



視覚的に等価なライトフィールド 3D による フルパララックステーブルトップ表示

伊達宗和¹⁾, 磯貝愛¹⁾, 木全英明¹⁾

1) 日本電信電話株式会社 NTTメディアインテリジェンス研究所
(〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1, date.munekazu@lab.ntt.co.jp)

概要: 視覚的に等価なライトフィールド 3D 表示はディスプレイの機能により視点画像を補間することで、少数の指向性画像で滑らかな運動視差の表示を実現している。昨年は水平視差のみの表示装置について報告した。今回は、新規構造のバリアを考案し、一般的な RGB ストライプの画素構造の液晶パネルでも垂直方向の視差の表現を可能とすると共に、テーブルトップ表示のプロトタイプを作製したので報告する。

キーワード: ライトフィールドディスプレイ、フルパララックス

1. はじめに

ライトフィールド表示は現実空間に生じるのと同様同じ光の場を再現することに対応するので、拡張現実 (AR) など仮想的な物体や実写映像等を利用者が矛盾無く実在と体感する必要のある用途では重要となる。ヘッドトラッキングとシースルー機能のあるヘッドマウントディスプレイの組み合わせ現実解ではあるが、専用の器具の装着や視点映像生成の演算による遅延が使用者の負担になったり、実在感を損ねる要因となったりするので課題である。

多数の指向性画像を表示可能な装置と、多数のカメラを配列した撮像系の組み合わせが提案されている[1]。しかし、このような直接的な方法だと、専用のデバイスの装着や遅延は生じないが、撮影や表示の装置が大規模になるほか、映像を伝送する際のデータ量も膨大となる。カメラ数を削減し、中間の視点の映像を画像処理によりリアルタイム生成する試みが行われ、デジタルヒューマンとしてリアルな人物の表示が行われているが [2]、低遅延かつ実時間の処理は簡単ではなく、表示装置は大規模なままである。そこで我々は、表示のための指向性画像数を減らすことにより、必要カメラ数 (指向性画像数) の削減、画像処理および表示装置の簡単化を同時に行うことを目指している。

隣接する 2 視点の映像をリニアブレンディングすると、2 つの視点映像間の視差が十分に小さい場合は中間視点の映像として知覚されることに着目した。この視覚効果は、DFD (奥行き融合型 3 次元: depth fused 3D) 表示で使用されている [3]。DFD 表示では、奥行き方向に 2 層以上積層した画面に表示し、隣接する 2 画面の映像のリニアブレン

ディングを見せることにより中間の奥行きを提示する。本論文の方式では隣接する 2 視点の映像をリニアブレンディングすることで、中間の視点の映像を生成する。この手法を光線の観点で考えると、中間視点への光線を 2 視点への光線の加重平均で生成していることに対応している。

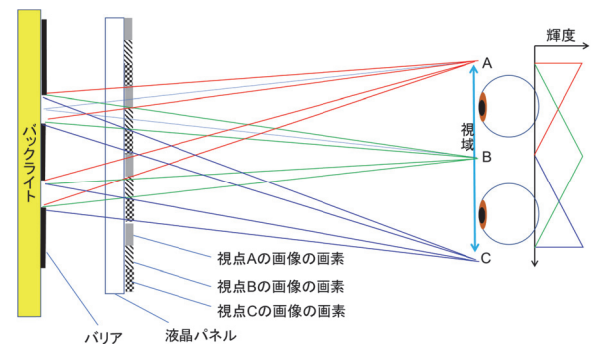


図 1: 視覚的に等価なライトフィールドディスプレイの表示原理

前回 (2017 年) の大会では、図 1 に示したような RGB 横ストライプの液晶パネルと縦方向のストライプ状のバリアによる構成で、水平視差のみの表示装置を報告した[4]。視点の位置によってバリアの隙間から出た光に照明される画素が異なるため、図の A, B, C の視点で異なる画像が見える点は従来のパララックスバリアによる方式と同様である。本装置の特徴は、離散的な視点の間で積極的にクロストークを発生させ、観察位置の直近の 2 視点の画像が、視点からの距離により決まる線形の重みで加重平均 (リニアブレンディング) された画像が観察できる点にある。

しかし、一般の RGB ストライプの画素構造の液晶パネ

ルでは、この方式をそのまま2次元に拡張して矩形開口を用いるだけでは2次元方向のリニアブレンディングは困難であり、特殊な色画素の構造が必要であった[5]。今回、バリアの開口形状を工夫することにより、一般的なRGBストライプ構造の液晶パネルで水平・垂直両方向の視差を提示可能な視覚的に等価なライトフィールド表示装置を実現する構成を考案し、プロトタイプ機を構築したので報告する。

2. 新規開口形状

図2に従来のストライプ状のバリアを単純に拡張して正方形の開口を使用したときの課題を示す。水平方向に視点が移動した場合には、下のグラフに示したように、従来の水平視差のみのディスプレイと同様に、開口の位置が視点の変化により相対的1画素移動する間は隣接する視点の画像が良好なりニアブレンディングされるので補間効果により中間視点の画像が観察される。

しかし、垂直方向については、右側のグラフに示したように開口の位置が1/3画素移動するとブレンディングが完了してしまう。残りの2/3の領域では1視点の画像の画素だけが見えることになってしまう。すなわち、垂直方向の運動視差はおおむね離散的に変化しているように見え、その不自然さから3D表示としての画質や実物感が低下してしまうことになる。

そこで、図3に示すような新たな構造の開口を考案した。正方形の開口をストライプと垂直な方向に長い矩形の領域に3分割し、両端の領域を画素ピッチの1/3ずつ上下にずらした形状である。

図を開口が画素の中央にある場合と考えると、上下両端のサブピクセル（赤、青）は、矩形開口の場合の本来のサブピクセル（R、B）が2/3と上下に隣接する画素のサブピクセル（R'、B'）の1/3がブレンドされている状態である。この状態を緑の画素を基準にリニアブレンディングの観点で考えると、赤と青は1/3画素分だけ視点位置がずれた状態に対応し、一種の立体的な色ずれの状態である。視覚の分解能は輝度に対応する緑に比べ赤や青で低く、赤や青の空間周波数を半分にするような符号化方式は一般的である。また、本方式ではリニアブレンディングによる補間のため隣接視点画像間の視差を小さくしている。そのため、このずれは知覚され難く、顕在化することはないと考えられる。

次に水平方向の視点移動について考える。下のグラフに示したように、上下の1/3画素の領域が赤と青色の場合に含まれるが、各色の合計を考えればリニアブレンディングになっており、なめらかな運動視差を提示できる。

次に、垂直方向の視点異動について考える。開口が上下方向に移動すると、画素ピッチの1/3の幅で隣接画素の領域が増減することになる。この変化は、図2における水平方向の視点移動の際の各色の隣接画素の領域の増加割合と等しい。したがって、混合比の変化割合はリニアブレン

ディングが正しく起こったときと同じである。さらに、1/3画素分進むと幅が画素ピッチの2/3になり、2/3画素分進むと画素全体の幅になるので、変化割合を維持したまま連続的に1画素分まで混合比が変化する。右のグラフからもわかるように、赤、緑、青の間で位置ずれが存在するが、前述のとおり大きな問題ではないので、垂直方向についてもリニアブレンディングによるなめらかな運動視差を再現できることになる。

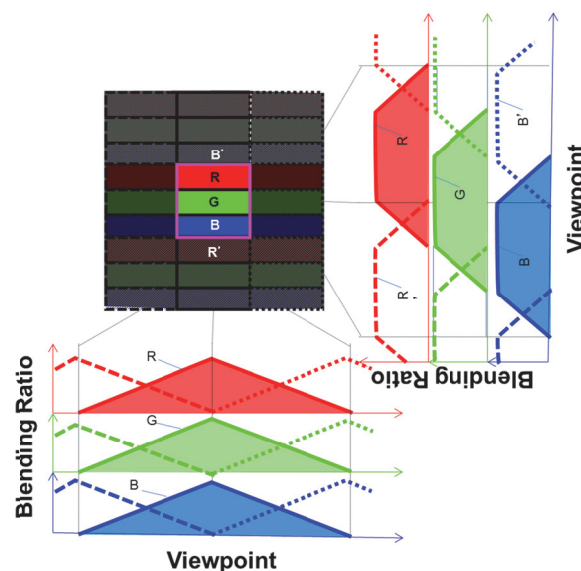


図2：単純に拡張して正方形の開口を使用した場合の隣接画素のブレンディング条件との関係

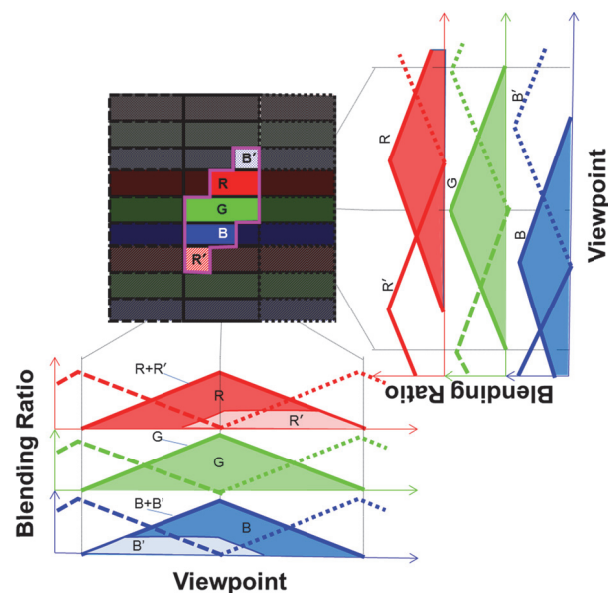


図3：今回提案する開口構造と隣接画素のブレンディング条件との関係

3. 表示装置のプロトタイプ

今回はテーブルトップ表示を行うため、液晶パネルを水平に置き、その下にバリアを設け斜め下から照明した。デ

ディスプレイから斜め 45 度、視距離約 1m で観察することを想定した。装置の構造と写真を図 4 に示す。

視距離が比較的近いので高精細な対角 15.6 インチ、4K (3840x2160 画素) の液晶パネルを縦長に配置して横ストライプの状態で使用した。斜め方向の観察で高画質 (高コントラスト) になるように、S-IPS モードの液晶パネルを使用した。図 5 はパネルの画素構造の写真である。S-IPS モードでは一般に 2 つの液晶分子の配向方向の領域の組み合わせで 1 画素を構成する 경우가多いが、今回使用したパネルでは 1 つの配向領域を 1 画素として使用し、水平方向の 2 画素の組み合わせで光学補償を行う方式であった。

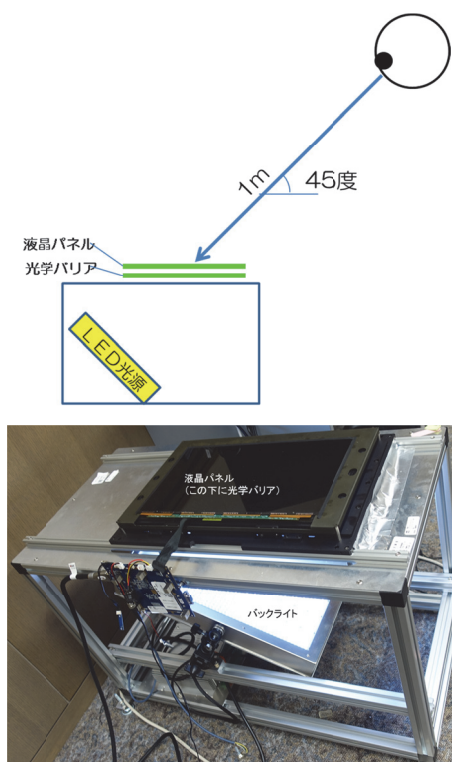


図 4 : 装置構造

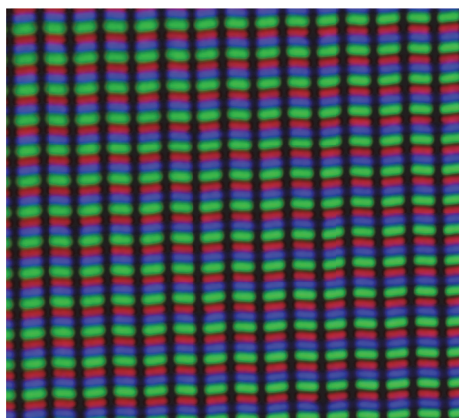


図 5 : 液晶パネルの画素構造

バリアはガラス板にクロムの薄膜をつけたクロムマスクを使用した。また、開口は 5 x 5 画素に対し 1 個設けた。

5 画素周期なので、水平方向に隣接する開口については異なる配向の画素が対応するので、視点位置で見ると光学補償が行われた画像を観察できることになる。バリアとガラス板の間には厚さ 2.0 mm のアクリル板を挟み平行度と間隔を確保した。

図 6 に表示画面の写真を示す。(a),(b)は左右方向の視点移動、(c),(d)は前後方向の視点移動を示す。(a),(b)については右端の白いユニホームの選手の腕と白線の間隔を見ることで水平視差が再現されていることがわかる。また、(c),(d)については、ボールと白線の位置関係を見ると垂直視差が再現できている。拡大写真を見るとブレンディングによる画像の乱れが顕著であるが、所定の視距離で観察すると自然な画像に見える。

4. まとめ

新規な開口構造のバリアと RGB ストライプの一般的な画素構造の液晶パネルの組み合わせにより、水平・垂直方向の両方についてリニアブレンディングで光線を補間することで可能な表示装置を提案しプロトタイプ化した。なめらかな運動視差による実在感の高い映像を確認した。

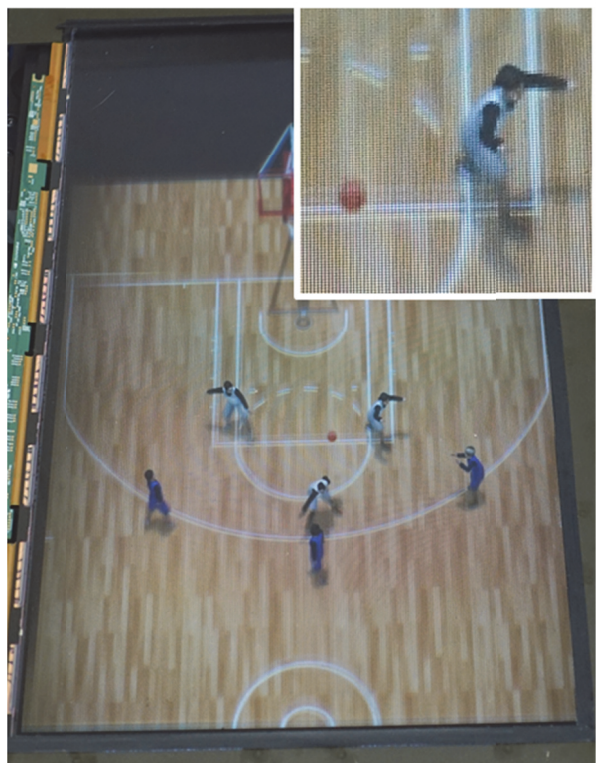
本方式はレンズを使用していないため収差の影響がなく斜め方向から観察するテーブルトップ表示も問題なく行うことができた。マイクロレンズアレイを使用した方式と比べると光利用効率は低いが、開口への入射光をレンズアレイ等で集光することにより改善可能であると考えている。

参考文献

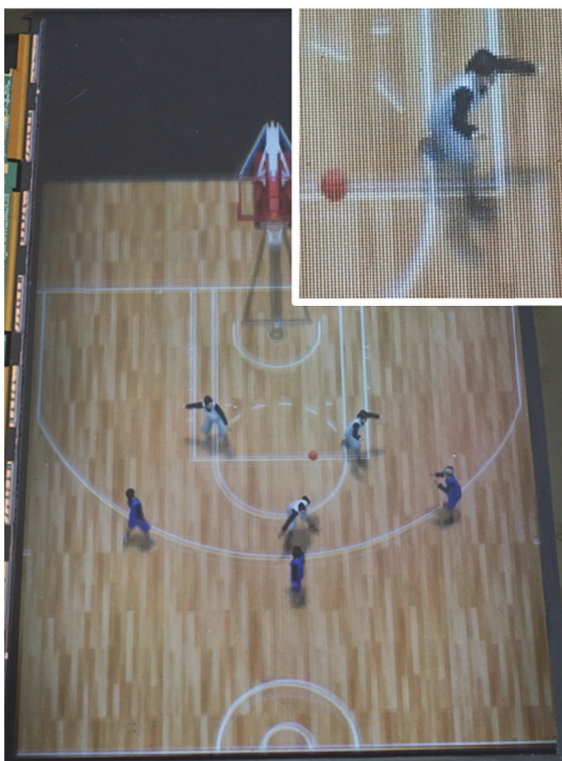
- [1] M. Kawakita, S. Gurbuz, S. Iwasawa, R. Lopez-Gulliver, S. Yano, H. Ando, N. Inoue, "3D video capturing for multiprojection type 3D display," Proc. SPIE **8043**, 804311 (2011).
- [2] A. Jones, J. Unger, K. Nagano, J. Busch, X. Yu, H.-Y. Peng, O. Alexander, M. Bolas, P. Debevec, "An Automultiscopic Projector Array for Interactive Digital Humans," SIGGRAPH 2015 Emerging Technologies (2015).
- [3] S. Suyama, S. Ohtsuka, H. Takada, K. Uehira, S. Sakai, "Apparent 3-D image perceived from luminance-modulated two 2-D images displayed at different depths," Vision Research, **44**, pp.785-793(2004).
- [4] 伊達、越智、木全、「視覚的に等価なライトフィールドフラットパネル 3D ディスプレイ」、第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会講演予稿集、1B4-04 (2017).
- [5] M. Date, H. Fujii, H. Kimata, "Full Parallax Visually Equivalent Light Field 3D Display Using Linear Blending," IMID 2017 / 3DSA DIGEST, pp: 521 (2017).



(a)



(b)



(c)



(d)

図6 表示画面写真