

カメラを用いた裸眼立体ディスプレイ の計測・評価法

株式会社 日立製作所 システム開発研究所
主任研究員, 博士(情報理工学)
小池 崇文

- ・ ビジネス
 - メガネ方式
 - ・ 大型FPDを中心に2010年より本格化
 - 裸眼方式
 - ・ 小型FPDを中心に携帯電話・デジタルカメラで2009年より本格化。
日本・韓国・台湾で盛んな研究開発
- ・ 標準化
 - ISO/TC159/SC4/WG2
 - ・ 裸眼立体ディスプレイの光学特性に関するTR
 - IEC/TC110
 - ・ 裸眼立体ディスプレイの光学測定法に関するNWIP (PT62629)
 - ICDM DMS
 - ・ SID
 - ・ 立体ディスプレイの測定法

TR: Technical Report
NWIP: New Work Item Proposal
ICDM: International Committee for Display Metrology
DMS: Display Measurement Standard

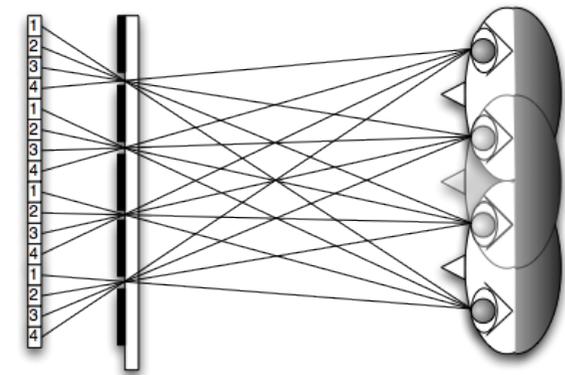
日本では、裸眼立体ディスプレイの測定法を確立すべく、国内関係者で、実機を対象とした測定実験を実施している。

- ・ コノスコープを用いた角度方向輝度プロファイル測定
 - 2009年4月実施
 - 3点
- ・ 面輝度計を用いた面内輝度分布プロファイル測定
 - 2009年6月実施
- ・ コノスコープを用いた角度方向輝度プロファイル測定
 - 2010年1月実施
 - 9点
- ・ 高精細輝度計を用いた角度方向高精度輝度プロファイル測定
 - 2010年2月実施

- 簡易計測方法の重要性
 - 製品化・国際標準化を考えた場合に、お金・時間ともに消費が多い手法は使えない → なるべく簡易な方法であること
 - 再現性が高い(誰でも使える)こと
 - 本質をつかむ測定であること
- 画像処理の重要性
 - 近年、CV (Computer vision)技術が飛躍的に進歩し、様々な分野で実用化 (例. 顔認識)
 - 計測の自動化を実現する上でも必要
- 人間の視覚に近い計測法の重要性
 - 人の見た目が定量化できると嬉しい
 - 現状、カメラが一番人間の視覚に近いデバイス

・ 二眼/多眼方式

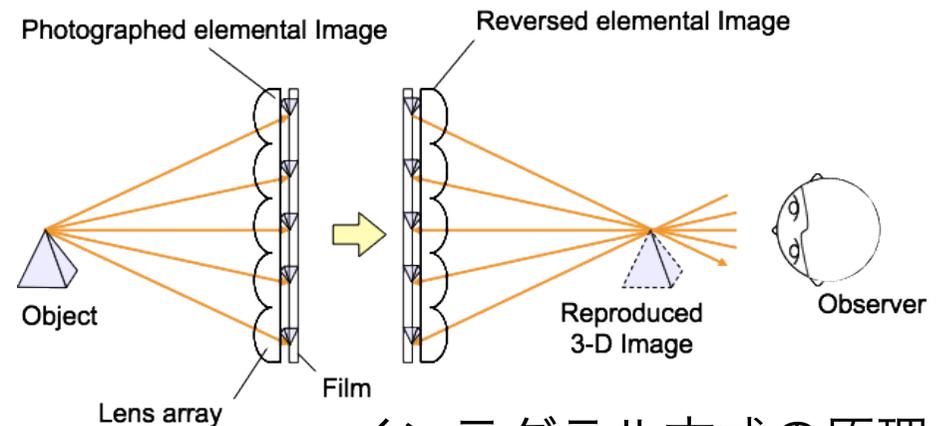
- ユーザの視点位置を想定して設計
- 視点が定義されている
- 視点が定義されていることを利用した測定が可能
 - ・ ローブ
 - ・ クロストーク



多眼方式の原理

・ インテグラル方式

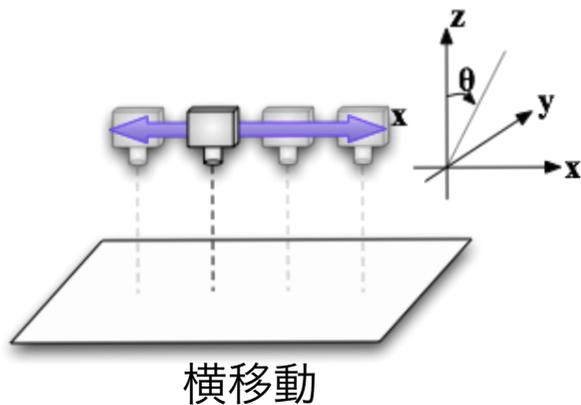
- ディ스플레이面から出る光線で設計
- 視点が定義されない
- 視点が未定義でも適用可能な測定
 - ・ 解像度



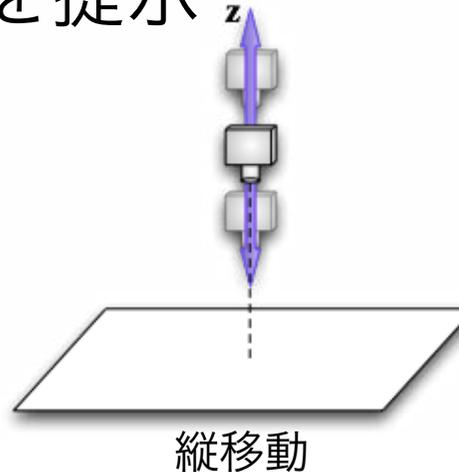
インテグラル方式の原理

参考文献:
小池崇文, “光線空間のサンプリングに基づいた多眼式立体ディスプレイ及びインテグラルフォトグラフィ立体ディスプレイの測定”, 4E, FPDの人間工学シンポジウム2009.

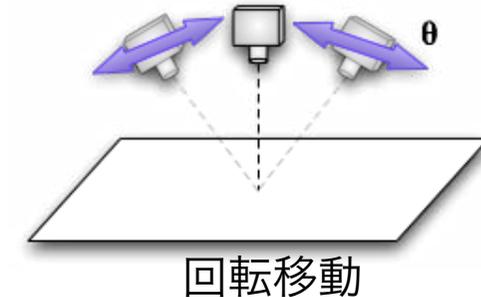
- カメラ移動方向による分類
- 各移動方向に特徴(利点・欠点)
- 立体ディスプレイならではの測定(例, 縦移動によりローブ測定)も
- 実機での測定例を提示



利点: 輝度プロファイル測定
欠点: プロファイル測定範囲が、カメラ(レンズ)の画角依存



利点: ローブ測定
欠点: カメラ(レンズ)の被写界深度に制限される



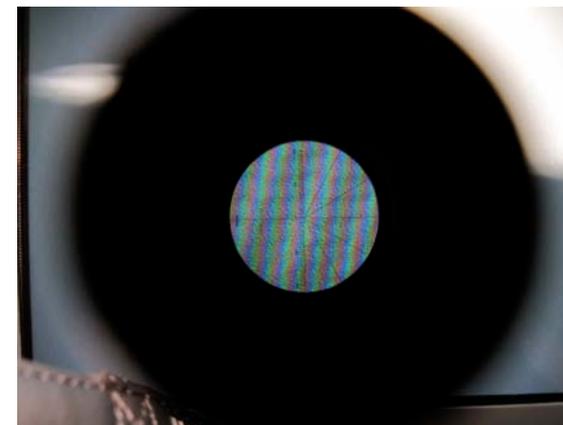
利点: 広角輝度プロファイル
欠点: 中心の設定, カメラの被写界深度の影響

測定対象: 8インチ 5眼 多眼方式

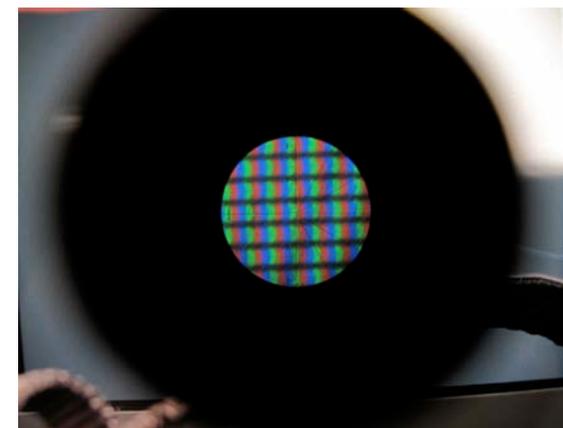
- 市販3Dディスプレイ
- 多眼方式
- 斜めバリア
- 画面サイズ: 8.4"
- 解像度: 1024 × 768 (XGA)
- 視点数: 5
- 推奨視距離: 0.90 m
- 最小視距離: 0.65 m
- 最大視距離: 1.50 m



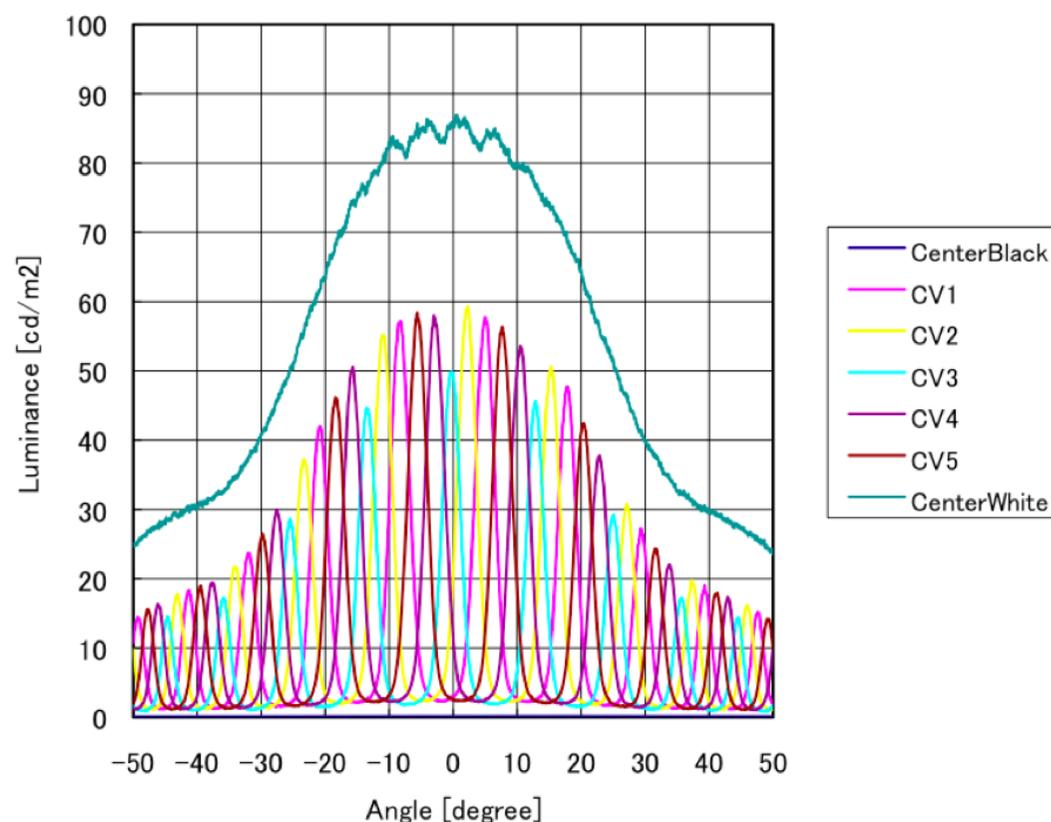
バリアの拡大写真



カラーフィルタの拡大写真



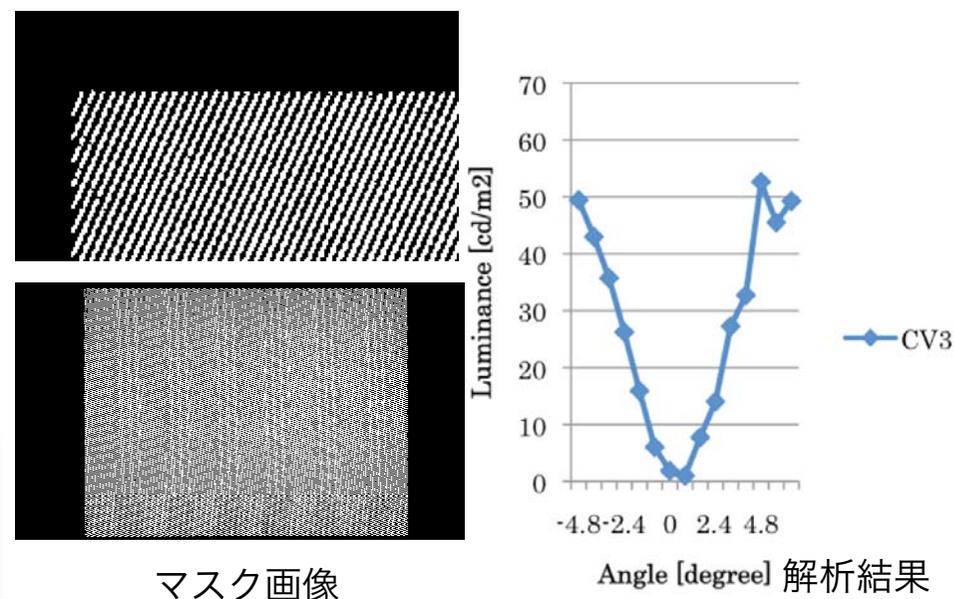
- コノスコープを用いた輝度プロファイル測定
- -50度から50度までの広範囲
- CV1: 視点1のみ白, 残り視点は黒の画像を表示した際の輝度プロファイル
- 本データを解析することによって, クロストークや視域などを求めることが可能
- 測定機器は高価
 - 角度特性は効率よく取得
 - 面内輝度分布などは, 他の方法が効率よい



輝度プロファイル

カメラを用いた輝度プロファイル測定: 手法と結果

1. カメラ平行移動で右図のような写真を撮影 (全白・対象視点3)
2. 全白表示の結果からバリア部以外マスクを作成
3. 測定画像と差分処理を行い、バリア部分以外を抽出
4. バリア以外の発光部分の平均輝度をプロット



参考文献:

Takafumi Koike et al., "Measurement of Autostereoscopic Displays with Parallel Movement of Conventional Camera", P.47, Eurodisplay 2009.

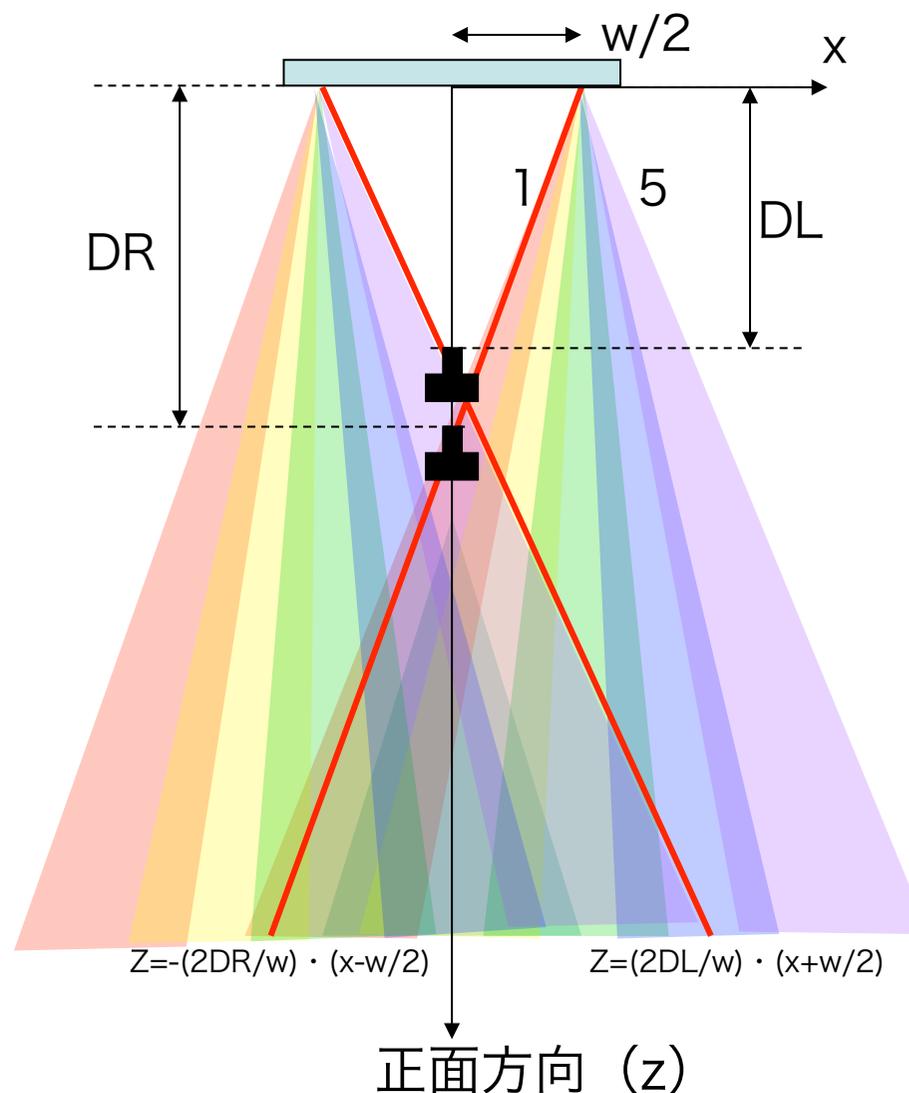
1. カメラをディスプレイに近づけていき、画面の右端において、視差画像1のみ白の場合と視差画像5のみ白の場合の輝度が同等になる距離を見つける
2. 距離DRにおいて、ディスプレイの右端を見込む角度が、視差画像1のみ白の場合と画像視差画像5のみ白の場合の輝度が同等な角度となり、以下の直線で示される

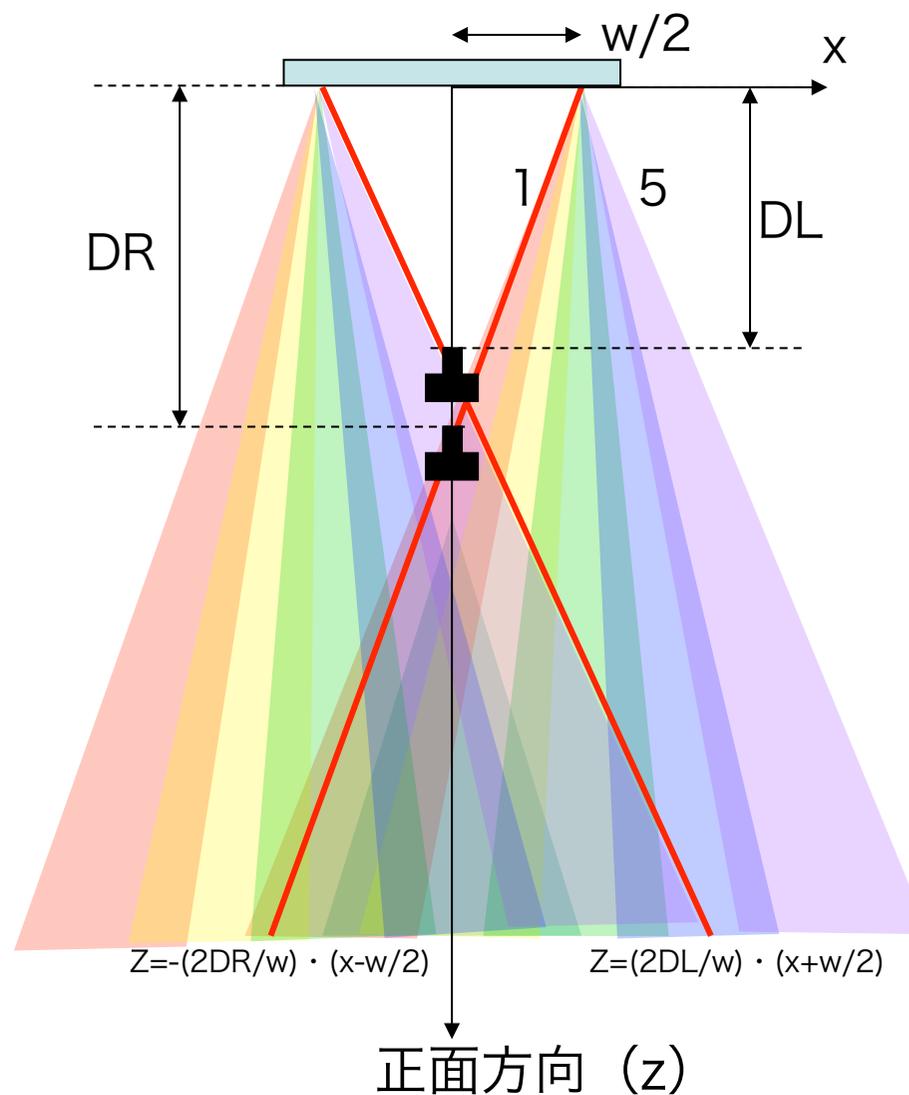
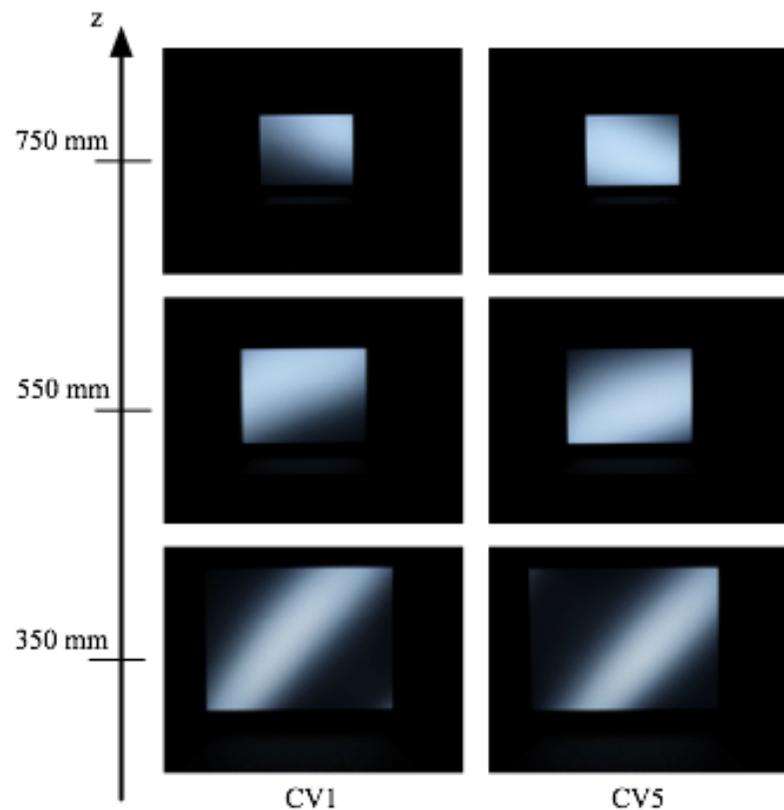
$$Z = -(2DR/w) \cdot (x - w/2) \quad \dots(1)$$

同様にして、もう一本の直線は、

$$Z = (2DL/w) \cdot (x + w/2) \quad \dots(2)$$

DR: 画面右端において視差画像1のみ白の場合と視差画像5のみ白の場合の輝度が同等になる距離
DL: 画面左端において視差画像1のみ白の場合と視差画像5のみ白の場合の輝度が同等になる距離

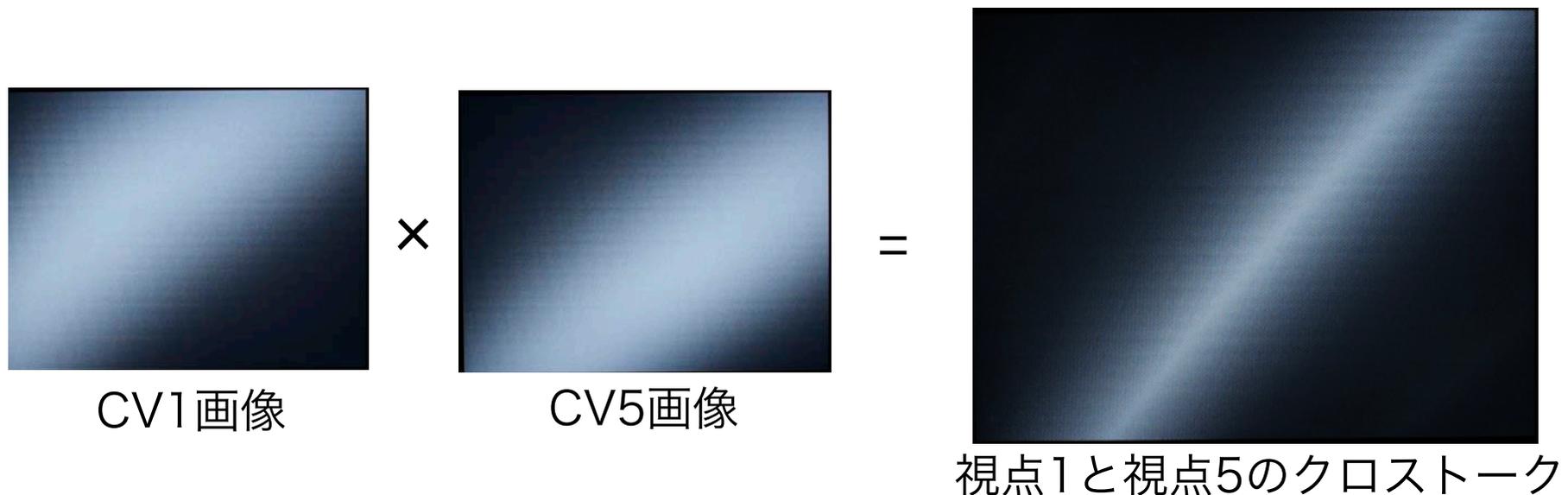




右図より550mm付近が
最短視距離であるこ
とが確認できる

クロストーク: 手法と結果

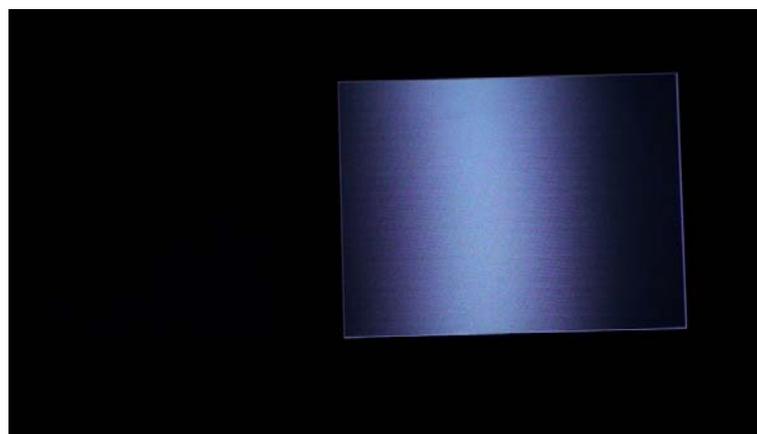
- カメラ固定
- CV1とCV5の同一視点画像の差分を計算することで、クロストークの可視化が可能
- 適切にスケールリングすることで、厳密な計測にも適用可能



CV1: 視点1のみ白, 残り視点は黒の画像を表示
CV5: 視点5のみ白, 残り視点は黒の画像を表示

- ・ 現在の裸眼立体ディスプレイにおいては、パネルとバリアやレンチキュラの貼合せに問題がある物も存在
- ・ 熱などによる時間変化の可能性
- ・ ビデオカメラと映像編集ソフトを使うことで容易に測定可能
- ・ 時間変化の計測にも有効

時間変化例 (カメラ固定で測定)



電源投入時



約2時間後

- カメラの平行移動による輝度プロファイル測定には精度の問題
 - 事前キャリブレーションの高精度化と、カメラパラメータ(ピントなど)の調整
 - 高精度輝度計の回転を用いた測定
- 今回紹介したローブやクロストーク測定は、視点があることを仮定している測定方法
 - そのままではIP/II(視点非設定タイプ)に利用できない
 - 視点設定/非設定に分ける根拠の一つ
- IP/IIには別測定方法 (付録参照)
 - 解像度測定
 - 視域測定

IP: Integral Photography
II: Integral Imaging

- ❶ カメラを用いた計測の重要性
 - ❶ より簡単で、かつ本質を外さない測定が可能
 - ❶ 国際標準化
- ❷ 立体ディスプレイ計測における、画像処理技術の重要性
 - ❶ 将来の自動測定へは必須の技術
- ❸ 視覚特性との関連性も含めた測定法の確立が将来の課題

END

カメラを用いた裸眼立体ディスプレイの計測・評価法

株式会社 日立製作所
システム開発研究所

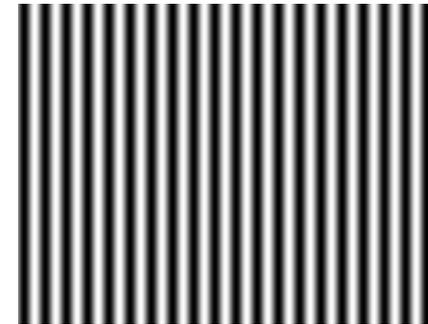
小池崇文
<takafumi.koike.jf@hitachi.com>

付録

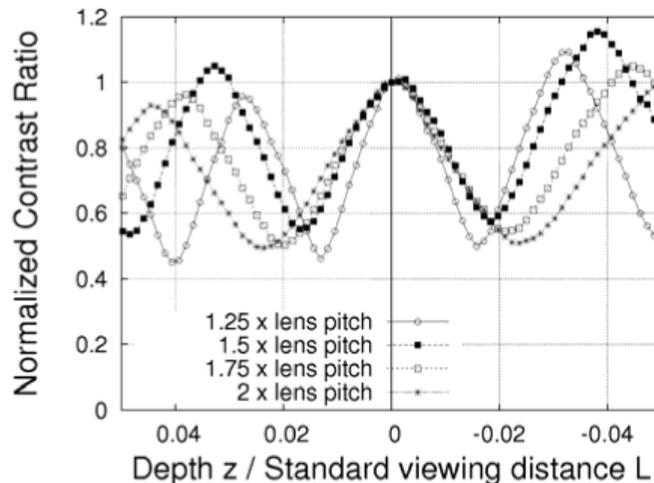
(インテグラル方式の測定法)

参考: IP/II 解像度測定 1 (ex. 1D II)

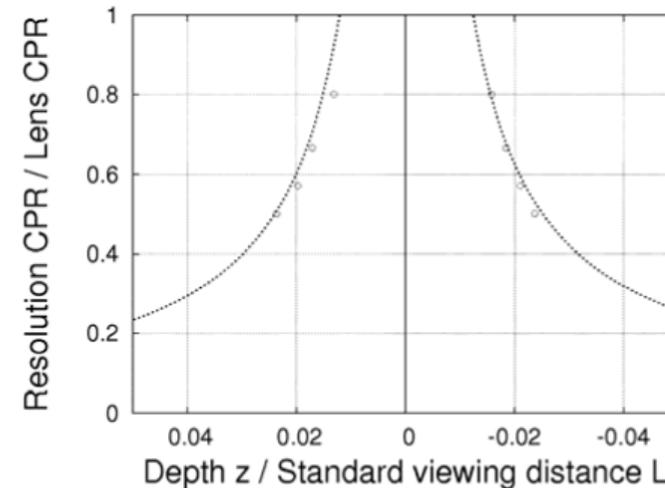
- 1次元インテグラル方式 [Saishu: IDRC 2008]
- 任意飛び出し位置での解像度を測定
- 正弦波パターンを作成しディスプレイに表示
$$I(x) = I_0 \sin(\omega x + \theta)$$
- カメラで撮影
- コントラストをプロット



正弦波パターン



コントラスト [cited from IDRC 2008 P-32]

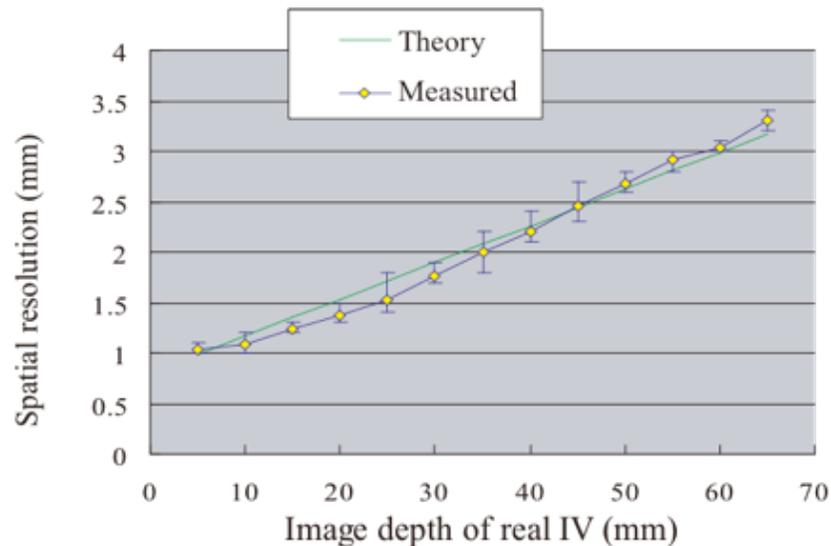


解像度 [cited from IDRC 2008 P-32]

- ICDM DMS にも記載予定

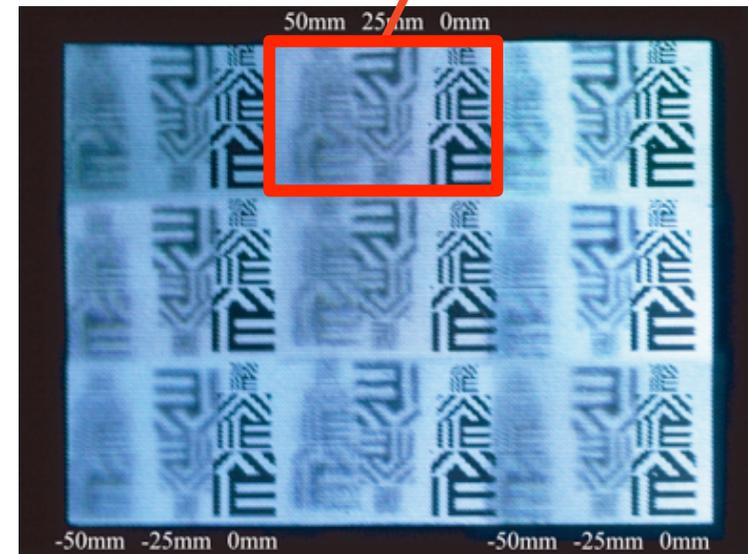
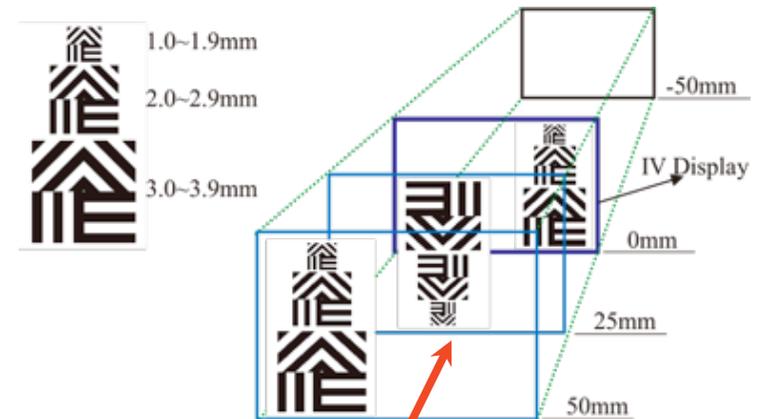
参考: IP/II 解像度測定 2 (ex. Full Parallax IP)

- フルパララックスインテグラル方式 [Liao: Applied Opt. 2005]
- 飛び出し位置を限定して解像度測定
- 計測時間の短縮化



解像度グラフ

(cited from Appl. Opt. 2005)



テストパターン

(cited from Appl. Opt. 2005)

参考: IP/II 解像度測定 3

● マルチプロジェクションタイプインテグラル方式
[Koike: IDW'09]

● 画素とレンズの関係が単純ではない

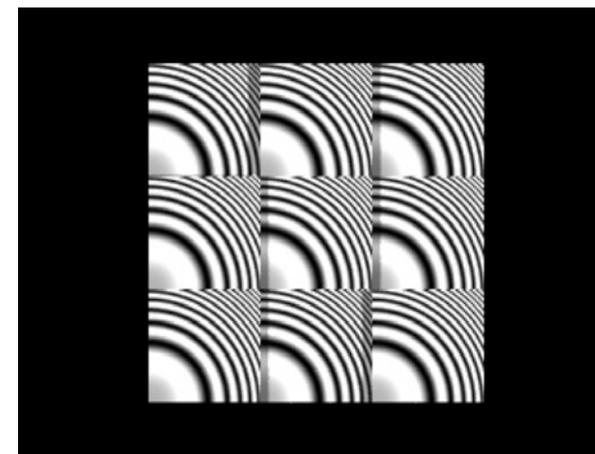
● 異なる高さにテストパターンを表示

● 例. +10, 0, -10 mm

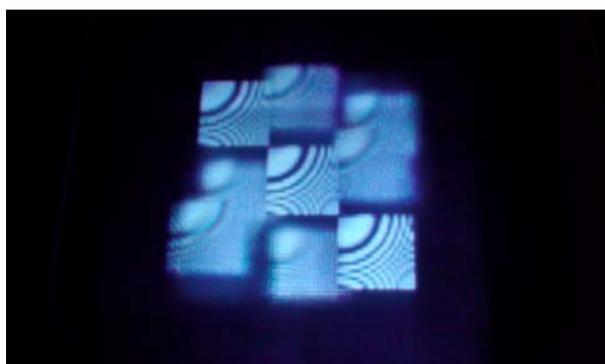
● 右記のようなテストパターンを表示

● 例. $I(x,y) = I_0 \sin(w(x,y) \cdot x)$

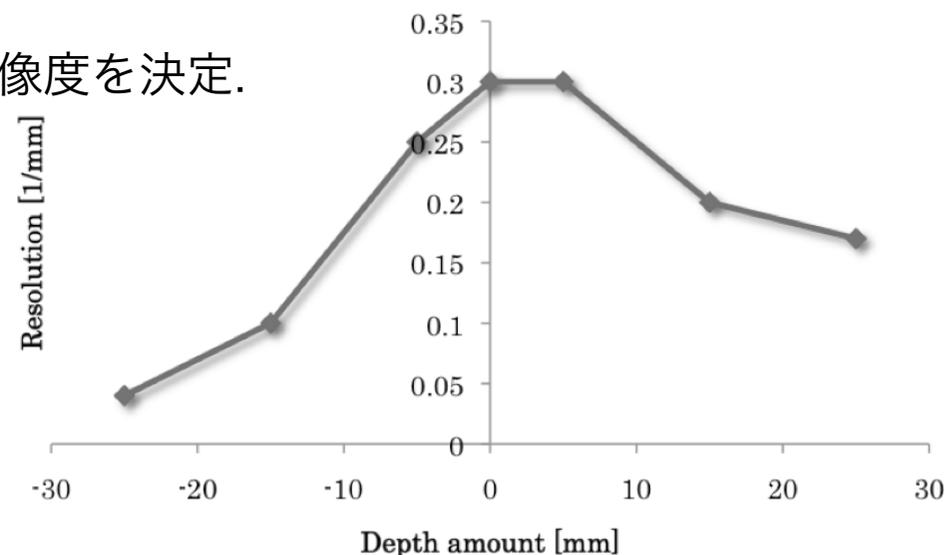
● 視認できる線の本数を数えることで解像度を決定.



テストパターン



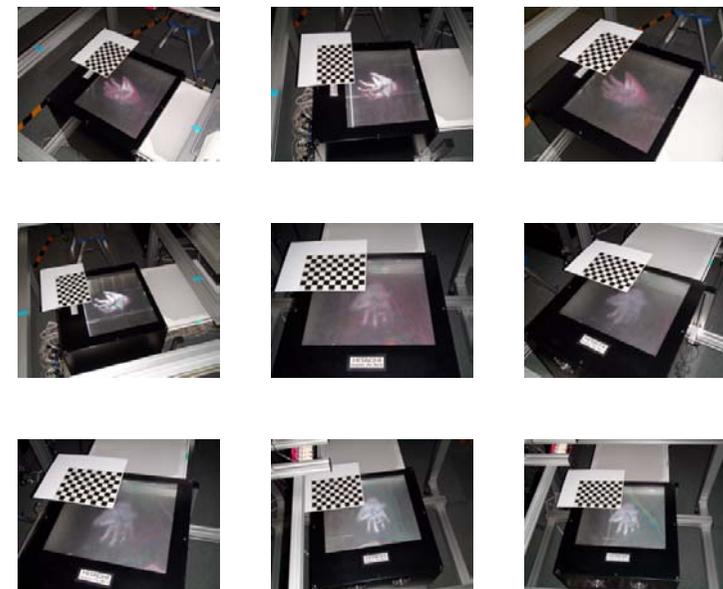
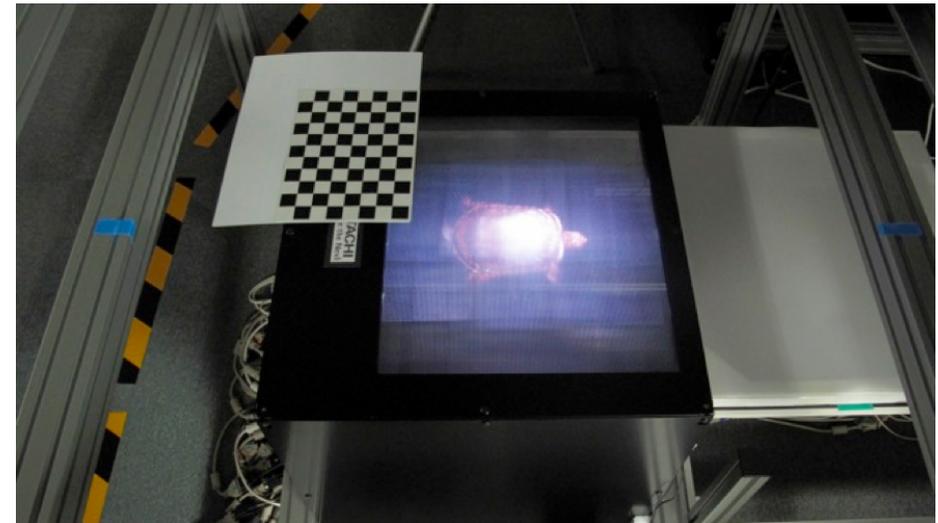
テストパターン
(3つの異なる高さに表示)



解像度グラフ

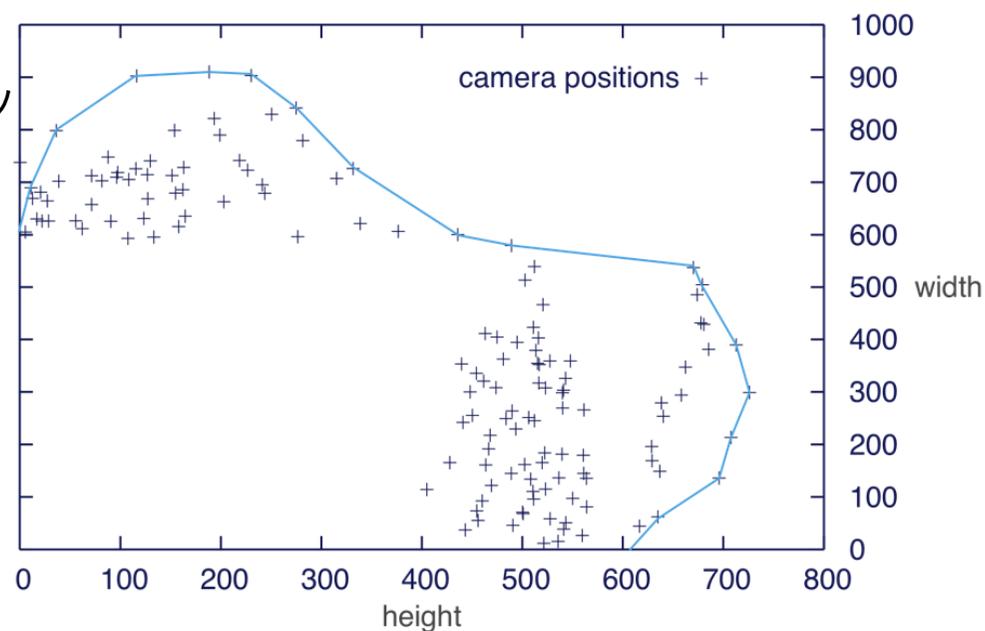
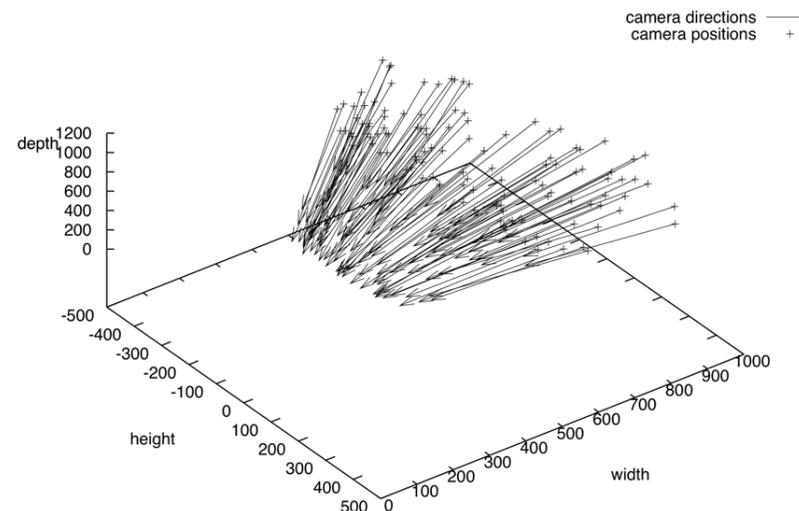
参考: IP/II 視域測定

1. チェスボードパターンを3Dディスプレイに隣接して設置 (右上図)
2. 視域の境界領域の画像を撮影 (右下図)
この時、チェスボードパターンが写るように
3. 撮影画像から、カメラの位置と方向を計算
4. カメラの位置と方向をプロットし、凸法を求めることで、視域を求める



マルチプロジェクションタイプインテ
グラル方式の測定法 [Koike: IDW'09]

1. チェスボードパターンを3Dディスプレイに隣接して設置 (右上図)
2. 視域の境界領域の画像を撮影 (右下図)
この時, チェスボードパターンが写るように
3. 撮影画像から, カメラの位置と方向を計算
4. カメラの位置と方向をプロットし, 凸法を求めることで, 視域を求める



マルチプロジェクションタイプインテグラル方式の測定法 [Koike: IDW'09]