

Collaboration Projects

モバイル用 3D ディスプレイの視域拡大と 擬似フルパララックス化

眼鏡不要で、自然な立体映像表示が可能な 3D ディスプレイを試作した。カメラ画像によって観察者の位置を推定し、リアルタイムに表示している立体映像を書き換えることで、上下左右に滑らかな運動視差を持ち、擬似的にフルパララックス表示が可能となる。なお、本研究は東京農工大学 工学部 電気電子工学科 高木研究室（高木 康博助教授）との共同研究により実施した。

つばい まさし ほりこし つとむ
壺井 雅史 堀越 力

1. まえがき

近年、移動端末や携帯ゲーム機などのモバイル機器の急速な発展に伴い、これら携帯端末のディスプレイは、より多くの情報を伝達可能とするため、高精細化や高解像度化が進んでいる。その一方で、映像に新たな付加価値を追加することに対する期待感も高まっており、移動端末 (SH505i) を用いた 3D コンテンツ配信実験なども行われている [1]。

著者らは、特にモバイル機器における 3次元映像表示に関して検討を行っており、水平方向に滑らかな運動視差^{*1}を実現できる携帯型 3D ディスプレイ端末を提案した [2][3]。著者らが製作したモバイル用途の 3D ディスプレイは、水平方向に滑らかな運動視差を実現できるが、視域^{*2}が水平方向に約 30° 程度と狭く、垂直方向の視差^{*3}を実現することが困難であった。そこで、モバイル用途のディスプレイの観察者は 1人である場合が多いという点に着目し、観察者の位置をカメラや傾きセンサを用いて推定し、観察者の位置に応じて表示される立体映像を動的に変更することで、水平方向の視域を従来に比べ 2倍以上に拡大し、垂直方向の運動視差を実現することのできる携帯型 3D ディ

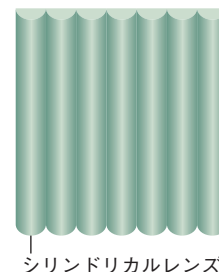
スプレイ端末を試作した。

本稿では、今回試作した 3D ディスプレイ端末で実現した水平方向の視域の拡大と、垂直方向の運動視差の実現の原理について述べるとともに、試作したディスプレイによって、実際に水平方向に 60°、垂直方向に 30° ほどの視差が実現できていることを示す。

2. 高密度指向性表示方式 3D ディスプレイ

高密度指向性表示方式とは、眼のピント調節が機能することを旨として開発された方式であり、滑らかな運動視差を持つ立体映像提示方式である [4]。特に、通常の液晶ディスプレイに斜めにレンチキュラーシートを貼り付けることで、水平方向に高密度指向性表示が実現できる [5]。レンチキュラーシートとは、図 1 に示すような、かまぼこ状のレンズ (シリンダリカルレンズ) を並べたものであり、その断面は、水平方向に対してのみ凹凸がレンズ機能を持ち、垂直方向には単なるガラスと同様に光を透過するのみである。

この方式の原理を図 2 に示す。液晶ディスプレイ上の 1 つのシリンダリカルレンズに着目すると、シリンダリカルレンズの背面にある画素は平行四辺形の形に切り取られ、それぞれがシリンダリカルレンズによって光線の伝播方向



シリンダリカルレンズ

図 1 レンチキュラーシート

* 1 運動視差：頭を動かすことにより物体の見え方が変化することであり、人が立体感を感じる要因の 1 つ。
* 2 視域：ディスプレイを観察し、映像が観察できる範囲。特に本稿では、3D ディスプレイに対して自然に立体映像が観察できる領域のことを指す。

* 3 視差：観察位置の違いにより、眼に映る映像が異なること。人の両眼は異なる位置にあるため、左右の眼に映る映像はそれぞれ異なり、これを特に両眼視差という。本稿では、両眼視差と運動視差を合わせて視差と表現している。

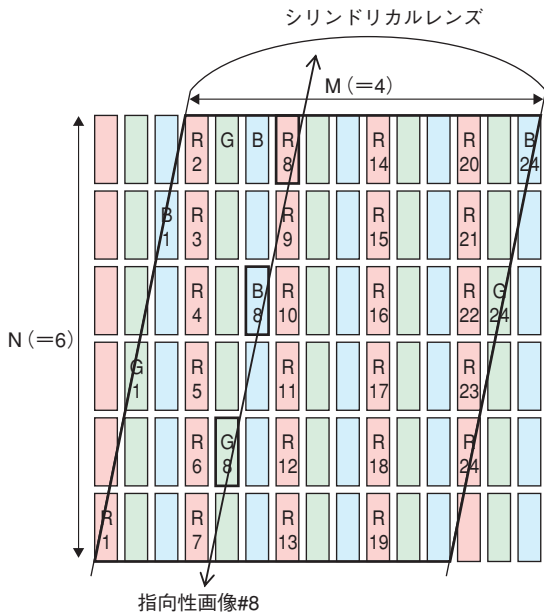


図2 高密度指向性表示の原理

を制御されている。ここで、平行四辺形の形に切り取られた画素は $3N \times M$ 個と表すことができ、レンズ機能によって $N \times M$ 種類の方向にフルカラーの指向性画像を平行投影する。図2は、 $M=4$ 、 $N=6$ の場合の例であり、24方向に指向性画像を投影する。図2のR1～R24は、液晶ディスプレイの赤画素が水平方向に24方向の平行光線として制御されることを示しており、青、緑の各画素に関しても同様に、B1～B24、G1～G24と表すことができる。

著者らは、7.2型液晶ディスプレイとレンチキュラーシートを組み合わせ、30方向 ($M=5$ 、 $N=6$) に指向性画像を表示するモバイル用3Dディスプレイのプロトタイプを試作した[2]。試作した3Dディスプレイの仕様を表1に示す。

試作したプロトタイプ3Dディスプレイは、視域 28.1° の範囲内であれば、水平方向に滑らかな運動視差が実現できる。しかしながら、視域 28.1° という範囲は十分な視域が確保できていないといえず、観察者が頭1つ分程度移動しただけで視域を出てしまう。観察者が視域内から視域外に移動した場合、観察されていた立体映像が何度も繰返し観察される。これは、繰返し画像と呼ばれ、高密度指向性表示方式など、複数の映像を観察させることで立体映像を提示する多眼立体視ディスプレイの問題点となっている。

また、このシステムは、レンチキュラーシートを斜めに

表1 3Dディスプレイの仕様

指向性画像数	30 ($M=5$, $N=6$)
指向性画像表示角度刻み	0.94°
視域	28.1°
3D解像度	256×128 pixel

設置することで、水平方向に高密度に指向性画像を表示している。これは言い換えると、垂直方向に並んだ色画素の密度を犠牲にして、水平方向の指向性画像の表示密度を向上しているということができる。そのため、このシステム構成を用いて、水平方向に同等の密度で指向性画像を表示したまま、垂直方向の視差を実現することは原理的に困難である。

3. 視域拡大の原理

前述した問題点を解決するために、観察者の位置を検出もしくは推定することで水平方向の視域を拡大し、垂直方向の運動視差を実現する方法を提案する。

3.1 水平方向視域拡大

著者らの試作した3Dディスプレイは滑らかな運動視差を持つものの、その視域が約 30° 程度と狭く、観察者が視域外へ移動した場合には、繰返し画像が観察されるという問題があった。繰返し画像は、観察者の位置の変化によってレンズを通して観察される画素が変化することにより発生する。繰返し画像が発生する原理を図3に示す。

図3は液晶ディスプレイとレンチキュラーシートを示したものであり、観察者と液晶ディスプレイ、レンチキュラーシートを上方から見た図である。観察者が視域内にある場合、レンチキュラーシートを構成するシリンドリカルレンズを通して、液晶ディスプレイ上の画素を観察する。ここで、観察者が視域外に移動した場合、シリンドリカルレンズを通して、観察されていた画素とは異なる画素が観察される場合がある。これが繰返し画像であり、観察者が視域外に移動した際に何度も同じ画像が観察される原因となっている。

ここで、観察者が1人のみであると想定すると、観察者の位置に応じて表示されている映像を動的に変化させることで視域を拡大することが可能である。著者らが試作した3Dディスプレイは、前述したように水平方向に 30° 程度の視域を持ち、一般的なモバイル機器の利用環境を考える

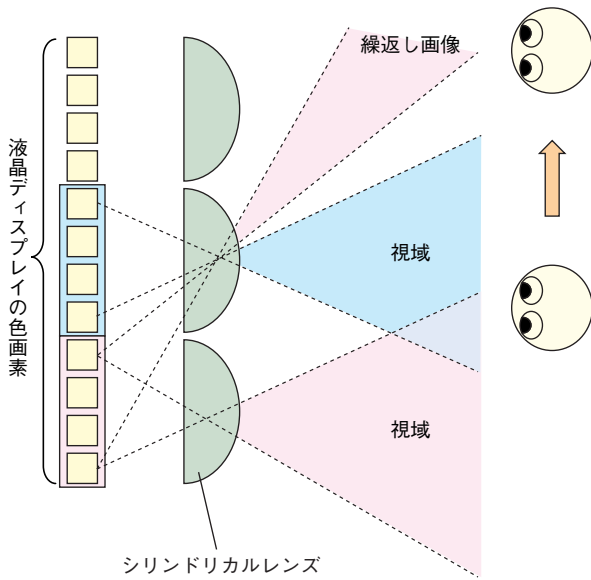


図3 繰返し画像の発生原理

と、この視域は両眼間隔以上である。そのため、観察者が視域の端に至るよりも前に、あらかじめ画像を書き換えることが可能となり、表示映像が書き換わったことを観察者に認識させることなく視域を拡大することができる。

3.2 擬似フルパララックス化

高密度指向性表示は、水平方向に高密度な指向性表示を行うことが可能であるが、垂直方向の視差を同時に実現するのはレンチキュラーシートの構造上困難である。ここで、観察者を1人のみと想定するならば、空間上に表示する立体映像と観察者の位置関係の変化に応じて、立体表示されている映像を書き換えることで、垂直方向の運動視差を実現することができる。高密度指向性表示を用いた3Dディスプレイは、水平方向の運動視差を元来保持しており、両眼には常に立体映像が観察されている。そのため、ディスプレイに対して頭を傾けたりしない限り自然な立体表示を行うことができ、擬似的に上下左右などあらゆる方向に対して視差が得られるフルパララックス表示ができる。

4. プロトタイプシステム

3章で示した、高密度指向性表示を用いた3Dディスプレイの水平方向視域拡大および擬似フルパララックス化は、観察者の位置を推定することにより実現される。今回、観

察者の位置を推定する方法として、ディスプレイに取り付けたカメラ画像を用いて観察者の顔位置を追跡する方法と、傾きセンサを用いてディスプレイの位置を測定する方法を用いてプロトタイプシステムを構築した。

まず、カメラ画像による顔検出および追跡を用いた手法[6]について説明する。カメラは市販のUSBカメラを用い、ディスプレイ上部に固定して、カメラ画像中の観察者の両眼の位置を検出し、その移動量に応じて表示映像を書き換えた。

一方、ディスプレイに傾きセンサを取り付け、傾き角に応じて表示映像を切り替えた。今回利用した傾きセンサは、地軸に対する傾きを計測することが可能であり、傾き角が65°以内であれば誤差1%以内の精度で計測が可能である。

これらの2種類の方法を用い、観察者の位置を推定するシステムを実装した。それぞれの方法を用いた場合の仕様を比較して表2に示す。

処理速度に関しては、Pentium D 3.2GHz、メモリ2GBのPCを用いた場合を記載している。カメラ画像を利用する場合、比較的処理速度が遅く、カメラレンズの画角や解像度などの制約により検出可能範囲が制限されてしまうとも

表2 観察者の位置推定手法

	カメラ画像	傾きセンサ
検出可能範囲	±30°	±65°
処理速度	29.9fps	58.5fps
外部環境の変化への耐性	低	高
観察者の移動への対応	可能	不可能
ディスプレイの傾きへの対応	可能	可能

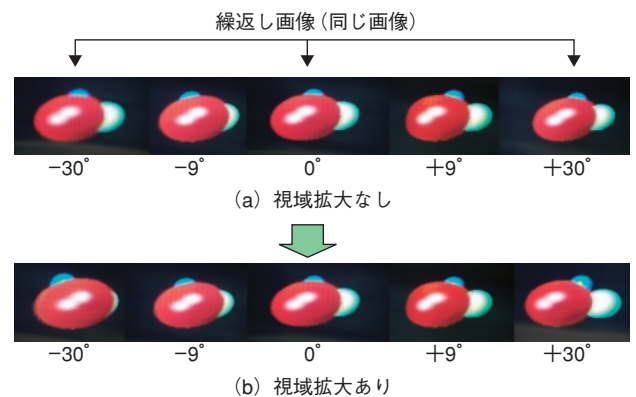


図4 水平方向視域拡大の効果

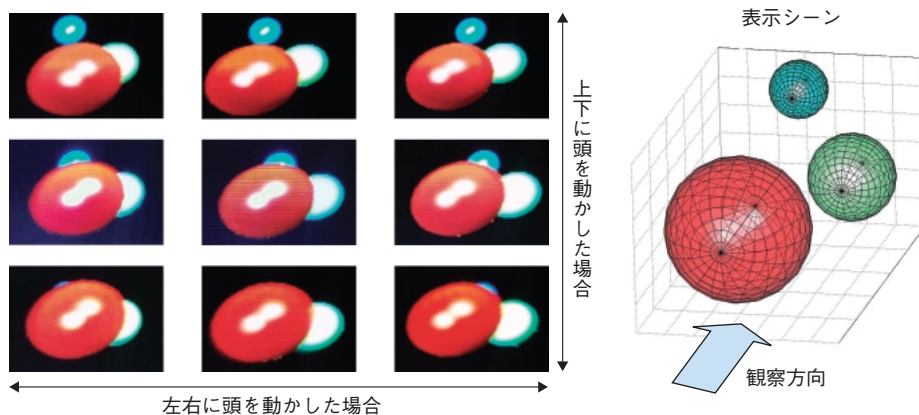


図5 垂直方向運動視差の実現

に、照明などの外部環境の変化に弱いといえる。一方、傾きセンサを用いる場合、高速な処理が可能であり、検出可能範囲も大きい。しかしながら、ディスプレイの傾きのみから観察者の位置を推定するために、観察者の位置を正確に測定することができないという欠点がある。このように、それぞれの方法には一長一短があり、一概にどちらかが優れているということとはできない。今回は、カメラ画像を用いた方法と、傾きセンサを用いた方法の2つの方法を別々に実装し、両方のシステムで水平方向の視域拡大と垂直方向の運動視差を実現した。

水平方向の視域拡大の効果を示すため、従来のシステムで表示された3次元映像を、カメラ位置を水平方向に移動させながら撮影した画像を図4(a)に、水平方向の視域拡大を実装し、同様の位置で撮影した画像を図4(b)に示す。

従来のシステムでは、 $\pm 30^\circ$ の位置で繰返し画像が発生しており、 0° の位置から撮影した画像と同じ画像が観察されているが(図4(a))、今回提案した手法を用いることで、視域が拡大され、 $\pm 30^\circ$ の範囲でも観察位置に応じて映像が変化していることが分かる(図4(b))。

垂直方向の運動視差の実装結果を図5に示す。左右上下自由な方向に観察位置を動かしたとき、観察者の移動に応じて自然な立体映像が観察できていることが分かる。

5. あとがき

観察者が1人であることが多いという携帯端末の特徴を生かし、観察者とディスプレイの位置関係を推定し、従来

に比べ水平方向の視域を拡大するとともに、垂直方向の運動視差を実現できる、擬似的なフルパララックス表示を実現した。

今後は、立体映像を用いたモバイルコミュニケーションの実現に向け、立体的なインタフェースも含めたインタラクティブな立体映像の実現手法の検討を進めるとともに、実写シーンを取得し、3次元映

像に変換する方法について検討を進める。

文献

- [1] 3Dコンソーシアム；<http://www.3dc.gr.jp/>
- [2] 堀越 力，壺井 雅史，榛葉 敏彦，高木 康博：“モバイル用途の3Dディスプレイ端末の試作,” 3次元画像コンファレンス2005, 3-2, 2005.
- [3] 堀越, 他：“自然な立体表示が可能な3Dディスプレイ,” 本誌, Vol. 13, No. 3, pp. 31-35, Oct. 2005.
- [4] 福富 武史, 名手 久貴, 高木 康博：“高密度指向性画像で表示した3次元画像における調節応答,” 映像情報メディア学会誌, Vol. 58, No. 1, pp. 69-74, 2004.
- [5] 海老沢 廣喜, 高木 康博：“72指向性画像を表示する薄型三次元ディスプレイ,” 3次元画像コンファレンス2004, pp. 17-20, 2004.
- [6] 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二：“SSRフィルタとSVMを用いた顔の実時間検出と追跡,” 信学技報, PRMU2003-160, pp. 55-60, 2003.