HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	多視点裸眼立体視ディスプレイの遠近感覚測定への応用
著者	菊地，慶仁；山ノ井，高洋；三浦，清茂
引用	北海学園大学工学部研究報告，37：69-77
発行日	2010-02-22

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

多視点裸眼立体視ディスプレイの遠近感覚測定への応用

菊　地　慶　仁*・山の井　高　洋*・三　浦　清　茂*

An Application of Multi Viewpoint Stereographic Display for Perspective Sensory Measurement

Yoshihito KIKUCHI*, Takahiro YAMANOI* and Kiyoshige MIURA*

要　旨

裸眼立体視ディスプレイは，液晶シャッター眼鏡を装備しなくても複数の視点から立体視が得られ，より自然な視覚を得ることが可能なデバイスである．本報告では，初期アルツハイマー病患者に特有な遠近感覚の喪失の検出に，このタイプのディスプレイが利用可能であるかどうか基本的な実験を行った結果について報告する．

１．両眼立体視の手法と多視点裸眼立体視ディスプレイについて

1.1　両眼立体視の一般的手法

通常の両眼立体視表示は，右目と左目の２つの視点から撮影した２枚の写真のそれぞれを右目及び左目から別々に見えるようにすることで立体感を得ることができる．そのためには，次の１～６の手法が用いられている．

１．２枚の写真を，右目画像を左側に左目画像を右側に配置し，視線を交差させてみることで立体感を得る．交差方式と呼ばれる．

２．２枚の写真を，右目画像は右側に，左目画像は左側に配置し，２枚の凸レンズを介してそれぞれの画像を見ることで立体視を得る．以下の３～６の形式も，基本的に２と同じ原理を用いており，並行方式と呼ばれる．

３．右目用画像は赤色画像に，左目用画像は緑色画像に変換した後に一枚に合成し，右目は緑色のフィルターを，左目は赤色のフィルターを介して見ることで立体視を得る．

４．右目用左目用画像を，直行した偏光方向を持つ２つの偏光フィルターを介した後に一つ

* 北海学園大学工学部電子情報工学科
* Department of Electronics and Information Engineering, Faculty of Engineering, Hokkai–Gakuen University

図 1　Fine Pix REAL 3D W1 3Dデジタルカメラとその撮影画像（山鼻キャンパスにて撮影）

の画像に合成し，直行した偏光方向を持つ偏光フィルターを備えた眼鏡で見ることで，右目画像を右目のみ，左目画像を左目でのみ見えるようにして立体視を得る．

5．画面上では右目用画像と左目用画像を交互に表示し，その表示タイミングと同期した液晶シャッターゴーグルを用いることで立体視を得る．

6．２視点からの画像を一枚に合成した上でレンチキュラーレンズを介して見ることで立体視を得る．

などの方式が用いられている．

また近年では市販のコンパクトデジタルカメラでも，立体視用のデジタル画像撮影とレンチキュラーレンズを用いたディスプレイ表示が可能となっている．**図 1** にFUJIフィルム社製Fine Pix REAL 3 D W 1[1)]及び，そのカメラによって撮影された立体視用画像を示す．このカメラの画像も，基本的には上記の６番目の方式で，右目用左目用の２つの光学系で２枚のデジタル画像を撮影し，表示では２枚の画像の対応点から距離を計算してディスプレイ上に合成したのちにレンチキュラーレンズを介して見ることで立体的に表示している．

しかしながらこれまで述べてきた立体視は，基本的には単一の頭の位置から両眼画像を撮影した上で立体視を得る処理を行っているために，再生した立体視画像も単一の視点からの立体視しか得られない問題点がある．

1.2　多視点裸眼立体視ディスプレイの動作原理

1.1で述べた単一視点の立体視に対して，多視点裸眼立体視ディスプレイは，複数の視点からの立体視画像を同時に再生できるように改良されている．

図 2 に本研究で用いているPhilips社製WOW42インチディスプレイの基本構造と動作原理を示す．ディスプレイは，LCDもしくはプラズマパネルにレンチキュラーレンズを張り重ねた構

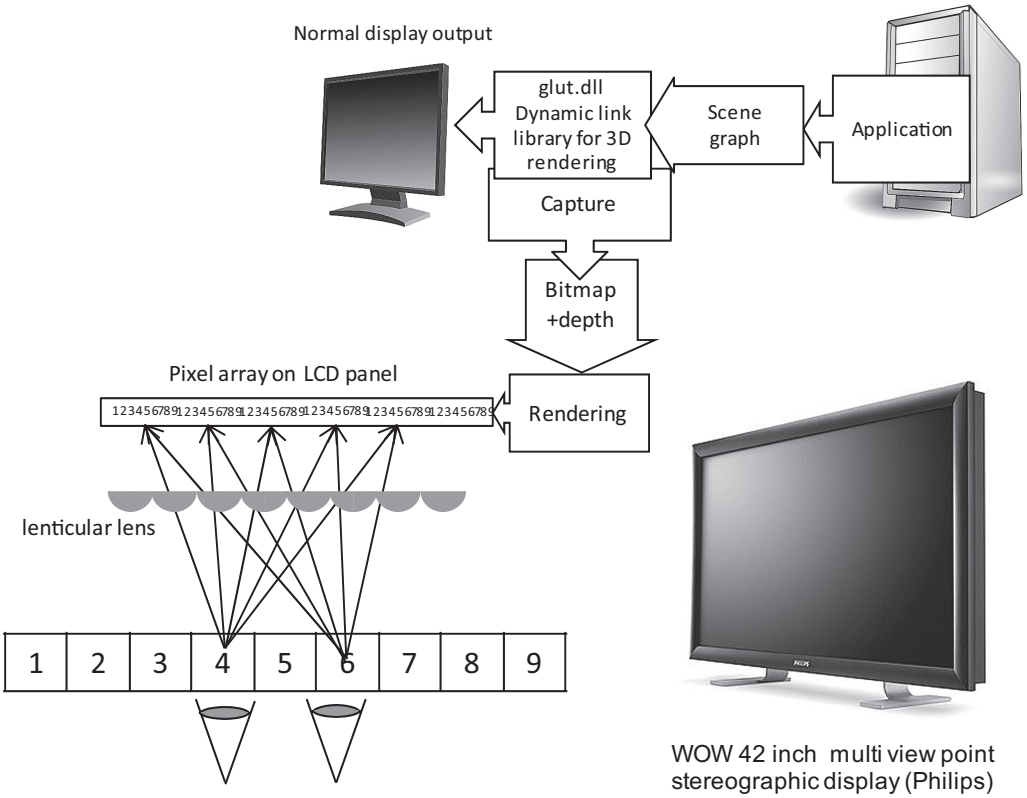

図 2　多視点裸眼立体視の原理

造になっている．通常のディスプレイでは，それぞれの画素が別個の色情報を表示しているが，多視点裸眼立体視ディスプレイでは，予め想定されている視点の数に対応する画素が横並びに描画される構造になっている．レンチキュラーレンズを介してこの画素群を見ると，画面上の同一点を見ていても頭の位置が異なると，その視点に応じた画素が見えることになる．人間が両目でディスプレイ上の同一点を見ると，右目と左目の位置に応じて異なった画素が対応することで，画面全体でも右目画像及び左目画像がそれぞれの目から見えることになり立体感を得ることができる．

図２では，３D CG画像から立体視表示を行う多視点裸眼立体視ディスプレイの動作原理を示している．PC上のアプリケーションプログラムは，３次元CG画像を表示するためにOpenGLと呼ばれるライブラリを用いている．他には，Direct−Xなどのライブラリがあるが，本研究で使用しているシステムはDicrect−Xには対応していない．立体視画像は次の手順で生成される．

１．アプリケーション側ではOpenGLの表示用DLL（Dynamic Link Library）であるglut.dllに表示する３次元形状，光源，視点などの情報を転送する．

2．glut.dllは，得られた情報をグラフィックディスプレイ上のGPU（Graphic Processing Unit）に転送し，実際の３次元立体表示はGPU上で並行して実施する．このアプリケーションからglut.dllへのコールをOpenGLコマンドと呼ぶ．

3．通常のCG画像表示におけるGPUは，与えられた形状をスクリーン座標系に変換し，ディスプレイの走査線と同一間隔の水平面で裁断し，得られた直線セグメントを視点からの距離に応じてソートする．最前面にある直線セグメントの色や表面パターンを写像したのちに，光源からの角度に応じてセグメントのRGB値を決定し，走査線の各画素レベルのRGB値を求め，画素に対応するVRAMにRGB値を書き込み，DA変換機を通してディスプレイに出力する．

4．多視点裸眼立体視用のキャプチャソフトは，OpenGLコマンドをキャプチャし，多視点裸眼立体視ディスプレイに送る．

5．ディスプレイ側では，主に画素の色情報と視点からの距離情報を元に，各画素を深度に応じてディスプレイ上に再配置を行う．

図２では，４及び６の位置に左右の眼があり，それぞれの目からは画面上の４及び６の画素が見えることになる．

本研究で用いているPhilips社製WOW42インチディスプレイでは９視点に対応しており，ディスプレイを前にして顔の位置を移動させても複数の視点からの立体視を得ることができる．この多視点裸眼立体視ディスプレイの特徴としては，次の項目がある．

1．液晶シャッター眼鏡を装備しなくても立体視を得ることが可能であるので，シャッターのOn/Off動作による画面のチラつきを感じないですむ．

2．OpenGLを用いたプログラムであれば，再コンパイルを行って新たにライブラリを追加することなしに立体視を得ることが可能である．実際OpenGL用のグラフィックデモソフトは，サイトから入手したものをそのまま立体表示することができた．

問題点としては，

1．視点の数には上限があること，及び視点位置が離散的であるために，連続的な視点位置から良好な立体視を得ることができない．また，複数の視点に対応した画素を水平方向に配列しているため，（１）片目だけで見た場合，（２）画面を別のカメラで写真に撮った場合，（３）顔を横に（両眼を縦一列に）した場合，などでは立体視を得ることができない．

2．出力できるのは，OpenGLに基づいた３D画像のみであり，直接的に２つのカメラからの画像を立体視するシステムは提供されていない．

などがある．

2．奥行き認知と痴呆の関連性に関する先行研究

豊島ら[2]は初期アルツハイマー患者と健常者との間で遠近感覚の相違に有意差があることから，立体視を応用した診察方法を提案した．本報告では，この方式を多視点裸眼立体視ディスプレイで実行可能かどうかの検証を行うことを目的としている．

図 3 に豊島らの実験装置を示す．PCディスプレイ上に予め設定した視差で対象画像を表示し，液晶シャッター眼鏡を介して交差式立体視方式で見ることで空間中に像を結ぶ．このままでは，実空間中の位置が判明しないため，実物の透明アクリル板を移動させて，モニタ表面からの距離を測定している．実際には，視差に対応させて正規化した正規化距離値を用いている．健常者かアルツハイマー患者かの有意性は，複数の視差から正規化距離を求めた上で，ジャックナイフ分析を行って判定可能であることが検証された．

同様の方式を多視点裸眼立体視ディスプレイで行う場合には，次の点が課題となる．

1．多視点裸眼立体視ディスプレイでも，ディスプレイ表面より前面に決像することは出来るが，表示されるオブジェクトは仮想３D空間中の座標値でしか与えることができない．

2．ソフト上の設定で奥行き方向の感覚を変更することが可能なため，豊島らの方式のように与えられた視差と眼球間隔との幾何的な関係から仮想空間中での座標と特定することは不可能となる．従って，実空間中での厳密な距離を求めることができず，全く同じ方

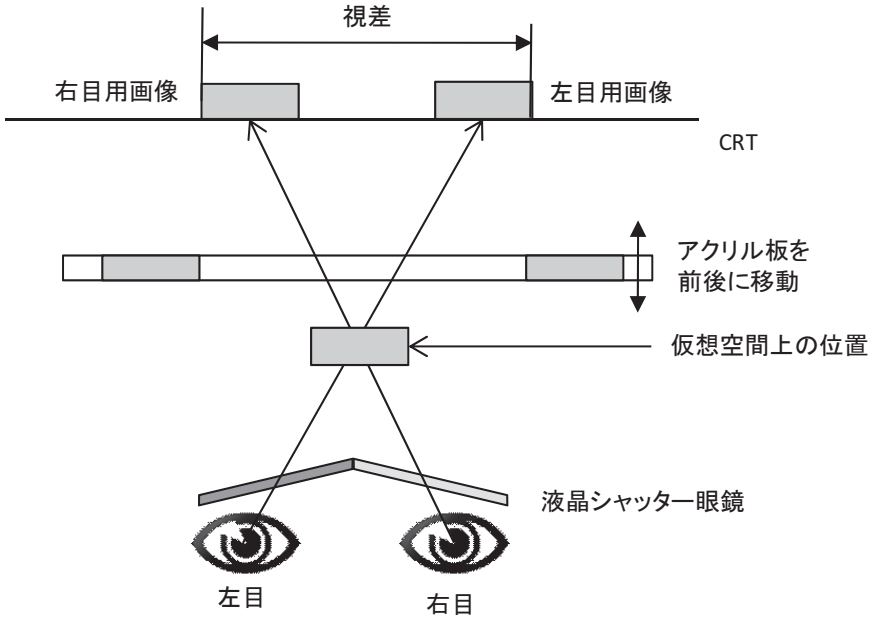

図 3　豊島ら（2）による遠近感覚測定法

式を取ることは難しいと考えられる．

本研究では，両側の指標に透明アクリル板に張り付けたマークではなく，指標自体も３Dオブジェクトとして表示し，中央のオブジェクトのみを移動させて，両側のオブジェクトとの差を認識できるかどうか，健常者及びアルツハイマー病患者で一定の傾向があるかどうかを検証する必要がある．

３．試作システム

試作したシステムは，３D空間に３個の直方体（視点であるZ軸方向から見ると正方形）を配置し，キーボードからのアルファベット入力によって中央のオブジェクトを前後させる．通常のCG映像では，遠くの物体が小さくなる透視投影が行われるが，本研究では並行投影を選択し，オブジェクトが前進後退しても他のオブジェクトに対して大きさの差が出ず，それによって遠近感によらずに距離感を掴めることがないようになっている．

図４及び**図５**に画面出力を示す．画像が横長なのは用いたディスプレイが縦横比９対16の横長ディスプレイであるためで縦横比が３対４のスクエアタイプディスプレイでは正常となる．図４では実際に測定に用いる正面（Z軸プラス方向）から見た画面を，図５では中央のオブジェクトが後退している状況を示せるように，視点を若干移動させたものを示している．オブジェクトの前後感覚のみが測定対象になるので，他のグリッドやマークなどは表示していない．

図６に３次元空間中でのオブジェクトの位置関係を示す．３つのオブジェクトは，それぞれ一辺が0.9の立方体で0.6の間隔をおいて配置されている．中心のオブジェクトの重心の初期座標は（0.0,0.0,0.0）となる．右手系の座標系なので手前側がZプラス方向，画面奥側がZマイナス方向となる．

なおOpenGLでは，視体積と呼ばれる描画対象の空間がある．これはCG描画のための視点から一定の距離範囲の体積で定義され，視体積の中に存在するオブジェクトのみが描画されるた

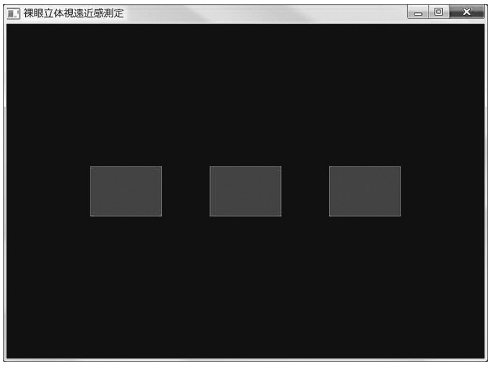

図４　測定システム画面（正面）

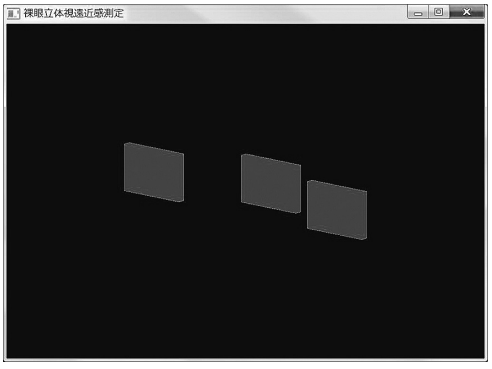

図５　測定システム画面（視点を側面に移動）

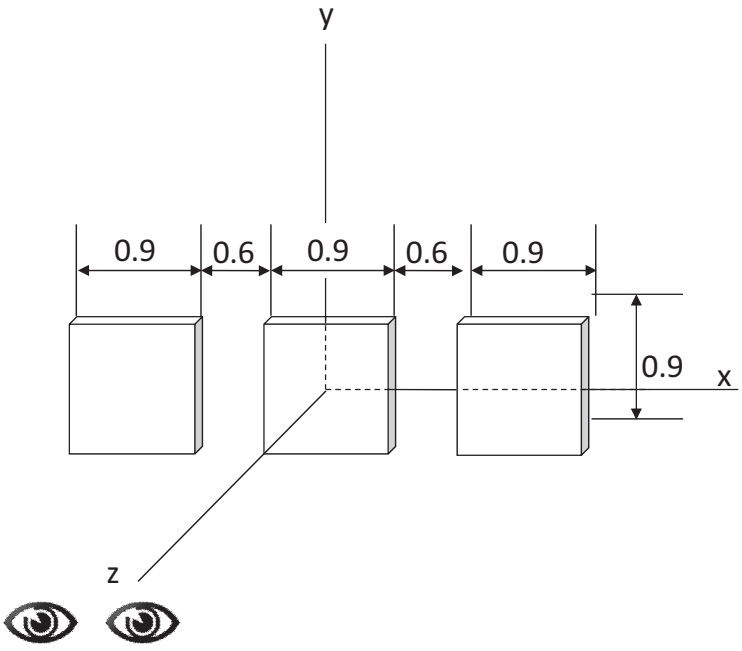

図 6　3 次元空間中のオブジェクトサイズ及び配置

め，非常に遠方もしくは視点に近い場合（視点の後側にある場合も）描画されないことになる．

4．実験及び考察

4.1　実験方法及び結果

今回は，健常者 3 人でZ軸の遠方及び近傍から中心のオブジェクトを移動させて，他の 2 つのオブジェクトと同一Z座標値に揃える実験を被験者当たり 5 回行った．これにより，多視点裸眼立体視ディスプレイを使っての遠近感覚測定が可能かどうかの判断を行う．

表 1 に実験データを示す．遠方から手前にオブジェクトを動かす場合は平均値がプラス側に，手前から奥にオブジェクトを動かす場合は平均値がマイナス側にそろっている．標準偏差は最大で3.44となっている．被験者数が少ないため予想のレベルではあるが，遠方からの接近，近傍からの移動のそれぞれの方向で，特定の偏差の範囲となる可能性があると考えられる．

4.2　考察

接近と離脱の移動方向に応じて，偏差がプラス／マイナスの傾向を取るのは，ディスプレイ上での像が揃っている状況がなかなか認識しにくく，一定量行き過ぎてないと揃ったと認知で

表1　健常者3人による遠近感覚測定

遠方（z＝－30）から手前への移動

被験者	試行回数					Av.	σ
	1	2	3	4	5		
M	4	－1	2	3	4.5	2.5	1.95
S	1.5	5	3.5	5	4.5	3.9	1.32
K	3	7	1.5	4.5	1.5	3.5	2.07

近傍（z＝70）から奥への移動

被験者	試行回数					Av.	σ
	1	2	3	4	5		
M	−2.5	−8.5	1.5	－4	−6.5	－4	3.44
S	21	23	21	16.5	20.5	20.4	2.13
K	−4.5	−3.5	－7	－9	－6	－6	1.92

きないせいと考えられる．もしこの傾向や，標準偏差の量で健常者とアルツハイマー症患者の間で有意差があれば，発症の早期発見に利用できる可能性があると考えられる．

3章でも述べたとおり，豊島らの実験では仮想空間中のオブジェクトは，3次元空間中に固定されており，これに透明アクリル板を合わせてディスプレイの表面からの距離を求めている．しかしながら本研究では，

1．全てのオブジェクトが仮想空間中に存在する

2．移動するのは，真ん中のオブジェクト一つ

3．アクリル板の周囲を見ることで，距離情報を遠近感以外から得ている可能性がある．

という点が異なっている．実験をした感覚では，例えば図5程度の位置にある場合に，Z座標のずれを明確に認知することは非常に難しく，基準値からの偏差だけでなく，標準偏差も考慮に入れる必要があると考えられる．

このため本報告では，被験者を増やすことはもちろんであるが

1．固定として扱った両端のオブジェクトを移動させ，中心オブジェクトは固定する方式

2．遠方に背景となるオブジェクトを配置して，背景→両端オブジェクト，背景→中心オブジェクトの遠近感覚も補助的に捉えることを可能とさせる方式

3．上記2に加えて空間中に微小なグリッドを配置するなど空間感覚把握を支援する方式

4．ディスプレイ上にマークを置き，これと同一平面上に見えるように固定オブジェクトを配置した後で，移動オブジェクトの実験を行う

も実験する必要があると考えられる．

5．結論

本報告では以下の項目について報告した．

1．多視点裸眼立体視ディスプレイを遠近感覚測定に用いるために，先行研究との相違点を洗い出し，初期研究として必要な検証項目について検討した．

2．実験を行い指標からの偏差には個人によって一定の傾向があること，健常者では概ね一定の標準偏差となることが判明した．

今回の報告は，多視点裸眼立体視ディスプレイを遠近感覚測定に応用した研究の第一歩なので，4.2で述べた様々な可能性を包括的に試す必要があると考えられる．

参考文献

1）3Dデジタル映像システム「FUJIFILM FinePix Real 3D System」（カタログ）http : //www.fujifilm.co.jp/corporate/news/article/pdf/ffnr0226.pdf

2）豊島他：奥行き認知と痴呆との関連性について，北海学園大学工学部研究報告第30号，平成15年2月