

インタラクティブシステム特論 | (4)

梶本裕之
人間コミュニケーション学科
kajimoto@hc.uec.ac.jp
http://kaji-lab.jp

日程

- 5/13 講義: 視覚ディスプレイ
- 5/20 講義: 聴覚
- 5/27 休講
- 6/ 3 講義: 触覚 + 発表論文振分
- 6/16 講義: 力覚
- 6/10 講義: その他の感覚
- 6/17 発表
- 6/24 発表
- 7/ 1 発表
- 7/ 8 発表
- 7/15 発表
- 7/22 予備日

インタラクティブ技術特論

前回の復習: 虚像の利用: 虫眼鏡とHMD

- Head Mounted Display

輻輳調節矛盾から出る望ましい距離に飛ばす

インタラクティブ技術特論

その他インタラクティブシステムでよく用いられる光学素子

- フレネルレンズ
- ハーフミラー
- 偏光板
- プライバシーフィルタ
- 波長フィルタ
- 光ファイバ

インタラクティブ技術特論

フレネルレンズ

通常のレンズの光路図
Figure of rays passing through a conventional convergent lens

光が直進するレンズ内部
Portion of a conventional convergent lens where rays travel straight

取り除く部分
Portion to be removed

フレネルレンズの光路図
Figure of rays passing through a Fresnel convergent lens

- 薄い平板状のため、大面積のレンズが安価、軽量に作成可能
- 照明光学系に多く使用(カメラのストロボ、灯台)
- フレネルミラーもある(表面に蒸着)

インタラクティブ技術特論

ハーフミラー(ビームスプリッタ)

- プリズムタイプ
- 平面タイプ
- 特殊タイプ

- 関連
 - ダイクロミックミラー: 特定波長のみ反射
 - コールドミラー: 可視光を反射, 赤外を透過
 - ホットミラー: コールドミラーの逆

入射光

CCD Bch

カメラ

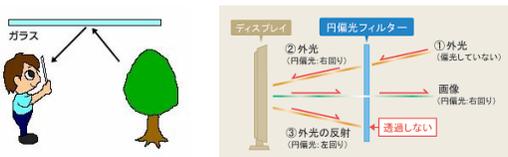
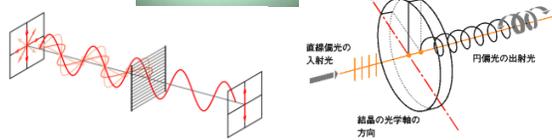
CCD

CCD Rch

インタラクティブ技術特論

偏光板

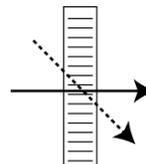
- 直線偏光
- 円偏光



インタラクティブ技術特論

プライバシーフィルタ

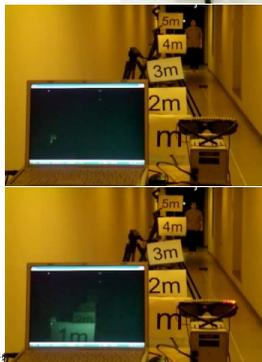
- 覗き見防止
- 撮影時には照明光の直接入射防止



インタラクティブ技術特論

波長フィルタ

- 照明光による反射光のみ撮影したい
- 太陽光の影響を避けたい
- ハイパスフィルタ(赤外防止フィルタ)
 - カメラレンズに必ず付属
 - 赤外光でホワイトバランスが崩れるのを防ぐ
- ローパスフィルタ(赤外透過フィルタ)
 - 赤外照明による撮影
- バンドパスフィルタ



インタラクティブ技術特論

光ファイバ

- ファイバスコープ
 - 撮像素子が入り込めない微細な場所で使用
- テレビ石
 - 光ファイバの束、自然の鉱石

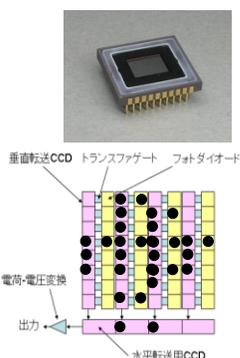


インタラクティブ技術特論

撮像素子: CCD

電荷結合素子 (Charge-Coupled Device)
2004年度までCMOSより多かった

1. トランスファゲートを閉じておく。
2. フォトダイオードを感光、電荷を蓄積。
3. トランスファゲートを開き、フォトダイオードから各垂直転送CCDに電荷をいっせいに転送する。
4. トランスファゲートを閉じる。
5. 各垂直転送CCDの電荷を1回転送し、各列の端部にあたる画素の電荷を水平転送CCDに移送。
6. 水平転送CCDに順次転送パルスを与えて全水平画素を出力。
7. 5に戻って垂直転送CCDの全画素を読み出すまで繰り返す。

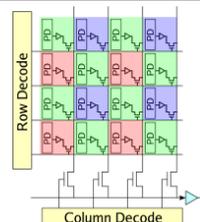


インターライン型
(他にフルフレーム型、
フレームトランスファー型)

インタラクティブ技術特論

撮像素子: CMOS

- 単位セルごとに増幅器を持つ
- CMOSロジックLSI製造プロセスの応用で大量生産が可能で、CCDと較べて安価、素子が小さい、消費電力も少ない。
- ロジック回路を同一製造プロセスで組み込める(人工網膜チップ)。
- 安価なCMOS(大抵のwebカメラ)は動画に特徴的な歪みを生じる
 - AmCapで実演
- 最大の利用数: 光学マウス(256画素)



インタラクティブ技術特論

(参考)ビジョンチップ

- CMOSイメージセンサの各画素にロジック回路を組み込んだ
- 動き検出等の画像処理の結果が直接画像として得られる
- 1ms以下のループを達成. ロボットの制御に利用可能 (東京大学石川・並木研究室)



インタラクティブ技術特論



講義目次

- 感覚総論
- 人間の視覚, **視覚センシング**, ディスプレイ技術
- 人間の聴覚, **聴覚センシング**, ディスプレイ技術
- 人間の触覚, **触覚センシング**, ディスプレイ技術
- 人間の運動, **体性感覚ディスプレイ技術**
- 拡張/複合現実感とウェアラブル技術

インタラクティブ技術特論

立体撮影

- 立体的な提示のためには, 立体的な撮影が必要
 - 光レーダ法
 - 到達時間計測(TOF)
 - モアレ法
 - 照度差ステレオ法
 - 光切断法
 - レンズ焦点法
 - パッシブステレオ法
 - 視体積交差法

インタラクティブ技術特論

光レーダ法

- 反射光の**到達時間と位相**を用いて対象との距離を測定
- 測量にも利用される最も高精度な手法

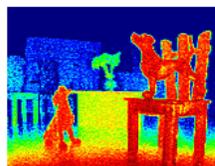
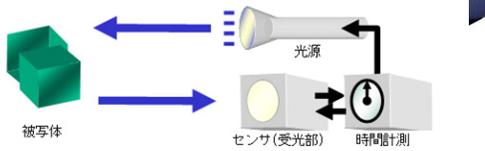


CREST 池内プロジェクト(東大) 大仏プロジェクト

インタラクティブ技術特論

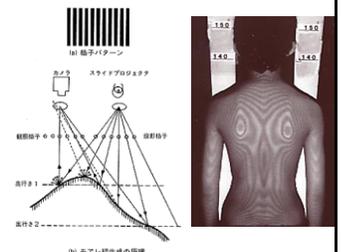
TOF(Time of Flight)法

- 光レーダ法を各画素上で行う
- CMOSイメージセンサの応用例



モアレ法

- 縞を投影
- 縞を通して撮影 (or画像処理で縞を乗算)
- 奥行きがモアレの周波数として観察される



投影格子



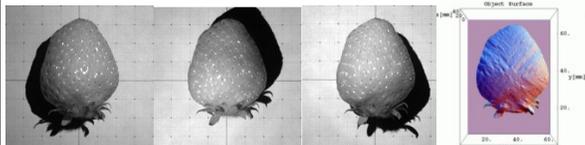
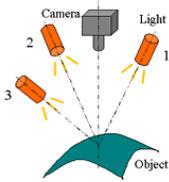
観察格子



インタラクティブ技術特論

照度差ステレオ法

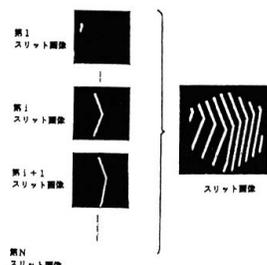
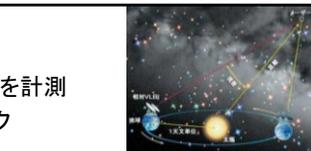
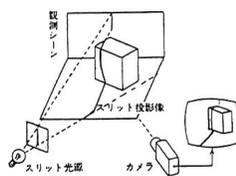
- 複数の光源を用意
- 光源による明るさの変化により、対象表面の「傾き」を知る
- 傾きを積分して形状とする
- 「傾き」だけが重要なアプリケーションでは最も簡便



インタラクティブ技術特論

光切断法

- 三角測量の原理で距離を計測
- 正確だが高速化がネック
 - スポット光
 - 光切断
 - コード化パターン光

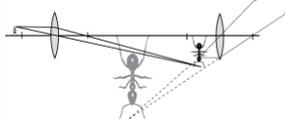


インタラクティブ技術特論

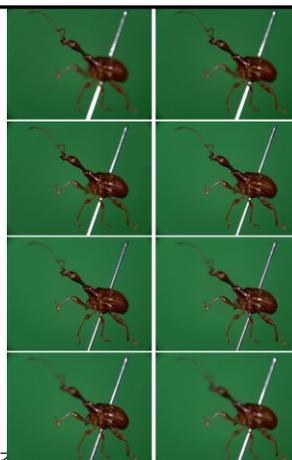
アクティブステレオ法



レンズ焦点法 (Shape from Focus)



- 焦点深度の浅い光学系を用いる
- レンズを前後に移動し、焦点距離を移動する
- ある画素で焦点が合った時刻からその画素までの奥行きを測定
- 光学顕微鏡での立体化等に活用



インタラクティブ

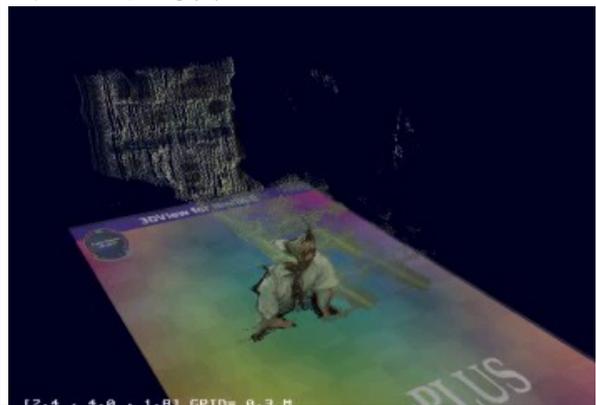
パッシブステレオ法

- 二つ以上のカメラを使う
 - 人が行っている方法
 - 三角測量の原理. 視差を利用
 - 視差検出には通常膨大な計算が必要で、誤検出も多い



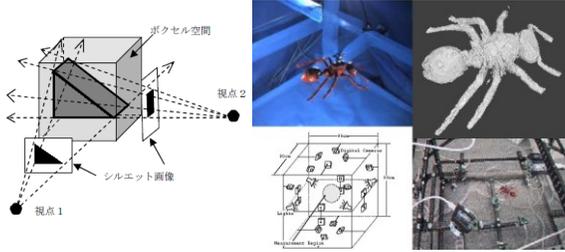
インタラクティブ技術特論

パッシブステレオ法



視体積交差法

- 全周囲から内部物体を計測する際に特に利用.
- 凹みは再現できない



インタラクティブ技術特論

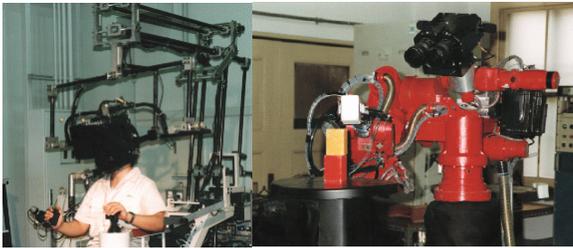
多視点映像が取れればよい

- 必ずしも立体再構成をしなくても、**任意視点からの映像**さえ分かれば、人に提示するには十分



インタラクティブ技術特論

人に合わせてカメラが動く



インタラクティブ技術特論

大量のカメラ画像による任意視点映像



試作システム

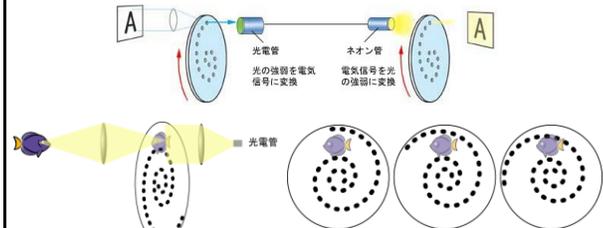
インタラクティブ技術特論

講義目次

- 感覚総論
- 人間の視覚, 視覚センシング, **ディスプレイ技術**
- 人間の聴覚, 聴覚センシング, **ディスプレイ技術**
- 人間の触覚, 触覚センシング, **ディスプレイ技術**
- 人間の運動, 体性感覚**ディスプレイ技術**
- 拡張/複合現実感とウェアラブル技術

インタラクティブ技術特論

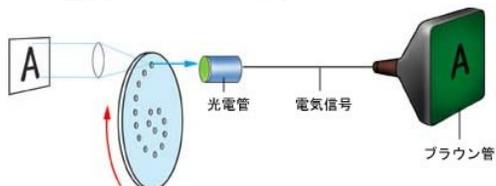
テレビの歴史(1. 機械式)



- 1877年 - イギリスのソーヤー、機械走査概念の提案.
- 1884年 - ドイツのニプコー、「ニプコー円板」の発明.
- 1925年 - イギリスのペアード、機械式テレビの開発.

インタラクティブ技術特論

テレビの歴史(2. 機械+電子式)



1897年 ドイツのフェルディナント・ブラウン、「ブラウン管」の発明。
 1908年 イギリスのスウィントン、電子式走査法を科学雑誌 Natureに発表。陰極線管テレビジョンを示唆。
 1911年 ロシアのロージング、ブラウン管を用いたテレビの送信実験を初めて公開。簡単な輪郭の受像に成功。
 1926年(昭和元年)12月25日 - 浜松高等工業学校の高柳健次郎、機械・電子折衷式テレビの開発。「イ」の字を表示。

インタラクティブ技術特論

「イ」の字



インタラクティブ技術特論

テレビの歴史(3. 電子式)



現在のテレビシステムでは、信号の伝送を電波で行っています。

1927年 - アメリカのファンズワーズ、世界初の電子映像撮影成功。世界初の全電子式テレビ発明。
 1929年 - イギリスのBBCがTV実験放送開始。
 1935年 - ドイツで世界初の定期試験放送開始。ベルリンオリンピックの中継が行われる。

インタラクティブ技術特論

二次元から三次元へ

- 立体視によって、奥行き感覚が得られる。
- =映像と「自分自身」との距離感が得られる。
- つまり映像はすでに鑑賞するだけのものではなく、**自分もそこに含まれる世界、相互作用すべき相手となる**
- 一般には「臨場感」を高める技術とされる。

インタラクティブ技術特論

三次元画像提示:使用形態による分類

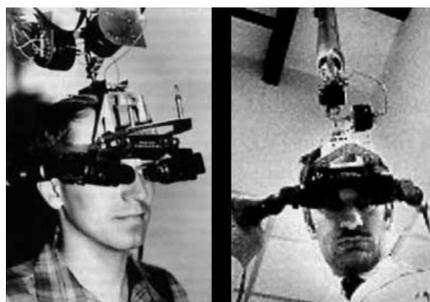
- 装着型
 - 代表: HMD (Head Mounted Display, 頭部搭載ディスプレイ)
- 設置型
 - 代表: 通常のモニタ



インタラクティブ技術特論

装着型(HMD)

- Sutherland "The Ultimate Display" (1965)



インタラクティブ技術特論

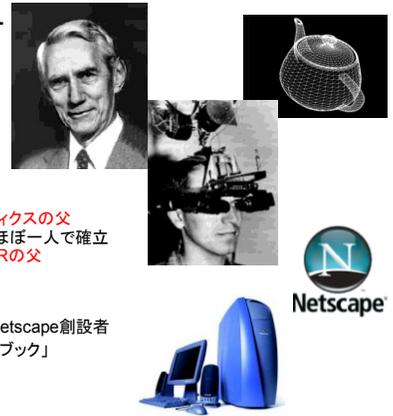
(参考) The Ultimate Display

- We live in a physical world whose properties we have come to know well through long familiarity. We sense an involvement with this physical world which gives us the ability to predict its properties well. For example, we can predict where objects will fall, how well known shapes look from other angles, and how much force is required to push objects against friction. We lack corresponding familiarity with the forces on charged particles, forces in non-uniform fields, the effects of nonprojective geometric transformations, and high-inertia, low friction motion. A display connected to a digital computer gives us a chance to gain familiarity with concepts not realizable in the physical world. It is a looking glass into a mathematical wonderland.
- The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.

インタラクティブ技術特論

(参考) 師匠と弟子

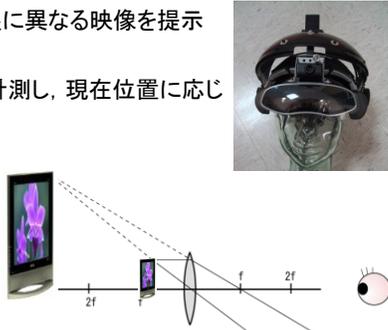
- C. E. Shannon
情報理論の父
- その弟子
 - Ivan Sutherland
コンピュータグラフィックスの父
CG技術の基礎をほぼ一人で確立
世界初のHMD, VRの父
- さらにその弟子
 - Jim Clark: SGI, Netscape創設者
 - Alan Kay: 「ダイナブック」
パソコンの父



インタラクティブ技術特論

HMD

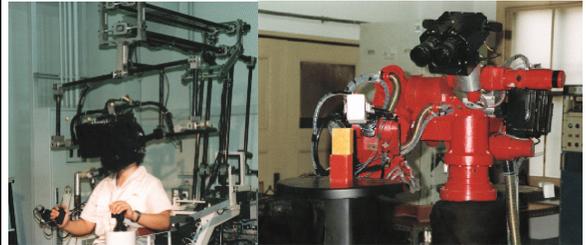
- ゴーグルから両眼に異なる映像を提示
- 頭の位置姿勢を計測し、現在位置に応じた画像を出力。
- 頭部計測
 - メカニカルリンク
 - 磁気センサ
 - 画像処理 などなど



輻輳調節矛盾から出る望ましい距離に飛ばす、

インタラクティブ技術特論

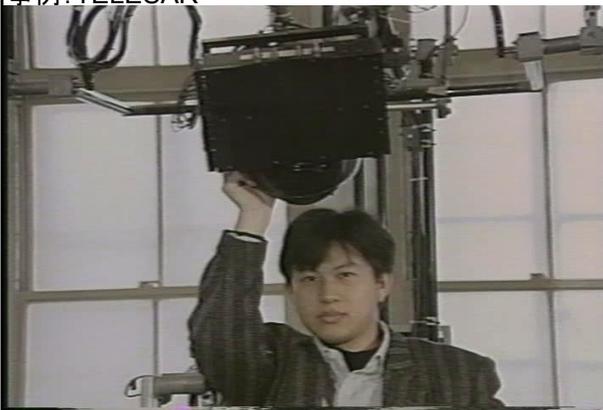
HMD用のカメラは？



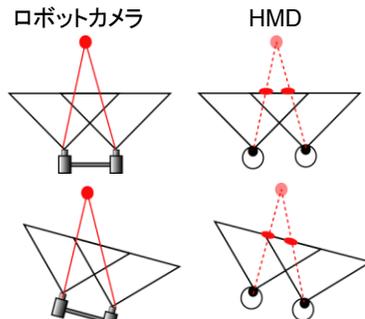
- CG世界の映像を表示するには、CG世界の右目、左目カメラを移動すればよい。
- 現実世界でもHMDと全く同じ配置のカメラを用意すればよい

インタラクティブ技術特論

事例: TELESAR



(人型)ロボット搭載カメラとHMDは相性が良い

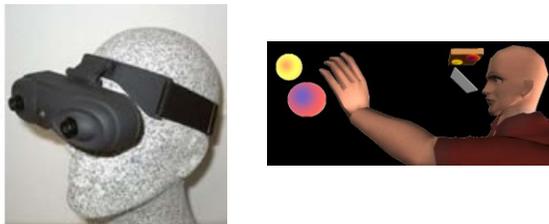


頭が回転しても問題ない

インタラクティブ技術特論

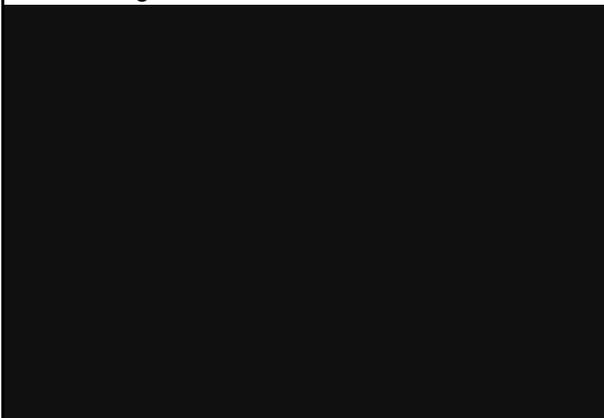
See-Through HMD

- 現実世界とCGを重ねる。
 - Video See-Through: 一度ビデオでとらえて画像で合成
 - Optical See-Through: ハーフミラーで合成



インタラクティブ技術特論

See-Through HMD



三次元画像提示: 使用形態による分類

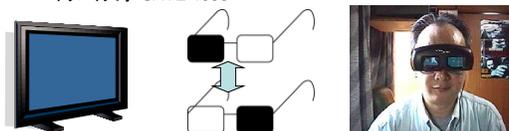
- 装着型
 - 代表: HMD (Head Mounted Display, 頭部搭載ディスプレイ)
- 設置型
 - 代表: 通常のモニタ



インタラクティブ技術特論

設置型

- ディスプレイは空間に固定。
- 何らかのフィルタで両眼に別の映像を提示
- 多数のプロジェクタを用いたIPTシステムで全周囲の環境を再現可能。
 - IPT: Immersive Projection Technology, 包囲型プロジェクション技術
イリノイ大学 CAVE 1993

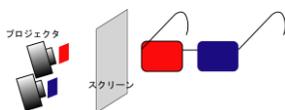


インタラクティブ技術特論

設置型のための立体視手法(1)アナグリフ方式



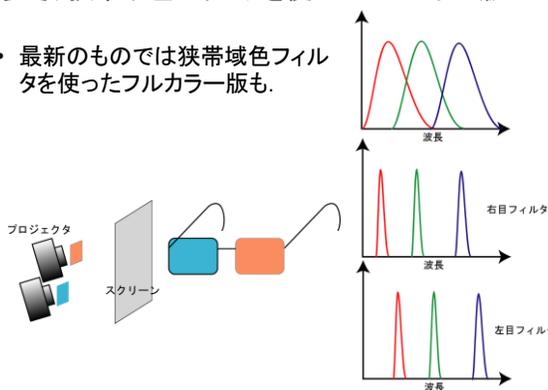
- アナグリフ(いわゆる赤青眼鏡)
 - 色を上手く再現できない



インタラクティブ技術特論

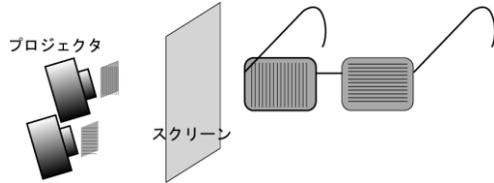
(参考) 狭帯域色フィルタを使ったフルカラー版

- 最新のものでは狭帯域色フィルタを使ったフルカラー版も。



インタラクティブ技術特論

設置型のための立体視手法(2) 偏光方式

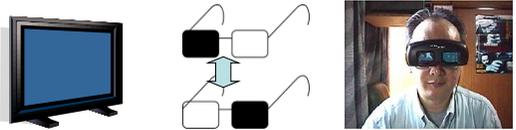


- 色再現性がよく, 安価: 現在最も普及
- 直線偏光を使う場合は頭の回転に弱い
- 反射による乱れの少ないスクリーンが必要
- 液晶ディスプレイのピクセル列ごとに偏光板の短冊を並べる方式も。

インタラクティブ技術特論

設置型のための立体視手法(3) 時分割方式

- 液晶シャッターにより, 1フレームごとに右目, 左目だけ透過させる
- チラつきを抑えるためには十分高いリフレッシュレートが必要 (120Hz程度. 液晶モニターは大半が60-75Hz)
- 複数人が, 違う映像を見ることも出来る(人数に応じて暗くなる)
- 数千円で購入可能. 手ごろ

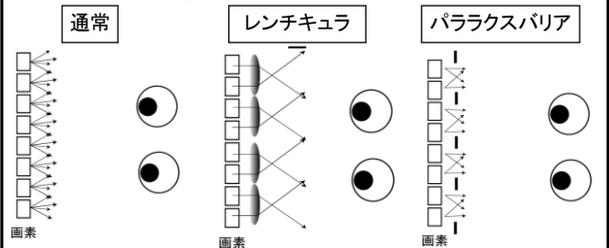


インタラクティブ技術特論

(事例) CABIN



設置型のための立体視手法(4) レンチキュラーとパララクスバリア

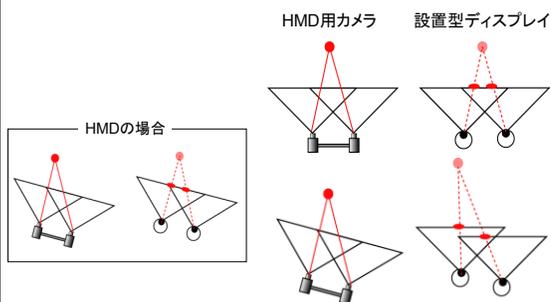


- 異なる方向に異なる画像を提示できる
- めがね不要. 頭部位置の測定不要.
- 解像度は下がる
- レンチキュラーは名刺やポスターに多用

インタラクティブ技術特論



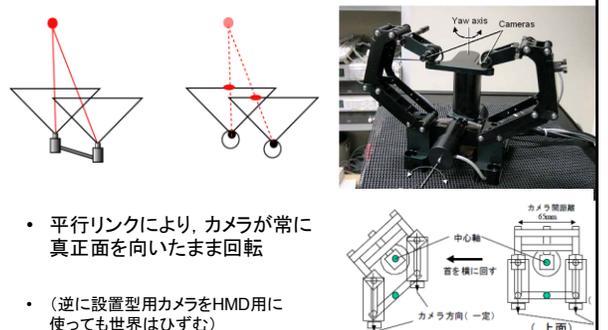
設置型ディスプレイ用のカメラは? ... HMD用のカメラを使ったら?



頭部回転で, 奥行き, 位置共に誤る(世界がひずむ)

インタラクティブ技術特論

(参考) 設置型ディスプレイ用カメラ(1999)



- 平行リンクにより, カメラが常に真正面を向いたまま回転
- (逆に設置型カメラをHMD用に使っても世界はひずむ)

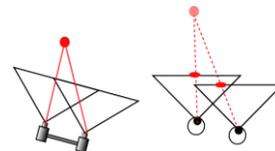
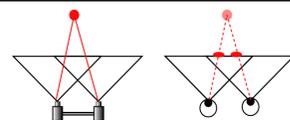
インタラクティブ技術特論

設置型ディスプレイ用カメラ(1999)

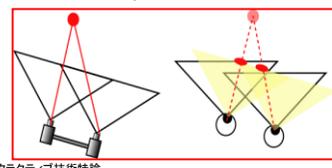


バーチャルスクリーン

- 「投影面」をコンピュータ世界上の板とする
- その板の上にテクスチャを貼ることにより
 - HMD用カメラをIPTIに使える
 - IPT用カメラをHMDIに使える
- 任意形状のスクリーンを利用可能となる



- 「動画取り込み」
⇒「テクスチャ貼り」
がリアルタイムに出来る
現在では当たり前の手法
- (すでにCGとビデオの境界は無い！)



インタラクティブ技術特論