$$P_a = \{(1-x) \times n + x \times (n+1)\} \times P_p \quad (3)$$

g は L の $1/1,000$ 程度であることから、 $(n+1)$ 画素から成る画素グループも $1/1,000$ 程度の割合でしか出現しないが、視域を広げる効果は大きい。

3 視域境界対策技術

視域最適化技術により、任意の視聴位置で視域を最大化できるが、視域最適化技術を適用した後の視域の境界付近から視聴者が3D映像を視聴すると、図3(a)の矢印で示すような縦帯状のノイズ(以下、帯状妨害と言う)が発生するという新たな問題が生じた。帯状妨害は、視聴しているコンテンツの内容とは関係なく一定周期で発生する規則的なノイズであるため、視聴者に大きな違和感をもたらす。また、この妨害が視認される範囲は視域から除かなければならないので、実効的な視域を狭くする。更には、レンチキュラシートをはじめとする視差バリアを用いる方式では、2章で述べたように、本来対応したレンズに隣接したレンズを経由した光線により、正面の視域(以下、メインローブと言う)の外側にも3D映像が見える領域(以下、サイドローブと言う)が現れる。そのため、視域にこの領域も含めることがあるが、視域最適化技術を適用した場合は、帯状妨害が原因でメインローブとサイドローブ間の移り変わりにおける違和感が大きく、サイドローブを積極的に活用することが難しかった。



(a) 視域境界対策技術適用前



(b) 視域境界対策技術適用後

*シミュレーション画像

図3. 視域境界対策技術による帯状妨害の除去 — 矢印で示す帯状妨害が、視域境界対策技術により取り除かれる。

Improvement in 3D image viewed at boundary of viewing area

そこで、帯状妨害の発生原因を考慮した補間を施すことにより、メインロープとサイドロープ間の移り変わりにおける違和感を軽減したのが視域境界対策技術である。

図4は、一例として P_e を P_p の5倍に一致させた構成で、有限の視聴距離で視域最適化技術を適用し、かつ、その有限の視聴距離の視域境界部から視聴した場合に、光線が表す視差情報を示したものである。

画素とレンズの相対位置が一定であることから、有限の距離から視聴した場合、それぞれのレンズを通過して視聴者に届く光線が表す視差情報は少しずつ変化する。隣接した画素から出た光線どうしがある程度混ざることと考えると、 r_1 と r_2 の方向に射出される光線は視差情報2が主で、その隣の視差情報-2が含まれる割合が少しずつ増えていくのに対し、 r_3 と r_4 の方向に射出される光線は視差情報2が副で、かつ、視差情報3が含まれる割合が増えていくことがわかる。視差情報2はいずれの光線にも含まれているが、そこにブレンドされる視差情報は r_3 を境に異なっている。視差情報-2と視差情報3は正反対の視点から取得された視差情報であるため、視聴者に見える映像が r_2 と r_3 の境目で不連続に切り替わり、これが帯状妨害として視認される。すなわち、帯状妨害の発生位置は、 $(n+1)$ 画素の発生位置に等しい。

この帯状妨害を緩和するために、画素グループの境界に位

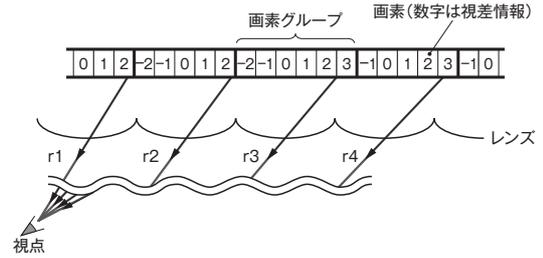


図4. 視域最適化技術適用時の視域境界における視点位置と画素の関係 — 視域境界での視点(左下に図示)から視聴した場合に、視差画像の混ざる割合が、 $(n+1)$ 画素から成る画素グループの前後で急激に変化する。

Relationship between parallax image and viewing position at boundary of viewing area

置する二つの視差情報をブレンドしたのが、視域境界対策と呼ばれる映像処理技術である。-2の視差映像を表示していたサブ画素に2の視差映像をブレンドし、3の視差映像を表示していたサブ画素に-1の視差映像をブレンドする。ブレンドの割合は、 $(n+1)$ 画素の発生位置からの距離により決定される。ブレンドにより、 r_1 と r_2 からは視差情報-2が減少し、 r_3 と r_4 からは視差情報3が減少し、 $r_1 \sim r_4$ の視差情報の連続性が改善する。

以上の視域境界対策技術により、視聴者が視域境界から視聴した際の、不自然な帯状妨害を抑制できた(図3(b))。

4 あとがき

1D-II方式をベースに、視域最適化技術と、視域境界対策技術を開発することで、グラスレス3Dレグザの広い視域と自然な3D映像を実現した。しかし、3D映像の視域にも画質にも、まだ改善の余地は多い。レグザのブランドにふさしい3D映像を実現するために、引き続き技術開発を進めていく。

文献

- (1) Lippmann, M. G. Epreuves reversibles. Photographies integrals. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. **146**, 1908, p.446 - 451.
- (2) Fukushima, R. et al. Novel Viewing Zone Control Method for Computer Generated Integral 3-D Imaging. Proceedings of SPIE. **5291**, 2004, p.81 - 92.



福島 理恵子 FUKUSHIMA Rieko

研究開発センター マルチメディアラボラトリー主任研究員。
3Dディスプレイの研究・開発に従事。応用物理学会、映像情報メディア学会会員。
Multimedia Lab.



中村 徳裕 NAKAMURA Norihiro

研究開発センター マルチメディアラボラトリー。
コンピュータグラフィックス及び画像処理技術の研究・開発に従事。情報処理学会、映像情報メディア学会会員。
Multimedia Lab.