

視差分離スリット方式反射型3Dディスプレイ

西田 雅貴, 阪本 邦夫

島根大学総合理工学部 数理・情報システム学科

Reflection 3D Display Using a Polarizer Slit Barrier

Masataka NISHIDA and Kunio SAKAMOTO

*Department of Mathematics and Computer Science,
Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University*

Abstract

The 3D projection display system using LCD projector has superior characteristics, such as having a large screen with wide field of view. However conventional system has such demerit as viewing stereoscopic images with special glasses. We describe transmission and refraction 3D displays using a polarizer slit barrier. This 3D display can avoid the problem of conventional system, then the observer views glasses-free 3D images. Moreover the cylindrical screen has a panoramic 3D view as the observer can look around a 360 degree view.

1. ま え が き

近年, バーチャルリアリティ (仮想現実感) の研究が盛んになり, 医療, 教育, CAD/CAM など様々な分野へ, 3次元画像技術が応用されるようになってきた^{1)~3)}. 立体映像表示装置は, Fisherの提案した virtual environment workstation⁴⁾などの空間型のインタフェースを実現するための映像装置として利用することもできる. 筆者らも, 仮想的な3次元映像空間内での多人数による共同作業を実現するため, 立体映像表示装置や映像とのインタラクションについて研究を行ってきた^{5)~9)}. 実在の空間で作業を行うような感覚を与えるため, 作業者に映像空間へ入り込んだ臨場感を感じさせるには, 大型スクリーンを用いて広視野の立体映像空間の提示を行い, 作業空間を構築するのが望ましい. 高臨場感立体映像システムとしては, 立体シアターなど液晶プロジェクタによる偏光メガネ方式が最もよく利用されており, 多人数が同時に大画面の立体映像を鑑賞できるのが特徴である. しかし, 実在の空間で作業を行うような感覚を与えるため, 作業者に映像空間へ入り込んだ臨場感を感じさせるには, メガネ着用の必要がなく立体映像が観察できることが望ましい. メガネ不要の立体映像システムとしては, パララックスバリア方式やレンチキュラ方式の2眼立体視のシステムや, インテグラルフォトグラフィ方式などの多眼立体視のシステムが提案されている. しかし, 従来の立体表示装置では, 映像ディスプレイの画素を分割

(空間分割)して, 視差の表示を実現しており, 一般に表示視差数の増加に伴い表示立体像の解像度が劣化する.

画素分割による表示面の利用方法は, 観察位置で撮影された視差画像を短冊状に分割して縦ストライプ列に並べる視差画像表示方式と, 表示面を通過する角度の異なる光線を各画素で制御して立体像を表示する視差光線表示方式に大別できる. 先に筆者らは, パララックスバリアの構造に偏光フィルタを利用したスリットを用いることで, 上記の解像度劣化の問題を解決する手法を提案した⁵⁾. パララックスバリア方式の立体表示方法は, 視差画像表示方式に該当するが, 偏光スリットを利用した解像度改善は, 視差光線表示方式の立体表示にも適用できる. 本稿では, 偏光スリットを利用した倍密度の立体表示を実現する方法を述べるとともに, 遮光部が偏光フィルタで構成されたスリットを利用して反射型のディスプレイを構成する方法について述べる. また, これら偏光フィルタを利用した表示方法は, 平面のディスプレイだけでなく, 曲面のディスプレイにも適用可能であり, 周壁面型ディスプレイを構成する投影型の曲面スクリーン立体映像表示装置の試作についても述べる. 本システムは, 立体映像を大型スクリーンに投影表示することで, 広視野, 高臨場感を実現するとともに, 通常の透過型(リアプロジェクション型)ディスプレイだけでなく, 遮光スリットの構造に偏光フィルタを用いることにより, 反射型(フロントプロジェクション型)の省スペースディスプレイを構成することができ, また, 曲面表示スクリー

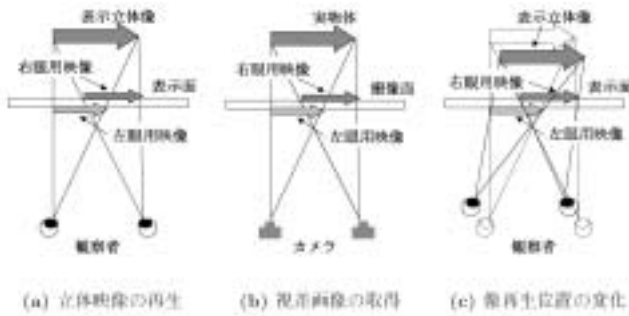


図 1 視差画像表示方式の原理

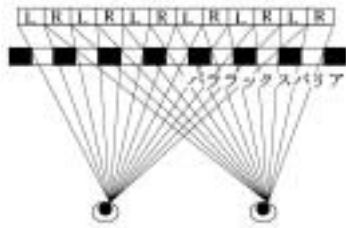


図 2 パララックスバリア方式立体ディスプレイ

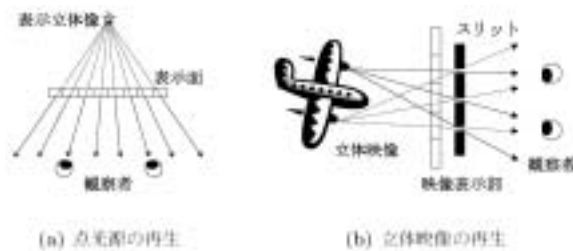


図 3 視差光線表示方式の原理

ンを用いることで 360° 全周囲表示も可能な立体映像システムである。

2. 立体映像表示の原理

立体映像表示装置により提示される映像が立体的に見えるのは、左右の眼に対応する方向から見た異なる映像を、左右の眼で混同することなく分離観察することにより、観察者が両眼立体視を行うためである。左眼、右眼に対応する映像の分離方法、視差情報を表示する指向性表示面の種類などにより、立体映像表示方式を細分しているが、本章では、指向性表示面での視差情報の表示方法により、視差画像表示方式と視差光線表示方式（両方式とも、水平方向のみの視差を有するものとする）とに大別し、これらの特徴について簡単に述べる。

2.1 視差画像表示方式

ヒトの眼は横方向に、ほぼ 65mm 離れて 2 つ存在している。このことが、外界を立体的に把握することができる大きな要因であることはよく知られている。ヒトの両眼視機能には、視差のついた左右の像を奥行きを持った 1 つの像として見る機能（立体視機能）のほか、左右の対応する視対象を 1 つの像として見る融像の機能や、両眼で同時に視対象を見る同一視の機能などがある。この

ため、図 1(a) に示すように、左右それぞれの眼の位置で観察される映像を、左右眼に混同することなく分離提示することにより立体視を行える。このような映像表示面に両眼視差画像の提示を行う立体表示方式を、本稿では、視差画像表示方式と呼ぶことにする。メガネを利用すれば左右の映像を簡単に分離することができ、アナグリフ方式や偏光メガネ方式などが提案されている。また、指向性の表示面を利用してメガネを着用することなく左右映像を分離することも可能で、パララックスバリア方式やレンチキュラ方式などが提案されている。図 2 は、パララックスバリアにより左眼、右眼の映像が適切に分離される原理を示したものであるが、左眼、右眼に対応する画素を通過し、それぞれの眼の位置に収斂する光束がパララックスバリアなどにより生成される。映像観察時には、観察位置（視点）にすべての光束が収斂しているため、表示面の全画素を観察することが可能で、表示された有限の視差情報を効率よく利用できることが利点である。しかし、視差画像表示方式では、観察視点位置をあらかじめ決定した上で、図 1(b) に示すように左右映像をカメラにより撮像するため（3次元情報のサンプリング位置はカメラ位置となる）、図 1(c) に示すように想定した視点位置以外では表示立体像の奥行き感が変化する問題が生じる。

2.2 視差光線表示方式

視差画像表示方式においては、最適観察位置で全画素を観察でき、視差情報を効率よく利用できる特徴がある反面、カメラ撮影位置からの映像しか観察できず、自由な視点移動に対応することができない。これらの問題は、視差情報を有効に利用するため、すべての光束を最適観察位置に収斂させている設計に起因するものであり、図 3(a) に示すように、ある観察位置においては観察できない視差光線もあらかじめ生成しておくことにより、観察者の視点移動や多人数鑑賞にも対応できる立体表示を実現できる。このように 3次元の物体からの光線を同時に再現することにより、水平方向のみに視差のある立体像の表示を行う方法を、本論文では、視差光線表示方式と呼ぶことにする。ハエの眼レンズあるいはピンホールを用いたインテグラルフォトグラフィ方式の立体表示では、一般に水平・垂直両方向に視差があるが、本稿で述べる立体表示では水平方向の視差のみ再現するため、開口部はスリットとする。図 3(b) は、開口部を用いた視差光線表示方式の原理を示したもので、開口部を通過し観察者側へ放射状に広がる光線を、光線の角度毎に表示部の画素を利用して制御する表示方式である。そのため、立体映像の表示には開口部を通過する光線情報が必要となる。この光線情報は、コンピュータグラフィックスの映像を表示する場合には容易に得ることができるが、観察者の位置で撮影された映像を利用する場合には、光線情報の再構成が必要となる。視差画像表示方式では、観察視点位

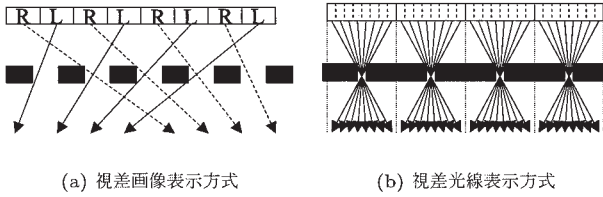


図4 遮光スリットの配置

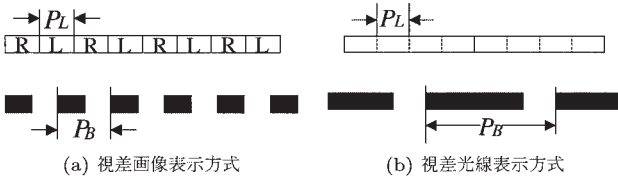


図5 遮光スリットの設計

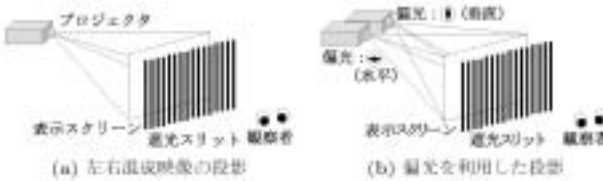


図6 透過型立体ディスプレイ

置が3次元情報のサンプリング点となるのに対し、視差光線表示方式では、各開口部の位置がサンプリング点となるためである。したがって、観察者の視点位置に関係なく表示された立体像は常に同じ位置に観察される。しかし、有限の表示視差数では、観察位置によって表示立体像の画質（解像度）が変化することになる。

2.3 視差画像表示方式と視差光線表示方式の違い

視差画像表示方式、視差光線表示方式とも視差情報を提示する方式であり、いずれの方式でも観察者は両眼視差により映像を立体的に見ることとなる。また、無限の視差数を表示する場合には両方式の差異はなくなる。しかし、有限の視差数では、指向性表示面で生成される視差光束に違いがあり、図4のように視差画像表示方式では縦面素列ごとに特性が異なるのに対し、視差光線表示方式では、1つの開口を通過する光線生成のために視差光線数と同数の異なる指向特性が必要であるが、開口ごとに同じ特性の光学部品を使用することができる。また、視差情報の提示に関しては、視差画像表示方式では観察視点位置、視差光線表示方式では開口部の位置が3次元情報のサンプリング位置となるため、観察位置により立体映像の奥行きや解像度に生じる影響が各方式で異なることになる。

3. 偏光を利用した倍密度立体表示

水平方向のみに視差を有する視差画像表示方式や視差光線表示方式の立体表示では、映像スクリーンに表示された視差情報を、図5に示すような遮光スリットを用いることにより、左右映像の分離や視差光線を生成する

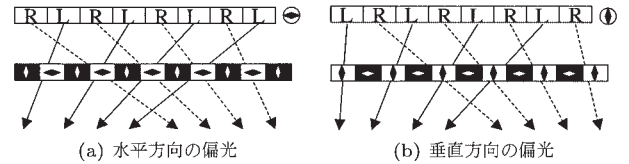


図7 偏光スリットによる左右映像の分離

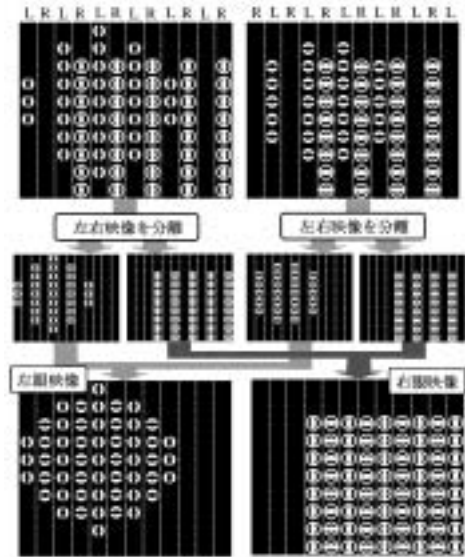


図8 解像度劣化のない視差映像表示

ことで両眼立体視による立体表示を実現する。水平画素ピッチを P_L 、観察者の眼間距離を E とすると、遮光スリットの設計パラメータは幾何学的に決定され、 n 視差の表示を行うパララックスバリアのスリット間隔 P_B は、 $P_B = nP_L E / (E + P_L)$ 、視差光線表示方式により n 視差の多眼表示を行う場合のスリット間隔は、 $P_B = nP_L$ となる。視差分離をスリットにより行うため、表示スクリーン面上の画素を空間分割して視差情報を生成する方式では、例えば、視差数が2視差の立体表示では、横方向の解像度が $1/2$ になり、再現する視差数の増加とともに、表示立体映像の横方向の解像度の劣化を生じる。プロジェクタにより表示スクリーンへ視差情報を投影するシステムの場合、図6(a)に示すように1台のプロジェクタを利用する構成が基本であるが、偏光メガネ方式のように2台のプロジェクタを利用して、図6(b)に示すように、これら2台のプロジェクタから投写される光の偏光を直交させておけば、2倍の視差情報を提示でき、倍密度の立体表示が実現できる。

このような2種類の偏光状態を持つ2重に投影された視差情報を分離するために、偏光方向により光の透過、不透過の選択性を有する偏光フィルタを利用する。視差画像表示方式で利用するパララックスバリアには、開口部と遮光部が存在するが、2種類の偏光状態を持つ左右混成画像の分離を行うため、図7に示すような偏光方向の異なる偏光フィルタをストライプ状に配した構造の遮

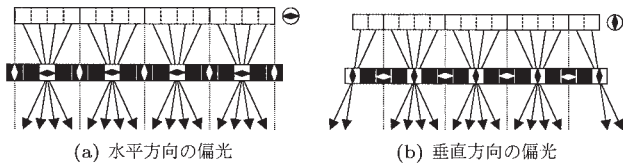


図 9 偏光スリットを用いた視差光線の生成

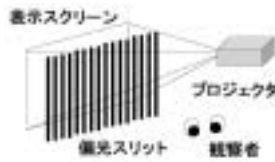


図 10 反射型立体ディスプレイ

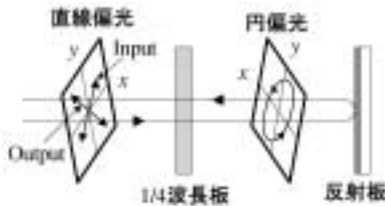


図 11 反射板による偏光方向の回転

光バリアを利用する。水平方向の偏光を有する左右混成画像に対しては、図 7(a) に示すように、遮光バリアの水平方向の偏光フィルタが開口部、垂直方向の偏光フィルタが遮光部となるため、パララックスバリアと同様の原理で左右映像の分離が行われる。垂直方向の偏光を有する左右混成画像に対しても同様に、図 7(b) に示すように、遮光バリアの垂直方向の偏光フィルタが開口部、水平方向の偏光フィルタが遮光部となるため、左右映像の分離が行われる。水平・垂直両方向の偏光を持つ混成画像は、同時に視差分離が行われるため、倍密度の立体表示が実現でき、2 眼式の立体表示の場合には、図 8 に示すように解像度劣化の生じない立体表示が可能となる。視差光線表示方式の場合も、視差画像表示方式で使用する遮光バリアと設計方法は異なるが、開口部と遮光部を有する構造であるため、図 9 に示すような構造の遮光バリアを利用することにより、2 種類の偏光状態で投影された視差情報を分離して、視差光線を生成できる。水平方向の偏光を有する視差情報に対しては、図 9(a) に示すように水平方向の偏光フィルタが、垂直方向の偏光を有する視差情報に対しては、図 9(b) に示すように垂直方向の偏光フィルタが開口部となるため、図 9 に示すように、互いの開口部の位置が異なるため、倍密度 (2 倍) の視差光線が生成できる。

4. 反射型立体映像表示装置

プロジェクタにより表示スクリーンへ視差情報を投影する本システムの場合、プロジェクタの設置位置の違いにより、図 6 に示すようなリアプロジェクションとなる

透過型ディスプレイ以外に、図 10 に示すような反射型のディスプレイも構成できる。透過型ディスプレイは、遮光スリットにより視差分離や視差光線を生成して立体表示を行う原理の基本となるものであり、3 章で述べたように 2 種類の偏光を利用することにより、倍密度の立体表示が実現できるなどの利点がある反面、投影光学系が表示スクリーンの裏面側に配置されるため、投影用の空間が必要になり広い設置スペースを要するという問題がある。これに対し、図 10 に示すように、反射型では投影光学系が観察者側に配置されるため、表示スクリーンを直接壁面に設置できるなど、省スペースで広大な映像空間を構築できるメリットがある。偏光メガネ方式のように、視差情報の分離をメガネなどの装置を用いて行う場合には、表示スクリーンへの投影方法を変更するだけで、透過型、反射型の映像表示装置を基本的に構築できるが、視差画像表示方式や視差光線表示方式によりメガネを着用することなく両眼立体視により立体映像を観察する本システムでは、表示スクリーンの前面に配置した遮光スリットを用いて視差の分離や視差光線の生成を行っている。反射型ディスプレイにおいても、透過型の場合と同様に遮光スリットを利用するため、スリットの遮光部分によって遮蔽されることなく表示スクリーンにすべての視差情報が投影できれば、反射型ディスプレイを構成できる。したがって、視差情報の投影を行う本システムの場合、プロジェクタからスクリーンへ投影される視差情報 (投影光束) は透過し、スクリーンで反射し観察者の眼に届く映像 (視差光束) は、スリット部分で適切に遮光できる必要がある。そこで、偏光の方向により光の透過、不透過の選択性を有する偏光フィルタを利用して、遮光スリット (偏光スリット) を構成する。遮光部分が偏光フィルタで構成されているため、スクリーンへ投影される偏光を有する視差情報 (投影映像) は、偏光軸を平行にして偏光スリットを透過させ、スクリーンの反射光は、偏光軸を直交させることにより、偏光スリットで遮光できるようになる。

スクリーンへの投影光は偏光板を通過させ、反射光を遮光するためには、スクリーンの入射光、反射光で偏光方向を 90° 回転させる必要がある。そこで、円偏光がミラーなどの反射面で右 (左) 円偏光が左 (右) 円偏光に変化する特性を利用する。図 11 は、直線偏光の偏光方向を 90° 回転させる原理を示したものである。図 11 において、 $1/4$ 波長板は直線偏光を円偏光に、円偏光を直線偏光に変化させることができる。円偏光の光は反射面で偏光の回転が逆向きになるため、直線偏光の光を $1/4$ 波長板に入射させ円偏光に変換して反射板で反射すると、反射面で反射された円偏光は $1/4$ 波長板で再び直線偏光に変換されるが、入射光と反射光の偏光方向は直交する。このため、偏光板を透過した直線偏光を $1/4$ 波長板に入射させ反射板で反射させると、反射光は偏光板により遮

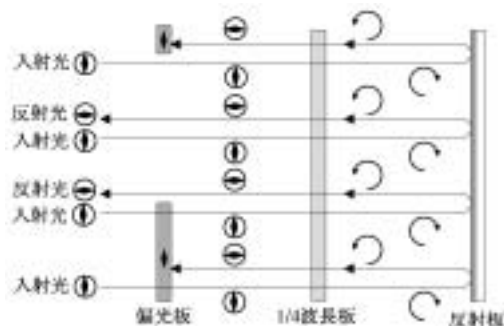


図 12 偏光スリットの光学特性

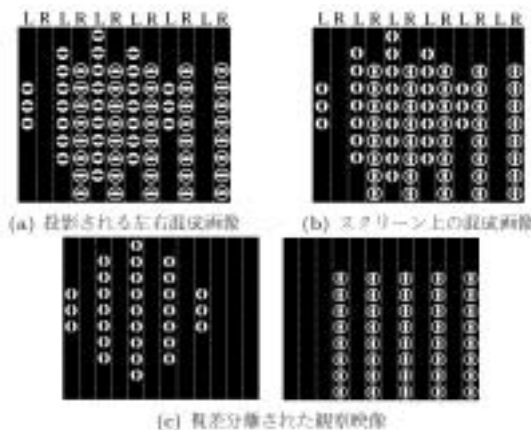


図 13 反射型ディスプレイの立体表示原理

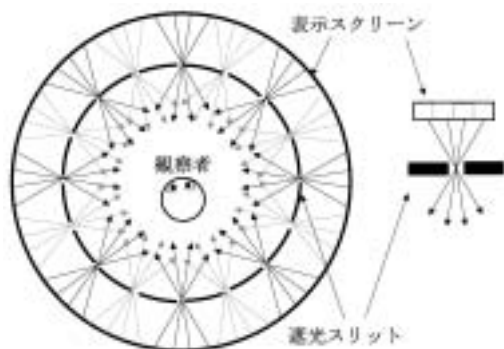


図 14 360°全周表示ディスプレイ

断される。このように直線偏光と円偏光の特性を利用すると、図 12 に示すように、スクリーンへ投影する映像の光は透過し、スクリーンで反射された光は遮断できる、一方透過性の遮光バリアを偏光フィルタを用いて実現でき、視差分離や視差光線の生成機能を備えた反射スクリーンを構成することができる。

反射型の立体映像表示では、偏光を利用して視差分離や視差光線を生成するため、反射面での反射の前後で偏光特性が保存されている必要がある。そのため、偏光メガネ方式の立体映像用として使用されているシルバースクリーンを、視差情報の投影スクリーン（反射板）の部材として使用した。このスクリーン上に、直線偏光・円偏光の変換を行う位相差フィルム（1/4 波長板）を貼付して、表示スクリーンを構成している。このスクリーン

に偏光フィルタで構成した遮光スリットを装着することで、反射型のスクリーンを構成した。図 13 は、反射型ディスプレイでの立体表示の原理を示したものである。偏光スリットの遮光部分は水平方向の偏光軸を有する偏光フィルタで構成されていると仮定すると、図 13(a) に示すように、スクリーンへ投影される視差情報（投影光束）を水平方向の偏光とすることで、スリットの遮光部分と偏光軸が平行になるため、表示スクリーンへ視差情報がすべて投影される。表示スクリーン上で投影映像が反射すると、1/4 波長板の作用により偏光方向が 90° 回転するため、図 13(b) に示すような垂直方向の偏光を有する映像を観察することになる。水平方向の偏光軸をもつ偏光フィルタが遮光部分となるスリットがスクリーン前面に配置されているため、観察時には図 13(c) に示すように視差分離が行われ、反射型の投影方式においてもメガネなしで立体映像を観察することができる。視差画像表示方式と視差光線表示方式では開口部と遮光部の配置は異なるが、ともに遮光スリットを利用して立体映像を表示する方式であり、遮光部分を透過して表示スクリーンに視差情報を投影できるため、いずれの方式でも反射型のディスプレイを構築できる。

5. 360° 全周立体映像表示装置

5.1 360° 全周表示ディスプレイ

周壁面型ディスプレイは、大型スクリーンを観察者の周囲に配置し、プロジェクタにより臨場感のある大画面映像を提示するシステムである。周壁面型ディスプレイの構成方法には、3 章や 4 章で述べた平面ディスプレイを基本構造として周囲を囲む方法や、円筒形や球面などの曲面スクリーンを利用する方法が考えられる。図 14 は、円筒形の表示スクリーンを利用して 360° 全周の立体映像表示を行う装置の構成を示したものである。図 14 に示すように、遮光スリットの開口部の数に応じて、表示スクリーンの視差情報を分割して利用する構造となっており、この装置では視差光線表示方式の原理で立体映像を観察することになる。また、曲面スクリーンへの映像投影は平面スクリーンの場合と同様に行えるため、透過型、反射型のいずれの投影方式でも、360° 全周囲の立体映像を再現する表示装置を実現できる。

遮光スリットを用いて表示スクリーンへ投影された視差情報を分割して利用するため、視差光線表示方式では、水平方向のスリット開口数と 1 スリットあたりの視差光線数はトレードオフの関係にある。視差光線表示方式では、表示スクリーン面上を通過する視差光線を制御することにより立体映像表示を実現しており、観察者が知覚することのない視差情報も常に提示している。このために平面スクリーンの場合には自由に視点移動が可能となっている。しかし、全周表示を行う場合には、観察位置はほぼ円筒中心部となるため、1 スリットあたりの

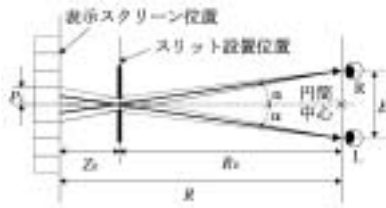


図 15 視差光線の生成

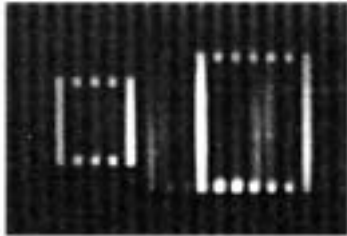


図 16 観察映像

視差光線数を 2 本とすることで、有限の視差情報を可能なかぎり効率よく利用することができるようになる。図 14 に示すように、表示スクリーンが円筒形の場合には、視差光線は円筒中心部に集まるため、表示面の法線に対し対称な視差光線を 2 本生成すれば、観察者に両眼立体視を行うための視差を与えることができ、 360° 全周囲の立体映像を観察できる。

遮光スリットを用いて視差光線を生成する基本原理は平面スクリーンの場合と同じであるが、表示スクリーンおよび遮光スリットが円筒状の構造となっている。このため、円筒状の表示スクリーンおよび遮光スリットの半径をそれぞれ R 、 R_B 、画素ピッチを P_L とすると、遮光スリット部の円周長は、表示スクリーン部の円周長の R_B/R であるため、2 視差表示を行う場合の開口ピッチ P_B は $P_B = 2P_LR_B/R$ となる。このような開口スリットを利用することで、表示スクリーンの法線に対して角度 α (ただし、スリットの設置位置を Z_B とすると、 $\tan \alpha = P_L/2Z_B$ である) となる 2 本の視差光線が図 15 に示すように生成される。視差光線は指向性の拡散光 (光束径を有する光線) であるため、観察視点位置を中心とした一定領域内で知覚できる。このため、各スリットに対して想定した観察視点位置は同一点とはならないが、観察領域が重複する観察者の視野内の視差光線はすべて知覚できるため、2 視差表示であっても立体映像表示に必要な視差光線は十分に再現されており、左右の眼に到達する光線をそれぞれの眼で観察することにより、両眼立体視を実現できる。また、図 15 には、円筒の中心部を通過する 1 組の視差光線 (光線群) のみ示したが、開口スリット数と同数の光線群が生成され、これらすべての光線群は円筒の中心部を通過するため、円筒の中心部分においては 360° 全周囲の映像が観察できる。

5.2 曲面スクリーンによる立体映像表示

円筒状の表示スクリーンおよび遮光スリットの半径を

それぞれ $R=250(\text{mm})$ 、 $R_B=240(\text{mm})$ とし、中心角が 40° の曲面スクリーンを設計し、2 視差の立体映像表示実験を行った。視差情報の表示を行う画素の大きさ P_L を 2.5mm としたため、視差光束を生成するための遮光スリットの開口部幅は 2.4mm 、その開口部のピッチ P_B は 4.8mm となっている。また、バリアの設置位置 Z_B は 10mm である。口径 100mm のレンズを用いて生成した平行光を使用して、曲面スクリーン上へ視差情報を射影し、26 点および 42 点の点光源で構成された正方形、長方形の 2 種の図形を、奥行きを変えてスクリーン後方 80mm と 50mm の 3 次元空間上に表示させた。図 16 は、曲面スクリーンの中心位置で観察される映像をカメラ撮影したものである。観察される映像は、 20mm 四方の正方形と $30\text{mm} \times 40\text{mm}$ の長方形の小さな図形ではあるが、空間的に配置された図形の立体表示が行われており、この曲面スクリーンを複数全周囲に配置することで、 360° のすべて方向について立体映像の表示が可能な全周表示ディスプレイも構築できることを確認できた。

6. む す び

プロジェクタを使用した投影型の立体映像表示において、遮光バリアとして偏光スリットを利用することにより、透過型ディスプレイにおける倍密度立体表示、反射型ディスプレイの構築、周壁面型ディスプレイを構成するための曲面スクリーンを用いた立体映像表示を、視差画像表示方式、視差光線表示方式の両方式で実現できることを確認した。本システムは、プロジェクタを使用して視差情報をスクリーンへ投影する方式であるため、スクリーンを大きくすることで広視野を、曲面スクリーンを用いることで全周囲表示が実現でき、また、反射型の表示装置も実現可能であるため、壁面へスクリーンの設置が可能など、省スペースでも臨場感を伴った立体映像空間の提示が可能である。今後は映像スクリーンで提示された仮想空間内のオブジェクトへの操作の実現などの 3D ワークスペースシステムの機能拡張、スクリーンの大型化、多面設置による仮想空間の構築などについて検討を行う予定である。

〔参 考 文 献〕

- 1) 大越孝敬：“三次元画像工学”，朝倉書店 (1991)
- 2) 泉武博監修：“3 次元映像の基礎”，オーム社 (1995)
- 3) 谷千束編著：“高臨場感ディスプレイ”，共立出版 (2001)
- 4) S. Fisher：“The AMES Virtual Environment Workstation (VIEW)”，SIGGRAPH '89, Course #29 Notes (1989)
- 5) 阪本邦夫，木村理恵子：“解像度劣化のないパララックスバリア方式立体表示の一手法”，映情学誌，**59**，1，pp.155 - 157 (2005)
- 6) 阪本邦夫，木村理恵子：“偏光パララックスバリア方式透過型立体ディスプレイ”，映情学誌，**59**，2，pp.296 - 301 (2005)
- 7) 阪本邦夫，高木美和：“偏光スリットを用いた多眼型立体ディスプレイの試作”，映情学誌，**59**，5，pp.791 - 793 (2005)
- 8) 阪本邦夫，木村理恵子：“逆視領域の無いメガネなし立体ディスプレイ”，映情学誌，**59**，8，pp.1199 - 1203 (2005)
- 9) 阪本邦夫，西田雅貴：“偏光ダブルスリットを用いた視差バリア方式 3D ディスプレイ”，情報科学技術レターズ，**4**，pp.241 - 244 (2005)