

HybriD: 空間周波数に対する感度特性を利用し立体映像提示におけるクロストークを軽減する重畳表示手法

福地 健太郎^{1,a)} 澤田 拓也²

概要: ディスプレイやスクリーンを使う立体映像提示装置のうち眼鏡式のものでは、左眼用と右眼用のそれぞれの映像を同一の面に重畳表示するため、専用眼鏡を外して映像を観ると両者の映像が混ざる「クロストーク」の発生により、映像の視認性が損われる。我々は今回、このクロストークを軽減しつつ立体感を保持する新しい映像提示手法を開発した。この手法は、片方の映像の空間周波数が低下しても両眼視した際に立体感を感じ、かつ周波数低下の効果を感じにくく、また空間周波数の偏り方が異なる画像を重畳表示した場合に高周波成分を含んだ画像を優先的に認知しやすいという人間の視覚特性を応用したものである。

HybriD: A Superimposing Technique for Stereoscopic Display reducing Crosstalk applying Spatial Frequency Response

KENTARO FUKUCHI^{1,a)} TAKUYA SAWADA²

Abstract: Stereoscopic displaying system using dedicated glasses displays both left and right images onto the same screen. For that reason, these displays causes “crosstalk”, that decreases the image quality for the users without the glasses. We presented a novel technology to solve this problem. Our technology is based on the spatial frequency response of human visual system and binocular vision.

1. 立体ディスプレイにおける重畳表示の問題

今日、一般に入手しやすくまた家庭用テレビと比べて遜色のない画面サイズを持つ、両眼視差方式による立体ディスプレイの多くは、立体視のために専用眼鏡の着用を必要とする。すなわち、ディスプレイ面には左眼用と右眼用のそれぞれの映像を重畳表示し、専用眼鏡によって重畳表示された映像を左眼用と右眼用のそれぞれに分解してそれぞれの眼に映像を届ける、という方式を採用。

このため、眼鏡を着用していない視聴者には、重畳表示された左右両眼用の映像が重なって見えてしまう（クロストーク）。したがって、立体映像を含んだコンテンツを鑑賞する際は、その場にいる視聴者全員が眼鏡を必要とすることとなる。しかし、例えば公共の場に設置されたディスプレイのように、不特定多数がその画面を視聴しうる場面

では、クロストークによって、潜在的な視聴者のコンテンツ視聴を阻害してしまう。これは街頭広告やインスタレーション展示などでは大きな問題となっている。こうした場面においては、専用眼鏡の装着・非装着に関わらずコンテンツとしての視聴に耐える映像を提示することが強く求められる。

以下に例を示す。図1は左眼用と右眼用の画像を横に並べたものであり、それらを重畳表示したものが図2に示されている。この画像では中央手前にある青ブロックに視点を合わせてあるため、それより奥にある緑のブロックでは視差が大きくなっており、重畳した際のずれが目立っている。

2. 平滑化フィルタによるクロストークの低減

重畳表示時の視認性の低下の要因を検討した結果、左右どちらの画像も同程度の情報量を持つため、原画像の輪郭や細かいテクスチャが互いに干渉しているのがその一因であると我々は考え、この干渉を低減することを目指した。

¹ 明治大学総合数理学部

² 明治大学大学院理工学研究科

^{a)} kentaro@fukuchi.org

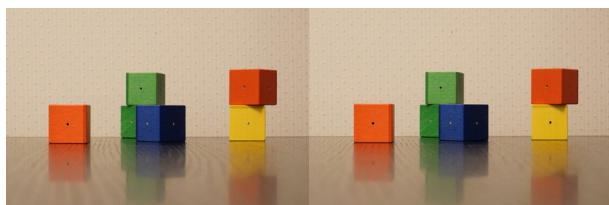


図 1 原画像。交差法で立体視できるよう並べてある。



図 2 図 1 の左右画像を重畳表示したもの。(再現図)

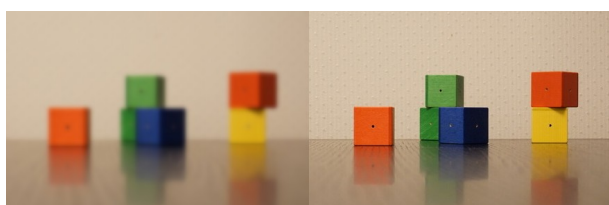


図 3 右目用画像にのみ平滑化処理を施したもの。立体視した際に平滑化の効果はあまり感じられない。

そこで我々は、片方の画像にのみ平滑化フィルタを適用するという手法を考案した。両眼立体視において、視力の違いなどの要因により片眼のみ画像がぼけていても、ぼけが弱い場合には立体感は強くは損われないことが知られており [3]、これを応用したものである。

図 3 は右眼画像（左図）にのみ平滑化フィルタを適用したもので、右眼画像の細部はぼけのために失われている。しかし、これを立体視すると図 1 に近い立体感を得ることができる。

次にこの図の左右画像を重畳表示したものを図 4 に示す。原画像に比べると、シャープさは失われ、霞がかかったような印象を受けるが、原画像の持つ輪郭形状やテクスチャ感は強くは損われておらず、また図 2 に見るようなクロストークは低減されていることがわかる。これは、空間周波数の異なる二つの画像を重ねた場合に、知覚される範囲内であれば空間周波数の高い領域が優先して知覚される [1] という、人間の視覚特性に起因する。

なお、図 2 および図 4 に示した重畳画像は、偏光プロジェクタ方式や液晶シャッター方式の立体ディスプレイを想定した再現図であるが、実際に両方式による立体映像において提案手法を実装し、著者らが目視した限りでは効果

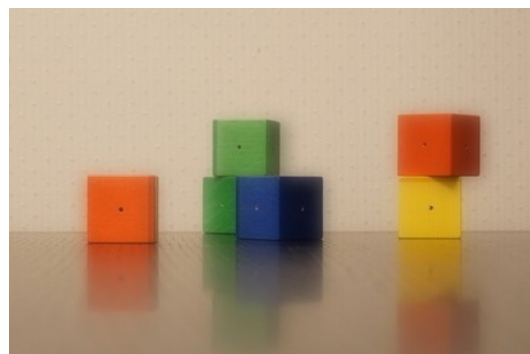


図 4 右眼用画像にのみ平滑化処理を施した上で、重畳表示したもの。(再現図)

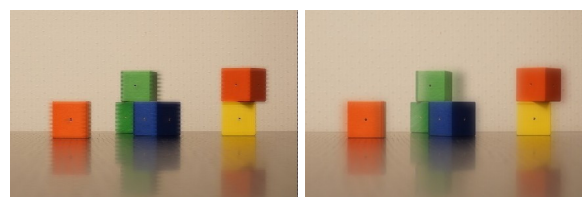


図 5 左: line-by-line 式立体ディスプレイでの重畳表示。右: 視差が大きい立体画像に提案手法を施し重畳表示したもの。(いずれも再現図)

が得られている。line-by-line 表示による偏光式立体ディスプレイにおいても効果は得られるが、クロストークは前掲図に比べるとやや目立つ（図 5 左に再現図）。

3. 制約・課題

重畳画像において平滑化した側の画像が目立たなくなる条件としては、ほぼ同位置に対応する高周波成分を持つ画像が重なっていることが必要となる。そのため、両画像の視差が大きいとこれが満たされなくなり、クロストークが大きくなる（図 5 右）。これは同一画像内での手前の被写体と奥の被写体との間の距離が大きい場合に生じやすい。ここでクロストークの低減をさらに図るには、平滑化フィルタをより強く適用し空間周波数をさらに下げることがあるが、その場合、立体感は大きく損われるのみならず、両眼視野闘争が生じてチラツキ感が生じる。

また、画像上で面積の小さな被写体は平滑化フィルタの適用によってほとんど見えなくなってしまう。このため、原画像が点群によって構成されるような画像の場合には提案手法は適用できない。

両眼間でフォーカスが大きく乖離した映像を長時間眺めていると眼精疲労を起こす「不同視 (anisometropia)」と呼ばれる現象が広く知られている。同様の現象が提案手法でも起きることが予想され、また実際に疲労を感じる場合が観察されているため、長時間の視聴には向いていない。

4. 応用

立体映像を平面画像に埋め込むことにより、様々な応用

が可能になる。例えば一見普通に描かれたポスターだが、眼鏡をかけることで特定の文字が浮かびあがることで、隠れたメッセージを浮き上がらせる、といった演出が可能となる。これにより、眼鏡の着脱によるコンテンツとの新しいインタラクションを設計することが可能となる。

加えて、例えば偏光方式による立体映像提示装置を用いた場合には、通常入手可能な両眼にそれぞれ異なる偏光特性を持たせた眼鏡のみならず、片方だけの偏光特性を両眼に持たせた眼鏡を用意することで、同じコンテンツに対しメガネの種類によって複数種類のコンテンツを埋め込むことが可能となる。

5. 関連研究

藤村らの 2x3D[2] は、片側だけにフィルタを装着した専用眼鏡を用い、フィルタされていない側の眼に重畳画像を、フィルタ側の眼に重畳画像に埋め込まれた片眼用画像を提示することで立体視を可能にしつつ、専用眼鏡の非着用時にも違和感のない映像を提示することができるものである。我々の手法では立体視用眼鏡は通常製品と変わらないため既存製品への適用が容易であり、またコントラスト圧縮を行わないため階調解像度に優れるが、空間解像度は藤村らの手法に比べると劣る。

参考文献

- [1] Oliva, A., Torralba, A. and Schyns, P. G.: Hybrid Images, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 25, No. 3, pp. 527–532, DOI: 10.1145/1141911.1141919 (2006).
- [2] 藤村 航, 小出雄空明, 早川貴奉, 谷中一寿, 白井暁彦: 2x3D: 2D+3D 同時上映可能なハイブリッドシアター, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 17, pp. 570–573 (2012).
- [3] 井上卓也, 小林義征, 定國 溪, 山本裕紹, 陶山史朗: 立体表示において片眼画像をぼかした場合に知覚される奥行きの変化: 二眼式立体表示における奥行き変化, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 33, No. 42, pp. 41–44, 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007484232/>) (2009).