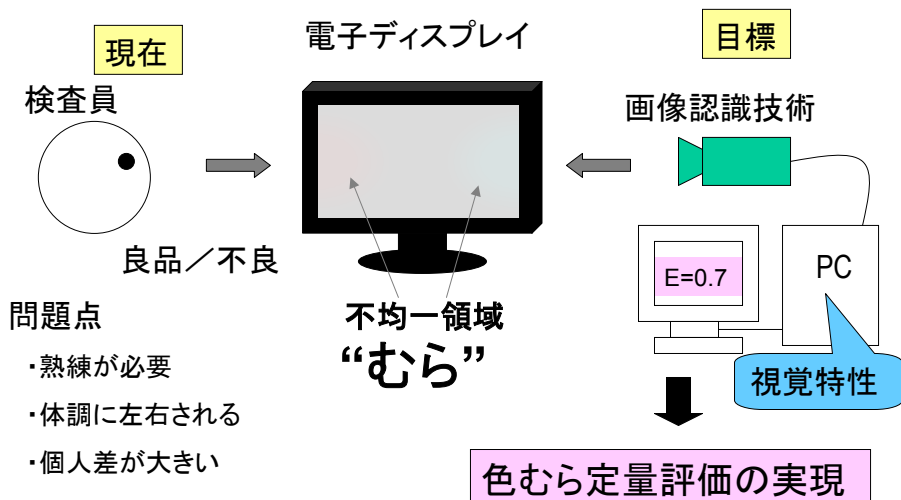


# 色のコントラスト感度特性に基づく 電子ディスプレイの色ムラ評価指標 の提言

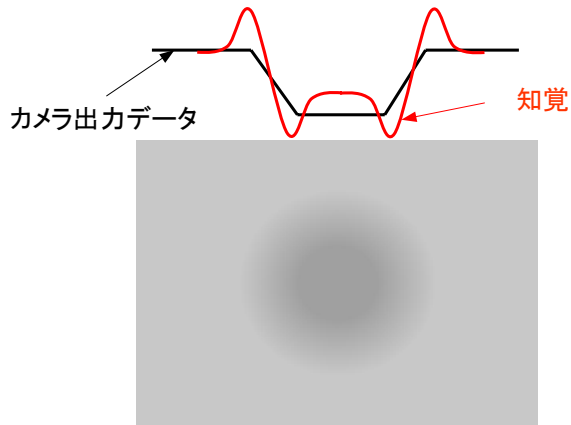
広島工業大学 工学部  
浅野 敏郎

E-mail: [tasano@cc.it-hiroshima.ac.jp](mailto:tasano@cc.it-hiroshima.ac.jp)

## 色むら定量評価のニーズ



# 知覚とカメラ出力データ



知覚はカメラ出力データと異なる

# 空間周波数特性(CSF)

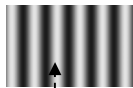
## 正弦波縞パターン



輝度

赤-緑

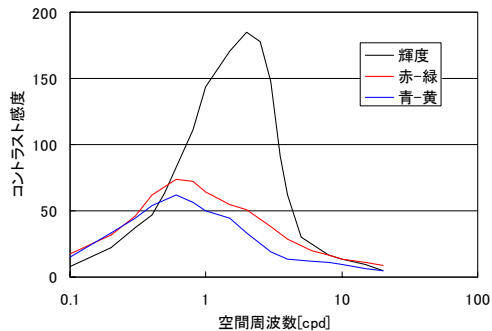
青-黄



視覚刺激作成装置  
ViSaGe,  
Cambridge Research Systems

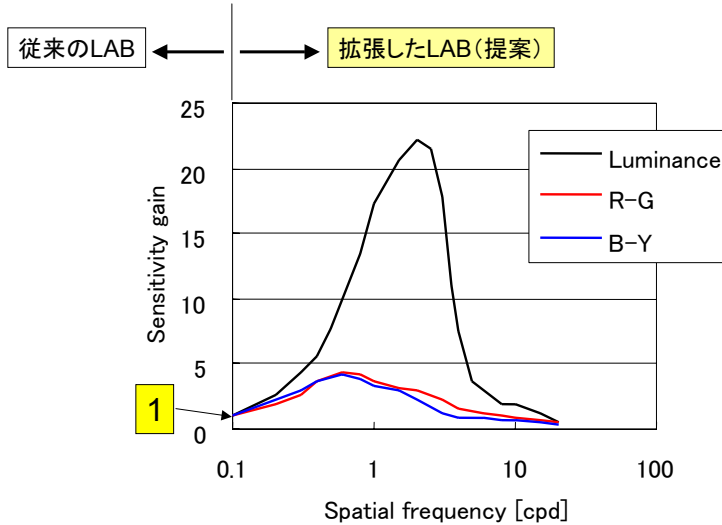
被験者

コントラスト閾値の測定

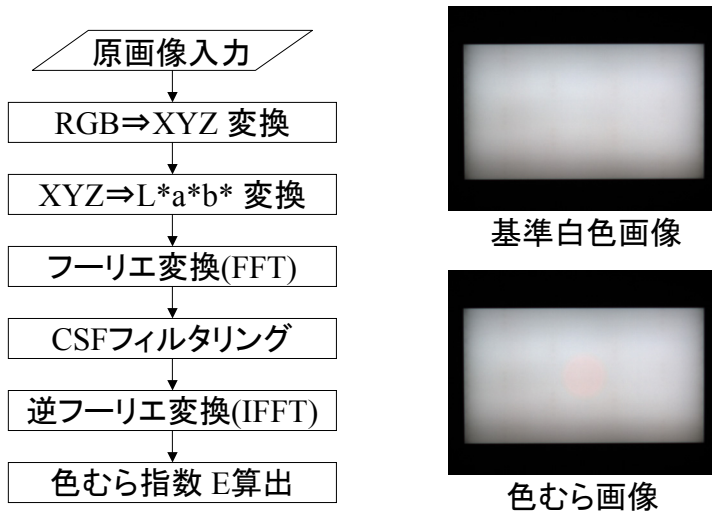


- ・コントラスト感度: コントラスト閾値の逆数
- ・空間周波数: 視野角 $1^\circ$  当りの縞の繰り返し数 (単位cpd[cycle per degree])

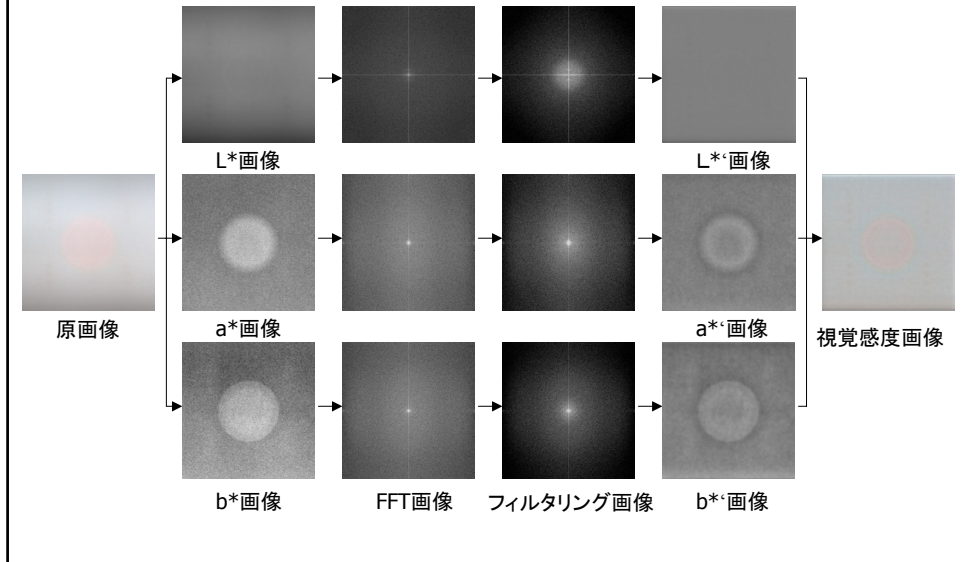
# 空間周波数特性の規格化



# 定量評価方法



## 視覚感度への変換



## 色むら指数E

$$E = \frac{1}{M} \sum_{x,y} \left\{ \sqrt{[\Delta L^{*'}(x,y)]^2 + [\Delta a^{*'}(x,y)]^2 + [\Delta b^{*'}(x,y)]^2} - \Delta E_0 \right\}$$

$$\Delta L^{*'}(x,y) = L^{*'}_w(x,y) - L^{*'}_m(x,y)$$

$$\Delta a^{*'}(x,y) = a^{*'}_w(x,y) - a^{*'}_m(x,y)$$

$$\Delta b^{*'}(x,y) = b^{*'}_w(x,y) - b^{*'}_m(x,y)$$

$L^{*'}_w(x,y), a^{*'}_w(x,y), b^{*'}_w(x,y)$  : 基準白色画像の視覚感度値

$L^{*'}_m(x,y), a^{*'}_m(x,y), b^{*'}_m(x,y)$  : 色むら画像の視覚感度値

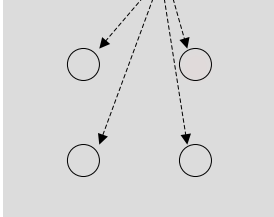
$M$  : ディスプレイの画素数

$\Delta E_0$  : 目視限界の色差

# 目視限界色差 $\Delta E_0$

測定方法

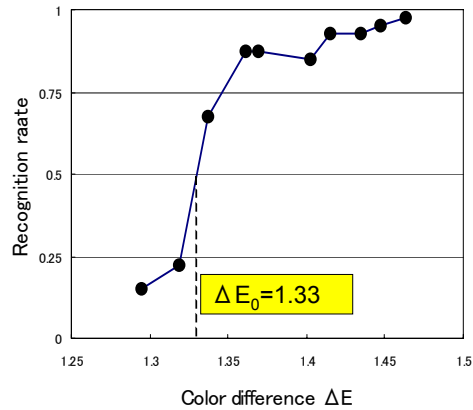
4ヶ所のいずれかに色むらを表示



被験者 (男性5名)

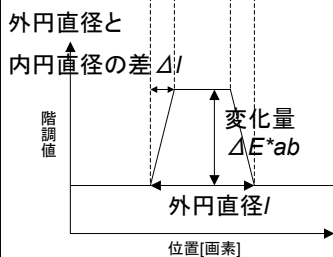
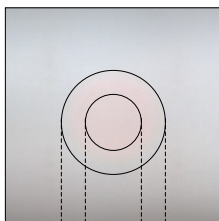
測定環境: 暗室  
視距離: 1.5m  
背景輝度: 100cd/m<sup>2</sup>  
ディスプレイ: 22 インチ LCD

測定結果



# 疑似色むらパラメータ

形状: 真円 輝度: 一定 (背景と同一)



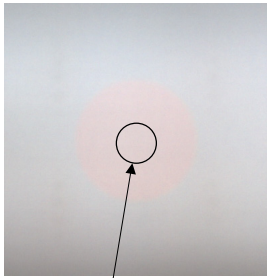
・彩度  $C = \Delta E * ab$

・面積  $A = \frac{l^2}{4} \pi$

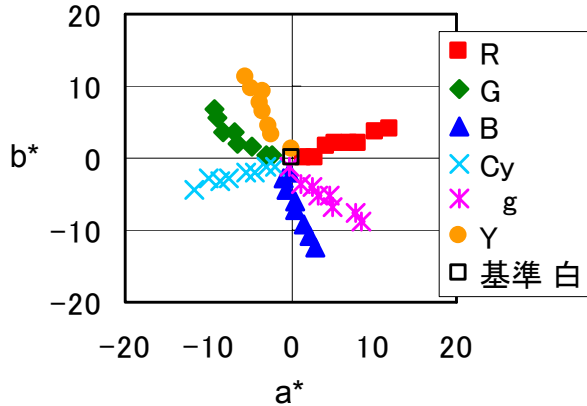
・エッジ  $G = \frac{\Delta E * ab}{\Delta l}$

1. 彩度変化 8種類
  2. 面積変化 10種類
  3. エッジ変化 10種類
  4. 色相 6色 (R,G,B,Cy,Mg,Y)
- 計168パターン

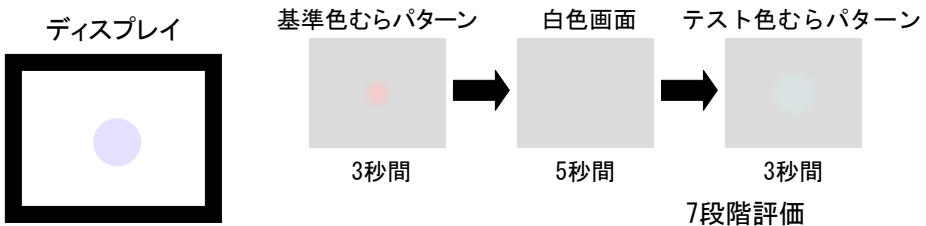
# 彩度変化パターンのa\*b\*色度



色むらの中心部分の色度を  
色彩輝度計により測定



## 目視評価実験方法



被験者 (男性9名)

基準色むら : R  
 テスト色むら : R, G, B, Cy, Mg, Yの  
 彩度・面積・エッジ変化  
 計168パターン

実験環境: 暗室  
 視距離: 1.5m  
 背景輝度: 100cd/m<sup>2</sup>  
 ディスプレイ: 32 インチ LCD

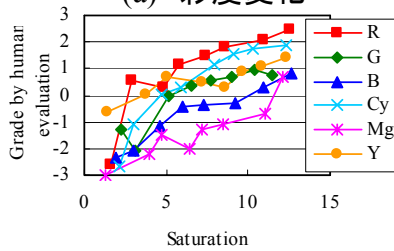
評価値	評価内容
3	非常に強い
2	強い
1	やや強い
0	基準と同程度
-1	やや弱い
-2	弱い
-3	ほとんど見えない

# 実験

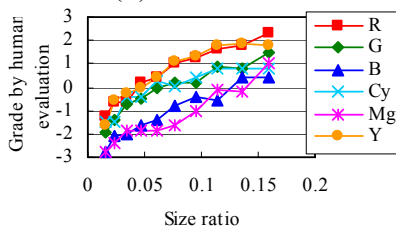
- ・目視評価実験
- ・定量評価実験
  - ・色むら(輝度一定)
  - ・色むら(輝度変化)

## 目視評価実験結果

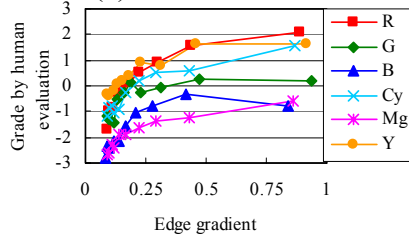
(a) 彩度変化



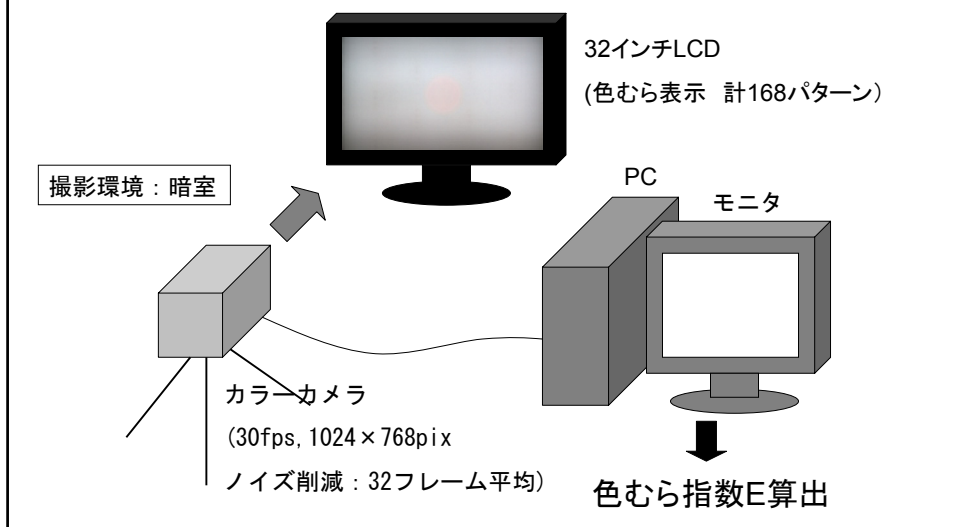
(b) 面積変化



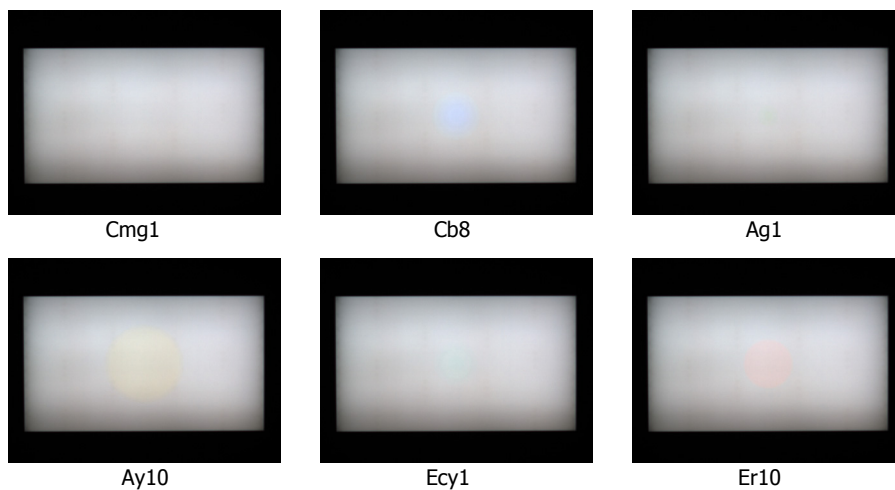
(c) エッジ強度変化



# 定量評価実験方法



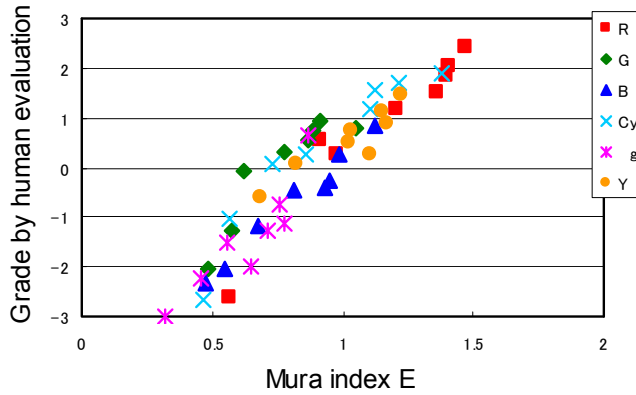
# 色むら撮影画像



# 定量評価実験結果

(a) 彩度変化

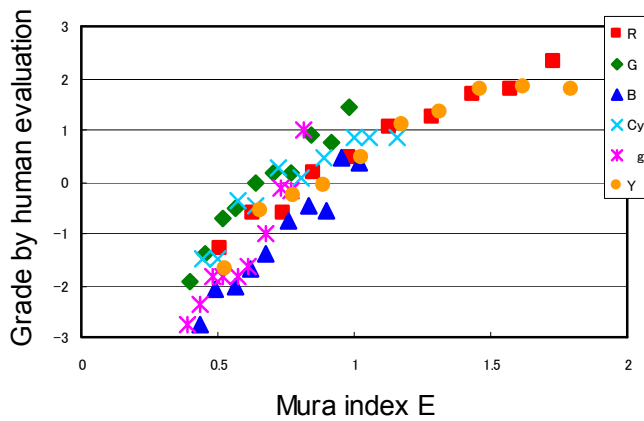
相関係数0.93



# 定量評価実験結果

(b) 面積変化

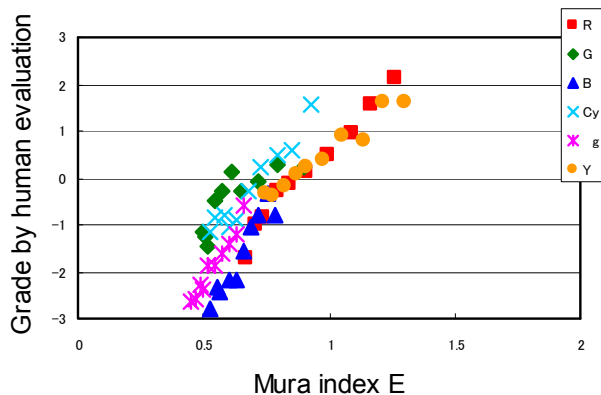
相関係数0.89



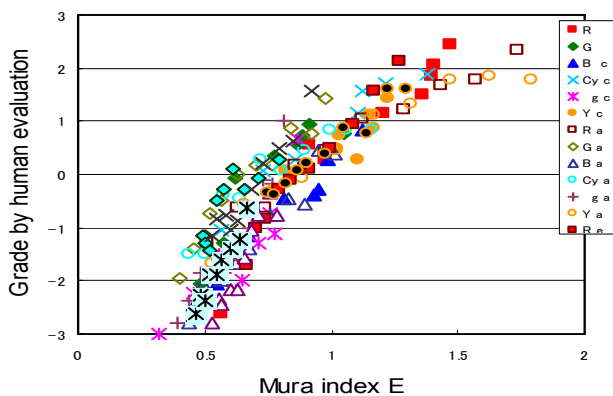
# 定量評価実験結果

(c)エッジ変化

相関係数0.87

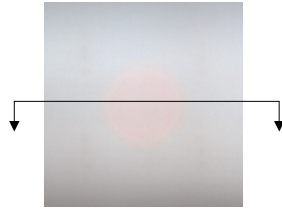


# 定量評価実験結果（総合）

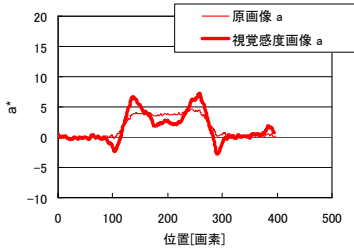


定量評価値と目視評価値との良好な相関(相関係数0.89)を得た

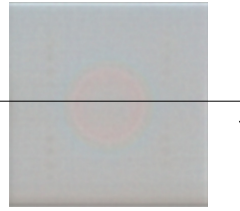
# CSFフィルタリングの効果



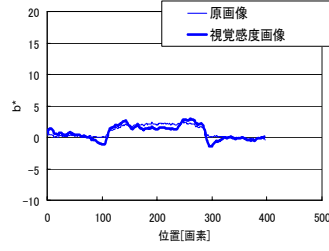
原画像



$a^*$



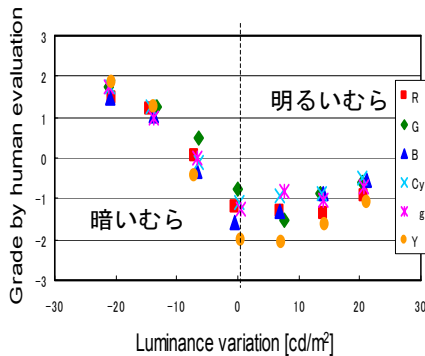
視覚感度画像



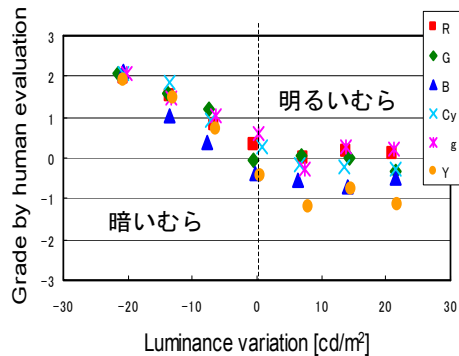
$b^*$

# 目視評価結果（輝度変化あり）

彩度弱サンプル



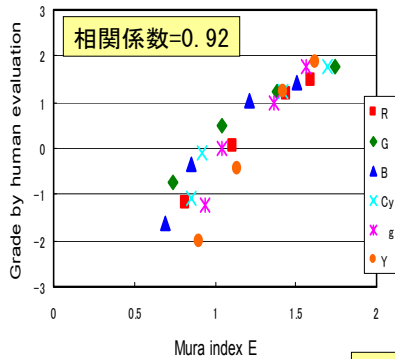
彩度強サンプル



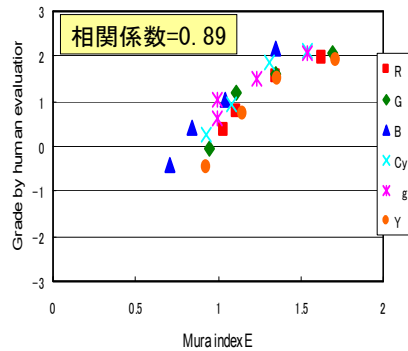
背景輝度 100cd  $\text{m}^2$

# 定量評価結果（暗いむらのみ）

彩度弱サンプル



彩度強サンプル



総合 0.85

## まとめ

人間の色知覚感度に基づくディスプレイの色むら定量評価手法を提案した。

1. 人の目による目視評価値と定量評価による色むら指数 $E$ との良好な相関を得た。
2. CIELAB表色系およびCSFフィルタリングにより色むらの色相による影響を軽減し、本提案手法の有効性を示した。

## 今後の課題

- ・実サンプルを用いた性能評価
- ・S-CIELABを用いたときの性能評価