

# 光学測定結果に基づく立体視可能な領域の解析法

2010.3.5  
NTT ドコモ  
先進技術研究所  
堀越 力



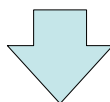
1

© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

## 立体視の条件

左右の目に異なる映像が投影されていること  
両眼視可能な像が投影されていること  
左右の画像に輝度の違いがないこと、  
左右の画像の表示位置のずれがないこと  
...

どのように知覚しているかは、観察者本人しかわからない



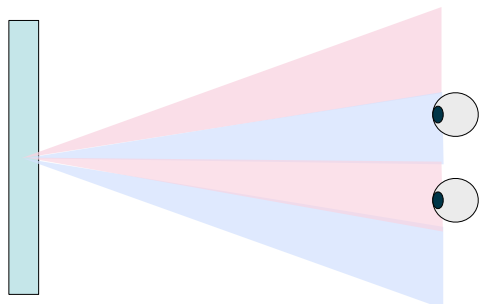
両目に設計どおりの映像が投影されているかどうか？  
光学測定により解析する



2

© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

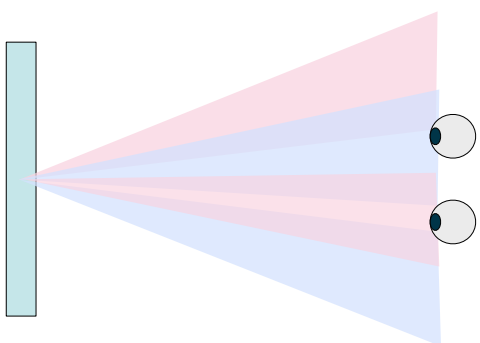
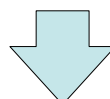
# 立体視の条件



右目用の映像は右目に投影

左目用の映像は左目に投影

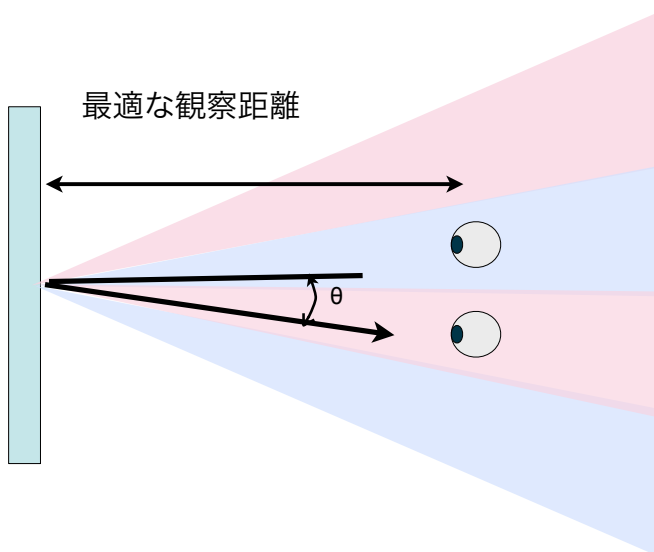
立体視はできているはず



しかし、実際は、異なる視点映像の光が混入し、立体映像の画質が劣化している

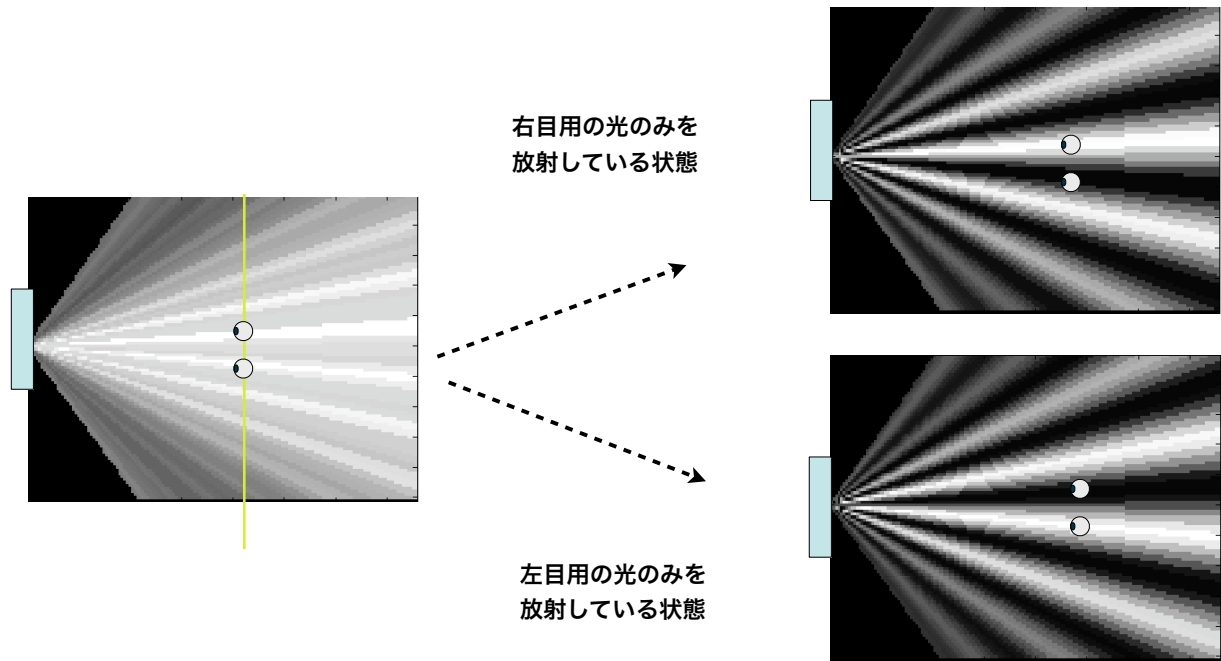
# 立体視領域の解析

## 2眼方式の3Dディスプレイ



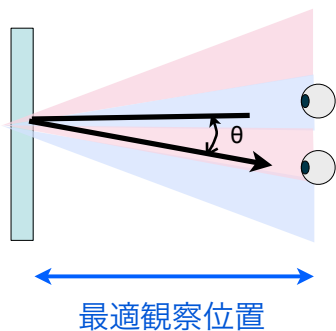
最適な観察位置に、所望の光線が届いているかどうかを解析することで  
3Dディスプレイの性能を検証する

## 2眼方式3Dディスプレイから放射される光

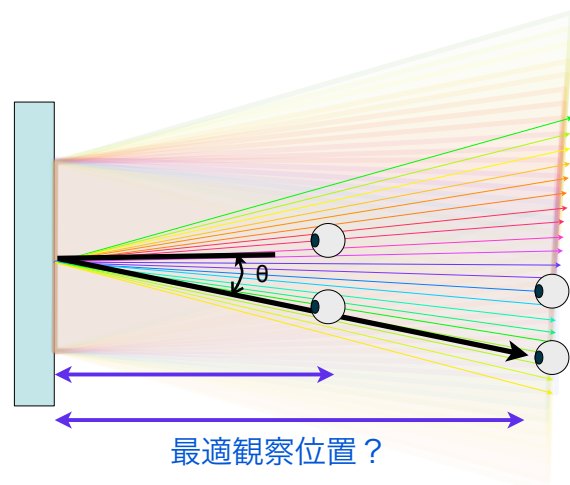


## 立体視が可能な観察位置

2眼方式



インテグラル方式



観察距離が変わると、立体視を構成する画像の組み合わせも変わる  
従来のような最適観察位置での解析ができない

# 何をもって評価するか？

## 立体視が可能な光線が届いているかを評価する

左右の目に投影されるべき光が、設計どおりに投影されているか？  
が一つの基準

目に入る光のコントラスト：  
(所望の視点の光) / (他の視点から漏れて入ってきている光)

左右の目に同時にコントラストの高い光が入ってきていることが望ましい

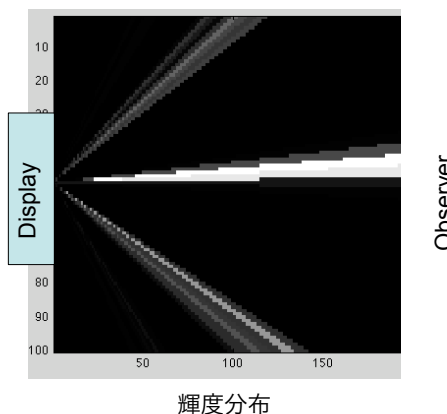
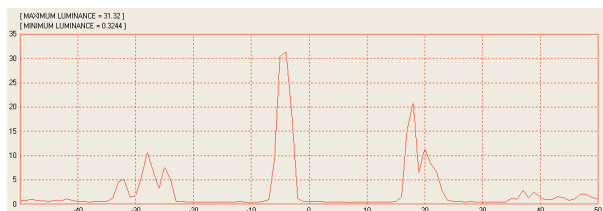
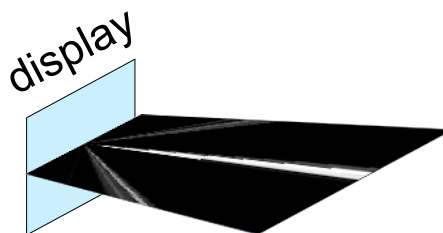
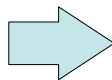
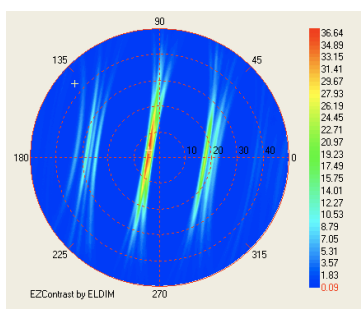
7



© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

## 輝度分布計測

放射角方向の輝度分布



輝度分布

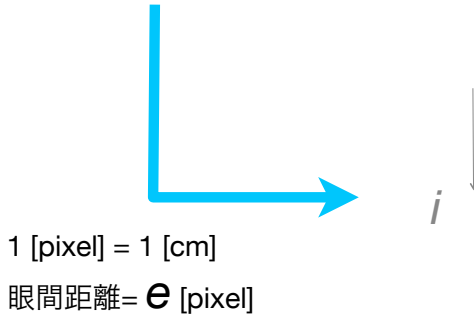
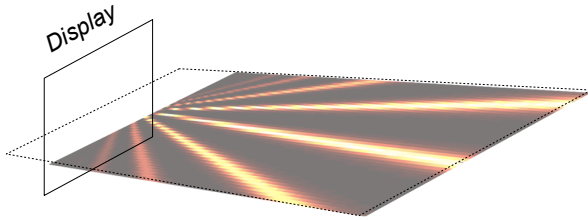
計測装置 (ELDIM社製)

8

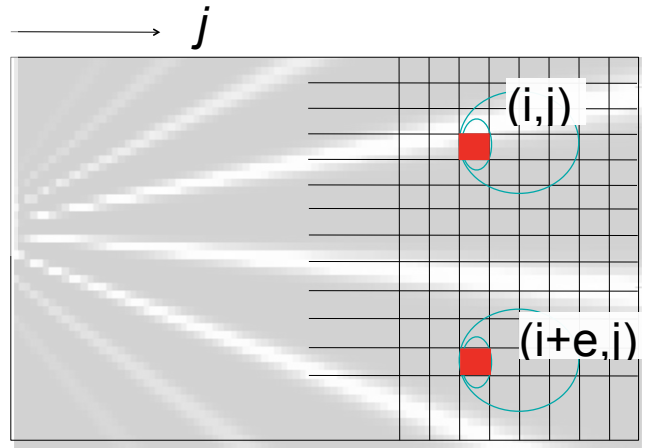


© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

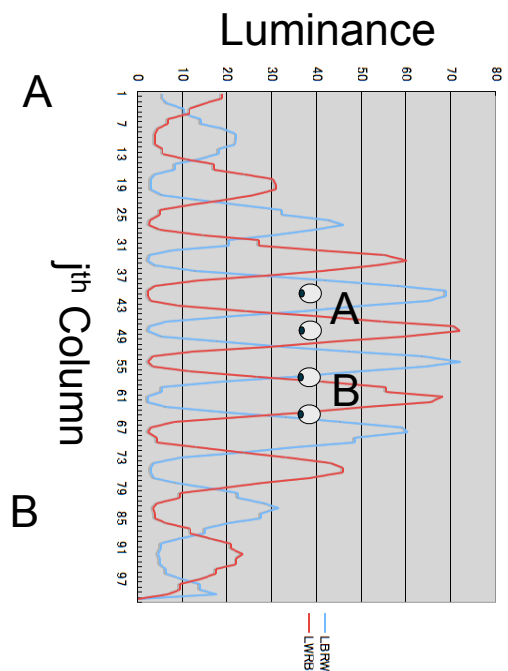
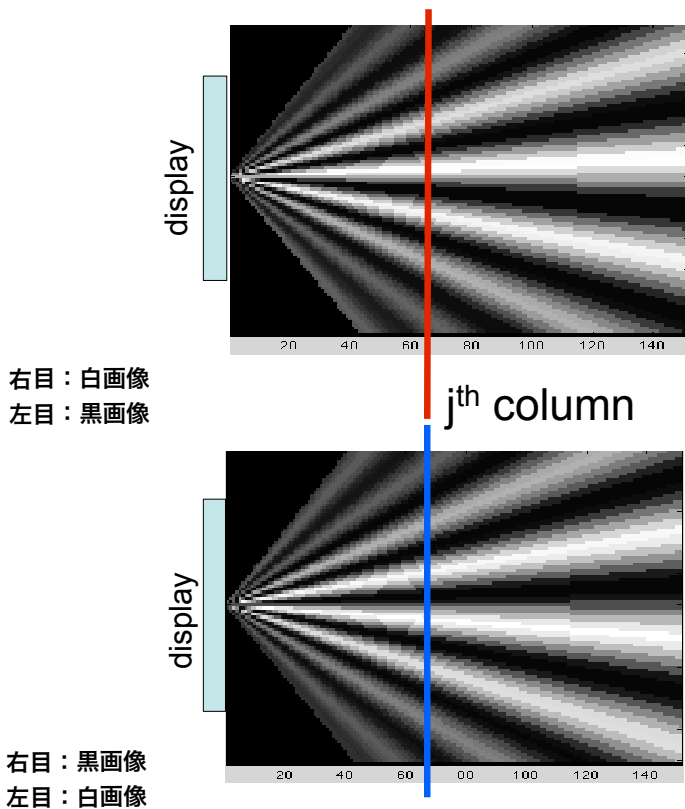
# 輝度パターン画像の生成



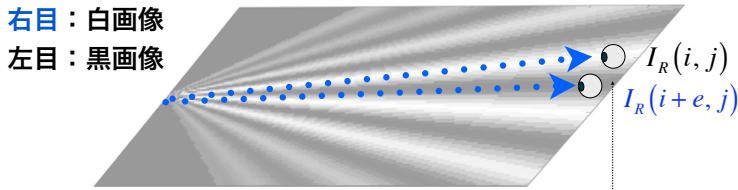
視点#1の光線分布:  $I_i$



# 輝度分布：2眼方式の3Dディスプレイ



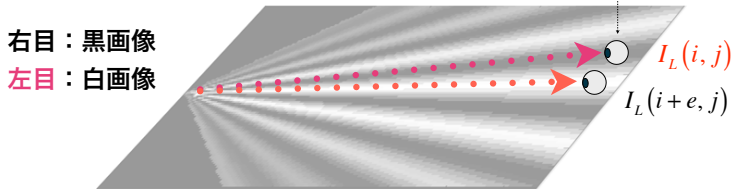
# 眼間距離における3Dコントラスト



右目のコントラスト

$$\frac{I_R(i, j)}{I_L(i, j)}$$

右目に入ってくる光線の輝度値  
左目に入るべき光線が右目に漏れている光線の輝度値



左目のコントラスト

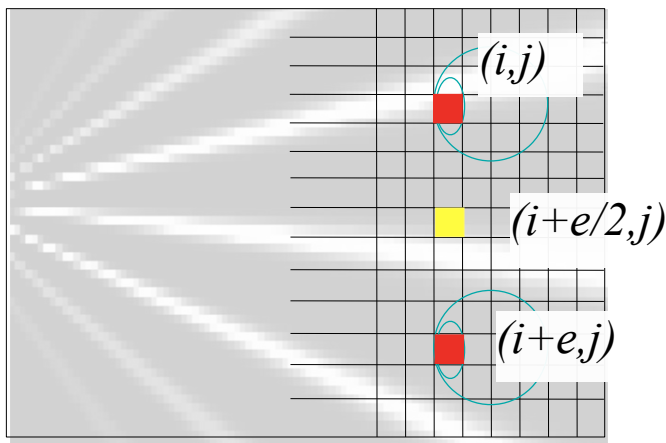
$$\frac{I_L(i+e, j)}{I_R(i+e, j)}$$

左目に入ってくる光線の輝度値  
右目に入るべき光線が左目に漏れている光線の輝度値

眼間距離 =  $e$  画素

$I(i, j)$  :  $(i, j)$ における輝度値

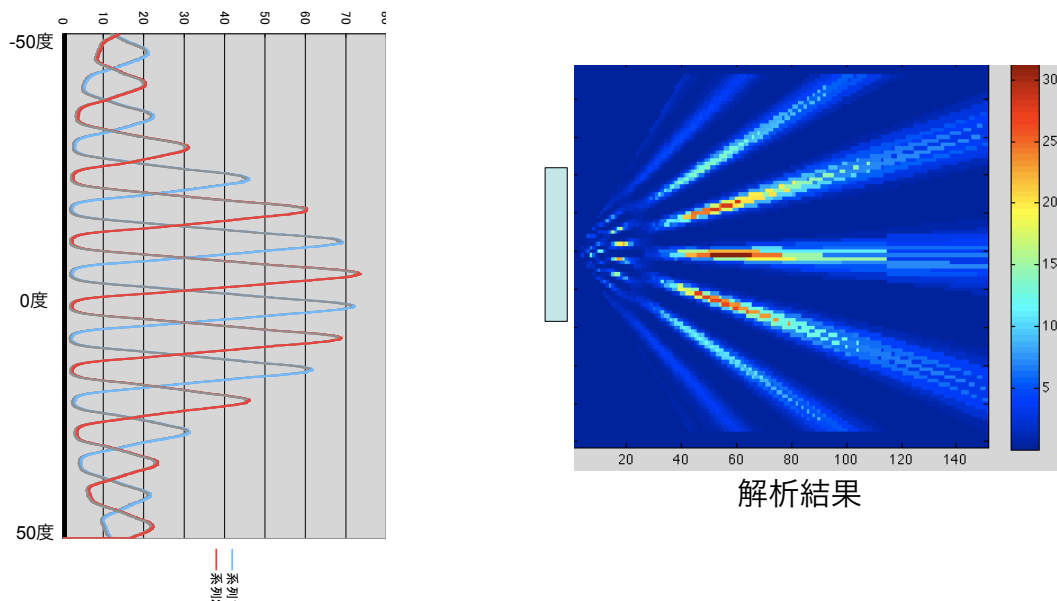
# 眼間距離における3Dコントラスト



Interocular 3D contrast at Cyclops position  $(i+e/2, j)$

$$Interocular\ 3D\ Contrast(i + \frac{e}{2}, j) = \sqrt{\frac{I_R(i, j) * I_L(i+e, j)}{I_L(i, j) * I_R(i+e, j)}}$$

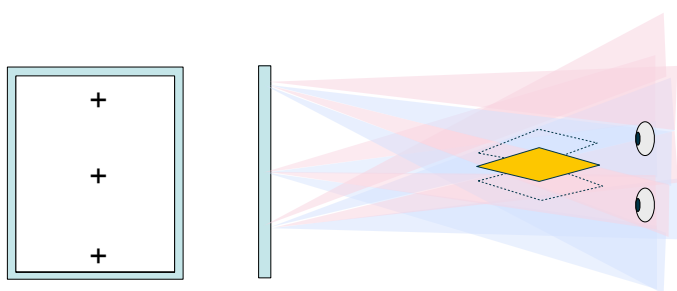
## 2眼方式3Dディスプレイにおける立体視領域



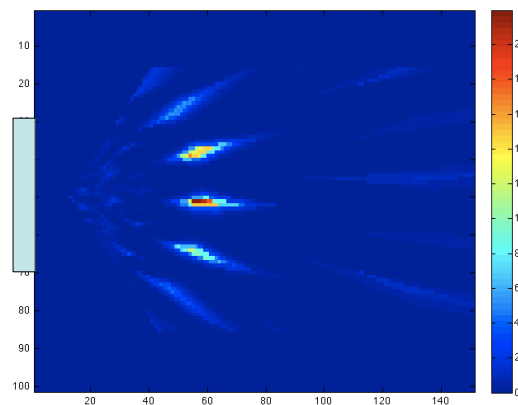
$$Interocular\ 3D\ Contrast(i + \frac{e}{2}, j) = \sqrt{\frac{I_R(i, j) * I_L(i + e, j)}{I_L(i, j) * I_R(i + e, j)}}$$

13

## 3箇所計測による解析結果



設計上の両眼視領域  
(3点計測の場合)



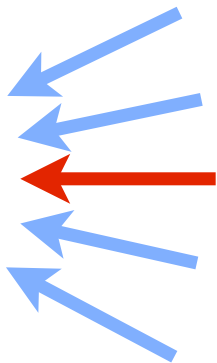
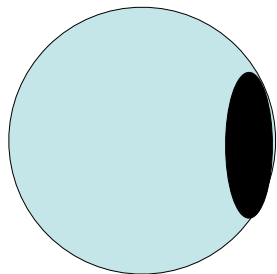
解析結果

$$Interocular\ 3D\ Contrast_M(i + \frac{e}{2}, j) = \text{Min}_{m=1}^M \sqrt{\frac{I_R(i, j) * I_L(i + e, j)}{I_L(i, j) * I_R(i + e, j)}}$$

14

# 多眼・インテグラル方式に於ける コントラストの考え方

隣の視点の光線が入ってくる

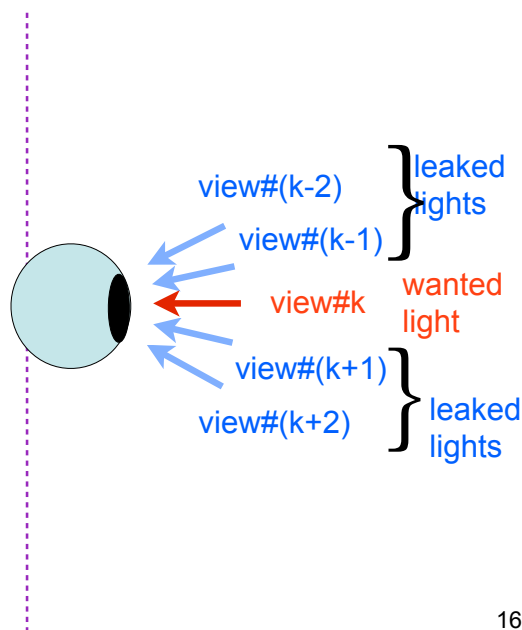
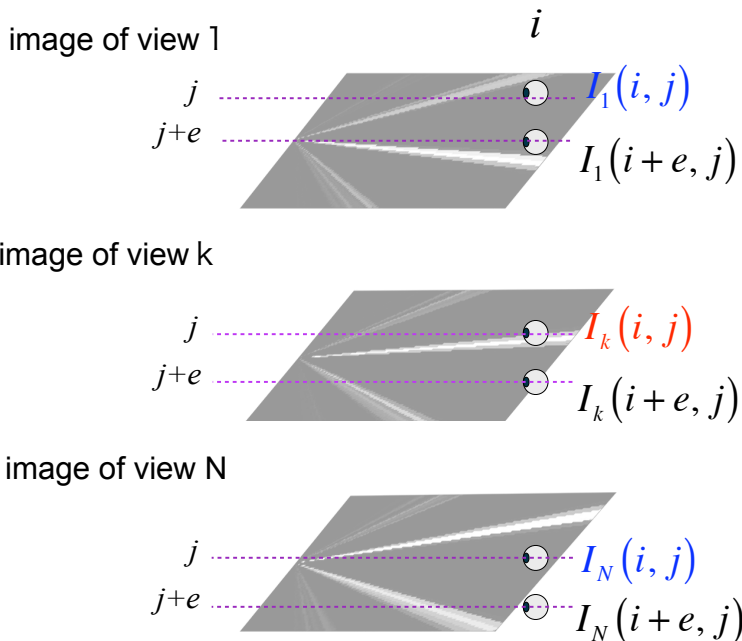


- view#3 漏れ光
- view#2 漏れ光
- view#1 所望の光
- view#n 漏れ光
- view#(n-1) 漏れ光

$$\frac{\text{所望の光}}{\text{漏れ光}} \Rightarrow \text{monocular "contrast"}$$

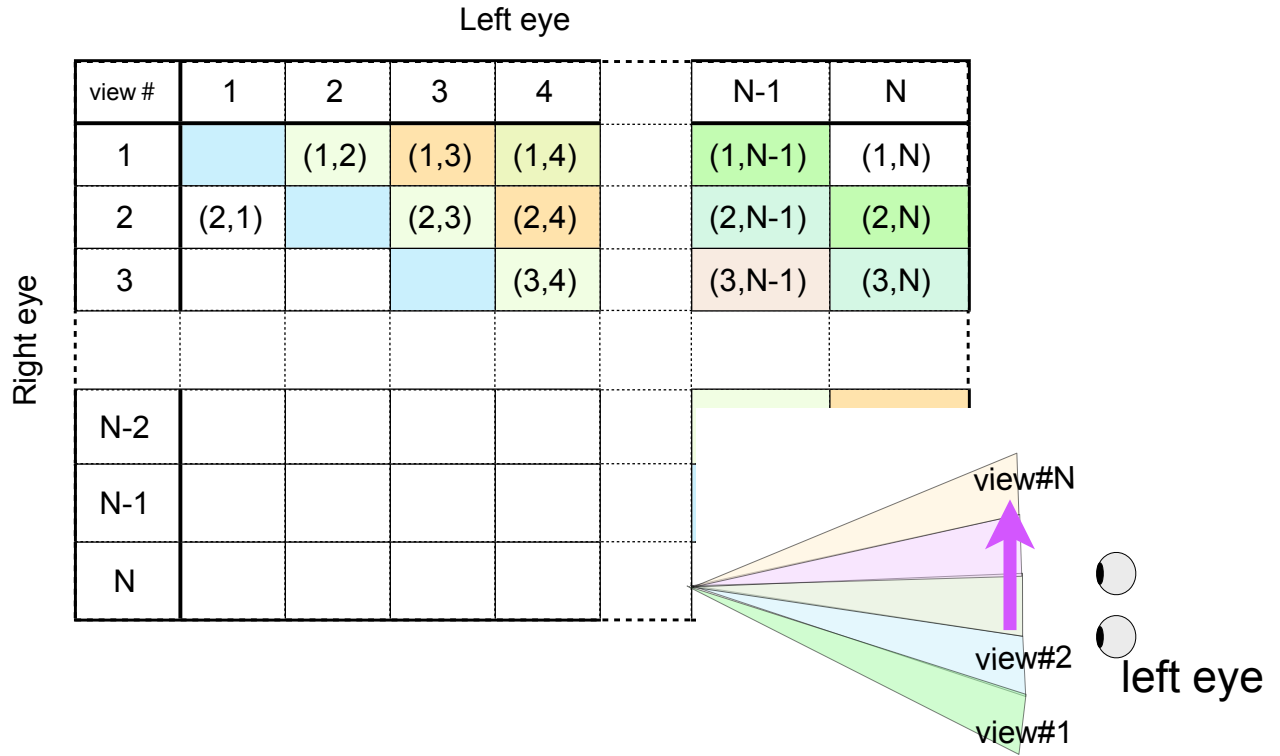
# 単眼におけるコントラストの考え方

$$\frac{\text{視点 } k \text{ の光線}}{\text{視点 } k \text{ 以外の光線の総和}} = \frac{I_k(i, j)}{I_1(i, j) + \dots + I_{k-1}(i, j) + I_{k+1}(i, j) + \dots + I_N(i, j)}$$





# 立体視を構成する2つの視点の組み合わせ

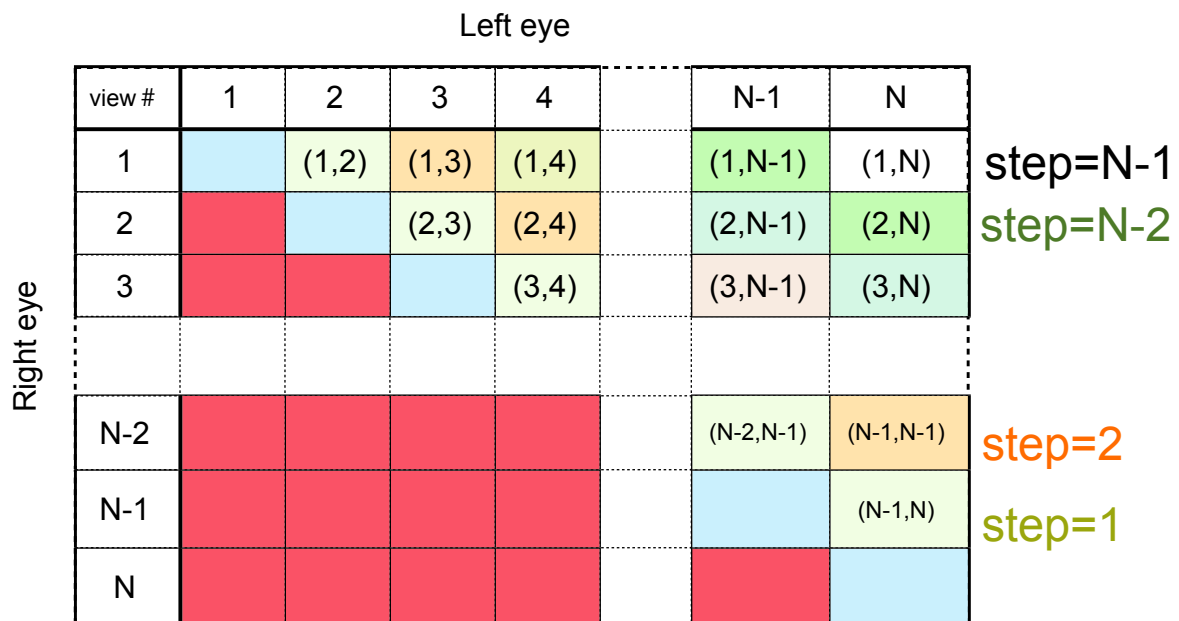


17



© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

# 立体視を構成する2つの視点の組み合わせ



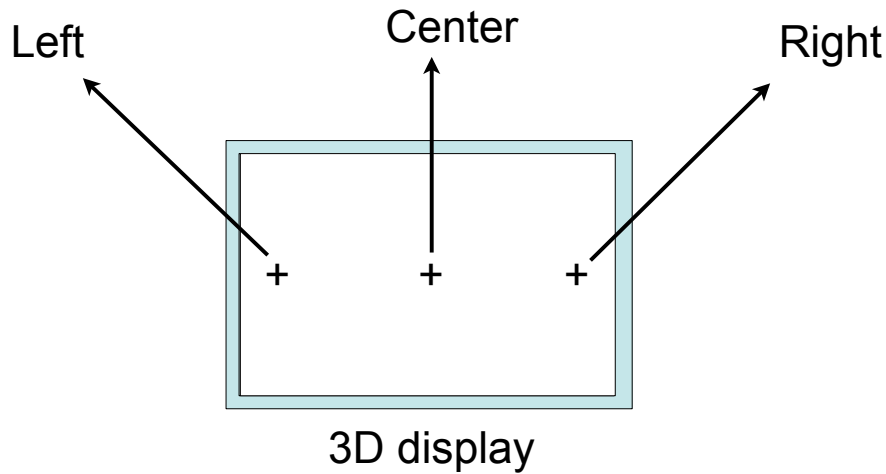
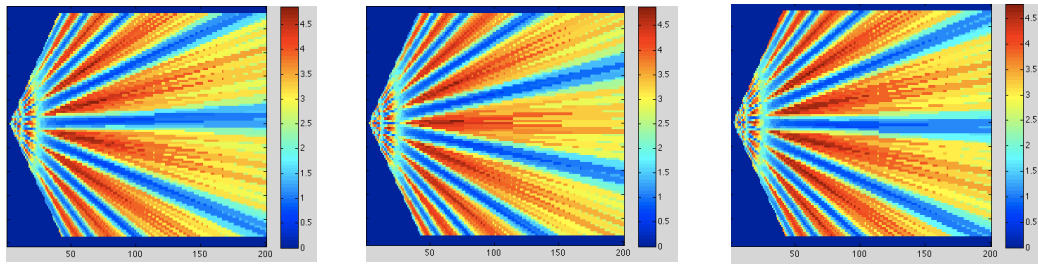
$$Interocular\ 3D\ Contrast\ (i + \frac{e}{2}, j) = \sum_{step=1}^{N-1} \sum_{k=1}^{N-step} \sqrt{\frac{I_k(i, j)}{\sum_{l \neq k} I_l(i, j)} * \frac{I_{k+step}(i + e, j)}{\sum_{l \neq k+step} I_l(i + e, j)}}$$

18



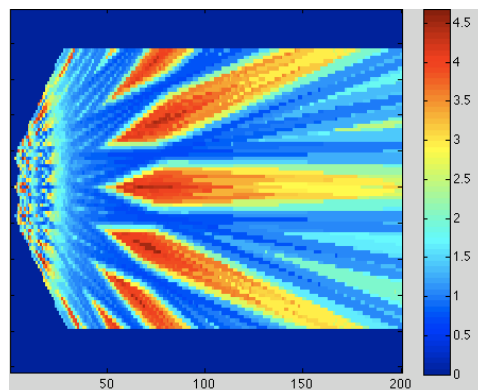
© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

# 多眼方式の3Dディスプレイ解析結果



# 多眼方式の3Dディスプレイ解析結果

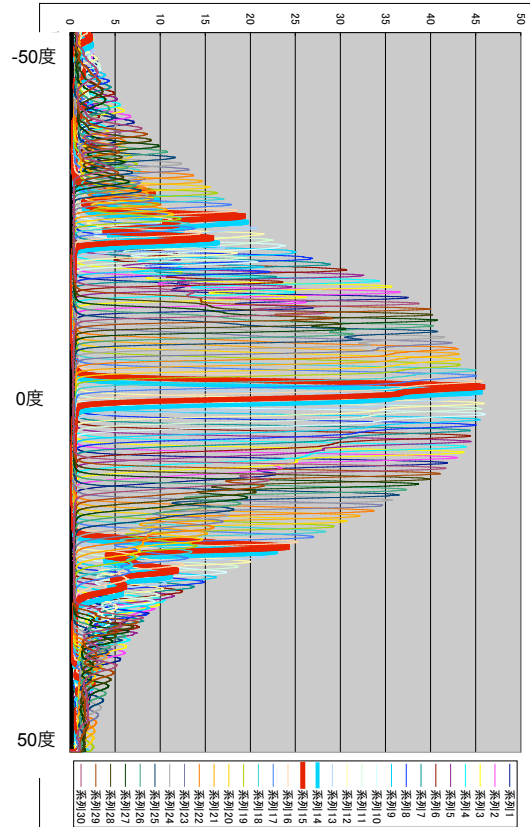
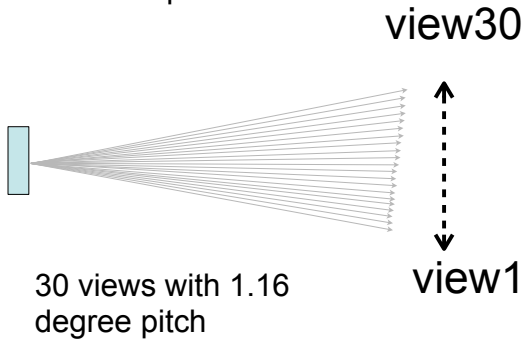
$$\begin{aligned}
 & Interocular\ 3D\ Contrast_{M=3}\left(i + \frac{e}{2}, j\right) \\
 &= \mathit{Min}_{m=1}^M \sum_{step=1}^N \sum_{k=1}^{N-step} \sqrt{\frac{I_k(i, j)}{\sum_{l \neq k} I_l(i, j)} * \frac{I_{k+step}(i + e, j)}{\sum_{l \neq k+step} I_l(i + e, j)}}
 \end{aligned}$$



# インテグラル方式の3Dディスプレイ



4.5inch LCD  
2D解像度  
1024x600pixel  
3D解像度  
200x100pixel

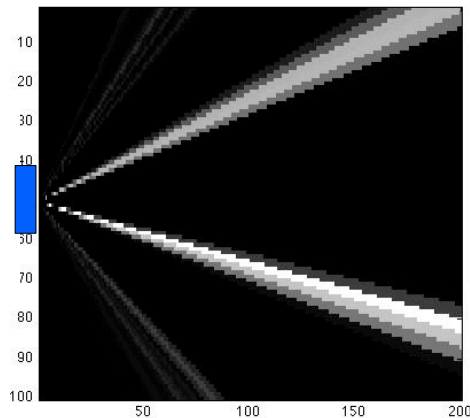
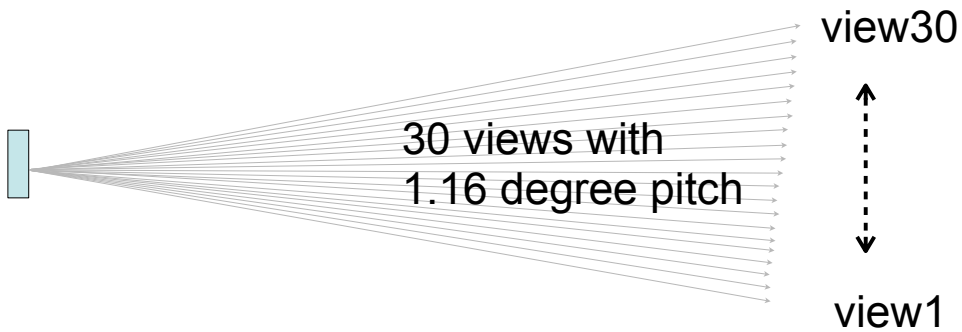


21



© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

# インテグラル方式の3Dディスプレイ

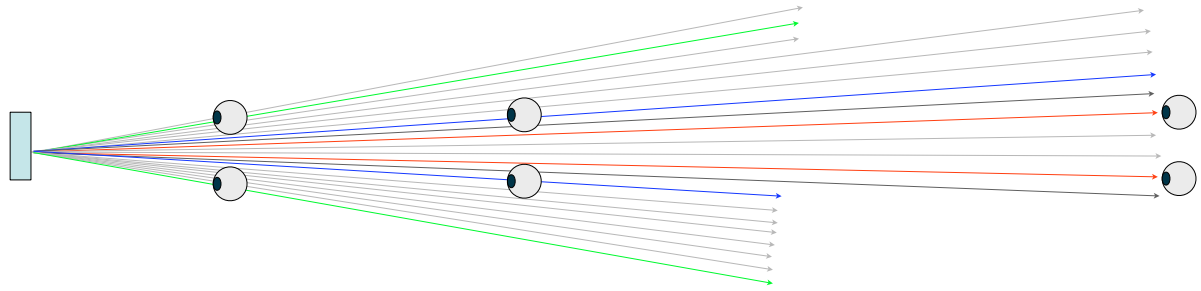


22



© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

# 異なるステレオ視ペアによる立体視領域

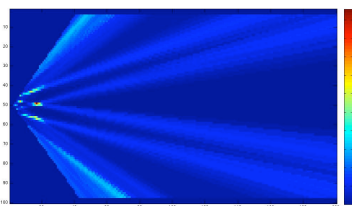


Stereo pair depends on viewing distance

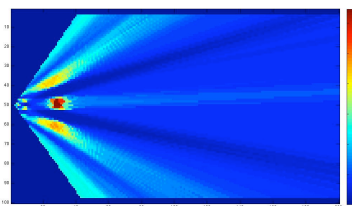
Stereo pair:  
"view#1" and "view#30"

Stereo pair:  
"view#n" and "view#(n+6)"

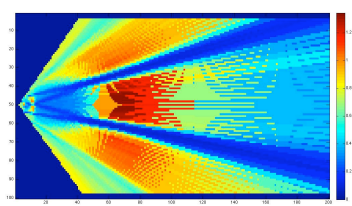
Stereo pair:  
"view#n" and "view#(n+3)"



Step29



Step15

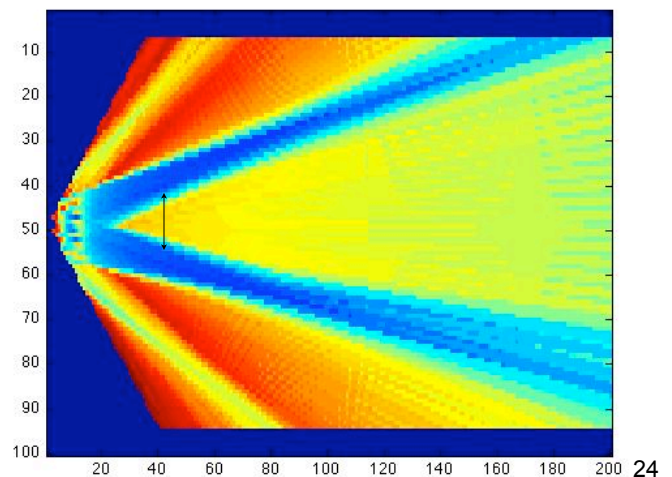
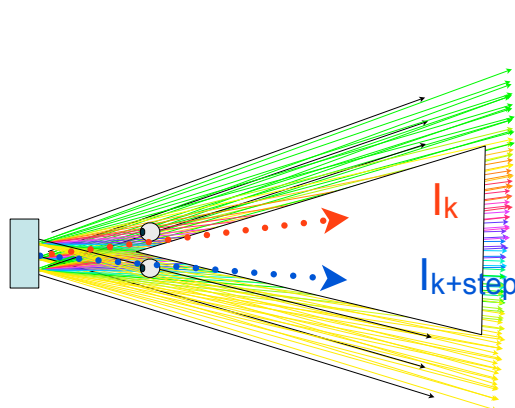


Step6

# インテグラル方式の立体視領域解析結果

$$Interocular\ 3D\ Contrast_M(i + \frac{e}{2}, j)$$

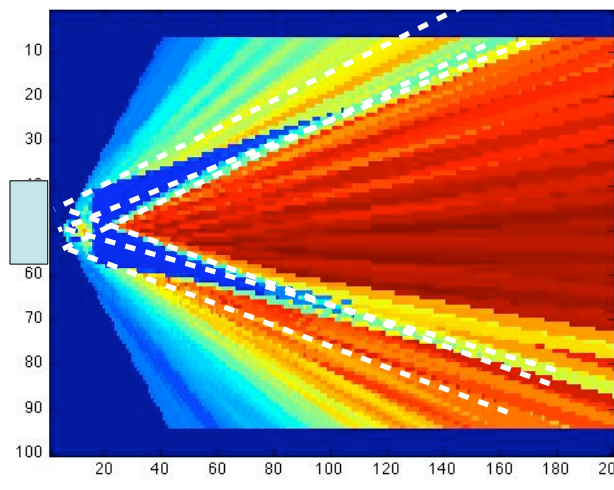
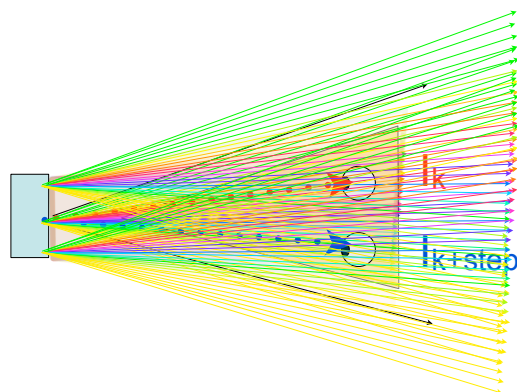
$$= \min_{step=1}^N \sum_{k=1}^{N-step} \sqrt{\frac{I_k(i, j)}{\sum_{l \neq k} I_l(i, j)} * \frac{I_{k+step}(i + e, j)}{\sum_{l \neq k+step} I_l(i + e, j)}}$$



# インテグラル方式の立体視領域解析結果

$$Interocular3DContrast_M(i + \frac{e}{2}, j)$$

$$= \text{Min}_{m=1}^M \left[ \text{Max}_{step=1}^N \text{Max}_{k=1}^{N-step} \left( \sqrt{\frac{I_k^m(i, j)}{\sum_{l \neq k} I_l^m(i, j)} * \frac{I_{k+step}^m(i + e, j)}{\sum_{l \neq k+step} I_l^m(i + e, j)}} \right) \right]$$

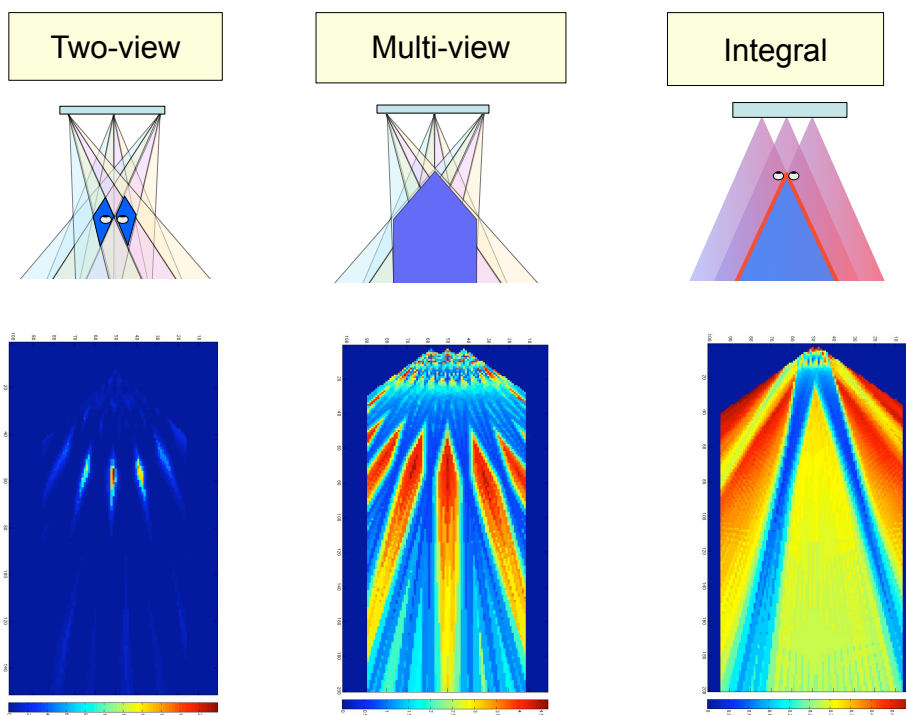


25



© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

# 解析により求められた立体視領域

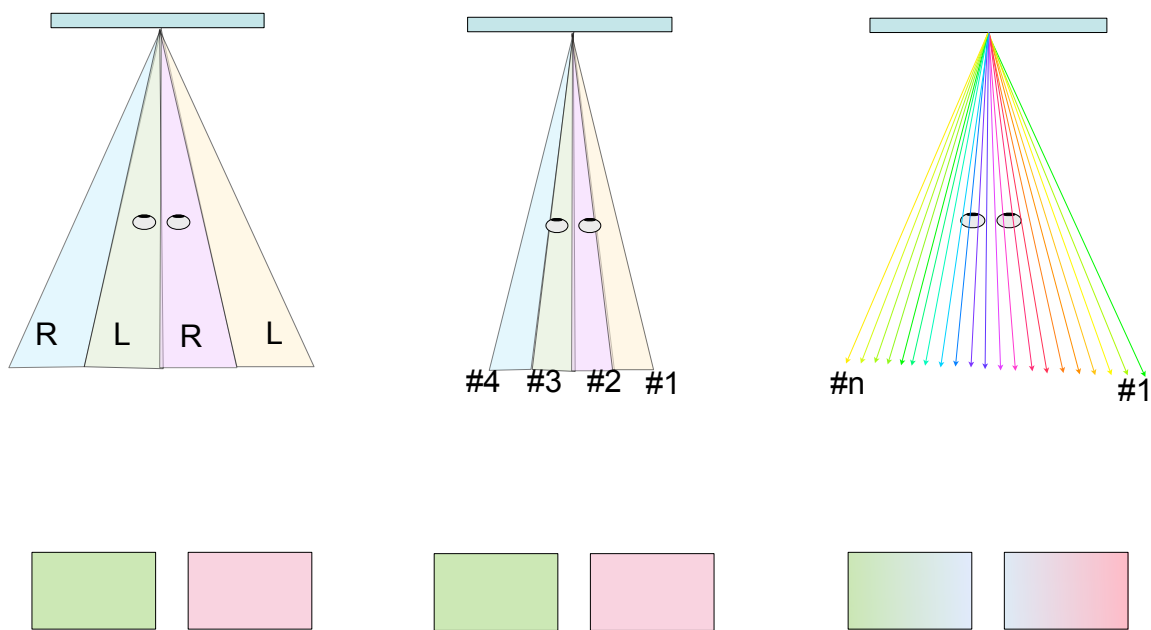


26



© 2010 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

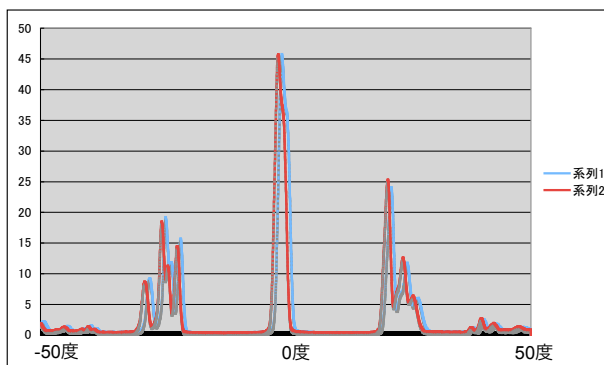
# ディスプレイタイプによる光線分布の違い



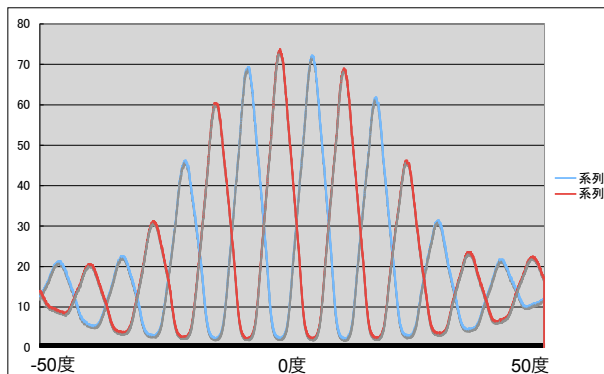
# クロストークとオーバーラップ

2つの隣り合う視線方向の光の重なり合いの解釈の違い

インテグラル方式

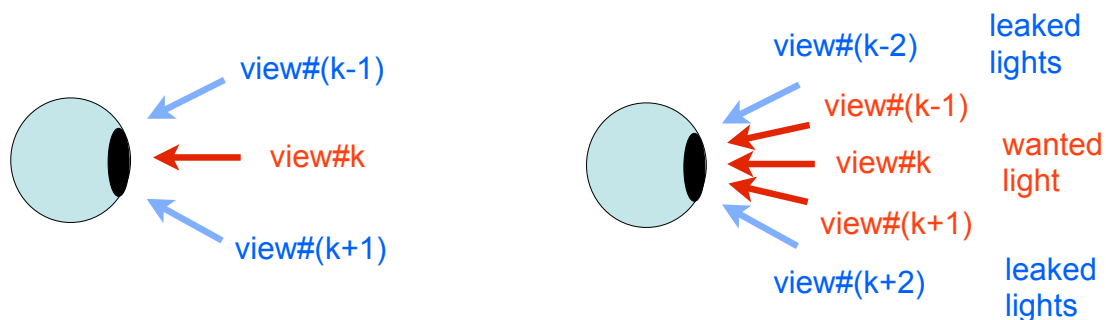


2眼方式



## 多眼方式・インテグラル方式の課題

- ・複数の“望ましい”光線が目に入る状態がある



オーバーラップとクロストークの光を  
区別して解析する必要がある