

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5867268号  
(P5867268)

(45) 発行日 平成28年2月24日(2016.2.24)

(24) 登録日 平成28年1月15日(2016.1.15)

(51) Int.Cl.

G O 1 M 11/00 (2006.01)

F 1

G O 1 M 11/00

T

請求項の数 17 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-101419 (P2012-101419)  
 (22) 出願日 平成24年4月26日 (2012.4.26)  
 (65) 公開番号 特開2013-29491 (P2013-29491A)  
 (43) 公開日 平成25年2月7日 (2013.2.7)  
 審査請求日 平成27年1月14日 (2015.1.14)  
 (31) 優先権主張番号 特願2011-136930 (P2011-136930)  
 (32) 優先日 平成23年6月21日 (2011.6.21)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 110001357  
 特許業務法人つばさ国際特許事務所  
 (72) 発明者 長嶺 邦彦  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内  
 (72) 発明者 富岡 聰  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内  
 審査官 森口 正治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】むら検査装置およびむら検査方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

検査対象の撮像画像を取得するための撮像部と、  
 前記撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する画像生成部と、  
 前記色むら検査用画像および前記輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出部と、  
 算出された評価パラメータを用いてむら検査を行う検査部と  
 を備え、  
 前記算出部は、

前記色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、前記輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、  
前記色むら評価パラメータと前記輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、前記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出し、  
前記色むら評価パラメータとして、  
前記検査対象の全領域に対する彩度エッジ領域の面積率である彩度エッジ面積率と、  
前記検査対象の全領域に対する色むら領域の面積率である色むら面積率と  
が少なくとも用いられる  
むら検査装置。

## 【請求項 2】

10

20

検査対象の撮像画像を取得するための撮像部と、  
前記撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する画像生成部と、

前記色むら検査用画像および前記輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出部と、

算出された評価パラメータを用いてむら検査を行う検査部と  
を備え、

前記算出部は、

前記色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、前記輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、

前記色むら評価パラメータと前記輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、前記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出し、

前記輝度むら評価パラメータとして、

前記検査対象の全領域に対する輝度エッジ領域の面積率である輝度エッジ面積率と、

前記検査対象の全領域に対する輝度むら領域の面積率である輝度むら面積率と

が少なくとも用いられる

むら検査装置。

#### 【請求項 3】

前記色むら評価パラメータを  $E_c$  、前記輝度むら評価パラメータを  $E_l$  、重み付け係数を  $A$  ,  $B$ としたとき、

前記総合評価パラメータ  $E$  は、以下の(1)式により表わされると共に、

前記重み付け係数  $A$  ,  $B$  はそれぞれ、前記むら視感度を考慮して決定される

請求項 1 または請求項 2 に記載のむら検査装置。

$$E = A \times E_c + B \times E_l \quad \dots (1)$$

#### 【請求項 4】

前記検査部は、

前記総合評価パラメータが大きくなるのに応じて、前記検査対象におけるむらの度合いが大きいと判断すると共に、

前記総合評価パラメータが小さくなるのに応じて、前記検査対象におけるむらの度合いが小さいと判断する

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載のむら検査装置。

#### 【請求項 5】

前記画像生成部は、色による色むら視感度の相違を考慮した補正処理を行いつつ、前記色むら検査用画像を生成する

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載のむら検査装置。

#### 【請求項 6】

前記画像生成部は、

前記撮像画像の各単位領域において、前記補正処理を行いつつ彩度を算出し、  
 算出された彩度を用いて、前記色むら検査用画像を生成する

請求項 5 に記載のむら検査装置。

#### 【請求項 7】

前記画像生成部は、

前記撮像画像の各単位領域において、CIE LAB 色空間における ( $a^*$  ,  $b^*$ ) をそれぞれ算出し、

算出された  $a^*$  に対して、前記補正処理としての以下の(2)式により表わされるゲイン補正処理を行った後に、以下の(3)式を用いて彩度  $C$  を算出する

請求項 6 に記載のむら検査装置。

$$a^{*\prime} = ( \quad \times a^* )$$

$$(a^{*\prime} > 0 \text{ のとき : ゲイン } > 1, a^{*\prime} \leq 0 \text{ のとき : ゲイン } = 1) \quad \dots (2)$$

$$C = \{ (a^{*\prime})^2 + (b^*)^2 \}^{1/2} \quad \dots (3)$$

10

20

30

40

50

**【請求項 8】**

前記色むら評価パラメータとして、

前記彩度エッジ面積率と、前記色むら面積率と、前記色むら領域の全領域における最大彩度とが用いられる

請求項1に記載のむら検査装置。

**【請求項 9】**

前記算出部は、

前記色むら検査用画像を用いて、前記彩度エッジ面積率、前記色むら面積率および前記最大彩度をそれぞれ算出し、

前記彩度エッジ面積率と前記色むら面積率と前記最大彩度とを重み付け加算することにより、前記色むら評価パラメータを算出する

請求項8に記載のむら検査装置。

**【請求項 10】**

前記彩度エッジ領域は、前記検査対象における単位長さ当たりの彩度変化量、または、単位視角当たりの彩度変化量が、所定の閾値以上となっている領域である

請求項1、請求項8または請求項9に記載のむら検査装置。

**【請求項 11】**

前記輝度むら評価パラメータとして、

前記検査対象の全領域に対する輝度エッジ領域の面積率である輝度エッジ面積率と、

前記検査対象の全領域に対する輝度むら領域の面積率である輝度むら面積率と

が少なくとも用いられる

請求項1、請求項8、請求項9または請求項10に記載のむら検査装置。

**【請求項 12】**

前記輝度むら評価パラメータとして、

前記輝度エッジ面積率と、前記輝度むら面積率と、前記輝度むら領域の全領域における最大輝度と白色画像における平均輝度との差分値である最大輝度差とが用いられる

請求項2に記載のむら検査装置。

**【請求項 13】**

前記算出部は、

前記輝度むら検査用画像を用いて、前記輝度エッジ面積率、前記輝度むら面積率および前記最大輝度差をそれぞれ算出し、

前記輝度エッジ面積率と前記輝度むら面積率と前記最大輝度差とを重み付け加算することにより、前記輝度むら評価パラメータを算出する

請求項12に記載のむら検査装置。

**【請求項 14】**

前記輝度エッジ領域は、前記検査対象における単位長さ当たりの輝度変化量、または、単位視角当たりの輝度変化量が、所定の閾値以上となっている領域である

請求項2、請求項12または請求項13に記載のむら検査装置。

**【請求項 15】**

前記検査対象が、カラー映像表示を行う表示装置における表示画面である

請求項1ないし請求項14のいずれか1項に記載のむら検査装置。

**【請求項 16】**

検査対象の撮像画像を取得するステップと、

前記撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する生成ステップと、

前記色むら検査用画像および前記輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出ステップと、

算出した評価パラメータを用いてむら検査を行う検査ステップと  
を含み、

前記算出ステップでは、

10

20

30

40

50

前記色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、前記輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、

前記色むら評価パラメータと前記輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、前記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出し、

前記色むら評価パラメータとして、

前記検査対象の全領域に対する彩度エッジ領域の面積率である彩度エッジ面積率と、

前記検査対象の全領域に対する色むら領域の面積率である色むら面積率と

が少なくとも用いられる

むら検査方法。

#### 【請求項 17】

10

検査対象の撮像画像を取得するステップと、

前記撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する生成ステップと、

前記色むら検査用画像および前記輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出ステップと、

算出した評価パラメータを用いてむら検査を行う検査ステップと

を含み、

前記算出ステップでは、

前記色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、前記輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、

20

前記色むら評価パラメータと前記輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、前記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出し、

前記輝度むら評価パラメータとして、

前記検査対象の全領域に対する輝度エッジ領域の面積率である輝度エッジ面積率と、

前記検査対象の全領域に対する輝度むら領域の面積率である輝度むら面積率と

が少なくとも用いられる

むら検査方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

30

本開示は、カラー映像等におけるむら検査（色むら検査および輝度むら検査）を行うむら検査装置およびむら検査方法に関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

従来、カラー映像表示が可能な C R T (Cathode Ray Tube) や L C D (Liquid Crystal Display) 等を用いた表示装置の量産工程における色むらや輝度むらの検査は、主に、限度見本との比較による官能検査を用いて行われている。この手法は、検査対象としての表示装置の表示画面を人間が直接視認することにより行われるため、実際の使用状態に近い検査であり、かつ簡便な手法である。

##### 【0003】

40

ところが、この手法では、個々の検査員の能力に頼る部分が大きいことから、検査員間の個人差や検査員の疲労の度合いなどによって検査品質が左右されてしまい、安定した検査をすることが困難である。

##### 【0004】

そこで、検査員の能力に頼らない客観的な色むらの検査手法がいくつか提案されている。例えば、表示画面全体を白色表示に設定した状態で、カラー撮像素子などを用いて表示画面内の複数箇所の色合いを測定し、白色表示部分との最大色差（ $E_{uv}^*$  または  $E_{ab}^*$ ）の値の大小に応じて色むら検査を行うというものである。

##### 【0005】

具体的には、例えば特許文献 1 ~ 3 では、表示画面内の数点の色や明るさを測定し、そ

50

のばらつきや、最大値と最小値との差分などを規格化して、色むら検査に用いるようにしている。また、例えば特許文献4では、色むら領域の空間的な大きさや、色が変化している領域に着目し、それらを定量化して色むら検査に用いるようにしている。更に、例えば特許文献5では、R(赤)、G(緑)、B(青)の各輝度データに対して輝度むらを評価する手法が提案されている。

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0006】**

【特許文献1】特開平1-225296号公報

10

【特許文献2】特開平10-2800号公報

【特許文献3】特開2003-57146号公報

【特許文献4】特開平10-96681号公報

【特許文献5】特開2007-198850号公報

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0007】**

ところが、上記特許文献1～3の手法では、規格化したパラメータを用いた客観的な色むら検査によって、安定した検査の実現が期待できるものの、色むらの広がり方に応じて人間が感じる色むらの程度も変化してしまうという問題がある。また、同様に上記特許文献4の手法においても、色相によって人間が感じる色むらの程度が変化してしまうという問題がある。更に、特許文献5の手法では、輝度むらおよび色むらの双方が同時に生じている場合においてむらの評価を試みているものの、輝度むらおよび色むらに対する人間の感度が考慮されていない。このため、表示装置の品質を正確に評価するうえで、総合的なむらを評価するには至っていない。

20

**【0008】**

すなわち、従来の手法では、人間による色むらや輝度むらの視感度に起因して、適切なむら検査(色むら検査および輝度むら検査)を行うのが困難であり、改善の余地があった。

**【0009】**

本開示はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、従来と比べてより適切なむら検査を行うことが可能なむら検査装置およびむら検査方法を提供することにある。

30

**【課題を解決するための手段】**

**【0010】**

本開示の第1のむら検査装置は、検査対象の撮像画像を取得するための撮像部と、撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する画像生成部と、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出部と、算出された評価パラメータを用いてむら検査を行う検査部とを備えたものである。上記算出部は、色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、色むら評価パラメータと輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、上記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出する。また、上記色むら評価パラメータとして、検査対象の全領域に対する彩度エッジ領域の面積率である彩度エッジ面積率と、検査対象の全領域に対する色むら領域の面積率である色むら面積率とが少なくとも用いられる。

40

本開示の第2のむら検査装置は、検査対象の撮像画像を取得するための撮像部と、撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する画像生成部と、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出部と、算出された評価パラメータを用いてむら検査を行う検査部とを備えたものである。上記算出部は、色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、輝度むら検査用画像を用いて

50

輝度むら評価パラメータを算出し、色むら評価パラメータと輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、上記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出する。また、上記輝度むら評価パラメータとして、検査対象の全領域に対する輝度エッジ領域の面積率である輝度エッジ面積率と、検査対象の全領域に対する輝度むら領域の面積率である輝度むら面積率とが少なくとも用いられる。

#### 【0011】

本開示の第1のむら検査方法は、検査対象の撮像画像を取得するステップと、撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する生成ステップと、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出ステップと、算出した評価パラメータを用いてむら検査を行う検査ステップとを含むようにしたものである。上記算出ステップでは、色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、色むら評価パラメータと輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、上記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出する。また、上記色むら評価パラメータとして、検査対象の全領域に対する彩度エッジ領域の面積率である彩度エッジ面積率と、検査対象の全領域に対する色むら領域の面積率である色むら面積率とが少なくとも用いられる。

10

本開示の第2のむら検査方法は、検査対象の撮像画像を取得するステップと、撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する生成ステップと、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して評価パラメータを算出する算出ステップと、算出した評価パラメータを用いてむら検査を行う検査ステップとを含むようにしたものである。上記算出ステップでは、色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、色むら評価パラメータと輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、上記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出する。また、上記輝度むら評価パラメータとして、検査対象の全領域に対する輝度エッジ領域の面積率である輝度エッジ面積率と、検査対象の全領域に対する輝度むら領域の面積率である輝度むら面積率とが少なくとも用いられる。

20

#### 【0012】

本開示のむら検査装置およびむら検査方法では、検査対象の撮像画像に基づいて色むら検査用画像および輝度むら検査用画像がそれぞれ生成され、これらの色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて評価パラメータが算出され、この評価パラメータを用いてむら検査が行われる。ここで、評価パラメータを算出する際には、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して算出される。これにより、そのような視感度を考慮せずにむら検査を行っている従来と比べ、人間の感覚により合致した客観的なむら検査（色むら検査および輝度むら検査）が実現される。

30

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本開示のむら検査装置およびむら検査方法によれば、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて評価パラメータを算出する際に、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して算出するようにしたので、従来と比べ、人間の感覚により合致した客観的なむら検査を実現することができる。よって、従来と比べてより適切なむら検査を行うことが可能となる。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0014】

【図1】本開示の一実施の形態に係るむら検査装置の概略構成を検査対象としての表示装置と共に表す図である。

【図2】図1に示した画像処理装置において行うむら検査処理の一例を表す流れ図である。

【図3】図2に示した彩度の算出手法の一例を表す特性図である。

50

【図4】色グループごとの色むら領域の面積率および色むら領域における最大彩度と色むらの主観評価値との関係の一例を表す特性図である。

【図5】色むら検査処理用に作成される画像の一例を表す図である。

【図6】彩度エッジ領域および輝度エッジ領域の定義について説明するための模式図である。

【図7】輝度むら検査処理用に作成される画像の一例を表す図である。

【図8】実施例1に係る各種の主観評価値と各種のむら評価値との関係を表す特性図である。

【図9】実施例2に係る評価条件について説明するための図である。

【図10】実施例2に係る輝度エッジ画像を表す図である。

10

【図11】単位視角当たりの変化量をエッジ閾値として用いた場合の効果について説明するための図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0015】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 実施の形態（色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮してむら検査を行う例）

2. 変形例

##### 【0016】

<実施の形態>

20

#### [むら検査装置の構成]

図1は、本開示の一実施の形態に係るむら検査装置（むら検査装置1）の概略構成を、検査対象としての表示装置4と共に表したものである。このむら検査装置1は、表示装置4等において表示されるカラー映像について、色むらの検査および輝度むらの検査を含めた総合的なむら検査を行うものであり、画像処理装置2および撮像装置3（撮像部）を備えている。ここで、表示装置4としては、例えば、CRTやLCD、PDP（Plasma Display Panel）、有機EL（Electro Luminescence）ディスプレイなどの各種のディスプレイを適用することが可能である。なお、本開示の一実施の形態に係るむら検査方法は、本実施の形態のむら検査装置1において具現化されるため、以下併せて説明する。

##### 【0017】

30

#### (撮像装置3)

撮像装置3は、上記したむら検査における検査対象である、表示装置4の表示画面（カラーディスプレイ）を撮像するためのものである。この撮像装置3は、例えばCCD（Charge Coupled Device）やCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）などからなる撮像素子を用いて構成されている。撮像装置3による撮像により得られた撮像画像（撮像データDin）は、接続配線10を介して画像処理装置2へ出力されるようになっている。なお、図1では、接続配線10が有線の配線である場合について示しているが、撮像装置3と画像処理装置2との間を無線で接続するようにしてもよい。

##### 【0018】

40

#### (画像処理装置2)

画像処理装置2は、撮像装置3から出力される撮像データDinに基づいてむら検査を行い、その検査結果としての検査結果データDoutを出力するものであり、例えば図に示したようなPC（Personal Computer）などを用いて構成されている。この画像処理装置2は、画像生成部21、パラメータ算出部22（算出部）および検査処理部23（検査部）を有している。

##### 【0019】

画像生成部21は、撮像データDinに基づいて所定の画像処理を行うことにより、後述する色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成するものである。具体的には、色むら検査用画像として、ここでは後述する、色むら画像（色むら画像データD11）、彩度エッジ画像（彩度エッジ画像データD12）および2値化色むら画像（2値化

50

色むら画像データD13)をそれぞれ生成する。また、輝度むら検査用画像として、ここでは後述する、輝度むら画像(輝度むら画像データD21)、輝度エッジ画像(輝度エッジ画像データD22)および2値化輝度むら画像(2値化輝度むら画像データD23)をそれぞれ生成する。この際、画像生成部21は、色による色むら視感度の相違を考慮した補正処理(後述するゲイン補正処理)を行いつつ、上記した色むら検査用画像を生成するようになっている。なお、この画像生成部21における画像処理(画像生成処理)の詳細については後述する。

#### 【0020】

パラメータ算出部22は、画像生成部21により生成された色むら検査用画像(上記した各種の画像データD11～D13)および輝度むら検査用画像(上記した各種の画像データD21～D23)の双方を用いて、後述するむら検査の際の各種の評価パラメータを算出するものである。具体的には、色むら検査用画像(各種の画像データD11～D13)を用いて、後述する色むら評価値Ec(色むらパラメータ)を算出する。また、輝度むら検査用画像(各種の画像データD21～D23)を用いて、後述する輝度むら評価値El(輝度むら評価パラメータ)を算出する。そして、これらの色むら評価値Ecと輝度むら評価値Elとを重み付け加算することにより、上記した評価パラメータとしての総合評価値E(総合評価パラメータ)を算出する。この際、本実施の形態では、パラメータ算出部22は、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して、総合評価値Eを算出するようになっている。なお、このパラメータ算出部22における算出処理の詳細についても後述する。

10

#### 【0021】

検査処理部23は、パラメータ算出部22において算出された総合評価値Eを用いて、検査対象である表示装置4の表示画面についてのむら検査(色むらの検査および輝度むらの検査を含めた総合的なむら検査)を行うものである。これにより、その検査結果としての検査結果データDoutが、検査処理部23から出力されるようになっている。なお、この検査処理部23におけるむら検査処理の詳細についても後述する。

20

#### 【0022】

##### [むら検査装置の作用・効果]

続いて、本実施の形態のむら検査装置1の作用および効果について説明する。

#### 【0023】

30

##### (1. 基本動作)

このむら検査装置1では、撮像装置3によって検査対象である表示装置4の表示画面が撮像されると、撮像画像(撮像データDin)が得られる。この撮像データDinは、接続配線10を介して画像処理装置2内の画像生成部21へ入力される。

#### 【0024】

画像生成部21は、撮像データDinに基づいて所定の画像処理を行うことにより、色むら検査用画像(各種の画像データD11～D13)および輝度むら検査用画像(各種の画像データD21～D23)をそれぞれ生成する。次いで、パラメータ算出部22は、これらの色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の双方を用いて、むら検査の際の評価パラメータである総合評価値Eを算出する。そして、検査処理部23は、この総合評価値Eを用いて、検査対象である表示装置4の表示画面についてのむら検査を行う。これにより、その検査結果としての検査結果データDoutが、検査処理部23から出力される。

40

#### 【0025】

##### (2. むら検査処理の詳細)

次に、本実施の形態のむら検査装置1における特徴的部分の1つである、画像処理装置2によるむら検査処理について詳細に説明する。図2は、この画像処理装置2において行うむら検査処理の一例を流れ図で表したものである。

#### 【0026】

##### (2-1. 前処理)

まず、画像生成部21は、上記したように、撮像装置3から接続配線10を介して、検

50

査対象の撮像画像（撮像データDin）を取得する（ステップS101）。

【0027】

次に、画像生成部21は、撮像データDinの信号を、三刺激値X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>からなる(X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>)信号に変換する（ステップS102）。具体的には、例えば撮像データDinがsRGB規格の映像信号である場合、以下の(1)式を用いて変換を行う。また、他の規格の映像信号の場合も、同様に規格に従って変換を行うことにより、(X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>)信号を生成する。なお、ここでは、撮像データDinの信号を(X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>)信号に変換する場合について説明しているが、撮像装置3によって直接、(X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>)信号を取得するようにしてもよい。

【0028】

【数1】

DinがsRGB規格の場合(IEC 61966-2-1より)

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

【0029】

そして、画像生成部21は、この(X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>)信号に対して、前処理としての所定のノイズ除去処理を行う（ステップS103）。具体的には、例えばMedian Filter等の空間フィルターを用いることにより、撮像装置3の種類や撮像条件に起因したノイズを除去する処理を行う。ただし、場合によっては、そのようなノイズ除去処理を行わないようにしてもよい。

【0030】

(2-2. 色むら評価値E<sub>c</sub>の算出)

続いて、画像生成部21およびパラメータ算出部22は、以下のようにして色むら評価値E<sub>c</sub>を算出する（ステップS111～S118）。

【0031】

具体的には、まず、画像生成部21は、上記したノイズ除去処理後の(X<sub>i</sub>，Y<sub>i</sub>，Z<sub>i</sub>)信号に基づいて、CIE（国際照明委員会）により1976年に勧告されたCIE1976 L<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup>色空間（CIELAB色空間）における値である、(a<sup>\*</sup>，b<sup>\*</sup>)を算出する（ステップS111）。なお、このCIELAB色空間は、均等色空間として勧告されており、人間の知覚的な色の見えに対して均等性を考慮した空間となっている。ここで、画像生成部21は、具体的には以下の(2)式および(3)式を用いることにより、(a<sup>\*</sup>，b<sup>\*</sup>)を撮像画素（表示画素）ごとに算出する。なお、式中のX<sub>n</sub>，Y<sub>n</sub>，Z<sub>n</sub>は、完全拡散反射面の三刺激値である。

【0032】

【数2】

$$\left\{ a^* = 500 \left\{ (X_i/X_n)^{1/3} - (Y_i/Y_n)^{1/3} \right\} \right. \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$\left. \left\{ b^* = 200 \left\{ (Y_i/Y_n)^{1/3} - (Z_i/Z_n)^{1/3} \right\} \right. \right. \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

【0033】

次に、画像生成部21は、各撮像画素において、色による色むら視感度の相違を考慮した補正処理（ゲイン補正処理）を行いつつ、前述した各種の色むら検査用画像を生成する。詳細には、各撮像画素においてそのような補正処理を行いつつ、彩度Cを算出する。具体的には、まず、画像生成部21は、ステップS111において算出したa<sup>\*</sup>に対し、色むら視感度の相違を考慮した補正処理として、以下の(4)式により表わされるゲイン補正処理（ゲイン を用いた補正処理）を行う（ステップS112）。そして、画像生成部21は、ステップS111，S112において算出した(a<sup>\*</sup>，b<sup>\*</sup>)を用いて、以下の

10

20

30

40

50

(5) 式により、彩度Cを撮像画素ごとに算出する(ステップS113)。

$$a^{*'} = (\times a^*)$$

( $a^* > 0$  のとき: ゲイン > 1、 $a^* \leq 0$  のとき: ゲイン = 1) ..... (4)

$$C = \{ (a^{*'})^2 + (b^*)^2 \}^{1/2}$$

$$= \{ (\times a^*)^2 + (b^*)^2 \}^{1/2} ..... (5)$$

#### 【0034】

このようなゲイン補正処理は、例えば図3に示したような( $a^*, b^*$ )座標系を考えると、( $a^*, b^*$ ) = ( $a_1, b_1$ )の点を、( $a^*, b^*$ ) = ( $\times a_1, b_1$ )の点に変換(補正)することに対応する。これにより、ゲイン補正処理前後における彩度Cを示す曲線は、図3中に示したようになる。すなわち、ゲイン補正処理前における彩度Cを示す曲線は円形状となっているのに対し、ゲイン補正処理後における彩度Cを示す曲線は、 $a^* > 0$ の領域において、図中の矢印で示したように、円形状ではなく橢円形状となっている。10

#### 【0035】

ここで、このようなゲイン補正処理を行った後に彩度Cを算出するようにしているのは、以下の理由によるものである。すなわち、人間が感じる色むらの視感度(色むら視感度)が、色むらを構成する色の種類に応じて変化してしまうためである。

#### 【0036】

具体的には、まず、色むら視感度(ME値；人間によるむら(ここでは色むら)の主観評価値)には、色グループごとの色むら領域の面積率(検査対象の全領域(表示画面内の全ての表示画素領域)に対する色グループごとの色むら領域の面積率)によって、差異が生じる。すなわち、例えば図4(A)に示したように、赤(R)系、オレンジ(O)系およびマゼンダ(M)系の色に対応する色グループでの面積率ではそれぞれ、黄緑(YG)系、緑(G)系および水色(LB)系の色に対応する色グループでの面積率と比べ、同一の面積率の値におけるME値(色むら視感度)が高くなる。20

#### 【0037】

また、色むら視感度(ME値)には、後述する最大彩度C<sub>max</sub>(色むら領域の全領域における最大彩度)を示す色が属する色グループによっても、差異が生じる。すなわち、例えば図4(B)に示したように、赤(R)系、オレンジ(O)系またはマゼンダ(M)系の色に対応する色グループに属する色が最大彩度C<sub>max</sub>を示す場合には、黄緑(YG)系、緑(G)系または水色(LB)系の色に対応する色グループに属する色が最大彩度C<sub>max</sub>を示す場合と比べ、同一の最大彩度C<sub>max</sub>の値におけるME値(色むら視感度)が高くなる。30

#### 【0038】

そこで、本実施の形態では画像生成部21において、上記したような色による色むら視感度の相違を考慮したゲイン補正処理を行いつつ、彩度Cを算出している。具体的には、色むら視感度が相対的に高い色グループ(赤(R)系、オレンジ(O)系およびマゼンダ(M)系の色に対応する色グループ)に対応する $a^* > 0$ の領域について、選択的に $a^*$ の値を増加させる補正(ゲイン補正)を行う。これにより、色による色むら視感度の相違を考慮せずにむら検査(色むら検査)を行っている従来と比べ、人間の感覚により合致した客観的なむら検査が実現される。40

#### 【0039】

次に、画像生成部21は、このようにして算出された彩度Cを用いて、撮像画像から、色むら検査用画像の1つである色むら画像(色むら画像データD11)を生成する(ステップS114)。すなわち、撮像画素ごとの彩度Cの値からなる色むら画像を生成する。これにより、例えば図5(A)に示したような、色むら画像データD11からなる色むら画像が生成される。

#### 【0040】

次いで、画像生成部21はまた、算出された彩度Cを用いて、撮像画像から、色むら検査用画像の1つである彩度エッジ画像(彩度エッジ画像データD12)を生成する(ステ50

ツップS115)。具体的には、例えばSobelフィルター処理等を行うことによって彩度エッジ領域を特定し、彩度エッジ画像を生成する。これにより、例えば図5(B)に示したような、彩度エッジ画像データD12からなる彩度エッジ画像が生成される。

#### 【0041】

ここで、このときに特定される彩度エッジ領域とは、例えば、検査対象(表示画面)における単位長さ当たりの彩度変化量(彩度エッジ強度)、または、単位視角当たりの彩度変化量が、所定の閾値(彩度エッジ閾値)以上となっている領域として定義される。具体的には、例えば図6(A)に示したように、人間が感じる色むらの感度に合うように表示画面40上の単位長さ当たりに対して定められた彩度エッジ閾値(例えば、 $(dC^*/m) = 2.0$ )以上となっている領域(例えば図6(A)中の領域Ae)を、彩度エッジ領域として特定する。あるいは、例えば図6(B)に示したように、人間が感じる色むらの感度に合うように観察者(眼Ey)による単位視角当たりに対して定められた彩度エッジ閾値(例えば、 $(dC^*/\text{arcmin}) = 0.873$ )以上となっている領域(例えば図6(B)中の領域Ae)を、彩度エッジ領域として特定する。なお、このときの視角としては、例えば以下のようにして定義されたものを用いるのが望ましい。すなわち、人間の視力が1.0の場合には、人間が判別可能な角度の分解能は、1度の $1/60$ である1分と定義されていることから、このような人間の視覚特性を考慮して1分を用いて定義されたものを用いるのが望ましい。この点は以下同様であるが、このような定義に限定されるものではない。

#### 【0042】

続いて、画像生成部21は更に、生成された色むら画像(色むら画像データD11)を用いて2値化色むら画像(2値化色むら画像データD13)を生成し、色むら領域を特定する(ステップS116)。この際、各撮像画素における彩度Cの大きさに基づいて、色むら領域を特定する。具体的には、彩度Cの値が所定の閾値(例えば、2.0)以上である撮像画素については、色むら領域に属する撮像画素であると判断する一方、彩度Cの値が上記閾値未満である撮像画素については、色むら領域に属しない撮像画素であると判断することにより、色むら領域を特定する。これにより、例えば図5(C)に示した2値化色むら画像(2値化色むら画像データD13)のように、色むら領域が特定される。なお、この図5(C)に示した2値化色むら画像では、色むら領域が赤表示されると共に、それ以外の領域が黒表示されている(2値化画像となっている)。

#### 【0043】

次に、パラメータ算出部22は、このようにして生成された各種の色むら検査用画像(色むら画像データD11、彩度エッジ画像データD12および2値化色むら画像データD13)を用いて、以下説明する各種のパラメータを算出する(ステップS117)。

#### 【0044】

具体的には、パラメータ算出部22は、彩度エッジ画像(彩度エッジ画像データD12)を用いて、検査対象の全領域(表示画面内の全ての表示画素領域)に対する彩度エッジ領域の面積率である、彩度エッジ面積率Sceを算出する。

#### 【0045】

また、パラメータ算出部22は、2値化色むら画像(2値化色むら画像データD13)を用いて、検査対象の全領域(表示画面内の全ての表示画素領域)に対する色むら領域の面積率である、色むら面積率Scを算出する。

#### 【0046】

更に、パラメータ算出部22は、色むら画像(色むら画像データD11)を用いて、色むら領域の全領域における最大彩度Cmaxを算出する。例えば、図5(A)に示した色むら画像の例では、図5(D)中に「×」印で示した撮像画素において、最大彩度Cmaxを示している。

#### 【0047】

そして、パラメータ算出部22は、このようにして算出された、彩度エッジ面積率Sceと色むら面積率Scと最大彩度Cmaxとを重み付け加算することにより、色むら評価値E

10

20

30

40

50

$c$  を算出する（ステップ S 1 1 8）。具体的には、パラメータ算出部 2 2 は、例えば以下の（6）式を用いることにより、色むら評価値  $E_c$  を算出する。なお、この（6）式において、定数（係数） $k_1, k_2, k_3$  はそれぞれ重み付け係数を表し、 $c_1$  は所定の定数（0（ゼロ）を含む）を表している。

$$E_c = k_1 \times S_{ce} + k_2 \times S_c + k_3 \times C_{max} + c_1 \quad \dots \dots \quad (6)$$

#### 【0048】

##### （2-3. 輝度むら評価値 $E_1$ の算出）

また、画像生成部 2 1 およびパラメータ算出部 2 2 は、以下のようにして輝度むら評価値  $E_1$  を算出する（ステップ S 1 2 1 ~ S 1 2 7）。

#### 【0049】

具体的には、まず、画像生成部 2 1 は、前述したノイズ除去処理後の（ $X_i, Y_i, Z_i$ ）信号に基づいて、前述した CIE1976  $L^* a^* b^*$  色空間（CIELAB 色空間）における値である、 $L^*$ （明度）を算出する（ステップ S 1 2 1）。具体的には、画像生成部 2 1 は以下の（7）式を用いることにより、 $L^*$  を撮像画素ごとに算出する。

#### 【0050】

##### 【数3】

$$L^* = 116 (Y_i/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \dots \dots \quad (7)$$

#### 【0051】

次いで、画像生成部 2 1 は、白色画像の全領域（ここでは、表示装置 4 の表示画面に表示された白色画像の全ての表示画素領域）における  $L^*$  の平均値である、平均輝度  $L^*_{ave}$  を算出する（ステップ S 1 2 2）。

#### 【0052】

次に、画像生成部 2 1 は、このようにして算出された  $L^*$  および平均輝度  $L^*_{ave}$  を用いて、撮像画像から、輝度むら検査用画像の 1 つである輝度むら画像（輝度むら画像データ D 2 1）を生成する（ステップ S 1 2 3）。具体的には、撮像画素ごとの  $L^*$  と平均輝度  $L^*_{ave}$  との差分値である輝度差  $L^* (= L^* - L^*_{ave})$  を撮像画素ごとに算出し、この輝度差  $L^*$  からなる輝度むら画像を生成する。これにより、例えば図 7 (A) に示したような、輝度むら画像データ D 2 1 からなる輝度むら画像が生成される。なお、このとき、上記のように輝度差  $L^*$  を用いて輝度むら画像を生成する代わりに、 $L^*$  の値を用いて輝度むら画像を生成するようにしてもよい。

#### 【0053】

次いで、画像生成部 2 1 はまた、算出された  $L^*$  を用いて、撮像画像から、輝度むら検査用画像の 1 つである輝度エッジ画像（輝度エッジ画像データ D 2 2）を生成する（ステップ S 1 2 4）。例えば Sobel フィルター処理等を行うことによって輝度エッジ領域を特定し、輝度エッジ画像を生成する。これにより、例えば図 7 (B) に示したような、輝度エッジ画像データ D 2 2 からなる輝度エッジ画像が生成される。

#### 【0054】

ここで、このときに特定される輝度エッジ領域とは、例えば、検査対象（表示画面）における単位長さ当たりの輝度変化量（輝度エッジ強度）、または、単位視角当たりの輝度変化量が、所定の閾値（輝度エッジ閾値）以上となっている領域として定義される。具体的には、ここでも例えば図 6 (A) に示したように、表示画面 4 0 上の単位長さ当たりに対して定められた輝度エッジ閾値（例えば、 $(dL^*/mm) = 0.5$ ）以上となっている領域（例えば図 6 (A) 中の領域 A e）を、輝度エッジ領域として特定する。あるいは、例えば図 6 (B) に示したように、観察者（眼 E y）による単位視角 当たりに対して定められた輝度エッジ閾値（例えば、 $(dL^*/arcmin) = 0.218$ ）以上となっている領域（例えば図 6 (B) 中の領域 A e）を、輝度エッジ領域として特定する。

#### 【0055】

続いて、画像生成部 2 1 は更に、生成された輝度むら画像（輝度むら画像データ D 2 1

10

20

30

40

50

)を用いて2値化輝度むら画像(2値化輝度むら画像データD23)を生成し、輝度むら領域(明暗部領域)を特定する(ステップS125)。この際、各撮像画素における輝度差 $L^*$ の大きさに基づいて、輝度むら領域を特定する。具体的には、輝度差 $L^*$ の値が所定の閾値(例えば、0.3)以上である撮像画素については、輝度むら領域に属する撮像画素であると判断する一方、輝度差 $L^*$ の値が上記閾値未満である撮像画素については、輝度むら領域に属しない撮像画素であると判断することにより、輝度むら領域を特定する。これにより、例えば図7(C)に示した2値化輝度むら画像(2値化輝度むら画像データD23)のように、輝度むら領域が特定される。なお、この図7(C)に示した2値化輝度むら画像では、輝度むら領域が白表示されると共に、それ以外の領域が黒表示されている(2値化画像となっている)。

10

#### 【0056】

次に、パラメータ算出部22は、このようにして生成された各種の輝度むら検査用画像(輝度むら画像データD21、輝度エッジ画像データD22および2値化輝度むら画像データD23)を用いて、以下説明する各種のパラメータを算出する(ステップS126)。

#### 【0057】

具体的には、パラメータ算出部22は、輝度エッジ画像(輝度エッジ画像データD22)を用いて、検査対象の全領域(表示画面内の全ての表示画素領域)に対する輝度エッジ領域の面積率である、輝度エッジ面積率 $S_{le}$ を算出する。

#### 【0058】

また、パラメータ算出部22は、2値化輝度むら画像(2値化輝度むら画像データD23)を用いて、検査対象の全領域(表示画面内の全ての表示画素領域)に対する輝度むら領域の面積率である、輝度むら面積率 $S_1$ を算出する。

20

#### 【0059】

更に、パラメータ算出部22は、輝度むら画像(輝度むら画像データD21)を用いて、輝度むら領域の全領域における最大輝度(最大の $L^*$ : $L^{*max}$ )と平均輝度 $L^{*ave}$ との差分値である、最大輝度差 $L^{*max}$ (= $L^{*max} - L^{*ave}$ )を算出する。例えば、図7(A)に示した輝度むら画像の例では、図7(D)中に「×」印で示した撮像画素において、最大輝度差 $L^{*max}$ を示している。

#### 【0060】

30

そして、パラメータ算出部22は、このようにして算出された、輝度エッジ面積率 $S_{le}$ と輝度むら面積率 $S_1$ と最大輝度差 $L^{*max}$ とを重み付け加算することにより、輝度むら評価値 $E_1$ を算出する(ステップS127)。具体的には、パラメータ算出部22は、例えば以下の(8)式を用いることにより、輝度むら評価値 $E_1$ を算出する。なお、この(8)式において、定数(係数) $k_4, k_5, k_6$ はそれぞれ重み付け係数を表し、 $c_2$ は所定の定数(0を含む)を表している。

$$E_1 = k_4 \times S_{le} + k_5 \times S_1 + k_6 \times L^{*max} + c_2 \quad \dots \dots (8)$$

#### 【0061】

##### (2-4. 総合評価値 $E$ の算出・むら検査処理)

次に、パラメータ算出部22は、このようにして求められた色むら評価値 $E_c$ および輝度むら評価値 $E_1$ に基づいて、例えば以下の(9)式を用いることにより、むら検査の際の総合評価値 $E$ を算出する(ステップS131)。すなわち、色むら評価値 $E_c$ と輝度むら評価値 $E_1$ とを重み付け加算することにより、総合評価値 $E$ を算出する。これにより、以下説明するむら検査の際に、色むら評価値 $E_c$ と輝度むら評価値 $E_1$ との重み付けを反映させた検査を行うことが可能となる。なお、この(9)式において、定数(係数) $A, B$ はそれぞれ重み付け係数を表し、 $c_3$ は所定の定数(0を含む)を表している。

$$E = A \times E_c + B \times E_1 + c_3 \quad \dots \dots (9)$$

#### 【0062】

ここで、本実施の形態では、パラメータ算出部22は、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して、総合評価値 $E$ を算出する。具体的には、上記した重み付け係数 $A, B$

40

50

Bがそれぞれ、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して決定されるようになっている。このように、総合評価値Eを算出する際に、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して算出されることにより、そのような視感度を考慮せずにむら検査を行っている従来と比べ、人間の感覚により合致した客観的なむら検査が実現される。

#### 【0063】

続いて、検査処理部23は、このようにして求められた総合評価値Eを用いて、検査対象である表示装置4の表示画面についてのむら検査を行い、その検査結果としての検査結果データDoutを生成する(ステップS132)。具体的には、例えば、総合評価値Eが大きくなるのに応じて、検査対象におけるむら(色むらおよび輝度むらのうちの少なくとも一方)の度合いが大きいと判断する。一方、総合評価値Eが小さくなるのに応じて、検査対象におけるむらの度合いが小さいと判断する。あるいは、総合評価値Eが所定の閾値以上である場合には、検査対象が不良品であると判断する一方、総合評価値Eが上記閾値未満である場合には、検査対象が良品であると判断する。以上により、画像処理装置2によるむら検査処理が終了となる。

#### 【0064】

##### (実施例1)

ここで、図8は、これまで説明した各種の評価値と人間による主観評価値(ME値)との関係(相間)を示す一実施例(実施例1)を表したものである。具体的には、図8(A)は、実施例1に係る色むら評価値Ecと主観評価値(ME値)との相間を表し、図8(B)は、実施例1に係る輝度むら評価値Elと主観評価値(ME値)との相間を表し、図8(C)は、実施例1に係る総合評価値Eと主観評価値(ME値)との相間を表している。なお、これらの図中に示した、線形直線における決定係数R<sup>2</sup>は、その値が「1」により近い大きい値となるのに従って、むら検査の精度がより高くなっていることを示す。

#### 【0065】

まず、図8(A)に示した例は、主観評価は被験者として19歳~24歳の男女各25名に対するマグニチュード推定法による評価結果に基づくものとなっている。また、この例では、彩度エッジ面積率Scelに対する重み付け係数k1=12.8、色むら面積率Scに対する重み付け係数k2=4.0、最大彩度Cmaxに対する重み付け係数k3=0.02として、色むら評価値Ecを算出している。この例では決定係数R<sup>2</sup>=0.94となつてあり、非常に高い相関を示していることが分かる。

#### 【0066】

一方、図8(B)に示した例は、図8(A)の場合と同様の条件によるマグニチュード推定法による評価結果に基づくものとなっている。また、この例では、輝度エッジ面積率Selに対する重み付け係数k4=19.9、輝度むら面積率Slに対する重み付け係数k5=1.9、最大輝度差L\*maxに対する重み付け係数k6=0.19として、輝度むら評価値Elを算出している。この例においても決定係数R<sup>2</sup>=0.94となっており、非常に高い相関を示していることが分かる。

#### 【0067】

他方、図8(C)に示した例も、図8(A)の場合と同様の条件によるマグニチュード推定法による評価結果に基づくものとなっている。また、この例では、色むら評価値Ecに対する重み付け係数A=0.63、輝度むら評価値Elに対する重み付け係数B=0.71として、総合評価値Eを算出している。この例においても決定係数R<sup>2</sup>=0.95となっており、非常に高い相関を示していることが分かる。

#### 【0068】

##### (実施例2)

また、図9および図10は、前述した単位長さ当たりの変化量または単位視角当たりの変化量と所定のエッジ閾値との比較によってエッジ領域(輝度エッジ領域)を特定する際の、エッジ領域の相違を対比して示す一実施例(実施例2)を表したものである。

#### 【0069】

具体的には、図9(A)は、実施例2に係る、検査対象である表示画面のサイズ[inch]

10

20

30

40

50

]と、各サイズ(8, 40, 80 inch)における観察者の適正視距離[mm]および1mあたりの視角[°]との関係を表したものである。また、図9(B)は、図9(A)中に示した各適正視距離と1mmあたりの視角との関係を、模式的に表したものである。

#### 【0070】

一方、図10は、図9(A), (B)中に示した各適正視距離(表示画面の各サイズ)について、輝度エッジ閾値として前述した( $dL^*/mm = 0.5$ )を用いた場合の輝度エッジ画像(輝度エッジ画像データD22)と、前述した( $dL^*/arcmin = 0.218$ )を用いた場合の輝度エッジ画像とを対比して表したものである。すなわち、輝度エッジ領域を、表示画面における単位長さあたりの輝度変化量(輝度エッジ強度)を用いて定義した場合と、単位視角あたりの輝度変化量を用いて定義した場合とについて、特定されるエッジ領域の相違を対比して示している。10

#### 【0071】

これらの図9および図10に示した実施例2により、単位視角あたりの輝度変化量を用いて輝度エッジ領域を定義した場合(輝度エッジ閾値:( $dL^*/arcmin = 0.218$ )の場合)には、以下の効果も得られることが分かる。すなわち、表示画面における単位長さあたりの輝度変化量を用いて輝度エッジ領域を定義した場合(輝度エッジ閾値:( $dL^*/mm = 0.5$ )の場合)とは異なり、表示画面のサイズ(観察者の適正視距離)に依存せずに一定の輝度エッジ領域を特定することが可能となる。よって、むら検査の際の精度を向上させることができる。

#### 【0072】

なお、この実施例2では、輝度エッジ領域を特定する際のエッジ領域の相違について示したが、彩度エッジ領域を特定する際のエッジ領域の相違についても同様のことが言える。すなわち、単位視角あたりの彩度変化量を用いて彩度エッジ領域を定義した場合には、表示画面における単位長さあたりの彩度変化量を用いて彩度エッジ領域を定義した場合は異なり、表示画面のサイズ(観察者の適正視距離)に依存せずに一定の彩度エッジ領域を特定することが可能となる。20

#### 【0073】

以上のように本実施の形態では、色むら検査用画像(各種の画像データD11~D13)および輝度むら検査用画像(各種の画像データD21~D23)の双方を用いて総合評価値Eを算出する際に、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して算出するようにしたので、従来と比べ、人間の感覚により合致した客観的なむら検査(色むらの検査および輝度むらの検査を含めた総合的なむら検査)を実現することができる。よって、従来と比べてより適切なむら検査を行うことが可能となる。30

#### 【0074】

また、色むら検査用画像を生成する際に、撮像画像の各撮像画素において、色による色むら視感度の相違を考慮した補正処理( $a^*$ に対するゲイン補正処理)を行いつつ彩度Cを算出するようにしたので、人間の感覚に更に合致した客観的なむら検査を実現することができ、更に適切なむら検査を行うことが可能となる。

#### 【0075】

また、人間の感覚により合致した客観的なむら検査が実現されるため、開発や設計段階での品質評価に用いることにより、開発や設計の効率化を図ることが可能となる。40

#### 【0076】

更に、本実施の形態のむら検査を、例えば、製品を量産する際の検査工程に導入することにより、安定かつ迅速なむら検査を行うことが可能となり、検査工程の効率改善や、製品の品質の安定化を図ることが可能となる。

#### 【0077】

加えて、単位視角あたりの変化量(輝度変化量および彩度変化量)を用いてエッジ領域(輝度エッジ領域および彩度エッジ領域)を定義するようにしたので、以下説明するように、表示画面上における微小のエッジ領域を特定することも可能となる。すなわち、まず、例えば図11に示したように、例えば0.1 [rad]以上の視角に相当する幅だけ離れ50

た画素間での輝度差や彩度差等を用いてエッジ領域を特定する場合には、例えば表示画面のサイズが 40 [inch] や 80 [inch] の大型になると、微小のエッジ領域の特定ができなくなる。これは、図11中に示したように、0.1 [rad] の視角に相当する表示画面上の幅が、数 100 [mm] もの大きさになってしまうからである。これに対して、単位視角当たりの変化量を用いてエッジ領域を定義する場合、例えば図11中に示したように単位視角 = 1 ['] とすると、表示画面のサイズが大型になつても、この単位視角に相当する表示画面上の幅を 1 [mm] 未満に抑えることができる。これらのことから、例えば、表示画面サイズが大型となつたり、高精細な携帯型ディスプレイを適正な視距離から観察する場合等を考慮しても、微小のエッジ領域を特定することができ、むら検査の際の精度を向上させることができるとなる。

10

#### 【0078】

なお、上記したように単位視角当たりの変化量を用いてエッジ領域を定義する代わりに、視距離に応じて表示画面における単位長さ当たりの変化量（輝度変化量および彩度変化量）の閾値（エッジ閾値）を変化させることによって、エッジ領域を定義するようにしてもよい。具体的には、例えば以下の(10)式および(11)式を用いて、輝度エッジ閾値および彩度エッジ閾値を規定するようにしてもよい。なお、これらの式において、D は視距離 [mm] を、 $L_{th} (= 0.5)$  は、 $D = 1500 [mm]$  のときの単位長さ当たりの輝度エッジ閾値を、 $C_{th} (= 2.0)$  は、 $D = 1500 [mm]$  のときの単位長さ当たりの彩度エッジ閾値を、それぞれ表している。このように、視距離に応じて単位長さ当たりのエッジ閾値を変化させることによってエッジ領域を定義するようにした場合にも、単位視角当たりの変化量を用いてエッジ領域を定義する場合と同様に、微小のエッジ領域を特定することができ、むら検査の際の精度を向上させることができるとなる。

20

$$\text{輝度エッジ閾値} : (dL^*/dx) = L_{th} \times (1500/D) \quad \dots \dots (10)$$

$$\text{彩度エッジ閾値} : (dC^*/dx) = C_{th} \times (1500/D) \quad \dots \dots (11)$$

#### 【0079】

##### <変形例>

以上、実施の形態を挙げて本開示の技術を説明したが、本技術はこの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。

#### 【0080】

例えば、上記実施の形態では、色むら評価値  $E_c$  として、彩度エッジ面積率  $S_{ce}$ 、色むら面積率  $S_c$  および最大彩度  $C_{max}$  の 3 つのパラメータを用いる場合について説明したが、これらに加えて（あるいはこれらの代わりに）、他のパラメータを用いるようにしてもよい。加えて、これらの 3 つのパラメータのうちの少なくとも 1 つ以上のパラメータを、色むら評価値  $E_c$  として用いるようにしてもよい。ただし、これらの 3 つのパラメータのうち、特に、彩度エッジ面積率  $S_{ce}$  および色むら面積率  $S_c$  の 2 つのパラメータを少なくとも用いるようにするのが望ましい。これは、人間が色むらの程度を判断する際に、特に空間的な広がりを重視する傾向にあるため、これらの 2 つのパラメータが、色むら評価値  $E_c$  における寄与が相対的に大きいからである。

30

#### 【0081】

また、上記実施の形態では、輝度むら評価値  $E_1$  として、輝度エッジ面積率  $S_{le}$ 、輝度むら面積率  $S_l$  および最大輝度差  $L^{*max}$  の 3 つのパラメータを用いる場合について説明したが、これらに加えて（あるいはこれらの代わりに）、他のパラメータを用いるようにしてもよい。加えて、これらの 3 つのパラメータのうちの少なくとも 1 つ以上のパラメータを、輝度むら評価値  $E_1$  として用いるようにしてもよい。ただし、これらの 3 つのパラメータのうち、特に、輝度エッジ面積率  $S_{le}$  および輝度むら面積率  $S_l$  の 2 つのパラメータを少なくとも用いるようにするのが望ましい。これは、人間が輝度むらの程度を判断する際に、特に空間的な広がりを重視する傾向にあるため、これらの 2 つのパラメータが、輝度むら評価値  $E_1$  における寄与が相対的に大きいからである。

40

#### 【0082】

更に、上記実施の形態では、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像の例をそれぞ

50

れ具体的に挙げて説明したが、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像としては、上記実施の形態で挙げたものには限られない。

**【0083】**

加えて、上記実施の形態では、色むら検査用画像を生成する際に、色による色むら視感度の相違を考慮した補正処理（ゲイン補正処理）を行いつつ彩度Cを算出する場合について説明したが、場合によってはそのようなゲイン補正処理を行わないようにしてもよい。

**【0084】**

また、上記実施の形態では、むら検査の検査対象が、カラー映像表示を行う表示装置における表示画面である場合について説明したが、本技術の検査対象は、表示装置以外のもの（例えば、カラー発光が可能な照明装置（バックライトなど））であってもよい。

10

**【0085】**

更に、上記実施の形態では、むら検査装置1において、撮像装置3と画像処理装置2とが別体となっている場合について説明したが、これらの装置がそれぞれ、同一の装置内に設けられているようにしてもよい。

**【0086】**

加えて、上記実施の形態で説明した一連の処理は、ハードウェア（回路）で行われるようにもよいし、ソフトウェア（プログラム）で行われるようにもよい。

**【0087】**

なお、本技術は以下のような構成を取ることも可能である。

**[1]**

20

検査対象の撮像画像を取得するための撮像部と、

前記撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する画像生成部と、

前記色むら検査用画像および前記輝度むら検査用画像の双方を用いて、評価パラメータを算出する算出部と、

算出された評価パラメータを用いてむら検査を行う検査部と  
を備え、

前記算出部は、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して、前記評価パラメータを算出する

むら検査装置。

30

**[2]**

前記算出部は、

前記色むら検査用画像を用いて色むら評価パラメータを算出すると共に、前記輝度むら検査用画像を用いて輝度むら評価パラメータを算出し、

前記色むら評価パラメータと前記輝度むら評価パラメータとを重み付け加算することにより、前記評価パラメータとしての総合評価パラメータを算出する

上記[1]に記載のむら検査装置。

**[3]**

前記色むら評価パラメータをE<sub>c</sub>、前記輝度むら評価パラメータをE<sub>l</sub>、重み付け係数をA, Bとしたとき、

40

前記総合評価パラメータEは、以下の(1)式により表わされると共に、

前記重み付け係数A, Bはそれぞれ、前記むら視感度を考慮して決定される  
上記[2]に記載のむら検査装置。

$$E = A \times E_c + B \times E_l \quad \dots (1)$$

**[4]**

前記検査部は、

前記総合評価パラメータが大きくなるのに応じて、前記検査対象におけるむらの度合いが大きいと判断すると共に、

前記総合評価パラメータが小さくなるのに応じて、前記検査対象におけるむらの度合いが小さいと判断する

50

上記 [ 2 ] または [ 3 ] に記載のむら検査装置。

[ 5 ]

前記画像生成部は、色による色むら視感度の相違を考慮した補正処理を行いつつ、前記色むら検査用画像を生成する

上記 [ 1 ] ないし [ 4 ] のいずれかに記載のむら検査装置。

[ 6 ]

前記画像生成部は、

前記撮像画像の各単位領域において、前記補正処理を行いつつ彩度を算出し、算出された彩度を用いて、前記色むら検査用画像を生成する

上記 [ 5 ] に記載のむら検査装置。

10

[ 7 ]

前記画像生成部は、

前記撮像画像の各単位領域において、CIELAB色空間における( $a^*$ ,  $b^*$ )をそれぞれ算出し、

算出された $a^*$ に対して、前記補正処理としての以下の(2)式により表わされるゲイン補正処理を行った後に、以下の(3)式を用いて彩度Cを算出する

上記 [ 6 ] に記載のむら検査装置。

$$a^{*\prime} = ( \quad \times a^* )$$

( $a^* > 0$  のとき : ゲイン  $> 1$ 、 $a^* \leq 0$  のとき : ゲイン  $= 1$ ) ... (2)

$$C = \{ (a^{*\prime})^2 + (b^*)^2 \}^{1/2} \dots (3)$$

20

[ 8 ]

前記色むら評価パラメータとして、

前記検査対象の全領域に対する彩度エッジ領域の面積率である彩度エッジ面積率と、

前記検査対象の全領域に対する色むら領域の面積率である色むら面積率と

を少なくとも用いる

上記 [ 2 ] ないし [ 7 ] のいずれかに記載のむら検査装置。

[ 9 ]

前記色むら評価パラメータとして、

前記彩度エッジ面積率と、前記色むら面積率と、前記色むら領域の全領域における最大彩度とを用いる

30

上記 [ 8 ] に記載のむら検査装置。

[ 10 ]

前記算出部は、

前記色むら検査用画像を用いて、前記彩度エッジ面積率、前記色むら面積率および前記最大彩度をそれぞれ算出し、

前記彩度エッジ面積率と前記色むら面積率と前記最大彩度とを重み付け加算することにより、前記色むら評価パラメータを算出する

上記 [ 9 ] に記載のむら検査装置。

[ 11 ]

前記彩度エッジ領域は、前記検査対象における単位長さ当たりの彩度変化量、または、  
単位視角当たりの彩度変化量が、所定の閾値以上となっている領域である

40

上記 [ 8 ] ないし [ 10 ] のいずれかに記載のむら検査装置。

[ 12 ]

前記輝度むら評価パラメータとして、

前記検査対象の全領域に対する輝度エッジ領域の面積率である輝度エッジ面積率と、前記検査対象の全領域に対する輝度むら領域の面積率である輝度むら面積率とを少なくとも用いる

上記 [ 2 ] ないし [ 11 ] のいずれかに記載のむら検査装置。

[ 13 ]

前記輝度むら評価パラメータとして、

50

前記輝度エッジ面積率と、前記輝度むら面積率と、前記輝度むら領域の全領域における最大輝度と平均輝度との差分である最大輝度差とを用いる

上記 [ 12 ] に記載のむら検査装置。

[ 14 ]

前記算出部は、

前記輝度むら検査用画像を用いて、前記輝度エッジ面積率、前記輝度むら面積率および前記最大輝度差をそれぞれ算出し、

前記輝度エッジ面積率と前記輝度むら面積率と前記最大輝度差とを重み付け加算することにより、前記輝度むら評価パラメータを算出する

上記 [ 13 ] に記載のむら検査装置。

10

[ 15 ]

前記輝度エッジ領域は、前記検査対象における単位長さ当たりの輝度変化量、または、単位視角当たりの輝度変化量が、所定の閾値以上となっている領域である

上記 [ 12 ] ないし [ 14 ] のいずれかに記載のむら検査装置。

[ 16 ]

前記検査対象が、カラー映像表示を行う表示装置における表示画面である

上記 [ 1 ] ないし [ 15 ] のいずれかに記載のむら検査装置。

20

[ 17 ]

検査対象の撮像画像を取得するステップと、

前記撮像画像に基づいて、色むら検査用画像および輝度むら検査用画像をそれぞれ生成する生成ステップと、

前記色むら検査用画像および前記輝度むら検査用画像の双方を用いて、評価パラメータを算出する算出ステップと、

算出した評価パラメータを用いてむら検査を行う検査ステップと

を含み、

前記算出ステップでは、色および輝度の双方に対するむら視感度を考慮して、前記評価パラメータを算出する

むら検査方法。

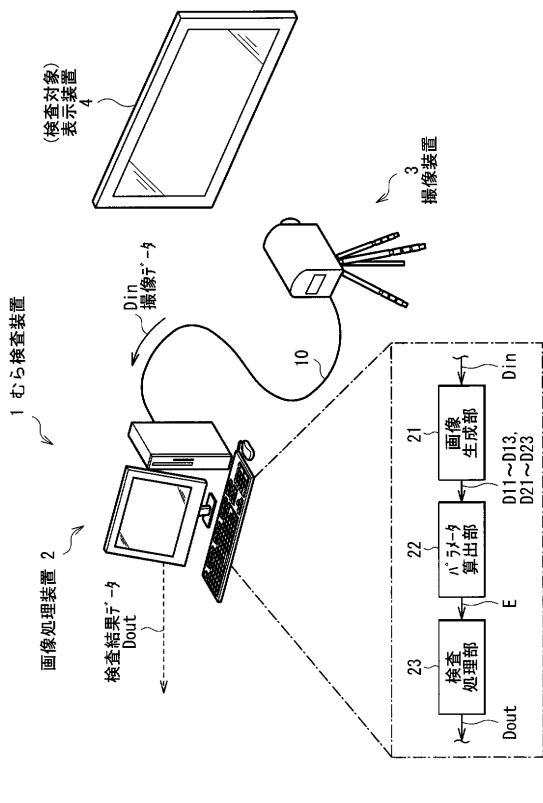
【符号の説明】

【 0 0 8 8 】

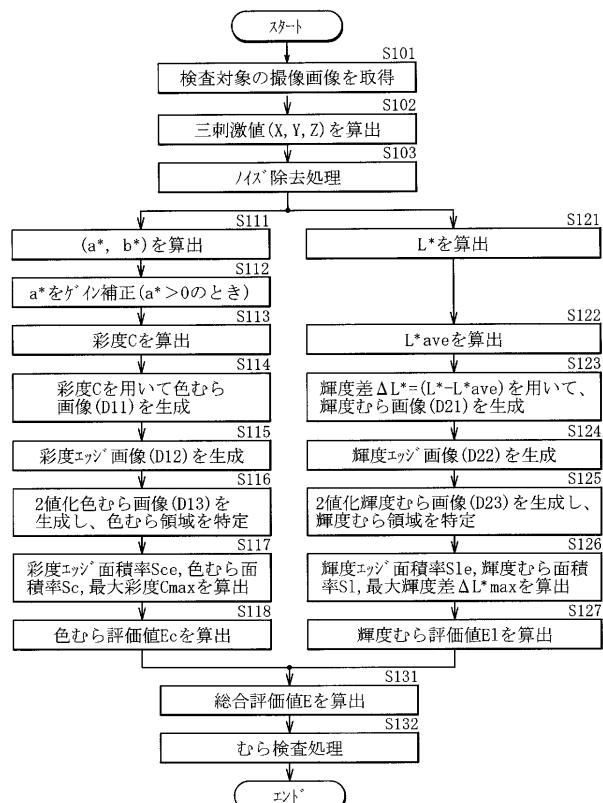
30

1 ...むら検査装置、 1 0 ...接続配線、 2 ...画像処理装置、 2 1 ...画像生成部、 2 2 ...パラメータ算出部、 2 3 ...検査処理部、 3 ...撮像装置、 4 ...表示装置（検査対象）、 4 0 ...表示画面、 D in...撮像データ、 D 1 1 ...色むら画像データ、 D 1 2 ...彩度エッジ画像データ、 D 1 3 ...2 値化色むら画像データ、 D 2 1 ...輝度むら画像データ、 D 2 2 ...輝度エッジ画像データ、 D 2 3 ...2 値化輝度むら画像データ、 D out...検査結果データ、 S ce...彩度エッジ面積率、 S c ...色むら面積率、 C max...最大彩度、 S le...輝度エッジ面積率、 S l ...輝度むら面積率、 L \* ...輝度差、 L \* max...最大輝度差、 E c ...色むら評価値、 E l ...輝度むら評価値、 E ...総合評価値、 ...ゲイン、 ...視角、 R <sup>2</sup> ...決定係数。

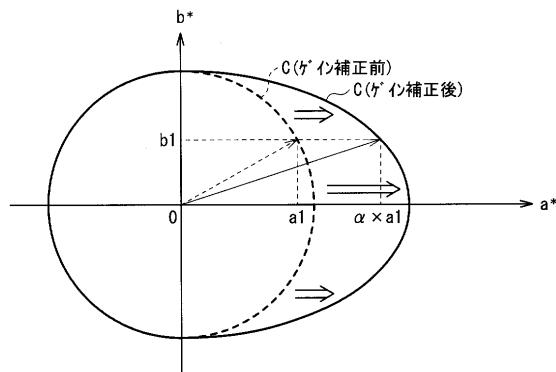
【図1】



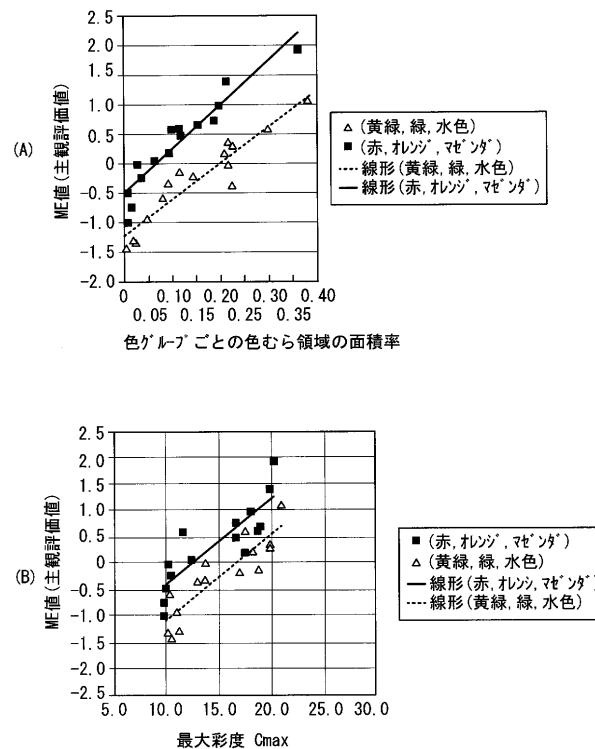
【図2】



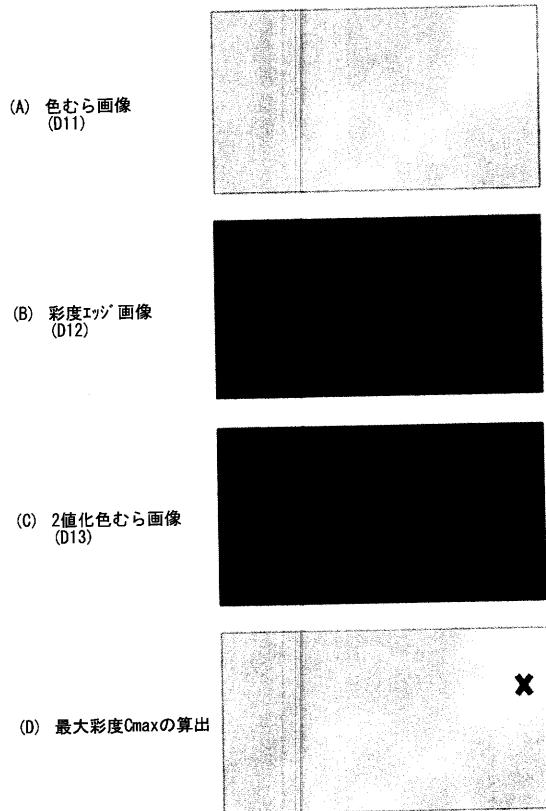
【図3】



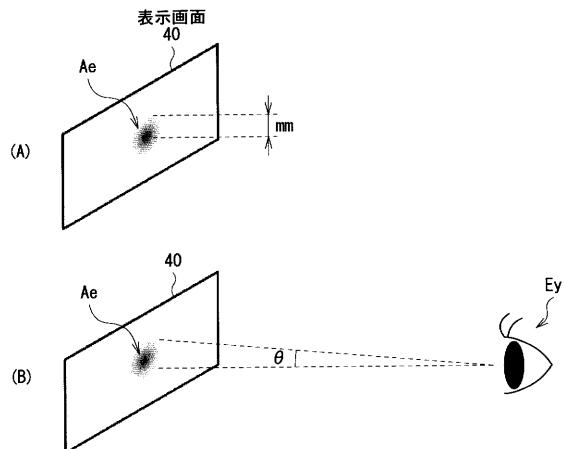
【図4】



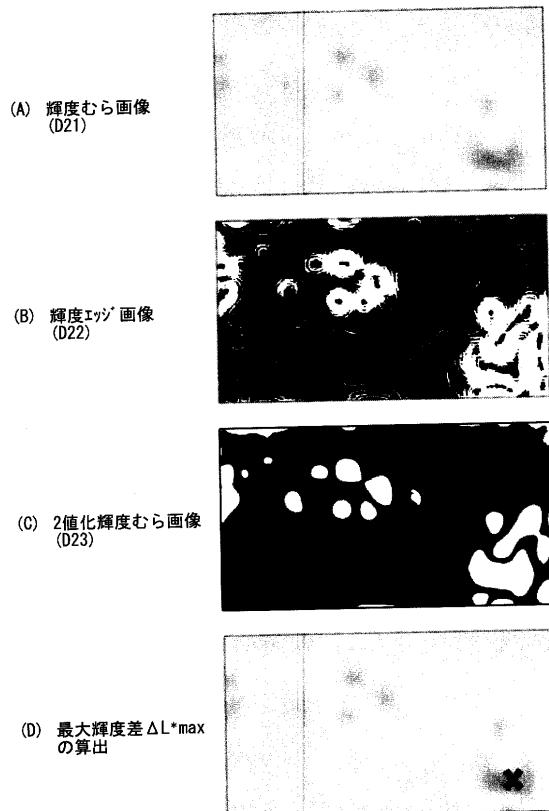
【図5】



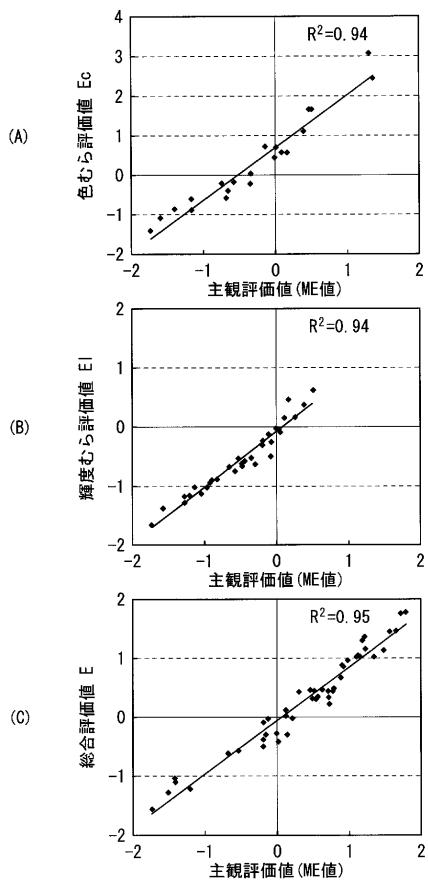
【図6】



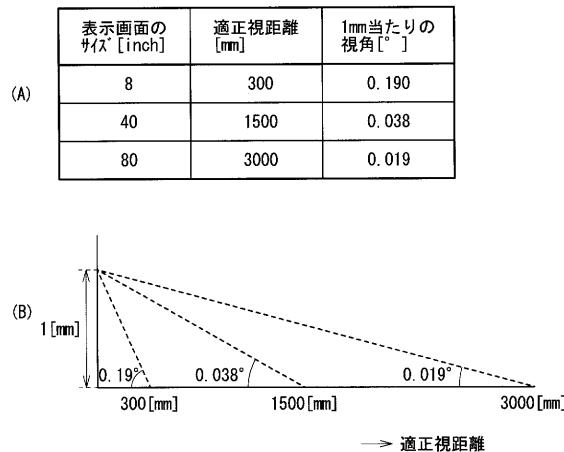
【図7】



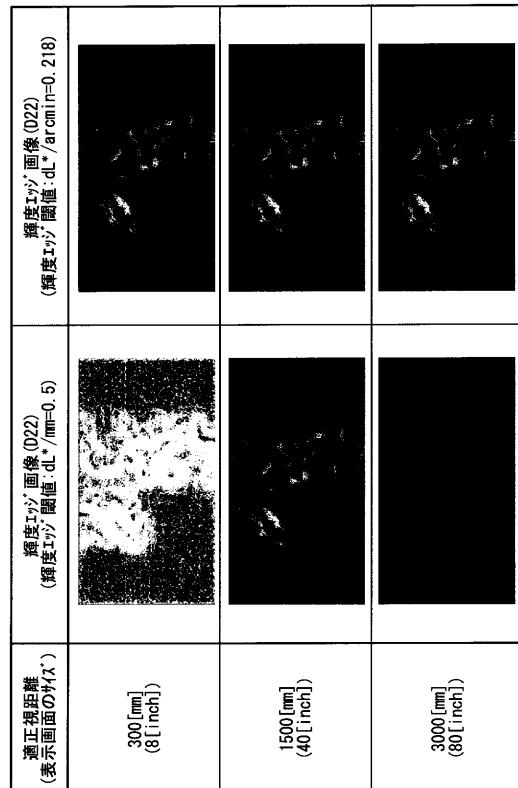
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

表示画面の サイズ [inch]	適正視距離 [mm]	視角1° の 幅 [mm]	視角1' の 幅 [mm]	0.1radの 幅 [mm]
8	300	5.2	0.087	30.1
40	1500	26.2	0.436	150.5
80	3000	52.4	0.873	301.0

(0.1[rad] ≈ 5.73[°])

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-043174(JP,A)  
特開2011-095061(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 11/00 - 11/02