

ディスプレイの 輝度ムラ評価法

東京工芸大学工学部メディア画像学科
田村 徹

画質評価

◆客観評価

■ 測定器による測定

- ◆ 測定条件、方法等をあらかじめ定めておけば再現性の良い安定したデータが短時間で得られる

◆主観評価

■ 被験者による評価

- ◆ ディスプレイの画質を直接評価できる
- ◆ 測定器では測れない画質を評価する

◆主観評価結果と測定値の関係を見出す

ディスプレイの品質検査

表示品位の欠陥

- 輝度のムラ → 輝度ムラ検査
- 最大輝度、階調特性
- ホワイトバランス、色再現範囲
- …

動作機能による欠陥

- 点欠陥
- パネル全面等の点灯・非点灯
- …

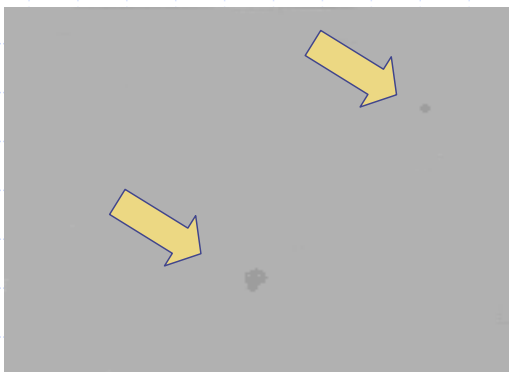
輝度ムラの分類

◆ 定形ムラ

- 形の分かるムラ

◆ 不定形ムラ

- 画面全体に現れ、形の分からないムラ



不定形ムラ評価法

◆考え方

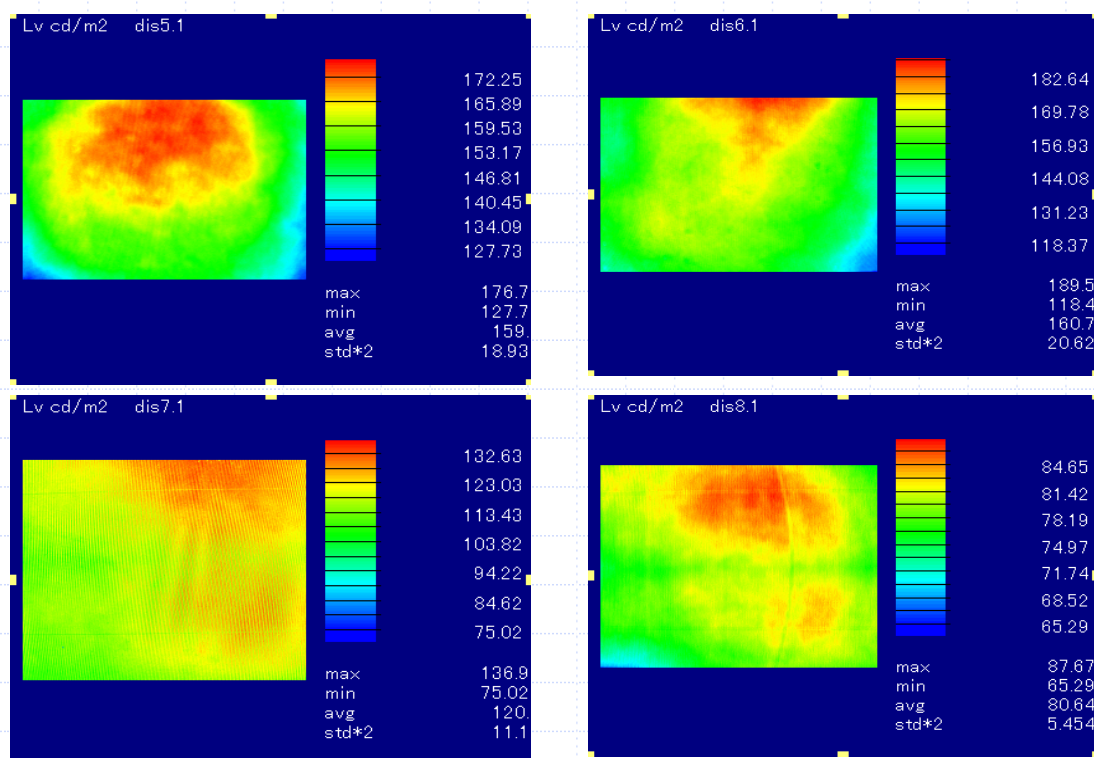
- ① 面輝度測定→2次元輝度計
- ② 測定値の数値化
- ③ ムラの主観評価
- ④ ムラの主観評価値と測定値との関係を検討

測定装置



2次元色彩輝度計
輝度を2次元的に測定する

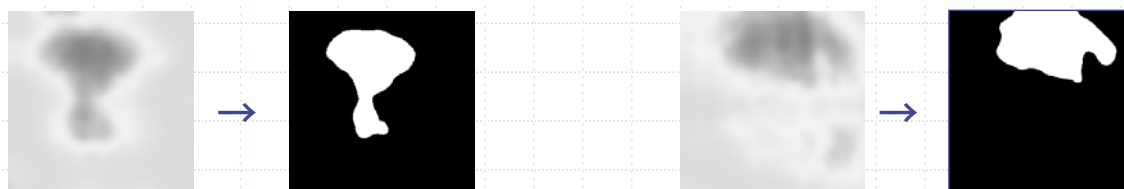
①面輝度の測定結果例



②測定値の数値化

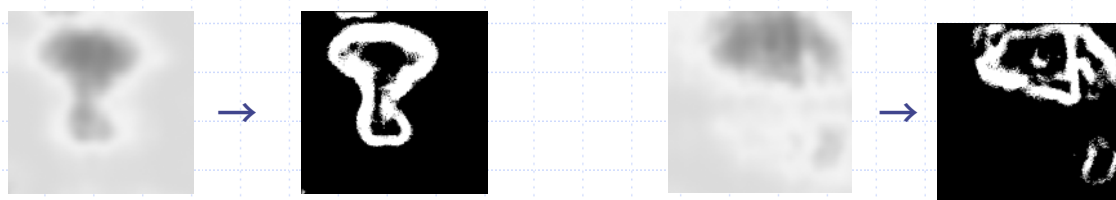
画像処理1: グレースケール画像→二値化

面積



画像処理2: グレースケール画像→エッジ抽出(→二値化)

エッジ面積, エッジ周囲長, 円形度, ...



各画像処理により抽出された指標を分析に使用

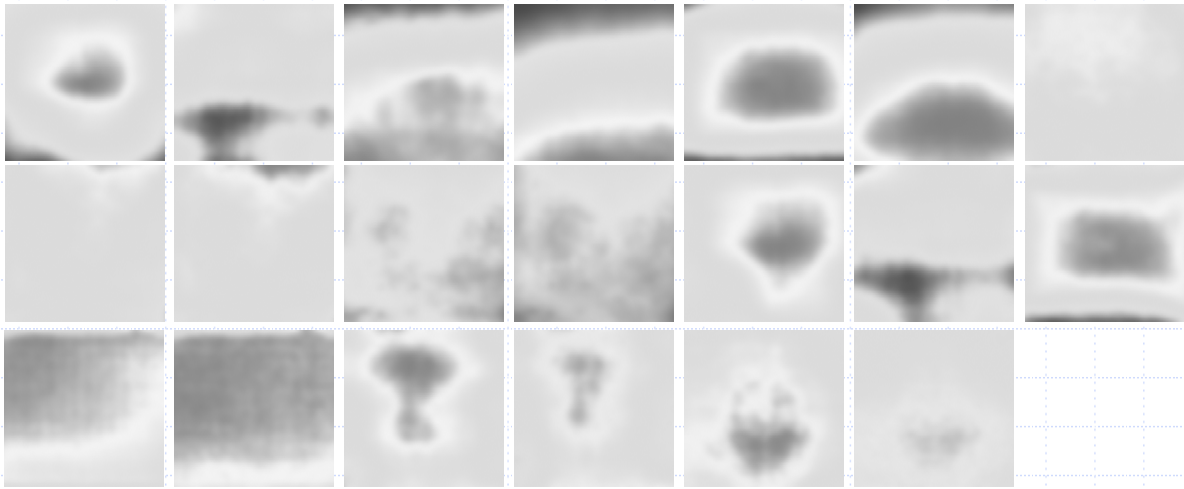
③ムラの主観評価

-評価実験-

方法

観察者 22名(21~24歳, 男/女:15/7)

評価対象 ムラ画像23枚



③ムラの主観評価

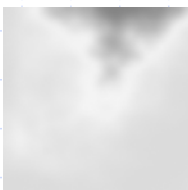
-評価実験-

方法

手続き マグニチュード推定により, ムラの主観量を数値化

標準刺激のムラの量を100としたとき,
比較刺激のムラの量に数値を割り当てる

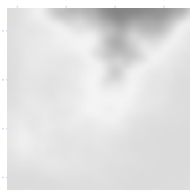
標準刺激:100



比較刺激『150』



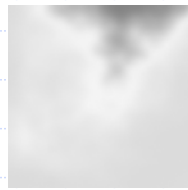
標準刺激:100



比較刺激『10』



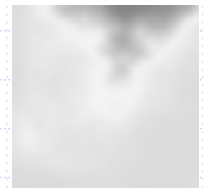
標準刺激:100



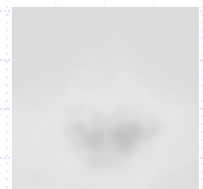
比較刺激『210』



標準刺激:100



比較刺激『30』



④ムラの主観評価量と指標との対応付け

結果の分析

画像特徴量と主観評価量との対応関係を

重回帰分析(ステップワイズ法)により検討

→3つの独立変数が採択された

主観評価量: $y = 0.000044 a + 0.000053 b + 0.00018 c - 1.47$

a. 輝度(濃淡値) 200以下の総面積 b. エッジ総面積 c. エッジ総周囲長
(ピクセル数: 0~65536)

(映像情報メディア学会誌2007)



a



b



c

LEDバックライトにおける 輝度ムラの評価法

映像情報メディア学会2008年次大会
IDW2008

東京工芸大学
ソニー株式会社

政倉祐子 田村徹
長嶺邦彦 富岡聡

背景

輝度ムラの定量化に関する知見

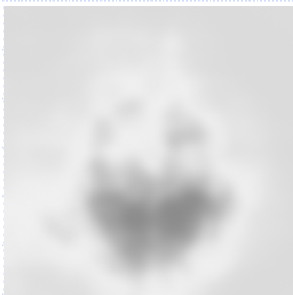
- ・不定形ムラ画像(印刷物)の特徴量と主観評価との関係を定式化
(Masakura et al.,映像情報メディア学会誌 2007)

主観評価値:

$$Y = 4.40E-05 Xa + 5.26E-05 Xb + 1.80E-04 Xc - 1.47$$

Xa: 濃淡値が低い領域の面積 Xb: エッジ面積の和 Xc: エッジ周囲長の和

8bit濃淡値画像
(印刷物)



背景

輝度ムラの定量化に関する知見

- ・不定形ムラ画像(印刷物)の特徴量と主観評価との関係を定式化

指標抽出には画像濃淡値を使用



人間の感覚に合う定量化手法を提案するためには、
測定値(輝度値)を用いた検討が必要

研究の目的

不定形ムラの定量化手法提案のために

◆LEDバックライトの輝度ムラを対象とした
主観評価実験の実施

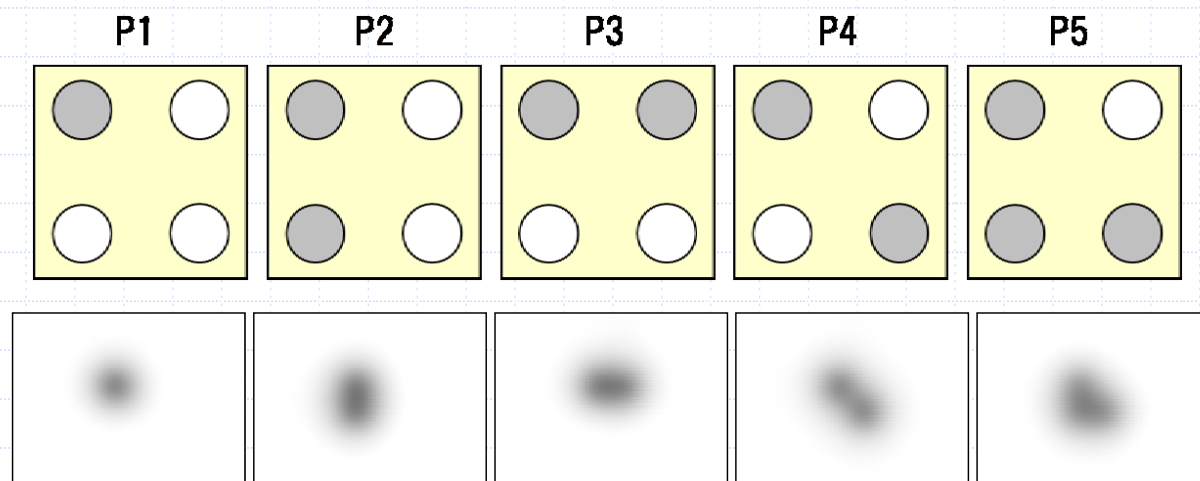
◆輝度を測定し、主観評価値との対応関係を検討

①主観評価実験 方法

評価刺激：背景に対して暗い極性を持つムラを
形状，コントラスト，サイズを変化させて作製

・形状

基本モジュールの4コーナーにあるLEDの輝度を変化

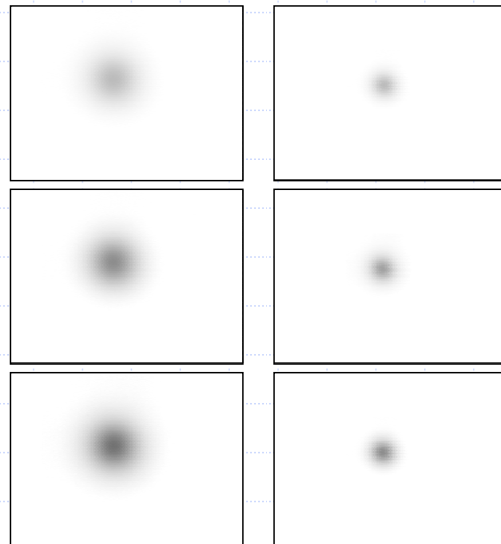


①主観評価実験 方法

評価刺激：背景に対して暗い極性を持つムラを
形状，コントラスト，サイズを変化させて作製

- ・コントラスト 3種類(低・中・高)
- ・サイズ 2種類(小・大)

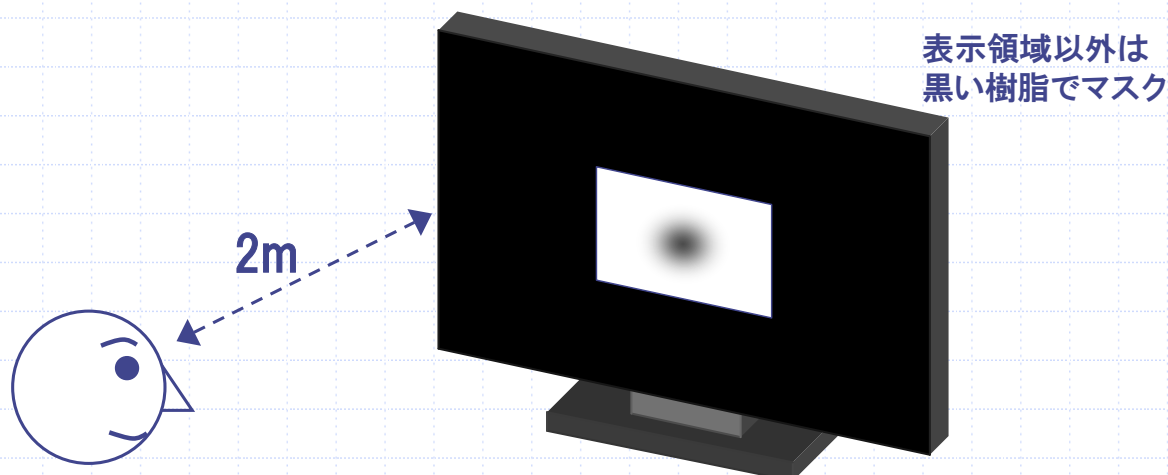
計30の擬似ムラ画像を用意
[形状(5) x コントラスト(3) x サイズ(2)]



①主観評価実験 方法

観察者：32名(21～30歳，男性23名，女性9名)

装置：40インチの液晶ディスプレイ(BRAVIA KDL-40X2500, SONY)中央に
設けた約11インチ(250x140mm)の領域に表示



①主観評価実験 方法

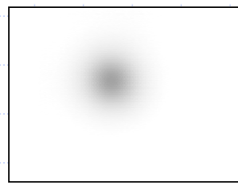
手続き

二重刺激法を用いてムラ画像を表示し、
ムラの程度を **マグニチュード推定法**により評価

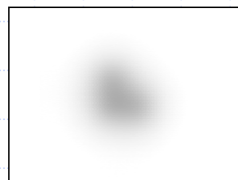
標準刺激のムラの程度を100としたとき、
比較刺激のムラの程度に数値を割り当てる

例

標準刺激:100



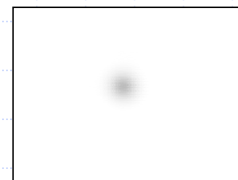
比較刺激『150』



標準刺激の選定法

ムラの程度が評価刺激全体と比較して
中程度(よりやや低い)となるものを設定

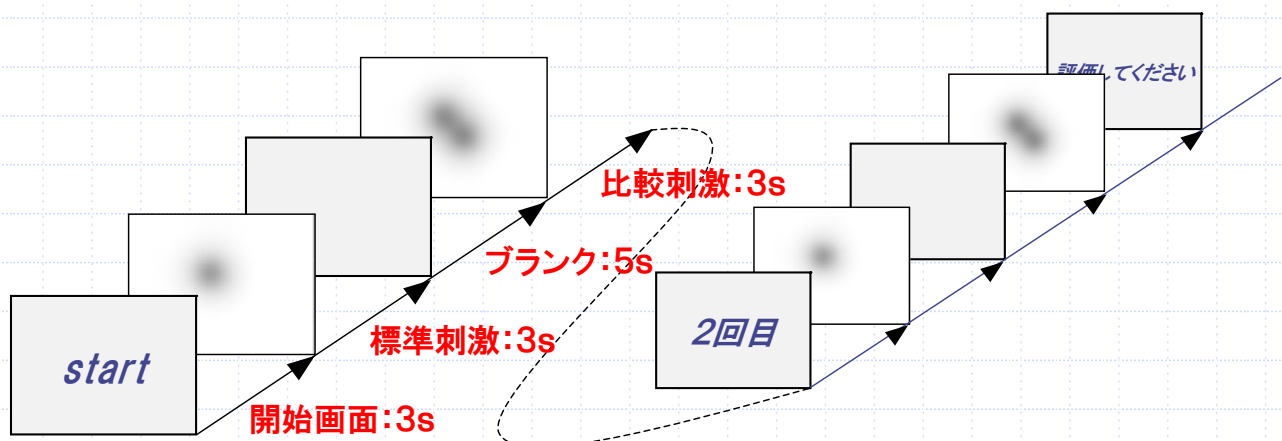
比較刺激『10』



①主観評価実験 方法

手続き

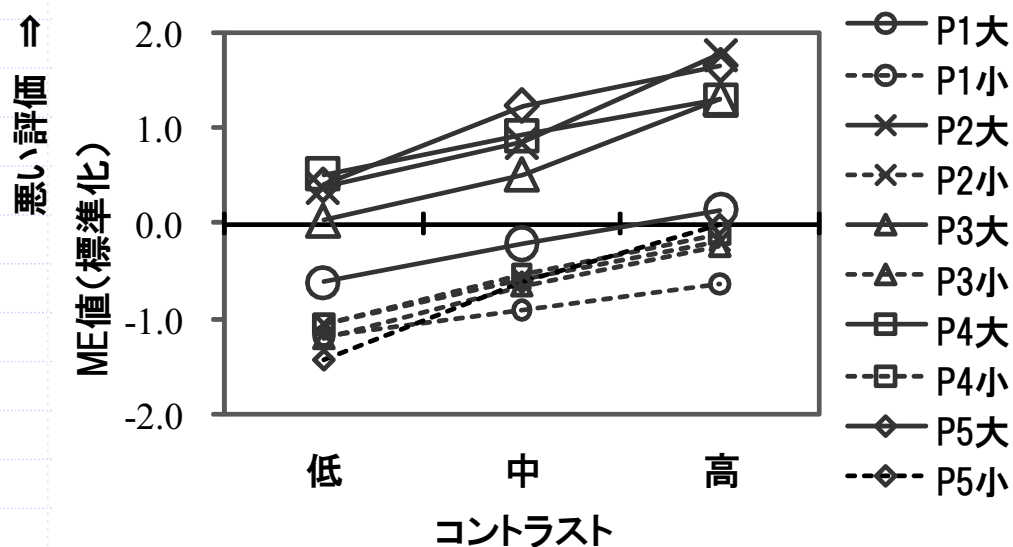
二重刺激法を用いてムラ画像を表示、
ムラの程度をマグニチュード推定法により評価



①主観評価実験 結果

観察者ごとにME値を標準化(平均:0, 標準偏差:1)

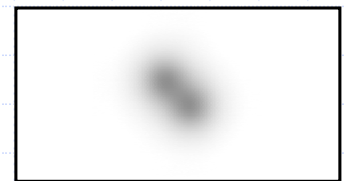
背景とのコントラストが高く, ムラのサイズが大きいほど
ME値は大きくなる傾向が認められた



②ムラ画像の指標抽出

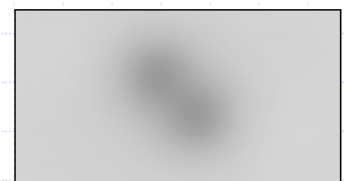
◇輝度測定

主観評価実験と同照度の下,
色彩輝度計(ICAM-3FW, DELTA社)を用い
ムラ画像の輝度を測定



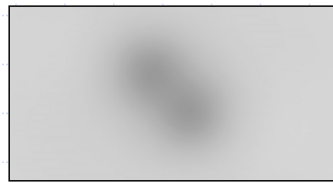
◇視覚特性を考慮した画像変換

S-CIELAB(Zhang & Wandell, 1996)に
非等方性を考慮した
空間周波数フィルタを導入したモデル
(石原・大石・津村・三宅, 2002)
により変換



②ムラ画像の指標抽出

◇輝度変化している領域(エッジ)に関する指標



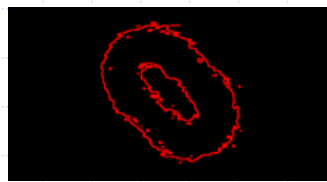
↓ エッジ抽出



エッジ数

エッジ面積

エッジ円形度の平均



エッジ周囲長の和

②ムラ画像の指標抽出

◇背景に対して一様に輝度が低い領域に関する指標



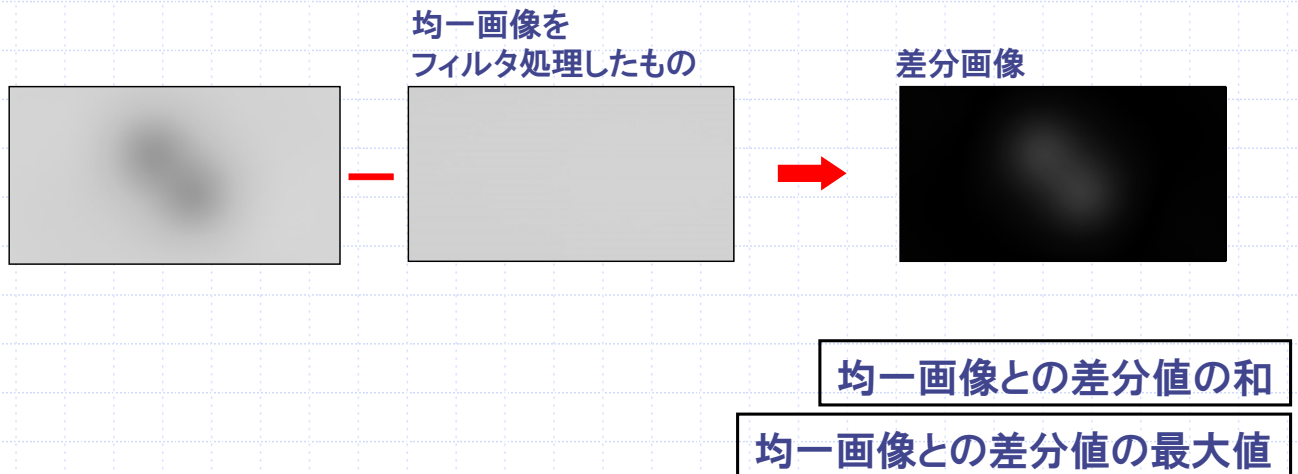
↓ エッジ抽出



低輝度領域の面積

②ムラ画像の指標抽出

◇背景とほぼ同輝度の均一画像との差分値に関する指標



②ムラ画像の指標抽出

以下の7つをME値の予測式の指標候補とする

- | | |
|-------------|---------------|
| エッジ数 | エッジ面積 |
| エッジ周囲長の和 | エッジ円形度の平均 |
| 低輝度領域の面積 | |
| 均一画像との差分値の和 | 均一画像との差分値の最大値 |

③予測式の検討 重回帰分析

各指標とME値との関係を
重回帰分析(ステップワイズ法)により検討

目的変数:

ME値(標準化)

説明変数:

エッジ数

エッジ面積

エッジ周囲長の和

エッジ円形度の平均

低輝度領域の面積

均一画像との差分値の和

均一画像との差分値の最大値

③予測式の検討 重回帰分析

3つの指標が有意

エッジ面積

低輝度領域の面積

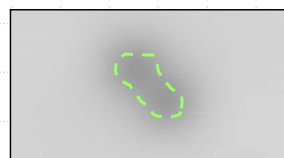
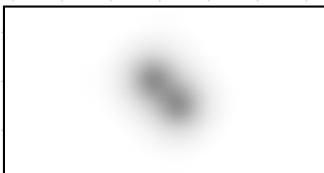
均一画像との差分値の最大値

$$\text{ME値} = 7.66\text{E-}05 X_a + 0.000136 X_b + 5.28\text{E-}05 X_c - 1.91$$

X_a : エッジ面積

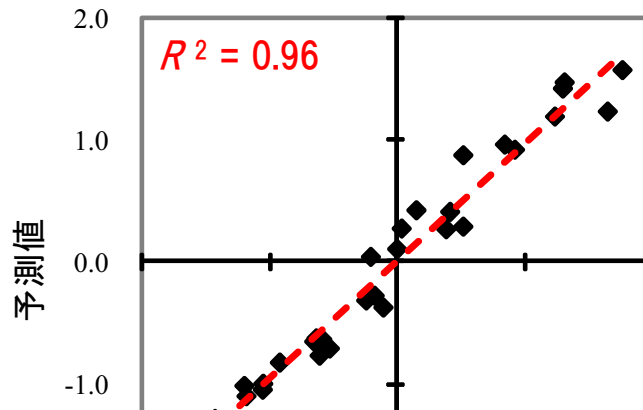
X_b : 低輝度面積

X_c : 均一画像との差分の最大値



③予測式の検討

各ムラ画像のME値と予測値との関係



測定輝度値に基づいて得られる3つの指標により
(エッジ面積, 低輝度領域の面積, 均一画像との差分値の最大値)
不定形ムラの主観評価値の予測が可能

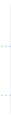
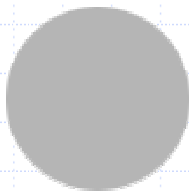
今後の予定

- ◆より複雑な形状の輝度不定形ムラを用いた検討
- ◆40インチ輝度ムラの主観評価実験の実施

定形ムラの評価法

(田村他、IEICE, Trans Vol.E89-C No.10, pp.1435-1440, 2006)

◆ 形と大きさ、コントラストの異なるムラの評価値？



認識限界コントラスト(JND)



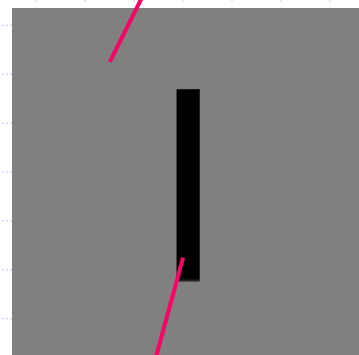
評価基準

評価パターン

Circle	Diameter (pixels)
1	7
2	25
3	55
4	305

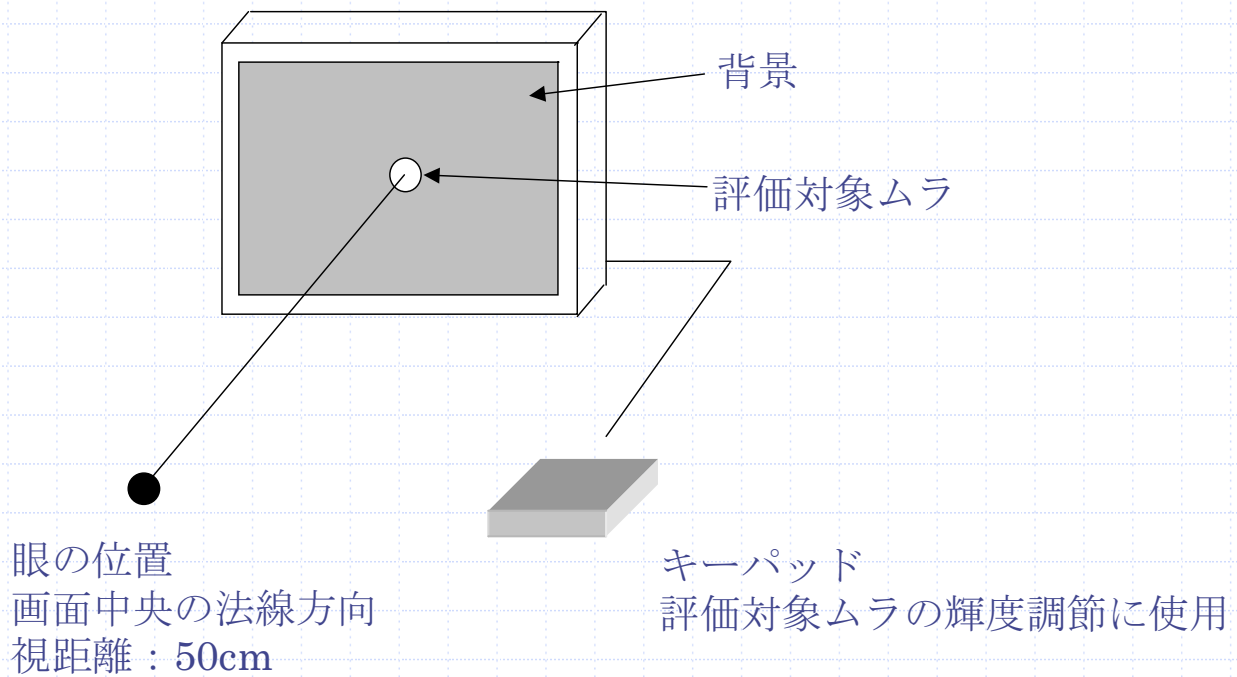
Rectangle	height (pixels)	width (pixels)
1	31	1
2	153	1
3	240	1
4	480	1
5	31	2
6	153	2
7	240	2
8	31	3
9	153	3
10	240	3
11	31	16
12	69	35
13	140	17
14	240	10
15	1	31
16	1	153
17	1	240

背景輝度 47.8(cd/m²)



評価パターン
43.1~53.4 (cd/m²)
(r13 140×17)

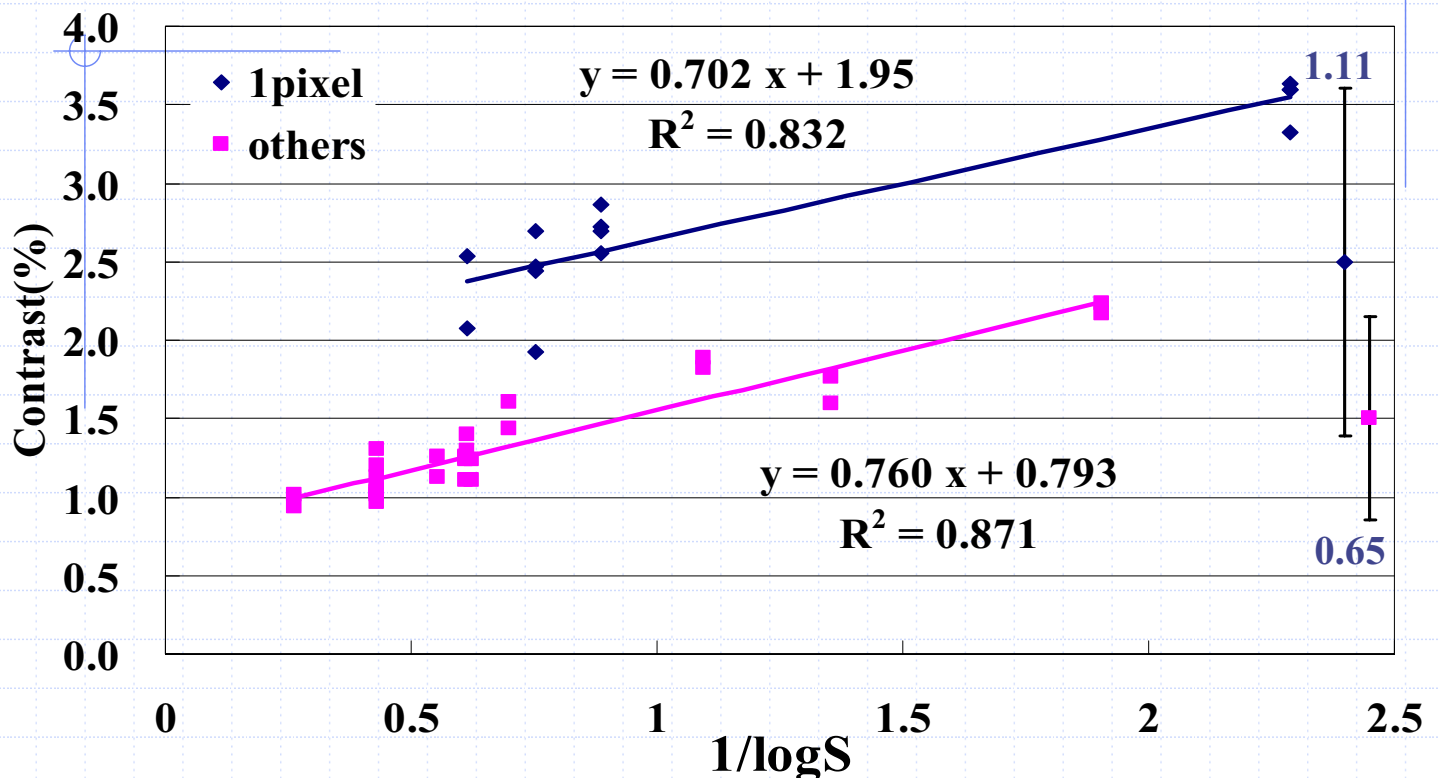
実験装置



環境条件：暗室条件

実験結果(JND)

$$Contrast(\%) = \frac{|\text{評価結果輝度} - \text{背景輝度}|}{\text{背景輝度}} \times 100$$



定形ムラの評価値

◆輝度ムラの大きさとコントラストの関係

$$\text{1pixel} \quad C_{JND} = 0.760 \left(\frac{1}{\log S} \right) + 0.793$$

$$\text{others} \quad C_{JND} = 0.702 \left(\frac{1}{\log S} \right) + 1.95$$

• 輝度ムラの評価方法を提案

$$\text{ムラ評価値}(jnd) = \frac{C}{C_{JND}}$$

まとめ

◆ディスプレイの輝度ムラの評価法の提案

■ 客観値と主観値との対応付け

- ① ディスプレイ面上の輝度測定
- ② 主観評価
- ③ 主観評価結果と測定結果との関係

ご清聴ありがとうございました。