

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6089424号
(P6089424)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(51) Int.Cl.			F I		
G 0 9 G	5/00	(2006.01)	G 0 9 G	5/00	X
G 0 3 B	21/14	(2006.01)	G 0 3 B	21/14	Z
G 0 3 B	21/00	(2006.01)	G 0 3 B	21/00	D
G 0 9 G	5/36	(2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 1 0 B
G 0 9 G	5/10	(2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 5 0 C
請求項の数 8 (全 25 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2012-63282 (P2012-63282)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年3月21日 (2012.3.21)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-195741 (P2013-195741A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成25年9月30日 (2013.9.30)	(74) 代理人	110000028
審査請求日	平成27年2月27日 (2015.2.27)		特許業務法人明成国際特許事務所
前置審査		(72) 発明者	中進 美孝
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	橋本 直明
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、プロジェクター、およびプロジェクターの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターに用いられる画像処理装置であって、

前記被投写面上に表示される投写画像の状態を検出して、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を実行するために用いられる画像として、複数の検出画像部分を含み、前記複数の検出画像部分のそれぞれが、互いに明度が異なる複数の領域を含んでいる検出画像を生成する検出画像生成部を備え、

前記検出画像生成部は、

前記検出画像の調整時において、前記検出画像の調整開始前に生成した検出画像が投写されて前記被投写面上に表示された投写画像を撮像して得られた撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まっていない場合に、生成する検出画像の投写画像の撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が前記許容範囲内に収まるように、前記生成する検出画像の前記複数の検出画像部分のそれぞれの前記複数の領域の明度による明度分布を変更する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載の画像処理装置であって、

前記検出画像生成部は、

前記撮像検出画像に含まれる前記複数の撮像検出画像部分のうち、いずれか1つの前記

撮像検出画像部分の明度を基準明度とし、前記基準明度と他の前記撮像検出画像部分の明度との関係に基づいて、前記撮像検出画像に含まれる前記複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が略等しくなるように、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理装置であって、

前記検出画像生成部は、前記検出画像に含まれる前記検出画像部分の外形サイズと、前記検出画像部分に含まれる前記複数の領域の幅と、前記検出画像部分の明度の最大値と、の少なくとも、一つを変更することにより、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更する

10

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記複数の領域の区分は、位置を変数として明度を与えるあらかじめ定めた関数に基づいて求められる

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の画像処理装置であって、

前記関数はガウス分布関数であることを特徴とする画像処理装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

さらに、前記投写画像の画質を調整する投写画像調整部を備え、

前記投写画像調整部は、前記検出画像生成部において前記複数の検出画像部分の明度分布を変更して生成された検出画像を利用して、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を実行する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターであって、

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の画像処理装置と、

前記被投写面上に投写された前記検出画像を撮像する撮像部と、

前記画像処理装置から出力された画像データに基づいて、前記画像を投写する投写部と、を備える

30

ことを特徴とするプロジェクター。

【請求項 8】

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターの制御方法であって、

(a) 前記被投写面上に表示される投写画像の状態を検出して、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を実行するために用いられる画像として、複数の検出画像部分を含み、前記複数の検出画像部分のそれぞれが、互いに明度が異なる複数の領域を含んでいる検出画像を生成する工程と、

40

(b) 前記被投写面上に前記検出画像を投写する工程と、

を備え、

前記工程 (a) は、

前記検出画像の調整時において、前記検出画像の調整開始前に生成した検出画像が投写されて前記被投写面上に表示された投写画像を撮像して得られた撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まっていない場合に、生成する検出画像の投写画像の撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が前記許容範囲内に収まるように、前記生成する検出画像の前記複数の検出画像部分のそれぞれの前記複数の領域の明度による明度分布を変更する

ことを特徴とするプロジェクターの制御方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被投写面に画像を投写して表示するプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクターを用いて、スクリーンなどの被投写面に画像を投写して表示する場合には、通常、プロジェクターと被投写面との相対的な位置関係に応じた調整が行われる。このような調整には、被投写面に投写された画像（以下、「投写画像」ともいう）のフォーカス（焦点）のずれを調整するフォーカス調整や、投写画像の画像範囲の歪み（以下、「キーストーン歪み」ともいう）を補正するキーストーン補正等がある。

10

【0003】

上記フォーカス調整やキーストーン補正は、被投写面に投写されたテストパターン（を、プロジェクターに搭載されたカメラで撮像し、撮像された画像（以下、「撮像画像」ともいう）に基づいてフォーカス調整やキーストーン補正に必要な情報を求めることにより行われている（特許文献1, 2参照）。

【0004】

特許文献1では、以下で簡単に説明するように動作する。すなわち、プロジェクターからスクリーンに対して均一な輝度の光を投光して、スクリーンからの反射光を受光し、受光照度の重心位置を検出する。そして、検出した重心位置に基づいてスクリーンの傾斜角度を算出し、算出した傾斜角度に応じてキーストーン歪みを補正する。

20

【0005】

特許文献2では、以下で簡単に説明するように動作する。すなわち、撮像部により撮像された画像内に写ったスクリーンの四辺（上下左右）に着目し、上下、左右のそれぞれ対向する二辺の長さの比率を算出する。上下の辺の比率から上下に投影される光量の比率を算出し、同様に、左右の辺の比率から左右に投影される光量の比率を算出する。そして、光量の比率に基づいたテストパターンを投影する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

30

【特許文献1】特開2005-159426号公報

【特許文献2】特開2011-176629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献1では、プロジェクターとスクリーンの位置関係によっては反射光の検出精度が落ちるという問題や、反射光の検出精度が場所によって大きく異なるという問題、等がある。例えば、スクリーンが傾斜している場合、光量は光源からの距離の二乗に反比例して小さくなるため、プロジェクターから投光される光のスクリーンまでの距離（以下、「投光距離」ともいう）が遠くなるほど、スクリーンからの反射光の受光照度の低下が顕著に大きくなって、反射光の受光精度が低下することになる。従って、スクリーンの傾斜が大きくなるほど、投光距離が遠くなる光の反射光の受光照度の低下が大きくなって、反射光の受光精度が低下し、結果として重心位置の算出精度が低下する原因となる。また、投光距離が同じであってもスクリーンに対する投光の角度が異なる場合があり、この違いを精確に検出することができない可能性もある。

40

【0008】

また、上記特許文献2は、対向する二辺間の光量の変化は、辺の長さの比率に基づいてグラデーション変化する、という考えを前提としたものである。しかしながら、実際に測定試験を行って検証してみたところ、グラデーション変化しない場合もあることが確認された。その要因としては、スクリーン上の投影面内汚れや、スクリーンのたわみ等により

50

光量変化が発生することが考えられる。そして、このように辺の長さの比率に基づいたグラデーション変化とならない場合には、テストパターンの検出精度の悪化を招く、という問題がある。また、特許文献2は、撮像部がプロジェクターと一体であることを前提としたものであり、プロジェクターに搭載されていない別体の撮像部の場合には、プロジェクターとスクリーンとの位置関係と、撮像部とスクリーンとの位置関係との誤差が積算されることになり、テストパターンの検出精度の悪化を招く可能性が高くなる、という問題もある。

【0009】

そこで、本発明は、上記の従来技術の課題に鑑みて、被投写面に投写された検出画像の検出精度を従来技術よりもさらに向上させる技術を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

[形態1]

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターに用いられる画像処理装置であって、前記被投写面上に表示される投写画像の状態を検出して、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を実行するために用いられる画像として、複数の検出画像部分を含み、前記複数の検出画像部分のそれぞれが、互いに明度が異なる複数の領域を含んでいる検出画像を生成する検出画像生成部を備え、前記検出画像生成部は、前記検出画像の調整時において、前記検出画像の調整開始前に生成した検出画像が投写されて前記被投写面上に表示された投写画像を撮像して得られた撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まっていない場合に、生成する検出画像の投写画像の撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が前記許容範囲内に収まるように、前記生成する検出画像の前記複数の検出画像部分のそれぞれの前記複数の領域の明度による明度分布を変更することを特徴とする画像処理装置。

20

この画像処理装置では、検出画像の調整時において、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の投写画像の撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲内に収まるように、生成する検出画像の複数の検出画像部分のそれぞれの複数の領域の明度による明度分布を変更しているので、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度が略等しくなるように調整することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。そして、検出精度が向上した検出画像を用いれば、投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を高精度に実行することができる。

30

[形態2]

形態1に記載の画像処理装置であって、前記検出画像生成部は、前記撮像検出画像に含まれる前記複数の撮像検出画像部分のうち、いずれか1つの前記撮像検出画像部分の明度を基準明度とし、前記基準明度と他の前記撮像検出画像部分の明度との関係に基づいて、前記撮像検出画像に含まれる前記複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が略等しくなるように、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更することを特徴とする画像処理装置。

40

この画像処理装置では、検出画像生成部は、撮像して得られた撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分のそれぞれの明度が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の複数の検出画像部分の明度分布を変更することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。

[形態3]

50

形態 1 または形態 2 に記載の画像処理装置であって、前記検出画像生成部は、前記検出画像に含まれる前記検出画像部分の外形サイズと、前記検出画像部分に含まれる前記複数の領域の幅と、前記検出画像部分の明度の最大値と、の少なくとも、一つを変更することにより、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更することを特徴とする画像処理装置。

この画像処理装置では、検出画像部分の外形サイズと、検出画像部分に含まれる複数の領域の幅と、検出画像部分の明度の最大値と、の少なくとも、一つを変更することにより、生成する検出画像の複数の検出画像部分の明度分布を変更することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。

10

[形態 4]

形態 1 ないし形態 3 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記複数の領域の区分は、位置を変数として明度を与えるあらかじめ定められた関数に基づいて求められることを特徴とする画像処理装置。

[形態 5]

形態 4 に記載の画像処理装置であって、前記関数はガウス分布関数であることを特徴とする画像処理装置。

形態 4 や形態 5 に記載の画像処理装置では、検出画像に含まれる複数の検出画像部分を、容易に、検出画像部分の重心座標の検出に適した明度分布の検出画像部分となるようにすることができる。

20

[形態 6]

形態 1 ないし形態 5 のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、さらに、前記投写画像の画質を調整する投写画像調整部を備え、前記投写画像調整部は、前記検出画像生成部において前記複数の検出画像部分の明度分布を変更して生成された検出画像を利用して、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を実行することを特徴とする画像処理装置。

形態 6 に記載の画像処理装置では、検出精度が向上した検出画像を利用して、投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を高精度に実行することができる。

[形態 7]

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターであって、形態 1 ないし形態 6 のいずれか一項に記載の画像処理装置と、前記被投写面上に投写された前記検出画像を撮像する撮像部と、前記画像処理装置から出力された画像データに基づいて、前記画像を投写する投写部と、を備えることを特徴とするプロジェクター。

30

[形態 8]

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターの制御方法であって、(a) 前記被投写面上に表示される投写画像の状態を検出して、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を実行するために用いられる画像として、複数の検出画像部分を含み、前記複数の検出画像部分のそれぞれが、互いに明度が異なる複数の領域を含んでいる検出画像を生成する工程と、(b) 前記被投写面上に前記検出画像を投写する工程と、を備え、前記工程 (a) は、前記検出画像の調整時において、前記検出画像の調整開始前に生成した検出画像が投写されて前記被投写面上に表示された投写画像を撮像して得られた撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まっていない場合に、生成する検出画像の投写画像の撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が前記許容範囲内に収まるように、前記生成する検出画像の前記複数の検出画像部分のそれぞれの前記複数の領域の明度による明度分布を変更することを特徴とするプロジェクターの制御方法。

40

このプロジェクターの制御方法では、検出画像の調整時において、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の投写画像の撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度の最大値が許容範

50

図内に収まるように、生成する検出画像の複数の検出画像部分のそれぞれの複数の領域の明度による明度分布を変更しているので、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分の明度が略等しくなるように調整することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の撮像検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。そして、検出精度が向上した検出画像を用いれば、投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正の少なくとも一方の画質調整を高精度に実行することができる。

【 0 0 1 1 】

[適用例 1]

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターに用いられる画像処理装置であって、前記被投写面上に表示される投写画像の状態を検出するための画像として、複数の検出画像部分を含む検出画像を生成する検出画像生成部を備え、前記複数の検出画像部分のそれぞれは、互いに明度が異なる複数の領域を含んでおり、前記検出画像生成部は、撮像して得られた撮像検出画像に含まれる前記複数の検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更することを特徴とする画像処理装置。

10

この画像処理装置では、検出画像部分を互いに明度が異なる複数の領域を含む画像とし、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の複数の検出画像部分の明度分布を変更しているので、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分の明度が略等しくなるように調整することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。

20

【 0 0 1 2 】

[適用例 2]

適用例 1 に記載の画像処理装置であって、前記検出画像生成部は、前記撮像検出画像に含まれる前記複数の検出画像部分のうち、いずれか 1 つの前記撮像検出画像部分の明度を基準明度とし、前記基準明度と他の前記検出画像部分の明度との関係に基づいて、前記撮像検出画像に含まれる前記複数の検出画像部分の明度の最大値が略等しくなるように、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更することを特徴とする画像処理装置。

30

この画像処理装置では、検出画像生成部は、撮像して得られた撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分のそれぞれの明度が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の複数の検出画像部分の明度分布を変更することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。

【 0 0 1 3 】

[適用例 3]

適用例 1 または適用例 2 に記載の画像処理装置であって、前記検出画像生成部は、前記検出画像に含まれる前記検出画像部分の外形サイズと、前記検出画像部分に含まれる前記複数の領域の幅と、前記検出画像部分の明度の最大値と、の少なくとも、一つを変更することにより、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更することを特徴とする画像処理装置。

40

この画像処理装置では、検出画像部分の外形サイズと、検出画像部分に含まれる複数の領域の幅と、検出画像部分の明度の最大値と、の少なくとも、一つを変更することにより、生成する検出画像の複数の検出画像部分の明度分布を変更することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。

【 0 0 1 4 】

[適用例 4]

適用例 1 ないし適用例 3 のいずれか一つに記載の画像処理装置であって、前記複数段の

50

領域の区分は、あらかじめ定めた関数に基づいて求められることを特徴とする画像処理装置。

【0015】

[適用例5]

適用例4に記載の画像処理装置であって、前記関数はガウス分布関数であることを特徴とする画像処理装置。

適用例4や適用例5に記載の画像処理装置では、検出画像に含まれる複数の検出画像部分を、容易に、検出画像部分の重心座標の検出に適した明度分布の検出画像部分となるようにすることができる。

【0016】

[適用例6]

適用例1ないし適用例5のいずれか一つに記載の画像処理装置であって、さらに、前記投写画像の画質を調整する投写画像調整部を備え、前記投写画像調整部は、前記検出画像を用いた処理に基づいて、前記投写画像のフォーカス調整と台形歪み補正を含む複数の画質調整のうち、少なくとも一つの画質調整を実行する

ことを特徴とする画像処理装置。

適用例6に記載の画像処理装置では、検出精度が向上した検出画像を用いた処理に基づいて、高精度な画質調整を実行することができる。

【0017】

[適用例7]

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターであって、適用例1ないし適用例6のいずれか一つに記載の画像処理装置と、前記被投写面上に投写された前記検出画像を撮像する撮像部と、前記画像処理装置から出力された画像データに基づいて、前記画像を投写する投写部と、を備えることを特徴とするプロジェクター。

【0018】

[適用例8]

被投写面上に画像を投写して表示するプロジェクターの制御方法であって、(a)前記被投写面上に表示される投写画像の状態を検出するための画像として、複数の検出画像部分を含む検出画像を生成する工程と、(b)前記被投写面上に前記検出画像を投写する工程と、を備え、前記複数の検出画像部分のそれぞれは、互いに明度が異なる複数の領域を含んでおり、前記工程(a)は、前記被投写面上に投写された前記検出画像を撮像して得られた撮像検出画像に含まれる前記複数の検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の前記複数の検出画像部分の明度分布を変更することを特徴とするプロジェクターの制御方法。

このプロジェクターの制御方法では、検出画像部分を互いに明度が異なる複数の領域を含む画像とし、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分の明度の最大値が許容範囲に収まるように、生成する検出画像の複数の検出画像部分の明度分布を変更しているので、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分の明度が略等しくなるように調整することができる。これにより、撮像検出画像に含まれる複数の検出画像部分のそれぞれの重心座標の検出精度を向上させることができ、検出画像の検出精度を向上させることが可能となる。

【0019】

なお、本発明は、画像表示装置、プロジェクター、プロジェクターの制御方法、そのプロジェクターを制御するためのコンピュータープログラム、そのコンピュータープログラムを記憶した記憶媒体としての態様など、種々の態様で実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施例としてのプロジェクターの構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】本実施例における検出画像調整処理を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 3】生成される検出画像について示す説明図である。

【図 4】図 2 のステップ S 1 0 で生成された検出画像を用いて実行される検出画像調整処理の概要について示す説明図である。

【図 5】図 2 のステップ S 1 0 において検出画像を構成する検出画像部分としてのドットパターンを生成する手順について示すフローチャートである。

【図 6】修正情報を求める手法について示す説明図である。

【図 7】修正情報を求める手法について示す説明図である。

【図 8】検出画像の修正に用いられる修正値を求める手順について示す説明図である。

【図 9】図 2 のステップ S 6 0 a において重心座標を求める手順について示す説明図である。

10

【図 1 0】1 つの重心座標算出対象領域における重心座標算出の手順を示すフローチャートである。

【図 1 1】検出画像修正有無における評価結果を比較して示す表である。

【図 1 2】複数回測定した重心座標のバラツキを検出画像修正有無で比較して示したグラフである。

【図 1 3】ドットパターンを用いた他の検出画像の例を示す説明図である。

【図 1 4】検出画像の他の例を示す説明図である。

【図 1 5】複数のプロジェクターを用いて被投写面に画像を重ね合わせて表示する構成について示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0 0 2 1】

A．プロジェクターの構成

図 1 は、本発明の一実施例としてのプロジェクターの構成を概略的に示すブロック図である。プロジェクター P J は、入力操作部 1 0 と、制御回路 2 0 と、画像処理動作回路 3 0 と、画像投写光学系 4 0（投写部）と、撮像部 5 0 と、動き検出部 6 0 と、を備えている。

【0 0 2 2】

入力操作部 1 0 は、図示しない、リモートコントローラーや、プロジェクター P J に備えられたボタンやキー等で構成され、利用者による操作に応じた指示情報を制御回路 2 0 に出力する。例えば、利用者により、後述する検出画像調整処理の開始の指示情報が制御回路 2 0 に出力される。

30

【0 0 2 3】

画像投写光学系 4 0 は、画像を表す画像光を生成し、スクリーン（被投写面）S C 上で結像させることにより画像を拡大投写する。この画像投写光学系 4 0 は、照明光学系 4 2 0 と、液晶ライトバルブ 4 4 0 と、投写光学系 4 6 0 と、を備えている。

【0 0 2 4】

照明光学系 4 2 0 は、光源ランプ 4 2 2 とランプ駆動部 4 2 4 と、を備えている。光源ランプ 4 2 2 としては、超高圧水銀ランプやメタルハライドランプ等の放電発光型の光源ランプやレーザー光源、発光ダイオードや有機 E L（Electro Luminescence）素子等の各種自己発光素子を用いることができる。ランプ駆動部 4 2 4 は、制御回路 2 0 の制御に基づいて光源ランプ 4 2 2 を駆動する。

40

【0 0 2 5】

液晶ライトバルブ 4 4 0 は、照明光学系 4 2 0 から射出された光を画像データに基づいて変調する光変調装置である。液晶ライトバルブ 4 4 0 は、複数の画素をマトリクス状に配置した透過型液晶パネルにより構成される。後述する画像処理動作回路 3 0 のライトバルブ駆動部 3 8 0 からの駆動信号に基づいて、各画素の液晶の動作を制御することにより、照明光学系 4 2 0 から照射された照明光を、画像を表す画像光に変換する。なお、本実施例では、液晶ライトバルブ 4 4 0 には、赤（R）、緑（G）、青（B）の 3 つの色成分用の 3 つの液晶ライトバルブが含まれている（不図示）。ただし、1 つの液晶ライトバルブを用いてモノクロ画像を投写するようにしてもよい。

50

【 0 0 2 6 】

投写光学系 4 6 0 は、液晶ライトバルブ 4 4 0 から射出された画像光を、スクリーン S C 上で結像させることにより、スクリーン S C 上に画像を拡大投写する。投写光学系 4 6 0 は、投写レンズ 4 6 2 と、レンズ駆動部 4 6 4 と、状態検出部 4 6 6 と、を備えている。投写レンズ 4 6 2 は、図示しない、フォーカス調整用のフォーカスレンズと、ズーム調整用のズームレンズと、が光軸方向に移動可能に構成されており、液晶ライトバルブ 4 4 0 から射出された画像光を、ズームレンズのズーム位置に応じて拡大し、フォーカスレンズのフォーカス位置に応じて結像させることにより、画像光の表す画像をスクリーン S C 上に拡大投写する。レンズ駆動部 4 6 4 は、制御回路 2 0 の制御に基づいて、フォーカスレンズの光軸方向の位置（以下、「フォーカス位置」という）を変化させる。また、レンズ駆動部 4 6 4 は、ズームレンズの光軸方向の位置（以下、「ズーム位置」）を変化させる。状態検出部 4 6 6 は、フォーカスレンズのフォーカス位置およびズームレンズのズーム位置を検出する。なお、投写光学系 4 6 0 の構成は一般的であるので、具体的な構成の図示および説明は省略する。

10

【 0 0 2 7 】

画像処理動作回路 3 0 は、入力処理部 3 2 0 と、画像表示処理部 3 4 0 と、画像メモリー 3 6 0 と、ライトバルブ駆動部 3 8 0 と、を備えている。入力処理部 3 2 0 は、制御回路 2 0 の制御に基づいて、外部機器から供給される入力画像信号に対して、必要に応じて A / D 変換を行い、画像表示処理部 3 4 0 で処理可能なデジタル画像信号に変換する。画像表示処理部 3 4 0 は、制御回路 2 0 の制御に基づいて、入力処理部 3 2 0 から出力されたデジタル画像信号に含まれる画像データを、画像メモリー 3 6 0 に、1 フレームごとに書き込み、読み出す際に、解像度変換処理やキーストーン補正処理等の種々の画像処理を実施する。また、制御部 2 2 0 から出力された検出画像を表す検出画像データを、画像データに重ね合わせる。ライトバルブ駆動部 3 8 0 は、画像表示処理部 3 4 0 から入力されたデジタル画像信号に従って、液晶ライトバルブ 4 4 0 を駆動する。なお、ライトバルブ駆動部 3 8 0 は、画像処理動作回路 3 0 ではなく、画像投写光学系 4 0 に備えられるようにしてもよい。

20

【 0 0 2 8 】

撮像部 5 0 は、制御回路 2 0 の制御に基づいて、検出画像として入力処理部 3 2 0 から画像表示処理部 3 4 0 に入力されたデジタル画像信号の表す画像 P P（ハッチングで示す）に検出画像 T P（4 つの検出画像部分としての 4 つのドットパターン D P で構成される）が重ね合わされた画像であり、スクリーン S C に拡大投写された投写画像を撮像し、撮像した画像に応じた画像信号を制御回路 2 0 に出力する。この撮像部 5 0 としては、例えば、撮像素子として C C D（Charge Coupled Device）を備えた C C D カメラを用いて構成される。なお、検出画像については後述する。

30

【 0 0 2 9 】

動き検出部 6 0 は、プロジェクター P J における、投写軸周りや、縦方向、横方向の移動、および移動の停止を検出する。なお、この動き検出部としては、角速度センサーや、加速度センサー、ジャイロセンサー等の、移動および移動の停止を検出することが可能な各種センサーを用いて構成することができる。

40

【 0 0 3 0 】

制御回路 2 0 は、C P U や R O M、R A M 等を備えるコンピュータであり、制御プログラムを実行することにより、制御部 2 2 0 と情報記憶部 2 6 0 を構成する。制御部 2 2 0 は、実行された制御プログラムに従って、画像処理動作回路 3 0、画像投写光学系 4 0、撮像部 5 0、および、動き検出部 6 0 を制御する各種制御機能部として動作する。情報記憶部 2 6 0 は、各種制御のための情報を記憶する各種記憶部として動作する。図 1 には、制御部 2 2 0 の制御機能部の例として、後述する検出画像調整を実行する検出画像調整部 2 3 0、および、フォーカス調整やキーストーン補正（台形歪み補正）等の投写画像の画質を調整する投写画像調整部 2 4 0 が図示されている。この検出画像調整部 2 3 0 は、利用者が入力操作部 1 0 から検出画像調整の開始を指示することにより、対応するプログラ

50

ムが実行されることによって動作する。また、図 1 には、情報記憶部 260 の記憶部の例として、制御部 220 による種々の制御のための設定情報を記憶する設定情報記憶部 262 と、後述する検出画像情報を記憶する検出画像情報記憶部 264 と、撮像部 50 で撮像された撮像画像の画像データを記憶する撮像画像情報記憶部 266 と、が図示されている。

【0031】

検出画像調整部 230 は、検出画像生成部 232 と、撮像制御部 234 と、画像解析部 236 と、重心座標検出部 238 と、を備えている。検出画像生成部 232 は、フォーカス調整やキーストーン補正のために用いられる検出画像の画像データを生成する。撮像制御部 234 は、撮像部 50 を制御してスクリーン SC 上に投写された検出画像を含む投写画像を撮像し、撮像した投写画像（以下、「撮像画像」ともいう）を撮像画像情報記憶部 266 に記憶する。画像解析部 236 は撮像画像を解析する。なお、画像解析部 236 は、検出画像生成部 232 の中に設けてもよい。重心座標検出部 238 は、後述するように、投写画像調整部 240 によるフォーカス調整やキーストーン補正等の画質調整のために用いられる重心座標を検出する。この検出画像調整部 230 については、更に後述する。

【0032】

なお、本実施例において、検出画像生成部 232 および画像解析部 236 が本発明の検出画像生成部に相当する。また、制御回路 20 および画像処理動作回路 30 が、本発明の画像処理装置に相当する。

【0033】

B. プロジェクターの動作：

[検出画像調整の動作説明]

図 2 は、本実施例における検出画像調整処理を示すフローチャートである。制御部 220 の検出画像調整部 230（図 1）が検出画像調整処理を開始すると、検出画像調整部 230 の検出画像生成部 232 によって、検出画像が生成される（ステップ S10）。生成された検出画像の画像データ（以下、「検出画像データ」ともいう）は画像処理動作回路 30 の画像表示処理部 340（図 1）に出力される。

【0034】

図 3 は、生成される検出画像について示す説明図である。この検出画像 TP は、図 3（A）に示すように、液晶ライトバルブ 440 のマトリクス状に配置された複数の画素（液晶画素）により構成される画像形成領域 440f の 4 隅の所定の位置に配置されるべき 4 つの検出画像部分としてのドットパターン DP1 ~ DP4 で構成される。画像形成領域 440f の左上、右上、左下、右下の 4 隅の頂点の座標（水平、垂直）は、 $(0, 0)$ 、 $(xx, 0)$ 、 $(0, yy)$ 、 (xx, yy) で表されているものとする。このとき、4 つのドットパターン DP1 ~ DP4 は、画像形成領域 440f の座標上において、それぞれの中心（重心）があらかじめ定められた座標 $(x1, y1)$ 、 $(x2, y2)$ 、 $(x3, y3)$ 、 $(x4, y4)$ に配置されるものとする。

【0035】

各ドットパターン DP1 ~ DP4 は、図 3（B）に示すように、ドットパターンのサイズ（直径）が s_d （単位は例えば [pixel]）の円形パターンであり、中心から外周に向かって変化する階調段数 stp （ stp は 3 以上の整数）の複数段の領域に区分され、中心の領域から外周の領域に向かって順に明度が低くなる多値の明度分布を有する。図 3（B）の例では、明度分布はガウス分布を模擬した形状である。なお、各領域の番号を n として n は中心から外側に向かって 0 から $stp - 1$ までの番号が順に割り振られるものとする。1 段目の領域（中心領域）の番号は $n = 0$ で、その明度値（例えば 8 ビットの階調値）は V_0 で半径は r_0 （単位は例えば [pixel]）で示される。同様に、2 段目の領域の番号は $n = 1$ で、その明度値は V_1 で半径は r_1 [pixel] で示される。また 3 段目の領域の番号は $n = 2$ で、その明度値は V_2 で半径は r_2 [pixel] で示される。すなわち、 n 段目の領域の番号は $n = 0 \sim stp - 1$ で、その明度値は V_n で半径は r_n [pixel] で示される。なお、ドットパターンのサイズ s_d は、画素数 [p

10

20

30

40

50

$i \times e l]$ が奇数の場合には、中心を 0 として $-r_n \sim +r_n$ の範囲で $s_d = (2 \cdot r_n)$ で表される。これに対して、画素数が偶数の場合には、ドットパターンのサイズ s_d は、 $-r_n \sim + (r_n - 1)$ あるいは $- (r_n - 1) \sim +r_n$ の範囲で $s_d = (2 \cdot r_n) - 1$ で表される。なお、検出画像 TP を構成する各ドットパターン $DP1 \sim DP4$ の生成方法については更に後述する。

【0036】

ここで、図 3 (B) に示すようなドットパターンを使用する理由は、個々のドットパターンの重心座標を求める処理において、その重心座標を精確に決定するのに適しているからである。なお、重心座標を求める処理については後述する。

【0037】

上記ステップ $S10$ による検出画像の生成の後、ステップ $S20 \sim$ ステップ $S60b$ が実行され、ステップ $S10$ に戻ってステップ $S10$ 以降の処理が再び実行されることにより、検出画像調整が実行される。以下では、ステップ $S20$ 以降の処理を具体的に説明する前に、まず、ステップ $S10$ で生成された検出画像による検出画像調整の概要を説明する。

【0038】

図 4 は、図 2 のステップ $S10$ で生成された検出画像を用いて実行される検出画像調整処理の概要について示す説明図である。ステップ $S10$ で生成された検出画像 TP は、後述するステップ $S20$ において、例えば、図 4 (A) に示すように、スクリーン SC 上に投写表示される。このとき、投写表示された検出画像 TP では、右上および右下のドットパターン $DP2$ 、 $DP4$ の明度が左上および左下のドットパターン $DP1$ 、 $DP3$ の明度に比べて低い状態であったとする。このとき、後述するステップ $S30$ による投写画像の撮像、および、ステップ $S60b$ 、 $S10$ による検出画像の修正が実行される。この結果、図 4 (B) に示すように、ステップ $S20$ における修正後の検出画像の再投写によって投写表示された検出画像 TPa では、検出画像部分 $DP1 \sim DP4$ の明度がほぼ等しくなるように調整される。

【0039】

次に、図 2 のステップ $S20$ 以降の各処理について説明する。ステップ $S20$ では、検出画像調整部 230 の検出画像生成部 232 から画像表示処理部 340 に出力された検出画像データの表す検出画像 TP が、画像処理動作回路 30 の入力処理部 320 から画像表示処理部 340 に出力された画像データの表す画像に重畳され、ライトバルブ駆動部 380、および、画像投写光学系 40 (図 1) を介してスクリーン SC 上に投写表示される。そして、ステップ $S30$ では、検出画像調整部 230 の撮像制御部 234 (図 1) によって撮像部 50 が制御されて、スクリーン SC 上に投写表示されている検出画像を含む投写画像が撮像され、撮像画像の画像データ (「撮像画像データ」ともいう) が取得され、撮像画像情報記憶部 266 に記憶される。

【0040】

ステップ $S40$ では、検出画像調整部 230 の画像解析部 236 (図 1) によって、検出画像 TP を構成するドットパターン (検出画像部分) $DP1 \sim DP4$ に対応する、撮像画像データの表す撮像画像中の各検出画像部分 (以下、「撮像検出画像部分」ともいう) の明度が求められる。具体的には、例えば、撮像画像において、ドットパターン $DP1 \sim DP4$ に対応する検出画像部分が存在するはずのおおよその位置は特定できるため、検出画像部分を含むおおよその範囲内における各画素の明度の最大値を検出し、検出した明度の最大値が各検出画像部分の明度とされる。

【0041】

ステップ $S50$ では、画像解析部 236 によって、撮像画像中の各検出画像部分の明度 (明度の最大値) が全て許容範囲内にあるか否か判断することにより、検出画像の修正の要否が判断される。具体的には、撮像画像中の各検出画像部分の明度の最大値が、全て、8 ビット階調で 230 ~ 250 (最大階調値 255 に対する割合で表すと 90 ~ 98%) の範囲内にあるか否かで判断することができる。なお、この範囲は、例示であって必ずし

10

20

30

40

50

もこれに限定されるものではなく、要求される調整精度に応じた範囲とすればよい。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 6 0 a では、求めた撮像画像中の各検出画像部分の明度（明度の最大値）が全て許容範囲内にあり、検出画像の修正不要と判断された場合に（ステップ S 5 0 : Y E S）、検出画像調整部 2 3 0 の重心座標検出部 2 3 8（図 1）によって、検出画像 T P を構成する検出画像部分であるドットパターン D P 1 ~ D P 4 に対応する、撮像画像中の各検出画像部分の重心座標が求められる。そして、ここで求められた重心座標に基づいて、更に、フォーカス調整やキーストーン補正等の種々の調整が実行される。なお、この重心座標を求める方法については後で説明する。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 6 0 b では、求めた撮像画像中の各検出画像部分の明度（明度の最大値）のいずれかに許容範囲外となるものがあり、検出画像の修正要と判断された場合に（ステップ S 5 0 : N O）、検出画像生成部 2 3 2 によって検出画像 T P を修正するための修正情報が求められる。そして、ステップ S 1 0 に戻って、求められた修正情報に基づいて検出画像が修正され、修正された検出画像の画像データが画像表示処理部 3 4 0 に出力され、ステップ S 5 0 において検出画像の修正が不要と判断されるまで、ステップ S 1 0 ~ ステップ S 6 0 b の処理が繰り返される。なお、修正情報を求める処理（ステップ S 6 0 b）については後で説明する。

【 0 0 4 4 】

以上説明したように、検出画像調整処理では、撮像画像中の各検出画像部分の明度がほぼ等しくなるように検出画像の調整が実行される。

【 0 0 4 5 】

[検出画像の生成方法]

図 5 は、図 2 のステップ S 1 0 において検出画像を構成する検出画像部分としてのドットパターンを生成する手順について示すフローチャートである。まず、ドットパターンサイズ s_d の決定（ステップ S 1 1 0）、明度の階調段数 s_{tp} の決定（ステップ S 1 2 0）、および、標準偏差 σ の決定（ステップ S 1 3 0）が実行される。なお、検出画像調整の開始時点において、これらのパラメータ s_d , s_{tp} , σ はあらかじめ定められている値に設定される。以下の説明では、初期設定値の例として、 $s_d = 34 [\text{pixel}]$, $s_{tp} = 10 [\text{段}]$, $\sigma = 10 [\text{pixel}]$ が設定されているものとして説明する。

【 0 0 4 6 】

そして、下式（1）で示す正規分布関数 $A(s)$ から、 $s = 0$ および $s = s_d / 2$ における確率密度 $A(0)$ および $A(s_d / 2)$ の値を算出し（ステップ S 1 4 0）、下式（2）で示す配分式から、階調段数 s_{tp} の 1 段当たりの配分値 P_a を算出する（ステップ S 1 5 0）。

【 数 1 】

$$A(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(s - \text{ave})^2}{2\sigma^2}\right\} \quad \cdots(1)$$

【 数 2 】

$$P_a = (A(0) - A(s_d / 2)) / s_{tp} \quad \cdots(2)$$

【 0 0 4 7 】

上記初期設定 $s_d = 34$, $s_{tp} = 10$, $\sigma = 10$ の場合には、平均値 ave を 0 とし（1）式から $A(0) = 0.03989$ および $A(s_d / 2) = A(17) = 0.00940$ が求められ、（2）式から $P_a = 0.00305$ が求められる。これらの各数値は便宜上小数点以下第 6 桁で四捨五入して示されている。なお、図 3 において説明したように、ドットパターンサイズの s_d が偶数画素数の場合には、 $-r_n \sim + (r_n - 1)$ の範囲で表され、平均値 ave は 0 ではなく -0.5 となるが、上記したように $\text{ave} = 0$ としたのは、奇数画素数の場合と同様に $-r_n \sim + r_n$ の範囲と仮定しても計算上ほ

10

20

30

40

50

ば問題がないと考えられるためである。例えば、 $s d = 34$ において、実際の $-17 \sim +16$ の範囲で考えた場合と、 $-17 \sim +17$ の範囲で考えた場合とで、その算出値の差異は、最大値 $A(0)$ 側で約 0.00005 、最小値 $A(17)$ 側で約 0.00083 であり、ほぼ同じ値と考えても差し支えない。

【0048】

次に、各段の半径 r_n ($n: 0 \sim s t p - 1 = 9$)を算出する(ステップS160)。具体的には、下式(3)が成立する半径 r_n を算出する。

【数3】

$$A(0) - (n+1) \cdot Pa = A(r_n) \quad \dots(3)$$

【0049】

上記初期設定 $s d = 34$, $s t p = 10$, $= 10$ の場合には、各段の半径 $r_0 \sim r_9$ が、 $r_0 = 4$ [pixel], $r_1 = 6$ [pixel], $r_2 = 7$ [pixel], $r_3 = 9$ [pixel], $r_4 = 10$ [pixel], $r_5 = 11$ [pixel], $r_6 = 12$ [pixel], $r_7 = 14$ [pixel], $r_8 = 15$ [pixel], $r_9 = 17$ [pixel]のように求められる。

【0050】

そして、各段の領域特定を実行する(ステップS170)。具体的には、ドットパターンの中心座標を原点として、下式(4)に基づいて各段の領域が特定される。具体的には、下式(4)で示される半径 r_n の円が領域間の境界となり、その内側の領域がそれぞれの領域となる。従って、 $(r_{n-1})^2 = x^2 + y^2$ で表される円と $r_n^2 = x^2 + y^2$ で表さ

【数4】

$$r_n^2 = x^2 + y^2 \quad \dots(4)$$

(x : 水平方向画素位置, y : 垂直方向画素位置)

【0051】

最後に、各段の明度の階調値(明度値) V_n を設定する(ステップS180)。具体的には、例えば、下式(5)に基づいて各段の明度値 V_n を設定することができる。

【数5】

$$V_n = V_0 - n \cdot (V_0 / s t p) \quad \dots(5)$$

【0052】

上記初期設定 $s d = 34$, $s t p = 10$, $= 10$ の場合において、1段目(半径 r_0) \sim 10段目(半径 r_9)の各領域の明度値 $V_0 \sim V_9$ は、例えば、 V_0 : 白98%(8ビットの最大階調値255に対する割合)とすると、 V_1 : 白88%, V_2 : 白78%, V_3 : 白68%, V_4 : 白58%, V_5 : 白48%, V_6 : 白38%, V_7 : 白28%, V_8 : 白18%, V_9 : 白8%のように求められる。

【0053】

[修正情報を求める手法]

図6, 図7は、修正情報を求める手法について示す説明図である。図6(A)は検出画像を示し、図6(B)は撮像結果を示し、図7(A)は修正概念例を示し、図7(B)は修正内容の具体的な一例を示している。なお、図6(A)に示すように、検出画像の各ドットパターン(検出画像部分)DP1 \sim DP4の明度の最大値 $V_{dp1} \sim V_{dp4}$ は明度の設定可能な最大値に対する割合で98%(8ビットで250)に設定されているものとして説明する。なお、以下では、例えば、ドットパターンDP1の明度の最大値 V_{dp1} を単に「明度値 V_{dp1} 」とも呼ぶ。また、図6(A)に示した検出画像の各ドットパターンDP1 \sim DP4は、図示を容易にするため、明度分布の段数を上記で例示した $s t p = 10$ よりも少なくした $s t p = 5$ で示している。また、ハッチングの目の細かさで各段の明度値の大小が示されており、具体的には、ハッチングの目が細かいほど小さく、目が粗いほど大きいことが示されている。

【0054】

10

20

30

40

50

図6(A)に示した検出画像を投写し、撮像した結果として図6(B)に示すように、各ドットパターンDP1~DP4に対応する検出画像部分(撮像検出画像部分)SDP1~SDP4が得られたとする。左上の撮像検出画像部分SDP1の明度値(明度の最大値)Vsdp1は75%(8ビットで191)、右上の撮像検出画像部分SDP2の明度値Vsdp2は60%(8ビットで153)、左下の撮像検出画像部分SDP3の明度値Vsdp3は100%(8ビットで255)、および、右下の撮像検出画像部分SDP4の明度値Vsdp4は80%(8ビットで204)となっている。なお、左下の撮像検出画像部分SDP3の左側に示したように、飽和抽出(明るく抽出)された場合においても、明度値は100%(8ビットで255)となる。

【0055】

ここで、検出画像の各ドットパターンDP1~DP4に対応する撮像検出画像部分SDP1~SDP4の重心座標を精確に取得するためには、各撮像画像部分SDP1~SDP4の明度値(明度の最大値)がそれぞれ90%(8ビットで230)以上あることが好ましい。また、明度値が100%(8ビットで255)の場合には、上記したように飽和抽出された場合もありうるので、上限の明度値は98%(8ビットで250)程度とするのが好ましい。そこで、4つの各撮像検出画像部分SDP1~SDP4の明度値Vsdp1~Vsdp4があらかじめ定めた許容範囲(90~98%(8ビットで230~250))に収まって、略等しくなるように、検出画像の各ドットパターンDP1~DP4の明度値Vdp1~Vdp4を修正すればよいことになる。なお、許容範囲の上限を必ず98%(8ビットで250)としなければならないわけではなく、飽和抽出されないような場合には、上限は100%(8ビットで255)であってもよい。

【0056】

従って、例えば、図6(B)に示す撮像結果の場合に、4点の撮像検出画像部分SDP1~SDP4の明度値Vsdp1~Vsdp4が許容範囲内に収まって略同一となるようにするには、単純な概念的には、以下のようにすればよい。すなわち、図7(A)に示すように、左上と右上と右下のドットパターンDP1, DP2, DP4の明度値Vdp1, Vdp2, Vdp4を、暗く抽出された度合いに応じて高くした明度値に修正し、左下のドットパターンDP3の明度値Vdp3を、明るく抽出された度合いに応じて低くした明度値に修正して、それぞれに対応する撮像検出画像部分SDP1~SDP4の明度値Vsdp1~Vsdp4が互いにほぼ等しくなるようにすればよい。

【0057】

ここで、右上のドットパターンDP2のように、対応する撮像検出画像部分SDP2の明度値Vsdp2が60%と低い場合には、上記修正概念に従うと、元の設定した明度値Vdp2(98%)よりも約1.6倍高くした明度値に修正することになる。しかしながら、元々ほぼ100%に近い明度値に設定されているため、単純に明度値の設定を高くするだけでは、対応する修正を行なうことができないことになる。また、左下のドットパターンDP3のように、対応する撮像検出画像部分SDP3の明度値Vsdp3が100%の場合、飽和している状態も考えられ、単純に抽出された度合いに応じて低くすることができない可能性もある。

【0058】

ところで、撮像部50で用いられるカメラには一般的に露出調整機能が備えられているため、画像の明るさに応じて自動的に露出が調整される。このため、露出調整前の撮像画像の明度値が90%(8ビットで230)より低くなっているとしても、露出の調整により、撮像画像の明度値が全体的に高くなるように調整されることがわかっている。従って、撮像検出画像部分のそれぞれの明度値が90%より低くても、それぞれの明度値がほぼ等しくなるように修正されるならば、露出調整の効果により撮像検出画像の各検出画像部分(撮像検出画像部分)の明度値が許容範囲内に収まるように修正することが可能と考えられる。

【0059】

そこで、本例では、以下のように修正する。すなわち、図7(B)に示すように、最も

10

20

30

40

50

暗く抽出された撮像検出画像部分を基準として、これに対応するドットパターンの明度値（明度の最大値）を設定し、それよりも明るく抽出された撮像検出画像部分に対応するドットパターンの明度値（明度の最大値）を、最も暗く抽出された撮像検出画像部分の明度値（明度の最大値）との関係に基づいて暗く設定して、各撮像検出画像部分の明度値（明度の最大値）がほぼ等しくなるようにすることが考えられる。具体的には、例えば、図6（B）の右上の最も暗く抽出された撮像検出画像部分SDP2に対応するドットパターンDP2を基準とし、その明度値Vdp2を最も明るくなるように100%に修正する。左下の最も明るく抽出された撮像検出画像部分SDP3に対応するドットパターンDP3の明度値Vdp3を、対応する撮像検出画像部分SDP3の明度値Vsdp3と、基準とした撮像検出画像部分SDP2の明度値Vsdp2との違いに応じて、基準に対して暗くなるように、60%に修正する。左上と右下の中間の暗さで抽出された撮像検出画像部分SDP1、SDP4に対応するドットパターンDP1、DP4の明度値Vdp1、Vdp4を、撮像検出画像部分SDP1、SDP4の明度値Vsdp1、Vsdp4と、基準とした撮像検出画像部分SDP2の明度値Vsdp2との違いに応じて、基準に対して少し暗くなるように、それぞれ、80%に修正する。なお、修正値を求める具体的な手法例については、以下で説明する。

10

【0060】

図8は、検出画像の修正に用いられる修正値を求める手順について示す説明図である。図8（A）は修正値を求めるフローチャートを示し、図8（B）は図6（B）の撮像結果が得られた場合に図8（A）に示す手順に従って実行される具体例を示している。図8（A）に示すように、まず、既に求められている各ドットパターンDP1～DP4に対応する検出画像部分（撮像検出画像部分）SDP1～SDP4の明度値Vsdp1～Vsdp4（図2のステップS40）を取得する（S210）。具体的には、例えば、図8（B）に示すように、Vsdp1 = 75%、Vsdp2 = 60%、Vsdp3 = 100%、Vsdp4 = 80%が取得される。

20

【0061】

次に、下式（6）を用いて、4つの明度値のうちの最小値Vminとそれぞれの明度値の比率Km（m：1～4）を計算する（ステップS220）。具体的には、図8（B）に示すように、K1 = 80%、K2 = 100%、K3 = 60%、K4 = 75%が得られる。

【数6】

$$K_m = (V_{\min} / V_{sdp_m}) \cdot 100 \quad \cdots (6)$$

(m:1~4)

30

【0062】

そして、得られた比率Kmの1の位を四捨五入してそれぞれのドットパターンの修正値Cm（m：1～4）を得る（ステップS230）。具体的には、図8（B）に示すように、C1 = 80%、C2 = 100%、C3 = 60%、C4 = 80%が得られる。なお、1の位の四捨五入は計算負荷軽減のためであり、計算負荷に応じて変更可能である。例えば、少数点以下1桁で四捨五入してもよい。

【0063】

なお、以上のように求めた修正値（修正情報）に基づいて、検出画像生成部232ではドットパターンの修正を行うことになる。こうして修正した検出画像による撮像結果は、図7（C）に示すように、撮像検出画像部分SDP1～SDP4の明度値Vsdp1～Vsdp4がそれぞれ許容範囲（8ビットで230～250（90～98%））内となる。

40

【0064】

ドットパターンの修正方法としては種々の方法が可能である。例えば、図5を用いて説明したようにドットパターンを生成する場合には、そのパラメータであるドットパターンサイズsdや、階調段数stp、標準偏差、中心領域の明度値V0を変更することにより実行することができる。ドットサイズsdを大きくすれば、正規分布の適用範囲が広がって各段の分布量が大きくなるので、撮像検出画像部分の明度の最大値は高くなる傾

50

向にある。これに対して、ドットサイズ s_d を小さくすれば、正規分布の適用範囲が狭くなって各段の分布量が小さくなるので、撮像検出画像部分の明度の最大値は低くなる傾向にある。階調段数 s_{tp} の段数を大きくすれば各段の幅が狭くなるので撮像検出画像部分の明度の最大値は低くなり、階調段数 s_{tp} の段数を小さくすれば各段の幅が広がるので撮像検出画像部分の明度の最大値は高くなる傾向にある。標準偏差 σ を大きくすれば、正規分布がなだらかになり、中心領域の幅が広がって、撮像検出画像部分の明度の最大値は高くなる傾向にある。これに対して、標準偏差 σ を小さくすれば、正規分布が急峻になり、中心領域の幅が狭くなって、撮像検出画像部分の明度の最大値は低くなる傾向にある。中心領域の明度値 V_0 を大きくすれば撮像検出画像部分の明度の最大値は高くなり、中心領域の明度値 V_0 を小さくすれば撮像検出画像部分の明度の最大値は低くなる。従って、これらのパラメーターの値を上記修正値に応じて適宜設定してドットパターンの修正を行うことにより、所望の明度の最大値（明度値）の撮像結果が得られるようなドットパターンに修正することが可能となる。

10

【0065】

なお、上記修正値を求める例の説明では、最も暗い明度の撮像検出画像部分を基準としたが、設定する明度の最大値の変更が可能であるならば、中間の明度の撮像検出画像部分や最も明るい明度の撮像検出画像部分を基準として、各撮像検出画像部分の明度が略同一となるように、対応する検出画像部分であるドットパターンの明度分布をそれぞれ変更するようにしてもよい。

20

【0066】

[重心座標を求める方法]

図9は、図2のステップS60aにおいて重心座標を求める手順について示す説明図である。図9(A)は重心座標を求める手順のフローチャートを示し、図9(B)は重心座標算出の対象領域について示している。

【0067】

図9(A)に示すように、撮像画像データを読み込み（ステップS310）、読み込まれた撮像画像データの中から重心座標算出対象領域の抽出を行う（ステップS320）。具体的には、例えば、以下のように実行される。検出画像を構成するドットパターン（検出画像部分）は座標で特定されているため、図9(B)に示すように、撮像画像データの表す撮像画像中においても、4隅から幅や高さの $1/2$ あるいは $1/4$ の領域など、おお

よその領域 A_{ex} は特定できる。そこで、各領域 A_{ex} 内での明度の最大値を検出する。そして、その最大値の座標およびドットパターンサイズを基に、対応する撮像検出画像部分を含む最小領域を重心座標算出対象領域 A_g として抽出することができる。次に、抽出された各重心座標算出対象領域 A_g においてそれぞれ重心座標の算出を実行する（ステップS330）。

30

【0068】

図10は、1つの重心座標算出対象領域における重心座標算出の手順を示すフローチャートである。まず、重心座標算出対象領域 A_g 中の撮像画像データを調べて、その中の明度の最大値 V_{max} および最小値 V_{min} を求める（ステップS410）。また、下式（7）を用いて境界値 t_h を求める（ステップS420）。

40

【数7】

$$t_h = (V_{max} - V_{min}) \cdot 0.25 + V_{min} \quad \cdots (7)$$

【0069】

なお、(7)式は、重心座標算出対象領域 A_g 中の明度の最小値 V_{min} から、差 $(V_{max} - V_{min})$ の25%だけ大きい値を境界とすることを示している。なお、差 $(V_{max} - V_{min})$ の何%とするかは25%に限定されるものではなく、重心座標算出対象領域 A_g 中の重心座標算出対象となる画素の明度を最低どれくらいに設定するかに応じて適宜設定される。

【0070】

そして、重心座標算出対象領域 A_g の各画素の明度値 $V(x, y)$ と境界値 t_h の比較

50

を行い、 $V(x, y) - th > 0$ ならばその画素は重心座標算出の対象となる画素とし、下式(8)～(10)に示す各積算を実行する(ステップS430)。(8)式は、重心座標算出の対象となった画素の明度値を積算することを意味している。(9)式は、重心座標算出の対象となった画素のx座標の値とその明度値との乗算値を積算することを意味している。(10)式は、重心座標算出の対象となった画素のy座標の値とその明度値との乗算値を積算することを意味している。なお、この処理は、重心座標算出対象領域Ag内の全画素について実行されるまで繰り返される(ステップS440)。

【数8】

$$Sum = Sum + V(x, y) \quad \cdots(8)$$

【数9】

$$SumX = SumX + [V(x, y) \cdot x] \quad \cdots(9)$$

【数10】

$$SumY = SumY + [V(x, y) \cdot y] \quad \cdots(10)$$

【0071】

そして、重心座標算出対象領域Ag内の全画素についてステップS430の処理が行われた場合には(ステップS440: YES)、パラメーターSumの値が0か否か判断される(ステップS450)。パラメーターSumの値が0の場合には(ステップS450: NO)、重心座標(xg, yg)の算出はエラーと判定され、重心座標(xg, yg)としてあらかじめ定められたエラー値が設定される。なお、この場合、図9に示した重心座標を求めるフローが再開されるようにして、エラーの発生率の軽減を図るようにしてもよい。一方、パラメーターSumの値が0でない場合には(ステップS450: NO)、下式(11)、(12)に従って、重心座標(xg, yg)が求められる。

【数11】

$$xg = SumX / Sum \quad \cdots(11)$$

【数12】

$$yg = SumY / Sum \quad \cdots(12)$$

【0072】

なお、(11)式は、重心座標算出の対象となった各画素のx座標の値とその明度値との乗算値の積算値を、重心座標算出の対象となった各画素の明度値の積算値で除算して、重心のx座標の値を求めることを意味している。同様に、(12)式は、重心座標算出の対象となった各画素のy座標の値とその明度値との乗算値の積算値を、重心座標算出の対象となった各画素の明度値の積算値で除算して、重心のy座標の値を求めることを意味している。

【0073】

[検出画像修正効果]

図2～図8で説明した検出画像修正の効果を確認した。すなわち、本実施例のプロジェクターPJ(図1)からスクリーンSCまでの投写距離を70cmとして正面設置し、フォーカス調整した後で、投写距離を300cmとしてフォーカスがぼけた状態とした場合において、検出画像を修正しない場合と修正した場合において算出される重心座標について評価した。なお、修正前の検出画像の各ドットパターンは、図5の説明で例示した場合と同様に、ドットパターンサイズsdが34[pixel]、設定階調段数stpが10[段]、標準偏差が10[pixel]、中心領域の明度値V0が8ビットで250(98%)として生成されたものである。

【0074】

図11は、検出画像修正有無における評価結果を比較して示す表である。図12は複数回測定した重心座標のバラツキを検出画像修正有無で比較して示したグラフである。図11に示すように、修正前の検出画像の各ドットパターンDP1～DP4に対応する撮像検出画像部分の明度値(明度の最大値)は、65%、77%、87%、100%という結果を得た。なお、この結果は複数回(例えば100回)測定した代表例を示している。そして、この結果に基づいて、標準偏差の値を左上のドットパターンDP1および左下のド

10

20

30

40

50

ットパターンDP3は $\mu = 9$ 、右上のドットパターンDP2および右下のドットパターンDP4は $\mu = 8$ として各ドットパターンを修正した。その結果、図11に示すように、修正後の検出画像の各ドットパターンDP1～DP4に対応する撮像検出画像部分の明度値は、100%、92%、100%、90%という結果を得た。なお、この結果も対応する代表例を示している。

【0075】

また、図12に示すように、複数回（ここでは100回）撮像して測定した重心座標のバラツキを、修正前に比べて小さくすることができた。特に、修正前の明度値の割合が顕著に低かった左上のドットパターンDP1の結果を見れば明らかなように、大きく改善されており、4つのドットパターン間のバラツキの差が小さくなっていることがわかる。同様に、図11に測定した重心座標の移動量の総和および重心座標の標準偏差も、明度値の割合が顕著に低かった左上のドットパターンDP1の結果を見れば明らかなように、大きく改善されており、4つのドットパターン間でのバラツキの差が小さくなっていることがわかる。

【0076】

以上のように、各ドットパターンに対応する撮像検出画像部分の明度値が許容範囲内に収まってほぼ同一となるように修正することにより、各点での重心座標の抽出精度が向上していることが確認できた。

【0077】

以上説明したように、本実施例のプロジェクターでは、検出画像の検出画像部分であるドットパターンに対応する撮像画像中の検出画像部分（撮像検出画像部分）の明度値が許容範囲内に収まってほぼ同一となるように検出画像を修正することにより、検出画像の検出精度を向上させることができる。また、同様に、フォーカス調整がされておらずフォーカスがぼけている状態や、キーストーン補正がされておらず投写画像が歪んだ状態であっても検出画像の検出精度を向上させることができる。この結果、精度良く抽出された検出画像によって、フォーカス調整やキーストーン補正等の種々の調整を精度良く実行することが可能となる。

【0078】

C．変形例：

なお、本発明は上記した実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様にて実施することが可能である。

【0079】

（1）変形例1

上記実施例では、検出画像部分であるドットパターンの生成において、図5に示したように正規分布関数を利用して決定した配分値を用いて各段の確率密度の差が等間隔となるように設定するとともに、各段の明度を明度値の割合が等間隔で小さくなるように設定する場合を例に説明した。しかしながら、これに限定されるものではなく、正規分布関数ではなく折れ線状の直線関数や二次関数等を利用してよい。また各段の明度を等間隔の明度値の割合ではなく、階調値が等間隔で小さくなるように設定してもよく、階調値や割合を等間隔としなくてもよい。

【0080】

また上記実施例では、ドットパターンの修正の例として、標準偏差を変更した場合について説明したが、実施例でも説明したように、ドットパターンサイズや、階調段数、中心領域の明度値等種々のパラメーターを変更することにより実行するようにしてもよい。

【0081】

以上のように、ドットパターンである検出画像部分の生成および修正は、互いに明度が異なる複数の領域を含むような検出画像部分を生成することができ、修正することができれば、どのような手法を用いてもよい。

【0082】

（2）変形例2

上記実施例では、図3に示したように、4つのドットパターンを検出画像部分として画像の4隅に配置した検出画像を例に説明したが、これに限定されるものではなく種々の検出画像を用いることができる。以下では他の検出画像についていくつか例示する。

【0083】

図13は、ドットパターンを用いた他の検出画像の例を示す説明図である。図13(A)は、9個のドットパターンを格子状に配置した例である。図13(B)は、正方形の頂点に配置された4つのドットパターンを1つのブロックとして、画像の4隅に配置した例である。これらのように、検出画像部分であるドットパターンの数や位置等種々変更した検出画像を用いることができる。

【0084】

図14は、ドットパターンではない他の検出画像部分を含む検出画像の例を示す説明図である。図14は、格子状のライン画像の例である。このライン画像は、ラインの中心側の明度が高く、ラインの外側の明度が低くなるように、それぞれ異なる明度を有する複数の領域に区分されている。この検出画像の場合には、例えば、円の枠で示された部分を検出画像部分とすればよい。修正は、ラインの幅、階調段数、各段の幅、中心領域の明度の設定値等を変更することにより実行することができる。このように、検出画像部分としてはドットパターンに限定されるものではなく、互いに明度が異なる複数の領域を含む複数の検出画像部分を有する検出画像であればよく、種々の検出画像を用いることができる。

【0085】

(3) 変形例3

図15は、複数のプロジェクターを用いて被投写面に画像を重ね合わせて表示する構成について示す説明図である。なお、図15では2台のプロジェクターPJ1、PJ2からの投写画像が被投写面であるスクリーンSC上で重ね合わされて1つの画像が表示される場合を例に示している。2台のプロジェクターPJ1、PJ2の構成は実施例と同様である。

【0086】

複数のプロジェクターからの投写画像を重ね合わせて1つの画像を表示する場合において、それぞれの画像を精確に重ね合わせて表示するためには、検出画像を精度良く抽出し、検出画像の検出画像部分に対応する撮像検出画像部分の重心座標を精度良く求めることが重要となる。図15に示した例では、実施例で説明したプロジェクターPJと同様の構成を有する2台のプロジェクターPJ1、PJ2を用いているので、実施例で説明したように、それぞれのプロジェクターにおいて検出画像を精度良く抽出して、検出画像の検出画像部分に対応する撮像検出画像部分の重心座標を精度良く求めることが可能となる。これにより、それぞれの画像の重ね合わせの精度を向上させることが可能である。

【0087】

なお、第1のプロジェクターPJ1と第2のプロジェクターPJ2とで、検出画像を変更するようにしてもよい。このようにすれば、スクリーンSCに投写された検出画像を容易に分離することができ、それぞれのプロジェクターにおける検出画像の抽出が容易となる。検出画像の変更には、ドットパターンの配置位置や数を変更することや、検出画像のパターン自体を、例えば、図3や図13に示すドットパターンと、図14に示すパターンのように、変更すること等、種々の方法が考えられる。また、2台のプロジェクターに限定されるものではなく、複数台のプロジェクターからの投写画像を重ね合わせて1つの画像を表示する場合において効果的である。

【0088】

(4) 変形例4

上記実施例において、図6～図8で説明した修正値を求めるための手法やそれに用いた数式は、一例であって、これに限定されるものではなく、撮像画像の各検出画像部分(撮像検出画像部分)の明度値が許容範囲内に収まってほぼ同一となるように抽出できるための手法やそのための数式であればよい。

【0089】

(5) 変形例 5

上記実施例において、重心座標の算出は、(1 1) 式，(1 2) 式によるものに限定されるわけではなく、種々の重心座標の算出方法を用いることができる。例えば、境界値 t_h よりも大きい明度値を有する画素の座標の平均値としてもよい。また、重心座標算出対象領域 A_g 内の画素の座標の平均値としてもよい。

【 0 0 9 0 】

(6) 変形例 6

上記実施例では、検出画像調整の開始を利用者が入力操作部 1 0 を操作して指示することにより開始されることとしているが、これに限定されるものではなく、種々のタイミングで開始することができる。例えば、プロジェクターの起動時に自動で開始することができる。また、プロジェクターが停止状態から移動状態となったことを動き検出部 6 0 により検出して自動で開始するようにしてもよい。

【 0 0 9 1 】

(7) 変形例 7

上記実施例の検出画像調整処理 (図 2) では、各検出画像部分の重心座標を求めて処理を終了するものとして説明しているが、例えば、ユーザーからの終了指示があるまで待機し、この待機している間に、動き検出部によりプロジェクターの動きが検出されて設置状態の変化が検出されたことや、プロジェクターの設定条件が変更されたこと、によって検出画像の再調整が必要と判断された場合に、検出画像の調整をやり直すようにしてもよい。なお、ユーザーからの終了指示ではなく、一定時間検出画像の再調整が必要とならなかった場合に処理が終了されるようにしてもよい。

【 0 0 9 2 】

(8) 変形例 8

上記実施例では、プロジェクター内に撮像部が備えられる場合を例に説明したが、プロジェクターとは別に撮像部が備えられるようにしてもよい。この場合においても、プロジェクターとは別に備えられた撮像部で撮像される画像に応じて検出画像を修正することができる。これにより、検出画像を精度良く抽出して、検出画像の検出画像部分に対応する撮像検出画像部分の重心座標を精度良く求めることが可能となる。これにより、それぞれの画像の重ね合わせの精度を向上させることが可能である

【 0 0 9 3 】

(9) 変形例 9

上記実施例において、プロジェクター P J は、透過型の液晶パネルを用いた液晶ライトバルブ 4 4 0 を光変調装置として用いて、照明光学系 4 2 0 からの光を画像光に変換しているが、デジタル・マイクロミラー・デバイス (D M D : Digital Micro-Mirror Device) や、反射型の液晶パネル等を光変調装置として用いるようにしてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 4 】

- 1 0 ... 入力操作部
- 2 0 ... 制御回路
- 3 0 ... 画像処理動作回路
- 4 0 ... 画像投写光学系
- 5 0 ... 撮像部
- 2 2 0 ... 制御部
- 2 3 0 ... 検出画像調整部
- 2 3 2 ... 検出画像生成部
- 2 3 4 ... 撮像制御部
- 2 3 6 ... 画像解析部
- 2 3 8 ... 重心座標検出部
- 2 6 0 ... 情報記憶部
- 2 6 2 ... 設定情報記憶部

10

20

30

40

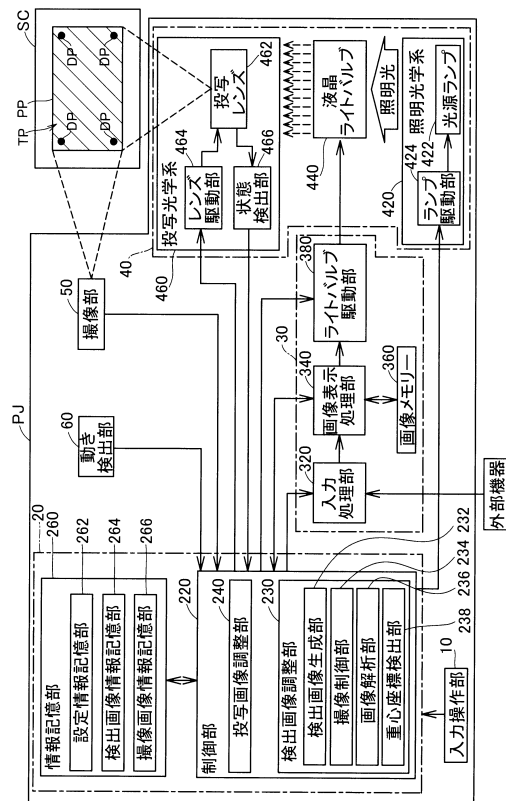
50

2 6 4 ... 検出画像情報記憶部
2 6 6 ... 撮像画像情報記憶部
3 2 0 ... 入力処理部
3 4 0 ... 画像表示処理部
3 6 0 ... 画像メモリー
3 8 0 ... ライトバルブ駆動部
4 2 0 ... 照明光学系
4 2 2 ... 光源ランプ
4 2 4 ... ランプ駆動部
4 4 0 ... 液晶ライトバルブ
4 6 0 ... 投写光学系
4 6 2 ... 投写レンズ
4 6 4 ... レンズ駆動部
4 6 6 ... 状態検出部
P J ... プロジェクター
P J 1 , P J 2 ... プロジェクター
T P , T P a ... 検出画像
P P ... 画像
D P ... ドットパターン
D P 1 ~ D P 4 ... ドットパターン (検出画像部分)
S D P 1 ~ S D P 4 ... 撮像検出画像部分
S C ... スクリーン (被投写面)

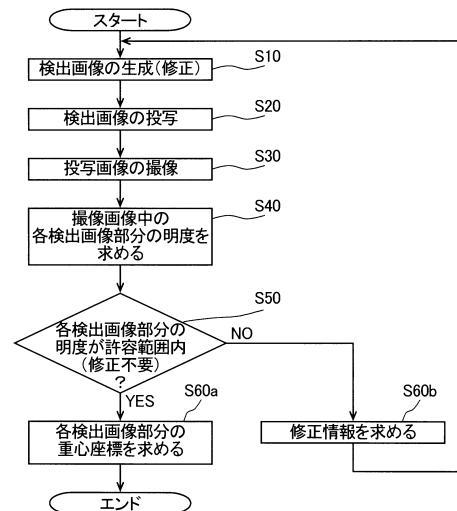
10

20

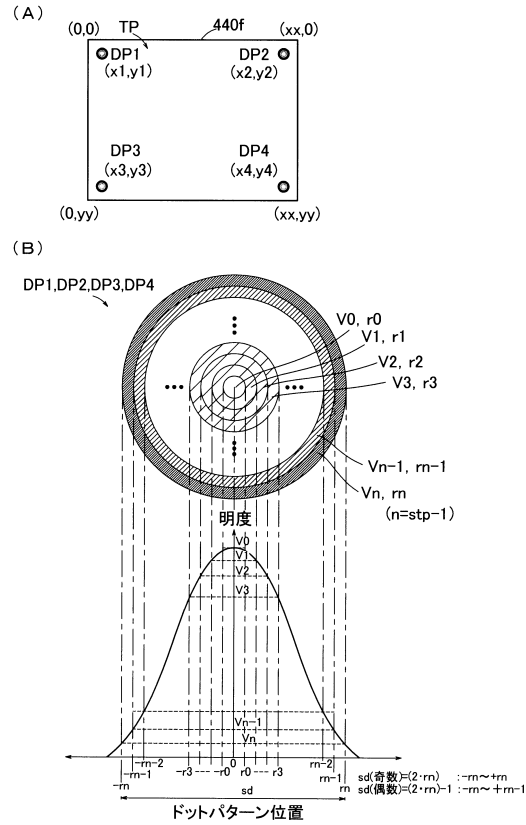
【圖 1】



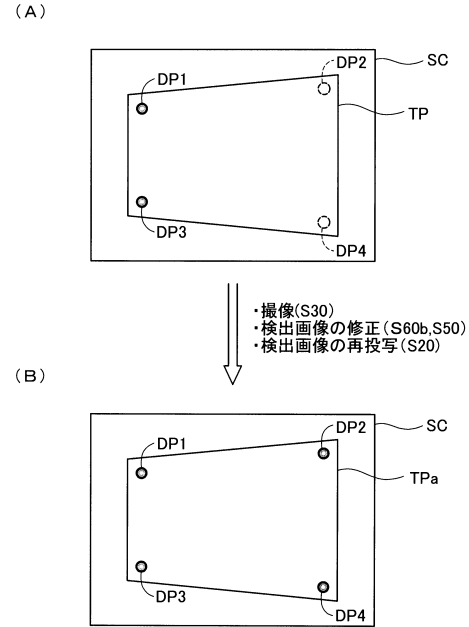
【圖 2】



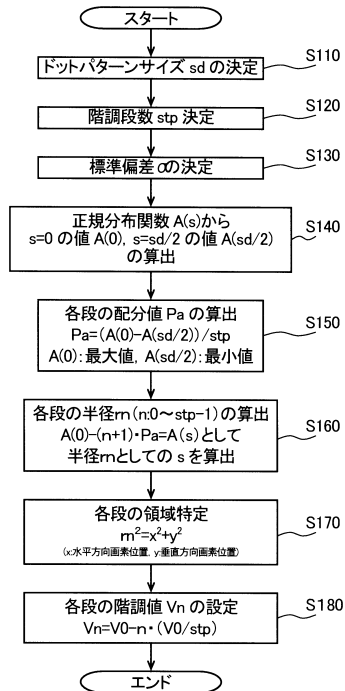
【図 3】



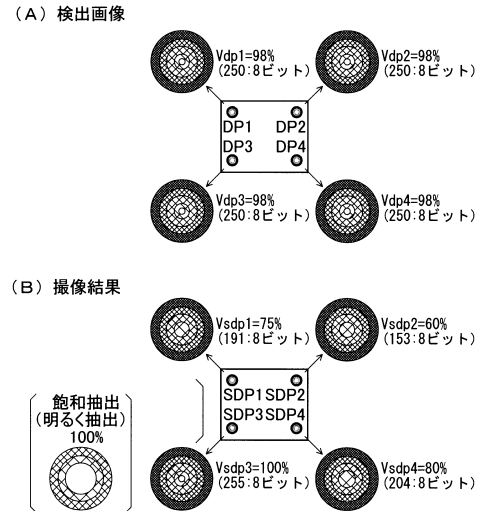
【図 4】



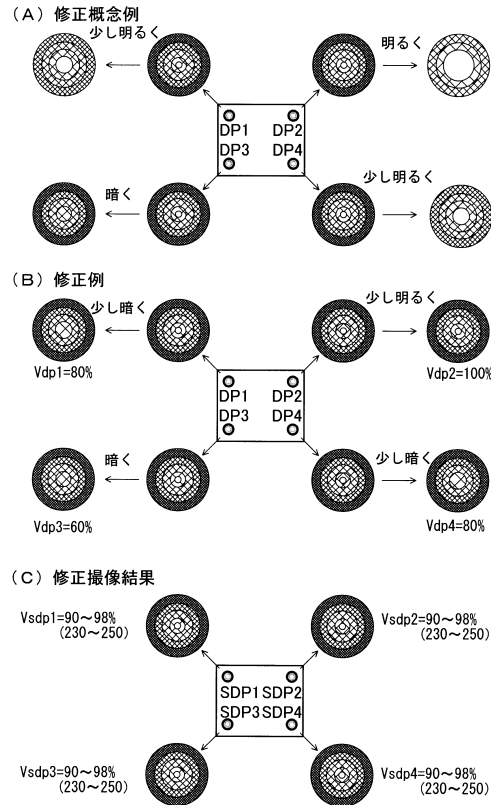
【図 5】



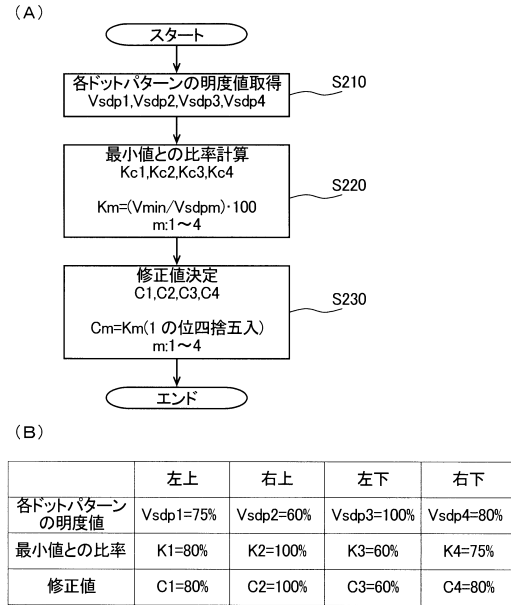
【図 6】



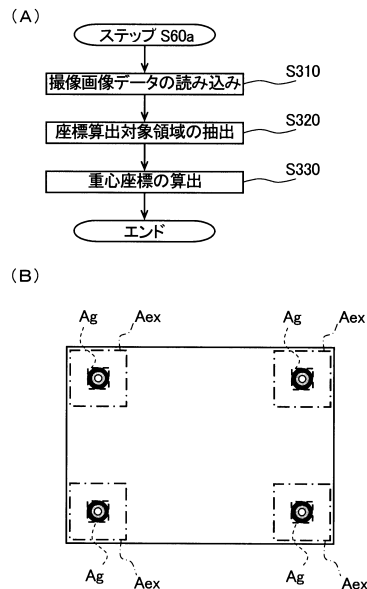
【図 7】



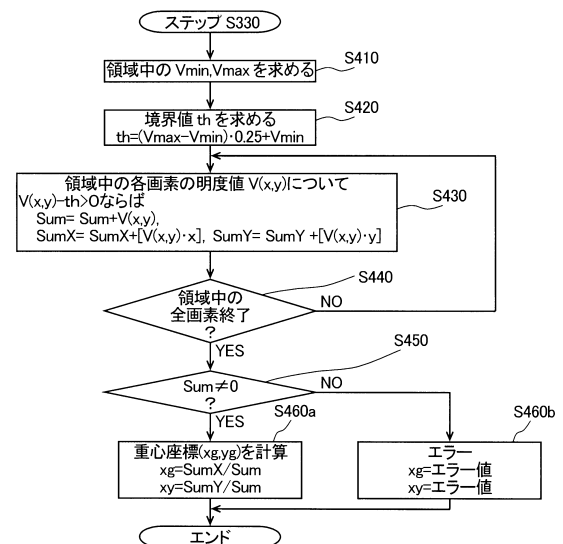
【図 8】



【図 9】



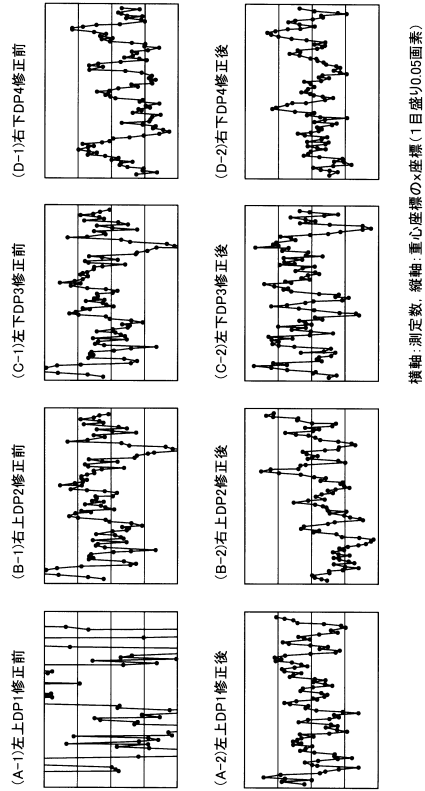
【図 10】



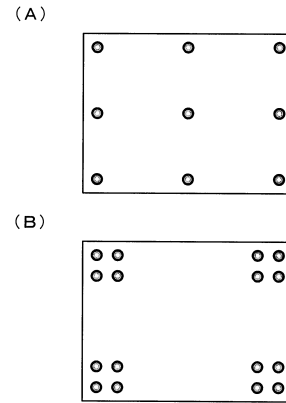
【図 11】

ドット パターン 位置	明度値の割合		重心座標の移動 量の総和(pixel)		重心座標の標準 偏差 σ (pixel)	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
左上 DP1	65%	100%	7.383	1.556	0.201	0.035
右上 DP2	77%	92%	2.317	1.580	0.042	0.044
左下 DP3	87%	100%	2.493	1.479	0.035	0.027
右下 DP4	100%	90%	1.663	1.701	0.026	0.036

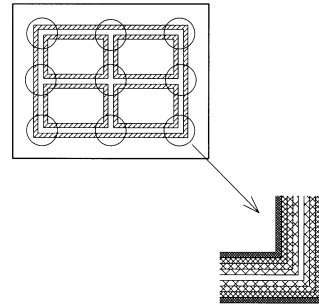
【図 1 2】



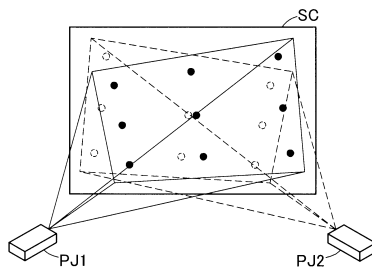
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
H 0 4 N	5/74	(2006.01)	G 0 9 G	5/00 5 3 0 H
			G 0 9 G	5/36 5 2 0 P
			G 0 9 G	5/10 B
			H 0 4 N	5/74 D

(56)参考文献 特開平 0 7 - 0 1 5 6 9 2 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 1 7 8 6 7 4 (J P , A)
 特開平 0 8 - 3 1 7 4 3 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 8 - 2 1 9 1 9 0 (J P , A)
 特開 2 0 1 1 - 1 7 6 6 2 9 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 6 9 8 5 4 (U S , A 1)
 特開 2 0 1 1 - 0 8 7 1 6 4 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 1 5 9 4 2 6 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 2 6 9 3 6 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 2 2 1 7 1 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 9 G	5 / 0 0
G 0 3 B	2 1 / 0 0
G 0 3 B	2 1 / 1 4
G 0 9 G	5 / 1 0
G 0 9 G	5 / 3 6
H 0 4 N	5 / 7 4